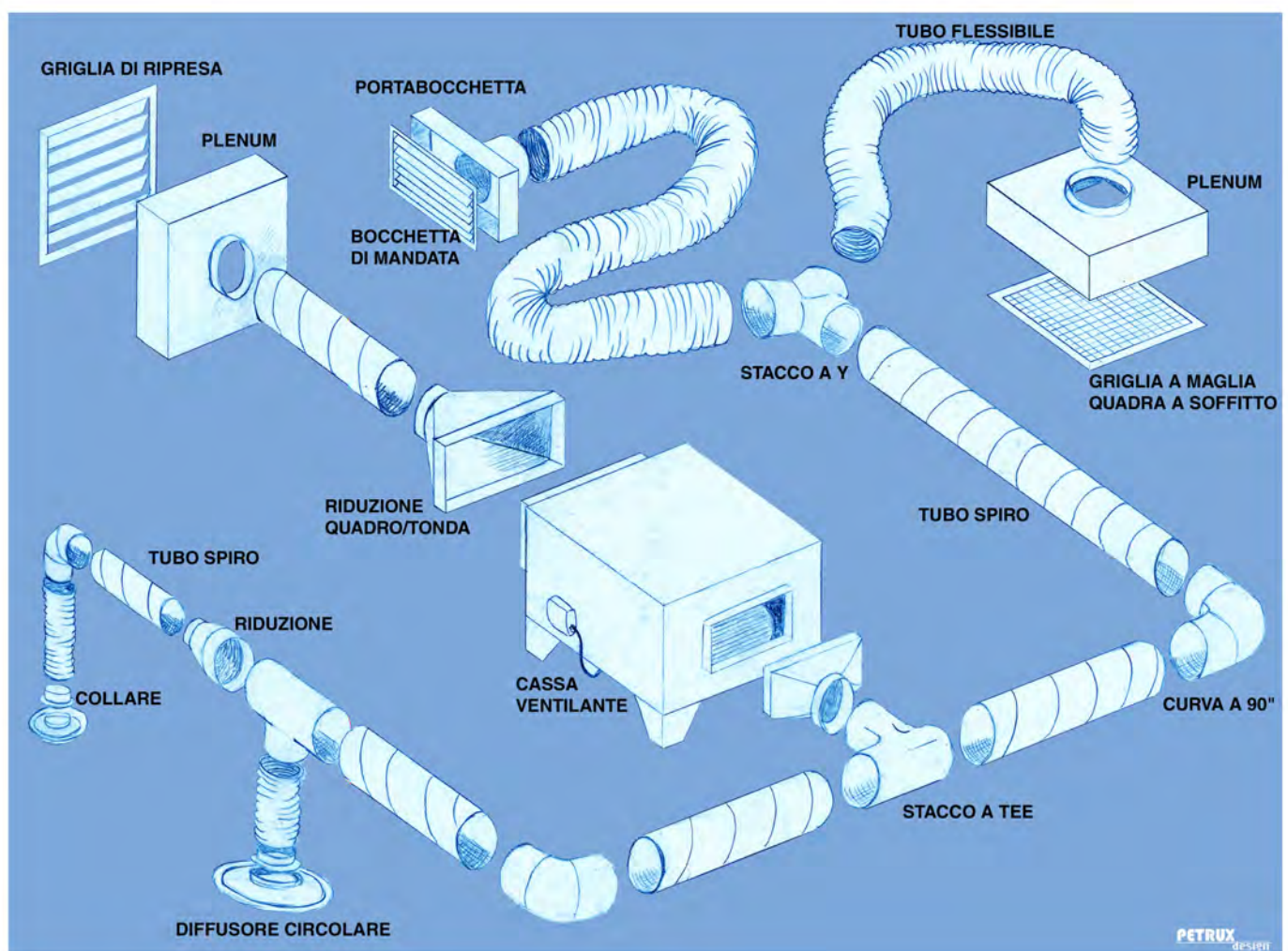


# DIMENSIONAMENTO DEI CANALI D'ARIA NEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO



[WWW.INGROSSOCLIMA.IT](http://WWW.INGROSSOCLIMA.IT)

VENDITA ALL'INGROSSO DI MATERIALE AEREAULICO, VENTILAZIONE E BOCCHETTAME

# GUIDA TECNICA

## Per la scelta, l'ordinazione e la costruzione delle condotte in lamiera

Negli ultimi tempi si sono verificati mutamenti dello scenario politico internazionale talmente veloci e incredibili, da spingere l'Europa ad uno sforzo di progettazione e responsabilità che va assai al di là degli impegni assunti per il 1993. In questo quadro, il processo di integrazione tra i Paesi del MEC deve essere necessariamente accelerato, e ciò significa anche che vanno fissate con urgenza le regole comportamentali tra le varie Nazioni, cioè le procedure e le normative. Lo sforzo compiuto in tal senso in Italia dall'UNI è meritevole e produttivo, ma si svolge tra mille difficoltà e, spesso, con scarsa collaborazione dei comparti industriali interessati. Così, sembra particolarmente meritevole l'operato dell'AS.A.P.I.A., che ha voluto, con la supervisione dell'ottimo prof. Raffellini, raccogliere l'esperienza internazionale e le capacità professionali dei propri associati in una guida per la scelta, l'ordinazione e la costruzione delle condotte in lamiera. Non un codice definitivo, ma un tentativo – peraltro ben riuscito – di proporre un linguaggio tecnico comune in un comparto importante dell'industria termotecnica. E questo un modo serio per affrontare i grandi temi dell'integrazione europea e della «qualità», senza roboanti dichiarazioni di intenti, ma con il lavoro collegiale, minuto di chi sa che per costruire una casa occorre partire dal mattone. Non resta che augurarsi che questa guida si possa presto tradurre in un documento ufficiale dell'UNI, attraverso l'accettazione da parte del Comitato Termotecnico Italiano, per fornire così a tutti gli operatori del settore un sicuro ausilio professionale.

**prof. Gino Moncada Lo Giudice**

# **INDICE**

## **PREMESSA**

### **1. LE CONDOTTE IN LAMIERA**

- 1.1 Definizioni
- 1.2 Progettazione
- 1.3 Classificazione
- 1.4 Velocità
- 1.5 Pressione
- 1.6 Disponibilità di spazi ed aspetto estetico
- 1.7 Ottimizzazione del progetto di una rete aeraulica

### **2. SCELTA E DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE**

- 2.1 Definizioni
- 2.2 Rapporto di forma e categorie di appartenenza
- 2.3 Classi di tenuta
- 2.4 Dimensionamento delle condotte
- 2.5 Elementi di una rete di condotte
- 2.6 Condotte rettangolari: dimensioni unificate
- 2.7 Condotte circolari: dimensioni unificate .

### **3. COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN LAMIERA**

- 3.1 Materiali
- 3.2 Spessori
- 3.3 Rinforzi
- 3.4 Giunzioni longitudinali
- 3.5 Giunzioni trasversali
- 3.6 Staffaggi .

## **CONCLUSIONI E SCHEDA TECNICA**

## PREMESSA

*L'AS.A.P.I.A. (Associazione Nazionale Aziende Produttrici di Condotte e Componenti per Impianti Aeraulici) si è costituita nel 1990 con lo scopo di riunire i produttori di condotte in lamiera presenti sul mercato nazionale.*

*Infatti, nonostante l'ormai lunga tradizione (in Italia questo tipo di prodotto si è affermato in modo decisivo intorno alla fine degli anni '50), questo comparto produttivo è sempre stato caratterizzato da scarsi scambi e relazioni tra singoli produttori e, come conseguenza, dalla costituzione di un certo numero di "isole" produttive, sparse sul territorio nazionale, all'interno delle quali venivano realizzate condotte in lamiera dissimili tra loro. Inoltre, tale situazione ha potuto autoalimentarsi grazie anche alla totale assenza nel nostro Paese di normative di riferimento ed al proliferare di "capitolati speciali", diversi l'uno dall'altro, predisposti dalle Aziende installatrici di maggiore importanza.*

*Pertanto, la situazione attuale ha reso importante e urgente la ricerca di un confronto tra i produttori di condotte in lamiera. In questo senso la costituzione dell'Associazione ha consentito l'avvio del dialogo, ma è necessario fornire anche uno strumento con il quale dare vita al mezzo di comunicazione più importante: un linguaggio tecnico comune.*

*Molti sono i fattori che favoriscano la nascita di una lingua nazionale relativa alle condotte in lamiera: è sufficiente citare, tra i più importanti, l'introduzione dell'elettronica nei processi produttivi che ha reso evidente e in qualche modo ha obbligato i produttori ad intraprendere questa nuova strada.*

*L'AS.A.P.I.A. tuttavia non si è fermata alla semplice presa di coscienza di una nuova situazione: mentre si attuavano esperienze positive di vario genere e via via maturata la convinzione che un linguaggio comune poteva essere la chiave di volta per dare avvio a quel processo di qualificazione che è l'obiettivo principale perseguito dall'Associazione.*

*Perché una Guida Tecnica? Questa domanda merita almeno due considerazioni:*

*- perché una Guida Tecnica non è una normativa e non potrebbe esserlo, in quanto l'AS.A.P.I.A. non è investita dell'autorità necessaria per emettere una norma, sebbene sia ufficialmente rappresentata nel C.E.N. (Comitato Europeo di Normazione), che sta redigendo norme europee sulle condotte in lamiera. A tale proposito, è bene sottolineare che nella Guida Tecnica è stato possibile riportare soltanto gli "indirizzi" di massima raccolti in sede CEN poiché, a tutt'oggi, non sono stati prodotti documenti ufficiali;*

*- perché una Guida Tecnica non è un manuale per costruttori, ma nasce dall'esperienza e non vuole nemmeno essere un volantino pubblicitario per le Aziende che hanno contribuito alla sua realizzazione.*

*Questa Guida Tecnica intende proporsi come fotografia dell'attuale stato dell'arte in questo comparto produttivo, che scaturisce dal confronto tra le conoscenze tecniche e le esperienze dei produttori associati e si pone come riferimento per tutti gli operatori interessati alle condotte in lamiera: progettisti, installatori, imprese, committenti, ecc. Uno strumento, insomma, e come tale senza nessuna pretesa di sostituirsi a quanto già esistente, ma che ha lo scopo, più modesto, di essere di ausilio a chi opera nel settore.*

*Con questa pubblicazione L'AS.A.P.I.A. intende anche allinearsi a quanto già fatto in altri Paesi europei: per questo motivo, è disponibile a ricevere tutti i consigli e i suggerimenti che serviranno per le successive versioni della Guida e proseguire così il cammino iniziato.*

**Il Consiglio Direttivo AS.A.P.I.A.**

## **LE CONDOTTE IN LAMIERA**

### **1.1. DEFINIZIONI**

La funzione di una rete di condotte è quella di convogliare l'aria (oppure altri gas, con l'esclusione di quelli nocivi e/o pericolosi) dall'unità nella quale viene prodotta ai vari locali da "trattare" e/o di estrarla dagli stessi per espellerla definitivamente o per ritrattarla in parte.

Questa definizione è valida sia per gli impianti aeraulici di tipo semplice, come ad esempio la ventilazione forzata di un'autorimessa, sia per quelli molto più complessi (es. a servizio di un ospedale), nei quali l'obiettivo di raggiungere un certo livello di benessere in spazi determinati impone l'obbligo del controllo di tutti i parametri più importanti, quali: igienicità, temperatura, umidità relativa, purezza, velocità e sicurezza antincendio.

Generalmente un impianto aeraulico è costituito dalle seguenti parti principali:

- unità di trattamento dell'aria, con filtri, scambiatori di calore (riscaldamento, raffrescamento, condensazione), umidificatore, separatore di gocce;
- ventilatori per la circolazione dell'aria;
- rete di condotte, o canali, per l'aria;
- apparecchi per la diffusione o per la ripresa dell'aria;
- controlli automatici di tutti i parametri.

Per agevolare l'interpretazione della trattazione successiva, si danno di seguito alcune semplici definizioni di uso più frequente relative agli impianti aeraulici:



<b>Distribuzione dell'aria</b>	e il trasporto di aria da un luogo ad un altro, attuato per mezzo di una rete di condotte.
<b>Diffusione dell'aria</b>	e la distribuzione in uno spazio da climatizzare; generalmente tale definizione viene utilizzata quando il flusso d'aria viene "impresso" nello spazio da climatizzare e, per questo motivo, può essere definita anche come "immissione" o "mandata".
<b>Estrazione dell'aria(*)</b>	aria aspirata da uno spazio climatizzato ed effluente all'esterno dello stesso.
<b>Espulsione(*)</b>	aria non ricircolata che viene espulsa in atmosfera e sostituita da aria fresca.
<b>Rinnovo</b>	quando all'aria è consentito di defluire da uno spazio climatizzato attraverso sovrappressione.
<b>Ricircolo</b>	aria prelevata da uno spazio climatizzato e riportata nello stesso, dopo essere passata attraverso un sistema di condizionamento.
<b>Transito</b>	aria effluente da uno spazio condizionato ad un altro pure condizionato.

## 1.2. PROGETTAZIONE

La realizzazione di un impianto aeraulico si presenta, dunque, come la sommatoria di un insieme d'elementi che sono più o meno numerosi in funzione del tipo d'impianto considerato.

Uno di questi elementi, che riveste un ruolo di primaria importanza ai fini della funzionalità e dell'affidabilità dell'impianto in esercizio, è la rete di condotte con le quali l'aria viene "trasportata" secondo le dimensioni ed i percorsi stabiliti nel progetto.

**La progettazione di una rete di condotte pone, a sua volta, tutta una serie di problematiche tra le quali le più importanti possono essere così individuate: lo spazio disponibile, le perdite di carico, la velocità dell'aria, il livello di rumorosità, lo scambio termico, le perdite dovute alla non perfetta tenuta e, non meno importante in talune circostanze, l'aspetto estetico.**

Tali problematiche, tuttavia, sono di competenza del progettista esclusivamente sul piano teorico, poiché l'impianto aeraulico sarà effettivamente rispondente agli obiettivi posti nel progetto soltanto effettuando "a monte" le scelte giuste; ciascuna problematica, in realtà, è strettamente legata sul piano pratico alla tecnologia costruttiva delle condotte, che assume in questo modo una grande

rilevanza ai fini del risultato finale da ottenere all'avviamento dell'impianto.

Di seguito saranno analizzati gli elementi connessi alla scelta, all'ordinazione ed alla costruzione delle condotte in lamiera cercando di offrire una visione quanto più ampia possibile di una materia in verità molto vasta; sebbene siano molti gli argomenti che in una trattazione di questo tipo si potranno soltanto accennare, si tenterà comunque di non tralasciare quegli aspetti che, seppure in modo indiretto, si traducono in elementi di costo (prezzo di acquisto delle condotte e costi di esercizio dell'impianto) anch'essi molto importanti per effettuare le scelte giuste in fase di progettazione

### 1.3. CLASSIFICAZIONE

E' stato appena visto come una rete di distribuzione dell'aria realizzata con condotte in lamiera sia una delle componenti fondamentali di un impianto aeraulico; e bene ora scendere più in dettaglio e analizzare come possono essere classificate le condotte in lamiera.

Una prima classificazione possibile riguarda la natura del loro utilizzo: una parte delle condotte viene impiegata per "immettere" aria negli ambienti (condotte di immissione o di mandata), e una parte per "estrarre" aria dagli ambienti (condotte di estrazione o di ripresa). E' comunque corretto parlare di estrazione dell'aria dagli ambienti poiché tale rimane, a prescindere dal fatto che la destinazione successiva dell'aria sia l'espulsione all'esterno o il ricircolo nell'unità di trattamento, per il miglior funzionamento del sistema nel complesso. In generale, però, il concetto di estrazione viene riferito anche ai casi in cui la direzione del flusso d'aria è verso un ventilatore (aspirazione) oppure ha origine dal ventilatore ed è verso l'atmosfera (espulsione). Tali definizioni consentono di effettuare la seguente classificazione:

- condotte di mandata;
- condotte di ripresa;
- condotte di aspirazione;
- condotte di espulsione.

**Questa classificazione è sostanzialmente ininfluenza sulla tecnologia costruttiva delle condotte, poiché la tecnica della loro realizzazione non varia, nella maggior parte dei casi, con la variazione di direzione del flusso d'aria.** La distinzione può diventare invece importante nel momento in cui intervengono fattori o vincoli che determinano un diverso dimensionamento delle condotte, oppure esigenze che obbligano al conseguimento di una determinata tenuta alle fughe d'aria, oppure ancora le problematiche connesse alla coibentazione termica. Quest'ultimo concetto apre però un capitolo importante che necessita di essere trattato in una fase successiva, quando saranno meglio definiti gli orientamenti (riguardanti i requisiti e le caratteristiche dei materiali da impiegarsi in materia di igienicità, tossicità, prevenzione incendi, ecc.) delle autorità competenti ai diversi livelli: UU.SS.LL., Ministero della Sanità(\*), CEN.

(\*) Cfr. Circolare 25 novembre 1991, n' 23, "Usi delle fibre di vetro isolanti - Problematiche igienico-sanitarie Istruzioni per il corretto impiego", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 298 del 20 dicembre 1991.

### 1.4. VELOCITA'

Una seconda classificazione possibile riguarda la velocità dell'aria che attraversa le condotte. Sotto questo profilo, **tutti gli impianti aeraulici vengono generalmente suddivisi in due grandi gruppi: impianti ad alta e a bassa velocità.** La linea di demarcazione tra i due gruppi non è ben definita, ma è legata alla tipologia di impianto di volta in volta considerata: è evidente che un

impianto aeraulico a servizio di un edificio industriale deve necessariamente avere requisiti diversi da un impianto a servizio di un edificio residenziale. In generale, e facendo appello all'esperienza maturata, si può proporre il seguente schema relativo alle **condotte di mandata**:

<b>impianti commerciali e residenziali</b>	a) <i>bassa velocità</i>	fino a 10 m/s; normalmente compresa tra 5 e 8
	b) <i>alta velocità</i>	oltre 12 m/s
<b>impianti industriali</b>	a) <i>bassa velocità</i>	fino a 12 m/s; normalmente compresa tra 7 e 12
	b) <i>alta velocità</i>	da 12 a 25 m/s

Le **condotte di ripresa**, di aspirazione e di espulsione, siano esse appartenenti ad impianti ad alta o a bassa velocità, vengono normalmente dimensionate ad una minore velocità rispetto alle condotte di mandata, e lo schema potrebbe essere il seguente:

<b>- impianti commerciali e residenziali</b>	a) <i>bassa velocità</i>	- fino a 9 m/s; normalmente compresa tra 4.5 e 7
<b>- impianti industriali</b>	a) <i>bassa velocità</i>	- fino a 10 m/s; normalmente compresa tra 5 e 9

Qualsiasi impianto può essere indifferentemente progettato nei due modi in funzione delle scelte effettuate dal progettista; bisogna tuttavia tenere presente che, per il rapporto inverso che corre tra area di una condotta e velocità dell'aria che la attraversa, gli impianti a bassa velocità richiedono condotte di dimensioni assai maggiori di quelli ad alta velocità e, inoltre, questi ultimi pretendono maggiore affidabilità dal punto di vista della tenuta e del controllo del livello di rumorosità. **In questa seconda classificazione e molto più importante la tecnologia costruttiva adottata, poiché è evidente che, all'aumentare della velocità dell'aria, le condotte debbono assicurare maggiori garanzie di tenuta.** Si vedranno in seguito quali sono le tecniche utilizzate a questo scopo.

## 1.5. PRESSIONE

Una terza classificazione possibile riguarda, infine, la pressione cui è sottoposto l'impianto e, di conseguenza, la pressione alla quale è sottoposta la rete di condotte.

In generale è noto che, per soddisfare le condizioni poste nel progetto di un impianto aeraulico, è necessario che quest'ultimo sia in grado di superare tutte le perdite di carico subite dall'aria nel suo percorso. Per ottenere questo risultato, in fase di progettazione si sceglie un ventilatore in grado di erogare una determinata pressione totale, calcolata di volta in volta in funzione del tipo di impianto aeraulico in esame.

**La pressione totale e la somma della pressione dinamica, che è equivalente**



**all'energia cinetica necessaria all'aria per il suo movimento e varia al variare della velocità con la quale l'aria stessa percorre la condotta, e della pressione statica, che e quella destinata a superare le resistenze d'attrito e occasionali incontrate dall'aria all'interno della condotta.**

In relazione alle condotte e senz'altro la pressione statica quella più importante, in quanto consente di controllare la pressione esercitata dall'aria perpendicolarmente alle pareti della condotta.

bassa pressione	fino a 900 Pa(*)	(ventilatore classe I)	B.P.
media pressione	da 900 a 1700 Pa	(ventilatore classe II)	M.P.
alta pressione	da 1700 a 3000 Pa	(ventilatore classe III)	A.P.

La classificazione può essere effettuata dividendo le condotte in tre categorie e ricalcando la suddivisione in classi dei ventilatori:

E' importante sottolineare che tale suddivisione va intesa in modo corretto, poiché la pressione presa a riferimento e quella totale e non soltanto quella statica; in altri termini, il ventilatore appartenente a ciascuna classe deve equilibrare le perdite di carico complessive che l'aria incontra nel suo percorso (unita di trattamento, condotte, diffusori, bocchette, serrande). **In questa terza classificazione e ancor più evidente il ruolo fondamentale affidato alla tecnica di costruzione delle condotte, che deve essere in grado di fronteggiare tutte le esigenze di tenuta e di perdita di carico poste da ciascuna specifica circostanza.**

(\*) Dove 1 mm di colonna d'acqua = 9,80665 Pascal (Pa)

## **1.6. DISPONIBILITA' DI SPAZI ED ASPETTO ESTETICO**

Nell'esposizione dei criteri di classificazione delle condotte sin qui effettuata, sono stati soltanto accennati alcuni dei fattori evidenziati all'inizio: velocità dell'aria, tenuta, perdite di carico. **Non meno importanti risultano essere altri fattori che, a volte, assumono un ruolo determinante, tale da condizionare "a monte" le scelte del progettista sul tipo di impianto da realizzare: la disponibilità di spazi e l'aspetto estetico delle condotte.**

Per quanto riguarda la **disponibilità di spazi**, e da sottolineare come negli impianti di tipo industriale sia abbastanza comune incontrare strutture architettoniche in grado di ospitare condotte di dimensioni adeguate ai volumi d'aria che questo tipo di impianto deve trattare e che, spesso, sono ingenti. Di contro in altri tipi di impianti, in genere definiti di tipo "civile" come ad esempio residenze, alberghi, o in generale edifici adibiti ad uffici, lo spazio diventa uno degli elementi determinanti nella progettazione di una rete di distribuzione dell'aria se non, addirittura, l'unico sul quale basare la scelta di un tipo di impianto piuttosto che un altro.

Per quanto concerne invece **l'aspetto estetico** di una rete di condotte, questo elemento ha visto crescere la sua importanza di pari passo con la presa di coscienza che gli impianti aerulici sono, in talune circostanze, indispensabili. Così, laddove l'architettura di un ambiente lo consente, come ad esempio in grandi magazzini o in grossi centri commerciali, una rete di condotte si trova a dover soddisfare sia le esigenze di affidabilità e funzionalità tipiche dell'impianto, sia quelle di compatibilità con l'arredo circostante e di gradevolezza dell'impatto visivo.

**Anche con riferimento alla disponibilità di spazi e all'aspetto estetico, la ricerca di soluzioni costruttive adeguate riveste un ruolo molto importante e, in talune circostanze, può risolvere molti problemi, come si vedrà nei paragrafi successivi.**

## **1.7. OTTIMIZZAZIONE DEL PROGETTO D'UNA RETE AERAILICA**

Le note sin qui riportate consentono di evidenziare quanto sia complessa per il progettista la soluzione di un'equazione a più variabili quale è la progettazione di un impianto aeraulico e come la fase determinante di quest'ultimo si espliciti sostanzialmente nella rete di distribuzione delle condotte. In pratica non esiste un impianto aeraulico uguale a un altro e, di conseguenza, non esiste una rete di condotte uguale a un'altra. Il processo che va dalla progettazione all'esecuzione vera e propria di un impianto deve essere affrontato per stadi successivi, ognuno dei quali richiede un impiego di tempo e di denaro che vanno ottimizzati in funzione dell'obiettivo da raggiungere.

In tal senso, il progettista non solo deve affrontare le problematiche cui si è già accennato, ma deve fornire anche altri elementi necessari all'avvio del processo di realizzazione dell'impianto; due di questi, di fondamentale importanza, riguardano **la stima dei costi di realizzazione e di quelli di gestione (o di esercizio) della rete aeraulica, dove per costi di realizzazione si intendono sia i costi veri e propri (cioè quelli di acquisto delle condotte) sia i costi che scaturiscono dal tempo occorrente per la fabbricazione e l'installazione in opera delle condotte.**

In generale, la **riduzione dei costi di realizzazione** e conseguenza dei seguenti fattori:

- riduzione al minimo indispensabile del numero di pezzi speciali (curve, cambiamenti e raccordi di sezione, derivazioni, ecc.);
- utilizzazione di *plenum* al fine di contenere il numero di riduzioni dovute al decremento di volume d'aria (all'uscita dei ventilatori, in prossimità dei terminali, sulle riprese, ecc.).

Allo stesso modo, la **riduzione dei costi di gestione** (o di esercizio) è ottenibile con il conseguimento dei seguenti risultati:

- realizzazione di condotte con elevata tenuta meccanica al fine di contenere le fughe d'aria;
- conseguimento, per le condotte rettangolari, di un rapporto di forma K (rapporto tra il lato maggiore "a" e il lato minore "b" della condotta) minore di 2, e comunque mai superiore a 4, al fine di minimizzare le resistenze al moto per attrito.

**In realtà, gli aspetti sopra citati sono tutti strettamente correlati; basti pensare che, all'aumentare del rapporto di forma K, non soltanto aumentano le resistenze al moto per attrito, ma aumenta anche la lamiera impiegata nella costruzione della condotta, quindi il suo peso e di conseguenza il suo prezzo di acquisto, almeno fino a quando il costo complessivo della rete di condotte sarà valutato a peso.** In questo senso, e senz'altro positiva la tendenza che sta portando verso l'unificazione delle dimensioni delle condotte e delle forme tipiche dei pezzi speciali, confermata dall'attività di normazione svolta dal CEN (Comitato Europeo di Normazione). Tuttavia, bisogna mettere in evidenza che per quanto riguarda le condotte circolari l'obiettivo è stato quasi completamente raggiunto, mentre il processo relativo alle condotte a sezione rettangolare sembra più complesso e articolato; per queste ultime, infatti, è necessario dapprima giungere alla definizione di standard dimensionali per le grandezze dei lati "a" e "b" della condotta prima di definire quali forme tipiche dei pezzi speciali adottare.

Per quanto riguarda le possibilità di scelta esistenti tra l'utilizzo di condotte a sezione rettangolare o, in alternativa, a sezione circolare, l'esperienza maturata in questi ultimi anni suggerisce che l'utilizzo di queste ultime (caratterizzate da una sola dimensione) può presentare, per alcune soluzioni impiantistiche, dei vantaggi dovuti ai seguenti motivi:

- per la loro stessa natura (con l'unificazione dei diametri e delle forme tipiche dei pezzi speciali) possono essere prefabbricate, riducendo i tempi di costruzione;
- la posa in opera è più veloce, perché realizzata con pezzi speciali standardizzati e pezzi rettilinei più lunghi che richiedono meno giunzioni rispetto a quelli delle condotte rettangolari;
- quando gli spazi sono limitati, è più semplice gestire più condotte circolari di piccolo diametro che una condotta rettangolare "appiattita", spesso al di fuori di un rapporto tra i lati accettabile;
- a parità di sezione trasversale e di portata, provocano minori perdite di carico.

**Molti, dunque, sono i fattori che intervengono nel momento in cui il progettista si accinge a realizzare un impianto aeraulico e tutti sono determinanti ai fini della sua ottimizzazione; in questa sede non è importante stabilire se circolare è meglio di rettangolare, si tratta invece di offrire stimoli e predisporre strumenti idonei, per fare in modo che ci sia corrispondenza tra le scelte effettuate in fase di progettazione e le tecnologie adottate dai costruttori per ridurre i costi di realizzazione e soddisfare al tempo stesso le prescrizioni progettuali.**

## **SCelta E DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE**

### **2.1. DEFINIZIONI**

Per **misura nominale** si intende la dimensione lineare cui si fa riferimento nei calcoli e nei disegni di progetto, nella costruzione e nell'installazione in opera delle condotte. La misura nominale è abitualmente espressa in mm.

Per condotte con sezione trasversale circolare, la misura nominale è la dimensione del diametro interno della condotta, definita "d".

Per condotte con sezione trasversale rettangolare la misura nominale è la dimensione interna della condotta definita dalle due dimensioni seguenti:

a lato maggiore

lato minore

**Il perimetro di una condotta è così espresso:**

$$B = 2 * (a + b)$$

$$B = p * d$$

per sezioni trasversali rettangolari per sezioni trasversali circolari

La **lunghezza complessiva di una rete di condotte**, siano esse a sezione rettangolare o circolare, è determinata dalla somma delle lunghezze di ciascun tronco rettilineo e di ciascun pezzo speciale; la rete, inoltre, è caratterizzata da un collettore principale e da una serie di diramazioni che partono da quest'ultimo. In generale, soprattutto per le reti di condotte a sezione circolare, viene definito quanto segue:

<b>d</b>	equivalente al diametro nominale, identifica i terminali femmina (nella rete di condotte eseguita con tubi spirodali tale valore indica i terminali dei tronchi rettilinei);
<b>d1</b>	= identificano i terminali maschi dei pezzi di trasformazione
<b>d2</b>	
<b>d3</b>	= identificano i terminali maschi dei pezzi di derivazione
<b>d4</b>	
<b>l1,</b> <b>l2,</b> <b>l3,</b> <b>l3</b>	lunghezze di ciascun pezzo, rettilineo o speciale, che nell'insieme contribuiscono alla lunghezza complessiva della rete di condotte
<b>li</b>	lunghezza del tratto di terminale necessario all'inserzione
<b>lp</b>	lunghezza della sovrapposizione del tratto terminale
<b>rm</b>	raggio medio di curvatura
<b>r</b>	raggio (solitamente quello interno)
<b>s</b>	lunghezza del cono
<b>a</b>	angolo, in gradi sessagesimali.

#### AREA DELLA SEZIONE TRASVERSALE $A_c$

L'area della sezione trasversale  $A_c$  si misura in  $m^2$  ed e:

per condotte rettangolari:  $A_c = A \times B \times 10^{-6}$   $[m^2]$

per condotte circolari:  $A_c = [(p \times d^2) / 4] \times 10^{-6}$   $[m^2]$

#### AREA DI SUPERFICIE LATERALE " $A_L$ "

L'area di superficie laterale  $A_L$  si misura in  $m$  ed e il prodotto tra il perimetro della condotta e la sua lunghezza " $L$ " (mm):

per condotte rettangolari:  $A_L = 2 \times (A + B) \times L \times 10^{-6}$   $[m^2]$

per condotte circolari:  $A_L = (p + d) \times L \times 10^{-6}$   $[m^2]$

Nota:  $10^{-6}$  deriva dall'aver espresso le misure dei lati in mm ( $10^{-3}$  m = 0,001 m) e le superfici in  $m^2 = (10^{-3})^2 = 10^{-6}$

#### DIAMETRO IDRAULICO " $d_h$ "

Il diametro idraulico di una condotta e il diametro di una condotta circolare che causerebbe la

stessa perdita di carico **a parità di velocità dell'aria, e a parità di coefficiente di resistenza al moto dell'aria**; la relazione con la quale si determina è la seguente:

$$d_h = 4 \times (A_c/M) \quad [\text{mm}]$$

per le condotte a sezione rettangolare il diametro idraulico è:

$$d_h = (2 \times A \times B) / (A + B) \quad [\text{mm}]$$

mentre per le condotte a sezione circolare, il diametro idraulico coincide con la misura nominale:

$$d_h = d$$

### DIAMETRO EQUIVALENTE "de"

Il diametro equivalente "de" di una condotta e il diametro di una condotta circolare che causerebbe la stessa perdita di pressione **con una pari portata d'aria** e un uguale coefficiente di attrito.

Per condotte a sezione rettangolare con rapporto di forma  $a/b < 4$ , il diametro equivalente "de" è:

$$d_e = (A \times B)^{0,625} / (A + B)^{0,25} \quad (*)$$

(\*) Estratto da: Antonio Briganti (ed.), *MANUALE DEI LA CLIMATIZZAZIONE*, Tecniche Nuove, 1989 (2 voll.).

## TOLLERANZE

La tolleranza, per una data dimensione nominale, è la differenza fra i limiti di misura superiore e inferiore.

## GIOCO MINIMO

Il gioco minimo per la connessione degli elementi è definito come la differenza dimensionale fra il limite inferiore di misura della prima condotta e il limite superiore di misura della seconda condotta.

A: misura nominale

B: gioco minimo

C: gioco massimo

D1: tolleranza sul diametro del pezzo maschio

D2: tolleranza sul diametro del pezzo femmina

E: diametro minimo maschio

F: diametro massimo maschio

G: diametro minimo femmina

H: diametro massimo femmina

## 2.2. RAPPORTO DI FORMA E CATEGORIE DI APPARTENENZA

Viene definito come **rapporto di forma K** il rapporto tra i lati "a" e "b" della condotta rettangolare:

$$K = a/b \quad \text{con } K > 1$$

Il concetto di rapporto di forma è molto importante ed è stato finora poco considerato nella letteratura relativa alle condotte in lamiera.

In primo luogo e fintanto che il costo di acquisto di una rete aeraulica sarà determinato in funzione del peso complessivo della stessa **e possibile stabilire uno stretto legame tra rapporto di forma e prezzo di acquisto di una condotta**: le condotte rettangolari, infatti, vengono dimensionate in fase di progettazione utilizzando il diametro equivalente, al quale corrispondono molte possibili combinazioni tra i lati "a" e "b"; tra tutte, la migliore e senz'altro quella che individua una sezione quadrata, poiché, passando da questa a una rettangolare, si ottiene un aumento della lamiera impiegata, quindi un maggior peso e, di conseguenza, un maggior prezzo di acquisto.

In secondo luogo, **e possibile stabilire un altro stretto legame tra rapporto di forma e costo di esercizio di un impianto**. E' noto, infatti, che, come si vedrà meglio più avanti, all'aumentare del rapporto tra i lati di una condotta aumentano anche le perdite di carico provocate dalla stessa, ferma restando la portata dell'aria che la attraversa; aumentare le perdite di carico significa aumentare la potenza del ventilatore impiegato e, quindi, utilizzare un maggior quantitativo di energia per ottenere lo stesso obiettivo. Da tali considerazioni, si può indicare nel rapporto di forma  $K = 1$  la scelta più favorevole per il dimensionamento di una condotta in funzione del costo di produzione e si indica in  $K = 4$  il rapporto limite da consigliare nel dimensionamento di una condotta anche in relazione alla perdita di carico.

Le considerazioni sin qui svolte sono ben riassunte dalla tabella 1, dove sono riportate alcune sezioni rettangolari corrispondenti a diametri equivalenti sostanzialmente vicini fra loro.

Dimensione	Diametro equivalente (mm)	Perdita di carico lineari (Pa/m)	Rapporto di forma	Perimetro condotta rettangolare
600x500	598	0,98	1,2	2,2
750x400	591	0,92	1,9	2,3
1200x250	558	1,15	4,8	2,9
2000x150	506	2,05	13,3	4,3

Tab. 1

Quanto esposto porta facilmente a concludere che il più basso costo di acquisto e di esercizio di un impianto si può ottenere con l'impiego di condotte di forma circolare o quadrata. Tuttavia, l'esperienza insegna che, nella maggior parte dei casi, ciò non è possibile in quanto le strutture architettoniche molto spesso non consentono tali possibilità di scelta e ogni progettista sa bene quali e quanti compromessi bisogna raggiungere per risolvere il problema degli spazi a disposizione per il passaggio degli impianti. La definizione di rapporto di forma, però, consente di introdurre un altro concetto ad esso strettamente correlato che si riferisce alla possibilità di classificare in categorie di costo le condotte rettangolari in funzione della grandezza del lato maggiore "a".

presupposti sui quali si basa la divisione in categorie di costo sono essenzialmente tre:

- in primo luogo, l'esperienza dei costruttori che ben conoscono il valore del loro prodotto in termini di metri quadrati di materia prima trasformata, a prescindere dal peso che questa sviluppa alla fine della lavorazione;



- in secondo luogo, si basa sulle norme ISO R 1006, che risultano essere quelle che, di fatto, i costruttori hanno trovato più rispondenti alle esigenze di normalizzazione delle dimensioni "a" e "b" delle condotte rettangolari;

- infine, si basa sugli indirizzi proposti dal documento di lavoro CEN n' 36 del 9/90, che presenta delle ipotesi ancora più restrittive rispetto a quanto indicato in precedenza dalle norme ISO, come traccia da seguire nelle future normative europee.

Le normative ISO R 1006 e il documento CEN n' 36 del 9/90 saranno analizzati in dettaglio più avanti.

Sintetizzando quanto esposto, si ritiene utile proporre la tabella 2 riportata alla pagina seguente:

In funzione della tabella 2 si può costruire la tabella 3 dove sono evidenziate le categorie e, all'incrocio di ogni riga con ciascuna colonna, le aree di sezione trasversale corrispondenti alle varie grandezze dei lati "a" e "b" della condotta.

<b>Categoria</b>	<b>Lato maggiore (mm)</b>	<b>Semiperimetro</b>	<b>Perimetro</b>
<b>1</b>	150 - 300	250 - 600	500 - 1200
<b>2</b>	400 - 700	800 - 1400	1600 - 2800
<b>3</b>	800 - 1000	1600 - 2000	3200 - 4000
<b>4</b>	1200 - 1400	2400 - 2800	4800 - 5600
<b>5</b>	1600 - 2000	3200 - 4000	6400 - 8000

**Tab. 2 - Categorie di costo delle condotte rettangolari**

Scorrendo i dati esposti in tabella si può facilmente notare come ad ogni variazione nella colonna relativa al lato "a" corrisponda una variazione nel rapporto di forma, anche se si mantiene costante (o molto simile) l'area di sezione trasversale; in questo modo, passando da una categoria all'altra, si ottiene sempre un aumento delle grandezze sotto indicate:

- perimetro (o semiperimetro);
- peso della lamiera impiegata;
- spessore della lamiera.

Qualora subentrino problematiche di coibentazione termica si ottiene anche, automaticamente, un aumento del materiale isolante impiegato.

Per completare l'esposizione vengono riportate di seguito le tabelle 4 e 5 dove sono riepilogate le informazioni relative a tutte le dimensioni previste per i lati "a" e "b" della condotta rettangolare.

		1					2				3			4
A x B		100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1250
	1	150	0,0150	0,0220	0,0300	0,0375	0,0450	0,0600	0,0750	0,0900				
200		0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0800	0,1000	0,1200	0,1400	0,1600			
250		0,0250	0,0375	0,0500	0,0625	0,0750	0,1000	0,1250	0,1500	0,1750	0,2000	0,2250	0,2500	
300		0,0400	0,0450	0,0600	0,0750	0,0900	0,1200	0,1500	0,1800	0,2100	0,2400	0,2700	0,3000	0,3600
2	400		0,0600	0,0800	0,1000	0,1200	0,1600	0,2000	0,2400	0,2800	0,3200	0,3600	0,4000	0,4800
	500		0,0750	0,1000	0,1250	0,1500	0,2000	0,2500	0,3000	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000	0,6000
	600		0,0900	0,1200	0,1500	0,1800	0,2400	0,3000	0,3600	0,4200	0,4800	0,5400	0,6000	0,7200
	700			0,1400	0,1750	0,2100	0,2800	0,3500	0,4200	0,4900	0,5600	0,6300	0,7000	0,8400
3	800			0,1600	0,2000	0,2400	0,3200	0,4000	0,4800	0,5600	0,6400	0,7200	0,8000	0,9600
	900				0,2250	0,2700	0,3600	0,4500	0,5400	0,6300	0,7200	0,8100	0,9000	1,0800
	1000				0,2500	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	1,2000
4	1200					0,3600	0,4800	0,6000	0,7200	0,8400	0,9600	1,0800	1,2000	1,4400
	1400						0,5600	0,7000	0,8400	0,9800	1,1200	1,2600	1,4000	1,6800
5	1600						0,6400	0,8000	0,9600	1,1200	1,2800	1,4400	1,6000	1,9200
	1800							0,9000	1,0800	1,2600	1,4400	1,6200	1,8000	2,1600
	2000							1,0000	1,2000	1,4000	1,6000	1,8000	2,0000	2,4000

Tab. 3 - Aree di sezione trasversale e categorie di costo per condotte rettangolari.

Nota: Le dimensioni dei lati "a" e "b" indicati in grassetto sono quelle suggerite dal documento di lavoro CEN (doc. 36 del 9/90). Le dimensioni aggiuntive sono l'integrazione con le norme ISO R 1006 attualmente applicate dai costruttori italiani.

### 2.3. CLASSI DI TENUTA

Gli impianti aeraulici sono soggetti a perdite o fughe d'aria che si verificano lungo il percorso realizzato attraverso la rete di condotte. Una valida definizione, anche se generica, per individuare le perdite d'aria potrebbe essere la seguente: il quantitativo d'aria determinato come differenza tra

la portata complessiva dell'impianto, stabilita in fase di progettazione, e il quantitativo d'aria effettivamente erogato (ovvero aspirato) dall'impianto attraverso i suoi terminali di diffusione (o di ripresa); tale quantitativo si deve aggiungere a quello effettivo per ottenere il soddisfacimento delle condizioni inizialmente poste nel progetto.

E' abbastanza frequente incontrare nei capitolati la richiesta di condotte "a perfetta tenuta", senza ulteriori chiarimenti circa le metodologie da seguire per fare in modo che tale condizione sia soddisfatta. In realtà non esistono condotte a perfetta tenuta a meno che queste non siano "stagnate" o saldate lungo le giunzioni longitudinali e trasversali; tali tecniche non sono più in uso nelle normali lavorazioni, grazie anche alle innovazioni e ai miglioramenti introdotti nelle tecniche utilizzate per la realizzazione delle giunzioni.

L'attuale stato dell'arte offre varie risposte costruttive che si basano sul concetto del campo d'impiego; in altri termini **la tenuta delle condotte e funzione del tipo di impianto di cui sono a servizio**, così, ad esempio, un impianto di ventilazione in un'autorimessa avrà bisogno di condotte a tenuta minore rispetto a quella necessaria per condotte installate in un impianto di trattamento aria destinato ad un locale sterile (tipo "camera bianca").

Proprio questo indirizzo sembra essere stato recepito a livello europeo dal CEN (Comitato Europeo di Normazione), che, con il documento di lavoro n 38 del 9/90, definisce le classi di tenuta per le fughe d'aria in una distribuzione aeraulica.

Il campo di applicazione di questo documento vale per la determinazione della perdita per fughe d'aria di condotte in quanto parte di un sistema aeraulico, e non prese singolarmente in esame.

Le modalità di scelta della classe di tenuta non sono trattate in questa Guida. Quest'argomento deve essere oggetto di accordo tra il progettista e il cliente, purché ciò non vada in deroga ai regolamenti emanati dalle autorità competenti.

In tab. 6 vengono definite le tre classi di tenuta e i limiti superiori del fattore di perdita  $f_{max}$  per ogni classe. **La definizione è basata sul presupposto che la perdita sia proporzionale alla superficie laterale della condotta\***. Tale innovazione è particolarmente razionale in quanto una rete aeraulica con maggiore superficie laterale complessiva delle condotte può presentare una perdita d'aria più elevata rispetto a una distribuzione con condotte di dimensioni più ridotte. I limiti di perdita per fughe d'aria sino a oggi ammessi ed espressi in percentuale sulla portata complessiva della rete (in genere il 5%), erano assolutamente inadeguati per la definizione della qualità delle condotte, in quanto la percentuale di perdita sulla portata totale non teneva conto della maggiore o minore lunghezza delle giunzioni trasversali e longitudinali.

Classi di tenuta	$f_{max}$
A	$0,027 \times 10^{-3} \times P_{sm}^{0.65}$
B	$0,009 \times 10^{-3} \times P_{sm}^{0.65}$
C	$0,003 \times 10^{-3} \times P_{sm}^{0.65}$

**Tab. 6 - Classi di tenuta**

dove:

- A, B e C individuano le classi di perdita di flusso d'aria;

-  $f_{max}$  e il massimo fattore di perdita consentito, misurato in  $m^3 \times m^{-2} \times s^{-1}$  e definito dalla

formula:  $qv1 / A$

(dove;  $qv1$  = perdita di portata nella condotta da testare;  $A$  = superficie laterale della condotta da testare.)

-  $P_{sm}$ , misurata in Pa, rappresenta il valore della media aritmetica dei valori massimi e minimi della pressione statica misurata nella condotta sottoposta a test.

(\*) Estratto dal documento di lavoro CEN n° 38 del 9/90.

La tab. 7 mostra il valore massimo di perdita per le tre classi riferito a quattro tipiche pressioni di prova. Il documento di lavoro CEN n 38 del 9/90 indica inoltre il metodo e gli apparati per le prove di tenuta alle fughe d'aria in un sistema aeraulico.

CLASSE	FATTORE DI PERDITA MAX $m^3 m^{-2} s^{-1}$	PRESSIONE STATICA DI PROVA			
		2000 Pa	1000 Pa	400 Pa	200 Pa
A	$f_A$		$2,4 \times 10^{-3}$	$1,32 \times 10^{-3}$	$0,84 \times 10^{-3}$
B	$f_B$		$0,8 \times 10^{-3}$	$0,44 \times 10^{-3}$	$0,28 \times 10^{-3}$
C	$f_C$	$0,42 \times 10^{-3}$	$0,28 \times 10^{-3}$	$0,15 \times 10^{-3}$	

**Tab. 7 - Fattori di perdita consentiti per le differenti classi.**

Per quanto riguarda le procedure di prova, e necessario che prima dell'inizio della stessa le sezioni da provare siano isolate ermeticamente dal resto del sistema. La superficie da provare dovrà essere almeno di 10 m<sup>2</sup>. La sezione da provare dovrà dapprima essere sottoposta a una pressione non inferiore alla sua pressione operativa di progetto. La pressione manometrica statica ( $P_s$ ) nella condotta dovrà essere mantenuta entro il 5% della pressione specificata nelle condizioni iniziali della prova. Questa pressione sarà tenuta costante per 5 minuti. Non verranno effettuate registrazioni della lettura finché i valori non si saranno stabilizzati.

Nota:  $2,4 \times 10^{-3} m^3 / m^2$  corrispondono a 2,4 litri al secondo per metro quadrato.

Dalle indicazioni che scaturiscono nella lettura del documento di lavoro CEN n° 38 del 9/90 e possibile distinguere le condotte in funzione del campo d'impiego nel modo seguente:

#### **CLASSE DI TENUTA "A"**

- Perdita per fughe d'aria ammessa  $2,4 l/s \times m^2$  (A una pressione di prova di 1000 Pa)

**PER IMPIANTI DI VENTILAZIONE CON ESIGENZE STANDARD**

Per la realizzazione di distribuzioni aerauliche con condotte aggraffate per impiego in: sale riunioni, aule, laboratori, uffici, applicazioni normali all'interno di ospedali. **Le tecniche di costruzione da adottare per questa classe non richiedono accorgimenti particolari.**

### **CLASSE DI TENUTA "B"**

- Perdita per fughe d'aria ammessa  $0,8 \text{ l/s} \times \text{m}^2$  (A una pressione di prova di 1000 Pa)

#### *PER IMPIANTI DI VENTILAZIONE CON ESIGENZE PIU' ELEVATE*

Per la realizzazione di distribuzioni aerauliche con condotte aggraffate per impiego in ambienti sterili ("camere bianche"); **in questi impieghi vanno sempre previste misure di tenuta delle fughe d'aria, che generano un ulteriore aumento dei costi rispetto alla realizzazione in classe A.**

### **CLASSE DI TENUTA "C"**

- Perdita per fughe d'aria ammessa  $0,28 \text{ l/s} \times \text{m}^2$  (A una pressione di prova di 1000 Pa)

#### *PER IMPIANTI DI VENTILAZIONE CON LE MASSIME ESIGENZE DI TENUTA*

Per la realizzazione di impianti nel settore dell'energia nucleare, degli isotopi e delle radiazioni. **In questo caso la tenuta delle condotte deve essere assicurata per saldatura delle connessioni longitudinali e non per aggraffatura.**

## **2.4. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE**

L'obiettivo che si vuole raggiungere con questa breve esposizione dei metodi e dei criteri utilizzati dai tecnici nella progettazione delle reti aerauliche e quello di rendere edotto il costruttore di condotte di ciò che avviene in questa fase; affinché, nelle successive fasi di preventivazione, costruzione e installazione delle condotte, le prescrizioni e i criteri adottati dai progettisti siano rispettati e corrisposti da un'adeguata tecnica di realizzazione. La trattazione di questo argomento potrebbe apparire estranea agli scopi della guida, tuttavia si riportano le brevi note che seguono poiché si ritiene importante integrare il lavoro del costruttore col pensiero del progettista \* .

Per dimensionare una rete di condotte si richiede innanzitutto di posizionare i terminali di diffusione e ripresa dell'aria, anche in funzione delle esigenze architettoniche. In seguito, si provvede a realizzare il tracciato della rete aeraulica per unire questi elementi all'unità di trattamento dell'aria.

A questo punto, i passi successivi sono: la stima delle perdite di carico e la scelta del sistema di calcolo da adottare per il dimensionamento delle condotte.

### **PERDITE DI CARICO**

Come già accennato (v. par. 1.5), la pressione totale di un ventilatore deve eguagliare la perdita totale di pressione dell'aria nella rete aeraulica sulla quale esso è inserito. Da ciò segue che in qualsiasi tratto di condotta la pressione totale dell'aria decresce nel senso del moto, mentre la pressione statica e la pressione dinamica possono convertirsi tra loro e quindi l'una o l'altra possono aumentare o diminuire nel senso del moto stesso. Tale conversione si attua modificando la sezione trasversale della condotta ferma restando la portata dell'aria, o viceversa. Ogniqualevolta si attua la conversione, questa non è mai integrale, verificandosi sempre una perdita di energia dovuta a fenomeni di turbolenza. Quindi, le perdite di pressione (o di carico) subite dall'aria nel suo moto all'interno delle condotte sono essenzialmente di due tipi:

(\*) Quanto riportato in questo paragrafo fa riferimento a: Carlo Pizzetti, *Condizionamento dell'aria e refrigerazione*, Masson Italia Editori, 1967.

- perdite per attrito, tipiche dei tratti rettilinei di condotta;
- perdite localizzate (o dinamiche, o per turbolenza), che si verificano in corrispondenza di raccordi (curve, diramazioni, riduzioni, ecc.).

### **Perdite per attrito**

A causa dell'attrito sulle pareti della condotta, **l'aria in movimento e soggetta a una certa resistenza che si traduce in una inevitabile perdita di carico**. Questa è funzione di:

- natura e stato fisico del fluido;
- velocità media;
- dimensioni della condotta,
- rugosità della parete interna;
- lunghezza della condotta.

La relazione tra questi fattori è espressa dalla seguente formula:

$$\Delta p = 0,02p \times (L/D) \times (V^2/2)$$

dove:

$p$  = densità dell'aria ( $\text{Kg}^3/\text{m}$ )

$L$  = lunghezza della condotta (m)

$D$  = diametro equivalente della condotta (m)

$V$  = velocità dell'aria (m/s)

$\Delta p$  = perdita di pressione (Pa)

Dalla formula si ricava il diagramma (di facile reperibilità sui manuali termotecnici) delle perdite per attrito nelle condotte rettilinee in lamiera zincata a sezione circolare costante. Tale diagramma è da leggere unitamente alle tabelle di conversione dal diametro di una condotta circolare al "diametro equivalente" di una rettangolare con la stessa portata d'aria.

### **Perdite localizzate**

Come già accennato, queste perdite si verificano quando il flusso dell'aria nelle condotte subisce variazioni di direzione e/o di grandezza a causa della presenza di raccordi (curve, diramazioni, riduzioni, ecc.). Esse devono essere sommate alle perdite per attrito che si verificano lungo tutta la lunghezza della condotta, inclusa anche la lunghezza dei raccordi. In generale, due sono i metodi utilizzati per esprimere le perdite localizzate. Un primo metodo parte dalla constatazione che esse sono approssimativamente proporzionali al quadrato della velocità media dell'aria; pertanto a ciascun raccordo si può assegnare un certo coefficiente (definito **coefficiente di perdita dinamica**) che, moltiplicato per la pressione dinamica dell'aria, consente di determinare la caduta



di pressione che si verifica in corrispondenza del raccordo stesso. Un secondo metodo, denominato della **"lunghezza equivalente"**, viene applicato ai pezzi speciali, poiché in questi la perdita di pressione dipende anche dal coefficiente di attrito definito in precedenza. Questo metodo fa corrispondere a ciascun pezzo una "lunghezza equivalente addizionale" di condotta diritta che, moltiplicata per la caduta di pressione per metro lineare propria della condotta, darà la caduta di pressione addizionale causata dal pezzo, che si deve sommare a quella che si verificherebbe attraverso un tratto equivalente di condotta diritta.

Anche per la valutazione delle perdite di carico localizzate, esistono grafici o tabelle già predisposti (e riferiti ai coefficienti di perdita dinamica e alla stima delle lunghezze equivalenti), pubblicati nei manuali di termotecnica più diffusi.

E' utile ricordare che, per il calcolo delle perdite di carico complessivo di un impianto aeraulico (e quindi per la scelta del ventilatore), occorre tener conto anche delle perdite di carico che si verificano nell'unità di trattamento dell'aria e nei terminali di diffusione e di ripresa.

## **SISTEMI DI CALCOLO**

Una volta eseguito il tracciato della rete aeraulica, si passa al dimensionamento dei vari tronchi di condotte, utilizzando uno dei metodi seguenti:

- riduzione di velocità;
- perdita di carico costante;
- recupero di pressione statica.

Prima di esaminarli in dettaglio, è opportuno osservare che la resistenza effettiva di una data rete aeraulica può, entro certi limiti, differire da quella di progetto, in conseguenza delle variazioni imposte dalle realtà di cantiere e di quelle che è necessario apportare in funzione della standardizzazione delle dimensioni delle condotte.

### **Metodo a riduzione di velocità**

Con questo metodo viene scelta dal progettista una velocità dell'aria nella condotta immediatamente a valle del ventilatore di mandata e riducendo empiricamente tale velocità nei successivi tronchi di condotta normalmente in corrispondenza di ciascuna diramazione. Di norma, la velocità iniziale viene scelta sulla base della tipologia di impianto da realizzare (cfr. par. 1.4). La pressione richiesta al ventilatore dovrà essere calcolata nella diramazione della rete che presenta la maggior lunghezza equivalente, che non è necessariamente quella della diramazione più lunga. Infatti, un tronco di rete può avere tanti raccordi da causare una perdita di carico complessiva maggiore di quella relativa al tratto più lungo.

**Il metodo a riduzione di velocità è scarsamente utilizzato per la realizzazione di reti aerauliche complesse, perché richiede una notevole esperienza di calcolo e una lunga pratica. Può essere impiegato nel dimensionamento di impianti semplici e, anche in questo caso, va correlato all'uso di serrande di bilanciamento e taratura della portata.**

### **Metodo a perdita di carico costante**

Secondo tale metodo, il più diffuso per gli impianti a bassa pressione, l'intera rete aeraulica viene dimensionata mantenendo costante la perdita di carico per metro lineare. **Questo metodo risulta tecnicamente più affidabile del precedente, perché consente un miglior bilanciamento delle diramazioni simmetriche.** Quando all'interno della rete sono previste diramazioni con diverse lunghezze, si renderà necessaria la creazione di perdite di carico supplementari, ad esempio con

l'inserimento di serrande di taratura, per equilibrare i vari tronchi e più in generale l'intero sistema. E' opportuno notare che ad ogni riduzione di portata (in corrispondenza, ad esempio, di una diramazione o di un terminale) corrisponde una riduzione della velocità dell'aria nella condotta. In conseguenza di ciò, si avrà una conversione di pressione dinamica in pressione statica, che controbilancerà parzialmente la caduta di pressione per attrito nel tratto di condotta successivo. Per il principio stesso su cui si basa, non è possibile ottenere, con questo metodo, una pressione statica uniforme a monte di ciascun terminale.

### **Metodo a recupero di pressione statica**

Il principio su cui si basa questo metodo è quello della riduzione della velocità dell'aria nella condotta in corrispondenza di ogni diramazione o terminale, in modo tale che la conversione di pressione dinamica in pressione statica così ottenuta sia esattamente equivalente alla caduta di pressione dell'aria nel tronco di condotta successivo. Con questo sistema, la pressione statica rimane costante in ciascuna diramazione e a monte di ciascun terminale. Agli effetti del calcolo della pressione statica del ventilatore si potrà tenere conto soltanto della perdita di pressione che si verifica tra il ventilatore e la prima diramazione (oltre, naturalmente, alla pressione richiesta dagli elementi esterni alle condotte). Nel risultato del dimensionamento, può verificarsi che una riduzione della sezione sia troppo piccola e sotto l'aspetto economico ingiustificabile, oppure troppo grande rispetto alla sezione calcolata. Si potrà avere quindi un recupero di statica maggiore o minore di quello preventivato, che potrà influire sulla scelta della pressione statica da attribuire al ventilatore.

**Tra il metodo di dimensionamento a perdita di carico costante e quello a recupero di pressione statica, quest'ultimo comporta generalmente un peso delle condotte superiore, ma minore fabbisogno di potenza elettrica del ventilatore e più facile equilibratura dell'impianto. Nel caso di impianti complessi, può essere conveniente applicare i due metodi congiuntamente: il primo, nel dimensionamento del tronco principale, con l'inserimento di serrande di regolazione sulle diramazioni; il secondo nel dimensionamento delle diramazioni munite di terminali, per avere in questi la stessa pressione di funzionamento.**

## **2.5.ELEMENTI DI UNA RETE DI CONDOTTE**

L'insieme delle condotte, siano esse a sezione rettangolare o circolare, unitamente agli altri componenti di distribuzione o diffusione dell'aria ad esse collegati, costituiscono un impianto aeraulico.

**Qui di seguito si riportano pertanto alcuni dei termini impiegati per identificare, all'interno della rete, gli elementi più importanti:**

- **Nodo**                    E' il punto di una rete di condotte in cui avviene un cambiamento di sezione trasversale o di direzione.
  
- **Tronco**                    E' il tratto rettilineo di egual sezione trasversale di una rete di condotte che identifica la lunghezza intercorrente da nodo a nodo.

## COMPONENTI DELLE CONDOTTE

Allo scopo di facilitare la produzione, lo stoccaggio, il trasporto e l'installazione, le condotte vengono suddivise in componenti che sono progettati e costruiti per essere tra loro assemblati in fase di installazione.

Essenzialmente, essi si suddividono in:

- Pezzi rettilinei modulari** Sono componenti con sezione costante rettilinea. Per quanto riguarda la sezione rettangolare, essi sono normalmente prodotti in lunghezze modulari pari a 1500 mm (alcuni produttori adottano oggi lo standard di lunghezza di 2000 mm). Per la sezione circolare, sono normalmente prodotti in lunghezze modulari pari a 3000 mm.
- Pezzi rettilinei adattatori** Sono gli elementi di completamento dei pezzi rettilinei modulari. Essi sono normalmente costruiti a misura che, per la sezione rettangolare, è < 1500 mm e , per la sezione circolare, < 3000 mm.
- Raccordi** Sono definiti "raccordi" i componenti di una rete di condotte identificati da uno o più delle seguenti variazioni, relative a:
- orientamento
  - forma della sezione rettilinea
  - area della sezione trasversale

I raccordi si suddividono a loro volta in: curve, riduzioni, trasformazioni, derivazioni e innesti. Di seguito si riporta un'analisi più dettagliata di ciascuno di essi.

### - Curve (o gomiti) a sezione rettangolare

Sono elementi delle reti aerauliche che comportano un cambio di direzione del flusso d'aria. Dal punto di vista costruttivo, le curve sono composte da due elementi principali, detti comunemente "sagoma" e "fascia" (vedi figura 4).

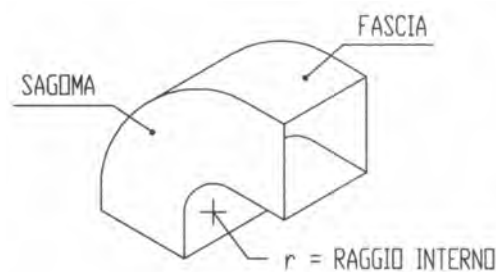


Fig. 4

Al fine di unificare la terminologia impiegata nella definizione delle curve e nella loro produzione di serie si può classificare la maggior parte delle curve rettangolari normalmente impiegate in:

**Curve ritte.** Sono contraddistinte dalla rotazione sul piano del lato maggiore della sezione trasversale della condotta (vedi figura 5). Vengono pure indicate col termine inglese “**Hard**” (ricavato dalla norma DW142 – HVCA).

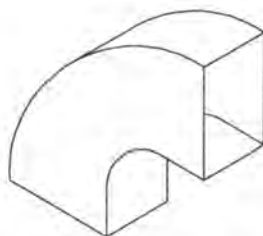


Fig. 5 - Curva ritta

**Curve piane.** Sono contraddistinte dalla rotazione sul piano del lato minore della sezione trasversale della condotta (vedi figura 6). Vengono pure indicate col termine inglese “**Easy**” (ricavato dalla norma DW142 – HVCA).

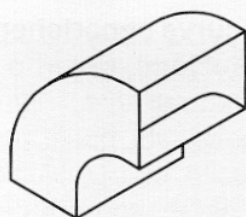


Fig. 6 - Curva piana

Gli spessori da impiegare nella costruzione delle curve sono gli stessi indicati per le condotte rettilinee relativamente alle classi A e B delle condotte (v. tabella 14).

Esiste una gamma considerevole di tipi di curve, che possono essere classificate, in rapporto alla loro diversa difficoltà costruttiva, come nella figura qui sotto:

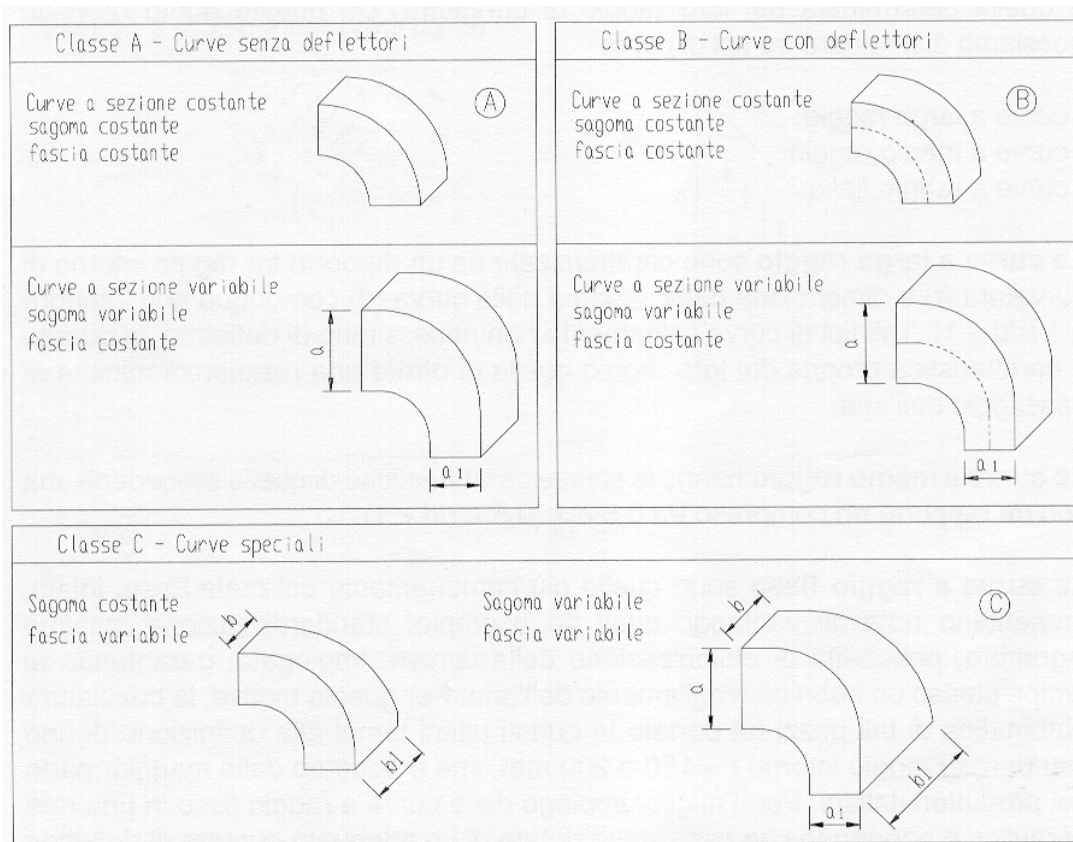


Fig. 7 - A ogni classe corrisponde una categoria di costo

**L'impiego di curve appartenenti alla classe A è preferibile, in ordine al minor costo di produzione, rispetto a quelle di classe B.** La scelta tra le due classi dipende dal grado di affidabilità funzionale che si richiede alla rete di condotte in funzione di parametri quali: turbolenza provocata dal flusso d'aria, perdite di carico, rumorosità ecc. L'utilizzo delle curve di classe C, che sono le più costose, è limitato ai casi molto particolari di limitazione di spazio che non consentano l'impiego di curve di classe A o B in abbinamento a una riduzione o trasformazione di sezione trasversale. Un'ulteriore limitazione all'impiego di curve di classe C è costituita dalla difficoltà di inserimento di deflettori al loro interno.

**L'incremento di costo nel passaggio dalla classe A, alla classe B, alla classe C è di difficile quantificazione, ma comunque sensibile per le ragioni esposte. Ciascun costruttore sarà in grado di definirlo in base alla propria esperienza.**

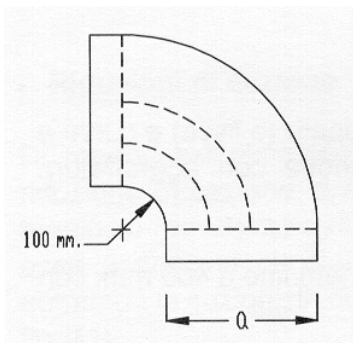
Altra caratteristica importante per la definizione delle curve a sezione rettangolare è quella determinata dal loro raggio di curvatura. Da questo punto di vista, possiamo distinguere tre tipi di curve:

- curve a largo raggio;
- curve a medio raggio;
- curve a raggio fisso;

**Le curve a largo raggio** sono caratterizzate da un rapporto tra raggio interno di curvatura ( $r$ ) e dimensione della sagoma della curva ( $d$ ) comunque non inferiore a 1 ( $r/d > 1$ ). Tali tipi di curve solitamente non necessitano di deflettori, in quanto è caratteristica propria del loro raggio quella di offrire una resistenza minima al passaggio dell'aria.

**Le curve a medio raggio** hanno le stesse caratteristiche di quelle precedenti, ma con un rapporto  $r/d$  compreso tra 0,5 e 1 ( $0,5 < r/d < 1$ ).

Le curve a raggio fisso sono quelle più comunemente utilizzate. Esse, infatti, presentano notevoli vantaggi, quali ad esempio: standardizzazione, minimo ingombro, possibilità di ottimizzazione della lamiera impiegata, garantendo al tempo stesso un buon convogliamento dell'aria. Per questo motivo, la tracciatura automatica di tali pezzi ha portato in questi ultimi tempi alla definizione di uno standard di raggio interno  $r = 150$  o  $200$  mm, che è adottato dalla maggior parte dei produttori italiani. Per il miglior impiego delle curve a raggio fiso in una rete aeraulici è opportuno che esse siano dotate di un adeguato numero di deflettori che si estendano per tutto l'arco di curvatura (fig. 8).



a in mm.	N° deflettori	Larghezza di ogni passaggio come frazione (dall'interno verso l'esterno)	d d'aria di "a"
Fino a 300	0	a	
Da 300 a 500	1	1/3 a 2/3 a	
Da 500 a 1000	2	1/6 a 1/3 a 1/2 a	
Oltre 1000	3	1/12 a 1/6 a 1/4 a 1/2 a	

Fig. 8 e tab. 8 – Corretto posizionamento dei deflettori

Un caso particolare di curve a raggio fisso sono le curve a spigolo vivo. Esse vengono impiegate quando limitazioni di spazio impediscono l'impiego di curve con raggio di curvatura. Nelle curve a spigolo vivo è necessario l'impiego di deflettori a profilo alare (vedi Fig.9)

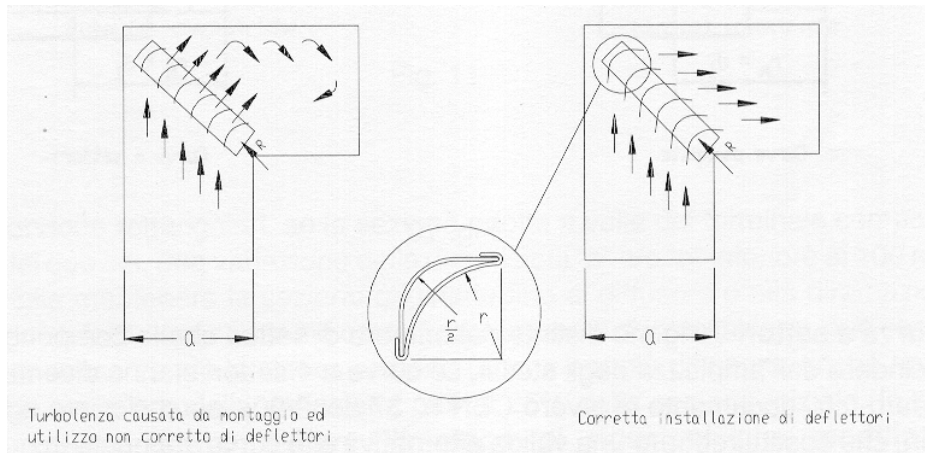


Fig. 9

r = 50 mm.	
Larghezza della condotta "a"	Numero minimo di deflettori
250	6
300	9
400	12
500	15
600	18
800	24

Tab. 9 – Numero e impiego dei deflettori in funzione di "a"

**- Curve a sezione circolare**

Le curve a sezione circolare si distinguono in curve stampate (o lisce) e curve a settori. Entrambe possono essere impiegate per condotte con aggraffatura spiroidale o calandrate.

**Le curve stampate** sono attualmente disponibili per diametri fino a 400 mm, con raggio medio uguale al diametro (v. fig. 10).

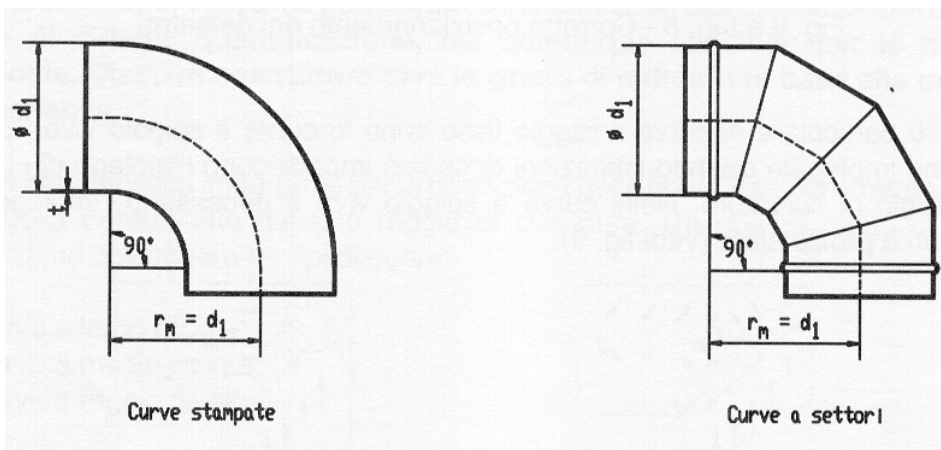


Fig. 10



Le **curve a settori** vengono distinte dal numero di settori che la compongono, prescindere dall'ampiezza degli stessi. Le curve a 4 settori stanno diventando lo standard (cfr. documento di lavoro CEN n° 37 del 9/90=, perché curve a 5 o più settori, che costituirebbero una valida alternativa alle curve stampate in quanto a perdita di carico, sono economicamente poco convenienti. Reciprocamente, curve a 3 settori presentano una perdita di carico troppo alta.

Nelle applicazioni particolari (impianti ad alta velocità) si consiglia l'utilizzo di raggi di curvatura più mpi.

Le inclinazioni normalmente realizzate sono, per entrambi i tipi di curve: 15°, 30°, 45° e 90°.

### Riduzioni di sezione

Di regola, nel dimensionamento delle condotte si ricorre all'impiego di una riduzione di sezione al decrescere della portata del flusso d'aria dovuta a un terminale (bocchetta o diffusore). La forma tipica delle riduzioni on varia, siano esse a sezione circolare o rettangolare. Pertanto esse si distinguono, per entrambe le sezioni, in due costruzioni standard: concentriche ed eccentriche (v. fig. 11).

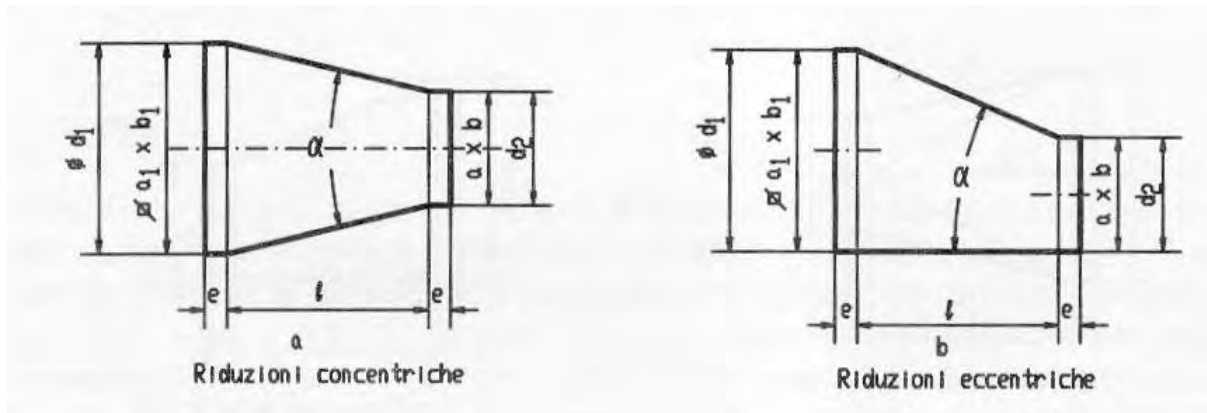


Fig. 11

Per le condotte rettangolari, se la sezione ridotta a valle del terminale comporta, su uno dei due lati, una variazione delle dimensioni "a" e/o "b" inferiore ai 100 mm, è preferibile mantenere la sezione originaria fino al diffusore o alla diramazione successivi. Infatti l'economia sui costi di produzione e di installazione, può essere realizzata conservando la stessa sezione (anche per più diffusori), finchè non si raggiunge un valore della variazione pari al 25% della sezione iniziale. In ogni caso **è buona norma evitare l'impiego di riduzioni che modificano contemporaneamente entrambe le dimensioni**. Quanto sopra vale per le forme tipiche dei raccordi raffigurati a pag. 57 (fig. 18) con le abbreviazioni RC, RE, US, UA.

Le dimensioni minime consigliate sono:

$$a = 150 \text{ mm};$$

$$b = 100 \text{ mm};$$

Gli altri parametri suggeriti sono:

$$400 < l < 1500 \text{ mm}$$

$$e < 25 \text{ mm}$$

$$22,5^\circ < \alpha < 45^\circ$$

### Trasformazioni di sezione

Si ricorre all'impiego di questi componenti quando, in una rete aerulici, si rende necessario il passaggio di forma dalla sezione trasversale da rettangolare a circolare o viceversa. Quando nella trasformazione l'area della sezione trasversale rimane costante si consiglia di mantenere l'angolo  $\alpha$  all'interno del seguente intervallo:  $22,5^\circ < \alpha < 45^\circ$ .

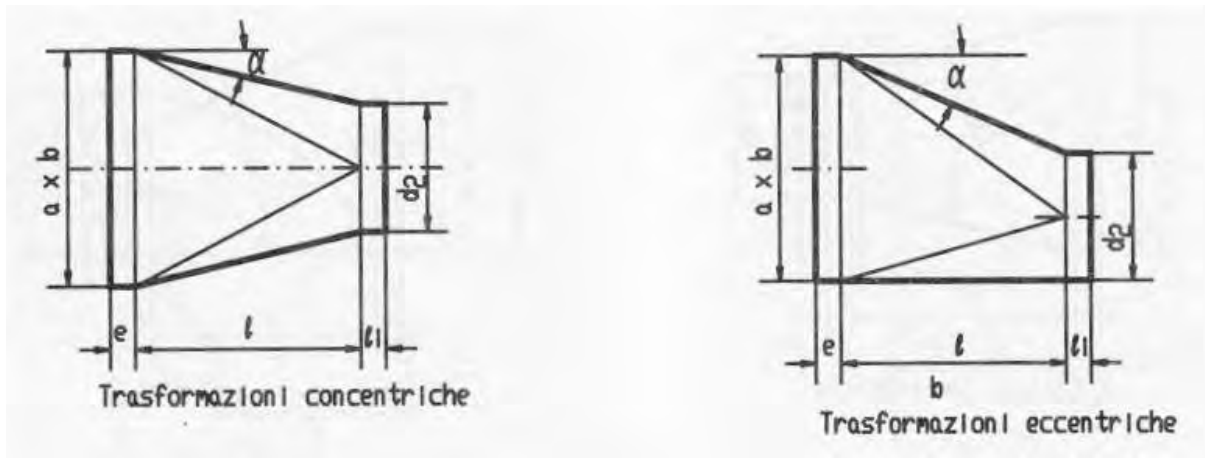


Fig. 12

Qualora si presenti la necessità di ridurre la sezione delle condotte in presenza di ostacoli, è consigliabile non apportare variazioni dell'area di sezione trasversale che superino il 20% della sezione precedente. Quanto sopra vale per le forme tipiche di raccordi descritte a pag. 57 (fig. 18) con le abbreviazioni: RS, RA.

### Derivazioni

Sono raccordi che suddividono il flusso di una condotta principale in una o più condotte secondarie. Nella pratica vengono utilizzate diverse derivazioni: le rappresentazioni delle figure alle pagg. **56, 58, 63 e 64** con le sigle di DI, TG, TA, HS, DC, per la sezione rettangolare, e con le sigle ATE, ATF, AYE, AYF, ARE, ARF, ADE, KXE, KXF, per la sezione circolare; e la **suddivisione in categorie di costa "A" e "B" (definita solo per la sezione rettangolare) ne indica l'opportunità di impiego in applicazioni standard.**

**Le derivazioni di tipo dinamico**, composte dalla congiunzione di due o più degli elementi fin qui descritti (trasformazione + curva, curva + curva, disassamento + curva ecc.) **rappresentano la costruzione tipica più affidabile per il controllo della portata e della velocità dell'aria** poiché, suddividendo il flusso di una condotta principale in due o più derivazioni secondarie, consentono, in fase di progettazione, una più precisa determinazione dei flussi d'aria derivati (vedi figure di pagina **55, 58, 59 e 65** con le sigle BD, ND, MD, DD, DE, DF, per la sezione rettangolare e HSE, HSF, per la sezione circolare).

### Innesti

Sono i componenti che si inseriscono nella condotta principale tra nodo e nodo, per captare il flusso d'aria e deviarlo in un tratto di condotta secondaria. **Il loro uso è limitato a diramazioni destinate ad alimentare un solo terminale** (diffusore e bocchetta). E' sempre raccomandabile, per la sezione rettangolare, prevedere l'impiego di deflettori, "raddrizzatori" o "captatori" per assicurare una corretta e uniforme ripartizione dell'aria nei tratti di condotta derivati dal collettore principale. Gli innesti a sezione rettangolare sono rappresentati con le sigle SU, SA, IP, ES, di fig. **15 a pag. 54 e fig. 17 a pag. 56**; quelli a sezione circolare con sigla STE di fig. **26 a pag. 65**.

Nella figura qui sotto sono rappresentate forme tipiche di innesti a  $90^\circ$  per sezione rettangolare.

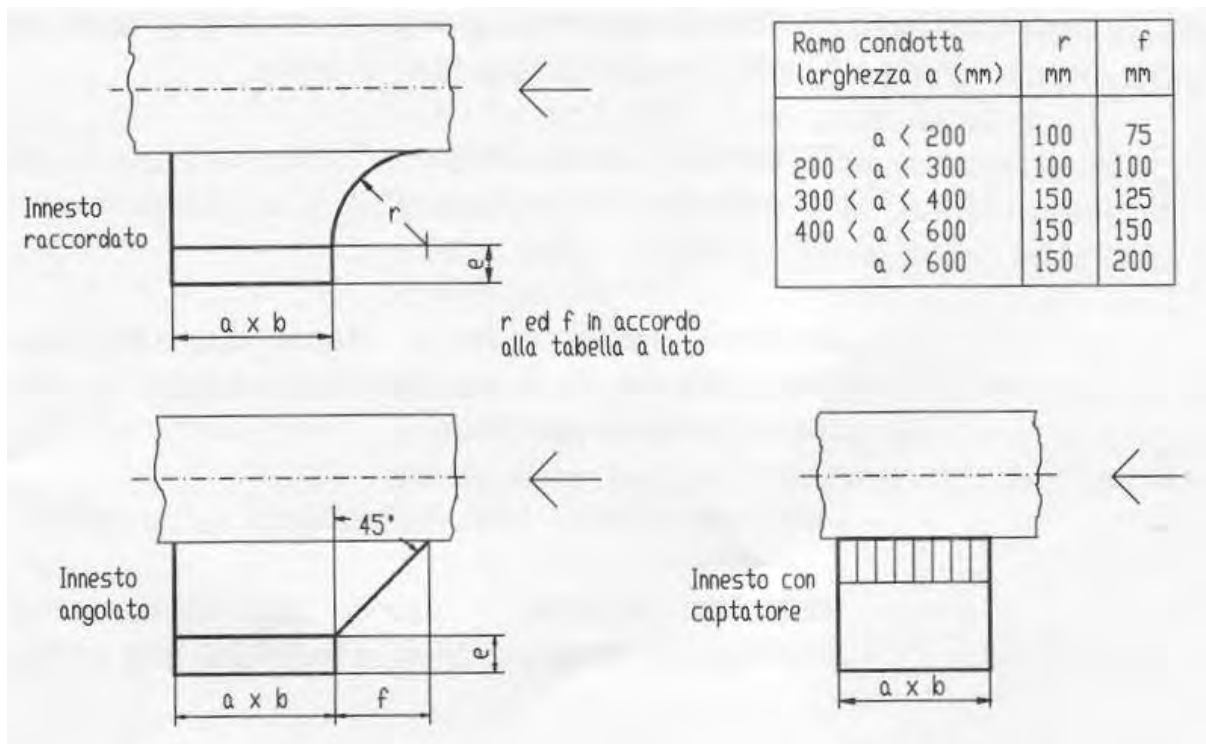


Fig. 13

## ACCESSORI DI UNA RETE DI CONDOTTE

**Giunti (o raccordi) antivibranti** Oltre ai componenti rigidi delle condotte esistono raccordi flessibili (a sezione circolare o rettangolare) che consentono di ridurre la propagazione di vibrazioni meccaniche e/o acustiche e le dilatazioni tra due componenti (es. condotte e unità di trattamento aria).

**Equalizzatori di flusso** Sono elementi finalizzati al controllo del flusso d'aria all'interno di una condotta, regolandone la velocità, riducendone il moto pulsante caratteristico o raddrizzandone il profilo. Sono considerati equalizzatori di flusso:

- le serrande di taratura
- i deflettori
- i diaframmi forati
- i captatori

**Serrande e valvole** Sono elementi inseriti nelle condotte d'aria o installati sui terminali di queste per permettere il controllo della resistenza al moto dell'aria nel sistema e le conseguenti modifiche della portata (serrande) o l'interruzione completa del flusso d'aria (valvole). Esempi di serrande che possono agire come valvole, o valvole di controllo, sono:

serrande a pala unica – Hanno un unico perno montato in posizione assiale o al margine esterno della pala.

Serranda a pale multiple – hanno due o più pale tra loro allineate, con

movimento coniugato ad alette contrapposte o parallele.

Serrande a iride – Hanno diaframmi settorizzati.

Serrande binarie – aventi due lamiere forate scorrevoli in forma parallela e regolabili una sull'altra.

Serrande a ghigliottina – aventi una lama mobile scorrevole su guide applicate in posizione perpendicolare al flusso d'aria.

**Serrande tagliafuoco**  
**Serrande tagliafumo** Sono accessori inseriti per separare due compartimenti attraversati dalla stessa rete di condotte, intesi a prevenire la propagazione del fuoco e/o del fumo a monte e a valle.

**Silenziatori** Sono accessori inseriti in un sistema di distribuzione dell'aria, intesi ad attenuare la diffusione del rumore attraverso la condotte.

**Sigillanti** Sono accessori utilizzati per ridurre le perdite per fughe d'aria nelle condotte.

**Isolamenti acustici**  
**Isolamenti termici** Sono materiali applicati all'interno e/o all'esterno delle pareti delle condotte al fine di ridurre la trasmissione del rumore e le dispersioni termiche.

**Barriera – vapore** È il rivestimento, resistente al vapore, applicato sulla superficie dell'isolamento termico; esso è impiegato nelle reti di condotte convoglianti aria la cui temperatura è diversa dalla temperatura ambiente. Il suo scopo è di evitare la migrazione del vapore d'acqua e la condensazione dello stesso all'interno dell'isolamento termico. La barriera – vapore può anche essere necessaria per prevenire la corrosione della lamiera a seguito degli effetti della condensazione sulla superficie delle condotte.

**Dispositivi di attenuazione delle vibrazioni** Sono accessori utilizzati per assorbire le vibrazioni sulle pareti delle condotte e ridurre la propagazione del rumore (supporti antivibranti, piani antivibranti, ecc.).

**Porte e pannelli di ispezione** Sono accessori intesi a consentire l'accesso e l'ispezionabilità delle condotte al loro interno; si suggerisce di installarle in prossimità di tutti gli accessori che richiedono l'ispezione e la manutenzione (es. serrande tagliafuoco, silenziatori, batterie elettriche).

**Tappi e rubinetti di drenaggio** Sono accessori che, applicati nei tratti terminali delle condotte, consentono il deflusso di eventuali liquidi accumulati o condensati all'interno delle stesse.

**Stazioni di misura** Sono accessori che consentono l'applicazione degli apparecchi di misura della portata d'aria e di rilevazione della temperatura e della pressione all'interno delle condotte.

## 2.6. CONDOTTE RETTANGOLARI : DIMENSIONI UNIFICATE

Per ottenere la standardizzazione delle dimensioni delle condotte rettangolari, è necessario introdurre il concetto del modulo base "M", poiché le dimensioni nominali caratterizzanti la loro geometria saranno di seguito sempre espressi come suoi multipli.

Fino ad oggi, i costruttori si sono spesso riferiti alla **norma ISO** (international standard organization) **R 1006** (cfr. taqb. 4 e 5 alle pagg. 25 e 26). Tale norma indica, per le condotte rettangolari, l'impiego dei seguenti parametri:

dimensione minima	<b>"a" = 150 mm</b>
dimensione minima	<b>"b" = 100 mm</b>
modulo base	<b>"M" = 50 mm</b>
rapporto di forma	<b>1 &lt; K &lt; 4</b>

Ed i seguenti incrementi:

incremento di	M	Per dimensioni "a" e "b"	< 300 mm
incremento di	2M	Per dimensioni "a" e "b"	Da 300 a 1000 mm
incremento di	4M	Per dimensioni "a" e "b"	> di 1000 mm

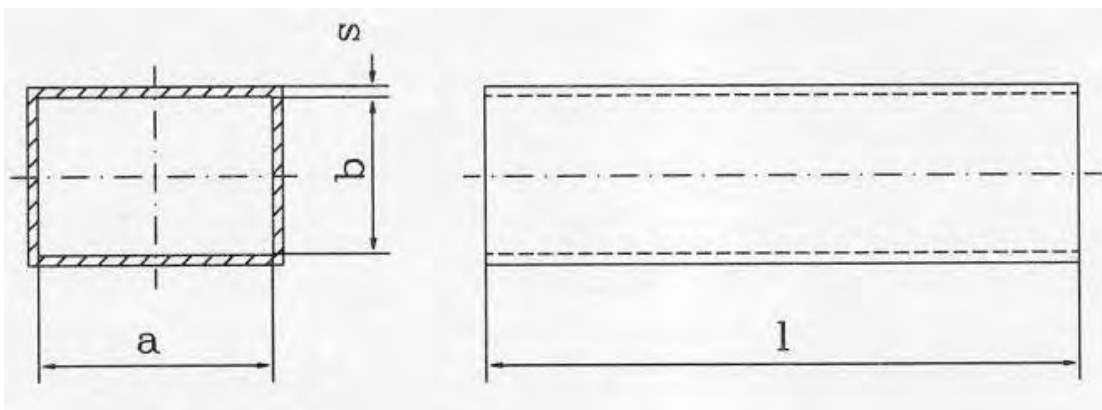


Fig. 14

Per le condotte rettilinee e i raccordi, **le misure nominali sono definite come "dimensioni interne delle condotte"**, al fine di poter unificare i processi di produzione automatizzata, indipendentemente dallo spessore delle lamiere impiegate nella costruzione.

Al riguardo, è utile evidenziare che **il documento di lavoro CEN n. 36 del 9/90 differisce dai parametri contenuti nelle norme ISO R 1006 e suggerisce, ai fini di una unificazione europea, i seguenti nuovi standard dimensionali:**

dimensione minima	<b>"a" = 200 mm</b>
dimensione minima	<b>"b" = 100 mm</b>
modulo base	<b>"M" = 50 mm</b>

con i seguenti incrementi:

incremento di	M	Per dimensioni "a" e "b"	< 300 mm
incremento di	2M	Per dimensioni "a" e "b"	Da 300 a 600 mm
incremento di	4M	Per dimensioni "a" e "b"	> di 600 mm

Entro il seguente campo:

$$200 < a < 2000 \text{ mm}$$

$$100 < b < 1200 \text{ mm}$$

$\frac{b}{a}$	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
200	0,60	0,70	0,80								
250	0,70	0,80	0,90	1,00							
300	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20						
400	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60					
500		1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	2,00				
600		1,50	1,60	1,70	1,80	2,00	2,20	2,40			
800			2,00	2,10	2,20	2,40	2,60	2,80	3,20		
1000				2,50	2,60	2,80	3,00	3,20	3,60	4,00	
1200					3,00	3,20	3,40	3,60	4,00	4,40	4,80
1400						3,60	3,80	4,00	4,40	4,80	5,20
1600							4,00	4,20	4,40	4,80	5,20
1800								4,60	4,80	5,20	5,60
2000									5,00	5,20	5,60

Tab. 10 – Dimensioni normalizzate delle condotte rettangolari

In funzione dei lati “a” e “b” espressi in mm, si deduce dalla tabella 10 la relativa superficie  $A_1$  = superficie laterale della condotta espressa in metri quadrati per metro lineare ( $m^2/m$ ).

### DENOMINAZIONE E RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE CONDOTTE A SEZIONE RETTANGOLARE

Ai fini della standardizzazione dei processi produttivi impiegati nella costruzione dei pezzi speciali, **l’AS.A.P.I.A. ha eseguito una ricerca sulla base delle normative a tutt’oggi applicate** (norme ISO – DIN – EUROVENT – AFNOR – SMACNA – BRITISH – ecc.) **e propone di utilizzare in campo nazionale le seguenti denominazioni, in attesa dell’emanazione delle norme europee CEN.**

Oltre alle denominazioni, nelle tabelle che seguono sono riportati alcuni elementi che si ritiene opportuno specificare .

La colonna “**sigla**” riprende e amplia l’insieme delle sigle sin qui utilizzate a livello europeo (DIN).

La colonna “**denominazione**” interpreta in linguaggio comune i nomi dei componenti rappresentati.

Le colonne “**esecuzione**” e “**dimensioni**”, tra loro correlate, ne definiscono alcuni standard costruttivi.

La colonna “**categoria di costo**” si richiama a quanto già affermato nel par. 2.5 a proposito delle curve per evidenziare come esistano diversi livelli di costo a seconda delle particolarità costruttive. L'appartenenza di un componente alla categoria “A” o “B” non implica un valore assoluto, ma definisce una differenza relativa (A = esecuzione meno onerosa, B = esecuzione più complessa).

La colonna “**riferimenti**”, infine, prelude a una possibile unificazione delle tipologie alle quali alcuni produttori di software per la progettazione e di processi automatizzati per la costruzione assegnano i medesimi componenti.

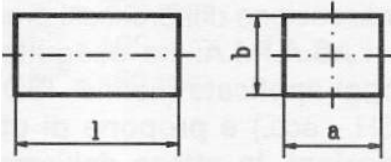
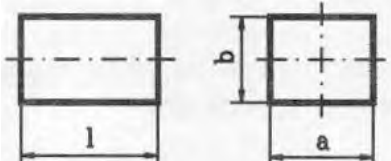

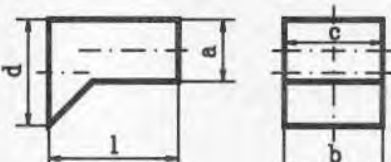
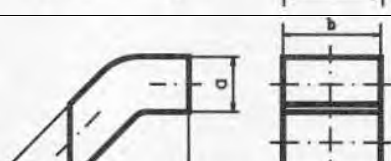
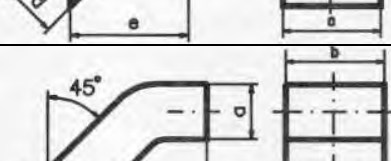
Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
KS	Condotta rettilinea standard	$l = 1500$ $l = 2000$		A	LW 1 CR 1 MC/310R ESS 10
KT	Pezzo rettilineo adattatore	$l < 1500$		B	LW1 CR1 MC/301/R ESS 10
SU	Innesto raccordato	$l \leq 900$ $b = c$		B	LW 10 LW 62 MC / - ESS 41
SA	Innesto angolato	$l \leq 900$ $b = c$		A	CR 19 MC / - ESS 41
IP	Innesto piano	$b = c$		A	LW / - CR 60 MC / - ESS 21
IS	Innesto inclinato a 45°	$b = c$		B	CR 64 MC / -

Fig. 15 – Condotte e raccordi a sezione rettangolare

Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
BS	Curva con o senza deflettori	Simmetrico $\alpha = \text{angolo}$		A	LW / 2 CR 3 MC/ 079R ESS 20
BA	Curva di riduzione Con o senza Deflettori	Simmetrico $\alpha = \text{angolo}$ $r = c > 25 \text{ mm}$		A	LW / 2 CR 75 MC/ 374A ESS 21
WS	Angolo (gomito) con alette deflettrici	R = 0 se non diversamente indicato  simmetrico		B	LW / 2 CR 7 MC/ 069R ESS 30
WA	Gomito di riduzione con alette deflettrici	R = 0 se non diversamente indicato		B	LW / 2 CR 7 MC/ 3410 ESS 31
BT	Curva terminale parapoggia	Simmetrico $\alpha = \text{angolo}$		B	LW / 2 CR 82 MC/ 0791R ESS -
BD	Doppia curva a derivazione dinamica			B	LW / 2+2 CR 3+3 MC/ 2+2 ESS 20+20

Fig. 16 – Raccordi a sezione rettangolare

Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
DS	Spostamento raccordato	Simmetrico		B	LW / 11 CR 6 MC/ 344R ESS 60



DA	Spostamento raccordato riduzione	$inc = b$		B	LW / 11 CR 63 MC/ 345R ESS 61
ES	Spostamento angolato	Simmetrico		A	LW / 4 CR 85 MC/ 344R ESS 60
EA	Spostamento angolato in riduzione	$c = b$		A	LW / 4 CR 85 MC/ 345R ESS 61
SS	Doppio spostamento raccordato			B	LW / - CR 67 MC/ - ESS -
DI	Derivazione inclinata			A	LW / - CR 55 MC/ 31RC ESS -

Fig. 17 – Raccordi a sezione rettangolare

Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
RC	Riduzione concentrica	Simmetrico		A	LW / 6 CR 8 MC/ 273R ESS -
RE	Riduzione eccentrica	Asimmetrico $b = c$		A	LW / 6 CR 8 MC/ 263R ESS -
US	Trasformazione	Simmetrico		A	LW / 6 CR 8 MC/ 273R ESS 40

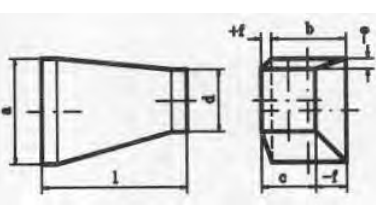
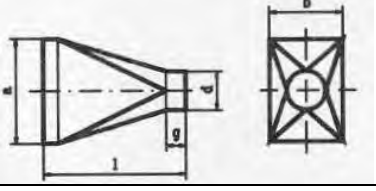
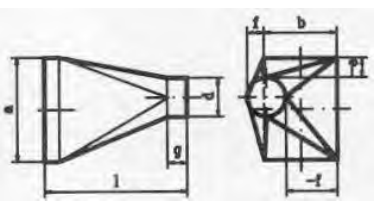
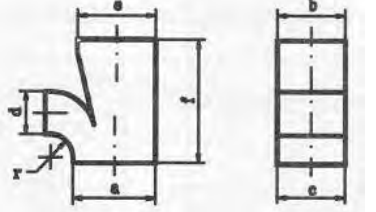
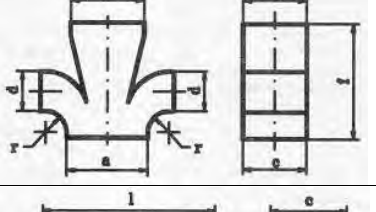
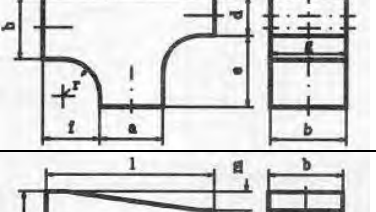

UA	Trasformazione	Asimmetrico Per le dimensioni (e) e (f) occorre fare attenzione al segno (- o +) che varia a seconda della posizione del salto		B	LW / 6 CR 8 MC/ 263R ESS 41
RS	Trasformazione tondo-quadro	Simmetrico		A	LW / 7 CR 17 MC 3577CR ESS 50
RA	Trasformazione tondo-quadro	Asimmetrico Per le dimensioni (e) e (f) occorre fare attenzione al segno (- o +) che varia a seconda della posizione del salto g = l <sub>2</sub> conformemente alla DIN 24 145		B	LW / 7 CR 17 MC 41R3 ESS 51

Fig. 18 – Raccordi a sezione rettangolare

Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
ND	Derivazione monolitica a 2 vie			A	LW / - CR 113 MC / - ESS -
MD	Derivazione monolitica a 3 vie			A	LW / - CR 115 MC / - ESS -
TG	Derivazione a T	Piatto sopra b = c = g		A	LW / 3 CR 10 MC/ 3734R ESS 70
TA	Derivazione a T ridotte	Obliquo sopra g = c = a		A	LW / 3 CR 10 MC / - ESS 71

HS	Derivazione a tre vie a Y	$g = c = a$ $m = \text{mnimo } 2$ volte l'altezza della flangia		B	LW / 13 CR 74 MC/ - ESS 42
DC	Derivazione a croce	$d = h$ $a = e$		A	LW / - CR 57 MC/ - ESS 72

Fig. 19 – Raccordi a sezione rettangolare

Abbreviazione	Denominazione	Esecuzione	Dimensioni (in mm)	Categ. di costo	Riferimenti
DD	Derivazione dinamica a 3 vie			B	LW / 16 CR 15 MC/ 3736 ESS -
DE	Derivazione dinamica a 2 vie			B	LW / 14 CR 13 MC/ 7322 ESS -
DF	Derivazione dinamica a 2 vie contrapposte asimmetrico			B	LW / 15 CR 14 MC/ 3733D ESS -

Fig. 20 – Raccordi a sezione rettangolare

## 2.7. CONDOTTE CIRCOLARI: DIMENSIONI UNIFICATE

Nell'affrontare gli aspetti costruttivi delle condotte circolari, occorre tenere presente che, per quanto riguarda i tratti rettilinei, esistono due metodi di esecuzione differenti tra loro, che determinano i seguenti prodotti:

**Condotte calandrate:** sagomatura circolare a calandra, con giunzione longitudinale continua mediante aggraffatura;

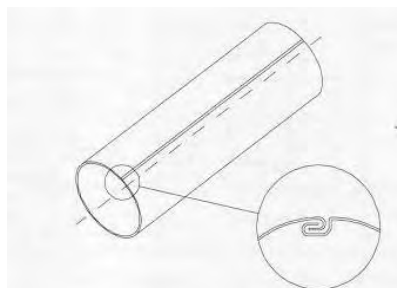


Fig. 21

**Condotte spiroidali:** profilatura continua di un nastro di lamiera zincata di larghezza determinata, con aggraffatura spiroidale.

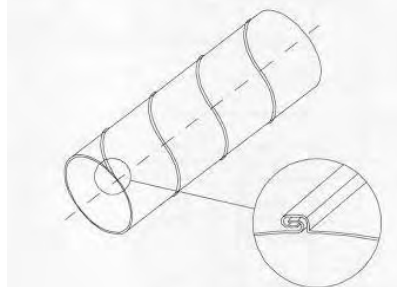


Fig. 22

**Le condotte spiroidali, con la possibilità di impiego di lamiere di spessore sottile unite a un'elevata resistenza meccanica e tenuta, hanno sostituito nel tempo le condotte calandrate.** Pertanto, i temi trattati in questo paragrafo limitatamente alle condotte rettilinee saranno riferiti esclusivamente alle condotte spiroidali.

Gli standard per il dimensionamento delle condotte a sezione circolare sono basati sulla progressione geometrica di Reinard R.20 a completamento della gamma di produzioni unificate proposte.

### **DIMENSIONI STANDARD DEI TRONCHI RETTILINEI A SEZIONE CIRCOLARE.**

Diametri consigliati.

DIAMETRO NOMINALE d [ mm ]	AREA DI SEZ. TRASVERSALE Ac [ m2 ]	AREA DELLA SUPERFICIE Ai [ m2 ]	GIOCO MINIMO DIAMETRALE	TOLLERANZE PER DIAMETRI MASCHI / FEMMINE
63	0,00312	0,198	0,70	0,50
80	0,00503	0,251	0,70	0,50
100	0,00785	0,314	0,70	0,50
125	0,01227	0,393	0,70	0,50
160	0,02011	0,503	0,70	0,60
200	0,03142	0,628	0,70	0,70
250	0,04909	0,785	0,70	0,80
315	0,07793	0,990	0,70	0,90
400	0,12566	1,257	0,70	1,00
500	0,19635	1,571	0,70	1,10
630	0,31172	1,979	0,70	1,20
800	0,50265	2,513	0,70	1,30
1000	0,78540	3,142	0,70	1,40
1250	1,22718	3,927	0,70	1,50

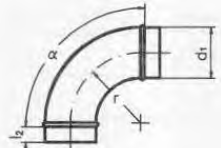
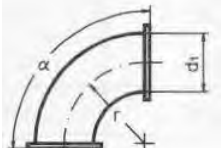
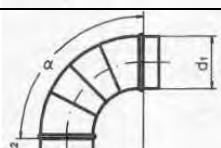
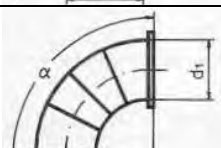
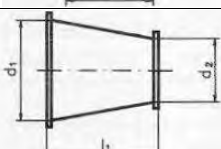
## Diametri aggiuntivi

355	0,09898	1,115	0.70	0,90
450	0,15904	1,414	0.70	1,00
560	0,24630	1,759	0.70	1,10
710	0,39592	2,231	0.70	1,20
900	0,63617	2,827	0.70	1,30
1120	0,098520	3,519	0.70	1,40

Tab. 23 – Diametri nominali e dati per il ridimensionamento delle condotte circolari

## DIMENSIONI E RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RACCORDI A SEZIONE CIRCOLARE

Per la definizione dei raccordi a sezione circolare, l'AS.A.P.I.A propone di adottare lo standard ricavato da norme DIN 24145 del 10/1975 con dimensioni conformi alla DIN 24147 in attesa della norma CEN di futura emanazione. Anche in questa circostanza, si riportano nella colonna "riferimenti" le sigle adottate da alcuni produttori italiani di software per la progettazione e di processi automatizzati per la costruzione delle condotte.

Definizione	Forma	Disegno	Esecuzione	Riferimenti
Curve	BGE		Liscio con estremità ad innesto	
	BGF		Liscio con flangia	
	BSE		A settori con estremità ad innesto	CR 21 LW 101
	BSF		A settori con flangia	CR 21 LW 101
Riduzioni coniche	USF		Simmetrico con estremità con flangia	CR 22 LW 106

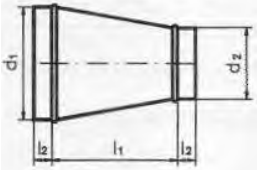
	USE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 22 LW 100
--	-----	---	---	-----------------

Fig. 23 – Raccordi a sezione circolare

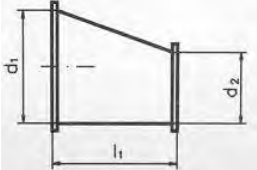
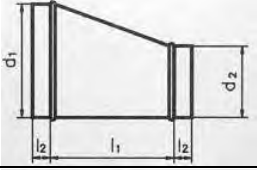
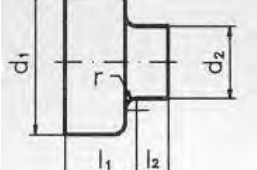
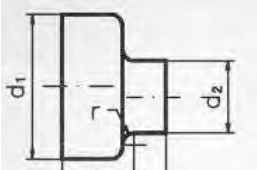
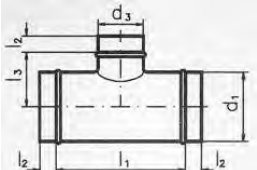
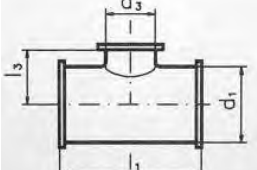
Definizione	Forma	Disegno	Note	Riferimenti
Riduzioni coniche	UAF		Asimmetrico con estremità a flangia	CR 49 LW 111
	UAE		Asimmetrico con estremità ad innesto	CR 49 LW 111
Manicotti di riduzione	SSE		Simmetrico con estremità ad innesto	
	SAE		Asimmetrico con estremità ad innesto	
Raccordo di derivazione a 90°	ATE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 27 LW 102
	ATF		Simmetrico con flangia	CR 27 LW 102

Fig. 24 – Raccordi a sezione circolare

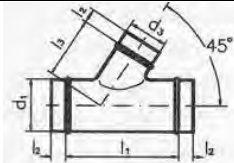
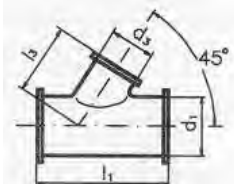
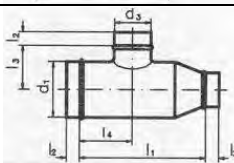
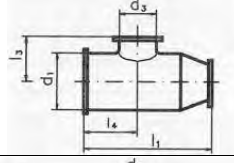
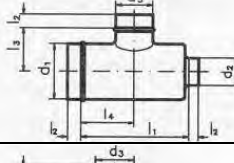
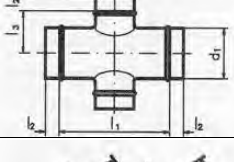
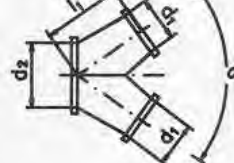
Definizione	Forma	Disegno	Note	Riferimenti
Riduzioni di derivazione a 45°	AYE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 27 LW 102
	AYF		Simmetrico con flangia	CR 27 LW 102
Riduzione di derivazione a 90°	ARE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 27 + 22 LW -
	ARF		Simmetrico con flangia	CR 27 + 22 LW -
	ADE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 271 LW -
Raccordi a quattro vie a 90°	KXE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 28 LW -
	KXF		Simmetrico con flangia	CR 28 LW -

Fig. 25 – Raccordi a sezione circolare

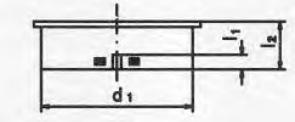
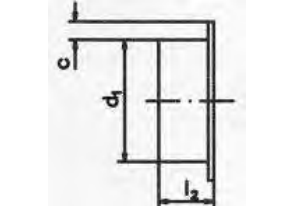
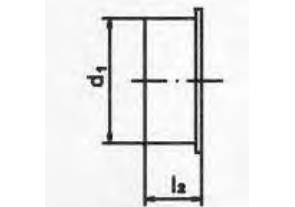
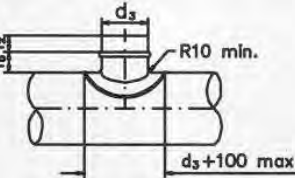
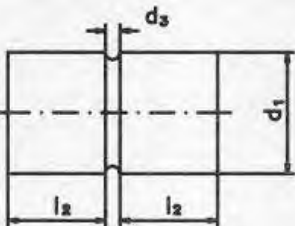
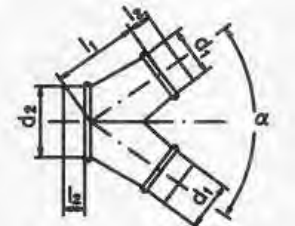
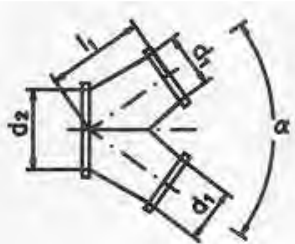
Definizione	Forma	Disegno	Note	Riferimenti
Portelli di pulizia	RDE		Per raccordo	CR 30 LW -
Tappi	DRE		Da innestare nel tubo (imboccatura femmina)	CR 30 LW -
	DFA		Da inserire su raccordi (imboccatura femmina)	CR 30 LW -
Riduzione a sella a 90°	STE		Libero	CR 87 LW 102
Manicotto	MFA		Per collegare raccordi con estremità ad innesto	CR 30 LW -
Raccordi a tre vie a Y	HSE		Simmetrico con estremità ad innesto	CR 77 LW 114
	HSF		Simmetrico con flangia	CR 77 LW 114

Fig. 26 – Raccordi a sezione circolare



# COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE IN LAMIERA

## 3.1. MATERIALI

Per la costruzione delle condotte in lamiera possono essere impiegati materiali di diverso tipo:

- **acciaio zincato**
- **acciaio inossidabile**
- **acciaio verniciato e preverniciata**
- **zinco – alluminio**
- **alluminio**

Comune a tutti questi tipi è il termine “lamiera”, che identifica l’impiego di nastri laminati di spessore inferiore a 3 mm., ottenuti con processi di lavorazione caratteristici di ogni materiale e normalmente commercializzati sotto forma di rotoli (coils) oppure fogli (lamiere piane). La larghezza dei rotoli è, generalmente, di 1500 mm, mentre i fogli hanno dimensioni variabili ma sempre soggette alla larghezza commerciale dei rotoli da cui sono ricavati.

Di seguito si darà una descrizione sintetica di ciascuno dei materiali, evidenziandone le caratteristiche principali e gli impieghi tipici.

### ACCIAIO ZINCATO

E' il materiale più comunemente usato. Si ricava da lastre di acciaio laminate a caldo o a freddo, zincate con procedimento per immersione continua a caldo. La protezione contro la corrosione, garantita dal rivestimento continuo di zinco, è direttamente proporzionale alla massa dello stesso. La denominazione “**Sendzimir**” indica il processo di zincatura normalmente impiegato per garantire una particolare aderenza acciaio/zinco nella fase di zincatura delle lamiere. In base alla tabella. UNI 5753, lo zinco deve essere di prima fusione del tipo ZN A 98,25 UNI 2013. Per l’identificazione dello zinco, occorre riferirsi alla norma UNI 4179.

La quantità di zinco presente complessivamente su entrambe le facce della lamiera è espressa in grammi al metro quadro ( $g/m^2$ ). Questa quantità può variare a seconda delle esigenze di impiego delle condotte nei vari settori di applicazione (civile, industriale, navale, ecc.).

TIPO DI RIVESTIMENTO DI ZINCO: MINIMI CONSIGLIATI DA IMPIEGARE NELLA COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE	
Z 200	Impiego civile e industriale, suggerito da EURONORM 147/79
Z 275	Impiego industriale in presenza di elementi aggressivi
Z 350	Impiego navale

Tab.12

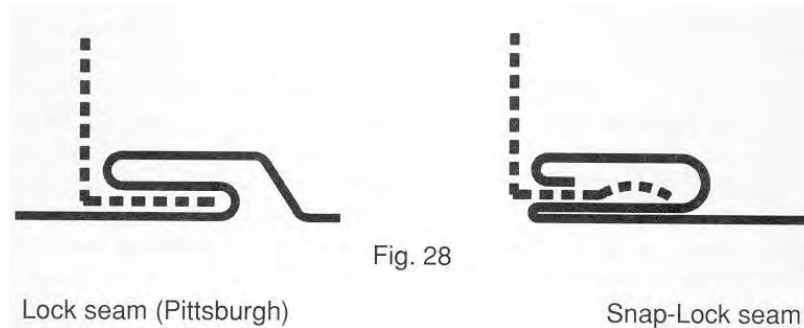
Per la produzione standardizzata delle condotte sono solitamente utilizzati dai produttori italiani i parametri della tabella riportata qui sopra.

**La norma UNI 5753 indica il tipo di materiale denominato FeP02G la lamiera di acciaio adatta per tutte le operazioni di piegatura e profilatura** necessarie nella costruzione delle condotte. La tabella successiva, estratta dalla UNI 5753, mette in evidenza il **grado di formabilità dell'acciaio in relazione alle aggraffature** ("lock seams") che sono normalmente impiegate nella costruzione delle condotte.

QUALITA' DI ACCIAIO	FORMABILITA' PER AGGRAFFATURE TIPO			
	"Lock seams" *		"Snap lock seams" **	
	Per spessori		Per spessori	
	Fino a 1,5	Oltre 1,5 fino a 2	Fino a 0,9	Oltre 0,9 fino a 1,25
FeP02G	Soddisfacente	Sconsigliato	Soddisfacente	Sconsigliato
FeP03G	Soddisfacente	Soddisfacente	Soddisfacente	Soddisfacente

\* Generalmente i "Lock seams" possono essere ottenuti con la classe FeP01G fino a 0,9 mm di spessore  
 \*\* La massa massima nominale dello zinco (considerate entrambe le facce del prodotto) non deve superare 275 g/m<sup>2</sup>

Tab. 13



### **Finiture speciale del'acciaio zincato**

In accordo con la norma UNI 5753 vengono definiti i diversi tipi di finitura superficiale delle lamiere di acciaio zincato, ripresi anche dal documento di lavoro CEN n° 6:

#### **a) stellatura normale (N)**

Questo tipo di finitura presenta una lucentezza metallica. **E' quello normalmente impiegato per la costruzione delle condotte**, ed è il risultato della crescita spontanea dei cristalli di zinco durante la normale solidificazione.

#### **b) stellatura ridotta (M)**

Questa finitura, anch'essa normalmente impiegata nella costruzione delle condotte, ha come caratteristica quella di presentare una certa difformità dell'aspetto superficiale all'interno di uno stesso rotolo o in una stessa lamiera piana. Tale finitura si ottiene riducendo la normale cristallizzazione dello zinco durante la solidificazione. Nonostante un aspetto estetico diverso, le caratteristiche tecnico-funzionali di questa lamiera non sono difformi da quelle della lamiera con finitura di tipo a).

#### **c) rivestimento normale in lega ferro/zinco (R)**

Il rivestimento non presenta alcuna stellatura ed appare di color grigio opaco. **E' una finitura scarsamente richiesta e quindi poco impiegata dai costruttori di condotte.** Diversamente dal materiale con finitura di tipo a) o b), quello di tipo c) non è contraddistinto dalle sigle Z 200, Z 275 o Z 350, ma dalle sigle F 100 o F 180. Esso, inoltre, non è ritenuto adatto per le operazioni di profilatura riportate nella tabella 13 estratta dalla UNI 5753.

## ACCIAIO INOSSIDABILE

E' un materiale che presenta alta resistenza alla corrosione unita a un basso costo di manutenzione. **Viene utilizzato nella costruzione delle condotte destinate ad impieghi per i quali esso deve mantenere intatte nel tempo le proprie caratteristiche**, oppure garantire un alto grado di igiene, ovvero ancora laddove l'utilizzo avviene in ambienti aggressivi e/o tossici (industrie chimiche, applicazioni nucleari e marine, esposizione agli agenti atmosferici). Il suo uso può essere richiesto anche per particolari esigenze estetiche.

L'acciaio inossidabile attualmente in commercio è una buona combinazione tra formabilità e saldabilità. La sua resistenza alla corrosione dipende dalla percentuale di cromo che contiene (in nessun caso inferiore al 9%).

Per la costruzione delle condotte vengono utilizzati due tipi di acciaio inossidabile: serie ferritica 400 (magnetica) e serie austenitica 300 (non magnetica). Quest'ultima contiene, in aggiunta al cromo, una percentuale variabile di nichel che ne aumenta la resistenza alla corrosione.

Anche gli acciai inossidabili possono essere classificati con le seguenti sigle convenzionali, che permettono di distinguerle in base alle loro caratteristiche:

- **Tipo 409:** contiene l'11,5% di cromo e lo 0,3% di titanio. E' un acciaio inox ferritico che presenta buone caratteristiche di formatura e un costo contenuto, ma minore resistenza alla corrosione rispetto agli acciai medi. Non richiede trattamenti dopo la saldatura e può essere lavorato con metodi tradizionali.
- **Tipo 304:** contiene il 18% di cromo e il 9% di nichel. E' un acciaio inox austenitico, comunemente denominato "18/8", anche se le percentuali di cromo e nichel attualmente utilizzate possono anche essere diverse. E' saldabile e ha buona lavorabilità e discreta resistenza alla corrosione che ne consiglia l'uso in ambienti moderatamente aggressivi.
- **Tipo 316:** contiene il 17% di cromo, l'11% di nichel e il 2,5% di molibdeno. E' un acciaio inox austenitico, con elevata resistenza alla corrosione, che lo rende adatto per l'impiego in ambienti particolarmente aggressivi. E' saldabile, ma presenta notevoli difficoltà nella profilatura tipo "Pittsburg" e "Snap-Lock" e nella realizzazione dei giunti trasversali a flangia profilata riportata.

## Finiture superficiali dell'acciaio inossidabile

Esiste in commercio un'ampia gamma di finiture superficiali, da quella opaca fino a quella lucida con massima brillantezza..

- a) **Finiture opache:** contraddistinte dalle sigle 2°, 2B e 2D, in ordine decrescente di brillantezza e uniformità superficiale;
  
- b) **Finiture lucide:** contraddistinte dalle sigle 4 e 8, in ordine crescente di lucidità e brillantezza.

## ACCIAIO VERNICIATO E PREVERNICIATO

La verniciatura dell'acciaio zincato è realizzabile adottando adeguati procedimenti di trattamento primario, diversi da quelli realizzati sugli acciai non rivestiti con zinco. A questo scopo possono essere impiegate vernici da applicare come base al prodotto finito indicate come "wash-primer". In alternativa, si va sempre più diffondendo l'impiego di lamiere con rivestimento a conversione chimica (tipi al cromato, al fosfato e all'ossido), comunemente definite come "**lamiera preverniciata**". In questo caso, si ha il vantaggio di poter disporre di rivestimento superficiale su entrambi i lati. Ciò ne consente l'utilizzo in ambienti particolarmente aggressivi (esposizione agli agenti atmosferici, presenza di gas o vapori reagenti con lo zinco). Le lamiere preverniciata sono protette superficialmente secondo il seguente ciclo:

- a) zincatura
- b) fosfatazione sui due lati
- c) "primer back coat" sul lato non in vista
- d) verniciatura a fuoco, nel lato in vista

con uno spessore totale di circa 25 micron.

Le lamiere preverniciata possono essere anche protette superficialmente all'origine da un film autoadesivo in polietilene che ne previene il danneggiamento nelle fasi di produzione e trasporto delle condotte.

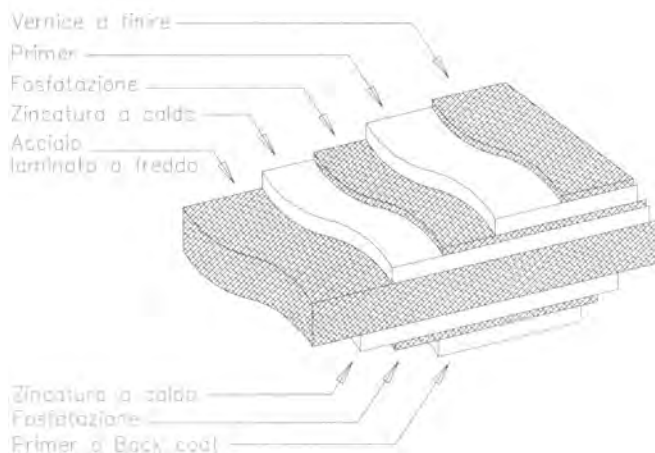


Fig. 29 – Esempio di protezione superficiale della lamiera

## ZINCO-ALLUMINIO

E' una lamiera di acciaio che si differenzia da quelle finora trattate perché rivestita superficialmente con una lega composta da: 55% di alluminio, 43,4% di zinco e 1,6% di silicio. Queste percentuali sono calcolate sul peso complessivo del materiale, che può variare da 150 a 185 g/m<sup>2</sup>. Indipendentemente dalle caratteristiche del rivestimento, la resistenza meccanica di questo materiale deve corrispondere a quella della lamiera di acciaio zincato (di norma 200 N/mm<sup>2</sup>).

## ALLUMINIO

In alcuni casi particolari, le condotte possono essere costruite con lamiere di alluminio di qualsiasi lega tra quelle disponibili in commercio. E' opportuno però scegliere il tipo di lega che meglio si presta alla lavorazione richiesta. Le leghe convenzionalmente indicate con le sigle 1200, 3303 e 5251 sono facilmente formabili e forniscono un'eccellente resistenza agli agenti atmosferici; tra queste, la lega 5251 è la più resistente all'atmosfera marina.

Ciascuna di queste leghe può essere prodotta in due diversi stadi di durezza, convenzionalmente denominati "cotto" e "crudo". E' bene scegliere il grado di durezza in base alle necessità di formatura; ad esempio, le tempere di maggior durezza (alluminio crudo) possono comportare problemi di rottura della lamiera durante le operazioni di profilatura. Per questo motivo, la lega 6082-TF, ad alta durezza, non è consigliata per operazioni di profilatura tipo "Pittsburgh".

All'interno di una rete di condotte in lamiera di alluminio è bene utilizzare accessori (rivetti, bulloni, ecc.) omogenei o di altro materiale compatibile (acciaio inossidabile).

Anche le lamiere di alluminio possono essere protette superficialmente da un film autoadesivo in polietilene che ne previene il danneggiamento nelle fasi di produzione e trasporto delle condotte.

### 3.2. SPESSORI

Rigidezza e stabilità delle condotte sono requisiti fondamentali per la realizzazione di una rete aeraulica. Per questo, lo spessore delle lamiere da impiegarsi nella costruzione, al pari di altri accorgimenti (rinforzi, tipo di aggraffature e di giunzione tra i vari elementi), deve essere dimensionato in funzione delle caratteristiche di velocità o pressione alle quali il sistema aeraulico è sottoposto.

## CONDOTTE RETTANGOLARI

Dal documento di lavoro CEN n° 50 del 01/91 si ricava il seguente orientamento sulle caratteristiche dimensionali richieste nella costruzione delle condotte rettangolari, al fine di assicurare la riduzione delle deformazioni dei piani per ragioni funzionali ed estetiche: la deformazione massima ammessa sui lati delle condotte sottoposte a una pressione di 1 kPa non deve superare il 2% della lunghezza del lato in questione, e comunque non deve essere maggiore di 20 mm (cfr. Eurovent 2/2).

Al momento il CEN non prescrive, in funzione di queste esigenze, lo spessore minimo da impiegarsi nella costruzione delle condotte rettangolari. **L'AS.A.P.I.A. suggerisce l'applicazione dei dati riportati nella seguente tabella degli spessori**, frutto dell'integrazione delle norme esistenti (ISO, DIN, SMACNA, ecc.) con i sistemi costruttivi attualmente impiegati e le esperienze pratiche dei produttori di condotte associati.

Dimensioni (mm) lato maggiore	Lamiera zincata		Alluminio		Tipo di giunzione e distanza
	Spess. (mm.)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Spess. (mm.)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
0-300	0,6	5,1	0,8	2,3	Baionette o flange distanti max 2000 mm
350-750	0,8	6,7	1,0	2,7	Baionette o flange distanti 1500 mm con nervature di rinforzo
800-1200	1,0	8,2	1,2	3,3	Flange in profilato distanti 1500 mm con nervature di rinforzo
1250-2000	1,2	9,8	1,5	4,2	Flange in profilato distanti 1500 mm con rinforzo a metà
Oltre 2000	1,5	12,0	1,5	4,2	Flange in profilato distanti 1000 mm con rinforzo a metà

Tab. 14 – Spessore delle condotte rettangolari

La tabella precedente si riferisce alle condotte rettangolari di classe tenuta “A” (cfr. par. 2.3). Per la costruzione delle condotte di classe tenuta “B”, si suggerisce l’utilizzo di lamiere con uno spessore maggiorato di 0,2 mm rispetto a quello indicato per la classe “A”, a parità di dimensione del lato maggiore.

Gli spessori indicati in tabella nella colonna relativa alla lamiera zincata sono utilizzabili anche per l’impiego di materiali diversi come: acciaio inossidabile, acciaio preverniciata, zinco-alluminio.

L’emissione di una chiara normativa CEN al riguardo, e/o la definizione di parametri di prova che potranno essere oggetto di specifiche certificazioni da parte dei costruttori di condotte, consentiranno di aggiornare la tabella della pagina precedente, per raggiungere un obiettivo comune a costruttori e committenti: **correlare l’affidabilità meccanica del prodotto a criteri che non facciano riferimento esclusivamente al peso del materiale.**

## CONDOTTE CIRCOLARI

Spostando l’analisi sulle condotte a sezione circolare, è stato effettuato lo stesso tipo di integrazione tra norme esistenti e indicazioni tratte dall’esperienza dei costruttori associati, ottenendo i risultati mostrati nella tabella successiva. Nel campo delle sezioni circolari si hanno più elementi tendenti alla standardizzazione costruttiva, ma resta la necessità che il CEN indichi chiare linee di comportamento per il futuro.

Diametro da 63	a	80	mm	spessore nominale	0,4	mm
" 100	"	250	"	"	0,6	"
" 315	"	500	"	"	0,8	"
" 560	"	900	"	"	1,0	"
" 1000	"	1250	"	"	1,2	"

Tab. 15 – Spessori delle condotte circolari

La scelta degli spessori delle lamiere da impiegare è la condizione fondamentale per ottenere il peso complessivo della rete di condotte, sistema fin qui usato, almeno in Italia, per determinare il costo globale della stessa. Da questo punto di vista, è opportuno precisare che il peso delle lamiere calcolato in Kg per metro quadrato e indicato nella tabella 14 si riferisce alla sola lamiera impiegata per la costruzione delle condotte. Per ottenere il peso del manufatto completo occorrerà aggiungere i pesi relativi a profili, flange, sostegni, sormonti per aggraffature, deflettori, ecc., secondo le tabelle forniti dai produttori di condotte.

**Il passaggio ad un'unità di misura diversa come, ad esempio, il metro quadrato (misura, questa, già adottata in altri paesi europei), apporterebbe senz'altro maggiore chiarezza nei rapporti tra costruttori e committenti; tanto più che, per calcolare il peso complessivo della rete di condotte, è comunque necessario farne il computo in metri quadrati di superficie.**

Si consideri inoltre che il calcolo in termini di superficie anziché di peso costituisce, anche in Italia, il sistema di determinazione dei costi delle coibentazioni termiche, recepito e regolamentato dalla normativa UNI in vigore (UNI 6665-70). Del resto, il CEN è orientato a regolamentare anche il sistema di calcolo delle perdite per fughe d'aria in una rete aerulici in metri quadrati di superficie, abbandonando il criterio della percentuale sul volume globale della portata d'aria dell'impianto, fin qui utilizzato.

### TOLLERANZE DIMENSIONALI

Nella compilazione dei capitolati d'appalto vengono nominalmente indicati gli spessori delle lamiere da impiegare per la costruzione delle condotte. La norma UNI 5753 stabilisce che essi sono quelli nominali e soggetti alle tolleranze riportate nella tabella successiva. Lo spessore delle lamiere di acciaio zincato si intende comprensivo del rivestimento di zinco.

Spessore mm	Tolleranza sullo spessore mm	Tolleranza sulla massa %	*
minore di 0,40	± 0,04	± 8,5	
da 0,40 a meno di 0,50	± 0,04	± 7,0	
da 0,50 a meno di 0,60	± 0,05	± 6,5	
da 0,60 a meno di 0,80	± 0,06	± 6,0	
da 0,80 a meno di 1,00	± 0,08	± 5,5	
da 1,00 a meno di 1,25	± 0,10	± 5,0	
da 1,25 a meno di 1,35	± 0,12	± 5,0	
da 1,35 a meno di 1,50	± 0,13	± 5,0	
da 1,50 a meno di 1,75	± 0,15	± 5,0	
da 1,75 a meno di 2,00	± 0,16	± 5,0	
da 2,00 a meno di 2,50	± 0,18	± 5,0	
da 2,50 a meno di 3,00	± 0,20	± 5,0	

\* Le masse devono essere calcolate in base ai valori nominali delle dimensioni della lamiera sottile ed alla massa specifica di 7,85 kg/dm<sup>2</sup>

Tab. 16 – Lamiere zincate: tolleranze dimensionali

### 3.3. RINFORZI

Per aumentare la resistenza meccanica dei piani delle condotte rettangolari, ferme restando le indicazioni date nel paragrafo precedente riguardo agli incrementi di spessore delle lamiere in funzione dell'aumento di dimensione del lato maggiore della condotta, occorre che essi siano adeguatamente rinforzati. **Nel caso di condotte appartenenti a una rete aerulici soggetta a bassa o media pressione è sufficiente utilizzare sistemi di rinforzo esterno realizzati direttamente sulla lamiera.** Nel caso, invece, di condotte per impianti nei quali è richiesta una resistenza meccanica più elevata (nei limiti comunque imposti dalla struttura di queste condotte) è necessario aggiungere rinforzi all'interno.

Nelle figure seguenti sono riprodotti i due sistemi di rinforzo esterno più comunemente utilizzati

### Nervatura trasversale “z”

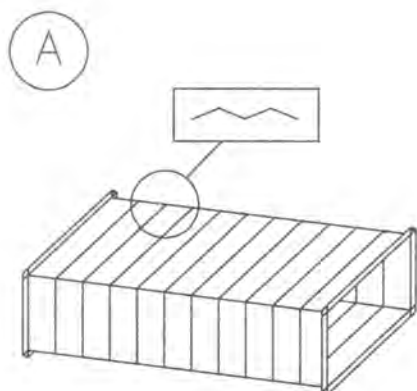


Fig. 30

È il sistema di irrigidimento dei piani delle condotte oggi maggiormente utilizzato. Può essere realizzata anche sui pezzi speciali, creando così uniformità nel sistema di fabbricazione di tutti i componenti, con garanzie di affidabilità meccanica e risultato estetico non trascurabile nelle esecuzioni a vista delle reti aerauliche. È superflua nelle condotte di piccole dimensioni, ma indispensabile quando il lato maggiore supera i 400 mm.

### Nervatura diagonale “Croce di S. Andrea”

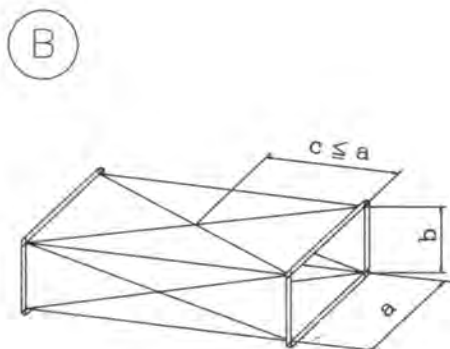


Fig. 31

È il sistema di rinforzo dei piani delle condotte che risulta ormai superato dalle nuove tecniche e attrezzature di cui dispongono i costruttori, anche perché la buona tecnica di esecuzione di tale sistema presupporrebbe la necessità di stabilire con precisione in fase di costruzione e di montaggio il tipo di pressione cui la condotta verrà assoggettata

<b>Pressione positiva (mandata aria)</b>	<b>Pressione negativa (aspirazione aria)</b>
Nervatura diamantata verso l'esterno della condotta	Nervatura diamantata verso l'interno della condotta.

Nello schema viene riportato l'esatto orientamento della nervatura diagonale.



## Rinforzi interni

È il sistema che si adotta nei casi in cui è richiesta una resistenza meccanica più elevata. Questo sistema di rinforzi può essere applicato anche in fase di montaggio in sito. In funzione della dimensione della condotta e della tipologia dell'impianto, sono normalmente applicati da un minimo di tre a un massimo di sei rinforzi. Il rinforzo può essere costituito da una barra metallica in acciaio trafilato e verniciato. Vengono applicati nelle posizioni della figura a lato e nelle quantità indicate nella tabella 17. In sintonia con i metodi di costruzione adottati dai produttori europei di condotte per l'applicazione dei rinforzi si sconsiglia l'uso di saldature, mentre è preferibile un fissaggio con viti e bulloni.

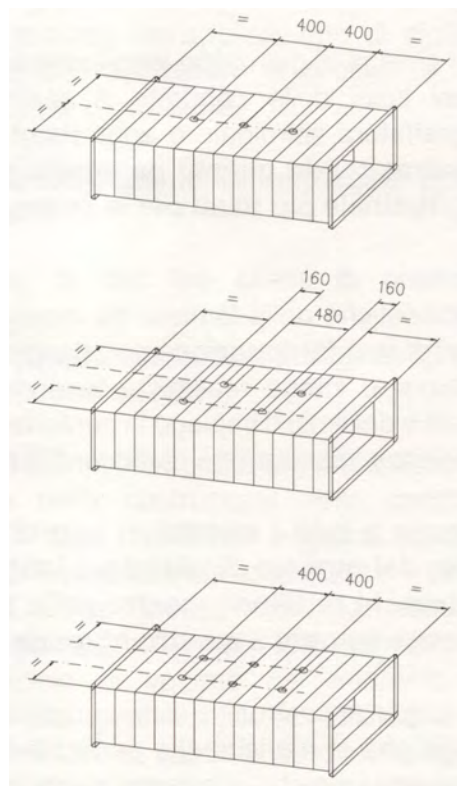


Fig. 32

Numero rinforzi	Bassa pressione dimensione lati	Media pressione dimensione lati	Alta pressione dimensione lati
TRE	Da 1600 a 2000	Da 400 a 700	Da 100 a 400
QUATTRO		Da 700 a 1100	Da 400 a 700
SEI		Da 1100 a 2000	Da 700 a 1000

Tab.17

## **3.4. GIUNZIONI LONGITUDINALI**

La corretta esecuzione dell'aggraffatura longitudinale è uno dei fattori di primaria importanza di cui tener conto nella fase di costruzione delle condotte.

Esiste una vasta gamma di giunzioni longitudinali che va dalla saldatura (d'angolo, testa a testa o per punti) fino alla giunzione ottenuta con la profilatura delle lamiere. Di seguito si prenderanno in esame soltanto le giunzioni per profilatura, poiché sono quelle comunemente utilizzate nella lavorazione delle lamiere zincate.

Tra i sistemi di giunzione longitudinali ottenibili mediante profilatura ne esistono alcuni tipici delle condotte a sezione circolare, già trattati in precedenza (aggraffatura spiroidale o

aggraffatura longitudinale rettilinea conseguente alla calandratura). **In questo paragrafo si tratterà solo dei sistemi di giunzione longitudinale più usati per la costruzione delle condotte rettangolari.**

Il criterio di scelta del tipo di giunzione longitudinale è funzione delle caratteristiche della lamiera da impiegare, della classe di tenuta richiesta e dei criteri di standardizzazione perseguiti dai produttori. Le giunzioni di qualsiasi tipo, comunque, vanno realizzate tenendo conto delle caratteristiche tipiche delle stesse e dei limiti d'impiego in conformità agli spessori da utilizzare, o per rendere omogenea l'esecuzione di raccordi e tronchi rettilinei.

**Comune a tutti i sistemi di aggraffatura qui presentati è la possibilità di scelta del numero di giunzioni longitudinali da utilizzare nella costruzione dei tronchi rettilinei, mentre nella realizzazione dei raccordi è necessario ricorrere sempre a quattro aggraffature d'angolo.**

Tali esigenze costruttive si ripercuotono sul risultato globale del manufatto, anche per ciò che si riferisce alle garanzie richieste per le diverse classi di tenuta. È ormai appurato che una componente fondamentale tra quelle che determinano le perdite per fughe d'aria nelle condotte è il sistema di profilatura longitudinale delle stesse, che dipende in primo luogo dal tipo di aggraffatura impiegata e, in secondo luogo, dai metri lineari di aggraffatura realizzati per metro quadrato di superficie della condotta. È infatti dimostrato che, misurando le perdite per fughe d'aria in metri lineari di giunzione, e dividendole poi per i metri quadrati di lamiera che compongono la condotta, piccole sezioni trasversali presentano un rapporto metri lineari di giunzione / metri quadrati di condotta più sfavorevole rispetto a condotte di sezione maggiore. Analogamente, i raccordi (che richiedono quattro aggraffature d'angolo) hanno un rapporto ancora più sfavorevole.

**Queste notevoli differenze rendono l'aggraffatura longitudinale delle condotte un elemento rilevante nell'attribuire ogni rete aeraulica a una certa classe di tenuta.** L'importanza del criterio di misurazione illustrato è confermata dall'orientamento espresso dai documenti di lavoro CEN, nei quali si considera ormai superato il criterio di misurazione che prevedeva il calcolo della percentuale d'aria dispersa sul volume globale del flusso d'aria immesso in una rete aeraulica e che considerava accettabile una perdita d'aria del 5%. Infatti, il limite di questo criterio consisteva nel fatto che la percentuale di perdita ammessa per fughe d'aria non era correlata alla maggiore o minore dimensione e lunghezza della rete aeraulica, ma soltanto alla portata iniziale ad essa attribuita.

Si può ricorrere a ulteriori interventi per migliorare la tenuta delle condotte, se richiesti da particolari esigenze. Essi consistono nell'applicazione di sigillanti contemporaneamente o successivamente alle operazioni di profilatura. Ciò comporta, ovviamente, un aumento del costo di produzione.

**I sistemi di aggraffatura longitudinale comunemente impiegati per la formatura delle condotte rettangolari sono:**

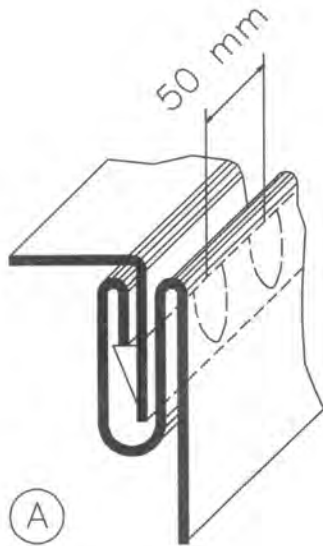


Fig. 33 – Button punch snap lock

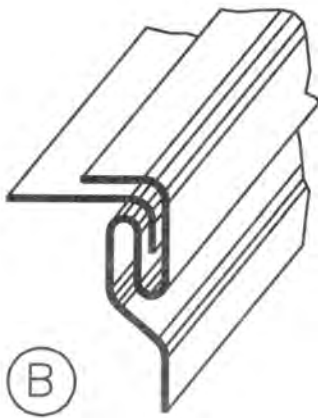


Fig. 34 - Pittsburgh

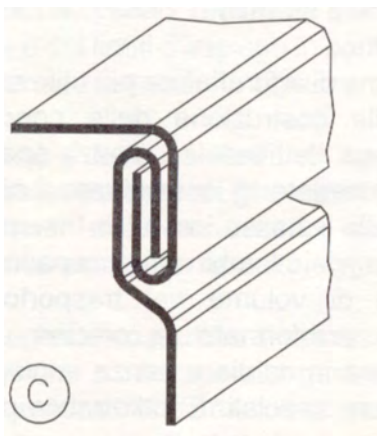


Fig. 35 – Double corner seam

**a) aggraffatura button punch snap lock (giunzione a scatto)**

È il sistema di aggraffatura più utilizzato in Italia nella costruzione delle condotte, siano esse rettilinee o pezzi speciali, perché consente di assemblare i singoli piani delle stesse con la semplice pressione dei lembi. Ciò consente il risparmio di volume nel trasporto del materiale pre-formato in officina e da assemblare in cantiere senza impiego di attrezzature speciali. È utilizzabile per la costruzione di condotte con spessore delle lamiere fino a 10/10 mm (rif. SMACNA ed. 1985, pagg. 1-39). Il sistema non è raccomandato per condotte in alluminio o altri materiali molto malleabili, mentre è compatibile con l'applicazione in officina di coibentazioni interne e/o esterne alle condotte.

**b) aggraffatura pittsburgh (giunzione tasca e piega)**

Questo sistema è compatibile sia per le condotte rettilinee che per i pezzi speciali. È impiegabile per la costruzione di condotte con spessori delle lamiere fino a 12/10 mm. Anche in questo caso è possibile l'applicazione in officina di coibentazioni interne o esterne alle condotte.

**c) Aggraffatura double corner seam (giunzione doppia ad angolo)**

Impiegabile solo nella costruzione delle condotte rettilinee non coibentate internamente. È utilizzata da alcuni costruttori perché, oltre ad abbreviare le operazioni di profilatura, riduce il livello sonoro in fase di assemblaggio dei piani delle condotte. Può essere impiegata per la costruzione di condotte con spessore max. 10/10 mm.

### 3.5. GIUNZIONI TRASVERSALI

Un altro elemento di fondamentale importanza nella costruzione delle condotte è il sistema adottato per la connessione dei singoli componenti, siano essi rettilinei o raccordi. **Esistono vari tipi di giunzione trasversale applicabili nell'esecuzione standard delle condotte circolari e rettangolari.** La scelta di un tipo piuttosto che un altro dipende essenzialmente dal grado di affidabilità di ciascun sistema in rapporto a questi elementi:

- resistenza meccanica;
- tenuta alle fughe d'aria;
- classi di pressione;
- caratteristiche dei materiali;
- interasse degli staffaggi.

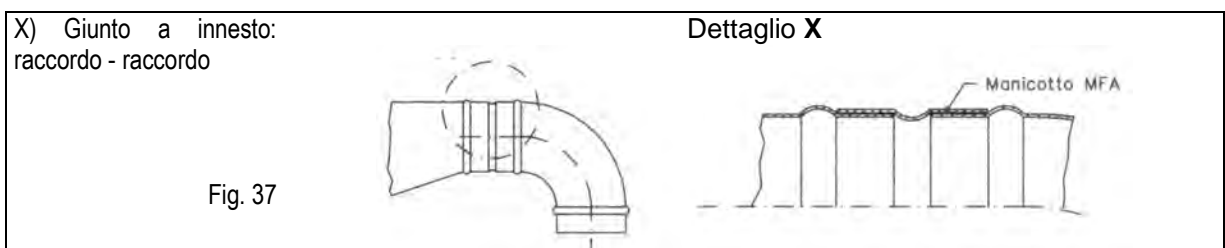
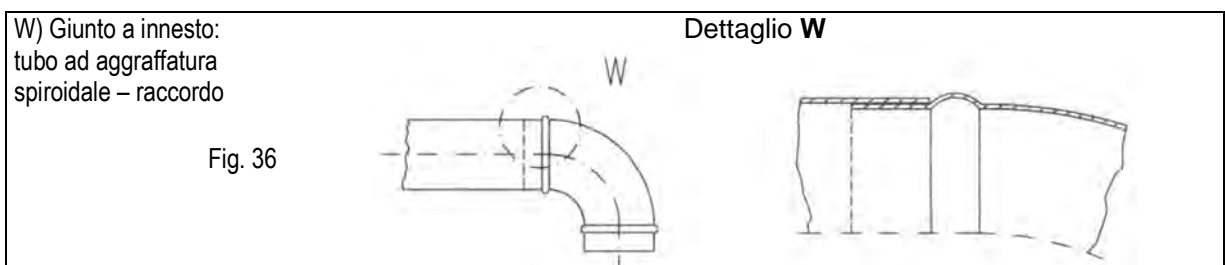
Non esistono regole che indirizzino la scelta in modo univoco, se non quelle determinate di volta in volta dalle condizioni di oggetto e di impiego, affidate all'esperienza del progettista e del costruttore. **Si riportano di seguito le rappresentazioni tipiche dei sistemi di giunzione trasversale maggiormente impiegati,** facendo presente che essi sono validi in applicazioni normali, senza particolari sollecitazioni dovute a pressione, peso proprio delle condotte, temperatura, spinta del vento, ecc. In questi casi, sono necessarie prove statiche specifiche.

#### A SEZIONE CIRCOLARE

Le condotte ad aggraffatura spiroidale vengono preferibilmente congiunte a innesto fino a un diametro nominale di 800 mm. In caso di diametri nominali maggiori vengono preferibilmente impiegati connettori a flangia, flangie piatte o profili flangiati e anello elastico.

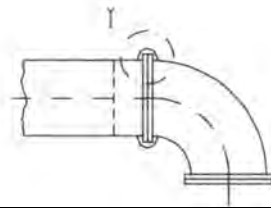
Gli esempi di giunzione riportati nelle figure successive valgono per l'impiego su condotte rettilinee ad aggraffatura spiroidale continua o rettilinea calandrata, con esclusione della giunzione riportata in fig. 39, utilizzabile solo per condotte calandrate.

#### ESEMPI DI GIUNZIONI

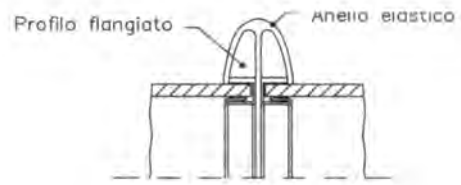


Y) Giunto con profilo flangiato e anello elastico

Fig. 38

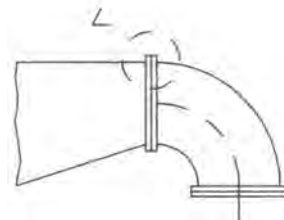


Dettaglio Y

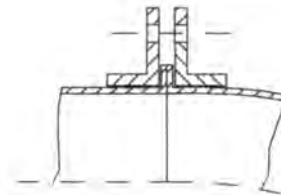


Z) Giunto a flangia

Fig. 39



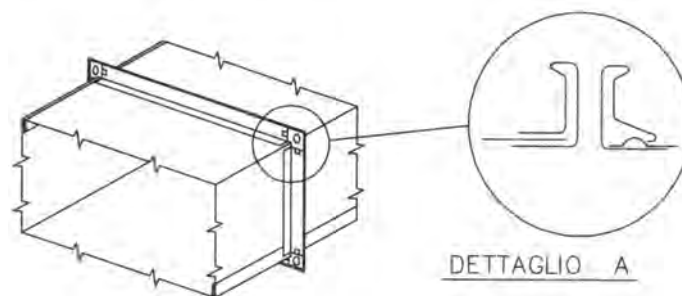
Dettaglio Z



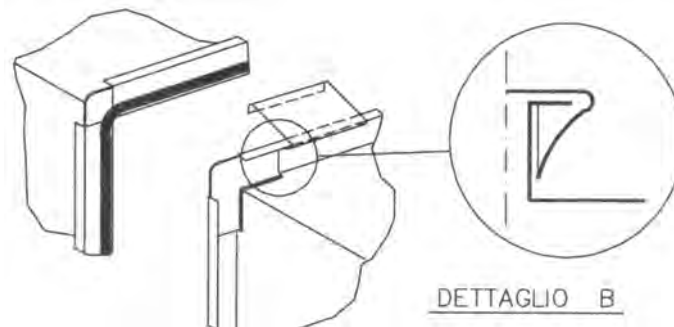
## A SEZIONE RETTANGOLARE

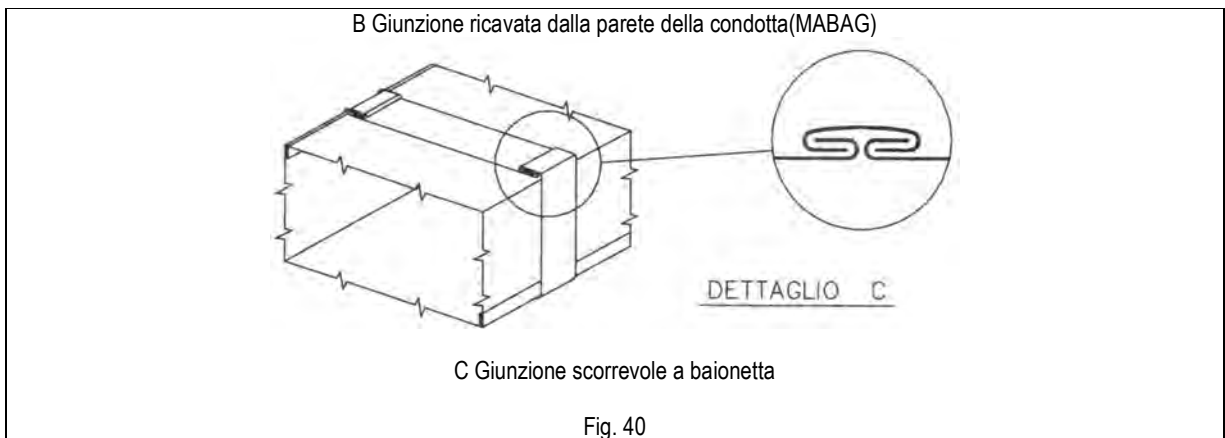
Tra i sistemi di giunzione trasversale utilizzati per congiungere tra loro i singoli elementi di condotte, siano essi rettilinei o raccordi, i più comuni sono:

- a- giunzione a flangia profilata riportata
- b- giunzione a flangia ricavata da condotta (MABAG)
- c- giunzione a baionetta scorrevole



A Giunzione a flangia in profilato zincato





**Si riportano qui di seguito le caratteristiche di ogni tipo di giunzione, con i suggerimenti di impiego in applicazioni standard. (\*)**

#### **A) Giunzione a flangia in profilato zincato**

La flangia in profilato zincato va assicurata alla parete della condotta mediante fissaggio meccanico ottenuto con puntatura elettrica, rivettatura con rivetti ciechi o punzonatura. È prescritto l'impiego di morsetti di serraggio delle flangie che vanno posti su tutti i lati delle condotte a intervalli di 400 mm. In sintonia con i metodi di costruzione adottati dai costruttori europei, è consigliato realizzare il fissaggio meccanico delle flangie scegliendo tra i sistemi sopraindicati la rivettatura o la punzonatura.

#### **B) Giunzione a flangia “MABAG”**

Questo sistema di giunzione è ricavato direttamente dalla sagomatura della condotta, fissando ai bordi della stesa degli angolari di lamiera prestampata. È prescritto l'impiego di un profilo di serraggio per assicurare l'aderenza dei lembi della giunzione. Questo sistema è ancora poco diffuso in Italia, anche se le caratteristiche di tenuta meccanica lo propongono come valida alternativa al tipo di giunzione “a flangia riportata”.

#### **C) Giunzione a baionetta**

Questo sistema è impiegabile per la costruzione di condotte di piccole dimensioni. La giunzione a baionetta viene realizzata direttamente sui bordi della condotta, con piegatura a 180° e inserimento di un profilo scorrevole per tutta la lunghezza del perimetro. Non avendo grande affidabilità dal punto di vista meccanico, questo sistema richiede opportuni accorgimenti per quanto riguarda la tenuta e la ripartizione dello staffaggio.

Poiché le giunzioni trasversali rappresentano una sensibile causa di perdita per fughe d'aria, è consigliabile in ogni caso ricorrere all'applicazione di sigillanti e di guarnizioni di tenuta nella fase di assemblaggio dei singoli elementi.

(\*) La giunzione a baionetta è utilizzabile fino ad un lato maggiore di 500 mm. La giunzione MABAG ha un campo di impiego compreso tra 200 e 1100 mm. Il campo di impiego della giunzione a flangia riportata profilata riportata varia in funzione della sua grandezza (20 o 25 mm, 30 o 40 mm); è bene ricorrere alla grandezza di 40 mm per condotte oltre i 1800 mm di lato maggiore.

### 3.6. STAFFAGGI

La cura nella costruzione delle condotte è il presupposto per una corretta interpretazione e applicazione delle condizioni poste nel progetto di una rete aerea; tuttavia, i risultati di buona esecuzione possono essere vanificati da una non corretta realizzazione del sistema di staffaggio. Il rischio è reale, perché frequentemente viene attribuita poca importanza a questa fase e raramente nei capitolati si fa riferimento a prescrizioni specifiche in materia, e questo perché l'ideazione del sistema di staffaggio viene normalmente lasciata all'esperienza e alla responsabilità del costruttore e/o dell'installatore. È perciò utile ricordare che **esistono anche in questo campo alcune “regole dell'arte” da rispettare per la corretta esecuzione del sistema di staffaggio**, che andrebbero pertanto definite nella fase di progettazione della rete.

La scelta tra i possibili metodi di staffaggio dipende dalle condizioni oggettive poste dalla struttura architettonica (caratteristiche dell'edificio, spazi disponibili, percorso delle condotte, aspetto estetico, ecc.) Inoltre, le tecniche impiegate sono diverse a seconda del tipo di condotte da installare: per questi motivi, sarebbe troppo dispersivo affrontare nei dettagli tutte le soluzioni possibili. Quindi l'analisi si limiterà agli elementi di staffaggio che costituiscono i casi tipici di impiego. La norma DW 142 – “Addendum A”, ripresa del documento di lavoro CEN n° 7, distingue gli elementi dello staffaggio, in ordine alla loro funzione, in:

- sistemi di aggancio alla struttura;
- sospensioni o distanziatori;
- sostegni (supporti) delle condotte.

Qualunque sia la configurazione, è consigliato interporre fra le parti rigide (strutture, sostegni e piani delle condotte) strati di materiale elastico.

### FISSAGGIO ALLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO

I componenti utilizzati per il fissaggio devono avere le stesse caratteristiche di robustezza dei sostegni delle condotte ad essi ancorate. Per garantire l'affidabilità dell'aggancio a una struttura in cemento, in laterizio alveolare o in carpenteria metallica si ricorrerà, di volta in volta, all'utilizzo di tasselli ad espansione (da pieno o da vuoto), muratura di inserti metallici oppure “cravatte” o “morsetti”, questi ultimi in alternativa alla saldatura che è sempre sconsigliata. L'uso di chiodi “a sparo” conficcati direttamente nella struttura non è consigliato per carichi sospesi.

### FISSAGGIO ALLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO

**Qualunque sia il tipo di sospensione o sostegno scelo, esso dovrà essere di tipo metallico, zincato per immersione a caldo, zincato a freddo o protetto con altri trattamenti anticorrosivi.**

Per il posizionamento a soffitto delle condotte circolari, l'esecuzione può essere fatta in due modi a seconda del peso delle stesse. Per pesi ridotti, le condotte vengono normalmente sostenute per mezzo di una **sottile lamiera zincata flessibile (reggetta metallica)** della larghezza di circa 30 mm., solitamente preforata per consentire l'introduzione dei bulloni di fissaggio e di regolazione della quota di posa delle condotte (vedi fig. 41). Tale reggetta metallica può quindi essere fissata al soffitto a mezzo di tasselli ad espansione o con un altro dei sistemi di fissaggio già citati. Per condotte di peso più consistente, viene di solito utilizzato un supporto di Fe piatto (di spessore 2-3 mm), con due fori laterali per l'aggancio delle sospensioni.

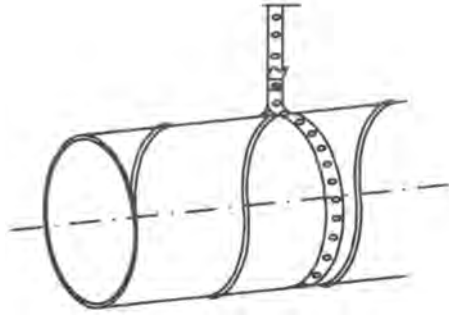


Fig. 41 – condotta circolare sospesa al soffitto con reggetta metallica e tassello ad espansione

Per le condotte a sezione rettangolare di piccole dimensioni e peso si impiegano normalmente dei **profili stampati (squadrette)** di lamiera zincata fissate alla condotta mediante viti autofilettanti oppure rivetti (fig. 42).

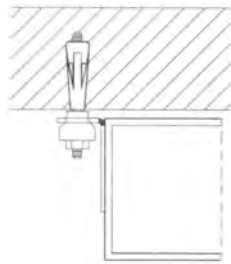


Fig. 42 – Sospensione di condotta rettangolare di piccole dimensioni (< 800 mm.) in aderenza al soffitto con impiego di squadrette metalliche

Qualora le condotte devono essere installate in aderenza al soffitto, ma ad esso sospese, si ricorre all'impiego di tiranti di sostegno normalmente in **barra zincata filettata** per assicurare il collegamento tra soffitto e squadretta (Fig. 43). Possono essere utilizzati anche altri materiali, come ad esempio le corde di acciaio.

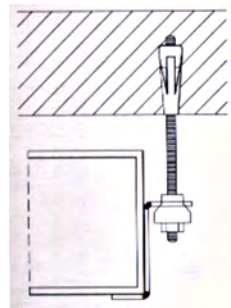


Fig. 43 – Sospensione di condotta rettangolare di piccole dimensioni (< 800 mm.) distanziate dal soffitto

In ogni caso questi tipi di sostegni vanno applicati in coppia ai lati della condotta. L'applicazione delle squadrette solo su un lato non è corretta.

Qualora le dimensioni delle condotte a sezione rettangolare e il loro peso siano rilevanti ai fini dello staffaggio, si ricorre all'impiego di una **barra di sostegno trasversale** (normalmente in profilato zincato preforato). Il dimensionamento di tale supporto sarà in funzione del peso e delle dimensioni della condotta. In ogni caso, non è accettabile la flessione dello stesso.

Nel caso particolare di condotte posizionate in prossimità di un pavimento, l'appoggio può essere costituito da piccoli **muretti di mattoni** di altezza limitata (cm. 10) sui quali va appoggiato, prima della messa in opera della condotta, un supporto anelastico con il compito di isolare la lamiera dal materiale cementizio. Qualora la condotta sia posizionata a una certa quota dal pavimento, si può optare per lo staffaggio con impiego di sostegni costituiti da **profilati metallici con base di appoggio quadrata** e in forma avvolgente la condotta.



Quando le condotte devono essere installate a parete il sistema di staffaggio può essere realizzato con impiego di **angolari di ferro o in profilato zincato preforato (mensole)** murati o fissati con tasselli (Fig. 44).

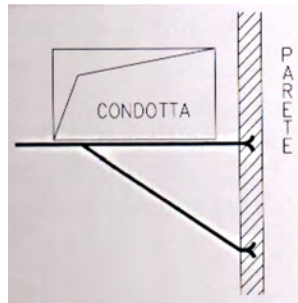


Fig. 44 – Condotta corrente a parete sostenuta da staffa metallica

Un altro sistema impiegato per questo tipo di esecuzione è quello costituito da un **sostegno orizzontale in profilato** tenuto in opera dalla parete laterale e da una sospensiva affrancata al solaio con tondino di barra filettata o cavetto d'acciaio.

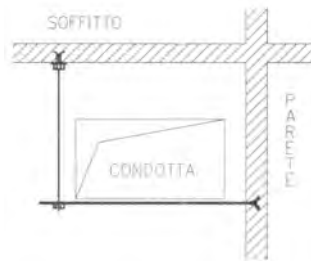


Fig. 45 – Condotta corrente a parete sostenuta congiuntamente da una staffa orizzontale e da una sospensione aggraffata al soffitto

Si sono sin qui esposti alcuni modi per eseguire gli staffaggi. È difficile indicare le misure, anche per il fatto che queste sarebbero soggette alla variazione dei carichi che debbono sostenere: si possono però dare alcuni suggerimenti di come esse debbano adattarsi all'impianto di una rete aeraulica.

**Tutti i sostegni, per svolgere al meglio la loro funzione, debbono rispettare le seguenti prescrizioni:**

- a) Essere posizionati ad angolo retto rispetto all'asse della condotta che devono sostenere.
- b) Gli ancoraggi realizzati con la reggetta metallica devono interessare tutte le condotte e non una sola parte; in altre parole devono essere installati in coppi e posizionati uno opposto all'altro.
- c) Installare sempre al centro di ogni curva uno o più sostegni.
- d) Ad ogni cambio di direzione maggiore di  $20^\circ$  in senso orizzontale, occorre sostenere le condotte con uno o più agganci supplementari localizzati simmetricamente al centro della deviazione, al fine di evitare il sovraccarico di quelli ordinari.

- e) **Terminali di condotta o le derivazioni di essa vanno sempre sostenute con appendini supplementari.**
  
- f) **I montanti verticali delle condotte attraversanti i locali con altezza superiore a 4,5 m devono essere sostenuti con staffaggi intermedi oltre a quelli realizzati in prossimità dei solai di attraversamento ai piani.**
  
- g) **La spaziatura degli staffaggi per condotte rettilinee deve essere in rapporto alla sezione delle condotte e comunque sempre secondo la tab. 18**
  
- h) **Occorre provvedere con supporti alternativi a sorreggere tutti gli apparecchi complementari allacciati alla condotta, siano essi cassette di miscela, umidificatori, batterie di post- riscaldamento o altro.**
  
- i) **È consigliabile, per limitare le vibrazioni e le rumorosità, separare sempre le condotte dai sostegni con strati di materiale anelastico.**

Queste poche regole vanno bene per la maggioranza degli impianti, nei casi particolari deve essere il progettista con la sua esperienza ad aggiungere materiale di supporto al fine di rendere affidabile l'impianto.

## LA SPAZIATURA DEGLI STAFFAGGI

I sistemi che si adottano per la definizione della corretta posizione degli staffaggi sono due: uno fa riferimento al perimetro delle condotte ed è detto "sistema del semi perimetro"; l'altro invece fa riferimento all'area della sezione trasversale delle condotte ed è quello che viene preso in considerazione nella tabella 18 per dimensionare lo staffaggio.

La tabella si limita a fornire dimensioni delle condotte il cui rapporto tra il lato minore e quello maggiore è al massimo di 4:1, anche perché è sconsigliabile realizzare condotte oltre questo rapporto di forma.

COLONNA 1	COLONNA 2
<i>Condotte con sezione di area sino a 0,5 m<sup>2</sup></i>	<i>Condotte con sezione di area oltre 0,5 m<sup>2</sup> sino a 1 m<sup>2</sup></i>
700x700 mm	1000x1000 mm
650x770 mm	950x1050 mm
600x800 mm	900x1110 mm
550x900 mm	850x1170 mm
560x1000 mm	800x1250 mm
450x1110 mm	750x1330 mm
400x1250 mm	700x1430 mm
350x1430 mm	650x1540 mm
	600x1660 mm
	550x1810 mm
	500x2000 mm

## Tab. 18 – Spaziatura degli staffaggi

Note:

1. Le condotte con dimensioni uguali o minori a quelle indicate in colonna 1 vanno sostenute con staffaggi il cui interasse non sia inferiore a 3 m.
2. Le condotte con dimensioni uguali o superiori a quelle indicate in colonna 2 vanno sostenute con staffaggi il cui interasse non sia superiore a 1,5 m.
3. Le condotte le cui dimensioni sono maggiori di quelle riportate in colonna 1 ma inferiori a quelle di colonna 2 vanno sostenute con staffaggi ad interasse non superiore a 2 m.

## CONCLUSIONI

*Un grande lavoro, affrontato con notevole fatica. Al termine di questo lavoro resta, da un lato, la speranza di essere riusciti a spiegarci; e, dall'altro, un certo compiacimento per essere stati capaci di allontanarci dalle nostre abitudini quotidiane per produrre qualcosa di nuovo.*

*Già da anni le riviste tecniche, i quotidiani che si interessano di temi economici e ogni tipo di pubblicazione che riguardi le problematiche del settore industriale non fanno altro che parlare dell'integrazione europea come di un esame, il cui esito dev'essere necessariamente positivo, pena una stentata sopravvivenza in un mercato sovranazionale agguerrito e rinnovato. Da parte nostra, siamo coscienti che il lavoro da fare sarà ancora molto impegnativo; ma, senza dubbio, la redazione di queste pagine ha reso possibile una coesione e una determinazione che ci fanno guardare verso il futuro con fiducia.*

*Al termine del lavoro, ci siamo resi conto che poteva essere utile fare una sintesi di quanto esposto: per questo motivo, riportiamo nelle pagine seguenti non tanto un riassunto (che sarebbe fine a sé stesso), quanto un vero e proprio "prontuario" di tutte le informazioni utili per formulare le offerte in modo corretto.*

*È importante sottolineare che le indicazioni che si traggono dalle pagine seguenti sono sufficienti per formulare le offerte non soltanto con riferimento al peso complessivo della rete di condotte, ma anche ad altri parametri (per esempio il metro quadrato), più in sintonia con gli altri Paesi europei.*

# SCHEDA TECNICA PER L'ORDINAZIONE DI CONDOTTE IN LAMIERA

## SCHEDA TECNICA PER L'ORDINAZIONE DI CONDOTTE IN LAMIERA PER IMPIANTI AEREAULICI

Riferimento commessa:

Disegno n°: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Aggiornamento: \_\_\_\_\_

Scala disegno: \_\_\_\_\_

Piano: \_\_\_\_\_

PER LA REALIZZAZIONE DELLE RETI AEREAULICHE DI:

mandata     ripresa     aspirazione     espulsione

ASSOGGETTATE ALLE SEGUENTI CLASSI DI TENUTA:

A (perdita ammessa  $2,4 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ )

B (perdita ammessa  $0,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ )

C (perdita ammessa  $0,28 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ )

CON SEZIONE TRASVERSALE:

Rettangolare o quadrata

Circolare

CONDOTTE RETTILINEE RETTANGOLARI CON UN RAPPORTO DI FORMA TRA I LATI "A" E "B" CONTENUTO NELLE SEGUENTI CATEGORIE DI COSTO:

1     2     3     4     5

REALIZZATE CON L'IMPIEGO DEI SEGUENTI MATERIALI:

- Acciaio zincato per immersione continua a caldo, con procedimenti tipo "Sendzmir", con copertura di zinco minima di 200 g/m<sup>2</sup> (Z 200), formabilità minima FeP02G, negli spessori come di seguito specificato, con tolleranza come da Norma UNI 5753 dell'1/84.
- Acciaio inox (AISI) tipo                       409     304     316
- Acciaio preverniciato
- Alluminio tipo                                       1200     3303     5251
- Zinco-alluminio

NEI SEGUENTI SPESSORI:

per condotte a sezione rettangolare:

Lato maggiore da	0 a 300	mm	spessore nominale	0,6 mm
Lato maggiore da	350 a 750	mm	spessore nominale	0,8 mm
Lato maggiore da	800 a 1200	mm	spessore nominale	1,0 mm
Lato maggiore da	1250 a 2000	mm	spessore nominale	1,2 mm
Lato maggiore	oltre a 2000	mm	spessore nominale	1,5 mm

Validi per condotte rettilinee e raccordi a sezione rettangolare riferite alla dimensione del lato maggiore della condotta – classe di tenuta A – per i seguenti materiali: acciaio zincato, preverniciato, inox, zinco-alluminio.

Per condotte a sezione circolare:

Diametro da	63 a 80	mm	spessore nominale	0,4 mm
Diametro da	100 a 250	mm	spessore nominale	0,6 mm
Diametro da	315 a 500	mm	spessore nominale	0,8 mm
Diametro da	560 a 900	mm	spessore nominale	1,0 mm
Diametro da	1000 a 1250	mm	spessore nominale	1,2 mm

Validi per condotte rettilinee spiroidali e raccordi a sezione circolare, riferiti al diametro interno – classe di tenuta A – per i seguenti materiali: acciaio zincato e acciaio inox.

A ciascuno degli spessori suindicati corrisponde un peso unitario, che serve come elemento di riferimento per la determinazione del peso complessivo della rete condotte, al quale occorre aggiungere l'incidenza per: profili, flange, sormonti, per aggraffature, deflettori e rinforzi interni, nella misura del

CON LE SEGUENTI SPECIFICHE COSTRUTTIVE:

GIUNZIONI TRASVERSALI per condotte a sezione rettangolare

- Giunzione a baionetta
- Giunzione "MABAG"
- Giunzione a flangia profilata riportata

GIUNZIONI TRASVERSALI per condotte a sezione circolare

- Giunzione a innesto (manicotto)
- Giunzione con profilo flangiato e anello elastico
- Giunzione a flangia in angolare di ferro

GIUNZIONI LONGITUDINALI per condotte a sezione rettangolare

- Button punch snap-lock (giunzione a scatto)
- Pittsburgh (giunzione tasca e piega)
- Double corner seam (giunzione doppia ad angolo)

GIUNZIONI LONGITUDINALI per condotte a sezione circolare

- Giunzione spiroidale
- Giunzione longitudinale continua

Accoppiate con curve a settori e/o stampate, e raccordi o pezzi speciale in esecuzione calandrata.

RINFORZI DELLE CONDOTTE A SEZIONE RETTANGOLARE ESEGUITI CON:

- nervatura trasversale "Z"
- nervatura diagonale "Croce di S. Andrea"
- rinforzi interni (per alta pressione)

## STAFFAGGI

Fissaggio con:  tasselli ad espansione     muratura     cravatte o morsetti

Sospensione di tipo metallico, zincata a caldo, a freddo, o con altri trattamenti anticorrosivi:  reggetta metallica     barra filettata

Sostegni:     profili stampati (squadrette)     barre trasversali

---

Commissione tecnica: Romano Cantelli, Luigi Gabella, Franco Guazzone, Carlo de Vignani, Franco Innocenzi, Marco Roccheggiani, Vincenzo Veronesi, Giancarlo Zoppellaro

Redazione dei testi: Franco Innocenzi e Vincenzo Veronesi

Disegni: Lauro Barbieri

Impaginazione: Enzo Toto

---

## **NOTE PER L'IMPIEGO DI QUESTA PUBBLICAZIONE**

Questa pubblicazione è stata redatta come manuale di consultazione per gli operatori del settore e, pur contenendo una sintesi delle norme attualmente in vigore in vari Paesi e dei criteri di costruzione oggi in uso, non costituisce standard di qualità. L'applicazione di contenuti a un progetto dipende esclusivamente dalla scelta del progettista. L'ASAPIA non assume alcuna responsabilità in merito alla corretta interpretazione e applicazione di quanto contenuto nella Guida.

L'Associazione ha facoltà di modificare a propria discrezione i contenuti della Guida in successive redazioni o mediante supplementi, anche in ordine a eventuali risultati dei lavori del Comitato Europeo di Normazione (CEN), a cui essa intende uniformarsi.

Un'interpretazione autentica di parti del testo che dovessero risultare di dubbia definizione, può essere richiesta per iscritto all'Associazione. Interpretazioni orali o scritte espresse da singoli associati non sono da considerarsi ufficiali. Ciò non impedisce a ogni associato di esprimere la propria opinione su parti della Guida, purchè specifichi chiaramente che si tratta di un'opinione personale e che in nessun modo ciò rappresenta un atto ufficiale dell'Associazione.

Le indicazioni contenute in questa pubblicazione sono state sviluppate sulla base di principi di ingegneria e ricerca con la consulenza e le informazioni contenute da costruttori, utilizzatori, laboratori sperimentali e altri specialisti del settore.

L'ASAPIA non assume alcuna responsabilità per l'applicazione dei principi e delle tecniche contenuti in questa pubblicazione. È comunque prevalente, nella progettazione e nella costruzione, il rispetto di leggi o regolamenti emanati dalle autorità competenti in materia.

### **Permesso d'uso e di riproduzione**

È permesso l'uso non esclusivo ed esente da diritti d'autore di parti di testo e delle illustrazioni (purchè per pagine intere o citando la fonte), qualora l'impiego sia finalizzato all'inserimento in capitolati d'appalto, bandi di gara, disegni contrattuali e specifiche di buona esecuzione nella realizzazione di reti aerauliche eseguite nel territorio nazionale. L'utilizzatore è responsabile della corretta interpretazione dei testi e della conseguente applicazione all'esecuzione specifica, inclusi gli errori eventualmente compresi nella stesura della Guida.

### **Utilizzo del logo AS.A.P.I.A.**

Il logo AS.A.P.I.A. è registrato ed è il segno di identificazione degli associati. L'Associazione prescrive un uso corretto del logo e vieta espressamente il suo impiego per altri motivi. La presenza del logo non costituisce in alcun modo approvazione di prodotti, metodi o componenti da parte dell'AS.A.P.I.A.