

Sistemi di tubazioni industriali Aliaxis

Manuale tecnico di progettazione



FIP Formatura Iniezione Polimeri

Loc. Pian di Parata, 16015 Casella Genova Italy

Tel. +39 0109621.1 - Fax +39 010 9621.209

info.fip@alixaxis.com

www.alixaxis.it

UNI EN
ISO 9001
QUALITÀ

UNI EN
ISO 14001
GESTIONE
AMBIENTALE



Indice

Facciamo scorrere la vita	8
Introduzione	10
1. Sistemi di tubazioni in plastica: proprietà fisiche e chimiche dei materiali	19
1.1 Sviluppo, differenziazione e fabbricazione di prodotti in plastica	20
1.1.1 Sviluppo della plastica	20
1.1.2 Struttura e caratteristiche	21
1.1.3 Materiali termoindurenti, termoplastici ed elastomeri	22
1.1.4 Una panoramica delle proprietà dei materiali termoplastici	27
1.1.5 Vantaggi dell'uso della plastica rispetto ai metalli	30
1.1.6 Plastica e ambiente	32
1.1.7 Metodi di produzione e lavorazione	34
1.1.7.1 Polimerizzazione	34
1.1.7.2 Stampaggio ad iniezione ed estrusione	35
1.2 Polimeri vinilici e stirenici	39
1.2.1 Cloruro di polivinile non plastificato (PVC-U)	39
1.2.2 Cloruro di polivinile surclorato (PVC-C)	42
1.2.3 Acrilonitrile butadiene stirene (ABS)	44
1.3 Poliiolefine e polimeri fluorurati	47
1.3.1 Polipropilene (PP)	47
1.3.2 Polietilene (PE)	53
1.3.3 Polifluoruro di vinilidene (PVDF)	57
1.4 Gomma	60
1.4.1 Acrilonitrile butadiene (NBR)	61
1.4.2 Elastomero etilene propilene (EPDM)	62
1.4.3 Fluoroelastomero (FKM)	63
1.4.4 Perfluoroelastomero (FFKM)	64
1.5 Politetrafluoroetilene (PTFE)	66
1.6 Resine, composti e additivi	67
1.6.1 Resine	67
1.6.2 Composti	67
1.6.3 Additivi	67
1.7 Prove sui materiali	68
1.7.1 Prova d'urto	68
1.7.2 Test di fluidità	70
1.7.3 Test termico	71
1.8 Marcatura di tubi e raccordi	72
1.8.1 Requisiti minimi nella marcatura dei tubi	72
1.8.2 Requisiti minimi nella marcatura dei raccordi	73
1.8.3 Requisiti minimi nella marcatura delle valvole	73

1.9 MRS e comportamento a lungo termine	74
1.9.1 Termini associati al comportamento a lungo termine	74
1.9.2 Comportamento a lungo termine del PVC-U	75
1.9.3 Comportamento a lungo termine del PVC-C	77
1.9.4 Comportamento a lungo termine dell'ABS	79
1.9.5 Comportamento a lungo termine di PP-H, PP-B e PP-R	80
1.9.6 Comportamento a lungo termine del PE	83
1.9.7 Comportamento a lungo termine del PVDF	85
1.9.8 Durata in caso di carico intermittente	86
1.10 Modulo di scorrimento	87

2. Progettazione di sistemi di tubazioni in plastica **105**

2.1 Simboli, abbreviazioni, unità, tabelle di conversione	106
2.1.1 Simboli	106
2.1.2 Abbreviazioni	107
2.1.3 Unità	109
2.2 Selezione dei materiali	113
2.3 Resistenza chimica	114
2.4 Dimensionamento e ingegneria idraulica	117
2.4.1 Progettazione dei tubi	117
2.4.1.1 Calcolo della sollecitazione ammissibile basato sulla classificazione MRS	117
2.4.1.2 Calcolo della pressione nominale	118
2.4.1.3 Calcolo dello standard dimension ratio	119
2.4.1.4 Calcolo di serie	119
2.4.1.5 Calcolo dello spessore delle pareti	119
2.4.2 Diagramma pressione-temperatura	125
2.4.2.1 Diagramma pressione ammissibile - temperatura	126
2.4.2.2 Diagramma pressione nominale - temperatura	132
2.4.3 Calcolo idraulico	137
2.4.3.1 Calcolo delle perdite di carico distribuite	139
2.4.3.2 Calcolo delle perdite di carico localizzate	142
2.4.4 Regolazione e dimensionamento del flusso della valvola	147
2.4.5 Aumento rapido di pressione	151
2.4.5.1 Colpo d'ariete	151
2.4.5.2 Cavitazione	154
2.5 Selezione e caratteristiche delle valvole	156
2.5.1 Caratteristiche del fluido	156
2.5.2 Sollecitazioni meccaniche e vibrazioni	157
2.5.3 Sicurezza	159
2.5.4 Protezione	160
2.5.5 Facilità d'installazione	161
2.5.6 Accuratezza della regolazione	162
2.6 Spurgo dell'aria dalle condutture	163
2.6.1 Aria intrappolata: fonti e cause	163
2.6.2 Trattamento dell'aria intrappolata	164

2.7 Progettazione del sistema di tubazioni per la condizione di vuoto	165
2.8 Progettazione del sistema di tubazioni per l'aria compressa	166
2.9 Selezione del flussimetro	169
2.9.1 Progettazione del flussimetro	169
2.9.1.1 Sensori di flusso a inserzione	169
2.9.1.2 Sensori di flusso in linea	171
2.9.1.3 Flussimetri ad area variabile	172
2.9.2 Installazione del flussimetro	174
2.9.2.1 Sensori di flusso a inserzione	174
2.9.2.2 Sensori di flusso in linea	176
2.9.2.3 Flussimetri ad area variabile	176
2.10 Selezione del sensore di pH e ORP	178
2.10.1 Progettazione del sensore pH e ORP	178
2.10.1.1 Misura del pH	178
2.10.1.2 Misura dell'ORP	181
2.10.1.3 Elettrodi pH/ORP	182
2.10.2 Installazione del sensore pH e ORP	184
2.10.2.1 Linee guida per l'installazione	184
2.10.2.2 Linee guida operative	185
2.11 Selezione del sensore di conducibilità	186
2.11.1 Progettazione del sensore di conducibilità	186
2.11.1.1 Misura della conducibilità	186
2.11.1.2 Elettrodi di conducibilità	188
2.11.2 Installazione del sensore di conducibilità	189
2.11.2.1 Linee guida per l'installazione	189
2.11.2.2 Linee guida operative	190
3. Linee guida per l'installazione	193
3.1 Metodi di giunzione	194
3.1.1 Saldatura chimica a freddo	195
3.1.1.1 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-U	196
3.1.1.2 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-C	200
3.1.1.3 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in ABS	204
3.1.2 Saldatura testa a testa	210
3.1.3 Saldatura a bicchiere	217
3.1.4 Elettrofusione	224
3.1.5 Saldatura a gas caldo	228
3.1.6 Giunzioni flangiate	232
3.1.7 Connessioni filettate	239
3.1.8 Giunzioni meccaniche Straub	243
3.2 Montaggio delle condutture e raccomandazioni	253
3.2.1 Espansione e contrazione termica	253
3.2.1.1 Giunti di dilatazione meccanici	254
3.2.1.2 Offset	259
3.2.1.3 Loop di dilatazione e cambi di direzione	259
3.2.2 Tracciamento del calore	261
3.2.3 Ancoraggio delle condutture	264
3.2.3.1 Supporto delle tubazioni e sistema anti-sfilamento	265
3.2.3.2 Tabelle e grafici	267
3.2.4 Installazione sotterranea (sistema interrato)	279

3.3 Test delle condutture in loco	284
3.4 Stoccaggio, trasporto e manipolazione	288
4. Soluzioni di sistema e di prodotto	291
4.1 Sistemi PVC-U	294
4.2 Sistemi FIP PVC-C	296
4.3 Sistemi ABS SuperFlo	298
4.4 Sistemi FIP PP	300
4.5 Sistemi PE	302
4.6 Sistemi FIP PVDF	304
4.7 Doppio contenimento	306
4.8 Aria compressa	308
4.9 Sistema di trasporto combustibili PLX	310
4.10 Vulcathene	311
4.11 Giunti meccanici Straub	312
4.12 Sistema senza silicone FIP	314
4.13 FLS	316

We make life flow

Aliaxis è leader globale nel settore dei sistemi avanzati di tubazioni in plastica per applicazioni industriali, edili, infrastrutturali e agricole. Per ognuno di questi settori, offriamo una gamma completa di prodotti e soluzioni di alta qualità che soddisfano i bisogni più complessi dei nostri clienti in tutto il mondo.

Aliaxis, con una forza lavoro globale di circa 15.500 collaboratori, è attiva attraverso i principali brand locali e opera in oltre 45 paesi, coniugando soluzioni locali a un'eccellenza operativa e uno spirito innovativo di respiro globale. Aliaxis è una società a capitale privato con sede centrale a Bruxelles, in Belgio.

La salute e la sicurezza prima di tutto

Fornire un ambiente di lavoro sicuro e protetto per tutti i dipendenti, gli appaltatori e i visitatori è la nostra massima priorità. Il nostro scopo è migliorare continuamente la sicurezza fino ad azzerare completamente gli incidenti. Il team dedicato alla sicurezza, che opera a livello mondiale, costituito da responsabili della salute e della sicurezza delle varie divisioni, si impegna alla condivisione delle best practices.

I clienti al centro della nostra attenzione

Aliaxis fornisce agli installatori e ai tecnici di tutto il mondo prodotti e soluzioni per far partire i progetti in modo facile e affidabile.

Il nostro obiettivo è offrire valore agli utenti finali: persone nelle loro case, agricoltori, industrie e governi. Quali che siano le sfide in termini di dimensioni, volume o altezza, i vincoli nei cantieri, nei progetti di infrastrutture o le esigenze di irrigazione nei terreni agricoli, cerchiamo sempre di offrire i prodotti e le soluzioni appropriate.

Cura delle comunità locali

Le imprese Aliaxis sono state fondate nel cuore delle regioni in cui operano. Si prendono cura di queste comunità locali e reinvestono nel loro futuro attraverso vari progetti. In molte delle comunità, Aliaxis aiuta a installare o migliorare le forniture di acqua potabile, a fornire servizi igienici, a realizzare progetti di infrastrutture per la raccolta e lo stoccaggio dell'acqua piovana, a perforare pozzi nelle falde acquifere, ma anche a costruire scuole o a realizzare programmi di istruzione locale.



Innovare per creare valore

Con oltre 50 anni di esperienza nelle materie plastiche, siamo in grado di sviluppare prodotti che sono sempre un'idea avanti.

In tutti i nostri siti e impianti di produzione nel mondo, i team di Aliaxis si sforzano di raggiungere l'eccellenza operativa e l'efficienza nello sviluppo di prodotti e servizi. Il Gruppo facilita lo scambio delle migliori pratiche e delle conoscenze in tutti i paesi e i segmenti.

Ciò consente di ottimizzare e snellire continuamente i processi interni, migliorando la fornitura del servizio per i nostri clienti.

Il nostro impegno per l'ambiente

Le analisi del ciclo di vita della plastica hanno evidenziato che i sistemi polimerici sono maggiormente ecocompatibili e più sani rispetto ad alternative sistemiche in altri materiali.

La protezione ambientale è considerata in ogni processo aziendale. Il nostro programma ambientale definisce KPI specifici per il monitoraggio delle emissioni di CO₂, dei rifiuti non riciclati e dei consumi idrici. Il programma, inoltre, include iniziative mirate alla condivisione della formazione e dei migliori standard in materia di consapevolezza ambientale dei nostri dipendenti.

Introduzione

Nel decidere quale potrebbe essere il materiale più adatto alle vostre esigenze, oltre che rispettoso dell'ambiente, pensate alla plastica.

Negli ultimi anni, i mercati industriali e commerciali hanno tardato a includere l'uso del materiale termoplastico per due ragioni principali: in primo luogo l'industria della plastica probabilmente non ha fatto un buon lavoro di formazione del pubblico e del mercato sui vantaggi e le possibilità dei prodotti in plastica, in secondo luogo le industrie non erano disposte ad adattarsi a materiali per tubazioni più sviluppati ed efficienti o a cambiare le loro abitudini.

Quindi, anche se il sistema di tubazioni industriali termoplastiche è più conveniente in quasi tutte le applicazioni industriali rispetto ai sistemi alternativi, oggi nel mercato delle tubazioni, dove i tubi, i raccordi e le valvole di plastica potrebbero essere in grado di gestire circa il 70% di tutte le applicazioni industriali, in realtà viene utilizzato in percentuali inferiori al 15%.

Mentre una mancanza di pressione economica negli anni passati ha trattenuto diverse industrie dall'avvicinarsi alle materie plastiche, l'ambiente globale competitivo di oggi faciliterà qualche cambiamento.

Quello che c'è in serbo per i prossimi cento anni di plastica è difficile da prevedere, ma di sicuro cambierà la vita: il grafico nella pagina seguente mostra come la produzione mondiale di plastica sia aumentata dal 1950 al 2019.

I vantaggi e i benefici delle soluzioni in plastica sono significativi e porteranno anche le industrie meno inclini a propendere a favore del suo uso. Il motivo per cui i tubi di plastica sono utilizzati in diverse applicazioni può essere riassunto in quattro ragioni principali:

- Lunga durata.
- Compatibilità ambientale.
- Installazione facile e sicura.
- Rapporto costo-efficacia.

Poiché un altro argomento molto discusso e spesso associato alla parola plastica è la sostenibilità, analizzando queste quattro caratteristiche, possiamo dedurre che le tubazioni di plastica possono ridurre le emissioni di gas serra nell'ambiente; spieghiamo perché.

Il termine lunga durata indica una lunga vita lavorativa. Nel corso di decine di anni di utilizzo, le caratteristiche fisiche o molecolari delle tubazioni in plastica subiscono pochissimi cambiamenti: teoricamente, nella maggior parte delle installazioni, non si conosce il fine vita del sistema di tubazioni.

Inoltre, molte ricerche hanno dimostrato che la durata di vita di un tubo di plastica non è paragonabile ai sistemi di tubi fatti di altri materiali, a causa della sua resistenza all'attacco chimico e corrosivo, la sua resistenza all'abrasione, l'integrità dei giunti e le caratteristiche ottimali di flusso.

Queste ultime caratteristiche sono anche direttamente collegate al tema della compatibilità ambientale: l'alto grado di resistenza agli agenti chimici e alla corrosione rende superflui i rivestimenti protettivi che altri materiali per tubazioni potrebbero richiedere.

Inoltre, poiché la plastica ha poche perdite di carico per attrito nelle pareti interne lisce del tubo, si riduce al minimo la potenza di pompaggio necessaria per spostare il fluido.

Tutte queste peculiarità influiscono positivamente sul risparmio energetico: la riduzione del consumo di energia genera una minore quantità di emissioni.

Poiché i materiali plastici sono soggetti a un minor numero di rotture e richiedono una manutenzione ridotta, le attrezzature di riparazione alimentate a gas ed elettriche si riducono di conseguenza. Ovviamente, anche il numero di ordini e spedizioni è inferiore, quindi i costi relativi al trasporto possono essere notevolmente contenuti.

Per quanto riguarda l'installazione, le materie plastiche sono più facili e più sicure di qualsiasi altro materiale per tubazioni. Offrono una varietà di metodi di giunzione e linea di prodotti,



un'identificazione multipla del colore delle pareti esterne e l'accettazione del codice.

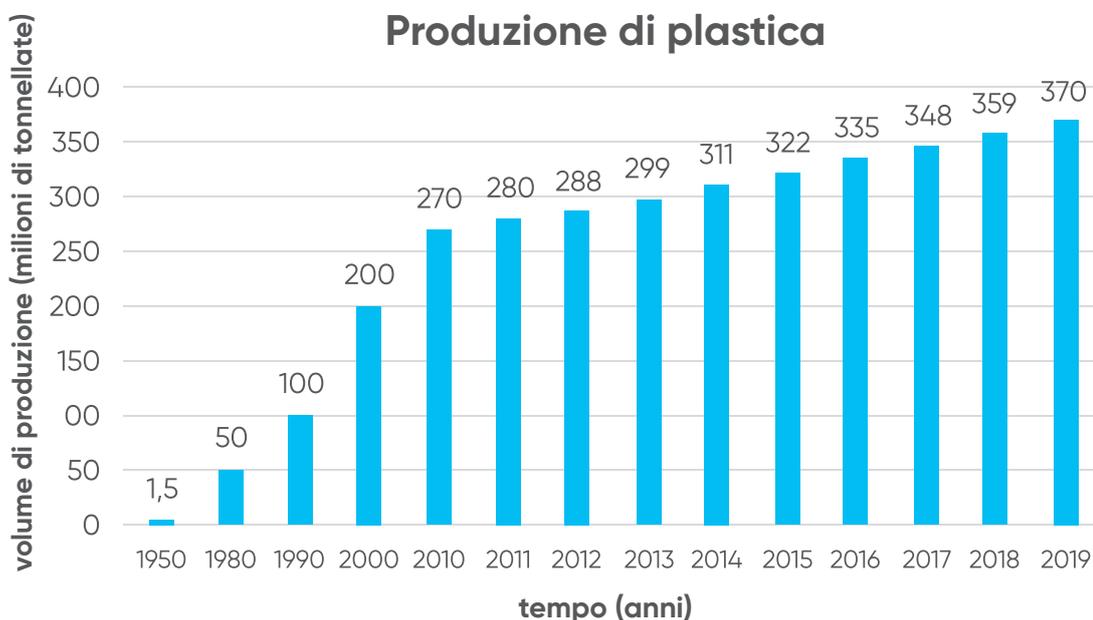
In particolare, i tubi di plastica sono noti per la loro leggerezza: questo diminuisce notevolmente la necessità di costose attrezzature di sollevamento e di conseguenza delle emissioni nell'ambiente. Un altro vantaggio della leggerezza della plastica è la minore possibilità di infortuni sul campo: nella maggior parte dei casi, gli strumenti e le tecniche per unire i tubi di plastica sono poco costosi, facili da usare e accelerano i tempi di installazione.

Riguardo al rapporto costo-efficacia potrebbe essere sufficiente dire che nella maggior parte dei casi, la plastica

costa meno di altri materiali per tubazioni, ma il vero e proprio risparmio sui costi è legato a tutte le caratteristiche menzionate sopra, come il fatto che i tubi di plastica sono facili da installare, sottoporre a manutenzione e trasportare.

Per concludere, quando si valutano i materiali delle tubazioni è meglio non considerare solo un aspetto del prodotto: si raccomanda di considerare l'elenco completo delle caratteristiche e dei benefici che si possono ottenere a lungo termine.

Questa osservazione renderà facile dedurre che al giorno d'oggi la plastica sta diventando una delle scelte predominanti per la maggior parte dei progetti di tubazioni.



Segmenti di mercato

I seguenti esempi potrebbero essere utili per dimostrare i vari usi delle tubazioni di plastica in molti settori e mercati. I principali campi in cui vengono utilizzati i prodotti Aliaxis sono i seguenti.



Trattamento delle acque

Molte aree del mondo da anni sono afflitte da carenza idrica, principalmente a causa della crescita accelerata della popolazione.

Aliaxis è un fornitore affidabile per i principali processi di trattamento delle acque reflue, delle acque municipali e industriali, laddove occorre rimuovere sostanze contaminanti da varie fonti idriche o da acque reflue in modo che siano riutilizzabili o reintegrabili nel ciclo dell'acqua con il minimo impatto ambientale. Esaminiamo questi settori in dettaglio:

- Il trattamento delle acque reflue municipali è fondamentale per il ciclo dell'acqua: l'inquinamento dei rifiuti municipali rappresenta una sfida notevole per il futuro, dal momento che la crescita della popolazione in varie zone geografiche impone la realizzazione di nuovi impianti di trattamento altamente efficienti. Le acque reflue municipali contengono rifiuti biologici umani e organici, detersivi, oli, fibre di carta e altre sostanze chimiche altamente inquinanti che devono essere neutralizzate per ridurre al minimo l'impatto ambientale.
- Nell'ultimo decennio, il trattamento delle acque industriali è diventato uno dei problemi più importanti in vari settori industriali come quello petrolifero, petrolchimico, cartiero, microelettronico, alimentare ed energetico. All'interno di questi settori, l'osmosi inversa e l'ultrafiltrazione sono le tecnologie più importanti associate alla semplice rimozione dei sali, mentre lo scambio ionico e l'elettrodeionizzazione si utilizzano principalmente quando occorre acqua di maggiore purezza, per esempio nel campo microelettronico e farmaceutico.
- Trattamento delle acque industriali: tutti i processi industriali generano acque reflue che devono essere nuovamente trattate per poter essere riutilizzate o prima di essere reimmesse nel ciclo dell'acqua. È per questo motivo che il problema della sostenibilità ambientale deve essere affrontato in maniera responsabile per proteggere l'ambiente, le persone e le risorse naturali, infatti sono necessarie normative rigide per definire nuovi limiti sugli scarichi delle acque reflue e le industrie devono adottare iniziative efficaci per rispettare questi nuovi requisiti.
- Trattamento dell'acqua potabile: l'acqua potabile è il risultato di trattamenti precedenti, infatti l'acqua non purificata di un impianto di trattamento dell'acqua potabile può provenire da varie fonti: acque superficiali di fiumi, laghi e bacini che possono contenere varie sostanze chimiche, minerali, metalli, cloro e particolati, mentre le acque marine e salmastre possono contenere vari tipi di sali e minerali specifici che devono essere eliminati.
- Piscine e centri benessere: I prodotti Aliaxis, scelti anche per la costruzione di impianti olimpici, offrono numerose opzioni per garantire una circolazione uniforme dell'acqua e supportare il sistema di disinfezione di piscine e centri benessere, necessario per garantire piscine sicure e confortevoli. I materiali, le valvole e il sistema di filtraggio non soggetti a corrosione combinano innovazione e tecnologia per ottenere un trasporto sicuro ed efficiente dell'acqua.



Industria chimica di processo

L'industria chimica crea una grande varietà di prodotti, a partire da materie prime fino ad arrivare a sostanze chimiche particolari come adesivi e additivi.

La gamma Aliaxis di prodotti per tubazioni in plastica leader di mercato è la soluzione perfetta per una serie di applicazioni diverse. Che si tratti di trasporto di acidi aggressivi, drenaggio specializzato o servizi ausiliari, il nostro sistema di tubazioni può facilmente superare alcuni dei problemi associati a materiali di tubazioni più tradizionali, infatti le soluzioni di tubazioni completamente in plastica offrono una resistenza chimica superiore, un'installazione più facile, una durata più lunga dell'impianto, riducendo i costi di prima installazione e manutenzione.

Tra i processi industriali più comuni, dove vengono utilizzate soluzioni di tubazioni in plastica, vi sono:

- Impianti cloro-soda: la tecnologia di elettrolisi con celle a membrana è la tecnologia dominante. I sistemi di tubazioni in plastica sono utilizzati per anoliti, catoliti, cloro gassoso e servizi ausiliari.
- Impianti di fertilizzanti: all'interno dei diversi impianti di lavorazione dei fertilizzanti, le tubazioni di plastica sono utilizzate nel fosfato di ammonio e in quelli a base di zolfo.
- Impianti di bromo: le tubazioni termoplastiche sono utilizzate dopo il reattore principale per trasportare i prodotti chimici e i relativi sottoprodotti.
- Produzione e dosaggio di prodotti chimici fini.
- Impianti di produzione di batterie: le applicazioni sono diverse, da quelle tipiche dell'industria automobilistica a quelle relative all'elettronica di consumo. I prodotti chimici sono utilizzati nelle diverse fasi del processo di produzione.





Trattamenti superficiali

I trattamenti delle superfici rappresentano le principali fasi intermedie nella produzione di prodotti metallici finiti, infatti non costituiscono un settore specifico in sé, ma forniscono un servizio a una vasta gamma di altri settori come quello dei componenti di computer e telefoni cellulari, l'industria automobilistica, degli aerei e molti altri.

I metalli e le plastiche sono soggetti a trattamento al fine di modificare le loro proprietà di superficie per la decorazione e la riflettività, insieme a una migliore forza e resistenza all'usura, prevenzione della corrosione e come base per migliorare l'adesione di altri trattamenti come la pittura o i rivestimenti fotosensibili per la stampa.

Il sistema di tubazioni di plastica conserva le sue proprietà come la resistenza chimica, l'isolamento e la flessibilità e sono ideali per trasportare i prodotti chimici utilizzati per trattare le superfici secondo i requisiti del processo.

Vi sono vari processi che hanno luogo in questo settore, i principali sono:

- **Elettrodeposizione:** serve a depositare uno strato sottile ma regolare di un determinato materiale sull'elemento lavorato. Può avvenire sia su superfici metalliche che plastiche.

Lo strato viene depositato elettrochimicamente usando un campo elettrico per trasferire le particelle su una superficie conduttiva.

- **Galvanizzazione:** serve a proteggere la superficie lavorata dalla corrosione. Una pellicola viene depositata su elementi di acciaio o plastica per fornire una protezione a lungo termine contro la corrosione e resistenza all'abrasione. Il processo di galvanizzazione più comune avviene mediante un bagno di metallo caldo in cui l'elemento viene immerso nel metallo fuso per depositare chimicamente una pellicola.
- **Linee di decapaggio:** il processo serve a rimuovere le impurità dalla superficie, ad esempio macchie o ossidi come la ruggine. Si usa solitamente nella produzione dell'acciaio.
- **Linee di verniciatura:** diverse tecnologie vengono utilizzate nella verniciatura delle superfici, una delle più importanti è il rivestimento elettroforetico dove un componente metallico viene immerso in una soluzione a base d'acqua contenente un'emulsione di vernice.





Miniere e idrometallurgia

Gli ambienti aggressivi dei siti minerari rappresentano una sfida per i sistemi di tubazioni che vengono utilizzati da decenni in questa applicazione per trasportare i fluidi.

Per queste applicazioni occorre una conveniente soluzione anticorrosione per il trasporto di grandi quantità di fluidi aggressivi e fangosi.

Aliaxis offre una gamma completa di soluzioni per le seguenti applicazioni:

- Estrazione mineraria: sia nelle miniere a cielo aperto che in quelle sotterranee, c'è un enorme bisogno di acqua di processo e le tubazioni di plastica sono il compromesso ideale di prestazioni e facilità di installazione.
- Arricchimento del minerale: questo processo include diverse fasi come i circuiti di triturazione con frantumazione primaria, secondaria e terziaria, macinazione e concentrazione. I tubi di plastica possono essere usati in ognuno di questi passaggi.
- Idrometallurgia: vi sono diverse fasi coinvolte, per esempio la lisciviazione, l'adsorbimento, l'eluizione, la raffinazione elettrolitica, l'estrazione con solvente. Nell'adsorbimento si suggerisce l'utilizzo della doppia tubazione di contenimento.
- Smaltimento dei residui: sono i materiali di scarto rimasti dopo il processo di separazione della frazione di alto valore da quella senza alcun valore economico. Le tubazioni di plastica rappresentano una soluzione a lungo termine, poiché devono essere trasportate e smaltite in modo adeguato.





Applicazioni marine

Negli ultimi anni, la necessità di movimentare persone e merci sempre più velocemente e senza problemi ha portato a un consistente sviluppo del settore marittimo.

Le soluzioni in plastica per il trasporto di fluidi, rispetto alle soluzioni tradizionali in metallo, sono l'opzione ideale per la costruzione di navi, perché i materiali plastici sono resistenti alla corrosione e molto più leggeri, oltre ad essere veloci e facili da installare.

Inoltre, norme ambientali più severe impongono maggiore attenzione al controllo dei gas di scarico e dello scarico dell'acqua di zavorra che richiedono soluzioni efficienti e affidabili.

Aliaxis offre sistemi in plastica robusti e di alta qualità: sono appositamente progettati per ridurre il peso e il rumore a bordo di navi civili e militari, aggiungendo caratteristiche come la prevenzione degli incendi e la riduzione del rischio di diffusione del batterio della legionella.

I nostri prodotti migliorano il comfort e la sicurezza dei passeggeri e dell'equipaggio, garantiscono prestazioni uniformi e costanti per tutto il tempo di utilizzo e un servizio di assistenza tecnica locale è sempre disponibile per qualsiasi tipo di consulenza.

Le principali applicazioni marine a cui possono essere applicati i nostri prodotti sono le seguenti:

- Navi da crociera.
- Traghetti.
- Mega Yacht.
- Flotte mercantili.
- Navi militari.
- Piattaforme offshore.
- Barche da pesca.







1 Sistemi di tubazioni in plastica: proprietà fisiche e chimiche dei materiali 20

1.1 Sviluppo, differenziazione e fabbricazione di prodotti in plastica	20
1.1.1 Sviluppo della plastica	20
1.1.2 Struttura e caratteristiche	21
1.1.3 Materiali termoindurenti, termoplastici ed elastomeri	22
1.1.4 Una panoramica delle proprietà dei materiali termoplastici	27
1.1.5 Vantaggi dell'uso della plastica rispetto ai metalli	30
1.1.6 Plastica e ambiente	32
1.1.7 Metodi di produzione e lavorazione	34
1.1.7.1 Polimerizzazione	34
1.1.7.2 Stampaggio ad iniezione ed estrusione	35
1.2 Polimeri vinilici e stirenici	39
1.2.1 Cloruro di polivinile non plastificato (PVC-U)	39
1.2.2 Cloruro di polivinile surclorato (PVC-C)	42
1.2.3 Acrilonitrile butadiene stirene (ABS)	44
1.3 Poliolefine e polimeri fluorurati	47
1.3.1 Polipropilene (PP)	47
1.3.2 Polietilene (PE)	53
1.3.3 Polifluoruro di vinilidene (PVDF)	57
1.4 Gomma	60
1.4.1 Acrilonitrile butadiene (NBR)	61
1.4.2 Elastomero etilene propilene (EPDM)	62
1.4.3 Fluoroelastomero (FKM)	63
1.4.4 Perfluoroelastomero (FFKM)	64
1.5 Politetrafluoroetilene (PTFE)	66
1.6 Resine, composti e additivi	67
1.6.1 Resine	67
1.6.2 Composti	67
1.6.3 Additivi	67
1.7 Prove sui materiali	68
1.7.1 Prova d'urto	68
1.7.2 Test di fluidità	70
1.7.3 Test termico	71
1.8 Marcatura di tubi e raccordi	72
1.8.1 Requisiti minimi nella marcatura dei tubi	72
1.8.2 Requisiti minimi nella marcatura dei raccordi	73
1.8.3 Requisiti minimi nella marcatura delle valvole	73
1.9 MRS e comportamento a lungo termine	74
1.9.1 Termini associati al comportamento a lungo termine	74
1.9.2 Comportamento a lungo termine del PVC-U	75
1.9.3 Comportamento a lungo termine del PVC-C	77
1.9.4 Comportamento a lungo termine dell'ABS	79
1.9.5 Comportamento a lungo termine di PP-H, PP-B, e PP-R	80
1.9.6 Comportamento a lungo termine del PE	83
1.9.7 Comportamento a lungo termine del PVDF	85
1.9.8 Durata in caso di carico intermittente	76
1.10 Modulo di scorrimento	87

1. Sistemi di tubazioni in plastica: proprietà fisiche e chimiche dei materiali

1.1 Sviluppo, differenziazione e produzione della plastica

1.1.1 Sviluppo della plastica

Lo sviluppo della plastica si è evoluto dall'uso di materiali plastici naturali (ad es. gomma da masticare, gommalacca) all'uso di materiali naturali modificati chimicamente (ad es. gomma naturale, nitrocellulosa, collagene, galalite) e infine a molecole completamente sintetiche (ad es. bachelite, epossidica, cloruro di polivinile). Le prime plastiche erano materiali bio-derivati come uova e proteine del sangue, che sono polimeri organici. Intorno al 1600 a.C., i Mesoamericani usavano la gomma naturale per palle, elastici e figurine.

Nel diciannovesimo secolo, con lo sviluppo della chimica industriale durante la Rivoluzione Industriale, sono stati segnalati molti materiali. Lo sviluppo della plastica accelerò anche con la scoperta di Charles Goodyear della vulcanizzazione in materiali termoindurenti derivati dalla gomma naturale.

La parkesina (nitrocellulosa) è considerata la prima plastica artificiale. Il materiale plastico è stato brevettato da Alexander Parkes, a Birmingham, in Inghilterra, nel 1856. La parkesina è stata ricavata dalla cellulosa, il principale componente delle pareti delle cellule delle piante, trattata con acido nitrico come solvente.

Il risultato del processo, comunemente noto come nitrato di cellulosa o pirossilina, poteva essere dissolto in alcool e indurito in un materiale trasparente ed elastico che poteva essere modellato una volta riscaldato.

All'inizio del 1900, la bachelite, il primo termoindurente completamente sintetico, fu inventato dal chimico belga Leo Baekeland usando fenolo e formaldeide.

Gli sviluppi nel corso degli anni e il numero di possibilità di applicazione dei diversi materiali plastici sono la chiara evidenza che la plastica gioca un ruolo inevitabile nella nostra vita quotidiana.

1.1.2 Struttura e caratteristiche

La struttura di base delle plastiche (o polimeri) è data da catene di macromolecole, formulate da unità monomeriche mediante reazioni chimiche. Le reazioni tipiche per l'assemblaggio a catena sono la poliaddizione (continua o a gradini) e la polimerizzazione a condensazione (policondensazione).

Queste catene sono costituite principalmente da carbonio e idrogeno. Le unità monomeriche sono molecole a base di carbonio organico. Oltre agli atomi di carbonio e idrogeno come componenti principali, nell'unità monomerica possono essere contenuti elementi come ossigeno, azoto, zolfo, fluoro o cloro.

Il tipo di elementi, la loro proporzione e la loro collocazione nella molecola del monomero fornisce la base per la generazione di plastiche differenti.

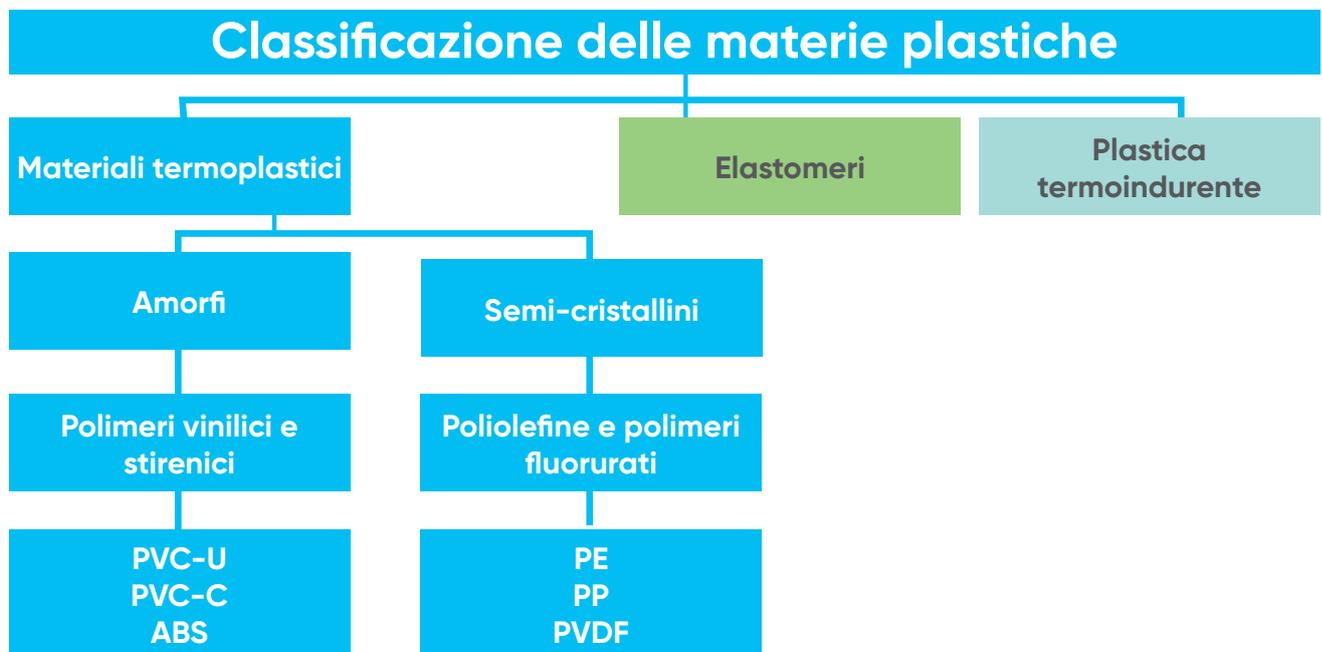
I diversi gruppi sono descritti dalla composizione macromolecolare e dalle proprietà fisiche dipendenti dalla temperatura dei materiali plastici.

I materiali termoplastici hanno un comportamento elastico forte o tenace nello spettro di applicazione e possono essere fusi da un feedback di energia (energia meccanica, termica o irradiata).

Gli elastomeri hanno un comportamento elastico delicato e non possono necessariamente essere fusi.

Nello spettro delle applicazioni, i materiali termoindurenti hanno un comportamento elastico duro e anch'essi non possono essere fusi.

L'immagine qui sotto mostra una classificazione dettagliata delle materie plastiche.



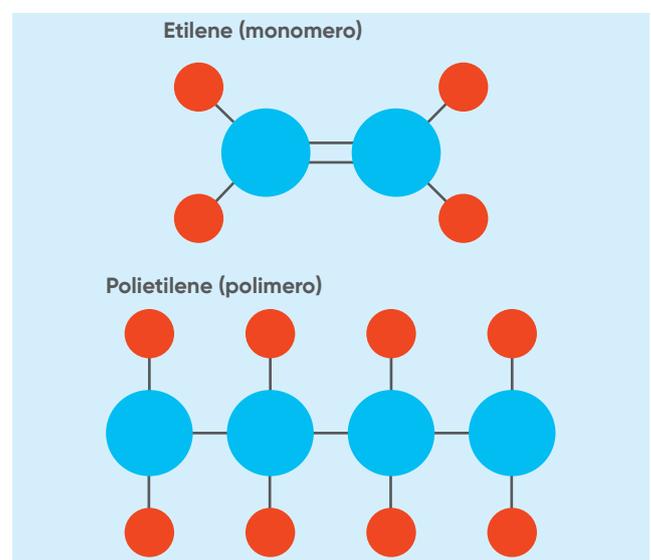
Monomero contro polimero

La plastica è un polimero, il che significa che non è altro che una lunga catena di unità più piccole agganciate insieme.

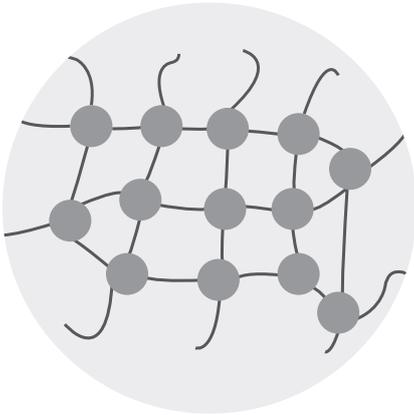
Un buon esempio di polimero è il polietilene.

L'etilene (etano) è il monomero e, quando molti di essi sono collegati end-to-end in una catena da una reazione chimica che rompe il doppio legame, si forma un polimero.

I monomeri sono ottenuti dalla raffinazione del petrolio. Di solito si trovano naturalmente nel petrolio o possono essere facilmente prodotti attraverso semplici processi chimici. È importante che i monomeri siano puri perché la contaminazione impedisce loro di polimerizzare per formare una catena e può anche portare alla produzione di una plastica debole o fragile.



1.1.3 Materiali termoindurenti, termoplastici ed elastomeri



Materiale termoindurente

Una materia plastica che, attraverso un trattamento di indurimento mediante applicazione di calore o con agenti chimici, si trasforma in un prodotto sostanzialmente non fusibile e non riciclabile. I termoindurenti sono resine plastiche con catene molecolari a reticolazione stretta.

L'analogia dell'uovo viene usata come esempio per illustrare il comportamento dei termoindurenti: cioè che possono essere lavorati solo una volta con cambiamenti nelle proprietà di base del materiale.

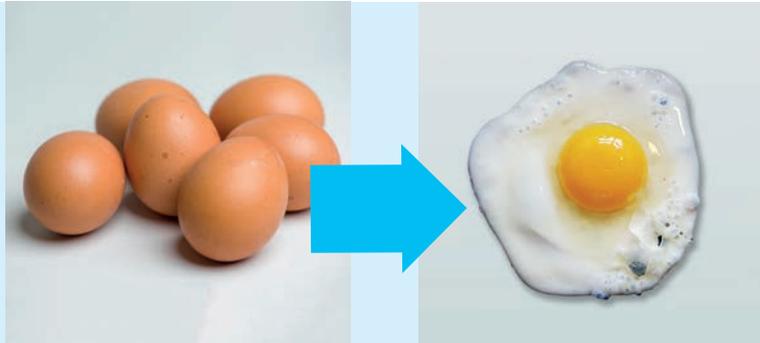
Liquidi



Miscela/Calore



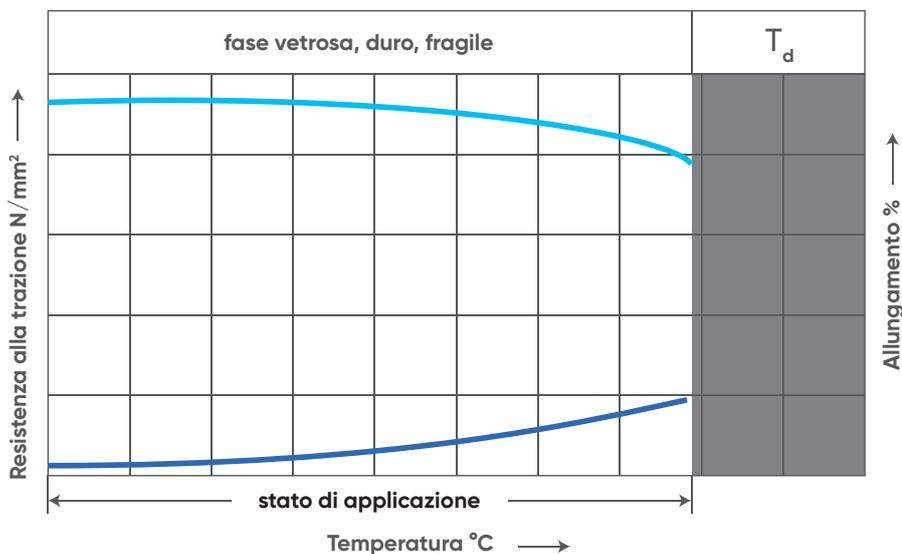
Solido

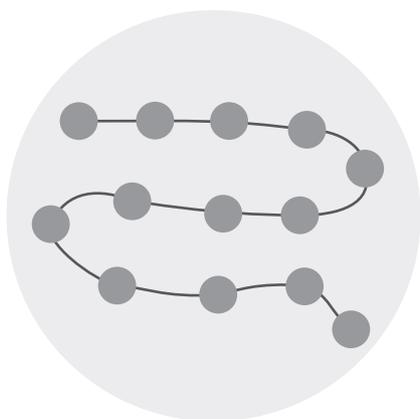


Proprietà meccaniche dei materiali termoindurenti

I materiali termoindurenti sono duri e fragili. Come per i materiali termoplastici o gli elastomeri, a causa dell'alta resistenza allo spostamento molecolare indotto dalla reticolazione, la resistenza meccanica e l'elasticità non dipendono dalla temperatura. I materiali termoindurenti non possono essere fusi e uniti con processi termici come la saldatura.

La sostanza verrebbe decomposta chimicamente al raggiungimento della temperatura di decomposizione di (T_d).

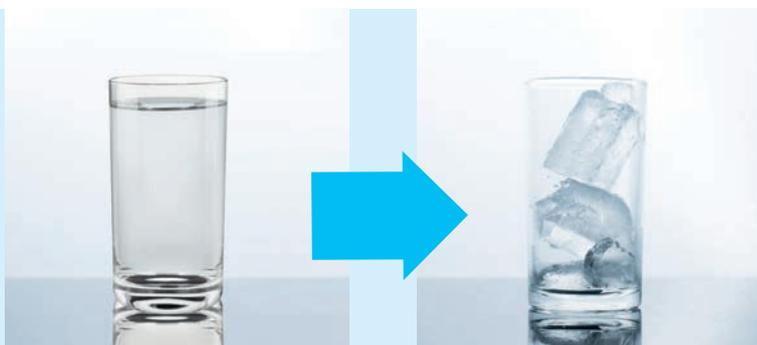
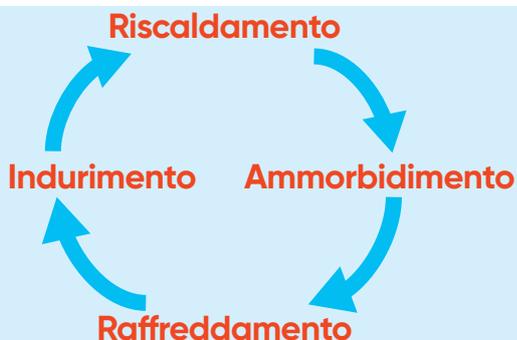




Materiali termoplastici

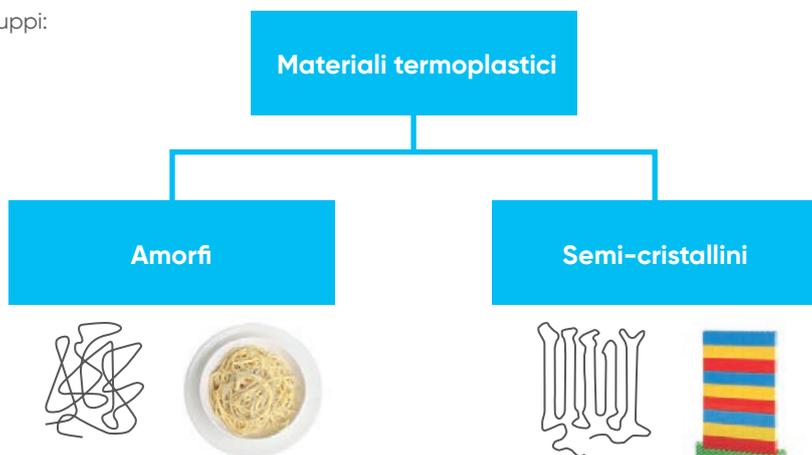
Una plastica che può essere ripetutamente ammorbidita per riscaldamento e indurita per raffreddamento in un intervallo di temperatura caratteristico della plastica e che, nello stato ammorbidito, può essere modellata dal flusso in un elemento per stampaggio o estrusione. Si tratta di quelle resine plastiche che sono composte da catene molecolari lineari.

L'analogia con l'acqua è usata come esempio per mostrare il comportamento del materiale termoplastico. Il polimero può essere riscaldato e raffreddato ripetutamente senza alcun cambiamento nelle proprietà di base del materiale.



I materiali termoplastici sono suddivisi in due gruppi:

- Materiali termoplastici amorfi.
- Materiali termoplastici semi-cristallini.



Polimeri termoplastici amorfi

Questi polimeri hanno una struttura molecolare ordinata in modo casuale e non hanno un punto di fusione netto. Il risultato è che i materiali amorfi si ammorbidiscono gradualmente all'aumentare della temperatura. Queste plastiche si dissolvono e si gonfiano facilmente aggiungendo solventi. Pertanto, sono collanti quando vengono utilizzati in installazioni di tubazioni.

I materiali amorfi comuni sono di solito plastiche traslucide.

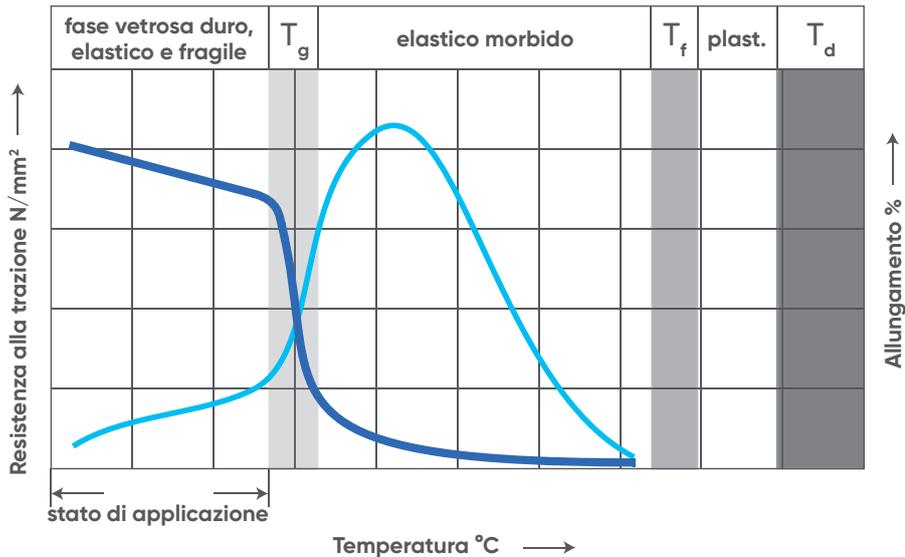
Esempi industriali di materiali amorfi sono:

- Cloruro di polivinile non plastificato (PVC-U).
- Cloruro di polivinile surclorato (PVC-C).
- Acrilonitrile butadiene stirene (ABS).

Proprietà meccaniche dei materiali termoplastici amorfi

Le proprietà meccaniche delle materie plastiche, in particolare dei materiali termoplastici, dipendono dalla temperatura. La cosiddetta condizione vetrosa al di sotto della temperatura di transizione vetrosa (T_g) è lo stato di temperatura per l'applicazione delle resine termoplastiche amorfe. In una forma definita, la struttura molecolare è congelata, e le proprietà meccaniche sono puramente versatili e fragili.

La resistenza meccanica diminuirà a causa dell'aumento della mobilità molecolare quando la temperatura di transizione vetrosa viene superata, e la resina diventerà morbidamente elastica. La resina può unirsi alla fase liquida al raggiungimento della temperatura di flusso (T_f). La decomposizione della struttura molecolare inizia toccando la temperatura di decomposizione (T_d) nella fase fusa.



Materiali termoplastici semi-cristallini

A differenza dei materiali termoplastici amorfi, i semi-cristallini hanno una struttura molecolare altamente ordinata con punti di fusione netti. Mentre i materiali amorfi si ammorbidiscono gradualmente quando la temperatura aumenta, le plastiche semi-cristalline non lo fanno. Rimangono invece solide fino all'assorbimento di una certa quantità di calore. I materiali si trasformano poi rapidamente in un liquido a bassa viscosità. Questo punto di fusione è generalmente superiore a quello della gamma superiore di materiali termoplastici amorfi.

I comuni materiali semi-cristallini sono di solito opachi.

Esempi industriali di materiali semi-cristallini sono:

- Polietilene (PE).
- Polipropilene (PP).
- Polifluoruro di vinilidene (PVDF).

Proprietà meccaniche dei materiali termoplastici semi-cristallini

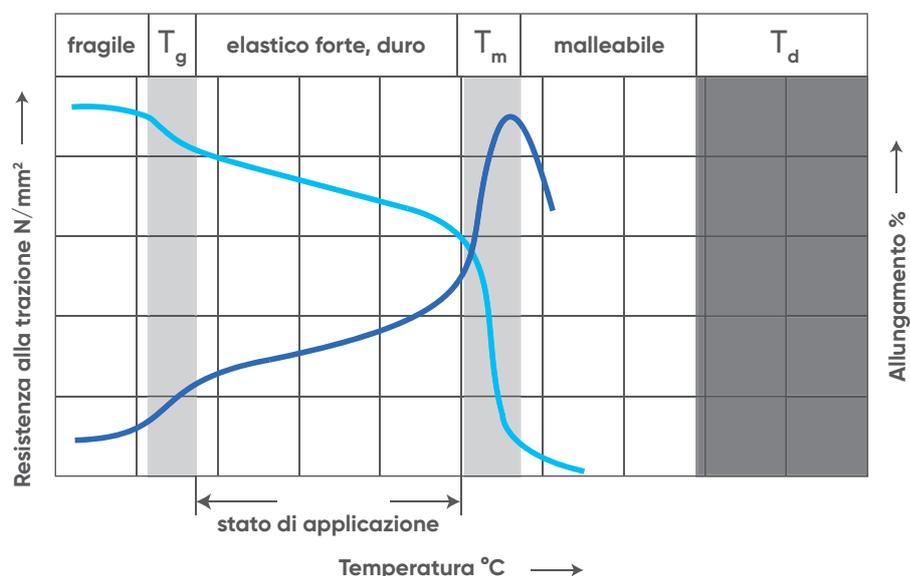
Il grado di cristallizzazione dei materiali termoplastici semi-cristallini dipende dalla regolarità della configurazione della catena, dal peso molecolare e dalla mobilità delle catene delle molecole, che può essere ostacolata dalla formazione di anelli.

Il processo di cristallizzazione può essere controllato dalle condizioni di lavorazione. Il rapido raffreddamento della massa fusa ostacola la cristallizzazione. Un maggior grado di cristallizzazione sarà prodotto dal raffreddamento lento o dal rinvenimento alla temperatura di cristallizzazione. I materiali termoplastici semi-cristallini con un basso grado di cristallizzazione e piccole fasi di cristallite sarebbero visivamente più traslucidi dei prodotti con un alto grado di cristallizzazione e grandi fasi di cristallite.

La forma amorfa dei materiali termoplastici semi-cristallini è congelata al di sotto della temperatura di transizione vetrosa (T_g) e la sostanza è fragile. La fase amorfa si scongela e le macromolecole della fase amorfa raggiungono una maggiore stabilità al di sopra della temperatura di transizione vetrosa. Vi è anche lo stadio cristallino e la natura meccanica del materiale va da elastica forte a elastica dura.

La fase cristallina tende anche a fondere al di sopra della temperatura di fusione dei cristalli (T_m) e la sostanza diventa malleabile. Come per i materiali termoplastici amorfici, l'indice di fluidità (MFI) caratterizza la capacità di fluire dei materiali termoplastici semi-cristallini nella fase fusa.

Come per i materiali termoplastici amorfici, aumentando la temperatura di decomposizione (T_d), il deterioramento dei termoplastici semi-cristallini può iniziare nella fase fusa.



Modalità di frattura

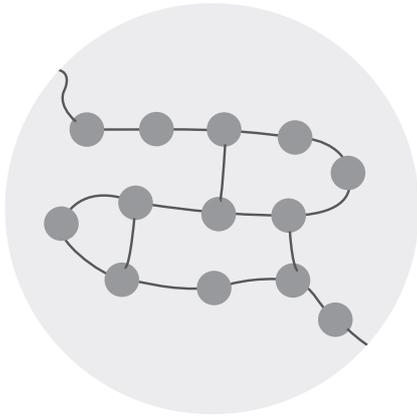
I materiali plastici possono avere due tipi di frattura: duttile e fragile.

- Le fratture duttili sono caratterizzate da grandi deformazioni delle pareti del tubo, con la comparsa della tipica deformazione a bolla intorno alla zona di frattura. Il processo è controllato dai fenomeni di deformazione e di snervamento che si verificano nella parete del tubo: maggiore è la densità, minore è l'entità dei fenomeni di deformazione e maggiore è la resistenza allo snervamento. La frattura duttile è tipica dei materiali poliolefinici.
- La frattura fragile causa cricche orientate in direzione assiale e non porta alla deformazione plastica della parete del tubo. A livello molecolare, queste fratture sono il risultato della separazione delle molecole che collegano tra loro le lamelle cristalline. Un altro elemento che influenza questa resistenza è dato dalla presenza di brevi diramazioni laterali che, aumentando le interazioni fisiche tra le molecole, rallentano il processo di separazione. La frattura fragile è tipica dei materiali polivinilici.

Queste immagini mostrano le modalità di frattura duttile e fragile.

L'immagine a sinistra mostra la frattura duttile, mentre quella a destra mostra la modalità di frattura fragile.





Elastomeri

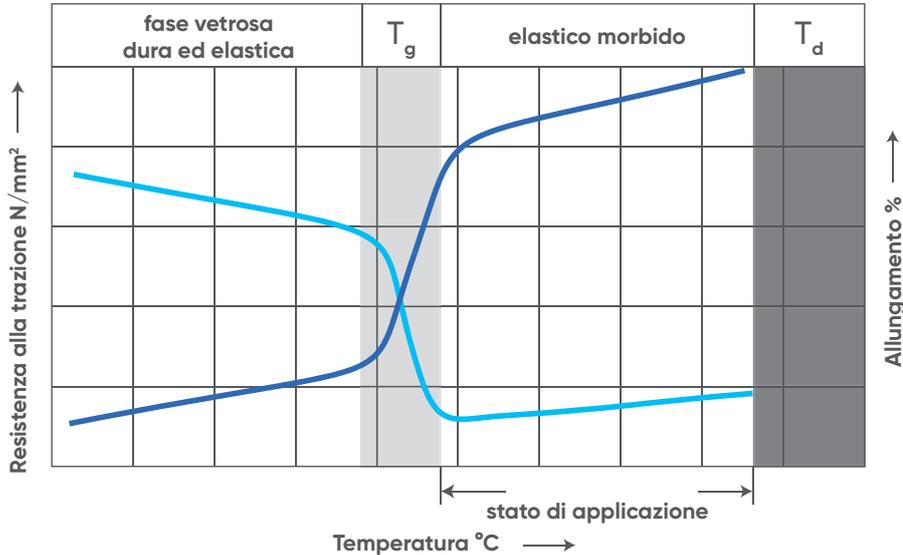
Un elastomero è un polimero con comportamento viscoelastico e forze intermolecolari molto deboli, generalmente un basso modulo di Young e un'alta deformazione di rottura rispetto ad altri materiali. Gli elastomeri sono quelle materie plastiche con un'ampia reticolazione tra le molecole.

Sono polimeri amorfi mantenuto al di sopra della loro temperatura di transizione vetrosa, in modo che sia possibile una considerevole riconferma molecolare, senza rottura di legami covalenti. A temperatura ambiente, tali polimeri sono quindi relativamente conformi ($E \approx 3 \text{ MPa}$) e deformabili. Vengono utilizzati principalmente per guarnizioni, adesivi e componenti flessibili stampati. Le aree di applicazione dei diversi tipi di elastomeri sono molteplici e coprono segmenti diversi come pneumatici, soles per scarpe ed elementi ammortizzanti ed isolanti.

Proprietà meccaniche degli elastomeri

Gli elastomeri non possono essere fusi senza che la composizione della molecola venga degradata. Gli elastomeri sono elastici morbidi al di sopra della temperatura di transizione vetrosa (T_g). Sono molto elastici o fragili al di sotto (T_g). Il valore della temperatura di transizione vetrosa aumenta con l'aumentare del numero di legami crociati.

Un miglioramento dell'elasticità causato dalla riduzione degli effetti di irrigidimento dei legami crociati e dall'aumento della stabilità delle catene molecolari è influenzato dall'aumento della temperatura. Il legame atomico all'interno e tra le catene molecolari si dissolve quando la temperatura di decomposizione (T_d) viene superata e la sostanza si decompone chimicamente.



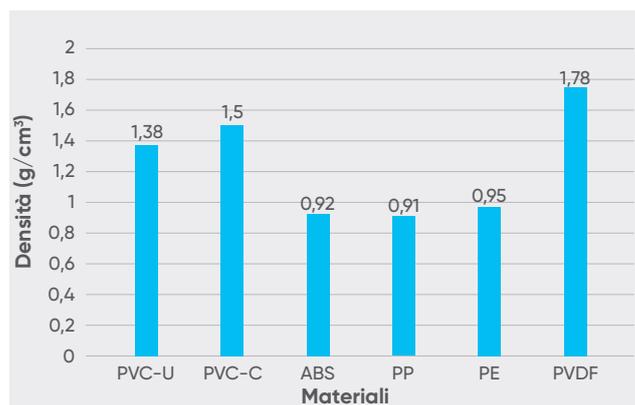
1.1.4 Una panoramica delle proprietà dei materiali termoplastici

Le proprietà di un materiale rivestono un ruolo vitale quando si tratta di un'applicazione specifica. Il materiale termoplastico offre una vasta gamma di proprietà. La termoplastica può essere rimodellata e riciclata senza influenzare negativamente le proprietà fisiche del materiale. Si ammorbidisce quando viene riscaldata e diventa più fluida quando viene applicato ulteriore calore. Il processo di polimerizzazione è completamente reversibile perché non ha luogo alcun legame chimico. Di seguito sono riportati alcuni esempi per fornire un quadro generale delle proprietà dei materiali dei diversi materiali termoplastici.

Densità

La densità è essenzialmente una misura di quanto sia strettamente stipata la materia. La densità di qualsiasi materiale può essere calcolata dividendo la sua massa totale per il suo volume totale ed è normalmente espressa in g/cm^3 .

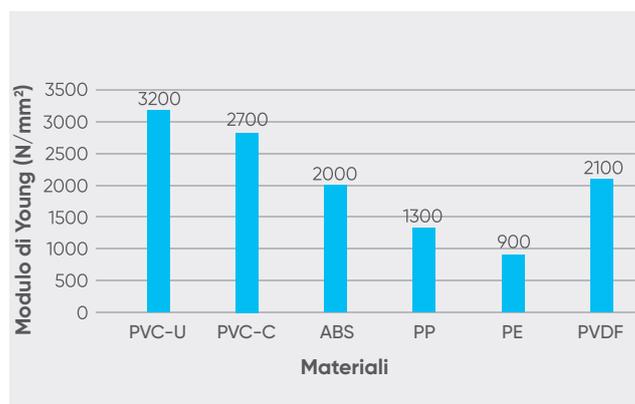
Il grafico a destra mostra la densità di diversi materiali termoplastici.



Modulo di Young

Il "modulo di Young" o "modulo di elasticità" è una proprietà meccanica che misura la rigidità a trazione di un materiale solido. Quantifica la relazione tra sollecitazione di trazione e deformazione assiale nella regione elastica lineare di un materiale. È espresso in N/mm^2 o in MPa.

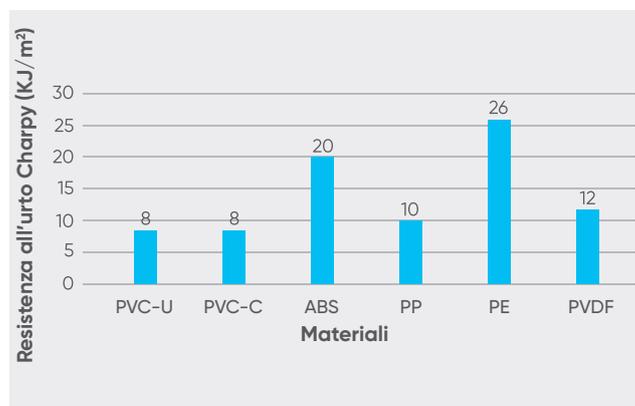
Il grafico a destra mostra i valori del modulo di Young di diversi materiali termoplastici.



Resistenza all'urto Charpy

La resistenza all'urto Charpy è un metodo standard ASTM per determinare la resistenza all'urto dei materiali. L'apparato di prova consiste in un pendolo ponderato, che viene fatto cadere da un'altezza specifica per entrare in contatto con il campione. Misurando la differenza nell'altezza del pendolo prima e dopo la frattura, si può calcolare l'energia trasmessa alla sostanza. Il valore risultante è espresso in KJ/m^2 .

Il grafico a destra mostra i valori di resistenza all'urto Charpy di diversi materiali termoplastici.

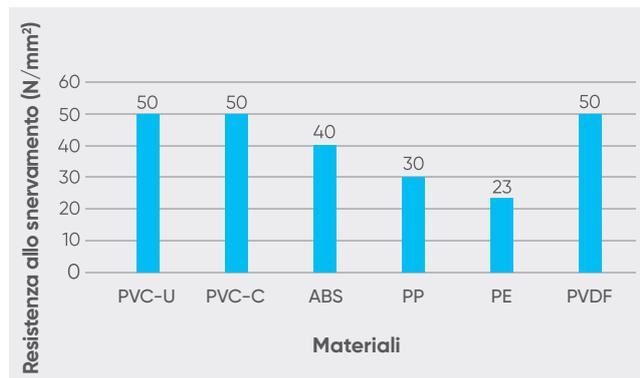


Resistenza allo snervamento

Simile alla resistenza all'urto Charpy, la resistenza all'urto in trazione, spesso indicata come "resistenza allo snervamento", è anche usata per determinare l'energia d'urto di un materiale.

La resistenza allo snervamento è la capacità di un materiale di resistere alla frattura dopo essere stato sottoposto a una forza improvvisa. Viene espressa in N/mm^2 .

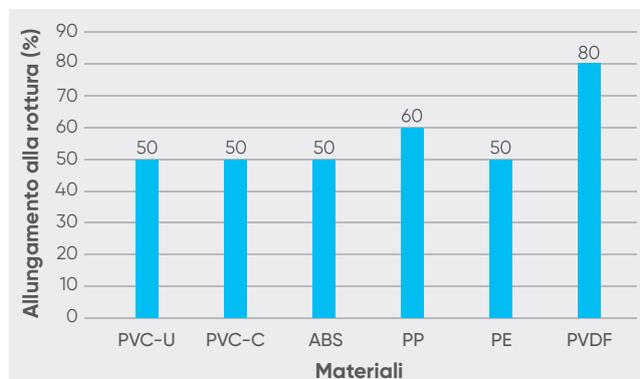
Il grafico a destra mostra i valori di resistenza all'urto a trazione di diversi materiali termoplastici.



Allungamento alla rottura

L'allungamento alla rottura di un materiale tecnico è l'aumento percentuale della lunghezza che si verifica prima che si rompa sotto tensione. Valori di allungamento alla rottura di percentuali di varie centinaia sono comuni per gli elastomeri e le poliolefine per film/imballaggi. Le plastiche rigide, specialmente quelle rinforzate con fibre, spesso presentano valori inferiori al 5%. La combinazione di un'elevata resistenza alla trazione e di un elevato allungamento alla rottura porta a materiali di alta tenacità.

Il grafico a destra mostra i valori di allungamento alla rottura di diversi materiali termoplastici.



Durezza Shore D

La prova di durezza Shore D è un test standardizzato che consiste nel misurare la profondità di penetrazione di un penetratore specifico.

I metodi di prova utilizzati per misurare la durezza Shore D sono conformi alle norme ASTM D2240 e ISO 868.

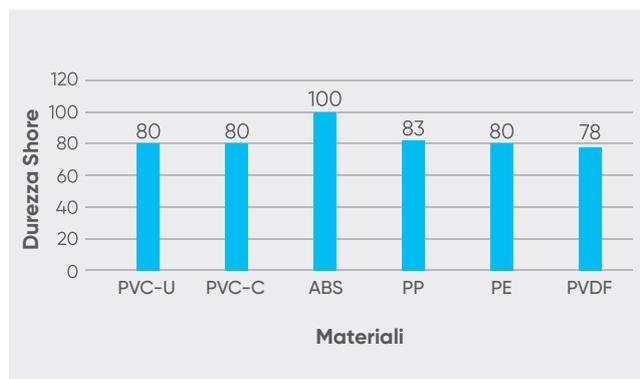
Il valore di durezza è determinato dalla penetrazione del piede del penetratore del durometro nel campione.

Le misure di durezza Shore sono adimensionali, i valori sono compresi tra 0 e 100. Il numero più alto rappresenta il materiale più duro.

La profondità risultante dipende da:

- Durezza del materiale.
- La sua viscoelasticità.
- Forma del penetratore.
- Durata del test.

Il grafico a destra mostra i valori di durezza shore D di diversi materiali termoplastici.

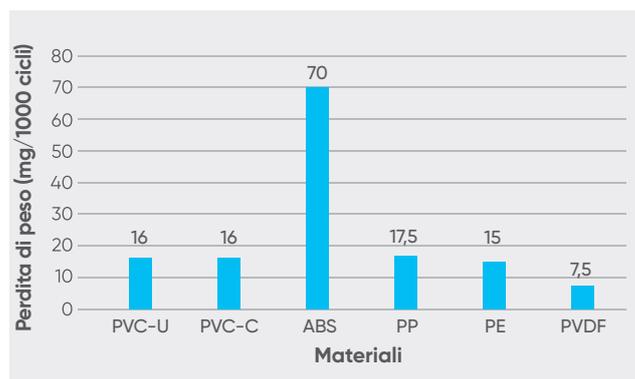


Resistenza all'abrasione

La resistenza all'abrasione è una proprietà che permette a un materiale di resistere all'usura. La resistenza all'abrasione di un materiale aiuta a resistere all'azione meccanica e tende a impedire la rimozione di materiali dalla sua superficie. Questo permette al materiale di mantenere la sua integrità e la sua forma.

La resistenza all'abrasione è solitamente misurata in quantità totale di perdita di peso (mg/cicli).

Il grafico a destra mostra la proprietà di resistenza all'abrasione di diversi materiali termoplastici.



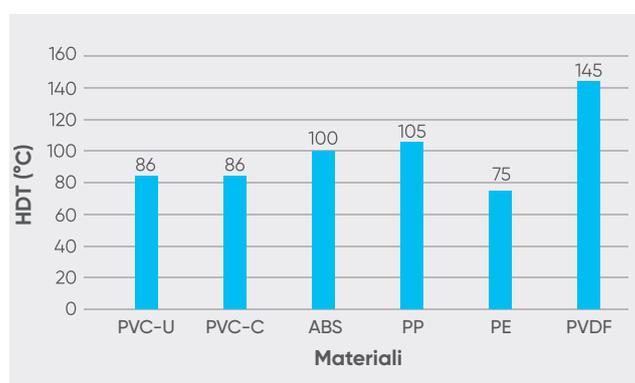
Temperatura di distorsione (HDT)

La temperatura di distorsione HDT o la temperatura di distorsione HDT è la temperatura alla quale un polimero o un campione di plastica si deforma sotto un carico specifico.

La temperatura di distorsione HDT è determinata dalla seguente procedura di prova descritta in ASTM D648.

Il provino viene caricato con una flessione su tre punti in direzione del bordo. La zona delle fibre sottoposte a sollecitazione per il test è pari a 0,455 Pa o 1,82 MPa e la temperatura viene aumentata a 2 °C/min fino a che il provino si deflette di 0,25 mm. Questa procedura è simile a quella di prova definita nella norma ISO 75.

Il grafico a destra mostra i valori della temperatura di distorsione HDT di diversi materiali termoplastici.

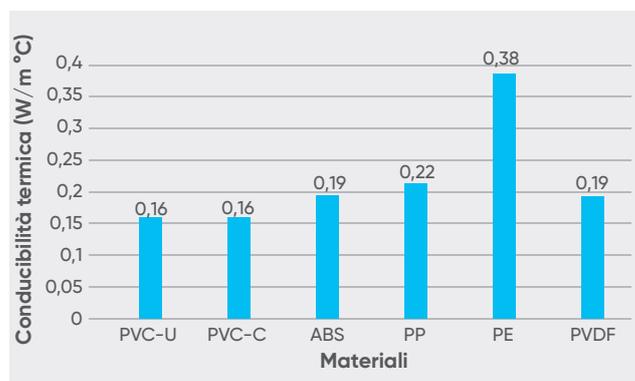


Conducibilità termica

La conducibilità termica di un materiale è la misura della sua capacità di condurre il calore.

Si misura in $W/(m \cdot K)$ o $W/(m \cdot ^\circ C)$.

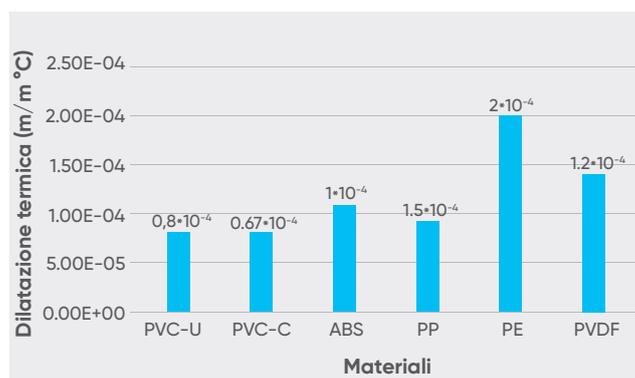
Il grafico a destra mostra i valori di conducibilità termica di diversi materiali termoplastici.



Coefficiente di dilatazione termica lineare

La dilatazione termica è il fenomeno per cui un oggetto o un corpo si espande in reazione al riscaldamento. La dilatazione termica è più evidente nei gas e nei liquidi, ma può comunque avere un effetto sostanziale sui solidi. Si misura in $m/(m \cdot ^\circ C)$.

Il grafico a destra mostra i valori del coefficiente di dilatazione termica lineare di diversi materiali termoplastici.



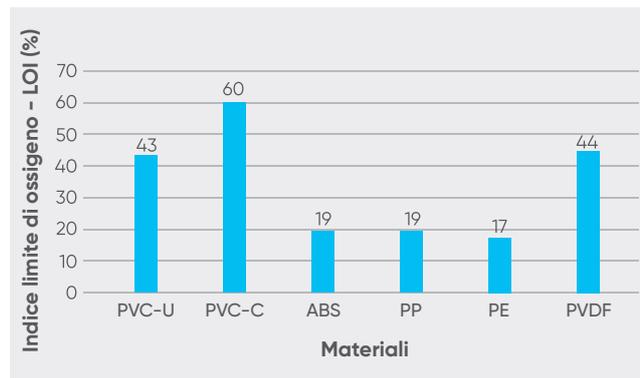
Comportamento alla combustione

Il comportamento di combustione di qualsiasi materiale può essere determinato in base al suo indice di ossigeno.

I materiali termoplastici possiedono buone proprietà di combustione a causa dell'elevata temperatura di innesco, temperatura di autoaccensione o indice limite di ossigeno (LOI) e così via.

L'indice limite di ossigeno (LOI) è la concentrazione minima di ossigeno, espressa in percentuale, che sosterrà la combustione di un polimero. I materiali con valori LOI inferiori al 21% sono classificati come combustibili, ma quelli con LOI superiore a 21 sono indicati come auto-estinguenti poiché la loro combustione non può essere sostenuta a temperatura ambiente senza un contributo di energia esterno. I materiali con un alto valore LOI presentano generalmente una migliore proprietà di resistenza al fuoco.

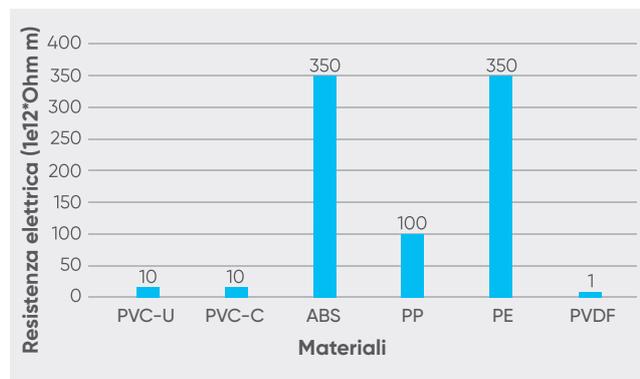
Il grafico a destra mostra il comportamento alla combustione di diversi materiali termoplastici.



Resistenza elettrica

I materiali termoplastici sono adatti all'isolamento dei cavi e altri prodotti elettrici grazie alle loro eccezionali proprietà elettriche. La resistenza elettrica di un materiale si misura in $\Omega \cdot \mu$.

Il grafico a destra mostra la proprietà di resistenza elettrica di diversi materiali termoplastici.



1.1.5 Vantaggi dell'uso della plastica rispetto ai metalli

Il campo delle resine plastiche si sta evolvendo sensibilmente. I vantaggi chiave dell'uso della plastica rispetto ai metalli sono costituiti dalle proprietà come la leggerezza, la longevità, la conducibilità termica e una lavorazione più veloce.

Grazie al fatto che la plastica possiede eccellenti proprietà chimiche e meccaniche che la rendono la scelta migliore per l'uso nei segmenti industriali.

Con la realizzazione di nuovi polimeri, le materie plastiche in numerosi settori (automobilistico, cure mediche, allevamento, aerospaziale e ospitalità) stanno rapidamente sostituendo le loro controparti metalliche.

Di seguito sono elencati i sette principali vantaggi dell'uso della plastica rispetto ai metalli per varie applicazioni industriali:

Flessibilità di design

La plastica è costituita da diverse resine, ognuna con le sue proprietà, ma in generale tutti i polimeri plastici offrono una maggiore flessibilità rispetto ai metalli. Per le industrie che hanno bisogno di un maggior numero di opzioni in termini di design, texture e geometria, la plastica è la scelta migliore.

La facile modellabilità, pur offrendo una durata simile a quella del metallo, è un vantaggio chiave della plastica rispetto ai metalli.

I componenti industriali che richiedono forme complesse, design esteticamente accattivanti o caratteristiche di leggerezza preferiscono optare per la plastica al posto dei metalli.

Le tecniche moderne come lo stampaggio ad iniezione di plastica permettono di creare design di stampi e componenti dalle geometrie complesse, pur offrendo un'efficienza equivalente a quella dei metalli.

Rapporto costo-efficacia

La resina plastica offre diversi vantaggi rispetto ai metalli. Considerando i benefici a lungo termine, la plastica è un'opzione più economica rispetto alle sue controparti metalliche, poiché è esente da corrosione e offre una maggiore resistenza agli attacchi chimici.

Le plastiche moderne sono estremamente durevoli, questo le rende meno suscettibili ai danni durante la spedizione o l'uso, con un ottimo rapporto costo-efficacia.

Peso ridotto

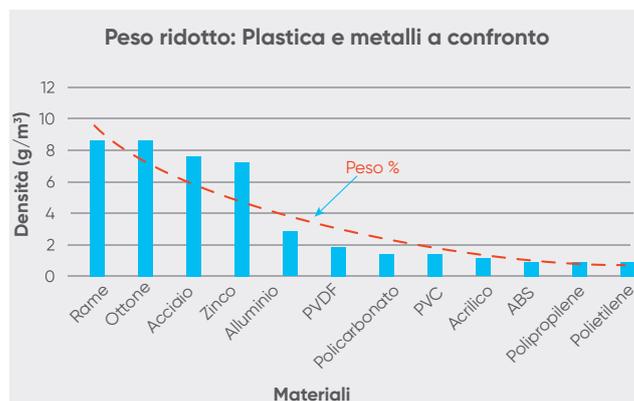
La riduzione del peso dei componenti è da sempre una delle maggiori preoccupazioni in varie industrie come quella automobilistica, aeronautica, medica, ecc. La densità specifica dei metalli comunemente usati è la seguente:

- Alluminio: 2,5-2,8 (g/cm³).
- Ottone: 8,4-8,7 (g/cm³).
- Acciaio: 7,7 (g/cm³).
- Zinco: 6,9-7,2 (g/cm³).
- Rame: 8,8 (g/cm³).

In confronto, le resine plastiche hanno una densità specifica molto inferiore che le rende leggere:

- Policarbonato: 1,2-1,4 (g/cm³).
- Polietilene: 0,92-0,95 (g/cm³).
- Polipropilene: 0,90-1,04 (g/cm³).
- ABS: 1,04-1,12 (g/cm³).
- Acrilico: 1,15-1,2 (g/cm³).
- PVC: 1,4 (g/cm³).
- PVDF: 1,78 (g/cm³).

Il peso inferiore della plastica rispetto ai metalli influisce sul contenimento dei costi: i tubi di plastica assicurano un trasporto più facile e, di conseguenza, un'installazione più economica e semplice.



Riciclabilità

Il riciclaggio della plastica è diventato sempre più popolare con i recenti progressi tecnologici. Quasi tutti i materiali termoplastici possono essere riutilizzati. La plastica usata può essere fusa e riutilizzata più volte, il che la rende una soluzione più economica per gli industriali. La percentuale totale di plastica riciclata varia a seconda delle regioni del mondo, con l'UE che si colloca al terzo posto.

Durata di vita

L'elevata resistenza alla corrosione, agli attacchi chimici, fisici, atmosferici e ambientali è uno dei maggiori vantaggi dell'uso della plastica rispetto ai metalli: i metalli infatti sono altamente soggetti alla corrosione, agli attacchi chimici e atmosferici che ne riducono la durata di vita complessiva.

Sicurezza

La produzione di parti metalliche avviene a una temperatura più alta rispetto alla plastica: la temperatura del punto di fusione del metallo è sempre più alta della temperatura del punto di fusione della plastica. Pertanto, la produzione di metalli richiede più attenzione rispetto alla produzione di materie plastiche in termini di gestione di una maggiore temperatura di esercizio.

Produzione più veloce

Il processo di fabbricazione della plastica ha un ciclo più breve rispetto ai metalli.

Quando si lavora con la plastica, i progettisti possono incorporare più parti in un unico stampo, riducendo il ciclo di produzione complessivo e contribuendo a un buon rapporto costo-efficacia.



1.1.6 Plastica e ambiente

L'analisi del ciclo di vita (LCA) di Aliaxis assicura il nostro impegno nei confronti dell'ambiente.

Dato che un numero crescente di amministrazioni e clienti vorrebbe essere pienamente consapevole delle caratteristiche sostenibili dei prodotti che stanno acquistando e dato che vogliamo analizzare come migliorare ulteriormente i nostri prodotti, abbiamo creato un pacchetto LCA per permettere alle nostre imprese di beneficiare di tutte le LCA che eseguiamo. Intendiamo fornire ai responsabili delle decisioni e agli architetti dei pacchetti informativi su tutti i nostri prodotti, permettendo loro di fare delle scelte per un futuro sostenibile.

Queste analisi confermano che i nostri sistemi di tubi di plastica sono più ecologici e migliori rispetto ai tubi realizzati con altri materiali.

Inoltre, Aliaxis sta conducendo progetti pilota in Europa e Australia, in collaborazione con aziende specializzate e clienti, per raccogliere i materiali di scarto, riciclarli e riutilizzare nuovamente i materiali riciclati nella produzione per ottenere uno schema di riciclaggio a circuito chiuso. Così facendo, anticipiamo le crescenti aspettative dei clienti e della società riguardo alle caratteristiche ambientali della nostra offerta di prodotti.

Risparmio energetico

Oltre ai ben noti vantaggi tecnologici, come la resistenza alla corrosione, i vantaggi ecologici della plastica sono altrettanto importanti. La plastica è ideale per una serie di applicazioni ad alta efficienza energetica grazie alla sua leggerezza e alle sue proprietà isolanti in automobili, imballaggi, isolamento e sistemi di tubazioni.

In uno studio, Plastics Europe ha quantificato come il consumo di energia e le emissioni di gas serra influenzano i prodotti di plastica sostituendoli con altri materiali.

Risultati

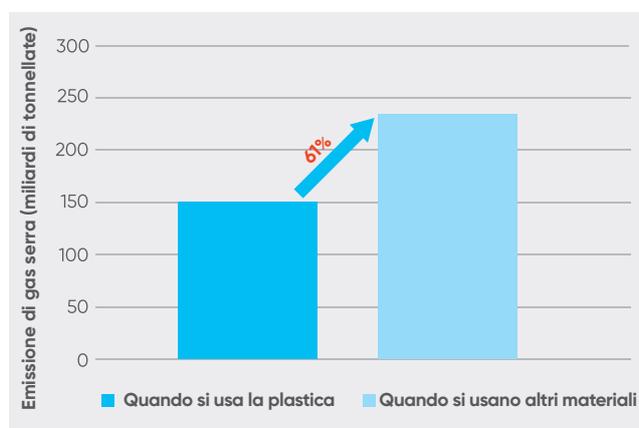
Riduzione delle emissioni di gas serra durante la produzione

I prodotti di plastica richiedono tipicamente meno energia per essere prodotti rispetto ai materiali alternativi, specialmente in applicazioni come i trasporti, l'edilizia e la costruzione, l'imballaggio e i dispositivi elettronici. Se la plastica venisse sostituita da materiali alternativi, il consumo di energia nel ciclo di vita aumenterebbe di circa il 57% e le emissioni di gas serra aumenterebbero del 61%.

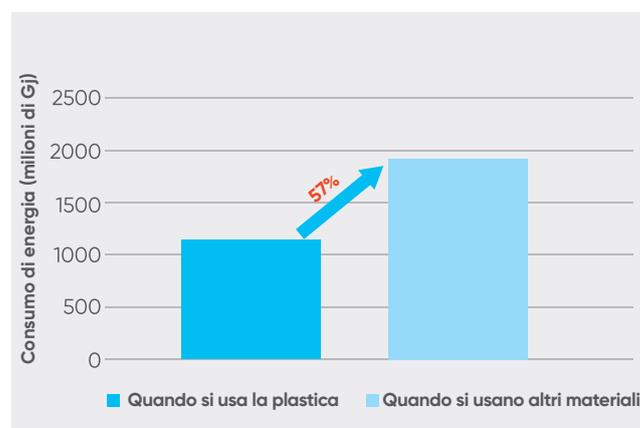
I grafici riportati di seguito possono essere utilizzati come riferimento per vedere l'entità dell'aumento sia delle emissioni di gas serra che del consumo di energia quando si utilizzano altri materiali rispetto alla plastica.

Nota: I valori dell'emissione media di gas serra (150 miliardi di tonnellate) e del consumo di energia (1200 milioni di GJ) quando si usa la plastica servono approssimativamente per mostrare come l'aumento di questi valori abbia effetto quando si usano altri materiali.

Emissione di gas serra



Consumo di energia



La plastica consente di risparmiare energia nei trasporti

Senza i materiali plastici, le auto più efficienti dal punto di vista energetico oggi non potrebbero funzionare e nemmeno esisterebbero in futuro. In linea con l'obiettivo di tagliare le emissioni di CO₂ nei trasporti del 60% entro il 2050, le materie plastiche non solo contribuiscono a ridurre il peso complessivo del veicolo - che si traduce in minori consumi di carburante - ma forniscono anche all'industria automobilistica materiali ad alte prestazioni che giocano un ruolo vitale nello sviluppo di soluzioni a basse emissioni di carbonio come le auto ibride, elettriche e a idrogeno. Una moderna auto di fascia media contiene fino al 15% di materiali plastici, dai componenti della carrozzeria alle finiture interne, airbag, tappetini e pneumatici. La plastica si è affermata anche come materiale da costruzione per autobus e treni, con conseguente risparmio di energia, investimenti e costi di manutenzione.

La plastica fa risparmiare energia nell'edilizia e nelle costruzioni

Gli edifici rappresentano circa il 40% del consumo energetico dell'UE e delle emissioni di gas serra; la plastica può aiutare a ridurre questo consumo energetico.

9 edifici su 10 attualmente in uso esisteranno e saranno ancora occupati nel 2050; quindi, sia la ristrutturazione degli edifici esistenti che la costruzione di nuovi edifici efficienti dal punto di vista energetico sono necessari per raggiungere gli obiettivi dell'UE in questo campo.

La plastica può giocare un ruolo chiave, poiché offre una combinazione unica di prestazioni ambientali, efficacia dei costi e affidabilità nel tempo.

Isolamento efficiente

Negli edifici, la plastica fornisce un efficace isolamento dal freddo e dal caldo e previene le fuoriuscite d'aria. I materiali isolanti in plastica consumano circa il 16% in meno di energia ed emettono il 9% in meno di gas serra rispetto a materiali alternativi. Durante il loro intero ciclo di vita, i pannelli isolanti in plastica consentono di risparmiare 150 volte l'energia utilizzata per la loro fabbricazione.

Energia rinnovabile

Le pale del rotore delle turbine eoliche e i pannelli fotovoltaici contengono grandi quantità di plastica, che contribuiscono a offrire una produzione efficiente di energia rinnovabile. In queste due applicazioni, le materie plastiche permettono un risparmio di 140 volte e 340 volte, rispettivamente, delle emissioni prodotte durante la loro produzione.

1.1.7 Metodi di produzione e lavorazione

1.1.7.1 Polimerizzazione

Le materie plastiche sono derivati di materiali organici naturali come la cellulosa, l'acciaio, il gas naturale, il sale e, ovviamente, il petrolio greggio.

La produzione delle materie plastiche inizia con la distillazione del petrolio greggio in una raffineria. In questo modo il petrolio greggio pesante viene separato in gruppi di componenti più leggeri, chiamati frazioni. Ogni frazione è una miscela di catene di idrocarburi che variano a seconda delle dimensioni e della struttura delle loro molecole.

Una di queste frazioni, la nafta, è il composto fondamentale per la produzione delle materie plastiche. La nafta viene separata e convertita in etilene, propilene, butilene e altri composti idrocarburici in un processo di cracking termico.

La maggior parte delle materie prime utilizzate per questo scopo provengono dalla raffinazione del petrolio greggio, ma in alcuni casi vengono utilizzate anche materie prime da fonti rinnovabili. Solo il 4% circa dei prodotti petroliferi provenienti dalla raffineria va al mercato della plastica, un valore in contrasto con quanto stimato.

Le materie plastiche si formano collegando, tramite un legame chimico, molti elementi di base chiamati monomeri.

La reazione di combinazione di questi monomeri per formare lunghe catene o reti tridimensionali è conosciuta come polimerizzazione.

La polimerizzazione può essere classificata in due categorie:

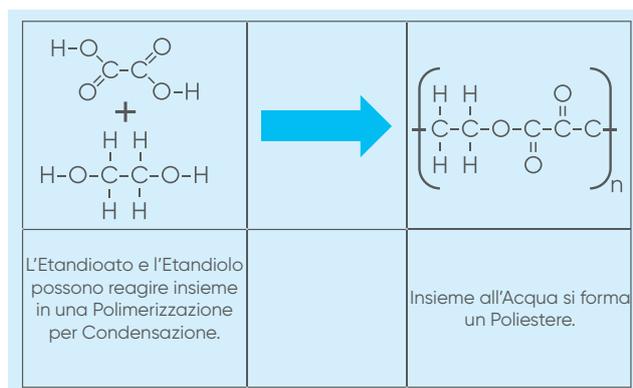
- Polimerizzazione a stadi o polimerizzazione per condensazione.
- Polimerizzazione a catena o polimerizzazione per addizione.

Polimerizzazione a stadi o polimerizzazione per condensazione

Nella polimerizzazione a stadi, quando le molecole di monomeri reagiscono per formare un legame, ne sostituiscono alcune altre che sono considerate il sottoprodotto della reazione.

Il tipo di polimeri che risultano da una polimerizzazione per condensazione dipende dai monomeri: se il monomero ha un solo gruppo reattivo, i polimeri avranno un basso peso molecolare, se i monomeri hanno due gruppi finali reattivi, otterremo polimeri lineari. I monomeri con più di due gruppi reattivi danno luogo a un polimero con una rete tridimensionale.

Il poliestere e il nylon sono due polimeri per condensazione comuni, ma anche le proteine e i carboidrati sono il risultato di una polimerizzazione per condensazione.

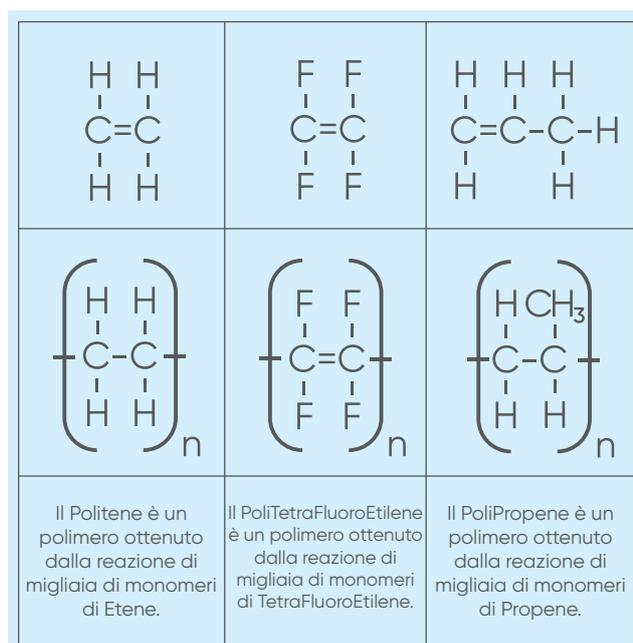


Polimerizzazione a catena o polimerizzazione per addizione

Nella polimerizzazione per addizione i monomeri ripetitivi si riorganizzano per formare una nuova struttura lineare o ramificata a seconda del tipo di monomero, ma non c'è perdita di un atomo o di una molecola.

Esistono quattro tipi di polimerizzazione per addizione:

- Polimerizzazione a radicali liberi: il polimero si forma per successiva addizione di radicali liberi. Essi si uniscono in una catena durante la polimerizzazione a radicali liberi;
- Polimerizzazione cationica: un iniziatore cationico trasferisce una carica ad un monomero che diventa quindi reattivo. Quest'ultimo reagisce similmente con altri monomeri per formare un polimero;
- Polimerizzazione anionica vinilica: implica la polimerizzazione di polimeri vinilici in particolare con un gruppo fortemente elettronegativo per formare una reazione a catena;
- Polimerizzazione coordinata: è stata sviluppata da due scienziati Ziegler e Natta che hanno vinto un premio Nobel per il loro lavoro. Hanno sviluppato un catalizzatore che permette di controllare la polimerizzazione a radicali liberi, producendo un polimero con una maggiore densità e forza.



1.1.7.2 Stampaggio ad iniezione ed estrusione

La plastica viene lavorata con l'ausilio di macchine per la lavorazione della plastica che trasformano la plastica grezza, per lo più in forma granulare, in prodotti semilavorati.

La sezione seguente illustra brevemente le principali macchine per la lavorazione della plastica e spiega le loro funzioni e applicazioni in termini semplici.

Per i sistemi di tubazioni Aliaxis vengono utilizzati diversi metodi di produzione della plastica.

Si distingue tra stampaggio ad iniezione ed estrusione: per la fabbricazione di raccordi e valvole si usa lo stampaggio ad iniezione, per i tubi la tecnica dell'estrusione.

Stampaggio ad iniezione

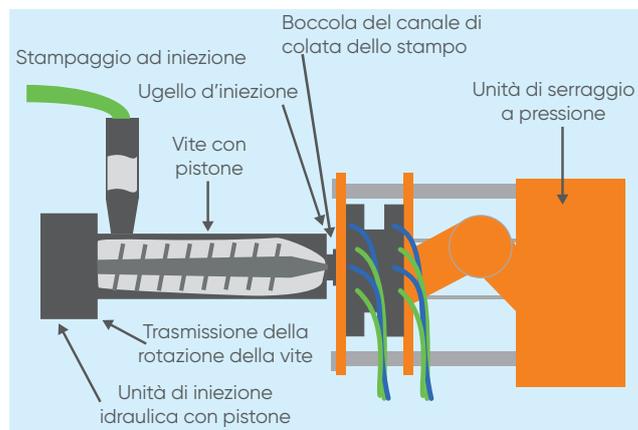
Lo stampaggio ad iniezione è una delle più comuni tecniche di produzione della plastica che incorpora materiali termoplastici.

Si basa sul metodo della pressofusione ed è costituito da unità di serraggio e unità di iniezione.

Il processo

La resina plastica viene messa nella tramoggia, che poi rilascia i pellet di plastica dalla sezione di alimentazione nella sezione di compressione, dove si crea il calore di attrito. La plastica viene spinta attraverso una camera prolungata utilizzando una vite a pistone. La plastica fluida fusa, nota come fusione, viene forzata attraverso l'ugello in uno stampo chiuso e raffreddato/caldo. La fusione può essere facilmente modellata nella forma e nelle dimensioni desiderate dello stampo.

Quando lo stampo è pieno e in pressione, parte del processo di raffreddamento viene eseguito. Infine, il cilindro di espulsione o i perni di espulsione sbloccano lo stampo e iniziano a spingere il pezzo fuori dallo stampo su un trasportatore.



Vantaggi

I vantaggi di questo processo sono i seguenti:

- questo metodo è usato specialmente per realizzare oggetti tridimensionali;
- gli scarti sono ridotti al minimo ed è possibile riciclare il materiale;
- è in grado di creare caratteristiche dettagliate e geometrie complesse;
- migliora la resistenza del pezzo dopo che è stato stampato.

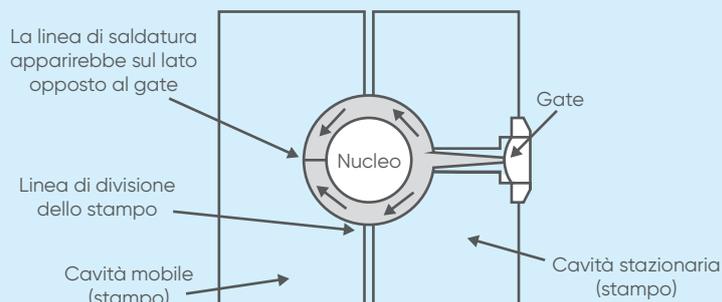
Linea di saldatura del raccordo (giunzione)

Il processo di stampaggio ad iniezione può spesso lasciare una linea residua/linea di saldatura, da dove i pezzi dello stampo si sono uniti.

In altre parole, una linea di saldatura è una linea visibile su un raccordo stampato, sia all'interno che all'esterno, dove il materiale plastico si fonde durante l'operazione di stampaggio ad iniezione.

Una linea di saldatura non deve essere confusa con la linea di divisione dello stampo che appare anch'essa su un raccordo stampato: la linea di divisione è formata dalle due metà combacianti della cavità dello stampo. Le linee di divisione sono di solito molto più visibili delle linee di saldatura.

In genere, questa linea non influenza la forma o la dimensione complessiva del componente, tuttavia, a seconda della finitura dello stampo, della forma del materiale, del colore del materiale e delle condizioni di lavorazione, può essere visibile in varia misura. Ci sono molti modi per rendere questa linea meno visibile sul componente stampato, ma poiché lo stampaggio ad iniezione si basa su uno stampo che ha due parti, non può mai essere eliminata completamente.



Estrusione

Questa tecnica estrude, o spinge fuori, i materiali attraverso uno stampo per creare forme con sezioni trasversali costanti come sezioni di finestre, cannuce, tubi e guarnizioni.

Il processo

Il materiale da fondere viene alimentato nell'estrusore, di solito in forma granulare. Spesso, negli estrusori monovite standardizzati, si usano viti a tre sezioni e viti a barriera.

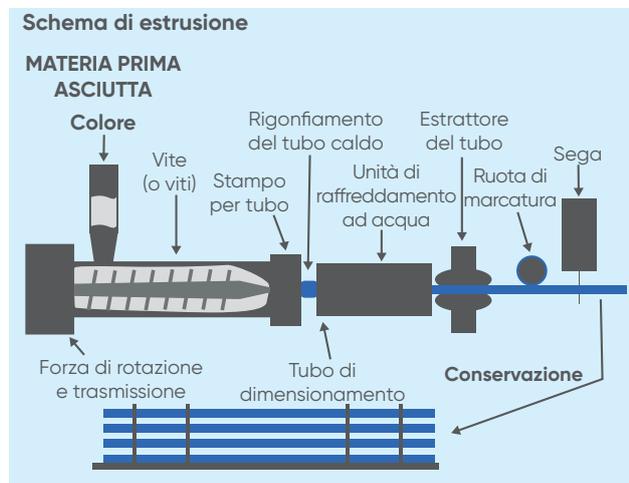
Il materiale plastificato viene pressato attraverso lo stampo e raffreddato in una sezione di dimensionamento e raffreddamento.

Come risultato di questo processo, la plastica, in particolare le catene di macromolecole, viene forzata in una disposizione e allineamento. Nella terminologia tecnica, questa operazione si chiama "orientamento". L'estrusione comporta un processo continuo, che non si interrompe a meno che la macchina non sia spenta o non venga rifornita di nuovo materiale.

Vantaggi

Alcuni dei vantaggi del processo di estrusione sono:

- modellare materiali duri e fragili;
- creare sezioni trasversali atipiche;
- garantire una finitura liscia sul prodotto finale;
- possibilità di modificare il prodotto dopo che è stato rimosso dall'estrusore;
- possibilità di produrre forme complesse con vari spessori, texture e colori.



Oltre allo stampaggio ad iniezione e al processo di estrusione, vi sono anche altri metodi per la lavorazione della plastica: ad esempio, la stampa 3D e la lavorazione con stampaggio a compressione.

Stampa 3D

La stampa 3D è talvolta denominata manifattura additiva. La stampa 3D potrebbe essere utile per la realizzazione di prototipi del modello ed è una tecnologia in evoluzione che offre vari vantaggi. Uno dei vantaggi chiave della stampa 3D è la capacità di produrre forme o geometrie molto complesse che sarebbero altrimenti complicate o non convenienti da costruire a mano, stampando anche parti cave o parti con strutture reticolari per ridurre il peso.

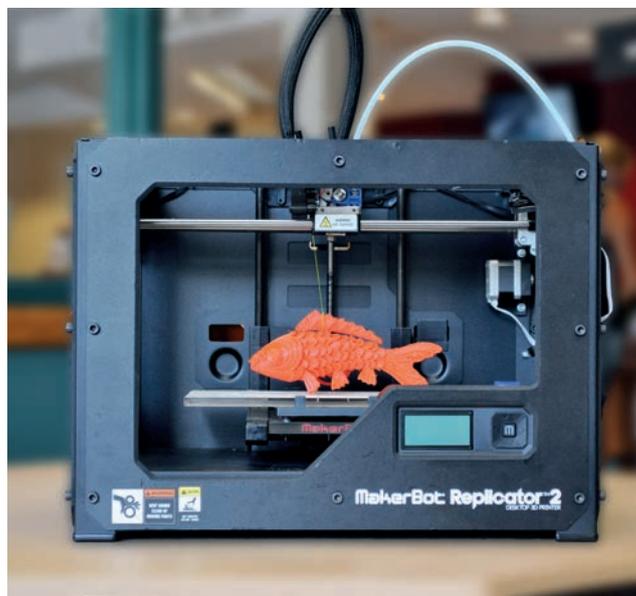
Il processo

Un software crea un disegno dell'oggetto, mentre la stampante 3D crea l'oggetto aggiungendo strato su strato di materiale fino a raggiungere la forma dell'oggetto.

La modellazione a deposizione fusa, o FDM, è il processo di stampa 3D più comune in uso oggi



L'immagine a sinistra mostra un esempio di un prodotto realizzato con l'aiuto di una stampante 3D: la griglia nera dietro la posizione gialla del fincorsa lineare FIP.



Vantaggi

Alcuni dei vantaggi del processo di stampa 3D sono:

- elevato grado di utilità per il collaudo di prodotti in quanto offre una sensazione reale del prototipo per testarlo fisicamente e per trovare difetti nel design;
- prodotti con forme e geometrie complesse possono essere facilmente realizzati con la stampa 3D;
- minore produzione di scarti;
- convenienza quando questo metodo viene adottato per un numero elevato di produzioni in serie;
- rispetto dell'ambiente: riduzione dell'impronta di CO₂;
- maggiore convenienza rispetto a qualsiasi altra soluzione di produzione.

Stampaggio a compressione

Lo stampaggio a compressione è un processo comune utilizzato sia per i materiali termoplastici che per quelli termoindurenti. Tuttavia, questo processo è usato soprattutto per i materiali termoindurenti nei vari settori industriali. Tipicamente, i composti termoindurenti come i poliesteri, resine fenoliche, melammine e altri sistemi di resina sono stampati a compressione usando strati alternati di diversi materiali di rinforzo per creare un prodotto finale.

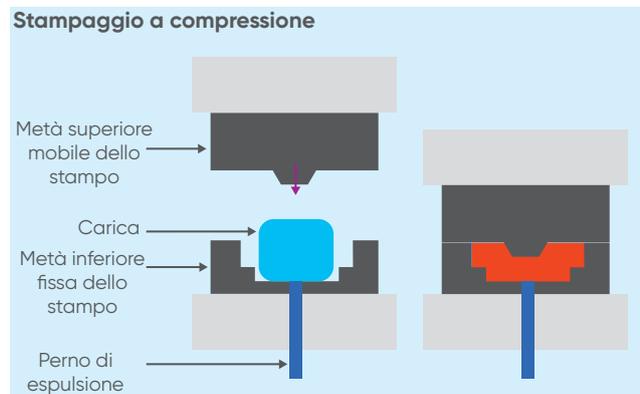
Il processo

Lo stampaggio a compressione si realizza mettendo il materiale plastico (sotto forma granulare o pellettizzata) in una cavità dello stampo per essere formato dal calore e dalla pressione. Il calore e la pressione forzano i materiali in tutte le aree dello stampo. Il ciclo di calore e pressione del processo indurisce il materiale e poi può essere rimosso.

Vantaggi

Alcuni dei vantaggi del processo di stampaggio a compressione sono:

- produzione di tensioni residue estremamente basse o nulle;
- realizzazione economica di pezzi di grandi dimensioni;
- costi relativamente bassi degli utensili;
- più adatto alla lavorazione di materiali termoindurenti.



1.2 Polimeri vinilici e stirenici

1.2.1 Cloruro di polivinile non plastificato (PVC-U)

PVC (cloruro di polivinile)

Il PVC è il terzo polimero plastico sintetico più prodotto al mondo (dopo il polietilene e il polipropilene). Ogni anno vengono prodotte circa 40 milioni di tonnellate di PVC. Il cloruro di polivinile puro è un solido fragile di colore bianco. Non è solubile in alcool ma leggermente solubile in tetraidrofurano.

Il PVC è stato sintetizzato nel 1872 dal chimico tedesco Eugen Baumann dopo lunghe ricerche e sperimentazioni. Il polimero appariva come un solido bianco all'interno di una boccetta di cloruro di vinile che era stata lasciata su uno scaffale al riparo dalla luce solare per quattro settimane. All'inizio del XX secolo, il chimico russo Ivan Ostromislensky e Fritz Klatt dell'azienda chimica tedesca Griesheim-Elektron tentarono entrambi di utilizzare il PVC in prodotti commerciali, ma le difficoltà nella lavorazione del polimero rigido, a volte fragile, vanificarono i loro sforzi. Waldo Semon e la B.F. Goodrich Company svilupparono un metodo nel 1926 per plastificare il PVC miscelandolo con vari additivi. Il risultato fu un materiale più flessibile e più facilmente lavorabile che presto raggiunse un uso commerciale diffuso.

In generale, il PVC contiene circa il 56% di cloro. A seconda dell'aggiunta di alcuni ingredienti, si formano diversi tipi di PVC: in Aliaxis, offriamo PVC-U (PVC non plastificato) e PVC-C (PVC clorurato) con standard elevati per soddisfare le aspettative del cliente.

Le diverse formulazioni ottenute con l'aggiunta di additivi e stabilizzatori adatti rendono il PVC-U il più versatile di tutti i materiali plastici, permettendogli di essere adattato a molte applicazioni che coinvolgono fluidi sotto pressione.

Il PVC-U rappresenta una delle soluzioni più economiche nel campo dei materiali termoplastici e metallici per risolvere i problemi nel trasporto di fluidi chimici corrosivi, e nella distribuzione e trattamento dell'acqua in generale.



Nel 1954, FIP è stata la prima azienda a produrre valvole in plastica PVC-U.

Proprietà del PVC-U

Densità	
Metodo di prova	ISO 1183 - ASTM D792
Unità di misura	g/cm ³
Valore	1,38
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	3200
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	ASTM D256
Unità di misura	KJ/m ²
Valore	5-8
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	50
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	80
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	50
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	76
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	86
Conducibilità termica a 23°C	
Metodo di prova	DIN 52612-1 - ASTM C177
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,16
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	8 x 10 ⁻⁵
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	ISO 4859-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	43

Proprietà		Vantaggi
Resistenza ai raggi UV e alle intemperie		Il PVC-U possiede un'ottima capacità di resistenza alle intemperie. Il materiale a malapena si danneggia in caso di elevata esposizione alla luce diretta del sole, al vento e alla pioggia. Sarebbe utile schermare la sostanza dall'eccessiva esposizione alla luce del sole nelle applicazioni più critiche. Per misure di sicurezza efficaci, contattare il rappresentante Aliaxis Piping Systems responsabile.
Resistenza chimica		Le resine PVC-U hanno un'eccellente resistenza chimica alla maggior parte degli acidi e degli alcali, agli idrocarburi paraffinici/alifatici e alle soluzioni saline. Non è raccomandato per il trasporto di composti organici polari, compresi alcuni tipi di solventi clorurati e aromatici. Le resine PVC-U sono anche pienamente compatibili con il trasporto di alimenti, acqua demineralizzata, acqua potabile e acqua non condizionata, come previsto dalle attuali norme nazionali e internazionali. Per applicazioni specifiche, vedere la Guida alla Resistenza Chimica di Aliaxis.
Buone proprietà termiche e meccaniche		Le resine PVC-U hanno una buona stabilità termica nel campo di temperatura tra 0°C e 60°C e sono tipicamente utilizzate nelle applicazioni industriali e di adduzione d'acqua, garantendo un'eccellente resistenza meccanica, una rigidità sufficiente per lo scopo, coefficienti di espansione termica ridotti e alti fattori di sicurezza in servizio. Le resine PVC-U sono caratterizzate da una bassa permeabilità all'ossigeno e da un ridotto assorbimento di acqua (da 0,1% a 23°C). La stabilità termica del materiale porta a una buona resistenza agli urti e alla capacità di supportare pressioni di servizio di 4, 6, 10, 16 bar a 20°C secondo la valutazione della pressione specifica del prodotto.
Durata nel tempo		Le resine PVC-U hanno un elevato carico di rottura circonferenziale (resistenza minima richiesta, Minimum Required Strength MRS ≥ 25,0 MPa a 20°C) e consentono tempi di vita prolungati senza mostrare segni di deterioramento fisico-meccanico significativo.
Resistenza all'abrasione		Insieme alle nuove tecniche di estrusione, la miscelazione delle resine PVC-U con lubrificanti, modificatori e numerosi additivi nei composti odierni dà come risultato un prodotto per tubazioni resiliente con un'eccezionale resistenza all'abrasione. Come materiale delle tubazioni per il trasporto in campo abrasivo viene spesso scelto il PVC-U. Rispetto ad altri materiali, la resistenza naturale all'abrasione del vinile contribuisce a un miglioramento significativo dell'aspettativa di vita. L'installazione di tubazioni in vinile, per esempio, ha portato a una sostanziale riduzione dell'abrasione, a una drastica diminuzione della manutenzione e a una maggiore longevità del dispositivo rispetto ai tradizionali tubi in acciaio rivestiti in metallo o gomma per il trasporto di fanghi di miniera e sabbia.
Comportamento alla combustione		I composti PVC-U sono anche resistenti alla combustione con una temperatura di innesco di 399°C. Una benefica attività di combustione è dovuta all'alto contenuto di cloro del PVC-U. L'autoaccensione avviene solo a 450 °C per effetto della temperatura. Se esposto a una fiamma aperta, il PVC-U brucia, ma si spegne subito dopo che la fiamma è stata ritirata. L'indice di ossigeno (LOI) è del 43%. Un contenuto di plastica è noto per essere infiammabile con un indice di ossigeno inferiore al 21%. Poiché la combustione del PVC-U produce cloruro di idrogeno che, in combinazione con l'acqua, forma un acido corrosivo, è necessaria una pulizia immediata delle aree suscettibili di corrosione dopo una bruciatura. Grazie al ridotto coefficiente di conducibilità termica ($\lambda = 0,15 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$) l'uso della resina PVC-U per il trasporto di fluidi caldi riduce la perdita di calore ed elimina virtualmente i problemi di condensa. Il rischio causato dall'acido cloridrico (HCl) per i lavoratori è trascurabile perché il suo odore pungente permette di allontanarsi precocemente dai gas di combustione velenosi, principalmente dal monossido di carbonio inodore.
Proprietà elettriche		Il PVC-U ha una resistività di volume specifica superiore a $10^{13} \Omega \cdot \text{m}$ e buone proprietà isolanti.

1.2.2 Cloruro di polivinile surclorato (CPVC)

Nel 1986, FIP è stata la prima azienda europea a produrre un sistema integrato di valvole, raccordi e tubi chiamato TemperFIP100®. Il risultato fu la creazione di un'intera serie di prodotti per impianti industriali. Oggi, la produzione della linea TemperFIP di tubi, raccordi, valvole estrusi e stampati a iniezione fa uso di resine PVC-C CORZAN™, specificamente progettate per applicazioni industriali.

Le resine PVC-C sono pienamente compatibili per il trasporto dell'acqua agli impianti di trattamento, così come per il trasporto dell'acqua demineralizzata e dell'acqua termale.

Il sistema PVC-C TemperFIP100® rappresenta una delle soluzioni più economiche nel campo dei materiali termoplastici, in grado di risolvere le difficoltà che si incontrano nelle linee di processo e di servizio che trasportano fluidi caldi e corrosivi nel settore industriale, così come nei sistemi di distribuzione dell'acqua calda e fredda domestica.

Proprietà di PVC-C

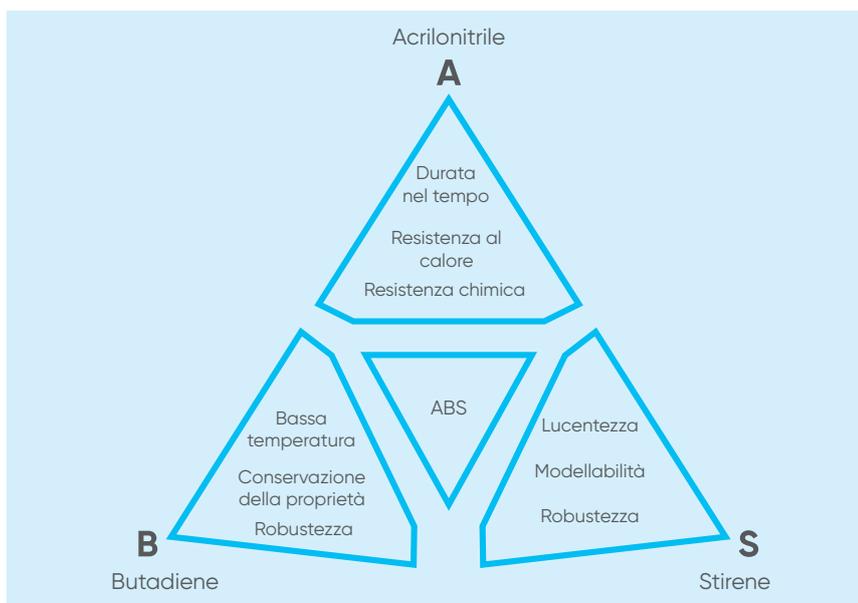
Densità	
Metodo di prova	ISO 1183 - ASTM D792
Unità di misura	g/cm ³
Valore	1,50
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	2700
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	ASTM D256
Unità di misura	KJ/m ²
Valore	8
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	50
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	80
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	50
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	76
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	86
Conducibilità termica a 23° C	
Metodo di prova	DIN 52612-1 - ASTM C177
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,16
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	6,7 x 10 ⁻⁵
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	ISO 4859-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	60

Proprietà		Vantaggi
Resistenza ai raggi UV e alle intemperie		Il PVC-C possiede un'ottima capacità di resistenza alle intemperie. Il materiale a malapena si danneggia in caso di elevata esposizione alla luce diretta del sole, al vento e alla pioggia. Sarebbe utile schermare la sostanza dall'eccessiva esposizione alla luce del sole nelle applicazioni più critiche. Per misure di sicurezza efficaci, contattare il rappresentante Aliaxis Piping Systems responsabile.
Resistenza chimica		L'uso della resina CORZAN™, ottenuta attraverso la clorurazione del PVC omopolimero, può garantire un'alta resistenza chimica contro gli acidi inorganici forti, le soluzioni saline e alcaline e gli idrocarburi paraffinici. Inoltre, possiede un'eccellente resistenza al cloro a temperature elevate. Non è raccomandato per il trasporto di composti organici polari, compresi alcuni tipi di solventi clorurati e aromatici. La sua resistenza alla corrosione elettrochimica garantisce un'eccellente affidabilità per il trasporto di acqua calda sanitaria in sistemi convenzionali e a pannelli solari.
Proprietà termiche e meccaniche ottimali		Il sistema PVC-C TemperFIP100® è tipicamente utilizzato a temperature comprese tra 0°C e 85°C e presenta coefficienti di dilatazione termica estremamente bassi, garantendo così un'ottima resistenza meccanica in grado di sopportare pressioni di servizio di circa 10-16 bar a 20°C. La sua eccellente stabilità termica (valore VICAT secondo la norma EN ISO 15493) insieme al suo ottimo comportamento al creep, ne permette l'utilizzo a temperature fino a circa 95 °C per applicazioni speciali e per soddisfare particolari esigenze prestazionali. Il coefficiente ridotto di conducibilità termica ($\lambda=0,16 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$ secondo la norma DIN 52612-1 o ASTM C177) elimina virtualmente i problemi di condensazione e riduce la perdita di calore durante il trasporto di fluidi caldi.
Durata nel tempo		Le resine PVC-C sono caratterizzate da una bassa permeabilità all'ossigeno e da un ridotto assorbimento di acqua (da 0,07% a 23 °C). Le proprietà fisiche del materiale lo rendono altamente resistente all'invecchiamento e all'aggressione degli agenti atmosferici (radiazioni UV) grazie alla presenza di biossido di titanio nel composto. Una volta selezionati adeguatamente per l'applicazione e installati correttamente, i prodotti in PVC-C offrono anni di servizio senza manutenzione. I nostri materiali non si arrugginiscono, non si bucano, non si incrostano e non si corrodono né all'interno né all'esterno. Infatti, i sistemi di tubazioni termoplastiche funzionano con successo da oltre 45 anni in una varietà di complesse applicazioni industriali.
Resistenza all'abrasione		Insieme alle nuove tecniche di estrusione, la miscelazione delle resine PVC-C con lubrificanti, modificatori e numerosi additivi nei composti odierni dà come risultato un prodotto per tubazioni resiliente con un'eccezionale resistenza all'abrasione. Come materiale delle tubazioni per il trasporto in campo abrasivo viene spesso scelto il PVC e il PVC-C. Rispetto ad altri materiali, la resistenza naturale all'abrasione del vinile contribuisce a un miglioramento significativo dell'aspettativa di vita. I vinili superano altri materiali, come l'acciaio, in molti usi. L'installazione di tubazioni in vinile, per esempio, ha portato a una sostanziale riduzione dell'abrasione, a una drastica diminuzione della manutenzione e a una maggiore longevità del dispositivo rispetto ai tradizionali tubi in acciaio rivestiti in metallo o gomma per il trasporto di fanghi di miniera e sabbia.
Comportamento alla combustione		Il PVC-C presenta un comportamento alla combustione molto buono senza l'inclusione di ritardanti di fiamma grazie al suo elevato contenuto di cloro. A temperature superiori a 400 °C, il PVC-C è auto-infiammabile. Se esposto a una fiamma aperta, il PVC-C brucia, ma si spegne istantaneamente dopo che la fiamma è stata rimossa. L'indice di ossigeno è del 60 % (la plastica è nota per essere infiammabile con meno del 21 % di ossigeno). Poiché la combustione del PVC-C produce cloruro di idrogeno che, in combinazione con l'acqua, forma un acido corrosivo, è importante una pulizia immediata delle aree suscettibili alla corrosione causata da acqua contenente detergente dopo una bruciatura. Il rischio per i lavoratori a causa dell'acido cloridrico è ridotto e il suo odore pungente ne consente l'identificazione anche alle concentrazioni più basse (da 1 ppm a 5 ppm), permettendo una fuga precoce dei gas di combustione nocivi, principalmente dal monossido di carbonio inodore. Acqua, anidride carbonica o schiuma sono le sostanze antincendio da preferire.
Proprietà elettriche		Il PVC-C non è conduttivo, come tutte le termoplastiche non modificate. Nei sistemi in PVC-C, questo suggerisce che non si verifica alcuna corrosione elettrochimica. Il PVC-C ha una resistività di volume specifica superiore a $10^{13} \Omega \cdot \text{m}$ e buone proprietà isolanti.

1.2.3 Acrilonitrile butadiene stirene (ABS)

L'acrilonitrile butadiene stirene (ABS) è un comune polimero termoplastico. La sua temperatura di transizione vetrosa è di circa 105°C. L'ABS è amorfo e quindi non ha un vero punto di fusione.

L'ABS deriva da acrilonitrile, butadiene e stirene. L'acrilonitrile è un monomero sintetico prodotto da propilene e ammoniaca; il butadiene è un idrocarburo del petrolio ottenuto dalla frazione C4 del cracking con vapore; lo stirene monomero si ottiene dalla deidrogenazione dell'etilbenzene - un idrocarburo ottenuto dalla reazione di etilene e benzene.



Le proporzioni possono variare dal 15 al 35% di acrilonitrile, dal 5 al 30% di butadiene e dal 40 al 60% di stirene. I gruppi nitrilici delle catene vicine, essendo polari, si attraggono a vicenda e legano le catene insieme, rendendo l'ABS più forte del polistirene puro. Lo stirene dà alla plastica una superficie lucida e impermeabile. Il polibutadiene, una sostanza gommosa, fornisce tenacità anche a basse temperature. Per la maggior parte delle applicazioni, l'ABS può essere usato tra i -40 °C e i 60 °C poiché le sue proprietà meccaniche variano con la temperatura. Le proprietà sono create dal processo di tempra in gomma, nel corso del quale particelle fini di elastomero sono distribuite nella matrice rigida.

Proprietà dell'ABS

Densità	
Metodo di prova	EN ISO 1183-1
Unità di misura	g/cm ³
Valore	0,925
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527, ASTM D638
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	2000
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	ISO 179/1eA, ISO 180/1A - ASTM D256
Unità di misura	KJ/m ²
Valore	20
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	50
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	100
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527, ASTM D638
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	40
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	≥87
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ISO 75, ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	100
Conducibilità termica a 23°C	
Metodo di prova	DIN 52612-1 - ASTM C177
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,19
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	10 x 10 ⁻⁵
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	IISO 4859-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	19

Proprietà		Vantaggi
Resistenza ai raggi UV e alle intemperie		Se, per un lungo periodo di tempo, il sistema di tubazioni ABS è esposto alla luce diretta del sole, la superficie perde la sua lucentezza e il colore diventa grigio chiaro. L'infragilimento risultante non causa generalmente problemi nelle zone climatiche moderate, grazie all'altissima resistenza agli urti dell'ABS. Raccomandiamo comunque di proteggere la superficie dalla luce diretta del sole in caso di condizioni climatiche estreme o di carichi molto elevati sul sistema di tubazioni.
Resistenza chimica		Gli ABS hanno una buona resistenza alla degradazione chimica, sia a causa di agenti alcalini che acidi. La stabilità chimica dell'ABS risiede nel forte legame chimico evidente nella sua struttura: l'attrazione polare tra i gruppi nitrilici, le catene aromatiche del gruppo stirenico e la spina dorsale idrocarburica. I forti legami chimici forniscono anche un certo grado di stabilità termica alla plastica, impedendole di rompersi anche ad alte temperature. Per la maggior parte delle applicazioni, l'ABS può essere usato tra -40 °C e 60 °C.
Proprietà termiche e meccaniche ottimali		Le proprietà termiche nell'acqua refrigerata e nella refrigerazione del circuito secondario sono molto importanti per l'efficienza di un sistema. I materiali tradizionali come il rame o l'acciaio sono ottimi conduttori e hanno una conducibilità termica di 413 W/(m*K) e 54 W/(m*K), rispettivamente. Questa proprietà intrinseca del materiale fa sì che conducano il calore in modo molto efficace, diminuendo l'efficienza di un sistema di raffreddamento. Un altro problema comune quando si usano materiali conduttivi per applicazioni di raffreddamento è la necessità di una copertura isolante o di un involucro per evitare che il tubo sudi. L'ABS è un materiale non conduttivo e agisce come un isolante con una conducibilità termica di 0,25 W/(m*K). Questa proprietà del materiale permette una maggiore efficienza del processo quando viene usato in un sistema di raffreddamento e spesso elimina la necessità di una copertura isolante per evitare che il tubo sudi. In presenza di notevole differenza di temperatura tra il liquido di raffreddamento e la temperatura esterna, e/o alta umidità relativa, la copertura isolante può essere necessaria anche per l'ABS.
Resistenza all'abrasione		Oltre all'eccellente resistenza agli urti, i componenti della gomma butadiene nell'ABS hanno un eccellente effetto di resistenza all'abrasione. Grazie a questa proprietà, i sistemi di tubazioni in ABS vengono utilizzati da tempo per solidi e fanghi, come quelli che si trovano nell'industria mineraria. Rispetto ai metalli, l'ABS offre importanti vantaggi per molte di queste applicazioni.
Modalità di frattura		L'ABS è un materiale duttile con una modalità di frattura che assomiglia al rame ricotto. La frattura avviene per distorsione duttile e lacerazione ma, essendo di natura localizzata, la perdita del contenuto del tubo è ridotta al minimo. Al contrario, la frattura di un materiale rigido è accompagnata da una rapida propagazione della cricca e da una pericolosa frammentazione del materiale. A seconda delle condizioni presenti, questo tipo di frattura a frammentazione rapida può attraversare molte lunghezze di tubo, comprese le valvole e i raccordi. Questa modalità di frattura può essere accentuata da condizioni avverse come il colpo d'ariete, l'esposizione prolungata alla luce del sole, il contenuto freddo o le temperature ambiente fredde e la non compatibilità del tubo con il suo contenuto (ad esempio aria compressa, gas o prodotti chimici non adatti).
Comportamento alla combustione		A temperature superiori a 450°C, l'ABS è auto-infiammabile. Se esposto a una fiamma aperta, l'ABS brucia, e il materiale continua a bruciare anche dopo aver rimosso la fiamma. L'indice di ossigeno è del 19%. Quando l'ABS brucia si formano monossido di carbonio e acqua, soprattutto anidride carbonica. Test hanno dimostrato che la tossicità relativa dei prodotti della combustione è uguale o addirittura inferiore a quella dei prodotti naturali come il legno, il cotone e la lana. I gas di combustione dell'ABS non sono corrosivi. Tuttavia, la combustione forma fuliggine. Gli agenti antincendio adatti sono acqua, schiuma e anidride carbonica.
Proprietà elettriche		L'ABS non è conduttivo, come la maggior parte dei materiali termoplastici. Nei sistemi ABS, questo suggerisce che non si verifica alcuna corrosione elettrochimica. L'ABS fornisce buone proprietà di isolamento elettrico. $3,5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot m$ è la resistenza specifica di volume.

1.3 Poliolefine e polimeri fluorurati

Poliolefina

Una poliolefina è un tipo di polimero prodotto da una semplice olefina come monomero. Per esempio, il polietilene è la poliolefina prodotta dalla polimerizzazione dell'olefina etilene. Il polipropilene è un'altra poliolefina comune prodotta dall'olefina propilene.

La maggior parte delle poliolefine prodotte su scala industriale sono realizzate tramite polimerizzazione attraverso l'uso di catalizzatori. Vi sono quattro tipi principali di catalizzatori di poliolefine, vale a dire: catalizzatori a base di cromo, catalizzatori Ziegler-Natta, catalizzatori a sito singolo (SSC) metallocenici e SSC post-metallocenici.

Tutte e quattro le categorie sono importanti per il polietilene, ma le ultime tre categorie di catalizzatori sono molto più rilevanti per i polipropileni.

Polimeri fluorurati

Per quanto riguarda la loro stabilità chimica, termica ed elettrica, i polimeri fluorurati presentano proprietà molto affascinanti: l'inerzia agli acidi, alle basi, ai solventi e agli oli, il basso indice dielettrico costante e rifrattivo, la lunga durata nel tempo e la resistenza all'ossidazione, la loro bassa tensione superficiale, che li rende per natura estremamente idrofobici. Anche il fatto di non essere, di solito, infiammabili, li rende particolarmente affascinanti. Poiché i polimeri fluorurati contengono un'ampia varietà di materiali termoplastici ed elastomerici che vanno dal semi-cristallino al completamente amorfo, sono usati in varie applicazioni.

1.3.1 Polipropilene (PP)

Il polipropilene è una resina termoplastica e parzialmente cristallina appartenente alla famiglia delle poliolefine.

Il PP si ottiene attraverso la polimerizzazione a catena del propilene (C_3H_6) con l'aiuto di catalizzatori.

Per l'uso nei sistemi di tubazioni, la variante di ultima generazione del polipropilene omopolimero, o PP-H, offre eccellenti prestazioni a temperature di esercizio fino a 80 °C e un'elevata resistenza agli agenti chimici grazie alle eccellenti caratteristiche fisiche e termiche della resina.

Il polipropilene è la seconda plastica di base più prodotta dopo il polietilene.

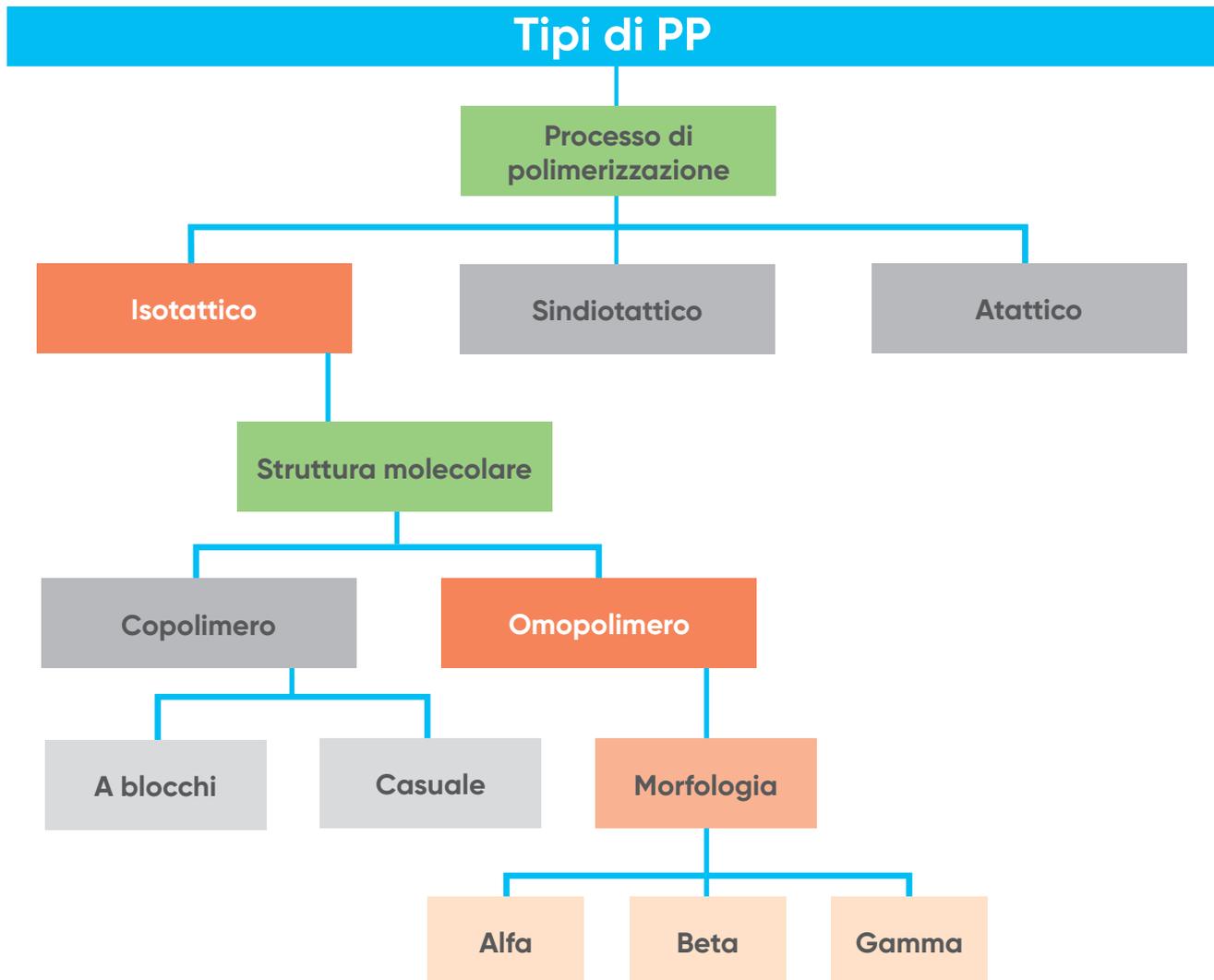
La formula chimica del polipropilene è $(C_3H_6)_n$, è derivato dalla polimerizzazione del propilene monomero mediante:

- Polimerizzazione di Ziegler-Natta.
- Polimerizzazione catalizzata da metalloceni.



In base al processo di polimerizzazione e alla struttura molecolare, il polipropilene può essere ulteriormente classificato in numerosi gruppi.

La struttura ad albero del polipropilene illustrata qui sotto sarà utile per capire le diverse varietà di polipropilene.



La posizione del gruppo metile nella struttura di base del polipropilene determina a quale gruppo appartiene:

- polipropilene atattico (aPP);
- polipropilene sindiotattico (sPP);
- polipropilene isotattico (iPP).

Il gruppo metile ($-CH_3$) è allineato in modo casuale nel caso del polipropilene atattico, alternato con il polipropilene sindiotattico e uniforme con il polipropilene isotattico.

Il polipropilene isotattico ha un alto grado di cristallinità, pari al 30-60% nei beni di consumo.

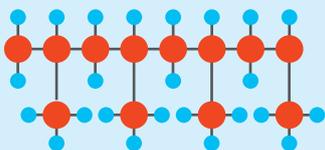
Il polipropilene sindiotattico è molto meno cristallino, mentre l'atattico appartiene alla famiglia dei materiali amorfi (non cristallini).

Il **PP atattico** è amorfo e ha le proprietà meccaniche di una gomma non vulcanizzata. È ampiamente utilizzato nelle industrie per il rivestimento del fondo dei tappeti, come adesivo a caldo e come composto sigillante.

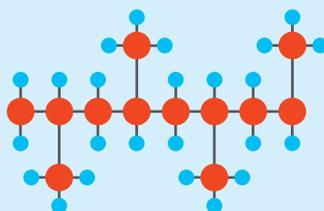
Il **PP sindiotattico** è inferiore all'isotattico e poiché è difficili da fabbricare non viene prodotto su **scala** industriale.

Il **PP isotattico** è molto cristallino per via della sua struttura ad elica. È ampiamente utilizzato nella costruzione di apparecchiature di ingegneria.

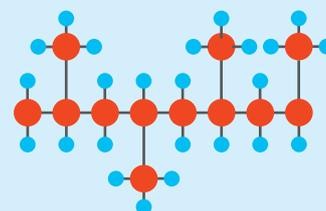
PP isotattico: Gruppi CH_3 sullo stesso lato della catena principale



PP sindiotattico: I gruppi CH_3 si alternano strettamente sui lati opposti della catena principale



PP atattico: distribuzione statistica di gruppi CH_3 intorno alla catena principale



L'immagine mostra chiaramente la distinzione tra PP atattico, sindiotattico e isotattico.

In base alla cristallinità, il PP isotattico può dividersi in tre categorie.

Quando vengono raffreddate dalla fusione, le molecole di PP isotattico, al punto di fusione, iniziano a organizzarsi in cristalli. Tre simmetrie di cristalli sono note per il PP-H isotattico:

- α (monoclino): senza l'aggiunta di agenti nucleanti;
- β (pseudoesagonale): con l'aggiunta di agenti nucleanti;
- γ (triclinico): la simmetria può presentarsi in PP a basso peso molecolare ad alte temperature e non è di interesse per le applicazioni pratiche nei sistemi di tubazioni.

Le diverse forme cristalline sono prodotte aggiungendo speciali agenti nucleanti ai composti di stampaggio PP-H.

In base all'unità di propilene ed etilene-propilene nella matrice PP, si possono identificare tre diverse categorie, ovvero:

- Omo-polimero (PP-H);
- Copolimero casuale (PP-R);
- Copolimero a blocchi (PP-B).

Omo-polimero (PP-H)



Copolimero a blocchi (PP-B)



Copolimero casuale (PP-R)



Matrice PP-H Propilene



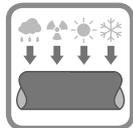
Etilene - gomma di propilene unità di etilene



L'immagine potrebbe essere utile per capire la matrice PP e la sua unità di propilene, etilene-propilene in diversi tipi di PP.

Proprietà del polipropilene (PP)

Densità	
Metodo di prova	DIN EN 1183
Unità di misura	g/cm ³
Valore	0,91
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	1300
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	DIN EN ISO 179, ASTM D256
Unità di misura	kJ/m ²
Valore	7
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	60
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	83
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	30
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	152
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	95-105
Conducibilità termica a 23°C	
Metodo di prova	EN 12664
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,22
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	1,5 x 10 ⁻⁴
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	ISO 4589-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	17,5

Proprietà		Vantaggi
Resistenza ai raggi UV e alle intemperie		Tutte le poliolefine sono soggette alla degradazione da radiazioni ultraviolette. Il PP non è prevalentemente adatto contro le radiazioni UV ad azione prolungata e deve essere protetto in tutte le applicazioni. Per le condutture con carichi di pressione interna simili a urti, la temperatura della parete non deve scendere al di sotto di 5 °C. Per misure di sicurezza efficaci, contattare il rappresentante Aliaxis Piping Systems responsabile.
Resistenza chimica		Il PP si gonfia in presenza di idrocarburi alifatici e aromatici. La resistenza chimica dipende da molti fattori. I fattori che più ne influenzano la resistenza chimica sono la temperatura d'esercizio, la durata dell'esposizione, la concentrazione e la composizione delle miscele. Contattateci per quanto riguarda la resistenza del materiale contro prodotti chimici specifici o miscele chimiche.
Proprietà termiche e meccaniche ottimali		PP-H e PP-R possono essere utilizzati in un ampio campo di temperatura per quanto riguarda le applicazioni nella costruzione di tubazioni in plastica. In questi casi, la durata dell'effetto della temperatura dovrebbe essere il fattore più importante. È garantita una maggiore durata di vita se viene utilizzato nel campo di temperatura da 0 °C a 95 °C. Per quanto riguarda la capacità di carico della pressione interna dei tubi, raccordi e armature sotto l'influenza simultanea della temperatura, fare riferimento ai diagrammi PN del rispettivo materiale.
Durata nel tempo		Le resine PP-H e PP-R hanno un elevato carico di rottura circonferenziale (resistenza minima richiesta, Minimum Required Strength MRS $\geq 10,0$ MPa a 20°C) e consentono tempi di vita prolungati senza mostrare segni di deterioramento fisico-meccanico significativo.
Resistenza all'abrasione		Il PP presenta un'ottima resistenza all'abrasione. Mostra un'alta resistenza all'abrasione in caso di sollecitazioni meccaniche, specialmente nei confronti dell'attrito. Il PP ha meno probabilità di corrodersi nei tubi esposti ed interrati. Così, assicura costi di esercizio estremamente bassi grazie alla sua lunga durata di servizio.
Modalità di frattura		Il polipropilene è noto per la sua elevata duttilità e resistenza agli urti. Grazie alla duttilità, il PP mostra prevalentemente una modalità di frattura duttile. Tuttavia, a temperature elevate, può verificarsi una frattura quasi fragile.
Comportamento alla combustione		Il polipropilene è una plastica infiammabile. Se esposto a una fiamma aperta, brucia e il materiale continua a bruciare senza fuliggine dopo aver rimosso la fiamma. L'indice di ossigeno è del 19%. (I materiali che bruciano meno del 21% dell'ossigeno dell'aria sono considerati infiammabili). Quando brucia si formano monossido di carbonio e acqua, soprattutto anidride carbonica.
Proprietà elettriche		Il PP è un polimero idrocarburo non polare con eccellenti proprietà di isolamento. Tuttavia, poiché le cariche elettriche non possono essere dissipate, il PP ha una tendenza anche alla carica elettrostatica. Pertanto, il PP non può essere utilizzato per applicazioni in cui c'è un rischio di accensione e/o esplosione, oppure può essere utilizzato ma esclusivamente se sono soddisfatti certi requisiti. Possiede un valore di resistenza specifica di volume di 10^{14} $\Omega \cdot m$.

Polipropilene omopolimero (PP-H)

Il grado più comunemente usato per uso generale è il polipropilene omopolimero. In una forma semi-cristallina stabile, comprende solo il monomero di propilene. Settore dell'imballaggio, tessile, sanitario, delle tubazioni, applicazioni automobilistiche ed elettriche costituiscono le principali applicazioni.

L'ultima generazione di polipropilene, il polipropilene omopolimero, consiste in una gamma completa di tubi, raccordi e valvole da utilizzare nella costruzione di linee di processo e di servizio per il trasporto di fluidi industriali in pressione e per temperature massime di esercizio fino a 95° C.

La produzione del PP-H viene effettuata secondo i più alti standard di qualità e nel pieno rispetto dei vincoli ambientali stabiliti dalle leggi vigenti in materia e in conformità alla norma ISO 14001.

Tutti i prodotti sono realizzati secondo il sistema di garanzia della qualità in conformità con ISO 9001.

La famiglia dei copolimeri del polipropilene si divide ulteriormente in copolimeri casuali e copolimeri a blocchi ottenuti dalla polimerizzazione di propene ed etano.

Copolimero casuale di polipropilene (PP-R)

Il copolimero casuale di polipropilene (PP-R) si ottiene polimerizzando insieme etene e propene. Presenta unità di etene inserite in modo casuale nelle catene di polipropilene, in genere fino al 7% della massa.

PP-R è principalmente adatto per applicazioni di shock termico, dove la temperatura oscilla tra il caldo e il freddo. Per esempio, PP-R è ideale nelle applicazioni con acqua calda e fredda. Inoltre, come PP-R fornisce un'eccellente resistenza alla corrosione e offre un'alternativa ideale al tubo di rame e acciaio.

Copolimero a blocchi di polipropilene (PP-B)

Il copolimero a blocchi di polipropilene (PP-B) presenta un maggiore contenuto di etene (tra il 5 e il 15%). Ha unità di comonomero raggruppate in una sequenza regolare. Pertanto, il modello abituale rende la termoplastica più dura e meno porosa del copolimero spontaneo. Questi polimeri sono adatti ad applicazioni con requisiti di alta resistenza, come le applicazioni automobilistiche.

Polipropilene elettricamente conduttivo (PP-EL)

I PP-EL offrono più sicurezza grazie alla loro bassa infiammabilità. Inoltre, per utilizzare il polipropilene per applicazioni elettricamente conduttive, alla resina di base del polipropilene viene aggiunta della grafite. Così è assicurata l'idoneità del materiale polipropilene per l'uso in applicazioni elettricamente conduttive.

In associazione con la conduttività elettrica, PP-EL offre una protezione ottimale dal fuoco in caso di fiamme.

La tabella qui sotto potrebbe essere utile per capire le differenze tra PP-H, PP-R e PP-B.

Proprietà	Materiali		
	PP-H	PP-R	PP-B
Densità (g/cm ³)	Da 0,905 a 0,915	Da 0,900 a 0,910	Da 0,900 a 0,910
Resistenza minima richiesta – MRS (N/mm ²)	≥10	≥8	≥8
Modulo di Young (N/mm ²)	1300	1100	900
Resistenza all'urto a 23°C (KJ/m ²)	65	52	31
Durezza Shore-D	72	67	62
Temperatura di rammollimento VICAT (°C)	93	70	69
Indice di fluidità – MFR (g/10min)	0,3 ≤MFR ≤1	0,3 ≤MFR ≤1	0,3 ≤MFR ≤1

1.3.2 Polietilene (PE)

Il polietilene o politene è un materiale termoplastico semi-cristallino appartenente al gruppo delle poliolefine.

Il polietilene (PE) è la plastica più comune in uso oggi. Dal 2017, la produzione annuale di resine di polietilene supera i 100 milioni di tonnellate pari al 34% della domanda globale di materie plastiche.

I tubi a pressione PE-HD di Aliaxis sono ideali per applicazioni in tutti i settori dell'impiantistica industriale. Altri campi di applicazione principali sono il trasporto di acque reflue industriali e domestiche, il trattamento delle acque reflue e la purificazione dell'acqua negli impianti di depurazione, nonché varie applicazioni nelle piscine.

I diversi tipi di polietilene si distinguono per le proprietà meccaniche che dipendono essenzialmente dalla densità, dal grado di cristallizzazione e dal processo di fabbricazione. Il polietilene a bassa densità viene estruso usando alta pressione e alta temperatura, mentre il polietilene ad alta densità viene estruso usando bassa pressione e bassa temperatura. I gruppi principali presentano una caratteristica distintiva essenziale:

- Polietilene ad alta densità, PE-HD (densità: 0,94 - 0,965 g/cm³).
- Polietilene a media densità, PE-MD (densità: 0,93 - 0,94 g/cm³).
- Polietilene a bassa densità, PE-LD (densità: 0,9 - 0,91 g/cm³).
- Polietilene reticolato, PEX.

Si conoscono molti tipi di polietilene, la maggior parte dei quali aventi formula chimica (C₂H₄)_n. Il PE è comunemente una miscela di polimeri di etilene identici, con valori variabili di n.

Il polietilene viene prodotto mediante polimerizzazione per addizione o radicalica di monomeri di etilene (olefina). La polimerizzazione del polietilene viene effettuata da catalizzatori Ziegler-Natta e metallocenici.



L'immagine illustra come il polietilene si forma dalla sua molecola di base, l'etilene, attraverso il processo di polimerizzazione.

Proprietà del polietilene (PE)

Densità	
Metodo di prova	DIN EN 1183
Unità di misura	g/cm ³
Valore	0,95
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527, ASTM D 790
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	900
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	ASTM D256
Unità di misura	KJ/m ²
Valore	16-26
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	50
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	80
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	23
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	127
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	75
Conducibilità termica a 23°C	
Metodo di prova	EN 12664
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,38
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	20 x 10 ⁻⁵
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	ISO 4589-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	17

Proprietà		Vantaggi
Resistenza ai raggi UV e alle intemperie		Soprattutto i tubi PE-HD di colore nero sono adatti all'impiego all'esterno a lungo termine. L'uso di additivi di nerofumo evita gli effetti dell'esposizione prolungata alla luce UV intensa. Questo assicura l'idoneità del PE all'uso in un ambiente aperto.
Resistenza chimica		PE-HD ha un'ottima resistenza chimica. Grazie alla sua natura non polare, il PE-HD ha una buona resistenza all'acqua, alle soluzioni saline, agli acidi, agli alcali, agli alcoli e a molti solventi organici, anche a temperature d'esercizio elevate. La resistenza condizionata è presente con gli aromatici, il PE-HD non può essere usato con agenti ossidanti forti. La resistenza chimica dipende da molti fattori: i principali sono la temperatura d'esercizio, la durata dell'esposizione, la concentrazione e la composizione delle miscele. Contattateci per quanto riguarda la resistenza del materiale contro prodotti chimici specifici o miscele chimiche.
Proprietà termiche e meccaniche ottimali		Secondo la letteratura scientifica, il PE-HD può essere utilizzato nel campo di temperatura da - 40 °C a +60 °C; è garantito che il materiale abbia eccellenti proprietà meccaniche in una vasta gamma di applicazioni. Per quanto riguarda la capacità di carico della pressione interna dei tubi, raccordi e armature sotto l'influenza simultanea della temperatura, fare riferimento ai diagrammi PN del rispettivo materiale.
Durata nel tempo		Le resine PE-100 hanno un elevato carico di rottura circonferenziale (resistenza minima richiesta, Minimum Required Strength MRS $\geq 10,0$ MPa a 20°C) e consentono tempi di vita prolungati senza mostrare segni di deterioramento fisico-meccanico significativo. I nuovi tubi in PE-HD certificati per DIN 8075, DIN 16892 hanno una durata di esercizio di almeno 100 anni.
Resistenza all'abrasione		Il PE presenta un'ottima resistenza all'abrasione. Mostra un'alta resistenza all'abrasione in caso di sollecitazioni meccaniche, specialmente nei confronti dell'attrito. Il PE ha meno probabilità di corrodersi nei tubi esposti ed interrati. Così, assicura costi di esercizio estremamente bassi grazie alla sua lunga durata di servizio.
Modalità di frattura		Generalmente, il PE è caratterizzato da una modalità di frattura fragile, con innesco della propagazione lenta della crepa (SCG) attraverso la parete del tubo. Queste crepe possono iniziare in corrispondenza di difetti microscopici che aumentano le sollecitazioni, connaturate al prodotto base del tubo o, più probabilmente, da difetti. Tuttavia, nel corso degli anni, il PE si è evoluto e ora fornisce una notevole combinazione di forza, rigidità, affidabilità e longevità in linea con le esigenze di pressione di gas e acqua a lungo termine, il carico del suolo e l'ambiente di servizio. Se questo materiale viene strappato rapidamente, si rompe in modo fragile. Tuttavia, se viene strappato gradualmente, agisce in modo duttile e può essere allungato quasi all'infinito. Negli ultimi 50 anni, lo sviluppo dei materiali in PE è stato notevole e il PE-RC ne è la prova. Esso mostra una resistenza significativa contro la propagazione lenta delle crepe, essendo un'opzione di materiale molto buona per le esigenze di applicazione a lungo termine.
Comportamento alla combustione		Il polietilene è un materiale plastico infiammabile. Se esposto a una fiamma aperta, il PE brucia e continua a bruciare senza fuliggine dopo aver rimosso la fiamma. L'indice di ossigeno è del 17%. (I materiali che bruciano meno del 21% dell'ossigeno dell'aria sono considerati infiammabili). Quando l'PE brucia si formano monossido di carbonio e acqua, soprattutto anidride carbonica.
Proprietà elettriche		Il PE-HD è un polimero idrocarburo non polare con eccellenti proprietà di isolamento. Possiede un valore di resistenza specifica di volume di $3,5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot m$. Tuttavia, poiché le cariche elettriche non possono essere dissipate, anche il PE-HD tende a caricarsi elettrostaticamente. Per questo motivo, il PE-HD non deve essere utilizzato in applicazioni con rischio di accensione e/o esplosione, oppure può essere utilizzato ma esclusivamente determinate condizioni. Per maggiori dettagli fare riferimento alle linee guida DVS 2210-1.

Designazioni del polietilene

Il continuo sviluppo e miglioramento della plastica influenza anche le sue proprietà meccaniche e le sue variabili. Queste sono soggette a costante miglioramento grazie ad anni di esperienza pratica, così come agli sforzi dei dipartimenti di ricerca dei produttori di tubi per migliorare la capacità della plastica.

I miglioramenti delle proprietà meccaniche della poliolefina usata nella costruzione di tubi di plastica coinvolgono principalmente i composti PE.

Associati ai cambiamenti delle caratteristiche dei materiali vi sono corrispondenti cambiamenti nelle designazioni dei materiali. Nella costruzione di tubi di plastica, non si fa più riferimento al PE-HD ma ai tipi PE63, PE80 e PE100.

Bisogna però notare che solo il PE100 è, di fatto, ampiamente utilizzato in questo campo. Le cifre indicano la stabilità a lungo termine del materiale, una pratica convenzionale nell'etichettatura dei materiali metallici. La stabilità a lungo termine per PE100 è calcolata come segue: $\text{rif} = 100/10 = 10 \text{ MPa} = 10 \text{ N/mm}^2$ e si applica a situazioni in cui il mezzo di scorrimento è acqua a 20°C e il periodo di carico 50 anni. Il valore MRS viene determinato analizzando prove a lungo termine su tubi in conformità con ISO 9080 e poi categorizzato in conformità con ISO 12162.

- PE63 \geq MRS 6,3,
- PE80 \geq MRS 8,0,
- PE100 \geq MRS 10,0.

Poiché il PE63 ha una minore resistenza allo scorrimento rispetto al PE80 e al PE100, ha solo applicazioni limitate nei sistemi di tubi in pressione. In termini di valori di resistenza, PE80 corrisponde in gran parte a PE-HD con parziali miglioramenti delle proprietà del materiale.

Polietilene 100 (PE-100)

Grazie alla sua maggiore resistenza, l'uso del PE100 è sempre più comune nella costruzione di tubi, specialmente nelle aree che prevedono la presenza di alta pressione. I sospetti iniziali riguardo alla saldatura sono stati dissipati, così che i produttori e gli appaltatori possono beneficiare ampiamente dei vantaggi del PE100.

Le norme e le linee guida di applicazione sono state aggiornate in modo che non vi siano più impedimenti. I nuovi tipi bimodulari di PE80 e PE100 presentano, oltre a migliori proprietà di resistenza, una maggiore resilienza rispetto al PE-HD, un perfezionamento della qualità che produce i seguenti benefici:

- una maggiore resistenza allo scorrimento a temperature più alte;
- una maggiore resistenza alla rapida propagazione delle crepe;
- ridotta suscettibilità all'intaglio.

Per quanto riguarda la durata di servizio dei tipi bimodulari, le prove a sostegno dell'ipotesi di 100 anni sono fornite dal metodo di estrapolazione standard specificato in ISO 9080.

Un altro importante fattore che determina il maggiore uso di PE100 è che può essere saldato senza limitazioni. Anche la saldatura di PE100 su componenti PE80 può essere eseguita senza limitazioni. In caso di applicazione di raccordi saldati, si deve tener conto di un carico di pressione ridotto dal tubo.

Resistenza alle crepe casuali del polietilene (PE-RC)

PE 100-RC è una resina moderna e "RC" sta per "resistenza alle crepe".

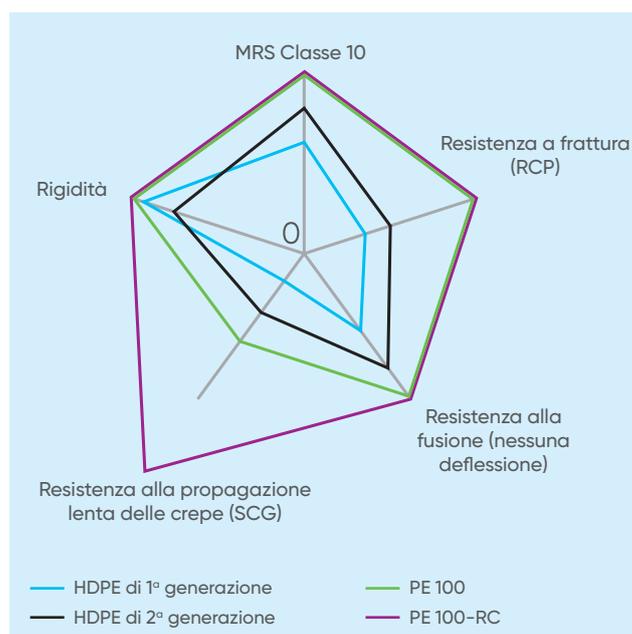
Ciò significa che il PE 100-RC è resistente alla propagazione lenta delle crepe e al carico puntuale. La figura qui sotto mostra una disparità significativa tra il PE 100-RC e le altre resine PE.

Il PE 100-RC ha anche le ben note e vantaggiose proprietà del PE 100 e si possono usare gli stessi schemi di installazione. Le caratteristiche essenziali delle resine PE sono indicate dallo stile corrispondente.

La maggiore resistenza del PE 100-RC è vantaggiosa sotto molti aspetti. Di seguito sono riportati alcuni esempi in cui il PE 100-RC è superiore alle altre varietà di PE:

- Le aree di applicazione comportano tecniche di installazione impegnative: scavi a cielo aperto senza letto di sabbia per ridurre i costi, trivellazione orizzontale controllata (TOC), relining, scoppio di tubi, ecc. sono alcuni degli esempi di applicazioni in cui l'uso del PE 100-RC sarebbe un'opzione ideale;
- Le aree di applicazione creano alcuni vincoli ai tubi: graffi esterni, rock impingement (carico puntuale), tubi sotto stress, ecc. sono alcuni degli esempi di applicazioni in cui l'uso del PE 100-RC sarebbe un'opzione ideale.

L'utilizzo del PE 100-RC non comporta solo un potenziale di risparmio dei costi, ma anche dei benefici per l'ambiente e la sostenibilità.



1.3.3 Polifluoruro di vinilidene (PVDF)

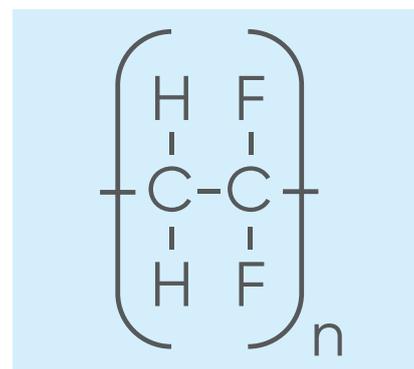
Il PVDF (polifluoruro di vinilidene) è un tecnopolimero fluorurato semi-cristallino contenente il 59% in peso di fluoro. Questo materiale viene ottenuto dalla polimerizzazione del fluoruro di vinilidene e corrisponde alla seguente formula chimica: $(C_2H_2F_2)_n$.

Vanta eccezionali caratteristiche di resistenza sia dal punto di vista meccanico che dal punto di vista fisico e chimico garantendo ottime performance di stabilità termica fino a temperature di 140° C.

Grazie all'elevata purezza e alle sue prestazioni eccezionali, il PVDF rappresenta la migliore alternativa ai materiali metallici, trovando ampio utilizzo nelle applicazioni industriali (chimico, petrolifero, farmaceutico, cellulosa e carta, elettronico etc.).

La resina PVDF è un polimero estremamente puro che non contiene stabilizzatori, plastificanti, lubrificanti o ritardanti di fiamma. Di conseguenza, è il materiale ideale per il trasporto di acqua ultra-pura e prodotti chimici, garantendo la non contaminazione del fluido trasportato. Essendo fisiologicamente atossico, è adatto al trasporto di fluidi e prodotti alimentari.

Tra le proprietà e i vantaggi più importanti del PVDF, i seguenti sono particolarmente degni di nota.



Proprietà del PVDF

Densità	
Metodo di prova	ISO 1183 - ASTM D792
Unità di misura	g/cm ³
Valore	1,78
Modulo di elasticità	
Metodo di prova	ISO 527, ASTM D 790
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	2100
Resistenza all'urto Charpy a 23°C	
Metodo di prova	ASTM D256
Unità di misura	KJ/m ²
Valore	12
Allungamento alla rottura	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	%
Valore	80
Durezza Shore	
Metodo di prova	ISO 868
Unità di misura	Shore D
Valore	78
Resistenza alla trazione	
Metodo di prova	ISO 527
Unità di misura	MPa = N/mm ²
Valore	50
Rammollimento VICAT (B/50)	
Metodo di prova	ISO 306
Unità di misura	°C
Valore	138
Temperatura di distorsione HDT (0,46 N/mm²)	
Metodo di prova	ASTM D648
Unità di misura	°C
Valore	145
Conducibilità termica a 23°C	
Metodo di prova	DIN 52612-1 - ASTM C177
Unità di misura	W/(m °C)
Valore	0,19
Coefficiente di dilatazione termica lineare	
Metodo di prova	DIN 53752 - ASTM D696
Unità di misura	m/(m °C)
Valore	12 x 10 ⁻⁵
Indice limite di ossigeno	
Metodo di prova	ISO 4859-1 - ASTM D2863
Unità di misura	%
Valore	44

Proprietà	Vantaggi																			
<p>Resistenza ai raggi UV e alle intemperie</p>		<p>Il polifluoruro di vinilidene (PVDF) presenta caratteristiche di resistenza intrinseche, specialmente contro le reazioni di ossidazione dell'ozono e la degradazione UV. La stabilità chimica del carbonio e del fluoro del PVDF, così come l'interazione polimerica del PVDF durante la sua fabbricazione, porta a questa resistenza. In particolare, il materiale PVDF che stiamo usando offre un'eccellente resistenza intrinseca all'invecchiamento naturale e non richiede additivi anti-UV.</p>																		
<p>Resistenza chimica</p>		<p>L'uso della resina PVDF, garantisce una eccellente resistenza alla corrosione ed all'abrasione nel convogliamento di sostanze chimiche altamente aggressive. Il PVDF è generalmente inerte alla maggior parte di acidi e basi inorganici, acidi organici, idrocarburi aromatici e alifatici, alcoli e solventi alogenati. Tuttavia, se ne sconsiglia l'uso con ammine, chetoni, alcali forti (ad esempio soda caustica) e oleum (acido solforico con anidride solforica). Contattateci per quanto riguarda la resistenza del materiale contro prodotti chimici specifici o miscele chimiche.</p>																		
<p>Proprietà termiche e meccaniche ottimali</p>		<p>Il PVDF mantiene inalterate le sue caratteristiche in un campo di temperatura compreso tra -40°C e +140°C. Il sistema di tubazioni in PVDF risulta particolarmente indicato in tutte le applicazioni ove siano richieste elevate temperature di impiego, ridottissimi livelli di contaminazione dei fluidi ed elevata resistenza all'invecchiamento da agenti atmosferici e radiazioni UV. Le ottime caratteristiche meccaniche del materiale rimangono inalterate anche ad alte temperature.</p>																		
<p>Durata nel tempo</p>		<p>Le resine PVDF hanno un enorme carico di rottura circonferenziale (resistenza minima richiesta, Minimum Required Strength MRS ≥ 25 MPa a 20°C) e consentono tempi di vita prolungati senza mostrare segni di deterioramento fisico-meccanico significativo. Inoltre, i fluoropolimeri presentano generalmente una maggiore stabilità termica rispetto alle loro controparti idrocarburiche. Questa stabilità è dovuta all'alta elettronegatività dell'atomo di fluoro e quindi all'alta energia di dissociazione del legame C-F. Il PVDF ha un'eccellente resistenza all'invecchiamento termico nel tempo fino a una temperatura di 150°C.</p>																		
<p>Resistenza all'abrasione</p>		<p>Secondo il Taber Abrasion Test (nel quale la perdita di peso di un materiale è misurata dopo essere esposto all'attrito di una ruota abrasiva per 1000 cicli), il PVDF è il materiale con migliore resistenza rispetto a tutti i termoplastici (CS-10 Carico 1Kg - Perdita di Peso / 1000 Cicli = 5-10 mg.) L'immagine qui sotto mostra chiaramente l'alta capacità di resistenza all'abrasione del PVDF rispetto ad altri materiali. Il PVDF mostra solo 7,5 mg di perdita di materiale per 1000 cicli, mentre tutti gli altri materiali subiscono enormi danni.</p> <div data-bbox="863 1039 1493 1563"> <p style="text-align: center;">Plastica e metallo a confronto - Resistenza all'abrasione</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiale</th> <th>Perdita di peso in mg/1000 cicli</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PTFE</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>ABS</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Acciaio inox AISI 304</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>PS</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>ECTFE</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>PP-H</td> <td>17,5</td> </tr> <tr> <td>PVC-U / PVC-C</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>PVDF</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">Taber test, abrasimetro CS-10, 1Kg</p> </div>	Materiale	Perdita di peso in mg/1000 cicli	PTFE	750	ABS	70	Acciaio inox AISI 304	50	PS	45	ECTFE	13	PP-H	17,5	PVC-U / PVC-C	16	PVDF	7,5
Materiale	Perdita di peso in mg/1000 cicli																			
PTFE	750																			
ABS	70																			
Acciaio inox AISI 304	50																			
PS	45																			
ECTFE	13																			
PP-H	17,5																			
PVC-U / PVC-C	16																			
PVDF	7,5																			
<p>Modalità di frattura</p>		<p>I tubi in PVDF sotto pressione costante ad alta temperatura mostrano due distinte modalità di frattura. A causa della localizzazione della deformazione e dello sviluppo di una bolla, i tubi collassano in modo duttile sotto una tensione tangenziale media maggiore di un valore critico (σ_{χ}). Il PVDF mostra un diverso comportamento di cedimento in presenza di una tensione tangenziale media inferiore a un valore critico (σ_{χ}). La propagazione graduale e localizzata di una crepa molto piccola attraverso la parete del tubo caratterizza questo regime. Si indica spesso come "fragile" poiché non viene rilevata alcuna deformazione plastica macroscopica vicino alla zona di frattura.</p>																		
<p>Comportamento alla combustione</p>		<p>Le resine PVDF garantiscono un'eccellente resistenza al fuoco senza bisogno di ritardanti di fiamma. Il suo indice di ossigeno è del 44% (indice limite di ossigeno, LOI = 44%). Poiché l'aria comune contiene circa il 21% di ossigeno, un materiale il cui indice di ossigeno è sensibilmente maggiore di 21 è considerato resistente alla fiamma perché brucia solo in un'atmosfera arricchita di ossigeno. In caso di combustione, le emissioni di fumo sono moderate. Le resine PVDF sono classificate UL-94, classe V-O.</p>																		
<p>Proprietà elettriche</p>		<p>Il PVDF è un materiale non conduttivo, come tutte le altre termoplastiche non modificate. Nei sistemi PVDF, questo suggerisce che non si verifica alcuna corrosione elettrochimica. Tuttavia, questo comportamento non conduttivo può portare alla formazione di cariche elettrostatiche. In ambienti in cui possono esserci gas esplosivi, bisogna prestare particolare attenzione. Inoltre, possiede un valore di resistenza specifica di volume superiore a $10^{12} \Omega \cdot m$. Contattateci in caso di aiuto nella scelta del materiale corretto per l'installazione delle tubazioni.</p>																		

1.4 Gomma

La gomma è un polimero organico (tipicamente cis-1,4-poliisoprene) di isoprene. È un polimero idrocarburico presente nella linfa di diverse piante e può anche essere sviluppato sinteticamente come lattice lattiginoso.

In base al metodo di produzione/derivazione, le gomme possono essere classificate in due tipi

- Gomma naturale.
- Gomma sintetica.

Gomma naturale

La gomma naturale è un elastomero e un materiale termoplastico. Una volta vulcanizzata, la gomma diventa un termoindurente. La maggior parte della gomma nell'uso quotidiano è vulcanizzata a un punto in cui condivide le proprietà di entrambi.

La gomma naturale si ottiene dalla linfa di lattice degli alberi che è un materiale elastico. Le molecole di gomma presenti in questi tubi di lattice sono composte da 5 atomi di carbonio e 8 di idrogeno. Queste molecole di gomma sono unite tra loro a formare una lunga struttura a catena. Questa catena di molecole di gomma è chiamata polimero che conferisce alla gomma la sua proprietà di elasticità.

La gomma naturale ha anche una piccola percentuale (circa il 5%) di altri componenti, come grassi, acidi grassi, resine e prodotti inorganici (sali).

Le proprietà finali di un articolo in gomma dipendono non solo dal polimero, ma anche da modificatori e riempitivi, come il nerofumo, surrogato di caucciù, bianchetto e altri.

Gomma sintetica

La gomma sintetica è una gomma che può essere prodotta artificialmente. È possibile descrivere un elastomero come una sostanza che possiede la proprietà dell'elasticità. Così, la gomma sintetica è il tipo di gomma fabbricata a partire da sostanze chimiche per sostituire la gomma naturale. Ci sono diversi tipi di polimeri utilizzati per produrre forme di gomma sintetica. Di conseguenza, gomme sintetiche diverse hanno proprietà diverse che vengono adattate alle diverse esigenze dei settori dei prodotti in gomma.

Di seguito sono riportati alcuni dei tipi più comuni di gomme sintetiche che vengono utilizzati nei diversi settori industriali:

- Policloroprene (CR).
- Stirene-Butadiene (SBR).
- Elastomero etilene propilene (EPDM).
- Acrilonitrile butadiene (NBR).
- Polisilossano (SI).
- Fluoroelastomero (FKM).
- Perfluoroelastomero (FFKM).
- Polietilene clorosolfonato (CSM).

In Aliaxis, stiamo usando principalmente i seguenti due tipi di gomma:

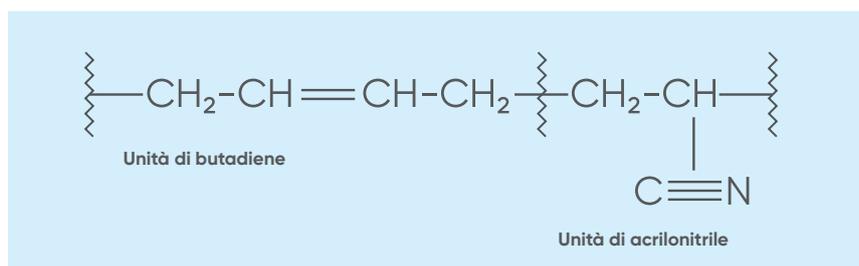
- Elastomero etilene propilene (EPDM).
- Fluoroelastomero (FKM).

Inoltre, offriamo anche Perfluoroelastomero (FFKM) che può essere utilizzato sulle nostre valvole industriali su richiesta per coprire specifiche esigenze di processo industriale. Alcuni dei nostri giunti STRAUB utilizzano l'acrilonitrile butadiene (NBR) come materiale della guarnizione.

1.4.1 Acrilnitrile butadiene (NBR)

La gomma acrilnitrile-butadiene è una gomma sintetica derivata dall'acrilnitrile (ACN) e dal butadiene. L'NBR contiene gruppi nitrilici polari laterali sulla spina dorsale del polimero. Questi non interagiscono in alcuna misura con i liquidi non polari come la benzina, l'olio e i lubrificanti, e quindi il materiale non tende a gonfiarsi in questi fluidi. Pertanto, la gomma acrilnitrile-butadiene si distingue dalle altre gomme per la sua resistenza ai fluidi. Maggiore è la percentuale di acrilnitrile presente nella gomma, migliore è la sua resistenza alle sostanze chimiche come gli oli minerali e i carburanti e all'acqua calda. Tra i vantaggi dell'NBR spiccano il buon profilo di prestazioni meccaniche e la bassa permeabilità ai gas.

La gomma nitrilica non produce scintille grazie alla sua bassa carica statica, quindi è comunemente usata per tubi idraulici, linee di carburante, guarnizioni e O-ring in macchine lubrificate a olio. Un'altra importante area di utilizzo è la prospezione di petrolio e gas. L'NBR è usato principalmente come materiale per guarnizioni in applicazioni industriali.



L'immagine mostra la struttura chimica dell'NBR.

Vantaggi dell'NBR

- Offre una buona resistenza chimica a oli minerali, carburanti, lubrificanti, alcoli e grassi e oli vegetali e animali.
- Gamma di applicazioni termiche, a seconda della formulazione del composto: da -50 a +100°C.
- Buone proprietà meccaniche.
- Buona conducibilità elettrica grazie alla sua polarità.

Applicazioni dell'NBR

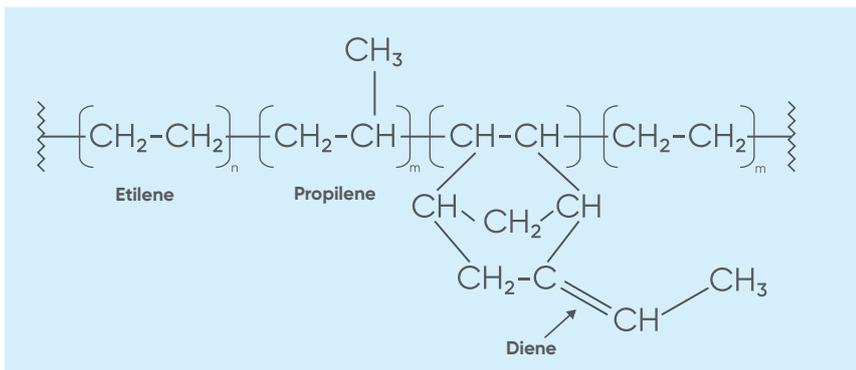
- Guarnizioni e O-ring.
- Guarnizioni.
- Settori dell'industria automobilistica.
- L'NBR è usato come materiale di base per guanti da laboratorio e chirurgici e per l'impermeabilizzazione chimica dei tessuti.

1.4.2 Etilene Propilene Diene Monomero (EPDM)

La gomma EPDM o elastomero etilene propilene è uno dei tipi più popolari di gomma sintetica. La gomma EPDM è un elastomero, una gomma ad alta densità con una grande varietà di usi ed è molto resistente. È composta da etilene, propilene e un comonomero diene che permette la reticolazione attraverso la vulcanizzazione dello zolfo.

È un materiale semi-cristallino con strutture cristalline di tipo etilenico in presenza di contenuti di etilene più elevati, e diventa essenzialmente amorfo a contenuti di etilene che si avvicinano al 50 wt%.

Alcune caratteristiche intrinseche di questa gomma la rendono particolarmente adatta all'isolamento elettrico, alle guarnizioni e alla laminazione. Le odierne tecnologie di polimerizzazione e di catalizzazione offrono l'opportunità di sviluppare la gomma EPDM per soddisfare criteri precisi e complessi di produzione e lavorazione.



Vantaggi della gomma EPDM

- La gomma EPDM ha un'eccezionale resistenza all'ossidazione atmosferica, che la rende resistente al sole, all'ozono e alle temperature estreme.
- Presenta un'ottima resistenza alla maggior parte dei prodotti chimici a base d'acqua e ai fluidi alcalini.
- Anche la tolleranza della gomma EPDM agli abrasivi e allo strappo è buona.
- Ha una buona resistività elettrica.
- La gomma EPDM è anche resistente ai solventi polari come acqua, acidi, alcali, esteri fosforici.
- Si dimostra eccezionalmente flessibile alle alte e alle basse temperature. La gomma EPDM può essere utilizzata in un campo di temperatura da -50°C a $+120^{\circ}/150^{\circ}\text{C}$, a seconda del sistema di polimerizzazione.

Applicazioni dell'EPDM

Poiché la gomma EPDM non si crepa in ambiente esterno, è comunemente usata negli edifici e nell'industria automobilistica per le guarnizioni. Altre applicazioni comprendono i tubi vapore, le guarnizioni resistenti alle alte temperature e le coperture per rulli. Le odierne tecnologie di polimerizzazione e di catalizzazione offrono l'opportunità di sviluppare la gomma EPDM per soddisfare criteri precisi e complessi di produzione e lavorazione.

Ciò ha contribuito al grande utilizzo della gomma EPDM nei seguenti settori:

- O-ring di tenuta valvola e diaframma.
- Guarnizioni per flange e collari.
- Nastri adesivi impermeabilizzanti e guarnizioni per automobili.
- Tubazioni.
- Isolamento elettrico.
- Membrane per tetti.
- Articoli meccanici in gomma.

1.4.3 Fluoroelastomero (FKM)

L'FKM (fluorocarbonio) è una gomma sintetica appartenente a una famiglia di fluoroelastomeri. Tutti gli FKM contengono fluoruro di vinilidene come monomero.

I fluoroelastomeri sono più costosi degli elastomeri di gomma costituiti da neoprene o nitrile, ma forniscono un'ulteriore resistenza al calore e agli agenti chimici. Sulla base della loro struttura chimica, del loro contenuto di fluoro o del loro meccanismo di reticolazione, gli FKM possono essere classificati in gruppi a sé stanti:

Tipo 1 Gli FKM sono composti da fluoruro di vinilidene (VDF) e esafluoropropilene (HFP). I copolimeri sono il tipo standard di FKM che mostrano una buona prestazione complessiva. Il contenuto di fluoro è di circa il 66% in peso.

Tipo 2 Gli FKM sono composti da VDF, HFP e tetrafluoroetilene (TFE). I terpolimeri hanno un contenuto di fluoro più elevato rispetto ai copolimeri (tipicamente tra il 68 e il 69% in peso di fluoro), il che si traduce in una migliore resistenza chimica e al calore. La gamma di compressione e la versatilità a bassa temperatura possono essere influenzate negativamente.

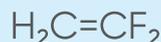
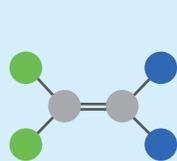
Tipo 3 Gli FKM sono composti da VDF, TFE e perfluorometilvinil etero (PMVE). L'aggiunta di PMVE fornisce una migliore flessibilità alle basse temperature rispetto ai copolimeri e ai terpolimeri. Tipicamente, il contenuto di fluoro degli FKM di tipo 3 varia dal 62 al 68% in peso.

Tipo 4 Gli FKM sono composti da propilene, TFE e VDF. Mentre la resistenza di base è aumentata negli FKM di tipo 4, le loro proprietà di rigonfiamento, specialmente negli idrocarburi, sono peggiorate. Tipicamente, hanno un contenuto di fluoro di circa il 67% in peso.

Tipo 5 Gli FKM sono composti da VDF, HFP, TFE, PMVE ed etilene. Il tipo 5 FKM è noto per la sua resistenza di base e al solfuro di idrogeno ad alte temperature.

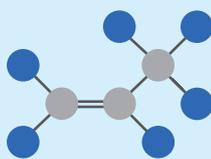
L'FKM da noi utilizzato ha un contenuto di fluoro di circa il 70%.

Come menzionato sopra, la struttura chimica di FKM è definita principalmente dalla quantità di fluoro presente.



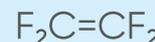
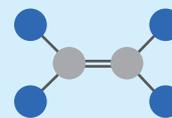
(59% di fluoro)

Vinilidenefluoruro



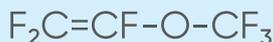
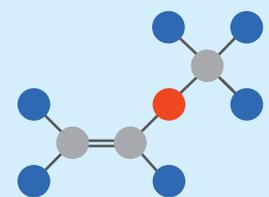
(76% di fluoro)

Esafluoropropilene



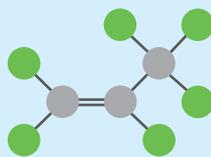
(76% di fluoro)

Tetrafluoroetilene

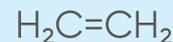
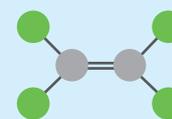


(69% di fluoro)

Etere perfluoro (metilvinilico)



Propilene



Etilene

● Carbonio ● Idrogeno ● Fluoro ● Ossigeno

L'immagine è un esempio per mostrare la struttura chimica dei diversi tipi di FKM.

Vantaggi dell'FKM

- La resistenza dei fluoroelastomeri agli attacchi chimici dell'ossidazione, degli acidi e dei carburanti è eccellente.
- La loro resistenza al vapore, al metanolo e ad altri fluidi altamente polari è minima.
- L'alto rapporto tra fluoro e idrogeno, la forza del legame carbonio-fluoro e la mancanza di insaturazione sono le ragioni dell'eccellente stabilità al calore e dell'eccellente resistenza agli oli.
- Oltre agli idrocarburi aromatici, carburanti, acidi e vapore, possono resistere a basi pesanti e chetoni.
- I fluoroelastomeri trattati con perossido hanno una resistenza intrinseca maggiore all'acqua, al vapore e agli acidi.

Applicazioni dell'FKM

Anche in condizioni estreme, l'FKM offre qualità e affidabilità a lungo termine. Di seguito, viene fornito un elenco delle sue applicazioni:

- O-ring di tenuta valvola e diaframma.
- Guarnizioni per flange e collari.
- Guarnizioni per collettori.
- Membrane dei serbatoi carburante.
- Guarnizioni antincendio.
- Guarnizioni di tenuta per impianti di alimentazione del carburante, tubo flessibile del sifone di lubrificazione del motore.

In Aliaxis, utilizziamo un fluoroelastomero a media viscosità, ad alto contenuto di fluoro (70%), polimerizzabile con perossido. Il nostro FKM presenta una resistenza superiore a un'ampia varietà di prodotti chimici, unita a un'eccellente lavorabilità e a un ottimo "compression set". La gomma FKM può essere utilizzata in un campo di temperatura da -10°C a +205°/230°C, a seconda del grado.

1.4.4 Perfluoroelastomero (FFKM)

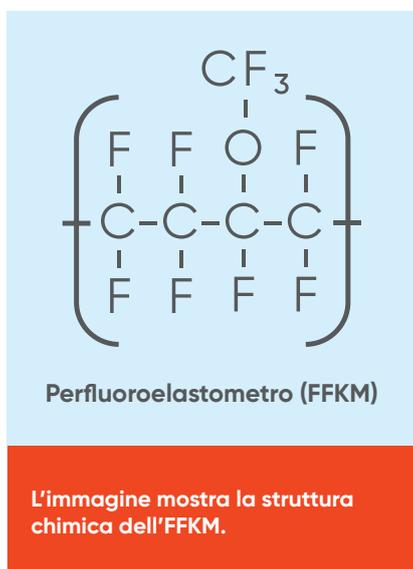
Le parti in perfluoroelastomero (FFKM/FFPM) resistono a più di 1.800 prodotti chimici diversi, compresi l'acido nitrico concentrato, l'idrossido di sodio, la diammina etilenica e il vapore, offrendo al contempo la stabilità alle alte temperature del PTFE (327°C).

Componenti FFKM vengono utilizzati nella lavorazione di prodotti chimici con reazioni violente, nella produzione dei wafer dei semiconduttori, in farmacia, nel recupero di petrolio e gas e nelle applicazioni aerospaziali.

Le prestazioni a lungo termine e comprovate dei componenti FFKM implicano sostituzioni meno frequenti di guarnizioni, riduzione delle riparazioni e delle ispezioni, un incremento dell'uptime dei processi e delle apparecchiature per una maggiore produttività e resa.

In Aliaxis, utilizziamo il prodotto FFKM nel caso in cui il nostro cliente richieda un processo rigoroso e specifico.

Le prestazioni dei nostri FFKM sono più costanti, il che si traduce in una riduzione delle richieste di sostituzione delle guarnizioni, delle riparazioni e delle ispezioni e il tempo di uptime dei processi e delle apparecchiature si allunga, massimizzando la produttività e la resa.



Vantaggi dell'FFKM

- Resistente a più di 1.800 prodotti chimici diversi.
- Resistenza alle alte temperature fino a 327°C.
- Guarnizioni mantenute integre.
- Riduzione dei costi operativi e di manutenzione.
- Lunga durata di servizio.
- Soddisfa gli standard di sicurezza dell'industria farmaceutica e della trasformazione alimentare.
- Disponibile in mescole standard e speciali per applicazioni personalizzate.

Applicazioni dell'FFKM

- Guarnizioni e O-ring in valvole, pompe, reattori e giunti flangiati.
- Sistemi di guarnizioni premistoppa.
- Componenti altamente performanti per il settore aerospaziale, petrolio e gas, trasporto e trattamento chimico.

1.5 Politetrafluoroetilene (PTFE)

Il politetrafluoroetilene (PTFE) è un fluoro polimero caratterizzato da un alto peso molecolare e da una resistenza chimica quasi totale ai reattivi e ai solventi.

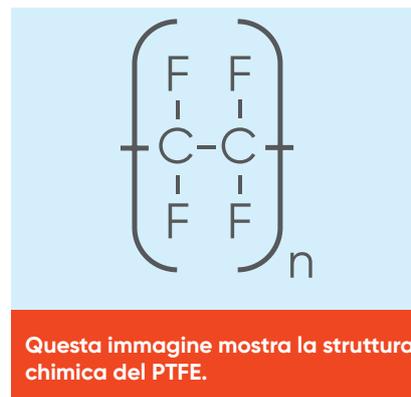
Il PTFE è un materiale infiammabile con una stabilità termica estremamente elevata, possiede una resistenza straordinariamente elevata e proprietà di flessibilità anche a basse temperature.

Grazie alle caratteristiche autolubrificanti e di resistenza agli urti, i polimeri di politetrafluoroetilene, con i nomi commerciali Teflon[®], Fluon[®], Argoflon[®] o altri, sono impiegati con successo da molti anni nelle applicazioni industriali per la fabbricazione di componenti di tenuta, cuscinetti, anelli di bloccaggio e ingranaggi.

Tra le resine termoplastiche, il PTFE permette di raggiungere le temperature di esercizio più alte, dato che può essere comunemente usato a temperature di lavoro da 250 °C a 260 °C.

Grazie alla loro straordinaria inerzia chimica, i polimeri e i copolimeri di PTFE sono anche largamente impiegati come rivestimenti di tubazioni, serbatoi e apparecchiature di processo nell'industria chimica.

Il PTFE è composto da una catena di carbonio in cui ogni atomo di carbonio ha attaccati due atomi di fluoro. La catena di carbonio è circondata da questi atomi di fluoro, che producono una molecola spessa con legami carbonio-fluoro molto stretti e una struttura polimerica che rende la maggior parte delle sostanze chimiche inerti con il PTFE.



Proprietà del PTFE

- Non è reattivo, in parte grazie alla forza dei legami carbonio-fluoro, e quindi viene usato anche per prodotti chimici reattivi e corrosivi in contenitori e tubazioni.
- Se usato come lubrificante, il PTFE elimina l'attrito, l'usura e il consumo di energia. Nelle operazioni chirurgiche, è ampiamente utilizzato come materiale da innesto.
- Il PTFE è anche usato come materiale per le guarnizioni nei settori industriali in cui è richiesta una buona resistenza ai prodotti chimici aggressivi, come i prodotti farmaceutici o nella produzione chimica, grazie alle sue proprietà chimiche e termiche superiori.
- Il PTFE possiede un'eccellente proprietà di isolamento elettrico.
- È un materiale non adesivo e resistente all'acqua.
- Ampia resistenza alle temperature estreme (da -30 °C a +260 °C).
- Ha il più basso coefficiente di attrito di qualsiasi solido.

Applicazioni del PTFE

Il PTFE è un materiale chimicamente inerte e la sua ampia tolleranza alle temperature di esercizio lavoro lo rende una buona alternativa in molte applicazioni industriali. Di seguito sono riportate alcune delle aree di applicazione del PTFE:

- Membrana delle valvole o guarnizioni di tenuta della sfera.
- Nastro industriale per terminali filettati.
- Rivestimento dei componenti delle apparecchiature per la trasformazione delle sostanze chimiche (pompe, valvole, attuatore).
- Strato interno delle tubazioni.
- Guarnizioni.

1.6 Resine, composti e additivi

1.6.1 Resine

Con il termine resina si intende qualsiasi polimero che costituisce il materiale di base per una plastica, di solito è una miscela di composti organici.

Le resine vengono create con il processo di cracking: in questa operazione si utilizza il calore per rompere gli idrocarburi.

Ovviamente, la temperatura utilizzata durante il processo di cracking è ampiamente responsabile della quantità finale e dei tipi di idrocarburi.

Una volta terminato il cracking, i diversi composti creati vanno a formare una catena chiamata polimero. Creare diverse catene e polimeri è ciò che permette di ottenere plastiche con diverse caratteristiche che possono essere utilizzate in diverse applicazioni.



1.6.2 Composti

Il composto è una miscela di un polimero termoplastico con altri additivi o ingredienti.

Affinché un polimero sia usato per creare quello che conosciamo come prodotto plastico finale, deve prima essere composto. Il termine "compoundazione" suggerisce che è la combinazione di additivi con un polimero a migliorare le proprietà del polimero.

Il polimero è generalmente in forma di polvere, microsfera o pellet all'inizio della fase di compoundazione, sebbene possa anche essere una soluzione, una colata o una sospensione. La conversione della massa fusa in granuli costituisce la fase finale del processo.

Lo sviluppo di un composto è caratterizzato da tre fasi:

- miscelazione: mettere insieme i diversi ingredienti.
- compoundazione: una miscela grossolana di materiali viene mescolata e trasformata in una pasta o in una colata.
- granulazione: il materiale miscelato viene modellato in modo da poter essere tagliato in granuli.



1.6.3 Additivi

Senza miscelare additivi nel polimero, non è possibile produrre un composto. Per alterare le proprietà del materiale, è necessario un additivo che lo renda più forte, più durevole, più economico oppure utilizzato per evitare la degradazione del polimero.

Esistono die classi di additivi: additivi modificanti e additivi protettivi.

Come suggerisce il nome, gli additivi modificanti modificano le proprietà fisiche del polimero. Gli additivi modificanti includono:

- plastificanti;
- riempitivi;
- estensori;
- prodotti chimici (agenti reticolanti, modificatori di impatto, agenti rigonfianti);
- pigmenti.

Come suggerisce il nome, gli additivi protettivi vengono usati per proteggere il polimero dalla degradazione. Gli additivi protettivi includono:

- antiossidanti;
- stabilizzanti termici;
- stabilizzanti UV;
- lubrificanti (interni ed esterni);
- coadiuvanti di lavorazione.

1.7 Prove sui materiali

Nel ciclo di vita di un polimero, dalla materia prima al composto fino al componente semilavorato e finito, le prove condotte rivestono un ruolo fondamentale. Le prove aiutano a valutare se il materiale è sufficiente in termini di caratteristiche generali e quindi ci permettono di passarlo alla fase successiva verso il prodotto finale. La qualità è il risultato sia del processo che del materiale. Se c'è un difetto nel materiale che viene incorporato nel prodotto, allora il prodotto può essere difettoso. Per garantire una qualità eccellente in ogni prodotto in uscita da Aliaxis, ci affidiamo a diversi metodi di prova. Di seguito sono riportati i metodi di prova tipici che eseguiamo sulle materie prime delle nostre gamme di prodotti industriali.

1.7.1 Prova d'urto

Le prove d'urto vengono utilizzate per studiare la tenacità del materiale. La tenacità di un materiale è un fattore della sua capacità di assorbire energia durante la deformazione plastica. I materiali fragili hanno una bassa tenacità a causa della piccola quantità di deformazione plastica che possono sopportare. Il valore di resistenza all'urto di un materiale può anche cambiare con la temperatura. Generalmente, a temperature più basse, l'energia d'urto di un materiale diminuisce.

Tipi di prova

Vi sono fondamentalmente due tipi di prova d'urto: a pendolo e a caduta di peso. Il metodo di prova del pendolo è adatto per le prove d'urto di materiali plastici, mentre il peso di caduta è pensato per gli acciai.

Izod, Charpy e l'urto in trazione sono le prove più comuni del tipo di prova con pendolo.

Le prove d'urto Charpy, Izod e di urto in trazione sono metodi comuni per valutare la forza d'urto o la tenacità di un materiale. In altre parole, la quantità totale di energia che un materiale può assorbire viene determinata da questi esperimenti.

Questo assorbimento di energia è strettamente legato alla fragilità del materiale. I materiali fragili tendono ad avere tassi di assorbimento più bassi rispetto ai materiali duttili.

È importante considerare le proprietà di assorbimento di energia di un materiale, in quanto prevede quanta deformazione plastica il materiale può sopportare prima di un cedimento catastrofico. Anche le somiglianze e le differenze tra questi due popolari metodi di prova d'urto sono fattori importanti da considerare.

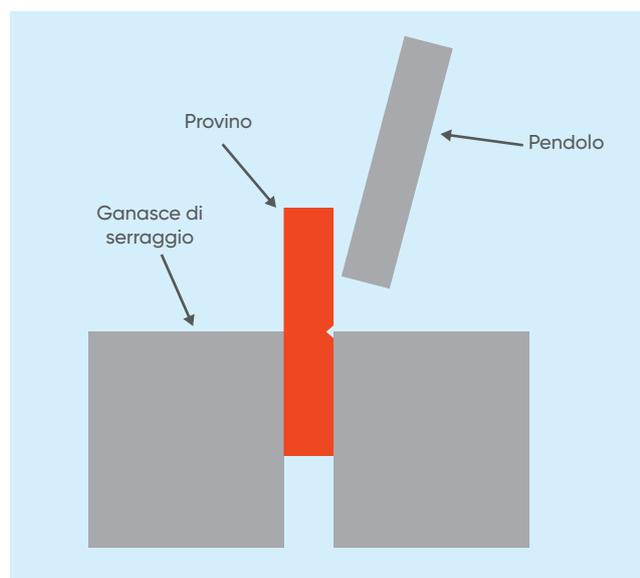
Metodi di prova del tipo con pendolo

Prova d'urto di Izod

La prova deve il suo nome all'ingegnere inglese Edwin Gilbert Izod (1876-1946) che la descrisse nel 1903. La prova d'urto di Izod è un metodo standard approvato dall'ASTM per la determinazione della tenacità all'intaglio di un materiale. Un braccio girevole viene sollevato (energia potenziale costante) ad una certa altezza e poi rilasciato. Il braccio oscilla verso il basso colpendo un provino dotato di un intaglio, portandolo a rottura. L'energia assorbita dal provino durante l'urto (e quindi la sua tenacità) viene calcolata a partire dall'altezza massima che raggiunge il braccio dopo l'urto. Per valutare l'energia d'urto e la sensibilità dell'intaglio, di solito si usa un provino dotato di un intaglio.

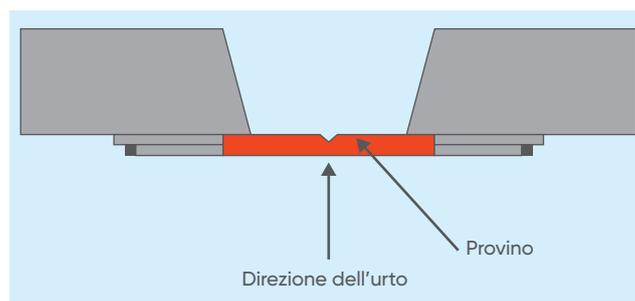
La configurazione dell'attrezzatura di prova e del provino è molto simile a quella utilizzata per la prova di Charpy, con alcune variazioni degne di nota, compreso l'orientamento del provino, bloccato verticalmente nell'attrezzatura con l'intaglio rivolto verso il pendolo. In un'area specifica sopra l'intaglio, il pendolo urta il campione.

Una delle distinzioni chiave rispetto alla prova di Charpy è che la prova d'urto di Izod può essere effettuata sia su campioni di plastica che di metallo.



Prova d'urto di Charpy

La prova d'urto di Charpy è stata sviluppata da S.B. Russell e Georges Charpy all'inizio del XX secolo. Grazie ai contributi tecnologici e agli sforzi di standardizzazione di Charpy, la prova divenne nota come prova di Charpy all'inizio del 1900. Grazie alla relativa semplicità nella produzione di campioni e nell'acquisizione dei risultati, rimane una delle strategie di prove d'urto più popolari ad oggi. L'apparato di prova consiste in un pendolo ponderato, che viene fatto cadere da un'altezza specifica per entrare in contatto con il provino; misurando la differenza nell'altezza del pendolo prima e dopo la frattura, si può calcolare l'energia trasmessa alla sostanza.



Provino Charpy montato orizzontalmente nella macchina, con un intaglio lavorato in una delle facce. Questo intaglio, che può essere a forma di V o di U, è posizionato di fronte al pendolo e aiuta a concentrare la tensione e a facilitare la frattura. Le prove possono essere eseguite sia a temperatura ambiente che a temperature ridotte.

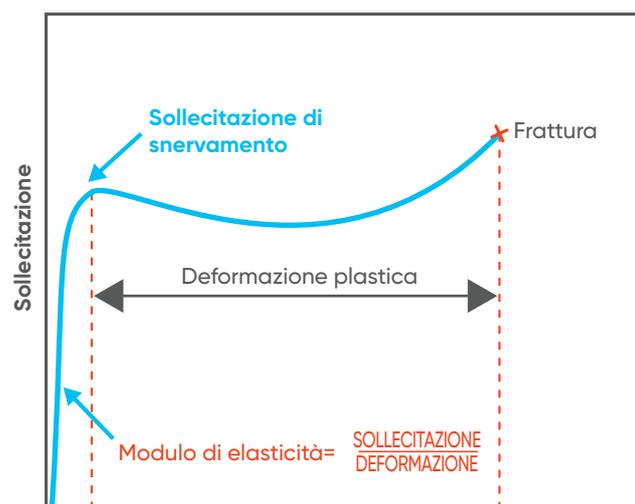
La prova d'urto di Charpy viene eseguita più comunemente sui metalli. Per la plastica e i polimeri, si applica una serie di norme di prova, tra cui ASTM D6110 e ISO 179.

Prova d'urto in trazione

Uno dei tipi più semplici e comuni di prove meccaniche è la prova d'urto in trazione. Una prova di trazione applica una forza di trazione a un materiale e misura la risposta del campione alla sollecitazione applicata. Facendo questo, possiamo determinare quanto è forte un materiale e quanto può allungarsi. Tipicamente, le prove di trazione vengono eseguite su macchine di prova elettromeccaniche o universali (UTM).

Possiamo ottenere un profilo completo delle sue proprietà di trazione testando il materiale mentre viene tirato. Questi dati hanno prodotto una curva di sollecitazione/deformazione su un grafico, che indica come il materiale ha risposto alle forze che sono state applicate. C'è infatti molto interesse per la fase di frattura o di cedimento, ma altre caratteristiche significative sono il modulo di elasticità, la resistenza allo snervamento e la deformazione.

Riportiamo di seguito i termini più importanti associati alla prova d'urto in trazione.



Carico di rottura

Una delle proprietà più importanti che possiamo determinare su un materiale è il suo carico di rottura (UTS). Ovvero la sollecitazione massima che un provino può sopportare durante la prova.

Legge di Hooke

La legge di Hooke dimostra che esiste una relazione lineare tra la forza o il carico applicato e l'allungamento esibito dal campione. In altre parole, la legge di Hooke è una legge in cui il rapporto tra la sollecitazione applicata sforzo e la deformazione è una costante, $E = \sigma/\epsilon$. Dove, E è il "Modulo di elasticità" o "Modulo di Young", σ è la sollecitazione/carico applicato, ϵ è la deformazione osservata sul materiale per il carico applicato.

Modulo di elasticità

Il modulo di elasticità è una misura della rigidità del materiale che appare solo nella regione lineare iniziale della curva. Questa regione è chiamata "regione elastica": ciò significa che all'interno di questa regione il materiale riacquisterà la sua forma originale dopo la rimozione del carico applicato.

La tabella mostra i valori del modulo di elasticità di diverse materie plastiche in conformità con ISO 527-1.

Materiale	Valore (MPa, 23°C)
PVC-U	2.700
PVC-C	2.700
ABS	2.000
PP-H	1.300
PE100	1.000
PVDF	1.900

Tensione di snervamento (resistenza allo snervamento)

La «tensione di snervamento» di un materiale è definita come il valore della tensione in corrispondenza della quale il materiale inizia a deformarsi plasticamente (in modo permanente). La regione in cui appare questo comportamento è chiamata «regione di deformazione plastica»; ciò significa che dopo aver raggiunto questa regione il materiale perde la sua capacità di riacquistare la sua forma originale anche dopo la rimozione del carico applicato.

La tabella mostra i valori di resistenza allo snervamento di diverse materie plastiche in conformità con ISO 527-1.

Materiale	Valore (MPa, 23°C)
PVC-U	54
PVC-C	53
ABS	40
PP-H	33
PE100	23
PVDF	50

1.7.2 Test di fluidità

La misurazione della fluidità testa l'indice di fluidità di massa (MFR) e l'indice di fluidità di volume (MVR) di un polimero fuso. Ad una certa temperatura e con una certa massa aggiunta, i valori sono presi in base al materiale.

Il provino per il test di fluidità è composto da:

- una canna calda ad un'estremità con uno stampo rimovibile;
- controllo della temperatura della canna;
- un pistone che dovrebbe entrare nella canna.

Indice di fluidità di massa (MFR)

Velocità di estrusione di una resina fusa attraverso uno stampo di lunghezza e diametro specificati in condizioni prescritte di temperatura, carico e posizione del pistone nel cilindro di un plastometro ad estrusione; la velocità è determinata dalla massa estrusa in un tempo specificato. L'indice MFR è espresso in unità di grammi per 10 min (g/10 min)

Indice di fluidità di volume (MVR)

Velocità di estrusione di una resina fusa attraverso uno stampo di lunghezza e diametro specificati in condizioni prescritte di temperatura, carico e posizione del pistone nel cilindro di un plastometro ad estrusione; la velocità è determinata dal volume estruso in un tempo specificato. L'indice MVR è espresso in unità di centimetri cubici per 10 min (cm³/10 min).



1.7.3 Test termico

I test termici vengono eseguiti principalmente per determinare due importanti proprietà dei materiali plastici come la temperatura di distorsione termica (HDT) e la temperatura di rammollimento VICAT.

Temperatura di distorsione (HDT)

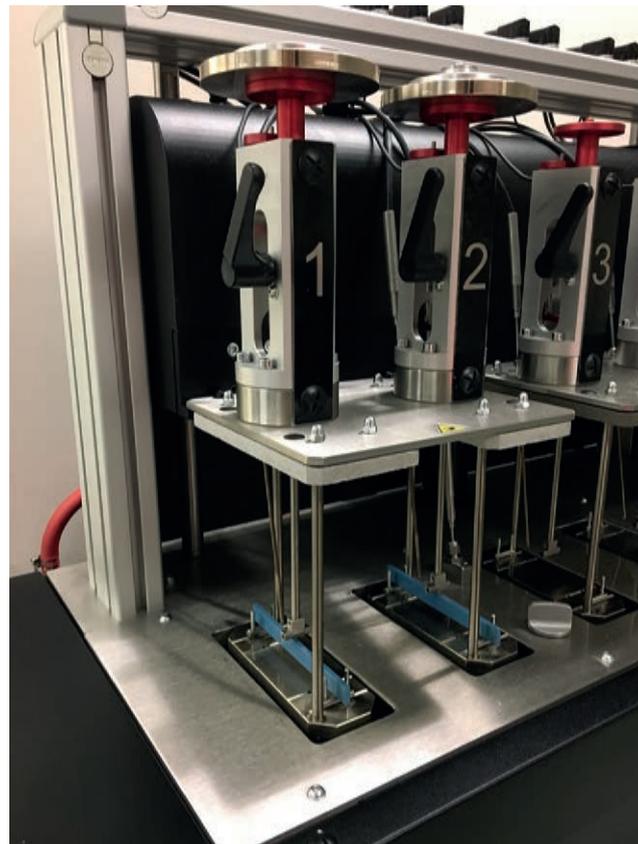
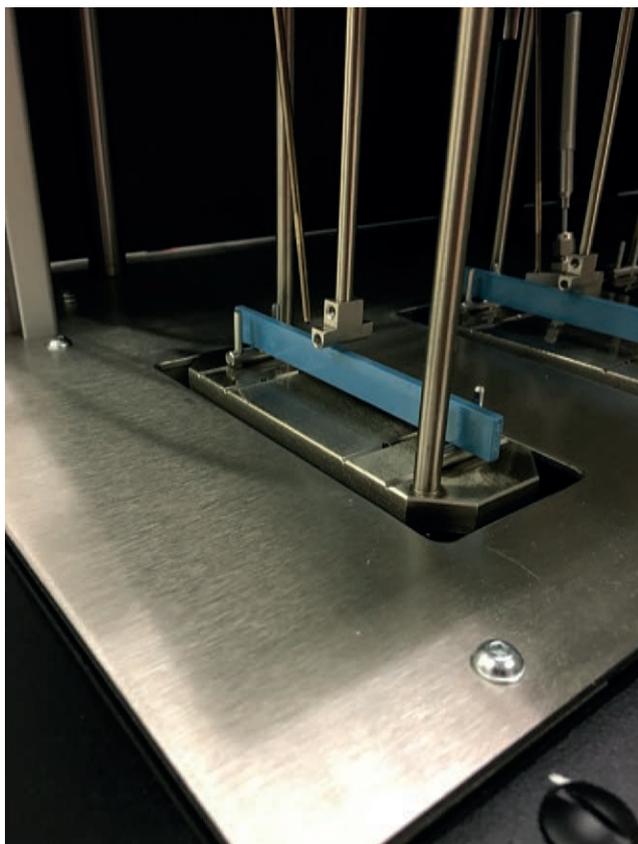
La temperatura di deflessione termica o temperatura di distorsione termica (HDT) è la temperatura alla quale un polimero o un provino di plastica si deflette sotto carico flessionale. Questa proprietà di un dato materiale plastico si applica in molti aspetti della progettazione, dell'ingegneria e della fabbricazione di prodotti che utilizzano componenti termoplastici.

La temperatura di distorsione è determinata dalla seguente procedura di prova descritta in ISO 75-2 (ASTM D648). Il provino viene caricato con una flessione su tre punti in direzione del bordo. La sollecitazione della fibra esterna utilizzata per il test è di 0,45 MPa o 1,80 MPa e la temperatura viene aumentata a 2 °C/min finché il provino non si flette di 0,25 mm.

La tabella seguente mostra i valori di temperatura di distorsione termica (HDT) di diverse materie plastiche in conformità con ISO 75-2 (ASTM D648).

I valori seguiti dalla lettera B si riferiscono a 0,45 MPa, mentre quelli seguiti dalla lettera A a 1,8 MPa.

Materiale	Valore (°C)	Max. temperatura di esercizio del sistema di tubazioni (°C)
PVC-U	74 (A)	60
PVC-C	103 (A)	95
ABS	78 (A)	60
PP-H	95-105 (B)	95
PE100	75 (B)	60
PVDF	110 (A), 145 (B)	140



Temperatura di rammollimento VICAT

Temperatura di rammollimento Vicat o Durezza Vicat è la determinazione del punto di rammollimento per materiali che non hanno un definito punto di fusione, ad esempio la plastica. Viene interpretata come la temperatura alla quale il campione viene fatto penetrare ad una profondità di 1 mm da un ago a punta piatta con una sezione trasversale circolare o quadrata di 1 mm².

Gli standard per determinare il punto di rammollimento Vicat includono ISO 306 e ASTM D 1525.

1.8 Marcatura di tubi e raccordi

Ogni componente è sottoposto a marcatura prima che il pezzo sia consegnato al cliente. La marcatura viene effettuata per una migliore comprensione dei dettagli importanti del pezzo nel modo più semplice possibile. Generalmente, durante la marcatura vengono stampate le informazioni importanti come il tipo di materiale, il nome del produttore, la pressione nominale, la dimensione, lo standard e la data di produzione.

Gli elementi di marcatura devono essere stampati o formulati direttamente sul componente, o stampati su un'etichetta, in modo tale che la leggibilità non sia compromessa dallo stoccaggio, dagli agenti atmosferici, dalla manipolazione o dall'installazione.

NOTA: il produttore non è responsabile della mancata leggibilità dell'etichettatura su un componente a causa di azioni eseguite durante l'installazione e l'uso, come la verniciatura, graffiatura o copertura, oppure l'uso di detergenti, ecc., a meno che non sia stato concordato o specificato dal produttore.

La marcatura non deve portare a crepe o altri tipi di difetti che possono influenzare negativamente le prestazioni del componente.

Quando si usa la stampa, il colore delle informazioni stampate è distinto da quello del colore di base del componente. La dimensione della marcatura deve essere tale che, senza ingrandimento, la marcatura sia leggibile.

Differenza tra marcatura ed etichettatura

Da un lato, la marcatura è formata o stampata direttamente sul componente, dall'altro, l'etichettatura viene effettuata stampando separatamente l'etichetta e poi l'etichetta stampata verrà incollata sul componente.

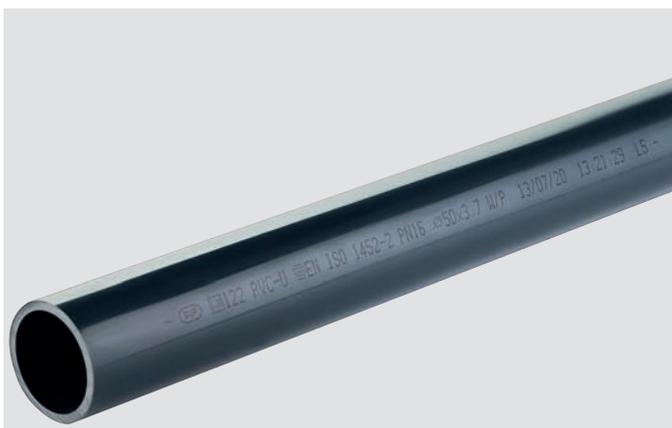
1.8.1 Requisiti minimi nella marcatura dei tubi

I tubi devono essere marcati a intervalli non superiori a 1 m, almeno una volta per tubo. Come esempio, la tabella seguente mostra la marcatura minima richiesta per i tubi fabbricati secondo la norma ISO 15493.

Informazioni	Marcatura o simbolo
Numero di questa norma internazionale	ISO 15493
Nome e/o marchio del produttore	Nome o simbolo
Diametro esterno nominale	per es. 110
Spessore nominale della parete	per es. 5,3
Tubi serie S o standard dimension ratio SDR	per es. S 10 o SDR 21
Pressione nominale PN	per es. PN 10
Materiale	per es. PVC-U
Informazioni del produttore	^a

^a Per garantire la tracciabilità, devono essere forniti i seguenti dettagli:

- il periodo di produzione (anno e mese), in cifre o in forma di codice;
- un nome o un codice per il sito di produzione se la produzione si svolge in siti diversi.



Questa immagine mostra come sarà la marcatura su un materiale per tubi PVC-U e quali informazioni saranno presenti su di esso. In generale, la marcatura su un materiale per tubi è conforme alla norma EN ISO 12201.

1.8.2 Requisiti minimi nella marcatura dei raccordi

La tabella seguente presenta i requisiti minimi di marcatura dei raccordi fabbricati secondo la norma ISO 15493.

Informazioni	Marcatura o simbolo
Numero di questa norma internazionale ^a	ISO 15493
Nome e/o marchio del produttore	Nome o simbolo
Diametro/i esterno/i nominale/i	per es. 63-32-63
Spessore nominale della parete	per es. 5,8
Tubi serie S o standard dimension ratio SDR	per es. S 10 o SDR 21
Pressione nominale PN	per es. PN 10
Dimensione nominale DN ^b	per es. DN 50
Materiale	per es. PVC-U
Informazioni del produttore	^c

^a Questa informazione deve essere indicata almeno sull'imballaggio.

^b Applicabile solo alle flange.

^c Per i raccordi con $dn > 32$ mm, devono essere forniti i seguenti dettagli per garantire la tracciabilità:

- il periodo di produzione (anno e mese), in cifre o in forma di codice;
- un nome o un codice per il sito di produzione se la produzione si svolge in siti diversi.



Questa immagine mostra la marcatura su un raccordo PVC-U.

1.8.3 Requisiti minimi nella marcatura delle valvole

Le valvole devono essere marcate secondo i requisiti di ISO 16135, ISO 16136, ISO 16137, ISO 16138, ISO 16139 o ISO 21787, a seconda del tipo di valvola.

1.9 MRS e comportamento a lungo termine

La durata pratica di un tubo esposto alla pressione interna è uno degli aspetti più significativi dei tubi di plastica. Questo attributo è chiamato comportamento a lungo termine. La temperatura e il mezzo di flusso giocano un ruolo importante quando si valuta il comportamento a lungo termine.

In Europa, la resistenza idrostatica a lungo termine dei materiali per tubazioni in plastica, nota come Minimum Required Strength (MRS), viene utilizzata per determinare la pressione nominale delle tubazioni in plastica.

Il valore MRS è determinato dall'analisi di test di tubi a lungo termine secondo le seguenti norme:

- EN ISO 15493 (UPVC, CPVC e ABS).
- EN ISO 15494 (PE, PP).
- EN ISO 10931 (PVDF).

I valori di MRS (minimo) per i materiali termoplastici utilizzati nella costruzione di sistemi di tubazioni industriali sono riportati nella tabella seguente.

Materiale	Valore MRS (MPa) Acqua, 20°C, 50 anni
PVC-U	25
PVC-C (tubo)	25
PVC-C (raccordo)	20
ABS	14
PP-H	10
PE100	10
PE80	8
PVDF	25

1.9.1 Termini associati al comportamento a lungo termine

Scorrimento: tutti i materiali termoplastici presentano la proprietà nota come scorrimento, cioè nel tempo subiscono una deformazione, anche a temperatura ambiente e in seguito a sollecitazione relativamente bassa. Dopo la rimozione del carico di sollecitazione, un materiale riacquista la sua forma originale, in base alla durata di applicazione della sollecitazione e alla sua gravità.

La deformazione in seguito alla quale il materiale può riacquistare la sua forma originale è chiamata deformazione elastica. Al contrario, se il materiale perde la sua proprietà di tornare alla forma originale è nota come deformazione plastica.

Prova materiali a lungo termine: i valori delle proprietà meccaniche del materiale plastico nella maggior parte dei casi dipendono dai seguenti tre parametri.

- Tempo.
- Temperatura.
- Sollecitazione.

Le proprietà meccaniche di un materiale, a una certa temperatura per un lungo periodo, possono essere determinate da prove a lungo termine. La prova materiali a lungo termine è una prova in cui il comportamento di rottura del materiale può essere calcolato mediante la simulazione di pressione e temperatura per un tempo di prova più lungo, specificato da ISO 1167, per diversi materiali.

97,5% limite inferiore prevedibile (LPL): Il che significa che almeno il 97,5% dei punti di dati deve trovarsi sulle curve di riferimento dei rispettivi materiali o al di sopra di esse.

1.9.2 Comportamento a lungo termine del PVC-U

Il comportamento a lungo termine del PVC-U è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Le linee di frattura sono mostrate per temperature che vanno da +20 °C a +60 °C. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5 % di tutti i punti di frattura si torva sulla curva corrispondente o sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula seguente ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita per il campo di temperatura da +20 °C a +60 °C.

Formula:

$$\log t = -164,461 - 29349,493 \times \frac{\log \sigma}{T} + 60126,534 \times \frac{1}{T} + 75,079 \times \log \sigma$$

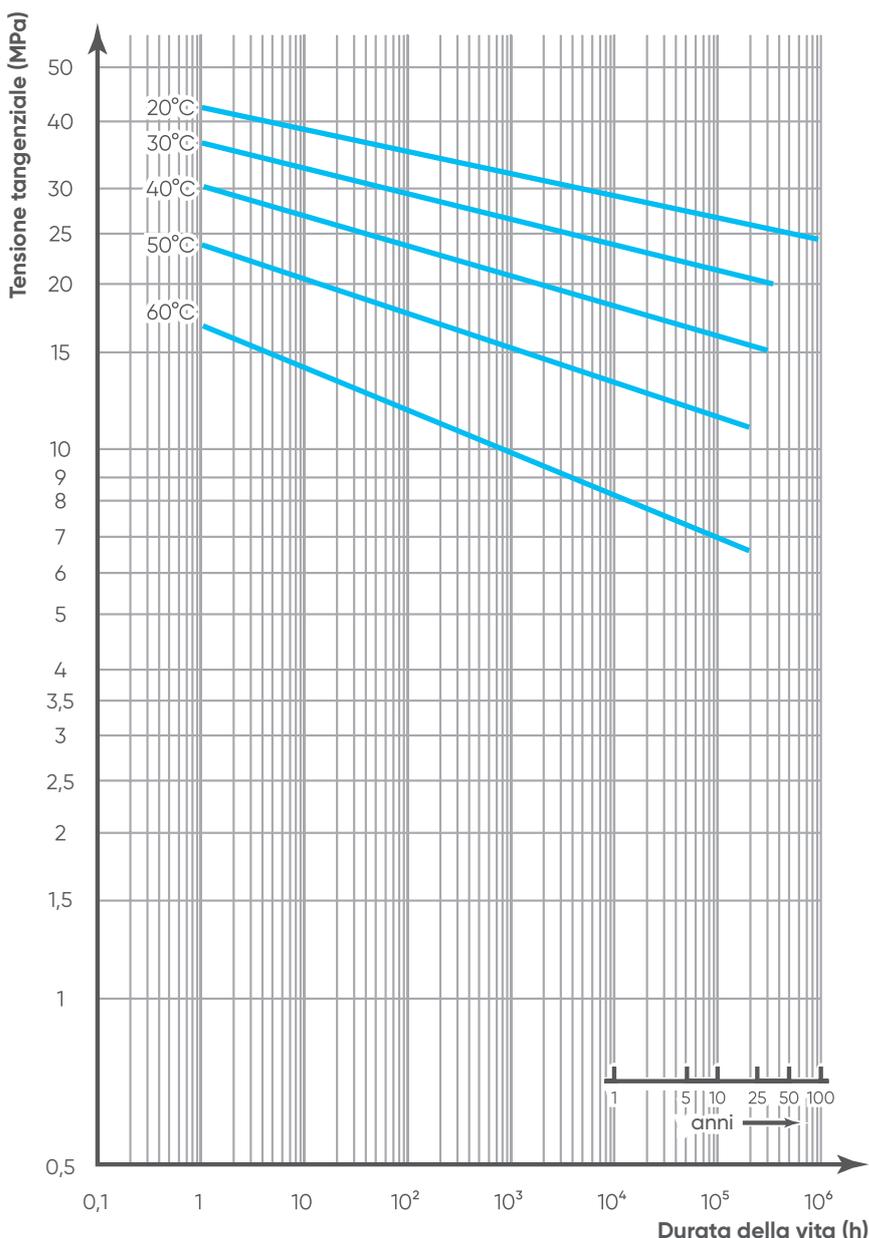
dove:

t_r = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

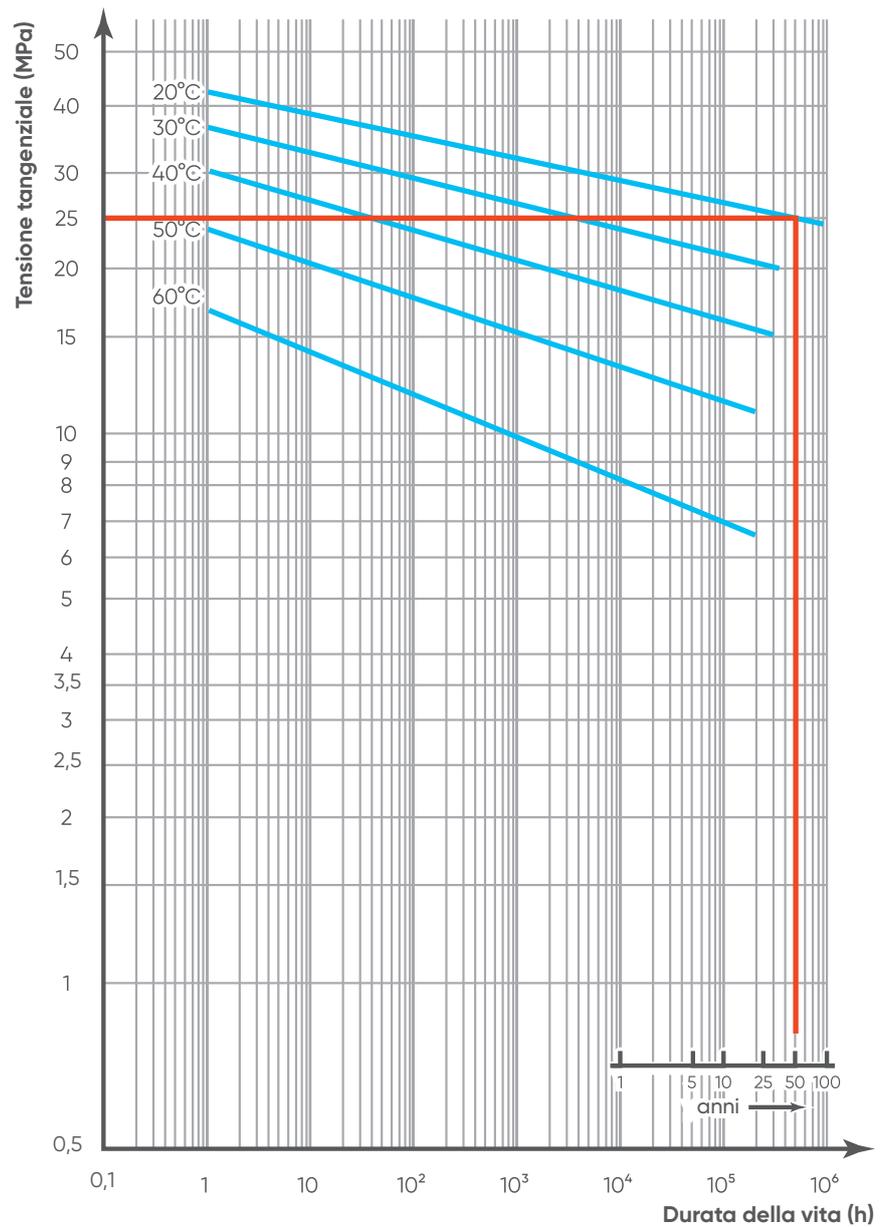
Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per PVC-U.



Esempio pratico su come leggere il grafico MRS:

1) Qual è il valore MRS del tubo PVC-U che trasporta acqua a 20°C per 50 anni di vita utile?

Guardando la curva di resistenza idrostatica per il PVC-U, a 20°C e 50 anni di vita utile, il valore MRS è di 25 MPa, come mostrato graficamente nell'immagine seguente.



Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per PVC-U.

1.9.3 Comportamento a lungo termine del PVC-C

Il comportamento a lungo termine del PVC-C è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Il diagramma mostra le linee di frattura per temperature che vanno da +10 °C a +95 °C e da +10 °C a +90 °C rispettivamente per il materiale dei tubi e dei raccordi. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5% di tutti i punti di frattura si trova sulla curva corrispondente o al di sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula seguente ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita per i materiali di tubi e raccordi nel campo di temperatura da +10 °C a +95 °C e da +10 °C a +90 °C rispettivamente.

Formula applicabile per un tubo in PVC-C (da 10 °C a 95 °C)

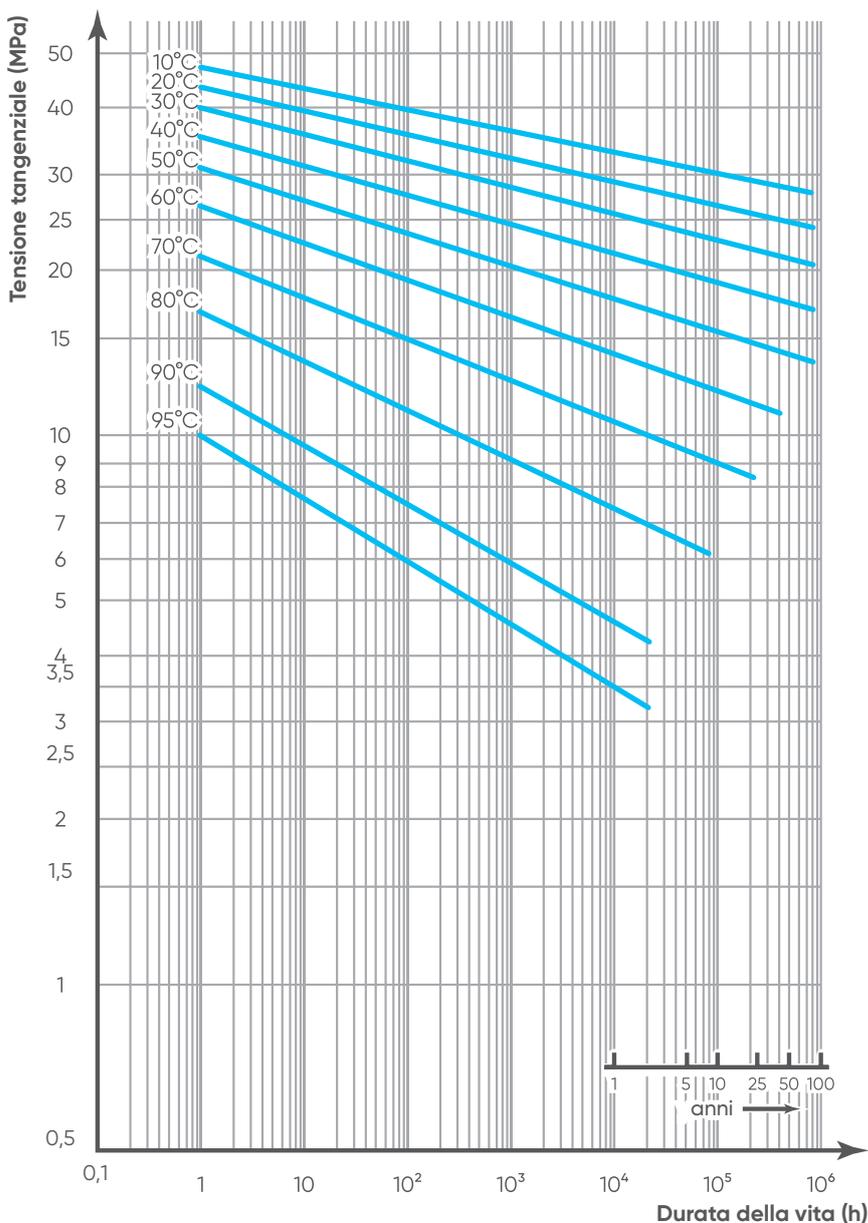
$$\log t = -109,95 - 21897,4 \times \frac{\log \sigma}{T} + 43702,87 \times \frac{1}{T} + 50,74202 \times \log \sigma$$

dove:

t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per il materiale per tubi PVC-C.



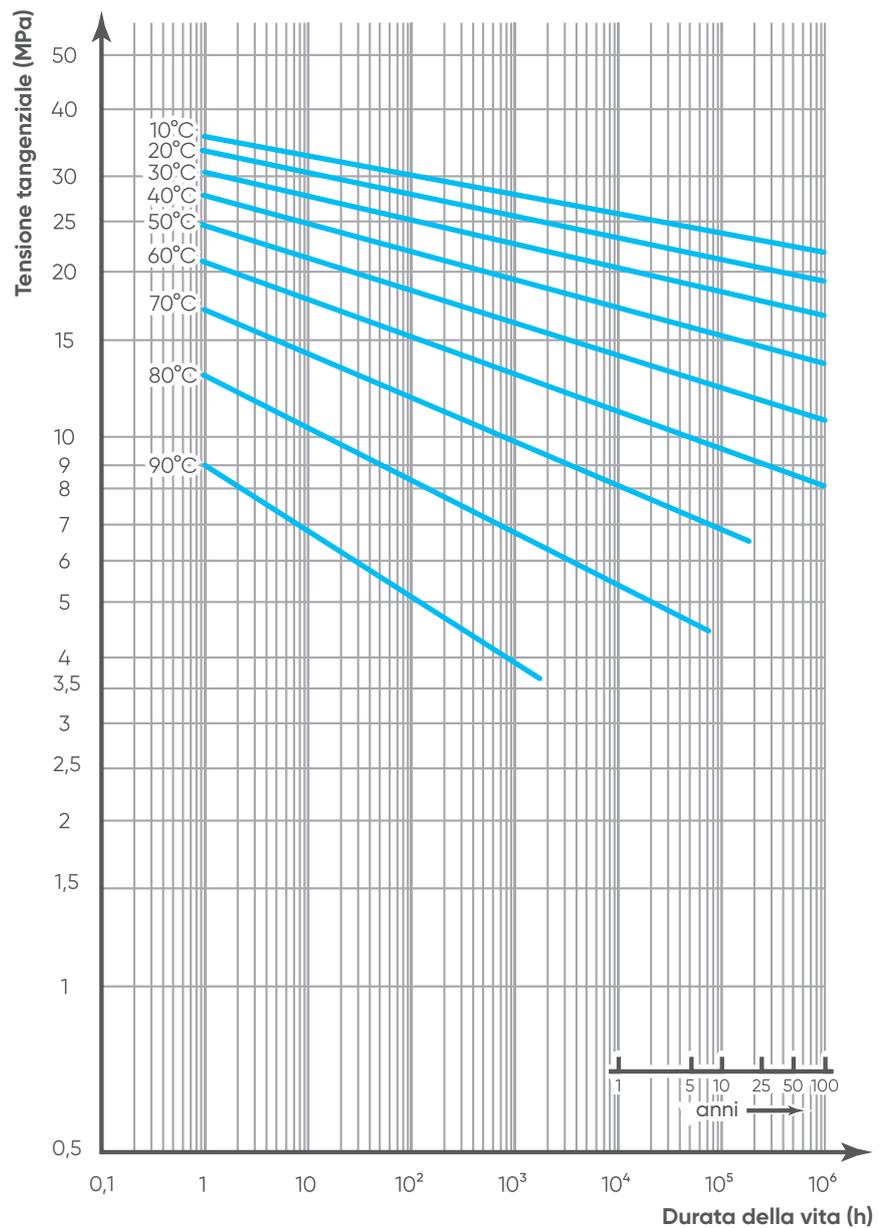
Formula applicabile per un raccordo in PVC-C (da 10 °C a 95 °C)

$$\log t = -121,699 - 25985 \times \frac{\log \sigma}{T} + 47143,18 \times 1 + 63,03511 \times \log \sigma$$

dove:

 t_r = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

 σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per il materiale per raccordi PVC-C.

1.9.4 Comportamento a lungo termine dell'ABS

Il comportamento a lungo termine dell'ABS è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Le linee di frattura sono mostrate per temperature che vanno da +10 °C a +60 °C. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5 % di tutti i punti di frattura si torva sulla curva corrispondente o sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula seguente ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita per il campo di temperatura da +10 °C a +60 °C.

Formula:

$$\log t = -154,8961 - 35935,57 \times \frac{\log \sigma}{T} + 55180,34 \times 1 + 98,73749 \times \log \sigma$$

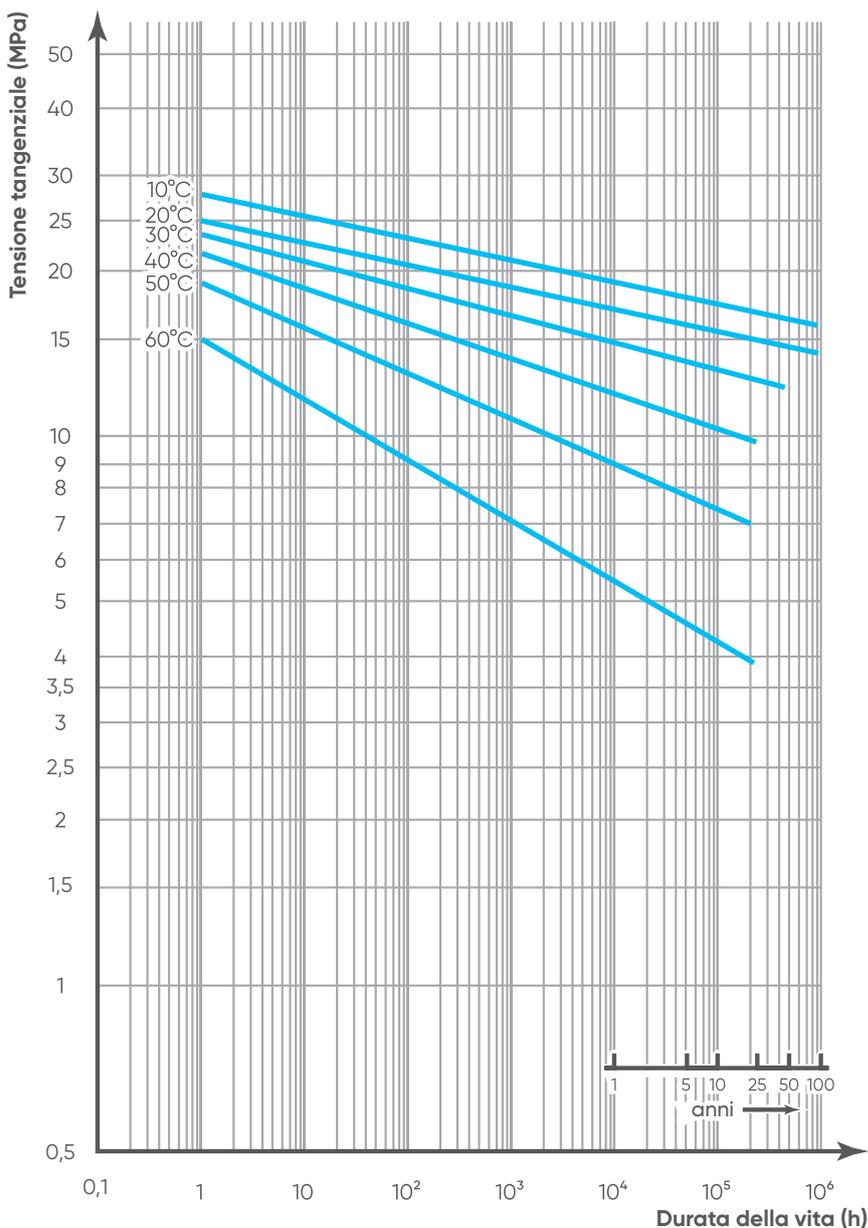
dove:

t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per ABS.



1.9.5 Comportamento a lungo termine di PP-H, PP-B e PP-R

Il comportamento a lungo termine di PP-H, PP-B e PP-R è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Le linee di frattura sono mostrate per temperature che vanno da +10 °C a +110 °C. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5 % di tutti i punti di frattura si torva sulla curva corrispondente o sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula qui sotto ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita per il campo di temperatura da +10 °C a +80 °C. Se misurazioni con periodi più lunghi vengono effettuate a 85 °C, 90 °C, 95 °C e 110 °C, a seconda dei casi, si applicano le linee tratteggiate delle curve di riferimento. Il periodo di prova più lungo deve essere dedotto dai limiti del tempo di estrapolazione specificati in ISO 9080.

Nota: usando l'acqua all'interno e l'aria all'esterno, la curva a 110 °C viene misurata separatamente; non può essere determinata usando le formule seguenti.

Formula PP-H:

Primo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +10 °C a +80 °C)

$$\log t = -46,364 - 9601,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 20381,5 \times \frac{1}{T} + 15,24 \times \log \sigma$$

Secondo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +80 °C a +110 °C)

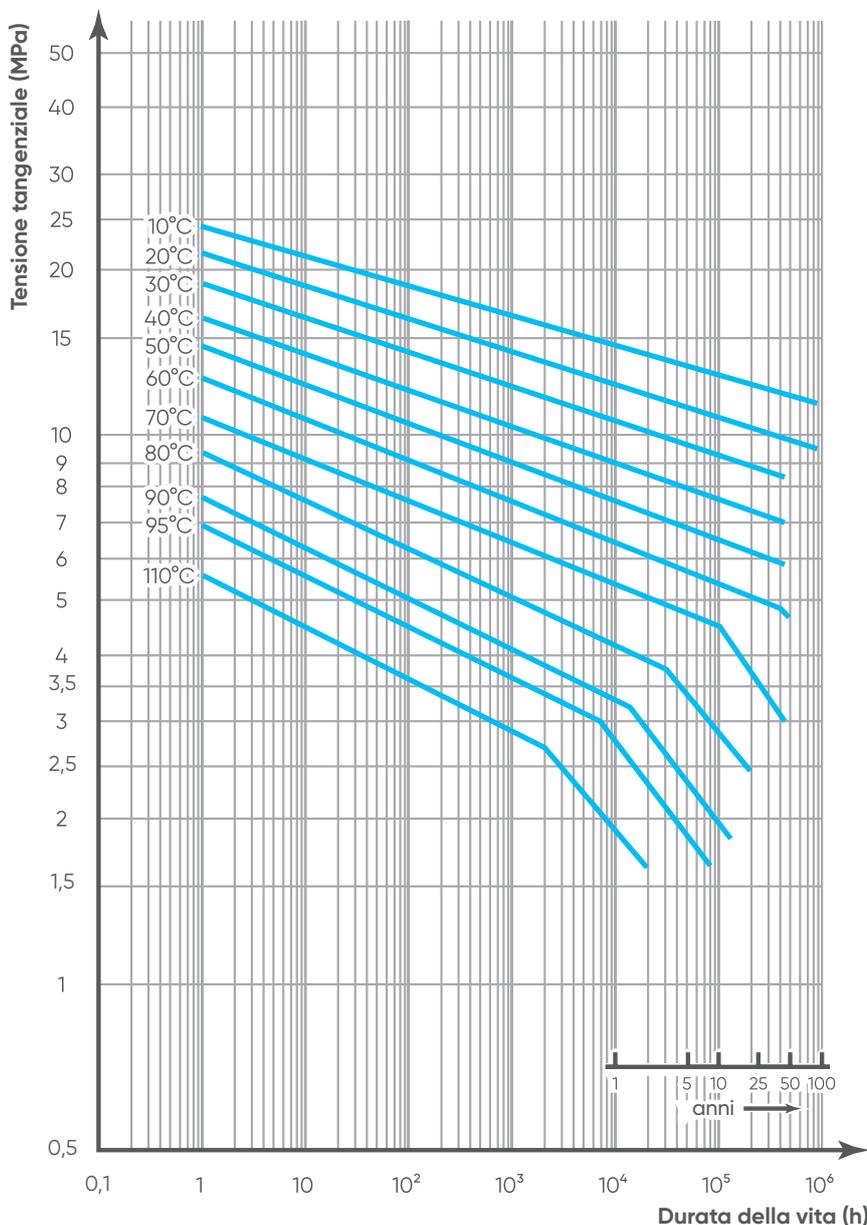
$$\log t = -18,387 - 8918,5 \times \frac{1}{T} - 4,1 \times \log \sigma$$

dove:

t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per PP-H.

Formula PP-B:

Primo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +10 °C a +80 °C)

$$\log t = - 56,086 - 10157,8 \times \frac{\log \sigma}{T} + 23971,7 \times \frac{1}{T} + 13,32 \times \log \sigma$$

Secondo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +80 °C a +110 °C)

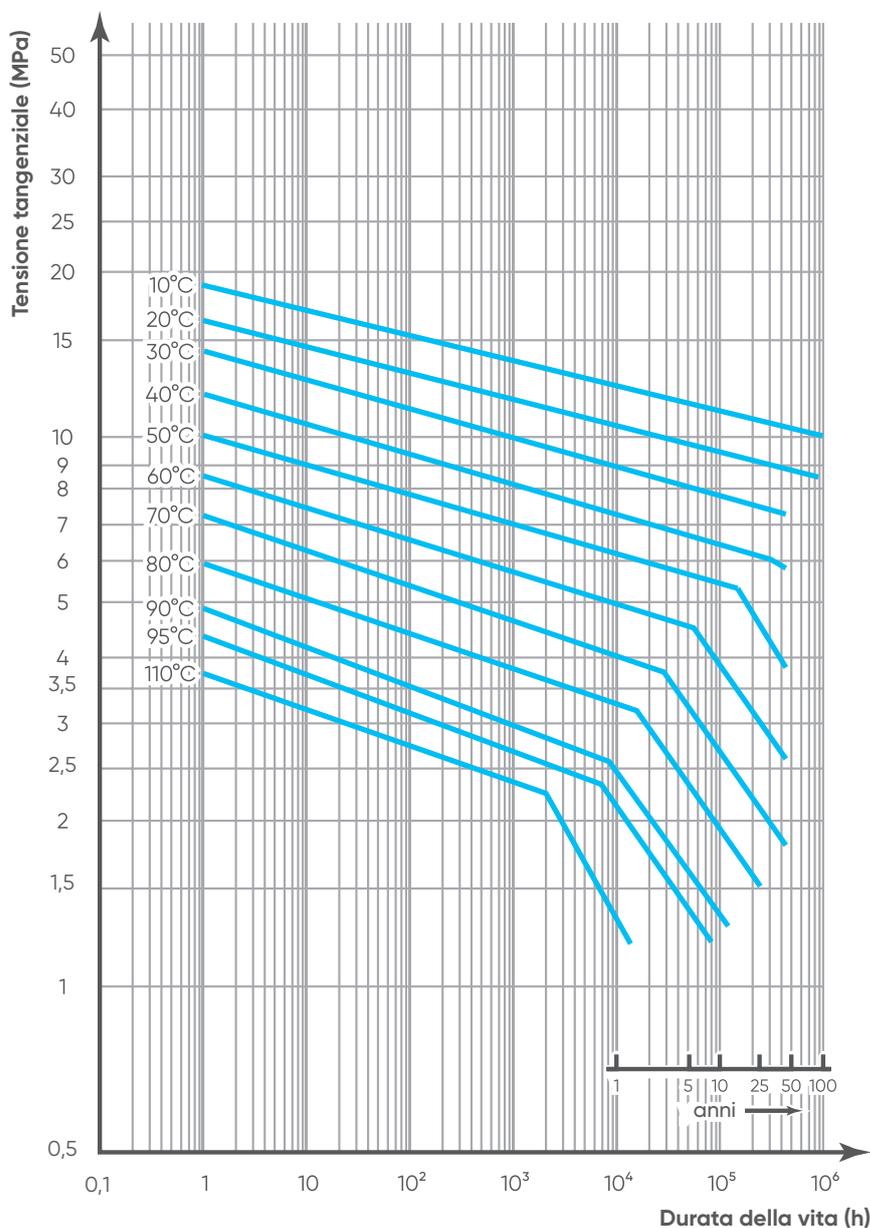
$$\log t = - 13,699 - 6970,3 \times \frac{1}{T} - 3,82 \times \log \sigma$$

dove:

t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Curve di resistenza idrostatica minima richiesta per PP-B.

Formula PP-R:**Primo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +10 °C a +80 °C)**

$$\log t = - 55,725 - 9484,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 22502,2 \times \frac{1}{T} + 6,39 \times \log \sigma$$

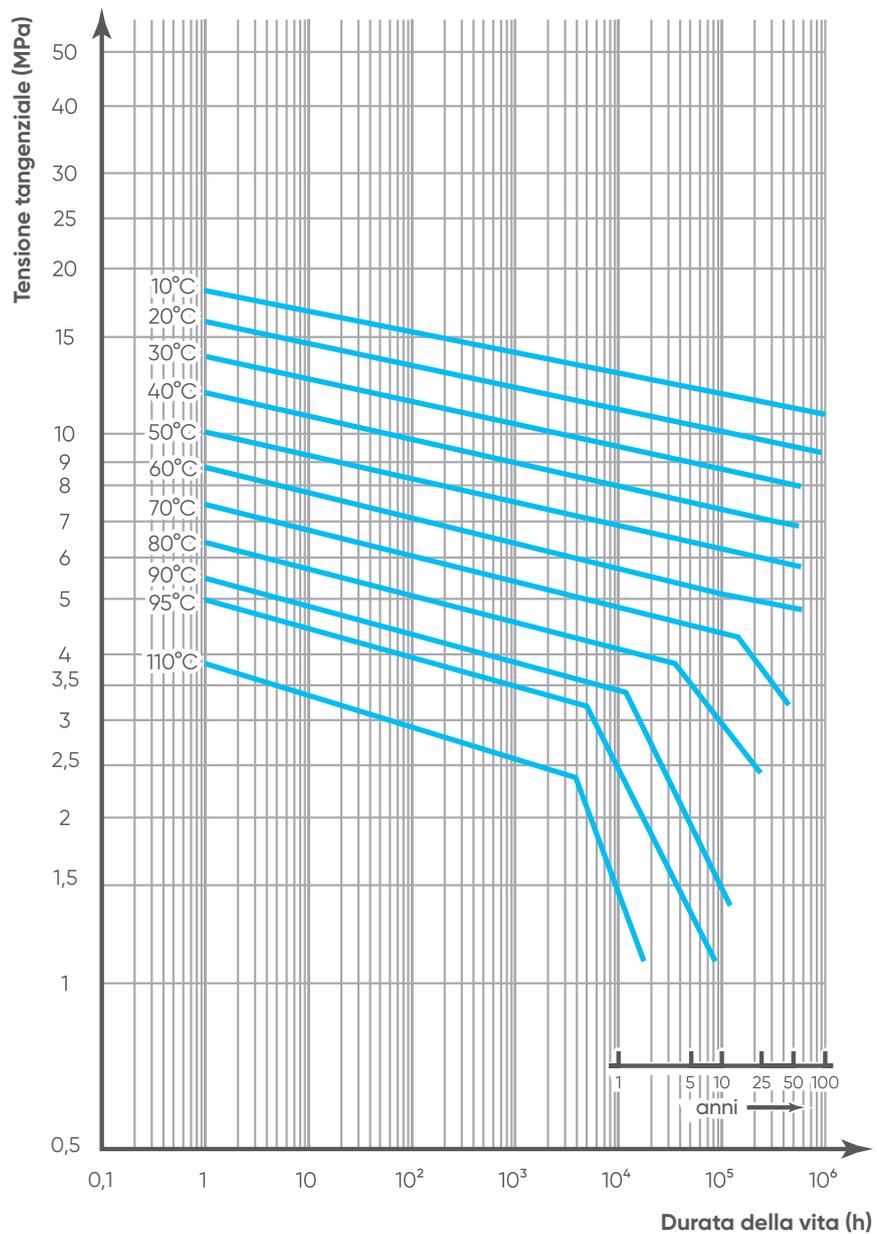
Secondo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +80 °C a +110 °C)

$$\log t = - 19,98 + 9507 \times \frac{1}{T} - 4,11 \times \log \sigma$$

dove:

 t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

 σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve di resistenza idrostatica minima richiesta per PP-R.

1.9.6 Comportamento a lungo termine del PE

Il comportamento a lungo termine del PE -100 e PE -80 è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Le linee di frattura sono mostrate per temperature che vanno da +10 °C a +80 °C. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5 % di tutti i punti di frattura si torva sulla curva corrispondente o sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula qui sotto ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita e a tracciare il grafico per dimostrare il comportamento a lungo termine del PE-100 e PE-80 per il campo di temperatura da +10 °C a +80 °C. Tuttavia, si applicano 80 °C solo per applicazioni di breve durata.

Formula PE-80

$$\log t = - 42,5488 + 24074,8254 \times \frac{1}{T} - 37,5758 \times \log \sigma$$

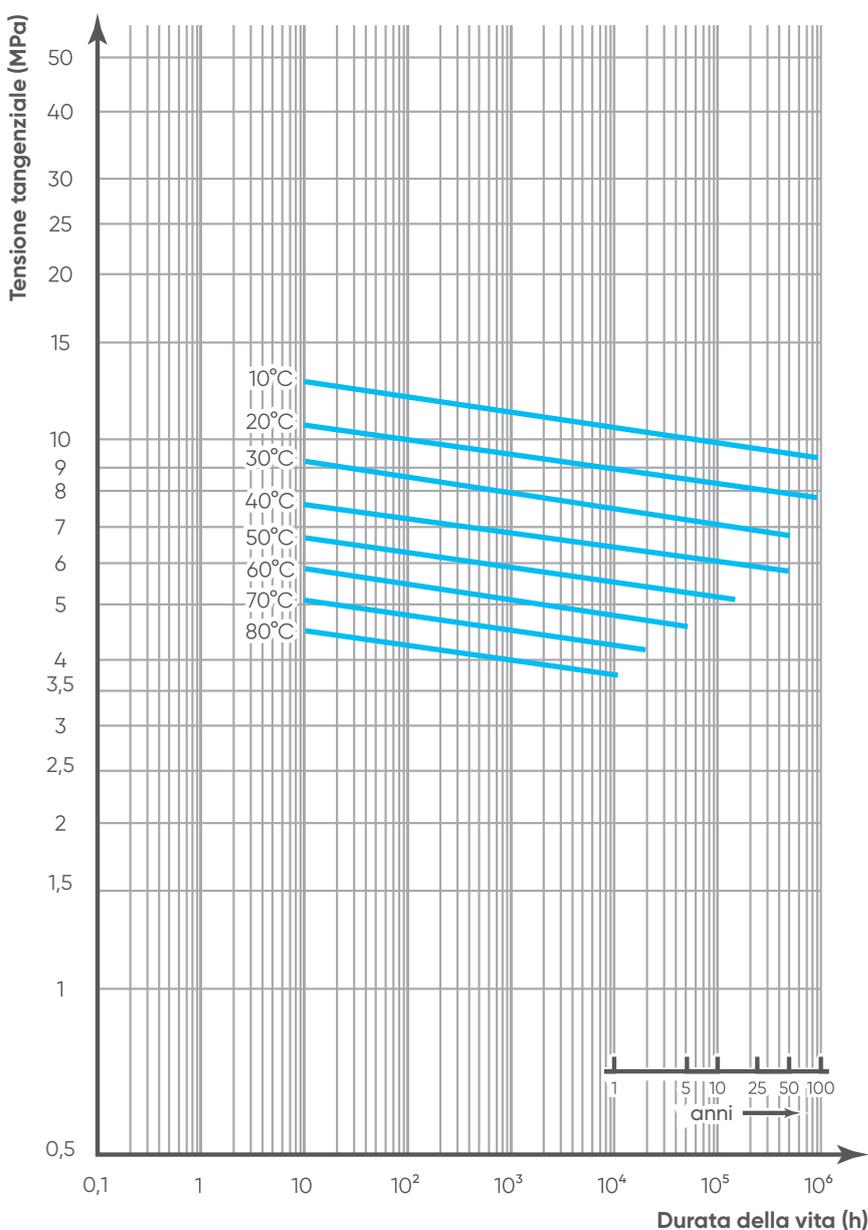
dove:

t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve di resistenza idrostatica minima richiesta per PE 80.



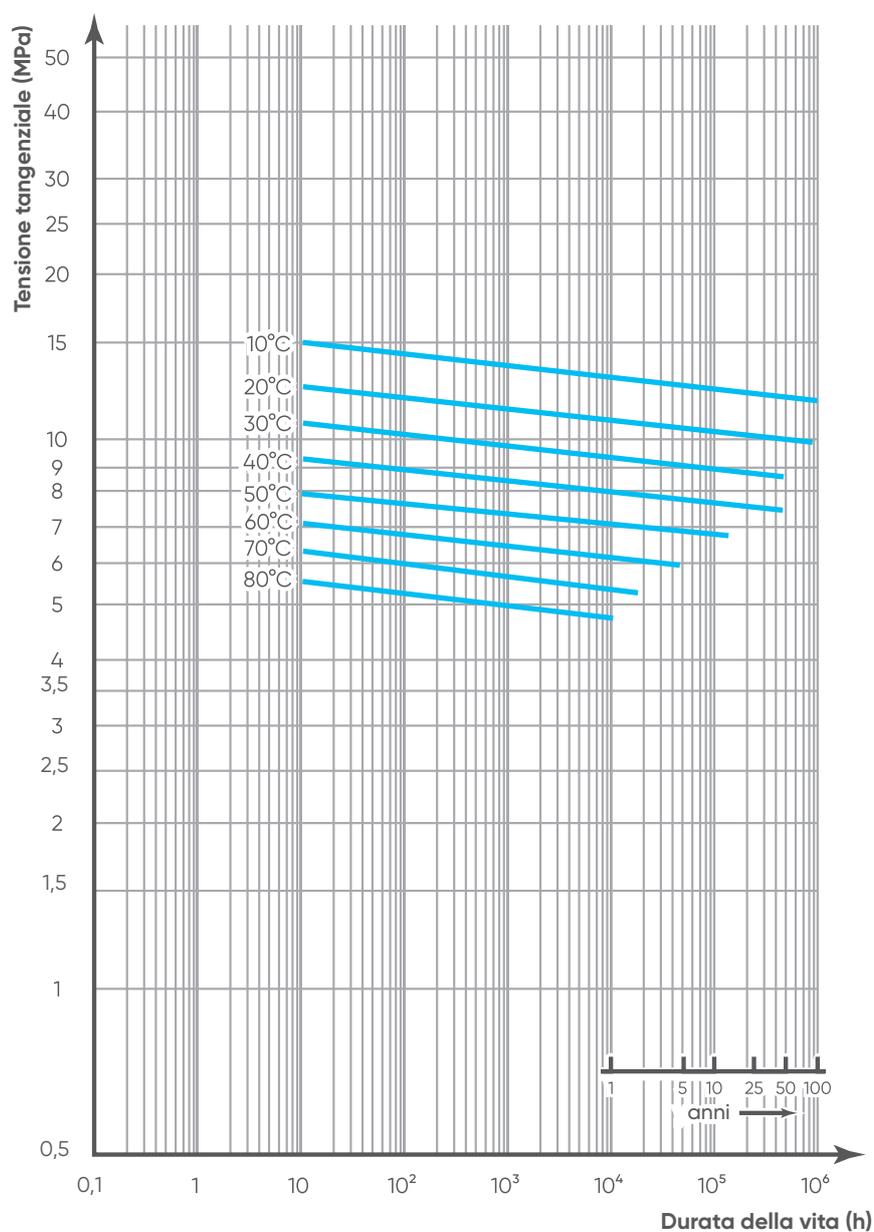
Formula PE-100

$$\log t = -45,4008 + \frac{28444,7345 \times 1 - 45,9891 \times \log \sigma}{T}$$

dove:

 t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

 σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve di resistenza idrostatica minima richiesta per PE 100.

1.9.7 Comportamento a lungo termine del PVDF

Il comportamento a lungo termine del PVDF è indicato dal seguente diagramma di tensione tangenziale. Le linee di frattura sono mostrate per temperature che vanno da +20 °C a +140 °C. Queste vengono chiamate curve LPL (Lower Predictable Limit, limite inferiore prevedibile), vale a dire che il 97,5 % di tutti i punti di frattura si torva sulla curva corrispondente o sopra di essa, come descritto.

Il comportamento a lungo termine è stato calcolato utilizzando il metodo di estrapolazione standard (SEM) secondo EN ISO 9080. La formula qui sotto ci aiuta a determinare vari parametri come la sollecitazione, la temperatura o la durata della vita e a tracciare il grafico per dimostrare il comportamento a lungo termine del PVDF per il campo di temperatura da +20 °C a +140 °C.

Formula:

Primo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +20 °C a +90 °C)

$$\log t = - 165,4958 - 36518,7 \times \frac{\log \sigma}{T} + 78465,65 \times \frac{1}{T} + 57,0467 \times \log \sigma$$

Secondo ramo: (applicabile per il campo di temperatura da +95 °C a +140 °C)

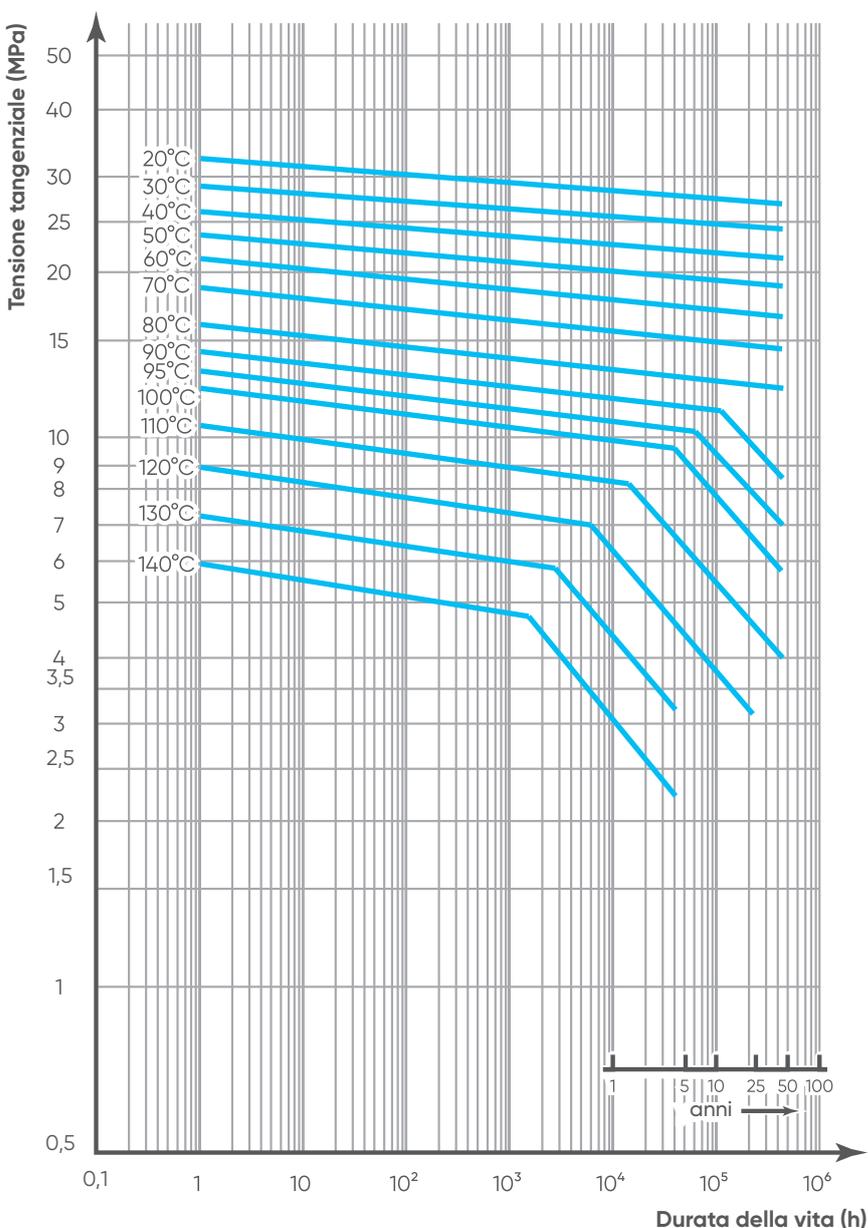
$$\log t = - 23,19426 - 1611,69 \times \frac{\log \sigma}{T} + 12100 \times \frac{1}{T} - 0,40473 \times \log \sigma$$

dove, t_f = durata della vita (in ore),

T = temperatura del fluido che scorre (in °C),

σ = tensione tangenziale (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Curve della resistenza idrostatica minima richiesta per PVDF.



1.9.8 Durata di vita in caso di carico intermittente

Nel caso di applicazioni in cui si verificano regolarmente carichi alternati, la teoria della lineare dei danni cumulati, denominata anche regola di Miner, può essere utilizzata per determinare i tempi di esercizio approssimativi per le applicazioni con condizioni variabili durante la durata di servizio prevista.

Secondo DVS 2205, la durata di servizio prevista (t_m) viene determinata sommando i tassi di danno per le condizioni di esercizio intermittenti.

In base a questa regola si applica al carico meccanico quanto segue:

$$\sum \frac{(a_i * t_m)}{(100 * t_i)} = 1$$

Per due carichi si applica quindi quanto segue:

$$t_m = \frac{(100 * t_{m1} * t_{m2})}{(a_1 * t_{m2} + 2 * t_{m1})}$$

Poiché la durata di servizio ammissibile dei componenti non dipende solo dal carico meccanico ma anche dall'invecchiamento termico, l'influenza dell'invecchiamento (t_a) deve essere determinata con questa equazione:

$$\sum \frac{(a_i * t_a)}{(100 * t_i)} = 1$$

dove:

i = numero di carichi parziali

a_1, a_2, \dots, a_n = proporzione dei tempi di carico parziale che compongono il tempo di carico totale in percentuale

$t_{m1}, t_{m2}, \dots, t_{m_n}$ = durata di servizio nelle singole condizioni di esercizio

$t_{a1}, t_{a2}, \dots, t_{a_n}$ = tempi di invecchiamento alle relative temperature

t_m = calcola la durata di servizio sotto carico meccanico

t_a = durata di servizio calcolata sotto l'influenza dell'invecchiamento

ESEMPIO PRATICO

Nella seguente tabella sono descritte le condizioni di esercizio e le percentuali di danno per PPH:

Sollecitazioni parziali	Sollecitazioni	Temperatura	Percentuale di tempo (a)	Durata di servizio computazionale con sollecitazioni parziali (t_m)	Proporzione del danno %
1	6 N/mm ²	50 °C	75 %	33,3 anni	82
2	2 N/mm ²	80 °C	25 %	50,25 anni	18

Secondo l'equazione precedente, la durata di servizio che ci si può aspettare sulla base delle sollecitazioni meccaniche è:

$$t_m = \frac{(100 * 33,3 * 50,25)}{(75 * 50,25 + 25 * 33,3)} = 36,4 \text{ anni}$$

Poi è possibile considerare anche l'invecchiamento e la proporzione dei danni:

Sollecitazioni parziali	Temperatura	Percentuale di tempo (a)	Inizio invecchiamento termico t_a	Proporzione del danno %
1	50 °C	75%	91,23 anni	35,7
2	80 °C	25%	16,9 anni	64,3

La durata di servizio da aspettarsi sulla base dell'invecchiamento è calcolata dall'equazione:

$$t_a = \frac{(100 * 91,23 * 16,9)}{(75 * 16,9 + 25 * 91,23)} = 43,45 \text{ years}$$

1.10 Modulo di scorrimento

I materiali polimerici soggetti a carico possono subire fenomeni di scorrimento, ossia una deformazione dipendente dal tempo di un materiale esposto a una sollecitazione costante.

Quindi, sotto un carico costante applicato a una temperatura costante, questa deformazione continua ad aumentare nel tempo.

Il modulo di scorrimento dipende dal tempo, dalla sollecitazione, dalla temperatura e può anche dipendere dal mezzo, in particolare nel caso di sostanze che scorrono.

Per i materiali utilizzati, il modulo di scorrimento può essere ottenuto in funzione dei parametri indicati dalle curve del modulo di scorrimento.

Viene utilizzato:

- nei calcoli di stabilità, con la seguente equazione:

$$E_{c(A)St} = \frac{E_c}{A_{2E} * S}$$

dove:

$E_{c(A)St}$ = Modulo di scorrimento ammissibile alle condizioni di progetto per la stabilità (temperatura, sollecitazione, tempo, mezzo, fattore di sicurezza) (N/mm²)

E_c = Modulo di scorrimento alle condizioni di progetto (temperatura, sollecitazione, tempo) (N/mm²)

A_{2E} = Fattore di riduzione che tiene conto dell'effetto del mezzo circostante sul modulo di elasticità

S = Fattore di sicurezza

- per determinare le deformazioni, con la seguente equazione:

$$E_{c(A)D} = \frac{E_c}{A_{2E}}$$

dove:

$E_{c(A)D}$ = Modulo di scorrimento ammissibile alle condizioni di progetto per la deformazione (temperatura, sollecitazione, tempo, mezzo) (temperatura, sollecitazione, tempo, mezzo, fattore di sicurezza) (N/mm²)

E_c = Modulo di scorrimento alle condizioni di progetto (temperatura, sollecitazione, tempo) (N/mm²)

A_{2E} = Fattore di riduzione che tiene conto dell'effetto del mezzo circostante sul modulo di elasticità

Il fattore di riduzione A_{2E} , tranne che per i mezzi che causano gonfiore, è $A_{2E} = 1$.

Per i mezzi che causano gonfiore A_{2E} deve essere determinato da test appropriati.

Per quanto riguarda il fattore di sicurezza S , esso denota che, quando il componente viene utilizzato in conformità alle specifiche, in qualsiasi momento del ciclo di vita per cui è stato progettato, questo margine di sicurezza è garantito rispetto alla resistenza allo scorrimento del materiale.

Il fattore di sicurezza tiene quindi conto anche delle semplificazioni fatte nelle ipotesi di carico e durante la valutazione del progetto o la verifica sperimentale della resistenza.

Nella tabella seguente, i fattori di sicurezza sono indicati per due casi di carico a seconda del pericolo potenziale. In ogni singolo caso, è necessario decidere quale classificazione è appropriata per il componente da progettare.

Se applicabile, i valori intermedi possono essere appropriati.

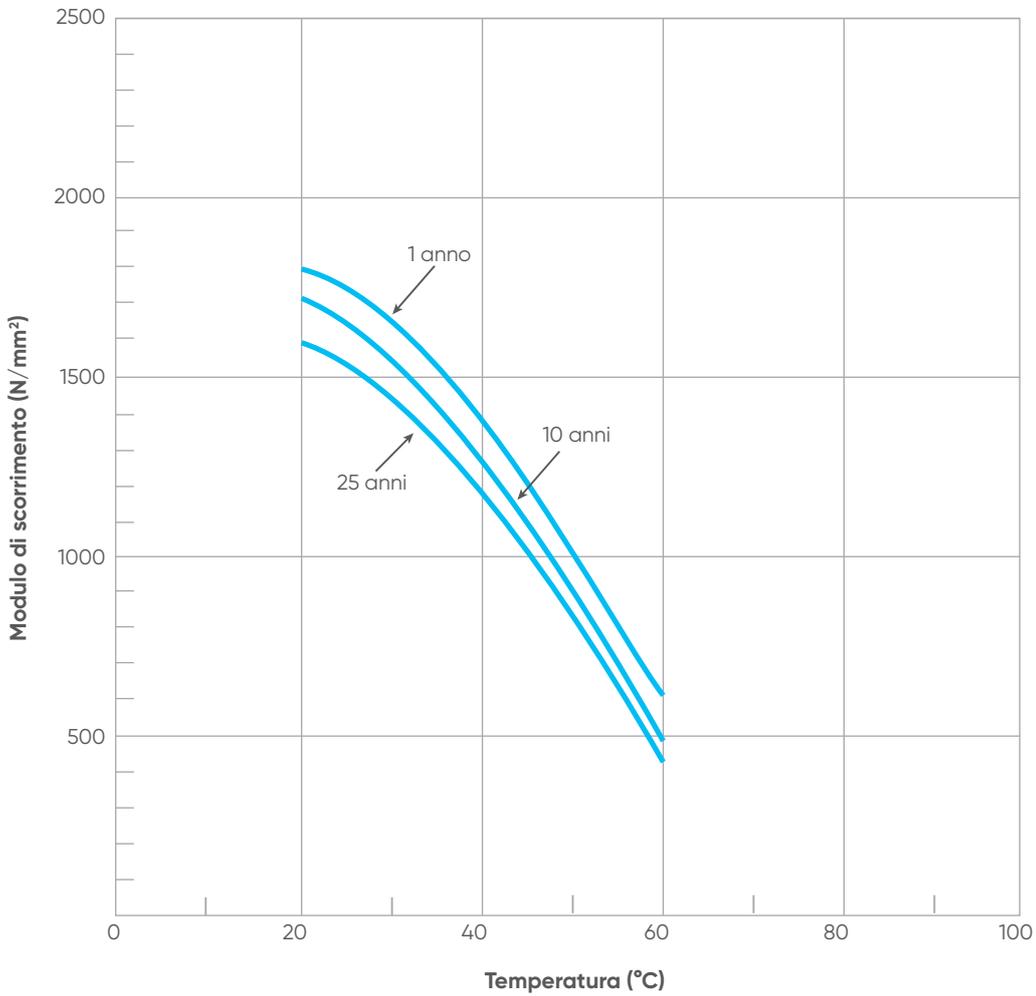
Tipo di carico	S
Caso di carico 1 Carico statico a temperatura ambiente e condizioni costanti. Nessun possibile pericolo per persone, oggetti e ambiente in caso di guasto	1,3
Caso di carico 2 Carico in condizioni alternate (per esempio, temperatura, livello di riempimento). Possibile pericolo per persone, oggetti e ambiente in caso di guasto	2,0

Per i calcoli di stabilità, utilizzare un fattore di sicurezza minimo di 2.

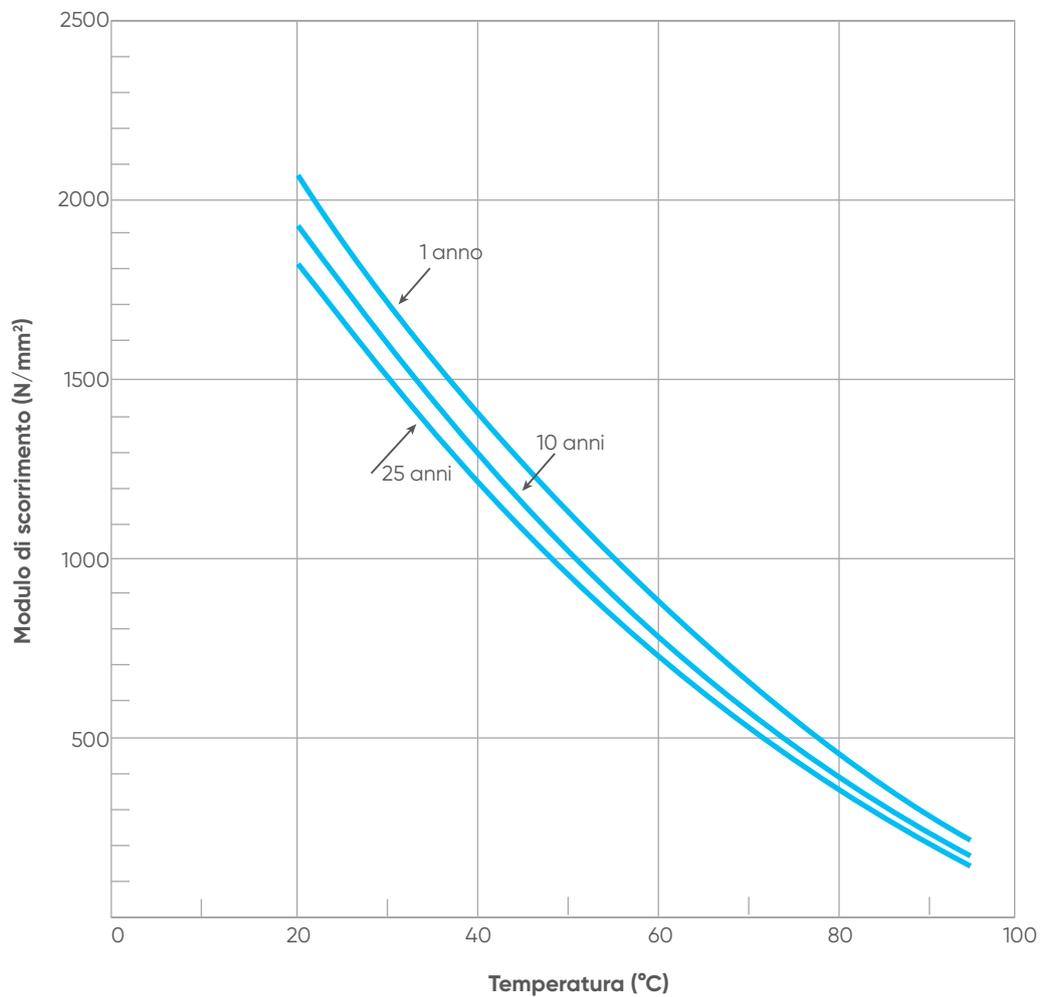
Gli effetti dell'eccentricità e dell'ovalizzazione devono essere presi in considerazione separatamente.

I grafici che seguono rappresentano le curve del modulo di scorrimento dei materiali termoplastici a diversi livelli di sollecitazione, anni e temperature. Sono conformi alle norme EN 1778 e DVS 2205-1.

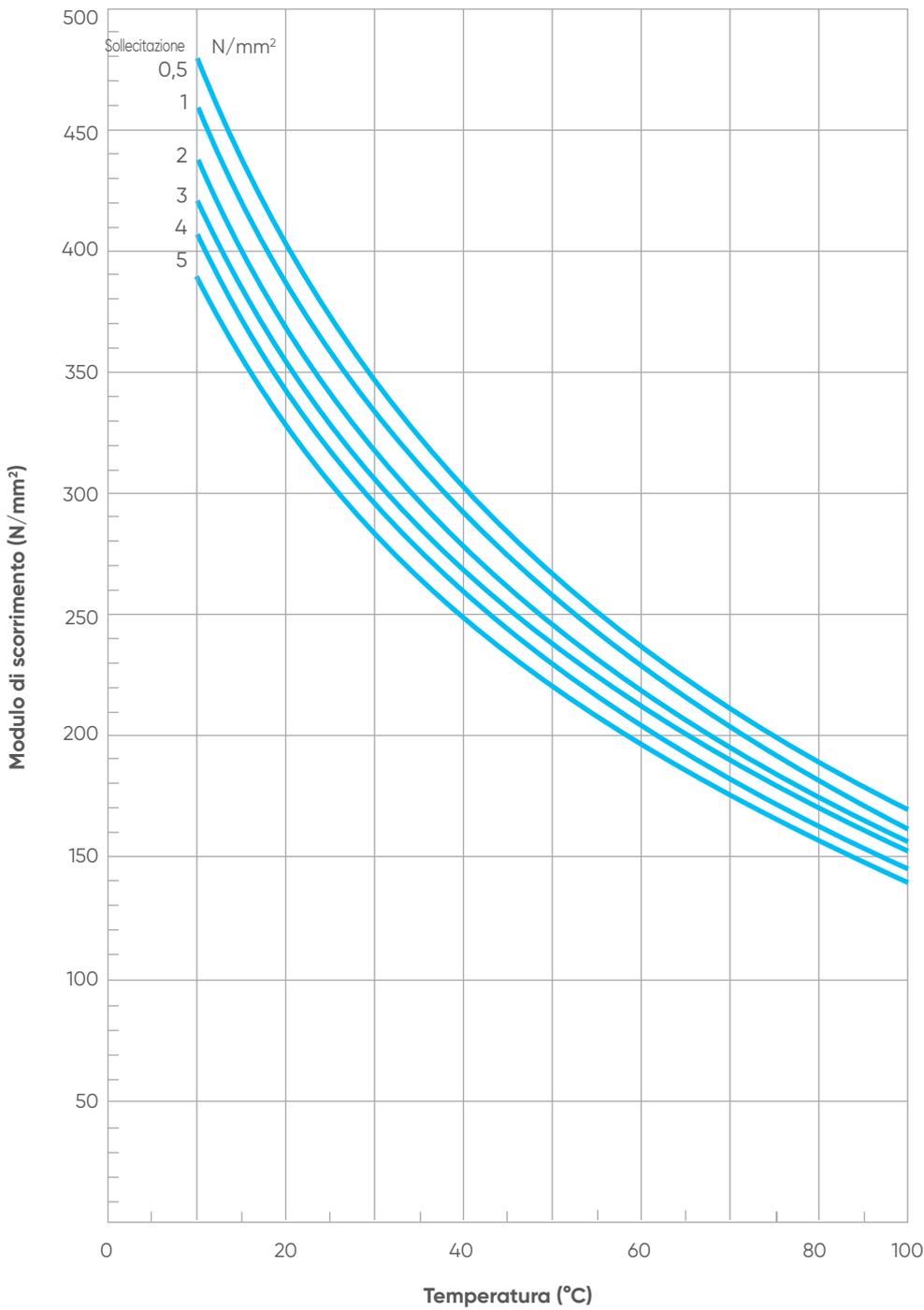
Modulo di scorrimento di PVC-U per l'intervallo di sollecitazione $\sigma = 2,5$ a 10 N/mm^2



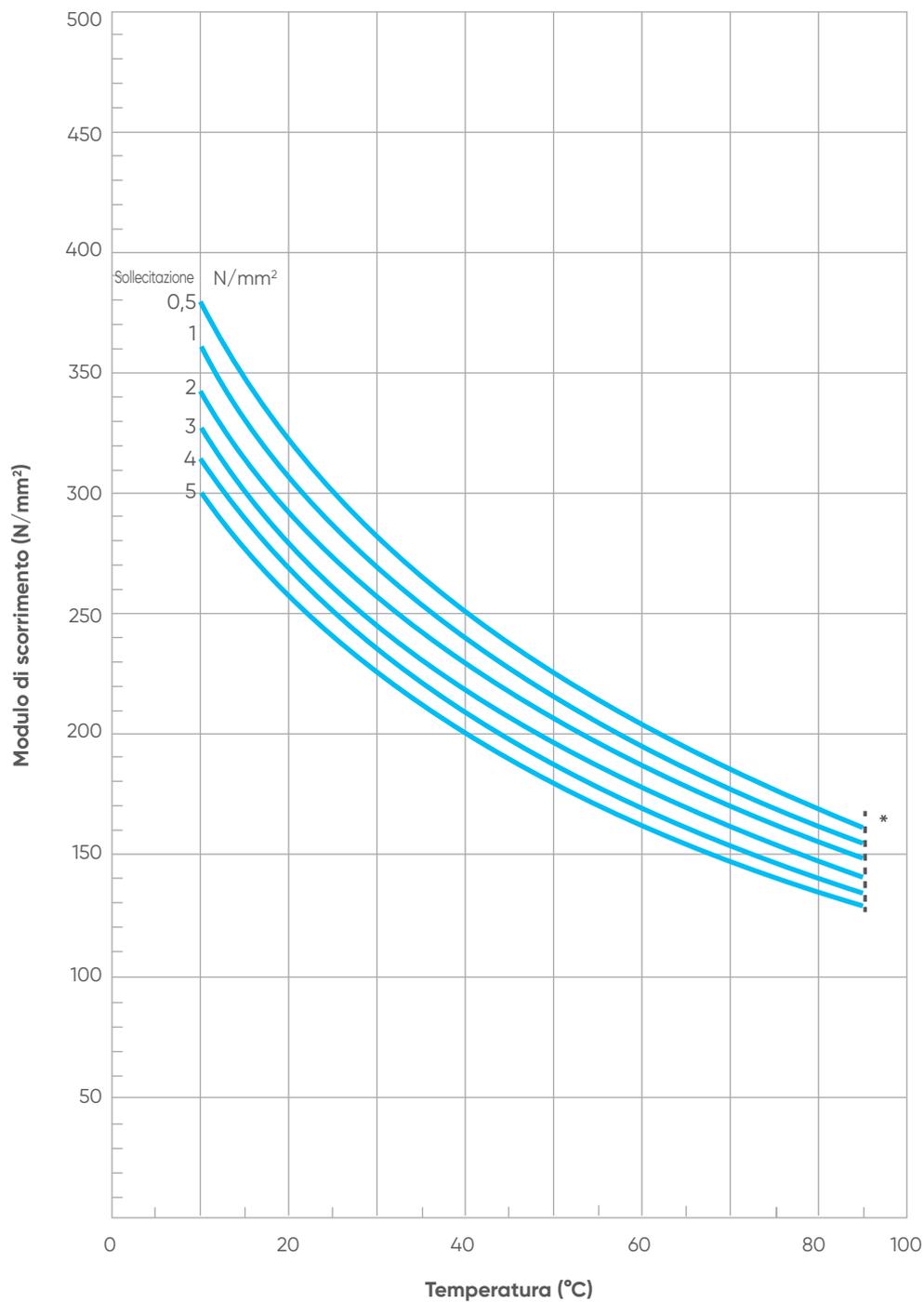
Modulo di scorrimento di PVC-C per l'intervallo di sollecitazione $\sigma =$ da 5 a 20 N/mm²



Modulo di scorrimento di PP-H per 1 anno

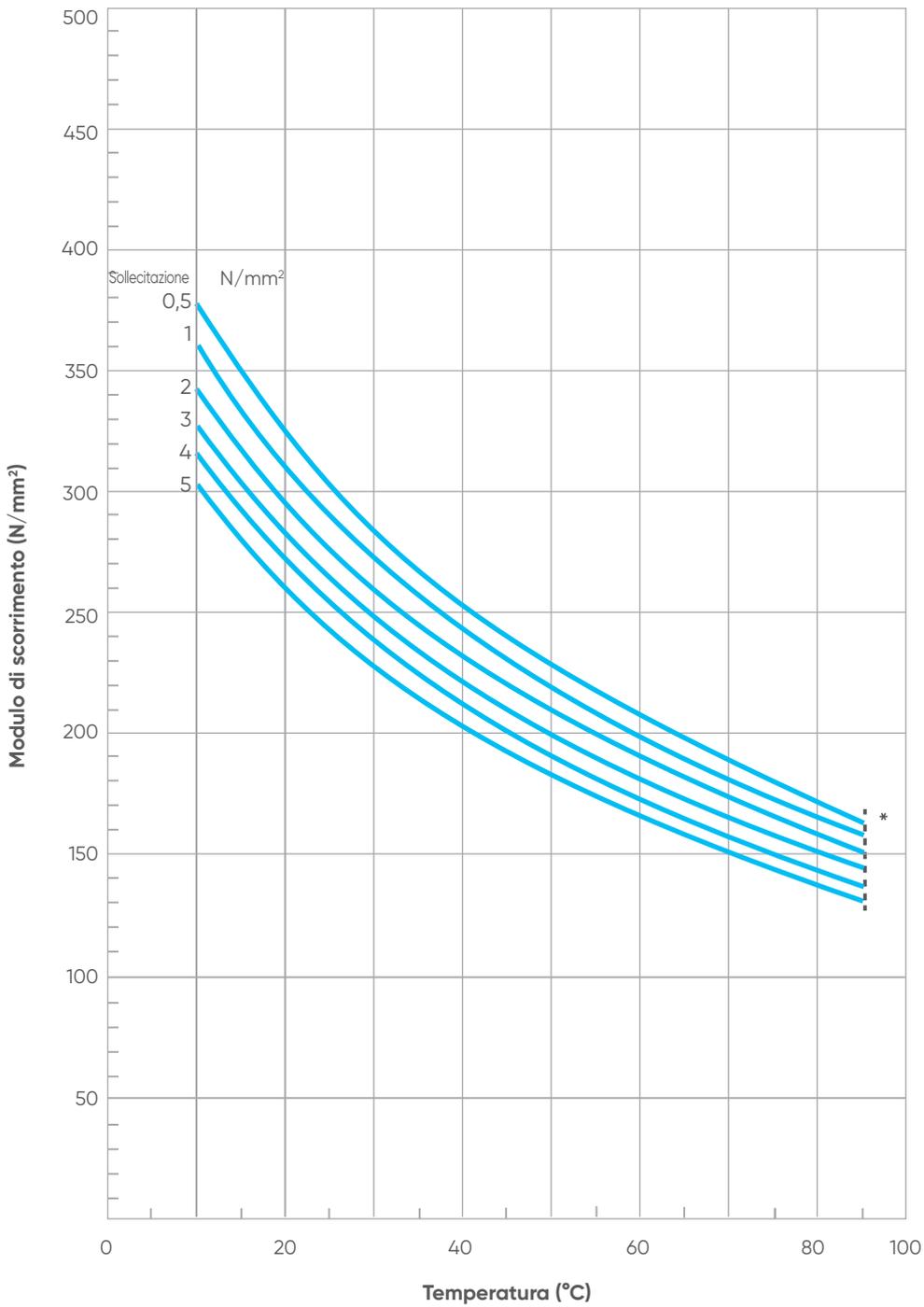


Modulo di scorrimento di PP-H per 10 anni



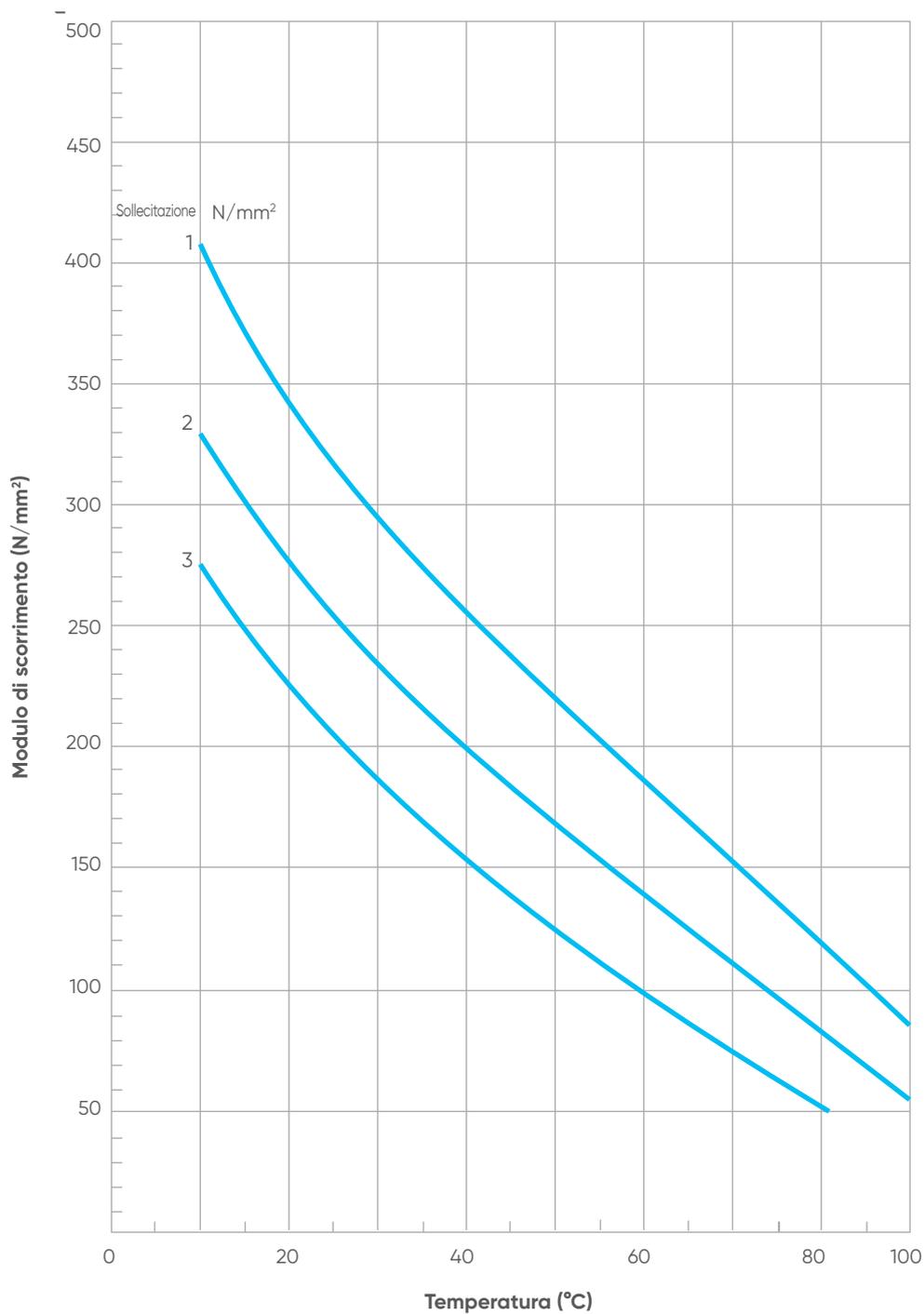
*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento di PP-H per 25 anni

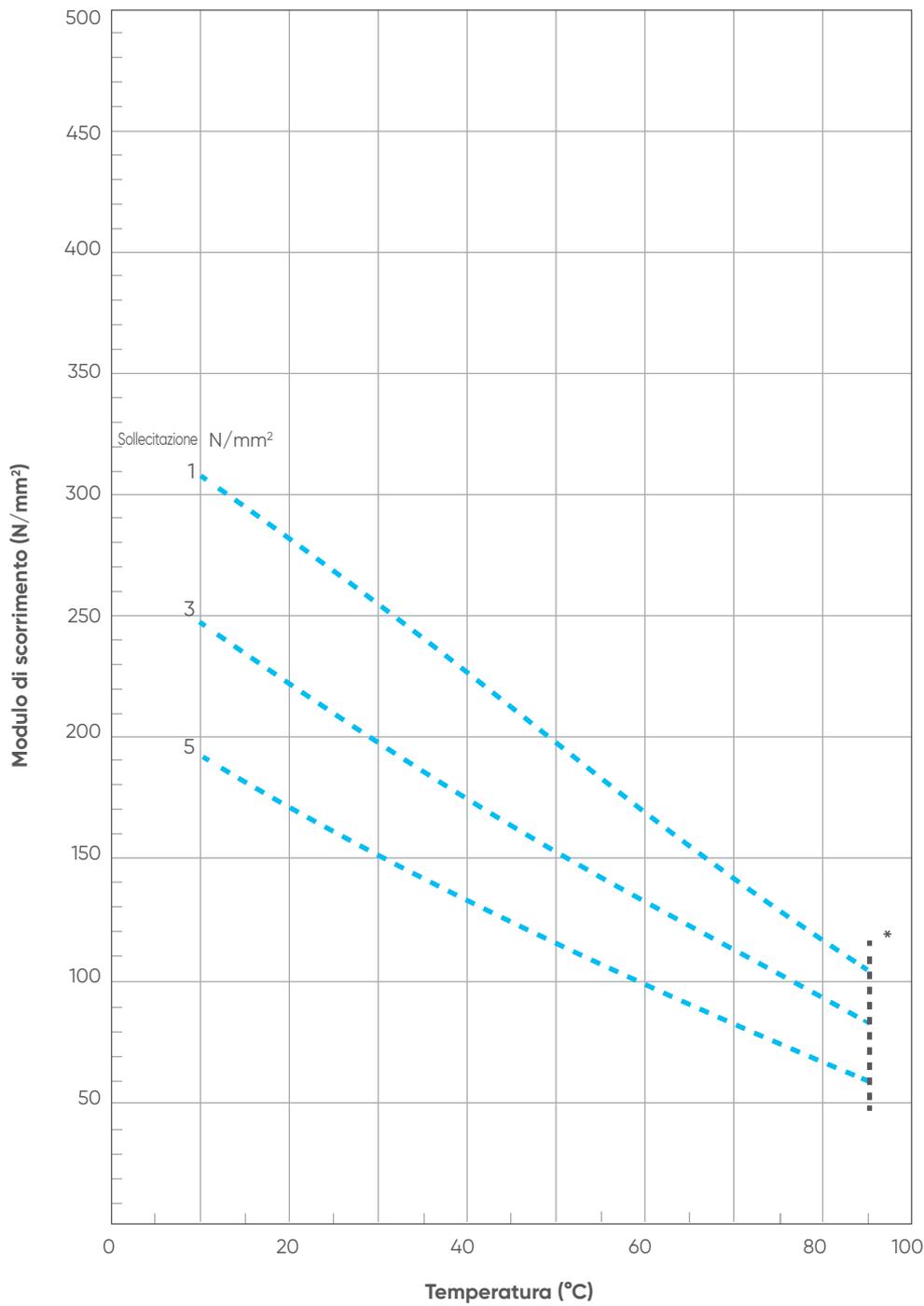


*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento di PP- B per 1 anno

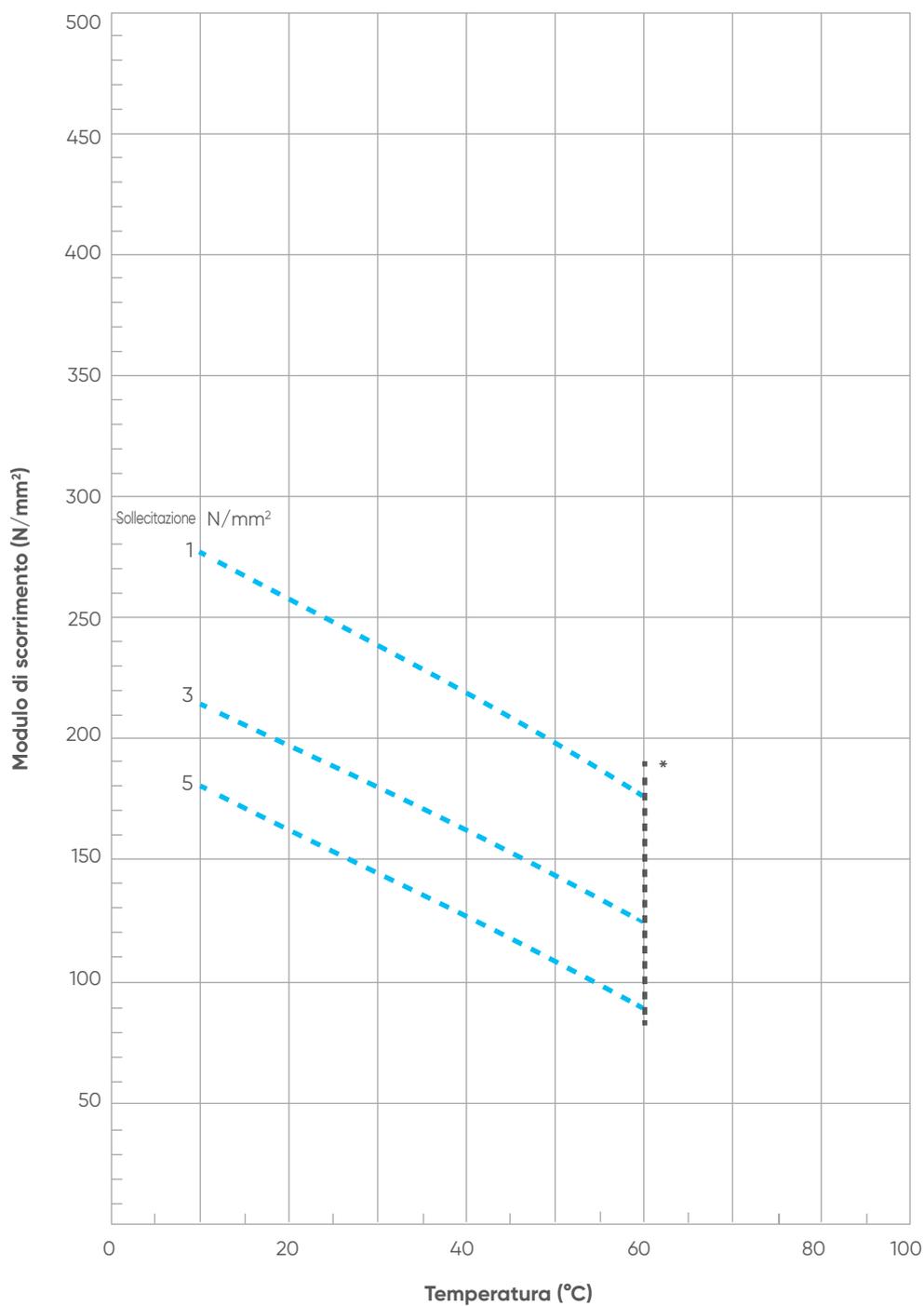


Modulo di scorrimento di PP- B per 10 anni



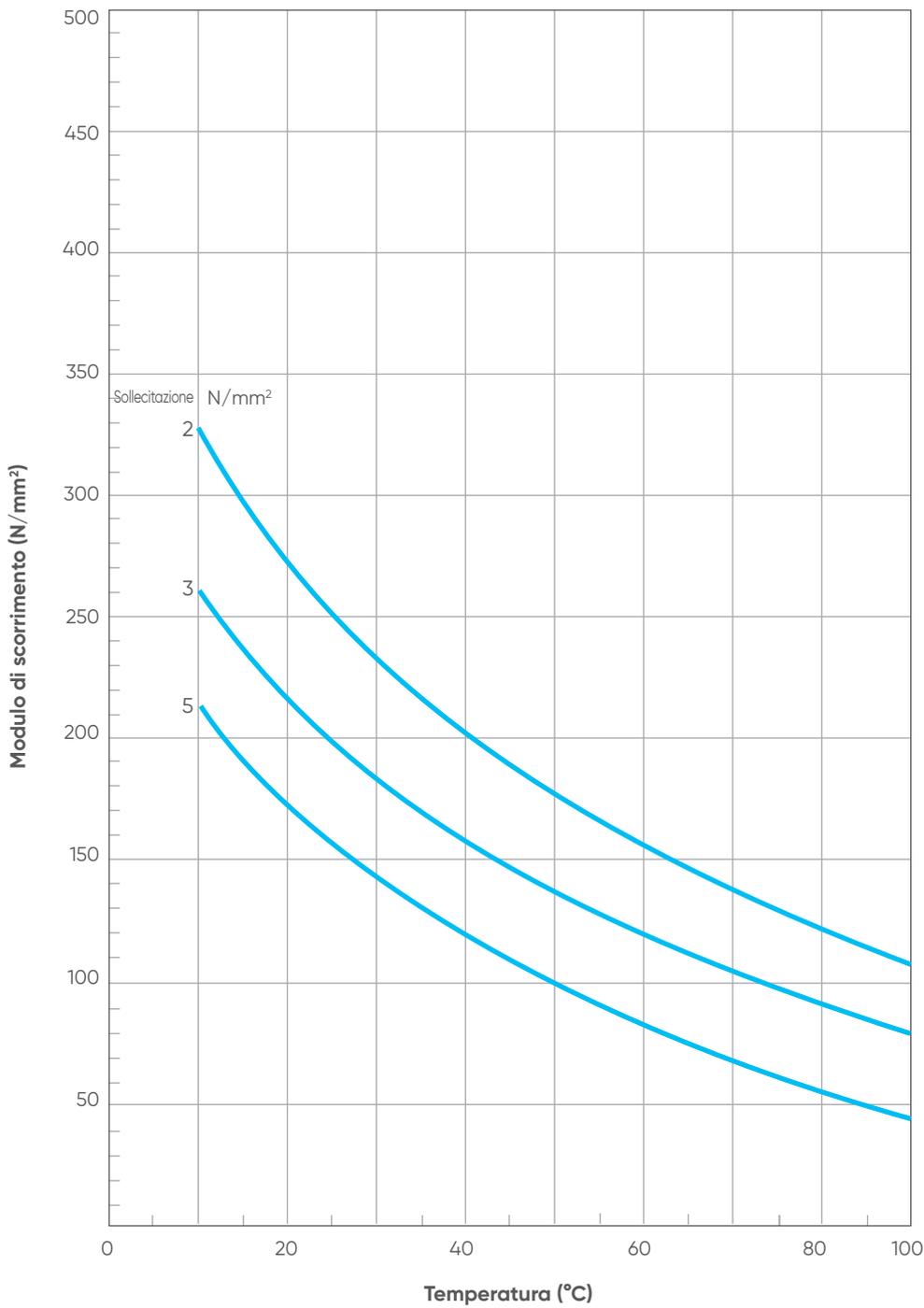
*Inizio del processo di invecchiamento

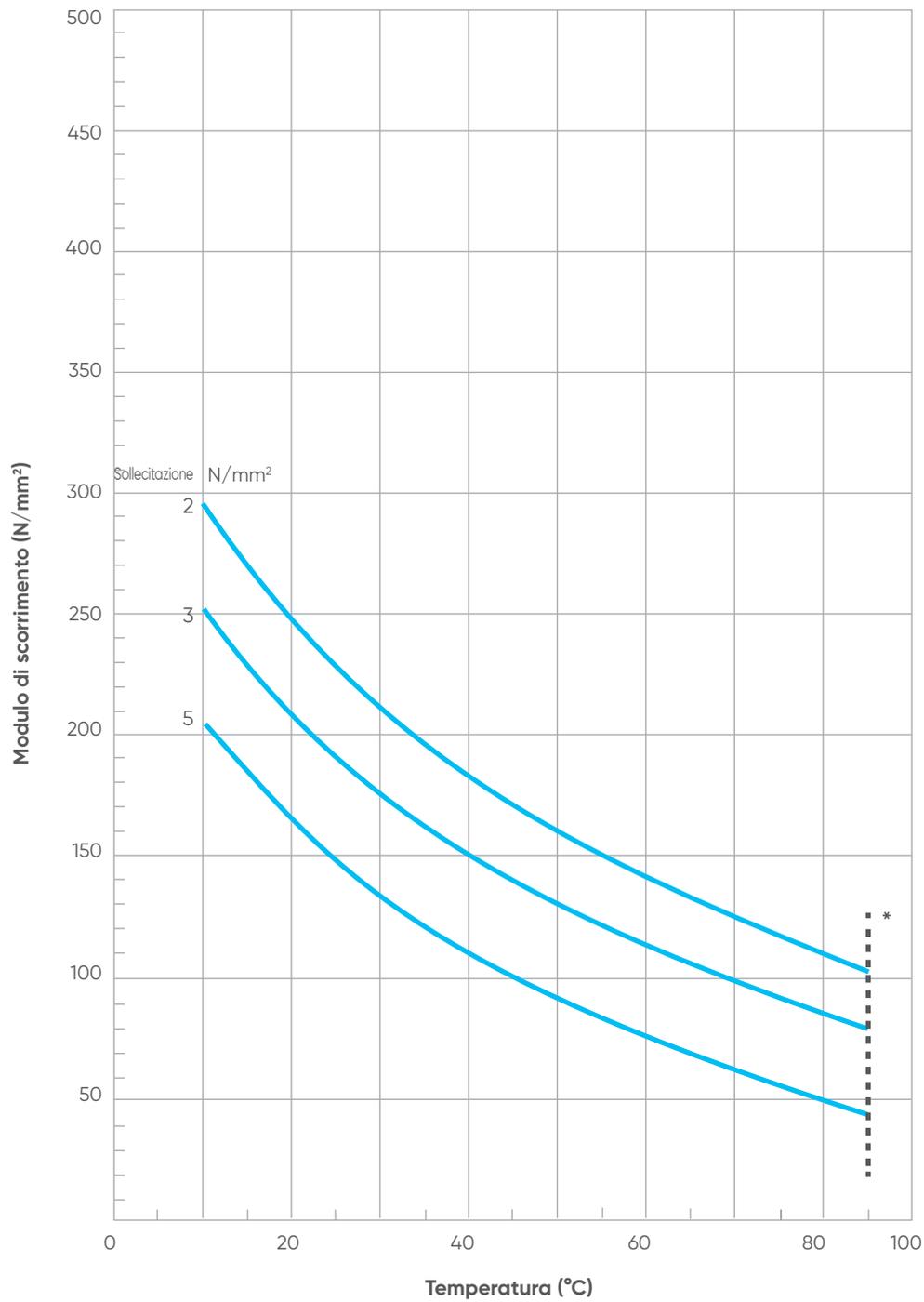
Modulo di scorrimento di PP- B per 25 anni



*Inizio del processo di invecchiamento

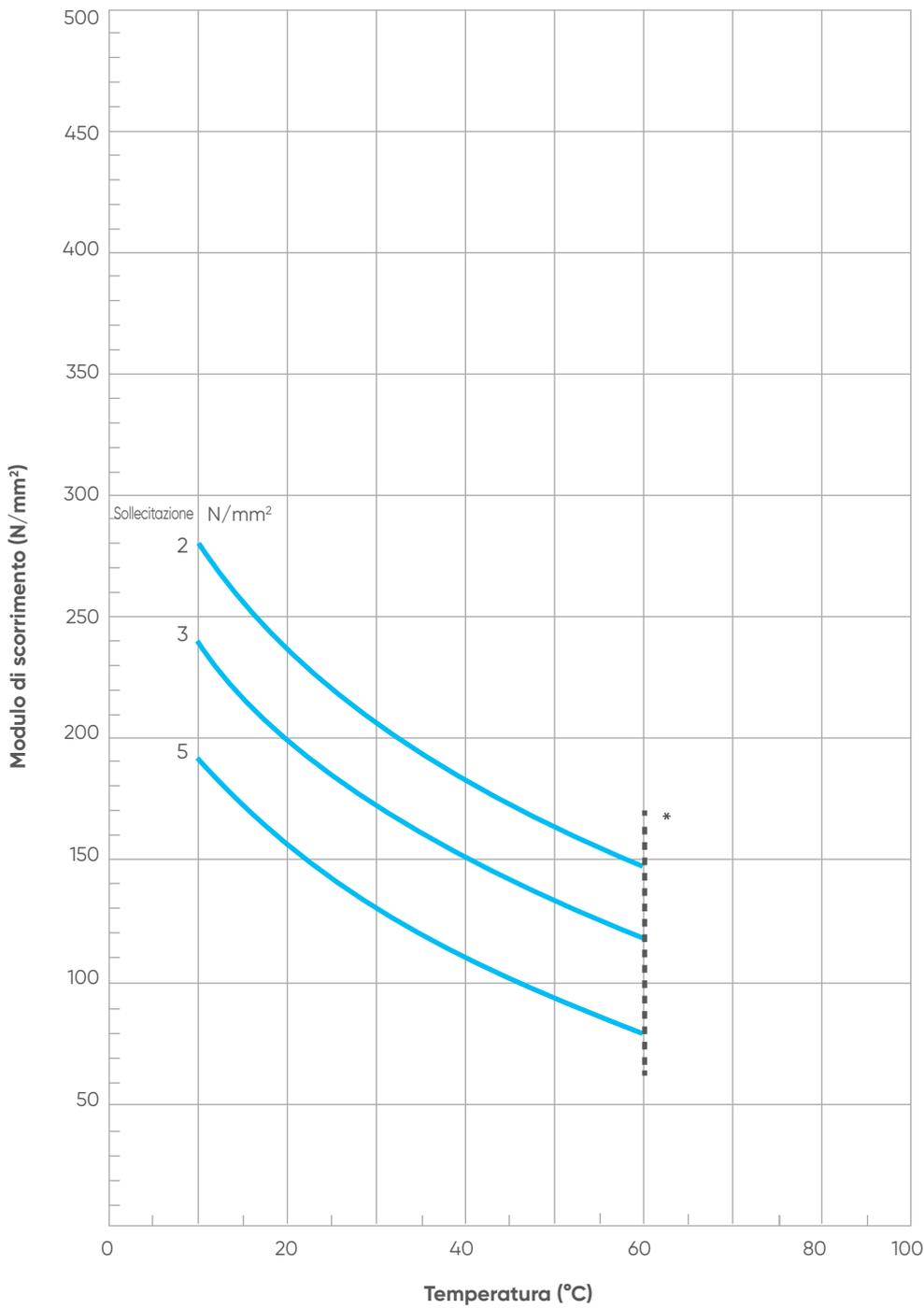
Modulo di scorrimento di PP- R per 1 anno



Modulo di scorrimento di PP- R per 10 anni

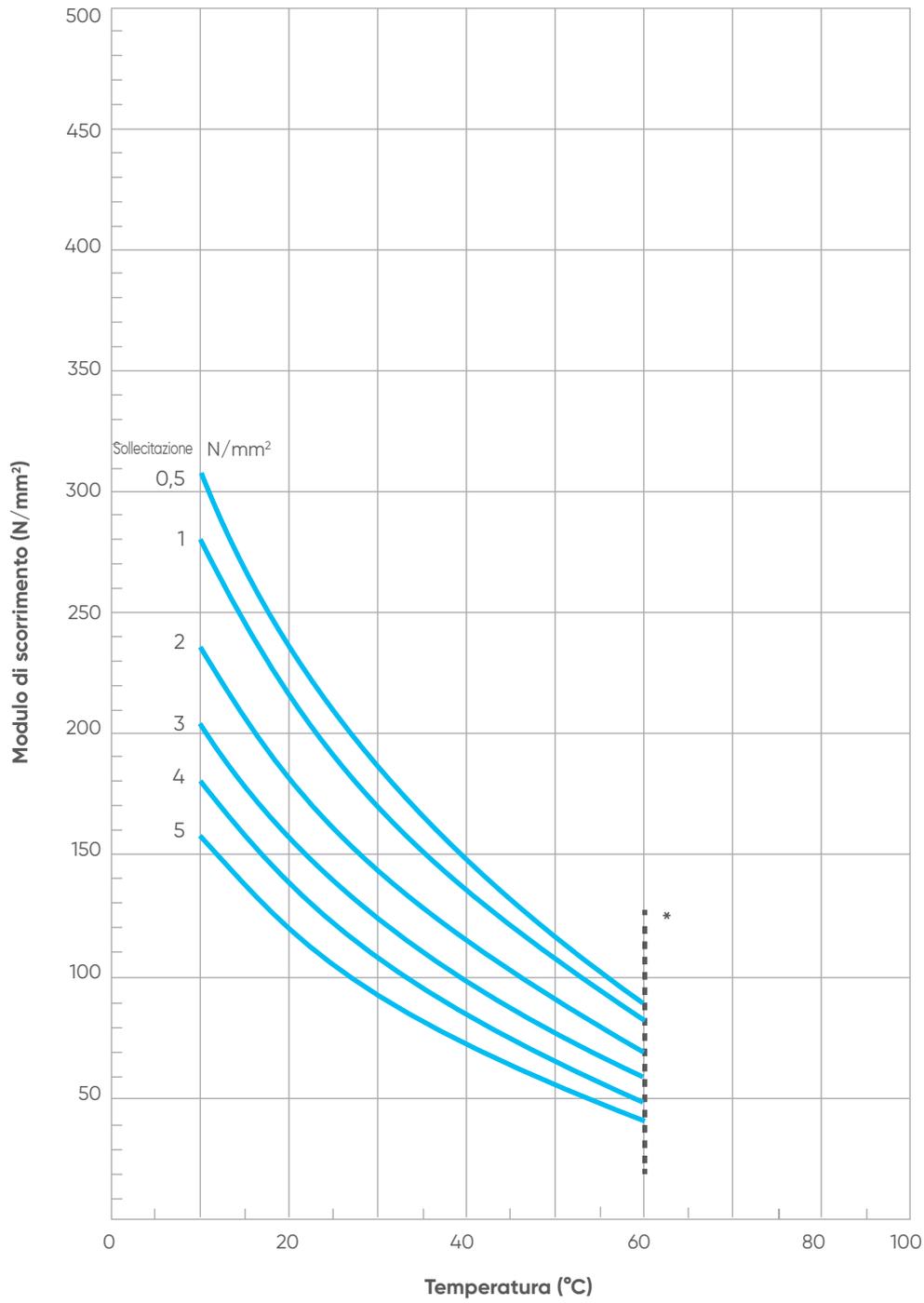
*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento di PP- R per 25 anni



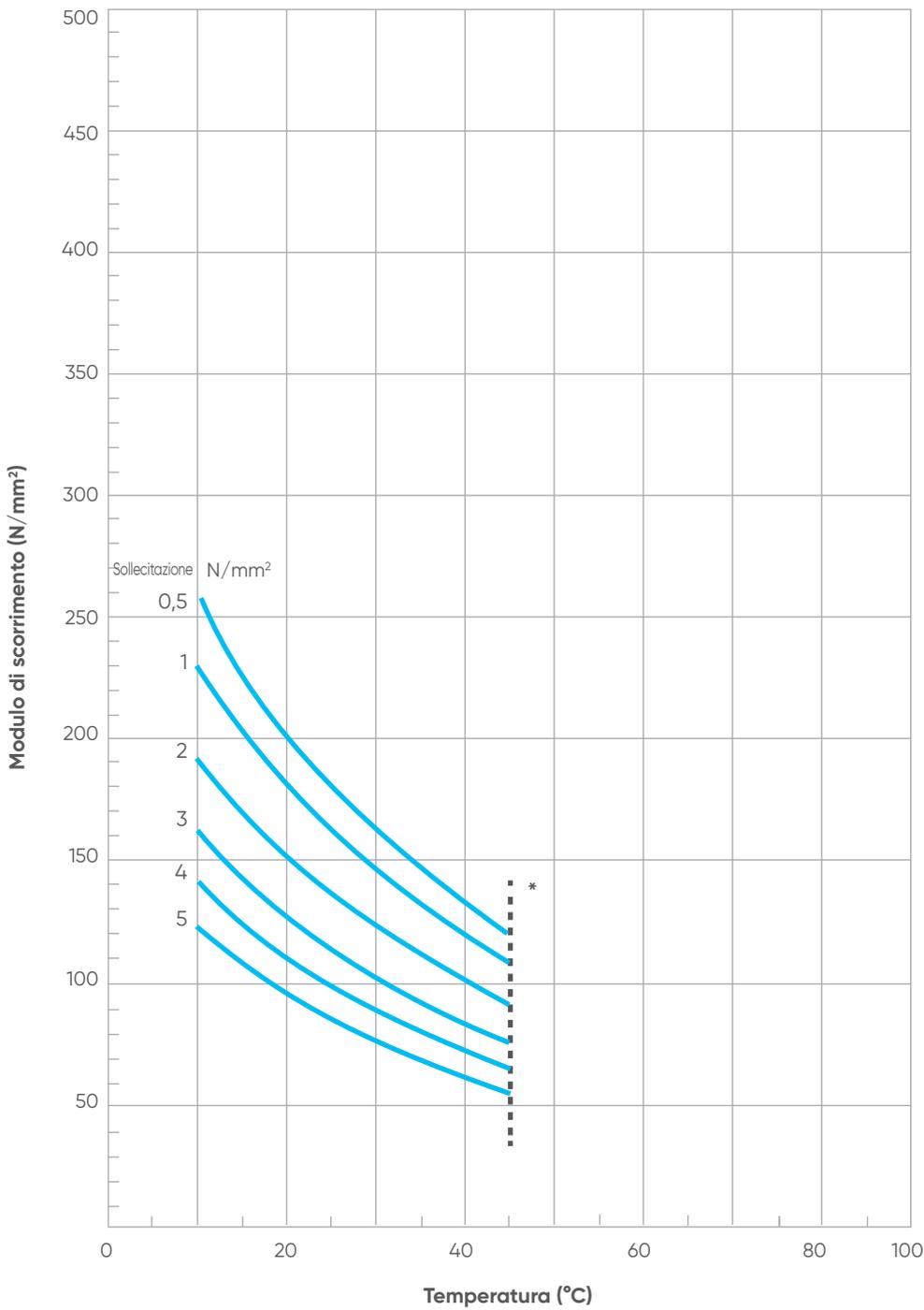
*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento di PE- HD per 1 anno



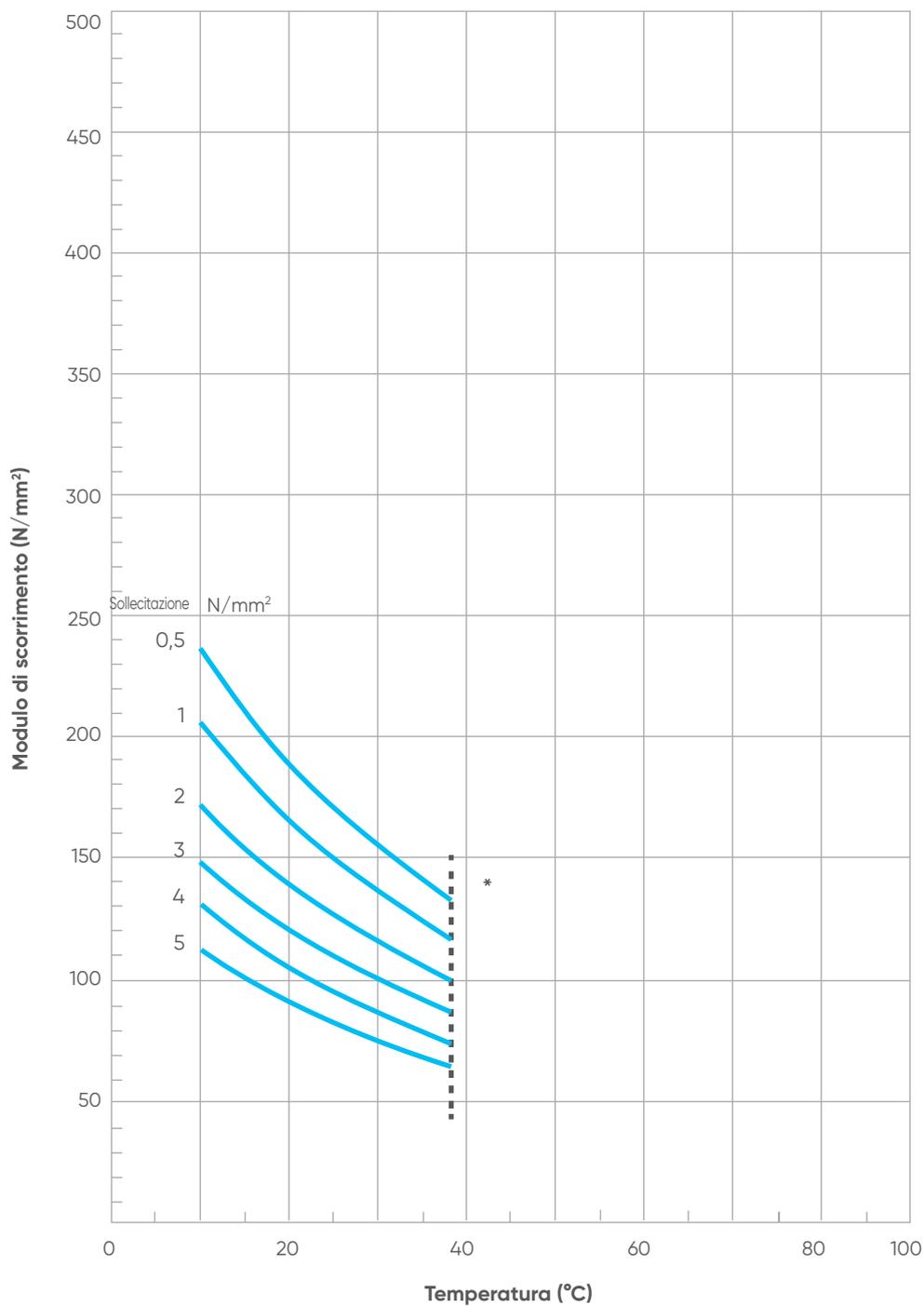
***Inizio del processo di invecchiamento**

Modulo di scorrimento di PE- HD per 10 anni



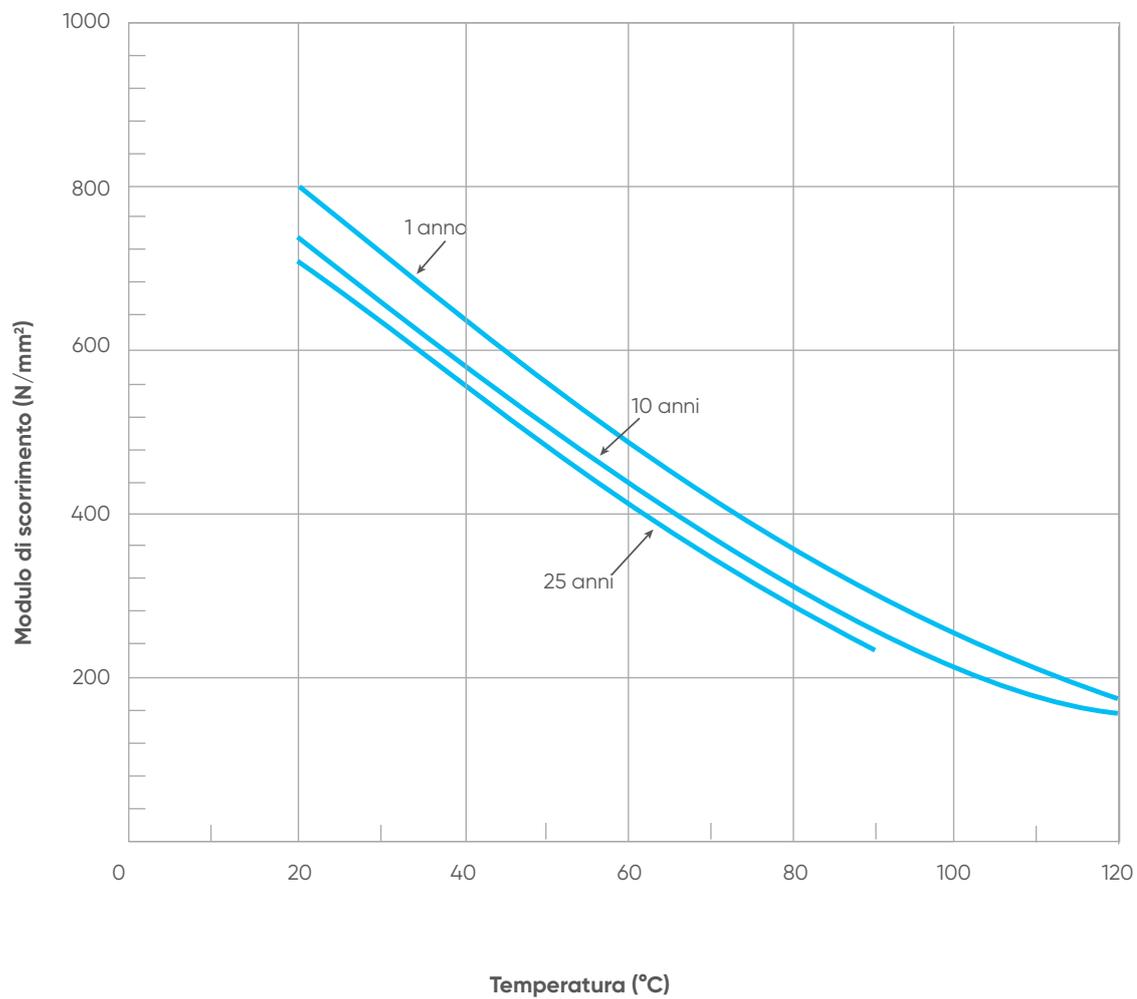
*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento di PE- HD per 25 anni



*Inizio del processo di invecchiamento

Modulo di scorrimento del PVDF





2. Progettazione di sistemi di tubazioni in plastica	106
2.1 Simboli, abbreviazioni, unità, tabelle di conversione	106
2.1.1 Simboli	106
2.1.2 Abbreviazioni	107
2.1.3 Unità	109
2.2 Selezione dei materiali	113
2.3 Resistenza chimica	114
2.4 Dimensionamento e ingegneria idraulica	117
2.4.1 Progettazione dei tubi	117
2.4.1.1 Calcolo della sollecitazione ammissibile basato sulla classificazione MRS	117
2.4.1.2 Calcolo della pressione nominale	118
2.4.1.3 Calcolo dello standard dimension ratio	119
2.4.1.4 Calcolo di serie	119
2.4.1.5 Calcolo dello spessore delle pareti	119
2.4.2 Diagramma pressione-temperatura	125
2.4.2.1 Diagramma pressione ammissibile - temperatura	126
2.4.2.2 Diagramma pressione nominale - temperatura	132
2.4.3 Calcolo idraulico	137
2.4.3.1 Calcolo delle perdite di carico distribuite	139
2.4.3.2 Calcolo delle perdite di carico localizzate	142
2.4.4 Regolazione e dimensionamento del flusso della valvola 147	151
2.4.5 Sovrapressione	151
2.4.5.1 Colpo d'ariete	151
2.4.5.2 Cavitazione	154
2.5 Selezione e caratteristiche delle valvole	156
2.5.1 Caratteristiche del fluido	156
2.5.2 Sollecitazioni meccaniche e vibrazioni	157
2.5.3 Sicurezza	160
2.5.4 Sicurezza	161
2.5.5 Facilità d'installazione	161
2.5.6 Accuratezza della regolazione	162
2.6 Spurgo dell'aria dalle condutture	163
2.6.1 Aria intrappolata: fonti e cause	163
2.6.2 Trattamento dell'aria intrappolata	164
2.7 Progettazione del sistema di tubazioni per la condizione di vuoto	165
2.8 Progettazione del sistema di tubazioni per l'aria compressa	166
2.9 Selezione del flussimetro	169
2.9.1 Progettazione del flussimetro	169
2.9.1.1 Sensori di flusso a inserzione	169
2.9.1.2 Sensori di flusso in linea	171
2.9.1.3 Flussimetri ad area variabile	172
2.9.2 Installazione del flussimetro	174
2.9.2.1 Sensori di flusso a inserzione	174
2.9.2.2 Sensori di flusso in linea	176
2.9.2.3 Flussimetri ad aria variabile	176
2.10 Selezione del sensore di pH e ORP	178
2.10.1 Progettazione del sensore di pH e ORP	178
2.10.1.1 Misura del pH	178
2.10.1.2 Misura dell'ORP	181
2.10.1.3 Elettrodi pH/ORP	182
2.10.2 Installazione del sensore di pH e ORP	184
2.10.2.1 Linee guida per l'installazione	184
2.10.2.2 Linee guida operative	185
2.11 Selezione del sensore di conducibilità	186
2.11.1 Progettazione del sensore di conducibilità	186
2.11.1.1 Misura della conducibilità	186
2.11.1.2 Elettrodi di conducibilità	188
2.11.2 Installazione del sensore di conducibilità	189
2.11.2.1 Linee guida per l'installazione	189
2.11.2.2 Linee guida operative	190

2. Progettazione di sistemi di tubazioni in plastica

2.1 Simboli, abbreviazioni, unità, tabelle di conversione

2.1.1 Simboli

La tabella seguente mostra i simboli principali usati per rappresentare connessioni e valvole nella comune documentazione di progettazione, come P&ID o disegni generali.

Simboli	Collegamento	Simboli	Valvole
	Tubo		Valvola, generale
	Tubo, isolato		Valvola a sfera
	Incrocio senza collegamento		Valvola a membrana
	Raccordo a T		Valvola di ritenuta
	Connessione flangiata		Pompa
	Tubo flessibile		Valvola, flangiata
	Pendenza		Valvola a farfalla
	Collegamento		Valvola di ritegno
	Riduzione		Attuatore
	Contenitore, flangiato		

2.1.2 Abbreviazioni

Abbreviazione del materiale	Nome del materiale
PVC-U	Cloruro di polivinile non plastificato
PVC-C	Polivinilcloruro postclorurato
ABS	Acrilonitrile butadiene stirene
PP	Polipropilene
PPH	Polipropilene omopolimero
PPB	Copolimero a blocchi di polipropilene
PPR	Copolimero casuale di polipropilene
PP-EL	Polipropilene elettricamente conduttivo
PE	Polietilene
PE-RC	Polietilene resistente alle crepe
PVDF	Polifluoruro di vinilidene
PA	Poliammide
PB	Polibutadiene
PE-X	Polietilene reticolato
EPDM	Gomma etilene propilene
FKM	Fluoroelastomero
FFKM	Perfluoroelastomero
PTFE	Politetrafluoretilene
NBR	Gomma nitrilica

Abbreviazione	Nome
MRS	Minimum Required Strength, forza minima richiesta
σ	Sollecitazione ammissibile
C	Coefficiente di progetto
C _{min}	Coefficiente minimo di progetto
F _j	Coefficiente di saldatura a lungo termine
F _c	Fattore chimico
F _t	Fattore di tenacità
PN	Pressione nominale
DN	Diametro nominale
D _i	Diametro interno
D _e	Diametro esterno
SDR	Standard Dimension Ratio
T	Temperatura
t	Spessore della parete
r	Raggio del tubo
t _m	Durata di servizio sotto carico meccanico
t _a	Durata di servizio sotto l'influenza dell'invecchiamento
Q	Portata
V	Velocità di flusso
V _a	Velocità media
V _m	Velocità massima
Re	Numero di Reynolds
μ	Viscosità dinamica
ν	Viscosità cinematica
h	Perdita di carico
g	Accelerazione di gravità
λ	Coefficiente di attrito
A	Sezione del tubo
Chw	Coefficiente di flusso di Hazen-William
Δp_{RF}	Perdita di carico nei raccordi
Δp_{RV}	Perdita di carico nelle giunzioni dei tubi
Δp_{geod}	Differenza di pressione dovuta all'elevazione
Δp_{valv}	Perdita di carico all'interno di una valvola
ϵ_{RF}	Coefficiente di resistenza dei raccordi
ϵ_{RV}	Coefficiente di resistenza dei giunti
Δh_{geod}	Differenza di elevazione della condotta
K _v	Coefficiente di portata standard
t _c	Tempo di propagazione della perturbazione del colpo d'ariete
V _{pw}	Velocità dell'onda di pressione
P _k	Depressione
σ_k	Tensione di instabilità a carico di punta
E _c	Modulo di scorrimento
f	frequenza
E _p	Potenziale tra due elettrodi
E ₀	Potenziale standard

Abbreviazione	Nome
n	Carica dello ione
F	Costante di Faraday
R	Resistenza
K	Costante di cella
d	Distanza tra gli elettrodi
S	Superficie dell'elettrodo
S _m	Lunghezza dello smusso
κ	Conducibilità
E	Modulo di elasticità o modulo di Young
ε	Deformazione
t _f	Durata della vita
α	Deflessione angolare
f _m	Massimo cedimento di deflessione
L	Distanza tra i supporti
L _p	Lunghezza di spelatura
L _i	Lunghezza di inserimento
M	Profondità della trincea
m	Larghezza minima della trincea
I	Momento d'inerzia
k	Coefficiente di deflessione elastica
W	Carichi statici
P _p	Peso del tubo
P _f	Peso del fluido trasportato
s	Peso specifico del fluido alle condizioni di esercizio
L _A	Distanza tra i supporti del tubo
T _B	Temperatura di esercizio
T _R	Temperatura ambiente
R _p	Distanza tra le estremità del tubo
X	Valore di ovalizzazione del tubo

2.1.3 Unità

Nella seguente tabella è elencato il Sistema Internazionale di Unità di Misura.

Dimensione della dimensione base	Segno	Nome unità di base SI	Segno
Lunghezza	l	Metro	m
Massa	m	Chilogrammo	kg
Tempo	t	Secondo	s
Corrente elettrica	I	Ampere	A
Temperatura termodinamica	T	Kelvin	K
Quantità di sostanza	n	Mole	mol
Intensità luminosa	ln	Candela	cd

La prossima tabella mostra i prefissi definiti a livello internazionale.

Significato	Nome del prefisso	Segno	Fattore di potenza decimale	Numero decimale
Quintilione	exa	E	10^{18}	= 1 000 000 000 000 000 000
Quadrilione	peta	P	10^{15}	= 1 000 000 000 000 000
Trilione	tera	T	10^{12}	= 1 000 000 000 000
Miliardo	giga	G	10^9	= 1 000 000 000
Milione	mega	M	10^6	= 1 000 000
Mille	chilo	k	10^3	= 1 000
Cento	hecto	h	10^2	= 100
Dieci	deca	da	10^1	= 10
Decimo	deci	d	10^{-1}	= 0,1
Centesimo	centi	c	10^{-2}	= 0,01
Millesimo	milli	m	10^{-3}	= 0,001
Milionesimo	micro	μ	10^{-6}	= 0,000 001
Miliardesimo	nano	n	10^{-9}	= 0,000 000 001
Trilionesimo	pico	p	10^{-12}	= 0,000 000 000 001
Quadrilionesimo	femto	f	10^{-15}	= 0,000 000 000 000 001
Quintilionesimo	atto	a	10^{-18}	= 0,000 000 000 000 000 001

La tabella seguente diverse dimensioni con le loro unità SI e conversioni.

Dimensione	Unità SI	Unità ammissibili al di fuori di SI	Conversione in unità SI corrispondente e relazioni	Altre unità e conversioni al di fuori del SI
Lunghezza	m			1" = 0,0254 m 1 Sm = 1852 m
Area	m ²			1 b = 10 ⁻²⁸ m ² 1 Sm = 1852 m 1 a = 10 ² m ² 1 ha = 10 ⁴ m ²
Volume	m ³	l	1 l = 10 ⁻³ m ³	
Angolo solido	SR		1 sr = 1 m ² /m ²	1° = 3,046 · 10 ⁻⁴ sr 1 g = 2,467 · 10 ⁻⁴ sr
Tempo	s	min h d	1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 86 400 s	
Frequenza	Hz		1 Hz = 1/s	
Velocità, frequenza di rotazione	s ⁻¹	min ⁻¹ g/min	1 min ⁻¹ (1/60) s ⁻¹ 1 g/min = 1 (1/min)	
Velocità	m/s	km/h	1 km/h = (1/3,6) m/s	
Accelerazione	m/s ²			1 Gal = 10 ⁻² m/s ²
Massa	kg	t	1 t = 10 ³ kg	1 q = 50 kg
Densità	kg/m ³	t/m ³ kg/l	1 t/m ³ = 1000 kg/m ³ 1 kg/l = 1000 kg/m ³	
Momento d'inerzia	kg · m ²			1 kp · ms ² = 9,81 kg · m ²
Forza	N		1 N = 1 kg · m/s ²	1 dyn = 10 ⁻⁵ N 1 p = 9.80665 · 10 ⁻³ N 1 kp = 9.80665 N

Dimensione	Unità SI	Unità ammissibili al di fuori di SI	Conversione in unità SI corrispondente e relazioni	Altre unità e conversioni al di fuori del SI
Coppia di serraggio	N · m			1 kpm = 9,80665 Nm 1 Nm = 0,7375 lb-ft
Pressione	Pa	bar	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 105 Pa	1 atm = 1,01325 bar 1 at = 0,980665 bar 1 Torr = 1,333224 · 10 ⁻³ bar 1 m WS = 98,0665 · 10 ⁻³ bar 1 mm Hg = 1,333224 · 10 ⁻³ bar
Sollecitazione	N/m ² Pa		1 N/m ² = 1 Pa	1 kp/m ² = 9,80665 N/m ² 1 kp/cm ² = 98,0665 · 10 ⁻³ N/m ² 1 kp/mm ² = 9,80665 · 10 ⁻⁶ N/m ²
Viscosità dinamica	Pa · s		1 Pa · s = 1 N · s/m ²	1 P (Poise) = 10 ⁻¹ Pa · s
Viscosità cinematica	m ² /s		1 m ² /s = 1 Pa · s · m ³ /kg	1 St (Stokes) = 10 ⁻⁴ m ² /s
Lavoro, energia	J	eV W · h	1 J = 1 Nm = 1 WS 1 W · h = 3,6 KJ	1 cal = 4,1868 J 1 kpm = 9,80665 J 1 erg = 10 ⁻⁷ J
Carica elettrica	C		1 C = 1 A · s	
Tensione elettrica	V		1 V = 1 W/A	
Corrente elettrica	A			
Resistenza elettrica	Ω		1 Ω = 1 V/A	1 Ω abs = 1 Ω
Potenza	W		1 W = 1 J/s = 1 Nm/s 1 W = 1 V · A	1 PS = 735,498 W 1 kcal/h = 1,163 W 1 kpm/s = 10 W
Capacità elettrica	F		1 F = 1 C/V	
Intensità del campo magnetico	A/m			1 Oe = 79,5775 A/m
Flusso magnetico	Wb		1 Wb = 1 V · s	1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb
Densità di flusso magnetico	T		1 T = 1 Wb/m ²	1 G = 10 ⁻⁴ T
Induttanza	H		1 H = 1 Wb/A	
Conducibilità elettrica	S		1 S = 1/Ω	
Temperatura termodinamica	K		Δ 1 °C = Δ 1 K	0 °C = 273,15 K
Celsius; temperatura	°C		Δ 1 °C = Δ 1 K 0 K = -273,15 °C	
Capacità termica	J/K			1 Kcl/grado = 4,1868 · 10 ⁻³ J/K

La seguente tabella mostra le conversioni relative alla portata.

m ³ /h	l/min	l/s	m ³ /s	Imp. gal/min	US gal/min	cu. ft./h	cu. ft./s
1,0	16,67	0,278	2,78·10 ⁻⁴	3,667	4,404	35,311	9,81·10 ⁻³
0,06	1,0	0,017	1,67·10 ⁻⁵	0,220	0,264	2,119	5,89·10 ⁻⁴
3,6	60	1,0	1,00·10 ⁻³	13,20	15,853	127,12	3,53·10 ⁻²
3 600	60 000	1000	1,0	13 200	15 838	127 118	35,311
0,2727	4,55	0,076	7,58·10 ⁻⁵	1,0	1,201	9,629	2,67·10 ⁻³
0,2272	3,79	0,063	6,31·10 ⁻⁵	0,833	1,0	8,0238	2,23·10 ⁻³
0,0283	0,47	0,008	7,86·10 ⁻⁶	0,104	0,125	1,0	2,78·10 ⁻⁴
101,94	1 699	28,32	2,83·10 ⁻²	373,77	448,8	3 600	1,0

La seguente tabella mostra le conversioni relative alla pressione.

bar	kg/cm ²	lbf/in ²	atm	ft H ₂ O	m H ₂ O	mm Hg	in. Hg	kPa
1,0	1,0197	14,504	0,9869	33,455	10,197	750,06	29,530	100
0,9807	1,0	14,223	0,9878	32,808	10	735,56	28,959	98,07
0,0689	0,0703	1,0	0,0609	2,3067	0,7031	51,715	2,036	6,89
1,0133	1,0332	14,696	1,0	33,889	10,332	760,0	29,921	101,3
0,0299	0,0305	0,4335	0,0295	1,0	0,3048	22,420	0,8827	2,99
0,0981	0,10	1,422	0,0968	3,2808	1,0	73,356	2,896	9,81
13,3·10 ⁻⁴	0,0014	0,0193	13,2·10 ⁻⁴	0,0446	0,0136	1,0	0,0394	0,133
0,0339	0,0345	0,4912	0,0334	1,1329	0,3453	25,40	1,0	3,39
1,0·10 ⁻⁵	10,2·10 ⁻⁶	14,5·10 ⁻⁵	9,87·10 ⁻⁶	3,34·10 ⁻⁴	10,2·10 ⁻⁵	75,0·10 ⁻⁴	29,5·10 ⁻⁵	1,0

2.2 Selezione dei materiali

La selezione del materiale plastico è una scelta cruciale per ottenere un design efficace e di successo, perché permette di raggiungere la funzionalità desiderata, la sicurezza e la durata minima specificata del sistema.

La scelta del materiale per tubazioni avviene in base alle pratiche comuni e a fattori di influenza che potrebbero essere riassunti con l'acronimo «STAMP» (size, temperatura, application, media, pressure - dimensioni, temperatura, applicazione, fluidi e pressione).



Quindi, per scegliere il materiale giusto e farne un uso corretto, è importante rispondere ad alcune domande, ad esempio:

- Qual è l'applicazione del materiale?
- Qual è il fluido che intendo trasportare? E qual è la sua concentrazione?
- Quale dimensione o portata è richiesta?
- Qual è la pressione d'esercizio?
- Qual è la temperatura di esercizio?
- È un'applicazione fuori terra o interrata?
- Esistono codici e norme che permettono o limitano l'uso della plastica?

Per ottenere le risposte giuste si possono considerare alcuni fattori, prima di tutto la composizione del fluido che attraversa il tubo; in particolare è necessario studiare le sue caratteristiche chimiche e pensare a variazioni indesiderate di composizione per selezionare la soluzione adeguata.

Potrebbe essere utile iniziare osservando la resistenza chimica del materiale per tubazioni desiderato: generalmente le resine termoplastiche sono caratterizzate da un'elevata resistenza a una grande varietà di fluidi, che tuttavia può variare a seconda dell'agente chimico, della variazione di temperatura o della sollecitazione, quindi è importante prestare attenzione a considerare ogni fattore che può influenzare la scelta finale.

Poi è consigliabile controllare i parametri legati al flusso del processo: in questo modo la portata richiesta può essere imposta in base alla velocità desiderata e alla pressione di esercizio minima e massima.

Per fare questo, è anche necessario prendere in considerazione le variazioni di pressione che potrebbero svilupparsi, poiché queste possono influenzare il dimensionamento dell'intero sistema.

Per quanto riguarda le perdite di carico, esse possono essere distribuite nei tubi o situate all'interno dei raccordi, dei giunti o delle valvole.

D'altra parte, è possibile che si verifichi un aumento di pressione chiamato colpo d'ariete in presenza di un arresto improvviso del flusso. Anche in questo caso i suoi effetti devono essere valutati in anticipo per ottenere la dimensione corretta del complesso.

Un altro fattore importante che può influenzare il processo è la sua ubicazione e l'ambiente che lo circonda: devono essere usati materiali diversi a seconda che l'impianto sia interrato o che si trovi fuori terra o in alto.

Anche la temperatura esterna andrebbe presa in considerazione a causa delle possibili fluttuazioni: passare da un clima estremamente caldo a uno freddo potrebbe generare effetti diversi sul materiale plastico come l'espansione o la contrazione che devono essere gestiti e considerati durante la progettazione.

Per quanto riguarda l'installazione, si deve prevedere uno spazio sufficiente: i tubi non devono causare alcuna ostruzione che impedisca l'accesso al personale o al traffico e non devono interferire con l'accessibilità di altre apparecchiature per la manutenzione. Ovviamente, per lo stoccaggio dovrebbero essere evitate le aree a potenziale rischio di incendio.

Ultima ma non meno importante è la considerazione sul budget: ogni fattore discusso in precedenza deve considerare il costo del materiale, dell'installazione e della manutenzione.

Prendendo in considerazione ognuno di questi parametri, se si fa una buona scelta e un buon uso del materiale, l'aspettativa di vita è estremamente alta.

2.3 Resistenza chimica

In base alla resistenza chimica è possibile classificare ogni materiale plastico e capire il suo comportamento in relazione a diversi tipi di reagenti chimici.

Le resine termoplastiche, a seconda della loro struttura molecolare, sono caratterizzate da un'alta resistenza a una vasta gamma di fluidi. Comunque, questa inerzia è significativamente influenzata dalle condizioni operative a cui è sottoposto il materiale termoplastico, come ad esempio le variazioni nella composizione dell'agente chimico, la temperatura, le sollecitazioni statiche e dinamiche che possono causare fenomeni di decomposizione che riducono la durata del materiale.

Come detto prima, poiché la resistenza chimica di un materiale potrebbe essere facilmente condizionata dalla temperatura, può essere utile discutere la relazione tra la velocità di reazione di una reazione chimica e la sua temperatura.

Questo argomento può essere riassunto in una sola formula, l'equazione di Arrhenius, che descrive come la costante di velocità o costante cinetica cresce esponenzialmente all'aumentare della temperatura.

L'equazione di Arrhenius può essere scritta come:

$$k = k_0 * e^{\left(\frac{-E_a}{R*T}\right)}$$

dove:

k = costante di velocità (frequenza delle collisioni che danno luogo a una reazione), usata per calcolare la velocità di reazione

k_0 = fattore pre-esponenziale, una costante per ogni reazione chimica

E_a = energia di attivazione per la reazione (J/mol)

R = costante universale dei gas (J/mol*K)

T = temperatura (K)

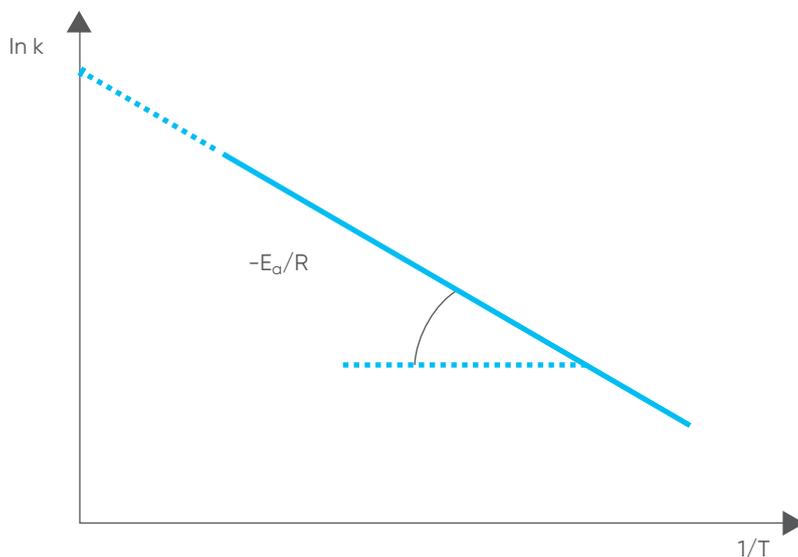
Per una migliore spiegazione, è necessario ricordare che per avere una reazione chimica le molecole dei reagenti devono scontrarsi con un'energia sufficientemente violenta per superare la cosiddetta energia di attivazione, cioè l'energia minima necessaria a un sistema per innescare una reazione.

Ad una certa temperatura non tutte le molecole hanno un'energia cinetica sufficiente per superare il valore dell'energia di attivazione, ma all'aumentare della temperatura, aumenta anche la frazione di molecole che ha un'energia cinetica superiore all'energia di attivazione.

D'altro canto, se si scrive l'equazione di Arrhenius come:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R*T}$$

Si può notare che aumentando la temperatura $\ln k$ diminuisce, come si può vedere nel grafico.



Pertanto, è necessario conoscere il comportamento dei materiali termoplastici all'azione dei composti chimici per fare una selezione precisa che porti alla scelta del materiale più adatto.

Riassumendo le informazioni su ogni singolo materiale plastico è possibile notare che, per esempio, il PVC è adatto alla maggior parte degli acidi forti, alcali, soluzioni acquose, idrocarburi alifatici e fluoruri, ma non è generalmente raccomandato con esteri, chetoni, eteri e idrocarburi aromatici o clorurati.

Il PVC-C è quello tra i materiali plastici con le caratteristiche più interessanti, grazie alla sua resistenza agli agenti chimici corrosivi, gli stessi che possono degradare e accorciare la vita di diversi metalli, come l'acido solforico e cloridrico, solfato e idrossidi.

Inoltre, il PVC-C non è limitato dal pH, ma può adattarsi a grandi oscillazioni del pH dei fluidi che trasporta.

Pertanto, viene utilizzato in una vasta gamma di operazioni industriali, come la placcatura dei metalli, l'industria dei cloro-alcali o il trattamento delle acque reflue.

Le poliolefine sono resistenti a soluzioni acquose di sali, acidi diluiti, alcali e processi elettrochimici che possono portare alla corrosione dei metalli.

Solo forti agenti ossidanti come i perossidi e gli acidi altamente concentrati o gli alogeni attaccano il materiale per un periodo di tempo prolungato.

Il PVDF tollera la maggior parte degli acidi e dei sali inorganici, gli acidi organici, gli idrocarburi alifatici e aromatici, il petrolio grezzo e i combustibili, gli alcoli e gli eteri, gli alogeni, ad eccezione del fluoro.

L'ABS è resistente agli acidi acquosi, agli alcali, all'acido cloridrico e fosforico concentrati, ma può essere attaccato dall'acido solforico e nitrico concentrati. È solubile in esteri, chetoni e dicloruro di etilene.

FKM e FFKM sono elastomeri fluorurati, il riferimento assoluto per le guarnizioni in gomma in termini di resistenza chimica. Sono utilizzati in applicazioni di alta tecnologia, per esempio nel campo aerospaziale, nelle applicazioni militari, per la fabbricazione di fibre ottiche polimeriche, o in sistemi di tubazioni per ambienti particolarmente aggressivi, come le atmosfere di ossigeno, fluoro, idrogeno, solfuro di idrogeno e acidi.

Rispetto alle gomme comuni, hanno un'alta resistenza all'attacco di agenti chimici, raggi ultravioletti e ossidanti.

Un altro elastomero che è uno dei tipi di gomma sintetica più popolari è l'EPDM, che ha un'ottima resistenza all'ossidazione atmosferica, quindi all'ozono, ai prodotti chimici a base di acqua e anche agli acidi e agli alcali.

Anche se a prima vista scegliere il materiale in base alla resistenza chimica del fluido trasportato può sembrare banale, in realtà è una procedura molto complicata e selettiva, poiché, come si può vedere nella tabella, è difficile trovare un materiale che possa adattarsi a più fluidi.

Poiché la temperatura influisce notevolmente sulla resistenza chimica di un materiale, questa tabella dovrebbe essere considerata solo come un esempio generico e non specifico.

Per ottenere un'analisi dettagliata e sicura, si consiglia di consultare il database delle resistenze chimiche sul sito di Aliaxis.

Prodotto chimico	PVC-U	PVC-C	ABS	PE	PP	PVDF	EPDM	FKM
Gas di cloro, puro (secco)	Condizionata	Condizionata	X	X	X	Condizionata	X	√
Gas di cloro (umido)	Condizionata	Condizionata	X	X	X	Condizionata	X	Condizionata
Acqua clorata, satura	√	√	X	Condizionata	X	Condizionata	√	√
Cloro liquido (gas)	X	X	X	X	X	Condizionata	X	√
Ipoclorito di sodio (12,5%)	√	√	X	Condizionata	Condizionata	Condizionata	Condizionata	√
Acqua cloramminata	√	√	X	Condizionata	√	√	√	√
Biossido di cloro, saturo	√	√	X	X	Condizionata	Condizionata	X	√
Ozono (acquoso)	√	√	X	Condizionata	Condizionata	√	√	√
Ozono (gas)	Condizionata	Condizionata	X	X	X	Condizionata	√	√

Pertanto, per avere una visione generale dell'argomento e un elenco più preciso delle sostanze chimiche con cui i materiali plastici possono interagire, si suggerisce di esaminare le guide alla resistenza chimica industriale disponibili sul sito web Aliaxis o più semplicemente sull'app Aliaxis. Queste tabelle indicano le classi di resistenza chimica dei materiali termoplastici ed elastomerici più comunemente usati per la produzione di valvole e raccordi utilizzati per il trasporto di fluidi industriali.

I dati elencati si basano sull'esperienza industriale e sui risultati dei test di immersione in laboratorio.

Altre fonti autorevoli sulla resistenza chimica sono due norme ampiamente riconosciute:

- ISO 10358.
- DIBt Media List 40.

Come detto in precedenza, le variazioni nella composizione dei composti chimici o nelle condizioni operative, come la pressione e la temperatura, nonché le sollecitazioni meccaniche, possono modificare significativamente l'effettiva resistenza chimica dei materiali: nella prova di laboratorio è stato utilizzato un fluido puro, ma va ricordato che la resistenza chimica è influenzata e spesso ridotta quando si maneggiano numerose sostanze chimiche o composti contenenti impurità.

Pertanto, quando si considerano applicazioni specifiche, spesso vale la pena di condurre test utilizzando il fluido di miscela effettivo che verrà usato in esercizio.

Nella guida alla resistenza chimica, sono utilizzati convenzionalmente tre differenti gradi di resistenza:

- classe 1: materiale molto resistente I materiali appartenenti a questa classe sono completamente resistenti al fluido convogliato secondo le condizioni operative specificate.
- classe 2: materiale limitatamente resistente I materiali appartenenti a questa classe sono parzialmente attaccati dal composto chimico convogliato. Il tempo medio di vita del materiale risulta più breve ed è consigliabile adottare coefficienti di sicurezza maggiorati rispetto a quelli adottati per i materiali di classe 1.
- classe 3: materiale non resistente Tutti i materiali appartenenti a questa classe sono soggetti a corrosione da parte del fluido convogliato e quindi non dovrebbero essere utilizzati.

In questo modo, cercando il materiale plastico e il fluido industriale desiderato, è possibile capire se la resistenza è più o meno buona.

Per concludere l'argomento sulla resistenza chimica, è necessario considerare, oltre alle proprietà chimiche e meccaniche di tubi e raccordi, anche l'integrità del giunto, che è spesso il punto più vulnerabile di un sistema industriale.

In realtà, i giunti per tubi hanno dimostrato di essere molto resistenti quando si usano applicazioni come la saldatura testa a testa, l'incollaggio o l'elettrofusione che creano giunti omogenei.

In particolare, l'incollaggio è un processo di installazione che utilizza solventi e resine plastiche per fondere chimicamente il tubo e il raccordo insieme.

Quando viene applicato, il solvente ammorbidisce e dissolve lo strato superiore del materiale del tubo e del raccordo, allentando la loro struttura molecolare e creando un pezzo continuo di materiale termoplastico.

In questo caso i giunti con il collante mantengono la stessa resistenza chimica della plastica, perché si tratta precisamente dello stesso materiale e non di una colla o di un componente estraneo aggiunto al pezzo. Inoltre, poiché la resina nel collante riempie tutti gli spazi che potrebbero altrimenti esistere nel giunto, la resistenza chimica è spesso elevata.



Si sono verificati segni di aggressione chimica poiché è stato scelto un materiale termoplastico non adatto al fluido trasportato.

2.4 Dimensionamento e ingegneria idraulica

Questa sezione stabilisce alcuni requisiti ingegneristici per la progettazione sicura di tubi fatti di diversi materiali, come PVC-U, PVC-C, PVDF, ABS, PP-H, PE100, che trasportano acqua o fluidi non pericolosi.

2.4.1 Progettazione dei tubi

Il primo passo nella progettazione di un sistema di tubazioni è decidere quali diametri utilizzare.

Per fare questo, è essenziale capire e studiare diversi fattori, alcuni dei quali sono direttamente legati alla pressione:

- Sollecitazione ammissibile
- Pressione nominale
- Standard dimension ratio (SDR);
- Serie
- Spessore della parete

2.4.1.1 Calcolo della sollecitazione ammissibile basato sulla classificazione MRS

La più grande sollecitazione presente in qualsiasi sistema di tubazioni sotto pressione è la tensione tangenziale, definita come la forza esercitata in modo circonferenziale, perpendicolare all'asse e al raggio dell'oggetto, in entrambe le direzioni su ogni particella nella parete del cilindro.

Questo è il fattore che determina la pressione che una sezione di tubo può sopportare ed è solitamente chiamato come sollecitazione ammissibile e indicato con σ .

Può essere calcolato con la seguente equazione:

$$\sigma = \frac{MRS}{C}$$

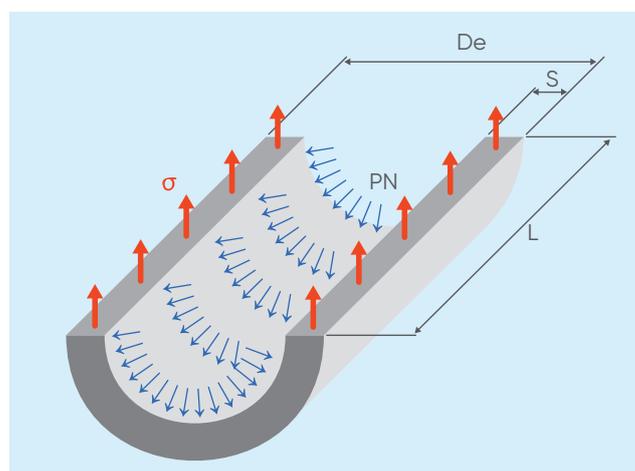
dove:

σ = sollecitazione ammissibile (MPa)

MRS=sollecitazione minima richiesta (MPa), quindi il valore minimo garantito del carico di rottura del materiale ad una temperatura di 20°C e per 50 anni di servizio continuo.

C=coefficiente di progetto (-)

In alcuni casi possono essere richiesti fattori aggiuntivi, di solito a seconda del prodotto chimico, del materiale e della temperatura o del metodo di giunzione, come descritto nella seguente tabella estratta da DVS 2205.



Materiale	Fattore chimico	Fattore di tenacità	Coefficiente di saldatura a lungo termine
PVC-U	Dipendente dalle sostanze chimiche	Dipendente dal materiale e dalla temperatura	Dipendente dal metodo di giunzione
PVC-C (tubo)			
PVC-C (raccordo)			
ABS			
PPH			
PE 100			
PVDF			

In questo modo la precedente equazione della sollecitazione ammissibile si trasforma in una nuova equazione:

$$\sigma = \frac{MRS * F_j}{(C * F_c * F_t)}$$

dove:

σ = sollecitazione di progetto (MPa)

MRS= sollecitazione minima richiesta (MPa)

C= coefficiente di progetto (-)

F_j= coefficiente di saldatura a lungo termine (-)

F_c= fattore chimico (-)

F_t= fattore di tenacità (-)

Secondo le curve di resistenza descritte in ISO 15494, ISO 15493 e ISO 10931, per ogni materiale è possibile trovare il valore di tensione tangenziale a diverse pressioni e anni di vita.

Per quanto riguarda il coefficiente di progetto, si utilizzano valori diversi a seconda del materiale di cui è fatto il tubo e della norma a cui si fa riferimento: la tabella seguente mostra diversi valori minimi del coefficiente di progetto (Cmin) elencati nella norma DIN, nell'approvazione DIBt e nella norma EN ISO 12162.

In particolare, mentre DIN è una norma nazionale e EN una norma europea, l'approvazione DIBt è data dal DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik).

Si tratta di un'agenzia governativa tedesca che rilascia dichiarazioni che affermano che i prodotti in esame soddisfano i requisiti normativi e di sicurezza tedeschi.

Materiale	Norme DIN	Approvazione DIBt	ISO 12162
PVC-U	2 - 2,5	2	1,6
PVC-C	-	2	1,6
ABS	-	2	1,6
PPH	1,6 (10-40 °C) 1,4 (40-60 °C) 1,25 / 60 °C	2	1,6
PE100	1,25 -1,6 -2	2	1,25
PVDF	-	2	1,6

In particolare, EN ISO 12162 si basa su prove effettuate su forme tubolari e fornisce valori di Cmin utili per calcolare la pressione ammissibile che può essere applicata nel sistema.

Per contro, la pressione nominale, quindi quella di esercizio, deve essere calcolata utilizzando un coefficiente industriale e costruttore (C) suggerito da ogni azienda produttrice.

Poiché questi coefficienti industriali C per ragioni di sicurezza sono più alti di Cmin nella EN ISO 12162, la pressione di esercizio è sempre leggermente inferiore a quella ammissibile.

2.4.1.2 Calcolo della pressione nominale

Per i sistemi di tubazioni in plastica destinati al trasporto di acqua, la pressione nominale descrive la pressione massima di esercizio in bar ad una temperatura di 20 °C e per 50 anni di vita utile.

Per i tubi che trasportano altri fluidi industriali la pressione nominale è riferita a 25 anni di vita utile.

Può essere così espressa:

$$PN = 20 * \frac{\sigma}{(SDR - 1)}$$

dove:

PN = pressione nominale (bar)

σ = sollecitazione ammissibile (MPa)

SDR = standard dimension ratio (-) descritto di seguito

Come detto prima, è importante ricordare che la sollecitazione ammissibile σ per la pressione nominale viene calcolata dal coefficiente di progetto industriale C dato dalla nostra società, comunemente adottato nell'applicazione industriale.

2.4.1.3 Calcolo dello standard dimension ratio

La capacità di carico della pressione di tubi e raccordi è espressa come livello SDR, Standard Dimension Ratio.

Può essere espressa come il rapporto tra il diametro esterno del tubo e lo spessore della parete del tubo.

$$SDR = \frac{De}{t}$$

dove:

SDR= Standard Dimension Ratio (-)

De= diametro esterno (mm)

t= spessore della parete (mm)

In base alla pressione nominale, l'SDR può essere calcolato anche da:

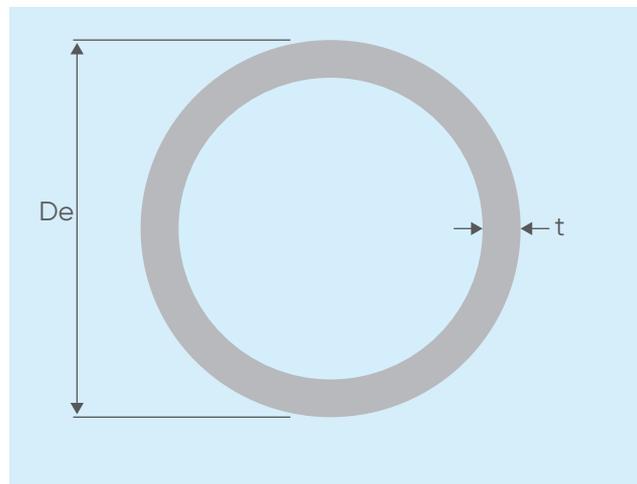
$$SDR = \frac{(20 * \sigma)}{PN + 1}$$

dove:

SDR= Standard Dimension Ratio (-)

σ = sollecitazione ammissibile (MPa)

PN = pressione nominale (bar)



ESEMPIO PRATICO

Calcolare il valore SDR se De=110 mm e t=10 mm

$$SDR = \frac{De}{t} = \frac{110}{10} = 11$$

2.4.1.4 Calcolo di serie

ISO 4065 classifica i tubi per serie in base alla pressione nominale, quindi i tubi con lo stesso numero di serie hanno la stessa pressione nominale.

Le serie di tubi sono indicate con la lettera S e possono essere calcolate con la seguente equazione:

$$S = \frac{(SDR-1)}{2}$$

dove:

SDR = standard dimension ratio (-)

S = serie di tubi (-)

ESEMPIO PRATICO

Calcolare le serie per SDR 11

$$S = \frac{(11-1)}{2} = 5$$

2.4.1.5 Calcolo dello spessore delle pareti

Il dimensionamento del tubo termoplastico sottoposto a pressione interna è legato ai requisiti di resistenza.

Tutte le dimensioni dei tubi che si trovano nelle norme sono basate su questa formula:

$$t = \frac{(De * PN)}{(20 * \sigma + PN)}$$

dove:

t = spessore della parete (mm)

De = diametro esterno del tubo (mm)

σ = sollecitazione ammissibile (MPa)

PN = pressione nominale (bar)

Nelle seguenti tabelle è mostrato lo spessore delle pareti di ogni materiale in base ai diametri esterni e ai valori SDR.

PVC-U							
S	20	16	12,5	10	8	6,3	5
SDR	41	33	26	21	17	13,6	11
De (mm)	t (mm)						
12	-	-	-	-	-	-	1,5
16	-	-	-	-	-	-	1,5
20	-	-	-	-	-	1,5	1,9
25	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3
32	-	-	1,5	1,6	1,9	2,4	2,9
40	-	1,5	1,6	1,9	2,4	3	3,7
50	-	1,6	2	2,4	3	3,7	4,6
63	-	2	2,5	3	3,8	4,7	5,8
75	-	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8
90	-	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2
110	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10
125	3,1	3,9	4,8	6	7,4	9,2	11,4
140	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7
160	4	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6
180	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4
200	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2
225	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	-
250	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	-
280	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	-
315	7,7	9,7	12,1	15	18,7	23,2	-
355	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	-
400	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	-

PVC-C				
S	10	6,3	5	4
SDR	21	13,6	11	9
De (mm)	t (mm)			
12	-	1,4	1,4	1,4
16	-	1,4	1,5	1,8
20	-	1,5	1,9	2,3
25	-	1,9	2,3	2,8
32	1,6	2,4	2,9	3,6
40	1,9	3	3,7	4,5
50	2,4	3,7	4,6	5,6
63	3	4,7	5,8	7,1
75	3,6	5,6	6,8	8,4
90	4,3	6,7	8,2	10,1
110	5,3	8,1	10	12,3
125	6	9,2	11,4	14
140	6,7	10,3	12,7	15,7
160	7,7	11,8	14,6	17,9
180	8,6	13,3	-	-
200	9,6	14,7	-	-
225	10,8	16,6	-	-

ABS								
S	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4
SDR	41	33	26	21	17	13,6	11	9
De (mm)	t (mm)							
12	-	-	-	-	-	-	1,5	1,5
16	-	-	-	-	-	1,5	1,5	1,8
20	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3
25	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8
32	-	-	-	1,6	1,9	2,4	2,9	3,6
40	-	-	1,6	1,9	2,4	3	3,7	4,5
50	-	1,6	2	2,4	3	3,7	4,6	5,6
63	1,6	2	2,5	3	3,8	4,7	5,8	7,1
75	1,9	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4
90	2,2	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1
110	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10	12,3
125	3,1	3,9	4,8	6	7,4	9,2	11,4	14
140	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7
160	4	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9
180	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1
200	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4
225	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2
250	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9
280	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	25,4	31,3
315	7,7	9,7	12,1	15	18,7	23,2	28,6	35,2
355	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	32,2	39,7
400	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	36,3	44,7

PP							
S	20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
SDR	41	33	26	17,6	11	7,4	6
De (mm)	t (mm)						
12	-	-	-	-	1,8	1,8	2
16	-	-	-	-	1,8	2,2	2,7
20	-	-	-	1,8	1,9	2,8	3,4
25	-	-	-	1,8	2,3	3,5	4,2
32	-	-	-	1,9	2,9	4,4	5,4
40	-	-	1,8	2,3	3,7	5,5	6,7
50	1,8	1,8	2	2,9	4,6	6,9	8,3
63	1,8	2	2,5	3,6	5,8	8,6	10,5
75	1,9	2,3	2,9	4,3	6,8	10,3	12,5
90	2,2	2,8	3,5	5,1	8,2	12,3	15
110	2,7	3,4	4,2	6,3	10	15,1	18,3
125	3,1	3,9	4,8	7,1	11,4	17,1	20,8
140	3,5	4,3	5,4	8	12,7	19,2	23,3
160	4	4,9	6,2	9,1	14,6	21,9	26,6
180	4,4	5,5	6,9	10,2	16,4	24,6	29,9
200	4,9	6,2	7,7	11,4	18,2	27,4	33,2
225	5,5	6,9	8,6	12,8	20,5	30,8	37,4
250	6,2	7,7	9,6	14,2	22,7	34,2	-
280	6,9	8,6	10,7	15,9	25,4	38,3	-
315	7,7	9,7	12,1	17,9	28,6	43,1	-
355	8,7	10,9	13,6	20,1	32,2	48,5	-
400	9,8	12,3	15,3	22,7	36,3	54,7	-
450	11	13,8	17,2	25,5	40,9	-	-
500	12,3	15,3	19,1	28,3	45,4	-	-
560	13,7	17,2	21,4	31,7	50,8	-	-
630	15,4	19,3	24,1	35,7	-	-	-
710	17,4	21,8	27,2	40,2	-	-	-
800	19,6	24,5	30,6	45,3	-	-	-
900	22	27,6	34,4	51	-	-	-
1000	24,5	30,6	38,2	-	-	-	-
1200	29,4	36,7	45,9	-	-	-	-
1400	34,3	42,9	53,5	-	-	-	-
1600	39,2	49	61,2	-	-	-	-

PE							
S	20	16	12,5	8	5	3,2	2,5
SDR	41	33	26	17	11	7,4	6
De (mm)	t (mm)						
16	-	-	-	-	1,8	2,2	2,7
20	-	-	-	1,8	1,9	2,8	3,4
25	-	-	-	1,8	2,3	3,5	4,2
32	-	-	-	1,9	2,9	4,4	5,4
40	-	-	1,8	2,4	3,7	5,5	6,7
50	1,8	1,8	2	3	4,6	6,9	8,3
63	1,8	2	2,5	3,8	5,8	8,6	10,5
75	1,9	2,3	2,9	4,5	6,8	10,3	12,5
90	2,2	2,8	3,5	5,4	8,2	12,3	15
110	2,7	3,4	4,2	6,6	10	15,1	18,3
125	3,1	3,9	4,8	7,4	11,4	17,1	20,8
140	3,5	4,3	5,4	8,3	12,7	19,2	23,3
160	4	4,9	6,2	9,5	14,6	21,9	26,6
180	4,4	5,5	6,9	10,7	16,4	24,6	29,9
200	4,9	6,2	7,7	11,9	18,2	27,4	33,2
225	5,5	6,9	8,6	13,4	20,5	30,8	37,4
250	6,2	7,7	9,6	14,8	22,7	34,2	41,5
280	6,9	8,6	10,7	16,6	25,4	38,3	46,5
315	7,7	9,7	12,1	18,7	28,6	43,1	52,3
355	8,7	10,9	13,6	21,1	32,2	48,5	59
400	9,8	12,3	15,3	23,7	36,3	54,7	-
450	11	13,8	17,2	26,7	40,9	61,5	-
500	12,3	15,3	19,1	29,7	45,4	-	-
560	13,7	17,2	21,4	33,2	50,8	-	-
630	15,4	19,3	24,1	37,4	57,2	-	-
710	17,4	21,8	27,2	42,1	64,5	-	-
800	19,6	24,5	30,6	47,4	72,6	-	-
900	22	27,6	34,4	53,3	81,7	-	-
1000	24,5	30,6	38,2	59,3	90,8	-	-
1200	29,4	36,7	45,9	71,1	-	-	-
1400	34,3	42,9	53,5	83	-	-	-
1600	39,2	49	61,2	94,8	-	-	-
1800	44	55,1	68,8	106,6	-	-	-
2000	48,9	61,2	76,4	118,5	-	-	-
2250	55	68,9	86	-	-	-	-
2500	61,2	76,5	95,5	-	-	-	-

PVDF		
S	16	10
SDR	33	21
De (mm)	t (mm)	
8	-	-
10	-	-
12	-	-
16	-	-
20	-	-
25	-	-
32	-	-
40	-	-
50	-	-
63	2	3
75	2,3	3,6
90	2,8	4,3
110	3,4	5,3
125	3,9	6
140	4,3	6,7
160	4,9	7,7
180	5,5	8,6
200	6,2	9,6
225	6,9	10,8
250	7,7	11,9
280	8,6	13,4
315	9,7	-
355	10,9	-
400	12,3	-

È necessario ricordare che, considerando la stessa pressione nominale a 20°C e 50 anni di vita utile, con un SDR più basso si può utilizzare una parete più spessa e con un SDR più alto una parete più sottile.



ESEMPIO PRATICO

Qual è la pressione ammissibile del tubo PE100 SDR 17 che trasporta acqua a 20°C?

Guardando la curva di resistenza per PE100, a 20°C e 50 anni di vita utile, il valore MRS è di 10 MPa, come mostrato graficamente nell'immagine seguente.

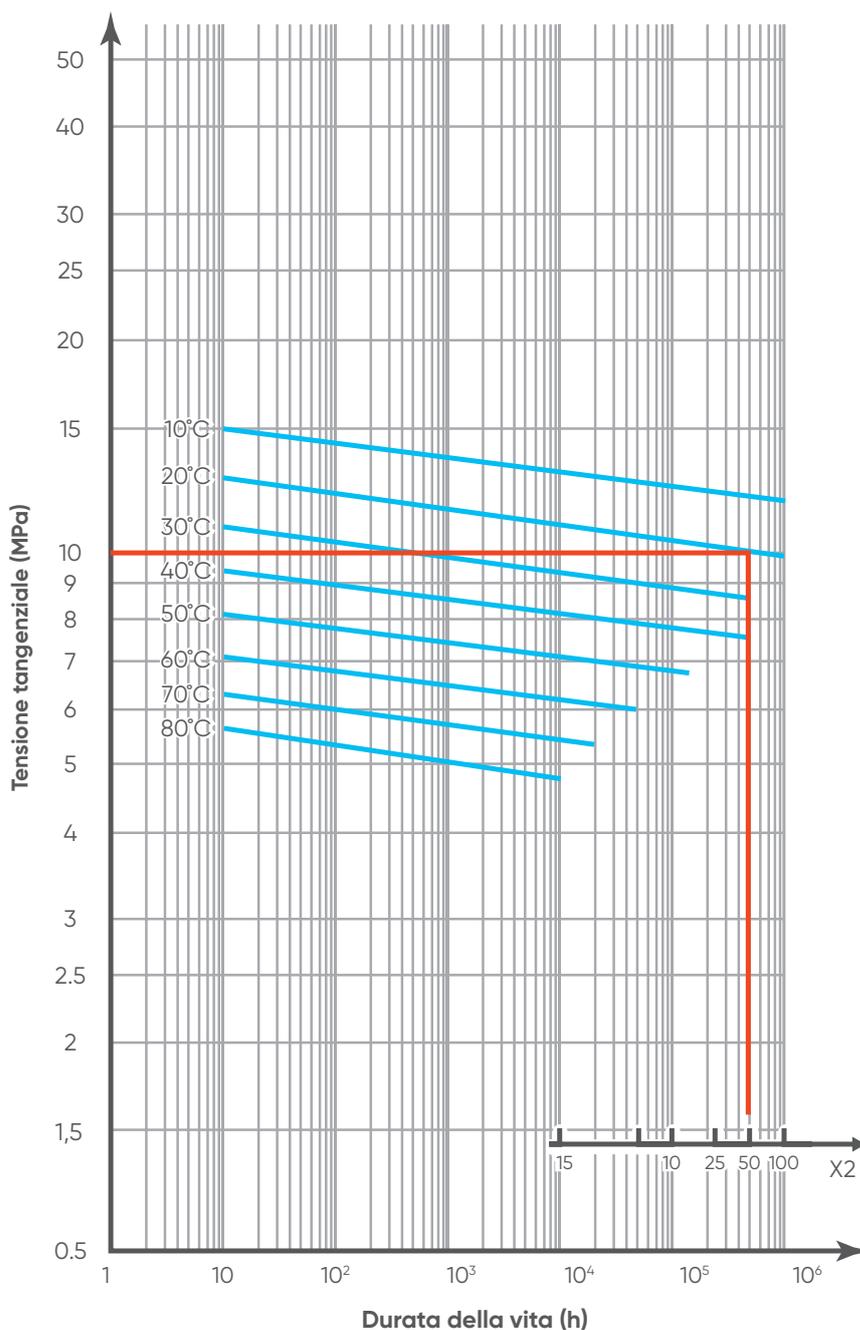
Secondo ISO 12162 C_{min} per PE100 è 1,25.

Per ottenere la pressione ammissibile è necessario calcolare

$$\sigma = \frac{MRS}{C_{min}} = 8 \text{ MPa}$$

In questo modo la pressione ammissibile

$$20 * \frac{\sigma}{(SDR-1)} = 10 \text{ bar}$$

**2.4.2 Diagramma pressione-temperatura**

Come si vede nella curva, la resistenza del materiale termoplastico è sensibile alla temperatura.

Poiché i valori di pressione standard sono determinati alla temperatura ambiente di 20 °C, per valori superiori o inferiori la pressione cambia: la relazione tra pressione e temperatura nominale e pressione e temperatura ammissibili è mostrata nei seguenti diagrammi, uno per ogni materiale.

Si noti che si riferiscono a acqua o fluidi non pericolosi, contro i quali il materiale è considerato chimicamente resistente; in altri casi, è necessaria un'adeguata diminuzione della pressione.

Aliaxis raccomanda di lavorare con valori al di sotto delle seguenti curve, non sopra o in corrispondenza di esse.

2.4.2.1 Diagrammi pressione ammissibile-temperatura

Nel capitolo precedente è stata spiegata la differenza tra la pressione nominale e la pressione ammissibile, quindi la pressione massima consentita.

Dato che secondo la norma ISO 12162 si possono usare i coefficienti minimi di progetto (C_{min}), si può applicare una pressione teorica superiore a quella nominale per condizioni specifiche.

I seguenti diagrammi mostrano il valore di pressione ammissibile correlato alla temperatura secondo SDR, il coefficiente minimo di progettato (C_{min}) e la vita utile.

Per le applicazioni industriali si raccomanda sempre di utilizzare la pressione nominale (PN) invece della pressione ammissibile.

Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVC-U (25 anni)

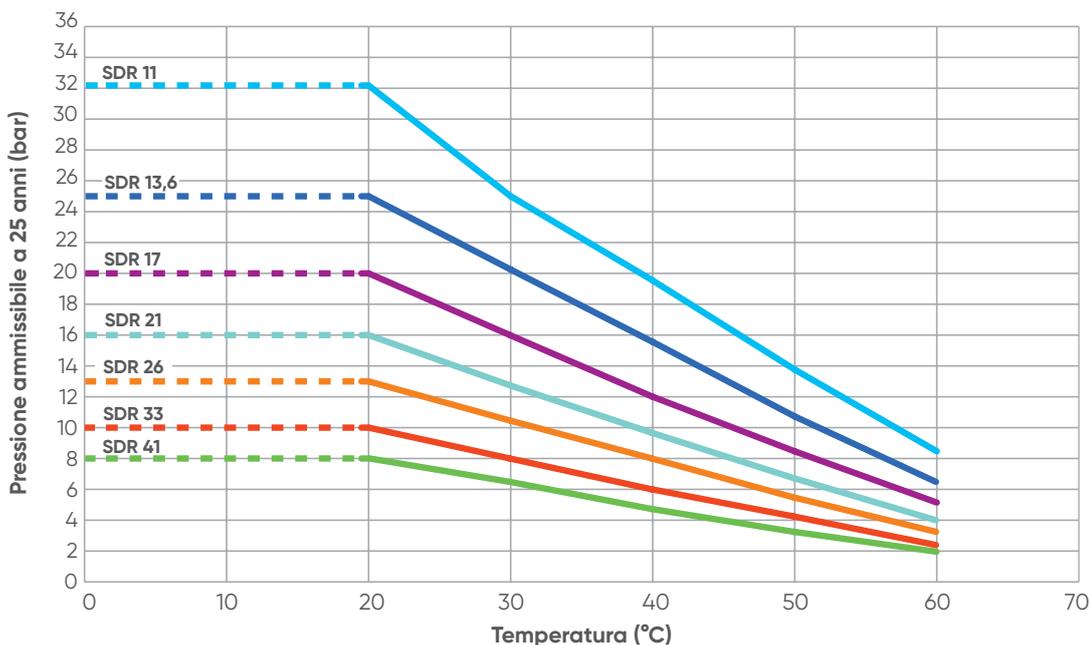


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVC-U (50 anni)

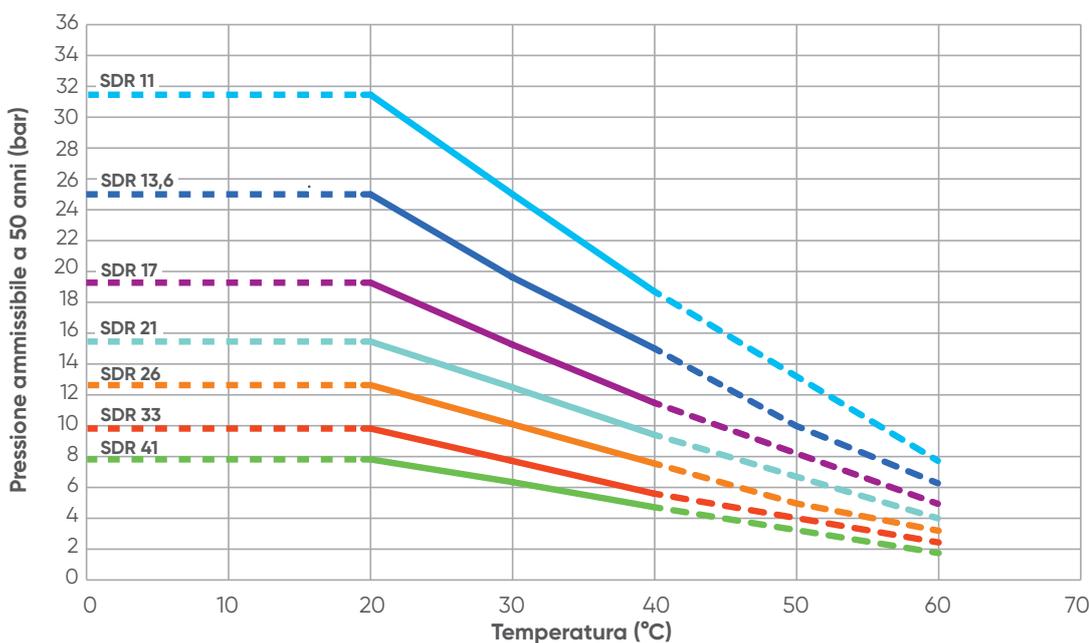


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVC-C (25 anni)

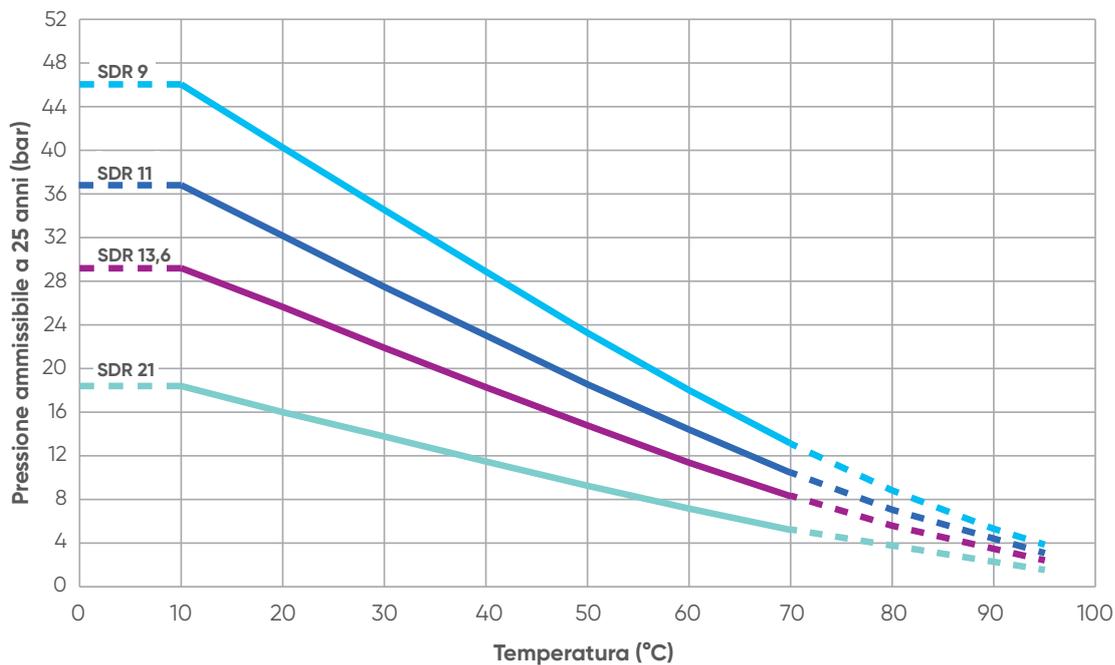


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVC-C (50 anni)

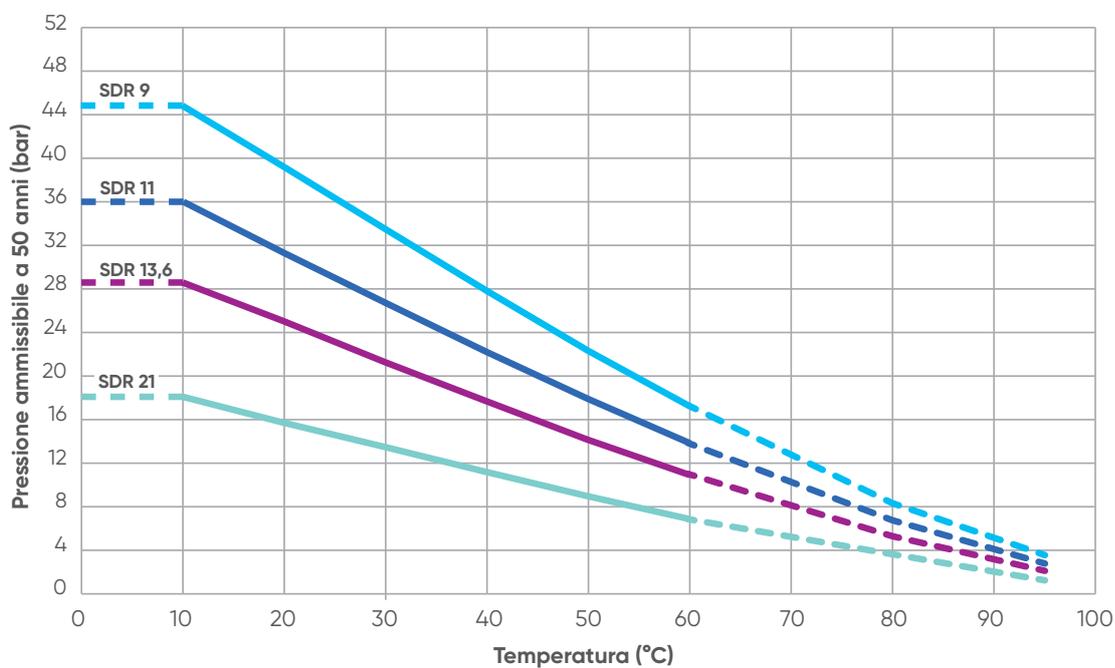


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per ABS (25 anni)

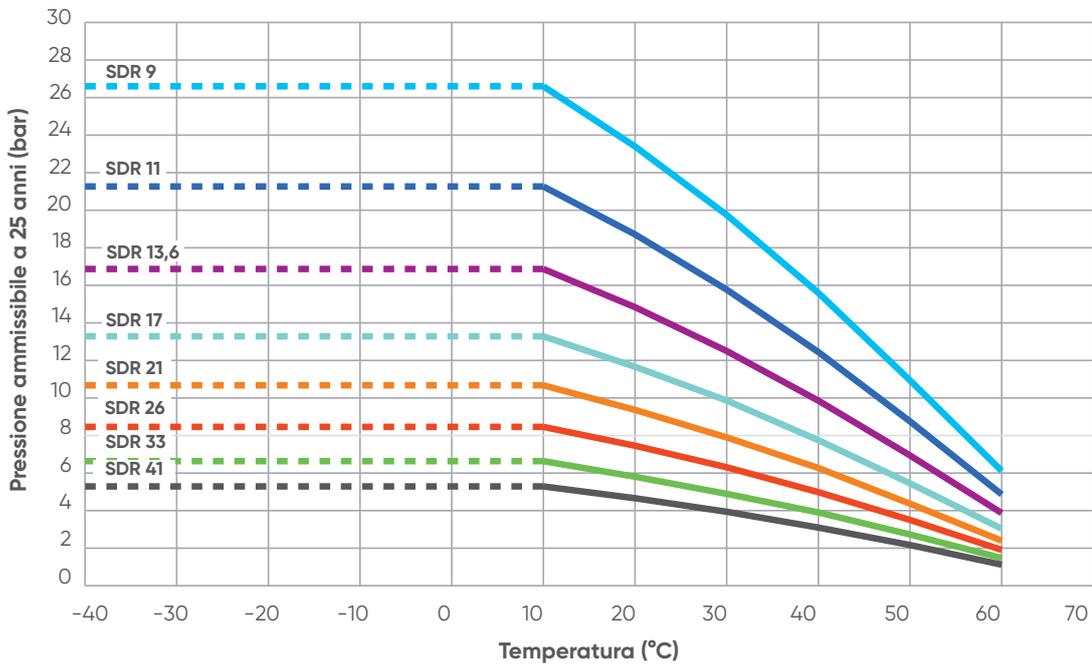


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per ABS (50 anni)

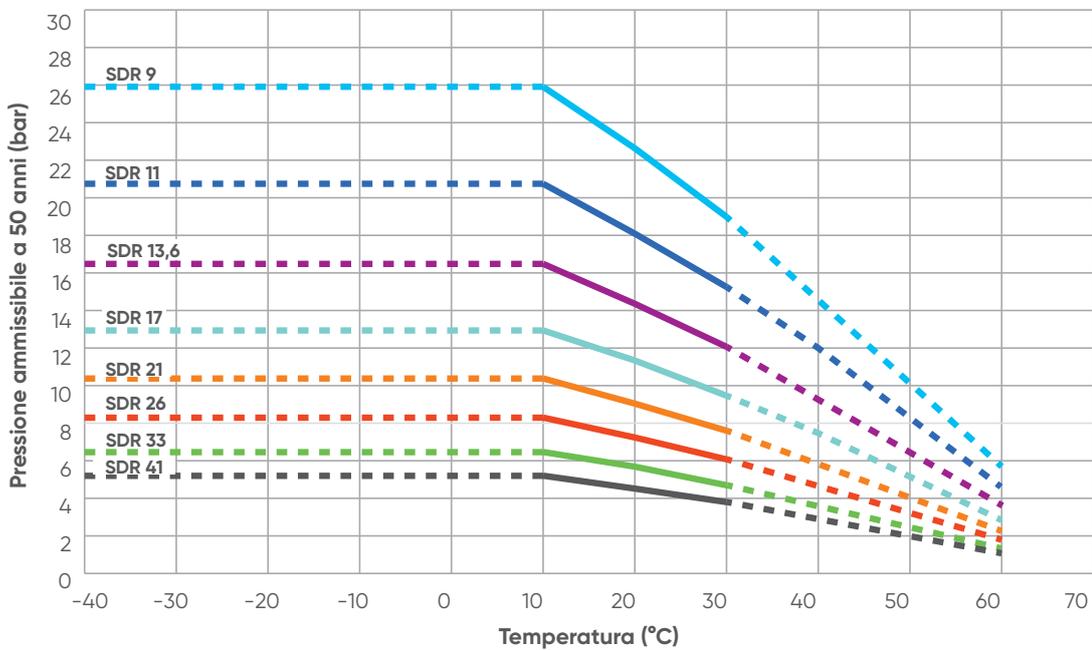


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PP-H (25 anni)

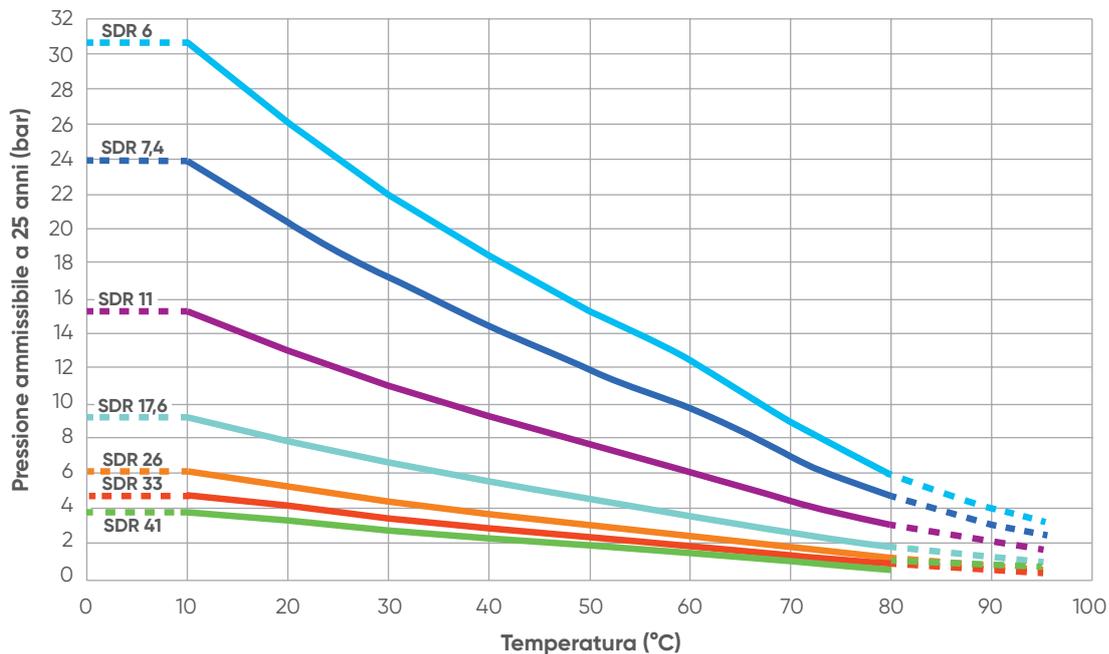


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PP-H (50 anni)

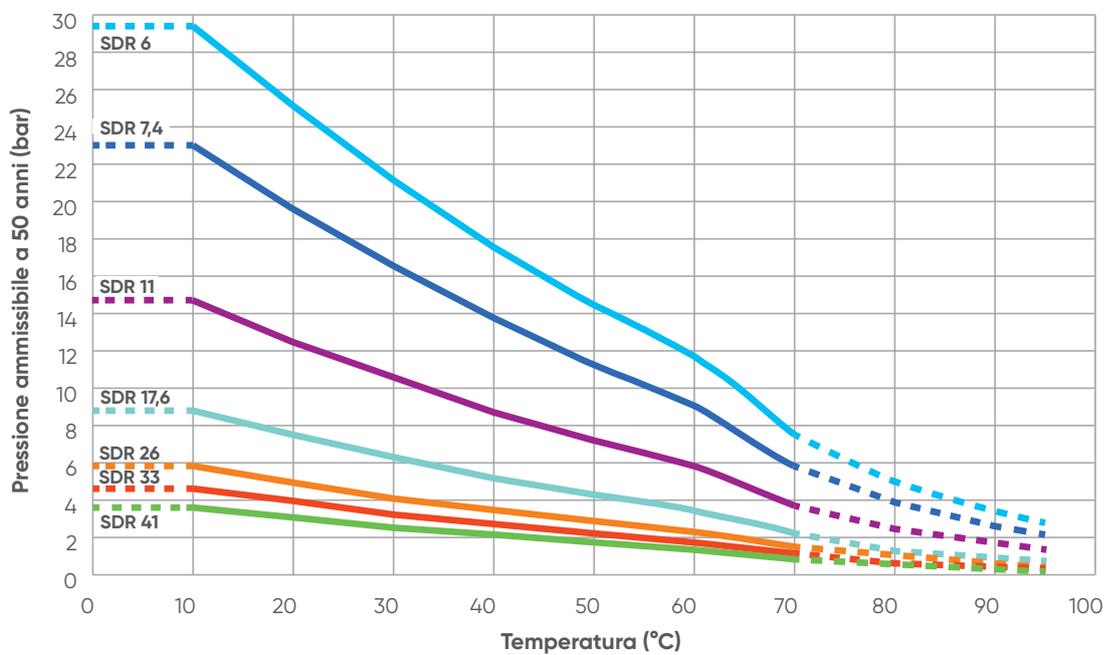


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PE100 (25 anni)

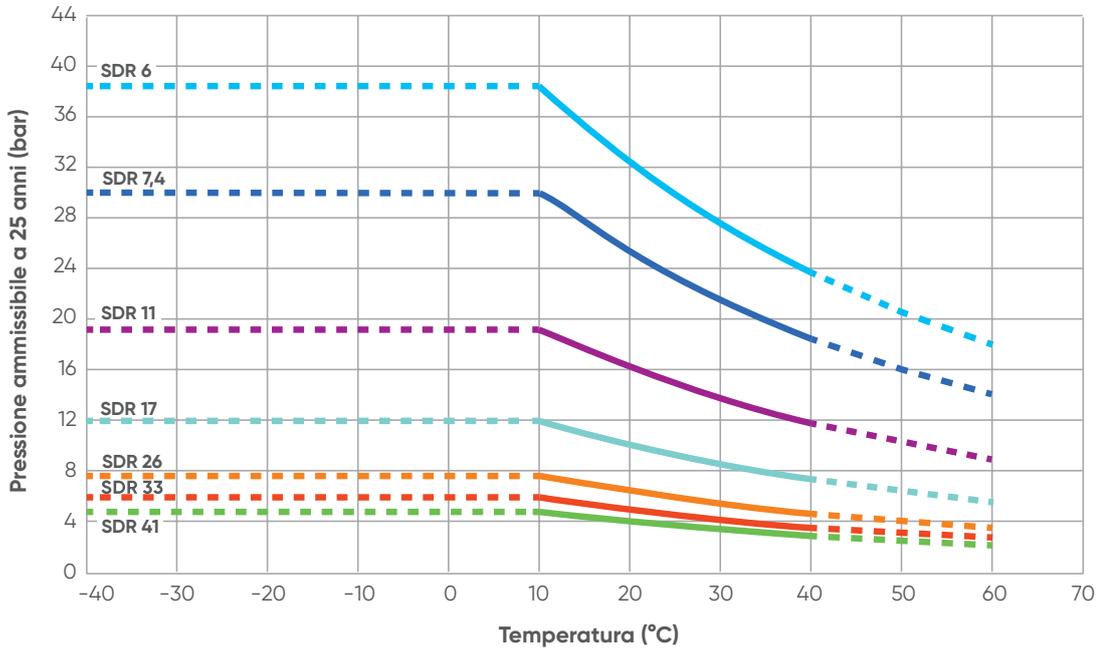


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PE100 (50 anni)

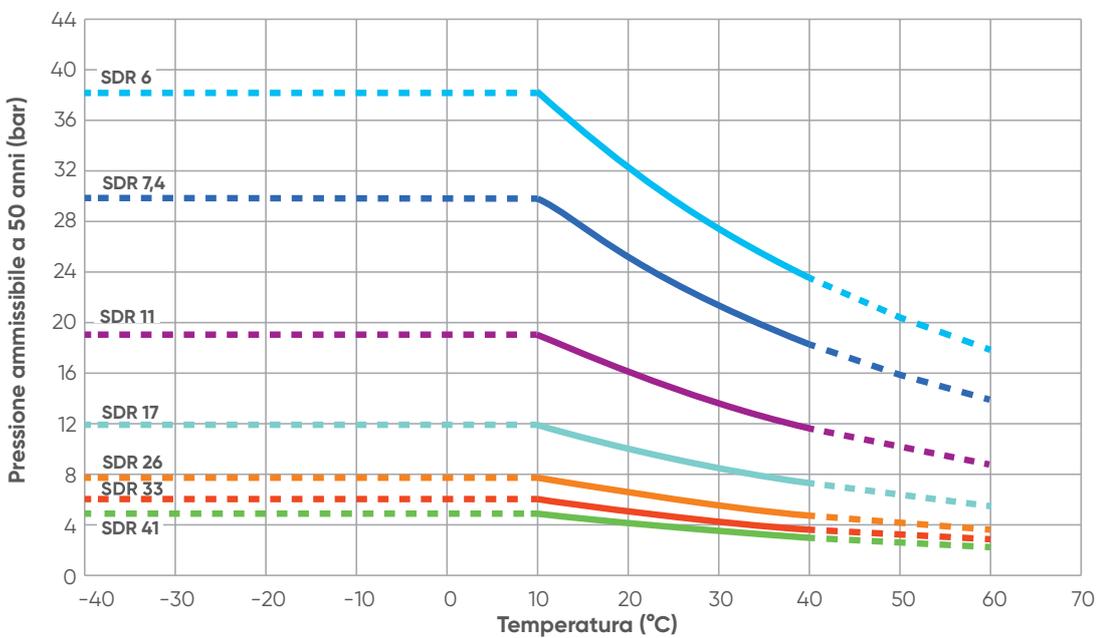


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVDF (25 anni)

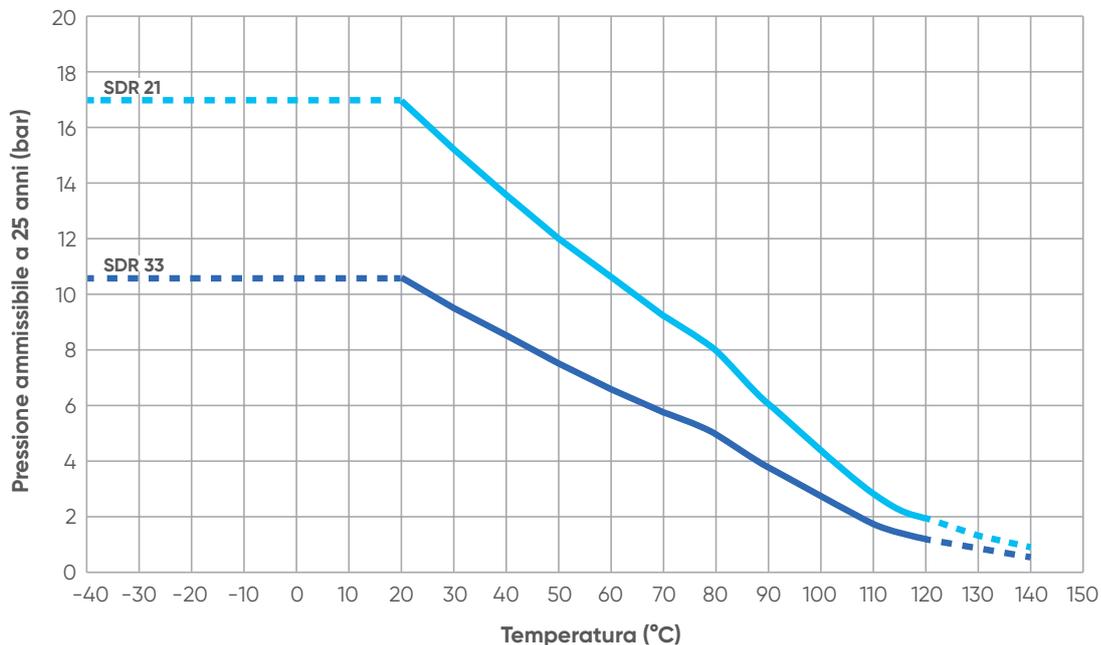
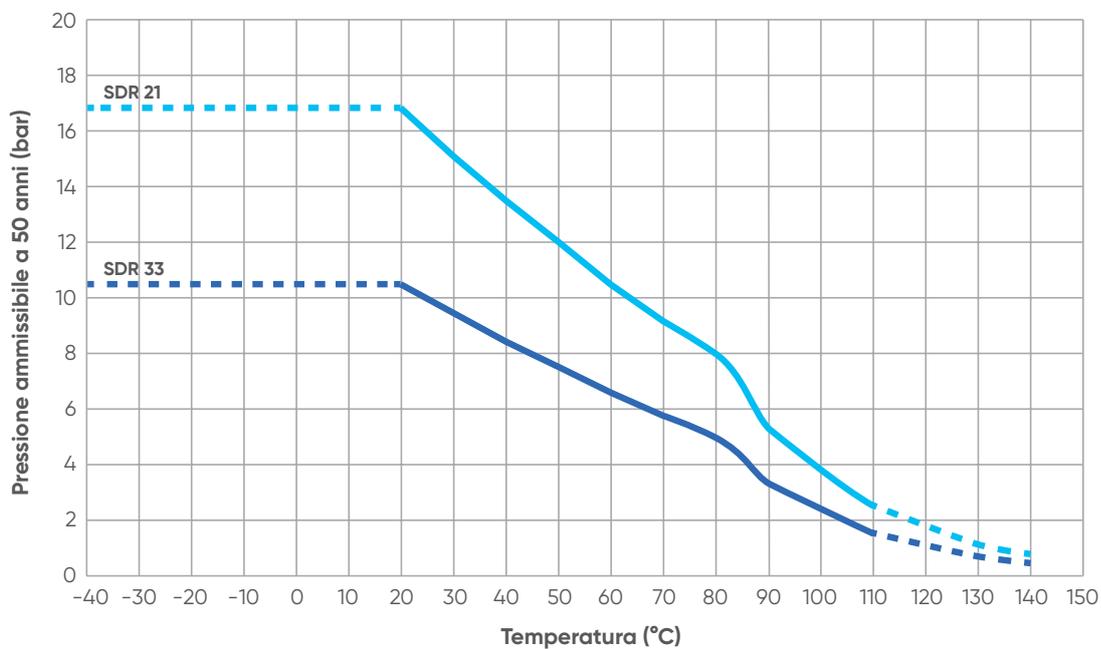


Diagramma pressione ammissibile-temperatura per PVDF (50 anni)



2.4.2.2 Diagrammi pressione nominale - temperatura

Come mostrato, se la temperatura sale oltre i 20 °C, la resistenza tangenziale e la pressione diminuiscono perché i valori MRS cambiano nelle curve di resistenza in base alla temperatura.

D'altra parte, nel caso in cui la temperatura d'esercizio scenda sotto i 20°C la pressione nominale mantiene il suo valore costante.

Come descritto in precedenza, la pressione nominale è calcolata da coefficienti industriali C che sono suggeriti dalla nostra società industriale.

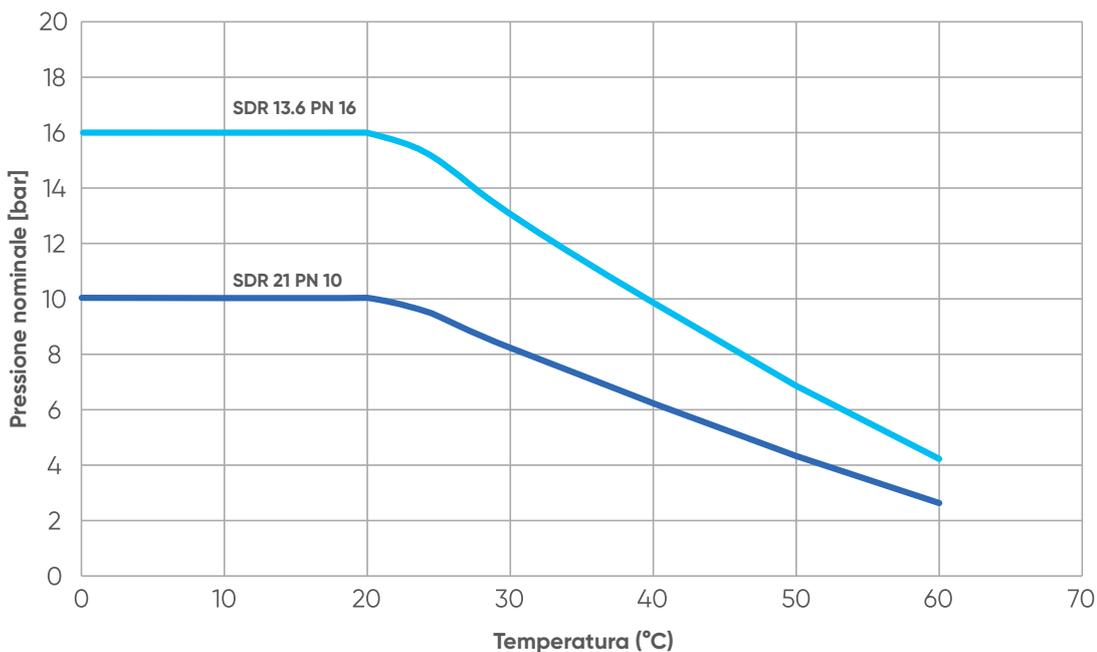
Poiché questi coefficienti per ragioni di sicurezza sono più alti di C_{min} nella EN ISO 12162, la pressione nominale di esercizio è sempre leggermente inferiore a quella ammissibile.

I seguenti grafici sulla pressione nominale - temperatura dovrebbero essere usati per l'acqua e i fluidi non pericolosi per i quali il materiale è classificato come chimicamente resistente (aspettativa di vita 25 anni). In altri casi è richiesta la riduzione del valore della pressione nominale.

Per le applicazioni industriali i grafici a cui fare riferimento sono relativi alla pressione nominale, di seguito indicata.

Diagramma pressione nominale-temperatura per PVC-U 25 anni

Il grafico qui sotto mostra la relazione tra pressione nominale e temperatura basata sul sistema metrico, secondo la norma EN ISO 15493.



Il grafico qui sotto mostra la relazione tra pressione e temperatura basata sul sistema britannico, secondo BS EN ISO 1452-2.

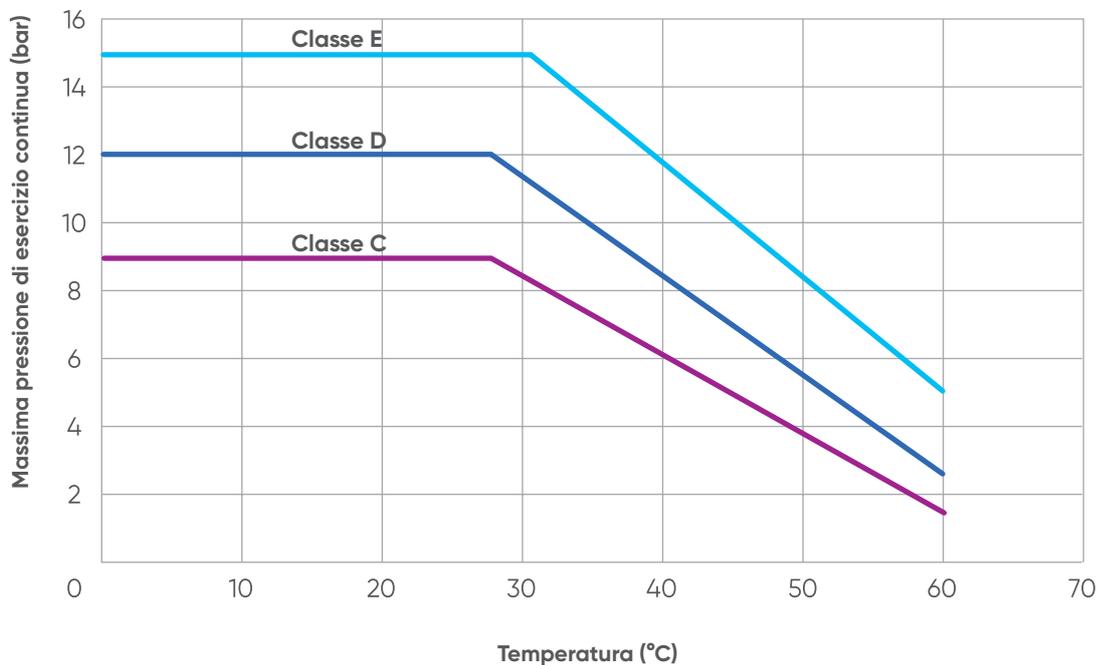


Diagramma pressione nominale-temperatura per PVC-C 25 anni

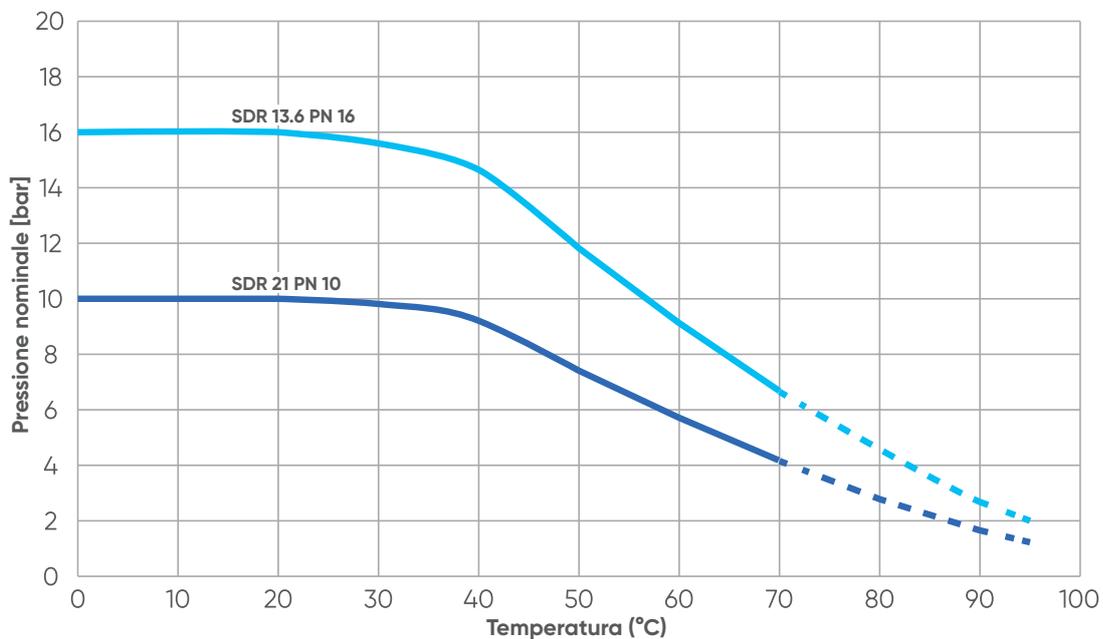
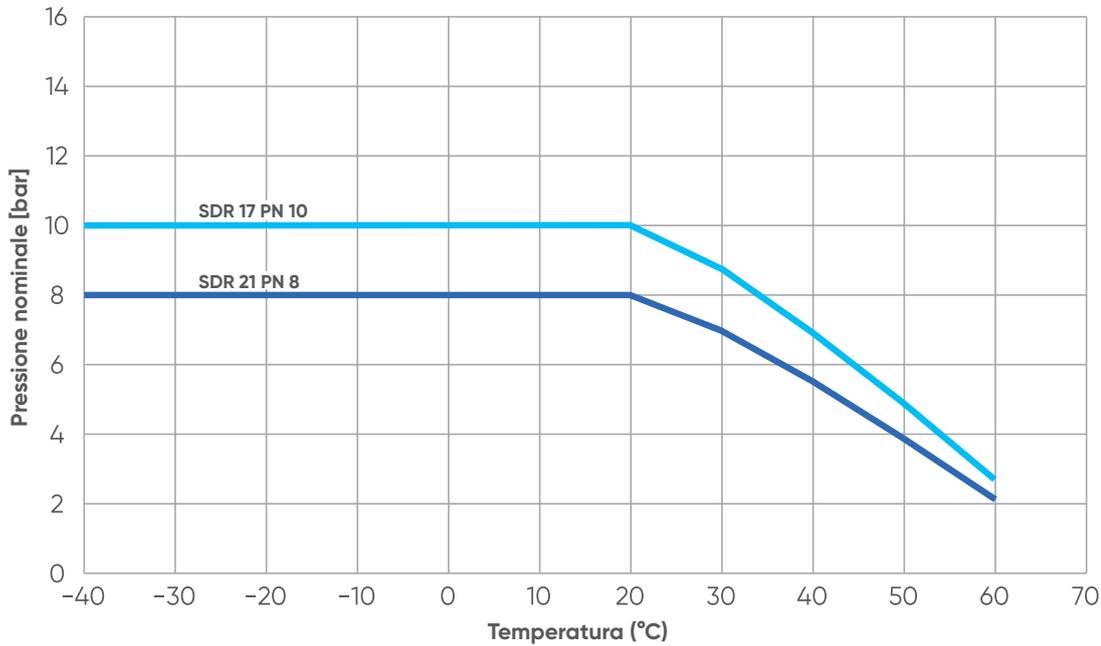


Diagramma pressione-temperatura nominale per ABS 25 anni

Il grafico qui sotto mostra la relazione tra pressione nominale e temperatura basata sul sistema metrico, secondo la norma EN ISO 15493.



Il grafico qui sotto mostra la relazione tra pressione e temperatura basata sul sistema britannico, secondo BS 5391-1.

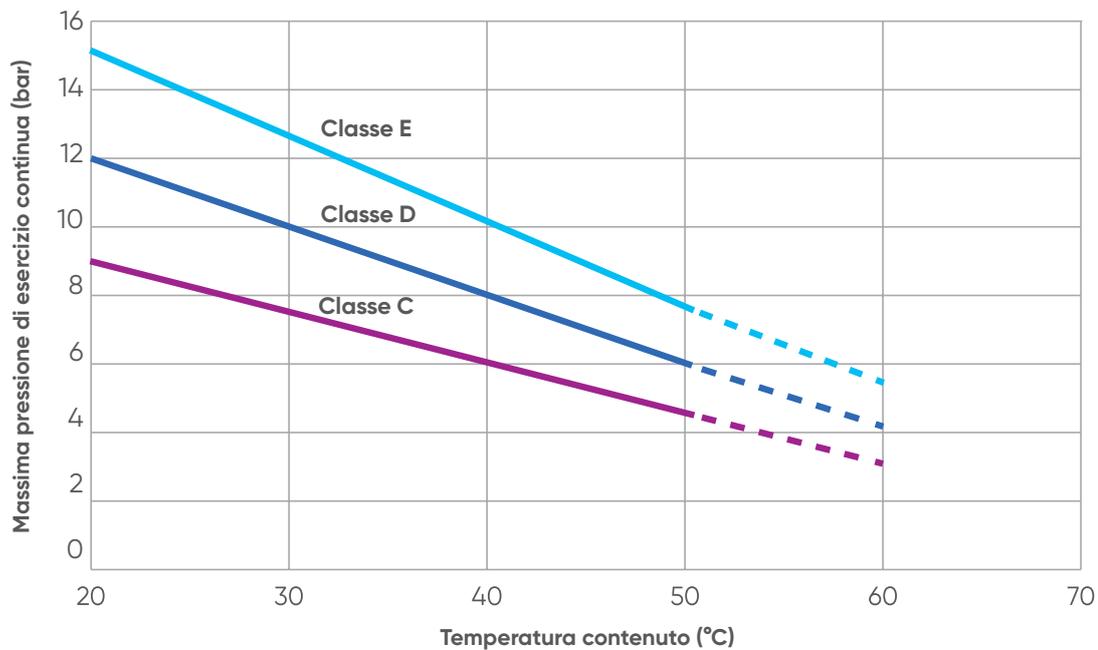


Diagramma pressione-temperatura nominale per PP-H 25 anni

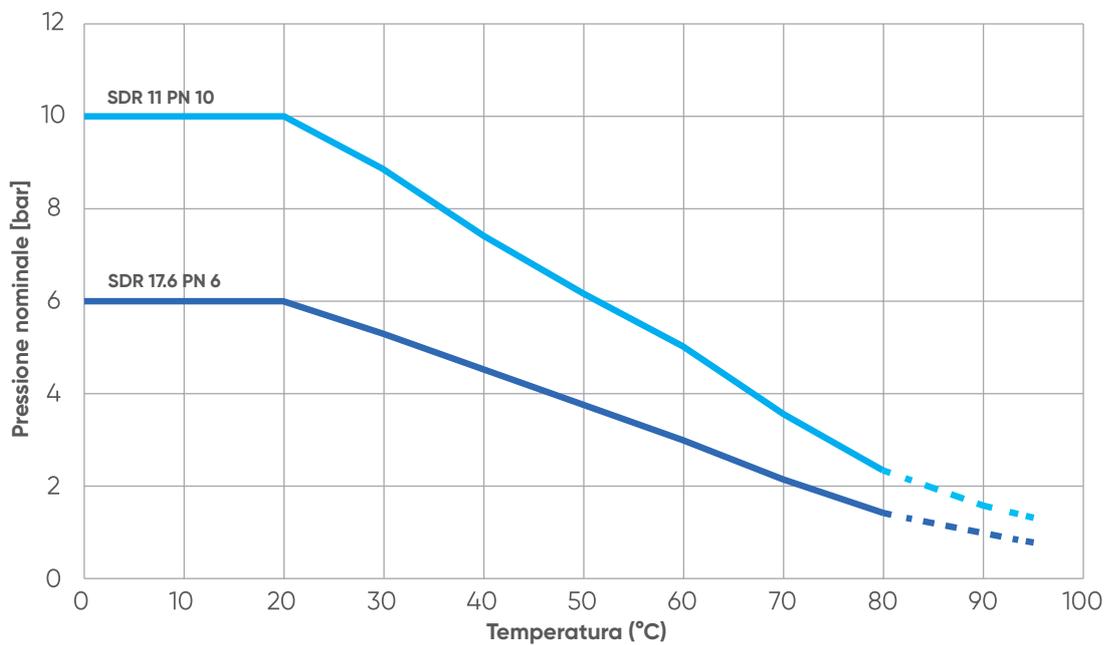


Diagramma pressione-temperatura nominale per PE100 25 anni

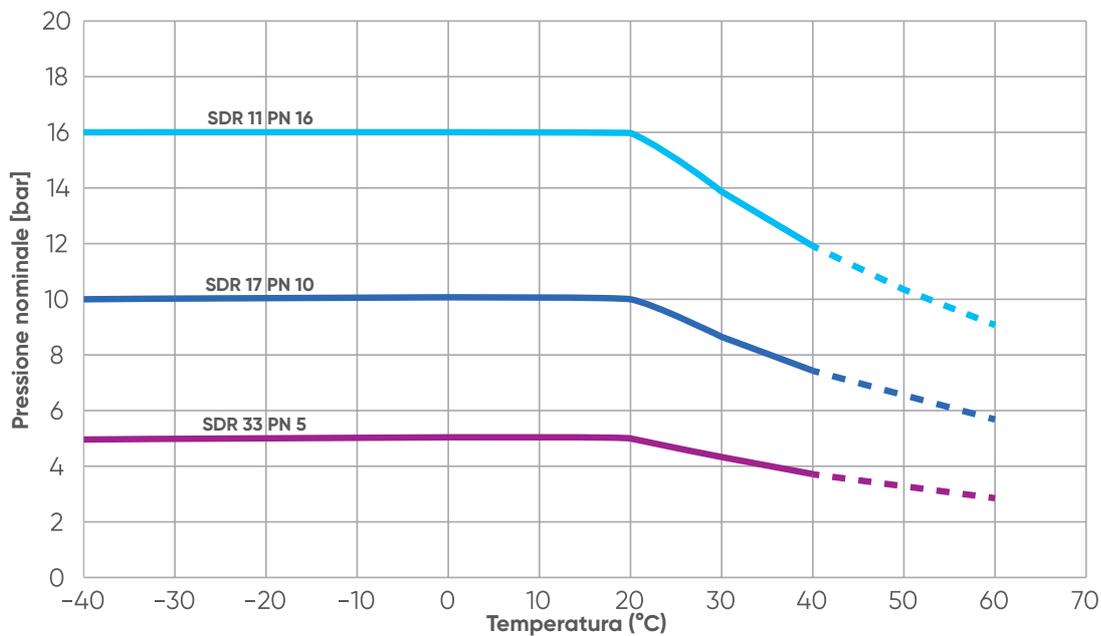


Diagramma pressione-temperatura nominale per PVDF 25 anni

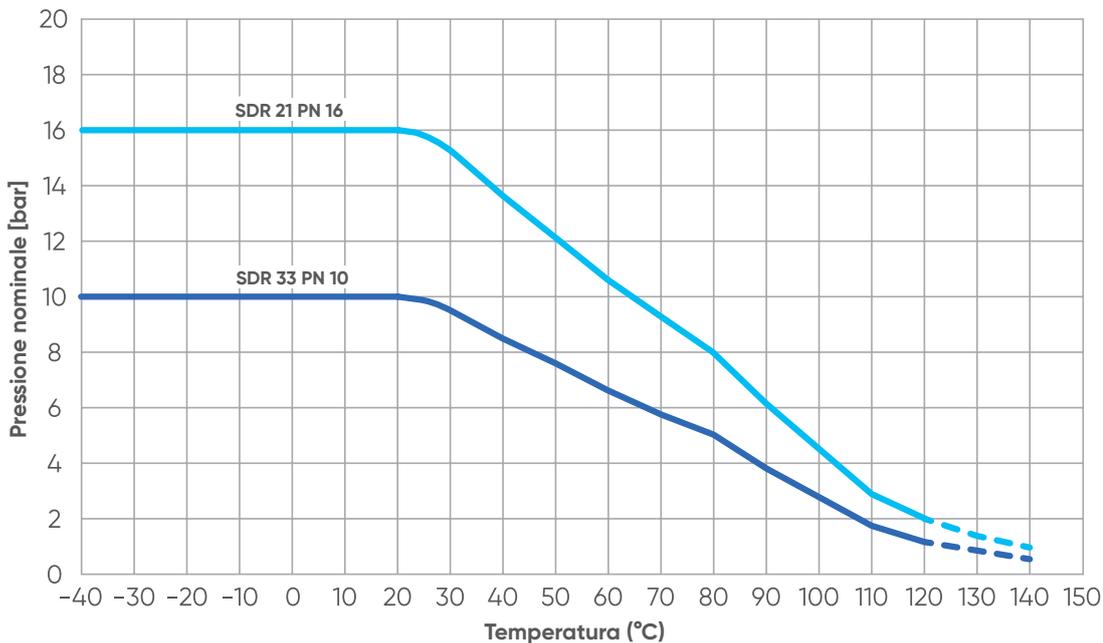


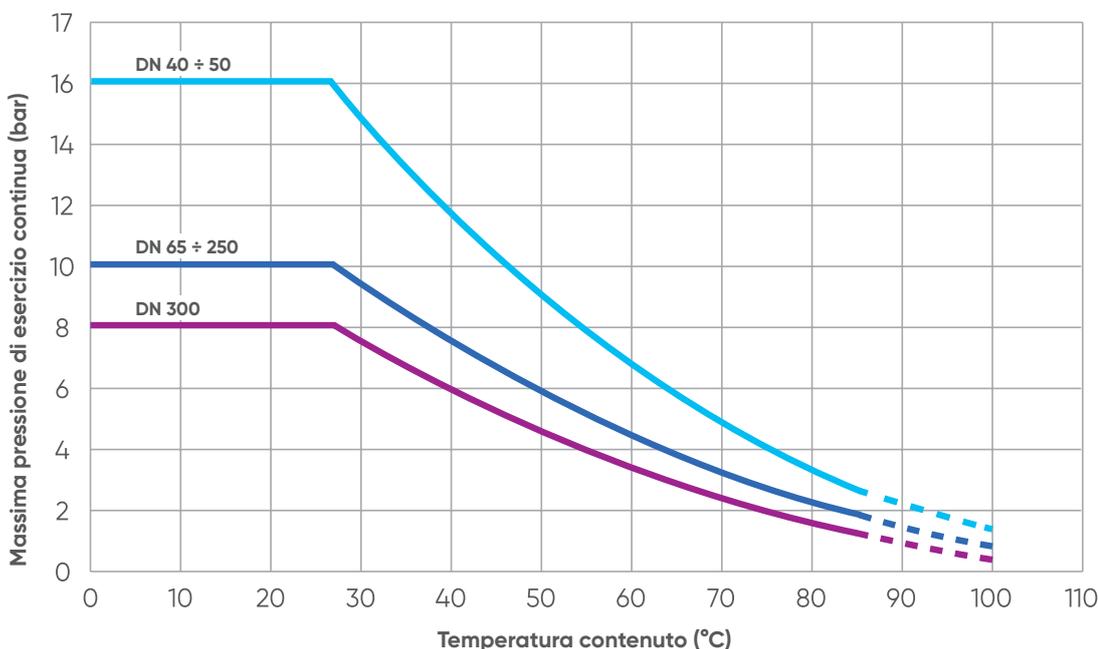
Diagramma pressione nominale-temperatura per valvole e raccordi

Per prodotti specifici, come le valvole e i raccordi stampati a iniezione, è consigliabile prendere in considerazione i diagrammi pressione-temperatura dedicati ad ogni singolo prodotto per il fatto che la pressione nominale è influenzata dalle caratteristiche tipiche di progettazione.

Per esempio, la valvola a farfalla FK in PVC-C ha diametri nominali diversi a seconda della pressione nominale. Per la versione wafer:

- DN 40 ÷ 50: PN 16 con acqua a 20 °C,
- DN 65 ÷ 250: PN 10 con acqua a 20 °C,
- DN 300: PN 8 acqua a 20 °C.

In questo modo è possibile avere tre linee diverse sul diagramma T-P secondo i diametri e il design della valvola come menzionato sopra.



2.4.3 Calcolo idraulico

I processi utilizzati per la produzione di tubi e raccordi in resine termoplastiche permettono di ottenere superfici interne estremamente lisce caratterizzate da bassi coefficienti di rugosità superficiale.

Pertanto il comportamento idraulico del fluido trasportato nei tubi termoplastici è paragonabile al moto dei fluidi all'interno di tubi lisci e rimane praticamente invariato nel tempo, poiché l'elevata scorrevolezza delle pareti interne non permette lo sviluppo di corrosione e incrostazioni. Per quanto riguarda la resistenza biologica, infatti, i sistemi di tubazioni in PVC e PVC-C sono resistenti alla crescita di funghi e batteri, soprattutto quelli che normalmente causano la corrosione nei sistemi di tubazioni metalliche.

In generale un tubo è soggetto all'azione di una forza che, opponendosi alla direzione del moto, provoca una dissipazione di energia da parte del fluido stesso.

Questa dissipazione, che può essere valutata in una perdita di carico, è solitamente chiamata perdita di attrito o perdita di carico.

In generale, nei tubi industriali ci sono due tipi di perdite di carico:

- perdite di carico distribuite: si verificano quando la perdita di energia è generata dall'attrito superficiale sviluppato tra il liquido e le pareti del tubo, quindi sono presenti e distribuite ovunque nei tubi. L'attrito è una funzione della rugosità del tubo, delle sue dimensioni, delle proprietà fisiche del fluido trasportato, della sua densità e viscosità e della velocità del fluido trasportato;
- perdite di carico localizzate: in questo caso la perdita di energia è generata dall'attrito di forma poiché c'è un cambio di direzione del fluido in presenza di valvole e raccordi come curve, gomiti, raccordi a T e altre forme.

Ovviamente, le perdite di carico totali all'interno di un sistema possono essere calcolate sommando tutte le perdite di carico distribuite e localizzate.

In generale, le perdite distribuite possono essere maggiori o minori di quelle localizzate a seconda dell'applicazione: per esempio, se si tratta di un lungo tubo dritto con pochi altri ostacoli che possono creare una perdita di energia, la maggior parte delle perdite di carico sarà dovuta a perdite di carico distribuite.

Altrimenti, nel caso per esempio di uno skid compatto dove valvole e gomiti sono predominanti e solo poche porzioni di tubo dritto sono richieste, le perdite di carico localizzate prevarranno.

Se si conoscono le caratteristiche fisiche del fluido, le dimensioni del tubo e il flusso idraulico, esistono varie correlazioni matematiche che permettono di valutare le perdite di carico sviluppate da un liquido che scorre attraverso i tubi di plastica.

Questi tre parametri sono interconnessi. La loro relazione è espressa dalle seguenti equazioni.

La portata può essere calcolata come:

$$Q = A * V$$

dove:

Q = portata (m³/s)

A = sezione del tubo (m²)

V = velocità (m/s)

La velocità può essere calcolata come:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2}$$

dove:

Di = diametro interno

In generale, un fluido in movimento in una condotta potrebbe avere un moto laminare se gli elementi di massa del fluido hanno velocità parallele alla direzione del moto e non hanno componenti radiali.

D'altro canto, se gli elementi del fluido oltre ad avere velocità parallele alla direzione del moto hanno una componente radiale si parla di moto turbolento.

Per determinare se il flusso attraverso i tubi è laminare o turbolento si usa il numero di Reynolds, indicato con Re.

Si tratta di un numero adimensionale applicato in termodinamica; il suo valore separa le due condizioni a seconda della forma del corpo in cui il fluido è trasportato e le caratteristiche del fluido.

Per esempio, nel caso di un fluido all'interno di un tubo:

- per valori $Re < 2500$ il sistema ha un flusso laminare;
- per valori $2500 < Re < 4000$ il regime di convogliamento è misto;
- per valori $Re > 4000$ il flusso è turbolento.

Il numero di Reynolds può essere calcolato dalle seguenti equazioni:

$$Re = \frac{V * Di}{\nu} \quad Re = \frac{\rho * V * Di}{\mu}$$

dove:

Re= numero di Reynolds (-)

V = velocità del flusso (m/s)

Di = diametro interno (m)

ν = viscosità cinematica (m^2/s)

ρ = densità del fluido (kg/m^3)

μ = viscosità dinamica ($kg/(m * s)$)

Per concludere l'argomento sulla velocità, oltre alla formula descritta sopra, è importante ricordare come la velocità del fluido può essere misurata all'interno della conduttura: ciò avviene attraverso i sensori di flusso, descritti nei prossimi capitoli, che misurano la velocità locale del flusso (V_m) per poi poter calcolare la velocità media (V_a) e la portata volumetrica.

Per quanto riguarda il punto di misurazione della velocità di flusso all'interno di un tubo, sono adatte due posizioni diverse:

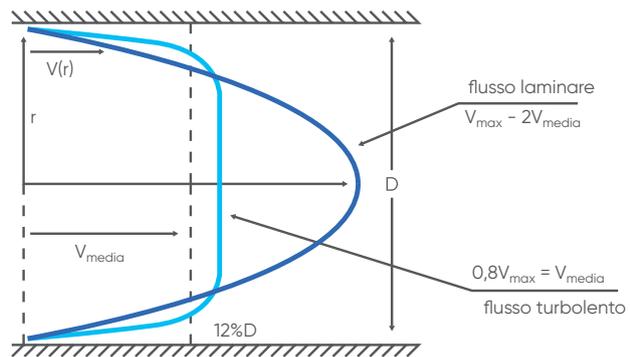
- Posizione critica: il sensore di velocità si trova dove la velocità locale corrisponde alla velocità media, e questo di solito avviene al 12% del diametro interno. In questo caso la velocità media corrisponde alla velocità locale misurata, quindi $V_a = V_m$;
- Posizione centrale: il sensore di velocità viene collocato esattamente al centro della sezione del tubo. La velocità locale corrisponde alla velocità massima: $V_m = V_{max}$

In questo modo è possibile capire come la velocità influenzi il moto, laminare o turbolento, poiché la velocità è presente nella formula per calcolare il numero di Reynolds.

Il profilo di velocità di un moto laminare è parabolico, con il valore massimo sull'asse del tubo, dove $V_{max} = 2 * V_{media}$, e una velocità gradualmente decrescente vicino alla parete, infatti vicino al tubo la velocità è zero.

Per contro, il profilo di velocità del moto turbolento è maggiormente appiattito rispetto a quello parabolico: la velocità è vicina al valore massimo anche in prossimità del tubo ma vicino alla parete la velocità è zero.

I profili di velocità del moto laminare e del moto turbolento sono rappresentati nell'immagine.



2.4.3.1 Calcolo delle perdite di carico distribuite

Quando un fluido scorre attraverso un sistema di tubazioni, subirà una perdita di carico che dipende, tra gli altri fattori, dalla velocità del fluido, dalla scorrevolezza delle pareti del tubo e dalla superficie interna del tubo.

Vi sono diversi metodi per calcolare la perdita di carico in un sistema di tubazioni, ma i due più comuni sono il metodo Darcy-Weisbach e il metodo Hazen-Williams.

Il metodo Hazen-Williams è il metodo più comune per calcolare la perdita di carico nei tubi di plastica, mentre il metodo Darcy-Weisbach è il metodo più universale, poiché si applica a tubi di ogni tipo di materiale.

Metodo Darcy-Weisbach

La formula di Darcy-Weisbach è utilizzata per il calcolo delle perdite di carico all'interno di un tubo e rappresenta uno dei pilastri della fluidodinamica attuale.

È valida per il flusso laminare e turbolento a seconda del valore che si dà al coefficiente di attrito λ .

È descritto nella seguente equazione:

$$h = \frac{\lambda * V^2}{2 * g * Di}$$

dove:

h = perdita di carico (m/m)

V = velocità (m/s)

g = accelerazione di gravità (m/s²) = 9,81 m/s²

Di = diametro interno (m)

λ = coefficiente di attrito del tubo (-)

λ , il coefficiente di attrito, varia solitamente tra 0 e 0,02 per i polimeri.

Il suo valore può essere ottenuto anche dal diagramma di Moody.

Si tratta di un diagramma bilogarithmico e serve per calcolare il coefficiente di attrito del tubo conoscendo la rugosità relativa e il numero di Reynolds del flusso che lo attraversa. Una volta calcolato il coefficiente, è sufficiente utilizzare le leggi note della meccanica dei fluidi per determinare facilmente la perdita di carico.

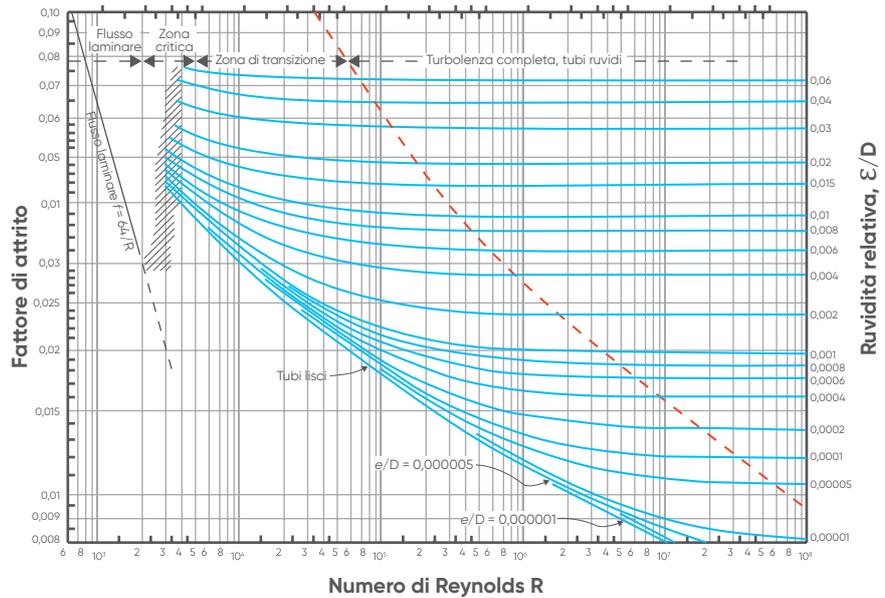
Oggi la sua importanza è principalmente didattica poiché la soluzione numerica è facilmente implementabile su un computer, ma in sua assenza è l'unica via percorribile poiché non esiste una soluzione analitica generale della correlazione.

Nella parte sinistra, il diagramma è composto da una singola linea retta, che rappresenta il fattore di attrito nel moto laminare, descritto da bassi valori del numero di Reynolds.

Nella parte a estrema destra del diagramma di Moody è presente un fascio di curve: esse rappresentano i diversi valori di rugosità relativa. In funzione di questo valore, una volta conosciuto il numero di Reynolds relativo al moto, è possibile conoscere il valore di λ .

Quest'area che rappresenta le condizioni turbolente è a sua volta divisa in altre due parti:

- la prima area, più a sinistra, in cui il flusso ha un moto di transizione turbolento.
- la seconda, più a destra, in cui le curve tendono a disporsi parallelamente all'asse delle ascisse, corrispondenti a una situazione di moto turbolento.



Se il flusso è laminare ($Re < 2500$), il fattore di attrito può essere considerato come $\lambda = \alpha (Re)$ e più specificamente:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Se il flusso è turbolento ($Re > 4000$), come accade di solito nei tubi di plastica, l'attrito non dipende solo dal numero di Reynolds ma anche dal coefficiente di rugosità superficiale relativo (ϵ/D_i), quindi:

$$\lambda = \alpha \left(Re * \frac{\epsilon}{D_i} \right)$$

Quindi per un flusso turbolento il coefficiente di attrito λ può essere calcolato dall'equazione di Colebrook e White:

$$\frac{1}{\lambda^{(1/2)}} = -2 \log \left(\frac{(\epsilon/D_i)}{3.71} + \frac{2.51}{(Re * \lambda^{(1/2)})} \right)$$

dove:

λ = coefficiente di attrito

ϵ = coefficiente di rugosità assoluta (mm)

ϵ/D_i = coefficiente di rugosità superficiale relativa (-)

Re = Numero di Reynolds

Inoltre, da un punto di vista pratico, può essere utile considerare questa formula semplificata che non tiene conto della rugosità:

$$\lambda = 0,079 * Re^{-0,25}$$

Metodo Hazen-Williams

La formula di Hazen-Williams è valida per il flusso turbolento ed è descritta come:

$$h = 10,666 * C_{hw}^{(-1,85)} * D_i^{(-4,87)} * Q^{(1,85)}$$

dove:

h = perdita di carico (m/m)

Q = portata volumetrica (m^3/s)

C_{hw} = coefficiente di flusso (-)

D_i = diametro interno (m)

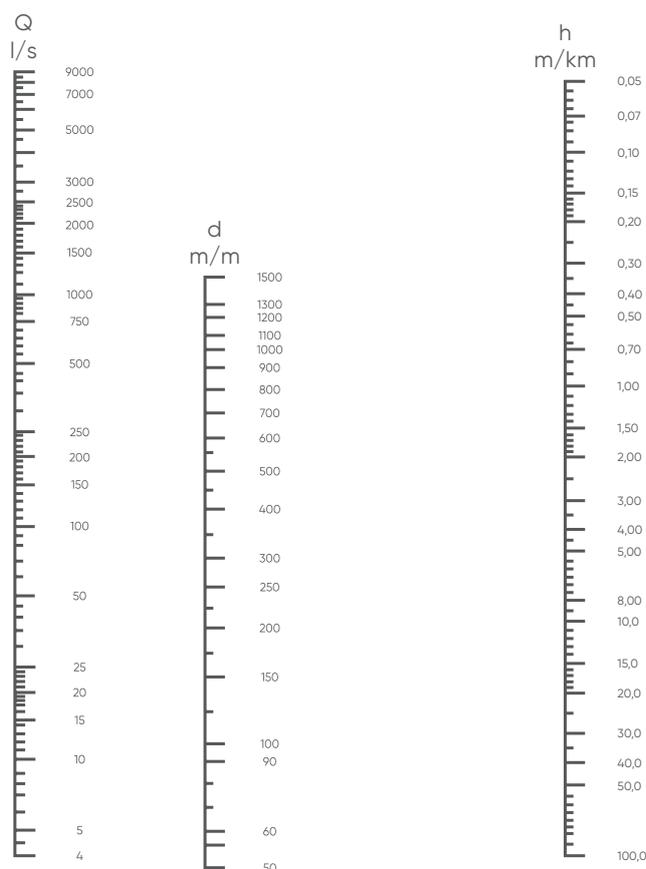
Questa correlazione è valida solo per il calcolo di tubi che trasportano acqua e si raccomanda di usarla per diametri superiori a 50 mm.

Il coefficiente di flusso è una funzione del materiale di costruzione ed è ottenuto da prove sperimentali: nella tabella seguente sono riportati i valori del coefficiente di flusso per diversi materiali di costruzione.

Tipo di tubo	Valore di C_{hw}	
Tubo in ghisa o acciaio con superficie interna liscia	120	Nuovo
	110	10 anni
	90	20 anni
	70	50 anni
PVC-U	145 - 160	
Tubi PP e PE	140 - 150	

Per evitare i calcoli viene mostrato il nomogramma di Hazen-William con coefficiente di flusso $C_{hw} = 100$. Con questo, è sufficiente tracciare una linea che unisce i due coefficienti noti per ottenere quello sconosciuto.

Per esempio, conoscendo la portata e il diametro del tubo è possibile ottenere la perdita di carico.



Se C_{hw} ha un valore diverso, i valori della portata volumetrica (Q) e della perdita di carico (h) ottenuti dal nomogramma devono essere moltiplicati per i relativi coefficienti costruttivi M_q e M_h descritti nella tabella.

Fattore di conversione per C_{hw} diverso da 100

C_{hw}	M_q	M_h
70	0,70	1,93
90	0,90	1,22
100	1,00	1,00
110	1,10	0,84
120	1,20	0,71
130	1,30	0,62
140	1,40	0,54
150	1,50	0,47
160	1,60	0,42

Dopo tutti questi calcoli, è possibile affermare che esiste un metodo di dimensionamento rapido: infatti, come si può vedere dall'equazione di Hazen-William, la perdita di carico è inversamente proporzionale alla quinta potenza del diametro interno.

Quindi, dopo aver calcolato la perdita di carico per un diametro, è possibile calcolare gli altri diametri tramite il rapporto delle quinte potenze. Si usa la seguente relazione:

$$h_2 = \frac{h_1 * D_1^5}{D_2^5}$$

dove

h_1 = perdita di carico del diametro noto

h_2 = perdita di carico per il nuovo carico

D_1 = diametro interno noto (m)

D_2 = nuovo diametro interno (m)

ESEMPIO PRATICO

Calcolare la perdita di carico di un tubo a sezione circolare che trasporta acqua, con un diametro $D_i = 50$ mm e una portata $Q = 1$ l/s. Si consideri $\lambda = 0,02$.

Per calcolare la perdita di carico con l'equazione di Darcy-Weisbach è necessario trovare il valore della velocità.

$$V = \frac{Q}{A} = \left(\pi * \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right) = 5 \text{ m/s}$$

Ora, applicando l'equazione di Darcy-Weisbach, è possibile ottenere la perdita di carico:

$$h = \frac{(\lambda * V^2)}{(2 * g * D_i)} = 0,51 \text{ m/m}$$

2.4.3.2 Calcolo delle perdite di carico localizzate

Le perdite di carico distribuite non sono le uniche cause delle cadute di pressione nei tubi idraulici, infatti esistono anche le cosiddette perdite di carico concentrate o localizzate. Sono dovute a ostacoli come curve, gomiti, valvole, tutto ciò che può causare un improvviso cambiamento di pressione all'interno del sistema.

Per calcolare tutte le perdite di carico localizzate nel sistema è possibile sommare ciascuna di esse:

$$\Sigma \Delta p_{localizzata} = \Delta p_{RF} + \Delta p_{RV} + \Delta p_{geod} + \Delta p_{valv}$$

dove:

Δp_{RF} = perdita di carico nei raccordi

Δp_{RV} = perdita di carico nelle giunzioni dei tubi

Δp_{geod} = differenza di pressione dovuta all'elevazione

Δp_{valv} = perdita di carico all'interno di una valvola

Perdita di carico nei raccordi

Un gran numero di prove sperimentali ha indicato che le perdite di carico causate dai raccordi sono proporzionali all'alta velocità del flusso con un esponente costante che varia tra 1,8 e 2,1.

Per i consueti calcoli idraulici si può assumere che la perdita di carico dovuta al passaggio di un fluido in un raccordo sia proporzionale al quadrato della velocità media, come descritto in DVS 2210:

$$\Delta p_{RF} = \frac{\xi_{RF} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

dove:

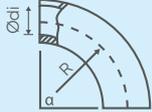
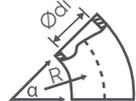
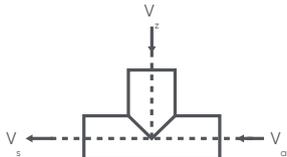
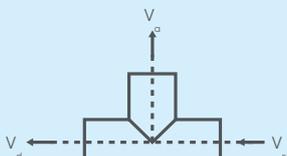
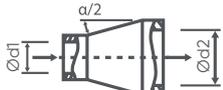
Δp_{RF} = perdita di carico (bar)

ξ_{RF} = coefficiente di resistenza per raccordo (-)

ρ = densità della sostanza trasportata (kg/m³)

V = velocità (m/s)

Per quanto riguarda il coefficiente ξ è caratteristico del tipo e delle dimensioni dei raccordi più comuni e può essere facilmente trovato in DVS 2210.

Tipo di raccordi	Parametro	Coefficiente di resistenza ξ			Disegno Direzione flusso
Curve $\alpha = 90^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$	0,51			
	$1,5 \times d_a$	0,41			
	$2,0 \times d_a$	0,34			
	$4,0 \times d_a$	0,23			
Curve $\alpha = 45^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$	0,34			
	$1,5 \times d_a$	0,27			
	$2,0 \times d_a$	0,20			
	$4,0 \times d_a$	0,15			
Angoli (gomiti)*	$\alpha = 45^\circ$	0,30			
	30°	0,14			
	20°	0,05			
	15°	0,05			
	10°	0,04			
Raccordi a T (rami di tubo a 90° che fondono il flusso $V_s = V_a + V_z$)	$V_z/V_s = 0,0$	$\xi_z = -1,20$	$\xi_d = 0,06$		
	0,2	-0,40	0,20		
	0,4	0,10	0,30		
	0,6	0,50	0,40		
	0,8	0,70	0,50		
	1,0	0,90	0,60		
Raccordi a T (rami di tubo a 90° che separano il flusso $V_s = V_a + V_d$)	$V_a/V_s = 0,0$	$\xi_z = 0,97$	$\xi_d = 0,10$		
	0,2	0,90	-0,10		
	0,4	0,90	-0,05		
	0,6	0,97	0,10		
	0,8	1,10	0,20		
	1,0	1,30	0,35		
Riduttori, concentrici (espansione del tubo) ξ - valori per $\lambda_R = 0,025$	Angolo α	4...8°	16°	24°	
	$d_2/d_1 = 1,2$	0,10	0,15	0,20	
	1,4	0,20	0,30	0,50	
	1,6	0,50	0,80	1,50	
	1,8	1,20	1,80	3,00	
	2,0	1,90	3,10	5,30	
Riduttori, concentrici (costrizione del tubo) ξ - valori per $\lambda_R = 0,025$	Angolo α	4°	8°	20°	
	$d_2/d_1 = 1,2$	0,046	0,023	0,010	
	1,4	0,067	0,033	0,013	
	1,6	0,076	0,038	0,015	
	1,8	0,031	0,041	0,016	
	2,0	0,034	0,042	0,017	

* Per i gomiti con $\alpha=90^\circ$ è consigliabile considerare un coefficiente di resistenza $\xi=0,60$

Oltre alle seguenti espressioni, un metodo comune per esprimere le perdite di carico dei raccordi è quello di rapportarli al tubo in termini di lunghezza equivalente del tubo (L/D_i). Questo rapporto L/D_i è la lunghezza equivalente in diametri di tubo diritto che causa la stessa perdita di carico del raccordo nelle stesse condizioni di flusso.

Perdita di carico nelle giunzioni dei tubi

Non si possono fornire dati esatti sulle perdite di carico nei giunti dei tubi perché le dimensioni geometriche (per esempio i cordoni di saldatura) non sono costanti.

Si raccomanda di basare il calcolo della perdita di carico su un coefficiente di resistenza $\xi_{RV}=0,1$ per ogni giunto nel sistema di tubi di plastica, come gli assiami creati con saldature testa a testa e a bicchiere, così come per le flange. Su questa base, in DVS 2210 si suggerisce la seguente equazione:

$$\Delta p_{RV} = \frac{\xi_{RV} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

dove:

Δp_{RV} = perdita di carico (bar)

ξ_{RV} = coefficiente di resistenza dei giunti (-)

ρ = densità della sostanza trasportata (kg/m³)

V = velocità (m/s)

Inoltre, per determinare la perdita di carico approssimativa in prossimità dei giunti di una condotta, è sufficiente ipotizzare un aumento pari a circa il 15% rispetto alla perdita di carico dei raccordi Δp_{RF} .

Differenza di pressione dovuta all'elevazione

Questo contributo deve essere considerato quando c'è una differenza di elevazione tra il fondo e la cima della condotta.

$$\Delta p_{geod} = \Delta h_{geod} * \rho * 10^{-4}$$

dove:

Δp_{geod} = differenza di pressione geodetica (bar)

Δh_{geod} = differenza di elevazione della condotta (m)

ρ = densità del mezzo (kg/m³)

Perdita di carico nelle valvole

Per la valutazione delle perdite di carico causate dal passaggio di un fluido attraverso una valvola è una regola pratica fare riferimento a un coefficiente di capacità specifico chiamato convenzionalmente coefficiente di flusso K_v .

In particolare è possibile calcolare la perdita di carico all'interno di una valvola con questa equazione:

$$\Delta p_{valv} = \rho \left(\frac{Q}{K_v} \right)^2$$

dove:

Δp_{valv} = perdita di carico all'interno di una valvola (bar)

Q = portata (m³/h)

ρ = massa specifica del fluido rispetto alla massa specifica dell'acqua a 15 °C (-)

K_v = coefficiente di portata (m³/h)

K_v è il parametro più importante usato per calcolare la perdita di carico in una valvola.

Rappresenta la portata che scorre attraverso una valvola ad una data perdita di carico e può essere determinata utilizzando la seguente equazione:

$$K_v = Q * \left(\frac{\rho}{\Delta P} \right)^{\left(\frac{1}{2} \right)}$$

dove:

K_v = coefficiente di portata (m³/h)

Q = portata (m³/h)

ΔP = perdita di carico (bar)

ρ = massa specifica del fluido rispetto alla massa specifica dell'acqua a 15 °C (-)

Con il coefficiente di flusso K_v è possibile :

- dimensionare una valvola: conoscendo la perdita di carico e il coefficiente di flusso si può identificare il diametro più adatto della valvola;
- calcolare la portata attraverso la valvola, in funzione della differenza di pressione e del coefficiente di flusso;
- calcolare la perdita di carico concentrata della valvola: una volta noti la portata e il coefficiente di flusso, si determina Δp .

Coefficiente di flusso nominale K_{v100}

È importante notare che il termine coefficiente di flusso nominale, indicato con K_{v100} (l/min), si riferisce al massimo coefficiente di flusso possibile, quindi quando la valvola è completamente aperta, ad una temperatura di 20 °C con una perdita di carico $\Delta p = 1$ bar.

Dipende essenzialmente da:

- diametro nominale della valvola, poiché valvole più grandi danno coefficienti di flusso più elevati;
- tipo di valvola.

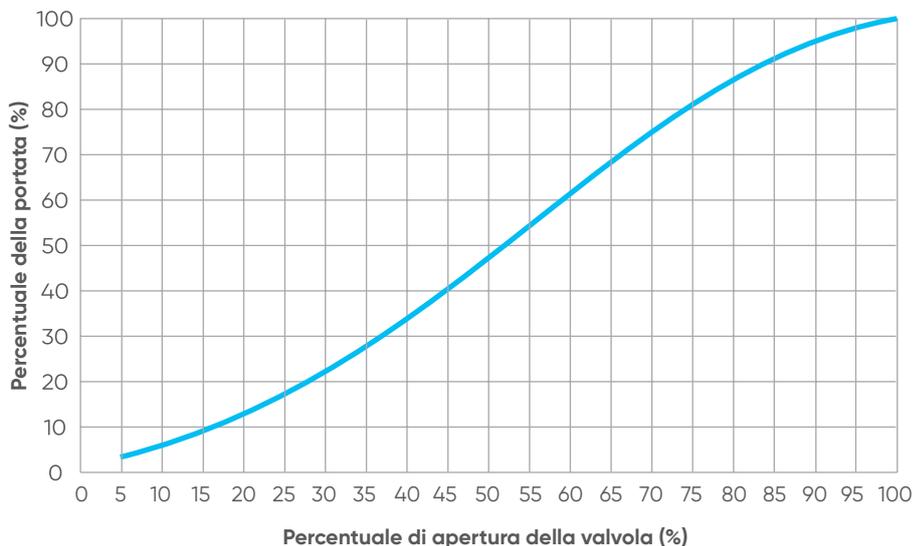
La seguente tabella può essere utile per confrontare i valori di K_{v100} (l/min) delle principali valvole adottate nell'installazione industriale (modelli VKR, VKD, DK, FK) con diametro nominale tra 10 e 100 mm.

Valvola	DN									
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
VKR	83	88	135	256	478	592	1068	-	-	-
VKD	80	200	385	770	1100	1750	3400	5250	7100	9500
DK	-	112	261	445	550	1648	1087	1600	-	-
FK	-	-	-	-	-	1000	1285	1700	3550	5900

Spesso, invece del coefficiente di flusso nominale, si usa il coefficiente di flusso relativo, che ovviamente ha un valore inferiore.

In particolare, si fa riferimento al K_v relativo quando l'apertura dell'otturatore non è completa, o quando si utilizza un fluido di lavoro diverso dall'acqua (per esempio un fluido chimico, dà coefficienti di flusso diversi da quelli nominali, che si riferiscono all'acqua).

Il valore nominale è indicato dal produttore che fornisce nella scheda tecnica del prodotto la caratteristica di regolazione o l'andamento del fattore con diametro e apertura nominale, di solito in forma grafica (in ascissa la corsa di un pistone o la rotazione della sfera, in ordinata il coefficiente di flusso), come si può vedere nell'immagine per la valvola a membrana DK.



Relazione tra K_v e C_v

Come descritto in precedenza, la legislazione europea misura la portata volumetrica in m^3/h , la pressione in bar e si riferisce al coefficiente di flusso K_v .

Nei paesi anglosassoni, si fa riferimento a un coefficiente di flusso con l'abbreviazione C_v , che corrisponde a una portata d'acqua, espressa in GPM, a una temperatura di $60^\circ F$ con una perdita di carico di 1 psi.

I due coefficienti sono correlati dalla seguente relazione:

$$K_v = 0,865 C_v$$

Configurazione in serie o in parallelo

Da un punto di vista pratico, se si vuole valutare la capacità specifica di un gruppo di diverse valvole in serie, ognuna delle quali con il proprio K_v , la capacità totale risultante sarà deducibile dalla seguente relazione:

$$\frac{1}{(K_{vtot})} = \frac{1}{K_{v1}} + \frac{1}{K_{v2}} + \dots + \frac{1}{K_{vn}}$$

La precedente correlazione matematica indica che la capacità specifica totale di più elementi in serie è inferiore alla più piccola capacità specifica caratteristica di un elemento della serie.

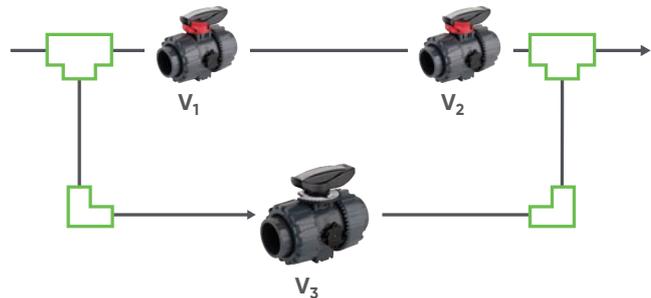
Se le valvole sono posizionate in parallelo, la capacità totale risultante sarà poi deducibile dalla seguente relazione:

$$K_{vtot} = K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vn}$$

Pertanto, la capacità specifica totale di più elementi in parallelo è la somma aritmetica delle capacità specifiche dei singoli elementi.

ESEMPI PRATICI

- Calcolare le capacità specifiche totali del gruppo di valvole appartenenti al circuito in PVC-U, ipotizzando perdite di carico distribuite trascurabili.
 - per le valvole (V_1, V_2) in serie poste su un tubo da 32 mm;
 - per l'intero gruppo di tre valvole, dove V_3 è posizionata su un tubo da 50 mm.



La perdita di energia è legata alla presenza delle valvole, dato che ce n'è una grande quantità; per questo motivo si suggerisce di concentrarsi sulle perdite di carico localizzate date dalle valvole.

Per fare questo, è necessario fare riferimento al K_{v100} di ogni singola valvola in base al diametro nominale del tubo, come mostrato nella tabella seguente.

Nome della valvola	Tipo di valvola	DN	K_{v100} (l/min)
V₁	VKD	32	1100
V₂	VKD	32	1100
V₃	VKR	50	1068

A questo punto è possibile calcolare le perdite di carico in serie o in parallelo per l'intero circuito:

- In serie:

$$\frac{1}{K_{vtot}} = \frac{1}{K_{v1}} + \frac{1}{K_{v2}} = 0,0018 \text{ min/l} \quad K_{vseries} = \frac{1}{0,0018} = 555,5 \text{ l/min}$$

- In parallelo:

$$K_{vtot} = K_{vseries} + K_{v3} = 1623,5 \text{ l/min}$$

- Data una portata di 13,2 m³/h e la previsione di una perdita di carico di 0,4 bar, il K_v sarà:

$$K_v = \frac{13.2}{(0.4)^{0.5}} = 20.87 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sarà necessario identificare una valvola con un K_v di 20,87, quindi partendo da questi dati di progetto è possibile identificare la valvola più adatta sul catalogo.

- Data una portata di Q = 2,2 m³ / h e un K_v = 2,5, quale sarà la perdita di carico?

$$\Delta P = \left(\frac{2.2}{2.5}\right)^2 = 0.77 \text{ bar}$$

2.4.4 Regolazione e dimensionamento del flusso della valvola

La scelta della valvola giusta è un passaggio fondamentale durante la progettazione dal momento che ogni operazione nell'impianto, eseguita dalle valvole installate sulle tubazioni, dipende essenzialmente dalle loro prestazioni.

In generale, i componenti principali di una valvola ad azionamento manuale possono essere riassunti in:

- meccanismo operativo: è il dispositivo che genera il movimento dello stelo e dell'otturatore, ad esempio una maniglia, una ruota o una leva secondo il tipo di valvola.
- otturatore: è il componente mobile che modifica la sezione di passaggio del fluido fino a chiuderla o aprirla completamente. A seconda delle diverse valvole potrebbe essere una sfera, un disco o un diaframma.
- corpo valvola: è la struttura principale della valvola, dove si trovano i passaggi destinati allo scorrimento del fluido.
- guarnizione: può essere di materiali diversi, come EPDM, FKM, PTFE per poter resistere ai vari fluidi.

La selezione di una valvola si basa sulla sua funzione e sul modo in cui verrà utilizzata nel sistema. In generale, le valvole sono utilizzate per eseguire almeno una di queste tre funzioni:

- chiusura: per il servizio on-off, le valvole più comunemente usate sono le valvole a sfera e le valvole a farfalla;
- parzializzazione: per la parzializzazione o la regolazione del flusso, le più comuni sono le valvole a membrana, le valvole a farfalla o la nostra valvola di regolazione a sfera FIP VKR;
- prevenzione del riflusso: per prevenire l'inversione o il riflusso, le più comuni sono le valvole a sfera di ritegno: versioni a pistone, a sfera, a molla o a disco.

Poiché più opzioni potrebbero essere disponibili per una particolare funzione, il processo di selezione può essere raffinato prendendo in considerazione i requisiti specifici del processo.

Questi includono:

- fluido: è necessario sapere se il fluido può causare problemi ai materiali bagnati della valvola in base alle sue caratteristiche principali, come corrosività, abrasività, viscosità, temperatura, pressione e se è un fluido pulito o sporco;
- compatibilità degli elementi di controllo del fluido della valvola con il mezzo che scorre;
- requisiti di spazio fisico: è necessario analizzare i limiti di peso e i requisiti operativi. Le valvole azionate manualmente offrono una serie di leve, ingranaggi e altre maniglie, a seconda delle dimensioni, mentre le valvole azionate a distanza possono essere azionate elettricamente o pneumaticamente.

Dopo questa introduzione sulle caratteristiche della valvola possiamo parlare di dimensionamento.

Il dimensionamento di una valvola dipende essenzialmente da due fattori:

- parametri di processo;
- scelta del tipo di valvola.

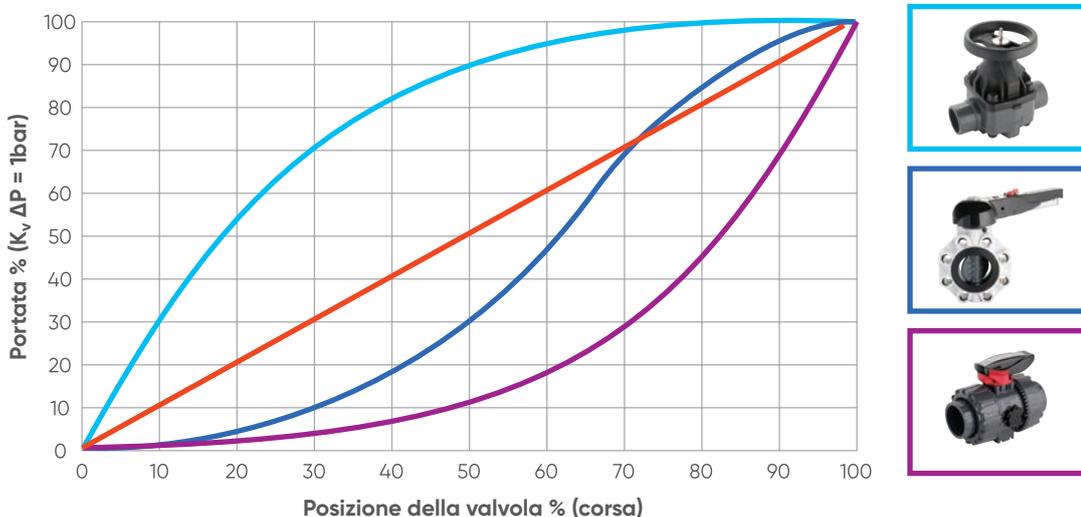
Per quanto riguarda i parametri di processo, è necessario prendere in considerazione la portata e la pressione di ingresso/uscita come descritto in precedenza.

La scelta della valvola è direttamente legata alle curve caratteristiche.

Queste curve sono diverse per ogni tipo di valvola e descrivono la variazione della portata in funzione della corsa dell'otturatore. Si ottengono modellando la geometria dell'otturatore, che può essere scelto tra diversi tipi: ci sono otturatori con apertura rapida, lineare o equipercentuale.

In particolare, come mostra la figura sottostante, le valvole a membrana sono in generale caratterizzate da una rapida apertura dell'otturatore: l'aumento di portata avviene quasi esclusivamente nella prima porzione di apertura dell'otturatore dopo di che ulteriori aumenti della corsa determinano bassi incrementi di portata.

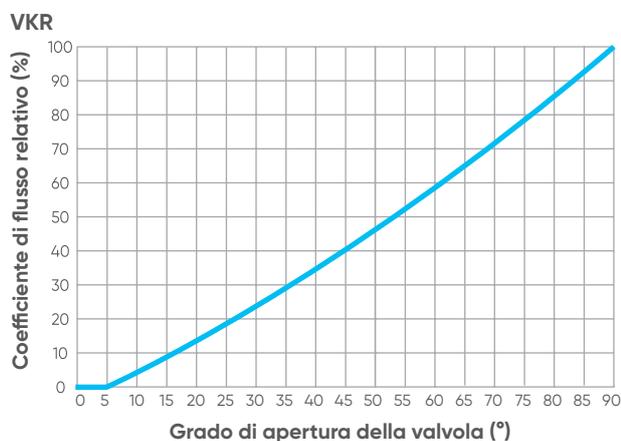
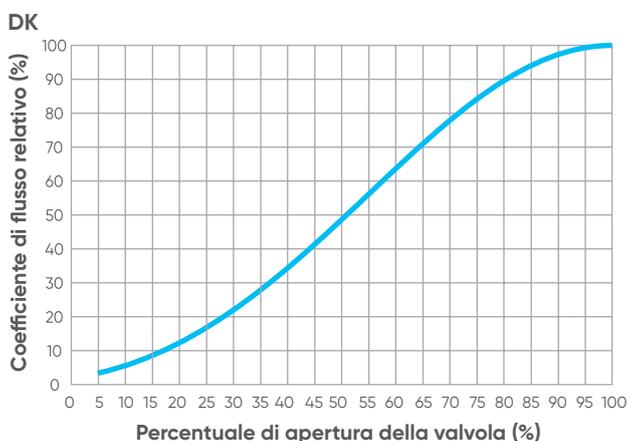
La valvola a sfera invece ha un'apertura equipercentuale, quindi con questo otturatore aumenti uguali della corsa di apertura corrispondono ad un aumento percentuale costante della portata a parità di pressione differenziale: la valvola eroga la maggior parte del flusso nell'ultima frazione di apertura.



Con la valvola a membrana FIP DK e la valvola di regolazione a sfera FIP VKR, è possibile ottenere una regolazione prossima alla linearità tra l'apertura della valvola e la portata.

Le valvole a regolazione lineare sono essenziali quando è necessario regolare con precisione il processo mantenendo variazioni limitate della portata.

In questa immagine caratteristica sono rappresentate le curve delle valvole a membrana FIP DK e della valvola a sfera VKR per notare la loro tendenza lineare.



Per conoscere le curve caratteristiche di ogni valvola si consiglia di consultare i cataloghi dei prodotti Aliaxis.

Oltre alle valvole manuali, oggi le valvole attuate sono molto comuni per la regolazione e il controllo del flusso, poiché aumentano il profitto e la produttività, forniscono un controllo più accurato dei processi critici e aiutano ad eliminare l'errore umano.

La richiesta di valvole elettriche e pneumatiche è aumentata costantemente a causa dell'aumento dei costi della manodopera per le valvole azionate manualmente, specialmente in località remote.

I vantaggi operativi dell'uso di una valvola attuata sono:

- adattamento facile ed economico al sistema di controllo modulante completo.
- sequenziamento automatico del funzionamento delle valvole in sistemi multistadio o multimiscela che sono difficili, se non impossibili, da coordinare manualmente.
- opzioni di risparmio in termini di costi e lavoro grazie al preciso adattamento ai requisiti di processo e agli ambienti industriali.
- modalità fail-safe ed eliminazione della necessità per i lavoratori di azionare manualmente una valvola che trasporta fluidi pericolosi.

La scelta degli attuatori non dovrebbe essere influenzata solo dalle caratteristiche o dal prezzo. Si dovrebbe anche considerare il costo della fornitura della forza motrice, l'installazione e la manutenzione, la durata di vita e la possibile sostituzione futura.

Esistono due tipi fondamentali di attuatori: elettrici e pneumatici. Se elettricità e aria sono disponibili, la prima considerazione è il tipo di potenza desiderata. Gli attuatori pneumatici sono normalmente meno costosi, ma, nelle dimensioni più piccole, il peso più leggero dell'attuatore elettrico e un'installazione più semplice lo rendono ideale per molte applicazioni.

È necessario considerare anche il controllo della velocità degli attuatori pneumatici ed elettrici. Chiudere una valvola troppo rapidamente su un fluido che scorre può causare un colpo d'ariete e conseguenti danni alla valvola stessa e alle relative tubazioni. La velocità degli attuatori elettrici e pneumatici è diversa, inoltre alcuni attuatori pneumatici possono essere regolati in linea, agendo sulla pressione e sul flusso dell'aria, per ottenere il tempo di ciclo corretto per una specifica applicazione.



Questa immagine mostra la valvola a sfera FIP VKD con attuatore elettrico.



Questa immagine mostra la valvola a membrana FIP DK con attuatore pneumatico lineare.

ESEMPI PRATICI

- Conoscendo le condizioni operative del processo, l'obiettivo è quello di capire la gamma di portate che possono essere gestite dalla valvola scelta.

Consideriamo una valvola VKR DN 50, in cui scorre acqua, con una pressione di ingresso di 6 bar e una pressione di uscita di 3 bar.

Facendo riferimento alla tabella nei cataloghi, per ogni DN è possibile ottenere il valore K_{v100} , cioè la portata in l/min che genera una perdita di carico di 1 bar con la valvola completamente aperta.

DN	10	15	20	25	32	40	50
K_{v100} (l/min)	83	88	135	256	478	592	1068

In questo caso per un DN 50 si ottiene un $K_v 100=1068$ l/min.

Sapendo che $P_{ingresso} = 6$ bar e $P_{uscita} = 3$ bar, è possibile calcolare $\Delta P = P_{ingresso} - P_{uscita} = 3$ bar.

Dal valore di K_{v100} e dalla perdita di carico, si può calcolare la portata utilizzando la seguente formula:

$$Q_{fullyopen} = K_{v100} * \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

In alternativa, per evitare questo calcolo, è possibile utilizzare lo strumento di calcolo sul sito web di Aliaxis.

Eseguito i calcoli risulta: $Q_{completamenteaperta} = 1849,8$ l / min, corrispondente a $110,9$ m³/ h.

È essenziale ricordare che questa portata può essere ottenuta con una valvola VKR DN50 completamente aperta.

Per analizzare la variazione della portata in funzione del grado di apertura della valvola, si consiglia di considerare il seguente grafico, dove l'asse orizzontale rappresenta i gradi di apertura della valvola, mentre l'asse verticale il coefficiente di flusso relativo ($K_{v\%}$).

Per esempio, supponendo di aprire la valvola di 60 gradi, abbiamo un $K_{v\%}$ del 60%, ottenendo la seguente portata:

$$Q_{finale} = K_{v\%} * Q_{completamenteaperta} = 0,60 * 110,9 = 66,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

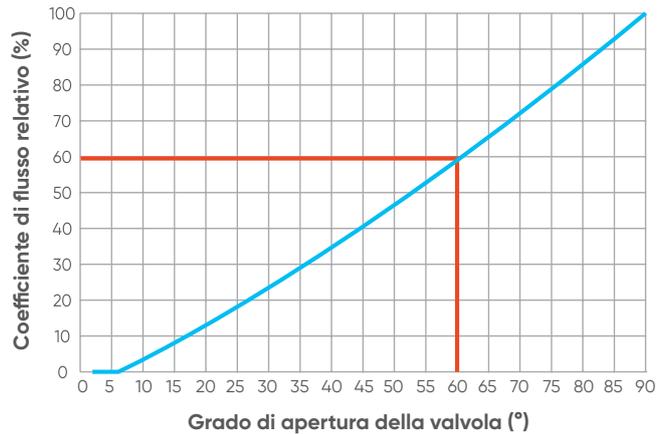
Quindi questa valvola può essere consigliata per gestire una portata ottenuta con un grado di apertura compreso tra 20° e 80°, poiché è importante ricordare che per ottenere una regolazione ottimale, è consigliabile dimensionare le valvole in modo da mantenere la portata desiderata all'interno della zona centrale delle curve di regolazione.

Per esempio per 20 gradi abbiamo un $K_{v\%}$ del 13%:

$$Q_{finale} = K_{v\%} * Q_{completamenteaperta} = 0,13 * 110,9 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Per 80 gradi abbiamo un $K_{v\%}$ dell'87%:

$$Q_{finale} = K_{v\%} * Q_{completamenteaperta} = 0,87 * 110,9 = 96,5 \text{ m}^3/\text{h}$$



- Conoscendo la portata e la perdita di carico, si tratta di capire quale dimensione e grado di apertura debba avere la valvola per gestire questa quantità di volume.

Consideriamo un flusso in entrata $Q=300$ l/min e una valvola VKR con una pressione in entrata di 6 bar e una pressione in uscita di 3 bar.

Sapendo che $P_{ingresso} = 6$ bar e $P_{uscita} = 3$ bar, è possibile calcolare $\Delta P = P_{ingresso} - P_{uscita} = 3$ bar.

A questo punto, poiché il fluido trasportato è l'acqua, è possibile calcolare il K_{v100} , la portata in l/min che genera una perdita di carico di 1 bar con la valvola totalmente aperta, utilizzando la seguente formula:

$$K_{v100} = Q * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}$$

Si ottiene $K_{v100} = 173,20$ l/min.

In alternativa, per evitare questo calcolo, è possibile utilizzare lo strumento di calcolo sul sito web di Aliaxis.

Facendo riferimento alla tabella dei cataloghi, è possibile identificare i DN in base al K_{v100} calcolato.

Ovviamente è sempre necessario scegliere un DN che abbia il K_{v100} superiore a quello calcolato per essere al centro della curva di regolazione.

Per esempio, in questo caso, avendo un $K_{v100} = 173,20$ l/min, si raccomanda di utilizzare almeno un DN25.

Come si può vedere nella tabella, DN25 corrisponde a un $K_{v100} = 256$ l/min.

DN	10	15	20	25	32	40	50
K_{v100} /l/min	83	88	135	256	478	592	1068

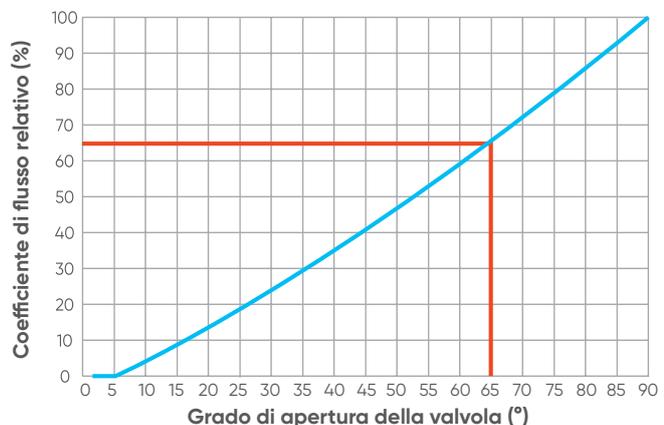
Il passo successivo consiste nel trovare il valore di $K_{v\%}$ facendo semplicemente il rapporto tra il K_{v100} calcolato e quello corrispondente al DN 25.

$$K_{v\%} = 173,20/256 = 0,676 = 67,6\%$$

A questo punto è possibile trovare il grado di apertura della valvola corrispondente alla percentuale di $K_v = 67,6\%$ attraverso il seguente grafico, che mostra il grado di apertura della valvola sull'asse orizzontale e il relativo coefficiente di flusso ($K_{v\%}$) su quello verticale.

Intersecando la curva per un $K_{v\%} = 67,6\%$ si ottiene un grado di apertura della valvola a circa 65°.

È importante notare che questi valori si trovano nella zona centrale della curva di regolazione, il che permette di avere un margine per aumentare o diminuire la portata.



2.4.5 Aumento rapido di pressione

2.4.5.1 Colpo d'ariete

Il colpo d'ariete è il termine idraulico usato per descrivere l'aumento momentaneo della pressione in un tubo quando il flusso viene fermato o avviato rapidamente. Infatti, quando si effettua una manovra rapida volta a diminuire o aumentare il flusso di un liquido, si genera una perturbazione sotto forma di un'onda di pressione che, propagandosi lungo la tubazione, sollecita dinamicamente le pareti della stessa fino al suo progressivo smorzamento.

Bisogna anche dire che il colpo d'ariete non solo costituisce un problema per il sistema, ma anche per la sicurezza, poiché oltre ai casi comuni di rottura e interruzione dei tubi, ha dato origine anche ad alcuni eventi catastrofici.

Le cause più frequenti del fenomeno, che può generare danni significativi a giunti, valvole, apparecchiature di misurazione e pompe, sono solitamente dovute a:

- chiusura rapida delle valvole di intercettazione;
- arresto improvviso dell'alimentazione delle linee;
- inizio del pompaggio.

1 Valvola chiusa - acqua ferma



2 Valvola aperta - acqua in movimento



3 Valvola improvvisamente chiusa -
COLPO D'ARIETE



Nell'immagine è possibile vedere una rappresentazione grafica del colpo d'ariete dovuto alla chiusura improvvisa di una valvola con la seguente formazione dell'onda di pressione che si propaga nel tubo.

Quindi, per ridurre al minimo la possibilità di danni da shock idraulico, un design adeguato deve essere ben pensato. I seguenti suggerimenti possono aiutare ad evitare problemi:

- in qualsiasi sistema di tubazioni, comprese quelle termoplastiche, una velocità del liquido non superiore a 1,5 m/s ridurrà gli effetti dello shock idraulico, anche con valvole a chiusura rapida;
- L'utilizzo di valvole attuate con un tempo di chiusura specifico ridurrà la possibilità di aprire o chiudere inavvertitamente una valvola troppo rapidamente;
- valutare il flusso all'avvio della pompa e durante la rotazione, determinare anche quanta aria, se presente, viene introdotta durante l'avvio della pompa;
- se possibile, quando si avvia una pompa, chiudere parzialmente la valvola nella linea di scarico per ridurre al minimo il volume di liquido che viene rapidamente accelerato attraverso il sistema. Una volta che la pompa è a regime e la linea completamente piena, la valvola può essere aperta;
- Usare saggiamente i dispositivi di controllo delle sovratensioni e i tubi di supporto per garantire l'immagazzinamento del flusso durante le sovratensioni e per ridurre al minimo la separazione delle colonne. Le valvole di ritegno possono essere usate vicino alle pompe per aiutare a mantenere le linee piene;
- utilizzare interruttore del vuoto-valvole di sfogo dell'aria adeguatamente dimensionate per controllare la quantità di aria che viene ammessa o scaricata in tutto il sistema.

Per valutare gli effetti del colpo d'ariete, viene utilizzato un modello matematico basato sulla teoria della propagazione dell'onda sonora in un mezzo fluido, che coinvolge sia le proprietà meccaniche del tubo che le caratteristiche fisiche del fluido in movimento.

Infatti, come si può vedere nella formula seguente, la velocità dell'onda di pressione causata da un arresto istantaneo del flusso è funzione del modulo di elasticità sia del fluido che del materiale della condotta e del rapporto tra spessore e diametro interno.

$$V_{pw} = \left(\frac{K}{\left(\rho * \left(1 + \frac{K + Di}{t * E} \right) \right)} \right)^{\left(\frac{1}{2} \right)}$$

dove:

V_{pw} = velocità dell'onda di pressione (m/s)

K = modulo di elasticità del fluido (Pa)

ρ = densità del fluido (kg/m³)

E = modulo di elasticità della parete del tubo (Pa)

Di = diametro interno (mm)

t = spessore della parete (mm)

Ora che la velocità dell'onda di pressione è nota, è necessario capire se il sistema è in grado di sopportare un eventuale colpo d'ariete.

La massima variazione di pressione che potrebbe colpire il sistema con una V_{pw} precisa viene calcolata con la seguente formula:

$$\Delta p = V_{pw} * (V_1 - V_2) * \frac{\rho}{1000}$$

dove:

Δp = variazione massima di pressione (bar)

ρ = densità del fluido (kg/m³)

V_{pw} = velocità dell'onda di pressione (m/s)

V_1 = velocità del fluido prima della variazione (m/s)

V_2 = velocità del fluido dopo la variazione (m/s)

Di conseguenza si calcolano le pressioni massime e minime all'interno del sistema:

$$p_{max} = p + \Delta p$$

$$p_{min} = p - \Delta p$$

dove:

p_{max} = pressione massima (bar)

p_{min} = pressione minima (bar)

p = pressione d'esercizio prevista (bar)

Δp = variazione della pressione dopo il colpo d'ariete (bar)

È importante sottolineare che per un dato fluido materiali da costruzione diversi portano ad aumenti di pressione diversi: mantenendo costante il valore SDR, i materiali termoplastici, caratterizzati da un basso modulo di elasticità, causano aumenti di pressione inferiori rispetto ai materiali da costruzione tradizionali, come si può vedere nella tabella.

	PVC-U	PP	Ghisa	Acciaio al carbonio
DN (mm)	100	100	60	100
Di (mm)	93,6	90	48	94,3
D_p (m.c.a)	73	57	201	207

Conoscendo la pressione massima che il sistema può raggiungere, si suggerisce di calcolare il fattore di sicurezza massimo (C_{max}) e confrontarlo con il fattore di sicurezza minimo (C_{min}) di ogni materiale descritto nei capitoli precedenti.

La formula seguente è l'inverso di quella usata per calcolare la pressione all'interno di un sistema, quindi :

$$C_{max} = \frac{(20 * \sigma)}{(p_{max} * (SDR - 1))}$$

dove:

C_{max} = fattore di sicurezza massimo

σ = tensione tangenziale (N/mm²)

p_{max} = pressione massima (bar)

SDR = Standard Dimension Ratio (-)

In particolare, per quanto riguarda il fattore C, nel caso di colpi d'ariete non frequenti, si possono applicare i fattori di sicurezza minimi di ogni materiale come indicato sopra, ma se il fenomeno si verifica periodicamente C_{max} deve essere confrontato con $C_{min} = 3$.

La tubazione è adatta a colpi d'ariete non frequenti se il C_{max} calcolato è maggiore del C_{min} .

Inoltre, se C_{max} è anche più grande di $C_{min} = 3$, potrebbe essere adatto anche al colpo d'ariete periodico.

Se il fattore di sicurezza C non corrisponde a nessuno di questi criteri di sicurezza, allora è necessario agire sul dimensionamento del sistema.

Il tempo di perturbazione è fondamentale nel calcolo del colpo d'ariete, infatti la sovrappressione massima si sviluppa quando il tempo di arresto del moto, ad esempio la chiusura di una valvola, è inferiore o uguale al tempo di propagazione della perturbazione (t_c), che può essere valutato secondo la seguente relazione:

$$t_c = \frac{(2 * L)}{V_{pw}}$$

dove:

t_c = tempo di propagazione della perturbazione (s)

L = lunghezza del tubo (m)

V_{pw} = velocità dell'onda di pressione (m/s)

Per i dispositivi meccanici con tempi di chiusura $t \leq t_c$ sono definiti come "manovra improvvisa" e inducono un colpo d'ariete nella conduttura con sovrappressione alla massima intensità.

Al contrario, un tempo di chiusura $t > t_c$ è definito come "manovra lenta" e causa un fenomeno di colpo d'ariete con una sovrappressione minore, se non trascurabile.

Per concludere, se tutte le variabili presenti nelle formule precedenti non sono disponibili, la seguente formula può essere utilizzata, in modo pratico, per calcolare immediatamente la sovrappressione dovuta al colpo d'ariete:

$$\Delta p = \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

dove:

Δp = variazione massima di pressione (bar)

V = velocità dell'acqua all'inizio della chiusura (m/s)

L = lunghezza del tubo (m)

g = accelerazione gravitazionale (= 9,81 m/s²)

t_c = tempo di propagazione della perturbazione (s)

Pertanto la pressione massima può essere calcolata come:

$$p_{max} = p_i + \Delta p = p_i + \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

dove:

p_{max} = pressione massima (bar)

p_i = pressione d'ingresso (bar)

Δp = variazione massima di pressione (bar)

V = velocità dell'acqua all'inizio della chiusura (m/s)

L = lunghezza del tubo (m)

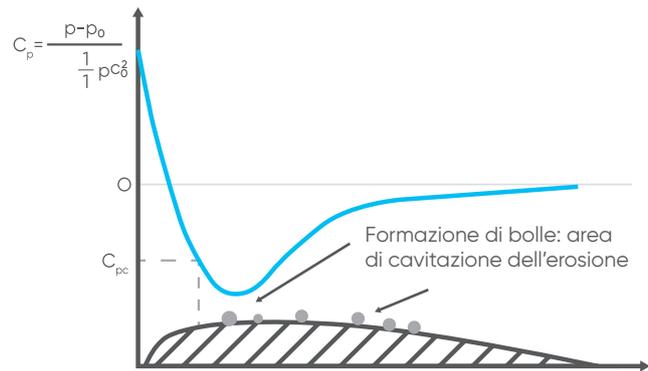
g = accelerazione gravitazionale (=9,81 m/s²)

t_c = tempo di propagazione della perturbazione (s)

2.4.5.2 Cavitazione

La cavitazione prende il nome dalla presenza di cavità macroscopiche all'interno di un fluido non comprimibile in movimento.

Il fenomeno della cavitazione si verifica nel liquido quando, per ragioni dinamiche, la pressione locale scende al di sotto della pressione di vapore del liquido e dei gas in esso disciolti, di conseguenza il liquido evapora e si formano bolle di vapore e gas.



Tutto ciò è aggravato dal fatto che l'aria disciolta in acqua è particolarmente ricca di ossigeno e quindi con un forte potere ossidante e una virulenza eccezionale nell'attaccare le superfici esposte alla sua azione.

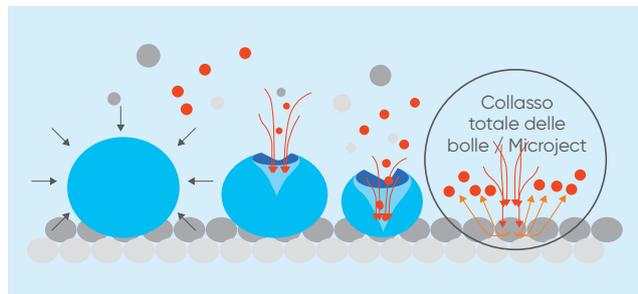
La formazione di cavità diventa più intensa quanto più si abbassa la pressione, lasciando di conseguenza una sezione sempre più ridotta utile al passaggio del liquido. Inoltre, la velocità del liquido aumenta e questo provoca un'ulteriore diminuzione della pressione, favorendo così l'intensificazione del fenomeno che è la sua origine, quindi si può dire che la cavitazione è auto-elevante.

In generale, la cavitazione può svilupparsi per due ragioni diverse:

- il profilo di un solido immerso nella corrente produce un abbassamento di pressione;
- un abbassamento di pressione dovuto a un'interruzione improvvisa e conseguente formazione violenta di bolle.

I nuclei gassosi che attraversano la zona di bassa pressione assumono dimensioni maggiori e le bolle, trascinate dalla corrente, raggiungono le zone di maggiore pressione dove si contraggono: l'effetto della maggiore pressione esterna si traduce in una convergenza delle pareti della bolla verso il centro e così la bolla implode.

Questo rapido movimento di contrazione può rilasciare un'alta energia sotto forma di onda d'urto o di energia cinetica del liquido, quindi nel caso in cui il fenomeno si sviluppi vicino a una parete, segue un effetto di erosione che può raggiungere livelli impressionanti.



Pertanto la cavitazione può verificarsi, per esempio, alle estremità delle pale delle turbine o delle pompe idrauliche, o in un tubo con una costrizione in cui, come sostenuto dal teorema di Bernoulli, un aumento della velocità corrisponde a una diminuzione della pressione.

In questo caso il fenomeno della cavitazione può provocare numerose vibrazioni e urti che sottopongono le pareti a intense sollecitazioni di fatica e causano corrosione o deformazione del materiale.

Comunque, in generale va notato che la corrosione presente su un materiale plastico è molto diversa da quella che appare su un materiale metallico.

La differenza principale è dovuta alla superficie dei prodotti: i metalli, avendo una superficie irregolare e ruvida, trattengono più facilmente la contaminazione esterna e di conseguenza aumenta il rischio di corrosione del prodotto.

Un esempio di corrosione localizzata che si verifica facilmente nel metallo è la corrosione per vaiolatura (pitting). Il fenomeno è caratterizzato dalla formazione di aree anodiche localizzate che danno luogo a cavità molto profonde che possono perforare il materiale mantenendo una forma affusolata o creare delle caverne molto larghe.

La superficie dei materiali termoplastici, invece, essendo molto liscia e non avendo cavità in cui può avvenire la corrosione localizzata, non dà luogo a fenomeni simili: i polimeri sollecitati in un ambiente chimico creano scorimenti sulla superficie e di conseguenza le crepe si propagano all'interno del materiale.

Il processo di degradazione della plastica consiste quindi principalmente in un cambiamento delle proprietà, come la resistenza alla trazione o il colore e la forma, in seguito all'influenza di uno o più fattori ambientali come calore, luce, sale, acidi o sostanze chimiche alcaline.

In realtà la cavitazione è un fenomeno molto diffuso anche nelle valvole poiché introducono strozzature più o meno marcate all'interno dei sistemi a seconda della posizione dell'otturatore. Quando il fluido passa attraverso la costrizione, la velocità aumenta, mentre la pressione diminuisce.

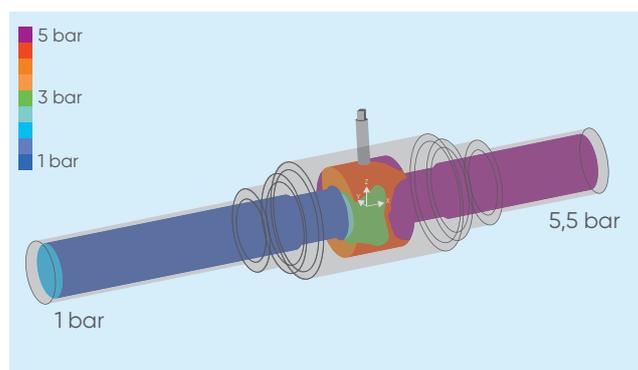
Se, nel punto di minima sezione, la pressione diventa inferiore alla pressione del vapore, si ha la formazione di bolle e quindi una possibile erosione sia dell'otturatore che della sede. Inoltre, per la presenza di una grande quantità di bolle, la portata non aumenta e si crea una sorta di intasamento.

Dopo questo punto, la velocità diminuisce mentre la sezione e la pressione aumentano.

Come descritto sopra, se la pressione aumenta abbastanza da superare la pressione del vapore, le bolle implodono. Se invece la pressione di uscita rimane ancora inferiore alla pressione del vapore, la miscela liquido/vapore rimane presente anche a valle della valvola.

Tipicamente, le valvole soggette a cavitazione sono caratterizzate da una superficie molto irregolare, ruvida e bucherellata.

Nell'immagine è possibile vedere la differenza di pressione all'interno di una valvola in specifiche condizioni simulate che possono generare fenomeni di cavitazione (alta velocità di flusso e apertura limitata della valvola).



Per evitare che questo fenomeno si verifichi, è necessario effettuare un'attenta pianificazione del sistema, prendendo in considerazione diversi fattori:

- la pressione del vapore del fluido di processo: si sceglie una valvola in cui la pressione, anche nella sezione minima, è maggiore della pressione del vapore;
- la posizione della valvola: più la valvola è a monte, minore è il rischio che la pressione scenda sotto la pressione del vapore;
- perdite con la valvola chiusa: è necessario evitare che si verifichino perdite quando la valvola è chiusa poiché il fluido in questo caso, passando rapidamente da una zona di alta pressione a una di bassa pressione, può essere soggetto a cavitazione;
- portata e materiale: i problemi di cavitazione aumentano con la quantità di flusso e il danno sulla valvola dipende dalla resistenza del materiale.

Per assistenza e valutazione, contattate i vostri rappresentanti Aliaxis.

2.5 Selezione e caratteristiche delle valvole

Le valvole hanno la funzione di intercettare o regolare il flusso dei fluidi nei tubi come descritto nel capitolo precedente.

Questi dispositivi sono fatti di diversi materiali plastici e sono realizzati in diversi modelli a seconda del tipo di applicazioni in cui vengono utilizzati, quindi è estremamente importante scegliere quello più adatto in relazione alle caratteristiche di funzionamento.

In questo capitolo cerchiamo di fornire un aiuto per la selezione della valvola corretta in base al tipo di fluido, alle sollecitazioni meccaniche che possono verificarsi nel sistema (come vibrazioni e dilatazioni termiche), alle ragioni di sicurezza e protezione, o a seconda che si voglia avere un'installazione facile o una regolazione molto precisa.

2.5.1 Caratteristiche del fluido

Le caratteristiche e le condizioni del fluido di processo devono essere attentamente definite per selezionare il tipo corretto di valvola, infatti i fluidi puliti generalmente permettono un'ampia scelta di tipi di valvole, mentre per i fluidi sporchi la scelta è limitata.

In particolare, il termine "servizio pulito" identifica fluidi privi di solidi o contaminanti, come aria, azoto e altri gas prodotti, acqua potabile e demineralizzata, vapore, olio lubrificante, gasolio, metanolo e la maggior parte dei prodotti chimici di dosaggio e iniezione. Questi fluidi sono generalmente meno dannosi per le valvole, con conseguenti prestazioni e affidabilità a lungo termine.

"Servizio sporco" identifica invece i fluidi con solidi in sospensione che possono seriamente compromettere le prestazioni delle valvole se non si sceglie il tipo corretto; possono essere ulteriormente classificati come generalmente abrasivi o sabbiosi.

Il "servizio abrasivo" identifica la presenza di particolato abrasivo nei sistemi di tubazioni, tra cui ruggine dei tubi, incrostazioni, scorie di saldatura, sabbia, particelle di catalizzatore e graniglia.

Le condizioni abrasive si trovano comunemente durante la costruzione, il lavaggio e le operazioni di pulizia delle linee.

"Servizio sabbioso" è un termine che identifica le condizioni abrasive ed erosive gravi che si verificano nella produzione di petrolio e gas in cui la sabbia di formazione viene convogliata attraverso il pozzo.

Se la perdita di carico e la velocità sono elevate, si può verificare una grave erosione dei trim e dei corpi delle valvole.

A questo punto, è necessario ricordare che le valvole a sfera sono raccomandate solo per il servizio pulito, mentre sono inadatte per i fluidi sporchi, altrimenti l'accumulo di solidi intorno alla sfera causerà l'erosione del materiale.

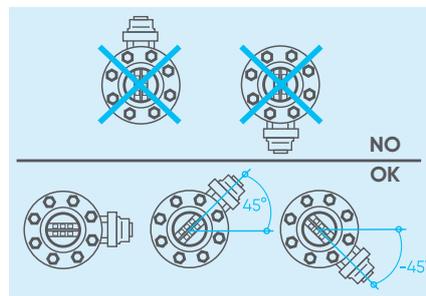
Per contro, le valvole a membrana sono adatte per gestire servizi corrosivi, erosivi e sporchi.

Vari tipi di membrana in EPDM, FKM o PTFE possono essere installati a seconda delle applicazioni finali, come ad esempio impianti chimici che trattano fanghi, fluidi viscosi o chimicamente aggressivi.

Ovviamente queste valvole hanno componenti di consumo soggetti a usura e fatica, quindi potrebbe rendersi necessaria la manutenzione per garantire un funzionamento regolare.

Le valvole a farfalla possono essere utilizzate per il trasporto di fluidi puliti e sporchi in funzione delle diverse posizioni della valvola, per esempio:

- per trasportare fluidi puliti la valvola può essere posizionata con lo stelo perpendicolare al piano di appoggio del tubo senza alcun rischio;
- per convogliare fluidi sporchi o con sedimenti si suggerisce di posizionare la valvola con lo stelo parallelo al piano di appoggio del tubo per evitare la raccolta di sedimenti alla base della posizione del disco o con lo stelo inclinato di 45°, come mostrato nell'immagine seguente.



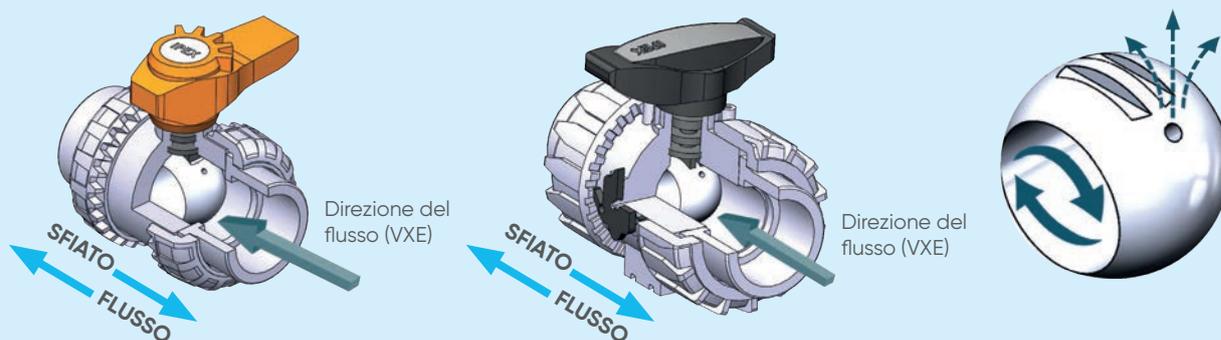
Inoltre, per limitare il passaggio di particelle solide presenti nel fluido, è consigliabile utilizzare il collettore di impurità FIP RV: all'interno è posizionato un filtro facilmente rimovibile per facilitare la pulizia o la sostituzione.



Per alcune applicazioni in cui vengono utilizzati fluidi volatili, come l'ipoclorito di sodio o il perossido di idrogeno, le valvole a sfera possono essere dotate di un foro di sfiato, progettato attraverso il lato della sfera.

Quando una valvola a sfera è chiusa, il fluido viene intrappolato nella cavità della sfera, ma se la valvola non viene usata spesso, questo fluido intrappolato inizia ad invecchiare e a decomporsi. Questo fenomeno è accelerato se la valvola è esposta a fonti di calore.

Per esempio, quando l'ipoclorito di sodio si decompone, comincia ad emettere gas con un'espansione di volume collegata: questo può creare una pressione nella cavità della sfera che può portare al guasto o all'esplosione della valvola.



In questa situazione pericolosa, quando la valvola è in posizione di chiusura, al fluido intrappolato è permesso di fluire liberamente dentro e fuori attraverso il foro di sfiato, come si può vedere in figura.

Per ottenere questo tipo di caratteristica nella vostra valvola, contattate i vostri rappresentanti Aliaxis.

2.5.2 Sollecitazioni meccaniche e vibrazioni

Quando si sceglie una valvola, è sempre necessario prendere in considerazione i comuni problemi meccanici che possono verificarsi all'interno dei sistemi, come la sollecitazione, la dilatazione termica, le vibrazioni, che influenzano il corretto funzionamento delle valvole stesse.

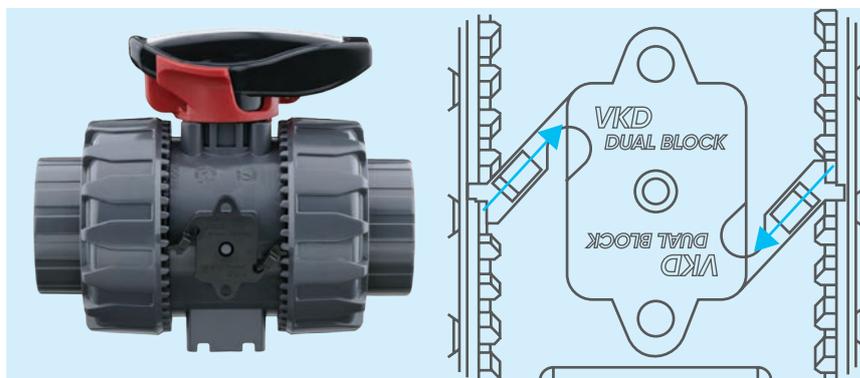
Per minimizzare e risolvere questi problemi, FIP ha progettato diversi sistemi e caratteristiche speciali di cui le nostre valvole sono dotate.

I principali sono descritti di seguito.

Sistema DUAL BLOCK®



DUAL BLOCK® è un sistema sviluppato e brevettato da FIP che consente di bloccare, in una posizione predeterminata, le ghiera delle valvole a sfera.



Grazie al dispositivo di bloccaggio è permessa la rotazione delle ghiera solo in senso orario al momento dell'installazione, mentre è impedita la rotazione in senso antiorario.

Una volta che la valvola è stata installata e le ghiera sono state serrate, il sistema DUAL BLOCK® impedisce lo svitamento accidentale: la valvola FIP VKD è particolarmente adatta a condizioni di esercizio gravose in cui le vibrazioni, le variazioni di pressione o le dilatazioni termiche possono influenzare le prestazioni delle normali valvole a smontaggio radiale.

Il sistema DUAL BLOCK® permette l'installazione di valvole in plastica a smontaggio radiale negli impianti chimici e nelle linee di trasporto di fluidi pericolosi, combinando la flessibilità e la semplicità di installazione di una giunzione "bocchettonata" all'intrinseca sicurezza di una robusta valvola flangiata con corpo monopezzo.

Per le tubazioni con un diametro nominale inferiore a 63 mm, lo smontaggio della valvola dalla tubazione è semplice, basta sganciare il sistema DUAL BLOCK®, rimuoverlo e allentare le ghiere ruotandole in senso antiorario.

Quando il diametro nominale è compreso tra 65-100 mm, come mostra l'immagine seguente, girando il pulsante a sinistra e orientando la freccia sul lucchetto aperto, il DUAL BLOCK® viene messo in posizione di rilascio: le ghiere della valvola sono libere di ruotare in senso orario e antiorario.

Girando il pulsante verso destra e orientando la freccia sul lucchetto chiuso, il DUAL BLOCK® si mette in posizione di blocco: le ghiere della valvola sono bloccate in una posizione fissa.



Sistema DIALOCK®

Il sistema DIALOCK® consiste in un innovativo volantino di comando dotato di un meccanismo di blocco della manovra brevettato, immediato ed ergonomico, che permette di bloccare qualsiasi posizione di regolazione raggiunta.

Volantino e coperchio sono realizzati in PP-GR ad alta resistenza chimica e meccanica: questo garantisce la totale protezione e isolamento di tutte le parti metalliche interne dal contatto con gli agenti esterni.



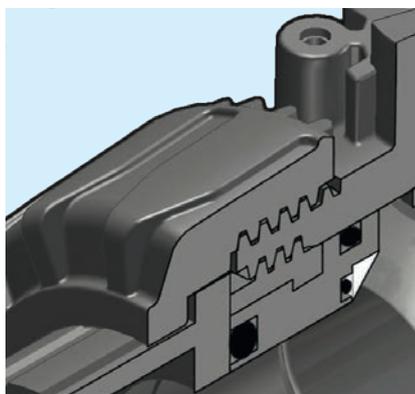
Sollevando semplicemente il volantino una volta raggiunta la posizione desiderata, la maniglia viene bloccata, come mostrato nella foto della valvola a membrana FIP DK.



Per sbloccare è sufficiente premere il volantino verso il basso.

Sistema SEAT STOP®

Le valvole FIP VKD e TKD utilizzano il sistema brevettato SEAT STOP®.



Il supporto della guarnizione della sfera è realizzato in due pezzi, un pezzo esterno filettato per il montaggio e un pezzo interno dove si trovano le guarnizioni.

Questo dispositivo permette di fare piccole micro-regolazioni al supporto della valvola.



Poiché non è possibile alcun allentamento accidentale del supporto della sfera, la rimozione radiale del corpo valvola può avvenire in piena sicurezza.



Il supporto della sfera può essere rimosso solo con l'attrezzo speciale situato nell'impugnatura.

Stelo in acciaio inossidabile 316

Le valvole a farfalla FIP FK, come quella illustrata nell'immagine seguente, sono caratterizzate da uno stelo in acciaio inossidabile AISI 316.

In questa valvola lo stelo è completamente isolato dal fluido, quindi l'acciaio inossidabile non entra in contatto con il liquido.

I principali vantaggi dell'utilizzo dell'acciaio inossidabile nello stelo rispetto ad altri materiali sono costituiti dalle migliori prestazioni meccaniche.



2.5.3 Sicurezza

Per prevenire problemi di sicurezza all'interno di un impianto, soprattutto quando si utilizzano fluidi pericolosi, è consigliabile utilizzare sistemi di etichettatura o valvole che consentano di identificare il fluido trattato o le condizioni operative.

Le principali caratteristiche per le quali una valvola può essere scelta per risolvere i problemi di sicurezza sono le seguenti.

Sistema di etichettatura

Spesso è necessario personalizzare una valvola etichettandola o contrassegnandola: questo sistema permette la creazione di etichette speciali da inserire nella maniglia.

Questo rende estremamente facile identificare la valvola sull'impianto in funzione di specifiche esigenze, per esempio la funzione della valvola nell'impianto o il fluido trasportato per motivi di sicurezza, ma anche informazioni specifiche per il servizio clienti, come il nome del cliente o la data e il luogo di installazione.



Il modulo specifico LCE è composto da una calotta in PVC-U rigida e trasparente resistente all'acqua, corrispondente nell'immagine alla lettera **A**, e da una piastrina porta etichetta bianca dello stesso materiale, rappresentata dalla lettera **B**.

La piastrina porta etichetta può essere facilmente rimossa per essere utilizzata per l'auto-etichettatura sul suo lato vuoto.

Il modulo LCE EASY FIT® è disponibile per le valvole a sfera FIP modelli VEE, VXE, SXE, per le valvole a farfalla FIP modelli FE, FK e per le valvole a sfera FIP VKD DUAL BLOCK® di grande diametro.



La valvola a membrana FIP DK è dotata di una piastra di personalizzazione che può essere personalizzata secondo le esigenze specifiche.



Il corpo valvola è predisposto per l'installazione di una targhetta di identificazione.

Doppio O-Ring sullo stelo

Le nostre valvole a sfera industriali, per esempio VKD, VXE e VKR sono caratterizzate da uno stelo ad elevata finitura superficiale con doppio O-Ring e doppia chiavetta di collegamento alla sfera (solo per VKD e VKR). Il doppio O-Ring è in EPDM o FKM.

La guarnizione FKM è rinomata per la sua resistenza alle alte temperature, mentre la guarnizione EPDM per le sue alte prestazioni nella tenuta idraulica.

Sistema DUAL BLOCK®

Poiché questo sistema permette solo la rotazione in senso orario della ghiera al momento dell'installazione e impedisce la rotazione antioraria, potrebbe essere utile quando si trattano fluidi pericolosi per evitare possibili perdite.

Per avere maggiori informazioni, fare riferimento alla selezione della valvola in base alla sollecitazione meccanica.

2.5.4 Sicurezza

Per evitare che nel sistema si verifichino problemi legati alla sicurezza, come manomissioni o interferenze indesiderate, si suggerisce di optare per una valvola con le seguenti caratteristiche.

Sistema DIALOCK®

Questo sistema può essere molto utile, poiché una volta raggiunta la posizione desiderata la maniglia può essere bloccata semplicemente sollevando il volantino.

Per ottenere maggiori informazioni si raccomanda di consultare l'argomento "selezione di una valvola in base alla sollecitazione meccanica".



Lucchetto

Il movimento delle valvole a sfera VKD, a farfalla FK, a membrana DK di FIP può essere impedito da un lucchetto accanto alla maniglia.

2.5.5 Facilità d'installazione

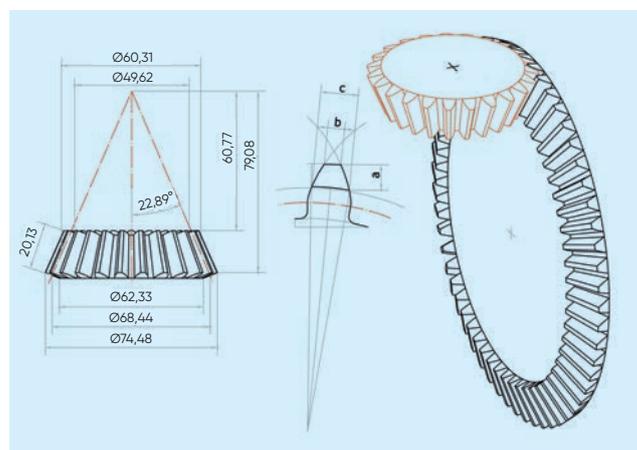
Sistema EASY FIT®



FIP e Giugiaro Design hanno progettato e sviluppato il sistema EASY FIT® per le valvole VEE e VXE.

Si tratta di un'innovativa valvola a sfera a ingranaggi a smontaggio radiale che introduce un metodo avanzato di installazione per una lunga durata di servizio senza problemi.

Il principio della coppia di ingranaggi conici è stato applicato per progettare questo meccanismo che controlla la rotazione delle ghiera durante l'installazione della valvola.



Grazie al rapporto di riduzione della coppia di serraggio, le ghiera delle valvole vengono serrate o svitate in modo facile e sicuro senza sollecitare eccessivamente i componenti filettati delle valvole e i raccordi di giunzione delle tubazioni.

Il meccanismo EASY FIT® può essere molto utile in un'ampia gamma di layout di tubazioni, specialmente in spazi ristretti, perché lo stelo della valvola è il perno della coppia conica.

La maniglia multifunzione è lo strumento di azionamento da posizionare sull'asse del vapore e utilizzato per girare le ghiera per stringerle o allentarle.

È la soluzione migliore per effettuare operazioni di manutenzione in spazi ristretti con accesso limitato alla posizione della valvola. Si raccomanda sempre di garantire una compressione graduale delle guarnizioni O-ring e di evitare che attrezzi non specifici causino il danneggiamento della ghiera o la perdita di fluido.

La maniglia può anche essere usata per regolare il supporto della guarnizione di tenuta della sfera come mostrato in questa foto.



FIP ha anche esteso questa linea di valvole realizzando il completamento della gamma con valvole a sfera con DN 65-100.

In questo caso la maniglia è composta da un mozzo centrale fissato allo stelo della valvola, da una maniglia a doppia razza che può essere sganciata dal mozzo con una semplice operazione e da un inserto a gancio alloggiato nella maniglia che la trasforma in una chiave per il serraggio delle ghiera.

Anche in questo caso l'uso della maniglia garantisce una perfetta tenuta idraulica e previene il danneggiamento accidentale delle ghiera che può essere causato dall'uso di attrezzi non specifici.

In particolare, la maniglia, dopo essere stata liberata dal mozzo come mostrato in figura, può essere trasformata in una chiave per avvitare o svitare le ghiera.

Per fare questo è necessario rimuovere, capovolgere e innestare l'inserto alloggiato al suo interno nella sede appropriata.



Lo strumento così realizzato è estremamente robusto e leggero allo stesso tempo grazie alla progettazione con il metodo degli elementi finiti (Finit Element Method, FEM) e offre un'eccellente impugnatura ergonomica.

Questo design dell'inserto si adatta perfettamente al profilo esterno delle ghiera con una tenuta sicura, consentendo di raggiungere un'elevata coppia di serraggio senza mai danneggiare le ghiera stesse.



2.5.6 Accuratezza della regolazione

Valvola VKR DUAL BLOCK®

Le valvole FIP VKR DUAL BLOCK® combinano le elevate doti di affidabilità e sicurezza tipiche delle valvole a sfera full bore VKD con una funzione di regolazione del flusso precisa e ripetibile che risponde alle più severe esigenze tipiche delle applicazioni industriali.

Il design brevettato della sfera fornisce una regolazione lineare del flusso in tutta la sua gamma di funzionamento anche quando la valvola è aperta solo di pochi gradi e garantisce perdite di pressione minime.

Una delle sue caratteristiche principali è la maniglia dotata di disco che mostra la posizione della valvola su una scala graduata di 5° per una lettura precisa e facile, come si può vedere nella foto.



2.6 Spurgo dell'aria dalle condutture

L'aria intrappolata all'interno di una condotta potrebbe a volte creare un problema. In questo capitolo, illustreremo tutto ciò che serve per conoscere le cause dell'aria intrappolata e come evitarla.

2.6.1 Aria intrappolata: fonti e cause

L'aria intrappolata nei tubi in pressione è un argomento ampiamente studiato e discusso. È fonte di preoccupazione per molti progettisti che hanno bisogno di capire tutte le conseguenze del problema o i metodi utilizzati per mitigare i pericoli legati a questo problema.

Il comportamento dell'aria in un sistema di tubazioni non è facile da analizzare, ma le conseguenze possono essere catastrofiche.

Vi sono molte fonti potenziali di aria nelle condutture, che in un determinato sistema possono anche moltiplicarsi. La fonte più probabile si verifica durante il riempimento, sia inizialmente che al rabbocco dopo il drenaggio. In alcuni sistemi, l'aria rientra ogni volta che le pompe vengono spente perché le condutture si svuotano attraverso gli sprinkler posizionati a terra o le valvole aperte.

L'aria si introduce spesso nel punto in cui l'acqua entra nel sistema; questo è un problema particolarmente comune con le condutture alimentate per gravità, ma può verificarsi anche con i sistemi di pompaggio.

Anche l'acqua pompata da pozzi profondi può essere soggetta all'ingresso di aria in seguito all'acqua che cade a cascata nel pozzo.

Una fonte d'aria meno ovvia proviene dal rilascio di aria disciolta nell'acqua, a causa dei cambiamenti di temperatura e/o pressione. Le quantità possono essere piccole in questo caso, ma gli accumuli nel tempo possono creare problemi.

È anche comune che l'aria entri attraverso le valvole meccaniche di rilascio dell'aria o gli interruttori del vuoto quando la pressione scende al di sotto della pressione atmosferica: questo può accadere durante l'arresto della pompa o durante i picchi negativi.

L'aria in un sistema di tubazioni tende ad accumularsi nei punti alti durante le condizioni di basso flusso o statiche. Con l'aumento della portata, l'aria può essere forzata lungo la condotta dall'acqua in movimento e può rimanere bloccata nei punti alti più estremi dove riduce l'area disponibile per il flusso. Così, queste sacche d'aria causano restrizioni di flusso che riducono l'efficienza e le prestazioni del sistema.

Man mano che una sacca d'aria cresce, la velocità oltre quel punto aumenta finché alla fine l'aria viene spinta verso un'uscita. Mentre le restrizioni della linea rappresentano un problema, una situazione più grave può verificarsi quando l'aria viene rapidamente espulsa dal sistema sotto pressione.

A titolo indicativo, l'acqua è circa cinque volte più densa dell'aria a 7 bar, quindi quando una sacca di aria compressa raggiunge un'uscita, come la testa di un irrigatore o una valvola di sfogo aria, fuoriesce molto rapidamente. Man mano che esce, l'acqua si precipita a riempire il vuoto.

Quando l'acqua raggiunge l'apertura, la velocità diminuisce improvvisamente, alla suddetta condizione di 7 bar l'aria esce circa cinque volte più velocemente dell'acqua.

Il risultato è simile alla chiusura istantanea della valvola, tranne che il cambiamento di velocità può superare di gran lunga la normale velocità del flusso nella condotta. Questo comportamento è stato testato alla Colorado State University, Stati Uniti, dove si è osservato che la pressione aumenta fino a 15 volte la pressione di esercizio quando l'aria intrappolata viene rapidamente espulsa sotto pressione. Tali picchi di pressione possono facilmente superare la forza dei componenti del sistema e anche a magnitudini inferiori, i picchi ripetuti indeboliranno il sistema nel tempo.

2.6.2 Trattamento dell'aria intrappolata

Ovviamente, il modo migliore per ridurre i problemi causati dall'aria intrappolata sarebbe quello di impedirne l'ingresso nel sistema. A questo scopo si devono adottare precauzioni appropriate. Quando i sistemi vengono riempiti, sia inizialmente che dopo lo svuotamento per lo svernamento o la riparazione, il processo dovrebbe avvenire lentamente, ad una velocità di 0,3 m/s o meno, e l'aria dovrebbe essere scaricata dai punti alti prima che il sistema sia pressurizzato. Anche con queste precauzioni, un po' d'aria può rimanere nel sistema.

Per trattare quest'aria rimanente o l'aria nuova immessa generata dal processo stesso, una o più valvole di scarico dell'aria ad azione continua dovrebbero essere incorporate nella linea. Una soluzione potrebbe essere quella di utilizzare valvole di sfogo manuali come le valvole a sfera. Questa soluzione non è ideale perché le valvole di sfogo manuali posizionate strategicamente possono trattare l'aria intrappolata all'avvio, ma non affronteranno automaticamente o efficacemente i problemi di intrappolamento dell'aria ricorrenti. Inoltre, gli sfoghi azionati manualmente porteranno inevitabilmente a fuoriuscite potenzialmente risultanti in contaminazione del sito o lesioni dell'operatore (a seconda dei mezzi trasportati).

Per garantire un efficace trattamento dell'aria intrappolata, le valvole ad azione continua dovrebbero essere la scelta preferenziale. Le valvole ad azione continua contengono un meccanismo a galleggiante che permette lo sfogo dell'aria attraverso un piccolo orifizio, anche quando la linea è pressurizzata.

Sono disponibili sul mercato anche valvole combinate di sfogo dell'aria/interruttore del vuoto. Questi prodotti hanno una doppia funzione. Per esempio, quando un serbatoio viene riempito, l'aria intrappolata viene lasciata fuoriuscire e il liquido può fluire senza essere contrastato da sacche d'aria. Quando il processo è invertito, durante lo svuotamento di un serbatoio, il meccanismo di chiusura della valvola apre la valvola permettendo all'aria di entrare e sostituire il volume precedentemente occupato dal liquido, evitando così la formazione di un vuoto potenzialmente dannoso.

In Aliaxis, offriamo la valvola di sfogo aria FIP VA, una valvola di sfogo dell'aria/interruttore del vuoto in varie dimensioni. È importante notare che le funzioni di apertura e chiusura di questa valvola "intelligente" sono controllate dal fluido e non dalla pressione come in altre valvole di sfogo dell'aria.

Questa caratteristica offre diversi vantaggi: non è richiesta alcuna pressione minima o vuoto per aprire o chiudere la valvola ed è così garantita la reattività in qualsiasi condizione e l'eliminazione di potenziali fuoriuscite.

È necessario ricordare che la valvola FIP VA non può essere adottata in caso di gas in pressione.

La portata attraverso la valvola è riportata nella tabella.

DN	VA FIP
15	12 Nm ³ /h
20	23 Nm ³ /h
25	45 Nm ³ /h
32	70 Nm ³ /h
40	90 Nm ³ /h
50	345 Nm ³ /h



2.7 Progettazione del sistema di tubazioni per la condizione di vuoto

In alcuni casi, le tubazioni sono esposte a una pressione esterna, comunemente chiamata depressione. Questo accade per esempio quando l'installazione è immersa nell'acqua, quando i sistemi sono interrati o sono utilizzati per il vuoto, come tubi di aspirazione.

Il carico meccanico al vuoto assoluto corrisponde a un vuoto parziale differenziale di 1 bar, ciò significa che la pressione sulla parete interna del tubo è inferiore di 1 bar rispetto a quella sulla parete esterna alla pressione atmosferica standard.

La depressione può essere calcolata con questa formula per un tubo cilindrico:

$$p_k = \frac{10 * E_c}{4 * (1 - \mu^2)} * \left(\frac{t}{r}\right)^3$$

dove:

p_k = depressione critica (bar)

E_c = modulo di scorrimento (N/mm²)

μ = rapporto di Poisson, di solito per la termoplastica per 25 anni di vita utile $\mu=0,4$

t = spessore della parete (mm)

r = raggio medio del tubo (mm)

La tensione di instabilità a carico di punta può essere calcolata come segue:

$$\sigma_k = p_k * \frac{r}{t}$$

dove:

σ_k = tensione di instabilità a carico di punta (bar)

p_k = depressione (bar)

r = raggio medio del tubo (mm)

t = spessore della parete (mm)

In questi calcoli non si è tenuto conto di ogni possibile variazione legata alla rotondità e all'eccentricità.

Inoltre, naturalmente, solo i tubi pressurizzati possono essere utilizzati per i sistemi esposti alla pressione esterna, i tubi più sottili non sono adatti a queste condizioni

2.8 Progettazione del sistema di tubazioni per l'aria compressa

Finora ci siamo occupati dei sistemi che trasportano fluidi, in questo capitolo ci siamo concentrati sui sistemi che trasportano gas, in particolare aria compressa.

Cos'è l'aria compressa

L'aria è una miscela gassosa, ciò significa che è composta da molti gas, principalmente azoto (78%) e ossigeno (21%) e vapore acqueo, anidride carbonica e altri gas (1%).

L'aria compressa è aria atmosferica ridotta di volume con un compressore o con una pompa e immagazzinata in un serbatoio.

Comprimere l'aria significa costringerla in uno spazio più piccolo, facendo muovere le molecole molto velocemente e avvicinandole le une alle altre: l'aria, infatti, come gli altri gas, non ha una forma propria ma si adatta al recipiente di contenimento.

Il volume occupato dall'aria dipende dalla pressione e dalla temperatura a cui è sottoposta secondo le leggi dei gas.

In particolare, la prima legge di Gay-Lussac afferma che il volume di un gas a pressione costante è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta del gas, come segue, considerando $p=\text{cost}$:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

La seconda legge di Gay-Lussac spiega che la pressione di un gas a volume costante è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta del gas.

La formula è la seguente se $V=\text{cost}$:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

La legge che regola la relazione tra il volume di un gas ideale e la pressione è la legge di Boyle-Mariotte.

In base ad essa, il volume di una quantità di gas perfetto chiuso in un contenitore, a temperatura costante, è inversamente proporzionale alla pressione assoluta.

La formula è la seguente considerando $T=\text{cost}$:

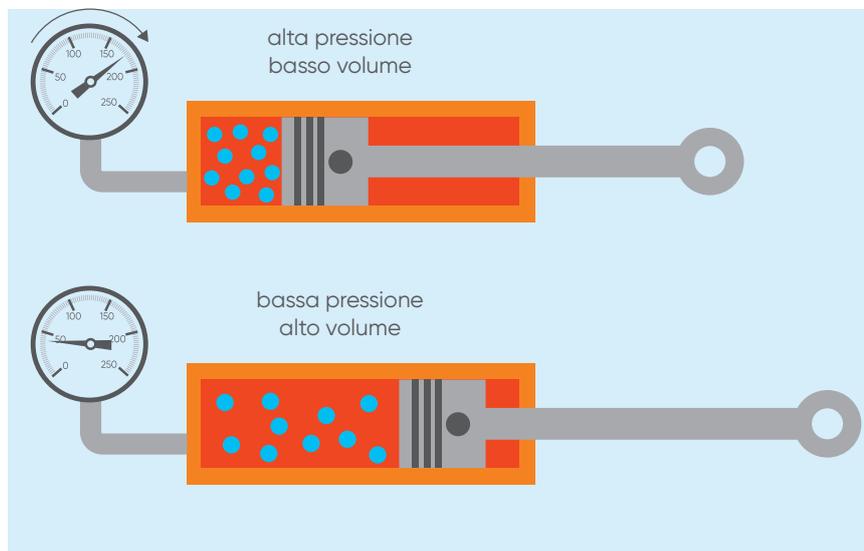
$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Come si può vedere nell'immagine seguente, un pistone spinge l'aria verso il basso in un cilindro: ponendo il gas all'interno di un contenitore e sottoponendolo a una pressione che aumenta gradualmente, il volume diminuisce e di conseguenza le molecole si avvicinano tra loro con un movimento veloce.

Combinando insieme le tre leggi dei gas, si verifica sperimentalmente che vale la relazione:

$$\frac{p_1}{T_1} V_1 = \frac{p_2}{T_2} V_2$$

aumento della pressione



Poiché la temperatura è direttamente proporzionale all'energia cinetica, il movimento delle molecole dovuto alla compressione fa aumentare la temperatura.

In questo modo, l'energia che viene rilasciata durante la compressione è uguale all'energia richiesta per forzare l'aria in un certo spazio, ed è per questo che l'aria compressa è un mezzo eccellente per immagazzinare e trasmettere energia.

Viene utilizzato sempre di più nelle industrie manifatturiere a causa dei suoi distinti vantaggi di pulizia, flessibilità, sicurezza ed economia d'uso rispetto ad altre fonti di energia, come le batterie e il vapore.

Infatti, nelle applicazioni con sovraccarico, le apparecchiature elettriche possono rappresentare un rischio per la sicurezza, mentre gli utensili ad aria compressa possono essere utilizzati in varie condizioni, anche nelle aree bagnate.

Sistema di aria compressa

Un sistema d'aria compressa deve essere controllato, regolato e dimensionato per garantire un adeguato volume d'aria, a una pressione e una purezza specifiche.

Per quanto riguarda la progettazione, è notevolmente diversa dalla progettazione di un sistema liquido non comprimibile, perché essendo i gas comprimibili le variabili da considerare sono molteplici.

In particolare, il sistema ad aria compressa deve tenere conto delle esigenze attuali e future per massimizzare il rapporto tra costo ed efficacia, per esempio le perdite di pressione delle tubazioni devono essere mantenute al minimo assoluto perché essendo totalmente irrecuperabili, sono solo una perdita energetica e finanziaria.

Prima del progetto dell'impianto, poiché da un punto di vista pratico l'aria compressa non è mai pura ma contiene contaminanti di diversa natura e stato fisico, bisogna determinare l'identità e la quantità di questi inquinanti per decidere quale attrezzatura è necessaria per ridurli o eliminarli.

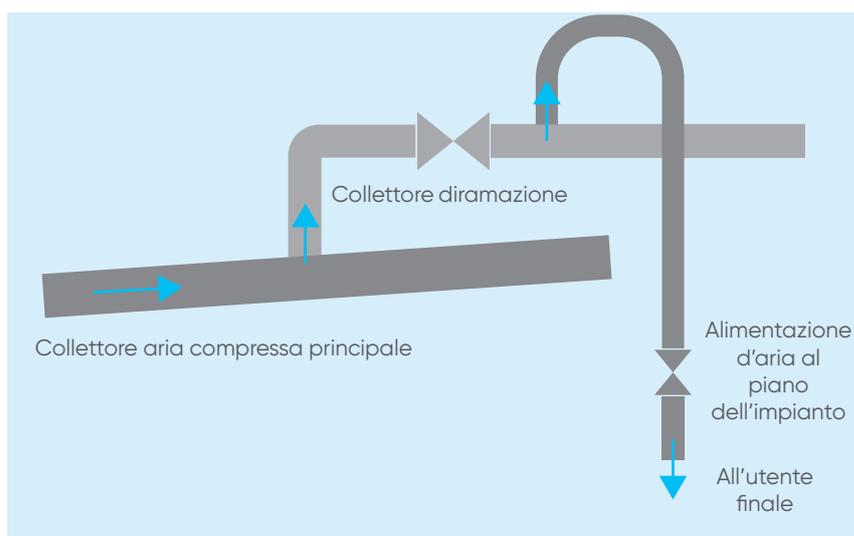
Quindi è necessario ricordare che di solito ci sono questi contaminanti che si influenzano a vicenda e si mescolano per formare dei composti:

- **acqua:** è presente nell'aria atmosferica sotto forma di vapore acqueo. Quando l'aria viene compressa, la pressione parziale del vapore acqueo aumenta, ma a causa dell'aumento di temperatura indotto dalla compressione, non c'è condensazione; quando l'aria viene successivamente raffreddata, l'acqua condensa, passando allo stato liquido. È necessario ricordare che l'umidità può causare corrosione e danneggiare il prodotto finale;
- **olio:** nei compressori lubrificati, l'aria si contamina inevitabilmente di olio, ma anche l'aria prodotta da compressori non lubrificati può contenere tracce di olio presenti in atmosfera;
- **particelle solide:** I solidi con dimensioni inferiori a 10 micron non possono essere trattenuti dai filtri di aspirazione, quindi vengono introdotti nel circuito dell'aria compressa. Questa contaminazione si verifica con qualsiasi tipo di compressore.

Per il trasporto di gas compressi, Aliaxis propone due linee di prodotti dedicati: GIRAIR e AIRLINE. Nei sistemi di aria compressa progettati correttamente, vengono utilizzati due tipi di tubazioni: linea principale e linee di diramazione.

La linea principale viene usata per trasportare la maggior parte dell'aria compressa.

Se questa linea è troppo piccola, la velocità dell'aria sarà molto alta, quindi sarà difficile separare l'acqua dall'aria, poiché gran parte del vapore condensato che scorre come acqua lungo il fondo del tubo sarà sollevato dalla corrente d'aria in rapido movimento.



Con diametri di grandi dimensioni, le velocità si abbassano, permettendo all'acqua di raccogliersi sul fondo del tubo mentre l'aria scorre sulla parte superiore. Pertanto, il sovradimensionamento comporta una maggiore spesa di capitale iniziale, ma i tubi più grandi sono vantaggiosi, perché agiscono come ricevitori per l'aria, riducendo così il carico sul compressore e fornendo capacità per una maggiore domanda futura.

In generale, per la linea di distribuzione principale, si possono evitare eccessive cadute di pressione e perdite di energia limitando la velocità dell'aria a un massimo di 33 l/min.

Le linee di diramazione sono relativamente corte in lunghezza: poiché l'acqua di condensazione è separata nelle linee principali, le diramazioni più piccole permettono velocità più elevate e perdite di carico.

Qui il raccordo a collo d'oca è essenziale perché impedisce all'acqua di entrare nella linea di diramazione, infatti attira l'aria dalla parte superiore della linea principale, lasciando l'acqua condensata sul fondo.



Per concludere, per progettare il sistema e determinare le dimensioni corrette dei tubi sono necessarie le seguenti informazioni:

- portata totale di tutti i dispositivi che utilizzano l'aria: è fondamentale determinare il volume d'aria e la gamma di pressione utilizzata in ogni luogo. Le informazioni riguardanti la pressione e la portata per attrezzature come gli utensili sono reperibili presso il produttore. Se non sono note, assegnare alcuni indici preliminari nell'attesa di ottenere i valori specifici;
- la pressione di esercizio massima. Questa è la pressione massima in servizio continuo per la quale i sistemi GIRAIR o AIRLINE sono stati progettati.

Dipende dalla temperatura del fluido trasportato e/o dalla temperatura ambiente che si può trovare nelle immediate vicinanze dell'installazione.

Gli aumenti di temperatura riducono il modulo dei materiali usati per fabbricare il sistema, che a sua volta riduce la sua resistenza alla pressione idrostatica.

La tabella seguente indica la massima pressione di esercizio applicabile per i sistemi GIRAIR e AIRLINE in base alle diverse temperature:

Temperatura ambiente o del fluido	Massima pressione di esercizio
0°C - 25°C	12,5 bar
25°C - 40°C	10 bar

- Ciclo di lavoro, cioè quanto tempo il singolo strumento o processo sarà in uso effettivo per un periodo di un minuto;
- possibilità di perdite e di espansione futura: le perdite sono il risultato del numero e del tipo di connessioni, dell'uso di disconnessioni, dell'età del sistema e della qualità del processo di assemblaggio iniziale. Un sistema di aria compressa ben mantenuto avrà un tasso di perdita ammissibile del 2-5%.
È anche necessario stabilire un eventuale margine di espansione futura: si dovrebbe pensare a sovradimensionare alcuni componenti per evitare il costo della sostituzione in un secondo momento;
- perdite di carico ammissibili per l'intero sistema;
- altitudine, temperatura e rimozione dei contaminanti;
- posizione in cui è disponibile uno spazio adeguato per il compressore d'aria e l'attrezzatura ausiliaria: il processo, la postazione di lavoro o il pezzo di attrezzatura che utilizza l'aria compressa dovrebbe essere localizzato su un piano, e una lista completa dovrebbe essere fatta per semplificare la registrazione;
- realizzazione di un layout finale delle tubazioni e dimensionamento della rete di tubazioni: determinazione dei requisiti di condizionamento del sistema per ogni pezzo di attrezzatura: questo include il contenuto di umidità ammissibile, la dimensione del particolato e il contenuto di olio. Decidere se il sistema può richiedere attrezzature di condizionamento tra cui essiccatori, filtri, lubrificatori e regolatori di pressione.

In caso di necessità, contattate i vostri rappresentanti Aliaxis.



AVVERTENZA: Non usare mai PVC-U e PVC-C con aria compressa

Non usare mai aria compressa in tubi e raccordi in PVC-u e PVC-C. Usare materiali PVC-U e PVC-C solo per acqua e prodotti chimici approvati. Ciò dipende da due ragioni principali:

- Quando sono sottoposti a sollecitazioni che non riescono a sopportare, i tubi in PVC possono rompersi, facendo volare schegge di plastica e causando lesioni gravi o la morte.
- Se esposto a temperature di congelamento, il tubo in PVC-U può diventare fragile e frantumarsi molto più facilmente del solito, quindi i gas compressi non dovrebbero attraversarlo.
- Per il convogliamento di aria compressa, fare riferimento ai sistemi Girair e Airline.

2.9 Selezione del flussimetro

Misurare la portata in un tubo è importante per varie ragioni, per esempio per verificare il corretto funzionamento dei processi industriali o per controllare i costi energetici.

Per fare questo, il modo migliore è quello di installare sistemi di monitoraggio del flusso che forniscano dati accurati e affidabili a sostegno del corretto svolgimento delle operazioni, del controllo del processo in tempo reale e della manutenzione predittiva.

In particolare, Aliaxis fornisce una gamma completa di prodotti appartenenti a FLS che sono progettati per fornire input affidabili e coerenti per una vasta gamma di applicazioni riguardanti la misura di portata, il pH, la conducibilità e la potenziale ossidoriduzione.

In questo capitolo ci concentreremo sulla misurazione del flusso, che può essere effettuata da flussimetri. In particolare ne esistono di tre tipi:

- sensori di flusso a inserzione;
- sensori di flusso in linea;
- flussimetri ad area variabile.

2.9.1 Progettazione del flussimetro

2.9.1.1 Sensori di flusso ad inserzione

La tecnologia ad inserzione si basa su misuratori della velocità del fluido, installati in un tubi diritto cilindrico, ed è utilizzata per misurare la velocità locale del flusso V_m per calcolare la velocità media (V_a) e la portata volumetrica (Q_v).

Questi sensori di flusso sono teoricamente supportati da leggi fluidodinamiche applicabili a qualsiasi tubo di sezione circolare quando viene rispettato il flusso turbolento completamente sviluppato, quindi quando il numero di Reynolds è maggiore di 4500.

Queste leggi descrivono la relazione tra la velocità locale misurata e la velocità media del flusso, che è espressa attraverso il fattore di profilo (F_p) secondo la seguente formula:

$$F_p = \frac{V_a}{V_m}$$

dove:

F_p = fattore di profilo

V_a = velocità media (m/s)

V_m = velocità del flusso locale (m/s)

Utilizzando il fattore sopra indicato:

$$Q = \frac{V_a * D_i^2}{4} = \frac{F_p * V_m * D_i^2}{4}$$

dove:

Q = flusso all'interno del tubo (m³/s)

V_a = velocità media (m/s)

V_m = velocità del flusso locale (m/s)

D_i = diametro interno del tubo (m)

Il punto di misurazione adatto per la velocità del flusso è denominato "posizione critica": il sensore di velocità è inserito in un punto particolare dove la velocità locale corrisponde alla velocità media ($V_a = V_m$ e $F_p = 1$). Questa posizione corrisponde al 12% del diametro interno.

Le caratteristiche principali della tecnologia ad inserzione sono:

- Tutti i sensori di flusso con tecnologia ad inserzione sono dispositivi di misura del flusso basati sulla velocità;
- L'installazione tipica richiede solo un foro di ridotte dimensioni nel tubo per il montaggio perpendicolare del sensore;
- Le dimensioni del sensore non sono generalmente legate a quelle del tubo essendo indipendenti dalla sezione trasversale del tubo stesso.

Esistono principalmente tre diversi tipi di sensori di flusso ad inserzione:

Sensore di flusso a rotore

Questo sensore di flusso è composto da un trasduttore e da un rotore a cella aperta in ECTFE a cinque pale fissato su un albero in ceramica ortogonale alla direzione del flusso.

Il sensore è installato nel tubo con un'ampia gamma di raccordi a inserzione forniti da FLS.

Un esempio di sensore a rotore è illustrato nell'immagine seguente.

Il rotore è dotato di un magnete permanente incorporato in ogni pala.

Quando il magnete passa vicino al trasduttore viene generato un impulso, quindi quando il liquido fluisce nel tubo, il rotore gira producendo un segnale di uscita ad onda quadra.

La frequenza è proporzionale alla velocità del flusso secondo la seguente equazione:

$$Q = \frac{f}{K_{factor}}$$

dove:

Q = portata (l/s)

f = frequenza (1/s)

Il fattore K (1/l) rappresenta il numero di impulsi prodotti da un sensore per litro di fluido misurato, è il valore di conversione che deve essere fissato per convertire l'uscita del sensore (frequenza) in portata.

I fattori K presenti nelle tabelle del catalogo FLS si riferiscono all'acqua a temperatura ambiente, per cui se i sensori sono adibiti alla misura di altri liquidi, può essere necessario provvedere a una calibrazione in loco.

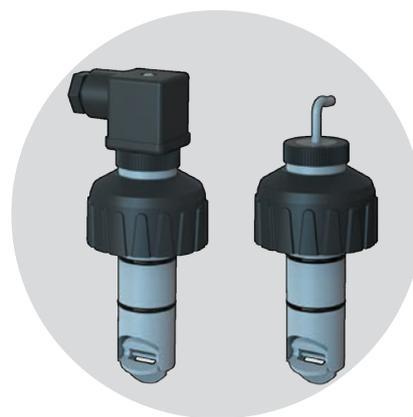
Per quanto riguarda la manutenzione, dato che il rotore e l'albero sono in contatto diretto con il fluido, è necessario fare attenzione al fluido con cui entrano in contatto.

Poiché ogni fluido ha caratteristiche diverse, è difficile stimare l'aspettativa di vita di questi componenti: è quindi necessario fare riferimento alle compatibilità chimiche di ogni componente a contatto con la sostanza chimica per scegliere il materiale più adatto.

È inoltre consigliabile evitare l'uso di misuratori di flusso a rotore per la misura di fluidi molto sporchi, liquidi contenenti fibre o sassolini, in quanto potrebbero rompere o danneggiare il rotore o l'asse.

I solidi possono ripercuotersi negativamente sulla risposta del sensore modificando anche l'attrito dell'asse.

Nel caso in cui sia necessario utilizzare un rotore con fluidi contenenti solidi, è necessario pianificare periodicamente una procedura di pulizia delle parti bagnate, poiché un rotore trascurato avrà nel tempo una precisione degradata: per questa procedura di pulizia si consiglia di utilizzare detergenti o prodotti chimici compatibili con materiali bagnati.



Sensore elettromagnetico

Questo sensore si basa sulla legge di Faraday, dal momento che viene indotta una tensione da un conduttore elettrico quando si sposta in un campo magnetico.

Un esempio di sensore elettromagnetico è illustrato nell'immagine seguente.

Un avvolgimento montato nel corpo del sensore genera un campo magnetico perpendicolare alla direzione del flusso: questo campo magnetico e la velocità del flusso inducono una tensione tra gli elettrodi, direttamente proporzionale alla velocità del flusso.

La tensione è convertita in un segnale in uscita di 4-20 mA proporzionale al flusso o un segnale di frequenza in uscita.

In generale, i sensori di flusso elettromagnetici non richiedono particolare manutenzione.

Nel caso in cui si utilizzi un misuratore elettromagnetico per misurare liquidi molto sporchi, è preferibile pulire periodicamente il dispositivo con un panno lievemente inumidito con acqua o con un liquido compatibile con il materiale del dispositivo e del panno, dal momento che elettrodi sporchi possono inficiare la precisione delle misure.

Non adoperare materiali abrasivi per eseguire la manutenzione.



Flussimetri in carico

È preferibile utilizzare strumenti installabili in carico per l'installazione in tubi pressurizzati e quando non è possibile arrestare la portata nel tubo, ad esempio nella distribuzione dell'acqua.

Il flussimetro in carico è privo di parti meccaniche in movimento, può essere usato per la misurazione di liquidi sporchi purché siano omogenei e conduttivi, infatti è disponibile solo per il sensore elettromagnetico.

I sensori progettati per questa installazione sono adatti anche per tubazioni con un diametro superiore a quello massimo coperto dai sensori tradizionali (tipicamente DN 600) e devono essere abbinati al solo raccordo in carico.

Questa immagine mostra un esempio di flussimetro in carico.



2.9.1.2 Sensori di flusso in linea

FLS offre due diversi tipi di sensori in linea per basse portate, progettati per varie applicazioni in base all'intervallo di esercizio e alla viscosità specifica del liquido.

Questi due tipi di sensori in linea hanno caratteristiche diverse, ma entrambi devono essere adoperati per la misura di liquidi privi di solidi, in quanto incorporano parti in movimento.

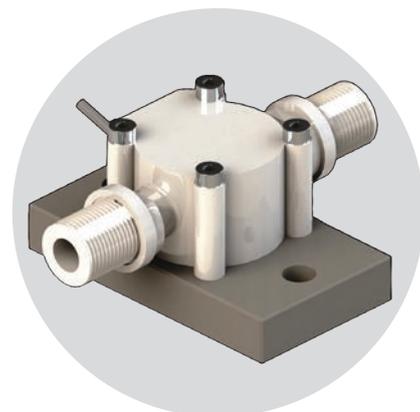
Sensore di flusso per basse portate (ULF)

È un sensore di flusso in linea costituito da un trasduttore e un rotore a cinque pale.

Il rotore è dotato di un magnete permanente incorporato in ogni pala. Quando il magnete passa vicino al trasduttore viene generato un impulso, quindi quando il liquido fluisce nel corpo del sensore, il rotore gira producendo un segnale di uscita ad onda quadra.

Il sensore ULF può essere utilizzato con tutti i tipi di liquidi aggressivi e privi di solidi e può essere montato su tubazioni flessibili o rigide tramite collegamenti con filettatura gas maschio.

Questa immagine mostra un esempio di sensore ULF.



Sensore a ruote ovali

Il corpo del sensore in linea contiene due ruote ovali che ruotano con il flusso del fluido.

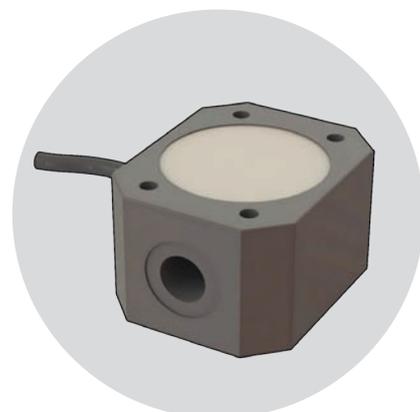
Le due ruote sono collocate a 90° per definire un volume di flusso fisso pompato con ogni rotazione.

Ogni ruota incorpora due magneti permanenti e un sensore ad effetto Hall rileva il campo magnetico generando un segnale in uscita a onda quadra con frequenza proporzionale al numero di volumi di fluido pompato.

Il sensore a ruote ovali è stato progettato in base ai principali requisiti industriali, come la resistenza meccanica e l'affidabilità del rendimento particolarmente elevate. Questo sensore è adatto alla misura di un'ampia gamma di liquidi privi di solidi di diverse viscosità con grande precisione e ripetibilità.

I sensori possono essere montati su tubazioni flessibili o rigide tramite collegamenti con filettatura gas femmina. I materiali costruttivi ECTFE, PP o acciaio inox, garantiscono solidità e resistenza chimica particolarmente elevate.

Questa immagine mostra un sensore a ruote ovali.



Per quanto riguarda i fluidi con cui possono lavorare i sensori in linea, ovviamente bisogna ricordare che i liquidi sporchi o abrasivi potrebbero danneggiare le guarnizioni e i cuscinetti e potrebbero ostruire il sensore. Per rimuovere lo sporco potrebbe essere necessario l'impiego di un filtro.

Dal momento che questi tipi di strumenti vengono utilizzati principalmente per il dosaggio, molto frequentemente vengono misurate soluzioni chimiche aggressive.

Occorre particolare attenzione nei seguenti casi:

- le sostanze chimiche potrebbero cristallizzarsi se rimangono per lungo tempo nel sensore in assenza di flusso, per cui si raccomanda di pianificare la pulizia del sensore in caso di utilizzo irregolare. Per la procedura di pulizia è possibile utilizzare acqua e altre soluzioni compatibili con i materiali a contatto con i liquidi e con la sostanza chimica misurata.
- Le sostanze chimiche potrebbero rilasciare gas, per cui si raccomanda di valutare con attenzione questa problematica, specialmente durante i periodi di inattività, assicurandosi di rimuovere le bolle di gas prima di lasciar fluire il liquido.

Per i sensori della famiglia a ruote ovali, le misure del flusso effettuate in presenza di bolle risultano sovrastimate rispetto a quelle acquisite con il solo liquido dal momento che i volumi delle bolle vengono misurati come se fossero volumi di liquido.

Per i sensori della famiglia ULF, le misure del flusso effettuate in presenza di bolle di gas sono imprecise in quanto le bolle producono turbolenze nella camera di misura del sensore.

Nel caso in cui la viscosità del fluido sia molto diversa rispetto a quella del liquido utilizzato per la calibrazione (acqua), potrebbe essere necessaria una ricalibrazione per rettificare opportunamente il fattore K, in quanto le variazioni di scorrimento dei vari liquidi possono produrre misure errate.

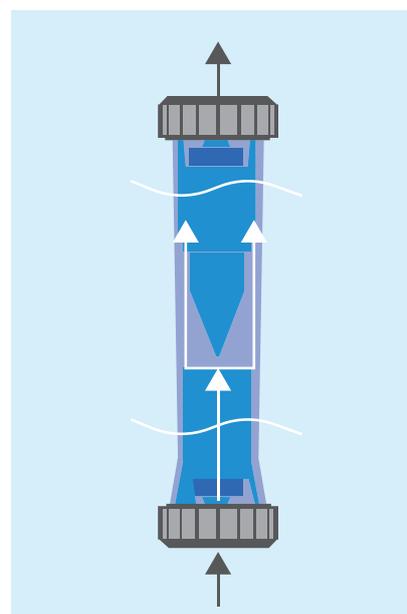
2.9.1.3 Flussimetri ad area variabile

Il flussimetro ad area variabile è uno dei principi più antichi e collaudati nella misurazione del flusso con un design semplice: il metodo tradizionale per misurare la portata prevede la sospensione di un galleggiante in un tubo conico, più stretto sul fondo e che si allarga gradualmente verso l'alto.

Un esempio è mostrato nell'immagine a destra.



Nel flussimetro ad area variabile il fluido scorre dal basso verso l'alto o da sinistra a destra, nel frattempo il galleggiante viene sollevato dalla forza del flusso, come si può vedere nell'immagine.



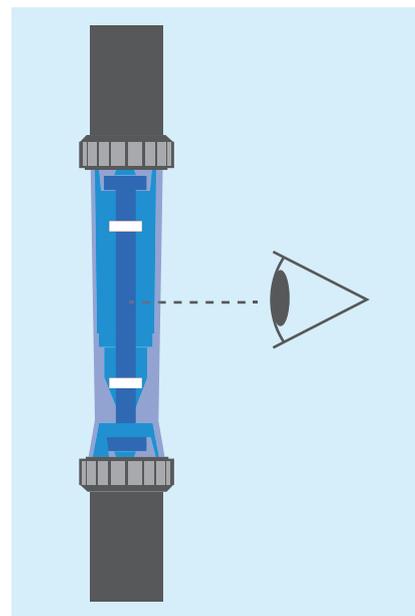
La lettura della portata può essere fatta quando il galleggiante si ferma nella zona in cui la forza verso l'alto causata dal flusso e la forza verso il basso causata dal peso del galleggiante si equivalgono.

Comunemente, il tubo conico è fabbricato con materiali trasparenti calibrati per il flusso in modo da leggere le misure direttamente dal tubo.

La portata può quindi essere letta sulla scala nella posizione del galleggiante e rappresenta quindi il flusso istantaneo.

Per facilitare la lettura del flusso, i valori limite massimo e minimo possono essere regolati sul flussimetro per mezzo degli indicatori di flusso rossi in dotazione, come mostrato in figura.

Per ottenere una lettura corretta è necessario avere il galleggiante all'altezza degli occhi.



Per concludere, la seguente tabella mostra i valori di conversione della velocità in portata (l/s).

Velocità (f/s) = (Portata (l/s) * 1273,2) / D _i ²										Portata (l/s) = (Velocità (m/s) * D _i ²) / 1273,2					
Velocità															
ft/s		0,16	0,33	0,5	0,7	1,6	2,6	3,3	6,6	9,8	13,1	16,4	20	23	26,2
m/s		0,05	0,1	0,15	0,2	0,5	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
D [mm]	DN [mm]	Portata l/s													
20	15	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,14	0,18	0,35	0,53	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41
25	20	0,02	0,03	0,05	0,06	0,16	0,25	0,31	0,63	0,94	1,26	1,57	1,89	2,20	2,51
32	25	0,02	0,05	0,07	0,10	0,25	0,39	0,49	0,98	1,47	1,96	2,45	2,95	3,44	3,93
40	32	0,04	0,08	0,12	0,16	0,40	0,64	0,80	1,61	2,41	3,22	4,02	4,83	5,63	6,43
50	40	0,06	0,13	0,19	0,25	0,63	1,01	1,26	2,51	3,77	5,03	6,28	7,54	8,80	10,05
63	50	0,10	0,20	0,29	0,39	0,98	1,57	1,96	3,93	5,89	7,85	9,82	11,78	13,74	15,71
75	65	0,17	0,33	0,50	0,66	1,66	2,65	3,32	6,64	9,96	13,27	16,59	19,91	23,23	26,55
90	80	0,25	0,50	0,75	1,01	2,51	4,02	5,03	10,05	15,08	20,11	25,13	30,16	35,19	40,21
110	100	0,39	0,79	1,18	1,57	3,93	6,28	7,85	15,71	23,56	31,42	39,27	47,13	54,98	62,83
125	110	0,48	0,95	1,43	1,90	4,75	7,60	9,50	19,01	28,51	38,01	47,52	57,02	66,53	76,03
140	125	0,61	1,23	1,84	2,45	6,14	9,82	12,27	25,54	36,82	49,09	61,36	73,63	85,91	98,18
160	150	0,88	1,77	2,65	3,53	8,84	14,14	17,67	35,34	53,02	70,69	88,36	106,03	123,70	141,38
200	180	1,27	2,54	3,82	5,09	12,72	20,36	25,45	50,90	76,34	101,79	127,24	152,69	178,13	203,58
225	200	1,57	3,14	4,71	6,28	15,71	25,13	31,42	62,83	94,25	125,67	157,08	188,50	219,92	251,34
250	225	1,99	3,98	5,96	7,95	19,88	31,81	39,76	79,52	119,29	159,05	198,81	238,57	278,33	318,10
280	250	2,45	4,91	7,36	9,82	25,54	39,27	49,09	98,18	147,27	196,36	245,44	294,53	343,62	392,71
315	280	3,08	6,16	9,24	12,32	30,79	49,26	61,58	123,15	184,73	246,31	307,89	369,46	431,04	492,62

2.9.2 Installazione del flussimetro

Come descritto nella parte di progettazione, ci sono tre modi per misurare il flusso all'interno di un sistema:

- sensori di flusso a inserzione per alte portate e tubazioni principali;
- sensori di flusso in linea per basse portate e dosaggio di sostanze chimiche;
- flussimetro ad area variabile.

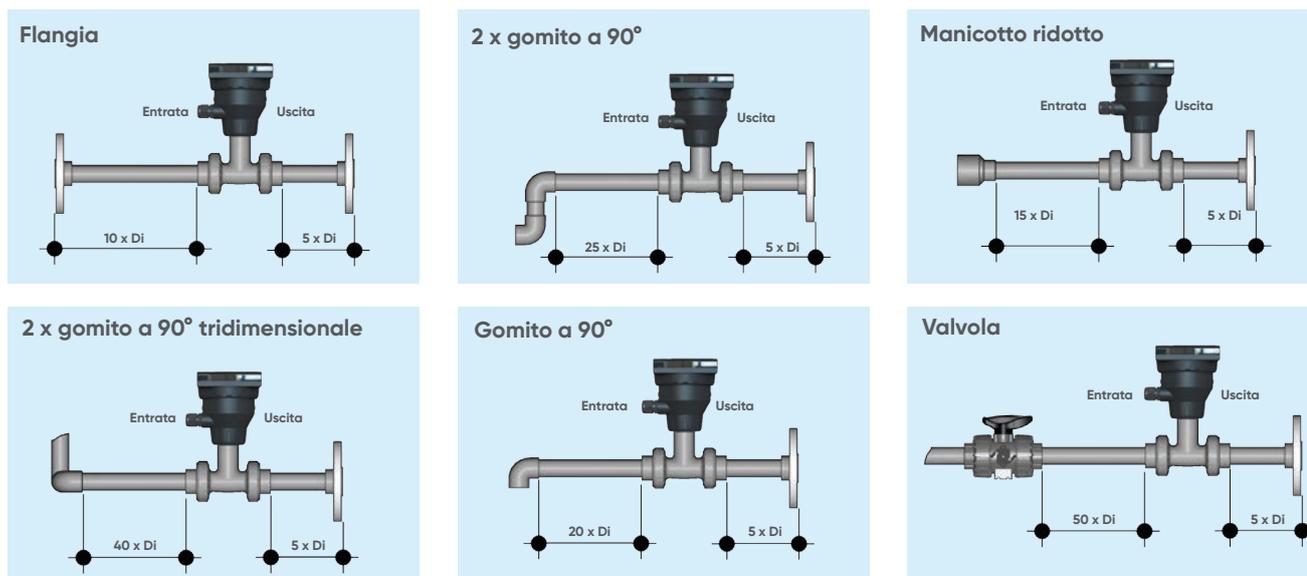
2.9.2.1 Sensori di flusso ad inserzione

Dato che questi sensori devono essere inseriti all'interno del tubo, ovviamente è molto importante decidere il loro corretto posizionamento per ottenere una lettura precisa e affidabile: in particolare è necessario controllare che, in quella specifica posizione, il tubo sia completamente pieno in ogni momento e la velocità del flusso sia uniforme.

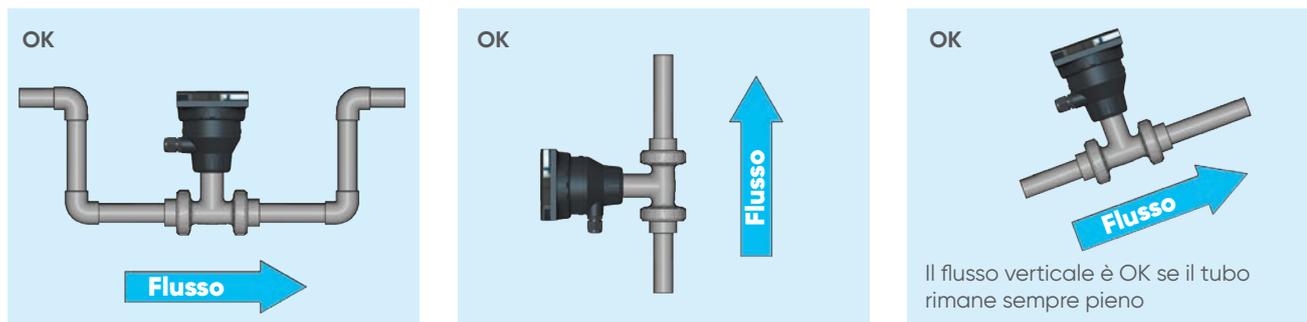
Se il tubo non è pieno, il misuratore di flusso fornisce letture imprecise, anche se il sensore rimane sempre totalmente sommerso: il misuratore calcolerà la portata ipotizzando che il tubo sia pieno, determinando una sovrastima della portata stessa.

Per quanto riguarda la velocità, poiché i flussimetri misurano la velocità del liquido, questa dovrebbe essere uniforme in tutta la sezione trasversale del tubo nella posizione del sensore.

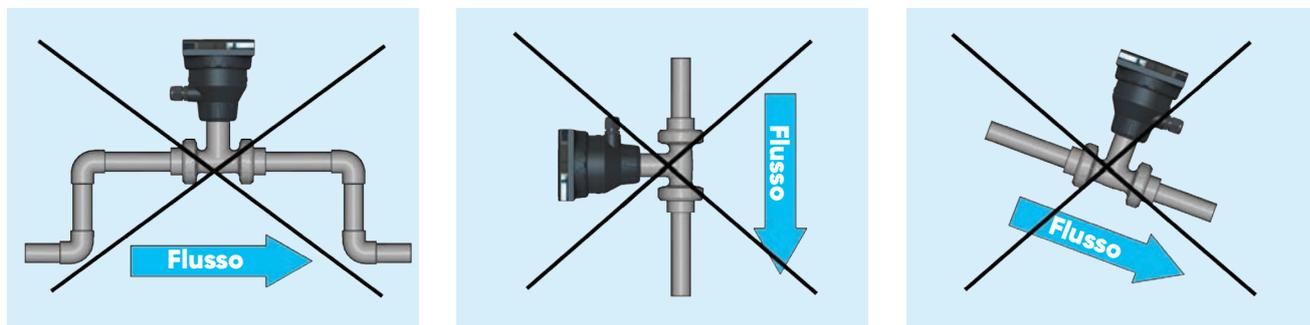
Per selezionare la migliore posizione nella tubazione per i sensori di flusso a rotore e i sensori di flusso elettromagnetico, consigliamo di guardare le immagini seguenti che rappresentano le sei configurazioni di installazione più comuni.



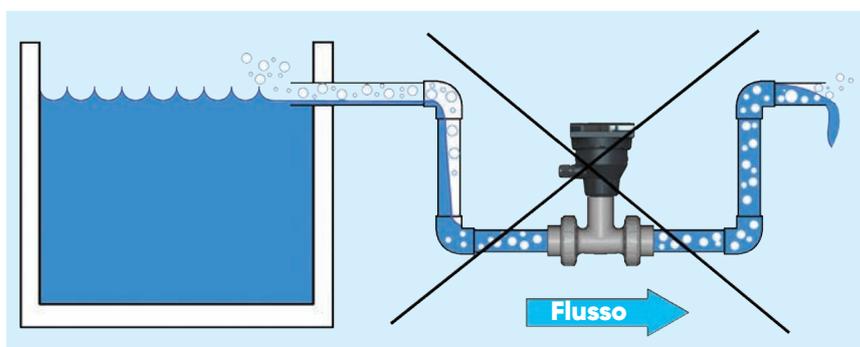
Per assicurarsi che il tubo sia sempre pieno è importante controllare le immagini successive, infatti, per ottenere misure corrette, il sensore non deve mai venire a contatto con bolle d'aria.



Per questo motivo le installazioni mostrate nelle figure seguenti dovrebbero essere evitate, a meno che non esista la certezza assoluta che il sensore non venga a contatto con bolle d'aria.



Negli impianti a gravità, il collegamento al serbatoio deve essere progettato in modo che il livello non scenda al di sotto della presa, per evitare che il tubo aspiri aria dal serbatoio inficiando la qualità delle misure del sensore, come illustrato nella figura seguente.

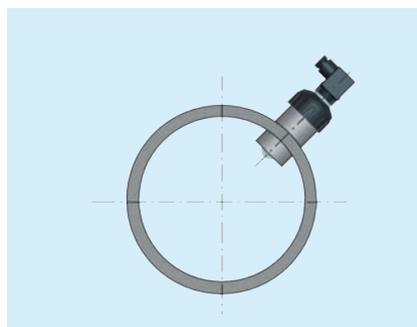


Oltre alla posizione del sensore, è necessario fornire alcune linee guida sulla posizione della parte del sensore che effettua la misurazione, cioè il rotore per il sensore a rotore e gli elettrodi per il misuratore elettromagnetico.

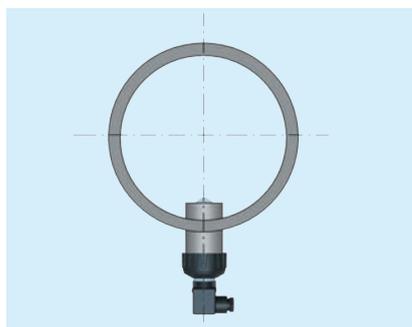
Essa deve essere sempre collocata al 12% del diametro interno dove, basandosi sulla teoria dell'inserzione, si può misurare la velocità media.

La precisione della lettura può essere influenzata da bolle d'aria, sedimenti e per l'attrito del rotore tra asse e cuscinetti.

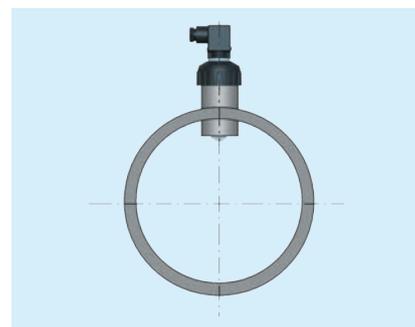
Per evitare questi problemi, si possono suggerire alcune posizioni di montaggio per tubazioni orizzontali: per esempio, per



evitare bolle d'aria e sedimenti, la posizione per ottenere le migliori prestazioni è a 45°, come mostrato in questa immagine.



Si suggerisce di non montare il sensore sul fondo del tubo, come mostrato nella foto, se esiste la possibilità di formazione di sedimenti.

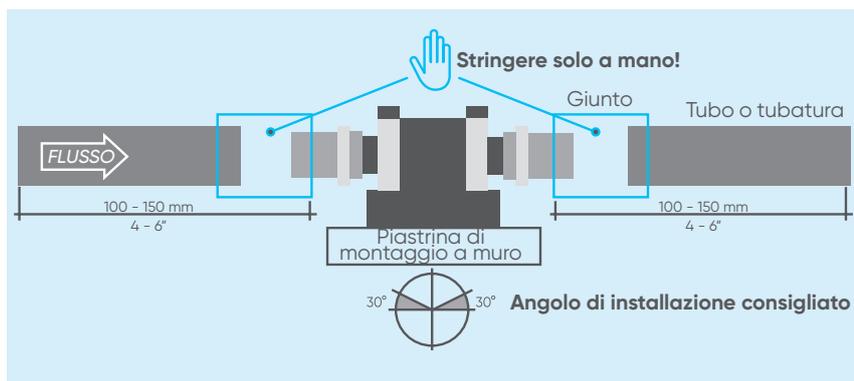


Queste considerazioni sono valide sia per i sensori a rotore che per quelli elettromagnetici. Inoltre, il sensore a rotore non deve essere montato a 90°, altrimenti l'attrito può influenzare la misurazione. Per un orientamento ottimale, installare un tratto verticale del tubo: per accertarsi che il tubo sia pieno, è preferibile che il flusso sia diretto verso l'alto. Per ulteriori informazioni, fare riferimento alla norma EN ISO 5167-1.

2.9.2.2 Sensori di flusso in linea

Il sensore di flusso in linea può essere installato in qualunque posizione, orizzontalmente o verticalmente, anche se il flusso orizzontale è preferibile perché un'installazione non orizzontale può limitare l'accuratezza nella parte bassa dell'intervallo di misura.

In ogni caso, è consigliabile posizionarlo con una lieve angolazione per ovviare all'eventuale presenza di bolle d'aria (figura seguente).



Si suggerisce di installare il sensore con la freccia rivolta verso la direzione del flusso, allungare al massimo la distanza tra il sensore e la pompa e non installare il sensore immediatamente a valle di valvole, gomiti o altri tipi di ostacoli: prima e dopo il sensore è preferibile che il tubo scorra dritto per 150 mm.

Valutare le perdite di carico correlate ai sensori in linea, specialmente nel caso in cui vengano utilizzati in una linea di tubazioni di diametro diverso da 6,35 mm: una notevole perdita di carico attraverso il sensore in linea può usurare prematuramente e/o danneggiare i cuscinetti e/o le guarnizioni.

2.9.2.3 Flussimetro ad area variabile

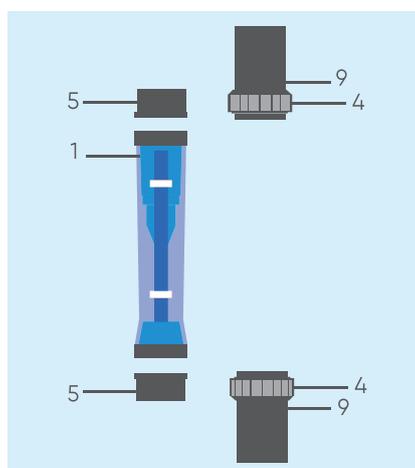
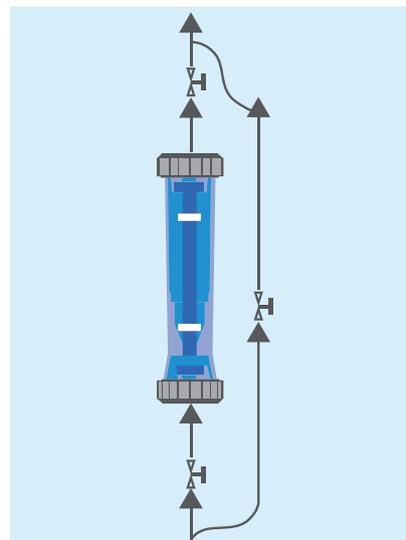
Il flussimetro ad area variabile non richiede raccomandazioni speciali per l'installazione.

L'unico vincolo fondamentale per una corretta misurazione del flusso è che questo strumento deve essere montato verticalmente e non deve essere soggetto ad alcuna sollecitazione.

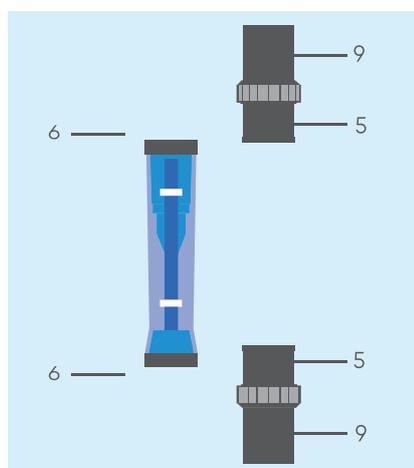
Ovviamente, per permettere la rimozione del flussimetro quando la condotta è piena, prevedere una valvola di chiusura a monte e a valle.

Se il flussimetro deve essere rimosso durante il funzionamento, si consiglia di installare un bypass, come mostrato in figura.

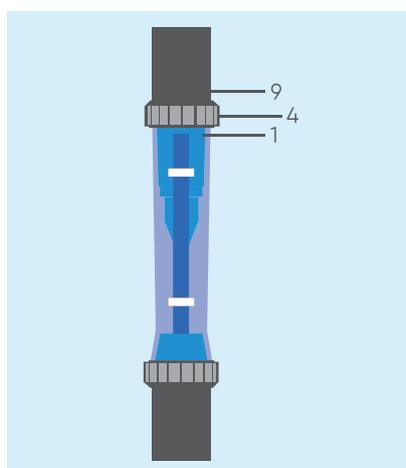
Per ottenere una corretta installazione del flussimetro si raccomanda di seguire i seguenti punti associati alle immagini corrispondenti:



- Svitare le ghiere 4.
- Spingere le ghiere 4 sui tubi 9.



- Incollare, saldare o avvitare gli inserti 5 sui tubi 9.
- Inserire gli O-ring 6 nel tubo di dosaggio.



- Posizionare il tubo di dosaggio 1 tra i tubi 9 e avvitarlo saldamente con le ghiere 4.
- Il flussimetro è installato, controllare la tenuta.

Per concludere, è necessario sottolineare i seguenti punti che devono essere osservati durante la fase di avvio:

- Assicurarsi che la pressione e la temperatura effettive di funzionamento non superino i limiti specificati sulla targhetta.
- Evitare l'impatto del galleggiante: è quindi consigliabile iniziare durante l'avviamento con una valvola chiusa e regolare la pressione d'esercizio aprendo lentamente la valvola. In particolare, l'uso di elettrovalvole non è raccomandato in questo contesto.
- Quando si misurano i liquidi, sfiatare con cautela la condotta per evitare picchi di pressione da bolle di gas.
- Nel caso della misurazione di gas, la pressione di esercizio deve essere aumentata lentamente per evitare uno shock di pressione.
- Con la messa in funzione di nuovi impianti si può migliorare il fissaggio dei residui: Aliaxis consiglia in tal caso la pulizia dei dispositivi dopo un tempo relativamente breve.
- Quando si usa il dispositivo nella gamma più bassa, l'unità deve essere portata per un breve periodo ad una portata elevata durante il funzionamento per consentire un livellamento del galleggiante.



AVVERTENZA: A cosa prestare attenzione durante l'installazione del flussimetro ad area variabile

- Il galleggiante può cadere o subire danni: svitare con cautela le ghiere.
- Il tubo di dosaggio e il galleggiante devono essere puliti e privi di corpi estranei.
- I tappi antipolvere e le protezioni per il trasporto devono essere stati rimossi.
- Le tubazioni devono essere allineate e installate senza alcuna sollecitazione meccanica.
- Il flusso dovrebbe essere dal basso verso l'alto.
- L'impianto deve essere stato sciacquato e privo di sostanze estranee e nocive.
- Le vibrazioni della condotta non devono raggiungere il flussimetro con l'adozione di misure di installazione appropriate.
- La pressione del mezzo deve essere sufficiente a superare la perdita di carico sul galleggiante.



AVVERTENZA: Caratteristiche speciali per la misurazione dei flussi di gas nel flussimetro ad area variabile

- Le valvole devono essere montate dietro il dispositivo quando $p > 1$ bar e di solito prima del dispositivo quando $p = 1$ bar.
- Installare una valvola a farfalla direttamente dietro il misuratore per impedire vibrazioni di compressione durante la misurazione.
- Per evitare misurazioni errate, la disposizione dovrebbe essere tale che la pressione di esercizio nel misuratore corrisponda alla taratura della pressione di riferimento.

2.10 Selezione del sensore di pH e ORP

2.10.1 Progettazione del sensore di pH e ORP

2.10.1.1 Misurazione del pH

Un sensore di pH è uno strumento utilizzato per misurare il grado di acidità o alcalinità di una soluzione, noto anche come pH, su una scala da 0 a 14.

Il pH è definito come il logaritmo negativo dell'attività degli idrogenioni, come mostrato nella seguente formula:

$$pH = \log\left(\frac{1}{[H^+]}\right)$$

dove:

[H⁺] è la concentrazione di idrogenioni (mol/l)

Il valore del pH è un'espressione del rapporto tra [H⁺] e [OH⁻], la concentrazione di ioni idrossido.

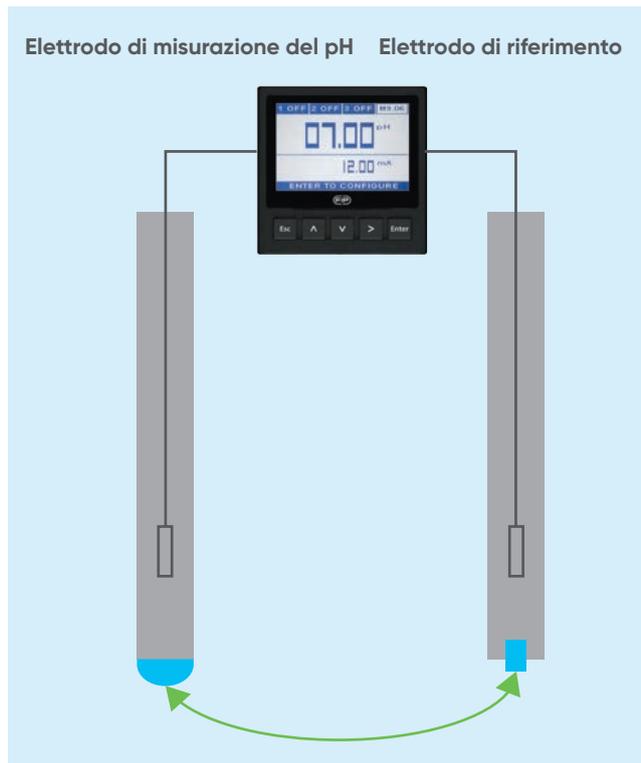
Pertanto, se [H⁺] è maggiore di [OH⁻], la soluzione è acida. Al contrario, se [OH⁻] è maggiore di [H⁺], la soluzione è basica.

A pH 7, il rapporto tra [H⁺] e [OH⁻] è uguale e quindi la soluzione è neutra.

La misurazione del PH per via potenziometrica implica l'uso di un elettrodo in grado di misurare la concentrazione di idrogenioni.

Pertanto, un sistema di misurazione del pH è composto da tre parti, come mostrato nell'immagine seguente:

- un elettrodo di misurazione del pH, caratterizzato da un bulbo di vetro sensibile agli idrogenioni;
- un elettrodo di riferimento, non sensibile alla variazione di attività dello ione idrogeno;
- un misuratore di ingresso ad alta impedenza.



Il comportamento degli elettrodi può essere descritto dall'equazione di Nernst del 1889, espressa come:

$$E_p = E_0 - \left(\frac{2,3 * R * T}{n * F}\right) * \log a$$

dove:

E_p = potenziale totale tra due elettrodi (mV)

E_0 = potenziale standard dello ione

R = costante universale dei gas (J/(mol*K))

T = temperatura (K)

n = carica dello ione

F = costante di Faraday (C/mol)

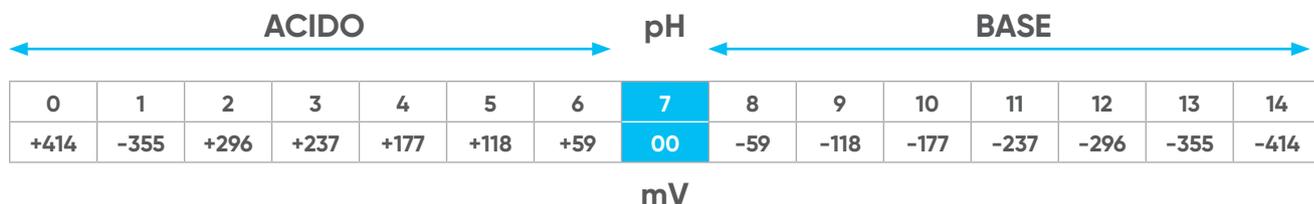
a = attività dello ione

L'intero termine $(2,3 * R * T)/(n * F)$ è denominato fattore di Nernst, o fattore di pendenza: questo termine corrisponde alla variazione del potenziale totale per ogni variazione di dieci volte nella concentrazione di ioni.

Per l'attività degli idrogenioni, dove $n = 1$, il fattore Nernst è 59,16 mV per ogni variazione di dieci volte nell'attività a 25°C.

Ciò significa che per ogni variazione di unità di pH, il potenziale totale cambierà di 59,16 mV a 25°C.

Come si può vedere nell'immagine seguente, le soluzioni alcaline danno un segnale negativo (-mV), le soluzioni acide un segnale positivo (+mV) e pH 7 corrisponde a 0 mV.

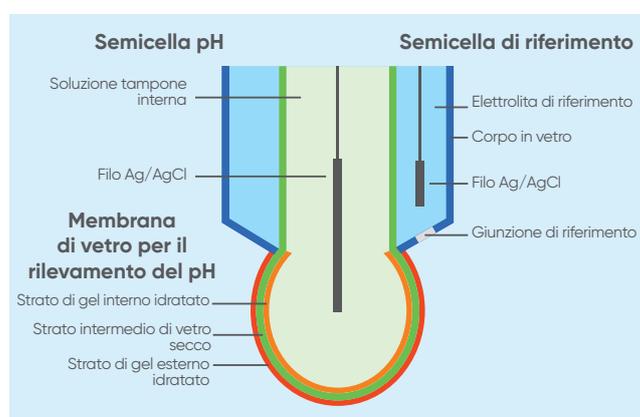


Gli elettrodi di misurazione e di riferimento possono avere due forme: due elettrodi fisicamente separati, come mostrato nella figura precedente, o uniti in un unico corpo noto come elettrodo combinato.

Con il termine elettrodo di pH combinato si intende un elettrodo composto da due semicelle: elettrodo di misurazione ed elettrodo di riferimento, con la parte sensibile al pH corrispondente ad una sottile membrana di vetro sensibile agli ioni [H+].

Tipicamente consiste in un tubo esterno che contiene un filo d'argento, cloruro d'argento e un elettrolita, che agiscono come un elettrodo di riferimento e un tubo interno che agisce come un elettrodo di misurazione, che contiene un filo d'argento, cloruro d'argento e una soluzione tampone.

Il tubo interno è a contatto con la soluzione del campione da misurare attraverso una sottile membrana di vetro posta alla sua estremità, mentre il tubo esterno è a contatto con la soluzione del campione da misurare attraverso un diaframma poroso che funge da ponte salino.

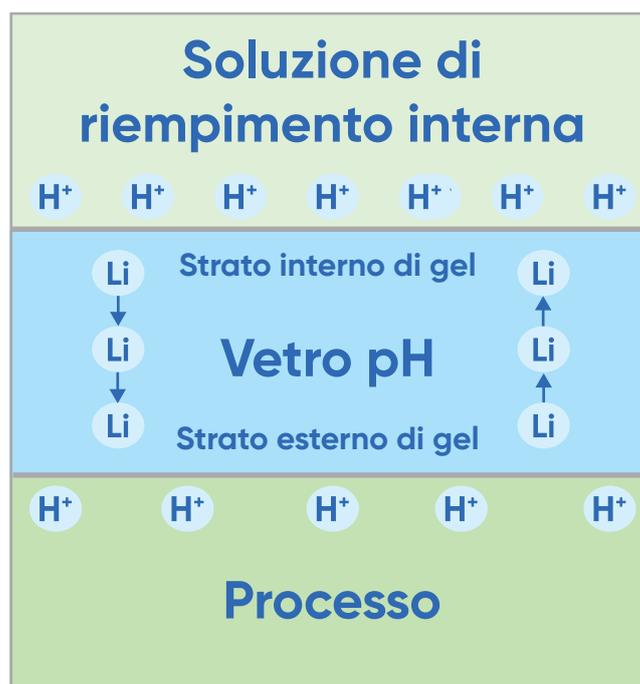


Sulla superficie esterna e interna della sottile membrana di vetro avviene lo scambio tra gli ioni Li del vetro e gli ioni [H+] delle soluzioni con cui queste superfici sono in contatto.

La faccia interna è a contatto con la soluzione tampone a un pH noto e fisicamente isolata dall'ambiente esterno, la faccia esterna è a contatto con la soluzione in esame:

- se la soluzione è acida, ci sarà un accumulo di ioni [H+] sullo strato superficiale della membrana;
- se la soluzione è basica ci sarà un impoverimento di ioni [H+] sullo strato superficiale della membrana.

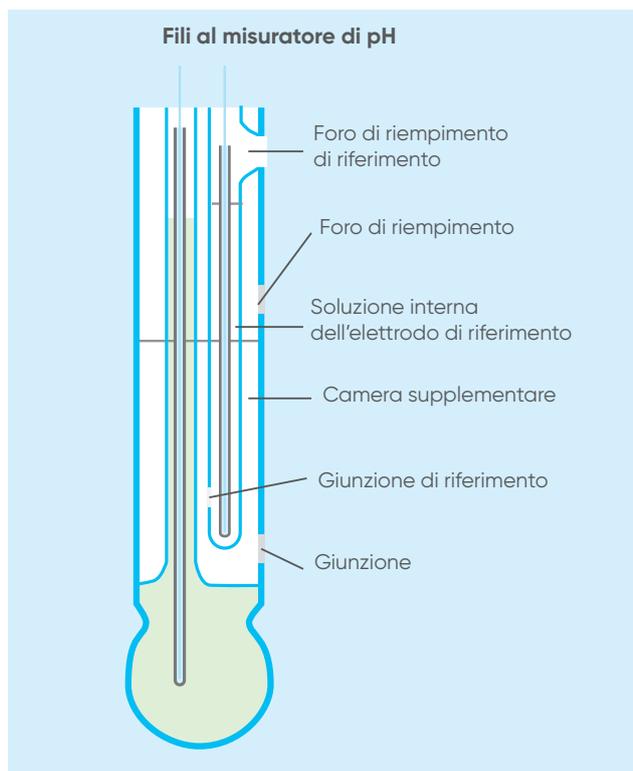
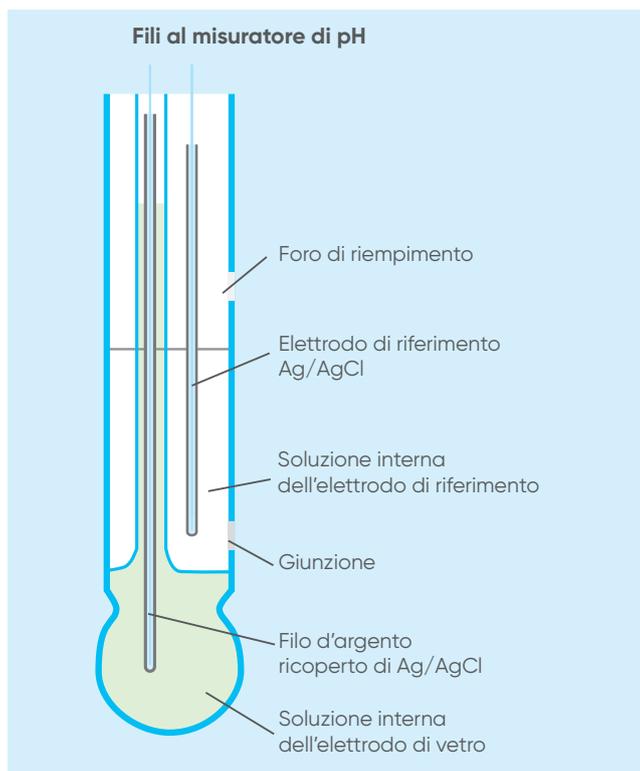
Il potenziale elettrico registrato dall'elettrodo è dovuto a questo squilibrio tra gli ioni [H+] presenti sugli strati superficiali interni ed esterni della membrana.



Per quanto riguarda invece l'elettrodo di riferimento, può essere realizzato in due modi:

1) giunzione singola: per applicazioni di uso generale, adatta quando l'anione cloruro e il catione argento non sono causa di reazione indesiderata.

2) doppia giunzione: consigliata quando è importante avere una barriera in più per evitare una contaminazione della soluzione di riferimento dovuta alla presenza di solfuri, proteine, metalli pesanti. Infatti questi elettrodi hanno un ponte salino aggiuntivo per prevenire le reazioni tra la soluzione dell'elettrodo e il campione che altrimenti causerebbero danni alla giunzione dell'elettrodo.



Effetti della temperatura sul pH

La temperatura influenza la misurazione del pH in due modi:

- Al variare della temperatura della soluzione, anche il valore del pH si modifica, a causa dei cambiamenti nelle costanti di dissociazione degli ioni nella soluzione da misurare. La strumentazione disponibile non può tenerne conto perché le costanti di dissociazione variano da soluzione a soluzione.
- Poiché l'elettrodo di misurazione in vetro è un conduttore ionico, la resistenza del vetro cambierà al variare della temperatura della soluzione. Questo perché l'uscita in millivolt dell'elettrodo di pH in vetro cambia con la temperatura secondo l'equazione di Nernst.

In particolare, all'aumentare della temperatura, aumenta l'uscita in millivolt, per esempio:

- a 25°C la pendenza dell'elettrodo di pH è di 59,16 mV/unità pH;
- a 0°C la pendenza dell'elettrodo di pH è di 54,2 mV/unità pH;
- a 50°C la pendenza dell'elettrodo di pH è di 64,1 mV/unità pH;

Questo cambiamento può essere compensato nel misuratore di pH, infatti questa funzione lineare temperatura/variazione pH può essere espressa come:

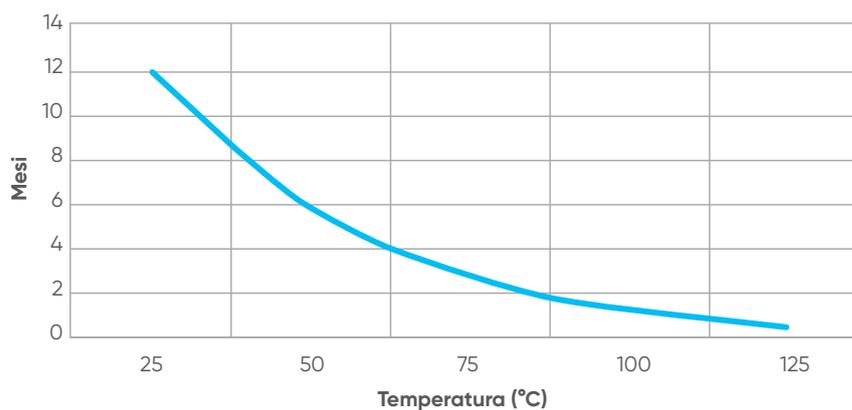
0,003 errore di pH ogni unità di pH e ogni °C.

Per concludere, è necessario ricordare che l'aumento della temperatura influenza la vita dell'elettrodo di pH.

La vita di un tipico elettrodo di pH è di circa 12-18 mesi, ma si riduce del 50% ogni 25°C di aumento della temperatura operativa, come mostrato nel prossimo diagramma.

Per concludere, è necessario ricordare che l'aumento della temperatura influenza la vita dell'elettrodo di pH.

La vita di un tipico elettrodo di pH è di circa 12-18 mesi, ma si riduce del 50% ogni 25°C di aumento della temperatura operativa, come mostrato nel prossimo diagramma.



Per ridurre al minimo questo problema è consigliabile praticare un raffreddamento o eseguire misure intermittenti invece che continue: in questo modo l'elettrodo sarà meno influenzato dal cambiamento di temperatura.

ESEMPIO PRATICO

Per esempio, se un sistema di misurazione del pH è standardizzato nel tampone pH 7 a 25 °C, a 75 °C un sistema di misurazione del pH non compensato leggerebbe pH 4,45 perché:

$$0,003 * (7\text{pH} - 4\text{pH}) * (75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 0,45$$

2.10.1.2 Misurazione dell'ORP

L'ORP (Oxidation-Reduction Potential), ossia il potenziale di ossidoriduzione, è la misura, in millivolt, della tendenza di una sostanza o di una soluzione chimica a ossidare o ridurre un'altra sostanza chimica.

In particolare, l'ossidazione è la perdita di elettroni da parte di un atomo, molecola o ione, mentre la riduzione è il guadagno netto di elettroni.

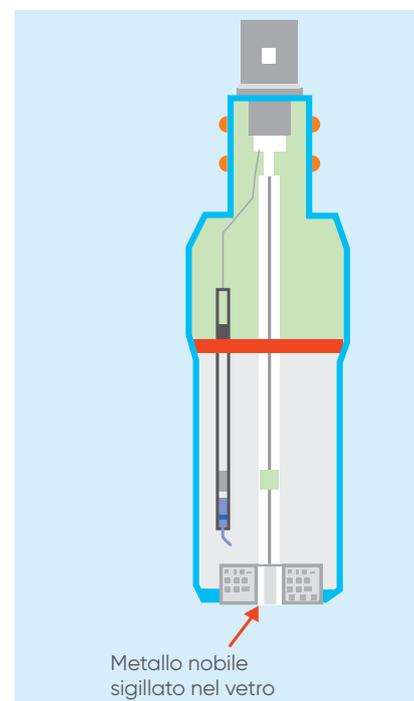
Un sensore ORP consiste in un elettrodo per ORP e in un elettrodo di riferimento, come misurazione del pH.

Il principio alla base di questo tipo di misurazione consiste nell'uso di un elettrodo in metallo inerte (platino o oro) che a causa della bassa resistenza cede elettroni in un ossidante o accetta elettroni da un riducente.

L'elettrodo per ORP continua ad accettare o cedere elettroni fino a quando sviluppa un potenziale, a causa della carica accumulata, uguale all'ORP della soluzione.

Per l'elettrodo di riferimento valgono le stesse considerazioni fatte per l'elettrodo di riferimento del pH.

Questa immagine mostra un sistema ORP.



2.10.1.3 Elettrodi pH/ORP

A seconda delle applicazioni e delle caratteristiche principali, ci sono quattro diversi gruppi di sensori per pH e ORP:

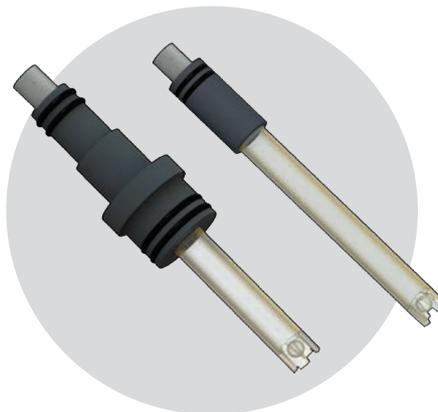
Elettrodi in resina epossidica a bulbo

Questa linea di elettrodi è stata progettata per fornire una soluzione dal costo vantaggioso per monitoraggio in linea o in immersione con un ampio campo applicativo.

Sono disponibili modelli a giunzione singola e doppia che possono essere utilizzati fino a 60 °C. Inoltre, per la compensazione automatica della temperatura, è disponibile un'opzione pH con sensore di temperatura integrato.

Questi elettrodi con corpo in resina epossidica sono adatti alle seguenti applicazioni, grazie all'elevata resistenza chimica del materiale.

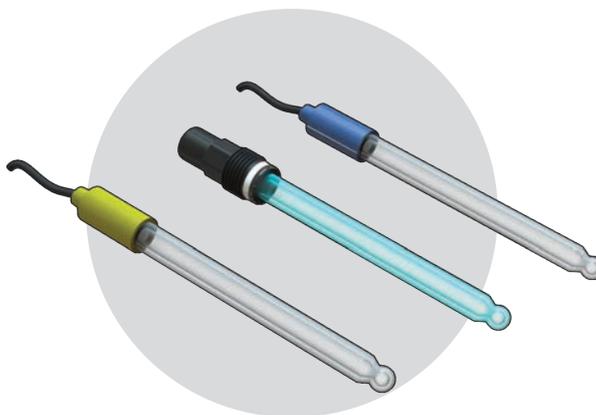
- Trattamento delle acque.
- Impianti di neutralizzazione.
- Monitoraggio della qualità dell'acqua.
- Piscine e centri benessere.
- Acquacoltura.
- Agricoltura e fertilizzanti.
- Controllo dei processi.



Elettrodi in vetro a bulbo

Gli elettrodi con corpo in vetro sono sensori ad alte prestazioni e sono stati progettati per una vasta gamma di applicazioni:

- Trattamento delle acque.
- Impianti di neutralizzazione.
- Monitoraggio della qualità dell'acqua.
- Controllo dei processi.
- Agricoltura e fertilizzanti.
- Concerie galvaniche.
- Torri di raffreddamento e scrubber.



La giunzione in ceramica garantisce alte prestazioni in termini di pressione e temperatura (fino a 130 °C). Non è consigliato per flussi veloci.

Sono disponibili diversi tipi di giunzioni in ceramica per svariate soluzioni, in base ai requisiti applicativi: anulari per un tempo di risposta più rapida, a tre membrane per una pressione più elevata. Le doppie giunzioni standard, inoltre, impediscono la contaminazione della soluzione di riferimento e garantiscono una lunga durata.

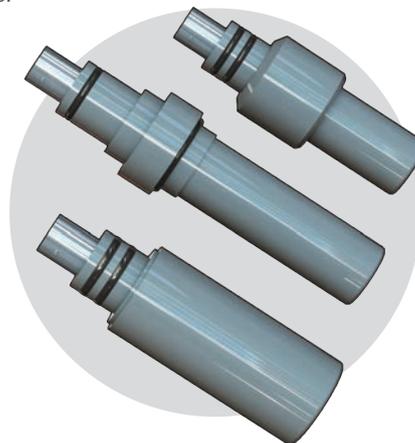
Elettrodo in PVC-C a superficie piatta

È il modello più robusto degli elettrodi a superficie piatta tradizionali con un effetto di autopulizia ulteriormente migliorato: grazie alla superficie piatta finale, il liquido sporco passa senza fermarsi vicino alla superficie dell'elettrodo e non la contamina. È consigliato anche per flussi veloci.

All'interno del corpo dell'elettrodo è stata integrata una doppia giunzione con gel sigillato: questo modello permette di avere una barriera supplementare contro la contaminazione del gel di riferimento e permette l'uso degli elettrodi in applicazioni critiche prolungando la durata della vita lavorativa dell'elettrodo.

Viene utilizzato in diverse applicazioni:

- Trattamento dell'acqua e delle acque reflue.
- Preclorazione e declorazione.
- Impianti di neutralizzazione.
- Monitoraggio della qualità dell'acqua.
- Trattamento ad ozono.
- Torri di raffreddamento.
- Caldaie.
- Produzione di sbiancanti.
- Sbiancamento della polpa di cellulose.
- Acquacoltura.
- Essiccamento di prodotti tessili.



Elettrodi in Ryton a superficie piatta

Questo elettrodo è caratterizzato da un solido corpo in Ryton unito a una superficie piatta autopulente, può quindi essere utilizzato con flussi veloci e liquidi sporchi; è dotato di un sensore di temperatura combinato.

Una giunzione di grandi dimensioni migliora le prestazioni in presenza di solidi sospesi.

È consigliato per le seguenti applicazioni:

- Industria di trasformazione e produzione.
- Trasformazione di sostanze chimiche.
- Processi di trattamento dell'acqua.
- Processi di raffreddamento.
- Processi di riscaldamento.



2.10.2 Installazione del sensore di pH e ORP

Un elettrodo di pH/ORP può essere installato in tre modi diversi. Si distinguono le seguenti modalità:

- sensori in linea;
- sensori in immersione;
- sensori in carico.

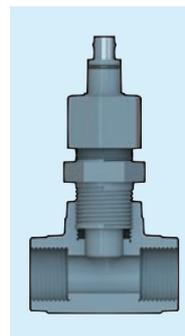
2.10.2.1 Linee guida per l'installazione

Installazione in linea:

L'installazione in linea è disponibile per tutte le famiglie di sensori per pH/ORP ed è suggerita tubi da DN15 fino a DN100.

Per l'installazione in tubi di piccole dimensioni, tenere presente che il vetro per pH non deve entrare a contatto con la superficie del tubo.

Gli elettrodi per pH/ORP possono essere installati a un angolo max di 30° dalla posizione verticale, accertandosi che il sensore sia completamente a contatto con la soluzione misurata.

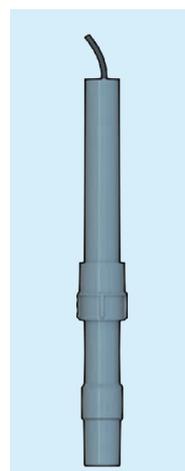


Installazione in immersione

L'installazione in immersione è disponibile per gli elettrodi in resina epossidica a bulbo e per l'elettrodo in PVC-C a superficie piana.

Per misurare una soluzione rappresentativa, l'elettrodo deve essere installato in prossimità dell'uscita del serbatoio, lontano dalle zone dove vengono aggiunti additivi.

Il sensore deve trovarsi sotto al livello di scarico per evitare che l'elettrodo rimanga a secco.

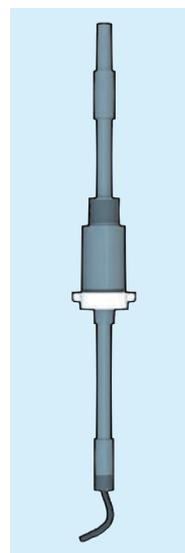


Installazione in carico

L'installazione in carico è disponibile solo per un modello speciale dell'elettrodo in PVC-C a superficie piana (PH655CD, ORP655CD).

L'installazione in carico può essere utile se l'applicazione richieda un posizionamento dell'elettrodo diverso da quello standard di 30° dalla posizione verticale e per l'installazione in linea dove non può essere depressurizzato durante la manutenzione.

L'inserzione in carico può inoltre risolvere i problemi in caso di installazione in linea su tubi di dimensioni superiori a DN100.



2.10.2.2 Linee guida per l'utilizzo

Conservazione

Quando le letture del pH vengono effettuate saltuariamente, ad esempio a distanza di giorni o settimane, per conservare l'elettrodo basta immergerlo nuovamente nel flacone o nella calotta protettiva.

Se la soluzione di conservazione nel flacone in cui viene immerso manca o si è essiccata, si consiglia di utilizzare un tampone pH 4 o KCl 3 M.

Pulizia e manutenzione

Se la superficie di misurazione dell'elettrodo si sporca, può produrre letture errate, eliminare intervalli brevi e tempi di risposta lunghi.

Ovviamente la patina di sporco determina il tipo di tecnica di pulizia:

- una patina morbida può essere rimossa con una vigorosa agitazione, utilizzando un flacone a spruzzo oppure, con molta attenzione, strofinandola delicatamente con un panno morbido e soffice non abrasivo.
- Non utilizzare spazzole o detergenti abrasivi sul vetro per pH.
- Patine tenaci possono essere rimosse chimicamente: la sostanza chimica adoperata per eliminare la patina deve essere minimamente corrosiva, in modo da sciogliere la patina in 1-2 minuti senza attaccare il materiale con cui è costruito l'elettrodo.

In nessun caso la superficie degli elettrodi per pH deve essere abrasa o sabbata.

In particolare, per il sensore ORP, l'elettrodo può essere delicatamente raschiato con una carta al carburo di silicio n° 600 inumidita,

lucidatore per gioielli spugnetta metallica. Prima di utilizzare la carta n° 600, tuttavia, provare la pulizia con sostanze chimiche.

Ricondizionamento

Quando l'elettrodo richiede il ricondizionamento a causa dell'invecchiamento, è possibile tentare i trattamenti chimici di seguito indicati. Tali trattamenti sono indicati in ordine di durezza di attacco sul vetro per pH e potrebbero rivelarsi inutili (o addirittura controproducenti) ai fini del rendimento dell'elettrodo.

- Immergere la punta dell'elettrodo in HCl 0,1 M per 15 secondi, sciacquare con acqua di rubinetto, quindi immergere in NaOH 0,1 M per 15 secondi sciacquare con acqua di rubinetto.

Ripetere questa sequenza tre volte e verificare l'efficienza dell'elettrodo.

Se l'efficienza non è stata ripristinata, provare il passo seguente.

- Immergere la punta in una soluzione al 20% di bifluoruro d'ammonio per 2-3 minuti, sciacquare con acqua di rubinetto e controllare nuovamente l'efficienza.

Se l'efficienza non è stata ripristinata, provare il passo seguente.

- Immergere la punta dell'elettrodo in acido fluoridrico (HF) al 5% per 10-15 secondi, sciacquare bene con acqua di rubinetto, sciacquare rapidamente in HCl 5 M, sciacquare con acqua di rubinetto e controllare nuovamente l'efficienza.

Se l'efficienza non è stata ripristinata, l'elettrodo per pH deve essere sostituito.

Per il sensore ORP si consiglia di pulire le superfici metalliche con una sostanza lievemente abrasiva, ad esempio un dentifricio.



AVVERTENZA

la manipolazione delle sostanze chimiche pericolose, di cui sopra, impone adeguate precauzioni.

Il bifluoruro d'ammonio e l'acido fluoridrico sono estremamente pericolosi e devono essere adoperati solo da personale qualificato.

Calibrazione

La calibrazione è fondamentale per la precisione e l'affidabilità delle misure.

La frequenza di calibrazione dipende dall'elettrodo, dal misuratore di pH e dalle soluzioni a cui è esposto l'elettrodo.

La frequenza dipende anche dalla temperatura di applicazione e dal livello di criticità delle misure.

Per scopi generici è possibile utilizzare la calibrazione automatica con tampone con valore standard (pH 7, pH 4, pH 10).

È necessario considerare che il tampone per pH 10 è meno stabile del tampone per pH 4, in quanto la CO₂ potrebbe sciogliersi. Di conseguenza, se si utilizza lo stesso flacone di tampone per varie calibrazioni, è preferibile il tampone pH 4.

Ricordarsi di pulire l'elettrodo in acqua prima di immergerlo nel tampone, per evitarne la contaminazione.

Nel caso in cui occorra una precisione maggiore con valore fisso, può essere utile la calibrazione manuale, in quanto è possibile utilizzare tamponi che producano valori prossimi a quelli previsti.

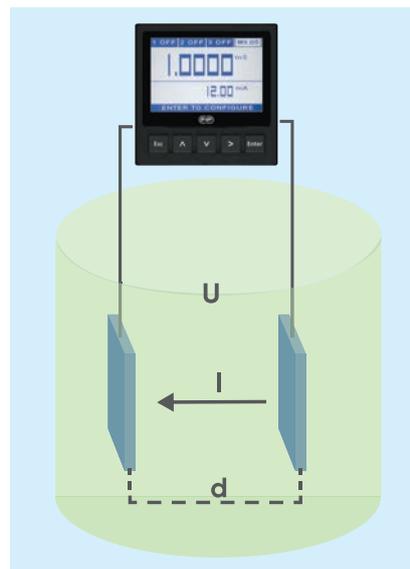
2.11 Selezione del sensore di conducibilità

2.11.1 Progettazione del sensore di conducibilità

2.11.1.1 Misura della conducibilità

La conducibilità è la capacità di una soluzione elettrolitica di far fluire una corrente elettrica. Questa corrente viene trasportata dai cationi e dagli anioni. L'unità di misura SI della conducibilità è il Siemens per metro (S/m) e si riferisce a 25 °C. La capacità di una soluzione di condurre elettricità dipende da vari fattori, come la concentrazione, la mobilità e la valenza degli ioni, la temperatura.

La conduttività si misura applicando una tensione impressa (U) a due elettrodi immersi in una soluzione a una certa distanza (d). Durante questo processo avviene la migrazione di cationi verso l'elettrodo negativo e di anioni verso l'elettrodo positivo, e la soluzione funge da conduttore elettrico. In questo modo è possibile misurare la corrente generata (I) e la conducibilità o resistività.



Inoltre, per calcolare la conducibilità è fondamentale sapere qual è la costante di cella, definita come il rapporto tra la distanza (d) tra gli elettrodi e l'area (S) degli elettrodi come descritto dalla seguente equazione:

$$K = \frac{d}{S}$$

dove:

K = costante di cella (m⁻¹)

d = distanza tra gli elettrodi (m)

S = superficie degli elettrodi (m²)

Pertanto, la conducibilità può essere espressa come:

$$k = \frac{d}{S} * \frac{1}{R}$$

dove:

k = conduttività (S/m)

d = distanza tra gli elettrodi (m)

S = superficie degli elettrodi (m²)

R = resistenza (ohm = 1/S)

La costante di cella è fondamentale per il calcolo della conducibilità, poiché influenza direttamente la sensibilità e la precisione della misura.

In particolare, sono necessarie costanti di cella più basse per fornire un buon segnale allo strumento di misura per i campioni a bassa conducibilità (quindi alta resistività). Viceversa, sono necessarie costanti di cella più elevate per misurare campioni ad alta conducibilità (quindi a bassa resistività). Lo strumento di misura deve conoscere l'esatta costante di cella del sensore collegato e normalizzare di conseguenza la lettura.

A titolo esemplificativo, la seguente tabella mostra alcuni valori di costante di cella in funzione dell'intervallo di esercizio del sensore e delle applicazioni.

Costante di cella (K)	0,01	0,1	1	10
Intervallo di esercizio:	da 0,055 µS a 200 µS	da 0,1 µS a 2000 µS Ottimale: 0,5-200 µS	da 1 µS a 20000 µS Ottimale: 5-10000 µS	da 10 µS a 200000 µS Ottimale: 0,5-200 mS
Applicazioni:	Acqua ultrapura	Acqua deionizzata acqua distillata	Acqua distillata, acqua di rubinetto, torre di raffreddamento	Acque reflue, acqua di mare

Effetti della temperatura sulla conducibilità

La temperatura ha un effetto significativo sulla conducibilità.

In generale, un aumento della temperatura della soluzione provoca una diminuzione della sua viscosità e un aumento della mobilità e del numero degli ioni in soluzione a causa della dissociazione delle molecole.

Poiché la conducibilità di una soluzione dipende da questi fattori, un aumento della temperatura della soluzione porterà ad un aumento della sua conducibilità.

Per esempio, a basse concentrazioni ioniche, come nel caso dell'acqua molto pura, la ionizzazione dell'acqua fornisce diversi ioni conduttori: questo processo è dipendente dalla temperatura, e di conseguenza, la conducibilità ha una dipendenza dalla temperatura.

Questa dipendenza è di solito espressa come una variazione relativa per grado Celsius a una particolare temperatura, chiamata temperatura di riferimento, di solito corrispondente a 25 °C, 20 °C o 18 °C.

Questo tasso di aumento della conducibilità di una soluzione è chiamato coefficiente di variazione della temperatura, o coefficiente di compensazione della temperatura.

Il coefficiente di variazione è diverso per ogni solvente o miscela; nella tabella seguente sono riportati alcuni valori in base ai diversi liquidi. Nel fare letture di conducibilità ad alte e basse temperature, i dati sono di solito normalizzati a 25°C.

Soluzione	Coefficiente di variazione della temperatura %/°C a 25°C
Acqua ultrapura	5,5
NaOH 5%	2,01
NaOH 30%	4,50
HCl 5%	1,58
HCl 30%	1,52
KCl 5%	2,01
KCl 20%	1,68
Acqua dolce	~ 2,0

Da questi dati, è chiaro che una piccola differenza di temperatura fa una grande differenza nella conducibilità, con conseguenze gravi quando è richiesto un alto grado di precisione.

2.11.2.1 Elettrodi di conducibilità

A seconda delle applicazioni e delle caratteristiche principali, ci sono tre diversi gruppi di sensori di conducibilità:

Sensori in grafite o in platino

Questi sensori di conducibilità sono dotati di elettrodi in grafite o platino per elevate risoluzioni. Il corpo, in resina epossidica garantisce un'elevata resistenza e affidabilità.

Assicurano una misura accurata e ad alta risoluzione grazie al sensore di temperatura incluso combinato con la funzione ATC (compensazione automatica della temperatura) dell'indicatore.

Inoltre, gli elettrodi sono efficacemente protetti, per cui è improbabile che la costante di cella venga danneggiata dalla presenza di solidi: sono disponibili tre costanti di cella (0,1, 1, 10), a seconda dell'intervallo di esercizio richiesto.

Possono essere utilizzati per applicazioni di laboratorio e industriali su fluidi puliti, come ad esempio:

- Concentrazioni di sostanze chimiche.
- Industria alimentare.
- Produzione di vapore.
- Trattamenti dei metalli e industria estrattiva.
- Industria tessile.
- Cartiere.
- Trattamento delle acque.
- Osmosi inversa.
- Deionizzazione.
- Distillazione.
- Acquacoltura.
- Agricoltura e fertilizzanti.



Sensori di conducibilità in acciaio inox

Due diversi tipi di serie offrono sensori in acciaio inossidabile.

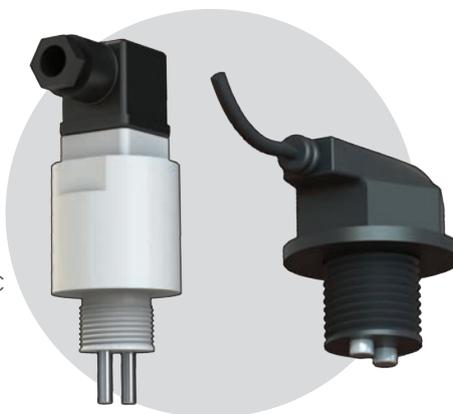
In particolare, la serie C100 è progettata per l'agricoltura e per applicazioni industriali leggere e fluidi sporchi, dove le condizioni dei campioni permettono l'uso dell'acciaio. Vengono utilizzati per esempio in applicazioni in cui possono verificarsi fenomeni di intasamento:

- Trattamento delle acque.
- Industria alimentare.
- Agricoltura.
- Caldaie di centrali elettriche.

Questo tipo di sensore è caratterizzato da un rapporto costo/prestazioni particolarmente conveniente.

La combinazione del sensore di temperatura con la funzione ATC (compensazione automatica della temperatura) dell'indicatore consente di ottenere una misura precisa. L'ampia possibilità di scelta delle costanti di cella, inoltre, garantisce la disponibilità del prodotto più adatto per innumerevoli applicazioni specifiche.

La serie C300 è stata progettata per il monitoraggio dell'acqua ultrapura (costante di cella certificata 0,01) e per le acque reflue (costante di cella 10).



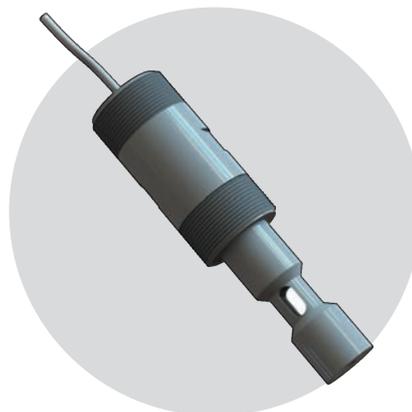
Trasmettitore di conducibilità induttivo

Questo trasmettitore di conducibilità induttivo è costituito da un dispositivo di uscita 4-20mA integrato su un sensore di conducibilità induttivo. Questo tipo di tecnologia di misura consente una vasta gamma di applicazioni, in particolare la misura di elevati valori di conducibilità (da 10 mS a 1000 mS) in fluidi aggressivi (infatti l'unico materiale a contatto con i liquidi è il PVC-C).

Dal momento che nessun elettrodo entra a contatto diretto con il liquido, sono garantite misure affidabili e stabili per lunghi periodi. L'adeguata compensazione automatica della temperatura (ATC) è garantita nel corpo del sensore.

Viene utilizzato principalmente in queste applicazioni:

- Trattamento dell'acqua e delle acque reflue.
- Torre di raffreddamento.
- Assorbitori.
- Rivestimento con finitura in metallo e misura di fluidi corrosivi.



2.11.2 Installazione del sensore di conducibilità

Un sensore di conducibilità può essere installato in due modi:

- Sensori in linea.
- Sensori in immersione.

2.11.2.1 Linee guida per l'installazione

Installazione in linea:

L'installazione in linea è disponibile per tutti i sensori di conducibilità.

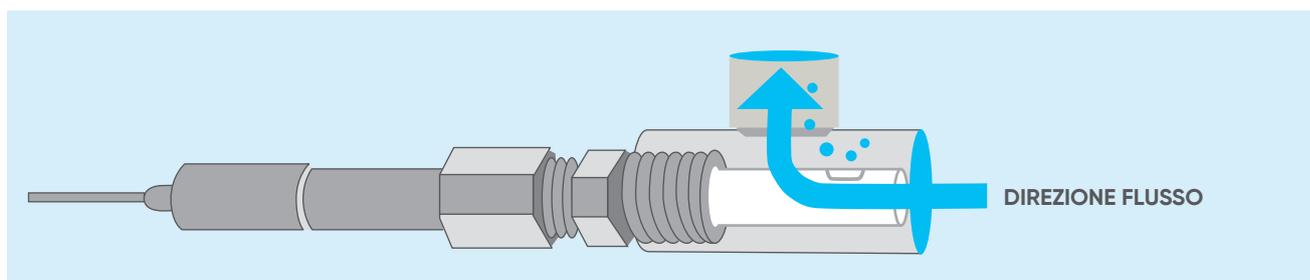
In particolare, sono possibili due diversi tipi di installazione in linea:

- verticalmente su tubazioni dritte utilizzando un adeguato raccordo a T; questa installazione deve essere effettuata con montaggio capovolto (o almeno con un'angolazione di 45°) per evitare l'intrappolamento di aria.
- Ai lati di un raccordo a T: questa installazione è preferibile, in quanto questa configurazione riduce la probabilità di intrappolare bolle d'aria e garantisce un campionamento continuo ottimale del fluido.

È sempre necessario prestare attenzione che gli elettrodi del sensore siano totalmente immersi in una soluzione rappresentativa (quindi non in un volume morto).

I sensori di conducibilità funzionano efficacemente in qualunque direzione.

Un esempio di installazione in linea è mostrato nell'immagine seguente.

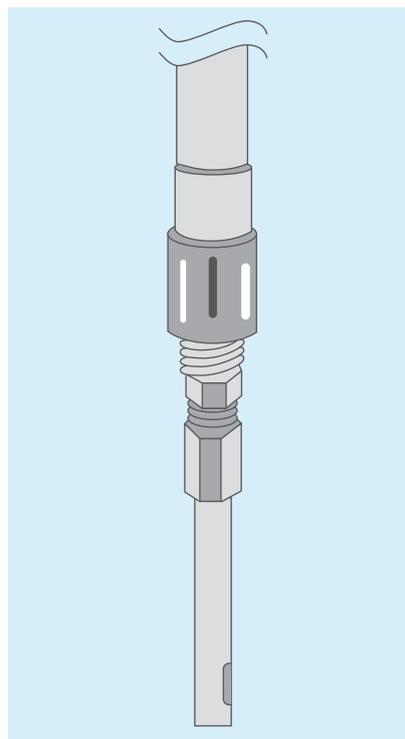


Installazione in immersione

L'installazione in immersione è disponibile solo per la famiglia di sensori in grafite o platino.

Per misurare una soluzione rappresentativa, il sensore deve essere installato in prossimità dell'uscita del serbatoio, lontano dalle zone dove vengono aggiunti additivi.

L'immagine seguente mostra un esempio di installazione in immersione.



2.11.2.2 Linee guida per l'utilizzo

Pulizia e manutenzione

Tutti i sensori di conducibilità devono essere puliti con un detergente delicato, le famiglie di sensori di grafite o platino possono essere pulite anche con una soluzione di HCl al 5%.

Per la superficie degli elettrodi non ricorrere mai all'abrasione o alla sabbatura, in quanto la modifica della superficie potrebbe provocare letture errate.

In ogni caso, è possibile utilizzare qualunque soluzione compatibile con il materiale degli elettrodi e del corpo del sensore.

Calibrazione

La calibrazione è fondamentale per la precisione e l'affidabilità delle misure.

La frequenza di calibrazione è una funzione del sensore, delle soluzioni che devono essere misurate ed è correlata a quanto è critica la misurazione.

Evitare con attenzione la presenza di bolle d'aria durante la calibrazione, in quanto potrebbe provocare letture errate.

Dal momento che la temperatura influisce notevolmente sulla misura della conducibilità, occorre prestare particolare attenzione a:

- temperatura di riferimento (deve essere la stessa per l'indicatore e la soluzione di calibrazione).
- Compensazione della temperatura: se è attivata, utilizzare un valore di conducibilità della soluzione di calibrazione alla temperatura di riferimento; se non è attivata, fare riferimento al valore di conducibilità della soluzione di calibrazione alla temperatura della soluzione di calibrazione.
- fattore di compensazione della temperatura: controllare se è corretto per la calibrazione e per la soluzione misurata.





3. Linee guida per l'installazione **194**

3.1 Metodi di giunzione **194**

3.1.1 Incollaggio	195
3.1.1.1 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-U	196
3.1.1.2 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-C	200
3.1.1.3 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in ABS	204
3.1.2 Saldatura testa a testa	210
3.1.3 Saldatura a bicchiere	217
3.1.4 Elettrofusione	224
3.1.5 Saldatura a gas caldo	228
3.1.6 Giunzioni flangiate	232
3.1.7 Connessioni filettate	239
3.1.8 Giunzioni meccaniche Straub	243

3.2 Montaggio delle condutture e raccomandazioni **253**

3.2.1 Espansione e contrazione termica	253
3.2.1.1 Giunti di dilatazione meccanici	252
3.2.1.2 Offset	259
3.2.1.3 Loop di dilatazione e cambi di direzione	259
3.2.2 Tracciamento del calore	261
3.2.3 Ancoraggio delle condutture	264
3.2.3.1 Supporto delle tubazioni e sistema anti-sfilamento	265
3.2.3.2 Tabelle e grafici	267
3.2.4 Installazione sotterranea (sistema interrato)	279

3.3 Test delle condutture il loco **284**

3.4 Stoccaggio, trasporto e manipolazione **288**

3. linee guida per l'installazione

3.1 Metodi di giunzione

Uno dei motivi per cui un numero sempre maggiore di settori civili e industriali opta per le resine termoplastiche per risolvere i problemi di progettazione e costruzione di condutture, può essere identificato nella grande facilità di realizzare giunzioni tra tubi e raccordi termoplastici utilizzando diverse tecniche operative.

Questa versatilità, insieme alle altre caratteristiche fisico-chimiche sopra menzionate, come la buona resistenza agli agenti chimici e l'inerzia alla corrosione elettrochimica, ha portato ad una riduzione dei costi di installazione e manutenzione dei tubi termoplastici, favorendone l'uso in applicazioni a medio e lungo termine anche rispetto ai materiali da costruzione tradizionali.

A seconda del tipo di accoppiamento desiderato, delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale di costruzione e delle condizioni d'uso e di funzionamento, il collegamento longitudinale di tubi e raccordi in resina termoplastica può essere ottenuto ricorrendo a più sistemi di giunzione che hanno spesso investimenti e costi molto diversi.

I sistemi di giunzione utilizzati per il collegamento di tubazioni termoplastiche vengono classificati in due grandi gruppi: giunzioni longitudinali permanenti e giunzioni longitudinali mobili.

In questo capitolo vogliamo offrire un supporto adeguato a tutti gli installatori che devono affrontare per la prima volta l'installazione di tubi e raccordi termoplastici.

A questo scopo sono stati riassunti i dati e le informazioni ritenuti necessari e utili per eseguire una corretta installazione dei componenti in resina termoplastica secondo le principali tecniche attualmente adottate nella costruzione di tubi per il trasporto di fluidi in pressione.

Giunzioni permanenti

Si definiscono permanenti tutti i sistemi di giunzione che, sfruttando un processo chimico-fisico irreversibile effettuano collegamenti longitudinali amovibili.

Considerata la natura permanente del collegamento, l'utilizzazione di questi sistemi trova ampia applicazione in tutti gli impianti ove siano richieste un'elevata resistenza meccanica della giunzione ed un'estrema sicurezza nel convogliamento di fluidi pericolosi, tossici o di sostanze contaminabili da agenti esterni.

I seguenti sistemi di giunzione di tipo permanente sono ampiamente utilizzati nella posa di tubi termoplastici e sono descritti nei prossimi capitoli:

- saldatura chimica a freddo;
- saldatura testa a testa;
- saldatura a infrarossi;
- saldatura a bicchiere;
- saldatura a gas caldo;
- elettrofusione.

Per valutare le conoscenze e le abilità pratiche di un saldatore che deve eseguire la saldatura nella costruzione di nuovi prodotti in plastica o per effettuare eventuali riparazioni, è necessario fare riferimento alla norma EN 13067.

Inoltre, alla fine di ogni capitolo riguardante ogni giunzione permanente, vengono descritti i difetti più comuni che possono verificarsi: per maggiori dettagli si consiglia di consultare la norma EN 14728.

Giunzioni rimovibili

Sono definiti mobili quei sistemi di giunzione che, utilizzando particolari elementi meccanici, consentono la rimozione del collegamento senza che sia intaccata l'integrità della tubazione

e ove si rendono necessarie periodiche operazioni di manutenzione e controllo delle tubazioni.

In particolare, i seguenti sistemi di giunzione rimovibili sono descritti nei prossimi capitoli:

- giunzione con elementi flangiati;
- giunzione con elementi filettati;
- giunzione meccanica con giunto Straub;

3.1.1 Saldatura chimica a freddo

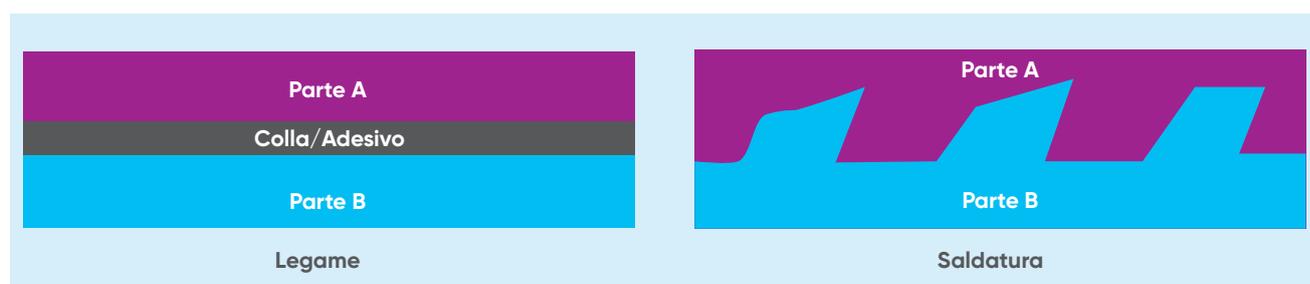
La saldatura chimica a freddo è il sistema più diffuso di giunzione longitudinale per l'accoppiamento di tubi, raccordi e valvole fabbricati in PVC-U, PVC-C e ABS.

I termini "colla" e "collanti" sono spesso usati in modo intercambiabile in riferimento all'installazione di tubazioni termoplastiche: ad un livello base, entrambi realizzano l'obiettivo immediato di unire tubi e raccordi, ma le sostanze sono in realtà molto diverse.

La colla funziona secondo due principi: adesione e coesione. Quando due pezzi di tubo sono saldati chimicamente a freddo insieme, le forze adesive sono quelle che collegano la colla ad ogni pezzo di tubo e la forza coesiva è la capacità della colla di aderire a se stessa.

La saldatura chimica a freddo funziona in modo completamente diverso: si realizza con collanti ottenuti sciogliendo il polimero PVC-C, PVC-U e ABS in una miscela. Questo solvente liquefa le pareti del tubo e del raccordo, permettendo al materiale costituente di combinarsi chimicamente e di essere successivamente saldato.

L'immagine seguente mostra la differenza tra la saldatura a colla e l'incollaggio.



La saldatura chimica consente di ottenere giunzioni permanenti con caratteristiche di resistenza chimica e meccanica assimilabili a quelle delle tubazioni e dei raccordi impiegati.

È noto che i collanti/adesivi devono essere selezionati in funzione del tipo di resina termoplastica da saldare, poiché varia la natura dei solventi e del materiale d'apporto in essi contenuti.

Si ricorda, quindi, che tutti i collanti destinati al collegamento di tubazioni termoplastiche, devono essere utilizzati per la giunzione di tubi, raccordi e valvole di linea omogenei: deve essere assolutamente evitato l'uso dello stesso solvente per la saldatura di elementi prodotti in resina termoplastica diversa.

3.1.1.1 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-U

Nell'installazione di tubazioni in PVC-U rigido la saldatura chimica a freddo è da considerarsi il sistema di giunzione più comune, in quanto associa ad un'ampia possibilità di collegamento a raccordi e accessori in PVC-U un limitato impegno di risorse durante la fase di montaggio.

L'uso di questa tecnica di giunzione richiede l'utilizzo di tubi e raccordi con estremità a bicchiere: la saldatura a bicchiere con solvente permette di ottenere giunzioni con elevato coefficiente di saldatura che mantiene inalterato il requisito di resistenza alla pressione interna dei tubi e dei raccordi collegati.

Se non diversamente specificato, anche il collante utilizzato sulle superfici da unire deve essere utilizzabile con le seguenti tolleranze:

- interferenza massima 0,2 mm;
- tolleranza di gioco massima 0,6 mm.

La tabella seguente mostra il valore della pressione di prova idraulica che deve essere raggiunto dalle giunzioni incollate secondo la norma ISO 15493 e un fattore di sicurezza di 2,5.

Temperatura di prova (°C)	Durata minima del test (h)	Pressione di prova (kg/cm ²)
20	1000	1,7 x PN
60	1000	0,6 x PN

Non essendo ammessa la possibilità di unire direttamente i tubi con accessori di altri composti, la saldatura chimica a freddo viene spesso accoppiato a giunzioni rimovibili, come flange o filettature e così via, permettendo comunque l'utilizzo di tubazioni rigide in PVC-U anche in linee particolarmente sofisticate contenenti strumenti e accessori vari.

Per ottenere un perfetto collegamento tra tubo e raccordo è necessario scegliere ed utilizzare il collante più adatto progettato e prodotto per la giunzione longitudinale di tubi in PVC-U rigido, in funzione delle caratteristiche dimensionali degli elementi di collegamento e delle condizioni di servizio a cui dovrà essere sottoposta la giunzione appena realizzata.

Istruzioni di saldatura per la connessione longitudinale di tubi e raccordi in PVC-U

Prima di iniziare qualsiasi operazione di saldatura chimica a freddo, si deve verificare l'efficienza e lo stato delle attrezzature utilizzate e dei pezzi da assemblare, in particolare l'uniformità, la fluidità e la data di scadenza del collante.

I passi principali che richiede la saldatura chimica a freddo sono i seguenti:



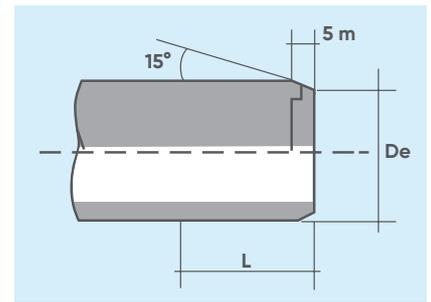
1) Tagliare il tubo perpendicolarmente al suo asse, per ottenere un'adeguata sezione retta è preferibile l'impiego di speciali tagliatubi con rotelle, realizzati per il taglio di tubi termoplastici.



2) Procedere allo smusso dell'estremità del tubo sulla superficie esterna, in modo da garantire il corretto inserimento nel bicchiere del raccordo, secondo un angolo di 15°.

Questa operazione è da ritenersi inderogabile, poiché la mancata esecuzione dello smusso, può causare il raschiamento del collante dalla superficie del raccordo e la sua rimozione, compromettendo quindi l'efficacia della giunzione. Tale operazione deve essere condotta con appositi attrezzi smussatori idonei allo scopo.

Per avere maggiori dettagli sulla lunghezza dello smusso in base alla lunghezza e al diametro del tubo, fare riferimento alla tabella seguente e all'immagine corrispondente.



Diametro esterno De (mm)	Lunghezza di saldatura chimica a freddo L (mm)	Smusso Sm (mm)
16	14	1
20	16	1,5
25	18,5	3
32	22	3
40	26	3
50	31	3
63	37,5	5
75	43,5	5
90	51	5
110	61	5
125	68,5	5
140	76	5
160	86	5
180	96	5-6
200	106	5-6
225	118,5	5-6
250	131	5-6
280	146	5-6
315	163,5	5-6



3) Misurare la profondità del bicchiere del raccordo fino alla battuta interna.



4) Segnare la distanza corrispondente sull'estremità del tubo.

NOTA: non eseguire alcuna marcatura mediante incisione.



5) Usando un panno carta pulito o un applicatore imbevuto di primer-detergente, rimuovere ogni traccia di sporco o grasso dalla superficie esterna del tubo per tutta la lunghezza della saldatura chimica a freddo.

Ripetere la stessa operazione sulla superficie interna del bicchiere del raccordo fino ad ammorbidire le superfici.

Lasciare asciugare le superfici per qualche minuto prima di applicare il collante.

Si ricorda che l'impiego del primer-detergente, oltre a detergere e pulire le superfici da giuntare, svolge anche un'importante azione di rammollimento e predisposizione alla ricezione del collante, operazione che permette di ottenere una giunzione ottimale.

NOTA: evitare di maneggiare le superfici pulite.



6) Applicare il collante in modo uniforme e longitudinalmente su entrambi i componenti da assemblare (superficie esterna del tubo e interna di accoppiamento del raccordo).

L'applicazione dello strato di colla su tubi e raccordi deve essere estesa per l'intera lunghezza delle superfici di accoppiamento, ed espressamente:

- per l'intera lunghezza di saldatura chimica a freddo del tubo, segnata in precedenza sulla sua superficie esterna (figura **A**),
- per l'intera profondità dell'attacco del raccordo fino alla battuta interna (immagine **B**).



Per fare questo si consiglia di utilizzare una spazzola ruvida e pulita adeguatamente dimensionata, la sua dimensione non dovrebbe essere inferiore alla metà del diametro del tubo: per informazioni più dettagliate fare riferimento alla tabella seguente.

Diametro esterno De (mm)	Tipo di pennello o applicatore	Dimensioni del pennello o dell'applicatore (mm)
16-25	Rotondo	8-10
32-63	Rotondo	20-25
75-160	Rettangolare/rotondo	45-50
>160	Rettangolare/cilindrico	45-50
>160-315	Rettangolare/cilindrico	60-65



7) Inserire immediatamente il tubo nel raccordo o valvola per tutta la lunghezza di accoppiamento prevista, senza rotazioni; solo dopo questa operazione, è possibile ruotare leggermente entrambe le estremità (max. 1/4 di giro tra tubo e raccordo).

8) In funzione del diametro esterno delle tubazioni e, di conseguenza delle diverse difficoltà operative, l'inserimento del tubo nel raccordo deve essere effettuato:

- manualmente da una persona per diametri esterni < 90 mm;
- manualmente da due persone per diametri esterni compresi tra 90 mm e 160 mm;
- con l'ausilio di estrattori meccanici per diametri esterni > 160 mm.



9) Subito dopo aver inserito completamente il tubo nel raccordo, esercitare una pressione sugli elementi giuntati per alcuni secondi.

Quindi rimuovere immediatamente con carta crespata o panno pulito ogni eccesso di collante dalla superficie esterna, quando possibile anche dalle superfici interne.



10) È necessario lasciare riposare gli elementi giuntati per ottenere un essiccamento naturale del collante avendo cura di non generare sollecitazioni anomale.

Il tempo di essiccamento dipende dall'entità di sollecitazione da applicare sulla giunzione.

In particolare, devono essere rispettati i seguenti tempi minimi in funzione della temperatura ambiente:

- prima di maneggiare la giunzione:
 - da 5 a 10 minuti per T amb. > 10°C,
 - da 15 a 20 minuti per T amb. < 10°C;
- per giunzioni su tubi di qualsiasi dimensione o pressione non soggetti a prove idrauliche:
 - 1 ora per ogni atmosfera di pressione applicata;
- per giunzione soggetta a prova idraulica di tubi e raccordi fino a PN 16 e di qualsiasi diametro:
 - minimo 24 ore.

I tempi di essiccamento del collante indicati, sono validi per temperature ambiente (circa 25°C.), per condizioni climatiche particolari (umidità, temperatura, ecc...), suggeriamo di consultare i nostri servizi tecnici e/o le società produttrici di collante per maggiori dettagli.

Quantità di collante per materiale PVC-U

Il consumo del collante per l'esecuzione delle giunzioni, dipende da molteplici fattori (condizioni ambientali, dimensioni delle tubazioni, viscosità del collante, esperienza degli operatori, etc..), che spesso sono difficilmente quantificabili.

A questo proposito, la tabella riporta le quantità approssimative di collante normalmente utilizzate per eseguire giunzioni di tubi e raccordi di diametro in PVC-U di differente diametro.

D (mm)	Numero di giunzioni per kg di collante
16	550
20	500
25	450
32	400
40	300
50	200
63	140
75	90
90	60
110	40
125	30
140	25
160	15
180	12
200	10
225	6
250	4
280	2
315	2

3.1.1.2 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in PVC-C

Grazie all'alta qualità della resina e alle caratteristiche meccaniche e chimico-fisiche proprie del PVC-C, costituisce una delle soluzioni più economiche nella gamma dei materiali termoplastici per risolvere i problemi che si possono incontrare nella distribuzione di acqua sanitaria calda e fredda e nel trasporto di sostanze chimiche aggressive sotto pressione.

Le ragioni principali di questa preferenza sono da attribuire alle seguenti proprietà:

- elevata resistenza a prodotti chimici particolarmente aggressivi;
- inerzia alla corrosione elettrochimica (ideale per trasportare acqua calda sanitaria in impianti convenzionali e a pannelli solari);
- coefficiente ridotto di conducibilità termica (eliminazione virtuale dei problemi di condensazione);
- elevata durata nel tempo, grazie alle caratteristiche chimico-fisiche del materiale di base;
- bassa rugosità superficiale che riduce fortemente la perdita per attrito del fluido e la crescita di incrostazioni e alghe;
- possibilità di convogliare fluidi alimentari;
- alta stabilità termica per temperature fino a 100°C;
- elevata resistenza alla combustione.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, la seguente tabella mostra i valori della pressione di prova idraulica che devono essere raggiunti dalle giunzioni saldate chimicamente a freddo in PVC-C secondo la norma ISO 15493 e un fattore di sicurezza di 2,5.

Temperatura di prova (°C)	Durata minima del test (h)	Pressione di prova (kg/cm ²)
20	1000	1,7 x PN
80	1000	0,5 x PN

Come per il PVC-U, anche per il PVC-C non è consentita alcuna possibilità di unire direttamente i tubi con accessori di altri materiali, quindi la saldatura chimica a freddo viene spesso combinato con giunzioni mobili, come flange o filettature e così via.

Se non diversamente specificato, anche il collante utilizzato sulle superfici da unire deve essere utilizzabile con le seguenti tolleranze:

- interferenza massima 0,2 mm;
- tolleranza di gioco massima 0,3 mm.

Istruzioni di saldatura per la connessione longitudinale di tubi e raccordi in PVC-C

Prima di iniziare qualsiasi operazione di saldatura chimica a freddo, si deve verificare l'efficienza e lo stato delle attrezzature utilizzate e dei pezzi da assemblare, in particolare l'uniformità, la fluidità e la data di scadenza del collante.

I passi principali richiesti per le operazioni di saldatura sono i seguenti:



1) Tagliare il tubo perpendicolarmente al suo asse per ottenere una sezione quadrata pulita, se possibile utilizzando un tagliatubi a rotelle progettato specificamente per tubi termoplastici, come mostrato in questa immagine.

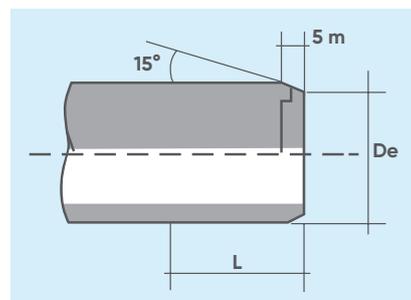


2) Procedere allo smusso dell'estremità del tubo sulla superficie esterna, in modo da garantire il corretto inserimento nel bicchiere del raccordo, secondo un angolo di 15°.

Questa operazione è da ritenersi inderogabile, poiché la mancata esecuzione dello smusso, può causare il raschiamento del collante dalla superficie del raccordo e la sua rimozione, compromettendo quindi l'efficacia della giunzione.

Tale operazione deve essere condotta con appositi attrezzi smussatori idonei allo scopo.

Per avere maggiori dettagli sulla lunghezza dello smusso in base alla lunghezza e al diametro del tubo, fare riferimento alla tabella e all'immagine seguenti.



Diametro esterno De (mm)	Lunghezza di saldatura chimica a freddo L (mm)	Smusso Sm (mm)
16	14	1,5
20	16	1,5
25	18,5	3
32	22	3
40	26	3
50	31	3
63	37,5	5
75	43,5	5
90	51	5
110	61	5
160	86	5
225	118,5	5-6



3) Misurare la profondità del bicchiere del raccordo fino alla battuta interna.



4) Segnare la distanza corrispondente sull'estremità del tubo.

NOTA: non eseguire alcuna marcatura mediante incisione.



A

5) Usando un panno carta pulito o un applicatore imbevuto di primer-detergente, rimuovere ogni traccia di sporco o grasso dalla superficie esterna del tubo per tutta la lunghezza della saldatura chimica a freddo (figura **A**).

Ripetere la stessa operazione sulla superficie interna del bicchiere del raccordo, fino ad ammorbidire le superfici (figura **B**).

NOTA: evitare di maneggiare superfici pulite.

Lasciare asciugare le superfici per qualche minuto prima di applicare il collante.

Si ricorda che l'impiego del primer, oltre a detergere e pulire le superfici da giuntare, svolge anche un'importante azione di rammollimento e predisposizione alla ricezione del collante, operazione che permette di ottenere una giunzione ottimale.



B



C

5) Applicare il collante in modo uniforme e longitudinalmente su entrambi i componenti da assemblare (superficie esterna del tubo e interna di accoppiamento del raccordo), utilizzando un applicatore (figura **C**) o un pennello grossolano di dimensioni adeguate (figura **D**) secondo la seguente tabella.



D

Diametro esterno De (mm)	Tipo di pennello o applicatore	Dimensioni del pennello o dell'applicatore (mm)
16-25	Rotondo	8-10
32-63	Rotondo	20-25
75-160	Rettangolare/rotondo	45-50
>160	Rettangolare/cilindrico	45-50

Si consiglia di utilizzare un applicatore o un pennello di dimensioni non inferiori alla metà del diametro del tubo.

Il collante deve essere applicato su tutta la lunghezza della superficie di giunzione sia del tubo che del raccordo:

- per l'intera profondità del bicchiere del raccordo fino alla battuta interna;
- per l'intera lunghezza della giunzione del tubo precedentemente segnato sulla superficie esterna.



6) Inserire immediatamente il tubo nel raccordo o valvola per tutta la lunghezza di accoppiamento prevista, senza rotazioni; solo dopo questa operazione, è possibile ruotare leggermente entrambe le estremità (max. 1/4 di giro tra tubo e raccordo).

7) Il tubo deve essere inserito nel raccordo il più presto e il più rapidamente possibile (si raccomanda di non superare i 20-25 secondi). In funzione del diametro esterno delle tubazioni e, di conseguenza, delle diverse difficoltà operative, l'inserimento del tubo nel raccordo deve essere effettuato:

- manualmente da una persona per diametri esterni < 90 mm.
- Manualmente da due persone per diametri esterni compresi tra 90 e < 160 mm.
- Con l'ausilio di estrattori meccanici per diametri esterni > 160 mm.

8) Subito dopo aver inserito completamente il tubo nel raccordo, esercitare una pressione sugli elementi giuntati per alcuni secondi. Quindi rimuovere immediatamente con carta crespata o panno pulito ogni eccesso di collante dalla superficie esterna, quando possibile anche dalle superfici interne, come illustrato nella figura.



9) Essiccamento del collante: le parti unite devono essere lasciate a riposo per permettere al cemento solvente di indurirsi naturalmente senza generare tensioni inutili.

Il tempo di essiccamento dipende dall'entità di sollecitazione da applicare sulla giunzione. In particolare, devono essere rispettati i seguenti tempi minimi in funzione della temperatura ambiente:

- prima di maneggiare la giunzione:
 - da 5 a 10 minuti per T amb. > 10 °C
 - da 15 a 20 minuti per T amb. < 10 °C
- per giunzioni su tubi di qualsiasi dimensione o pressione non soggetti a prove idrauliche:
 - 1 ora per ogni atmosfera di pressione applicata;
- per giunzione soggetta a prova idraulica di tubi e raccordi fino a PN 16 e di qualsiasi diametro:
 - minimo 24 ore.

I tempi di essiccamento del collante indicati sono validi a temperatura ambiente (circa 25 °C). Per condizioni climatiche particolari (umidità, temperatura e così via), suggeriamo di consultare i nostri servizi tecnici e le società produttrici di collante per maggiori dettagli.

Quantità di collante per materiale PVC-C

Il consumo del collante per l'esecuzione delle giunzioni, dipende da molteplici fattori (condizioni ambientali, dimensioni delle tubazioni, viscosità del collante, esperienza degli operatori, etc.), che spesso sono difficilmente quantificabili.

A questo proposito, la tabella riporta le quantità approssimative di collante normalmente utilizzate per eseguire giunzioni di tubi e raccordi di diametro in PVC-C di differente diametro.

D (mm)	Numero di giunzioni per kg di collante
16	550
20	500
25	450
32	400
40	300
50	200
63	140
75	90
90	60
110	40
160	15
225	6

3.1.1.3 Saldatura chimica a freddo del sistema di tubazioni in ABS

Il materiale ABS, utilizzato in un ampio campo di applicazioni che va dai fluidi aggressivi ai fanghi ai fluidi alimentari, ha le seguenti caratteristiche principali:

- ottima resistenza all'usura (adatto a trasportare fanghi corrosivi e abrasivi);
- bassa rugosità superficiale che riduce fortemente la perdita per attrito del fluido e la crescita di incrostazioni ed erosione;
- ampio campo di temperatura delle applicazioni (tra -40 e +60°C);
- elevata resistenza agli urti ABS alleggerisce il comportamento duttile fino a -40°C;
- perfetta compatibilità con i fluidi alimentari.

Durante l'installazione di tubazioni in ABS si devono osservare le indicazioni precedentemente menzionate per la saldatura chimica a freddo di PVC-U e PVC-C.

Se non diversamente specificato, anche il collante utilizzato sulle superfici da unire deve essere utilizzabile con le seguenti tolleranze:

- interferenza massima 0,6 mm;
- tolleranza di gioco massima 0,2 mm.

Pertanto la seguente tabella riporta i valori di prova relativi alla resistenza alla pressione interna delle giunzioni saldate chimicamente a freddo, secondo la norma ISO 15493 e con un fattore di sicurezza di 1,8.

Temperatura di prova (°C)	Durata minima del test (h)	Pressione di prova (kg/cm ²)
20	1000	2 x PN

Come descritto per gli altri materiali, anche per l'ABS non è consentita alcuna possibilità di unire direttamente tubi con accessori di altri materiali, quindi la saldatura chimica a freddo viene spesso combinato con giunzioni mobili.

Per quanto riguarda la saldatura chimica a freddo di articoli in ABS, deve essere effettuato con colla tipo DURAPIPE ABS.

Inoltre si suggerisce, dopo il trattamento con carta abrasiva adatta, l'uso di un detergente tipo MEK (metiletilechetone) prima di procedere all'applicazione della colla.

Istruzioni di saldatura per la connessione longitudinale di tubi e raccordi in ABS

Prima di iniziare qualsiasi operazione di saldatura chimica a freddo, si deve verificare l'efficienza e lo stato delle attrezzature utilizzate e dei pezzi da assemblare, in particolare l'uniformità, la fluidità e la data di scadenza del collante.

Non si deve cercare di aumentare la tolleranza di gioco tra i tubi e i raccordi. Si deve seguire la procedura di giunzione descritta di seguito:



1) Il tubo deve essere tagliato in modo da ottenere una sezione pulita e quadrata. Un tagliatubi a rotelle adatto eliminerà i trucioli.



2) Smussare l'estremità del tubo usando una lima grossa o uno smussatore adatto. Lo smusso deve essere di circa 45° da 3 mm a 5 mm a seconda delle dimensioni del tubo.



3) Segnare il tubo a una distanza nota dall'estremità e lontano dall'area da pulire, come mostrato nell'immagine. Questo segno dovrebbe essere usato per confermare il completo inserimento del tubo nell'attacco del raccordo.



4) Assicurarsi che le superfici dei giunti siano pulite e prive di umidità. Pulire accuratamente le superfici con Durapipe Eco-cleaner usando un panno privo di lanugine o un panno di carta.



5) Con un pennello pulito applicare il collante al tubo e al raccordo.

Le superfici delle giunzioni devono essere completamente coperte dal collante. Il collante deve essere applicato con un pennello di dimensioni adeguate da una latta. È importante applicare rapidamente il collante per permettere il montaggio senza che sia necessaria una forza eccessiva. Quando si applica il collante con il pennello, la dimensione del pennello deve essere circa la metà della dimensione del tubo da giuntare: dimensione del pennello fino a 63 mm per 0,5 litri e fino a 75 mm per latte da 1 litro.



6) Inserire immediatamente il tubo nel raccordo o valvola per tutta la lunghezza di accoppiamento prevista, senza rotazioni; solo dopo questa operazione, è possibile ruotare leggermente entrambe le estremità (max. 1/4 di giro tra tubo e raccordo). Tenere il tubo e il raccordo per tempi che variano da qualche secondo fino a 1 minuto secondo le dimensioni. La leggera conicità modellata nel raccordo può altrimenti causare lo scivolamento dal tubo con conseguente perdita di resistenza della giunzione. L'applicazione della corretta quantità di collante produrrà un cordone pulito sul bordo del raccordo e sul bordo del tubo. Evitare depositi eccessivi all'interno dei raccordi, poiché questi possono indebolire il muro, in particolare sulle misure più piccole.

Quando si lavora in condizioni di freddo, assicurarsi che le giunzioni siano protette dal gelo e dall'umidità.



7) Rimuovere il collante in eccesso dall'esterno della giunzione.



8) Utilizzando il segno fatto in precedenza, controllare che il tubo sia stato inserito completamente.

9) Non toccare la giunzione per almeno 10 minuti.

Sui formati più grandi, non sottoporre la giunzione a forze di flessione o di torsione per almeno 4 ore.

Quando si passa alle giunzioni successive, che possono essere create immediatamente, prestare attenzione a non trasmettere forze alle giunzioni appena create nel sistema.

I tempi di asciugatura variano con l'installazione, la quantità di collante applicato, la temperatura ambiente e la pressione di esercizio. Si raccomanda che, laddove possibile, le giunzioni di dimensioni fino a 225 mm vengano lasciate asciugare per almeno 24 ore, e quelle da 250 mm e 315 mm per almeno 48 ore.

Queste linee guida si basano su una temperatura ambiente compresa tra 10°C e 40°C.

A temperature ambiente più basse e più alte saranno necessari tempi di asciugatura più lunghi.

Una guida di lavoro laddove la temperatura ambiente è compresa tra 10°C e 40°C e la temperatura del contenuto non supera i 20°C è la seguente:

Gamma dimensionale	Fino a 75 mm	Da 90 mm a 125 mm	Da 140 mm a 160 mm	Da 200 mm a 225 mm	Da 250 mm a 315 mm
Tempo di asciugatura	0,5 h/bar	1 h/bar	1,5 h/bar	2 h/bar	48 ore minimo

NOTA: Il periodo minimo di asciugatura non dovrebbe mai essere inferiore a 1 ora.

È necessario ricordare che i tempi di asciugatura devono essere prolungati quando la temperatura ambiente è inferiore a 20°C e che le giunzioni saldate chimicamente a freddo non devono essere realizzate al di sotto di 0°C.

Per maggiori dettagli contattare l'Ufficio Tecnico di Aliaxis.

Quantità di saldatura chimica a freddo per materiale ABS

Il consumo del collante per l'esecuzione delle giunzioni, dipende da molteplici fattori (condizioni ambientali, dimensioni delle tubazioni, viscosità del collante, esperienza degli operatori, etc..), che spesso sono difficilmente quantificabili.

Nella seguente tabella è possibile trovare un'indicazione del numero di giunzioni in ABS che è possibile realizzare per litro di collante.

Dimensione (mm)	Dimensione raccomandata del contenitore	Giunzioni per litro di ABS
16-32	0,5 litri	400
40-63	0,5 litri	200
75-110	0,5 litri	70
125-140	1 litro	20
160-225	1 litro	10
250-315	1 litro	5



AVVERTENZE GENERALI PER LA SALDATURA CHIMICA A FREDDO

Durante la saldatura chimica a freddo, si suggerisce di seguire i consigli di seguito riportati:

- 1) Nel caso in cui il diametro esterno del tubo e il diametro interno del raccordo sono agli estremi opposti dei loro valori di tolleranza, il tubo asciutto non può essere inserito nell'attacco asciutto del bicchiere del raccordo. L'operazione di inserimento sarà possibile solo dopo avere applicato l'abbinamento Detergente e Collante su entrambi i componenti da saldare.
- 2) Quando si usa il Detergente e il Collante, si devono adottare le seguenti precauzioni:
 - Utilizzare guanti e occhiali di sicurezza per la protezione di mani e occhi.
 - Utilizzare il Collante e il Detergente in ambienti di lavoro con sufficiente ventilazione per evitare la formazione di sacche d'aria contenenti concentrazioni di solventi evaporati, i quali potrebbero procurare irritazioni alle vie respiratorie ed agli organi visivi.
 - Causa la volatilità dei solventi contenuti nel collante e detergente, si ricorda che i contenitori devono essere rinchiusi immediatamente dopo l'uso.
 - I solventi in fase gassosa hanno la tendenza a formare miscele infiammabili. Pertanto si raccomanda di eliminare dalle aree di lavoro eventuali fonti di innesco di fiamma, quali: operazioni di saldatura, accumuli di cariche elettrostatiche e si ricorda di non fumare. In ogni caso si consiglia di attenersi scrupolosamente alle avvertenze prescritte dai produttori di collante indicate sulle confezioni.
 - È consigliabile eseguire la procedura di saldatura chimica a freddo in un campo di temperatura ambiente compresa tra + 5 e + 40° C, onde evitare imperfette performance del collante e del detergente.
 - per ottenere la corretta velocità di applicazione su dimensioni di 140 mm e oltre, il collante deve essere applicato simultaneamente su tubo e raccordo, da due persone.
- 3) Dopo avere completato tutte le giunzioni e prima di porre le linee in servizio, accertarsi che le stesse siano completamente evacuate dalle tracce/vapori di solvente eventualmente presenti all'interno delle tubazioni e dei raccordi. Questo eviterà eventuali fenomeni di contaminazione dei fluidi convogliati.
- 4) Si suggerisce di evitare la posa in trincea per condutture giuntate longitudinalmente da meno di 10-12 ore dalla fine dell'operazione.
- 5) Evitare di stringere completamente le connessioni flangiate fino a quando il tempo di asciugatura previsto non è concluso.
- 6) La saldatura chimica a freddo delle valvole a sfera Aliaxis deve essere effettuata preferibilmente con il corpo della valvola scollegato dal resto della linea, al fine di evitare gocce di collante sugli elementi di tenuta.
- 7) Per evitare la contaminazione dei fluidi trasportati (acqua potabile, alimenti, bevande), assicurarsi che le linee da mettere in servizio siano completamente evacuate dai vapori di solventi eventualmente presenti all'interno delle tubazioni.
- 8) Durante l'installazione di valvole in linee verticali, si suggerisce di effettuare la saldatura chimica a freddo con gli elementi di chiusura scollegati dal corpo valvola, a causa del normale gocciolamento (interno) del collante.
- 9) Si noti inoltre che le giunzioni longitudinali con collante mantengono inalterate le caratteristiche meccaniche del materiale di base. Eventuali anomalie devono essere attribuite a una non perfetta esecuzione della saldatura chimica a freddo (le cause possono essere rivelate dall'analisi di ogni singolo caso).

Vantaggi e applicazioni

La saldatura chimica a freddo può essere utilizzato in diverse applicazioni, come negli impianti idraulici, nel drenaggio e nello sfato, nelle fognature degli edifici e nei sistemi sotterranei. Una delle sue caratteristiche principali è che questo tipo di saldatura permette di ottenere una giunzione omogenea e continua. Può essere molto utile se si lavora con materiale sensibile, perché non richiede alte temperature.

Inoltre, come descritto prima, preserva la durata e la resistenza chimica del materiale utilizzato ed è facile da padroneggiare e conveniente, poiché non sono necessari strumenti costosi.

Difetti più comuni

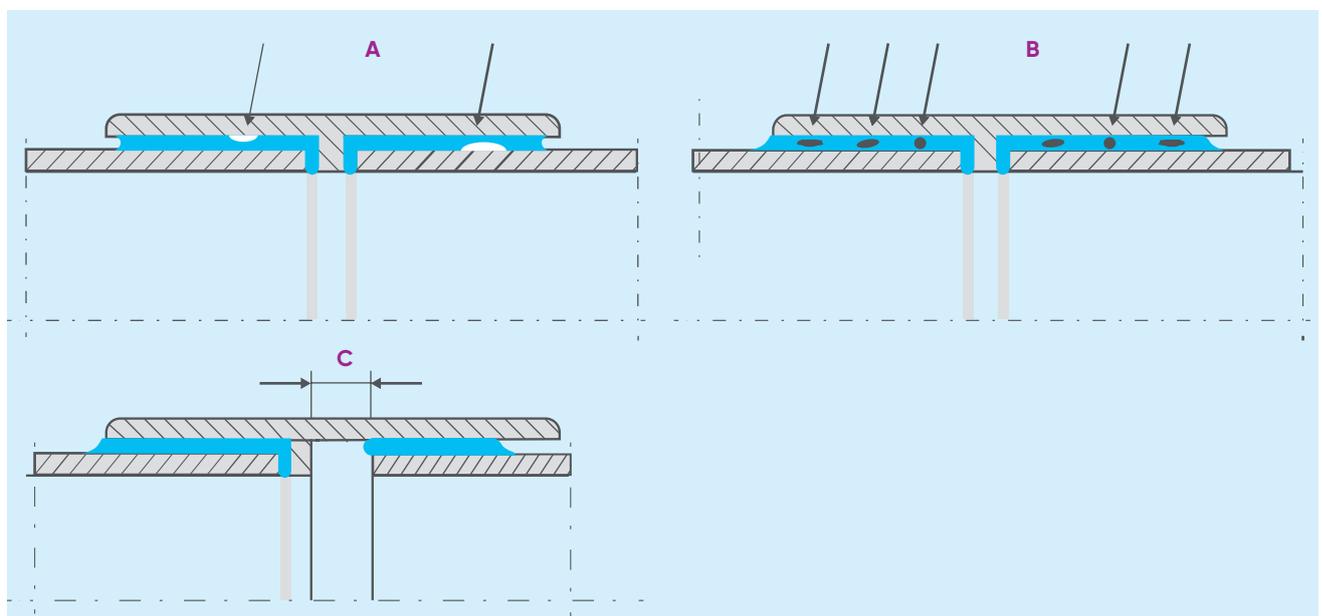
I più comuni difetti riscontrati se non viene seguita la corretta procedura di saldatura chimica a freddo sono elencati nella seguente tabella.

Collante troppo fluido (impropriamente addizionato con diluente)	
Effetto immediato	Mancata saldatura chimica a freddo
Conseguenza	Sfilamento o perdite nella giunzione tra tubo e raccordo
Eccesso di collante	
Effetto immediato	Colamenti esterni ed interni oltre la zona di giunzione
Conseguenza	Indebolimento delle superfici esterne alla zona di giunzione e formazione di bolle con micro-cricche/ sorgenti di frattura per il materiale base
Collante eccessivamente denso a causa del solvente evaporato	
Effetto immediato	Mancata saldatura chimica a freddo
Conseguenza	Sfilamento o perdite nella giunzione tra tubo e raccordo Possibili cricche superficiali con inneschi di fratture sul materiale base
Collante insufficiente e/o non correttamente distribuito	
Effetto immediato	Mancata saldatura chimica a freddo o localmente debole
Conseguenza	Sfilamento o perdite nella giunzione tra tubo e raccordo
Inserimento del tubo non corretto (incompleto, eccessivo, disassato)	
Effetto immediato	Giunzione imperfetta
Conseguenza	Trasmissione di sollecitazioni meccaniche dal tubo al raccordo e/o perdite dalla giunzione
Impurità e/o umidità sulle superfici dei componenti da incollare	
Effetto immediato	Giunzione imperfetta
Conseguenza	Sfilamento o perdite (trafilamenti del fluido) da giunzione tra tubo e raccordo

La norma EN 14728 classifica le imperfezioni che possono essere riscontrate nelle giunzioni saldate di materiali termoplastici.

Le immagini seguenti descrivono rispettivamente:

- A** - un'errata distribuzione del collante (ci sono zone in cui non c'è collante tra tubo/raccordo);
- B** - materiale estraneo intrappolato nella saldatura, dovuto alla presenza di impurità sulle superfici delle parti da unire;
- C** - inserimento incompleto del tubo.



3.1.2 Saldatura testa a testa

Il processo di saldatura, ad elementi termici per contatto, "testa a testa" è il procedimento di giunzione di due elementi (tubi, raccordi o manicotti di valvole) di uguale diametro e spessore in cui le superfici da saldare sono riscaldate fino a fusione per contatto con un elemento termico e successivamente, dopo l'allontanamento di questo, sono unite a pressione per ottenere la saldatura

Le istruzioni qui di seguito riportate sono da considerarsi solamente come riferimento. Gli installatori dovranno essere adeguatamente istruiti e conoscere approfonditamente la corretta procedura da seguire in accordo alla saldatrice che si sta usando.



Istruzioni per la saldatura

Per garantire una buona giunzione, prima di procedere con la saldatura occorre:

- Verificare che i valori della temperatura ambiente siano compresi tra +5 °C e +40 °C.
- Effettuare la verifica dimensionale (eccessiva ovalizzazione) degli elementi da saldare.
- Verificare la temperatura di esercizio del termoelemento con un termometro a contatto tarato. Questa misurazione deve avvenire dopo 10 minuti dal raggiungimento della temperatura nominale, permettendo così al termoelemento di riscaldarsi in modo omogeneo sulla intera sezione. La temperatura di fusione dovrebbe essere compresa tra 200 °C e 220 °C.
- Controllare la superficie del termoelemento (integrità dello strato antiaderente) ed assicurarsi della sua pulizia tramite l'uso di carta morbida o panni esenti da filacce.
- Controllare il corretto funzionamento della macchina saldatrice.
- Verificare lo stato di efficienza dei supporti a ganasce della saldatrice, affinché possa essere assicurato il corretto allineamento dei pezzi da saldare e il parallelismo delle superfici a contatto.
- Verificare la forza di trascinamento del carrello mobile, sia come attrito proprio che in relazione al carico movimentato (tubi o raccordi).
- Verificare l'efficienza della strumentazione di misura (manometro e temporizzatore).
- Controllare che i tubi e/o i raccordi da saldare siano dello stesso diametro e spessore (stesso SDR).

Di seguito sono riportate le istruzioni passo per passo su come il materiale raccordi e/o tubi viene preparato per la saldatura testa a testa.



1) Prima di effettuare il posizionamento dei pezzi da saldare, è necessario rimuovere ogni traccia di sporcizia, unto, grasso, polvere o altro, sia dalla superficie esterna che interna delle estremità, impiegando un panno pulito, esente da filacce, imbevuto di adeguato liquido detergente. Sulla scelta del tipo di liquido detergente è raccomandabile far ricorso a prodotti consigliati direttamente dai produttori del settore: tricloro-etano, clorotene, alcool etilico, alcool isopropilico sono da considerarsi sostanze idonee all'uso.

2) Le estremità delle due parti da saldare devono essere bloccate in modo tale che il disallineamento assiale non superi il 10% dello spessore.



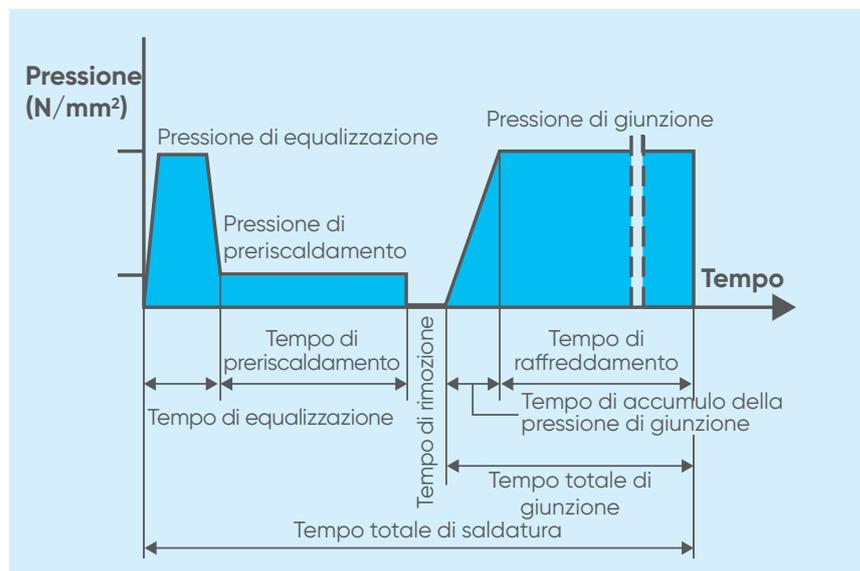
3) Per poter garantire adeguati parallelismo e planarità, condizione non meno importante, per eliminare la pellicola di ossido formatasi, le estremità dei due elementi da saldare devono essere fresate. Al termine di questa operazione, portando a contatto le due estremità, la luce tra i lembi non deve superare il valore di 0,5 mm.

Il truciolo di fresatura deve formarsi in modo continuo su entrambi i lembi da saldare come mostrato in figura.

La saldatura testa a testa di tubi e/o raccordi con procedimento ad elementi termici per contatto deve essere eseguita realizzando in modo corretto le differenti fasi del ciclo di saldatura.

L'immagine qui sotto si riferisce al ciclo di saldatura preso da DVS 2207.

NOTA: Prestare attenzione ai cambiamenti dei valori nella tabella dei cicli di saldatura per i diversi materiali. Per esempio, qui sotto sono riportate le tabelle dei cicli di saldatura per PP-H, PE e PVDF prese da DVS 2207.



Ciclo di saldatura PP-H

Spessore nominale della parete (mm)	Equalizzazione Altezza del cordolo sull'elemento termico alla fine del tempo di equalizzazione (valori minimi) (equalizzazione $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ²) (mm)	Preriscaldamento Tempo di preriscaldamento=10x spessore nominale della parete (preriscaldamento $p\leq 0,01$ N/mm ²) (sec)	Rimozione Tempo di rimozione (massimo) (sec)	Giunzione tempo di accumulo della pressione (tempo massimo, può essere inferiore fino al 50%) (sec)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) alla pressione di giunzione $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ²) (min)
fino a 4,5	0,5	fino a 53	5	6	tabella qui sotto
4,5 - 7	0,5	53 - 81	5 - 6	6 - 7	
7 - 12	1	81 - 135	6 - 7	7 - 11	
12 - 19	1	135 - 206	7 - 9	11 - 17	
19 - 26	1,5	206 - 271	9 - 11	17 - 22	
26 - 37	2	271 - 362	11 - 14	22 - 32	
37 - 50	2,5	362 - 450	14 - 17	32 - 43	
50 - 70	3	450 - 546	17 - 22	43	

Tempo di raffreddamento PP-H

Spessore nominale della parete (mm)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) alla pressione di adesione $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ² in funzione della temperatura ambiente			
	Fino a 15°C (min)	15°C - 25°C (min)	25°C - 40°C Tempo di raffreddamento (min)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) con saldatura a pressione $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ² in condizioni speciali* (min)
fino a 4,5	4	5	6,5	3,5
4,5 - 7	4 - 6	5 - 7,5	6,5 - 9,5	3,5 - 5
7 - 12	6 - 9,5	7,5 - 12	9,5 - 15,5	5 - 8
12 - 19	9,5 - 14	12 - 18	15,5 - 24	8 - 12
19 - 26	14 - 19	18 - 24	24 - 32	12 - 16
26 - 37	19 - 27	24 - 34	32 - 45	16 - 23
37 - 50	27 - 36	34 - 46	45 - 61	23 - 31
50 - 70	36 - 50	46 - 64	61 - 85	31 - 43

Questi tempi di raffreddamento si applicano solo alle seguenti condizioni:

- saldatura effettuata in laboratorio/officina;
- la rimozione del pezzo dalla saldatrice e il suo stoccaggio temporaneo fino al completo raffreddamento per il tempo definito secondo la quinta colonna di cui sopra provoca un carico trascurabile della connessione del giunto.

Ciclo di saldatura PE

Spessore nominale della parete (mm)	Equalizzazione Altezza del cordolo sull'elemento termico alla fine del tempo di equalizzazione (valori minimi) (equalizzazione $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ²) (mm)	Preriscaldamento Tempo di preriscaldamento=10x spessore nominale della parete (preriscaldamento $p\leq 0,01$ N/mm ²) (sec)	Rimozione Tempo di rimozione (massimo) (sec)	Giunzione tempo di accumulo della pressione (tempo massimo, può essere inferiore fino al 50%) (sec)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) alla pressione di giunzione $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ²) (min)
fino a 4,5	0,5	fino a 45	5	5	tabella qui sotto
4,5 - 7	1	45 - 70	5 - 6	5 - 6	
7 - 12	1,5	70 - 120	6 - 8	6 - 8	
12 - 19	2	120 - 190	8 - 10	8 - 11	
19 - 26	2,5	190 - 260	10 - 12	11 - 14	
26 - 37	3	260 - 370	12 - 16	14 - 19	
37 - 50	3,5	370 - 500	16 - 20	19 - 25	
50 - 70	4	500 - 700	20 - 25	25 - 35	
70 - 90	4,5	700 - 900	25 - 30	35	
90 - 110	5	900 - 1.100	30 - 35	35	
110 - 130	5,5	1.100 - 1.300	max. 35	35	

Tempo di raffreddamento PE

Spessore nominale della parete (mm)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) alla pressione di adesione $p=0,5\pm 0,01$ N/mm ² in funzione della temperatura ambiente		
	Fino a 15°C (min)	15°C - 25°C (min)	25°C - 40°C Tempo di raffreddamento (min) (valori minimi) con saldatura a pressione $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ² in condizioni speciali* (min)
fino a 4,5	4	5	6,5
4,5 - 7	4 - 6	5 - 7,5	6,5 - 9,5
7 - 12	6 - 9,5	7,5 - 12	9,5 - 15,5
12 - 19	9,5 - 14	12 - 18	15,5 - 24
19 - 26	14 - 19	18 - 24	24 - 32
26 - 37	19 - 27	24 - 34	32 - 45
37 - 50	27 - 36	34 - 46	45 - 61
50 - 70	36 - 50	46 - 64	61 - 85
70 - 90	50 - 64	64 - 82	85 - 109
90 - 110	64 - 78	82 - 100	109 - 133
110 - 130	78 - 92	100 - 118	133 - 157

Ciclo di saldatura PVDF

Spessore nominale della parete (mm)	Equalizzazione Altezza del cordolo sull'elemento termico alla fine del tempo di equalizzazione (valori minimi) (equalizzazione $p=0,10 \text{ N/mm}^2$) (mm)	Preriscaldamento Tempo di preriscaldamento= $10 \times$ spessore nominale della parete (preriscaldamento $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$) (sec)	Rimozione Tempo di rimozione (massimo) (sec)	Giunzione tempo di accumulo della pressione (tempo massimo, può essere inferiore fino al 50%) (sec)	Tempo di raffreddamento (valori minimi) alla pressione di giunzione $p=0,10 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ $t \approx 1,2 \times$ spessore della parete + 2 min (min)
1,9 - 3,5	0,5	59 - 75	3	3 - 4	5 - 6
3,5 - 5,5	0,5	75 - 95	3	4 - 5	6 - 8,5
5,5 - 10	0,5 - 1	95 - 140	4	5 - 7	8,5 - 14
10 - 15	1 - 1,3	140 - 190	4	7 - 9	14 - 19
15 - 20	1,3 - 1,7	190 - 240	5	9 - 11	19 - 25
20 - 25	1,7 - 2	240 - 290	5	11 - 13	25 - 32

Qui vengono descritte le fasi del ciclo di saldatura.



1) Come mostrato nel ciclo di saldatura, l'equalizzazione è il primo passo, dove i due lembi da saldare sono accostati al termoelemento ad una pressione pari a $p_1 + p_t$, per il tempo necessario, al fine di creare un bordino uniforme sia interno che esterno (figura **A**).

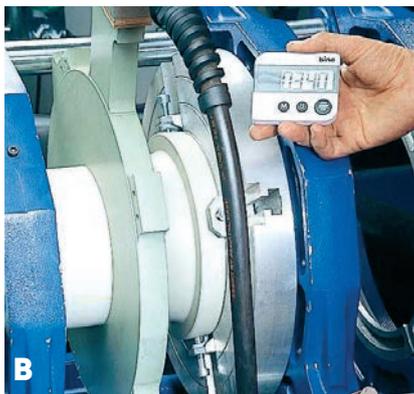
Questa fase di equalizzazione termina quando le altezze dei cordoli su tutta la circonferenza del tubo hanno raggiunto i valori specificati nella tabella precedente.

Il valore della pressione di equalizzazione deve essere tale per cui le superfici da saldare, a contatto con il termoelemento, siano soggette alla pressione descritta nella tabella; per ottenere tale condizione, il valore di pressione p_1 deve essere ricavato dalle tabelle fornite dal costruttore della saldatrice, perché esso dipende, a parità di diametro e spessore degli elementi da saldare, dalla sezione del cilindro di spinta del circuito di comando della saldatrice e, quindi, può variare a seconda del modello di attrezzatura impiegata.

Con il simbolo p_t si indica la pressione di trascinamento necessaria a vincere gli attriti dovuti alla saldatrice ed al peso della tubazione bloccata sulla guida mobile che ostacolano il libero movimento della guida stessa.

Tale valore è misurato direttamente sul manometro in dotazione alla macchina, muovendo la guida mobile (figura **B**).

In ogni modo esso non deve mai risultare superiore al valore della pressione p_1 : in questo caso è necessario ricorrere all'impiego di carrelli mobili o sospensori oscillanti per facilitare lo spostamento della tubazione.





2) Dopo la formazione del bordino, durante la fase di preriscaldamento, si abbassa la pressione, come si può vedere nella tabella (10% del valore precedente) permettendo in tal modo al materiale di scaldarsi uniformemente anche in profondità.

3) La fase di rimozione deve essere eseguita nel più breve tempo possibile, allontanando i lembi da saldare dal termoelemento, estraendo senza danneggiare le superfici rammollite, e riaccostando immediatamente i lembi da saldare.

Nota: Tale operazione deve essere rapida per evitare un eccessivo raffreddamento dei lembi (la temperatura superficiale si raffredda in 3 secondi di 17 °C).

4) Nel periodo di formazione della giunzione, i due lembi vanno posti a contatto come mostrato in figura incrementando progressivamente la pressione relativa fino al valore (p_5+p_t) , dove $p_5=p_1$ e p_t è la pressione di trascinamento.



5) La pressione di saldatura deve essere mantenuta per il tempo descritto nel tempo di raffreddamento della colonna della pressione di giunzione. L'immagine qui sotto ritrae l'aspetto della regione saldata dopo la saldatura.

6) Terminata la fase di saldatura, la pressione di contatto viene annullata ed il giunto può essere rimosso dalla saldatrice, ma non deve essere, in ogni caso, sollecitato meccanicamente fino al suo completo raffreddamento.

Il tempo richiesto per ottenere un raffreddamento completo è indicato nella tabella nella colonna "Tempo di raffreddamento".



AVVERTENZE

Durante la saldatura testa a testa, fare attenzione alle seguenti raccomandazioni:

- Indossare sempre i dispositivi di protezione personale appropriati (per esempio, guanti e occhiali di sicurezza per proteggere mani e occhi).
- Seguire tutte le istruzioni di sicurezza specificate dal produttore dell'attrezzatura di saldatura.
- È una buona pratica, dopo la fase di piallatura, ispezionare i trucioli risultanti per verificare l'assenza di difetti di fabbricazione. I trucioli devono essere rimossi dalla superficie interna dei componenti da saldare usando una spazzola o un panno pulito.
- In ogni modo le superfici piallate non devono essere più toccate con mano o sporcate in altro modo: a tal fine le operazioni di saldatura devono seguire immediatamente la fase di preparazione,
- ricorrendo, qualora tracce di polvere si possano essere depositate, nel frattempo, sulle superfici piallate, alla pulizia con panno imbevuto di liquido detergente.

Vantaggi e applicazioni

La saldatura è adatta per un'ampia gamma di dimensioni di sezioni e forme complesse, poiché questa tecnica è più economica soprattutto per i componenti il cui diametro supera i 200 mm. Inoltre, questa tecnica di saldatura non richiede ulteriori raccordi per la giunzione e l'attrezzatura può essere utilizzata in modo completamente o semi-automatico.

I componenti saldati a testa a testa vengono usati principalmente nei cantieri; inoltre le applicazioni tipiche includono la riparazione nei servizi idrici e nei prodotti chimici.

Controllo qualitativo dei giunti saldati

Esistono due metodi di valutazione della qualità: controlli non distruttivi e controlli distruttivi. Questi ultimi richiedono apparecchiature specifiche, è comunque possibile visivamente verificare la qualità del giunto senza l'ausilio di particolari strumenti. Le ispezioni visive dovrebbero valutare i seguenti punti:

- Il cordolo di saldatura deve risultare uniforme su tutta la circonferenza del giunto.
- L'intaglio al centro del cordolo deve rimanere al di sopra del diametro esterno degli elementi saldati.
- Sulla superficie esterna del cordolo non devono evidenziarsi porosità, inclusioni di polvere o altre contaminazioni.
- Non devono evidenziarsi rotture superficiali.
- La superficie del cordolo non deve manifestare lucentezza eccessiva, che potrebbe essere indice di surriscaldamento.
- Il disassamento degli elementi saldati non deve risultare superiore al 10% del loro spessore.

Difetti più comuni

La tabella seguente riporta i tipi di difetti più comuni riscontrabili a seguito di non corretta procedura di saldatura.

Andamento irregolare del cordolo lungo la circonferenza del tubo	
Possibili cause	Preparazione poco accurata delle teste da saldare con conseguente distribuzione non uniforme del calore
Dimensione ridotta del cordolo di saldatura	
Possibili cause	Cattiva regolazione dei parametri di saldatura (temperatura, pressione, tempo di saldatura)
Intaglio al centro del cordolo eccessivamente profondo	
Possibili cause	I valori di temperatura o pressione sono troppo bassi
Inclusioni nella superficie del cordolo di saldatura	
Possibili cause	Pulizia insufficiente delle teste a saldare
Porosità del cordolo di saldatura	
Possibili cause	Ambiente eccessivamente umido durante la fase di saldatura
La superficie del cordolo di saldatura presenta una finitura lucida eccessivamente liscia	
Possibili cause	Surriscaldamento durante la saldatura
Disallineamento superiore al 10% dello spessore del tubo e del raccordo	
Possibili cause	Centatura non eseguita correttamente o eccessiva ovalizzazione del tubo

Saldatura a infrarossi

La saldatura a infrarossi (IR) è una tecnica di saldatura termica senza contatto che crea saldature estremamente solide che sono a tenuta d'aria e di liquidi. La radiazione infrarossa è più generalmente nota come calore proveniente dalla luce del sole, e come accade con qualsiasi fonte di luce, la radiazione elettromagnetica viene emessa a livelli estremamente elevati di intensità.

La radiazione infrarossa può essere utilizzata come fonte di riscaldamento intenzionale, ed è molto comune nei processi di produzione industriale e dei semiconduttori. I componenti termoplastici possono essere riscaldati molto facilmente a temperature di fusione poiché queste lunghezze d'onda possono essere regolate (saldatura IR) e quindi uniti in modo simile alla saldatura a piastra calda (saldatura nel bicchiere, saldatura di testa).

Istruzioni per la saldatura

Durante la saldatura a infrarossi, le due metà del pezzo sono tenute rigidamente in posizione vicino a una piastra che emette infrarossi.

La piastra emette poi una potente luce infrarossa in entrambe le parti lungo il percorso di giunzione determinato, di solito un cerchio o una linea. La piastra viene rapidamente rimossa, e le metà del pezzo vengono immediatamente unite e lasciate risolidificare sotto pressione.

Le giunzioni per fusione generate dalla saldatura a infrarossi sono omogenee e presentano buone caratteristiche.

Vantaggi e applicazioni della saldatura a infrarossi

Uno dei maggiori vantaggi di questa tecnica di saldatura è che permette una maggiore flessibilità di progettazione nella scelta del materiale (applicazioni senza contatto). Poiché questa tecnica comporta applicazioni senza contatto, elimina la sostituzione di inserti/materiale di rivestimento per la piastra (riscaldatore) per evitare di aderire alle parti. Inoltre, questa tecnica è più veloce del 50% rispetto alla saldatura testa a testa. Il rischio di contaminazione è nullo o minimo e anche la formazione di microsferi è molto ridotta. Grazie al riscaldamento uniforme, la formazione di tensioni nei giunti di saldatura è molto ridotta.

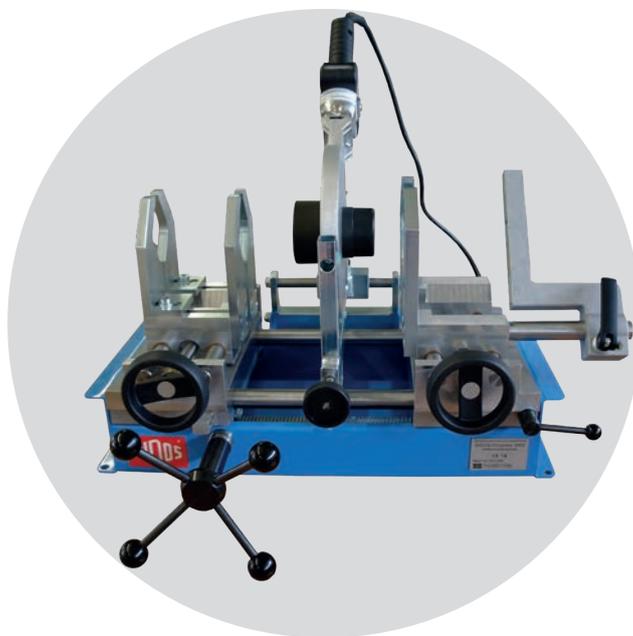
Le tipiche aree di applicazione della saldatura a infrarossi sono, per esempio, i componenti che hanno forme irregolari e più complesse.

3.1.3 Saldatura a bicchiere

La saldatura a caldo a bicchiere prevede la fusione del tubo entro il bicchiere del raccordo. La giunzione viene ottenuta portando contemporaneamente a fusione le superfici maschio e femmina da saldare tramite apposite apparecchiature riscaldanti di tipo manuale o automatico.

Tali macchine sono, nella forma più semplice, costituite da una piastra termica sulla quale sono montate delle bussole di fusione. I dispositivi sono dotati di un sistema di riscaldamento appropriato completo di un regolatore di temperatura automatico. Nessun materiale di apporto è richiesto per effettuare questo tipo di saldatura. La saldatura a bicchiere non diminuisce il grado di resistenza chimica del materiale e mantiene inalterati i requisiti di resistenza a pressione interna dei tubi e dei raccordi accoppiati. Il tubo da saldare deve essere tagliato, smussato e se necessario raschiato. Superficie esterna del tubo ed interna del raccordo vanno accuratamente pulite e sulle superfici esterne di tubo e raccordo è utile eseguire una tacca di riferimento per evitare di ruotare gli stessi mentre si esegue la giunzione.

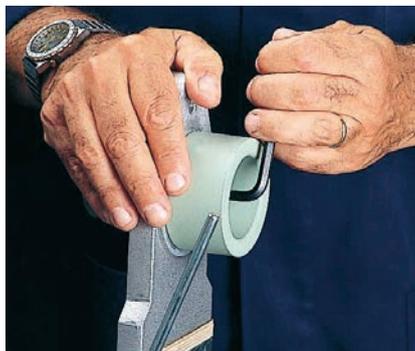
Il passo successivo è quello di inserire il tubo nella bussola femmina ed il raccordo nella bussola maschio e di mantenerli in posizione per un tempo minimo di riscaldamento; trascorso tale tempo occorre estrarre rapidamente gli elementi dalle bussole ed inserire il tubo nel raccordo per l'intera lunghezza di inserzione precedentemente stabilita, rispettando l'allineamento delle tacche di riferimento. Quindi è necessario sostenere gli elementi giuntati per 15 secondi circa e lasciarli raffreddare a temperatura ambiente senza ricorrere a ventilazione oppure a immersione in acqua.



Istruzioni per la saldatura

Il metodo descritto di seguito si applica solamente nella realizzazione di saldature termiche a bicchiere che prevedono l'impiego di apparecchiature saldanti di tipo manuale.

L'utilizzo di apparecchiature automatiche e semi-automatiche, particolarmente indicato per diametri superiori a 63 mm, comporta una conoscenza specifica dell'attrezzo, per cui si consiglia di attenersi alle indicazioni suggerite dal costruttore.



1) Selezionare le bussole femmina e le bussole maschio dei diametri richiesti, inserirle e fissarle al piattello di riscaldamento come mostrato nella figura.



2) Pulire accuratamente le superfici di contatto come mostrato nell'immagine. Sulla scelta del tipo di liquido detergente è raccomandabile far ricorso a prodotti consigliati direttamente dai produttori del settore: tricloro-etano, clorotene, alcool etilico, alcool isopropilico sono da considerarsi sostanze idonee all'uso.



3) Impostare la temperatura dell'elemento riscaldante. Per una corretta giunzione, la temperatura deve essere impostata tra 250° C e 270° C.

4) Quando l'apparecchio ha raggiunto la temperatura preimpostata, controllare la temperatura del piattello di riscaldamento con un sensore di temperatura ad azione rapida.

5) Tagliare il tubo (fotoe **A**), smussarlo e, se necessario, raschiarlo (foto **B**).



Il diametro e la lunghezza di raschiatura come la profondità dello smusso devono corrispondere ai valori indicati nella tabella delle dimensioni di raschiatura e smussatura dei tubi riportata qui sotto. Il processo di smussatura può essere eseguito dopo la raschiatura o contemporaneamente a questa operazione, utilizzando strumenti speciali calibrati.

Dimensioni di raschiatura e smusso del tubo PP-H

Diametro esterno D_e (mm)	Lunghezza di raschiatura L_p (mm)	Smusso S_m (mm)
20	14	2
25	16	2
32	18	2
40	20	2
50	23	2
63	27	3
75	31	3
90	35	3
110	41	3

Dimensioni di raschiatura e smusso del tubo in PVDF

Diametro esterno D_e (mm)	Lunghezza di raschiatura L_p (mm)	Smusso S_m (mm)
16	13	2
20	14	2
25	16	2
32	18	2
40	20	2
50	23	2
63	27	3
75	31	3
90	35	3
110	41	3



6) Segnare sul tubo la lunghezza d'inserzione L_i come mostrato in figura, facendo riferimento ai valori indicati nella tabella "Lunghezza d'inserzione del tubo" riportata di seguito.

Lunghezza di inserzione del tubo PP-H

Diametro esterno D_e (mm)	Lunghezza di inserimento nell'attacco del raccordo L_i (mm)
20	14
25	15
32	17
40	18
50	20
63	26
75	29
90	32
110	35

Lunghezza di inserzione del tubo in PVDF

Diametro esterno D_e (mm)	Lunghezza di inserimento nell'attacco del raccordo L_i (mm)
16	12
20	14
25	15
32	17
40	18
50	20
63	26
75	29
90	32
110	35



7) Eseguire sulle superfici esterne del tubo e del raccordo una tacca longitudinale di riferimento per evitare di ruotare gli stessi mentre si esegue la giunzione (vedere figura).



8) Pulire accuratamente sia il raccordo che il tubo da tracce di grasso e di polvere presenti sulle superfici di saldatura.



9) Dopo aver controllato che la temperatura superficiale del piattello riscaldante sia stabilizzata sul valore desiderato, introdurre il tubo nella bussola femmina ed il raccordo nella bussola maschio.

Sostenendo i pezzi inseriti nelle due bussole (raccordo inserito fino al fine corsa, tubo inserito fino alla fine della lunghezza di raschiatura), attendere il tempo minimo di riscaldamento indicato nella tabella dei tempi di riscaldamento, saldatura e raffreddamento riportati di seguito, tratti da DVS 2207.

De (mm)	Tubi in PP secondo: DVS 2207 Parte 11			
	Spessore minimo* (mm)	Tempo di riscaldamento (sec)	Tempo di estrazione (s)	Tempo di raffreddamento (min)
20	2,5	5	4	2
25	2,7	7	4	2
32	3	8	6	4
40	3,7	12	6	4
50	4,6	18	6	4
63	3,6	24	8	6
75	4,3	30	8	6
90	6,1	40	8	6
110	6,3	50	10	8

* Per una corretta saldatura, si consiglia di utilizzare tubi con spessore di parete superiore a 2 mm, e precisamente:

- per De fino a 50 mm: serie di tubi PN 10 e PN 16;
- per De da 63 a 110 mm: serie di tubi PN 16, PN 10 e PN 6.

Tempi di riscaldamento, saldatura e raffreddamento PVDF

De (mm)	Tubi in PVDF secondo: DVS 2207 Parte 15			
	Spessore minimo* (mm)	Tempo di riscaldamento (sec)	Tempo di estrazione (s)	Tempo di raffreddamento (min)
16	1,5	4	4	2
20	1,9	6	4	2
25	1,9	8	4	2
32	2,4	10	4	4
40	2,4	12	4	4
50	3	18	4	4
63	3	20	6	6
75	3	22	6	6
90	3	25	6	6
110	3	30	6	8

* Per una corretta saldatura, si consiglia di utilizzare tubi con spessore di parete superiore a 2 mm, e precisamente:

- per De fino a 50 mm: serie di tubi PN 10 e PN 16;
- per De da 63 a 110 mm: serie di tubi PN 16, PN 10 e PN 6.



10) Trascorso il tempo minimo di riscaldamento, estrarre rapidamente dalle bussole gli elementi ed inserire il tubo nel raccordo per l'intera lunghezza di inserzione L1 precedentemente segnata. Non ruotare il tubo nel raccordo; assicurarsi che i segni di riferimento longitudinali siano perfettamente allineati come si può vedere nell'immagine qui sotto.

11) Sostenere gli elementi giuntati per il tempo di saldatura riportato in tabella "Tempi di riscaldamento, saldatura e raffreddamento" e lasciarli, quindi, raffreddare lentamente a temperatura ambiente (mai per immersione in acqua o tramite ventilazione forzata). È importante sottolineare che questa fase dovrebbe essere a temperatura ambiente e senza usare flussi d'aria forzata o immersione in acqua.

12) Quando le superfici interne ed esterne sono raffreddate sufficientemente porre l'impianto in pressione per il collaudo idraulico delle giunzioni.



AVVERTENZE

Durante la saldatura a bicchiere, fare attenzione alle raccomandazioni seguenti:

- Indossare sempre i dispositivi di protezione personale appropriati (per esempio, guanti e occhiali di sicurezza per proteggere mani e occhi).
- Seguire tutte le istruzioni di sicurezza specificate dal produttore dell'attrezzatura di saldatura.
- Con la strategia di giunzione con saldatura nel bicchiere non è possibile compensare gli errori di orientamento o di profondità della giunzione, perché il suo raffreddamento avviene così rapidamente che una volta che la penetrazione del tubo nell'attacco del bicchiere si arresta, la correzione non può essere eseguita.
- Quando lo spazio di lavoro è limitato e il numero di giunzioni da realizzare è inferiore, suggeriamo che il sistema di tubazioni sia prefabbricato, per quanto possibile, con l'utensile di riscaldamento che può essere fissato in una morsa da banco.
- Le giunzioni che sono eseguite correttamente con un buon allineamento e profondità sono fisicamente molto impegnative da realizzare. Questo è particolarmente vero per le giunzioni finali a mano libera in cui lo strumento di riscaldamento è portata da uno dei membri della squadra di giunzione, un altro spinge un attacco a bicchiere sull'incudine di riscaldamento maschio (set faccia termica), mentre il tubo è forzato nell'incudine femmina dal terzo membro della squadra. Per fondere questi componenti sulle/nelle incudini, è necessaria una forza notevole ma costante, e andranno su di esse/in esse solo quando saranno fusi, indipendentemente dalla forza assiale. La vera sfida è mantenere la forza per guidare l'attacco a bicchiere abbastanza velocemente e abbastanza dritto nel tubo, in modo che l'orientamento del tubo e la profondità di penetrazione nel bicchiere siano corretti. Proponiamo quindi di rendere fattibile qualsiasi tentativo di preparazione per prefabbricare tutte le giunzioni sulla giuntatrice da banco.
- Le connessioni a bicchiere possono essere controllate sul campo per verificare che le tolleranze dimensionali siano valide prima di realizzare giunzioni termofuse a bicchiere. Un'eventuale connessione a bicchiere sovradimensionata non può essere usata.
- Il materiale plastico fuso è in grado di causare ustioni significative. Evitare l'interazione tra l'utensile termico e la plastica calda. Prima che gli installatori lascino l'area di lavoro, è utile ripiegare una coperta termica sulla maniglia o sul banco caldo. È consigliata l'affissione di un cartello di attenzione superfici calde anche scritto su un lembo di cartone e affisso sul banco di lavoro.
- Quando si imposta l'attrezzo riscaldato a mano, le istruzioni devono essere seguite con la massima cura. Gli strumenti di riscaldamento nell'impianto sono preimpostati a 250 °C - 270 °C. Girando la vite di regolazione del termostato con lo strumento incluso nel kit di giunzione manuale, la temperatura dell'utensile può essere modificata. Questo strumento è identico a una lama di un cacciavite, il cui gambo è stato ruotato di 90 °C. La temperatura verrà abbassata con una rotazione in senso orario, mentre sarà aumentata con una rotazione in senso antiorario.

Vantaggi e applicazioni

Il metodo di saldatura a bicchiere gioca un ruolo cruciale dove sono richiesti meno macchinari. Poiché la tecnica utilizza più superficie di contatto durante la saldatura, si riduce il tempo necessario per riscaldare e fondere il tubo. Inoltre, questa tecnica di saldatura richiede meno pressione della saldatura testa a testa.

Le tipiche aree di applicazione della saldatura a bicchiere sono per esempio i servizi di acqua e gas, i sistemi di irrigazione, i processi chimici e di trattamento dei rifiuti e così via.

Controllo qualitativo dei giunti saldati

La prova di taglio mediante torsione e la prova di resistenza alla spelatura radiale possono essere effettuate per un controllo rapido della qualità delle connessioni di tubi con saldatura a bicchiere. Lo spessore della parete del tubo deve essere ≥ 4 mm.

- Prova di taglio mediante torsione: la prova di taglio mediante torsione viene utilizzata per la valutazione del comportamento alla frattura e dell'aspetto della frattura del giunto di saldatura. A questo scopo, una parte del campione di prova è fissata completamente in una morsa da banco, ad esempio la sezione del bicchiere. L'altra parte, ad esempio la sezione del tubo, viene afferrata con un attrezzo adatto e attorcigliata per 90° nella sezione di saldatura. Il passo è molto basso per escludere il comportamento di frattura del campione di prova. Le aree di serraggio devono essere leggermente sottosquadro per inserire il momento torcente in direzione della sezione del giunto di saldatura.
- Prova di resistenza alla spelatura radiale: per questa prova la sezione del tubo del campione di prova che è fissata dalla sezione dell'attacco nella morsa dell'argano per mezzo di una pinza adatta o un altro dispositivo di serraggio viene spelata in direzione radiale alla velocità più bassa possibile. Per la valutazione, fare riferimento alla tabella qui sotto.

Criteri di valutazione per la prova di taglio mediante torsione e di spelatura radiale

Comportamento alla frattura	Tipo, Caratteristica	Valutazione
Forze di rilascio elevate, frattura duttile, > 80 % della zona di saldatura	Aspetto della frattura molto strutturato con resa plastica e duttile	Difetti minori
La zona di saldatura è parzialmente o completamente fusa, ma saldata solo a punti	Delaminazione isolata, contaminazioni, spelatura superficiale insufficiente	
Frattura fragile	La zona di rilascio è a pori larghi, a struttura fine, intervallata da molti vuoti, parzialmente bruciata, giunto di saldatura surriscaldato	Difetti inaccettabili
	La superficie del tubo non è fusa, il giunto di saldatura è troppo freddo, lo spazio di saldatura è troppo grande	

Difetti più comuni

- Una rotazione errata della vite di regolazione dello strumento di riscaldamento provoca la bruciatura dell'elemento termico.
- Prima di eseguire la saldatura assicurarsi che non ci siano contaminazioni presenti sulle superfici da saldare.
- Un serraggio improprio può provocare il disallineamento del tubo.
- Esecuzione della saldatura in condizioni di lavoro indesiderate (ad esempio, temperatura ambiente, temperatura dell'utensile di riscaldamento, ecc.).

3.1.4 Elettrofusione

L'elettrofusione è una tecnologia di saldatura molto sicura e facile da usare, utilizzata principalmente per i tubi in PE per gas, acqua, fognature e applicazioni industriali. L'elemento riscaldante è formato da filo metallico ed è parte integrante di accoppiatori, giunti sagomati e molti altri tipi di raccordi e valvole.

Quando viene applicata una corrente al filo di saldatura, grazie all'effetto Joule, la plastica circostante viene riscaldata a 200 °C. L'interno dell'attacco e l'esterno del tubo si fondono e convergono. Il controllo della temperatura o del tempo di fusione viene implementato per raggiungere la giusta quantità di fusione e per fermare il riscaldamento al momento giusto. Quando si raffredda, la plastica si fonde per creare una connessione solida e omogenea senza alcun materiale di tenuta aggiuntivo o guarnizione.

L'elettrofusione può essere utilizzata con materiali poliolefinici che presentano una microstruttura semi-cristallina, come PE80, PE100, PE100-RC, PE-X, PP, PB o PA.

È la tecnica di saldatura più usata attualmente per assemblare i tubi in PE e alcuni tubi multistrato.



Istruzioni per la saldatura

Qui di seguito sono riportate le istruzioni passo per passo per l'esecuzione della saldatura per elettrofusione.



- 1) Misurare e segnare la profondità di inserimento del tubo nel raccordo.
- 2) Raschiare le estremità dei tubi con un raschietto a rotazione per rimuovere lo strato superficiale ossidato, permettendo al materiale pulito di entrare in contatto con il raccordo.
- 3) Pulire le estremità del tubo e la faccia interna del raccordo con un detergente approvato.
- 4) Rinnovare la marcatura della profondità di inserimento per consentire il monitoraggio durante il processo di elettrofusione.
- 5) Inserire le estremità dei tubi nel raccordo alla giusta profondità.



6) Fissare con le pinze e collegare il raccordo alla scatola di elettrofusione con i fili elettrici.



7) Scannerizzare o leggere il codice a barre dell'elettrofusione e iniziare la procedura. In caso di problemi durante la lettura del codice a barre, i parametri di saldatura possono essere dedotti dal numero sopra il codice a barre e digitati manualmente nella saldatrice.

8) Dopo l'arresto automatico della procedura, la connessione non può essere spostata o messa sotto pressione prima che sia trascorso il tempo di raffreddamento

Per realizzare la saldatura per elettrofusione è obbligatoria la corretta comprensione del processo, delle attrezzature e degli strumenti ad essa associati. La comprensione delle istruzioni di saldatura, per esempio, la comprensione del tempo di riscaldamento, il tempo di raffreddamento, la compensazione della temperatura e così via è necessaria per il personale di lavoro.

L'immagine qui sotto mostra un esempio di codice a barre per elettrofusione secondo ISO 13950. Tale codice a barre deve essere scannerizzato per iniziare la procedura.

Il significato dei numeri nel codice a barre è il seguente:

- Le cifre da 1 a 8 sono utilizzate per descrivere il nome del produttore del raccordo, il tipo di raccordo, la correzione dell'energia applicabile al tempo di fusione nominale, il tipo e l'indicazione del tempo di raffreddamento.
- Le cifre da 9 a 11 corrispondono al diametro del raccordo.
- La cifra 12 indica il valore di resistenza (K).
- Le cifre 13 a 14 indicano la tensione nominale di fusione (V).
- Le cifre 15, 16, 17 indicano la resistenza dell'elemento riscaldante (Ω).
- La cifra 18 esprime la variazione della resistenza (%).
- Le cifre 19, 20, 21 esprimono indicano il tempo di riscaldamento (s).
- Le cifre 22 a 23 esprimono la correzione dell'energia (%).

I numeri in grassetto rappresentano il numero di lotto.

Per ottenere maggiori informazioni, fare riferimento a ISO 13950.





AVVERTENZE

Durante la saldatura per elettrofusione, si suggerisce di seguire le istruzioni riportate di seguito:

- Indossare sempre i dispositivi di protezione personale appropriati (per esempio, guanti e occhiali di sicurezza per proteggere mani e occhi).
- Seguire tutte le istruzioni di sicurezza specificate dal produttore dell'attrezzatura di saldatura.
- Le superfici dei tubi da fondere e la superficie interna dei raccordi devono essere assolutamente pulite, asciutte e prive di grasso. Queste aree devono essere pulite con un detergente adatto ed esclusivamente con carta assorbente, senza lanugine e non colorata, direttamente prima del montaggio e dopo la raschiatura. Durante la pulizia, assicurarsi che nessuna contaminazione proveniente dalla superficie non raschiata del tubo si introduca nella zona di fusione.
- In caso di rimozione incompleta della pellicola ossidante si possono verificare saldature di giunzione non omogenee e non a tenuta.
- Una rimozione eccessiva può causare la formazione di un'ampia fessura anulare che non può essere chiusa o completamente chiusa con la saldatura. Per questo motivo occorre controllare ad intervalli regolari le condizioni della lama del raschietto. Le lame usurate devono essere sostituite.
- La fusione tra diverse qualità di PE come PE80/PE100 o PE100/PE100-RC o PE100/PE-X è possibile, mentre materiali diversi non possono essere saldati insieme.
- Il tempo di raffreddamento è molto importante per assicurarsi che si raggiunga la qualità di connessione desiderata.
- Bisogna prestare attenzione durante il taglio del tubo. Un taglio del tubo non rettangolare può portare alla parziale non copertura della bobina di riscaldamento da parte del tubo, con conseguente surriscaldamento, una formazione incontrollata di massa fusa o un'autocombustione.

Vantaggi e applicazioni della saldatura per elettrofusione

Questa tecnica di saldatura è molto adatta alle poliolefine e ad altri polimeri cristallini. L'elettrofusione sta diventando sempre più popolare perché copre una vasta gamma di componenti di diametro diverso. Inoltre, questa tecnica permette la riparazione senza dover rimuovere i tubi. La non formazione di microsferi di fusione all'interno del tubo rende questa tecnica la più preferita. Inoltre, il suo controllo automatizzato del processo di fusione assicura l'elevata affidabilità del processo.

Le tipiche aree di applicazione della tecnica di saldatura per elettrofusione sono, per esempio, nella costruzione di linee di gas, acqua o fognature in PE, o di condutture industriali in PP o PE.

Maggiore profondità di inserimento per un risultato perfetto

Uno dei vantaggi offerti dall'uso del nostro raccordo elettrosaldabile è la grande profondità d'inserimento che lo rende una soluzione altamente efficiente per la realizzazione di un buon risultato. Fornisce una sicurezza in più perché le estremità del tubo sono tenute in modo migliore durante il processo di elettrofusione.

Zona di fusione più lunga per una presa maggiore

Un altro vantaggio assicurato dall'utilizzo del nostro raccordo elettrosaldabile è la zona di fusione più lunga che permette una maggiore presa. Questo aspetto alla fine produce una riduzione della tensione di flessione e aiuta anche a prevenire la perdita di pressione di fusione. Inoltre, aiuta a compensare i tubi che non sono stati tagliati ad angolo retto e le estremità dei tubi rovesciati. Le zone di fusione più lunghe producono un'area più grande per assorbire l'energia. Inoltre, assicurano una maggiore stabilità e una maggiore sicurezza di installazione.



La tabella seguente è utile per capire meglio le differenze tra la zona di fusione Frialen® e i requisiti della Norma Europea. La tabella segue le norme DIN EN 12201-3, DIN EN 1555-3.

De (mm)	Lunghezza minima della zona di fusione (mm) secondo DIN EN 12201-3 DIN EN 1555-3	Lunghezza della zona di fusione di FRIALEN (mm)	Rapporto
32	10	21	2,1
63	11	29	2,6
125	16	42	2,6
225	26	71	2,7

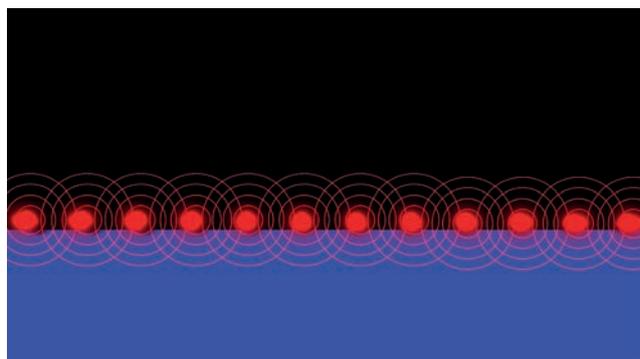
Serpentina di riscaldamento esposta per una migliore tenuta

Il vantaggio principale di avere una serpentina di riscaldamento esposta nel nostro raccordo elettrosaldabile è quello di ottenere una migliore tenuta. Inoltre, questo aspetto offre una notevole quantità di altri vantaggi. La patina ossidante, presente anche all'interno del raccordo, è molto ridotta e non influisce sulla qualità della saldatura. Inoltre, assicura una rapida fusione delle superfici di tubi e raccordi. Il riscaldamento e il raggiungimento della pressione di fusione necessaria vengono effettuati nel minor tempo possibile.

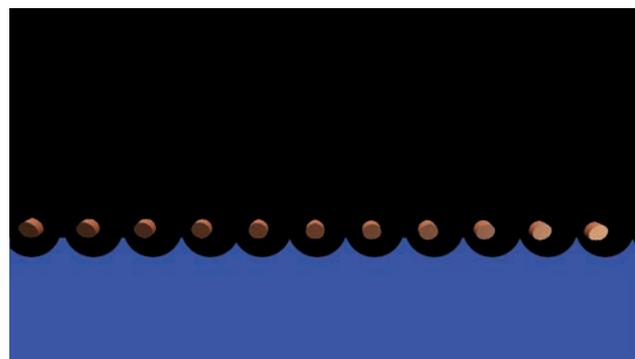
Due terzi della serpentina di riscaldamento sono incorporati nel raccordo, evitando qualsiasi danno al filo.

Le immagini mostrano rispettivamente un esempio di montaggio con serpentina di riscaldamento esposta e la formazione dell'onda finale del materiale fuso.

Durante la saldatura



Formazione di onde dopo la saldatura



Controllo qualitativo del giunto saldato

Gli indicatori PIN dei raccordi di sicurezza FRIALEN forniscono l'indicazione dell'avvenuta saldatura.

Prima della fusione



Dopo la fusione



Per essere sicuri che la fusione sia avvenuta con successo, si consiglia di controllare la scatola di fusione.

Gli accoppiatori grandi sono dotati di un indicatore di colore: il colore viola è visibile dopo la fusione, mentre l'indicatore non mostra alcun colore prima della fusione.

Difetti più comuni

- Un taglio del tubo non rettangolare può portare alla parziale non copertura della bobina di riscaldamento da parte del tubo, con conseguente surriscaldamento, una formazione incontrollata di massa fusa o un'autocombustione.
- La superficie del tubo che non viene raschiata correttamente è anch'essa una delle ragioni più comuni per i giunti difettosi. L'uso di strumenti di raschiamento adeguati è altamente raccomandato per evitare questo tipo di problemi.
- Una marcatura non corretta della profondità d'inserimento porta a un giunto difettoso. Per una corretta marcatura della profondità di inserimento, assicurarsi che sia data la metà della lunghezza dell'accoppiatore più 5 mm di tolleranza aggiuntiva.
- Non prestare attenzione al ri-arrotondamento dei tubi quando non sono in una forma. I tubi, in particolare quelli in rotoli e su tamburo possono perdere la loro rotondità durante lo stoccaggio. Se l'ovalità del tubo nella zona di fusione è maggiore dell'1,5% rispetto al diametro esterno o è >3 mm, occorre riarrotondare i tubi in questione nella zona di fusione. A tale scopo si deve utilizzare una pinza arrotondatrice.
- L'uso scorretto o il mancato utilizzo di dispositivi di tenuta può provocare un disallineamento del tubo.
- Inclinare il tubo durante l'inserimento, usare la stessa salvietta sgrassante più e più volte e spostare un raccordo prima che si sia raffreddato completamente può provocare una giunzione errata.

3.1.5 Saldatura a gas caldo

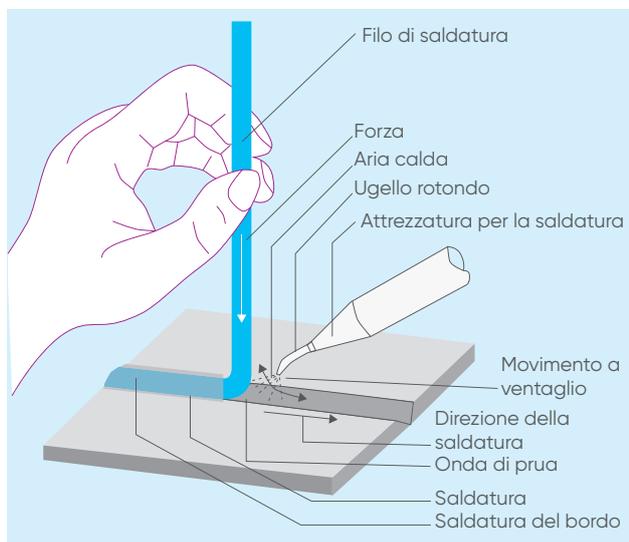
Nella saldatura a gas caldo le facce di giunzione e le zone esterne del materiale di apporto vengono convertite allo stato plastico da un gas caldo, di solito aria riscaldata, e unite sotto pressione.

Diversi materiali possono essere saldati con la saldatura a gas caldo, come PE, CPVC, UPVC, PP e PVDF.

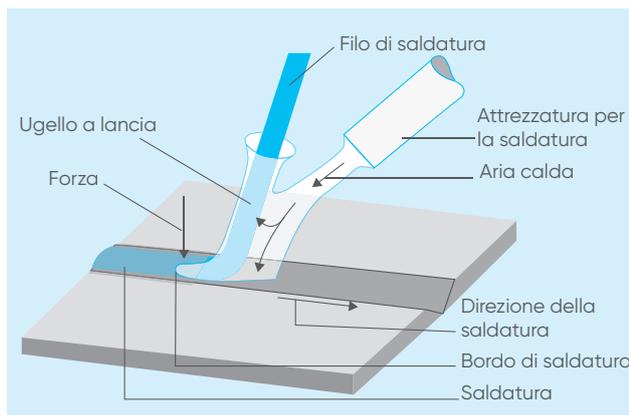
In generale, una saldatrice a gas caldo è progettata per svolgere tre funzioni: preriscaldare il materiale di base, guidare e preriscaldare la bacchetta di saldatura e applicare la pressione alla zona di saldatura.

Sono disponibili due diversi tipi di saldatore:

- saldatura a gas caldo con torcia separata dall'asta d'apporto (WF): il riscaldamento avviene tramite l'ugello rotondo. L'estremità smussata del filo di saldatura è tenuta all'inizio della scanalatura di saldatura e riscaldata insieme al materiale di base. L'ugello viene condotto nella direzione della saldatura in modo che la corrente di aria calda si distribuisca sul materiale di base e sul filo di saldatura. Questo viene condotto nella direzione della saldatura sottoponendo il filo di saldatura ad una pressione il più verticale possibile, come mostrato nella figura



- saldatura a filo con gas caldo (WZ): il filo di saldatura viene riscaldato nell'ugello a lancia e premuto nel solco di saldatura tramite un'estensione simile a un beccuccio nella parte inferiore dell'ugello. Il filo di saldatura viene trascinato automaticamente attraverso il movimento in avanti dell'ugello. La pressione di saldatura necessaria può essere applicata in modo più uniforme e semplice. Un esempio è mostrato nell'immagine.



Istruzioni per la saldatura

La qualità del gas utilizzato come mezzo di trasferimento del calore, la pressione e la temperatura sono fattori critici per la qualità della saldatura.

La saldatura a gas caldo ad alta velocità richiede l'uso di gas fornito a bassa pressione e ad alto volume, privo di olio e umidità.

Nella seguente tabella, tratta da DVS 2207, sono elencati alcuni valori raccomandati dei parametri di saldatura per diversi materiali.

Simbolo del materiale	Tipo di saldatura ⁽¹⁾	Forza di saldatura (N) con filo di saldatura ⁽²⁾		Temperatura dell'aria calda °C ⁽³⁾	Quantità d'aria l/min
		rotondo 3 mm Ø	rotondo 4 mm Ø		
PE-HD	WF	6...10	15...20	300...340	40...60
	WZ	10...16	25...35		
PE-LD (4)	WF			260...320	
	WZ				
PP	WF	6...10	15...20	280...330	
	WZ	10...16	25...35		
PVC-U, PVC-HI	WF	5...9	8...12	320...370	
	WZ	8...12	15...25		
PVC-P ⁽⁴⁾	WF	15...20	18...25	300...370	
	WZ	4...8	7...12		
PVC-C	WF	10...15	15...20	350...400	
	WZ	15...20	20...25		
PMMA ⁽⁵⁾	WF	12...16	12...16	320...370	
	WZ	12...16	20...30		
PVDF	WF	10...15	15...20	350...400	
	WZ	12...17	25...35		

⁽¹⁾ WF = saldatura a gas caldo con torcia separata dall'asta d'apporto; WZ = saldatura a filo con gas caldo.

⁽²⁾ La forza di saldatura può essere controllata con una saldatura di prova su una bilancia.

⁽³⁾ Misurato in una corrente d'aria calda circa 5 mm all'interno dell'ugello, nel caso di ugelli tondi al centro dell'ugello, nel caso degli ugelli a lancia nell'apertura principale dell'ugello.

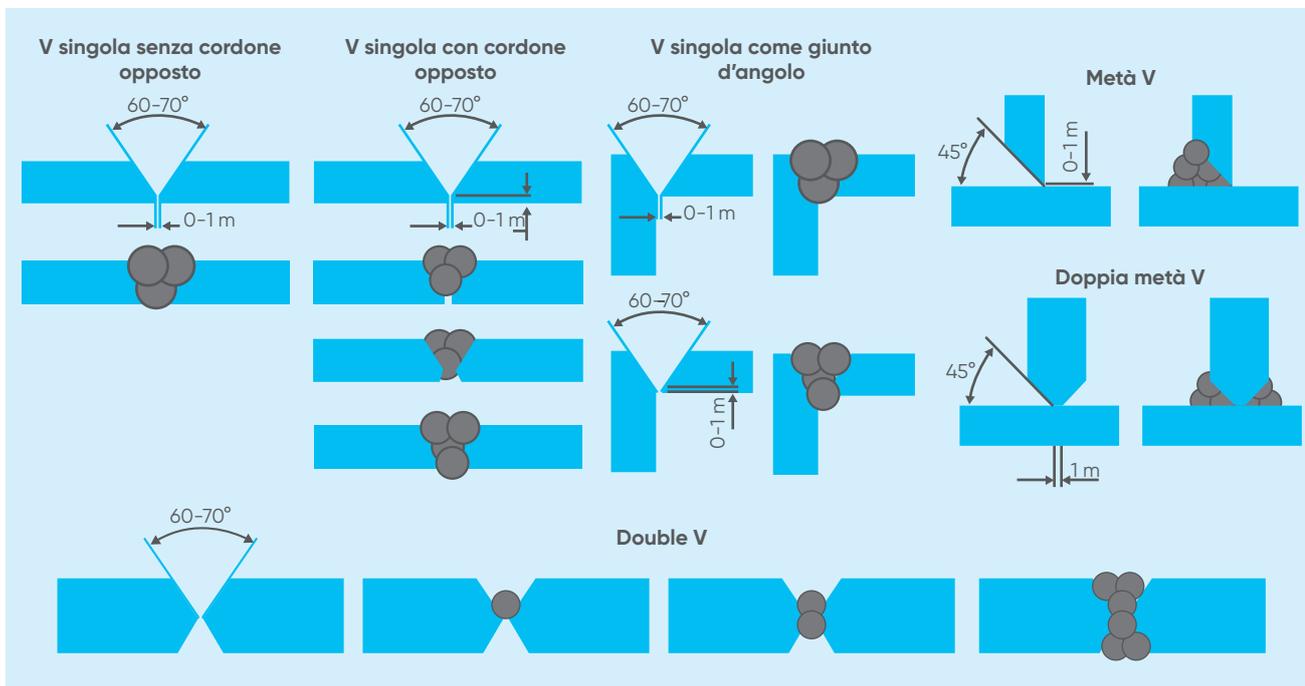
⁽⁴⁾ La saldatura WF è possibile nel caso di queste plastiche solo con un rullo a cuscinetto adatto.

⁽⁵⁾ Saldato con riempitivo per saldatura in PVC.

Per eseguire una buona saldatura a bacchetta è necessario seguire questi consigli:

- 1) Le estremità dei pezzi di materiale da unire devono essere smussate per ottenere la migliore saldatura. Lo smusso può essere prodotto con una sega regolabile, una fresa o un altro strumento adatto. L'angolo tra gli smussi dei due pezzi da unire deve essere compreso tra 60 e 70 gradi, tranne quando un pezzo è unito perpendicolarmente ad un altro, nel qual caso, l'angolo è ridotto a 45 gradi.
- 2) Le parti da assemblare devono essere molto pulite. Per rimuovere i residui di superficie, si raccomanda vivamente di smerigliare leggermente o raschiare con una lama affilata la zona da saldare e il cordone di saldatura.
- 3) Se il giunto non sarà puntato prima della saldatura, si raccomanda di lasciare uno spazio di 0,5 - 1 mm di larghezza tra i due pezzi da unire in modo che il materiale di saldatura possa penetrare fino alla radice dello smusso e traboccare leggermente dall'altra parte. Se le parti saranno prima puntate, dovranno essere unite senza spazi vuoti. Le parti da unire devono essere montate saldamente in posizione con morsetti appropriati, se necessario.

Nell'immagine seguente sono mostrate le configurazioni tipiche dei giunti saldati.



4) Per facilitare l'inizio della saldatura, un angolo acuto può essere tagliato all'estremità iniziale del filo di saldatura. La bacchetta di saldatura non deve essere inserita nella punta di saldatura ad alta velocità fino a quando l'operatore non è pronto a iniziare la saldatura, altrimenti la bacchetta potrebbe bruciarsi.

5) Per iniziare la saldatura, l'operatore tiene la punta di saldatura sopra la zona da saldare, per evitare la bruciatura del materiale prima di iniziare il lavoro, come mostrato nell'immagine.



6) Quindi l'operatore inserisce la bacchetta di saldatura nel tubo di preriscaldamento e posiziona la punta sul materiale nel punto di partenza della saldatura. Tenendo la saldatrice con un angolo di circa 45 gradi, è necessario spingere la bacchetta attraverso la punta fino al contatto con il materiale di base. Una volta che la saldatura inizia, deve essere continuata a una velocità abbastanza costante.

7) Per fermare la saldatura prima che la bacchetta sia esaurita, l'operatore deve inclinare la saldatrice all'indietro, tagliare la bacchetta con la punta della scarpa e rimuovere immediatamente la bacchetta rimanente dalla punta di saldatura. La saldatura può anche essere terminata tirando la punta della saldatrice verso l'alto sulla bacchetta rimanente e tagliandola.

Più cordoni devono essere applicati in base a quanto necessario fino a quando il giunto è completamente riempito come mostrato nell'immagine precedente. Se il giunto da saldare è una doppia V o una doppia mezza V, i migliori risultati si ottengono se si mettono strati di cordoni alternativamente sui lati opposti del giunto.

La tabella mostra le raccomandazioni per la stesura del cordone per diversi spessori di materiale e configurazioni dei giunti.

Spessore del materiale mm		Numero del filo di saldatura x diametro
Saldatura a V singola	2	1 x 4
	3	3 x 3
	4	1 x 3 + 2 x 4
	5	6 x 3
Doppia	4	2 (1 x 4)
	5	2 (3 x 3)
	6	2 (3 x 3)
	8	2 (1 x 3 + 2 x 4)
	10	2 (6 x 3)



AVVERTENZA

Poiché la temperatura e la pressione sono fattori critici nella saldatura a gas caldo, è importante seguire attentamente le indicazioni date sulla temperatura e la forza applicata per evitare una saldatura sballata.

Vantaggi e applicazioni

La saldatura a bacchetta viene utilizzata nelle condutture per i servizi di acqua e gas, in particolare è suggerita per piccole o particolari produzioni e lavori speciali, perché può essere applicata su molti tipi di superfici e su materiali con forme diverse. Inoltre le saldature in plastica sono sicuramente molto più leggere dei fissaggi meccanici, quindi quando è possibile è consigliabile preferire questo tipo di connessioni a quelle meccaniche.

Controllo qualitativo del giunto saldato

Mentre la saldatura progredisce, l'ispezione visiva può valutarne la qualità: bordi bruniti o carbonizzati si verificano quando la saldatrice si muove troppo lentamente o si surriscalda.

Se la bacchetta è stata ammorbidita eccessivamente dal surriscaldamento, si allunga e si rompe o si appiattisce.

3.1.6 Giunti flangiati

Il giunto con estremità flangiate è il sistema di giunzione rimovibile più diffuso per il collegamento longitudinale di tubi termoplastici di grande diametro ed è particolarmente adatto a tutte le installazioni in cui è espressamente richiesto un rapido scollegamento dei componenti della linea e degli accessori per operazioni di manutenzione e controllo.

Questo sistema offre la possibilità di collegare attrezzature e sezioni di tubi di diversi materiali di costruzione, a condizione che le flange da accoppiare abbiano lo stesso modello di foratura.

Le flange utilizzate nel collegamento di tubi e raccordi termoplastici si differenziano nel diverso sistema di collegamento per il tipo di superficie di contatto dove viene implementata la tenuta idraulica dell'accoppiamento; in particolare è possibile trovare flange libere o fisse:

- Flange libere: flange che non sono rigidamente collegate al tubo ma sono libere di ruotare intorno al suo asse. La tenuta idraulica del giunto è ottenuta mediante la compressione di speciali guarnizioni elastomeriche alloggiata tra i contatti dei collari di appoggio, gli unici elementi del sistema di accoppiamento collegati direttamente alla tubazione con giunti permanenti o mobili.

I particolari vantaggi di questo sistema di flangiatura possono essere riassunti come segue:

- eliminazione delle operazioni di preallineamento durante l'installazione della giunzione tra flangia e tubo.
- possibilità di orientamento attorno all'asse centrale dei raccordi e delle valvole della diramazione della tubazione con estremità flangiate per un arco di rotazione completo di 360°.
- possibilità di utilizzare flange di materiale non omogeneo con quello dei tubi.
- ampia disponibilità di collari di appoggio in materiale termoplastico con diverse finiture delle superfici di tenuta (faccia piana, faccia dentellata o macchina per valvole a farfalla).

- Flange fisse: flange che sono direttamente collegate alla conduttura con giunti permanenti o rimovibili. Nel caso di collegamenti longitudinali permanenti (saldatura chimica a freddo, saldatura nel bicchiere, testa a testa o elettrofusione) la flangia e l'estremità del collare del giunto sono fatti dello stesso materiale di costruzione del tubo, mentre solo per i collegamenti longitudinali di tipo mobile (anello di gomma, giunto a compressione, ecc.) è possibile utilizzare flange e terminali di materiale diverso da quello del tubo.

Poiché l'estremità del collare del giunto contribuisce ad aumentare la resistenza meccanica della flangia, le flange fisse sono particolarmente adatte sia per applicazioni ad alta pressione che per accoppiamenti con guarnizioni elastomeriche piatte, dove il momento di serraggio dei bulloni è particolarmente elevata.

All'interno di questo gruppo è possibile trovare flange a faccia rialzata (RF) e a faccia piana (FF): la flangia a faccia rialzata è chiamata in questo modo in virtù della superficie rialzata sopra il cerchio di bulloni in cui è posizionata la guarnizione. La sigillatura di questo tipo di faccia della flangia si ottiene comprimendo una tra le flange di accoppiamento nell'area rialzata delle flange.

Le flange a faccia piana non hanno la zona rialzata come la flangia RF. Tutta la superficie è piatta. Ciò significa che la guarnizione usata con la flangia FF ha un contatto completo con tutta la superficie dove due flange sono accoppiate.

Forma della guarnizione

Tenendo conto delle condizioni operative e delle forze di tenuta, la selezione delle guarnizioni flangiate adatte nelle tubazioni termoplastiche dipende dai seguenti fattori:

- Forma.
- Dimensioni.
- Materiale.
- Resistenza chimica al fluido.

In generale, tuttavia, non è possibile determinare esattamente in anticipo quale tipo di superficie di tenuta deve essere utilizzato per una particolare applicazione, senza avere precedenti esperienze specifiche su cui basare il relativo criterio di selezione.

Tre diverse superfici di contatto sono generalmente utilizzate per le flange libere con collare d'appoggio:

- superficie di tenuta a faccia piana: le superfici di tenuta a faccia piana sono utilizzate nei giunti con guarnizioni piane per il trasporto di fluidi non pericolosi a bassa pressione o nei giunti con guarnizioni O-ring. Le flange fisse con superfici di tenuta piane sono ampiamente utilizzate per l'accoppiamento con le flange cieche nell'esecuzione di connessioni flangiate cieche per servizi come sfati e drenaggi. Inoltre si usano anche accoppiate con valvole a farfalla dotate di una guarnizione primaria o di una valvola a clapet con O-ring;
- superficie di tenuta con faccia piana dentellata: le superfici di tenuta con faccia piana dentellata hanno delle scanalature concentriche sulle superfici di appoggio della guarnizione che aumentano la compressione residua delle guarnizioni piane nelle applicazioni ad alta pressione. Questo tipo di superficie di tenuta è ampiamente utilizzato in tutte le flangiature in transito, dove le flange in materiale termoplastico sono collegate a controflange in materiale metallico (ghisa, acciai al carbonio e legati);
- superficie di tenuta con sede per anello elastomerico: è meno comune delle precedenti; sono adatte per flangiature in materiale termoplastico, in quanto sono richiesti valori limitati delle forze di serraggio dei bulloni per ottenere una perfetta tenuta idraulica del giunto.

Materiali tenuta

Le guarnizioni utilizzate nei giunti flangiati sono classificate in base al materiale e alla forma, che è direttamente collegata al tipo di superficie di tenuta della flangia.

Nel trasporto di fluidi industriali aggressivi, gli elastomeri etilenici o fluorurati, come EPDM e FPM, sono ampiamente utilizzati per la loro elevata resistenza chimica e meccanica anche ad alte temperature.

Gomme come NBR e PTFE, d'altra parte, offrono una grande affidabilità nel trasporto di acqua potabile o da potabilizzare, anche se oggi NBR è poco utilizzato a causa della sua bassa resistenza chimica.

La scelta del materiale di costruzione di una guarnizione dipende dalla natura del fluido trasportato nella condotta e dalle condizioni operative a cui è sottoposta la giunzione flangiata.

Inoltre, il materiale di una guarnizione caratterizza anche il carico di serraggio dei bulloni utilizzati nella giunzione flangiata: è necessario ricordare che l'utilizzo di elastomeri con diversi valori di durezza e di "compression set" richiede l'applicazione di coppie di serraggio diversificate che garantiscono la tenuta idraulica della giunzione.

Poiché la compressione della guarnizione dipende dalle caratteristiche del materiale elastomerico, dal tipo di superficie di contatto della flangia e dalla pressione di esercizio della tubazione, è sempre consigliabile, se non si hanno esperienze precedenti, verificare i carichi di serraggio da applicare ai bulloni.

Scelta dei bulloni

I bulloni utilizzati per la flangiatura dei tubi termoplastici consistono in barre metalliche completamente o parzialmente filettate, chiamate tiranti, completate da due dadi di arresto o in bulloni normali con gambo totalmente o parzialmente filettato, completati da un dado di serraggio.

Il tipo e le dimensioni dei bulloni dipendono dal modello di foratura della flangia e dal tipo di connessione flangiata selezionato.

La bulloneria in acciai al carbonio e debolmente legati, con carichi di rottura unitari compresi tra 50 e 70 kg/mm² garantisce un'adeguata resistenza meccanica dei giunti flangiati, poiché si suppone che eventuali fenomeni di creep del metallo siano inesistenti a causa delle limitate temperature di esercizio a cui sono sottoposti i tubi termoplastici.

L'uso di bulloni, dadi e tiranti in acciaio inossidabile e in leghe di rame, bronzo e ottone ad alta resistenza è da considerare esclusivamente in applicazioni caratterizzate da fenomeni di corrosione ambientale, come il sotterramento in terreni aggressivi, la corrosione da inquinamento atmosferico e l'ambiente marino.

In questi ultimi casi, un adeguato trattamento protettivo superficiale, come la zincatura o la verniciatura epossidica, può essere molte volte sufficiente a limitare i particolari fenomeni di corrosione ambientale nel tempo.

Per la scelta dei materiali, si suggerisce di fare riferimento alle varie norme internazionali in vigore che comprendono la classificazione, i test e l'imballaggio.

Quando si sceglie la filettatura, è preferibile utilizzare bulloni a passo grosso, poiché garantisce una migliore resistenza alla spellatura delle filettature rispetto ai bulloni equivalenti con filettatura a passo fine.

Si raccomanda anche di utilizzare le specifiche generali per la scelta dei bulloni e dei tiranti quando si selezionano i dadi di serraggio.

Flange normalizzate

Per facilitare l'intercambiabilità delle attrezzature e degli accessori di linea con estremità flangiate e per evitare calcoli di dimensionamento in fase di progettazione, tutte le flange attualmente utilizzate nella costruzione di tubi termoplastici sono prodotte in conformità a specifiche norme internazionali di unificazione.

Le norme internazionali di unificazione per la costruzione di flange per tubi termoplastici prendono spunto dalle norme equivalenti per i tubi metallici e specificano le dimensioni degli elementi di accoppiamento di una flangia, precisamente:

- la distanza di foratura (o il diametro del cerchio di foratura).
- Il numero e il diametro dei bulloni e dei fori dei bulloni.
- Il diametro esterno e lo spessore della flangia.

Le dimensioni degli elementi di accoppiamento, chiamati semplicemente modello di foratura, sono unificate secondo la pressione nominale PN della flangia e un diametro convenzionale di accoppiamento, chiamato semplicemente diametro nominale DN.

Per verificare la compatibilità tra i diversi modelli di foratura prescritti dalle norme di unificazione, si consiglia di consultare la seguente tabella, che illustra le principali dimensioni di accoppiamento dei giunti flangiati secondo la norma DIN 2501, con foratura PN10/16 fino a DN 150 e PN10 da DN200.

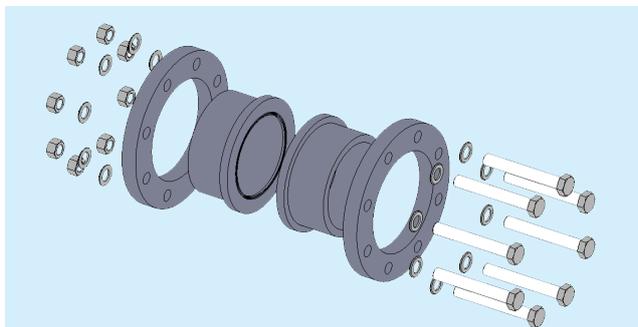
Dimensioni delle flange libere secondo DIN 2501, con foratura PN10/16 fino a DN150 e PN10 da DN200

De (mm)	DN	Diametro primitivo (mm)	Diametro del foro (mm)	Numero di bulloni
20	15	65	14	4
25	20	75	14	4
32	25	85	14	4
50	32	100	18	4
50	40	110	18	4
63	50	125	18	4
75	65	145	18	4
90	80	160	18	8
110	100	180	18	8
125	125	210	18	8
140	125	210	18	8
160	150	240	22	8
200	200	295	22	8
225	200	295	22	8
250	250	350	22	12
280	250	350	22	12
315	300	400	22	12
355	350	460	22	16
400	400	515	25	16

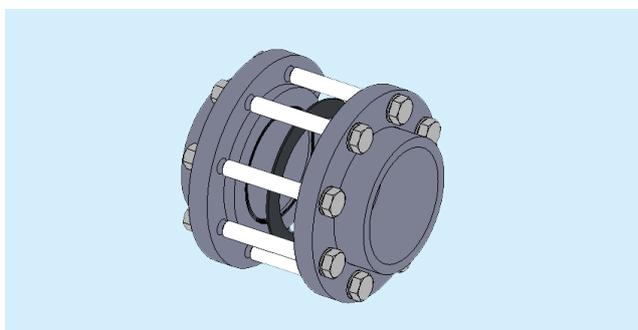
Per ulteriori informazioni sul nostro portafoglio completo di flange e sui diversi standard di foratura e dimensioni disponibili, si prega di fare riferimento ai nostri cataloghi di sistema Aliaxis.

Istruzioni per l'installazione

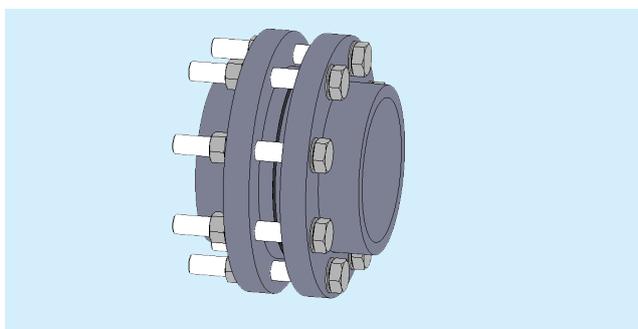
Per garantire la corretta installazione degli elementi flangiati, si raccomanda di eseguire le seguenti operazioni:



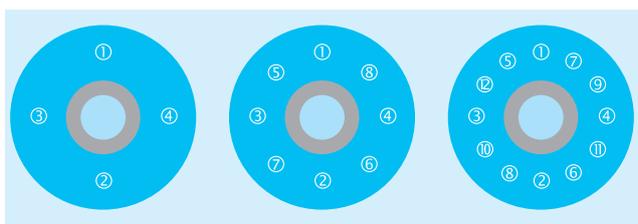
- 1) Inserire l'eventuale flangia libera sul tubo, prima di procedere all'installazione del collare.
- 2) In caso di flangia fissa verificare il corretto allineamento della foratura con la controflangia.
- 3) Verificare che il posizionamento delle controflange tenga conto degli ingombri dello scartamento faccia-faccia dei componenti.



- 4) Inserire la guarnizione piana tra i collari (passaggio non necessario per valvole a farfalla FIP) assicurandosi che le superfici di tenuta delle flange da saldare non siano separate da una distanza eccessiva.



- 5) Procedere con saldatura termica o saldatura chimica a freddo delle flange fisse o del collare nel caso di flange libere attenendosi alle istruzioni.
- 6) Inserire tutti i bulloni, le rondelle e i dadi.



- 7) Una volta trascorso il tempo di raffreddamento, procedere al serraggio dei bulloni seguendo l'ordine "a croce", come descritto nell'immagine a seconda che la flangia sia a 4, 8 o 12 bulloni.
- 8) Completare il processo di serraggio dei bulloni utilizzando una chiave dinamometrica fino a raggiungere il giusto momento di serraggio.

Nella tabella che segue sono rappresentati i valori del momento di serraggio di dadi e bulloni per ottenere la tenuta con flange in PVC-C e PVC-U con guarnizioni in EPDM/FPM/NBR.

Momento di serraggio per flange libere in PVC-C e PVC-U

De (mm)	DN	Valore di coppia (Nm)
20	15	9
25	20	9
32	25	9
40	32	9
50	40	9
63	50	12
75	65	15
90	80	18
110	100	20
125	125	35
140	125	55
160	150	40
200	200	55
225	200	55
250	250	70
280	250	70
315	300	70
355	350	75
400	400	75

La tolleranza sulla coppia di serraggio è +/-10%.

I momenti di serraggio per i bulloni delle flange nel sistema di tubazioni ABS sono elencate in questa tabella.

Momento di serraggio per flange libere ABS

De (mm)	DN	Valore di coppia (Nm)
16	10	15
20	15	15
25	20	15
32	25	15
40	32	20
50	40	30
63	50	35
75	65	40
90	80	40
110	100	40
140	125	50
160	150	60
225	200	70
250	250	80
315	300	100

La tolleranza sulla coppia di serraggio è +/-10%.

Nelle tabelle seguenti sono elencati i valori del momento di serraggio per ottenere la tenuta con flange in PP con anima in acciaio inossidabile.

Momento di serraggio per flange libere PP-St e flange cieche

De (mm)	DN	Valore della coppia di serraggio per flange libere (Nm)	Valore della coppia di serraggio per flange cieche (Nm)
20	15	15	15
25	20	15	15
32	25	15	15
40	32	20	25
50	40	30	35
63	50	35	35
75	65	40	40
90	80	40	40
110	100	40	45
125	100	40	45
140	125	50	50
160	150	60	60
180	150	60	60
200	200	70	70
225	200	70	70
250	250	80	100
280	250	80	100
315	300	100	110
355	350	120	160
400	400	140	170

Nella tabella che segue sono riportate le lunghezze minime dei bulloni per le connessioni flangiate delle valvole a farfalla FIP.

Lunghezza minima dei bulloni per le connessioni flangiate delle valvole a farfalla FIP

De (mm)	DN	L _{min} (mm)
50	40	M 16x150
63	50	M 16x150
75	65	M 16x170
90	80	M 16x180
110	100	M 16x180
125/140	125	M 16x210
160/180	150	M 20x240
200/225	200	M 20x260
250/280	250	M 20x310
315	300	M 20x340
355	350	M 20x360
400	400	M 24x420

Nella tabella seguente sono riportate le lunghezze minime dei bulloni per flangiatura tubi.

Lunghezza minima dei bulloni per flangiatura tubi.

De (mm)	DN	L _{min} (mm)
20	15	M 12x70
25	20	M 12x70
32	25	M 12x70
40	32	M 16x85
50	40	M 16x85
63	50	M 16x95
75	65	M 16x95
90	80	M 16x105
110	100	M 16x105
125	125	M 16x115
140	125	M 16x120
160	150	M 20x135
200	200	M 20x140
225	200	M 20x140
250	250	M 20x150
280	250	M 20x160
315	300	M 20x180
355	350	M 20x180
400	400	M 24x180

Si prega di notare quando segue:

- L'utilizzo di flange in metallo rivestito o fibra di vetro può consentire l'applicazione di momenti di serraggio più elevati, purché non superi il limite elasto-plastico del materiale.
- L'uso di materiali di tenuta elastomerica diversi da quelli elencati nella tabella precedente può richiedere momenti di serraggio leggermente superiori.
- Aliaxis consiglia sempre l'utilizzo di rondelle di dimensioni adeguate per qualsiasi bullone utilizzato nella flangia di accoppiamento.



AVVERTENZA

Nelle nostre valvole a farfalla, la sede della guarnizione primaria si estende su entrambe le facce della valvola. Di conseguenza, non sono necessarie guarnizioni perché la sede ne svolge la funzione. Inoltre, l'utilizzo di guarnizioni piane nelle valvole a farfalla può creare problemi di tenuta a causa del contatto gomma-gomma.

Vantaggi e applicazioni

Le giunzioni flangiate sono utilizzate nelle condutture antincendio o nei sistemi di gas, acqua e processi industriali. Vengono impiegate perché possono fornire un punto di scollegamento a prova di perdita e consentire l'inserimento di dispositivi di misurazione e regolazione nelle tubature. Sono facilmente rimovibili, economiche e, come descritto prima, offrono la possibilità di unire due tubi di dimensioni diverse.

3.1.7 Conessioni filettate

Per definizione, la connessione filettata è quel sistema di collegamento longitudinale che permette la connessione di due elementi complementari (maschio e femmina) attraverso un movimento elicoidale degli stessi.

La giunzione di tubi e raccordi termoplastici tramite estremità filettate è ampiamente utilizzata negli impianti civili e industriali dove è necessario collegare apparecchiature e accessori non omogenei.

L'applicazione su linee termoplastiche omogenee è invece preferita quando la rete di tubazioni deve essere smontata per occasionali operazioni di pulizia o modifica.

Poiché la filettatura riduce lo spessore effettivo della parete, i tubi filettati sono caratterizzati da una minore resistenza meccanica rispetto a quelli non filettati e a quelli che possono essere uniti per saldatura termica o saldatura chimica a freddo.

Richiedendo una particolare rigidità del materiale, la filettatura è consigliata solo per particolari resine termoplastiche: ad esempio è molto utilizzata nei tubi in PVC rigido omogeneo, in quanto associa indubbi vantaggi di installazione, come la possibilità di utilizzo immediato, la rapida disconnessione dei collegamenti e una vasta gamma di accessori e raccordi per la costruzione di linee anche complesse

Si usa anche nel PVC-C e nell'ABS, mentre non è raccomandato per i tubi in PP e PE, a meno di opportune aggiunte di riempitivi nella miscela, come la fibra di vetro, che aumentano la rigidità e la resistenza meccanica.

Nella produzione di tubi e raccordi in PVC rigido, vengono utilizzate le filettature BSP (British Standard Pipe) o NPT (National Pipe Thread).

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

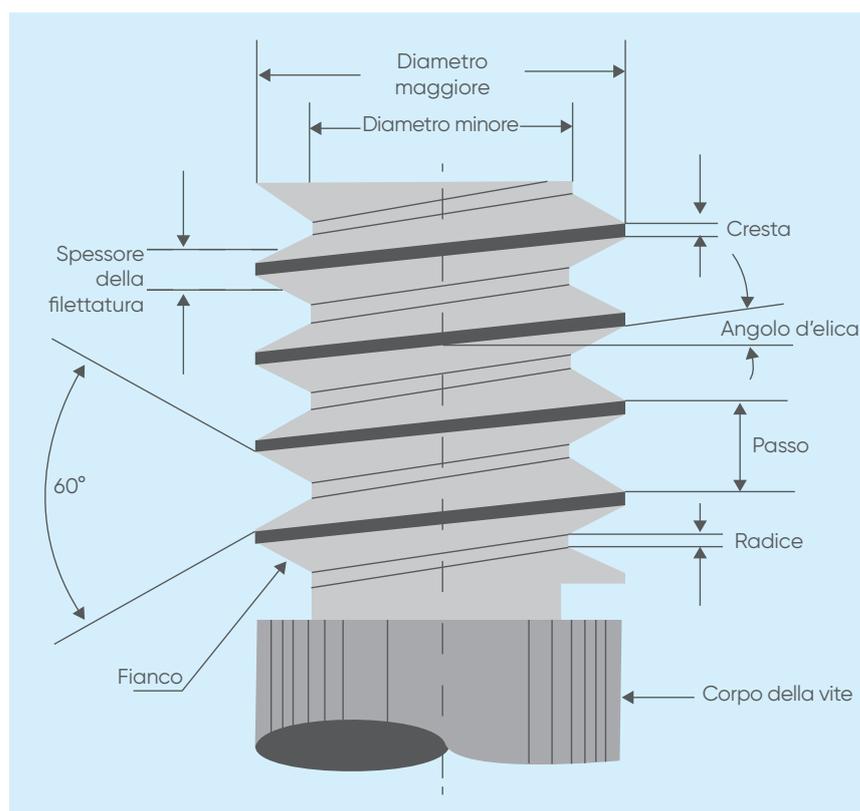
1) Filettatura cilindrica: è stata adottata a livello internazionale per l'interconnessione e la sigillatura di tubi e raccordi mediante l'accoppiamento di una filettatura esterna (maschio) con una filettatura interna (femmina). È stata adottata come standard nell'idraulica e nei raccordi per tubi, tranne che in Nord America, dove si usano le filettature NPT e affini.

Si distinguono due tipi di filettature:

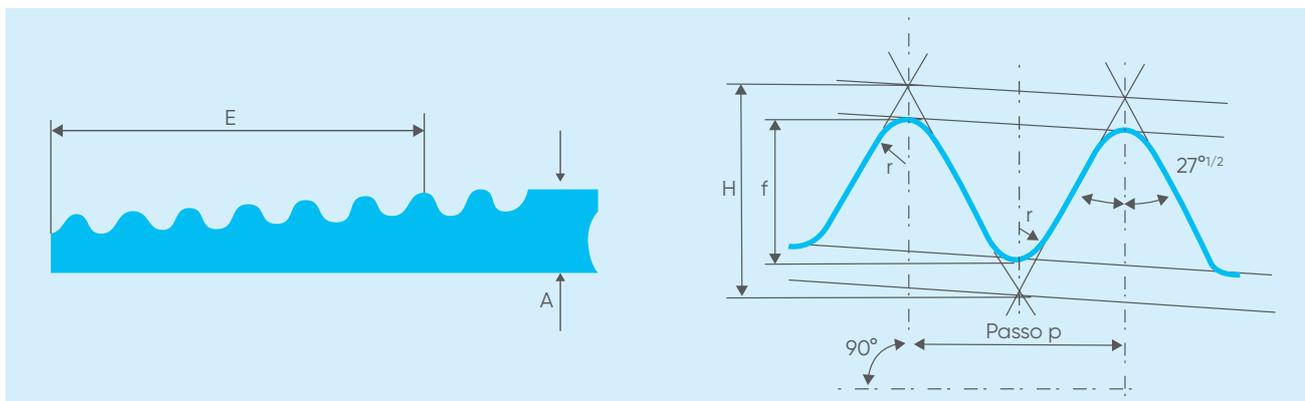
- filettatura BSPP (British Standard Pipe Parallel), che ha un diametro costante e viene indicata con la lettera G. Le filettature femmina e maschio sono entrambe parallele. Filettatura BSPP usata dove una giunzione a tenuta di pressione viene ottenuta dalla compressione di materiale morbido (come una guarnizione O-ring o una rondella) tra la faccia terminale della filettatura maschio e una faccia della testa, con il serraggio di un dado posteriore;
- Filettatura BSPT (British Standard Pipe Taper), il cui diametro aumenta o diminuisce lungo la lunghezza della filettatura; indicata dalla lettera R. La filettatura BSPT è usata dove la tenuta alla pressione è realizzata attraverso l'accoppiamento di due filettature insieme. Gli standard internazionali richiedono che tutte le filettature femmina siano parallele e che quelle maschio siano coniche.

Prima di esaminare in dettaglio la configurazione della filettatura BSPP e confrontarla con una NPT, può essere utile definire gli elementi principali di una filettatura:

- Diametro maggiore: il diametro esterno.
- Diametro minore: il diametro interno.
- Cresta: parte prominente di una filettatura.
- Spessore della filettatura: distanza tra i lati adiacenti della filettatura misurata lungo o parallelamente alla linea del passo.
- Angolo d'elica: angolo tra una qualsiasi elica e una linea assiale alla sua destra.
- Passo: la distanza tra filettature adiacenti.
- Forma: il profilo o la forma di una filettatura.
- Radice: fondo della scanalatura tra i due fianchi adiacenti della filettatura.
- Fianco: lati rettilinei che collegano cresta e radice.



In queste due immagini è rappresentata una configurazione BSPP di filettatura.



La norma ISO 228 - 1 riporta le dimensioni principali per le filettature dei tubi in cui le giunzioni a tenuta di pressione non sono realizzate sulle filettature, che sono elencate nella seguente tabella.

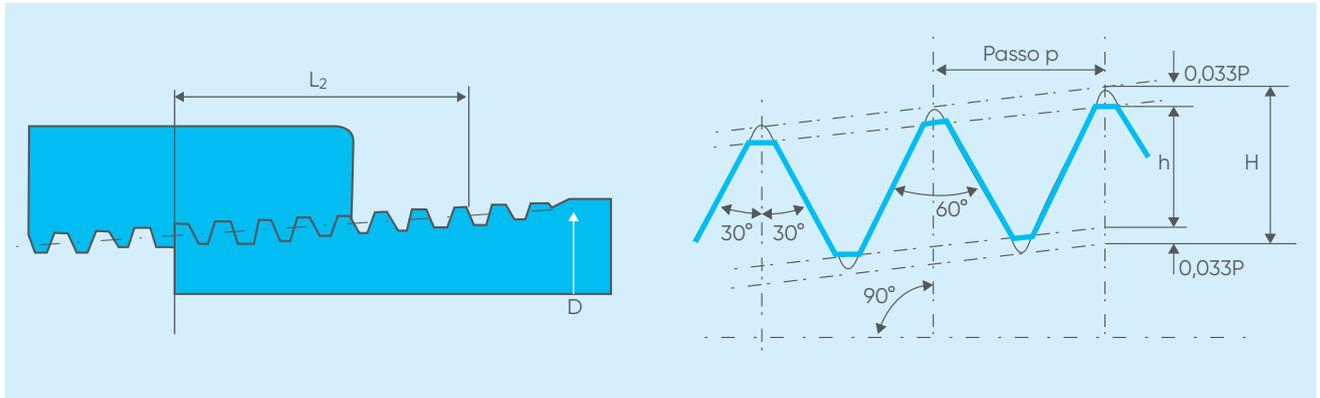
DN (in)	Numero di filettature in 25,4 mm	Passo (mm)	Altezza della filettatura (mm)	Lunghezza effettiva delle filettature (mm)
	n	p	h	E
1/4"	19	1,337	0,856	9,688
3/8"	19	1,337	0,856	10,025
1/2"	14	1,814	1,162	13,152
3/4"	14	1,814	1,162	14,514
1"	11	2,309	1,479	16,714
1 1/4"	11	2,309	1,479	19,050
1 1/2"	11	2,309	1,479	19,050
2	11	2,309	1,479	23,378
2 1/2"	11	2,309	1,479	26,698
3	11	2,309	1,479	29,873
4	11	2,309	1,479	35,791

La norma ISO 7 - 1 riporta le dimensioni principali per le filettature dei tubi in cui le giunzioni a tenuta di pressione sono realizzate sulle filettature, che sono elencate nella seguente tabella.

DN (in)	Numero di filettature in 25,4 mm	Passo (mm)	Altezza della filettatura (mm)	Lunghezza effettiva delle filettature (mm)
	n	p	h	E
1/4"	19	1,337	0,856	9,7
3/8"	19	1,337	0,856	10,1
1/2"	14	1,814	1,162	13,2
3/4"	14	1,814	1,162	14,5
1"	11	2,309	1,479	16,8
1 1/4"	11	2,309	1,479	19,1
1 1/2"	11	2,309	1,479	19,1
2	11	2,309	1,479	23,4
2 1/2"	11	2,309	1,479	26,7
3	11	2,309	1,479	29,8
4	11	2,309	1,4789	35,8

2) filettatura NPT: corrisponde alle norme tecniche nazionali americane per le filettature a vite, ed è particolarmente utilizzata nella costruzione di condutture per il trasporto di fluidi pressurizzati nell'industria chimica e petrolchimica.

Le due immagini seguenti mostrano una configurazione di filettatura NPT cilindrica.



Definita per la tenuta stagna nelle filettature, la filettatura NPT è utilizzata per accoppiamenti a vite e a manicotto conici, le cui dimensioni e caratteristiche sono illustrate nelle norme ANSI B1.20.1 e successivi emendamenti.

Le dimensioni principali sono elencate nella tabella.

DN (in)	Numero di filettature in 25,4 mm	Passo (mm)	Altezza della filettatura (mm)	Lunghezza effettiva delle filettature (mm)
	n	p	h	E
1/4"	18	1,4112	1,1288	10,2057
3/8"	18	1,4112	1,1288	10,3581
1/2"	14	1,8143	1,4514	13,556
3/4"	14	1,8143	1,4514	13,8608
1"	11,5	2,2088	1,7671	17,3431
1 1/4"	11,5	2,2088	1,7671	17,9527
1 1/2"	11,5	2,2088	1,7671	18,3769
2	11,5	2,2088	1,7671	19,2151
2 1/2"	8	3,175	2,54	28,8925
3	8	3,175	2,54	30,48
4	8	3,175	2,54	33,02

Istruzioni per l'installazione

Per garantire la tenuta idraulica della giunzione di raccordi e valvole con estremità femmina filettata, Aliaxis consiglia di eseguire le seguenti operazioni:



1) Iniziare l'avvolgimento del nastro di sigillatura in PTFE sul lato esterno dell'estremità maschio filettata prestando attenzione a non ostruire il foro di passaggio del tubo, del raccordo o della valvola.



2) Completare il primo strato di avvolgimento ruotando il nastro in senso orario fino al raggiungimento della radice della filettatura. Si raccomanda di tenere il nastro in tensione durante tutta l'operazione.



3) Premere sulle creste della filettatura per assicurarsi che il nastro aderisca perfettamente al supporto.

4) Aumentare lo spessore dello strato PTFE, continuando ad applicare il nastro in tensione ruotandolo in senso orario fino al raggiungimento del livello ottimale.

6) Accertarsi che lo strato di PTFE non venga rimosso durante l'avvitamento, poiché comprometterebbe la tenuta idraulica della giunzione.

7) Completare l'avvitamento delle due estremità sfruttando tutta la lunghezza della filettatura con l'ausilio di una chiave a nastro o similari.

8) Evitare il serraggio eccessivo degli elementi, poiché potrebbe danneggiare le filettature o causare stress agli elementi stessi.

Per una corretta installazione, Aliaxis raccomanda di utilizzare esclusivamente nastro di sigillatura in PTFE non sinterizzato.

È assolutamente da evitare l'uso di materiali quali canapa, lanugine o vernici normalmente impiegate per effettuare la tenuta idraulica su filettature metalliche.



AVVERTENZE

Evitare l'utilizzo delle connessioni filettate nei seguenti casi:

- applicazioni ad alta criticità, quali il convogliamento di fluidi chimicamente aggressivi o tossici;
- in presenza di medie o alte pressioni Aliaxis raccomanda l'utilizzo di giunzioni a saldatura chimica a freddo, saldatura a caldo o giunzioni flangiate;
- impianti soggetti a sollecitazioni meccaniche e/o termiche quali colpi d'ariete, forti escursioni termiche, flessioni, disallineamenti e tensioni trasversali che possono causare una precoce rottura della giunzione filettata;
- accoppiamento tra elementi con eccessiva distanza l'uno dall'altro.

Vantaggi e applicazioni

Le connessioni filettate sono utilizzate nelle condutture dell'acqua e del gas. Offrono un'elevata capacità di carico e affidabilità. L'ispezione, la riparazione o la sostituzione del gruppo filettato sono economiche e semplici, perché possono essere smontate quando necessario.

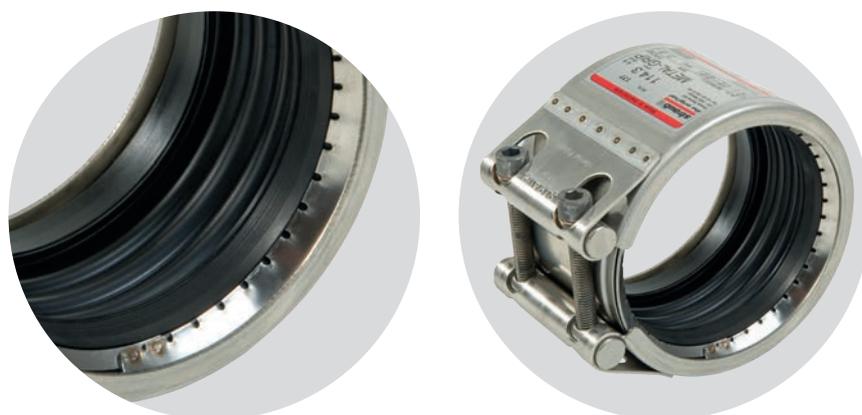
3.1.8 Giunzione meccanica di condutture con giunto Straub

Sono sempre esistite numerose possibilità di collegamento dei tubi che richiedono una particolare competenza e vaste scorte. I giunti Straub sono stati inventati più di 50 anni con l'obiettivo di portare ordine a questo "caos". L'idea di base del raccordo Straub è quella di collegare estremità di tubi lisci senza dover trattare né le estremità né il giunto.

Lo "straubING" veloce, facile e affidabile ha preso il posto dei collegamenti a flangia o a saldatura. Grazie al suo concetto ingegnoso, il giunto originale STRAUB è considerato una delle migliori innovazioni nel mercato globale della tecnologia di collegamento dei tubi.

Nella gamma STRAUB si possono notare due distinzioni: Tutti i giunti GRIP sono resistenti alla trazione assiale, mentre i giunti FLEX sono assialmente flessibili (non resistenti alla trazione assiale).

Il sistema di ancoraggio dinamico STRAUB-GRIP è in grado di assorbire le forze assiali derivanti dalla pressione interna, gli anelli di ancoraggio si innestano nel materiale del tubo interessato e forniscono un collegamento meccanico. Se il carico di trazione assiale sul tubo aumenta a causa della crescente pressione, l'anello di ancoraggio si innesta in profondità nella superficie del tubo.

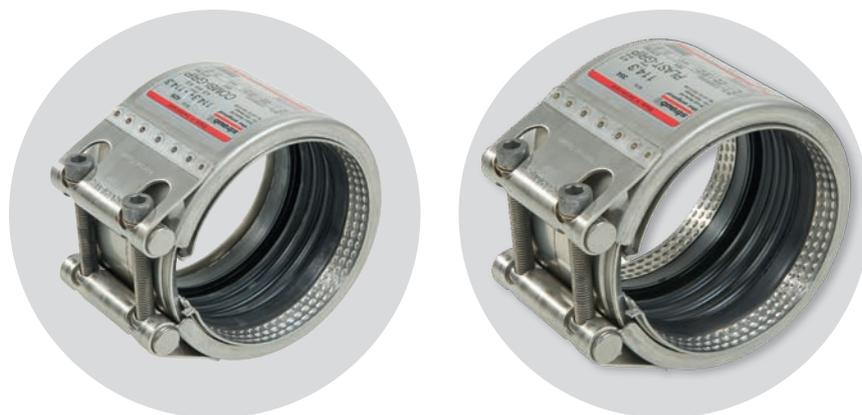


Mentre l'applicazione standard dei giunti STRAUB-GRIP è quella di collegare tubi metallici di quasi tutti i tipi, vi sono due diverse soluzioni per l'uso con tubi di plastica: STRAUB-COMBI-GRIP utilizzato per giunzione di transizione tra tubi metallici e di plastica e STRAUB-PLAST-GRIP per il collegamento di tubi di plastica.

L'installazione e la connessione di tubi di plastica presenta nuove sfide per l'appaltatore. Molti tipi di collegamento dipendono dalle condizioni atmosferiche o dalla temperatura oppure necessitano di apparecchiature elettriche e strumenti speciali per l'installazione, o di conoscenze specifiche e approvazioni. Con STRAUB-PLAST-GRIP possono essere collegati tubi in vari tipi di plastica. In particolare, due diversi materiali plastici possono essere collegati tra loro.

In caso di adattamenti o modifiche di sistemi già installati, il giunto può essere facilmente smontato e riutilizzato. Il rapporto costi/benefici ne subisce l'influsso positivo.

STRAUB-COMBI-GRIP e STRAUB-PLAST-GRIP sono raccordi per tubazioni affidabili, resistenti alla trazione assiale e possono essere utilizzati ovunque e in qualsiasi occasione. Entrambi i raccordi sono disponibili nelle gamme di diametro da 38 mm fino a 355 mm e possono essere utilizzati nei campi di temperatura da -20°C a +100°C con guarnizione EPDM, e da -20°C a +80°C con guarnizione NBR.



Un'altra varietà di raccordi per tubi resistenti alla trazione assiale si chiama STRAUB-PLAST-PRO e si usa principalmente per l'installazione di tubi in pressione in polietilene (PE). STRAUB-PLAST-PRO offre un'alternativa ai tradizionali metodi di giunzione di PE utilizzati in acqua, acque reflue, impianti industriali e applicazioni di manutenzione. La gamma completa di prodotti è disponibile per tubi in PE nella dimensione SDR 11 (63,0 - 180,0 mm; PN 16) e SDR 17 (90,0 - 355,0 mm; PN 10).

L'intera gamma di prodotti offre il grande vantaggio della facilità di collegamento tra i tubi senza necessità di alimentazione esterna e preparazione degli spezzoni da connettere; utilizzabile anche in condizioni climatiche impegnative.

I tubi in PE 80 o PE 100 sono collegati tramite inserti di guarnizione primaria e fascette esterne. Il concetto di giunzione permette di assemblare il prodotto in modo semplice e in pochissimo tempo.

I tubi in PE con rivestimenti protettivi aggiuntivi sono disponibili in una varietà di design come i tubi in PE con uno strato barriera in alluminio resistente alla diffusione, che costituiscono la scelta preferenziale per la posa in terreni contaminati. In questo modo, si evita che le sostanze inquinanti entrino nel tubo e che il fluido penetri nel terreno.

STRAUB-PLAST-PRO collega i tubi con strato barriera in modo facile e sicuro senza alcuna preparazione delle estremità.

Prima del montaggio, verificare il diametro esterno del tubo e accertarsi che si adatti alla gamma di lavoro del singolo raccordo. Il campo di temperatura di esercizio va da -5°C a $+40^{\circ}\text{C}$.

STRAUB-PLAST-PRO è stato testato in conformità alla normativa britannica WIS 4-24-01 e soddisfa i requisiti della normativa europea EN 1254-3.



I giunti STRAUB-FLEX consentono di collegare tubi di qualsiasi diametro concepibile, dello stesso materiale o di diversi tipi di materiali, per diversi fluidi e temperature e per un'ampia gamma di valori di pressione d'esercizio.

Poiché i giunti STRAUB-FLEX non resistono a forze di tipo assiale, i tubi dovranno essere opportunamente fissati in direzione assiale in loco utilizzando tiranti, punti fissi e scorrevoli, spalle in calcestruzzo ecc. Il manicotto di tenuta separa il corpo del giunto dalla superficie del tubo in modo che rumore, vibrazioni e oscillazioni siano smorzati in maniera ottimale.

I giunti STRAUB-FLEX sono disponibili nelle gamme di diametro da 48,3 mm fino a 2032 mm e possono essere utilizzati nelle gamme di temperatura da -20°C a $+180^{\circ}\text{C}$. Le guarnizioni di tenuta di questi giunti sono in EPDM, NBR o FKM.



I giunti STRAUB-OPEN-FLEX presentano le stesse caratteristiche dei giunti STRAUB-FLEX, ma ampliano i loro possibili usi. I corpi della serie STRAUB-OPEN-FLEX possono essere incernierati o disponibili in versione a 2 o 3 pezzi. Di conseguenza, i giunti STRAUB-OPEN-FLEX possono essere utilizzati per il collegamento dei tubi o le riparazioni senza la rimozione dei tubi esistenti.

I giunti STRAUB-OPEN-FLEX sono disponibili nelle gamme di diametro da 48,3 mm fino a 4064 mm e possono essere utilizzati nelle gamme di temperatura da -20°C a +180°C. Le guarnizioni di tenuta di questi giunti sono in EPDM, NBR o FKM.



Può capitare che durante l'installazione si debbano collegare tubi con diametri esterni diversi. La nostra soluzione per il suddetto scenario si chiama STRAUB-STEP-FLEX.

È possibile collegare tubi la cui differenza tra diametri esterni va da 10 a 30 mm. Differenze di diametro maggiori possono essere ottenute integrando un riduttore con due giunti. Differenze di diametro inferiori (5 - 9 mm) possono essere compensate su richiesta utilizzando STRAUB-FLEX 2 / 3.

In pressione, i giunti STRAUB-STEP-FLEX - a causa delle differenze di diametro - subiscono spinte assiali nella direzione del diametro inferiore; è quindi necessario adottare metodi di fissaggio per evitare lo slittamento da quel lato.

Gli anelli di spinta sono disponibili su richiesta; per applicazioni non pressurizzate non sono necessari ancoraggi.

I giunti STRAUB-STEP-FLEX sono disponibili nelle gamme di diametro esterno da 219,1 mm fino a 2032 mm e possono essere utilizzati nelle gamme di temperatura da -20°C a +100°C. Le guarnizioni di tenuta di questi giunti sono in EPDM. Sono possibili differenze di diametro fino a 30 mm tra i tubi da collegare.



Inserti a nastro

La connessione sicura del giunto STRAUB è garantita dall'unicità e dalle caratteristiche avanzate dei suoi accessori. Gli inserti a nastro proteggono la guarnizione di tenuta contro i danni meccanici o chimici nelle parti terminali del tubo. Gli inserti a nastro sono necessari in caso di:

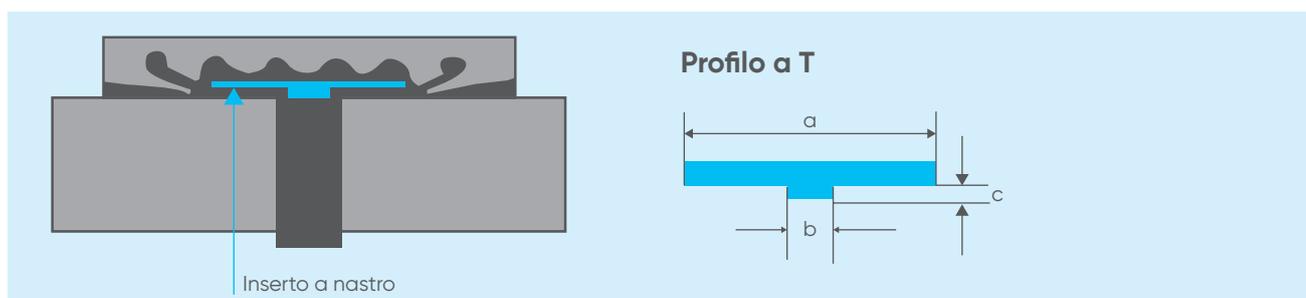
- Distanza eccessiva tra le estremità dei tubi.
- Movimento assiale (espansione, contrazione).
- Deflessione angolare e disallineamento assiale.
- Vuoto (ad es. linea di aspirazione).
- Pressione esterna (ad esempio condotta sottomarina).
- Alta temperatura.
- Uso con carburanti e combustibili.
- Deformazione della guarnizione in gomma causata dal contatto con sostanze chimiche.

Il materiale dell'inserto da utilizzare dipende dal liquido veicolato e dalla temperatura. A temperature ambientali, con acqua salata e a contatto con sostanze chimiche, vengono utilizzati inserti in plastica. Per temperature più elevate, vuoto e pressione esterna sono necessari inserti in acciaio inossidabile. Sono possibili anche combinazioni di plastica e acciaio inossidabile. Gli inserti a nastro con profilo a T garantiscono il corretto posizionamento della guarnizione in presenza di carichi forti e dinamici.

Gli inserti a nastro in PVDF possono essere utilizzati nei campi di temperatura da -30°C a 115°C, mentre gli inserti a nastro in HDPE sono adatti nei campi di temperatura da -50°C a 70°C.

Le tabelle che seguono potrebbero essere utili per scegliere l'inserto a nastro appropriato in base al giunto.

Giunto per tubi STRAUB	Acciaio inox		Plastica		Profilo a T in plastica *	
	AISI 316 L o simile	AISI 301	PVDF	HDPE	PVDF	HDPE
STRAUB-METAL-GRIP			x			
STRAUB-GRIP 25,0-168,3 mm	x		x	x		
STRAUB-GRIP 180,0-711,2 mm	x					
STRAUB-ECO-GRIP	x					
STRAUB-PLAST / COMBI-GRIP	x		x			
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1	x		x		x (da 76,1 mm)*	
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2	x			x		x *
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3	x			x		x *
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3.5		x		x		
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 4		x		x		



* Le caratteristiche del profilo a T in plastica per OPEN-FLEX 1, OPEN-FLEX 2, OPEN-FLEX 3 sono elencate nella tabella seguente.

Profilo a T in plastica	De	Larghezza della striscia a (mm)	Larghezza della camma b (mm)	Altezza della camma c (mm)
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1	76,1 - 118,0 mm	45	5	3,5
	127,0-168,3 mm	55	5	3,5
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2	tutti i De	75	7,5	6
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3	tutti i De	118	10	6

Anelli di rinforzo

I tubi in materiale termoplastico possono deformarsi per l'effetto della pressione e della temperatura. Con l'uso degli anelli di rinforzo STRAUB, è possibile evitare il collassamento delle estremità dei tubi in plastica. Gli anelli di rinforzo STRAUB sono realizzati in acciaio inox DIN 14301/AISI 304 e sono disponibili in versioni asolate (De 40 - 500 mm) e saldate (De 355 - 1600 mm). Potrebbe essere richiesto uno dei seguenti valori:

- Diametro interno.
- Numero SDR.
- Spessore della parete del tubo di plastica.

Se le tubazioni mostrano già un collassamento dovuto allo stoccaggio prolungato, si consiglia di tagliare la porzione deteriorata prima di installare gli anelli di rinforzo STRAUB. Gli anelli di rinforzo asolati devono essere installati nella direzione della freccia indicata e a filo con l'estremità del tubo.

Nota: Per i tubi di plastica in PVC, ABS e PVC-C, e con tubi in fibra di vetro, non sono necessari anelli di rinforzo per temperature del fluido trasportato inferiori a 40°C.



La tabella sottostante, valida solo per tubi termoplastici morbidi, per esempio PP, PE, ecc. può essere utile per scegliere l'anello di rinforzo per il giunto STRAUB-PLAST-GRIP.

SDR	41	33/32,25	26	17,6	17	11	7,4/7,25
N. di serie	S 20	S 16/S 15,625	S 12,5	S 8,3	S 8	S 5	S 3,2/S 3,125
Norma	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074
De tubo	Di tubo	Di tubo	Di tubo	Di tubo	Di tubo	Di tubo	Di tubo
De (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
40	-	-	36,4	35,4	35,2	32,6	29
50	-	46,4	46,0	44,2	44,0	40,8	36,2
63	59,4	59,0	58,0	55,8	55,4	51,4	45,8
75	71,2	70,4	69,2	66,4	66,0	61,4	54,4
90	85,6	84,4	83,0	79,8	79,2	73,6	65,4
110	104,6	103,2	101,6	97,4	96,8	90,0	79,8
125	118,8	117,2	115,4	110,8	110,2	102,2	90,8
140	133,0	131,4	129,2	124,0	123,4	114,6	101,6
160	152,0	150,2	147,6	141,8	141,0	130,8	116,2
180	171,2	169,0	166,2	159,6	158,6	147,2	130,8
200	190,2	187,6	184,6	177,2	176,2	163,6	145,2
225	214,0	211,2	207,8	199,4	198,2	184,0	163,4
250	237,6	234,6	230,8	221,6	220,4	204,6	181,6
280	266,2	262,8	258,6	248,2	246,8	229,2	203,4
315	299,6	295,6	290,8	279,2	277,6	257,8	228,8

La scelta degli anelli di rinforzo è condizionata dalla misurazione delle tubazioni.

Valido solo per tubi termoplastici morbidi, ad es. PE, PP, ecc.

Gli anelli di rinforzo sono accessori opzionali e devono essere ordinati separatamente.

Istruzioni per l'installazione

1) I disallineamenti, i movimenti del suolo, gli assemblaggi imprecisi o le variazioni di lunghezza possono portare alla creazione di uno spazio tra le estremità dei tubi. Grazie ai giunti STRAUB è possibile gestire questi spazi.

- 5 - 10 mm senza inserto a nastro (a seconda del De del tubo, consultare l'etichetta del giunto).
- 5 - 35 mm con inserto a nastro (a seconda del De del tubo, consultare la scheda tecnica).

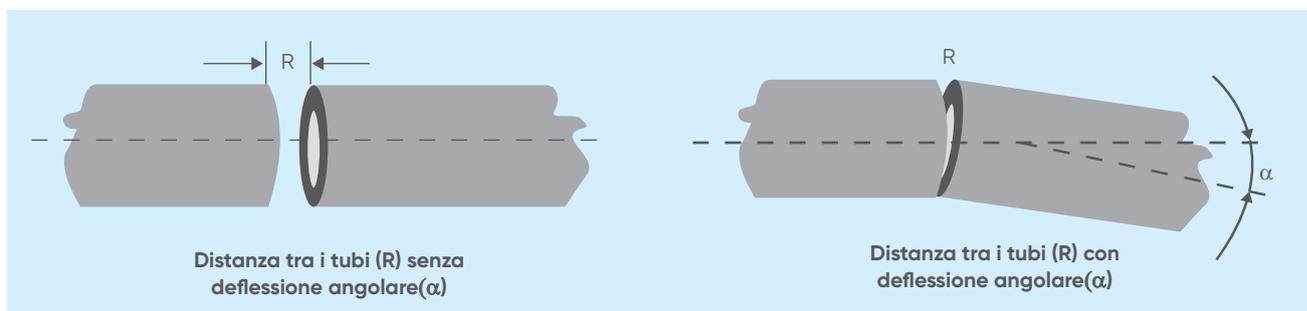
Gli inserti a nastro vengono utilizzati in caso di: grande distanza tra le estremità dei tubi, rigonfiamento dovuto a liquidi aggressivi, vuoto, pressione esterna, alta temperatura. Gli inserti a nastro sono accessori e devono essere ordinati separatamente.

Non superare la distanza tra i tubi indicata; per ulteriori informazioni fare riferimento alla tabella sottostante.

De (mm)	α in gradi						
	1	2	4	6	8	10	12
	Rmax (mm)			Rmax (mm)			
26,9	0,5	1	2	3	4	5	6
30,0	0,5	1	2	3	4	5	6
33,7	0,5	1	2	3	4	6	7
38,0	1	1	3	4	5	7	8
40,0	1	2	3	4	6	7	8
42,4	1	2	3	4	6	7	9
44,5	1	2	3	5	6	8	9
48,3	1	2	3	5	7	8	10
50,0	1	2	4	5	7	9	11
54,0	1	2	4	6	8	9	11
57,0	1	2	4	6	8	10	12
60,3	1	2	4	6	8	11	13
63,0	1	2	4	7	9	11	13
75,0	1	3	5	8	11	13	16
76,1	1	3	5	8	11	13	16
84,0	2	3	6	9	12	15	18
88,9	2	3	6	9	12	16	19
90,0	2	3	6	9	13	16	19
104,0	2	4	7	11	15	18	22
108,0	2	4	8	11	15	19	23
110,0	2	4	8	12	15	19	23
114,3	2	2	8	12	16	20	24
125,0	2	2	9	13	17	22	26
129,0	2	5	9	14	18	23	27
133,0	2	5	9	14	19	23	28
139,7	2	5	10	15	20	24	29
140,0	2	5	10	15	20	24	29
154,0	3	5	11	16	22	27	32
159,0	3	6	11	17	22	28	33
160,0	3	6	11	17	22	28	33
168,3	3	6	12	18	24	30	35

De (mm)	α in gradi					
	1	2	3	4	6	8
	Rmax (mm)			Rmax (mm)		
180,0	3	6	9	13	19	25
200,0	4	7	11	14	21	28
219,1	4	8	12	15	23	31
244,5	4	9	13	17	26	34
250,0	4	9	13	17	26	35
267,0	5	9	14	19	28	37
273,0	5	10	14	19	29	38
304,0	5	11	16	21	32	42
323,9	6	11	17	23	34	45
355,6	6	12	19	25	37	50
406,4	7	14	21	28	43	57
457,2	8	16	24	32	48	
508,0	9	18	27	36	53	-
559,0	10	20	29	39	59	
575,0	10	20	30	40	-	-
609,6	11	21	32	43		
711,2	12	25	37	50	-	-
762,0	13	27	40	53		
812,8	14	28	43	57	-	-
914,4	16	32	48			
1016,0	18	36	53	-	-	-
1117,6	20	39	59			
1219,2	21	43	-		--	-
1320,8	23	46				
1422,4	25	50	-	-	-	-
1524,0	27	53				
1625,6	28	57	-	-	-	-
1727,2	30					
1828,8	32	-	-	-	-	-
1930,4	34					
2032,0	36	-	-	-	-	-

La distanza tra le estremità delle tubazioni è dovuta a: una deviazione angolare, una giunzione non corretta o una variazione di lunghezza. Questa distanza non deve superare il valore R_p (R_p = distanza tra le estremità dei tubi / da verificare sulla scheda tecnica del prodotto). Usando un inserto a nastro, è possibile ampliare la distanza tra i tubi. Questo valore massimo dipende dal modello di ciascun giunto ed è rilevabile nella scheda prodotto.



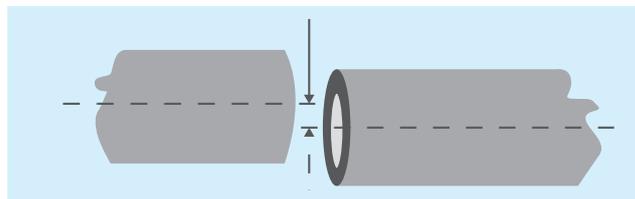
2) Giunti STRAUB per collegare due tubi con deflessione angolare tutt'intorno all'asse del tubo:

- < \varnothing 60,3 mm ----->>> 5°
- > \varnothing 76,1 mm ----->>> 4°
- > \varnothing 219,1 mm ----->>> 2°
- > \varnothing 609,6 mm ----->>> 1°

Vedere la distanza tra le estremità dei tubi [R_p]

3) I giunti per tubi STRAUB consentono un ridotto disallineamento assiale:

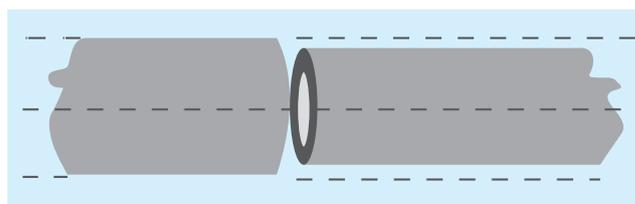
- 1% del diametro esterno (max. 3 mm)



4) I giunti STRAUB compensano tubi con diametri esterni diversi.

Devono essere rispettati i seguenti requisiti:

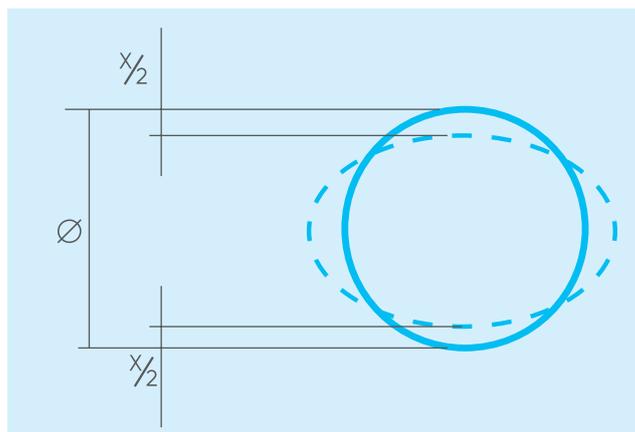
- < \varnothing 100 mm ----->>> 2 mm
- > \varnothing 100 mm ----->>> 2% di \varnothing
- > \varnothing 300 mm ----->>> 6 mm
- Differenza De fino a 9 mm ----->>> STRAUB-FLEX
- Differenza De da 10 mm ----->>> STRAUB-STEP-FLEX



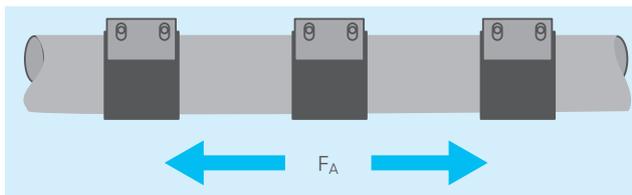
5) I tubi sono spesso caratterizzati dall'ovalizzazione (differenza tra il valore massimo e il valore minimo del diametro esterno). Di seguito i valori di ovalizzazione consentiti:

- STRAUB-FLEX 1 ----->>> 4 mm
- STRAUB-FLEX 2 ----->>> 2% di \varnothing
- STRAUB-FLEX 3 ----->>> 2% di \varnothing
- STRAUB-FLEX 3.5 ----->>> 2% di \varnothing
- STRAUB-FLEX 4 ----->>> 2% di \varnothing

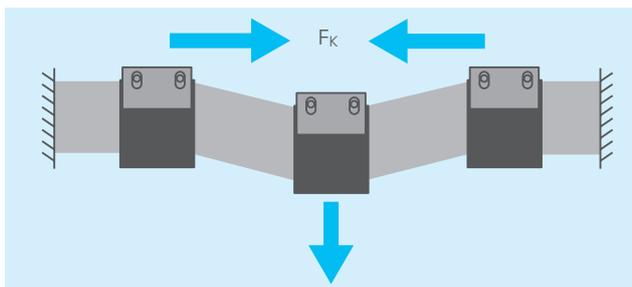
STRAUB-FLEX 2: per consentire lo scorrimento, il valore dell'ovalizzazione [X] deve anche rientrare all'interno della differenza di diametro ammissibile (X = max. 6 mm).



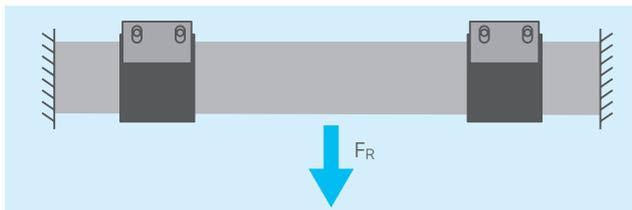
6) La pressione interna PN agisce direttamente come forza di trazione su qualsiasi raccordo. La forza di trazione prevalente può essere calcolata dalla rispettiva pressione interna e dal diametro noto dei tubi. Le serie STRAUB-FLEX e STRAUB-OPEN-FLEX non sono idonee ad assorbire questa forza.



7) Se il loro movimento assiale viene ostacolato, i tubi tendono a deformarsi nel caso in cui si verifichi un aumento della pressione interna associata ad un'adeguata connessione delle tubazioni. Le serie STRAUB-FLEX e STRAUB-GRIP non sono idonee ad assorbire questa forza.



8) Questo valore consiste nel peso della sezione di tubo e nel peso del liquido in esso contenuto. I giunti sono in grado di assorbire solo una piccola quantità di sollecitazioni tangenziali. Le serie STRAUB-FLEX e STRAUB-GRIP sono idonei ad assorbire questa forza in misura limitata.



9) Le tubazioni vengono esposte a variazioni di temperatura derivanti dal liquido trasportato (es. acqua calda e fredda) o dall'ambiente (es. luce del sole, freddo invernale). Queste variazioni di temperatura causano movimenti assiali nel tubo.

Il movimento assiale dipende dal materiale del tubo, dalla lunghezza della rispettiva sezione del tubo e dalla variazione della temperatura.

Quando si usano i giunti STRAUB-GRIP, i punti di fissaggio dei tubi vengono scelti in modo che il movimento assiale sia trasformato in deflessione angolare.

Se vengono utilizzati i giunti per tubo STRAUB-FLEX, accertarsi che la variazione assiale che si verifica in ciascuna sezione di tubo non sia superiore alla capacità di compensazione del giunto per tubo STRAUB-FLEX utilizzato.

La tabella mostra i valori per le massime variazioni di lunghezza assiale ammissibili per STRAUB-FLEX e STRAUB-OPEN-FLEX.

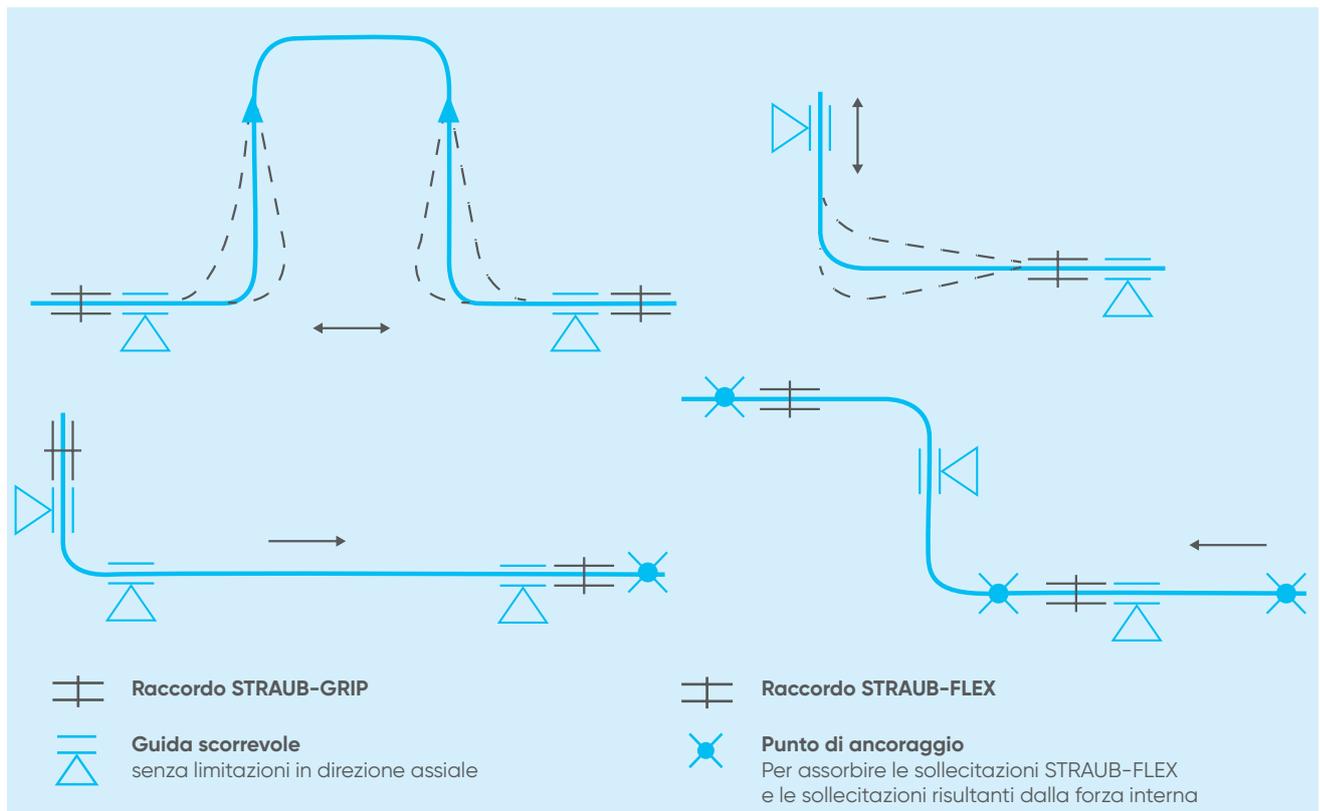
STRAUB-FLEX STRAUB-OPEN-FLEX	Δl (mm)
1	5
2	10
3	15
3,5	15
4	20

10) Fissaggio del tubo con STRAUB-GRIP:

- I tubi sono ancorati nella giunzione.
- Sono necessari solo supporti.
- I movimenti assiali dei tubi devono essere compensati all'esterno del giunto, ad es. con archi di espansione (fare riferimento all'immagine sottostante).

Fissaggio di tubi con STRAUB-FLEX:

- I tubi non sono ancorati nella giunzione.
- Ogni sezione di tubo ha bisogno di un punto fisso e di una o più guide per il tubo.
- I movimenti assiali dei tubi possono essere compensati all'interno del giunto.

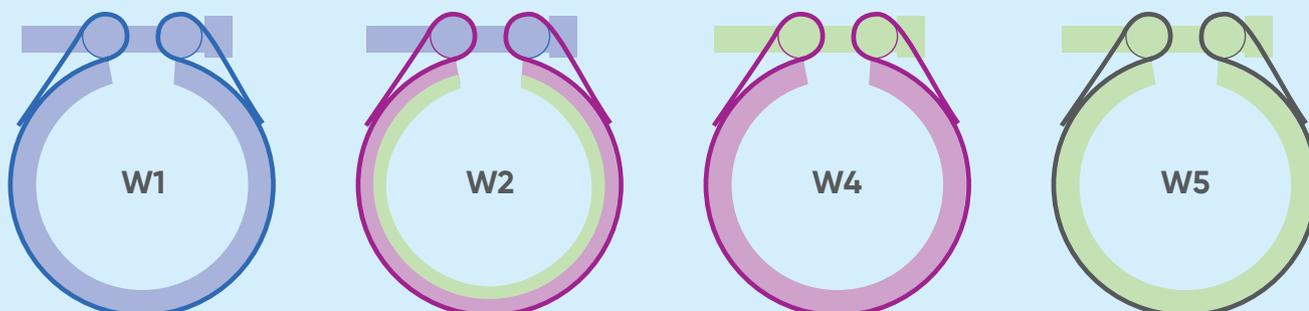
**AVVERTENZE**

Mentre si calcola la compensazione del movimento assiale, si devono considerare i seguenti fattori termici.

- Se la temperatura d'esercizio è superiore a quella d'installazione, si verifica un allungamento del tubo. Al contrario, se la temperatura di esercizio è inferiore il tubo si contrae.

Specifiche dei materiali per i giunti STRAUB

Sono disponibili materiali di diversa qualità in base alle dimensioni, al tipo, alla resistenza alla corrosione e alla pressione nominale dei giunti. Fondamentalmente, W1 è completamente in acciaio al carbonio galvanizzato, mentre W2 ha un involucro in acciaio inossidabile e bulloni/tiranti in acciaio al carbonio. L'altra varietà W4 ha un involucro normale in acciaio inossidabile e bulloni/tiranti in acciaio inossidabile di alta qualità, W5 è completamente in acciaio inossidabile di alta qualità.



La tabella che segue potrebbe essere utile per scegliere il materiale appropriato in base all'applicazione.

Componenti	Materiali							
	W1		W2		W4		W5	
	DIN	AISI	DIN	AISI	DIN	AISI	DIN	AISI
Involucro:	A738 o simile, galvanizzato a caldo	1024	1,4404 1,4301 1,4162	316 L 304 S32101	1,4301	304	1,4404 1,4162	316 L S32101
Bulloni	1,7220	4135	1,7220	4135	A4 - 80	A4 - 80	A4 - 80	A4 - 80
Tiranti	1,0737 zincato	12L14	1,0737 zincato	12L14	1,4404 1,4435	316 L	1,4404 1,4435	316 L
Anello di ancoraggio	1,4310	301	1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP)	301 304	1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP)	301 304	1,4310	301
Inseri a nastro (opzione):	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L

Vantaggi e applicazioni

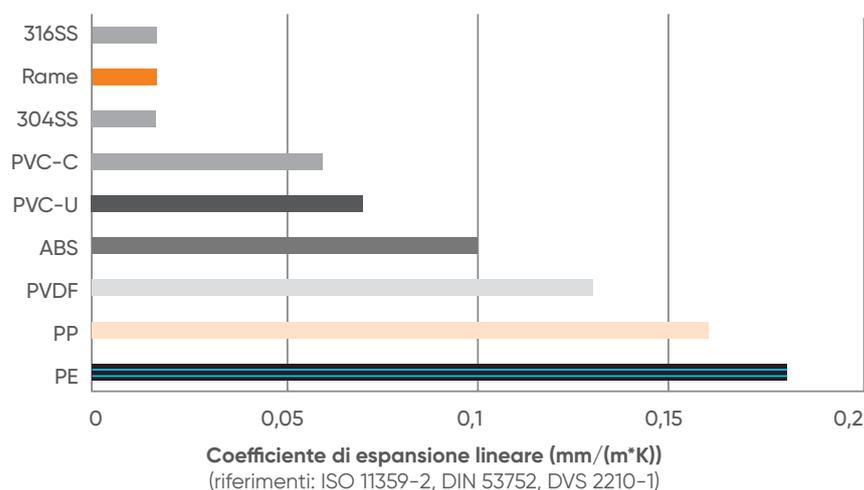
I giunti STRAUB sono compatibili con quasi tutti i sistemi di giunzione tradizionali. Offrono una maggiore affidabilità perché compensano il movimento assiale e le deviazioni angolari. Inoltre, possiedono una capacità di resistenza alla pressione e assicurano una giunzione dei tubi flessibile e senza sollecitazioni. I giunti STRAUB sono caratterizzati da una lunga durata di servizio in quanto sono resistenti alla corrosione e alla temperatura, inoltre possiedono una buona resistenza agli agenti chimici. Poiché il giunto STRAUB non richiede particolari tipi di attrezzature o strumenti e tempi di allestimento, è una soluzione economica. È la soluzione perfetta quando è richiesta una soluzione compatta, poiché i giunti STRAUB hanno un peso inferiore rispetto alle flange. Grazie ai loro vantaggi, i giunti STRAUB sono principalmente utilizzati in aree di applicazione come trasporto acqua e gas, scavi e industria, cantieristica navale e offshore.

3.2 Montaggio delle condutture e raccomandazioni

3.2.1 Espansione e contrazione termica

Quando si realizza un progetto per un impianto in resina termoplastica, è sempre necessario tener conto di eventuali espansioni e contrazioni dovute alle variazioni di temperatura.

Gli effetti termici nelle materie plastiche sono diversi da quelli dei metalli: a scopo illustrativo, la figura che segue delinea le differenze tra i diversi materiali per tubazioni plastiche e metalliche secondo il loro coefficiente di espansione lineare.



Un aumento della temperatura in un sistema farà sì che il tubo termoplastico si espanda.

Il problema è che se il sistema è bloccato in posizione e non gli è permesso di espandersi, lo sollecitazione aumenterà fino ad arrivare al limite tollerato dal sistema, con conseguente affaticamento e rottura delle condutture.

In particolare, la deformazione progressiva può verificarsi su ripetuti cicli termici o sull'esposizione prolungata a temperature elevate.

Perciò i sistemi termoplastici richiedono una flessibilità sufficiente per evitare l'espansione e la contrazione e di conseguenza:

- Guasto delle tubazioni o dei supporti per sovraccarico o fatica.
- Perdita.
- Sollecitazioni dannose o distorsioni nelle tubazioni o nelle attrezzature collegate.

Generalmente l'espansione, o la contrazione, dovuta alla nascita di un salto termico, può essere facilmente valutata utilizzando la formula:

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T$$

dove:

ΔL = valore dell'espansione o della contrazione (mm)

ΔT = differenza di temperatura (°C)

L = lunghezza del tubo (m)

α = coefficiente di dilatazione o contrazione lineare (1/°C)

I valori del coefficiente di dilatazione α per diversi materiali sono indicati nella tabella che segue.

α	PVC-U	PVC-C	ABS	PP	PE HD	PVDF
(1/°C)	$0,8 * 10^{-4}$	$0,67 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	$1,5 * 10^{-4}$	$2 * 10^{-4}$	$1,20 * 10^{-4}$

Per calcolare i parametri dell'equazione precedente si raccomanda di utilizzare lo strumento di calcolo disponibile sui siti web Aliaxis.

Generalmente, la compensazione della dilatazione termica si ottiene per mezzo di elementi che, sfruttando o aumentando l'elasticità intrinseca delle linee, permettono di limitare gli effetti generati dalle variazioni dimensionali indotte nei tubi.

Una selezione corretta ed economica dei sistemi di compensazione termica adatti porta all'uso dei seguenti elementi:

- Giunti di dilatazione meccanici.
- Offset.
- Loop di dilatazione.
- Cambi di direzione.

Ovviamente, per determinare il giusto impiego dei tre metodi, bisogna conoscere e analizzare i seguenti dati:

- Condizioni della temperatura di progettazione, servizio e installazione.
- Tipo di materiale e dimensioni del tubo.
- Proprietà chimiche e fisiche del fluido trasportato.
- Layout delle condutture, comprese tutte le dimensioni e tutti i diversi movimenti termici indotti dai materiali non omogenei impiegati per la costruzione delle apparecchiature degli impianti di processo.
- I movimenti e i carichi finali massimi sui punti termici in cui la conduttura è collegata ad apparecchiature con resistenza meccanica limitata.
- Progettazione e condizioni idrauliche di servizio come la pressione statica e dinamica.

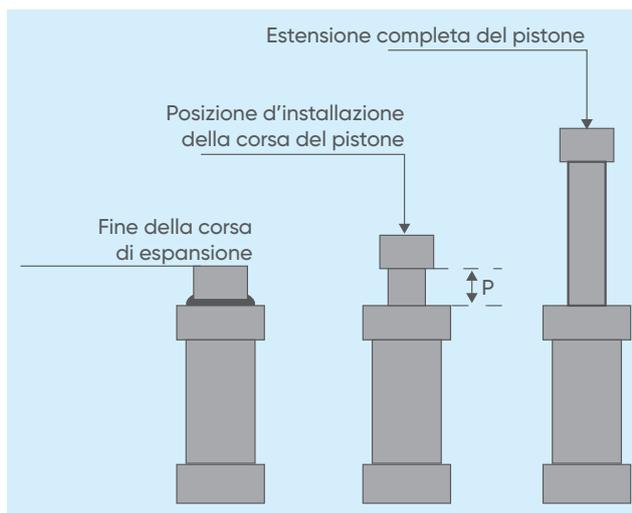
3.2.1.1 Giunti di dilatazione meccanici

I giunti di dilatazione assicurano un efficace assorbimento degli spostamenti e delle variazioni dimensionali nei tubi sottoposti a ripetuti cicli termici.

Un esempio di giunti di dilatazione è mostrato nella prossima immagine.

Vengono utilizzati in installazioni dove lo spazio a disposizione è poco e il costo eccessivo delle infrastrutture di supporto e di ancoraggio rende impossibile compensare la dilatazione termica per mezzo di sezioni di tubo aggiuntive.

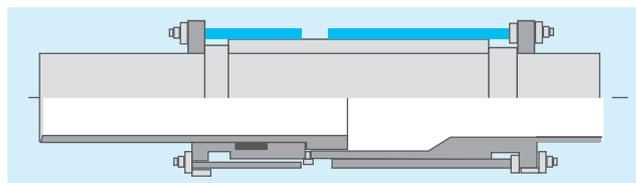
La scelta dei giunti di dilatazione si basa sulla loro capacità di assorbire gli spostamenti assiali, trasversali e rotazionali dei tubi soggetti a variazioni di temperatura. Per i tubi termoplastici si usano due tipi di giunti di dilatazione: giunti scorrevoli e giunti flessibili.



Giunti scorrevoli

Questi compensatori sono costituiti da due elementi scorrevoli che permettono l'assorbimento degli spostamenti assiali dei tubi.

Un giunto scorrevole è mostrato nell'immagine seguente.



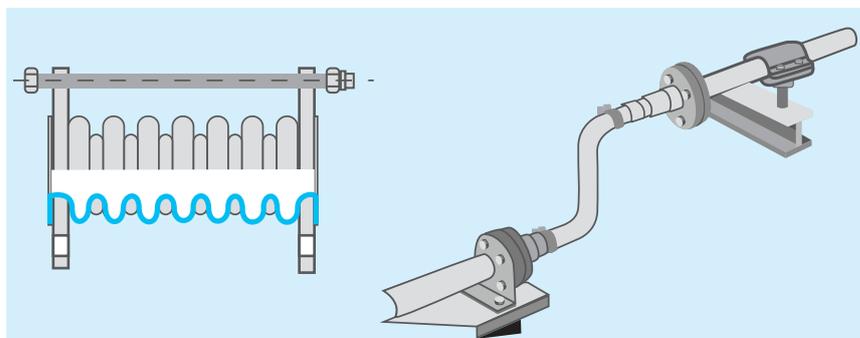
I corpi sono realizzate in resine termoplastiche (PVC-U, PVC-C, PP e ABS) e dotati di guarnizioni O-ring, permettono quindi di assorbire dilatazioni assiali tra 150 e 600 mm.

Il giunto scorrevole è consigliato quando non è possibile utilizzare loop di dilatazione o cambi di direzione, ma la sua applicazione non è raccomandata per il trasporto di fluidi incrostanti e materiali solidi in sospensione.

Per evitare fenomeni di instabilità, i compensatori telescopici a lunga escursione sono dotati di guide direzionali con limitatori di manovra, che garantiscono uno scorrimento coassiale tra la camera di guida e il pistone. È inoltre necessario sottoporli a periodiche operazioni di ispezione e manutenzione: in questo modo si controlla lo stato degli elementi di tenuta per escludere eventuali fenomeni di perdita tra la camera e il pistone che possono verificarsi a causa della presenza di incrostazioni e della limitata lubrificazione.

Giunti flessibili

I compensatori flessibili permettono l'assorbimento delle dilatazioni assiali e trasversali distorcendo alcuni elementi in materiali altamente flessibili, un esempio è mostrato nelle prossime immagini.



Si possono usare due tipi di compensatori flessibili: soffiotti e giunti di gomma.

I compensatori a soffietto sono realizzati con più elementi elastici corrugati in PTFE che assorbono le dilatazioni assiali tra 10 e 200 mm: hanno il vantaggio di non avere parti di tenuta che possono subire perdite e necessitare quindi di manutenzione e sono utilizzati anche per il trasporto di sostanze aggressive ad alte temperature.

I compensatori di gomma sono simili a quelli a soffietto ma sono costituiti da singoli elementi elastici in materiale elastomerico. Sono adatti a trasportare sostanze dense e fluidi viscosi, la loro capacità di assorbimento è limitata e varia tra 10 e 60 mm.

L'elemento flessibile è costituito da diversi elastomeri, come EPM e NBR, e viene utilizzato a temperature di esercizio fino a 90 °C. Quando gli spostamenti termici assiali sono estremamente elevati o tali da non permettere l'assorbimento attraverso i giunti di dilatazione convenzionali, è possibile utilizzare elementi di compensazione ottenuti da spezzoni di tubo flessibile, collegati al sistema mediante inserti meccanici. Il limite di utilizzo di questo tubo flessibile deve essere determinato in base alla temperatura e alla pressione massima di esercizio e al raggio di curvatura minimo consentito dal materiale.

Installazione di giunti di dilatazione

L'installazione sbagliata o precaria dei giunti di dilatazione è stata spesso la causa principale di vari guasti nelle tubature sottoposte a sollecitazioni termiche. I tubi termoplastici sono caratterizzati da un basso modulo di elasticità, quindi le forze assiali sviluppate durante una variazione di temperatura sono relativamente piccole rispetto ai sistemi metallici.

Per decidere la modalità di compensazione degli effetti termici può essere utile calcolare la sollecitazione presente nel sistema. La limitazione del movimento lineare causata dall'espansione e dalla contrazione termica si traduce in una sollecitazione termica, che può essere calcolata con questa equazione:

$$S_t = E * \alpha * \Delta T$$

dove:

S_t = sollecitazione termica indotta nel tubo (N/mm²)

E = modulo di elasticità (N/mm²)

α = coefficiente di dilatazione termica (mm/(mm * °C))

ΔT = (T_{max} - T_{installazione}) (°C)

Con il sistema soggetto a sollecitazione termica, il carico termico finale sulle tubazioni e sugli ancoraggi può essere determinato dalla seguente equazione:

$$F_t = S_t * A = E * \alpha * \Delta T * A$$

dove

F_t = carico termico finale sul tubo (N)

$A = \pi/4 * (De^2 - Di^2)$ = area della sezione trasversale del tubo (mm²)

E = modulo di elasticità (N/mm²)

α = coefficiente lineare unitario di dilatazione termica (mm/(mm*°C))

ΔT = differenza tra temperatura massima e minima (°C)



Il giunto di dilatazione deve essere scelto e installato anche per garantire l'assorbimento dell'eventuale contrazione del tubo dovuta all'abbassamento della temperatura.

Quindi è necessario selezionare una lunghezza di precompressione dell'elemento di espansione prima di installare il giunto di dilatazione.

L'entità di questa lunghezza, chiamata lunghezza preimpostata e indicata da L^* , può essere valutata usando questa equazione:

$$L^* = R * \left(\frac{(T_i - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \right)$$

dove:

L^* = lunghezza preimpostata (mm)

R = corsa del giunto di dilatazione (mm)

T_i = temperatura di installazione (°C)

T_{min} = temperatura minima (°C)

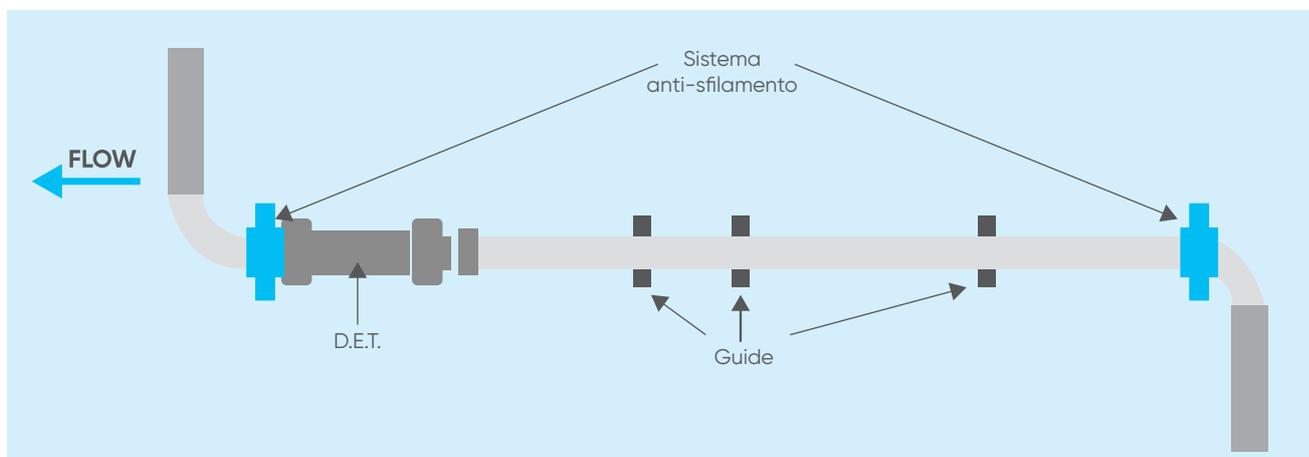
T_{max} = temperatura massima (°C)

Devono essere forniti ancoraggi adeguati per sostenere la spinta diretta della pressione e qualsiasi altro carico che può essere imposto ai giunti di dilatazione, mentre le guide direzionali, installate lungo i tubi in espansione, devono assicurare che il giunto sia protetto da tutti i carichi che non possono essere portati e contenuti.

L'installazione di più giunti di dilatazione su un tratto di tubo tra due ancoraggi consecutivi è sempre sconsigliata.

A questo punto potrebbe essere utile capire dove collocare un giunto telescopico all'interno di un sistema. Sono stati analizzati quattro casi diversi:

Esempio A



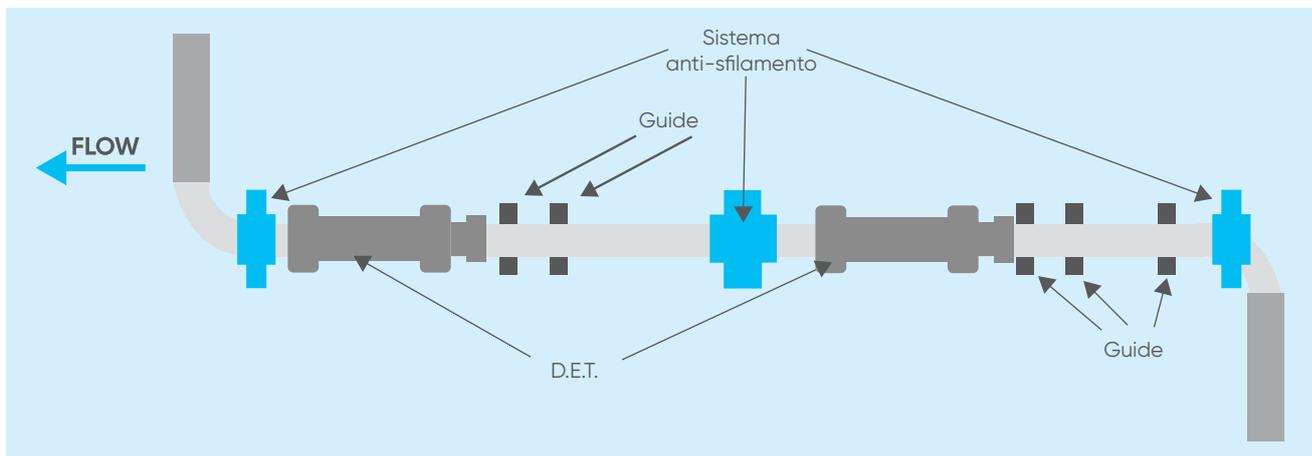
Mostra un lungo tratto di tubo, ancorato ad ogni estremità, che richiede l'assorbimento della dilatazione termica.

I calcoli hanno determinato che un unico dispositivo può essere utilizzato con guide intermedie per tubi. Si raccomanda che il dispositivo sia posizionato il più vicino possibile all'ancoraggio alla fine del percorso (in base alla direzione del flusso).

La prima guida deve essere installata in prossimità del collegamento tra il tubo e il ricevitore sul braccio mobile del compensatore. Questo assicurerà che la deflessione sia limitata alla direzione assiale prevista.

La seconda guida si trova relativamente vicina alla prima per evitare l'incarcamento del tubo. Ulteriori guide, uniformemente distanziate, saranno installate secondo necessità.

Esempio B



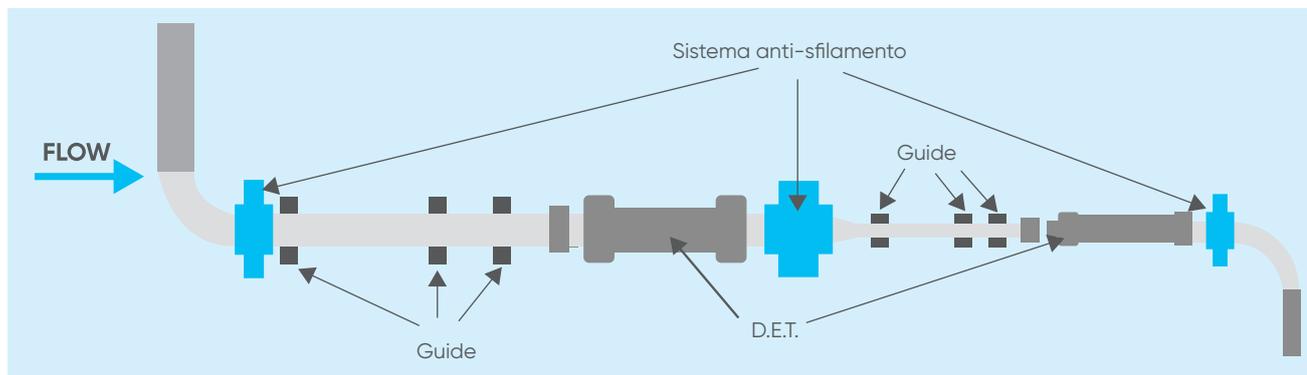
Illustra un tratto di tubo ancora più lungo.

I calcoli hanno determinato che devono essere impiegati due dispositivi.

Di conseguenza, la corsa è stata divisa in due segmenti uguali da un punto di ancoraggio mediano. Un compensatore è posizionato ad ogni estremità dei tratti precedentemente separati.

Il posizionamento della guida è coerente con quanto delineato nell'esempio A.

Esempio C

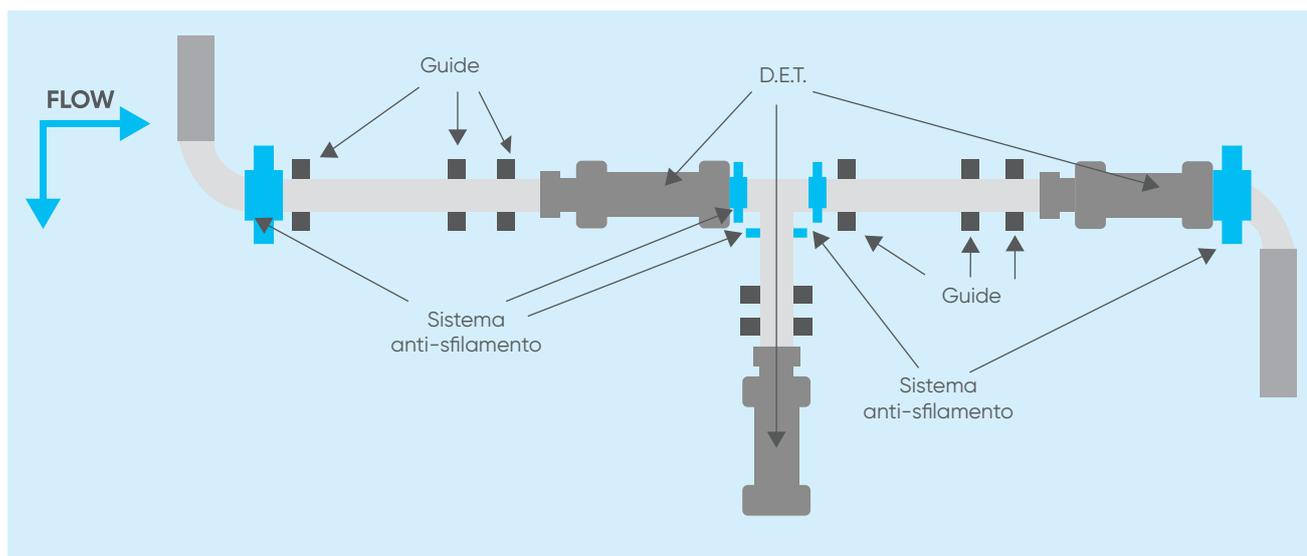


Illustra un lungo tratto in cui un tubo di diametro maggiore si riduce a un diametro minore vicino alla metà del percorso.

Anche se l'entità della dilatazione nella termoplastica non è una funzione del diametro del tubo, se si determina che sono necessari due dispositivi separati, è buona pratica suddividere il tratto con un ancoraggio nel punto di transizione.

Successivamente devono essere seguite procedure identiche a quelle illustrate nell'esempio B.

Esempio D



Illustra la ramificazione di un lungo tratto.

Per la sezione del tubo principale, si utilizza una disposizione identica a quella dell'esempio B.

Tuttavia un ancoraggio principale deve essere utilizzato in corrispondenza del raccordo a T piuttosto che l'ancoraggio intermedio. L'ancoraggio principale è progettato per resistere alla spinta della pressione della linea di diramazione.

Nella direzione della linea principale, l'ancoraggio deve anche resistere a qualsiasi squilibrio dinamico della pressione di spinta che risulta dalla turbolenza causata dalla linea di diramazione.

Se il tratto della diramazione lo richiede, si installerà un compensatore telescopico seguendo la procedura illustrata nell'esempio A.

3.2.1.2 Offset

L'offset della dilatazione viene utilizzato quando il tubo deve evitare una struttura fissa.

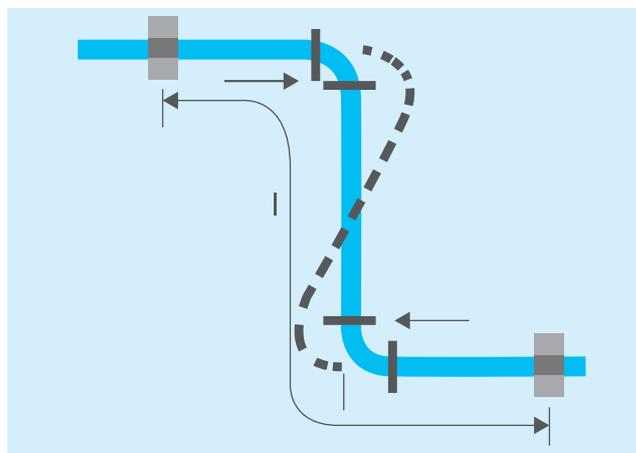
Un esempio è mostrato nell'immagine.

Gli offset di dilatazione sono di solito collocati al centro di un tratto di tubo.

Ogni gomito, così come la lunghezza verticale del tubo, permette un certo grado di deflessione, mentre le sospensioni o le guide sono usate per impostare ogni tratto del tubo.

Quando il tubo si dilata, i gomiti in alto e in basso spingeranno verso l'interno, e questo farà sì che la lunghezza verticale si inclini verso destra.

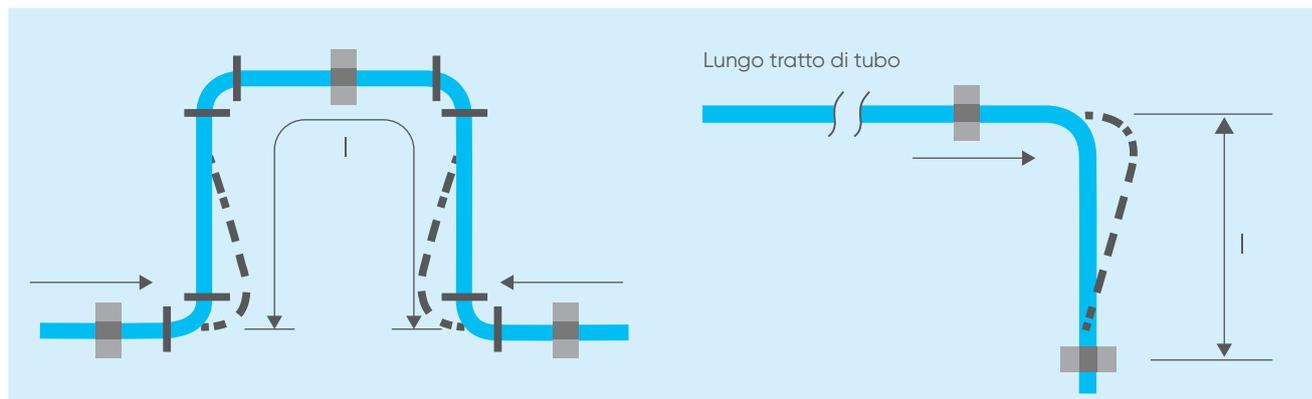
D'altra parte, con la contrazione il tubo verticale si inclinerà verso sinistra.



3.2.1.3 Loop di dilatazione e cambi di direzione

Quando la dilatazione termica raggiunge valori elevati, i compensatori di dilatazione, a causa della limitata corsa di compressione, sono antieconomici: in questi casi si utilizzano loop di dilatazione o cambi di direzione.

Nelle prossime immagini è rappresentato un tipico loop di dilatazione e cambio di direzione.



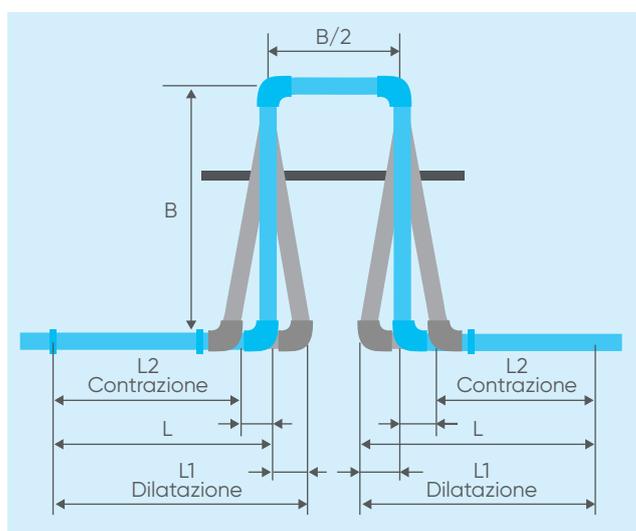
Durante la dilatazione l'apertura a U del loop di dilatazione si restringe, mentre durante una contrazione l'apertura a U si allarga.

Il cambio di direzione, invece, permette un certo grado di movimento: durante la dilatazione l'angolo si sposta all'esterno, mentre durante la contrazione l'angolo si sposta all'interno.

Si raccomanda di costruire i loop di dilatazione con gomiti a 90° e tubi dritti incollati per gestire più efficacemente le sollecitazioni durante la dilatazione.

L'installazione dei loop di dilatazione richiede una cura particolare con l'applicazione di opportune guide direzionali che assicurino l'allineamento dei tubi che si dilatano: la posizione delle guide deve inoltre garantire che il loop di dilatazione sia sottoposto solo a sollecitazioni di flessione e che i tubi che si dilatano siano liberi di muoversi lungo il proprio asse longitudinale.

La progettazione dei loop di dilatazione e dei cambi di direzione si basa sulle proprietà elastiche del tubo e richiede un'analisi della flessibilità della conduttura.



In aggiunta, è possibile notare che la larghezza del loop corrisponde alla lunghezza B divisa per 2.

Per determinare la lunghezza B necessaria per assorbire la dilatazione calcolata nel caso del loop di dilatazione, si suggerisce di utilizzare questa equazione:

$$B = 34 * \left(De * \frac{\Delta L}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

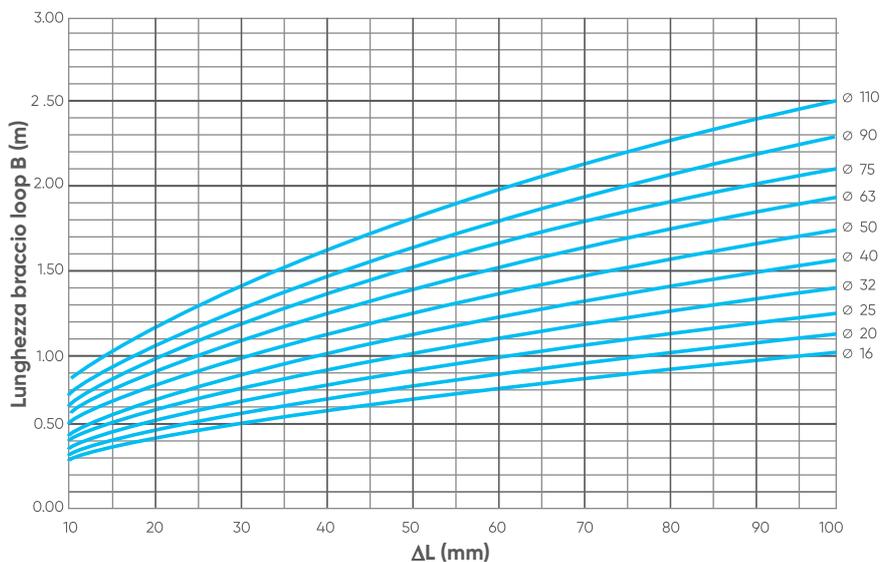
dove:

B = segmento del tubo (mm)

De = diametro esterno (mm)

ΔL = scostamento in lunghezza, ricordando che $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$

È anche possibile calcolare il segmento B usando la seguente tabella, sempre in funzione del diametro del tubo e dello scostamento in lunghezza.



Nel caso del cambio di direzione, la distanza B è la distanza necessaria prima di posizionare l'ancoraggio sul tubo dal gomito, come si può vedere nell'immagine seguente.

Per quanto riguarda il loop di dilatazione, lasciando la distanza B libera, il tubo può dilatarsi e contrarsi liberamente per eliminare la sollecitazione presente nel sistema.

All'interno del segmento B, è ancora richiesto di sostenere il tubo secondo la distanza standard di supporto, ma senza fissarlo saldamente: il supporto dovrebbe essere liscio e privo di spigoli vivi poiché il tubo si muoverà avanti e indietro.

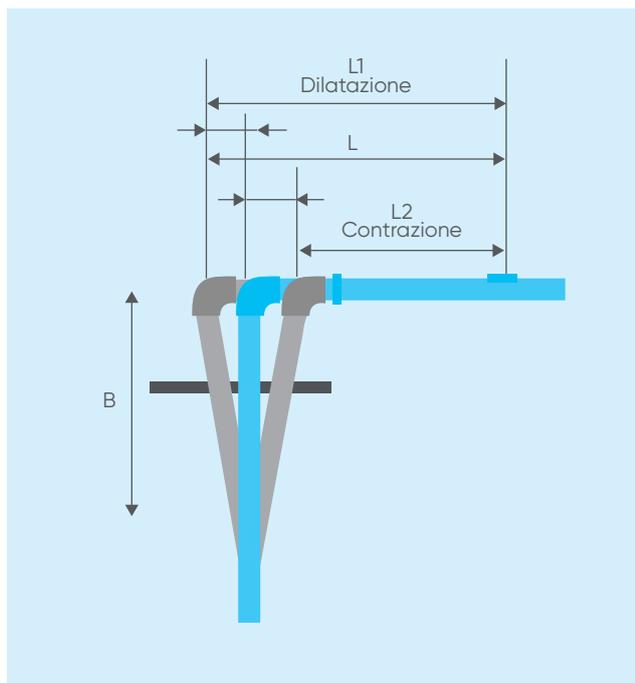
A questo punto la lunghezza B necessaria per assorbire la dilatazione determinata nel caso del cambio di direzione può essere calcolata con questa equazione:

$$B = 34 * \left(De * \Delta L \right)^{\frac{1}{2}}$$

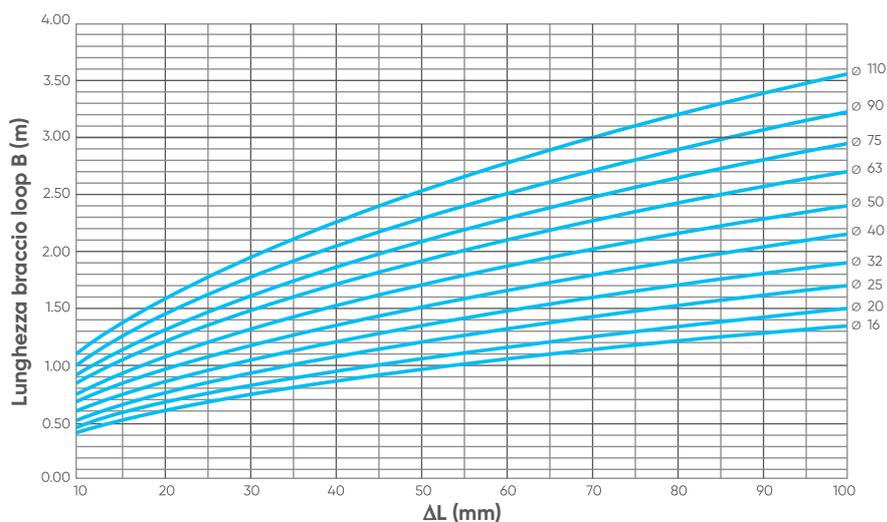
B = segmento del tubo (mm)

De = diametro esterno (mm)

ΔL = scostamento in lunghezza, ricordando che $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$



In aggiunta, è anche possibile calcolare il segmento B usando la seguente tabella, sempre in funzione del diametro del tubo e dello scostamento in lunghezza.



ESEMPIO PRATICO

Calcolare il segmento B di un cambio di direzione lungo 6 metri con un diametro di 90 mm e un $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ in PVC-U.

Sapendo che per PVC-U

$$\alpha = 0,00008 \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

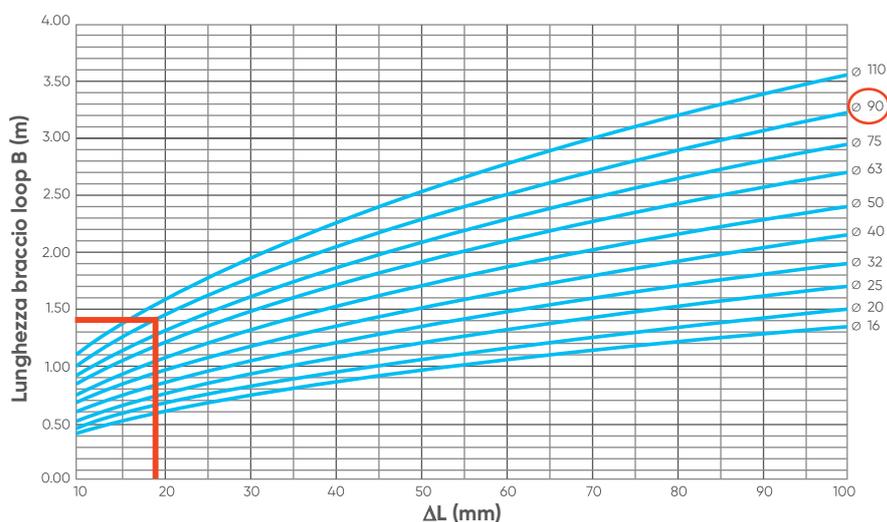
è possibile calcolare ΔL .

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T = 18,7 \text{ mm}$$

In questo modo, applicando l'equazione, si può trovare B.

$$B = 34 * (De * \Delta L) \left(\frac{1}{100}\right) = 1,4 \text{ m}$$

In alternativa, conoscendo il valore di ΔL e De è possibile ricavare il valore di B dal grafico, come mostrato in figura.



3.2.2 Tracciamento del calore

In un processo chimico il controllo della temperatura è richiesto nel caso di fluidi che, con l'abbassamento della temperatura, possono causare problemi durante il funzionamento, per esempio un aumento della viscosità, un passaggio allo stato solido, la separazione dei componenti, la precipitazione di sostanze sospese, la decomposizione e così via.

Esistono alcuni metodi molto affidabili per garantire la protezione dal gelo e il mantenimento della temperatura: il tracciamento elettrico esterno tramite resistenze elettriche di tipo "autoregolante" e il metodo di isolamento tramite doppio contenimento come la gamma di prodotti AkathermThermoPlus.

Design esterno autoregolante per il tracciamento del calore

I tubi di plastica si fondono a temperature relativamente basse rispetto ai tubi di metallo: se le temperature sono sufficientemente alte, le pareti esterne di un tubo di plastica possono carbonizzarsi o bruciare. A causa di queste caratteristiche, l'unico tipo di rilevatore di calore elettrico raccomandato è quello autoregolante: variando automaticamente la potenza termica e fornendo il calore necessario, il riscaldatore compensa le variabili di installazione e di funzionamento come le fluttuazioni di tensione, i dissipatori di calore e le variazioni della temperatura ambiente.

L'autoregolazione funziona attraverso l'uso di un cavo autoregolante con una matrice semiconduttiva composta da una miscela di polimero e carbonio conduttivo estruso su due conduttori.

All'inizio questa matrice viene irradiata per fissare la sua struttura e una memoria iniziale.

Le molecole di carbonio formano catene conduttive tra di loro, che possono essere considerate come tante piccole resistenze elettriche poste in parallelo tra i due conduttori; quando i conduttori sono alimentati da un lato e isolati dal lato opposto del circuito, la corrente elettrica passa attraverso queste resistenze producendo calore.

Quando la temperatura del cavo aumenta, le molecole del polimero si espandono e rompono le catene di carbonio, come si può vedere nella foto, di conseguenza la potenza diminuisce.

A causa dell'irradiazione iniziale, la matrice ha memorizzato la sua struttura molecolare iniziale, quindi il fenomeno è reversibile: infatti, quando la temperatura del cavo diminuisce, il materiale ritorna alle sue condizioni iniziali.

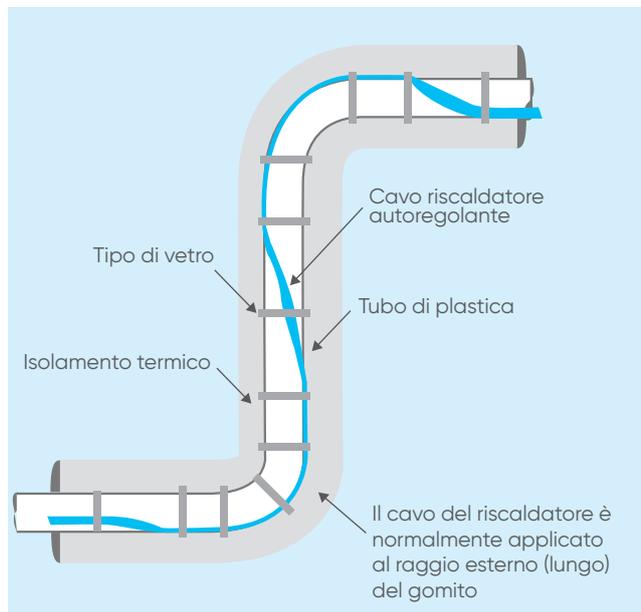
Per progettare correttamente un sistema con tracciamento elettrico del calore, è necessario conoscere alcune variabili, come la tensione, la differenza di temperatura di progetto, l'area, l'ambiente e la lunghezza totale del tubo.



Poi si dovranno seguire i seguenti passi:

- 1)** Selezionare il riscaldatore appropriato secondo la temperatura massima di esposizione e le temperature di mantenimento desiderate.
- 2)** Scegliere un riscaldatore appropriato secondo le curve di rendimento termico per quel particolare riscaldatore, in modo che il rendimento termico alla temperatura di mantenimento sia uguale o superiore alla perdita di calore.
- 3)** Se la perdita di calore calcolata è maggiore della potenza fornita dal riscaldatore, si consiglia di procedere come segue:
 - Utilizzare un isolamento più spesso.
 - Utilizzare un isolamento con una conducibilità termica inferiore.
 - Utilizzare due o più strisce parallele.
 - Utilizzare la traccia termica a spirale.

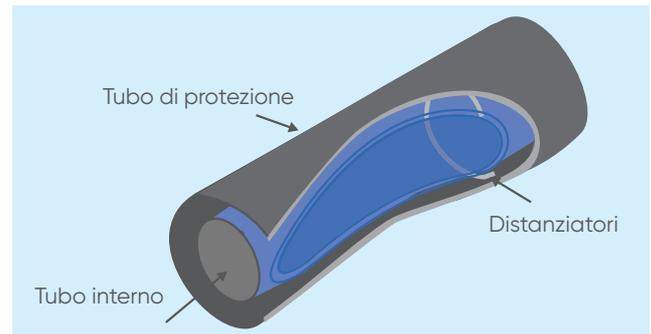
L'esempio illustrato nell'immagine seguente mostra come collocare il nastro sul tubo.



AkathermThermoPlus

In generale, i sistemi a doppio contenimento vengono utilizzati per trasportare fluidi o sostanze pericolose. AkathermThermoPlus è un sistema a doppio contenimento che permette anche di ottenere una protezione antigelo o il mantenimento di una certa temperatura all'interno del tubo per mezzo di un cavo riscaldante.

In generale, un tubo a doppio contenimento è composto da un tubo di protezione, distanziatori, tubo interno, come si può vedere nell'immagine.

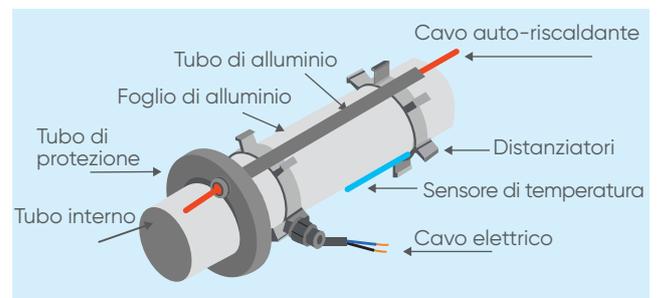


Il design anulare di AkathermPlus è disponibile in tre diverse varianti a seconda dell'applicazione finale:



In particolare nella foto seguente è possibile analizzare la struttura interna del sistema, è necessario ricordare che il materiale di cui è fatto il tubo è PE-HD.

AkathermThermoPlus può essere utilizzato in diverse aree di applicazione, per esempio negli impianti industriali e chimici, nelle centrali elettriche, nei sistemi di depurazione o nell'industria alimentare.



3.2.3 Ancoraggio delle condutture

L'ancoraggio delle condutture riveste un ruolo fondamentale per il corretto funzionamento dei sistemi di tubature. Un tubo deve essere sostenuto seguendo una campata adeguata per preservare la durata del sistema di tubature.

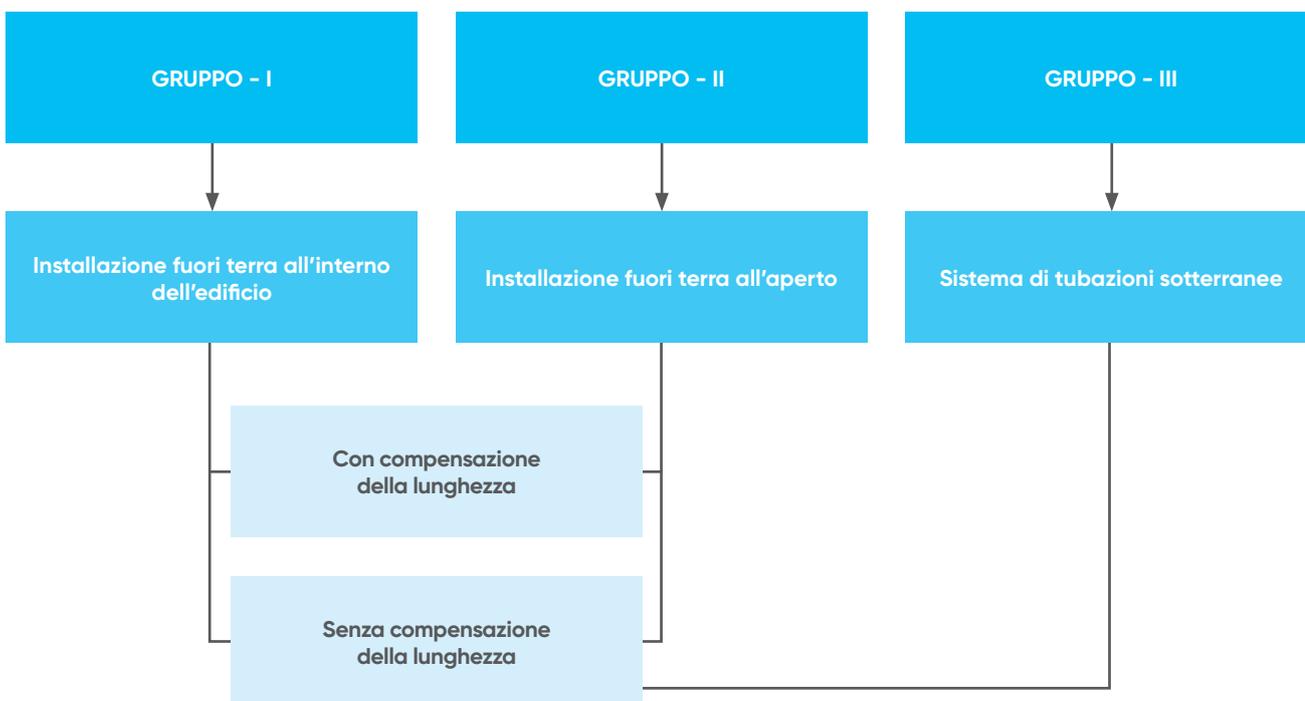
Le tubazioni termoplastiche sono caratterizzate da alti coefficienti di dilatazione termica e basso modulo di elasticità assiale, quindi è necessario un adeguato sistema di supporto per sostenere i carichi permanenti generati dal peso dei tubi e dei raccordi e per assorbire le sollecitazioni meccaniche sviluppate dalle variazioni di temperatura.

La selezione dei tipi di supporto e la loro posizione dipenderà dalle condizioni operative e dalla disposizione dei tubi, nonché dalle restrizioni imposte dalle sollecitazioni e dai movimenti dei tubi.

Con l'aiuto di adeguati supporti per tubi, i carichi sulle tubazioni prodotti a causa della pressione, della temperatura, del peso o eventi occasionali devono essere trasmessi dal tubo alle strutture di supporto.

Sistemi di posa per tubi di plastica

Quando si progettano e si posano sistemi di tubazioni termoplastiche, bisogna sempre tenere conto delle caratteristiche del materiale. La progettazione di un sistema di tubazioni affidabile dipende dall'applicazione e dalla lavorazione professionale delle materie plastiche. Le seguenti informazioni sono intese come una guida, in modo particolare per la pianificazione. L'immagine che segue mostra una distinzione generale nel metodo di installazione di un sistema di tubazioni in plastica.



Il Gruppo-I e il Gruppo-II formano i sistemi di tubazioni in plastica installati fuori terra con e senza compensazione della lunghezza all'interno di edifici o all'esterno. Questi sistemi richiedono generalmente una struttura di supporto e sono utilizzati, per esempio, nell'industria chimica, negli impianti di trattamento delle acque reflue e nella costruzione di piscine. Di solito richiedono lo sforzo maggiore di lavorazione.

Le condutture del Gruppo-III (sistemi di tubazioni sotterranee) sono, per esempio, parte delle reti idriche municipali. Tuttavia, sono altrettanto frequentemente installate nel campo della tecnologia delle acque reflue industriali. Grazie alla flessibilità dei tubi di plastica, il costo dei lavori sotterranei è inferiore a quello della posa di tubi di acciaio, ghisa o cemento.

Le condutture cementate sono una forma speciale di condutture sotterranee. A causa della mancata o della limitata accessibilità per la manutenzione, una forma speciale di posa dovrebbe essere riservata a tubi a gravità o di drenaggio a bassa sollecitazione. L'incapsulamento nel cemento trasforma un tubo flessibile in una struttura rigida senza resistenza alla flessione, annientando molti vantaggi dei sistemi di tubi di plastica.

3.2.3.1 Supporto delle tubazioni e sistema anti-sfilamento

Il termine anti-sfilamento è invariabilmente usato per i supporti delle tubature.

Comunque, c'è una piccola differenza tra il supporto dei tubi e l'anti-sfilamento: i supporti dei tubi sono utilizzati per sostenere il sistema di tubazioni portando il carico verticale, mentre i sistemi anti-sfilamento limitano i movimenti del tubo e si occupano dei carichi orizzontali. Il supporto del tubo e il sistema anti-sfilamento combinati possono essere detti sistemi di supporto del tubo.

Supporti dei tubi

Le staffe hanno il compito di assorbire in modo sicuro tutti i carichi di una condotta e di trasferirli a un edificio o a una sottostruttura. A causa della resistenza limitata e dipendente dalla temperatura e della stabilità dimensionale delle tubazioni termoplastiche, i requisiti sono diversi da quelli delle tubazioni metalliche.

Quando si posano le tubazioni, il primo passo è quello di installare il sistema di supporto che deve sostenere i tratti delle tubazioni.

Questa procedura evita l'uso di costruzioni ausiliarie non necessarie e la disposizione provvisoria inadeguata; inoltre, è un metodo di installazione sicuro che esclude in gran parte carichi inaccettabili sulla condotta durante l'installazione.

La procedura inversa, come l'adattamento dei supporti a tubi già installati e fissati temporaneamente, è consentita solo in casi eccezionali, poiché l'installazione successiva dei supporti previsti può comportare vincoli che limitano la sicurezza operativa della condotta. Nel caso di condotte più grandi, il rischio di rottura e le sue conseguenze aumentano se i supporti temporanei non sono sottoposti a una valutazione della resistenza. Tale procedura non è quindi consentita.

In linea di principio, il supporto del tubo deve essere classificato secondo la sua funzione.

Staffa semplice (GL)

La staffa semplice in una condotta posata orizzontalmente può assorbire solo forze (carichi) dirette verticalmente. Soprattutto, dovrebbe fornire la più bassa resistenza possibile alle variazioni di lunghezza della condotta legate al funzionamento. La libertà di movimento deve essere data sia in direzione longitudinale del tubo che trasversale all'asse del tubo.

Staffa di guida (FL)

La staffa di guida deve impedire che la condotta scivoli lateralmente. È quindi in grado di assorbire le forze trasversali ed è richiesta, per esempio, nelle sezioni di tubo bloccate assialmente per prevenire l'instabilità. A seconda della sua funzione, il cuscinetto di guida può essere fisso o mobile nella direzione dell'asse del tubo. Lo scorrimento del tubo nella pinza, in sostituzione di un cuscinetto di guida con pattino di scorrimento, è una soluzione non sicura e deve quindi essere esclusa.

Punto fisso (FP)

I punti fissi hanno lo scopo di impedire lo spostamento delle singole sezioni di tubo in qualsiasi direzione. Servono anche ad assorbire le forze di reazione quando si usano compensatori o manicotti scorrevoli e ad innesto. I punti fissi devono essere installati in modo tale che le variazioni di lunghezza nel sistema di tubi possano essere assegnati agli elementi di compensazione in dimensione e direzione.

Tratti orizzontali di tubi (HL)

Le posizioni di supporto delle tubazioni orizzontali dipendono dalle strutture già esistenti e dalla posizione dei carichi concentrati, come le valvole e le attrezzature pesanti delle tubazioni. Ridurre al minimo le sollecitazioni di flessione e di taglio dovute ai carichi statici è l'obiettivo principale nella progettazione della posizione di supporto. La spaziatura dei supporti si basa quindi sulla sollecitazione totale ammissibile del tubo e sulla quantità prefissata di deflessione ammissibile tra i supporti.

Per la lunghezza tra i supporti, si suggerisce di consultare le tabelle nel capitolo seguente.

Questa lunghezza varia a seconda dei materiali dei tubi, delle dimensioni e delle temperature.

Tratti verticali di tubi (VL)

I montanti o i tratti di tubo verticali possono essere sostenuti seguendo la stessa guida di spaziatura usata per i tubi orizzontali. Tuttavia, è consigliabile una riduzione della distanza tra le guide adiacenti per prevenire l'instabilità delle colonne.

Posizioni di supporto

In una condotta termoplastica, la posizione del supporto non può essere determinata da regole prestabilite poiché, a seconda dei casi, diversi fattori di progettazione rendono una soluzione più appropriata di un'altra.

Le dimensioni e i materiali dei tubi, le configurazioni delle condotte, la posizione di valvole e raccordi, la disponibilità di attacchi all'edificio o ad altre strutture, le dilatazioni termiche e le sorgenti di vibrazioni, i sovraccarichi sviluppati da terremoti e agenti atmosferici possono rivelarsi fattori vincolanti di cui l'ingegnere deve tenere conto per determinare la corretta posizione di ogni singolo supporto.

Lo scopo di questo paragrafo è quindi quello di fornire criteri generali e suggerimenti adatti ad assistere l'ingegnere progettista nel suo studio.

Il paragrafo seguente contiene le informazioni specifiche riguardanti la distanza tra i supporti per tubi per i diversi materiali secondo gli standard DVS 2210.

Supporti per tubo/i

L'installazione di sistemi di tubi termoplastici richiede l'uso di supporti per prevenire la flessione e le conseguenti sollecitazioni meccaniche. Quando si posano le condutture, bisogna considerare sia le larghezze dei supporti dei tubi che le distanze di montaggio. Entrambi i termini descrivono il fissaggio delle condutture con la differenza che da un lato si risparmia la deflessione ammissibile della condotta e dall'altro la sua instabilità.

Quando si determina la larghezza della campata in base alla deflessione ammissibile, la condotta viene considerata come una cosiddetta trave continua, in cui solo le sezioni finali (prima e dopo la curva del tubo) sono flessibili.

Quando si determina la larghezza della campata in base all'instabilità ammissibile (larghezze della campata dei tubi per sistemi di tubi bloccati), la tubazione di plastica deve essere controllata alla ricerca di possibili instabilità laterali. Il più piccolo dei due valori di campata determinati definisce la larghezza minima di supporto del tubo da mantenere.

La distanza tra i fermatubi dipende dal materiale del tubo, dal SDR, dalla temperatura della superficie e dalla densità del fluido trasportato.

Prima di installare i fermatubi, controllare le distanze riportate nelle tabelle sottostanti, che sono in accordo con le linee guida DVS 2210-01 per i tubi dell'acqua.

Aliaxis nella sua gamma di prodotti offre quattro tipi di fermatubi, indicati nella tabella che segue.

La scelta di uno di essi dipende da diverse variabili come, per esempio, il materiale e la gamma DN.



3.2.3.2 Tabelle e grafici

Per evitare di fare calcoli, è possibile consultare le seguenti tabelle e grafici che mostrano le campate abituali dei tubi termoplastici secondo DVS 2210-1. Tali tabelle e grafici si basano su dati sperimentali.

Distanze tra i supporti tubi per PVC-U

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)				
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	10	950	900	850	750	600
20	15	1100	1050	1000	900	700
25	20	1200	1150	1050	950	750
32	25	1350	1300	1250	1100	900
40	32	1450	1400	1350	1250	1000
50	40	1600	1550	1500	1400	1150
63	50	1800	1750	1700	1550	1300
75	65	2000	1900	1850	1700	1450
90	80	2200	2100	2000	1850	1550
110	100	2400	2250	2250	2050	1750
125	100	2550	2400	2400	2200	1850
140	125	2700	2600	2500	2300	1950
160	150	2900	2800	2700	2500	2100
180	150	3100	2950	2850	2650	2200
200	200	3250	3150	3000	2800	2350
225	200	3450	3300	3200	2950	2500
250	250	3650	3500	3350	3100	2600
280	250	3750	3700	3550	3300	2750
315	300	4100	3900	3750	3500	2950
355	350	4300	4200	4000	3700	3100
400	400	4600	4450	4250	3950	3300

 Regione contrassegnata: SDR 13.6 / S 6.3 / PN 16.

 Altra regione: SDR 21 / S 10 / PN 10.

Per valori SDR diversi, moltiplicare i dati della tabella per i seguenti fattori:

- 1.08 per SDR 13.6 / S6.3 / PN16 : gamma dimensionale De 25 - 400;
- 1.15 per SDR 11 / S5 / PN20: intera gamma dimensionale.

È importante ricordare che, in base alla sostanza trasportata, la larghezza della campata del supporto deve essere moltiplicata per il fattore della tabella.

Materiale	PN	Sostanze trasportate		
		1	Acqua	Altri
			Densità (g/cm³)	
			1,25	1,50
PVC-U	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

Distanze tra i supporti tubi per PVC-C

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)							
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
16	10	1000	950	900	850	750	675	600	500
20	15	1150	1100	1025	950	875	775	700	600
25	20	1200	1150	1100	1000	900	800	700	600
32	25	1350	1250	1200	1100	1000	900	800	700
40	32	1500	1400	1300	1250	1150	1050	900	800
50	40	1650	1600	1500	1400	1300	1200	1100	900
63	50	1850	1750	1650	1600	1500	1350	1250	1050
75	65	2050	1950	1850	1750	1650	1500	1350	1200
90	80	2250	2100	2000	1900	1800	1650	1500	1300
110	100	2500	2350	2200	2100	1950	1800	1650	1450
125	100	2650	2500	2350	2250	2100	1950	1750	1550
140	125	2800	2650	2500	2350	2200	2050	1850	1650
160	150	3000	2850	2700	2550	2400	2200	2000	1750
180	150	3150	3000	2850	2700	2500	2300	2100	1850
200	200	3350	3150	3000	2850	2650	2450	2200	1950
225	200	3550	3350	3200	3000	2800	2600	2350	2100
250	250	3750	3550	3350	3150	3000	2750	2500	2200
280	250	3950	3750	3550	3350	3150	2900	2650	2350
315	300	4200	4000	3750	3550	3350	3050	2800	2450
355	350	4450	4250	4000	3800	3550	3250	2950	2650
400	400	4750	4500	4250	4000	3750	3450	3150	2800

 Regione contrassegnata: SDR 13.6 / S 6.3 / PN 16.

Altra regione: SDR 21 / S 10 / PN 10.

Per valori SDR diversi, moltiplicare i dati della tabella per i seguenti fattori:

- 1.08 per SDR 13.6 / S6.3 / PN16 : gamma dimensionale De 40 - 400;
- 1.12 per SDR 11 / S 5 / PN20: intera gamma dimensionale.

È importante ricordare che, in base alla sostanza trasportata, la larghezza della campata del supporto deve essere moltiplicata per il fattore della tabella.

Materiale	PN	Sostanze trasportate		
		Acqua	Altri	
		Densità (g/cm ³)		
		1	1,25	1,50
PVC-C	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

Distanze tra i supporti tubi per ABS

Oltre a quanto riportato sulle regole DVS per il cloruro di polivinile e le poliolefine, per l'ABS il nostro esperto raccomanda questi valori.

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)		
		20°C	50°C	60°C
16	10	800	500	400
20	15	900	600	500
25	20	1000	700	600
32	25	1100	800	700
40	32	1200	900	700
50	40	1300	1000	700
63	50	1400	1100	800
75	65	1500	1200	800
90	80	1600	1200	900
110	100	1800	1300	1000
125	100	1900	1400	1000
140	125	2000	1500	1100
160	150	2100	1600	1200
200	150	2200	1700	1300
225	200	2300	1800	1500
250	250	2500	2000	1700
315	300	2900	2400	2100

I valori della tabella si basano su tubi di classe C in ogni dimensione. Per le misure 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm e 110 mm la distanza di supporto può essere aumentata del 10% per i tubi di classe E.

Inoltre è importante ricordare che, se la sostanza trasportata ha un peso specifico maggiore di 1, la distanza deve essere diminuita dividendo gli interassi raccomandati per il peso specifico.

Distanze tra i supporti tubi per PP

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)						
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
16	10	650	625	600	575	550	525	500
20	15	700	675	650	625	600	575	550
25	20	800	775	750	725	700	675	650
32	25	950	925	900	875	850	800	750
40	32	1100	1075	1050	1000	950	925	875
50	40	1250	1225	1200	1150	1100	1050	1000
63	50	1450	1425	1400	1350	1300	1250	1200
75	65	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
90	80	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350
110	100	1850	1800	1750	1700	1600	1500	1400
125	100	2000	1950	1900	1800	1700	1600	1500
140	125	2100	2050	2000	1900	1800	1700	1600
160	150	2250	2200	2100	2000	1900	1800	1700
180	150	2350	2300	2200	2100	2000	1900	1800
200	200	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900
225	200	2650	2550	2450	2350	2250	2150	2000
250	250	2800	2700	2600	2500	2400	2300	2150
280	250	2950	2850	2750	2650	2550	2450	2300
315	300	3150	3050	2950	2850	2700	2600	2450
355	350	3350	3250	3150	3000	2850	2750	2600
400	400	3550	3450	3350	3200	3050	2900	2750

I valori della tabella corrispondono a SDR 11/S 5/PN 10.

La distanza può essere aumentata del 30% in caso di installazione verticale del tubo.

Per valori SDR diversi, moltiplicare i dati della tabella per i seguenti fattori:

- 0,91 per SDR 17,6 / S 8,3 / PN 6.

È importante ricordare che, in base alla sostanza trasportata, la larghezza della campata del supporto deve essere moltiplicata per il fattore della tabella.

Materiale	PN	Sostanze trasportate		
		Acqua	Altri	
		Densità (g/cm ³)		
		1	1,25	1,50
PP	6	1	0,96	0,92
	10			

Distanze tra i supporti tubi per PE- HD

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)				
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	10	500	450	450	400	350
20	15	575	550	500	450	400
25	20	650	600	550	550	500
32	25	750	750	650	650	550
40	32	900	850	750	750	650
50	40	1050	1000	900	850	750
63	50	1200	1150	1050	1000	900
75	65	1350	1300	1200	1100	1000
90	80	1500	1450	1350	1250	1150
110	100	1650	1600	1500	1450	1300
125	100	1750	1700	1600	1550	1400
140	125	1900	1850	1750	1650	1500
160	150	2050	1950	1850	1750	1600
180	150	2150	2050	1950	1850	1750
200	200	2300	2200	2100	2000	1900
225	200	2450	2350	2250	2150	2050
250	250	2600	2500	2400	2300	2100
280	250	2750	2650	2550	2400	2200
315	300	2900	2800	2700	2550	2350
355	350	3100	3000	2900	2750	2550
400	400	3300	3150	3050	2900	2700

I valori della tabella corrispondono a SDR 17 / S8 / PN10.

Per i tubi posati verticalmente, le distanze di supporto possono essere moltiplicate per 1.3.

Per valori SDR diversi, moltiplicare i dati della tabella per i seguenti fattori:

- 0.91 per SDR 26 / S 12.5 / PN 6;
- 1.07 per SDR 11 / S 5 / PN 16.

È importante ricordare che, in base alla sostanza trasportata, la larghezza della campata del supporto deve essere moltiplicata per il fattore della tabella.

Materiale	PN	Sostanze trasportate		
		Acqua	Altri	
		Densità (g/cm ³)		
		1	1,25	1,50
PE-HD	6	1	0,96	0,92
	10			
	16			

Distanze tra i supporti tubi per PVDF

Dimensione del tubo De (mm)	Diametro nominale DN	Larghezza della campata del supporto (LA) in mm a temperatura ambiente (TR)								
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
16	10	725	700	650	600	575	550	500	450	400
20	15	850	800	750	750	700	650	600	500	450
25	20	950	900	850	800	750	700	675	600	500
32	25	1100	1050	1000	950	900	850	800	700	600
40	32	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	750	650
50	40	1400	1350	1300	1200	1150	1100	1000	900	750
63	50	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	950	800
75	65	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1050	850
90	80	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1100	950
110	100	1800	1750	1700	1650	1550	1500	1450	1250	1100
125	100	1900	1850	1800	1700	1650	1600	1500	1350	1200
140	125	2000	1950	1900	1800	1750	1700	1600	1450	1250
160	150	2150	2100	2050	1950	1850	1800	1700	1550	1350
180	150	2300	2200	2150	2050	1950	1900	1800	1600	1400
200	200	2400	2350	2250	2150	2100	2000	1900	1700	1500
225	200	2550	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1800	1600
250	250	2650	2600	2500	2400	2300	2200	2100	1900	1700
280	250	2850	2750	2650	2550	2450	2350	2250	2000	1800
315	300	3000	2950	2850	2750	2600	2500	2400	2150	1900
355	350	3200	3100	3000	2850	2750	2650	2500	2250	2000
400	400	3400	3300	3200	3050	2950	2800	2650	2400	2100

 Regione contrassegnata: SDR 21 / S 10 / PN 16

 Altra regione: SDR 33 / S 16 / PN 10

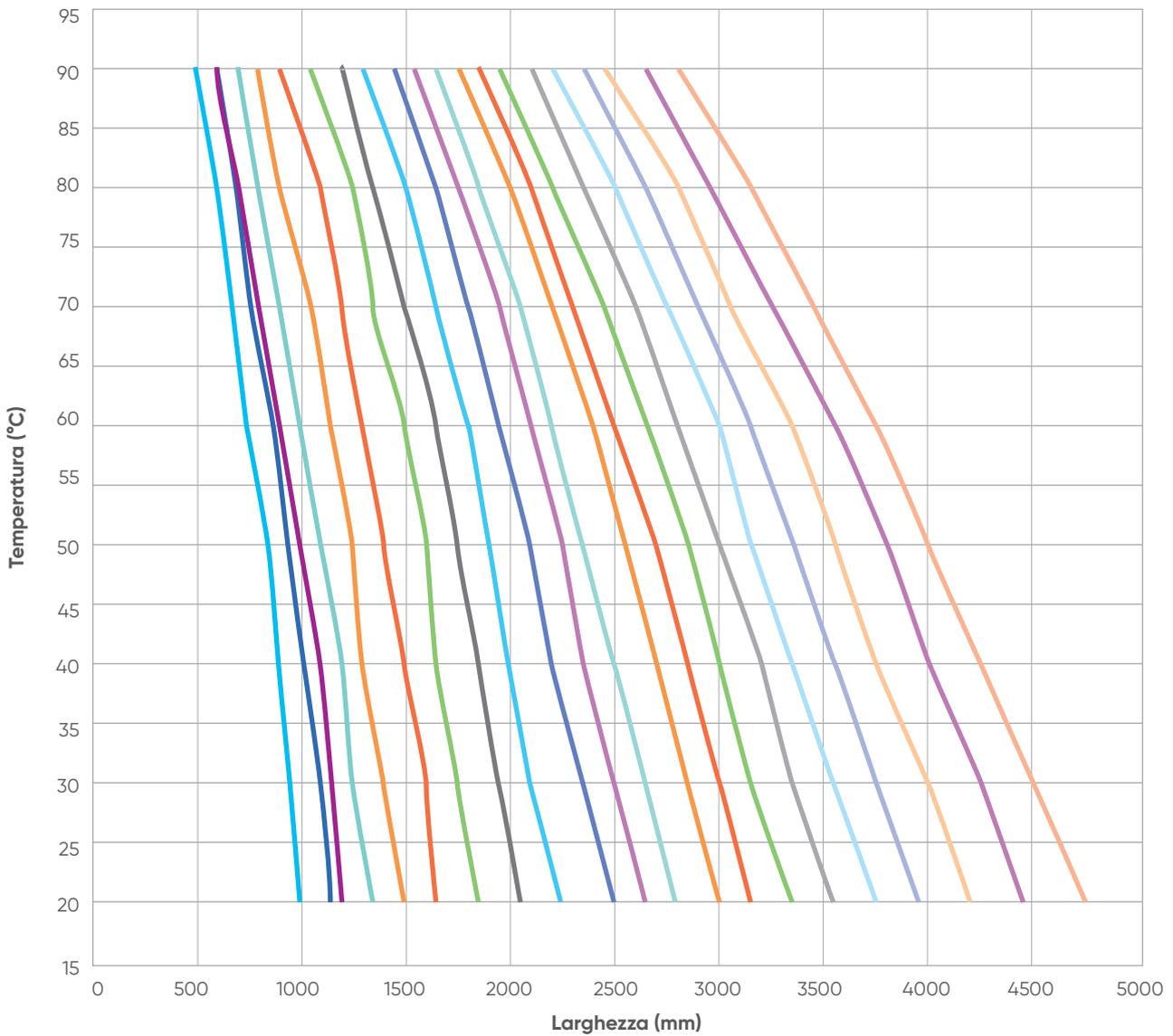
Per valori SDR diversi, moltiplicare i dati della tabella per i seguenti fattori:

- 1.08 per SDR21 / S10 / PN16: gamma dimensionale De 63 - 400;
- 1.12 per SDR17 / S8 / PN20: intera gamma dimensionale.

È importante ricordare che, in base alla sostanza trasportata, la larghezza della campata del supporto deve essere moltiplicata per il fattore della tabella.

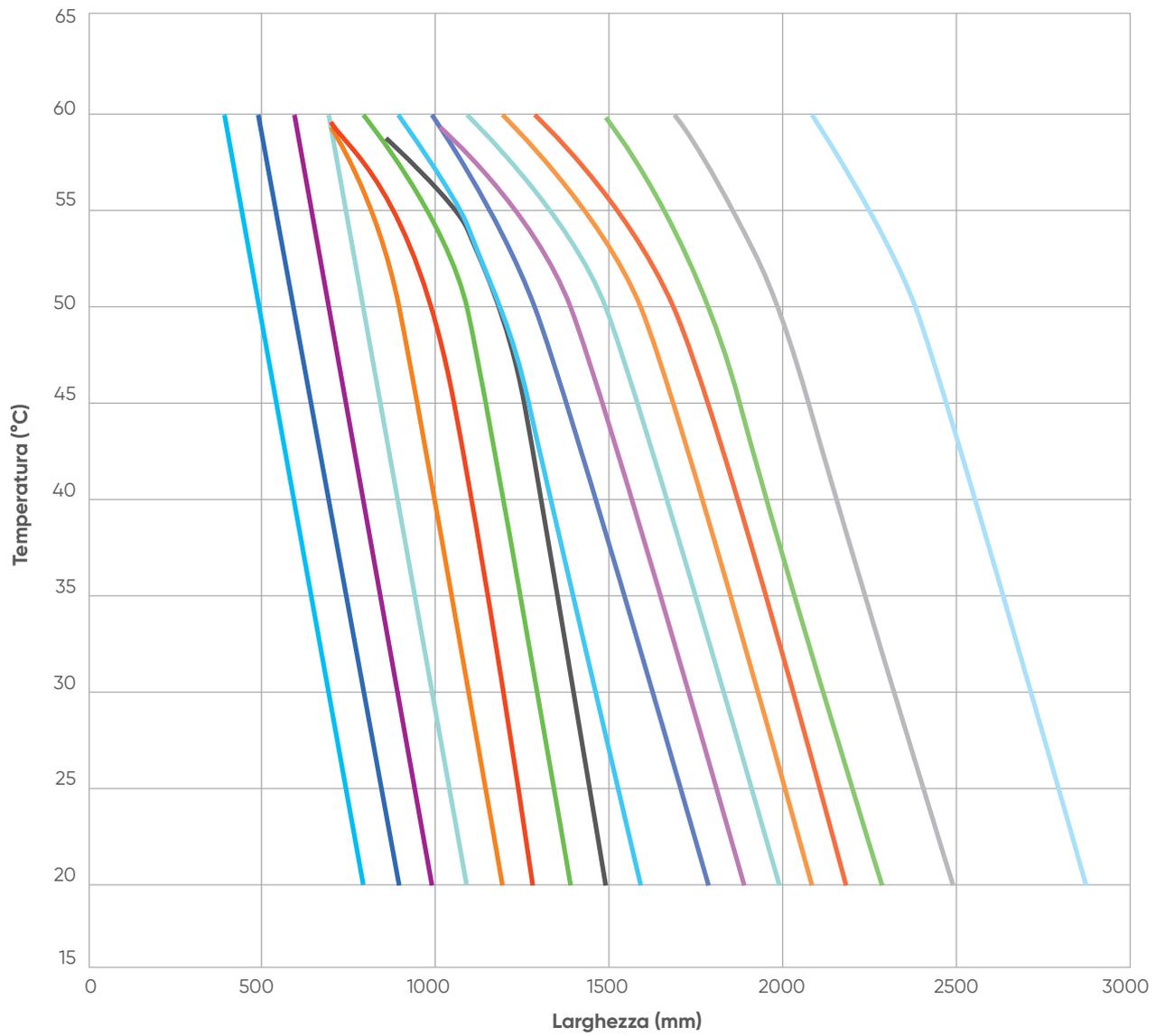
Materiale	PN	Sostanze trasportate		
		Acqua	Altri	
		Densità (g/cm ³)		
		1	1,25	1,50
PVDF	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

Grafico distanze tra i supporti tubi per PVC-C



- | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| De 16 | De 20 | De 25 | De 32 | De 40 | De 50 | De 63 |
| De 75 | De 90 | De 110 | De 125 | De 140 | De 160 | De 180 |
| De 200 | De 225 | De 250 | De 280 | De 325 | De 355 | De 400 |

Grafico distanze tra i supporti tubi per ABS



- De 16
- De 20
- De 25
- De 32
- De 40
- De 50
- De 63
- De 75
- De 90
- De 110
- De 125
- De 140
- De 160
- De 200
- De 225
- De 250
- De 315

Grafico distanze tra i supporti tubi per PP

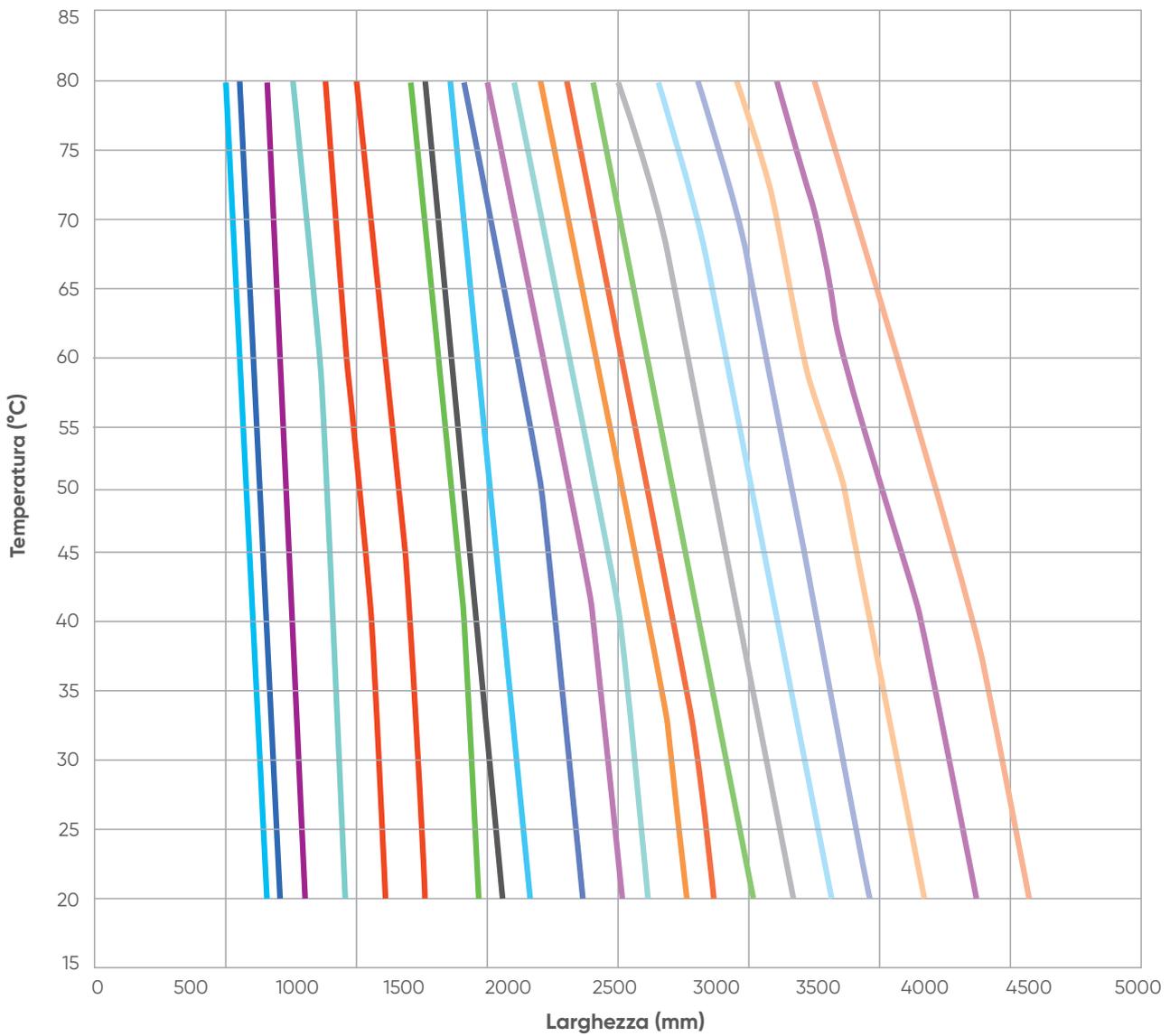
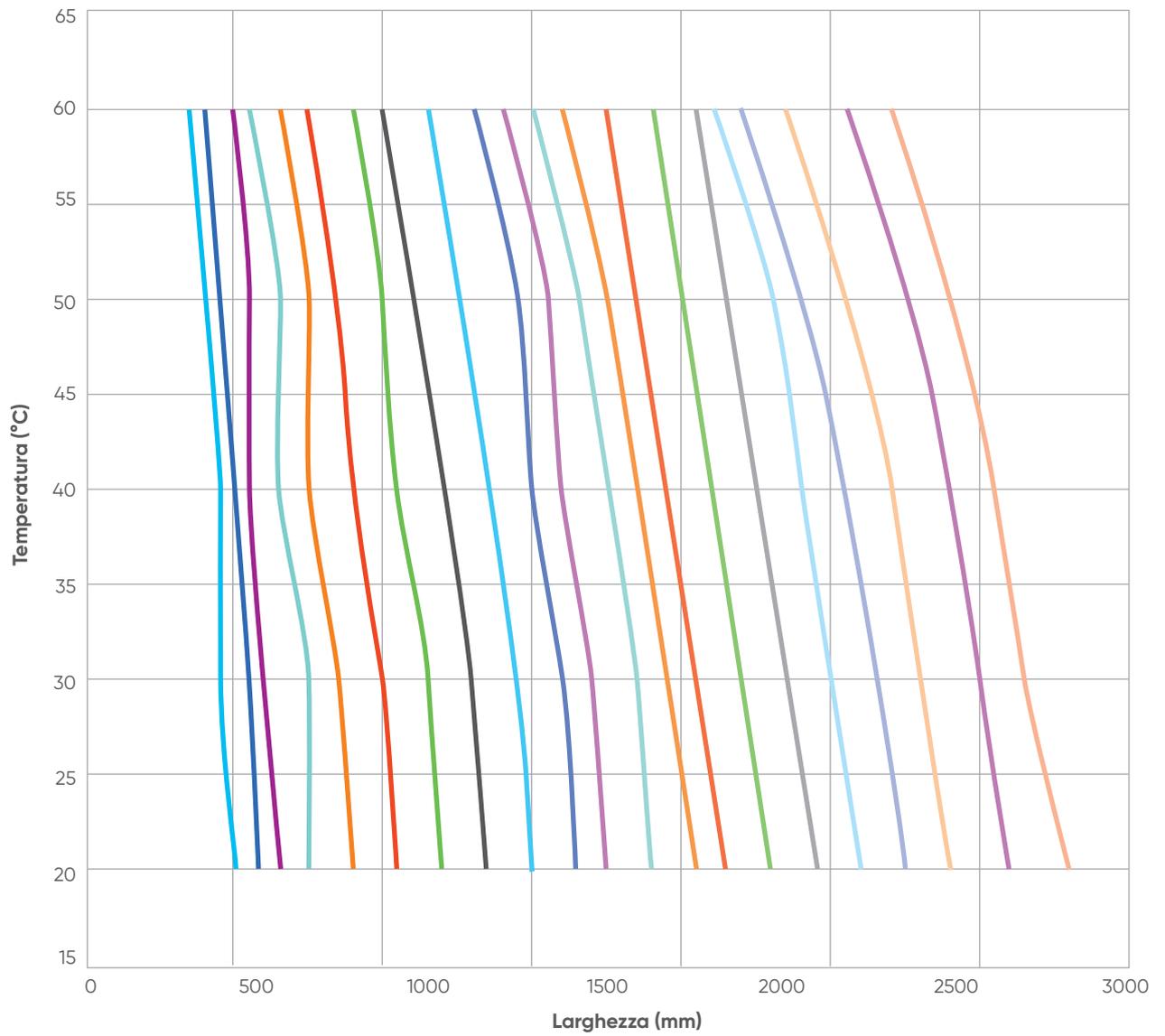
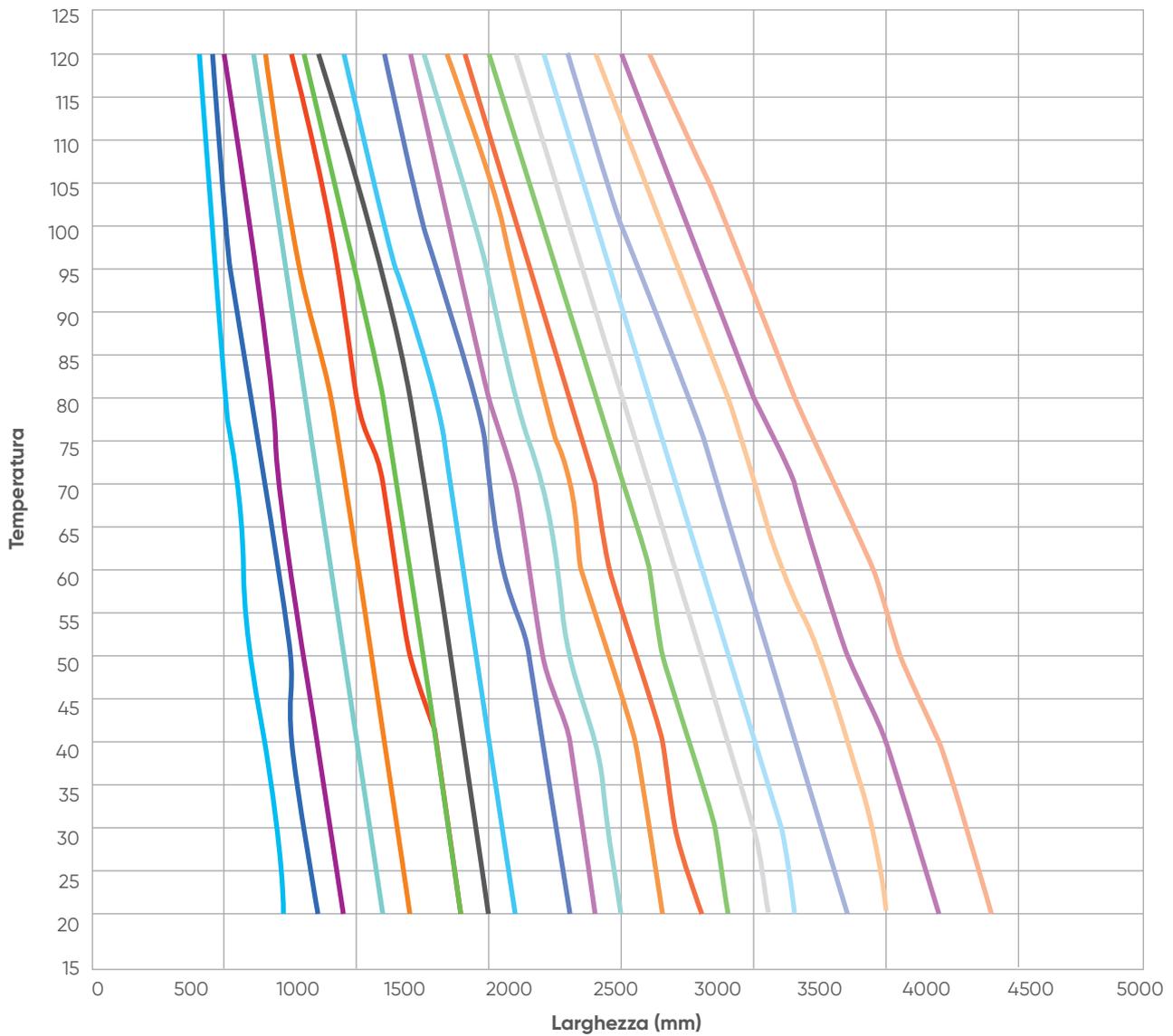


Grafico distanze tra i supporti tubi per PE



- | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| De 16 | De 20 | De 25 | De 32 | De 40 | De 50 | De 63 |
| De 75 | De 90 | De 110 | De 125 | De 140 | De 160 | De 180 |
| De 200 | De 225 | De 250 | De 280 | De 325 | De 315 | De 400 |

Grafico distanze tra i supporti tubi per PVDF



- | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| De 16 | De 20 | De 25 | De 32 | De 40 | De 50 | De 63 |
| De 75 | De 90 | De 110 | De 125 | De 140 | De 160 | De 180 |
| De 200 | De 225 | De 250 | De 280 | De 325 | De 355 | De 400 |

Se le condutture vengono posate in modo tale che l'espansione assiale di tutti o di singoli tratti di tubo non sia più possibile (bloccaggio fisso della condotta), la distanza di fissaggio calcolata deve essere verificata allo scopo di garantire la sicurezza da deformazione. Se il momento flettente calcolato è inferiore alla distanza di supporto calcolata, la condotta deve essere sostenuta in base al valore inferiore.

Se le tubazioni bloccate assialmente vengono utilizzate a temperature elevate o se si prevede una riduzione del modulo di scorrimento a causa di effetti chimici, il pericolo di deformazione è maggiore. In questi casi, il momento flettente determinato deve essere ridotto del 20%. I valori della tabella seguente sono da considerarsi come temperature d'esercizio aumentate.

Materiale	Temperatura (°C)
PE-HD	>45
PP	>60
PVC-U	>40
PVC-C	>80
PVDF	>100
ABS	>40

Supporto di valvole

Tutte le valvole, siano esse manuali o azionate, devono essere adeguatamente supportate in molte applicazioni. Tutte le nostre serie di valvole VKD, VKR, TKD, ecc. sono quindi dotate di un supporto integrato che permette l'ancoraggio diretto del corpo valvola senza bisogno di altri componenti.

Lo speciale supporto integrato sulla nostra valvola VKD è illustrato nell'immagine qui sotto.

Per il montaggio a muro, possono essere utilizzate le piastrine di fissaggio PMKD dedicate, disponibili come accessori. Queste piastrine devono essere fissate alla valvola prima del montaggio a muro. Le piastrine PMKD permettono anche l'allineamento della valvola VKD con i fermatubi FIP GOEMA e consentono di allineare diverse dimensioni di valvole.



3.2.4 Installazione sotterranea (sistema interrato)

Tutti i sistemi di tubazioni interrato sono soggetti a carichi interni ed esterni. Il carico interno è legato ai requisiti del fluido trasportato e alle proprietà del materiale del tubo. Per i carichi esterni, i tubi termoplastici sono considerati flessibili (in grado di piegarsi senza rompersi) e utilizzano la parete del tubo e il terreno circostante per sostenere i carichi esterni. In altre parole, il terreno e il tubo formano una struttura integrata. A seconda delle caratteristiche del carico, il tubo si deflette o si comprime. I carichi esterni che devono essere determinati sono statici e dinamici.

Requisiti per la progettazione sotterranea

La posa di condutture sotterranee in materiali termoplastici, in particolare quelle che operano a temperature di esercizio superiori a 40°C, richiede l'uso di una procedura di progettazione sotterranea adatta al materiale e al carico.

Un fattore importante per la sicurezza operativa delle condutture in plastica è la completa compatibilità del lavoro di costruzione con le ipotesi calcolate durante le analisi matematiche, che si applicano in particolare alla zona di incorporamento. Il rispetto del grado di compattezza specificato nella zona d'incorporamento è un prerequisito essenziale per la formazione di un sistema di supporto della base del tubo quando si usano tubi flessibili, in particolare per i materiali termoplastici.

I seguenti principi per l'installazione di tubi sotterranei devono essere considerati come un supplemento alle norme generali.

Trincee per tubi

Le trincee per tubi devono essere costruite secondo le specifiche DIN EN 1610 e DIN 4124 "Scavi e trincee". Le larghezze minime della trincea, che dipendono dalla larghezza nominale del tubo e dalla profondità della trincea, sono valori di riferimento che devono essere adattati ai metodi di installazione e di montaggio dei tubi. La larghezza della trincea deve essere sufficiente a permettere che il lavoro richiesto per il funzionamento sicuro della condotta possa essere condotto correttamente e in sicurezza.

Profondità della trincea

Il tubo termoplastico tenderà a flettersi piuttosto che a rompersi sotto carico. L'entità della deflessione può essere derivata dalla profondità di interramento, dalla rigidità del tubo e dal carico (ad esempio suolo, traffico) sul tubo. Anche se la deflessione massima consentita è del 7,5% con un fattore di sicurezza 4:1, l'instabilità critica si verifica al 30%. Per una data situazione, è possibile calcolare la deflessione effettiva e la profondità di interramento.

Per maggiori dettagli sulla profondità di interramento e sulla stima della deflessione in diverse condizioni, rivolgersi al nostro supporto tecnico Aliaxis.

Larghezza della trincea

La costruzione e la messa in sicurezza della trincea, il lavoro nella trincea e il suo riempimento devono essere eseguiti in considerazione delle norme EN 805, DIN 4124 e DIN EN 1610 nel caso di trincee per fognature. Inoltre devono essere considerate le regole per la sicurezza industriale ed eventuali specifiche aggiuntive del progettista. La larghezza della trincea deve corrispondere ai valori specificati nel calcolo statico dei tubi.

Fondo della trincea

Per sostenere correttamente il tubo, il fondo della trincea deve essere continuo, relativamente liscio e privo di rocce. Laddove si incontrano pietre dure o massi, il fondo della trincea deve essere imbottito con un minimo di 100 mm di roccia frantumata o sabbia sotto il tubo. Per sostenere o adagiare il tubo non deve essere utilizzato materiale congelato.

Dove il terreno è instabile (per esempio, in presenza di materiale organico), il fondo della trincea deve essere scavato in eccesso e riportato a livello con materiale adatto.

Allettamento del tubo

Lo strato inferiore di allettamento (supporto del tubo nella trincea) deve essere appiattito, compattato e livellato in conformità con il riempimento e, se necessario, costruito con la pendenza specificata. Lo spessore dello strato deve essere tale per cui le aree irregolari sul fondo della trincea non possano in nessun caso toccare il fondo della tubazione nel suo stato installato. Se il supporto del tubo non viene compattato, il grado di compattazione del riempimento sopra di esso può avere un effetto negativo.

Posizionamento del tubo

Il tubo e i raccordi devono essere collocati nella trincea usando corde e skid, imbracature su una benna da retroescavatore o a mano. Non gettare o far cadere il tubo o i raccordi nella trincea, in quanto potrebbero danneggiarsi. Prestare particolare attenzione quando si maneggia il tubo nella stagione fredda, poiché il materiale è meno resistente agli urti a temperature ridotte. Prima del montaggio assicurarsi che tutti i materiali siano in buone condizioni.

Resistenza alla spinta

Per le applicazioni di tubi in pressione interrati, le forze di spinta possono verificarsi in qualsiasi punto di un sistema di tubazioni in cui la direzione o la sezione trasversale del corso d'acqua cambia. Queste forze devono essere ridotte per mezzo di blocchi reggispinta in calcestruzzo o di un rivestimento in calcestruzzo. Questo può essere realizzato versando il calcestruzzo in forme di dimensioni appropriate in ogni punto della linea dove si svilupperanno le forze di spinta. Il blocco di calcestruzzo deve essere collocato tra il raccordo e il terreno nativo a lato della trincea.

Questi blocchi reggispinta non sono necessari quando si usano sistemi di tubi completamente resistenti al carico finale. Per esempio, sistemi di tubi che implicano la saldatura o l'elettrofusione e così via.

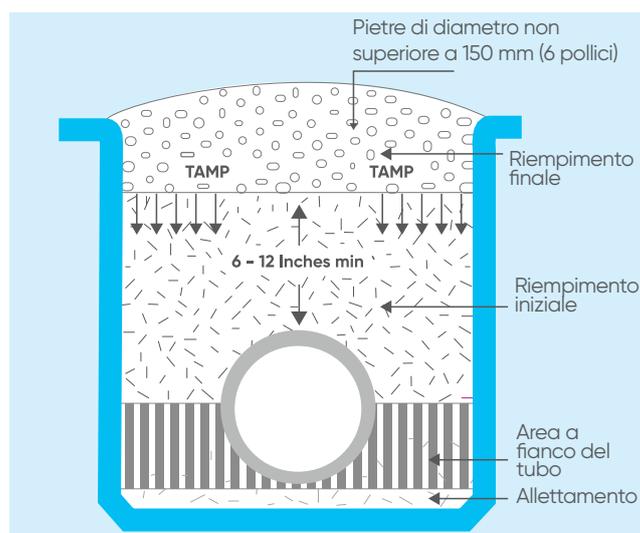
Profondità della trincea M	Larghezza minima della trincea (m)
< 1,00	nessuna larghezza minima della trincea specificata
≥ 1,00 a ≤ 1,75	0,80
> 1,75 a ≤ 4,00	0,90
> 4,00	1,00

Riempimento iniziale

Il riempimento iniziale viene effettuato coprendo il tubo ad una profondità di 150 mm - 300 mm con materiale di riempimento adeguato, privo di rocce, oggetti taglienti, detriti o particelle di dimensioni superiori a 75 mm. Aggiungere strati in incrementi di 150 mm assicurandosi che per ciascuno siano raggiunti livelli di compattazione appropriati e continuare a riempire fino ad avere 150 mm - 300 mm di copertura sopra la cresta del tubo. Assicurarsi che tutti i giunti rimangano esposti per l'ispezione visiva. Lasciare che le tubazioni si assestino e si normalizzano dimensionalmente, poi controllare la tenuta di tutti i giunti. Se le tubazioni sono soddisfacenti, compattare lo strato di riempimento iniziale.

Nota 1: Durante la compattazione, assicurarsi che l'allineamento del tubo, sia verticale che orizzontale, non sia alterato.

Nota 2: Durante la stagione calda si raccomanda di effettuare il riempimento nelle ore più fresche del mattino quando le tubazioni sono completamente contratte per evitare una compattazione impropria dovuta all'espansione dei tubi.



Collaudo del sistema

Dopo l'assemblaggio e il riempimento iniziale, il sistema deve essere collaudato per verificare l'assenza di perdite. Si noti che il tubo deve essere sufficientemente riempito per prevenire il movimento durante il collaudo.

Eseguire un test di pressione secondo la procedura di collaudo illustrata in test delle condutture nel presente manuale. Se il collaudo ha esito positivo, il sistema può essere coperto. In caso contrario, eseguire le riparazioni necessarie e testare di nuovo fino a quando il sistema funziona correttamente.

Come raccomandazione generale per quanto riguarda l'installazione di PVC-U sotto terra, il tubo non deve mai essere incassato nel cemento. L'incapsulamento nel cemento trasforma un tubo flessibile in una struttura rigida senza resistenza alla flessione, annientando molti vantaggi dei sistemi di tubi di plastica.

Compattazione del riempimento finale

Il riempimento finale è il materiale che viene posto sopra il riempimento iniziale fino alla cima della trincea. Compattare l'area a fianco del tubo, il reinterro iniziale e il reinterro finale con attrezzature manuali in conformità con i disegni della commessa. Osservare le seguenti precauzioni:

- Quando si usa un materiale "autocompattante", come la pietra frantumata, assicurarsi che il materiale non si inarchi o faccia da ponte sotto l'ansa del tubo. Rimuovere tali vuoti con la punta di una vanga.
- Quando si compatta il materiale sotto e ai lati del tubo, evitare di colpire il tubo con l'attrezzo o la macchina.
- Quando è richiesta una compattazione superiore all'85% di densità Proctor standard nell'area a fianco del tubo, assicurarsi che lo sforzo di compattazione non sposti il tubo dal livello corretto. Se lo sforzo di compattazione sposta il tubo, posare nuovamente il tubo al livello corretto.
- Non è necessario compattare il reinterro iniziale direttamente sopra la parte superiore del tubo al fine di garantirne la resistenza strutturale. Tuttavia, può essere necessario per l'integrità della carreggiata.
- Quando si posano lunghi tratti di tubazioni a temperature elevate, è consigliabile iniziare a lavorare da un punto fisso - come l'ingresso o l'uscita da un edificio, e procedere allontanandosi da quel punto, testando e riempiendo in conformità con i paragrafi precedenti. Questa procedura dovrebbe poi permettere alle tubazioni di assumere progressivamente la temperatura del suolo man mano che il lavoro procede.

L'allettamento della condotta di plastica direttamente sul fondo della trincea è permesso solo se si trova un terreno sabbioso a grana fine e se è garantito un appoggio uniforme lungo tutto il percorso del tubo. L'installazione di condutture in plastica con proprietà speciali (ad esempio con una sensibilità ridotta alla fessurazione o strati protettivi aggiuntivi) è determinata dalle norme del rispettivo produttore del sistema.

Lo spessore dello strato standard di allettamento deve essere ≥ 10 cm nello stato compattato. Per fondi di trincea rocciosi o solidi, lo spessore dello strato di allettamento deve essere aumentato a ≥ 15 cm. Prima e durante l'installazione della condotta, lo strato di allettamento deve essere controllato per assicurarsi che sia privo di pietre.

Carichi sulle condutture sotterranee

Quando si dimensionano le tubazioni di plastica interrate, bisogna distinguere tra carichi interni (causati durante l'uso) e carichi esterni (provenienti dall'ambiente di installazione). Un'analisi globale deve prendere in considerazione il carico meccanico, termico e chimico del sistema di tubi. Se possibile, quando si fanno considerazioni matematiche, si dovrebbero valutare i carichi che si verificano nello stato di costruzione e di prova.

Più accurati sono i carichi presunti, più sicuro ed economico è il dimensionamento della condotta. Questo vale in particolare per i componenti dei tubi in plastica. Dati approssimativi o vaghi portano all'utilizzo di combinazioni di carico sfavorevoli per il calcolo, con possibile sovradimensionamento. Può capitare anche in seguito a una riproduzione non accurata di una dimensione di carico, la stabilità della condotta di plastica possa essere compromessa.

Componenti di carico in una condotta di plastica sotterranea possono verificarsi sia individualmente che congiuntamente, e possono avere effetti a breve o a lungo termine. Di solito si tratta di un insieme di carichi, dove un carico è applicato in modo permanente, e questo, insieme a carichi aggiuntivi ricorrenti, deve essere considerato superficialmente.

La tabella qui sotto, secondo DVS 2210-3, mostra quali carichi devono essere presi in considerazione durante la progettazione e il dimensionamento delle tubazioni di plastica interrate.

Panoramica dei carichi, delle variabili e degli effetti

Tipo di carico	Variabili ed effetti
Carichi di terra e traffico	Dipendono dalla profondità di installazione sopra la parte superiore del tubo
Pesi morti e pesi di riempimento	Influenza minore rispetto ai sistemi di tubature in superficie
Carico di acque sotterranee	Dipende dal livello dell'acqua freatica sopra la parte inferiore del tubo
Carichi meccanici causati da un'errata installazione del tubo nella zona d'allettamento (per esempio, causati da pietre, legni squadrati, corpi estranei, ecc.)	Associati alla deformazione localizzata del tubo e al rischio di fessurazione, in funzione della struttura del materiale
Sovrapressione o depressione	Carico generico causato dall'uso della condotta
Sollecitazione termica	Quando la temperatura di esercizio TB è $> 20^{\circ}\text{C}$ ed è soggetta a variazioni significative
Carico del fluido trasportato	Alcuni fluidi trasportati possono causare cambiamenti nelle proprietà dei materiali plastici (ad esempio, riduzione della resistenza per effetto dei solventi).

Carichi di terra e traffico

La terra, il traffico e i carichi di superficie sopra la parte superiore del tubo generano sollecitazioni di flessione e compressione nella parete del tubo. È necessario distinguere se questi sono a breve termine (per esempio nella fase di costruzione) o hanno effetti duraturi.

Inoltre, la sezione circolare del tubo come era durante l'installazione sarà permanentemente deformata dai carichi applicati. L'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni dipende dalla qualità del lavoro di scavo durante l'installazione della condotta nella zona di allettamento.

In generale, minore è l'effetto di sostegno del terreno circostante, maggiore è la sollecitazione e la deformazione nella sezione del tubo. Di conseguenza, è particolarmente importante la corretta installazione.

Carichi di acque sotterranee

Oltre ai carichi menzionati sopra, un'altra variabile è l'influenza delle acque sotterranee. Se il livello delle acque sotterranee può salire sopra la parte inferiore del tubo, il suo effetto deve essere esaminato sotto forma di un calcolo di stabilità. La condotta deve essere dotata di una sufficiente resistenza all'instabilità alla sovrappressione esterna (sovrapposizione di carichi di terra, traffico e superficie e influenza dell'acqua freatica).

Carichi operativi

I carichi operativi possono derivare sia dalla sovrappressione interna o depressione, sia dalla temperatura e dal tipo di fluido trasportato. I carichi di terra e di traffico esogeni e il carico di pressione d'esercizio presente all'interno del tubo devono essere sovrapposti come parte dei calcoli strutturali (effetto di sovrapposizione).

Le pressioni d'esercizio positive elencate nelle norme di base dei tubi, dipendenti dalla temperatura d'esercizio e dal tempo d'esercizio, forniscono informazioni sulla capacità di carico della pressione interna della tubazione di plastica. Durante il dimensionamento, è importante prendere in considerazione la pressione massima ammessa di ogni singolo elemento di tubatura, che può differire tra i tubi e i segmenti.

Nel caso di componenti stampati realizzati con tubi (gomiti a segmenti, diramazioni con connessioni di ingresso saldate), una riduzione della capacità di carico della pressione interna indicata nelle norme di base è causata da influenze legate al processo e/o geometriche.

Un'altra riduzione significativa della capacità di carico della pressione interna delle tubazioni in plastica rispetto ai dati delle norme di base dei tubi è il risultato dell'azione del fluido trasportato sul comportamento di scorrimento della rispettiva plastica.

3.3 Test delle condutture in loco

Il test di pressione è il test effettuato dopo l'installazione di qualsiasi condotta prima che sia messa in uso.

Lo scopo del test di pressione è quello di indagare i vari limiti della condotta, per capire la sua affidabilità, la capacità massima, le perdite, i raccordi e la pressione, altrimenti il tubo non può essere messo in servizio.

Pertanto, le informazioni raccolte con i test di pressione aiutano a mantenere gli standard di sicurezza e a preservare la condotta.

Le raccomandazioni generali sono raggruppate sotto le seguenti voci:

- Preparazione per il test.
- Pressioni di prova.
- Esecuzione del test.
- Interpretazione dei risultati.

Preparazione per il test

1) I sistemi di tubi devono essere testati idraulicamente in lunghezze appropriate al diametro e alle condizioni del sito.

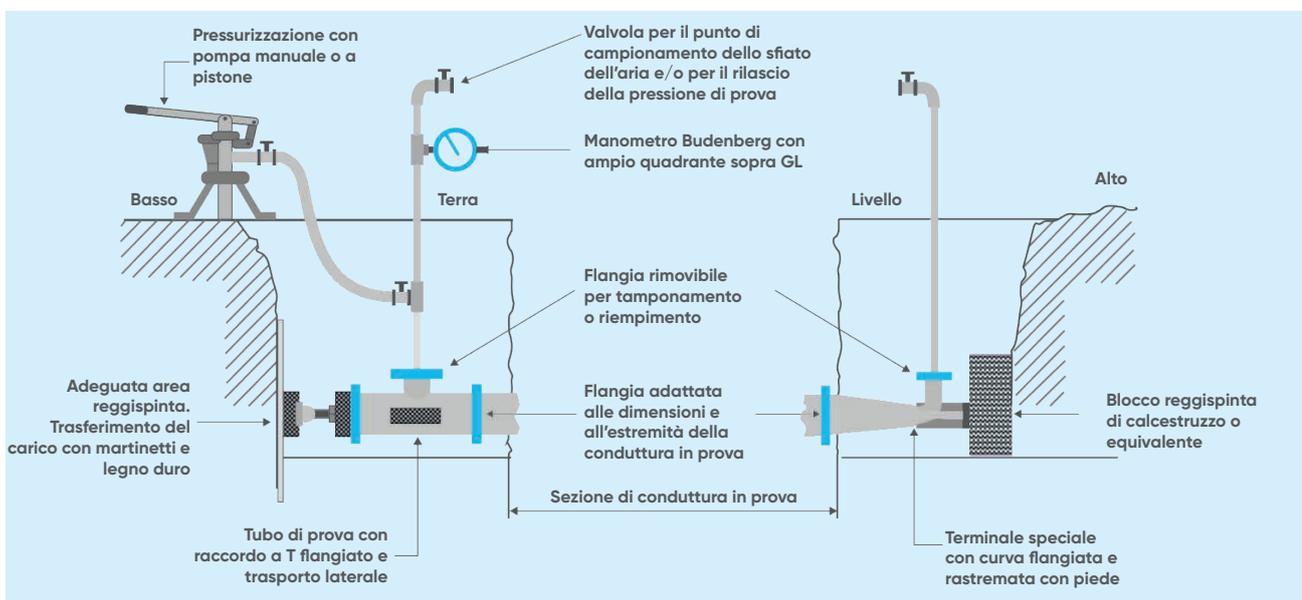
2) Preferibilmente, la prova deve essere effettuata tra flange vuote. Le estremità della condotta da testare possono essere adattate mediante l'uso di attacchi flangiati appropriati o adattatori flangiati imbullonati.

Le estremità vuote devono essere forate e filettate all'occorrenza per ospitare le necessarie connessioni di ingresso e uscita.

Le estremità della condotta principale, e tutte le connessioni di diramazione, devono essere strutturate e ancorate in modo da resistere adeguatamente alle spinte delle pressioni di prova.

3) I martinetti o i puntoni di ancoraggio devono essere adeguatamente resistenti e correttamente allineati.

I layout tipici per i test di pressione sono illustrati nell'immagine seguente.



4) I test devono essere eseguiti solo dopo che il calcestruzzo usato per l'ancoraggio si è indurito e ha raggiunto la forza richiesta. I giunti incollati devono essere lasciati indurire per un minimo di 24 ore prima di essere sottoposti alle condizioni di prova.

5) Le condizioni del sito di solito determinano se tutti i giunti possono essere lasciati esposti. Quando possibile, i giunti devono essere esposti per tutto il periodo della prova.

È importante compattare la superficie circostante e il riempimento, sopra la canna principale del tubo, per prevenire lo spostamento e mantenere temperature stabili durante il periodo della prova.

6) Ove possibile, la posizione di prova dovrebbe essere ubicata nel punto più basso del profilo della condotta per favorire l'espulsione dell'aria durante il riempimento del tubo.

Questa posizione di solito registra la massima prevalenza e consente un controllo più semplice dell'acqua di prova espulsa. Adeguati meccanismi di rilascio dell'aria dovrebbero essere collocati in tutti i punti alti lungo la condotta.

7) Le estremità di prova devono essere progettate per consentire il riempimento misurato e il successivo svuotamento della condotta.

Le flange vuote, i tubi di prova o i tappi di chiusura devono avere filettature adeguate a ospitare i manometri necessari e le relative attrezzature.

Uno spurgo dell'aria dovrebbe anche essere incorporato ad ogni estremità della sezione di prova.

8) L'attrezzatura di pressurizzazione, sia manuale che meccanica, deve essere adeguatamente dimensionata e sufficientemente robusta, con connessioni adatte per imporre e mantenere positivamente le pressioni di prova richieste.

Tutte le guarnizioni e i meccanismi delle valvole di non ritorno devono essere controllati prima del test.

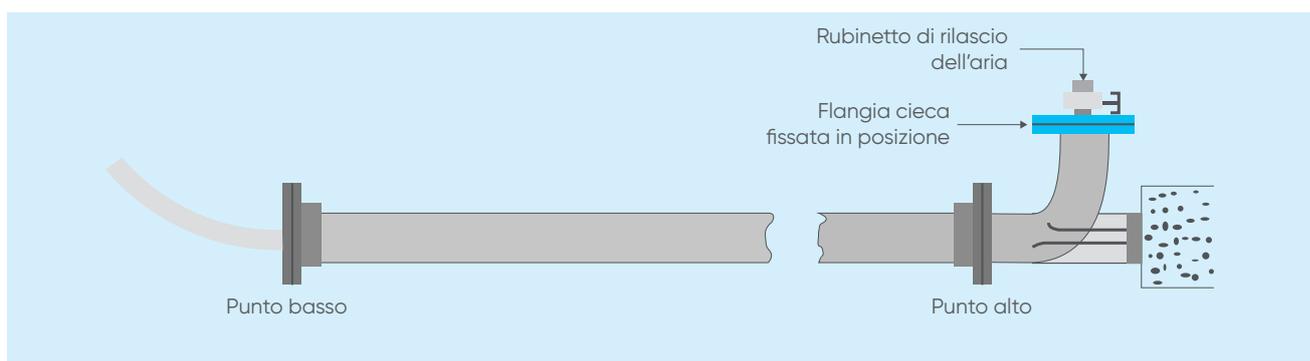
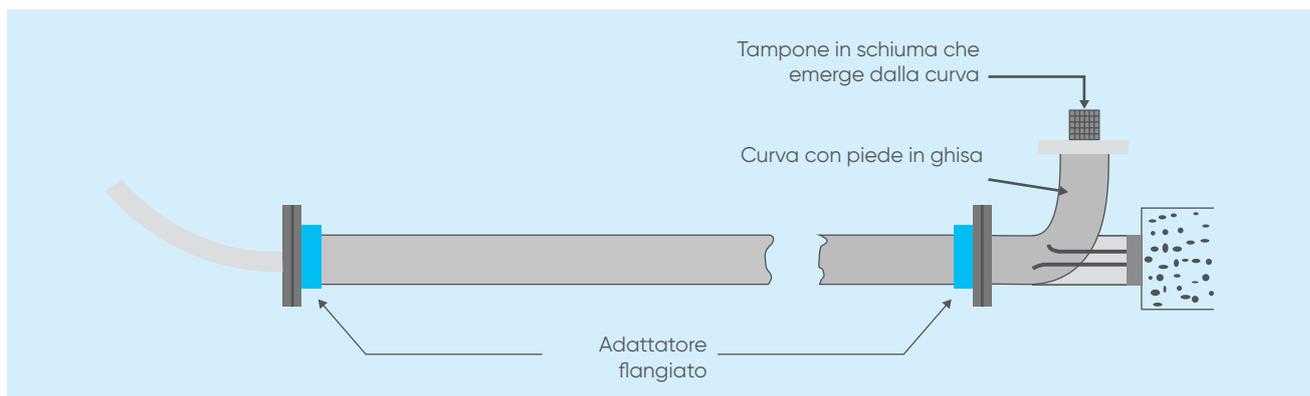
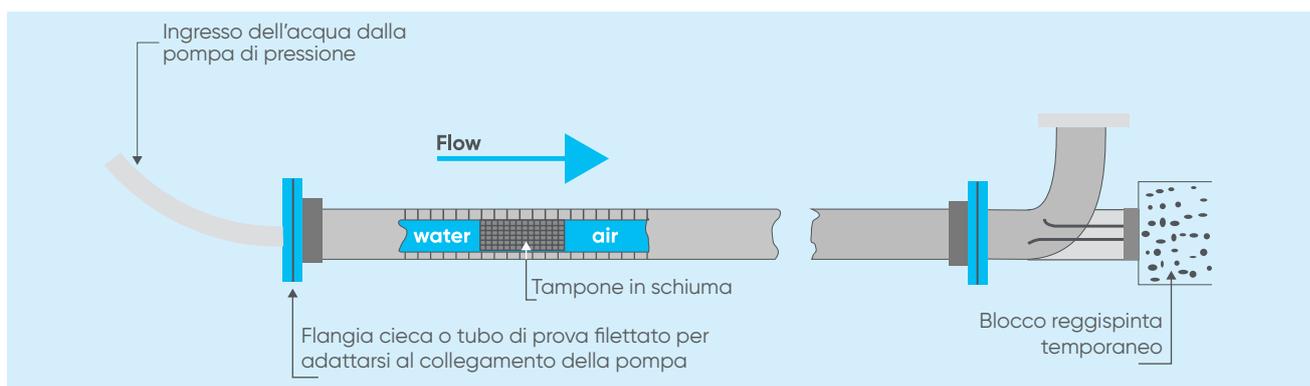
Si raccomanda l'uso di apparecchiature di registrazione automatica della pressione.

9) Prima di riempire la condotta, tutte le valvole di linea e i sistemi di sfogo dell'aria devono essere controllati aperti.

Ogni tentativo deve essere fatto per rimuovere tutta l'aria dalla condotta.

In alcuni casi, l'introduzione di un tampone in schiuma davanti alla colonna d'acqua si rivelerà utile.

Questa procedura è mostrata schematicamente nell'immagine seguente.



10) Se il sistema deve essere usato per acqua potabile, allora il fluido di prova deve essere acqua potabile.

È importante caricare lentamente qualsiasi condotta, il tasso di riempimento è regolato dalle strutture disponibili per lo scarico dell'aria ad una portata volumetrica uguale.

Dopo essersi assicurati che la condotta sia completamente carica, tutte le prese d'aria devono essere chiuse.

Le valvole pneumatiche automatiche si autosigillano sotto pressione, ma la loro azione e il loro posizionamento dovrebbero essere controllati come parte del test.

11) Durante il processo di riempimento e pressurizzazione, ci si può aspettare una serie di piccoli movimenti nella condotta tra i punti di ancoraggio a causa di uno o più dei seguenti motivi:

- il peso aggiuntivo del tubo mentre si riempie, che causa un leggero aggiustamento nell'interfaccia suolo/tubo;
- piccoli cambiamenti dimensionali e una tendenza della condotta a raddrizzarsi sotto pressione;
- movimento termico dovuto alle differenze di temperatura in prossimità delle interfacce acqua/tubo/suolo.

12) L'intera condotta dovrebbe quindi essere lasciata per un periodo di tempo alla pressione nominale o di esercizio per stabilizzarsi.

Un minimo di 2 ore a 3 ore dovrebbe essere preventivato anche per la condotta più piccola.

Pressioni di prova

La prova idrostatica deve avvenire nel rispetto delle seguenti condizioni:

- Deve essere effettuata a temperatura ambiente.
- Deve essere applicata per almeno 1 ora, ma non più di 24 ore.
- Non deve superare 1,5 volte la pressione nominale massima del componente più basso.

Quest'ultima raccomandazione è interpretata in vari modi, infatti i requisiti di pressione di prova vanno dal severo 1,5 volte la pressione nominale del tubo PN, a 1,5 volte la pressione di esercizio effettiva, quindi la pressione continua, che è sostenuta nel sistema senza picchi.

Pertanto, la pressione di prova raccomandata da applicare dovrebbe essere la maggiore tra:

- la pressione nominale PN del sistema di tubazioni (PN più bassa di qualsiasi componente).
- 1,5 volte la pressione d'esercizio effettiva (non deve superare la pressione nominale PN più 5 bar).

Esecuzione del test

Prima di iniziare il test di pressione interna, è necessario controllare i seguenti punti:

- L'installazione è stata fatta secondo i piani disponibili?
- Tutti i dispositivi di sfiato della pressione e le valvole di ritegno sono montate nella direzione del flusso?
- Tutte le valvole alle estremità sono chiuse?
- Le valvole davanti ad altri dispositivi sono chiuse per proteggere dalla pressione?
- Ispezione visiva di tutti i giunti, pompe, dispositivi di misurazione e serbatoi?
- È stato rispettato il periodo di attesa dopo l'ultima saldatura/cementazione?

Dopo che è stato concesso un tempo sufficiente per la stabilizzazione della condotta, la pressione di prova può essere applicata costantemente e la condotta può essere riempita dal punto geodetico più basso seguendo questi passaggi:

1) La pressurizzazione può essere realizzata sia a mano che con una pompa motorizzata, i manometri devono essere osservati per tutto il tempo e il tasso di aumento della pressione deve essere registrato.

2) La pressione deve essere aumentata fino a raggiungere la pressione di prova specificata nella parte più bassa della sezione.

La pressione viene mantenuta a questo livello, con un pompaggio supplementare se necessario, per un periodo di 1 ora.

Tutte le valvole vengono poi chiuse e l'unità di pressurizzazione scollegata. Non si deve permettere che altra acqua entri nella sezione in prova per un ulteriore periodo di 1 ora.

3) I seguenti valori di misurazione devono essere registrati regolarmente durante i test:

- Pressione interna al punto più basso in assoluto della condotta.
- Fluido e temperatura ambiente.
- Ingresso del volume d'acqua.
- Uscita del volume d'acqua.
- Tassi di perdita di carico.
- Esame visivo dei giunti e delle connessioni della sezione in prova..

Interpretazione dei risultati

1) Se si è verificata una diminuzione della pressione durante questo periodo, la pressione di prova originale viene ristabilita iniettando una quantità misurata di acqua nella sezione di prova.

2) Il test può essere considerato soddisfacente se:

- non si verifica una diminuzione della pressione (è anche possibile che vi sia un leggero aumento dovuto alle variazioni della temperatura o all'inversione del materiale);
- la quantità misurata di acqua necessaria per ripristinare la pressione alla pressione di prova originale è inferiore a un "massimo ammissibile".

3) Al termine di qualsiasi prova, la pressione residua deve essere rilasciata lentamente e in modo prudentemente controllato.

4) Tutti i difetti rivelati dal test devono essere corretti e la procedura ripetuta fino ad ottenere un risultato soddisfacente.

Nota: Il valore "massimo ammissibile" dell'acqua e il metodo di calcolo variano considerevolmente da paese a paese: sarà quindi necessario richiedere e applicare i requisiti degli utenti.

Il volume d'acqua aggiunto è una tolleranza per compensare l'espansione naturale e il movimento del tubo e dei giunti flessibili sotto pressione e per l'inevitabile intrappolamento di piccole quantità di aria all'interno della lunghezza in prova.



AVVERTENZE

- I test di pressione non devono mai essere eseguiti utilizzando aria compressa.
- La rapida decompressione di qualsiasi aria intrappolata può causare condizioni di sovratensione, che sono potenzialmente pericolose sia per la condotta che per il personale.
- Se si utilizza una valvola a sfera, il test delle tubazioni deve essere effettuato solo se la valvola è chiusa e montata correttamente, completa di tutti i suoi elementi, ghiera e boccola incluse. Questo è fondamentale per evitare la rottura o la deformazione della valvola a causa della pressione.

La stessa raccomandazione sul corretto montaggio deve essere seguita se la valvola a sfera si trova alla fine di un tubo in un sistema di tubazioni già funzionante.

3.4 Stoccaggio, trasporto e manipolazione

I componenti per le tubazioni termoplastiche industriali sono progettati e prodotti per l'uso in sistemi heavy-duty che implicano il trasporto di liquidi aggressivi. Per garantire la loro integrità una volta installati, devono essere maneggiati prima dell'installazione con ragionevole cura.

Stoccaggio in campo

Anche se i materiali plastici hanno un'eccellente resistenza agli agenti atmosferici, si raccomanda di conservarli al coperto se lo stoccaggio è prolungato per mantenere la loro idoneità all'installazione e fornire un'adeguata protezione contro i raggi UV.

In aggiunta a quanto sopra è importante evitare lo stoccaggio in campo aperto con temperatura ambiente inferiore a 0 °C e fare attenzione a non superare una temperatura di stoccaggio oltre la temperatura massima ammessa dal materiale (si prega di fare riferimento alle proprietà del materiale riportate in questo manuale e nei nostri cataloghi dei prodotti Aliaxis).

I prodotti devono essere conservati nella loro confezione originale fino all'installazione.

I tubi impacchettati possono essere impilati a due strati, a condizione che il loro peso sia distribuito dai cartoni di imballaggio.

Manipolazione

Per quanto riguarda la manipolazione, si deve fare attenzione ad evitare una manipolazione grossolana di tubi, raccordi e valvole.

Tutti i bordi taglienti di un trasportatore o di un rimorchio che potrebbero entrare in contatto con il tubo devono essere imbottiti.

Solo imbracature di nylon o di corda devono essere adottate per sollevare fasci di tubi, non devono essere usate catene.

Trasporto

Al fine di evitare piegature, cedimenti o tensioni, è necessario prestare attenzione durante il trasporto di tubi di plastica per garantire che i tubi siano completamente supportati durante il movimento. I veicoli devono essere in grado di sostenere l'intera lunghezza del tubo.

Un'eventuale sporgenza non supportata non deve superare 1 m. Tutte le superfici che possono essere in contatto con il materiale devono essere prive di chiodi o bordi taglienti. Dove si usano supporti laterali, essi devono essere lisci, privi di spigoli vivi e a interassi non superiori a 1,5 m. I tubi devono essere sempre caricati a partire dal più pesante in basso.

L'immagine che segue mostra, a titolo di esempio, come distinguere un corretto di stoccaggio dei tubi

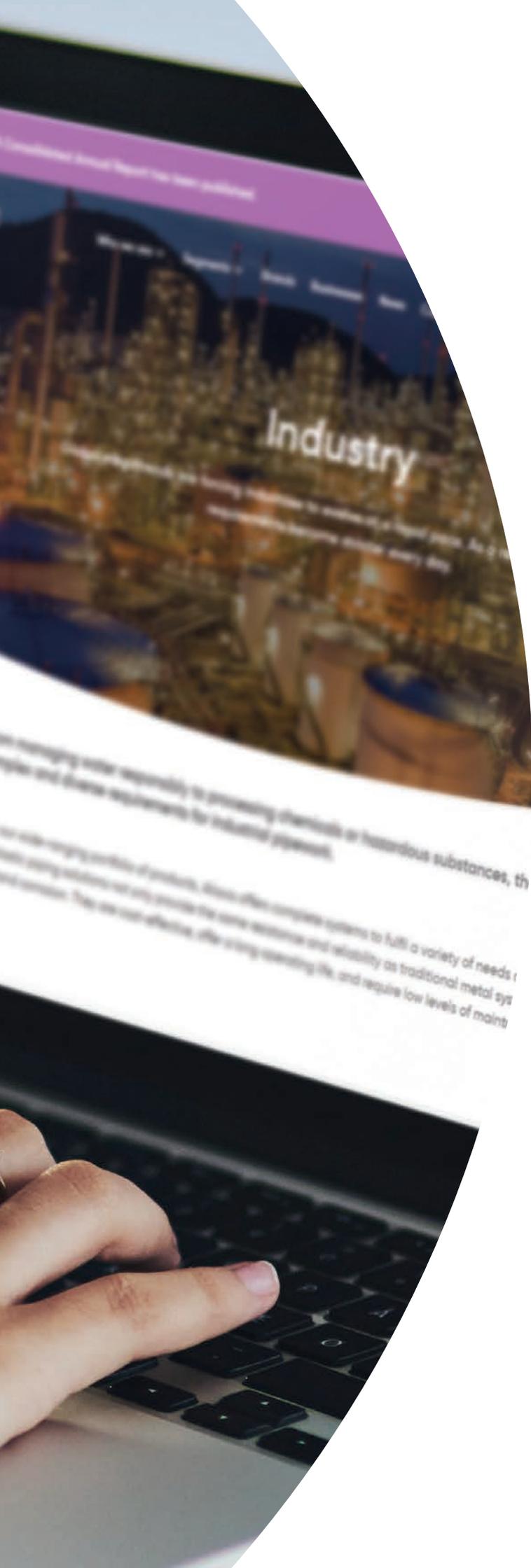
Per riassumere, le seguenti linee guida devono essere sempre seguite:

- Le condutture devono essere sostenute durante il trasporto e lo stoccaggio per tutta la loro lunghezza.
- Chiodi, bordi ruvidi o pietre devono essere evitati nelle aree di carico e stoccaggio.
- Il lancio o la caduta di tubi dal veicolo devono essere evitati.
- Non trascinare mai le condutture sul terreno.
- I tubi non devono essere accatastati in pile troppo alte.
- Proteggere i tubi dalla luce diretta del sole.
- Assicurarsi che i tubi immagazzinati non entrino in contatto con prodotti chimici o oli inappropriati.
- Prestare particolare attenzione quando si maneggiano i tubi nella stagione fredda.
- Ispezionare tutti i tubi prima dell'uso ed evitare di usare tubi danneggiati, bucati o gravemente graffiati.



Tubo a pressione FIP PVC-U pronto in magazzino per il carico.





4. Soluzioni di sistema e di prodotto	291
4.1 Sistemi PVC-U	292
4.2 Sistemi FIP in PVC-C	294
4.3 Sistemi SuperFlo ABS	296
4.4 Sistemi FIP in PP	298
4.5 Sistemi PE	300
4.6 Sistemi FIP PVDF	302
4.7 Doppio contenimento	304
4.8 Aria compressa	306
4.9 Sistema di trasporto combustibili PLX	308
4.10 Vulcathene	310
4.11 Giunti meccanici Straub	312
4.12 Sistema senza silicone FIP	314
4.13 FLS	315

4. Soluzioni di sistema e di prodotto

Come leader mondiale nelle soluzioni avanzate di tubazioni in plastica, Aliaxis interviene in molte fasi del trasporto dell'acqua dalla sua fonte alla fornitura all'utente finale. I nostri marchi forniscono soluzioni innovative da oltre 60 anni e rappresentano la nostra storia e il nostro know-how nel campo dell'edilizia, delle infrastrutture e dell'industria. Per ognuno di questi segmenti, offriamo una gamma completa di prodotti di alta qualità, su misura per le esigenze dei nostri clienti.

Offriamo sistemi che trasportano acqua, prodotti chimici e gas, canaline per il passaggio di cavi elettrici e dati fino ad arrivare al sistema digitale di misurazione del flusso. Dalle valvole e raccordi ai tubi. Dai collanti e utensili da taglio ai sistemi di elettrofusione. Qualunque sia il prodotto o l'applicazione, i nostri clienti possono essere sicuri che tutto ciò di cui hanno bisogno per la loro particolare

soluzione sarà fornito con la qualità e il servizio che ci si aspetta da un leader del settore.

Le nostre soluzioni di sistema industriali sono incentrate su materie prime approvate e soddisfano tutti i criteri delle norme internazionali più rilevanti, nel pieno rispetto dei regolamenti ambientali esistenti. Una vasta rete di distributori, strutturata per garantire non solo la disponibilità dei prodotti ma anche l'assistenza e la consulenza diretta, è uno dei tanti vantaggi che Aliaxis offre ai suoi clienti.





4.1 Sistemi PVC-U **FIP** **ASTORE**

Le diverse formulazioni ottenute con l'aggiunta di opportuni additivi e stabilizzanti rendono il PVC-U la più versatile delle materie plastiche, permettendogli di adattarsi a un gran numero di applicazioni che implicano l'uso di fluidi in pressione.

Il PVC-U rappresenta una fra le soluzioni economicamente più valide nel campo dei materiali termoplastici e metallici per risolvere i problemi che si incontrano nel trasporto dei fluidi chimici corrosivi e nella distribuzione e trattamento delle acque in genere. Il sistema di tubazioni in PVC-U è ideale a temperature di esercizio nell'intervallo da 0 °C a +60 °C.

Il sistema PVC-U è disponibile in diversi portafogli e marchi con l'obiettivo di soddisfare tutte le esigenze dei clienti in diversi sottosegimenti.

Il nostro portafoglio FIP PVC-U, riportato nell'immagine qui sotto, offre un sistema completo che fa leva su valvole innovative, una vasta gamma di raccordi e tubi di alta qualità per qualsiasi applicazione industriale e di processo.



4.2 Sistema FIP in PVC-C

Nel 1986 FIP è la prima azienda europea a produrre un sistema integrato di valvole raccordi e tubi. Il risultato fu la creazione di un'intera serie di prodotti per impianti industriali.

Il sistema FIP in PVC-C rappresenta una fra le soluzioni economicamente più valide nel campo dei materiali termoplastici e metallici per risolvere i problemi che si incontrano nelle linee di processo e di servizio nel settore industriale per il trasporto di fluidi corrosivi caldi e nella distribuzione di acqua sanitaria calda e fredda.

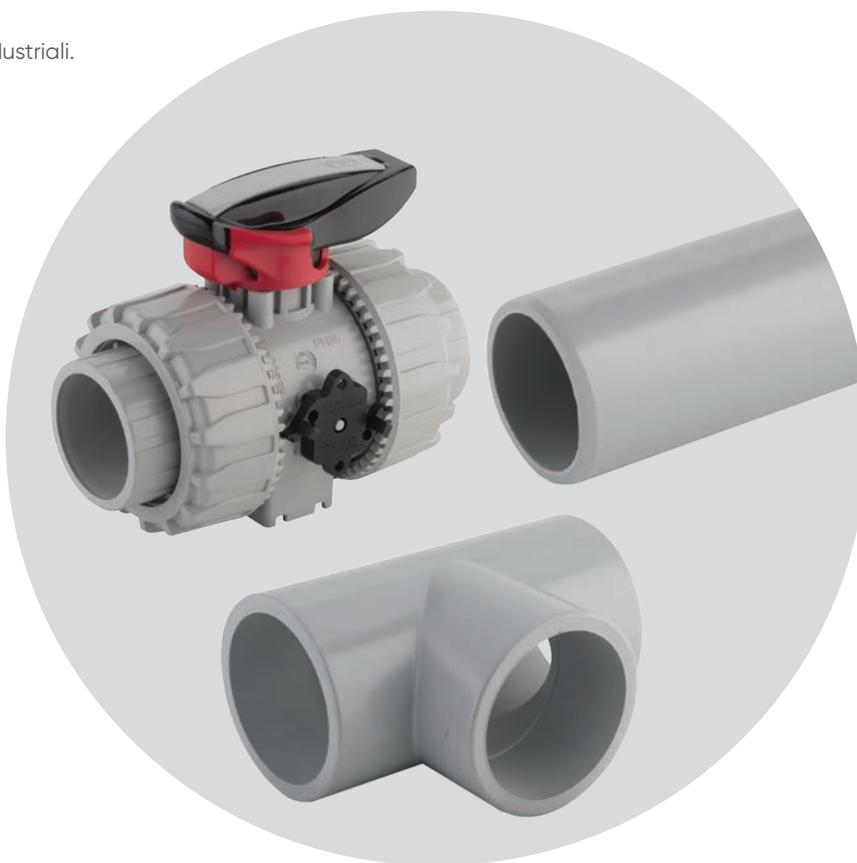
Attualmente Aliaxis offre prodotti in PVC-C di alto livello con il marchio FIPIndustrial.

Le resine PVC-C sono specificamente progettate per applicazioni industriali e offrono anche completa compatibilità nel trasporto di acque da potabilizzare, di acque demineralizzate e termali.

Il sistema di tubazioni in PVC-C è ideale a temperature di esercizio nell'intervallo da 0 °C a +95 °C.

Applicazioni tipiche

- Impianti di trattamento delle acque industriali.
- Industria dei processi chimici.
- Industria dei trattamenti superficiali.
- Distribuzione di acqua calda e fredda.
- Piscine e centri benessere.



Dati tecnici

Pressione nominale	Fino a 16 bar
Campo di temperatura	Da 0 °C a 95 °C
Gamma dimensionale	Da 16 mm a 315 mm
Tecnologia di giunzione	Giunzione saldata chimicamente a freddo, connessione filettata, giunto flangiato
Riferimenti normativi e linee guida *	ANSI B16.5, ASTM D1784 cl. min 23447, ASTM F437, ASTM F439, ASTM F441, DIN 2501, DIN 8079-8080, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15493, ISO 228-1, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 5211, JIS B 2220, UNI 11242
Approvazioni	ABS, ACS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, EAC, LR - Lloyd's Register, KR - Korean Register, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS, RMRS

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

Panoramica del prodotto PVC-C

De	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	125	150	150	200	200	250	250	300	350	400
Pollici	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	5"	6"	6"	8"	8"	10"	10"	12"	14"	16"
Tubi	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Raccordi																					
Raccordi per saldatura chimica a freddo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Raccordo di passaggio	•	•	•	•	•	•	•														
Valvole																					
Valvola a sfera a 2 vie	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Valvola a sfera a 3 vie	•	•	•	•	•	•	•														
Valvole a membrana		•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Valvola a farfalla						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Raccoglitore di impurità		•	•	•	•	•	•														
Valvole di ritegno	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Flange e guarnizioni																					
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				

4.3 Sistema ABS SuperFlo

SuperFlo ABS è un sistema di tubazioni per incollaggio, perfettamente coordinato, che incorpora tubi, raccordi e valvole disponibili sia in dimensioni imperiali che metriche.

SuperFlo ABS offre un ampio campo di temperatura e il sistema rimane estremamente duttile anche a temperature fino a -40°C ; ciò lo rende la soluzione ideale quando è richiesto di un sistema di tubi per trasportare fluidi a bassa temperatura in pressione.

Inoltre, SuperFlo ABS è estremamente leggero ed è molto più facile da maneggiare in loco rispetto ai materiali tradizionali, specialmente durante l'installazione, con significativa riduzione dei tempi e dei costi; oltre ad essere approvato WRAS.

Il sistema di tubazioni in SuperFlo ABS è ideale a temperature di esercizio comprese tra -40°C e $+60^{\circ}\text{C}$.

Applicazioni tipiche

- Acqua refrigerata.
- Industria alimentare e delle bevande.
- Acqua potabile.
- Raffreddamento a bassa temperatura.
- Acqua demineralizzata.
- Sistemi a vuoto.
- Acque reflue.



Dati tecnici	
Pressione nominale (imperiale)	Classe E (fino a 4"), Classe D (fino a 6"), Classe C (fino a 8")
Pressione nominale (metrica)	10 bar (da 16 a 250 mm), 8 bar (da 250 a 315 mm)
Campo di temperatura	Da -40°C a 60°C
Gamma dimensionale (imperiale)	Da 1/2" a 12"
Gamma dimensionale (metrica)	Da 16 mm a 315 mm
Tecnologia di giunzione	Giunzione saldata chimicamente a freddo, connessione filettata, giunto flangiato
Riferimenti normativi e linee guida*	BS EN 1452, ASTM D638, EN ISO 1183-1, ISO 527
Approvazioni	ABS, BUREAU VERITAS, DNV, FDA, GL – Germanischer Lloyd, LR – Lloyd's Register, REG 31, WRAS

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

4.4 Sistemi FIP in PP

Grazie alle eccezionali proprietà chimiche e termiche della resina, il nostro sistema in polipropilene offre eccellenti prestazioni ad elevate temperature di esercizio. Il nostro sistema in polipropilene è prodotto da FIP e consiste in una gamma completa di tubi, raccordi e valvole da utilizzare nella costruzione di linee di processo e di servizio per il trasporto di fluidi industriali in pressione.

Il sistema di tubazioni in materiale polipropilenico è adatto a temperature d'esercizio nella gamma da 0 °C a +95 °C.

Applicazioni tipiche

- Impianti di trattamento delle acque e delle acque reflue industriali.
- Industria dei processi chimici.
- Trattamento superficiale industriale.
- Distribuzione di acque demineralizzate e termali.



Dati tecnici	
Pressione nominale	Fino a 10 bar
Campo di temperatura	Da 0 °C a 95 °C
Gamma dimensionale	Da 16 mm a 800 mm
Tecnologia di giunzione	Giunzione testa a testa, nel bicchiere ed elettro fusione
Riferimenti normativi e linee guida *	ANSI B16.5 cl. 150, ASTM D 4101-06, BS 10, DIN 8077, DIN 8078, DVS 2202-1, DVS 2207-11, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15494, ISO 228-1, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624, JIS B 2220, UNI 11318, UNI 11397
Approvazioni	EAC, RINA, TA-Luft, UKR SEPRO, NIZP

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

4.5 Sistemi in PE

Il nostro sistema di tubazioni in polietilene è utilizzato da decenni in aree di applicazione in cui il sistema di tubazioni deve soddisfare elevati standard di durata e affidabilità. Questi standard sono soddisfatti combinando le eccellenti proprietà del materiale PE e l'esperienza nella produzione di componenti in plastica stampati a iniezione, estrusi e fabbricati.

I nostri sistemi in polietilene sono composti da raccordi, flange e adattatori FIP di alta qualità e dall'eccezionale gamma di raccordi elettrosaldabili Frialen.

Questi sistemi sono ideali per applicazioni in tutti i settori dell'impiantistica industriale. Altri settori sono il trasporto di acqua industriale e domestica, il trattamento delle acque reflue e la purificazione dell'acqua, così come varie applicazioni marine e in piscine.

Il sistema di tubazioni in polietilene è ideale a temperature di esercizio nell'intervallo da -40 °C a $+60\text{ °C}$.

Applicazioni tipiche

- Impianti di trattamento dell'acqua e delle acque reflue municipali e industriali.
- Acqua di processo e di raffreddamento.
- Industria dei processi chimici.
- Piscine.
- Impianti di depurazione.
- Distribuzione di acqua e gas.



Dati tecnici

Pressione nominale	Fino a 16 bar
Campo di temperatura	Da -40 °C a 60 °C
Gamma dimensionale	Da 20 mm a $>800\text{ mm}$
Tecnologia di giunzione	Giunzione testa a testa ed elettrofusione
Riferimenti normativi e linee guida *	DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-1, DVS 2208-1, EN 1092-1, EN 1555, EN 13244, EN ISO 15494, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 27, ISO 4437, ISO 21307, UNI 10520
Approvazioni	DVGW, RINA, KIWA, KTW

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

4.6 Sistemi in PVDF

Il sistema FIP PVDF costituisce la migliore alternativa ai materiali metallici grazie alla sua elevata purezza e alle eccezionali prestazioni chimiche e meccaniche in un'ampia gamma di temperature.

È ampiamente utilizzato in applicazioni industriali: industria chimica, petrolifera, farmaceutica, elettronica, cellulosa e carta.

Il sistema FIP PVDF è ideale a temperature di esercizio nell'intervallo da -40 °C a +140 °C.

Applicazioni tipiche

- Settori industriali della lavorazione dei prodotti chimici.
- Trattamenti superficiali.
- Microelettronica.
- Industria del petrolio e del gas.
- Industria farmaceutica.
- Cartiere.



Dati tecnici	
Pressione nominale	Fino a 16 bar
Campo di temperatura	Da -40 °C a 140 °C
Gamma dimensionale	Da 16 mm a 400 mm
Tecnologia di giunzione	Saldatura testa a testa e nel bicchiere
Riferimenti normativi e linee guida *	ANSI B16.5, ASTM D3222, DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-15, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN ISO 10931, EN 14728, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624
Approvazioni	DIBt, DVGW KTW, W270, EAC, FDA, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

4.7 Doppio contenimento

I sistemi di tubazioni a doppio contenimento sono soluzioni ideali dove è richiesto un elevato livello di sicurezza. Per esempio, il trasporto di fluidi corrosivi, pericolosi o tossici presenta sempre un enorme fattore di rischio per l'uomo e l'ambiente. In queste applicazioni, i sistemi di tubazioni a doppio contenimento rivestono un ruolo fondamentale.

Il sistema di doppio contenimento consiste in due tubi, uno di diametro minore dentro un altro di diametro maggiore: il fluido viene trasportato attraverso il tubo interno, il tubo esterno assicura una protezione extra in caso di perdite dal tubo interno. Diversi approcci vengono utilizzati per il rilevamento delle perdite, ad esempio un sistema di monitoraggio delle perdite viene solitamente implementato dagli utenti finali per avvisare gli operatori che si è verificata una perdita.

Queste soluzioni possono essere utilizzate in varie applicazioni, principalmente per il trattamento di acque chimiche ed il trasferimento di effluenti. A seconda dell'uso designato, il tubo interno e quello esterno possono essere dello stesso materiale o una combinazione di materiali diversi.

A - Tubo esterno

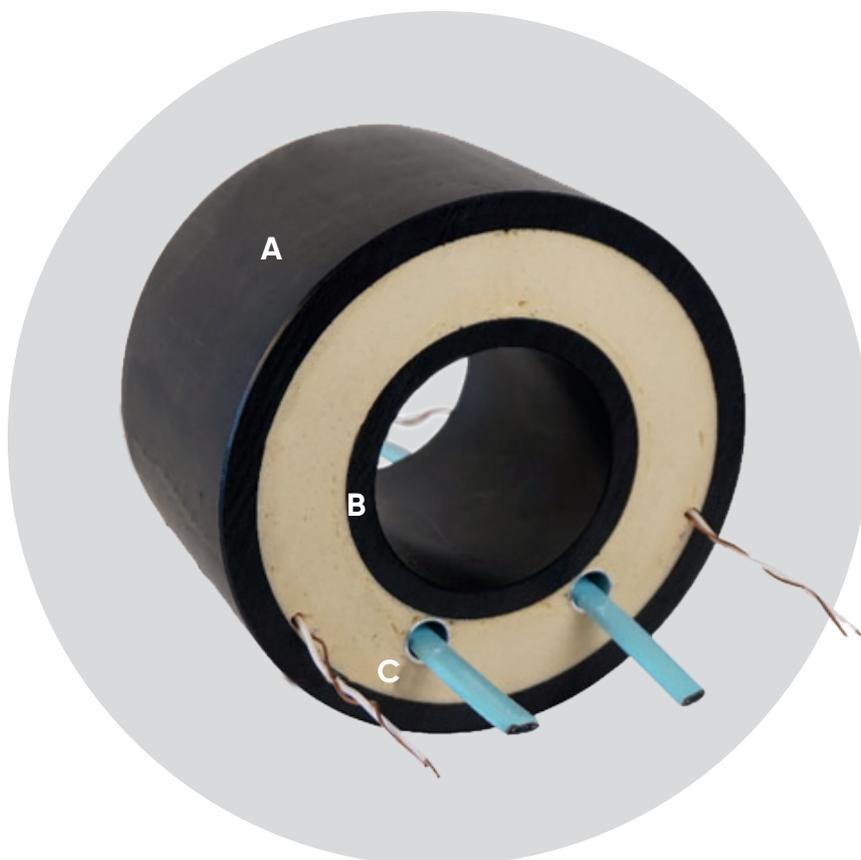
Sistema a doppia parete per proteggere l'ambiente da perdite di fluido o per proteggere il fluido da influenze esterne.

B - Tubo interno

Convogliamento dei fluidi e resistenza alla pressione.

C. - Spazio circolare

Spazio tra i tubi per contenere il fluido fuoriuscito o per essere dotato di isolamento, rilevamento delle perdite o fili riscaldanti.



Dati tecnici

Pressione nominale	Sistemi di drenaggio senza pressione - Sistemi pressurizzati fino a 16 bar
Campo di temperatura	Da -40 °C a 140 °C
Gamma dimensionale del tubo interno	Fino a 800 mm
Tecnologia di giunzione	Saldatura testa a testa, nel bicchiere ed elettrofusione

Panoramica dei prodotti a doppio contenimento

Aliaxis offre un'ampia varietà di soluzioni in PVC-U, PP E PE a doppio contenimento per molti scopi, che si tratti di drenaggio chimico da laboratori o di tubi isolati per fluidi grassi, tubi di protezione dell'acqua potabile in terreni contaminati. Ognuno di questi sistemi è specificamente progettato per adattarsi perfettamente alle esigenze dedicate ad un costo minimo di installazione e di proprietà totale.

Per ottenere maggiori informazioni, contattate i vostri rappresentanti Aliaxis.

Applicazioni tipiche

- Trattamento dell'acqua e delle acque reflue.
- Trasporto di liquidi pericolosi.
- Protezione dell'ambiente.
- Protezione di strutture sensibili.
- Applicazioni di drenaggio.
- Trasporto di rifiuti chimici dai laboratori.

4.8 Aria compressa GIRAIR®

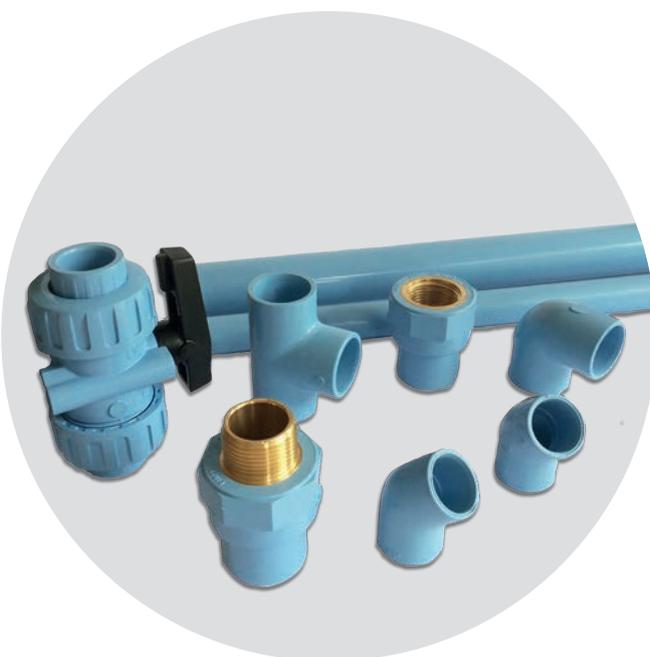
L'aria compressa, un'importante fonte di energia industriale, è sempre più utilizzata sia nell'industria manifatturiera che in quella di trasformazione. Lì, i suoi distinti vantaggi di pulizia, flessibilità, sicurezza ed economia d'uso rispetto ad altre fonti di energia sono pienamente sfruttati.

Il costo della rete di aria compressa dipende principalmente dal suo consumo di energia. Ogni perdita nel sistema costituisce un costo extra nella bolletta energetica.

Per una maggiore sicurezza e tranquillità, i proprietari di un'installazione dovrebbero quindi scegliere un sistema di distribuzione dell'aria compressa in grado di resistere alle numerose aggressioni provenienti dall'ambiente.

In Aliaxis, offriamo due soluzioni per la distribuzione dell'aria compressa, ciascuna fatta di materiali diversi:

- GIRAIR PVC-U.
- Air-Line Xtra ABS.



Applicazioni tipiche

- Distribuzione di aria compressa.
- Distribuzione di gas neutro.
- Reti centralizzate.
- Industria alimentare e delle bevande – fornitura di CO₂.
- Ventilazione.
- Azionamento valvole.
- Aria nell'impianto.
- Macchinari pneumatici.

Dati tecnici

Pressione nominale	Fino a 12,5 bar
Campo di temperatura	Da -20 °C a 50 °C
Gamma dimensionale	Da 16 a 110 mm
Tecnologia di giunzione	Giunzioni saldate chimicamente a freddo e connessioni filettate
Riferimenti normativi e linee guida*	BS 4800, BS 1710, DIN 8062-8063, ISO 11359, EN ISO 1183-1, EN ISO13846, EN 13501-1, NF EN 921, NF EN 1452, NF T54-038
Approvazioni	BSI, Bureau Veritas, DNV, LNE fire certificate, National Accreditation of Certification Bodies

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

Panoramica dei prodotti per il sistema di aria compressa

De	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Pollici	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Tubi	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Raccordi										
Raccordi per incollaggio	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Raccordi filettati	•	•	•	•	•	•	•			
Raccordi di passaggio	•	•	•	•	•	•	•			
Valvole										
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Flange e guarnizioni										
				•	•	•	•	•	•	•

4.10 Vulcathene **Vulcathene**

Vulcathene è un sistema di drenaggio per laboratori appositamente progettato e ingegnerizzato, che è stato studiato e installato come soluzione sicura per il trasporto di rifiuti chimici dai laboratori di scuole, università, ospedali, strutture di ricerca e ambienti industriali in tutto il mondo da oltre 65 anni.

L'unico sistema approvato dal BBA per il drenaggio dei laboratori, Vulcathene offre la più ampia gamma di articoli da banco tra cui lavandini, raccogliocce e trappole anti-sifonaggio e di recupero della diluizione per consentire la progettazione su specifica di un sistema completo di drenaggio chimico da laboratorio.

La scelta di due facili metodi di giunzione, meccanico per i giunti smontabili ed elettrofusione per i giunti saldati, permette flessibilità nel design, efficienza di installazione e facilità di espansione e manutenzione del sistema.

Applicazioni tipiche

I prodotti Vulcathene sono utilizzati in tutte quelle applicazioni che hanno bisogno di trasportare rifiuti chimici, per esempio:

- Laboratori nelle scuole.
- Laboratori nelle università e nei college.
- Ospedali e cliniche.
- Aziende farmaceutiche.
- Organizzazioni di ricerca.



Dati tecnici

Gamma dimensionale	Da 38 a 152 mm
Campo di temperatura	Da -20 °C a 100 °C (solo intermittente a 100 °C)
Riferimenti normativi e linee guida	BS1710
Approvazioni	BBA

Panoramica del prodotto Vulcathene

De	48,3	60,3	89	114,3	168,3
DN	38	51	76	102	152
Pollici	1 1/2"	2"	3"	4"	6"
Tubi	•	•	•	•	•
Raccordi					
Raccordi meccanici	•	•	•	•	
Raccordi elettrosaldabili	•	•	•	•	•

4.11 Giunto meccanico Straub

Il giunto meccanico Straub, rapido, semplice e affidabile, è un'alternativa alla saldatura o alle connessioni flangiate. Il raccordo originale STRAUB ha rivoluzionato la tecnologia di collegamento dei tubi poiché è un collegamento universale che può essere applicato in modo semplice e rapido.

I giunti STRAUB sono disponibili in varie dimensioni e in diverse varietà. L'accoppiamento più appropriato può essere scelto in base all'applicazione.

Applicazioni tipiche

- Servizi idrici e delle acque reflue.
- Energia idroelettrica.
- Scavi e industria.
- Cantieristica navale e offshore.



Dati tecnici	
Pressione nominale	Fino a PN16 (classificazione marina)
Gamma dimensionale	Da 21 a 4064 mm
Campo di temperatura	Da -20 °C a 100 °C
Riferimenti normativi e linee guida*	DIN 8074, EN 1254-3, ISO 19921, ISO 19922
Approvazioni	ABS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, KR – Korean Register, LR – Lloyd's Register, NSF, VdS, WRc

*Questa tabella mostra i principali riferimenti normativi e linee guida di sistema, potrebbero esserci altre norme locali che non sono elencate qui ma che sono ancora in vigore.

Panoramica dei prodotti STRAUB

De	21,3	30	38	40	48,3	63	168,3	180	219	355	609,6	711,2	2032	4064
Resistente alla trazione														
METAL-GRIP (giunzione di tubi metallici e plastica rigida)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
GRIP (giunzione di tubi metallici e plastica rigida)	•	•	•	•	•	•	•							
GRIP-L (giunzione di tubi metallici e plastica rigida)								•	•	•	•	•		
COMBI-GRIP (giunzione di transizione tra tubazioni metalliche e plastiche)			•	•	•	•	•	•	•	•				
PLAST-GRIP (giunzione di tubi di plastica)				•	•	•	•	•	•	•				
PLAST-PRO (giunzione di tubi di plastica)						•	•	•	•	•				
Flessibile														
FLEX (giunzione di materiali per tubi uguali o diversi)					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
OPEN-FLEX (giunzione di tubi o riparazioni senza rimozione dei tubi esistenti)					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
STEP-FLEX (giunzione di tubi con diversi diametri esterni)									•	•	•	•	•	•

4.12 Sistema senza silicone FIP

Il silicone è presente in un gran numero di prodotti industriali largamente utilizzati quali oli e lubrificanti.

I prodotti a base di silicone sono relativamente inerti dal punto di vista chimico: ciò significa che i clienti devono prestare la massima attenzione per evitare la contaminazione a monte con l'uso di prodotti senza silicone.

I settori interessati sono quelli dove si effettuano trattamenti superficiali o altre operazioni con utilizzo di vernici od inchiostri, primo fra tutti quello dell'automotive.

Per evitare ogni rischio di difettosità, viene posta grande attenzione affinché tutti i componenti dei siti produttivi dove si svolgono tali operazioni siano garantiti come privi di silicone.

Aliaxis soddisfa questa necessità con una camera bianca classificata come livello ISO 5 (Classe 100) secondo la normativa ISO 14644-1. Tutta la gamma FIP di valvole manuali, flussimetri ad area variabile e raccordi in materiali plastici, fino al diametro di 160 mm, può essere processata in camera bianca e fornita in versione silicone free.

La gamma di valvole a sfera per applicazioni industriali può essere fornita anche in versione "silicone and lubricants free", essendo le valvole assiemate senza alcun lubrificante.

Applicazioni tipiche

- Industria automobilistica.
- Trattamento di superfici metalliche.
- Industria farmaceutica.
- Industria alimentare e delle bevande.
- Elettrodomestici.



Dati tecnici

Pressione nominale	Fino a 16 bar
Gamma dimensionale	Da 16 mm a 160 mm
Riferimenti normativi e linee guida	ISO 14644-1

4.13 FLS

Aliaxis offre una gamma completa di prodotti identificati dal marchio FLS che sono progettati per fornire dati accurati e affidabili al fine di supportare operazioni senza intoppi, consentendo il controllo dei processi dal vivo e la manutenzione predittiva.

I dispositivi FLS sono utilizzati per un'ampia varietà di processi e applicazioni riguardanti la misura di portata, il pH, la conducibilità e la potenziale ossidoriduzione.

Queste soluzioni offrono diversi vantaggi, sia generali che specifici, come la flessibilità di installazione, la facilità di messa in servizio e la manutenzione.



Applicazioni tipiche

I prodotti FLS sono utilizzati in tutte quelle applicazioni che richiedono la misurazione del flusso o delle caratteristiche del liquido, per esempio:

- Impianti di trattamento dell'acqua.
- Trattamento e recupero delle acque reflue industriali.
- Piscine e centri benessere.
- Industria chimica.
- Trattamenti superficiali.
- Miniere e idrometallurgia.
- Irrigazione e fertirrigazione.
- Rilevamento perdite.

Le seguenti tabelle descrivono i principali dati tecnici degli strumenti per la misura di portata, pH, potenziale di ossidoriduzione e conducibilità: questo può aiutare a identificare rapidamente i dispositivi che fanno parte della gamma FLS.

In particolare, per ogni tipo di misura da effettuare, la tabella seguente elenca lo strumento più adatto, il valore minimo e massimo che il dispositivo può valutare e la gamma DN corrispondente.

Misurazione	Strumento	Valore minimo	Valore massimo	Gamma DN
Portata	Sensore di flusso	1,5 (l/h)	18*10 ⁶ (l/h) (*)	10 – 900 (mm) (****)
	Flussimetro ad area variabile	1,5 (l/h)	50000 (l/h)	10 – 65 (mm)
pH	Sensore pH	0	14	tutti
Potenziale ossidoriduzione	Sensore ORP	-2000 (mV)	+2000 (mV)	tutti
Conducibilità	Sensore di conducibilità	0,055 (μS/cm)	1 (S/cm) (**)	tutti
Pressione e livello	Trasmittitore di livello e pressione	0 (bar)	25 (bar) (***)	tutti

(*) Soluzioni speciali per portate più elevate.

(**) Soluzioni speciali per valori più elevati, fino a 2 S/cm.

(***) Soluzioni speciali per valori più elevati, fino a 100 bar.

(****) Soluzioni speciali per diametri maggiori.

Inoltre, la tabella sottostante descrive i principali materiali a contatto con i liquidi per ogni famiglia di strumenti.

Principali materiali a contatto con i liquidi	Strumenti							
	Flussimetro ad area variabile	Sensore di flusso a rotore	Sensore elettromagnetico	ULF	A ruote ovali	Sensore pH/ORP	Sensore di conducibilità	Trasmittitore di livello e pressione
PVC-U	•							
PVC-C	•	•				•		
ABS		•						
PP	•				•		•	
PVDF	•	•	•					•
PEEK			•					
Resina epossidica						•	•	
POM				•				
Trogamid	•							
Polisolfone	•							
Ryton						•		
Vetro						•		
Grafite							•	
Platino						•	•	
Ceramica		•						•
316 SS	•	•	•		•		•	
304 SS			•					
ECTFE		•		•	•			
EPDM	•	•	•					•
FKM	•	•	•	•	•			•
FFKM				•				

Le informazioni riportate in questa nota esplicativa sono fornite in totale buona fede. L'azienda declina ogni responsabilità inerente a dati tecnici non direttamente coperti da standard internazionali riconosciuti. Aliaxis si riserva il diritto di apportare modifiche. I prodotti devono essere installati e gestiti da personale qualificato.