

INFORMAZIONI GENERALI SUI MATERIALI TERMOPLASTICI APPLICATI ALLA LINEA VENTILAZIONE

I materiali termoplastici trattati in questo documento sono:

- cloruro di polivinile (PVC),
- polipropilene (PP)
- polietilene (PE)
- fluoruro di polivinilidene (PVDF)

La breve descrizione di questi materiali non può illustrare in dettaglio tutte le loro caratteristiche, ma serve per dare all'utente un'idea di base, un supporto nella loro scelta in funzione alle varie problematiche della ventilazione ed una guida, quindi, nella selezione del materiale idoneo.

Inoltre è riportata una tabella dove sono elencate le varie proprietà termiche, fisiche, meccaniche ed elettriche per poter velocemente confrontare tra loro i valori relativi ai materiali termoplastici qui trattati.

1. Caratteristiche generali del PVC (cloruro di polivinile)

Il PVC nella ventilazione è attualmente il materiale termoplastico più conosciuto ed applicato, in quanto di facile installazione ed è giuntabile in vari modi: si può incollare, saldare di testa a testa o con apporto di materiale utilizzando il procedimento ad aria calda.

Grazie all'elevata resistenza meccanica ed alla buona rigidità, può essere installato con spessori sottili, mantenendo comunque una distanza tra i supporti tecnicamente accettabile.

È particolarmente adatto per condotte all'interno degli stabili in quanto, all'esterno, esposto alle intemperie e a temperature basse, risulta molto fragile. Inoltre cambia di colore con il tempo a causa dei raggi UV. La temperatura d'esercizio non deve superare il limite massimo di 60°C.

Vantaggi del PVC

- peso specifico pari a 1,39 g/cm³
- elevata resistenza chimica
- alta resistenza meccanica
- caratteristiche di autoestinguenza – classe B1
- facile da installare, in quanto molto leggero
- incollaggio con collante a base di solvente (consigliabile solo fino al DE 315 mm)
- superficie liscia interna, pertanto nessun deposito di prodotto

1.1 Cloruro di polivinile modificato

Le eccellenti caratteristiche del materiale PVC contro la corrosione dei vari prodotti chimici trasportati, abbinate con la semplice lavorazione ed installazione ha spinto le industrie di ricercare soluzioni per estendere il campo di temperatura oltre i 60°C del PVC.

Nello stesso tempo non si voleva perdere la buona trasformabilità del materiale, la eccellente resistenza contro reagenti chimici ossidativi, che negli altri materiali creavano microcricature, non così nel PVC.

1.1.1 PVC-C (cloruro di polivinile clorurato)

Con queste premesse è stato creato il cloruro di polivinile clorurato, il cosiddetto PVC-C, che contiene circa il 10% di cloro in più del PVC normale e ha con questa modifica una maggiore resistenza alla temperatura raggiungendo 95°C e contemporaneamente una migliorata resistenza chimica contro gas e vapori contenenti cloro, ozono, acidi ecc.

Anche alla temperatura inferiore può essere applicato fino a -40°C, per condotte di trasporto di gas industriali.

Negli ultimi tempi si è introdotto questo materiale nelle industrie chimiche e microelettroniche grazie alla sua elevata resistenza meccanica, la sua superficie liscia e speculare ed al costo inferiore in confronto agli altri materiali.

Grazie anche al fabbisogno elevatissimo di ossigeno in caso di fuoco, oltre il 60% in confronto del 42% del PVC, questo materiale è più autoestinguente del PVC. L'installazione all'esterno comporta una variazione del colore e una leggerissima diminuzione della resistenza meccanica del componente.

Vantaggi del PVC-C:

- peso specifico pari a 1,55 g/cm³
- resistenza meccanica alta a temperature elevate
- eccellente resistenza contro reagenti ossidativi
- facile applicazione di rivestimenti in PRFV
- incollaggio con collante speciale a base di PVC-C
- bassissima conducibilità termica
- superficie interna liscia, nessun supporto per crescita biologica

DISTANZE / DISTANCES				
DE / OD [mm]	Spessore / Thickness [mm]		L _{max} [mm]	
	PVC	PVC-C	PVC	PVC-C
50	1,8	2,4	1200	1300
63	1,8	3,0	1400	1600
75	1,8	3,5	1600	1800
90	1,8	4,3	1900	2200
110	1,8	3,2	2200	2400
125	1,8	3,7	2400	2700
140	1,8	4,1	2600	3000
160	1,8	3,2	2900	3300
180	1,8	3,6	3200	3600
200	1,9	3,9	3500	3900
225	1,8	--	3800	--
250	2,0	4,9	4200	4800
280	2,3	--	4600	--
315	2,5	4,5	5100	5700
355	2,9	2,9	5700	5900
400	3,2	3,2	6300	6500
450	3,6	3,6	7000	7200
500	4,0	4,0	7500	7500
600	5,0	--	7500	--
700	6,0	--	7500	--
800	6,3	--	7500	--
900	10,0	--	7500	--
1000	12,0	--	7500	--
1200	14,4	--	7500	--

Tabella 1 - Distanze di appoggio ammissibili per tubazioni in vari materiali
Table 1 - Permissible support distances for different materials

1.2 Produzione dei manufatti

La raccorderia della linea ventilazione è realizzata per stampaggio ad iniezione, per termoformatura o da semilavorati segmentati o formati.

I procedimenti sono utilizzati in funzione al diametro del componente. Per la linea PVC i raccordi sono di regola fino al DE 250 mm stampati ad iniezione.

ne, oltre al DE 250 mm realizzati per termoformatura e dal DE 900 mm costruiti a segmenti da tubi o lastre.

Per PVC-C invece i raccordi sono tutti stampati fino al DE 160 mm, mentre sopra questa dimensione si costruiscono i raccordi per termoformatura e tutti gli altri componenti da tubo o lastra.

La tubazione in PVC e PVC-C nella linea ventilazione è ottenuta con il processo di estrusione; dove richiesto per diametri o spessori non disponibili in esecuzione estrusa è possibile la costruzione di tubazioni da lastra.

DEPRESSIONI/ VACUUM				
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]		P _{amm} [Pa]	
	PVC	PVC-C	PVC	PVC-C
50	1,8	2,4	70000	200000
63	1,8	3,0	35000	200000
75	1,8	3,5	20000	200000
90	1,8	4,3	12000	200000
110	1,8	3,2	6400	45000
125	1,8	3,7	4300	45000
140	1,8	4,1	3100	45000
160	1,8	3,2	2000	14000
180	1,8	3,6	1400	14000
200	1,9	3,9	1200	13000
225	1,8	--	700	--
250	2,0	4,9	700	13000
280	2,3	--	800	--
315	2,5	4,5	700	4900
355	2,9	2,9	800	900
400	3,2	3,2	700	800
450	3,6	3,6	700	800
500	4,0	4,0	700	800
600	5,0	--	800	--
700	6,0	--	700	--
800	6,3	--	700	--
900	10,0	--	2000	--
1000	12,0	--	2500	--
1200	14,4	--	2300	--

Tabella 2 - Depressioni ammissibili per tubazioni in vari materiali, senza irrigidimento
Table 2 - Permissible operating vacuum for pipes in different materials, no stiffening

1.3 Indicazioni per l'installazione

1.3.1 Giunzioni

Tutti i raccordi trattati nel presente documento sono realizzati prevalentemente con terminali bicchierati; questo permette una facile esecuzione del giunto in cantiere, che consigliamo di applicare le seguenti tecniche:

- incollaggio o saldatura ad aria calda - fino al DE 315 mm
- solo con saldatura ad aria calda - oltre il DE 315 mm

Per la giunzione ad incollaggio è necessario accertarsi che il tubo entri bene fino alla battuta del bicchiere. Se le tolleranze tra il diametro del raccordo e del tubo, non fossero completamente compatibili, occorre smerigliare la testata della tubazione fino al raggiungimento di una perfetta calettatura.

1.3.2 Compensatori

Per assorbire le dilatazioni lineari a causa delle variazioni di temperatura del fluido convogliato, si consiglia di usare compensatori, realizzati in PVC flessibile. La loro corsa fino al DE 400 mm è di ± 20 mm. Per dilatazioni superiori occorre installare più compensatori o richiedere la realizzazione di elementi con corsa maggiorata.

Per esercizi in pressione questi compensatori possono essere inseriti senza alcun rinforzo mentre, per pressioni negative, deve essere rinforzata la fascia ondulata in modo adeguato. Per diametri superiori a 400 mm la corsa di compensazione è di ± 30 mm. Inoltre, questi compensatori, installati prima e dopo il ventilatore, impediscono la trasmissione delle vibrazioni alle condotte ad essi collegati.

1.3.3 Staffaggi

La supportazione delle tubazioni è molto importante nel contesto di una installazione a regola d'arte, in quanto deve garantire la linearità della condotta nel tempo senza però aggravare, con costi elevati, l'investimento dell'utente.

Per dare all'installatore un'indicazione delle distanze orizzontali dei supporti in funzione al diametro ed ai relativi spessori, si riporta alla tabella 1, quanto necessario per una prima rapida valutazione.

Le distanze calcolate sono state arrotondate ad un valore di 7500 mm, se il calcolo indicava valori superiori.

I valori si basano su un esercizio di 10 anni a 20°C, ammettendo una massima flessione di solo l'1% del diametro esterno.

1.3.4 Serrande

Oltre alle serrande di tipo standard, sono disponibili modelli con elevate prestazioni per resistere alle sollecitazioni dovute a pressioni negative e modelli a completa tenuta d'aria. Le serrande standard sono corodate di un bordo circolare di battuta che consente una buona tenuta; per ottenere una tenuta d'aria garantita si sono realizzate serrande complete di una guarnizione perimetrale posizionata sul disco rotante; questo fino al DE 315 mm.

Se le serrande si devono installare in luoghi non facilmente accessibili, si consiglia di utilizzare serrande motorizzate elettricamente o pneumaticamente mentre, in caso di facile accesso, si usano serrande manuali con maniglie rotanti ad inclinazioni predeterminate di 15° in 15°, oppure regolabili a qualsiasi angolazione a mezzo di vite di bloccaggio.

DEPRESSIONI/ VACUUM				
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]		P _{amm} [Pa]	
	PVC	PVC-C	PVC	PVC-C
50	3,0	3,0	850000	1000000
63	3,0	3,0	500000	550000
75	3,0	3,0	300000	350000
90	3,0	3,0	200000	250000
110	3,0	3,0	100000	150000
125	3,0	3,0	85000	100000
140	3,0	3,0	65000	75000
160	3,0	3,0	45000	55000
180	3,0	3,0	35000	40000
200	3,0	3,0	25000	30000
225	3,0	--	20000	--
250	3,0	3,0	15000	18000
280	3,0	--	11000	--
315	3,0	3,0	8600	10000
355	4,0	4,0	13000	15000
400	4,0	4,0	9700	11000
450	4,0	--	7200	--
500	4,0	--	5500	--
600	5,0	--	6100	--
700	5,6	--	4200	--
800	6,0	--	4700	--

Tabella 3 - Depressioni ammissibili per curve a 90° stampate/termoformate
Table 3 - Permissible operating vacuum for 90° bends moulding injected/warm machined

DEPRESSIONI / VACUUM				
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]		P _{amm} [Pa]	
	PVC	PVC-C	PVC	PVC-C
110	1,8	3,2	65000	350000
125	1,8	3,7	50000	350000
140	1,8	4,1	35000	350000
160	1,8	3,2	25000	150000
180	1,8	3,6	19000	150000
200	1,9	3,9	17000	100000
225	1,8	--	11000	--
250	2,0	4,9	11000	100000
280	2,3	--	12000	--
315	2,5	4,5	11000	55000
355	2,9	2,9	12000	13000
400	3,2	3,2	11000	13000
450	3,6	3,6	11000	13000
500	4,0	4,0	11000	13000
600	5,0	--	13000	--
700	6,0	--	14000	--
800	6,3	--	12000	--
900	10,0	--	30000	--
1000	12,0	--	35000	--
1200	14,0	--	35000	--

Tabella 4 - Depressioni ammissibili per curve a 90° segmentate in vari materiali
Table 4 - Permissible operating vacuum for 90° segmented bends in different materials

1.4 Pressioni interne ed esterne ammissibili

Il parametro più importante nella progettazione di una condotta d'aspirazione o espulsione è la relativa pressione ammissibile sia come sovrappressione interna che esterna.

La sovrappressione ammissibile interna è, per motivi tecnici di produzione del tubo, molto alta e supera molto spesso a 20°C i 100.000 Pa (1,0 bar) per tubi e raccordi.

Molto più sensibilmente invece reagiscono il tubo ed il raccordo alla sovrappressione esterna, la così detta depressione. Per la sua importanza sono state elaborate, per i prodotti indicati nel presente documento, le tabelle sotto riportate adatte per una verifica immediata sia per i tubi estrusi o formati da lastre (tabella 2), che per i raccordi sia in un pezzo unico che segmentati da tubo estruso, sia formati da lastre (tabella 3 e 4).

La base di calcolo della depressione è un tempo di esercizio di 10 anni, a 20°C e con una sollecitazione meccanica $\sigma = 0,5 \text{ N/mm}^2$; il coefficiente di sicurezza contro la deformazione elastica è 3,0. La raccorderia, nel presente documento, è divisa in due gruppi: esecuzione stampata o termoformata e segmentata da elementi di tubo o di lastra.

Considerando che nel precedente documento i raccordi segmentati non sono mai stati quantificati come valore, gli stessi si valutano ora nelle tabelle apposite in confronto ai raccordi termoformati o stampati per iniezione. Si indicano anche i valori di depressione per diametri, che non sono inseriti nel documento, permettendo così di eseguire una valutazione sulla fascia completa di diametri esistenti in commercio.

I valori di partenza del calcolo sono identici a quelli applicati per le tubazioni. Per motivi di spazio non si possono riportare tutti i tipi di raccordo e le varie angolazioni.

Ci si limita alla verifica della curva a 90°, che è, oltretutto, la figura meno resistente rispetto alle curve con minore angolazione. La curva inoltre è la figura maggiormente utilizzata nelle costruzioni di condotte di ventilazione e dà anche un'indicazione di massima della resistenza contro la depressione per gli altri raccordi.

2. Caratteristiche generali del PP (polipropilene)

Il PP è un materiale termoplastico ed è disponibile nella qualità omopolimero PPH, e copolimero PPR.

Tutti e due i tipi di materiale sono resistenti alle elevate temperature e possono essere applicati fino a 100°C, se non sono presenti elevate sollecitazioni di pressione.

Le tubazioni e i raccordi della presente linea di ventilazione sono previste in materiale PPH omopolimero con resistenze meccaniche leggermente superiori al PPR copolimero.

DISTANZE / DISTANCES						
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]			L _{max} [mm]		
	PP	PPS	PPS EL	PP	PPS	PPS EL
50	1,8	4,6	4,6	800	900	900
63	1,8	2,0	5,8	1000	1000	1100
75	1,9	1,9	6,8	1200	1100	1300
90	2,2	2,2	2,8	1400	1300	1300
110	2,7	2,7	3,0	1600	1600	1600
125	3,1	3,1	--	1800	1800	--
140	3,5	3,0	--	2100	1900	--
160	4,0	3,0	3,0	2300	2200	2100
180	4,4	3,0	3,0	2600	2400	2300
200	3,0	3,0	3,0	2500	2600	2500
225	5,5	3,5	3,5	3100	2900	2800
250	3,5	3,5	3,5	3000	3100	3000
280	6,9	4,0	--	3800	3400	--
315	5,0	5,0	5,0	4000	3900	3800
355	--	5,0	5,0	--	4200	4100
	6,0	--	--	4500	--	--
400	6,0	6,0	6,0	4900	4700	4700
450	--	--	4,0	--	--	4800
	5,0	5,0	5,0	5300	5100	5000
	6,0	6,0	--	5400	5200	--
500	--	--	4,0	--	--	5200
	5,0	5,0	5,0	5700	5500	5400
	6,0	6,0	--	5800	5700	--
	8,0	8,0	--	6000	5800	--
560	5,0	5,0	5,0	6200	6000	5800
	6,0	6,0	6,0	6400	6200	6000
	--	8,0	--	--	6300	--
630	10,0	--	--	6700	--	--
	5,0	5,0	5,0	6800	6600	6400
	6,0	6,0	6,0	7000	6700	6500
	10,0	10,0	--	7300	7000	--
710	6,0	6,0	6,0	7500	7400	7100
	8,0	8,0	8,0	7500	7500	7300
	12,0	12,0	--	7500	7500	--
800	--	--	6,0	--	--	7500
	8,0	8,0	8,0	7500	7500	7500
	10,0	10,0	--	7500	7500	--
	12,0	12,0	--	7500	7500	--
900	8,0	8,0	8,0	7500	7500	7500
	10,0	10,0	10,0	7500	7500	7500
	15,0	15,0	--	7500	7500	--
1000	10,0	10,0	10,0	7500	7500	7500
	12,0	12,0	12,0	7500	7500	7500
	15,0	15,0	--	7500	7500	--
1200	10,0	10,0	10,0	7500	7500	7500
	12,0	12,0	12,0	7500	7500	7500
	18,0	18,0	--	7500	7500	--
1400	10,0	10,0	10,0	7500	7500	7500
	12,0	12,0	12,0	7500	7500	7500
	20,0	--	--	7500	--	--

Tabella 5 - Distanze di appoggio ammissibili per tubazioni in vari materiali
Table 5 - Permissible support distances for pipes in different materials

In genere il PP ha caratteristiche di alta resistenza all'urto rispetto al materiale PVC, PVC-C, PVDF, che sono comunque inferiori a temperature sotto i 0°C nei confronti del PE.

La specifica linea di PPS EL, polipropilene autoestinguente e antistatico è basata su un copolimero PPR, mentre la PPS - polipropilene autoestinguente è basata sul PPH - omopolimero.

Grazie alla sue caratteristiche di maggiore elasticità il PPR, a bassa temperatura, è meno sensibile alle sollecitazioni all'urto rispetto al PPH.

Il materiale polipropilene è il grande favorito nella ventilazione e sta intaccando la posizione monopolistica del materiale PVC. Questa tendenza è determinata sia da motivi di sicurezza, in quanto il PVC, in caso di incendio, sviluppa gas tossici, sia da motivi ecologici a causa dell'inquinamento ambientale causato dalla produzione della materia prima.

Queste ragioni, nonché le più rigide prescrizioni che si hanno per l'installazione dei componenti di ventilazione all'interno di edifici civili, hanno ridotto l'uso del PVC ed hanno favorito il materiale PP.

Il PP ha un colore beige chiaro o grigio e non possiede alcuna protezione contro i raggi UV; è pertanto consigliato solo per installazioni di condotte all'interno degli stabili.

Se questo materiale è installato all'esterno, con il tempo si nota una variazione di colore, che, tuttavia, non influisce minimamente sulla resistenza meccanica della condotta. Può succedere anche che si crei sulla superficie una patina ossidata, di colore bianco, causata dai raggi UV ma, contemporaneamente, essa rappresenta una barriera all'ulteriore ossidazione del sottostante materiale.

Vantaggi del PP

- basso peso specifico pari a 0,91 g/cm³
- elevata resistenza alla pressione interna
- termicamente molto stabile
- buona saldabilità testa a testa e/o ad aria calda con apporto materiale
- buona resistenza contro l'abrasione
- superficie liscia, pertanto nessun deposito di prodotto
- elevata resistenza chimica

2.1 Polipropilene modificato

Specifiche richieste impiantistiche hanno spinto i produttori a realizzare polipropilene con caratteristiche particolari e sono stati sviluppati i materiali in seguito descritti, le cui caratteristiche si possono confrontare nella tabella generale.

Questi materiali hanno proprietà di conducibilità elettrica e/o autoestinguenza che si ottengono con l'utilizzo di idonei additivi, che in parte ne modificano la resistenza meccanica.

E' necessario anche sottolineare che prodotti alimentari di qualsiasi genere, non possono venire a contatto con questi materiali modificati, in quanto non omologati per questo utilizzo.

2.1.1 PPS (polipropilene omopolimero autoestinguente)

Grazie alle sue proprietà di elevata rigidità e di autoestinguenza, questo materiale è usato per condotte di ventilazione, di trasporto vapori e gas e sostituisce gradatamente il PVC anche per i normali usi, in quanto non sprigiona gas tossici in caso di incendio.

La resistenza meccanica è molto elevata, in quanto il materiale base è omopolimero, ma presenta gli stessi svantaggi del comportamento a basse temperature, a causa della sensibilità all'urto come per il PVC.

2.1.2 PPS EL (polipropilene copolimero antistatico ed autoestinguente)

In questo materiale si sono unite brillantemente tutte le caratteristiche specifiche di autoestinguenza ed antistaticità, creando così un materiale termoplastico sempre più applicato nel processo industriale.

Il PPS EL è adatto per condotte di ventilazione per trasporto non solo di aria o gas infiammabili, ma anche di polveri e vapori di solvente.

L'aggiunta di additivi modifica in parte le caratteristiche chimiche e meccaniche del materiale base e in caso di presenza di fluidi ad elevate temperature e/o pressioni è consigliabile la verifica dell'applicabilità di questo materiale.

DEPRESSIONI/ VACUUM						
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]			P _{amm} [Pa]		
	PP	PPS	PPS EL	PP	PPS	PPS EL
50	1,8	4,6	4,6	15000	250000	250000
63	1,8	2,0	5,8	7500	9200	250000
75	1,9	1,9	6,8	5200	4600	250000
90	2,2	2,2	2,8	4600	4100	8400
110	2,7	2,7	3,0	4700	4200	5600
125	3,1	3,1	--	4800	4300	--
140	3,5	3,0	--	5000	2800	--
160	4,0	3,0	3,0	5000	1800	1800
180	4,4	3,0	3,0	4600	1300	1200
200	3,0	3,0	3,0	1000	900	900
225	5,5	3,5	3,5	4600	1000	1000
250	3,5	3,5	3,5	800	800	700
280	6,9	4,0	--	4700	800	--
315	5,0	5,0	5,0	1200	1100	1100
355	6,0	5,0	5,0	1500	800	700
400	6,0	6,0	6,0	1000	900	900
450	--	--	4,0	--	--	200
	5,0	5,0	5,0	400	400	400
	6,0	6,0	--	700	600	--
500	--	--	4,0	--	--	100
	5,0	5,0	5,0	300	300	300
	6,0	6,0	--	500	500	--
	8,0	8,0	--	1300	1100	--
560	5,0	5,0	5,0	200	200	200
	6,0	6,0	6,0	400	300	300
	--	8,0	--	--	800	--
630	10,0	--	--	1800	--	--
	5,0	5,0	5,0	200	100	100
	6,0	6,0	6,0	300	200	200
	10,0	10,0	--	1200	1100	--
710	6,0	6,0	6,0	200	200	200
	8,0	8,0	8,0	400	400	400
	12,0	12,0	--	1500	1300	--
800	--	--	6,0	--	--	100
	8,0	8,0	8,0	300	300	300
	10,0	10,0	--	600	500	--
	12,0	12,0	--	1000	900	--
900	8,0	8,0	8,0	200	200	200
	10,0	10,0	10,0	400	400	400
	15,0	15,0	--	1400	1300	--
1000	10,0	10,0	10,0	300	300	300
	12,0	12,0	12,0	500	500	500
	15,0	15,0	--	1000	900	--
1200	10,0	10,0	10,0	200	200	200
	12,0	12,0	12,0	300	300	300
	18,0	18,0	--	1000	900	--
1400	10,0	10,0	10,0	100	100	100
	12,0	12,0	12,0	200	200	200
	20,0	--	--	900	--	--

Tabella 6 – Depressioni ammissibili per tubazioni in vari materiali, senza irrigidimento
Table 6 – Permissible operating vacuum for pipes in different materials, no stiffening

2.2 Produzione di manufatti

La produzione dei vari manufatti si differenzia in modo significativo in funzione del materiale e delle dimensioni dei componenti da realizzare.

I raccordi principali in PP e PPS sono stampati ad iniezione fino al DE 315 mm, oltre sono costruiti con il procedimento di termoformatura o in esecuzione segmentata da tubi estrusi o realizzati da lastre formate.

Nella linea PPS EL invece i raccordi stampati bicchierati terminano al De 315 mm, oltre si prosegue con raccordi segmentati sia da tubi estrusi che

DEPRESSIONI / VACUUM												
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]			P _{amm} [Pa] - Irrigidimento(L) / Stiffening(L)								
				PP			PPS			PPS EL		
	PP	PPS	PPS EL	L=DE[mm]	L=1000[mm]	L=2000[mm]	L=DE[mm]	L=1000[mm]	L=2000[mm]	L=DE[mm]	L=1000[mm]	L=2000[mm]
450	--	--	4,0	--	--	--	--	--	--	2100	900	500
	5,0	5,0	5,0	4200	1900	1000	3800	1700	900	3700	1700	800
	6,0	6,0	--	6700	3000	1500	6700	2700	1500	--	--	--
500	--	--	4,0	--	--	--	--	--	--	1600	800	400
	5,0	5,0	5,0	3300	1600	800	2900	1500	700	2800	1400	700
	6,0	6,0	--	5200	2600	1300	4600	2300	1100	--	--	--
560	5,0	5,0	5,0	2500	1400	700	2200	1200	600	2100	1200	600
	6,0	6,0	6,0	3900	2200	1100	3500	1900	1000	3400	1900	900
630	5,0	5,0	5,0	1800	1100	600	1600	1000	500	1600	1000	500
	6,0	6,0	6,0	2900	1800	900	2600	1600	800	2500	1600	800
710	6,0	6,0	6,0	2100	1500	800	1900	1400	700	1800	1300	700
	8,0	8,0	8,0	4400	3100	1600	3900	2800	1400	3800	2700	1400
800	--	--	6,0	--	--	--	--	--	--	1400	1100	500
	8,0	8,0	8,0	3300	2600	1300	2900	2300	1200	2800	2300	1100
	10,0	10,0	--	5700	4600	2300	5100	4100	2000	--	--	--
900	8,0	8,0	8,0	2400	2100	1100	2200	1900	1000	2100	1900	900
	10,0	10,0	10,0	4200	3800	1900	3800	3400	1700	3700	3300	1700
1000	10,0	10,0	10,0	3300	3300	1600	2900	2900	1500	2800	2800	1400
	12,0	12,0	12,0	5200	520	2600	4600	4600	2300	4500	4500	2200
1200	10,0	10,0	--	2100	2500	1200	1800	2200	1100	1800	2100	1100
	12,0	12,0	--	3300	3900	2000	2900	3500	1700	2800	3400	1700
1400	10,0	10,0	--	1400	2000	1000	1200	1700	900	1200	1700	800
	12,0	12,0	--	2200	3100	1500	2000	2700	1400	1900	2700	1300

Tabella 7 – Depressioni ammissibili per tubazioni in vari materiali, con irrigidimento
Table 7 – Permissible operating vacuum for pipes in different materials, with stiffening

DEPRESSIONI / VACUUM						
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]			P _{amm} [Pa]		
	PP	PPS	PPS EL	PP	PPS	PPS EL
50	3,0	3,0	3,0	200000	150000	150000
63	3,0	3,0	3,0	100000	90000	90000
75	3,0	3,0	3,0	65000	60000	55000
90	3,0	3,0	3,0	40000	35000	35000
110	3,0	3,0	3,0	25000	20000	20000
125	3,0	3,0	3,0	18000	16000	16000
140	3,0	3,0	3,0	14000	12000	12000
160	3,0	3,0	3,0	9800	8800	8500
180	3,0	3,0	3,0	7300	6500	6300
200	3,0	3,0	3,0	5600	5000	4900
225	3,5	3,5	3,5	6200	5500	5300
250	3,5	3,5	3,5	4700	4200	4100
280	4,0	4,0	4,0	5000	4400	4300
315	5,0	5,0	5,0	6500	5800	5600
355	5,0	5,0	--	4800	4300	--
400	6,0	6,0	--	5600	5000	--
450	6,0	6,0	--	4200	3700	--
500	6,0	6,0	--	3200	2900	--
630	6,0	6,0	--	1800	1600	--

Tabella 8 – Depressioni ammissibili per curve a 90° stampate e/o termoformate in vari materiali
Table 8 – Permissible operating vacuum for 90° bends machined/warm machined in different materials

da tubi formati da lastre. Non essendo attualmente disponibile per ogni diametro la rispettiva figura in esecuzione stampata, si integra la figura mancante con una esecuzione formata.

I tubi sono realizzati, come già accennato, in due tipologie: estrusi o formati da lastra. Questo ultimo modo di realizzare i tubi permette di costruire tubi da lastre con spessori più sottili che con l'estrusione che, per motivi tecnici, non sono raggiungibili.

I raccordi del tipo testa a testa sono disponibili in esecuzione stampata fino al DE 315 mm e sono completati da raccordi realizzati in esecuzione segmentata o formata fino al DE 1200 mm.

2.3 Indicazione per l'installazione

2.3.1 Giunzioni

Anche in questo caso si consiglia il sistema di preparazione dei terminali del tubo da inserire nel bicchiere come per il PVC e la successiva saldatura con il procedimento ad aria calda ed apporto di materiale.

2.3.2 Compensatori

Per il materiale PP e PPS, si consiglia l'uso dei compensatori in PP flessibile che hanno come per il PVC, una corsa di ± 20 o ± 30 mm in funzione del diametro. Anche qui si possono congiungere più compensatori per ottenere una più lunga corsa di lavoro.

Questi compensatori hanno una maggiore resistenza alla depressione, ma sono ugualmente in grado di lavorare come antivibranti, evitando la trasmissione di vibrazioni dal ventilatore alle condotte.

Per le condotte in PPS EL ci sono specifici compensatori antistatici in materiale PTFE antistatico, la cui corsa di dilatazione è di ± 20 mm.

2.3.3 Staffaggi

Per dare anche qui informazioni utili, si elencano nella tabella 5, sulla identica base di calcolo come riportato al punto 1.3.3, le distanze massime orizzontali per tubazioni in materiale PP, PPS e PPS EL.

2.3.4 Serrande

Per le serrande vale quanto descritto al capitolo 1.3.4. Le serrande in PPS EL non sono disponibili interamente in esecuzione stampata e si realizzano da tubo o lastra sempre in esecuzione con maniglia bloccabile a vite.

2.4 Pressioni interne ed esterne ammissibili

La verifica delle pressioni ammissibili non tratta particolarmente la pressione interna, in quanto anche qui esiste per il materiale PP e le varianti modificate PPS e PPS EL, una resistenza alla pressione interna che supera spesso largamente i 100.000 Pa, sia per tubi realizzati con procedimento ad estrusione che formati da lastre.

La pressione esterna ammissibile invece è valutata più dettagliatamente, differenziando i tubi estrusi e tubi realizzati da lastre, tra irrigiditi e non irrigiditi (tabella 6 e 7).

Per la raccorderia si riportano i valori ammissibili della depressione allo stesso modo come è stato fatto al capitolo 1.4. Anche qui si esaminano le curve realizzate in un pezzo unico, stampate ad iniezione (tabella 8) e quelle segmentate (tabella 9).

3. Caratteristiche generali del PE (polietilene)

Il PE è un materiale termoplastico e nonostante le sue eccellenti caratteristiche attualmente è il meno usato nell'impiantistica di ventilazione industriale e civile. Grazie al suo colore nero ha un'elevatissima resistenza ai raggi UV ed è pertanto adatto per l'installazione all'esterno degli stabili, vantaggio che tanti altri materiali termoplastici non possono presentare.

La temperatura di esercizio non deve superare i 60°C per la condotta a pressione o a depressione.

Il materiale presenta eccellenti caratteristiche contro le sollecitazioni d'urto e temperature anche al di sotto di 0°C non influiscono minimamente sulla fragilità del materiale. Il suo basso modulo di elasticità determina una buona resistenza contro l'abrasione.

Vantaggi del PE

- peso specifico pari a 0,95 g/cm³
- buona resistenza chimica
- resistente contro le intemperie
- resistente contro raggi radioattivi
- buona saldabilità
- nessun deposito di materiale grazie alla superficie liscia

DEPRESSIONI/ VACUUM						
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]			P _{amm} [Pa]		
	PP	PPS	PPS EL	PP	PPS	PPS EL
110	2,7	2,7	3,0	40000	35000	45000
125	3,1	3,1	--	40000	35000	--
140	3,5	3,0	--	40000	25000	--
160	4,0	3,0	3,0	40000	18000	17000
180	4,4	3,0	3,0	40000	13000	13000
200	3,0	3,0	3,0	11000	10000	10000
225	5,5	3,5	3,5	40000	11000	11000
250	3,5	3,5	3,5	9500	8400	8200
280	6,9	4,0	--	40000	8900	--
315	5,0	5,0	5,0	13000	12000	11000
355	6,0	5,0	5,0	15000	8500	8300
400	6,0	6,0	6,0	11000	10000	9700
450	--	--	4,0	--	--	2600
	5,0	5,0	5,0	5300	4800	4600
	6,0	6,0	--	8400	7500	--
500	--	--	4,0	--	--	2000
	5,0	5,0	5,0	4100	3600	3500
	6,0	6,0	--	6400	5700	--
	8,0	8,0	--	13000	12000	--
560	5,0	5,0	5,0	3000	2700	2600
	6,0	6,0	6,0	4800	4300	4200
	--	8,0	--	--	8900	--
	10,0	--	--	17000	--	--
630	5,0	5,0	5,0	2300	2000	2000
	6,0	6,0	6,0	3600	3200	3100
	10,0	10,0	--	13000	12000	--
710	6,0	6,0	6,0	2700	2400	2300
	8,0	8,0	8,0	5500	4900	4700
	12,0	12,0	--	15000	14000	--
800	--	--	6,0	--	--	1700
	8,0	8,0	8,0	4000	3600	3500
	10,0	10,0	--	7100	6300	--
	12,0	12,0	--	11000	10000	--
900	8,0	8,0	8,0	3000	2700	2600
	10,0	10,0	10,0	5300	4700	4600
	15,0	15,0	--	15000	13000	--
1000	10,0	10,0	10,0	4000	3600	3500
	12,0	12,0	12,0	6400	5700	5500
	15,0	15,0	--	11000	10000	--
1200	10,0	10,0	10,0	2600	2300	2200
	12,0	12,0	12,0	4000	3600	3500
	18,0	18,0	--	11000	10000	--
	10,0	10,0	10,0	1700	1600	1500
1400	12,0	12,0	12,0	2700	2500	2400
	20,0	--	--	10000	--	--

Tabella 9 – Depressioni ammissibili per curve a 90° segmentate in vari materiali
Table 9 – Permissible operating vacuum for 90° segmented bends in different materials

3.1 Polietilene modificato

Nel presente documento è stato anche inserito il polietilene autoestinguente, che trova applicazione nella costruzione degli involucri dei nostri ventilatori radiali e torrini. Non rappresenta l'unica possibilità delle caratteristiche modificate che il materiale PE offre; esiste anche una tipologia di polietilene antistatico, che è presente nel programma per trasporto liquidi a pressione e non per ventilazione industriale. Le giunzioni del PE EL si eseguono abitualmente a mezzo saldatura di testa a testa.

DISTANZE / DISTANCES		
DE/OD [mm]	Spessore/Thickness [mm]	L _{max} [mm]
50	1,8	800
63	1,8	900
75	1,9	1000
90	2,2	1200
110	2,7	1500
125	3,1	1700
140	3,5	1900
160	4,0	2100
180	4,4	2300
200	4,9	2500
225	5,5	2800
250	6,2	3100
280	6,9	3400
315	7,7	3800
355	8,7	4200
400	8,0	4600
450	5,0	4800
	6,0	4900
	8,0	5000
500	5,0	5200
	6,0	5300
	8,0	5400
560	5,0	5600
	6,0	5700
	10,0	6000
630	5,0	6100
	6,0	6300
	10,0	6600
710	6,0	6900
	8,0	7100
	12,0	7300
800	8,0	7500
	10,0	7500
	12,0	7500
900	8,0	7500
	10,0	7500
	15,0	7500
1000	10,0	7500
	12,0	7500
	15,0	7500
1200	10,0	7500
	12,0	7500
	18,0	7500
1400	10,0	7500
	12,0	7500
	20,0	7500

Tabella 10 – Distanze di appoggio ammissibili per tubazioni in PE
Table 10 – Permissible support distances for pipes in PE

stenza del materiale contro i raggi UV, grazie agli additivi aggiunti. Non è disponibile sotto forma di semilavorati, ma solo come granulo per la specifica trasformazione.

Nel presente programma è utilizzato per il procedimento di stampaggio ad iniezione per la realizzazione delle parti dell'involucro dei ventilatori radiali. Con il basso modulo di elasticità questo materiale è particolarmente adatto di essere installato in ambienti con temperature invernali molto rigide.

DEPRESSIONI / VACUUM		
DE/OD [mm]	Spessore/Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
50	1,8	10000
63	1,8	5000
75	1,9	3500
90	2,2	3100
110	2,7	3200
125	3,1	3300
140	3,5	3300
160	4,0	3300
180	4,4	3100
200	4,9	3100
225	5,5	3100
250	6,2	3300
280	6,9	3200
315	7,7	3100
355	8,7	3100
400	8,0	1700
450	5,0	300
	6,0	500
	8,0	1200
500	5,0	200
	6,0	400
	8,0	900
560	5,0	100
	6,0	300
630	5,0	100
	6,0	200
	10,0	800
710	6,0	100
	8,0	300
	12,0	1000
800	8,0	200
	10,0	400
	12,0	700
900	8,0	100
	10,0	300
	15,0	1000
1000	10,0	200
	12,0	400
	15,0	700
1200	10,0	100
	12,0	200
	18,0	700
1400	10,0	100
	12,0	100
	20,0	600

Tabella 11 – Depressioni ammissibili per tubazioni in PE, senza irrigidimento
Table 11 – Permissible operating vacuum for pipes in PE, no stiffening

3.1.1 PES (polietilene autoestinguente)

Questo materiale, contrariamente al materiale standard PE, ha una colorazione grigia e non nera. Questa differenza non diminuisce l'eccellente resi-

3.2 Produzione di manufatti

Tutta la produzione è composta da raccordi stampati ad iniezione fino al DE 315 mm, mentre oltre si procede con la termoformatura raggiungendo il DE 800 mm. Per gli altri componenti come anche i raccordi oltre al DE 800 mm, si costruisce il componente con tubo estruso o con tubo formato da lastra.

3.3 Indicazioni per l'installazione

3.3.1 Giunzioni

Vale quanto è stato scritto al capitolo 2.3.1.

3.3.2 Compensatori

I compensatori per tubazioni in PE devono essere scelti fra il materiale PVC o PP flessibile. Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali vedere sotto i rispettivi capitoli 1.3.2 e 2.3.2.

3.3.3 Staffaggi

Per una informazione all'installatore si riporta nella tabella 10 le distanze ammissibili orizzontali per le tubazioni in materiale PE, rispettando la limitazione indicata al punto 1.3.3.

3.3.4 Serrande

Per le serrande vale quanto descritto al punto 1.3.4.

3.4 Pressioni interne ed esterne ammissibili

In questo caso la situazione è molto analoga al materiale PP. Per la pressione ammissibile interna, abbiamo un valore di riferimento di 100.000 Pa quale indicazione, identica come per gli altri materiali nei punti precedenti. La depressione invece si può rilevare dalle tabelle 11 e 12 per le tubazioni e dalle tabelle 13 e 14 per i raccordi stampati e segmentati. Nel caso di valutazione dell'applicabilità della condotta di ventilazione per esercizi a temperatura superiore ai 20°C, è consigliabile la verifica specifica sul caso da affrontare.

4. Caratteristiche generali del PVDF (fluoruro di polivinilidene)

La necessità di installare condotte per sempre più elevate temperature d'esercizio, ha introdotto questo materiale in quanto può essere applicato fino a 120°C se sono presenti pressioni, fino a 160°C se la condotta non ha particolari sollecitazioni.

Oltre alla elevatissima resistenza termica il PVDF è un materiale termoplastico particolarmente puro non avendo nessun tipo di stabilizzatori contro raggi UV, contro la degradazione termica e contro l'infiammabilità. Per questo motivo il PVDF è molto applicato nelle industrie microelettroniche e farmaceutiche.

L'installazione è molto semplice con giunzioni di saldatura ad aria calda e apporto di materiale, se i raccordi sono bicchierati o di testa a testa, se i componenti hanno terminali lisci.

Le condotte sono adatte per l'installazione all'esterno e le relative pressioni si possono rilevare dalle tabelle 15, 16, 17, 18 e 19 qui nel capitolo presenti.

Vantaggi del PVDF

- peso specifico pari a 1,78 g/cm³
- ampio campo di temperatura d'esercizio, massimo 160°C
- elevata resistenza al calore
- eccellente resistenza chimica anche a temperature elevate
- buona resistenza contro i raggi UV e i raggi gamma
- molto resistente contro l'abrasione
- ottime caratteristiche meccaniche
- autoestinguente
- semplice lavorabilità e trasformazione
- fisiologicamente applicabile senza limitazioni

4.1 Produzione dei manufatti

I raccordi bicchierati arrivano normalmente al DE 315 mm realizzati per stampaggio ad iniezione, alcune figure terminano prima o arrivano a diame-

tri superiori. Le misure non disponibili con questo procedimento si realizzano da tubo estruso o formato da lastre in esecuzione segmentata (raccorderia).

I tubi attualmente sono disponibili in esecuzione estrusa fino al DE 400 mm, oltre si costruiscono da lastre.

Parallelamente alla linea ventilazione in esecuzione bicchierata, esiste anche una linea ventilazione completamente realizzata con raccordi con terminali lisci, che sono stati inseriti nel presente documento. Questi sono realizzati da raccordi stampati fino al DE 315 mm e completati dai raccordi segmentati fino al DE 800 mm.

4.2 Indicazioni per l'installazione

4.2.1 Giunzioni

In funzione al tipo di raccordo o componente da saldare si sceglie la tecnica di saldatura con aria calda ed apporto di materiale oppure la saldatura del tipo testa a testa. Nel primo caso i componenti sono in esecuzione bicchierata, nel secondo invece hanno i terminali lisci.

4.2.2 Compensatori

Non essendo disponibile il materiale PVDF flessibilizzato per la costruzione di compensatori, si consiglia di scegliere, in funzione al prodotto o agente chimico trasportato e alle temperature d'esercizio il materiale PTFE (vedi punto 2.3.2).

4.2.3 Staffaggi

Per una informazione all'installatore si riporta nella tabella 15 le distanze ammissibili orizzontali per le tubazioni in PVDF, rispettando la limitazione indicata al punto 1.3.3.

DEPRESSIONI/ VACUUM				
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa] - Irrigidimento(L) / Stiffening(L)		
		L=DE[mm]	L=1000[mm]	L=2000[mm]
450	5,0	2900	1300	600
	6,0	4500	2000	1000
500	5,0	2200	1100	600
	6,0	3500	1700	900
560	5,0	1700	900	500
	6,0	2600	1500	700
630	5,0	1200	800	400
	6,0	1900	1200	600
710	6,0	1400	1000	500
	8,0	3000	2100	1100
800	8,0	2200	1800	900
900	10,0	3900	3100	1500
	8,0	1600	1500	700
1000	10,0	2900	2600	1300
	12,0	2200	2200	1100
1200	10,0	3500	3500	1700
	12,0	1400	1700	800
1400	10,0	2200	2600	1300
	12,0	900	1300	700
		1500	2100	1000

Tabella 12 – Depressioni ammissibili per tubazioni in PE, con irrigidimento
Table 12 – Permissible operating vacuum for pipes in PE with stiffening

4.2.4 Serrande

Per le serrande vale quanto descritto al punto 2.3.4.

4.3 Pressioni interne ed esterne ammissibili

Anche per questo materiale sono state elaborate le rispettive tabelle per i tubi estrusi, formati da lastre con e senza rinforzo (tabelle 16 e 17) e per la raccorderia in un pezzo o in esecuzione segmentata (tabelle 18 e 19). Tutti i dati riportati si riferiscono ad una temperatura d'esercizio di 20°C; per applicazioni fuori da questo valore è consigliabile una verifica specifica sul caso da affrontare.

5. Calcolo delle perdite di carico

La perdita di carico complessiva che il ventilatore deve superare, è composta dalla perdita dinamica e dalla perdita statica. Insieme rappresentano la prevalenza totale, in base alla quale il ventilatore deve essere dimensionato. Questo dato deve essere elaborato dal progettista dell'impianto di ventilazione.

La pressione dinamica esiste in ogni punto del collettore e si calcola con la seguente formula:

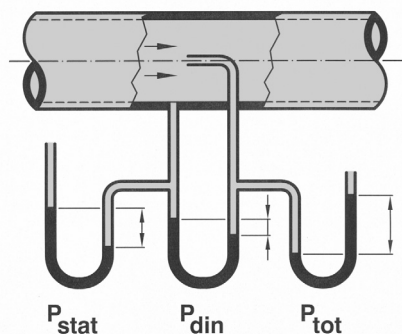
$$P_{din} = 10 \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Pa})$$

dove:

- γ = peso specifico del fluido (kg/m³)
- v = velocità del fluido nel collettore (m/s)
- g = accelerazione di gravità: 9,81 m/s²

Nel caso di condizioni di esercizio particolari come temperature molto basse o alte o installazioni in altitudine abnorme, il peso specifico deve essere adeguato.

La rilevazione delle varie pressioni dinamiche, statiche e totali di un collettore con l'aiuto di un tubo Pitot, è indicata qui di seguito in modo schematico.



La pressione statica è definita come la pressione che il fluido esercita durante il suo passaggio sulla superficie del collettore e che varia in funzione alle sezioni del collettore.

Per tubi diritti con superficie liscia e con un diametro uniforme si ha una perdita a causa dell'attrito, in funzione delle lunghezze del tratto considerato:

$$\Delta P_{stat} = L_{Tot} \cdot P_{Tub} \quad (\text{Pa})$$

dove:

- L_{Tot} = somma delle lunghezze dei singoli tratti di collettore considerato (m)
- P_{Tub} = resistenza specifica del tubo (Pa)

I relativi valori P_{Tub} si possono rilevare dal diagramma 1 di perdita di carico, in quanto esiste la relazione tra diametro del collettore e velocità del fluido nello stesso.

Il calcolo della resistenza specifica si può anche eseguire con la seguente equazione:

$$P_{Tub} = 10 \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Pa/m})$$

dove:

- λ = coefficiente di attrito (-)
- D = diametro intero del tubo (m)

Oltre alla perdita di carico dei tubi diritti ci sono in un impianto un'infinità di punti che creano perdite di carico come ad esempio riduzioni, derivazioni, curve, griglie, serrande ecc. Queste ulteriori perdite di pressioni statiche si calcolano moltiplicando la perdita dinamica con lo specifico coefficiente ζ del raccordo, che è riportato nella tabella 20 per i raccordi di questo catalogo.

$$P_{racc} = \zeta_{Tot} \cdot 10 \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} = \zeta_{Tot} \cdot P_{din} \quad (\text{Pa})$$

dove:

ζ_{Tot} = somma dei singoli coefficienti di resistenza dei raccordi (-)

P_{din} = pressione dinamica (Pa)

La perdita di carico complessiva del sistema si ottiene infine dalla addizione delle singole perdite di carico dei vari tratti di tubi e la totalità delle perdite dei vari raccordi o situazioni nel collettore, che assorbono prevalenze statiche.

$$P_{Tot} = P_{Tub Tot} + P_{racc Tot} \quad (\text{Pa})$$

E' consigliabile eseguire il calcolo della perdita di carico totale del collettore il più accuratamente possibile, in quanto un eccessivo margine di sicurezza si rileva spesso fatale nell'esercizio del ventilatore. Non corrispondendo la prevalenza statica totale, cioè se è inferiore, il ventilatore dimensionato su una curva errata, si adegua e trasporta più aria a meno prevalenza con il conseguente sovraccarico del motore elettrico.

GENERAL INFORMATION ON THERMOPLASTIC MATERIALS USED IN THE VENTILATION LINE

The thermoplastics this document deals with are polyvinyl chloride (PVC), polypropylene (PP), polyethylene (PE) and polyvinylidene fluoride (PVDF).

The brief description given here of these materials does not intend to provide full details of their characteristics, but simply gives the user a basic idea, helping him to choose the right material to resolve specific ventilation problems, and thus acts as a guide as to the choice of the most suitable material. A table is enclosed listing the various thermal, physical, mechanical and electrical properties of these thermoplastics for quick comparison of their relative values.

1. General characteristics of PVC (polyvinyl chloride)

PVC for ventilation is currently the best known and widely applied thermo-plastic material, as it is easy to fit and can be joined in various ways: it can be solvent bonded, butt fusion or heat air welded, the last with the addition of suitable material.

Thanks to its excellent mechanical strength and good stiffness, it can be fitted in very thin wall thickness while still maintaining a technically acceptable distance between supports. It is particularly suitable for air ducts within buildings, while it becomes very fragile if fitted externally and exposed to the weather condition and low temperatures. Moreover, UV rays will change its colour over time. The exercise temperature must not be allowed to exceed the maximum accepted limit of 60°C. See chapter 1.3 below for details of the relative internal and external pressure values. Advantages of PVC:

- specific weight: 1,39 g/cm³
- excellent chemical resistance
- high mechanical strength
- self-extinguishing properties class B1
- easy to fit, as very light
- can be bonded with solvent-based cement (recommended up to OD 315 mm only)
- smooth internal surface, thus product can't deposit

DEPRESSIONI/ VACUUM		
DE/ OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
50	3,0	100000
63	3,0	70000
75	3,0	45000
90	3,0	30000
110	3,0	17000
125	3,0	12000
140	3,0	9300
160	3,0	6700
180	3,0	5000
200	3,0	3800
225	3,5	4200
250	3,5	3200
280	4,0	3400
315	5,0	4400
355	5,0	3300
400	6,0	3800
450	6,0	2800
500	6,0	2200
630	6,0	1200

Tabella 13 – Depressioni ammissibili per curve a 90° stampate e/o termoformate in PE
Table 13 – Permissible operating vacuum for 90° segmented/warm machined bends in PE

1.1 Modified polyvinyl chloride

Owing to PVC's excellent chemical resistance, meaning that it is rarely corroded by the chemicals carried in PVC items, plus its simple workability and installation, industrial research is currently looking into the possibility of extending the temperature range to above 60°C, currently the top limit for PVC. At the same time, PVC's good transformability and excellent resistance to oxidizing chemical reactants need to be maintained: unlike other materials, PVC is not affected by micro-cracks.

1.1.1 PVC-C (chlorinated polyvinyl chloride)

Chlorinated polyvinyl chloride (PVC-C) is one result of this research. This contains c. 10% extra chlorine than normal PVC, giving it extra strength at temperatures of up to 95°C and, at the same time, boosted chemical resistance (gases and vapours containing chlorine, ozone, acids, etc.).

DEPRESSIONI/ VACUUM		
DE/ OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
110	2,7	25000
125	3,1	25000
140	3,5	30000
160	4,0	30000
180	4,4	25000
200	4,9	25000
225	5,5	25000
250	6,2	25000
280	6,9	25000
315	7,7	25000
355	8,7	25000
400	8,0	16000
450	5,0	3600
	6,0	5600
	8,0	12000
500	5,0	2700
	6,0	4300
	8,0	8900
560	5,0	2100
	6,0	3300
	10,0	12000
630	5,0	1500
	6,0	2400
	10,0	8800
710	6,0	1800
	8,0	3700
	12,0	10000
800	8,0	2700
	10,0	4800
	12,0	7600
900	8,0	2000
	10,0	3600
	15,0	9900
1000	10,0	2700
	12,0	4300
	15,0	7600
1200	10,0	1700
	12,0	2700
	18,0	7600
1400	10,0	1200
	12,0	1900
	20,0	6700

Tabella 14 – Depressioni ammissibili per curve a 90° segmentate in PE
Table 14 – Permissible operating vacuum for 90° segmented bends in PE

PVC-C is also suitable for lower temperatures (as cold as -40°C) for industrial gas pipelines.

PVC-C has recently been adopted by the chemicals and micro-electronics industries thanks to its superior mechanical strength, particularly smooth mirror-like surfaces and lower production costs when compared to other materials normally for such applications.

Thanks also PVC-C's ultra-high requirement for oxygen in the even of fire (more than 60%, compared to 42% in the case of PVC) it is classed as being self-extinguishing.

On the down-side, the colour of PVC-C changes and its mechanical strength diminishes slightly when installed outdoors.

Advantages of PVC-C:

- specific weight: 1,55 g/cm³
- high mechanical strength, especially at high temperatures
- excellent chemical resistance to oxidizing reactants
- easy application of FRP reinforcing
- can be bonded with a special PVC-C based cement
- ultra-low heat conductivity
- smooth internal surfaces, providing no medium for biological growth

1.2 Production of PVC components

Fittings in the ventilation line are produced via injection moulding, thermoforming or segmented or formed semi-finished parts.

The latter process depends on the diameter of the component. PVC fittings are normally available in sizes up to OD 250 mm (injection moulded), from OD 250 to OD 800 mm (thermoforming) and up to OD 700 mm (segmented pipes or sheets). In the case of PVC-C, all fittings up to OD 160 mm are moulded; above this size, fittings are thermoformed and other components using segmented pipes or sheets.

Thermoforming is, in any case, expected to disappear as a production process for PVC fittings and will be replaced by injection moulding, which produces a better qualified product.

PVC and PVC-C pipes in ventilation lines are produced using the extrusion process; where necessary (and feasible) sheets can be used for the pipes.

DISTANZE / DISTANCES		
DE/OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	L _{max} [mm]
50	3,0	1100
63	2,5	1200
75	2,5	1300
90	2,8	1500
110	3,0	1900
125	3,9	2100
140	3,0	2200
160	3,0	2500
180	5,5	2900
200	3,0	2900
225	6,9	3400
250	3,0	3500
280	8,6	4100
315	4,0	4300
355	4,0	4600
400	5,0	5200
450	4,0	5600
	5,0	5800
500	4,0	6100
	5,0	6200
560	5,0	6800
	6,0	6900
630	5,0	7400
	6,0	7500
710	6,0	7500
	8,0	7500
800	6,0	7500
	8,0	7500
900	8,0	7500
	10,0	7500
1000	10,0	7500
	12,0	7500
1200	10,0	7500
	12,0	7500
1400	10,0	7500
	12,0	7500

Tabella 15 – Distanze di appoggio ammissibili per tubazioni in PVDF
Table 15 – Permissible support distances for pipes in PVDF

1.3 Installation instructions

1.3.1 Joints

All the fittings discussed in this document are mainly obtained with socket terminals; this makes it far easier to make the joints in the construction site.

It is recommended the following methods:

- bonding with solvent cement or hot air welding - up to OD 315 mm
- hot air welding only - over OD 315 mm

In the case of bonding, one must make sure that the pipe enters in the socket properly. If the tolerance between the diameter of the fitting and the pipe is not 100% compatible, the butt end of the pipe must be grinded until it fits into the fitting perfectly.

1.3.2 Compensators

To absorb linear expansion due to variations in the temperature of the fluid being carried, it is recommended using special compensator in flexible PVC. These can expand by up to ± 20 mm when up to OD 400 mm. If greater expansion is required, fit several compensators or ask special elements with greater expansion rates.

These compensators under internal pressure working can be added to the line without the need for extra strengthening, though the corrugated band needs to be reinforced in the case of exercise under vacuum.

The expansion rate for diameters over 400 mm is ± 30 mm.

In addition, if fitted before and after the fan, these compensators block the transmission of any vibrations to the ducts connected to these.

1.3.3 Supports

The way the pipes are supported is extremely important if one wants to have perfect installation, as this must guarantee the perfect linearity of the duct over time, without adding extra costs for the user.

Table 1 provides an initial fast assessment with all the basic information needed to gauge the right horizontal distance between the supports in line with the diameter of the duct and the wall thickness. The distances calculated are then reduced to practical sizes if the distance is more than 7500 mm.

The values are based on an expected life of 10 years at 20°C, allowing for maximum flexure of just 1% the outside diameter.

1.3.4 Dampers

In addition to standard dampers, some high performance new models are used to withstand stress created by vacuum exercise and for 100% tight models. Standard dampers are fitted with a check ring for a good seal; to get guaranteed tightness, the dampers are available with a perimeter gasket on the butterfly disk suitable for up to OD 315 mm.

If the dampers are to be fitted in places that difficult to access, it is recommended using electrically or pneumatically driven dampers, whereas if they are easily accessible, manual dampers with revolving handle are used. These either have set positions (steps of 15°) or can be adjusted to any degree by means of a set-screw.

1.4 Allowable internal and external pressure values

The most important parameter when designing a suction or vent duct is the relative pressure that can be accepted for both internal and external overpressure. The accepted internal overpressure is (for technical pipes production reasons) very high and often exceeds 100,000 Pa (1.0 bar) for pipes and fittings at 20°C.

The pipes and fittings are far more sensitive to external overpressure, the so-called vacuum. Owing to its importance, hereon are prepared the tables for the products discussed in this document. These provide an immediate way of checking both the allowable vacuum values for the pipes (table 2) and the fittings (table 3 and 4). To calculate the vacuum, hereon are used an expected working life of 10 years at 20°C and mechanical stress $\sigma = 0.5 \text{ N/mm}^2$; elastic deformation safety factor = 3.0.

Fittings have been split into two groups in this document: moulded or thermoformed fittings and segmented fittings made from pipe elements. Given that segmented fittings are stronger as the wall thickness increases and that short pipes are stiffer, the tables below compare the segmented fittings with thermoformed or injection moulded fittings.

The values needed to calculate the admissible vacuum are identical to

those used for the pipes. Owing to a lack of space, details for all fitting types cannot be provided here.

The 90° bend only is considered here, being the weakest than bends with a lesser angle. This bend is also the most commonly used solution for the construction of ventilation ducts and also gives one a rough idea for all the other fitting types.

2. General characteristics of PP (polypropylene)

PP is a thermoplastic material available as a homopolymer (PPH) and a copolymer (PPR) type.

Both materials withstand high temperatures and can be used with temperatures of up to max. 100°C if the pressure stress is relatively low. The pipes and fittings in this ventilation line are expected to be made from homopolymer PP with mechanical strength slightly higher than PPR. PP offers higher impact strength than PVC, PVC-C and PVDF, but lower strength than PE at temperatures below freezing (0°C). The specific PPS EL line (self-extinguishing, anti-static polypropylene) is based on a PPR copolymer. The PPS (self-extinguishing polypropylene) in comparison is based on the PPH homopolymer.

Generally speaking, polypropylene is by far the preferred material for ventilation purposes and has recently eaten away at the previous monopoly of PVC.

This trend is the result of reasons of both, safety (PVC develops toxic gases in the event of a fire) and ecology (environmental pollution caused by the production of the raw material).

These reasons, together with the stricter requirements for the installation of ventilation components within civil buildings, have limited the use of PVC, while favouring the use of PP.

PP is light beige or grey and has no protection against UV rays; for this reason, it is advisable for internal ducts only.

If this material is installed outdoors, there is a change in colour over time, but this has no effect whatsoever on the mechanical strength of the duct.

A white oxidised film may develop on the surface, caused by the action of UV rays, but at the same time this also acts as a barrier to further oxidation of the wall below.

Advantages of PP:

- low specific weight: 0.91 g/cm³
- high resistance to internal pressure
- excellent thermal stability
- good butt fusion and/or hot air weldability
- good abrasion resistance
- smooth surface, thus product can't deposit
- high chemical resistance

2.1 Modified polypropylene

Specific plant requirements have led producers to create polypropylenes with special characteristics. The resulting materials are described below, with details in the general table for comparison.

These materials have properties of electrical conductivity and/or self-extinguishing thanks to the use of suitable additives, which partially affect their mechanical strengths.

It should also be stressed that food products of any description must not be allowed to come into contact with these modified materials as they have not been approved for use with food.

2.1.1 PPS (self-extinguishing homopolymer polypropylene)

Thanks to its excellent stiffness and self-extinguishing properties, this material is used for ventilation ducts and vapour and gas flue pipes, replacing PVC by degrees in normal uses too, as it does not give off toxic gases in the event of a fire.

It has high mechanical strength, as the basic material is a homopolymer, but at the same time it offers the same disadvantage of impact sensitivity at low temperatures as happens with PVC.

2.1.2 PPS EL (anti-static and self-extinguishing copolymer polypropylene)

This material brilliantly combines all the specific self-extinguishing and anti-static characteristics, thus creating a thermoplastic material that is becoming more and more popular in industrial processes. PPS EL is suitable for ventilation ducts carrying not just air or flammable gases, but also dust or solvent vapours.

The addition of additives partly modifies the chemical and mechanical characteristics of the basic material. It is recommended contacting the technical office of HÜRNER ITALIA S.R.L. if this material is to be used in the presence of hot and/or pressurised fluids.

DEPRESSIONI/ VACUUM		
DE/ OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
50	3,0	150000
63	2,5	40000
75	2,5	25000
90	2,8	20000
110	3,0	13000
125	3,9	20000
140	3,0	6300
160	3,0	4200
180	5,5	19000
200	3,0	2100
225	6,9	19000
250	3,0	1100
280	8,6	19000
315	4,0	1300
355	4,0	900
400	5,0	1200
450	4,0	400
	5,0	800
500	4,0	300
	5,0	600
560	5,0	400
	6,0	800
630	5,0	300
	6,0	500
710	6,0	400
	8,0	900
800	6,0	300
	8,0	600
900	8,0	400
	10,0	800
1000	10,0	600
	12,0	1100
1200	10,0	400
	12,0	600
1400	10,0	200
	12,0	400

Tabella 16 – Depressioni ammissibili per tubazioni in PVDF, senza irrigidimento
Table 16 – Permissible operating vacuum for pipes in PVDF, no stiffening

2.2 Production of PP components

Production differs significantly depending on the material and size of the components required. The main PP and PPS fittings are injection moulded (up to OD 315 mm); above this diameter, the thermoforming or segmented pipe processes (extruded or sheets) are used.

The fittings in the PPS EL line, on the other hand, are moulded socket joints up to OD 315 mm and segmented pipes or extruded/sheet pipes above this size. Since all the relevant drawings for each diameter of the

moulded fittings are currently not available, a drawing of a thermoformed example is provided here.

The pipes come in two versions: extruded or built from sheets. This production method makes it possible to get pipes with thinner walls (using sheets) than is currently possible via extrusion.

The fittings for butt fusion welding are produced by injection moulding up to OD 315 mm and are completed for the higher diameter until OD 1200 mm in segmented execution.

2.3 Install instructions

2.3.1 Joints

It is recommend preparing the pipe terminals in the same way as for PVC, followed by hot air welding with additional material (welding rod).

DEPRESSIONI / VACUUM				
DE/ OD [mm]	Spessore Thickness [mm]	P _{amm} [Pa] - Irrigidimento(L) / Stiffening(L)		
		L = DE[mm]	L = 1000[mm]	L = 2000[mm]
450	4,0	4900	2200	1100
	5,0	8600	3900	1900
500	4,0	3800	1900	900
	5,0	6600	3300	1700
560	5,0	5000	2800	1400
	6,0	7900	4400	2200
630	5,0	3700	2300	1200
	6,0	5800	3700	1800
710	6,0	4300	3100	1500
	8,0	8900	6300	3200
800	6,0	3200	2600	1300
	8,0	6600	5300	2600
900	8,0	4900	4400	2200
	10,0	8600	7700	3900
1000	10,0	6600	6600	3300
	12,0	10000	10000	5200
1200	10,0	4200	5000	2500
	12,0	6600	7900	4000
1400	10,0	2900	4000	2000
	12,0	4500	6300	3100

Tabella 17 – Depressioni ammissibili per tubazioni in PVDF, con irrigidimento
Table 17 – Permissible operating vacuum for pipes in PVDF with stiffening

2.3.2 Compensators

Also is recommend using flexible PP compensators for PP and PPS lines. Like PVC, these offer expansion of ± 20 or ± 30 mm depending on the diameter. Again, several compensators can be added to obtain a greater rate of expansion.

These compensators withstand vacuum better than the equivalent PVC flexible compensators. They, too, can be used as vibration absorptions between the fan and the ducts.

There are specific anti-static compensators for PPS EL pipes in PTFE anti-static material and has an expansion of ± 20 mm.

2.3.3 Supports

Table 5 provides the user with useful information as to the maximum horizontal distances between supports for PP, PPS and PPS EL pipes. The same data have been used for the calculation (see chapter 1.3.3 above).

2.3.4 Dampers

See point 1.3.4. Not all sizes of PPS EL dampers are currently available as moulded components and so are built from segmented pipes or sheets; always with a screw-fixed handle.

2.4 Allowable internal and external pressure values

Like PVC, PP and its variants - PPS and PPS EL - have high resistance to internal pressure, well in excess of 100,000 Pa (1.0 bar) for both extruded pipes and pipes made from sheets.

The accepted external pressure, on the other hand, requires more detailed evaluation, as this differs for extruded pipes and pipes made from sheets, given that the latter come in varying lengths and length is a very important factor when it comes to calculating accepted vacuum. The tables 6 and 7 show the different vacuum values between stiffening and not stiffening pipes.

The table 8 and 9 show the allowable vacuum values for the fitting as in chapter 1.4 above. Here too, are only considered bends made from a single injection moulded piece or by segmented construction.

3. General characteristics of PE (polyethylene)

PE is a thermoplastic material that, despite its excellent characteristics, is currently the least used in industrial and civil ventilation plant.

Thanks to being black, it is extremely resistant to UV rays and so is ideal for outdoor installations, an advantage that many other thermoplastics do not have.

Working temperatures must not be allowed to exceed 60°C (under pressure or vacuum).

This material has excellent impact strength and even temperatures below minus (0°C) do not affect its fragility.

Its low modulus of elasticity gives it good abrasion resistance.

Advantages of PE 80:

- specific weight: 0.95 g/cm³
- good resistance to chemicals
- weather-proof
- resistant to UV and radioactivity rays
- good weldability
- smooth surface, therefore product cannot deposit

DEPRESSIONI / VACUUM		
DE/ OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
50	3,0	350000
63	3,0	200000
75	3,0	150000
90	3,0	85000
110	3,0	50000
125	3,0	35000
140	3,0	30000
160	3,0	20000
180	3,0	15000
200	3,0	11000
225	3,5	13000
250	3,5	9600
280	4,0	10000
315	5,0	13000

Tabella 18 – Depressioni ammissibili per curve a 90° stampate e/o termoformate in PVDF
Table 18 – Permissible operating vacuum for 90° machined/warm mach. bends in PVDF

3.1 Modified polyethylene

This document includes details on self-extinguishing polyethylene, used for the rotational sintered housing of our radial fans. This is not the only way PE can be modified: there is also an anti-static version of PE (for pressurized liquid pipelines and not for industrial ventilation). PE EL are normally butt fusion welded.

3.1.1 PES (self-extinguishing polyethylene)

Unlike standard PE, PES is grey and not black. This does not affect the excellent UV resistance of the material thanks to special additives. PES does not come in semi-finished products, but as granulate for specific transformation. We use PES for rotational sintered of the housings for our radial fans. PES's low elasticity coefficient is particularly suitable for installations where winter temperatures are particularly low.

DEPRESSIONI / VACUUM		
DE/ OD [mm]	Spessore/ Thickness [mm]	P _{amm} [Pa]
110	3,0	100000
125	3,9	150000
140	3,0	55000
160	3,0	40000
180	5,5	150000
200	3,0	25000
225	6,9	150000
250	3,0	13000
280	8,6	150000
315	4,0	15000
355	4,0	11000
400	5,0	14000
450	4,0	6100
	5,0	11000
500	4,0	4700
	5,0	8200
560	5,0	6200
	6,0	9800
630	5,0	4600
	6,0	7300
710	6,0	5400
	8,0	11000
800	6,0	4000
	8,0	8200
900	8,0	6100
	10,0	11000
1000	10,0	8000
	12,0	13000
1200	10,0	5200
	12,0	8200
1400	10,0	3500
	12,0	5600

Tabella 19 – Depressioni ammissibili per curve a 90° segmentate in PVDF
Table 19 – Permissible operating vacuum for 90° segmented bends in PVDF

3.2 Production of PE components

All fittings are injection moulded up to OD 315 mm and thermoformed up to OD 800 mm. Other components and fittings above OD 800 mm are made from extruded pipes or sheet-formed pipes.

3.3 Install instructions

3.3.1 Joints

See chapter 2.3.1 above.

3.3.2 Compensators

Compensators for PE pipes must be made from either flexible PVC or PP. See chapters 1.3.2 and 2.3.2 for details.

3.3.3 Supports

See table 10 for installation instructions. The admissible horizontal distances for PE pipes respect the limits indicated at point 1.3.3 above.

3.3.4 Dampers

See point 1.3.4 above.

3.4 Allowable internal and external pressure values

Very similar to PP. In the case of the admissible internal pressure, the values are the same as for the other materials discussed above at a reference value of 100.000 Pa. The vacuum values, on the other hand, is shown in tables 11 and 12 (pipes) and tables 13 and 14 (moulded/segmented fittings). Again, in the case of a PE ventilation duct with working temperatures above 20°C, contact the technical office of HÜRNER ITALIA S.R.L. for details of the accepted stress parameters.

4. General characteristics of PVDF (polyvinilidene fluoride)

The need to install pipelines at increasingly higher working temperatures has led to the use of this material, since it can withstand temperatures of up to 120°C (without pressure) and even up to 160°C in the absence of particular stress.

As well its superior heat resistance, PVDF is a particularly pure thermoplastic material, as it contains no stabilizing additives against UV rays, thermal distortion or flammability. For this reason, PVDF is commonly used in the micro-electronics and pharmaceuticals industries.

PVDF pipes are easy to install, with hot air welded seams with additional material, in the case of socket joints, and butt welding in the case of smooth terminals.

PVDF pipelines are suitable for outdoor installation. The relevant pressures are shown in tables 15, 16, 17, 18 and 19.

Advantages of PVDF

- specific weight: 1,78 g/cm³
- broad range of working temperatures, max 160°C
- superior heat resistance
- excellent chemical resistance, even at high temperatures
- good resistance to UV and gamma rays
- good abrasion resistance
- excellent mechanical strength
- good insulation and high electrical values
- self-extinguishing
- easy to work and transform
- physiologically suitable for unlimited applications

4.1 Production of PVDF components

Socket fittings can normally be as large as OD 315 mm (injection moulding). Some versions are smaller, while others are even larger. Sizes not possible with injection moulding can be produced using extrusion methods or segmented sheets (fittings). Extruded pipes are currently pro-

duced in sizes of up to OD 400 mm; segmented sheets are needed for larger sizes. The fittings with spigot ends are introduced in this document and are available finally OD 315 mm in injection moulding execution. Over this size the fittings are segmented up to OD 800 mm.

4.2 Installation instructions

4.2.1 Joints

Depending on the fitting or component type to be welded, there are two possibilities: hot air welding with additional material or butt welding. In the former case, the components must have socket fittings; in the latter, smooth terminals.

4.2.2 Compensators

Flexible PVDF does not exist and so PTFE should be used for compensators, depending on the product or chemical agent carried by the pipeline and the working temperatures. See chapter 2.32 for expansion details.

4.2.3 Supports

See tables 15 below (admissible horizontal distances for PVDF pipelines) for installation details. The limits described in point 1.3.3 above apply.

4.2.4 Dampers

See point 2.3.4 above.

4.4 Admissible internal and external pressure values

Tables 15 and 16 indicated the vacuum values for extruded pipes, for those formed by sheets with and without reinforcement and for moulding injected or solid and segmented fittings. See the tables 18 and 19. The data in these tables are valid for a working temperature of 20°C; please contact the Technical Office at HURNER ITALIA SRL for details in the case of applications at higher temperatures.

5. Calculation of air pressure drop

The air pressure drop to be compensated by the fan consists of dynamic loss and static loss. Together these two represent the total head loss, and the size of the fan will be determined by this value. The engineer designing the ventilation system will need to calculate this value.

The pressure drop is calculated using the following formula:

$$P_{din} = 10 \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Pa})$$

where:

- γ = specific weight of the fluid (kg/m³)
- v = speed of the fluid in the collector (m/s)
- g = acceleration of gravity: 9,81 m/s²

In the case of special operating conditions, such as very low or very high temperatures, or installations located at abnormal altitudes, an adequate specific weight must be calculated. The technical staff of HURNER ITALIA SRL may be contacted for a calculation of the values for your specific case.

The measurement of the various dynamic, static and total pressures of a collector, using a Pitot tube, is shown in the figure below.

Static pressure is defined as the pressure exerted by the fluid during its passage over the surface of the collector, and which varies in function of the cross-section of the collector.

Figure/Figures	Coefficienti di resistenza ζ Resistance coefficient ζ
Curve 90° / bends	0,33
Curve 75° / bends	0,29
Curve 60° / bends	0,24
Curve 45° / bends	0,19
Curve 30° / bends	0,14
Curve 15° / bends	0,07
Curve 90° segmentate / segmented bends	0,38
Curve 75° segmentate / segmented bends	0,32
Curve 60° segmentate / segmented bends	0,27
Curve 45° segmentate / segmented bends	0,20
Curve 30° segmentate / segmented bends	0,15
Curve 15° segmentate / segmented bends	0,18
Tee / tees 90°	1,40
Tee 45° / tees	0,80
Immissioni / inlets	0,60
Rid. Concentriche / conc. reductions	0,10
Rid. Eccentriche / excentric reductions	0,10
Derivazione Y 90° / trousers	1,40
Derivazione Y 45° / trousers	0,70
Derivazione Y 30° / trousers	0,30
Serrande con apertura 0° / dampers	0,40
Serrande con apertura 15° / dampers	0,60
Serrande con apertura 30° / dampers	3,50
Serrande con apertura 45° / dampers	17,00
Serrande con apertura 60° / dampers	95,00
Serrande con apertura 75° / dampers	600,00
Terminali d'espulsione / deflector cowls	0,80
Terminali d'espulsione a bassa perdita di carico / low pressure drop deflector cowls	0,60
Bocchello protezione antivoltale / bird protection nozzle	2,40

Tabella 20 – Coefficienti di resistenza ζ
Table 20 – Resistance coefficient ζ

For straight pipelines with smooth surfaces and a uniform diameter there is some loss due to friction, in function of the length of the line under consideration::

$$\Delta P_{stat} = L_{Tot} \cdot P_{Tub} \quad (\text{Pa})$$

where:

L_{Tot} = sum of the lengths of the individual sections of the collector under consideration (m)

P_{Tub} = the specific resistance of the pipeline (Pa)

The relative values P_{Tub} can be take off from specific air pressure drop diagram 1, since a relationship exists between the diameter of the collector and the speed of the fluid inside it.

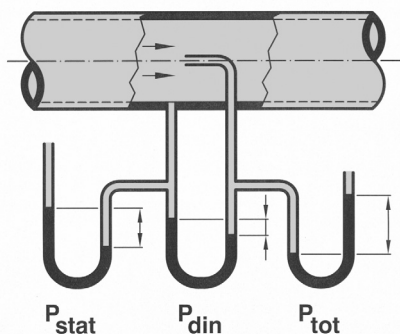
Specific air pressure drop can also be calculated using the following equation:

$$P_{Tub} = 10 \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Pa/m})$$

where:

λ = the fiction coefficient (-)

D = the internal diameter of the pipeline (m)



$$P_{\text{racc}} = \zeta_{\text{Tot}} \cdot 10 \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} = \zeta_{\text{Tot}} \cdot P_{\text{din}} \quad (\text{Pa})$$

where:

ζ_{Tot} = the sum of the individual resistance coefficient of the fittings

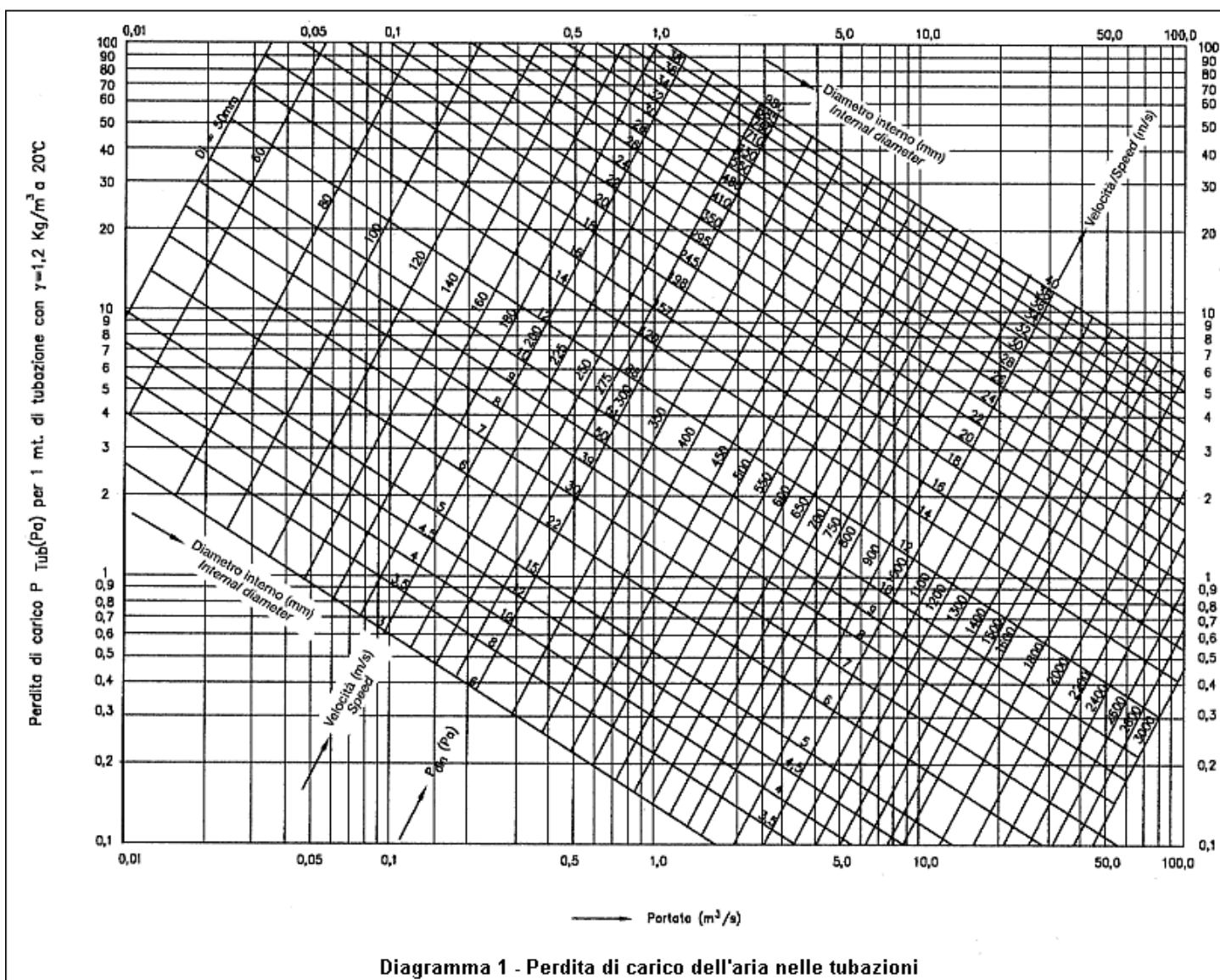
P_{din} = the dynamic pressure (Pa)

The overall pressure drop of the system is found, finally, from the addition of the individual load losses of the various sections of pipeline and the total pressure drops of the various collector fittings or situations that absorb static heads.

$$P_{\text{Tot}} = P_{\text{Tub Tot}} + P_{\text{racc Tot}} \quad (\text{Pa})$$

Apart from the air pressure drop in straight pipelines, there are countless points in any system that can create pressure drop such as, for example, reductions, derivations, bends, gratings, dampers, etc. These latter static pressure drops are calculated by multiplying the dynamic loss by the specific coefficient ζ of the relative fitting, indicated in table 20 for the fittings included in this catalogue.

It is advisable to calculate the total pressure drop of the collector as accurately as possible, since an excessive safety margin is frequently found to be fatal to the efficient functioning of the fan. If a total static head is out of proportion, i.e. if it is lower in value, a fan whose dimensions have been calculated on an incorrect curve will move more air at less head, with the result that the electric motor becomes overloaded.



	Caratteristiche Specific properties		Norme Standard	Unità Units	Cloruro di polivinile Polyvinyl Chloride		Polipropilene Polypropylene				Polietilene Polyethylene		Fluoruro di polivinile Polyvinylidene Fluoride
					PVC	PVC-C	PPH	PPS	PPS EL	PE 80	PES		
Proprietà fisiche Physical Properties	Peso specifico / Specific density Indice di fluidità / Melt flow index	ISO 1183	g/cm ³	1,385	1,553	0,910	0,920	1,130	0,950	0,934-0,990	1,778		
		ISO 1133	g/10 min			0,50	0,80		0,50-0,90				
		ISO 1133	g/10 min						-	6,20			
		ISO 1133	g/10 min	1,25	2,00	0,60					6,00		
		ISO 1872/173		M003	-	-	T006-012						
Proprietà meccaniche Mechanical properties	Tensione di snervamento / Tensile stress at yield		ISO 527	Mpa	48-52	60	30	30	29	21	50		
	Allungamento a snervamento / Elongation at yield		ISO 527	%	3-10	-	10	10	25	10	16	9	
	Resistenza alla rottura / Tensile stress at break		ISO 527	Mpa	30	50	45	-	20	30	-		
	Allungamento alla rottura / Elongation at break		ISO 527	%	33-50	-	>50	>50	43	>600	80		
	Limite di flessione con 3,5% / Flexural stress at 3,5% strain		ISO 178	Mpa	90	-	28	33	-	19	80		
	Modulo di elasticità a trazione / Module of elasticity		ISO 178	Mpa	3000	2800	1150	1050	1000	950	550	2000	
	Modulo di taglio / Module in shear		ISO 527	Mpa	-	-	650	750	-	500	-		
	Durezza sfera / Ball indentation hardness		ISO 2039-1	Mpa	120	70	67	75	-	37	80		
	Resistenza all'urto a 23°C / Impact strength at 23°C		ISO 179	kJ/m ²	Nessuna rottura No Break	12	-	-	-	Nessuna rottura No Break	124		
	Resistenza all'urto a 30°C / Impact strength at 30°C		ISO 179	kJ/m ²	-	-	-	-	-	Nessuna rottura No Break	-		
Proprietà termiche Thermal properties	Punto di fusione cristalli / Crystallinity melting temperature		DIN 53 736	°C	-	-	160-165	164-168	148	123-135	173		
	Temperatura di rammollimento / Vicat-Softening point	VST A/50	ISO 306	°C	-	-	-	152	135	123	140		
		VST B/50	ISO 306	°C	75	103	31	85	80	67	-		
	Resistenza al calore / Heat deflection temperature	HDT/A	ISO 75	°C	65-75	-	50	55	-	38-42	-		
		HDT/B	ISO 75	°C	-	-	36	85	-	60-70	145		
	Conducibilità termica a 20°C / Thermal conductivity at 20°C		DIN 52 612	W/m ³ K	0,14	0,14	0,22	0,22	-	0,42	0,13		
	Coeff. di dilatazione lineare / Linear coefficient of thermal expansion		DIN 53 752	1/°K	0,8*10 ⁻⁴	0,7*10 ⁻⁴	1,6*10 ⁻⁴	1,6*10 ⁻⁴	1,6*10 ⁻⁴	1,8*10 ⁻⁴	1,2*10 ⁻⁴		
	Comportamento al fuoco / Flammability		DIN 4102	-	B1**	B1**	B2	B1**	-	B2	B1**	-	
Proprietà elettriche Electrical properties	Indice di ossigeno / Oxygen index		UL 94	-	V-O	V-O	94-HB	V-2	V-O	94-HB	V-O		
	Specifica resistenza trasversale / Specific volume resistance		ISO 4589-1	%	45	60	20	30		20	44		
	Rigidità dielettrica / Dielectric strength		VDE 0303	Ohm cm	>10 ¹⁵	-	>10 ¹⁶	>10 ¹⁵	<10 ⁸	>10 ¹⁶	>10 ¹³		
	Resistività superficiale / Specific surface resistance		VDE 0303	Ohm	30-50	-	75	30-45	-	70	22		
	Colore standard / Colour		-	-	RAL 7011 Grigio scuro/ Dark grey	RAL 7038 Grigio scuro/ Dark grey	RAL 7032 Beige	RAL 7037 Grigio/Grey	RAL 9005 Nero/Black	RAL 9005 Nero/Black	RAL 7005 Grigio/Grey		
	Protezione contro raggi UV / UV stabilized		-	-	NO	NO	NO	NO	SI/Yes	SI/Yes	SI/Yes		

* Test secondo il metodo CABOT / CABOT test

** La classe B1 è valida solo per spessori tra 2 e 10 mm / Fire classification B1 only valid for wall thickness of 2-10 mm