



T4005 - Ita/Fra  
Manuale tecnico/Manuel technique  
PE-X

# **UNIDELTA**

*Since 1973*



**UNITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**TRITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**MULTITERM**  
SISTEMA UNIDELTA



## INDICE

	Definizioni e simboli	3	8.	Il tubo Unidelta PE-X sfilabile	49
	Formula	4	8.1	Introduzione	49
	La qualità Unidelta a servizio della vita	5	8.2	La gamma	50
1.	Introduzione: il tubo PE-X Unidelta	6	9.	Dimensionamento idraulico: perdite di carico per il trasporto di acqua	51
2.	Campi di applicazione	7	9.1	Le perdite di carico per il trasporto di acqua	51
3.	Il controllo della qualità	14	9.2	Esempi	53
3.1	Certificazioni di qualità	15	10.	Installazione: compensazione delle variazioni termiche di lunghezza	56
4.	Il polietilene reticolato	16	10.1	Introduzione	56
4.1	Introduzione	16	10.2	La compensazione a braccio flessibile	59
4.1.1	Il metodo a silani nel dettaglio	18	10.3	La compensazione ad omega	61
4.2	Le caratteristiche e i vantaggi	21	10.4	La distanza tra i supporti	62
5.	I tubi Unidelta PE-X con barriera EVOH	23	10.5	Esempi	64
5.1	La barriera EVOH	23	11.	Rese dei tubi Unidelta PE-X negli impianti di riscaldamento a pavimento	66
5.1.1	La struttura molecolare	23	11.1	Introduzione	66
5.1.2	Le caratteristiche fisico-meccaniche	24	11.2	Il fabbisogno termico specifico	66
5.1.3	L'impermeabilità dei gas	25	11.3	La struttura del pavimento	70
5.2	La gamma	27	11.4	Temperatura media del pavimento	72
5.2.1	TriTerm	27	11.5	La portata di acqua nella serpentina	74
5.2.2	Multiterm Plus	28	11.6	Il flusso termico verso il basso	77
6.	I tubi Unidelta PE-X secondo EN ISO 15875	29	11.7	La lunghezza della serpentina	77
6.1	Introduzione	29	11.8	Esempi	78
6.2	Le condizioni d'impiego	29	12.	Appendice A diametro nominale	83
6.3	I controlli di qualità	32	13.	appendice B resistenza chimica	84
6.4	Le caratteristiche dimensionali	33	14.	Conversione delle unità di misura	92
6.5	La marcatura	35			
6.6	Perdite di carico	38			
7.	I tubi Unidelta PE-X secondo DIN 16892 / DIN 16893	41			
7.1	Introduzione	41			
7.2	Le condizioni d'impiego	41			
7.3	I controlli di qualità	43			
7.4	Le caratteristiche dimensionali	44			
7.5	La marcatura	45			
7.6	Le perdite di carico	46			



## INDEX



Définitions et symboles	3	8. Le tube Unidelta PE-X extractible	49
Formule	4	8.1 Introduction	49
La qualité Unidelta au service de la vie	5	8.2 La gamme	50
1. Introduction: le tube PE-X Unidelta	6	9. Dimensionnement hydraulique: pertes de charge pour le transport de l'eau	51
2. Domaines d'application	7	9.1 Les pertes de charge pour le transport de l'eau	51
3. Le contrôle de la qualité	14	9.2 Exemples	53
3.1 Certifications de qualité	15	10. Installation: compensation des variations thermiques en longueur	56
4. Le polyéthylène réticulé	16	10.1 Introduction	56
4.1 Introduction	16	10.2 La compensation à bras flexible	59
4.1.1 Le procédé silane en détail	18	10.3 La compensation en oméga	61
4.2 Les caractéristiques et les avantages	21	10.4 La distance entre les supports	62
5. Les tubes Unidelta PE-X avec barrière EVOH	23	10.5 Exemples	64
5.1 La barrière EVOH	23	11. Rendements des tubes Unidelta PE-X dans les planchers chauffants	66
5.1.1 La structure moléculaire	23	11.1 Introduction	66
5.1.2 Les caractéristiques physiques et mécaniques	24	11.2 La demande thermique spécifique	66
5.1.3 L'imperméabilité au gaz	25	11.3 La structure du plancher	70
5.2 La gamme	27	11.4 Température moyenne du plancher	72
5.2.1 Triterm	27	11.5 Le débit d'eau dans le serpentin	74
5.2.2 Multiterm Plus	28	11.6 Le flux thermique vers le bas	77
6. Les tubes Unidelta PE-X selon EN ISO 15875	29	11.7 La longueur du serpentin	77
6.1 Introduction	29	11.8 Exemples	78
6.2 Les conditions d'utilisation	29	12. Annexe A diamètre nominal	83
6.3 Les contrôles de qualité	32	13. Annexe B résistance chimique	84
6.4 Les caractéristiques dimensionnelles	33	14. Conversion des unités	92
6.5 L'estampillage	35		
6.6 Le perte de charge	38		
7. Les tubes Unidelta PE-X selon DIN 16892 / DIN 16893	41		
7.1 Introduction	41		
7.2 Les conditions d'utilisation	41		
7.3 Les contrôles de qualité	43		
7.4 Les caractéristiques dimensionnelles	44		
7.5 L'estampillage	45		
7.6 Le perte de charge	46		

## DEFINIZIONI E SIMBOLI



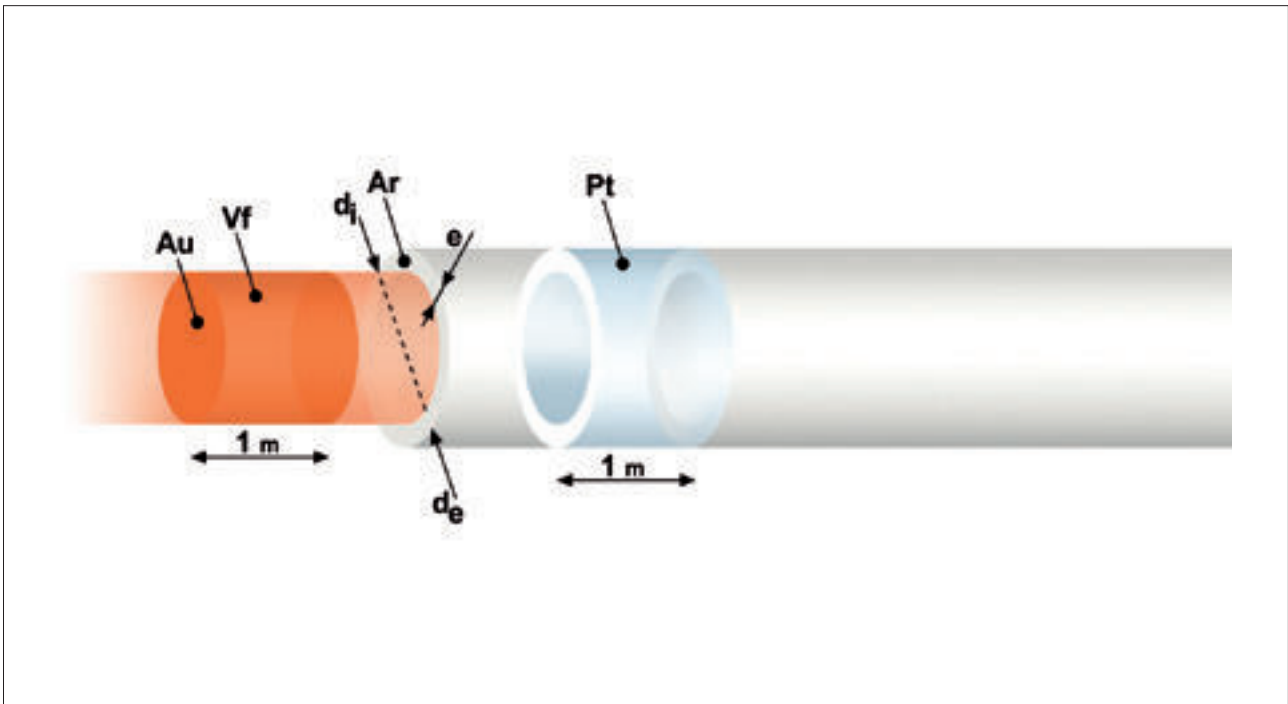
## DÉFINITIONS ET SYMBOLES



CODE	Codice
DIM	Dimensione
$\emptyset$	Diametro
$d_e$	Diametro esterno
$d_e$ guaina	Diametro esterno guaina
$d_i$	Diametro interno
e	Spessore
Ar	Area della sezione del tubo
Au	Area della sezione utile di passaggio
J	Momento geometrico d'inerzia rispetto ad un asse diametrale
Pt	Peso del tubo al metro lineare
Vf	Volume del fluido contenuto al metro lineare
mm	Millimetri
cm	Centimetri
	Idoneo per acqua calda
	Tubi multistrato
	Soluzioni per interno
	Catalogo tecnico

CODE	Code
DIM	Taille
$\emptyset$	Diamètre
$d_e$	Diamètre externe
$d_e$ guaina	Diamètre externe gaine
$d_i$	Diamètre interne
e	Épaisseur
Ar	Aire de la section du tube
Au	Aire de la section utile de passage
J	Moment géométrique d'inertie par rapport à un axe diamétral
Pt	Poids du tube au mètre linéaire
Vf	Volume de fluide contenu par mètre linéaire
mm	Millimètres
cm	Centimètres
	Indiqué pour l'eau chaude
	Tubes multicouche
	Solutions pour intérieurs
	Catalogue technique

## FORMULA - FORMULE



Simbolo Symbole	Formula Formule	Definizione Définition
$d_e$	-	Diametro esterno del tubo [mm] Diamètre externe du tube [mm]
$e$	-	Spessore del tubo [mm] Épaisseur du tube [mm]
$d_i$	$d_i = d_e - (2 \cdot e)$	Diametro interno del tubo [mm] Diamètre intérieure du tube [mm]
$\rho$	-	Peso specifico del polietilene [kg/m <sup>3</sup> ] Poids spécifique du polyéthylène [kg/m <sup>3</sup> ]
$A_r$	$A_r = \frac{\pi \cdot e \cdot (d_e - e)}{100}$	Area della sezione del tubo [cm <sup>2</sup> ] Aire de la section du tube [cm <sup>2</sup> ]
$A_u$	$A_u = \frac{\pi \cdot d_i^2}{400}$	Area della sezione utile di passaggio [cm <sup>2</sup> ] Aire de la section utile de passage [cm <sup>2</sup> ]
$P_t$	-	Peso del tubo al metro [kg/m] Poids du tube au mètre [kg/m]
$V_f$	$V_f = \frac{A_u}{10}$	Volume di fluido contenuto al metro [l/m] Volume du fluide contenu au mètre [l/m]
$J$	$J = \frac{\pi \cdot (d_e^4 - d_i^4)}{640000}$	Momento geometrico d'inerzia rispetto ad un asse diametrale [cm <sup>4</sup> ] Moment géométrique d'inertie par rapport à un axe diamétral [cm <sup>4</sup> ]

## LA QUALITÀ UNIDELTA A SERVIZIO DELLA VITA

Dal 1973 Unidelta pensa-prova-realizza soluzioni sistemiche innovative per l'idraulica di qualità: vere e proprie tecnologie realizzate in materiali plastici d'avanguardia che assicurano uno sviluppo nel rispetto dell'ambiente.

Per questo TUBI e RACCORDI Unidelta sono da sempre considerati prodotti che semplificano e migliorano la vita.

## LA QUALITÉ UNIDELTA AU SERVICE DE LA VIE

Depuis 1973 Unidelta pense, essaie et réalise des solutions systémiques innovantes pour l'hydraulique de qualité: de véritables technologies réalisées en matières plastiques d'avant-garde qui assurent un développement dans le respect de l'environnement.

Pour cela TUBES et RACCORDS Unidelta sont depuis toujours considérés des produits qui simplifient et améliorent la vie.





## 1. INTRODUZIONE: IL TUBO PE-X UNIDELTA

Unidelta produce tubi di polietilene reticolato (PE-X) che, grazie alle eccellenti proprietà meccaniche alle elevate temperature, risultano ideali per la distribuzione di acqua calda e fredda ad uso sanitario e per la realizzazione di impianti di riscaldamento. Il PE-X conferisce ai tubi Unidelta innumerevoli qualità tra le quali spiccano la resistenza chimica ed alla corrosione, la resistenza all'abrasione, la leggerezza e la semplicità di installazione, l'atossicità, la bassa rumorosità e la superficie liscia e levigata che consente di avere perdite di carico molto contenute.

Unidelta, per soddisfare le svariate esigenze dei propri clienti, propone differenti tipologie di tubo di polietilene reticolato:

- **UniTerm:** tubo di polietilene reticolato monostrato impiegato principalmente in campo sanitario;
- **TriTerm:** tubo di polietilene reticolato composto da tre strati con barriera all'ossigeno EVOH esterna impiegato principalmente nell'ambito del riscaldamento;
- **Multiterm Plus:** tubo di polietilene reticolato composto da cinque strati con barriera all'ossigeno EVOH interna impiegato principalmente nell'ambito del riscaldamento.

I tubi Unidelta Uniterm, Triterm e Multiterm Plus sono disponibili anche in versione sfilabile in cui il tubo è inserito all'interno di una guaina corrugata.

## 1. INTRODUCTION: LE TUBE PE-X UNIDELTA

Unidelta produit des tubes en polyéthylène réticulé (PE-X) qui, grâce à leurs propriétés mécaniques excellentes en températures élevées, sont idéaux pour la distribution d'eau chaude et froide à usage sanitaire, et pour la réalisation d'installations de chauffage. Le PE-X donne aux tubes Unidelta d'innombrables qualités, parmi lesquelles se distinguent la résistance chimique à la corrosion, la résistance à l'abrasion, la légèreté et la simplicité d'installation, l'atotoxicité, le faible bruit et la surface lisse et polie qui permet d'avoir des pertes de charge très contenues.

Unidelta, pour satisfaire les divers besoins de ses clients, propose différents types de tube en polyéthylène réticulé:

- **UniTerm:** tube en polyéthylène réticulé mono-couche, principalement utilisé dans le domaine sanitaire;
- **TriTerm:** tube en polyéthylène réticulé composé de trois couches avec barrière anti-oxygène EVOH externe, principalement utilisé dans le domaine du chauffage;
- **Multiterm Plus:** tube en polyéthylène réticulé composé de cinq couches avec barrière anti-oxygène EVOH interne, principalement utilisé dans le domaine du chauffage.

Les tubes Unidelta Uniterm, Triterm et Multiterm Plus sont également disponibles en version extractible, le tube est introduit à l'intérieur d'une gaine cannelée.

**UNITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**TRITERM**  
SISTEMA UNIDELTA

**MULTITERM**<sup>Plus</sup>  
SISTEMA UNIDELTA



## 2. CAMPI DI APPLICAZIONE

Il tubo PE-X Unidelta è stato sviluppato per le seguenti applicazioni:

- distribuzione di acqua sia calda che fredda ad uso sanitario;
- reti di riscaldamento a bassa temperatura (a pannelli radianti);
- reti di riscaldamento ad alta temperatura (sistemi a radiatori);
- reti di raffrescamento a pannelli radianti;
- impianti antigelo e antineve.

Inoltre, il tubo PE-X Unidelta può essere impiegato per il trasporto di aria compressa, fluidi gassosi e svariate sostanze chimiche (a tal proposito consultare il capitolo 13 relativo alle compatibilità chimiche). I tubi PE-X Unidelta sono inoltre preferiti quando si presenta la necessità di effettuare operazioni di relining data l'elevata resistenza all'abrasione.

### Impianti di distribuzione sanitaria

Il tubo di polietilene reticolato Unidelta è ideale per la realizzazione degli impianti di distribuzione dell'acqua potabile (calda e fredda). Infatti i tubi PE-X Unidelta sono conformi a vari regolamenti per il trasporto di acqua potabile, non sono corrodibili e hanno un elevato coefficiente di isolamento acustico.

La notevole flessibilità del tubo unita alla sua leggerezza, rendono rapida ed agevole la messa in opera. Possono essere eseguite curvature a mano fino a 8 volte il diametro del tubo: grazie a questa proprietà la quantità di raccordi utilizzata nella realizzazione dell'impianto viene notevolmente ridotta. Per la realizzazione di curvature più strette, diramazioni o collegamenti è necessario l'utilizzo di raccordi meccanici poiché il PE-X non è saldabile né incollabile.

## 2. DOMAINES D'APPLICATION

Le tube PE-X Unidelta a été développé pour les applications suivantes:

- adduction d'eau chaude et froide sanitaire;
- installations de chauffage à basse température (à panneaux radiants);
- installations de chauffage à haute température (système à radiateurs);
- installations de refroidissement à panneaux radiants;
- installations antigel et anti-neige.

D'autre part, le tube PE-X Unidelta peut être utilisé pour le transport d'air comprimé, de fluides gazeux et de différentes substances chimiques (à ce propos consulter le chapitre 13 relatif aux compatibilités chimiques). Les tubes Unidelta Uniterm, Triterm et Multiterm Plus sont également disponibles en version extractible, le tube est introduit à l'intérieur d'une gaine cannelée.

### Adduction d'eau sanitaire

Le tube en polyéthylène réticulé Unidelta est idéal pour la construction des installations de distribution d'eau potable (chaude et froide). En effet, les tubes PE-X Unidelta sont conformes aux divers règlements concernant le transport de l'eau potable, sont résistants à la corrosion et ont un coefficient d'isolation acoustique élevé.

La flexibilité considérable du tube, combinée à sa légèreté, rend la mise en œuvre rapide et facile. Jusqu'à 8 fois le diamètre du tube peut être cintré à la main: grâce à cette propriété, la quantité de raccords utilisés dans la construction de l'installation est considérablement réduite. Pour les coudes plus serrés, les branches ou raccordements, des raccords mécaniques sont nécessaires car le PE-X ne peut pas être soudé ni collé.



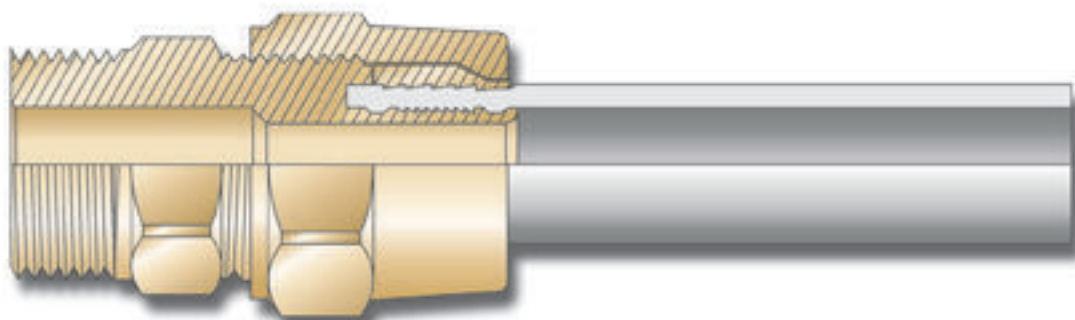
I raccordi meccanici per tubi PE-X più diffusi sono di due tipologie: ad avvitamento o a pressare.

I raccordi ad avvitamento sono realizzati in ottone o acciaio inox e sono caratterizzati da tre elementi: corpo del raccordo, ogiva e dado di serraggio. Durante il serraggio il dado agisce sull'ogiva deformandola e comprimendola sia sul corpo del raccordo che sul tubo. La tenuta idraulica è assicurata o dalla compressione delle guarnizioni o dalla compressione del tubo stesso sul portagomma se quest'ultimo non presenta guarnizioni (fig. 2.1).

Les raccords mécaniques les plus courants pour les tubes PE-X sont de deux types: à vissage ou à pression.

Les raccords vissés sont en laiton ou en acier inoxydable et se caractérisent par trois éléments: le corps du raccordo, l'ogive et l'écrou de serrage. Lors du serrage, l'écrou agit sur l'ogive en la déformant et en la comprimant à la fois sur le corps du raccordo et sur le tube. L'étanchéité hydraulique est assurée soit par la compression des joints, soit par la compression du tube lui-même sur le support de tube, si ce dernier ne comporte pas de joints (fig. 2.1).

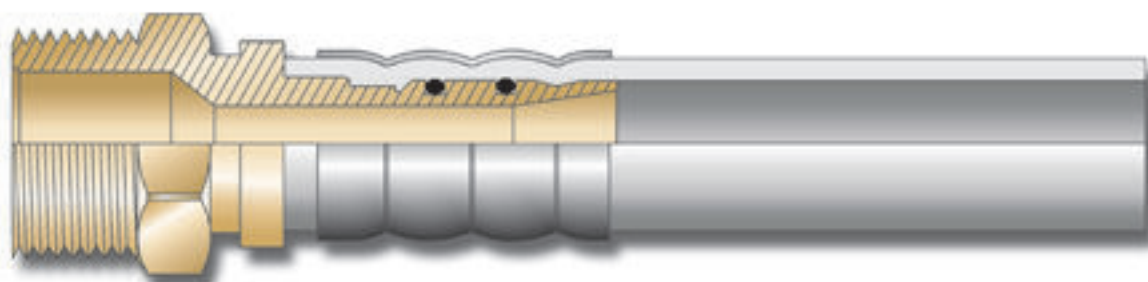
Figura 2.1 - Raccordo ad avvitamento  
Figure 2.1 - Raccord vissé



I raccordi a pressare (press-fittings) sono composti dal corpo del raccordo realizzato in ottone, acciaio inox ed oggi anche in materiale sintetico (tecnopolimeri) e da una bussola di tenuta in acciaio inox. L'operazione di serraggio consiste nel deformare la bussola mediante un utensile elettro-pneumatico comprimendola sulla superficie esterna del tubo. La tenuta idraulica è assicurata dalla pressione che in questo modo viene esercitata dal tubo contro le guarnizioni poste sul corpo del raccordo.

Les raccords à pression (press-fittings) sont constitués d'un corps de raccordo en laiton, en acier inoxydable et aujourd'hui également en matériau synthétique (technopolymères) et d'une douille d'étanchéité en acier inoxydable. L'opération de serrage consiste à déformer la douille au moyen d'un outil électropneumatique en la comprimant sur la surface extérieure du tube. L'étanchéité hydraulique est assurée par la pression exercée par le tube contre les joints situés sur le corps du raccordo.

Figura 2.2 - Raccordo a pressare  
Figure 2.2 - Raccord à pression



Le soluzioni impiantistiche generalmente adottate possono essere di due tipi: a collettore (figura 2.3) o in serie (figura 2.4). La distribuzione a collettore consente di avere ridotte perdite di pressione su ogni utenza e di utilizzare un numero di raccordi contenuto, mentre la distribuzione in serie permette un risparmio sulla quantità di tubo utilizzata.

Il existe deux types de solutions d'installation généralement adoptées: le collecteur (figure 2.3) ou la série (figure 2.4). La distribution en collecteur permet d'avoir des pertes de charge réduites sur chaque application et d'utiliser un nombre limité de raccords, tandis que la distribution en série permet d'économiser sur la quantité de tube utilisée.

Figura 2.3 - Distribuzione a collettore  
Figure 2.3 - Adduction d'eau à collecteur

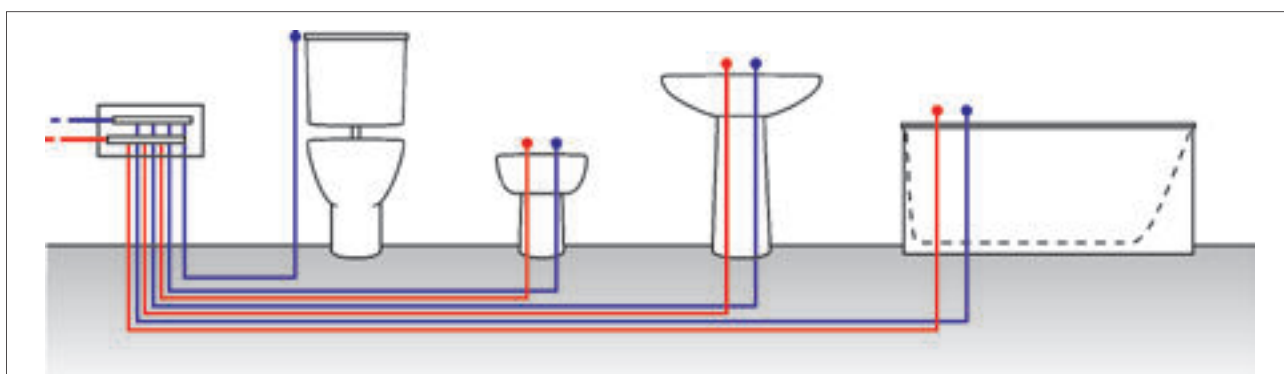
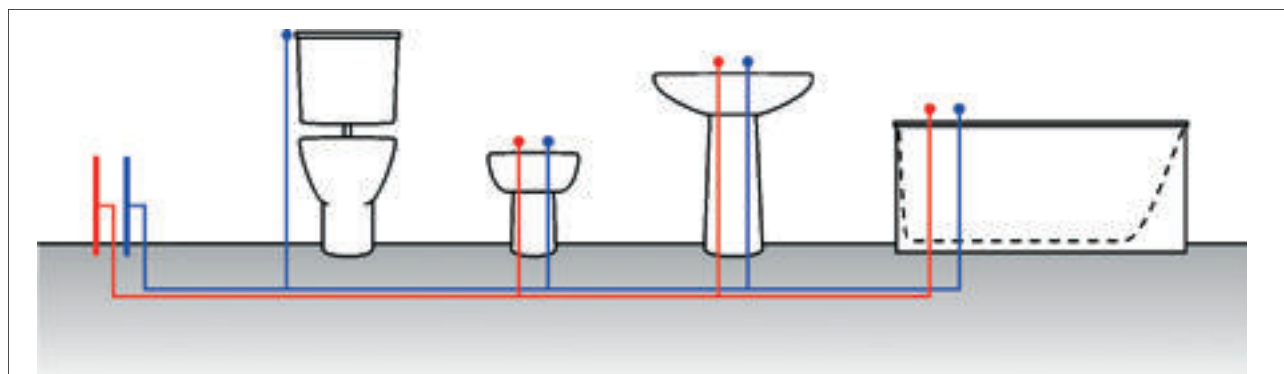


Figura 2.4 - Distribuzione in serie  
Figure 2.4 - Adduction d'eau en série





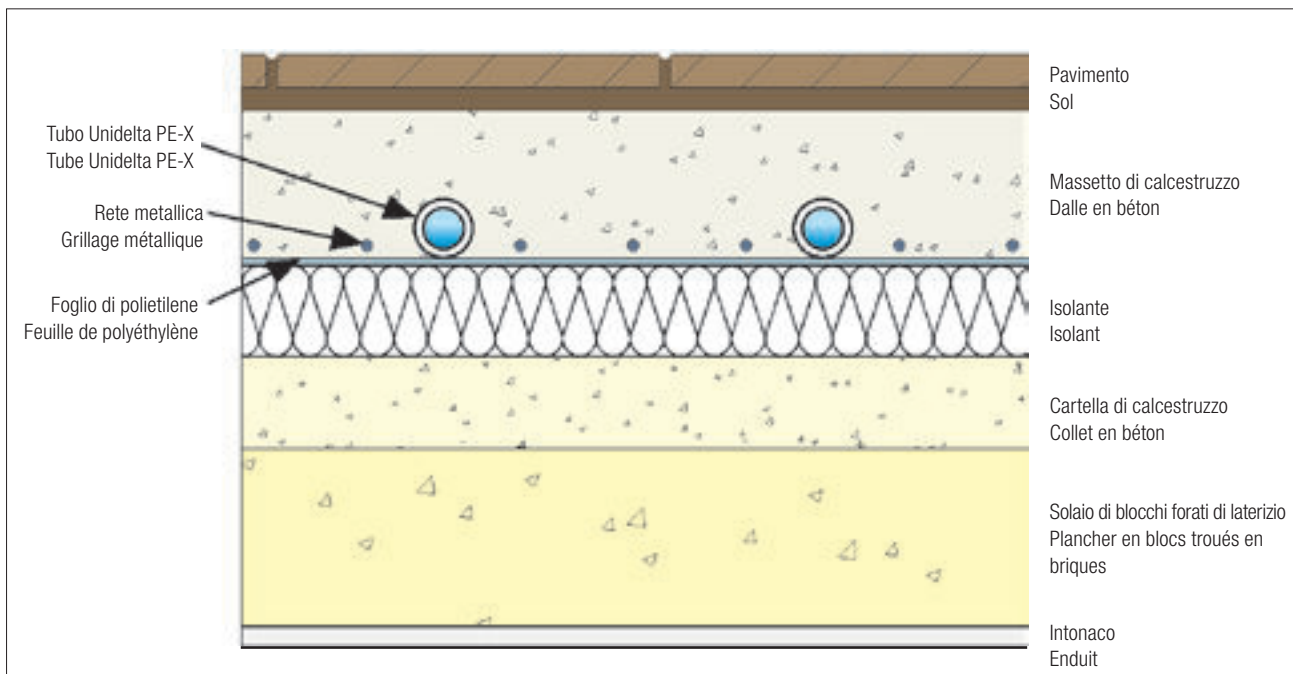
### Impianti di riscaldamento a pannelli radianti

Altro campo di applicazione per il tubo Unidelta PE-X è quello degli impianti di riscaldamento a pannelli radianti. Il sistema di riscaldamento a pannelli radianti fu introdotto in Italia nel 1960, ma inizialmente non ebbe successo, in quanto la mancanza di normative che ne regolamentassero il dimensionamento e la scarsa qualità dei prodotti impiegati non consentirono l'esecuzione di impianti efficienti e che garantissero il comfort richiesto. Il problema più comune che si riscontrò fu quello della temperatura superficiale dei pavimenti che era troppo elevata. L'introduzione di nuovi materiali, affidabili e sicuri, la nascita di normative per il dimensionamento degli impianti e la crescente attenzione sui sistemi che consentono un risparmio energetico hanno permesso una reintroduzione del sistema a pannelli radianti che oggi sta affermandosi in maniera crescente. I pannelli radianti possono essere realizzati a soffitto, a pavimento o a parete. Il fluido termovettore all'interno delle serpentine è acqua ad una temperatura relativamente bassa (massimo 50°C).

### Installations de chauffage à panneaux radiants

Un autre domaine d'application pour le tube Unidelta PE-X est celui des installations de chauffage à panneaux radiants. Le système de chauffage à panneaux radiants a été introduit en Italie en 1960 mais il n'a pas eu beaucoup de succès, car le manque de normes qui réglementaient ses dimensionnements et la faible qualité des produits employés ne permettaient pas la construction d'installations efficaces en garantissant le confort demandé. Le problème le plus commun qu'on rencontrait alors était celui de la température en surface des sols qui était trop élevée. L'introduction de nouveaux matériaux, fiables et sûrs, l'apparition de normes pour le dimensionnement des installations et l'attention toujours plus orientée sur des systèmes qui permettent une économie énergétique ont permis une ré-introduction du système à panneaux radiants qui aujourd'hui s'affirme de manière croissante. Les panneaux radiants peuvent être réalisés au plafond, au sol, ou sur les murs. Le fluide thermovecteur à l'intérieur du serpentin est de l'eau à une température relativement basse (maximum 50°C).

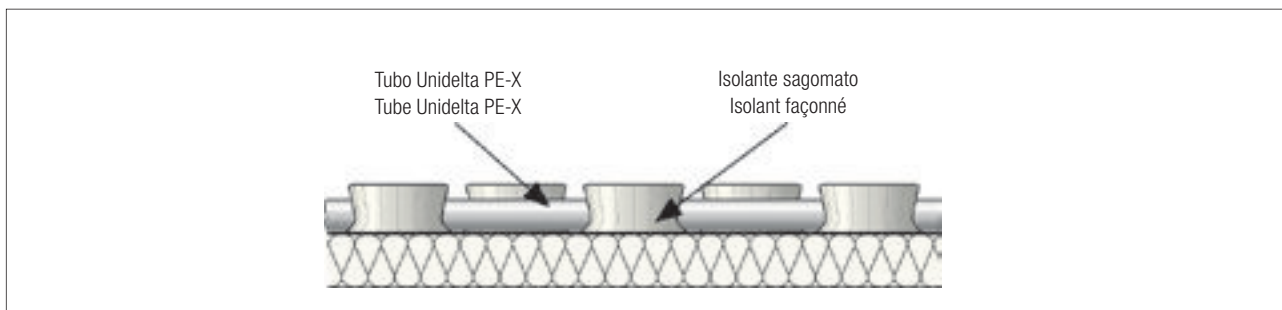
Figura 2.5 - Schema di un pannello radiante a pavimento  
Figure 2.5 - Schéma d'un panneau radiant au sol



I tubi vengono posati su di un pannello di polistirolo espanso con funzione di isolante termico, il quale riduce il flusso termico verso il basso. Sul pannello può essere presente un foglio di polietilene che ha la funzione di barriera anti vapore così da proteggere l'isolante dall'umidità del massetto di calcestruzzo. In alcuni casi viene installata una rete metallica elettrosaldata che ha la funzione di ripartire omogeneamente i carichi che gravano sul pavimento e può servire da struttura di fissaggio dei tubi mediante clips. Nella maggior parte dei casi il pannello di polistirolo è opportunamente sagomato per un fissaggio dei tubi facile e veloce (fig. 2.6).

Les tubes sont posés sur un panneau en polystyrène expansé qui a fonction d'isolant thermique, en réduisant le flux thermique vers le bas, sur le panneau on peut mettre une feuille de polyéthylène qui a fonction de barrière anti-vapeur pour protéger l'isolant de l'humidité de la dalle en béton. Dans certains cas on installe une grille métallique électrosoudée qui a la fonction de répartir de façon homogène les charges qui pèsent sur le plancher et peut servir de structure de fixation pour les tubes à l'aide de clips. Dans la plupart des cas le panneau en polystyrène est façonné pour une fixation facile et rapide des tubes (fig. 2.6).

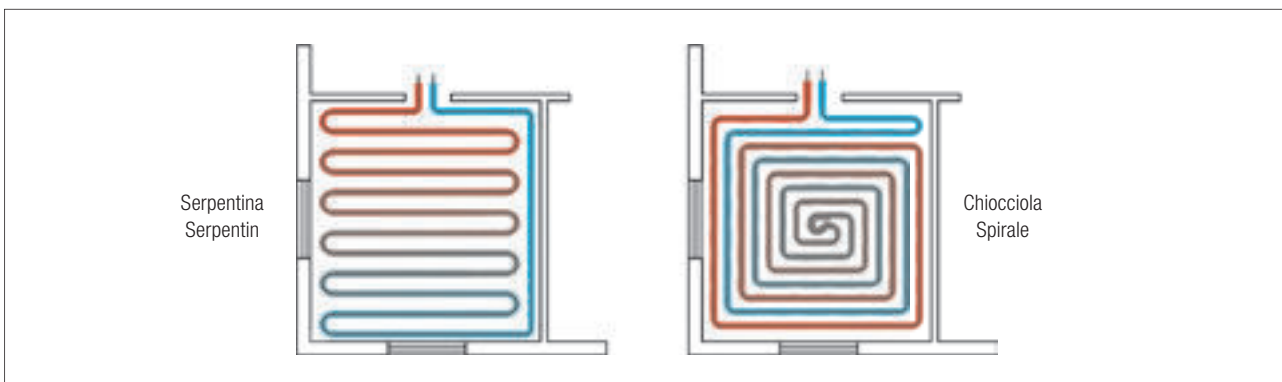
Figura 2.6 - Pannello di polistirolo sagomato  
Figure 2.6 - Panneau en polystyrène façonné



Il circuito può essere realizzato secondo diversi tipi di configurazione (fig. 2.7): le più comuni sono a serpentina e a chiocciola. La configurazione a chiocciola è preferibile in quanto consente una maggiore uniformità della temperatura del pavimento data l'alternanza del tubo di mandata con quello di ritorno. Generalmente in prossimità delle pareti più fredde si riduce il passo dei tubi per compensare la maggiore dispersione termica. Un pannello radiante correttamente progettato deve realizzare una temperatura superficiale del pavimento di 29°C in ambienti ad occupazione permanente, 32°C nei bagni ed è consentita una temperatura di 35°C per ambienti dove l'occupazione è saltuaria quali le zone perimetrali a maggiore dispersione termica.

Le circuit peut être réalisé selon différents types de configurations (fig. 2.7): les plus communs sont à serpentin et en spirale. La configuration en spirale est préférable car elle permet une plus grande uniformité de la température du sol, étant donné l'alternance entre le tube de refoulement et celui de retour. Généralement à proximité des murs plus froids on diminue le pas des tubes pour compenser la plus grande déperdition de chaleur. Un panneau radiant projeté correctement doit réaliser une température superficielle du sol de 29°C dans des pièces à occupation permanente, 32°C dans les salles de bain et 35°C pour des pièces qui ne sont occupées que d'une façon irrégulière comme les parties périmétrales.

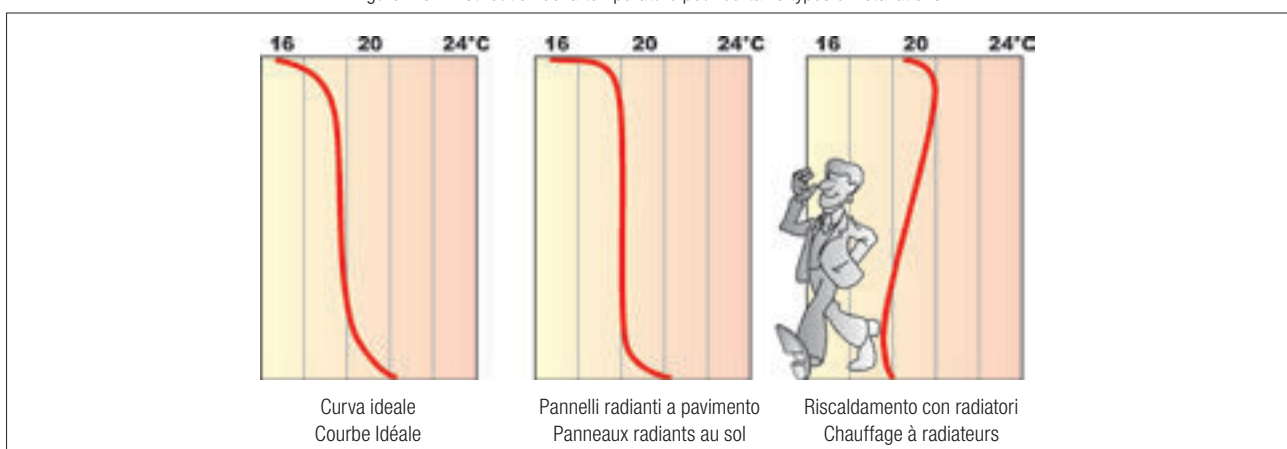
Figura 2.7 - Distribuzione del circuito  
Figure 2.7 - Distribution du circuit



Questa tipologia impiantistica presenta innumerevoli vantaggi, primo fra tutti il risparmio energetico ottenibile, il cui valore minimo è del 10% rispetto agli impianti a radiatori. Il riscaldamento avviene prevalentemente per irraggiamento rendendo uniforme la distribuzione della temperatura dell'aria in direzione verticale, condizione, questa, molto prossima a quella ideale per uno stato fisiologico ottimale del corpo umano.

Ce type d'installation présente de nombreux avantages, avant tout des économies d'énergie, dont la valeur minimale est de 10% par rapport aux installations à radiateurs. Le chauffage se fait surtout par rayonnement, rendant uniforme la distribution de la température de l'air en direction verticale, condition très proche de la condition idéale pour un état physiologique optimal du corps humain.

Figura 2.8 - Distribuzione della temperatura per alcuni tipi di impianto  
Figure 2.8 - Distribution de la température pour certains types d'installations



Diminuendo la temperatura ambiente di 1°C si ottiene lo stesso grado di comfort degli impianti tradizionali e contemporaneamente una riduzione dei consumi di circa il 6%. Il riscaldamento a pannelli radianti non crea moti convettivi di aria calda impedendo movimento di polvere con la conseguente assenza di aloni scuri sulle pareti in prossimità delle fonti di calore (radiatori). L'ampia superficie radiante a bassa temperatura evita infatti la formazione di moti convettivi di aria e riduce notevolmente la stratificazione termica verticale. Il riscaldamento dell'aria a contatto con superfici a bassa temperatura riduce la necessità di arricchire di umidità l'aria contribuendo quindi ad incrementare il livello di benessere dell'ambiente. Questo tipo di impianto risulta essere particolarmente interessante per ambienti di volume elevato o elevata altezza quali capannoni industriali, saloni, chiese, palestre, ecc. L'utilizzo di una sorgente di calore a bassa temperatura (acqua, mediamente a 35°C÷45°C) riduce inoltre le dispersioni termiche lungo i condotti di distribuzione. L'assenza dei corpi esterni scaldanti consente di aumentare la disponibilità di spazio nei locali e di evitare la creazione di nicchie di contenimento per i radiatori. I pannelli radianti possono essere impiegati anche in applicazioni particolari come il riscaldamento di grandi aree esterne (viadotti, ponti, piazzali, piste aeroportuali) con funzione antigelo, antineve o di sbrinamento.

En diminuant la température ambiante de 1°C on obtient le même degré de confort qu'avec les installations traditionnelles et en même temps une réduction d'environ 6% de la consommation. Le chauffage à panneaux radiants ne crée pas de mouvements convectifs de l'air chaud il empêche le mouvement de la poussière et il n'y a donc pas d'auréoles noires sur les murs à proximité des sources de chaleur (radiateurs). La vaste surface radiante à basse température évite en effet la formation de mouvements convectifs de l'air et réduit considérablement la stratification thermique verticale. Le réchauffement de l'air au contact des surfaces à basse température réduit le besoin d'humidifier l'air en augmentant le niveau de bien-être de l'environnement.

Ce type d'installation est particulièrement intéressant pour des environnements à grands volumes et à hauteur de plafond élevée comme des hangars industriels, des salons d'exposition, des églises, des gymnases etc. L'utilisation d'une source de chaleur à basse température (eau environ à 35°C÷45°C) réduit aussi les déperditions thermiques le long des tubes de distribution. L'absence de corps externes chauffants permet d'augmenter la disponibilité d'espace dans les locaux et évite de créer des niches pour les radiateurs. Les panneaux radiants peuvent être utilisés dans des applications spéciales comme le chauffage de grandes zones en extérieur (viaducs, ponts, places, pistes d'aéroports) comme fonction antigel, anti-neige, ou de dégivrage.

### **Impianti di riscaldamento a radiatori**

Il tubo Unidelta PE-X, grazie all'ottima resistenza alle elevate temperature, può essere utilizzato anche per la realizzazione di impianti di riscaldamento tradizionali a radiatori. Infatti, sia che si realizzi un impianto in serie oppure a collettore, in modo analogo a quanto detto riguardo all'esecuzione degli impianti sanitari, la semplicità e la rapidità d'installazione giocano un ruolo fondamentale.

### **Impianti di raffrescamento a pannelli radianti**

Gli impianti a pannelli radianti possono essere impiegati anche per il raffrescamento estivo degli edifici e quelli a soffitto sono i più adatti a svolgere tale funzione proprio per la loro posizione favorevole alla sottrazione del calore dall'ambiente. Generalmente queste tipologie di impianto sono integrate con sistemi di condizionamento così che il pannello smaltisce la maggior parte del carico termico sensibile e il sistema ad aria condizionata il carico termico latente. Il risultato è una maggior efficienza energetica ed un livello di comfort non ottenibile con nessuno dei due sistemi impiegati indipendentemente.

Nel caso del raffrescamento a pannelli radianti senza l'ausilio di un sistema di condizionamento dell'aria è importante stabilire quale debba essere la temperatura minima dell'acqua all'interno delle serpentine al fine di evitare la formazione di condensa sul pavimento o sul soffitto. Per questo la temperatura superficiale del pannello non deve essere inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria in ambiente: con aria ambiente a 30°C ed umidità relativa del 50% la temperatura alla quale inizia la formazione di condensa (temperatura di rugiada) è di circa 18.5°C. Al contrario se all'impianto a pannelli radianti è abbinato un sistema di condizionamento dell'aria, quindi di deumidificazione, il pericolo di condensazione viene meno e le temperature dell'acqua nelle serpentine dell'impianto a soffitto possono essere ulteriormente ridotte.

### **Installations de chauffage à radiateurs**

Grâce à sa très grande résistance aux températures élevées, le tube Unidelta PE-X, peut être utilisé aussi pour la réalisation d'installations de chauffage à radiateurs. En effet que l'on réalise une installation en série ou à collecteur, comme nous l'avons dit pour l'exécution des installations sanitaires, la simplicité et la rapidité d'installation jouent un rôle fondamental.

### **Installations de climatisation à panneaux radiants**

Les installations de climatisation à panneaux radiants peuvent être employés aussi pour la climatisation estivale des immeubles, et les installations au plafond sont les plus indiquées pour exercer cette fonction à cause de leur position favorable pour soustraire de la chaleur au milieu. Généralement ces typologies d'installation sont intégrées par des systèmes de climatisation de façon que le panneau élimine la plus grande partie de la charge thermique sensible et le système de climatisation élimine la charge thermique latente. Le résultat est un plus grand rendement énergétique et un niveau de confort qu'on n'obtient avec aucun des deux systèmes employés de façon indépendante. Dans le cas de climatisation à panneaux radiants sans l'aide d'un système de climatisation de l'air, il est important d'établir quelle doit être la température minimale de l'eau à l'intérieur des serpentins, pour éviter la formation de condensation au sol ou au plafond.

Pour cette raison la température superficielle du panneau ne doit pas être inférieure à la température de la rosée de l'air ambiant: avec l'air ambiant à 30°C et une humidité relative de 50% la température à laquelle commence la formation de condensation (température de la rosée) est environ 18.5°C. Au contraire si l'installation à panneaux radiants est couplée avec un système de climatisation de l'air, et donc de déshumidification, le danger de la condensation disparaît et les températures de l'eau dans les serpentins de l'installation au plafond peuvent être ultérieurement diminuées.



### 3. IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ

Per garantire un'ottima qualità e affidabilità del prodotto, Unidelta sottopone il tubo PE-X a severi e rigorosi controlli. Ogni singolo metro di tubo viene monitorato costantemente mediante sensori e sistemi elettronici. In seguito sono indicati alcuni controlli effettuati sia sul prodotto finito sia sul processo di produzione.

#### Controllo delle dimensioni

Durante la produzione, le caratteristiche dimensionali dei tubi Unidelta PE-X sono controllati costantemente da appositi strumenti ottici e ad ultrasuoni. Inoltre l'operatore stesso verifica, ad intervalli regolari di tempo, che le dimensioni del tubo rientrino nelle tolleranze definite dalle normative.

#### Controllo dei parametri di processo

Sulla linea di produzione viene effettuato un minuzioso controllo di tutti i parametri di processo mediante l'ausilio di sofisticate apparecchiature elettroniche.

Tutti i dati sono salvati in database per la rintracciabilità storica.

#### Prove in pressione

Campioni di tubo sono sottoposti a prove di tenuta in pressione a diverse temperature. Sono considerati idonei all'impiego se superano le condizioni di prova definite da rigorose normative.

#### Ritiro longitudinale

I campioni di tubo vengono mantenuti a 120°C per un'ora.

Dopo il raffreddamento la dilatazione/contrazione residua deve essere minore o uguale al 3%.

#### Determinazione del grado di reticolazione del PE-X

Il grado di reticolazione del PE-X viene determinato mediante la procedura di estrazione con solvente. Per il polietilene reticolato con silani (PE-X-b) viene garantito un grado di reticolazione superiore al 65%, in modo tale che il PE-X abbia le caratteristiche meccaniche richieste.

#### Controllo delle materie prime

Le caratteristiche fisiche dei materiali polimerici vengono controllate in ingresso e sono certificate dal fornitore.

### 3. LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Pour garantir une qualité optimale et une fiabilité du produit, Unidelta soumet le tube PE-X à des contrôles sévères et rigoureux. Chacun mètre du tube est constamment suivi grâce à des capteurs et à des systèmes électroniques. Ensuite, les principaux contrôles effectués sont indiqués, sur le produit fini et sur le processus de production.

#### Contrôle des dimensions

Pendant la production, les caractéristiques dimensionnelles des tubes Unidelta PE-X sont constamment contrôlées par des instruments optiques et ultrasoniques. De plus l'opérateur vérifie, à intervalles réguliers que les dimensions du tube rentrent dans les limites de tolérance définies.

#### Contrôle des paramètres de processus

Sur la ligne de production on effectue un minutieux contrôle de tous les paramètres du processus à l'aide d'appareillages électroniques sophistiqués. Toutes les données sont sauvegardées dans une base de données pour le tracé historique.

#### Essais sous pression

Des échantillons de tube sont soumis à des essais d'étanchéité sous pression à différentes températures. On les considère aptes à l'emploi s'ils passent avec succès les conditions d'essais définies par des normes rigoureuses.

#### Retrait longitudinal

Les échantillons de tube sont conservés à 120°C pendant une heure. Après refroidissement, la dilatation/contraction résiduelle doit être inférieure ou égale à 3%.

#### Détermination du degré de réticulation du PE-X

Le degré de réticulation du PE-X est déterminé grâce à la procédure d'extraction avec un solvant. Pour le polyéthylène réticulé avec silanes (PE-Xb) un degré de réticulation supérieur à 65% est garanti, afin que le PE-X ait les caractéristiques mécaniques demandées.

#### Contrôle des matières premières

Les caractéristiques physiques des matériaux polymériques et du ruban d'aluminium sont contrôlées à l'entrée et sont certifiées par le fournisseur.

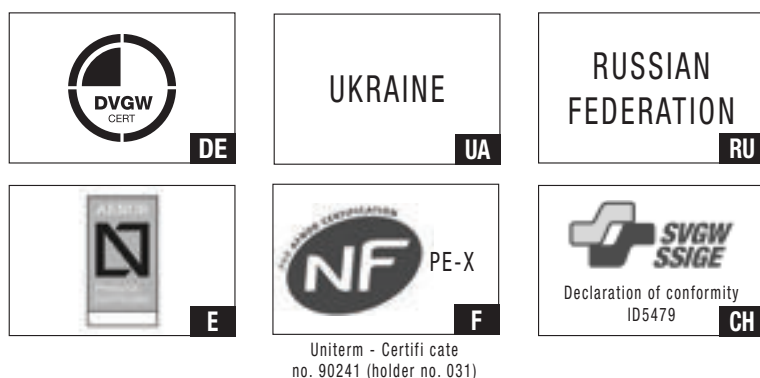


### 3.1 CERTIFICAZIONI DI QUALITÀ

I tubi di polietilene reticolato Unidelta sono stati testati ed approvati da importanti istituti di certificazione internazionali. Il sistema di qualità Unidelta è certificato UNI EN ISO 9001:2015.

### 3.1 CERTIFICATIONS DE QUALITÉ

Les tubes en polyéthylène réticulé Unidelta ont été testés et approuvés par d'importants instituts de certification internationaux. Le système de qualité Unidelta est certifié UNI EN ISO 9001:2015.



## 4. IL POLIETILENE RETICOLATO - LE POLYÉTHYLÈNE RÉTICULÉ

### 4.1 INTRODUZIONE

Un polimero è una macromolecola composta da un numero elevato di unità base, i monomeri. I polimeri tecnicamente importanti sono classificati in base alle loro caratteristiche fisiche: si hanno i termoplastici (plastomeri), gli elastomeri ed i termoidurenti (durometri). Il polietilene è un materiale termoplastico composto da numerose molecole estremamente lunghe. Anche a temperature moderatamente elevate (ancora sotto il punto di fusione), il materiale comincia ad avere un significativo grado di fluidità. Le ottime qualità di questo materiale sono quindi limitate dalla temperatura operativa. Con il processo di reticolazione le molecole di polietilene si legano insieme per formare una struttura tridimensionale più complessa: la reazione chimica di reticolazione trasforma infatti il prodotto da termoplastico a termoidurente. Il materiale subisce una modificazione strutturale che ne migliora le caratteristiche quali la resistenza all'abrasione, la resistenza chimica e la resistenza meccanica nel tempo. Con la reticolazione il grado di fluidità viene ridotto notevolmente e le prestazioni del materiale vengono incrementate significativamente. In aggiunta a questo incremento delle prestazioni ad alte temperature, il polietilene reticolato mantiene le eccellenti proprietà dei materiali termoplastici. Il polietilene non viene mai reticolato completamente perché questo lo renderebbe troppo fragile e soggetto a stress cracking. Una reticolazione insufficiente al contrario può non apportare l'incremento di prestazioni voluto rispetto al polietilene base. L'obiettivo è dunque quello di trovare il grado di reticolazione che produca il giusto compromesso fra resistenza meccanica e flessibilità necessaria all'impiego del prodotto eliminando contemporaneamente lo stress cracking. In relazione al tipo di processo di reticolazione adottato il grado di reticolazione può variare in un intervallo compreso tra 60% e 89%.

Vi sono diverse tecnologie per ottenere la reticolazione del polietilene ma, poiché il polietilene non ha gruppi funzionali che hanno capacità di reticolare, è necessario aggiungere al materiale un altro componente.

### 4.1 INTRODUCTION

Un polymère est une macromolécule composée d'un nombre élevé d'unités de base, les monomères. Les polymères techniquement importants sont classifiés selon leur caractéristiques physiques: les thermoplastiques (plastomères), les élastomères et les thermodurcissables (duromères). Le polyéthylène est un matériau thermoplastique composé de nombreuses molécules extrêmement longues, qui, même à des températures peu élevées (au-dessous du point de fusion) commence à avoir un degré de fluidité important. Les très bonnes qualités de ce matériau sont donc limitées par la température opérationnelle. Avec le processus de réticulation les molécules de polyéthylène s'unissent pour former une structure tridimensionnelle plus complexe: en effet, la réaction chimique de réticulation transforme le produit de thermoplastique à thermodurcissable. Le matériau subit une modification structurale qui améliore ses caractéristiques comme l'abrasion, la résistance chimique et la résistance mécanique au cours du temps. Avec la réticulation le degré de fluidité est considérablement réduit et les performances du matériau augmentent considérablement. En plus de cette augmentation des performances à haute température, le polyéthylène conserve les excellentes propriétés des matériaux thermoplastiques. Le polyéthylène n'est jamais réticulé complètement car ceci le rendrait trop fragile et sujet à stress cracking. Par contre, une réticulation insuffisante peut ne pas apporter l'augmentation de performances désirée par rapport au polyéthylène de base. L'objectif est donc de trouver le degré de réticulation qui produit le juste compromis entre la résistance mécanique et la flexibilité nécessaire à l'emploi du produit tout en éliminant le stress cracking. Selon le type de processus de réticulation adopté, le degré de réticulation peut varier entre 60% et 89%.

Il existe diverses technologies pour obtenir la réticulation du polyéthylène, mais puisque le polyéthylène n'a pas de groupes fonctionnels ayant une capacité de réticuler, il faut ajouter un autre élément au matériau.

#### A. Metodo a perossidi

L'estrusione avviene a temperature inferiori ai 160÷170°C per evitare che i perossidi, miscelati al polietilene, decompongano ed inizino prematuramente la reticolazione; questo comporta velocità di produzione basse e pressioni del fuso elevatissime. La reticolazione avviene, sempre in linea, ma dopo la fase di calibrazione del tubo, facendo passare l'estruso in camere a temperature di 220÷230°C, temperature alle quali ha inizio il processo chimico di reticolazione. Il valore minimo del grado di reticolazione consentito con questo metodo è del 70%. Il polietilene reticolato con il metodo a perossidi prende il nome PE-Xa.

#### B. Metodo a silani

La reticolazione avviene con la creazione di legami chimici dovuti alla presenza di silani. Tale processo avviene in parte durante la fase di estrusione ma principalmente in un secondo stadio che consiste nel posizionare le barre o i rotoli di tubo in una vasca di acqua/vapore a temperature tra i 70°C e 110°C. Il processo di reticolazione viene attivato dall'umidità e dalla temperatura ed è accelerato dall'aggiunta alla miscela di un opportuno catalizzatore. In questo caso il valore minimo consentito del grado di reticolazione è del 65%. Il polietilene reticolato con il metodo a silani prende il nome PE-Xb.

#### C. Metodo a radiazione

È un processo di reticolazione di tipo fisico dovuto alla presenza di sorgenti che irradiano onde elettromagnetiche, radiazioni  $\gamma$  (processo "nucleare") o elettroni ad alta energia, radiazioni  $\beta$  (processo "a bombardamento di elettroni"). Il grado di reticolazione minimo consentito è del 60%. Il polietilene reticolato con il metodo a radiazione prende il nome PE-Xc.

#### Qual'è il metodo migliore?

Esistono ampie discussioni relative a quale processo di reticolazione produca il tubo migliore.

La qualità del tubo non dipende dal metodo di reticolazione, bensì dalla sua capacità di superare i test fisici e meccanici stabiliti dalle normative. L'argomento primario dovrebbe essere incentrato sulla capacità di realizzare tubo PE-X secondo quanto richiesto dalle normative per ciascun metodo di reticolazione sopra descritto. I tubi possono essere realizzati secondo diverse normative, ma tutti, indipendentemente dal metodo di reticolazione, devono superare una serie di test numerosi e impegnativi i cui requisiti includono i materiali, la produzione, le dimensioni, le tolleranze, le prove di resistenza alla pressione, ecc. Questo è il modo migliore per giudicare la qualità e le performance di un tubo.

#### A. Procédé au peroxyde

L'extrusion a lieu à des températures inférieures à 160÷170°C pour éviter que les peroxydes mélangés au polyéthylène, ne se décomposent et ne commencent prématurément la réticulation; ceci comporte des vitesses de production basses et des pressions de fusion très élevées. La réticulation a lieu, toujours en ligne, mais après la phase de calibrage du tube, en faisant passer l'extrudé en chambre à des températures de 220÷230°C, températures auxquelles le processus chimique de réticulation commence. La valeur minimum du degré de réticulation permis avec ce procédé est de 70%. Le polyéthylène réticulé avec le procédé au peroxyde prend le nom de PE-Xa.

#### B. Procédé silane

La réticulation a lieu par la création de liens chimiques dus à la présence de silanes. Ce procédé a lieu en partie au cours de la phase d'extrusion, mais principalement dans un second stade qui consiste à positionner les barres ou les rouleaux de tubes dans un bac d'eau/vapeur à une température comprise entre 70°C et 110°C. Le processus de réticulation est activé par l'humidité et par la température et est accéléré par l'adjonction d'un catalyseur au mélange. Dans ce cas, la valeur minimum du degré de réticulation permis avec ce procédé est de 65%. Le polyéthylène réticulé avec le procédé silane prend le nom de PE-Xb.

#### C. Procédé à radiation

C'est un procédé de réticulation de type physique dû à la présence de sources qui irradient des ondes électromagnétiques, radiations  $\gamma$  (procédé "nucléaire") ou des électrons à haute énergie, radiations  $\beta$  (procédé "à bombardement d'électrons"). Le degré de réticulation permis avec ce procédé est de 60%. Le polyéthylène réticulé avec le procédé à radiation prend le nom de PE-Xc.

#### Quelle est la meilleure méthode?

Des discussions nourries ont lieu relatives au processus de réticulation produisant le meilleur tube.

La qualité du tube ne dépend pas de la méthode de réticulation, mais bien de sa capacité à surmonter les tests physiques et mécaniques imposés par les normes. L'argument primaire devrait être concentré sur la capacité de réaliser un tube PE-X en respectant les normes pour chacune des méthodes de réticulation décrites ci-dessus. Les tubes peuvent être réalisés selon différentes normes, mais tous, indépendamment de la méthode de réticulation, doivent surmonter une série de tests nombreux et conséquents dont les exigences prennent en compte les matériaux, la production, les dimensions, les tolérances, les tests de résistance à la pression, etc. Ceci est la meilleure façon de juger la qualité et les performances d'un tube.



#### 4.1.1 IL METODO A SILANI NEL DETTAGLIO

I tubi Unidelta PE-X sono realizzati in polietilene reticolato con metodo a silani (PE-Xb).

Il polietilene impiegato è un copolimero reticolabile per aggraffaggio di silano al polietilene.

Un opportuno catalizzatore viene aggiunto per accelerare la fase di reticolazione tra le catene di polietilene.

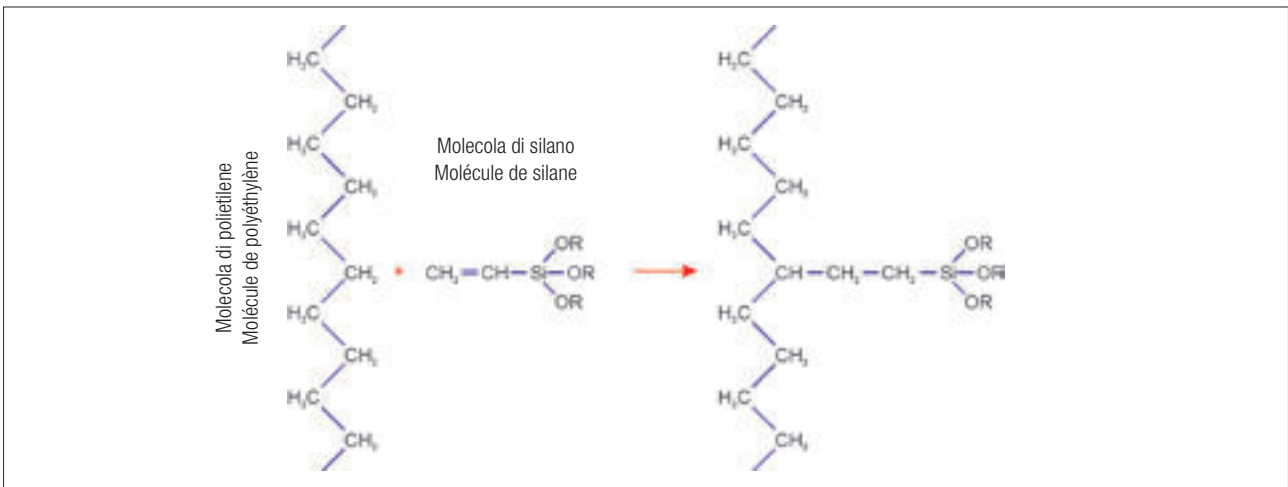
#### 4.1.1 LE PROCÉDÉ SILANE EN DÉTAIL

Les tubes Unidelta PE-X sont réalisés en polyéthylène réticulé avec le procédé silane (PE-Xb).

Le polyéthylène utilisé est un copolymère réticulable pour le greffage du silane au polyéthylène.

Un catalyseur est ajouté pour accélérer la phase de réticulation entre les chaînes de polyéthylène.

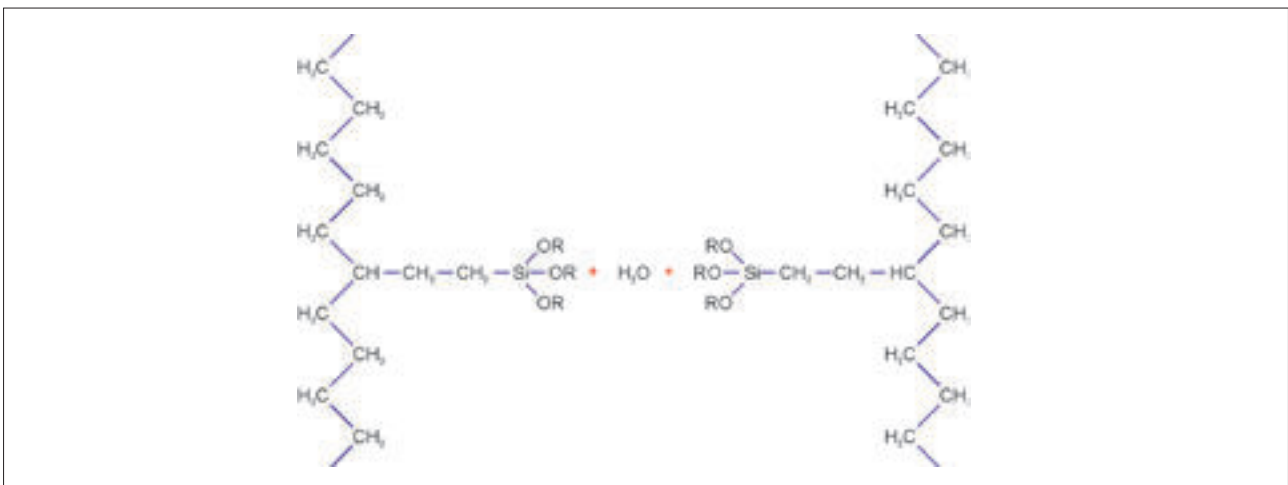
Figura 4.1 - Molecola di silano aggraffata alla molecola di polietilene  
Figure 4.1 - Molécule de silane greffée à la molécule de polyéthylène



La reticolazione avviene quando i tubi prodotti in rotoli o in barre vengono immessi in una vasca contenente acqua/vapore ad alta temperatura. Le molecole di acqua si diffondono all'interno della parete del tubo e, reagendo con il copolimero, formano gruppi idrossilici sulle catene laterali di silano (idrolisi).

La réticulation a lieu lorsque les tubes produits en rouleaux ou en barres sont immergés dans un bac contenant de l'eau/vapeur à haute température. Les molécules d'eau se répandent à l'intérieur de la paroi du tube et en réagissant avec le copolymère, elles forment des groupes hydroxyliques sur les chaînes latérales des silanes (hydrolyse).

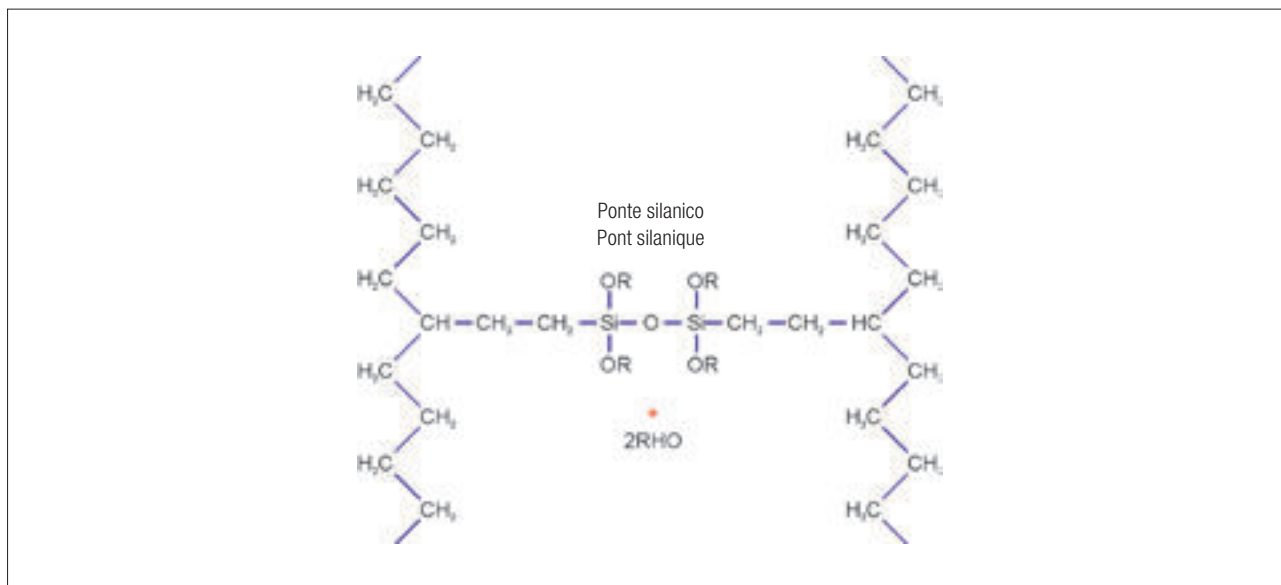
Figura 4.2 - Reazione di reticolazione  
Figure 4.2 - Réaction de réticulation



In seguito i gruppi idrossilici reagiscono tra loro formando ponti silanici fra le catene laterali e quindi tra le molecole di polietilene (reticolazione).

Ensuite les groupes hydroxyliques réagissent entre eux en formant des ponts silanici entre les chaînes latérales et donc entre les molécules de polyéthylène (réticulation).

Figura 4.3 - Molecole di polietilene legate mediante ponte silanico  
Figure 4.3 - Molécules de polyéthylène liées par un pont silanico



Poiché ad ogni catena laterale di silano vi sono tre gruppi terminali –OR, ognuno di essi può unirsi con altre catene laterali attaccate ad altrettante molecole di polietilene formando una struttura tridimensionale. Il prodotto finale è un polietilene reticolato per mezzo di legami –Si–O–Si– che per loro natura hanno una forza di legame estremamente elevata.

Poiché la reticolazione avviene in seguito alla diffusione delle molecole di acqua nella parete del tubo, il tempo necessario al compimento del processo è legato al tempo di diffusione. Più è elevata la temperatura dell'acqua del processo di reticolazione maggiore è la temperatura media raggiunta dai tubi immersi. Poiché all'aumentare della temperatura il polietilene espande, si riduce la sua densità ed aumenta il livello di diffusione dell'acqua al suo interno. Quindi più elevata è la temperatura di reticolazione più basso risulta essere il tempo necessario al completamento del processo di reticolazione. Maggiore è lo spessore dei tubi, maggiore dovrà essere il tempo di diffusione e quindi il tempo necessario alla reticolazione. Il polietilene reticolato, in seguito a questa trasformazione chimica, diviene un materiale termoindurente e presenta alcune caratteristiche particolari rispetto ai tradizionali materiali termoplastici (normale polietilene, polipropilene, polibutilene): maggiore resistenza all'invecchiamento a lungo termine e maggiori prestazioni alle alte temperature.

Puisque pour chaque chaîne latérale de silane il y a trois groupes terminaux –OR, chacun d'entre eux peut s'unir aux autres chaînes latérales liées à autant de molécules de polyéthylène en formant une structure tridimensionnelle. Le produit final est un polyéthylène réticulé grâce à ses liens –Si–O–Si– qui par leur nature ont une force de liaison extrêmement élevée.

Etant donné que la réticulation a lieu suite à la diffusion des molécules d'eau dans la paroi du tube, le temps nécessaire pour effectuer le processus est lié au temps de diffusion. Plus la température de l'eau du processus de réticulation est élevée plus la température atteinte par les tubes immergés est élevée. Etant donné qu'avec l'augmentation de la température le polyéthylène s'étend, sa densité diminue et le niveau de diffusion de l'eau à l'intérieur augmente. Donc plus la température de réticulation est élevée plus le temps nécessaire à l'achèvement du processus de réticulation est faible. Plus l'épaisseur des tubes est grande, plus le temps de diffusion et donc le temps nécessaire à la réticulation est élevé. Après cette transformation chimique, le polyéthylène réticulé devient un matériau thermodurcissable et présente certaines caractéristiques particulières par rapport aux matériaux thermoplastiques traditionnels (polyéthylène normal, polypropylène, polybutylène): une plus grande résistance au vieillissement à long terme et de plus grandes performances aux hautes températures.



Le principali proprietà fisico-meccaniche del PE-X sono riassunte nella tabella seguente.

Les principales propriétés physiques et mécaniques du PE-X sont résumées dans le tableau suivant.

Tabella 4.1 - Proprietà fisico-meccaniche del PE-X  
Tableau 4.1 - Propriétés physico-mécaniques du PE-X

Proprietà indicative fisico-meccaniche del PE-X Propriétés indicatives physico-mécaniques du PE-X	Metodo Méthode	Unità Unité	Valore Valeur
Massa volumica a +23°C - Masse volumique à +23°C	ISO 1183	Kg/m <sup>3</sup>	945
Resistenza a snervamento - limite d'élasticité	ISO 527-1, -2	MPa	≥ 20
Calore specifico a +23°C - Chaleur spécifique à +23°C	-	KJ/Kg.K	1,92
Conduttività termica - Conductivité thermique	-	W/(m.K)	0,38
Coefficiente di dilatazione lineare - Coefficient de dilation linéaire	ASTM D 696	K <sup>-1</sup>	1,9.10 <sup>-4</sup>
Grado di reticolazione - Degré de réticulation	-	%	>65

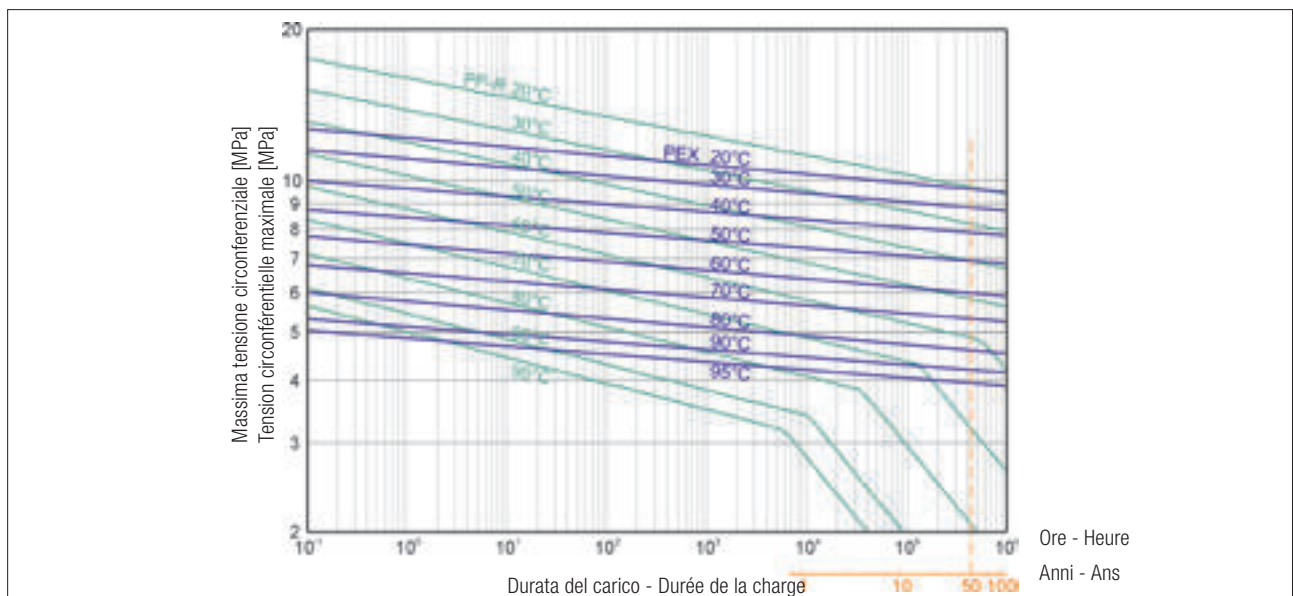
Nel diagramma 4.1 sono messe a confronto le curve di regressione del polietilene reticolato (PE-X) con quelle del polipropilene (PP-R), altro materiale impiegato per la realizzazione di condotte per applicazioni idrotermo-sanitarie.

La resistenza meccanica del polietilene reticolato ha una maggiore stabilità nel tempo rispetto al polipropilene e le sue curve di regressione non presentano il classico "ginocchio" alle alte temperature, punto che segna il rapido decadimento delle caratteristiche fisiche (invecchiamento).

Le diagramme 4.1 compare les courbes de régression du polyéthylène réticulé (PE-X) avec celles du polypropylène (PP-R), un autre matériau utilisé pour la réalisation de conduites dans les applications hydrothermosanitaires.

La résistance mécanique du polyéthylène réticulé est plus stable dans le temps que celle du polypropylène et ses courbes de régression ne présentent pas le "genou" classique en cas de hautes températures, un point qui marque la dégradation rapide des caractéristiques physiques (vieillessement).

Diagramma 4.1 - Curve di regressione tipiche del polipropilene (PP-R) e del polietilene reticolato (PE-X)  
Diagramme 4.1 - Courbes de régression typiques du polypropylène (PP-R) et du polyéthylène réticulé (PE-X)



## 4.2 LE CARATTERISTICHE E I VANTAGGI

### Resistenza alla corrosione chimica ed elettrochimica

Il PE-X possiede un'eccellente resistenza sia agli acidi che alle basi e quindi può essere utilizzato per trasportare innumerevoli sostanze chimiche, senza il rischio di ridurre le proprie caratteristiche fisico-meccaniche. Essendo poi il PE-X un cattivo conduttore elettrico non è soggetto ai fenomeni distruttivi dovuti alle correnti vaganti che al contrario sono le cause di perforazione dei sistemi di condotte in metallo. Per la compatibilità con varie sostanze chimiche si rimanda al capitolo 13.

### Resistenza all'abrasione

Il tubo Unidelta PE-X possiede un'elevata resistenza all'abrasione anche con alta velocità di flusso del fluido e questa caratteristica rende il tubo idoneo al trasporto di sostanze solide in acqua o ad operazioni di relining, dove le pareti esterne del tubo strisciano sulle pareti interne della condotta da ripristinare.

### Assenza di incrostazioni e funghi

La rugosità della parete interna dei tubi interamente metallici origina incrostazioni e conseguente riduzione della sezione di passaggio del tubo. Viceversa, l'estrema levigatezza della superficie interna del tubo Unidelta PE-X riduce enormemente la possibilità di ostruzioni causate da crescita di incrostazioni o funghi.

### Basso valore delle perdite di carico

La superficie interna del tubo Unidelta PE-X rispetto a quella dei tubi metallici è altamente omogenea per l'assenza di intagli e porosità e contraddistinta da una rugosità superficiale estremamente contenuta ( $k=0,007$  mm); questa caratteristica consente di avere elevate portate con ridotte perdite di carico.

### Bassa rumorosità

Fra le caratteristiche del tubo Unidelta PE-X vi è l'alto valore del coefficiente di isolamento acustico. Il PE-X riduce fortemente il livello di rumore durante il funzionamento della condotta, anche in presenza di colpi d'ariete.

### Atossicità

Il tubo Unidelta PE-X è igienicamente e tossicologicamente adatto al trasporto di acqua potabile. È conforme alle prescrizioni igienico sanitarie del D.M 174 del 6/4/2004 e di altri regolamenti europei.

### Grande lavorabilità

I tubi in PE-X utilizzati nelle installazioni civili sono normalmente forniti in rotoli. Grazie all'estrema leggerezza del materiale possono quindi essere maneggiati senza alcun attrezzo: il peso specifico medio del PE-X è infatti di  $0,95$  g/cm<sup>3</sup> contro i  $7,85$  g/cm<sup>3</sup> dell'acciaio e  $8,9$  g/cm<sup>3</sup> del rame. Un rotolo da 100 metri di diametro 16 mm con spessore 2 mm pesa dunque intorno ai 9 kg. I tubi Unidelta PE-X possono essere curvati a freddo senza alcun particolare attrezzo purché il raggio di curvatura non sia inferiore a otto volte il diametro del tubo.

## 4.2 LES CARACTÉRISTIQUES ET LES AVANTAGES

### Résistance à la corrosion chimique et électrochimique

Le PE-X possède une excellente résistance aux acides et aux bases et peut être utilisé pour transporter d'innombrables substances chimiques, sans risque de diminuer ses propriétés physiques et mécaniques. Etant le PE-X un mauvais conducteur électrique il n'est pas sujet aux phénomènes destructifs dus aux courants vagabonds qui sont une cause de perforation des tuyauteries en métal. Pour la compatibilité avec différentes substances chimiques voir le chapitre 13.

### Résistance à l'abrasion

Le tube Unidelta PE-X a une grande résistance à l'abrasion même à des débits de fluide élevés et cette caractéristique le rend adapté au transport de solides dans l'eau ou aux opérations de regarnissage, où les parois extérieures du tube frottent contre les parois intérieures de la conduite à restaurer.

### Absence d'incrustations et de champignons

La rugosité de la paroi interne des tubes entièrement métalliques provoque des incrustations et donc la diminution de la section de passage du tube. Vice versa, l'extrême polie de la paroi interne du tube Unidelta PE-X réduit énormément la possibilité d'obstructions causées par la croissance d'incrustations ou de champignons.

### Basses pertes de charge

La surface interne du tube Unidelta PE-X par rapport à celle des tubes métalliques est hautement homogène à cause de l'absence d'entailles et de porosités et se distingue par une rugosité superficielle extrêmement réduite ( $k=0,007$  mm); cette caractéristique permet d'avoir de hauts débits avec de très faibles pertes de charge.

### Bas niveau de bruit

Parmi les caractéristiques du tube PE-X il y a la valeur élevée du coefficient d'isolation acoustique. Le PE-X réduit fortement le niveau de bruit pendant le fonctionnement de la conduite, même en présence de coups de bélier.

### Atoxicité

Le tube Unidelta PE-X est hygiéniquement et toxicologiquement adapté au transport de l'eau potable. Il est conforme aux prescriptions hygiéniques et sanitaires du D.M. 174 du 6/4/2004 et d'autres règlements européens.

### Grande maniabilité

Les tubes en PE-X utilisés dans les installations civiles sont normalement fournis en rouleaux. Grâce à l'extrême légèreté du matériau, ils peuvent donc être manipulés sans aucun outil: le poids spécifique moyen du PE-X est en effet de  $0,95$  g/cm<sup>3</sup> contre  $7,85$  g/cm<sup>3</sup> pour l'acier et  $8,9$  g/cm<sup>3</sup> pour le cuivre. Un rouleau de 100 mètres de 16 mm de diamètre et d'une épaisseur de 2 mm pèse donc environ 9 kg. Les tubes Unidelta PE-X peuvent être cintrés à froid sans aucun outil spécial, à condition que le rayon de cintrage ne soit pas inférieur à huit fois le diamètre du tube.



### Lunga durata

Tenendo in considerazione i valori di pressione e temperatura normalmente utilizzati nelle installazioni civili e grazie alle eccellenti caratteristiche del tubo Unidelta PE-X, i sistemi di condotte realizzate con questo tubo hanno una "vita prevista" comparabile con quella della struttura muraria. Un tubo è soggetto a sollecitazioni meccaniche dovute alla pressione interna e a sollecitazioni termiche dovute alla temperatura.

In virtù delle caratteristiche del PE-X, si può considerare un range di temperatura operativa fino a +95°C (Tmax secondo EN ISO 15875).

Benché a temperature sotto gli 0°C il tubo non diventi fragile - come peraltro avviene per i tubi metallici normalmente impiegati - è altresì vero che non può sottostare agli enormi stress generati dal congelamento ed espansione dell'acqua all'interno.

Se utilizzato all'interno delle condizioni prescritte, il tubo Unidelta PE-X presenta una durata minima di 50 anni.

Va sottolineato che le prove di invecchiamento e l'esperienza maturata nel settore ne fanno prevedere una vita di gran lunga superiore.

### Longue durée

Compte tenu des valeurs de pression et de température normalement utilisées dans les installations civiles et grâce aux excellentes caractéristiques du tube Unidelta PE-X, les systèmes de conduites réalisés avec ce tube ont une "durée de vie" comparable à celle de la structure de la paroi. Un tube est soumis à une contrainte mécanique due à la pression interne et à une contrainte thermique due à la température.

En raison des caractéristiques du PE-X, une plage de température de fonctionnement allant jusqu'à +95°C peut être envisagée (Tmax selon EN ISO 15875).

Bien qu'à des températures inférieures à 0°C, le tube ne devient pas cassant - comme c'est le cas des tubes métalliques normalement utilisés - il est toutefois vrai qu'il ne peut pas résister aux énormes contraintes générées par le gel et la dilatation de l'eau à l'intérieur.

S'il est utilisé dans les conditions prescrites, le tube Unidelta PE-X a une durée minimum de 50 ans.

Il convient de souligner que les preuves du vieillissement et l'expérience acquise dans ce domaine laissent penser qu'il durera beaucoup plus longtemps.



## 5. I TUBI UNIDELTA PE-X CON BARRIERA EVOH - LES TUBES UNIDELTA PE-X AVEC BARRIÈRE EVOH

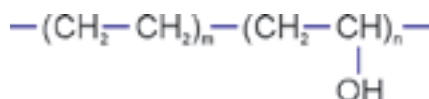
### 5.1 LA BARRIERA EVOH

Tutti i sistemi idraulici di riscaldamento e di raffreddamento sono soggetti all'ingresso di ossigeno attraverso raccordi filettati, caldaie, pompe e materiali permeabili ai gas. L'ossigeno può introdursi negli impianti di riscaldamento in quantità tale che, in combinazione con altri fattori, può causare indesiderati effetti corrosivi sui componenti metallici ferrosi. La permeabilità all'ossigeno (diffusione) è la capacità delle molecole di ossigeno di passare attraverso un materiale per effetto della sua struttura molecolare e per la differenza di pressione parziale dell'ossigeno tra i due lati. I tubi Unidelta PE-X con la barriera alla diffusione dell'ossigeno riducono drasticamente la quantità misurabile di ossigeno permeante. I tubi con barriera sono usati nei circuiti chiusi quali i sistemi di riscaldamento a pavimento o a radiatori; i tubi senza barriera sono invece generalmente impiegati nella realizzazione di circuiti aperti come i sistemi di distribuzione dell'acqua sanitaria.

#### 5.1.1 LA STRUTTURA MOLECOLARE

La resina che costituisce la barriera è un copolimero di etilene e vinil alcool, generalmente indicata con EVOH (ethylene vinyl alcohol). È stata inizialmente sviluppata per applicazioni di packaging di cibi o sostanze per le quali è necessario mantenere inalterata la qualità nel tempo evitando il contatto con l'ossigeno. Infatti le sue caratteristiche di impermeabilità ai gas sono superiori a qualunque altro polimero convenzionale; la barriera offre resistenza alla diffusione non solo dell'ossigeno ma anche di altri gas quali elio, anidride carbonica, azoto, ecc. È inoltre utilizzata nelle applicazioni di packaging con gas di riempimento, dove cioè l'azoto o l'anidride carbonica sono usati come gas di conservazione del contenuto e quindi non devono fuoriuscire attraverso le pareti dell'imballo.

La struttura molecolare della barriera è rappresentata dalla formula seguente:



### 5.1 LA BARRIÈRE EVOH

Tous les systèmes hydrauliques de chauffage et de refroidissement sont soumis à l'entrée d'oxygène par les raccords filetés, les chaudières, les pompes et les matériaux perméables au gaz. L'oxygène peut pénétrer dans les installations de chauffage en quantités telles que, combinée à d'autres facteurs, elle peut provoquer des effets corrosifs indésirables sur les composants des métaux ferreux. La perméabilité à l'oxygène (diffusion) est la capacité des molécules d'oxygène à traverser un matériau en raison de sa structure moléculaire et de la différence de pression partielle de l'oxygène entre les deux côtés. Les tubes Unidelta PE-X avec la barrière contre la diffusion de l'oxygène réduisent radicalement la quantité mesurable d'oxygène pénétrant.

Les tubes avec barrière sont utilisés dans les circuits fermés, tels que les planchers chauffants ou les radiateurs; les tubes sans barrière sont, au contraire, généralement utilisés dans la réalisation de circuits ouverts, tels que les systèmes de distribution de l'eau sanitaire.

#### 5.1.1 LA STRUCTURE MOLÉCULAIRE

La résine qui forme la barrière est un copolymère d'éthylène et d'alcool vinylique, généralement indiqué avec le sigle EVOH (ethylene vinyl alcohol soit éthylène alcool vinylique). Il a été initialement développé pour des applications d'emballage de denrées ou de substances pour lesquelles il est nécessaire de maintenir la qualité dans le temps en évitant le contact avec l'oxygène. En fait, ses caractéristiques d'imperméabilité aux gaz sont supérieures à celles de tout autre polymère conventionnel; la barrière offre une résistance à la diffusion non seulement de l'oxygène mais aussi d'autres gaz tels que l'hélium, le dioxyde de carbone, l'azote, etc. Il est également utilisé dans les applications d'emballage avec des gaz de remplissage, c'est-à-dire lorsque l'azote ou le dioxyde de carbone sont utilisés comme gaz de conservation du contenu et ne doivent donc pas s'échapper à travers les parois de l'emballage.

La structure moléculaire de la barrière est représentée par la formule suivante:



## 5.1.2 LE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

La resina che costituisce la barriera ha una elevata resistenza meccanica ed una elasticità eccellente come si può constatare dalla tabella seguente.

## 5.1.2 LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES

La résine qui forme la barrière a une grande résistance mécanique et une excellente élasticité, comme le montre le tableau suivant.

Tabella 5.1 - Caratteristiche fisico-meccaniche della barriera  
Tableau 5.1 - Caractéristiques physiques et mécaniques de la barrière

Caratteristiche Caractéristiques	Unità Unité	Valore Valeur	Metodo Méthode
Massa volumica Masse volumique	Kg/m <sup>3</sup>	1190	GTP-013
Contenuto di etilene Teneur en éthylène	% mol	32	GTP-002
Indice di fluidità (210°C / 2,16 Kg) Indice de fluidité (210 °C / 2,16 kg)	g/10min	1,6	GTP-001
Coefficiente di trasmissione dell'ossigeno (OTR) Coefficient de transmission de l'oxygène (OTR)			
- 20°C, 0% umidità relativa - humidité relative	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	0,2	ASTM D3985
- 20°C, 65% umidità relativa - humidité relative	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	0,4	ASTM D3985
- 20°C, 85% umidità relativa - humidité relative	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	1,5	ASTM D3985
- 20°C, 100% umidità relativa - humidité relative	cm <sup>3</sup> ·20µm/m <sup>2</sup> ·day·atm	19	ASTM D3985
Resistenza a trazione a snervamento (50 mm/min, 23°C) Limite d'élasticité (50 mm/min, 23°C)	MPa	87	ASTM D638
Allungamento a rottura (50 mm/min, 23°C) Allongement à la rupture (50 mm/min, 23°C)	%	430	ASTM D638
Modulo di elasticità a trazione (50 mm/min, 23°C) Module d'élasticité en traction (50 mm/min, 23°C)	MPa	1690	ASTM D638

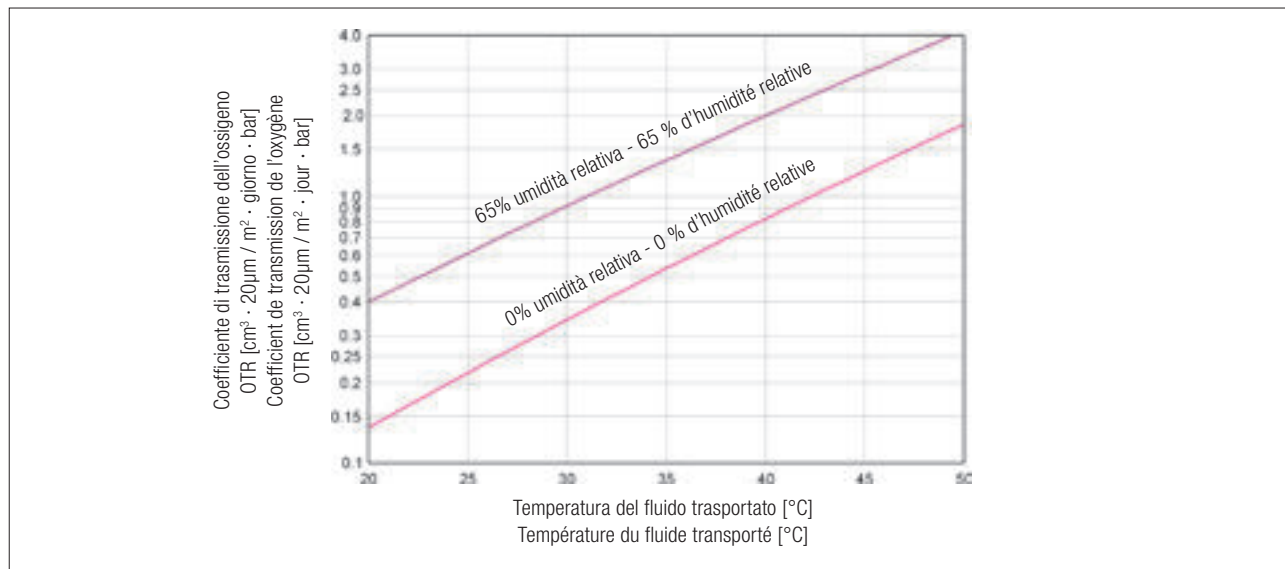
### 5.1.3 L'IMPERMEABILITÀ DEI GAS

La permeabilità ai gas di un materiale viene indicata con GTR (Gas Transmission Rate) ed è espressa in  $\text{cm}^3$  di gas che permeano uno strato di  $20 \mu\text{m}$  dello stesso materiale, attraverso una superficie di  $1 \text{ m}^2$ , nel periodo temporale di 24 ore. La permeabilità all'ossigeno è indicata con OTR: per la barriera EVOH aumenta al crescere dell'umidità relativa e della temperatura del fluido trasportato (diagramma 5.1).

### 5.1.3 L'IMPERMÉABILITÉ AU GAZ

La perméabilité au gaz d'un matériau est indiquée par le GTR (Transmission Gas Rate) et est exprimée en  $\text{cm}^3$  de gaz traversant une couche de  $20 \mu\text{m}$  du même matériau, sur une surface d' $1 \text{ m}^2$  et dans une période de 24 heures. La perméabilité à l'oxygène est indiquée par OTR: pour la barrière EVOH, elle augmente avec l'augmentation de l'humidité relative et de la température du fluide transporté (schéma 5.1).

Diagramma 5.1 - Relazione fra il coefficiente di trasmissione dell'ossigeno OTR, la temperatura del fluido trasportato e l'umidità ambiente per la barriera EVOH  
 Diagramme 5.1 - Relation entre le coefficient de transmission d'oxygène OTR, la température du fluide transporté et l'humidité ambiante pour la barrière EVOH



Nella tabella seguente vi è un confronto fra i coefficienti di trasmissione della barriera (EVOH) e del polietilene (PE) per alcuni gas.

Le tableau suivant compare les coefficients de transmission de la barrière (EVOH) et du polyéthylène (PE) pour certains gaz.

Tabella 5.2 - Coefficienti di trasmissione dei gas  
 Tableau 5.2 - Coefficients de transmission du gaz

Materiale Matériau	Coefficienti di trasmissione dei gas GTR (25°C, 0% umidità relativa) [ $\text{cm}^3 \cdot 20 \mu\text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{giorno} \cdot \text{atm}$ ] Coefficients de transmission du gaz GTR (25 °C, 0% d'humidité relative) [ $\text{cm}^3 \cdot 20 \mu\text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{jour} \cdot \text{atm}$ ]			
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	He
Barriera GTR <sub>EVOH</sub> - Barrière GTR <sub>EVOH</sub>	0,21	0,017	0,81	160
Polietilene GTR <sub>PE</sub> - Polyéthylène GTR <sub>PE</sub>	12000	3100	42000	28000
GTR <sub>PE</sub> /GTR <sub>EVOH</sub>	57142	182352	51851	175

Con un'umidità relativa dello 0% e alla temperatura di 25°C il grado di permeabilità dell'ossigeno del polietilene è di 12000 cm<sup>3</sup>·20µm/m<sup>2</sup>·giorno·atm e quello della barriera è 0.21 cm<sup>3</sup>·20µm/m<sup>2</sup>·giorno·atm, è facile verificare che la quantità di ossigeno che può entrare nel tubo con barriera si riduce di circa 57000 volte rispetto a quello senza barriera.

Si vuole comunque ricordare che le cause che contribuiscono all'ingresso dell'ossigeno nell'impianto sono molteplici e non riguardano solamente le condotte di polietilene ma anche giunti filettati, caldaie, pompe, ecc.

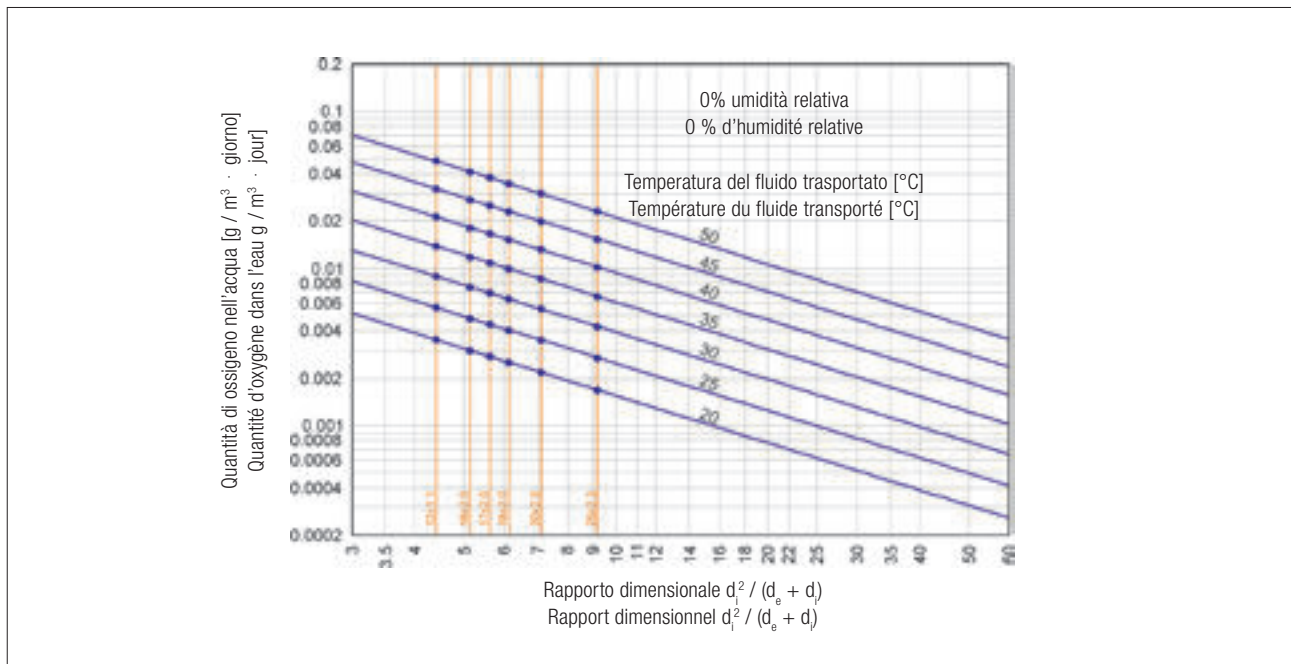
Nel diagramma 5.2 sono state calcolate, attraverso un modello matematico e sulla base dei valori sperimentali di OTR del diagramma 5.1, i quantitativi di ossigeno, espressi in grammi, che possono permeare in 1 giorno in 1 m<sup>3</sup> di acqua attraverso lo strato barriera in funzione della temperatura dell'acqua e del rapporto dimensionale del condotto  $d_1^2/(d_e+d_1)$ .

Avec une humidité relative de 0% et une température de 25°C, la perméabilité à l'oxygène du polyéthylène est de 12000 cm<sup>3</sup>·20 µm/m<sup>2</sup>·jour·atm et celle de la barrière est de 0,21 cm<sup>3</sup>·20 µm/m<sup>2</sup>·jour·atm ; il est facile de vérifier que la quantité d'oxygène qui peut entrer dans le tube muni de barrière est inférieure d'environ 57000 fois par rapport à celui sans barrière.

Cependant, il faut rappeler que les causes qui contribuent à l'entrée d'oxygène dans l'installation sont nombreuses et ne concernent pas seulement les tubes en polyéthylène mais aussi les raccords filetés, les chaudières, les pompes, etc.

Dans le diagramme 5.2, les quantités d'oxygène, exprimées en grammes, qui peuvent pénétrer en un jour dans 1 m<sup>3</sup> d'eau à travers la couche barrière en fonction de la température de l'eau et du rapport dimensionnel de la conduite  $d_1^2/(d_e+d_1)$  ont été calculées à l'aide d'un modèle mathématique sur la base des valeurs expérimentales de l'OTR dans le diagramme 5.1.

Diagramma 5.2 - Quantità di ossigeno che permea nel tubo in relazione alla temperatura del fluido trasportato e del rapporto dimensionale del tubo  
Diagramme 5.2 - Quantité d'oxygène qui pénètre dans le tube en fonction de la température du fluide transporté et du rapport dimensionnel du tube



Si verifica che tali valori sono inferiori ai limiti specificati dalla normativa DIN 4726.

Il est vérifié que ces valeurs sont inférieures aux limites spécifiées dans la norme DIN 4726.

## 5.2 LA GAMMA

Unidelta propone due tipologie di tubo con barriera: il tubo TriTerm (tubo in PE-X composto da tre strati con barriera all'ossigeno esterna) ed il tubo Multiterm Plus (tubo in PE-X composto da 5 strati con barriera all'ossigeno interna). I tubi con barriera TriTerm e Multiterm Plus presentano le medesime caratteristiche idrauliche e meccaniche dei tubi senza barriera UniTerm e quindi si possono adottare gli stessi criteri di dimensionamento degli impianti e di scelta delle condotte impiegati per i tubi costituiti da solo polietilene reticolato.

## 5.2 LA GAMME

Unidelta propose deux types de tube avec barrière: le tube TriTerm (tube en PE-X composé de trois couches avec barrière externe à l'oxygène) et le tube Multiterm Plus (tube en PE-X composé de 5 couches avec barrière interne à l'oxygène). Les tubes avec barrière TriTerm et Multiterm Plus ont les mêmes caractéristiques hydrauliques et mécaniques que les tubes sans barrière UniTerm et, par conséquent, les mêmes critères de dimensionnement des installations et de sélection des conduites que pour les tubes en polyéthylène réticulé uniquement peuvent être adoptés.

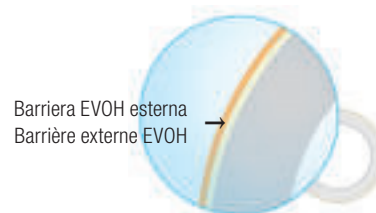
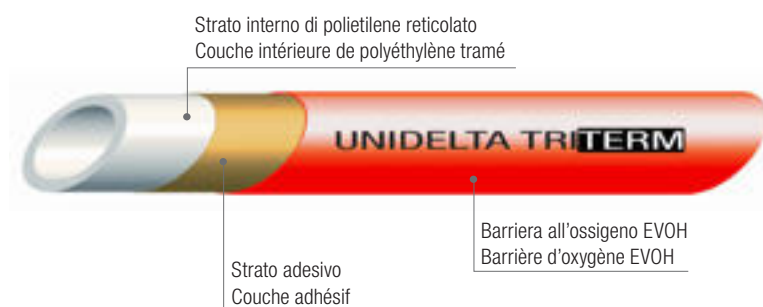
### 5.2.1 TRITERM

Il tubo Unidelta TriTerm con barriera alla diffusione dell'ossigeno è prodotto in tre strati: polietilene reticolato, adesivo e barriera alla diffusione dei gas realizzata in etilene-vinil-alcool (EVOH). Lo strato di barriera si trova all'esterno del tubo ed è legato allo strato interno in PE-X con dell'adesivo mediante una reazione termica. La struttura del tubo TriTerm è illustrata in figura 5.1.

### 5.2.1 TRITERM

Le tube Unidelta TriTerm avec barrière contre la diffusion de l'oxygène est fabriqué en trois couches: polyéthylène réticulé, adhésif et barrière contre la diffusion des gaz en éthylène alcool vinylique (EVOH). La couche de barrière se trouve à l'extérieur du tube et est liée à la couche intérieure en PE-X avec de la colle, à travers une réaction thermique. La structure du tube TriTerm est illustrée à la figure 5.1.

Figura 5.1 - TriTerm  
Figure 5.1 - TriTerm





## 5.2.2 MULTITERM PLUS

Il tubo Unidelta Multiterm Plus è prodotto in cinque strati: polietilene reticolato, adesivo, barriera alla diffusione dei gas realizzata in etilene-vinil-alcool (EVOH), adesivo, polietilene reticolato. Gli strati di adesivo legano i due strati di polietilene reticolato allo strato di barriera mediante una reazione termica. Lo strato di barriera del tubo Multiterm Plus è protetto da uno strato esterno di PE-X. Questa soluzione serve ad evitare alla barriera qualsiasi pericolo di incisione durante la posa ed il rischio di venire a contatto con l'umidità ambiente. Infatti la resina che compone la barriera è idrofila (assorbe umidità) e le sue proprietà di impermeabilità all'ossigeno diminuiscono all'aumentare dell'umidità assorbita (si vedano le tabelle relative alle caratteristiche della resina). Inoltre nel tubo Multiterm Plus il materiale che viene a contatto con l'ambiente esterno è il polietilene reticolato che ha una resistenza chimica molto elevata.

## 5.2.2 MULTITERM PLUS

Le tube Unidelta Multiterm Plus est fabriqué en cinq couches: polyéthylène réticulé, adhésif, barrière contre la diffusion des gaz en éthylène alcool vinylique (EVOH), adhésif, polyéthylène réticulé. Les couches de colle lient les deux couches de polyéthylène réticulé à la couche de barrière à travers une réaction thermique. La couche barrière du tube Multiterm Plus est protégée par une couche extérieure en PE-X. Cette solution permet d'éviter à la barrière tout risque d'être incisée lors de l'installation et d'entrer en contact avec l'humidité ambiante. En effet, la résine qui constitue la barrière est hydrophile (elle absorbe l'humidité) et ses propriétés d'imperméabilité à l'oxygène diminuent à mesure que l'humidité absorbée augmente (voir les tableaux relatifs aux caractéristiques de la résine). De plus, dans le tube Multiterm Plus, le matériau qui entre en contact avec le milieu extérieur est le polyéthylène réticulé qui a une résistance chimique très élevée.

Figura 5.2 - Multiterm Plus  
Figure 5.2 - Multiterm Plus



## 6. I TUBI UNIDELTA PE-X SECONDO EN ISO 15875 LES TUBES UNIDELTA PE-X SELON EN ISO 15875

### 6.1 INTRODUZIONE

I tubi in polietilene reticolato Unidelta PE-X prodotti secondo la norma EN ISO 15875 sono destinati al convogliamento di acqua fredda e calda sotto pressione.

Sono adatti al convogliamento di acqua potabile in quanto conformi alle prescrizioni igienico sanitarie del D.M. 174 del 6/4/2004 e di altri regolamenti europei.

I tubi Unidelta PE-X EN ISO 15875 possono essere prodotti anche con barriera all'ossigeno (EVOH). La barriera all'ossigeno rispetta le prescrizioni della DIN 4726. I requisiti meccanici, le condizioni d'impiego e le caratteristiche dimensionali sono equivalenti a quelle dei tubi senza barriera e sono di seguito riportate; per maggiori dettagli sulle caratteristiche di impermeabilità ai gas fare riferimento al capitolo 5.1.3.

### 6.1 INTRODUCTION

Les tubes en polyéthylène réticulé Unidelta PE-X produits conformément à la norme EN ISO 15875 sont destinés au transport d'eau froide et chaude sous pression.

Ils conviennent au transport d'eau potable car ils sont conformes aux exigences hygiéniques et sanitaires du D.M. 174 du 6/4/2004 et à d'autres réglementations européennes.

Les tubes Unidelta PE-X EN ISO 15875 peuvent également être produits avec une barrière à l'oxygène (EVOH). La barrière à l'oxygène répond aux exigences de la norme DIN 4726. Les exigences mécaniques, les conditions d'utilisation et les caractéristiques dimensionnelles sont équivalentes à celles des tubes sans barrière et sont indiquées ci-dessous; pour plus de détails sur l'imperméabilité au gaz, voir le chapitre 5.1.3.

### 6.2 LE CONDIZIONI D'IMPIEGO

Le classi di impiego dei tubi Unidelta PE-X secondo la normativa EN ISO 15875 sono esposte nella tabella seguente. Per ogni dimensione di tubo la durata minima, all'interno dei campi di applicazione previsti dalla norma, è di 50 anni.

### 6.2 LES CONDITIONS D'UTILISATION

Les classes d'utilisation des tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875 sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Pour chaque diamètre de tube, la durée de vie minimale, dans les domaines d'application prévus par la norme, est de 50 ans.

Tabella 6.1 - Classi di impiego dei tubi Unidelta PE-X secondo la normativa EN ISO 15875  
Tableau 6.1 - Classes d'utilisation des tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875

Classe di applicazione Classe d'application	$T_D$ (°C)	$t a T_D$ (anni) (ans)	$T_{max}$ (°C)	$t a T_{max}$ (anni) (ans)	$T_{mal}$ (°C)	$t a T_{mal}$ (ore) (heure)	Campo di applicazione tipico Champ d'application typique
Acqua fredda Eau froide	20	50	-	-	-	-	Acqua fredda idrosanitaria Eau froide hydro-sanitaire
1 <sup>(a)</sup>	60	49	80	1	95	100	Acqua calda sanitaria (60°C) Eau chaude sanitaire (60 °C)
2 <sup>(a)</sup>	70	49	80	1	95	100	Acqua calda sanitaria (70°C) Eau chaude sanitaire (70 °C)
4 <sup>(b)</sup>	20 + 40 + 60	2,5  20  25	70	2,5	100	100	Riscaldamento a pavimento e radiatori a bassa temperatura Planchers chauffants et radiateurs à basse température
5 <sup>(b)</sup>	20 + 60 + 80	14  25  10	90	1	100	100	Riscaldamento con radiatori ad alta temperatura Chauffage avec des radiateurs à haute température

(a) La scelta fra le classi 1 e 2 va fatta in base al regolamento nazionale. - (a) Le choix entre les classes 1 et 2 est effectué conformément à la réglementation nationale.  
(b) Nelle classi 4 e 5, essendo indicate più di una temperatura di progetto, i tempi devono essere sommati. - (b) Dans les classes 4 et 5, étant donné que plus d'une température de calcul est indiquée, plus les temps doivent être additionnés.

Dove:

t tempo;

$T_D$  temperatura di esercizio o combinazione di temperature di esercizio;

$T_{max}$  temperatura massima di esercizio. È il valore più alto della temperatura operativa di esercizio consentito solo per un breve periodo di tempo;

$T_{mal}$  temperatura di malfunzionamento. È il più alto valore di temperatura che si può avere quando i sistemi di controllo sono in avaria.

Per la determinazione della pressione massima di esercizio, in funzione delle dimensioni del tubo e della classe di applicazione, si faccia riferimento alle tabelle seguenti. Si consideri inoltre che per il trasporto di acqua fredda alla temperatura di 20°C, per tutti i tubi prodotti in accordo con la normativa EN ISO 15875 è prevista una pressione massima di esercizio di 10 bar.

Où:

t le temps;

$T_D$  la température de fonctionnement ou une combinaison de températures de fonctionnement;

$T_{max}$  la température maximum de fonctionnement. Il s'agit de la valeur la plus élevée de température de fonctionnement autorisée uniquement pour une courte période de temps;

$T_{mal}$  la température de dysfonctionnement. C'est la valeur de température la plus élevée qui peut être atteinte lorsque les systèmes de contrôle sont en panne.

Pour la détermination de la pression de fonctionnement maximum, en fonction du diamètre des tubes et de la classe d'application, prière de se référer aux tableaux suivants. Prière également de tenir compte que pour le transport d'eau froide à une température de 20°C, une pression de fonctionnement maximum de 10 bar est prévue pour tous les tubes produits conformément à la norme EN ISO 15875.

Tabella 6.2a - Pressione massima di esercizio: tubi Classe A S5 EN ISO 15875  
Tableau 6.2a - Pression de fonctionnement maximum: tubes Classe A S5 EN ISO 15875

Dimensione del tubo Dimension du tube	Classe di applicazione Classe d'application			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
Tubi Classe A S5 EN ISO 15875 - Tubes Classe A S5 EN ISO 15875				
Ø12x1,1	6	6	8	6
Ø16x1,5	6	6	8	6
Ø20x1,9	6	6	8	6
Ø25x2,3	6	6	8	6
Ø32x2,9	6	6	8	6
Ø40x3,7	6	6	8	6
Ø50x4,6	6	6	8	6
Ø63x5,8	6	6	8	6
Ø75x6,8	6	6	8	6
Ø90x8,2	6	6	8	6
Ø110x10,0	6	6	8	6



Tabella 6.2b - Pressione massima di esercizio: tubi Classe A S3,2 EN ISO 15875  
 Tableau 6.2b - Pression de fonctionnement maximum: tubes Classe A S3,2 EN ISO 15875

Dimensione del tubo Dimension du tube	Classe di applicazione Classe d'application			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
<b>Tubi Classe A S3,2 EN ISO 15875 - Tubes Classe A S3,2 EN ISO 15875</b>				
Ø16x2,2	10	10	10	10
Ø20x2,8	10	10	10	10
Ø25x3,5	10	10	10	10
Ø32x4,4	10	10	10	10
Ø40x5,5	10	10	10	10
Ø50x6,9	10	10	10	10
Ø63x8,6	10	10	10	10
Ø75x10,3	10	10	10	10
Ø90x12,3	10	10	10	10
Ø110x15,1	10	10	10	10

Tabella 6.2c - Pressione massima di esercizio: tubi Classe B1 EN ISO 15875  
 Tableau 6.2c - Pression de fonctionnement maximum: tubes Classe B1 EN ISO 15875

Dimensione del tubo Dimension du tube	Classe di applicazione Classe d'application			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
<b>Tubi Classe B1 EN ISO 15875 - Tubes Classe B1 EN ISO 15875</b>				
Ø10x1,5	10	10	10	10
Ø15x2,5	10	10	10	10
Ø18x2,5	10	10	10	10
Ø22x3,0	10	10	10	8

Tabella 6.2d - Pressione massima di esercizio: tubi Classe C EN ISO 15875  
 Tableau 6.2d - Pression de fonctionnement maximum: tubes Classe C EN ISO 15875

Dimensione del tubo Dimension du tube	Classe di applicazione Classe d'application			
	1 (bar)	2 (bar)	4 (bar)	5 (bar)
<b>Tubi Classe C EN ISO 15875 - Tubes Classe C EN ISO 15875</b>				
Ø12x2,0	10	10	10	10
Ø16x2,0	10	10	10	8
Ø17x2,0	10	8	10	8
Ø18x2,0	8	8	10	8
Ø20x2,0	8	6	8	6



## 6.3 I CONTROLLI DI QUALITÀ

I tubi Unidelta PE-X prodotti secondo lo standard EN ISO 15875 devono rispondere a numerosi requisiti e superare severi controlli (vedi tabella 6.3).

## 6.3 LES CONTRÔLES DE QUALITÉ

Les tubes Unidelta PE-X fabriqués selon la norme EN ISO 15875 doivent répondre à un certain nombre d'exigences et subir des contrôles stricts (voir tableau 6.3).

Tabella 6.3 - Requisiti fisico-meccanici dei tubi Unidelta PE-X secondo EN ISO 15875  
Tableau 6.3 - Exigences physiques et mécaniques pour les tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875

Requisito Exigence	Unità Unité	Valore Valeur
Ritiro longitudinale Retrait longitudinal	%	≤3
Grado di reticolazione Degré de réticulation	%	≥65
Stabilità termica in prove di pressione idrostatica Stabilité thermique dans les essais de pression hydrostatique ( $\sigma=2,5\text{MPa}$ , $110^{\circ}\text{C}$ , $>8760\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>8760
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne ( $\sigma=12\text{MPa}$ , $20^{\circ}\text{C}$ , $>1\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>1
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne ( $\sigma=4,8\text{MPa}$ , $95^{\circ}\text{C}$ , $>1\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>1
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne ( $\sigma=4,7\text{MPa}$ , $95^{\circ}\text{C}$ , $>22\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>22
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne ( $\sigma=4,6\text{MPa}$ , $95^{\circ}\text{C}$ , $>165\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>165
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne ( $\sigma=4,4\text{MPa}$ , $95^{\circ}\text{C}$ , $>1000\text{h}$ ) <sup>(c)</sup>	ore / heures	>1000

<sup>(c)</sup>  $\sigma = P \times (d_e - e) / 20e$

Le caratteristiche fisiche dei materiali polimerici vengono controllate in ingresso e sono certificate dal fornitore.

Durante la produzione le dimensioni del tubo sono controllate costantemente da appositi strumenti ad ultrasuoni e dall'operatore che verifica, ad intervalli regolari di tempo, che rientrino nelle tolleranze prescritte.

Sulla linea di produzione tutti i parametri di processo sono monitorati minuziosamente mediante l'ausilio di sofisticate apparecchiature elettroniche.

Les caractéristiques physiques des matériaux polymères sont vérifiées à l'entrée et sont certifiées par le fournisseur.

Pendant la production, les dimensions du tube sont constamment contrôlées par des instruments à ultrasons et par l'opérateur qui vérifie à intervalles réguliers qu'elles se situent dans les tolérances prescrites.

Sur la chaîne de production, tous les paramètres du processus sont minutieusement contrôlés à l'aide d'équipements électroniques sophistiqués.

## 6.4 LE CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Le caratteristiche dimensionali dei tubi Unidelta PE-X secondo EN ISO 15875 sono esposte nelle tabelle seguenti dove:

$d_e$	diametro esterno;
$e$	spessore;
$d_i$	diametro interno;
$Ar$	area della sezione del tubo;
$Au$	area della sezione utile di passaggio;
$J$	momento geometrico d'inerzia rispetto ad un asse diametrale;
$Pt$	peso del tubo al metro lineare;
$Vf$	volume del fluido contenuto al metro lineare;
<b>Versioni</b>	versioni di tubo PE-X disponibili.

## 6.4 LES CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

Les caractéristiques dimensionnelles des tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875 sont indiquées dans les tableaux suivants où:

$d_e$	diamètre externe;
$e$	épaisseur;
$d_i$	diamètre interne;
$Ar$	aire de la section du tube;
$Au$	aire de la section utile de passage;
$J$	moment géométrique d'inertie par rapport à un axe diamétral;
$Pt$	poids du tube au mètre linéaire;
$Vf$	volume de fluide contenu par mètre linéaire;
<b>Versioni</b>	versions de tube PE-X disponibles.

Tabella 6.4a - Tubo Unidelta PE-X Classe A S5 secondo EN ISO 15875  
Tableau 6.4a - Tube Unidelta PE-X Classe A S5 selon la norme EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	$e$ (mm)	$d_i$ (mm)	$Ar$ (cm <sup>2</sup> )	$Au$ (cm <sup>2</sup> )	$J$ (cm <sup>4</sup> )	$Pt$ (Kg/m)	$Vf$ (l/m)	Versioni
12 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	1,1 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	9,8	0,38	0,75	5,65·10 <sup>-2</sup>	0,040	0,075	TriTerm
16 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	1,5 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	13,0	0,68	1,33	1,815·10 <sup>-1</sup>	0,071	0,133	UniTerm TriTerm
20 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	1,9 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	16,2	1,08	2,06	4,473·10 <sup>-1</sup>	0,109	0,206	UniTerm TriTerm
25 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,3 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	20,4	1,64	3,27	1,067·10 <sup>0</sup>	0,167	0,327	UniTerm TriTerm
32 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,9 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	26,2	2,65	5,39	2,834·10 <sup>0</sup>	0,265	0,539	UniTerm
40 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	3,7 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	32,6	4,22	8,35	7,022·10 <sup>0</sup>	0,422	0,835	UniTerm
50 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	4,6 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	40,8	6,56	13,07	1,708·10 <sup>1</sup>	0,654	1,317	UniTerm
63 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	5,8 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	51,4	10,42	20,75	4,306·10 <sup>1</sup>	1,036	2,075	UniTerm
75 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	6,8 <sup>+0,8</sup> <sub>0</sub>	61,4	14,57	29,61	8,555·10 <sup>1</sup>	1,445	2,961	UniTerm
90 <sup>+0,9</sup> <sub>0</sub>	8,2 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	73,6	21,07	42,54	1,780·10 <sup>2</sup>	2,093	4,254	UniTerm
110 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	10,0 <sup>+1,1</sup> <sub>0</sub>	90,0	31,42	63,62	3,966·10 <sup>2</sup>	3,158	6,362	UniTerm



Tabella 6.4b - Tubo Unidelta PE-X Classe A S3,2 secondo EN ISO 15875  
 Tableau 6.4b - Tube Unidelta PE-X Classe A S3,2 selon la norme EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
16 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,2 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	11,6	0,95	1,06	2,328·10 <sup>-1</sup>	0,097	0,106	UniTerm
20 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,8 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	14,4	1,51	1,63	5,743·10 <sup>-1</sup>	0,152	0,163	UniTerm
25 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	3,5 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	18,0	2,36	2,54	1,402·10 <sup>0</sup>	0,237	0,254	UniTerm
32 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	4,4 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	23,2	3,82	4,23	3,725·10 <sup>0</sup>	0,380	0,423	UniTerm
40 <sup>+0,4</sup> <sub>0</sub>	5,5 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	29,0	5,96	6,61	9,095·10 <sup>0</sup>	0,592	0,661	UniTerm
50 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub>	6,9 <sup>+0,8</sup> <sub>0</sub>	36,2	9,34	10,29	2,225·10 <sup>1</sup>	0,923	1,029	UniTerm
63 <sup>+0,6</sup> <sub>0</sub>	8,6 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	45,8	14,70	16,47	5,573·10 <sup>1</sup>	1,454	1,647	UniTerm
75 <sup>+0,7</sup> <sub>0</sub>	10,3 <sup>+1,2</sup> <sub>0</sub>	54,4	20,94	23,24	1,123·10 <sup>2</sup>	2,069	2,324	UniTerm
90 <sup>+0,9</sup> <sub>0</sub>	12,3 <sup>+1,4</sup> <sub>0</sub>	65,4	30,02	33,59	2,323·10 <sup>2</sup>	2,962	3,359	UniTerm
110 <sup>+1,0</sup> <sub>0</sub>	15,1 <sup>+1,7</sup> <sub>0</sub>	79,8	45,02	50,01	5,196·10 <sup>2</sup>	4,445	5,001	UniTerm

Tabella 6.4c - Tubo Unidelta PE-X Classe B1 secondo EN ISO 15875  
 Tableau 6.4c - Tube Unidelta PE-X Classe B1 selon la norme EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
15 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	2,5 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	10,0	0,98	0,79	1,994·10 <sup>-1</sup>	0,095	0,079	UniTerm
18 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	2,5 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	13,0	1,22	1,33	3,751·10 <sup>-1</sup>	0,119	0,133	UniTerm
22 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,2</sub>	3,0 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,3</sub>	16,0	1,79	2,01	8,282·10 <sup>-1</sup>	0,173	0,201	UniTerm

Tabella 6.4d - Tubo Unidelta PE-X Classe C secondo EN ISO 15875  
 Tableau 6.4d - Tube Unidelta PE-X Classe C selon la norme EN ISO 15875

$d_e$ (mm)	e (mm)	$d_i$ (mm)	Ar (cm <sup>2</sup> )	Au (cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Pt (Kg/m)	Vf (l/m)	Versioni
12 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	8,0	0,63	0,50	8,168·10 <sup>-2</sup>	0,065	0,050	UniTerm MultiTerm Plus
16 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	12,0	0,88	1,13	2,199·10 <sup>-1</sup>	0,090	0,113	UniTerm TriTerm
17 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	13,0	0,94	1,33	2,698·10 <sup>-1</sup>	0,099	0,133	TriTerm
18 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	14,0	1,01	1,54	3,267·10 <sup>-1</sup>	0,103	0,154	UniTerm TriTerm
20 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	2,0 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub>	16,0	1,13	2,01	4,637·10 <sup>-1</sup>	0,116	0,201	UniTerm TriTerm MultiTerm Plus

## 6.5 LA MARCATURA

La marcatura dei tubi Unidelta PE-X UniTerm secondo la norma EN ISO 15875 viene effettuata su ogni metro riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego del tubo nonché i dati necessari alla rintracciabilità del prodotto.

### a) 12m Lotto 202000352

12m sta ad indicare il numero di metri dall'inizio del rotolo (ciascun rotolo viene numerato ad ogni metro in modo progressivo) mentre lotto 202000352 sta ad indicare il numero del lotto.

### b) UNIDELTA UNITERM - Tmax 95°C - EN ISO 15875

Tubo monostrato (UniTerm) prodotto da Unidelta secondo la norma EN ISO 15875. Temperatura massima ammissibile di 95°C.

### c) A - PE-Xb Ø16x2,2

Tubo di classe dimensionale A realizzato con PE-X reticolato con silani avente diametro esterno pari a 16mm e spessore di 2,2mm.

### d) Classe 5/10 bar Classe 4/10 bar

Tubo di classe di applicazione 5 con pressione di progetto di 10 bar oppure di classe di applicazione 4 con pressione di progetto di 10 bar.

### e) 10/02/23 14:18

10 è il giorno di produzione, 02 è il mese di produzione, 23 è l'anno di produzione, 14:18 è l'ora di produzione.

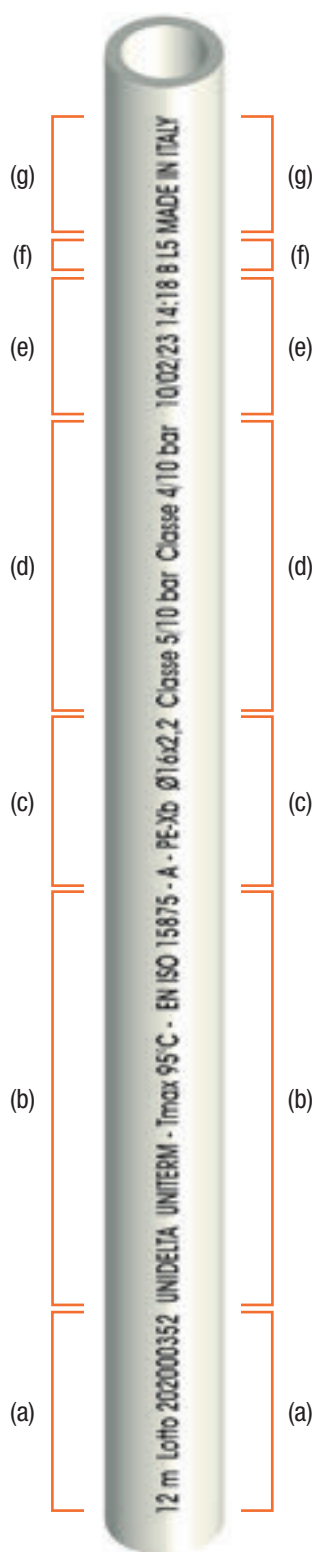
### f) B L5

B è uno dei tre turni di produzione (A,B,C), L5 è la linea di estrusione sulla quale è stato prodotto il tubo.

### g) MADE IN ITALY

I tubi Unidelta sono prodotti in Italia.

Figura 6.1 - UniTerm  
Figure 6.1 - UniTerm



## 6.5 L'ESTAMPILLAGE

Le marquage des tubes Unidelta PE-X UniTerm selon la norme EN ISO 15875 est effectué tous les mètres en reportant toutes les informations relatives aux caractéristiques dimensionnelles et à l'emploi du tube, ainsi que les données nécessaires à la traçabilité du produit.

### a) 12m Lotto 202000352

12m indique le nombre de mètres du début du rouleau (chaque rouleau est numéroté tous les mètres de façon progressive) tandis que lot 202000352 indique le numéro du lot.

### b) UNIDELTA UNITERM - Tmax 95°C - EN ISO 15875

Tube monocouche (UniTerm) fabriqué par Unidelta selon la norme EN ISO 15875. Température maximale autorisée de 95°C.

### c) A - PE-Xb Ø16x2,2

Tube de classe dimensionnelle A en PE-X réticulé au silane, d'un diamètre extérieur de 16mm et d'une épaisseur de 2,2mm.

### d) Classe 5/10 bar Classe 4/10 bar

Tube de la classe d'application 5 avec une pression nominale de 10 bar ou de la classe d'application 4 avec une pression nominale de 10 bar.

### e) 10/02/23 14:18

10 est le jour de production. 02 est le mois de production. 23 est l'année de la production. 14:18 est l'heure de production.

### f) B L5

B est un des 3 roulements de production (A,B,C). L5 est la ligne d'extrusion sur laquelle le tube a été produit.

### g) MADE IN ITALY

Le tube Unidelta est produit en Italie.

La marcatura dei tubi Unidelta PE-X TriTerm secondo la norma EN ISO 15875 viene effettuata su ogni metro riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego del tubo nonché i dati necessari alla rintracciabilità del prodotto.

**a) 12m Lotto 202000352**

12m sta ad indicare il numero di metri dall'inizio del rotolo (ciascun rotolo viene numerato ad ogni metro in modo progressivo) mentre lotto 202000352 sta ad indicare il numero del lotto.

**b) UNIDELTA TRITERM PE-X/EVOH OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Tubo a tre strati (TriTerm) prodotto da Unidelta secondo la norma EN ISO 15875. Il tubo presenta una barriera contro il passaggio di ossigeno. Temperatura massima ammissibile di 95°C.

**c) A - PE-Xb Ø25x2,3**

Tubo di classe dimensionale A realizzato con PE-X reticolato con silani con diametro esterno pari a 25 mm e spessore di 2,3 mm.

**d) Classe 5/6 bar Classe 4/8 bar**

Tubo di classe di applicazione 5 con pressione di progetto di 6 bar oppure di classe di applicazione 4 con pressione di progetto di 8 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

10 è il giorno di produzione, 02 è il mese di produzione, 23 è l'anno di produzione, 14:18 è l'ora di produzione.

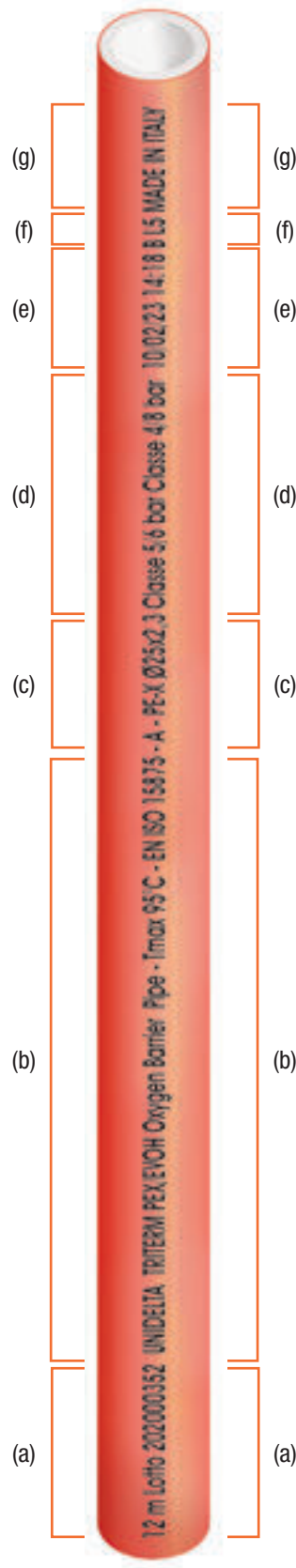
**f) B L5**

B è uno dei tre turni di produzione (A,B,C), L5 è la linea di estrusione sulla quale è stato prodotto il tubo.

**g) MADE IN ITALY**

I tubi Unidelta sono prodotti in Italia.

Figura 6.2 - TriTerm  
Figure 6.2 - TriTerm



Le marquage des tubes Unidelta PE-X TriTerm selon la norme EN ISO 15875 est effectué tous les mètres en reportant toutes les informations relatives aux caractéristiques dimensionnelles et à l'emploi du tube, ainsi que les données nécessaires à la traçabilité du produit.

**a) 12m Lotto 202000352**

12m indique le nombre de mètres du début du rouleau (chaque rouleau est numéroté tous les mètres de façon progressive) tandis que lot 202000352 indique le numéro du lot.

**b) UNIDELTA TRITERM PE-X/EVOH OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Tube à trois couches (TriTerm) fabriqué par Unidelta selon la norme EN ISO 15875. Le tube présente une barrière contre le passage d'oxygène. Température maximale autorisée de 95°C.

**c) A - PE-Xb Ø25x2,3**

Tube de classe dimensionnelle A en PE-X réticulé au silane, d'un diamètre extérieur de 25 mm et d'une épaisseur de 2,3 mm.

**d) Classe 5/6 bar Classe 4/8 bar**

Tube de la classe d'application 5 avec une pression nominale de 6 bar ou de la classe d'application 4 avec une pression nominale de 8 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

10 est le jour de production. 02 est le mois de production. 23 est l'année de la production. 14:18 est l'heure de production.

**f) B L5**

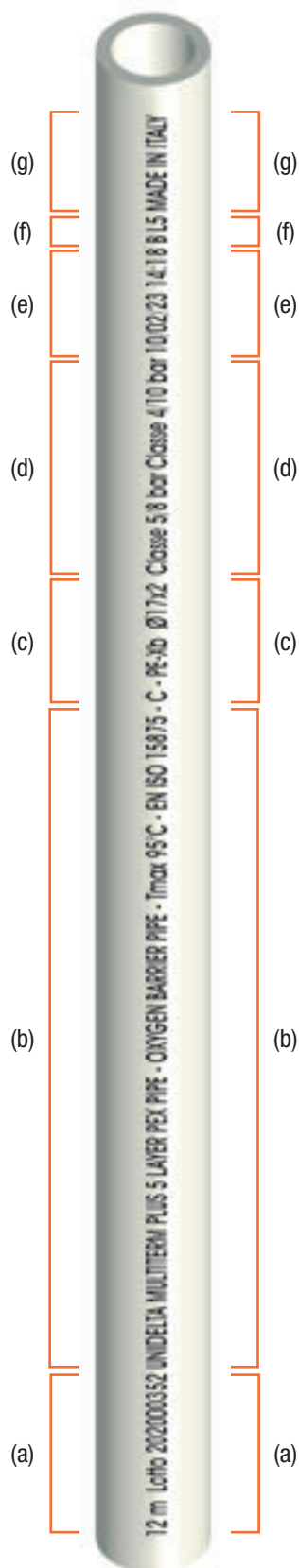
B est un des 3 roulements de production (A,B,C). L5 est la ligne d'extrusion sur laquelle le tube a été produit.

**g) MADE IN ITALY**

Le tube Unidelta est produit en Italie.

La marcatura dei tubi Unidelta PE-X Multiterm Plus secondo la EN ISO 15875 viene effettuata su ogni metro riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego del tubo nonché i dati necessari alla rintracciabilità del prodotto.

Figura 6.3 - Multiterm Plus  
Figure 6.3 - Multiterm Plus



**a) 12m Lotto 202000352**

12m sta ad indicare il numero di metri dall'inizio del rotolo (ciascun rotolo viene numerato ad ogni metro in modo progressivo) mentre lotto 202000352 sta ad indicare il numero del lotto.

**b) UNIDELTA MULTITERM PLUS 5 LAYER PE-X PIPE OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Tubo a cinque strati (Multiterm Plus) prodotto da Unidelta secondo la norma EN ISO 15875. Il tubo presenta una barriera contro il passaggio di ossigeno. Temperatura massima ammissibile di 95°C.

**c) C - PE-Xb Ø17x2**

Tubo di classe dimensionale C realizzato con PE-X reticolato con silani con diametro esterno pari a 17mm e spessore di 2mm.

**d) Classe 5/8 bar Classe 4/10 bar**

Tubo di classe di applicazione 5 con pressione di progetto di 8 bar oppure di classe di applicazione 4 con pressione di progetto di 10 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

10 è il giorno di produzione, 02 è il mese di produzione, 23 è l'anno di produzione, 14:18 è l'ora di produzione.

**f) B L5**

B è uno dei tre turni di produzione (A,B,C), L5 è la linea di estrusione sulla quale è stato prodotto il tubo.

**g) MADE IN ITALY**

I tubi Unidelta sono prodotti in Italia.

Le marquage des tubes Unidelta PE-X Multiterm Plus selon la norme EN ISO 15875 est effectué tous les mètres en reportant toutes les informations relatives aux caractéristiques dimensionnelles et à l'emploi du tube, ainsi que les données nécessaires à la traçabilité du produit.

**a) 12m Lotto 202000352**

12m indique le nombre de mètres du début du rouleau (chaque rouleau est numéroté tous les mètres de façon progressive) tandis que lot 202000352 indique le numéro du lot.

**b) UNIDELTA MULTITERM PLUS 5 LAYER PE-X PIPE OXYGEN BARRIER PIPE - Tmax 95°C - EN ISO 15875**

Tube à cinq couches (Multiterm Plus) fabriqué par Unidelta selon la norme EN ISO 15875. Le tube présente une barrière contre le passage d'oxygène. Température maximale autorisée de 95°C.

**c) C - PE-Xb Ø17x2**

Tube de classe dimensionnelle C en PE-X réticulé au silane, d'un diamètre extérieur de 17mm et d'une épaisseur de 2mm.

**d) Classe 5/8 bar Classe 4/10 bar**

Tube de la classe d'application 5 avec une pression nominale de 8 bar ou de la classe d'application 4 avec une pression nominale de 10 bar.

**e) 10/02/23 14:18**

10 est le jour de production. 02 est le mois de production. 23 est l'année de la production. 14:18 est l'heure de production.

**f) B L5**

B est un des 3 roulements de production (A,B,C). L5 est la ligne d'extrusion sur laquelle le tube a été produit.

**g) MADE IN ITALY**

Le tube Unidelta est produit en Italie.

## 6.6 PERDITE DI CARICO - LE PERTE DE CHARGE

Diagramma 6.1 - Tubi Unidelta PE-X secondo la EN ISO 15875: perdite di carico con acqua a 10°C  
 Diagramme 6.1 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875: pertes de charge avec de l'eau à 10°C

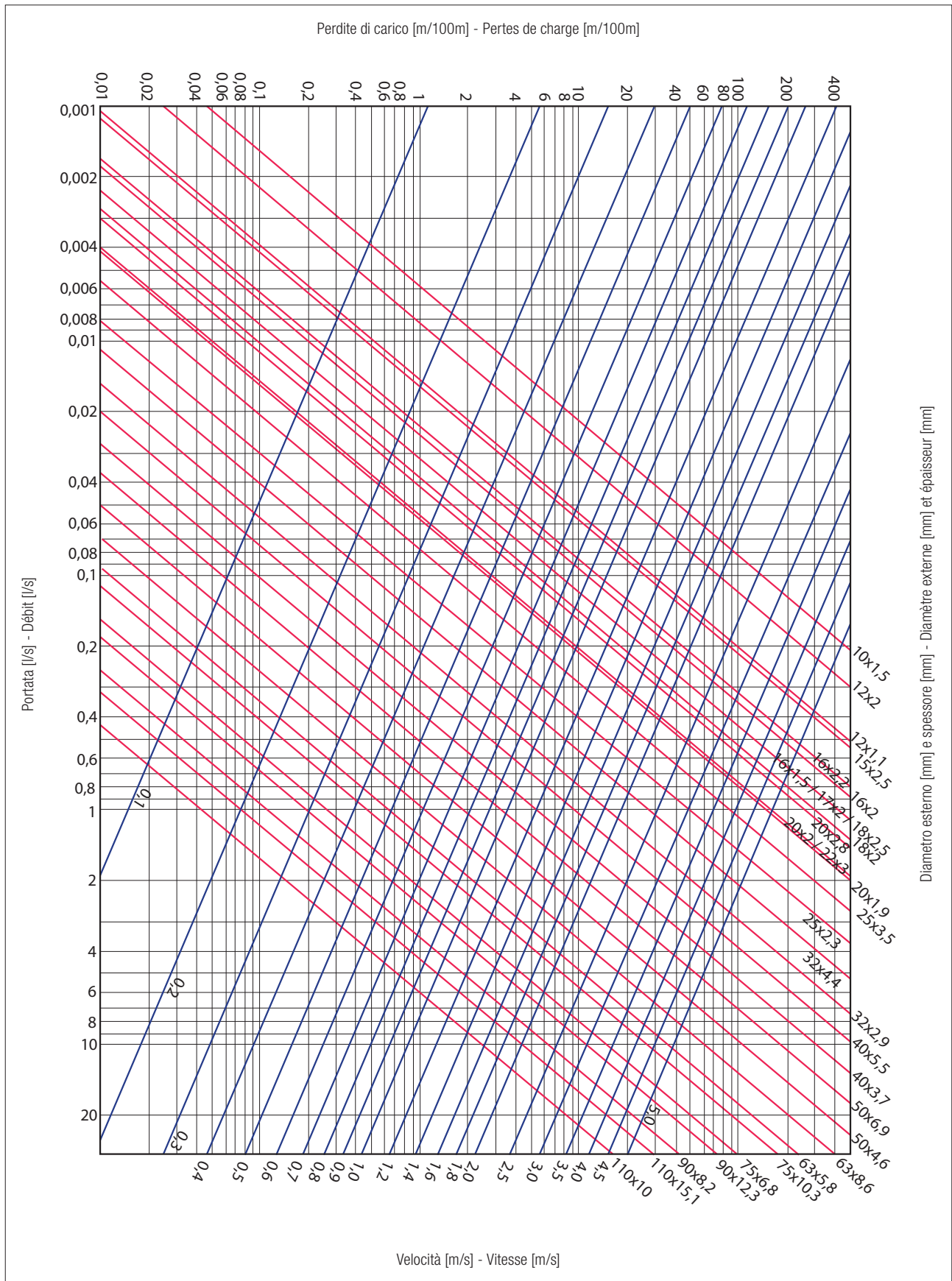




Diagramma 6.2 - Tubi Unidelta PE-X secondo la EN ISO 15875: perdite di carico con acqua a 50°C  
Diagramme 6.2 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875: pertes de charge avec de l'eau à 50°C

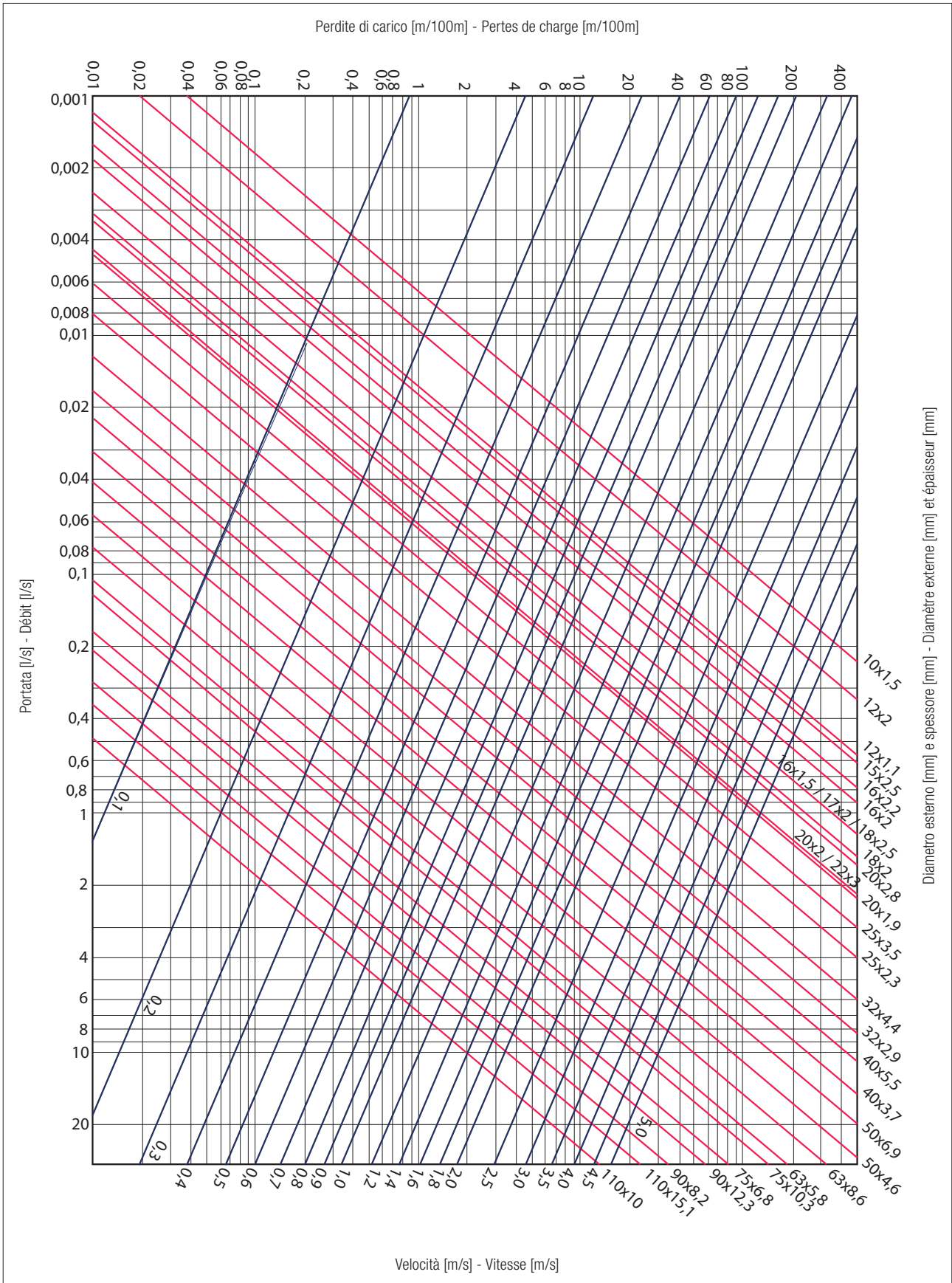
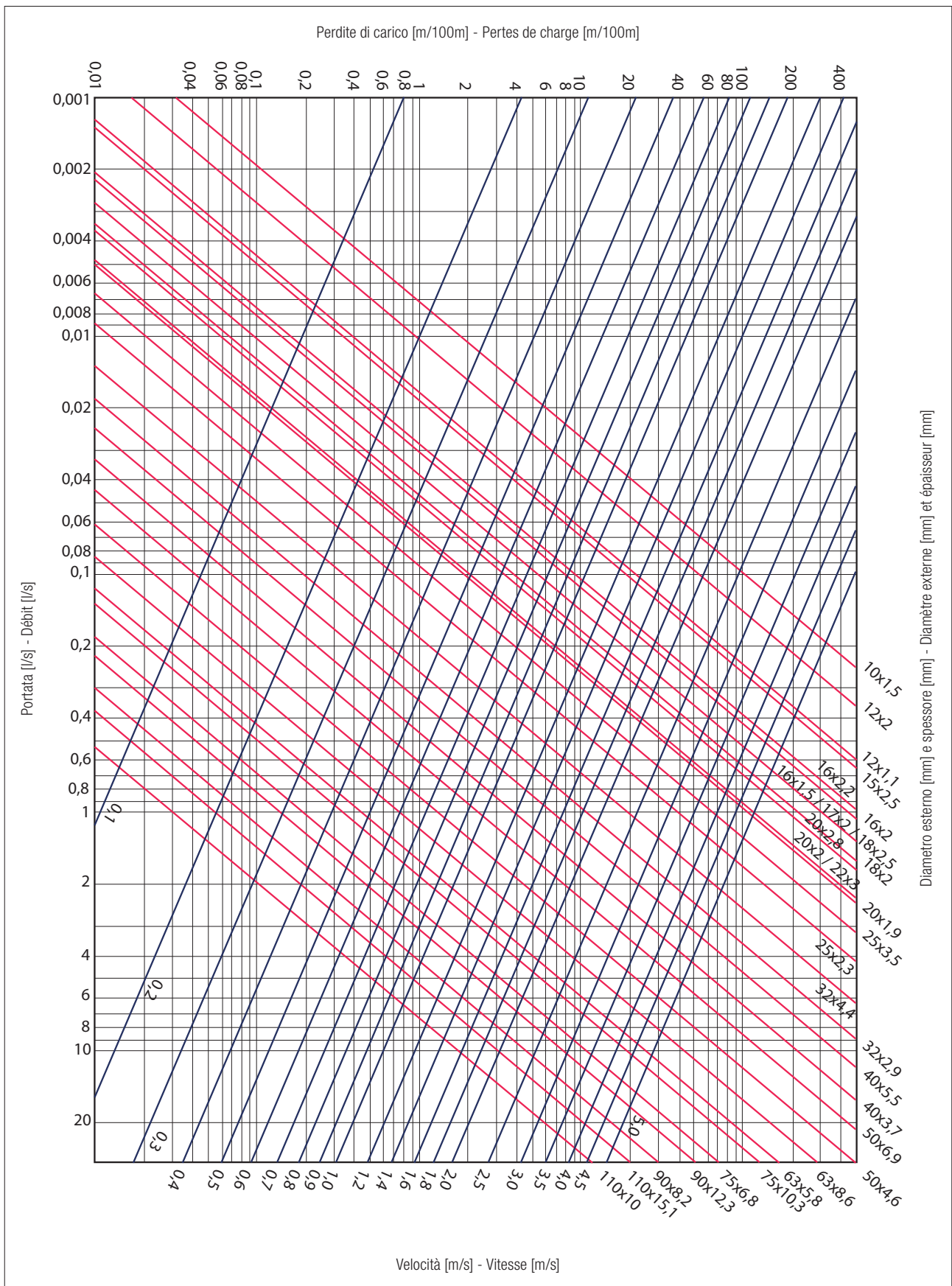




Diagramma 6.3 - Tubi Unidelta PE-X secondo la EN ISO 15875: perdite di carico con acqua a 80°C  
Diagramme 6.3 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875: pertes de charge avec de l'eau à 80°C



## 7. I TUBI UNIDELTA PE-X SECONDO DIN 16892 / DIN 16893 LES TUBES UNIDELTA PE-X SELON DIN 16892 / DIN 16893

### 7.1 INTRODUZIONE

---

I tubi in polietilene reticolato Unidelta PE-X prodotti secondo le norme DIN 16892 e DIN 16893 sono destinati al convogliamento di acqua fredda e calda sotto pressione. Sono adatti al convogliamento di acqua potabile in quanto conformi alle prescrizioni igienico sanitarie del D.M. 174 del 6/4/2004 e di altri regolamenti europei.

### 7.1 INTRODUCTION

---

Les tubes en polyéthylène réticulé Unidelta PE-X fabriqués selon les normes DIN 16892 et DIN 16893 sont destinés au transport d'eau froide et chaude sous pression. Ils conviennent au transport d'eau potable car ils sont conformes aux exigences hygiéniques et sanitaires du D.M. 174 du 6/4/2004 et à d'autres réglementations européennes.

### 7.2 LE CONDIZIONI D'IMPIEGO

---

Le condizioni di impiego dei tubi Unidelta PE-X secondo la normativa DIN 16893 sono esposte nella tabella seguente. I valori di pressione sono stati tabulati considerando un fattore di sicurezza di 1,5.

### 7.2 LES CONDITIONS D'UTILISATION

---

Les conditions d'utilisation des tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16893 sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Les valeurs de pression ont été calculées avec un facteur de sécurité de 1,5.

Tabella 7.1 - Pressioni massime di esercizio dei tubi Unidelta PE-X secondo la normativa DIN 16893 (fattore di sicurezza 1,5)  
 Tableau 7.1 - Pressions maximales de fonctionnement des tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16893 (facteur de sécurité 1,5)

T [°C]	Lt	S5 SDR 11 (bar)	S4 SDR 9 (bar)	S3,2 SDR 7,4 (bar)
10	1	14,9	18,7	23,6
	5	14,6	18,4	23,2
	10	14,5	18,3	23,0
	25	14,4	18,1	22,8
	50	14,2	17,9	22,6
	100	14,1	17,8	22,4
20	1	13,2	16,6	20,9
	5	12,9	16,3	20,5
	10	12,8	16,2	20,4
	25	12,7	16,0	20,1
	50	12,6	15,9	20,0
	100	12,5	15,7	19,8
30	1	11,7	14,7	18,5
	5	11,5	14,4	18,2
	10	11,4	14,3	18,1
	25	11,3	14,2	17,9
	50	11,2	14,1	17,7
	100	11,1	14,0	17,6
40	1	10,4	13,1	16,5
	5	10,2	12,8	16,2
	10	10,1	12,7	16,1
	25	10,0	12,6	15,9
	50	9,9	12,5	15,7
	100	9,8	12,4	15,6
50	1	9,3	11,7	14,7
	5	9,1	11,4	14,4
	10	9,0	11,3	14,3
	25	8,9	11,2	14,1
	50	8,8	11,1	14,0
	100	8,8	11,0	13,9
60	1	8,3	10,4	13,1
	5	8,1	10,2	12,9
	10	8,0	10,1	12,8
	25	7,9	10,0	12,6
	50	7,9	9,9	12,5
	100	7,9	9,9	12,5
70	1	7,4	9,3	11,8
	5	7,3	9,1	11,5
	10	7,2	9,1	11,4
	25	7,1	9,0	11,3
	50	7,0	8,9	11,2
	100	7,0	8,9	11,2
80	1	6,6	8,4	10,5
	5	6,5	8,2	10,3
	10	6,4	8,1	10,2
	25	6,4	8,0	10,1
	50	6,4	8,0	10,1
	100	6,4	8,0	10,1
90	1	6,0	7,5	9,5
	5	5,8	7,4	9,3
	10	5,8	7,3	9,2
	15	5,7	7,3	9,1
	25	5,7	7,3	9,1
	50	5,7	7,3	9,1
95	1	5,7	7,1	9,0
	5	5,5	7,0	8,8
	10	5,5	6,9	8,7

T = Temperatura - Température

Lt = Tempo di vita in anni - Durée de vie en années

## 7.3 I CONTROLLI DI QUALITÀ

I tubi Unidelta PE-X prodotti secondo DIN 16892 / DIN 16893 devono rispondere a numerosi requisiti e superare severi controlli (vedi tabella 7.2).

## 7.3 LES CONTRÔLES DE QUALITÉ

Les tubes Unidelta PE-X fabriqués selon la norme DIN 16892 / DIN 16893 doivent répondre à un certain nombre d'exigences et subir des contrôles stricts (voir tableau 7.2).

Tabella 7.2 - Requisiti fisico-meccanici dei tubi Unidelta PE-X secondo DIN 16892 / DIN 16893  
Tableau 7.2 - Exigences physiques et mécaniques pour les tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16892 / DIN 16893

Requisito Exigence	Unità Unité	Valore Valeur
Ritiro longitudinale Retrait longitudinal	%	≤3
Grado di reticolazione Degré de réticulation	%	≥65
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne (σ=4,7MPa, 95°C, >22h) <sup>(a)</sup>	ore	>22
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne (σ=4,6MPa, 95°C, >165h) <sup>(a)</sup>	ore	>165
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne (σ=4,4MPa, 95°C, >1000h) <sup>(a)</sup>	ore	>1000
Resistenza alla pressione interna Résistance à la pression interne (σ=2,5MPa, 110°C, >8760h) <sup>(a)</sup>	ore	>8760

<sup>(a)</sup>  $\sigma = P \times (d_e - e) / 20e$

Le caratteristiche fisiche dei materiali polimerici vengono controllate in ingresso e sono certificate dal fornitore.

Durante la produzione le dimensioni del tubo sono controllate costantemente da appositi strumenti ad ultrasuoni e dall'operatore che verifica, ad intervalli regolari di tempo, che rientrino nelle tolleranze prescritte.

Sulla linea di produzione tutti i parametri di processo sono monitorati minuziosamente mediante l'ausilio di sofisticate apparecchiature elettroniche.

Les caractéristiques physiques des matériaux polymères sont vérifiées à l'entrée et sont certifiées par le fournisseur.

Pendant la production, les dimensions du tube sont constamment contrôlées par des instruments à ultrasons et par l'opérateur qui vérifie à intervalles réguliers qu'elles se situent dans les tolérances prescrites.

Sur la chaîne de production, tous les paramètres du processus sont minutieusement contrôlés à l'aide d'équipements électroniques sophistiqués.

## 7.4 LE CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Le caratteristiche dimensionali dei tubi Unidelta PE-X secondo DIN 16892 / DIN 16893 sono espresse nelle tabelle seguenti dove:

$d_e$	diametro esterno;
$e$	spessore;
$d_i$	diametro interno;
$Ar$	area della sezione del tubo;
$Au$	area della sezione utile di passaggio;
$J$	momento geometrico d'inerzia rispetto ad un asse diametrale;
$Pt$	peso del tubo al metro lineare;
$Vf$	volume del fluido contenuto al metro lineare;
<b>Versioni</b>	versioni di tubo PE-X disponibili.

## 7.4 LES CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

Les caractéristiques dimensionnelles des tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16892 / DIN 16893 sont indiquées dans les tableaux suivants où:

$d_e$	diamètre externe;
$e$	épaisseur;
$d_i$	diamètre interne;
$Ar$	aire de la section du tube;
$Au$	aire de la section utile de passage;
$J$	moment géométrique d'inertie par rapport à un axe diamétral;
$Pt$	pois du tube au mètre linéaire;
$Vf$	volume de fluide contenu par mètre linéaire;
<b>Versioni</b>	versions de tube PE-X disponibles.

Tabella 7.3a - Tubo Unidelta PE-X S5 SDR 11 secondo DIN 16892 / DIN 16893  
Tableau 7.3a - Tube Unidelta PE-X S5 SDR 11 selon la norme DIN 16892 / DIN 16893

$d_e$ (mm)	$e$ (mm)	$d_i$ (mm)	$Ar$ (cm <sup>2</sup> )	$Au$ (cm <sup>2</sup> )	$J$ (cm <sup>4</sup> )	$Pt$ (Kg/m)	$Vf$ (l/m)	Versioni
16 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	1,5 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	13,0	0,68	1,33	1,815·10 <sup>-1</sup>	0,071	0,133	UniTerm
20 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	1,9 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	16,2	1,08	2,06	4,473·10 <sup>-1</sup>	0,109	0,206	UniTerm
25 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,3 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	20,4	1,64	3,27	1,067·10 <sup>0</sup>	0,167	0,327	UniTerm
32 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,9 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	26,2	2,65	5,39	2,834·10 <sup>0</sup>	0,265	0,539	UniTerm
40 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	3,7 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	32,6	4,22	8,35	7,022·10 <sup>0</sup>	0,422	0,835	UniTerm
50 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	4,6 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	40,8	6,56	13,07	1,708·10 <sup>1</sup>	0,654	1,317	UniTerm
63 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	5,8 <sup>+0.8</sup> <sub>0</sub>	51,4	10,42	20,75	4,306·10 <sup>1</sup>	1,036	2,075	UniTerm
75 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	6,8 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	61,4	14,57	29,61	8,555·10 <sup>1</sup>	1,445	2,961	UniTerm
90 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	8,2 <sup>+1.1</sup> <sub>0</sub>	73,6	21,07	42,54	1,780·10 <sup>2</sup>	2,098	4,254	UniTerm
110 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	10 <sup>+1.2</sup> <sub>0</sub>	90,0	31,42	63,62	3,966·10 <sup>2</sup>	3,158	6,362	UniTerm

Tabella 7.3b - Tubo Unidelta PE-X S3,2 SDR 7,4 secondo DIN 16892 / DIN 16893  
Tableau 7.3b - Tube Unidelta PE-X S3,2 SDR 7,4 selon la norme DIN 16892 / DIN 16893

$d_e$ (mm)	$e$ (mm)	$d_i$ (mm)	$Ar$ (cm <sup>2</sup> )	$Au$ (cm <sup>2</sup> )	$J$ (cm <sup>4</sup> )	$Pt$ (Kg/m)	$Vf$ (l/m)	Versioni
16 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,2 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	11,6	0,95	1,06	2,328·10 <sup>-1</sup>	0,097	0,106	UniTerm
20 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	2,8 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	14,4	1,51	1,63	5,743·10 <sup>-1</sup>	0,152	0,163	UniTerm
25 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	3,5 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	18,0	2,36	2,54	1,402·10 <sup>0</sup>	0,237	0,254	UniTerm
32 <sup>+0.3</sup> <sub>0</sub>	4,4 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	23,2	3,82	4,23	3,725·10 <sup>0</sup>	0,380	0,423	UniTerm
40 <sup>+0.4</sup> <sub>0</sub>	5,5 <sup>+0.8</sup> <sub>0</sub>	29,0	5,96	6,61	9,095·10 <sup>0</sup>	0,592	0,661	UniTerm
50 <sup>+0.5</sup> <sub>0</sub>	6,9 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	36,2	9,34	10,29	2,225·10 <sup>1</sup>	0,928	1,029	UniTerm
63 <sup>+0.6</sup> <sub>0</sub>	8,6 <sup>+1.1</sup> <sub>0</sub>	45,8	14,70	16,47	5,573·10 <sup>1</sup>	1,454	1,647	UniTerm
75 <sup>+0.7</sup> <sub>0</sub>	10,3 <sup>+1.3</sup> <sub>0</sub>	54,4	20,94	23,24	1,123·10 <sup>2</sup>	2,069	2,324	UniTerm
90 <sup>+0.9</sup> <sub>0</sub>	12,3 <sup>+1.5</sup> <sub>0</sub>	65,4	30,02	33,59	2,323·10 <sup>2</sup>	2,962	3,359	UniTerm
110 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	15,1 <sup>+1.8</sup> <sub>0</sub>	79,8	45,02	50,01	5,196·10 <sup>2</sup>	4,445	5,001	UniTerm

## 7.5 LA MARCATURA

La marcatura dei tubi Unidelta PE-X UniTerm secondo DIN 16892 / DIN 16893 viene effettuata su ogni metro riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego del tubo nonché i dati necessari alla rintracciabilità del prodotto.

### a) 41m Lotto 202000504

41m sta ad indicare il numero di metri dall'inizio del rotolo (ciascun rotolo viene numerato ad ogni metro in modo progressivo).

Lotto 202000504 sta ad indicare il numero del lotto.

### b) UNIDELTA UNITERM PE-X - Tmax 95°C DIN 16892 / DIN 16893

Tubo monostrato (UniTerm) prodotto da Unidelta secondo le norme DIN 16892 / DIN 16893. Temperatura massima ammissibile di 95°C.

### c) PE-Xb SDR 7,4

Tubo realizzato con PE-X reticolato con silani. Il rapporto dimensionale SDR è pari a 7,4.

### d) Ø20x2,8

Tubo con diametro esterno di 20mm e spessore di 2,8mm.

### e) 10/02/23 23:15

10 è il giorno di produzione, 02 è il mese di produzione, 23 è l'anno di produzione, 23:15 è l'ora di produzione.

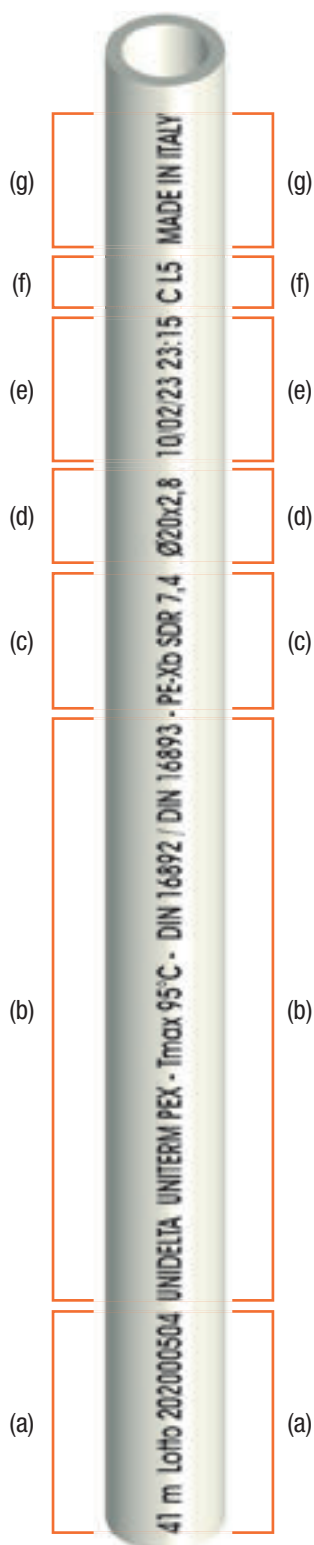
### f) C L5

C è uno dei tre turni di produzione (A,B,C), L5 è la linea di estrusione sulla quale è stato prodotto il tubo.

### g) MADE IN ITALY

I tubi Unidelta sono prodotti in Italia.

Figura 7.1 - UniTerm  
Figure 7.1 - UniTerm



## 7.5 L'ESTAMPILLAGE

Le marquage des tubes Unidelta PE-X UniTerm selon la norme DIN 16892 / DIN 16893 est effectué tous les mètres en reportant toutes les informations relatives aux caractéristiques dimensionnelles et à l'emploi du tube, ainsi que les données nécessaires à la traçabilité du produit.

### a) 41m Lotto 202000504

41m indique le nombre de mètres du début du rouleau (chaque rouleau est numéroté tous les mètres de façon progressive) tandis que lot 202000504 indique le numéro du lot.

### b) UNIDELTA UNITERM PE-X - Tmax 95°C DIN 16892 / DIN 16893

Tube monocouche (UniTerm) fabriqué par Unidelta selon la norme DIN 16892 / DIN 16893. Température maximale autorisée de 95 °C.

### c) PE-Xb SDR 7,4

Tube fabriqué en PE-X réticulé au silane. Le rapport dimensionnel SDR est de 7,4.

### d) Ø20x2,8

Tube avec diamètre externe 20mm, épaisseur 2,8mm.

### e) 10/02/23 23:15

10 est le jour de production. 02 est le mois de production. 23 est l'année de la production. 23:15 est l'heure de production.

### f) C L5

C est un des 3 roulements de production (A,B,C). L5 est la ligne d'extrusion sur laquelle le tube a été produit.

### g) MADE IN ITALY

Le tube Unidelta est produit en Italie.

## 7.6 LE PERDITE DI CARICO - LE PERTE DE CHARGE

Diagramma 7.1 - Tubi Unidelta PE-X secondo la DIN 16892 / DIN 16893: perdite di carico con acqua a 10°C  
 Diagramme 7.1 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16892 / DIN 16893: pertes de charge avec de l'eau à 10°C

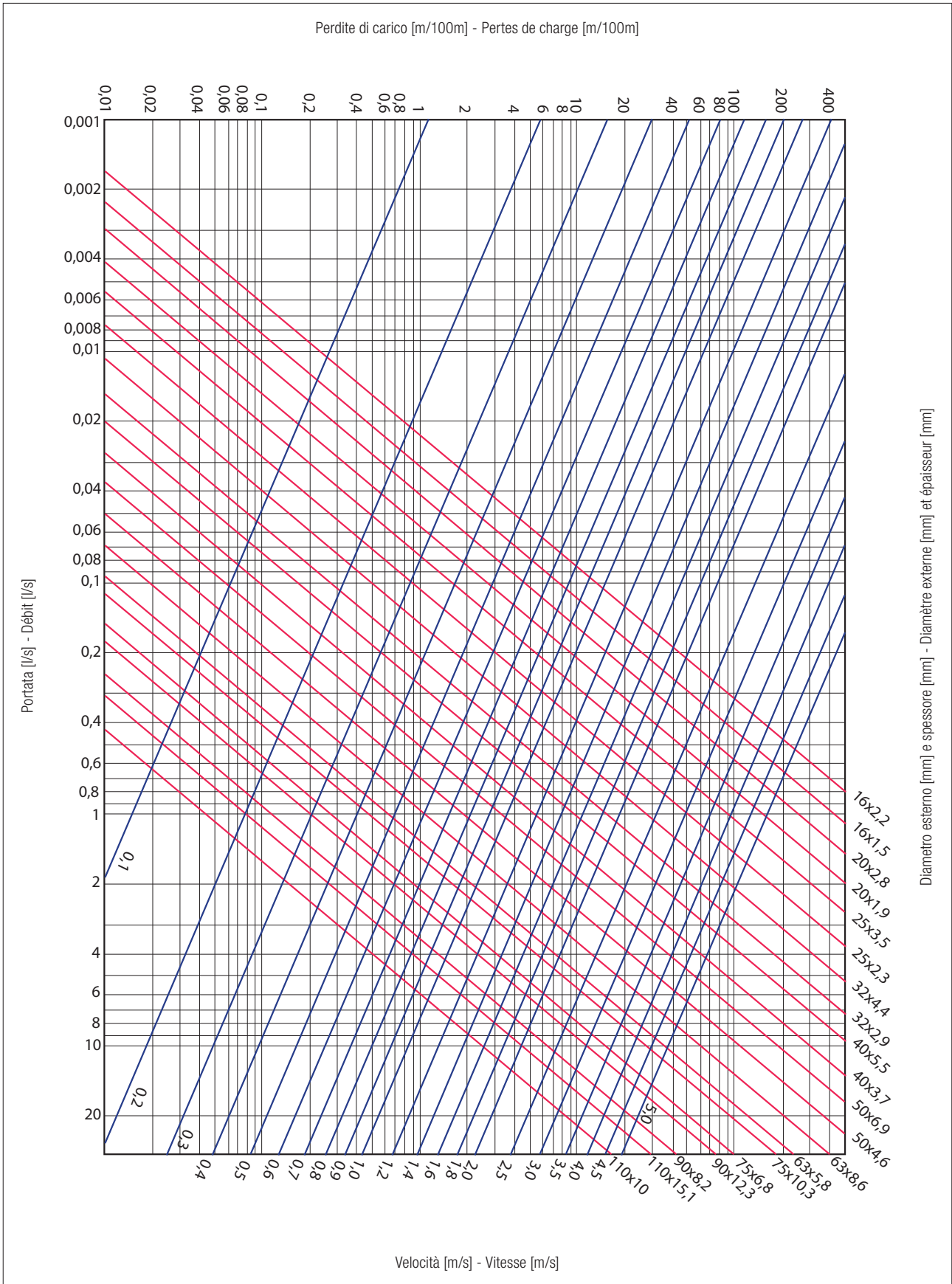




Diagramma 7.2 - Tubi Unidelta PE-X secondo la DIN 16892 / DIN 16893: perdite di carico con acqua a 50°C  
 Diagramme 7.2 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16892 / DIN 16893: pertes de charge avec de l'eau à 50°C

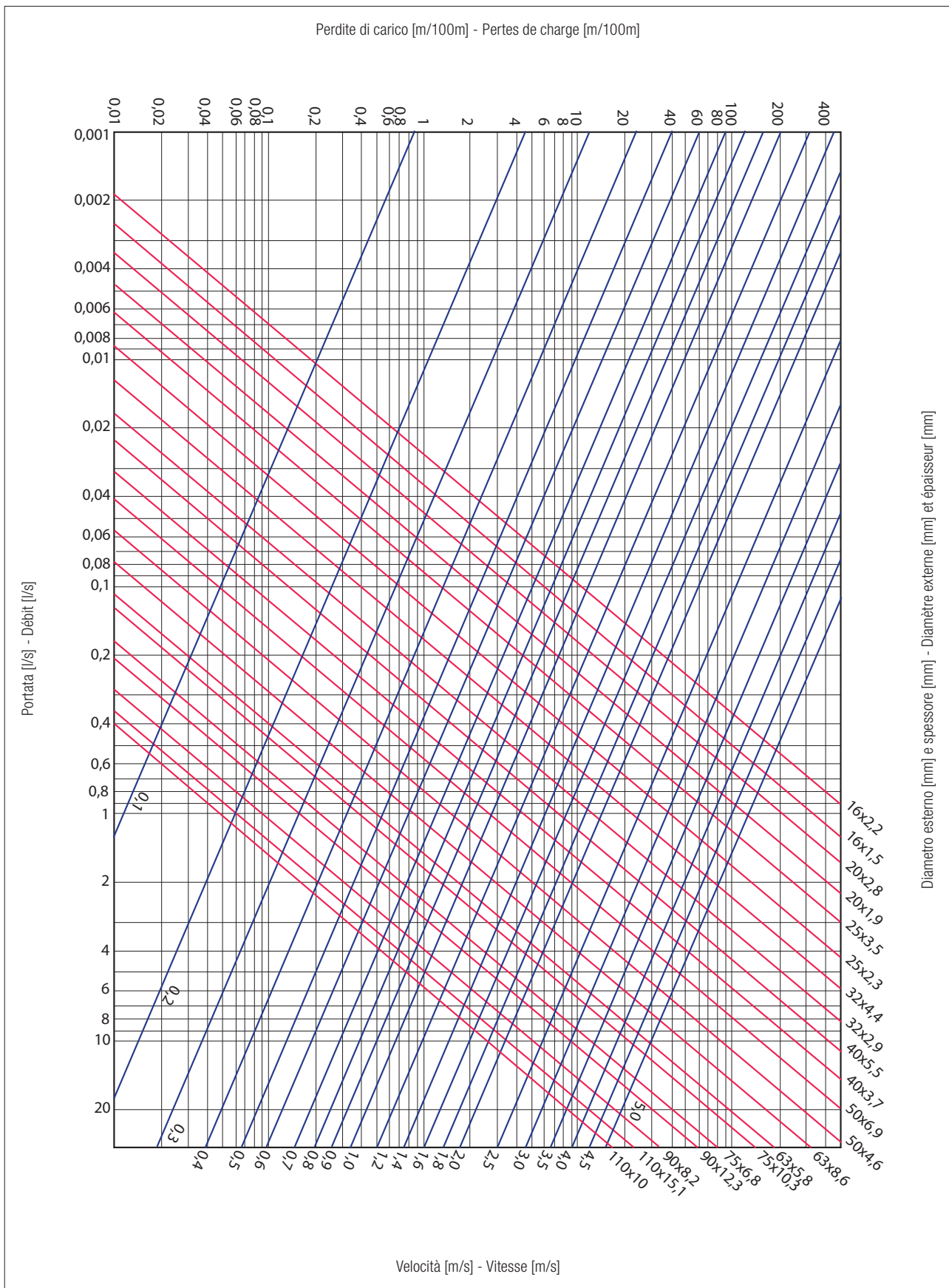
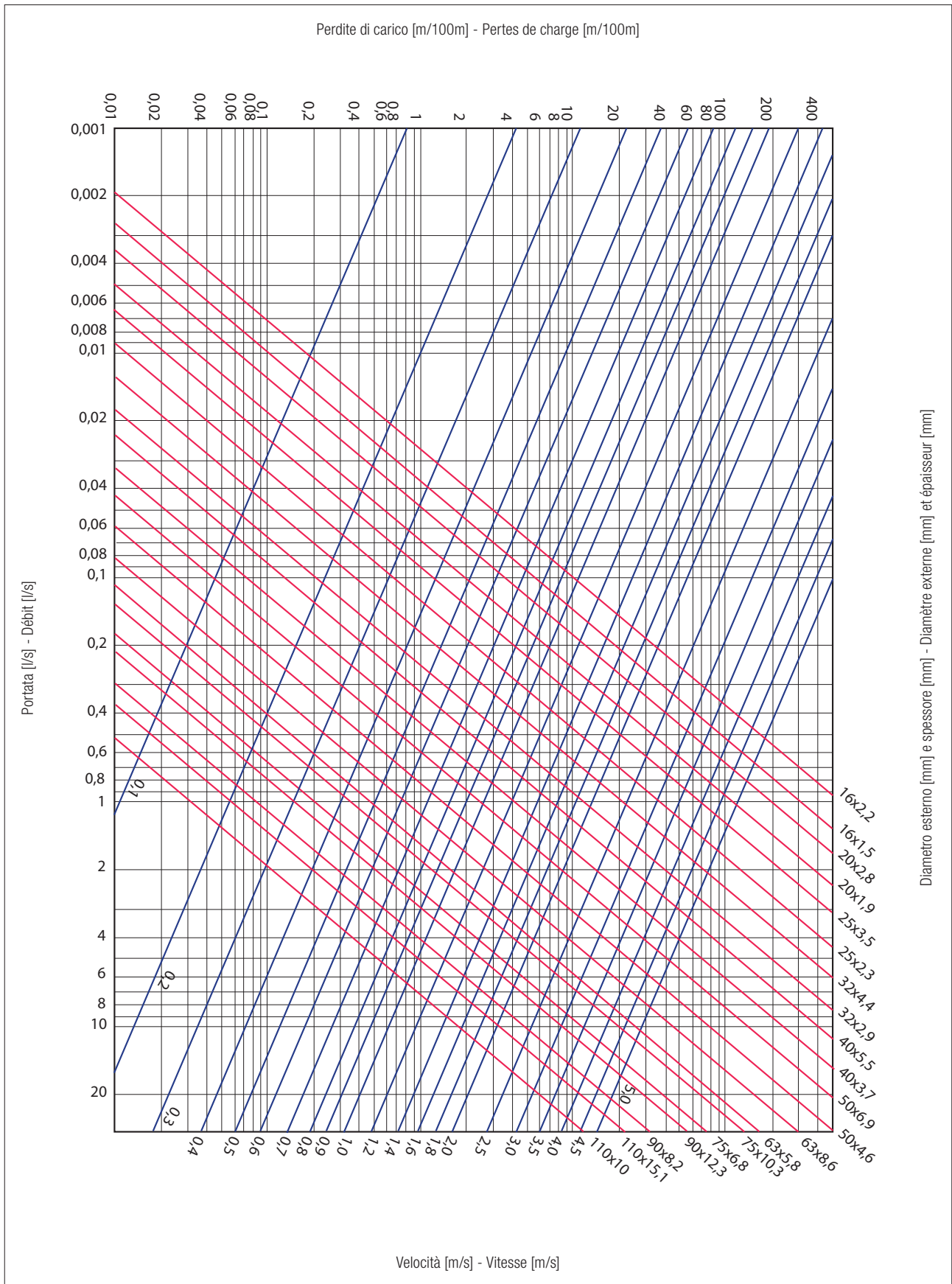




Diagramma 7.3 - Tubi Unidelta PE-X secondo la DIN 16892 / DIN 16893: perdite di carico con acqua a 80°C  
Diagramme 7.3 - Tubes Unidelta PE-X selon la norme DIN 16892 / DIN 16893: pertes de charge avec de l'eau à 80°C



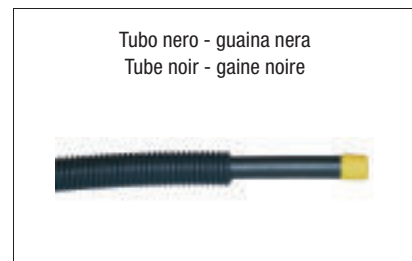
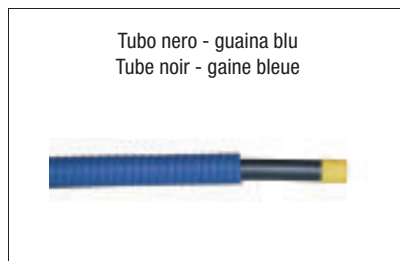
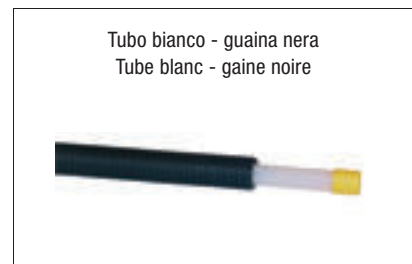
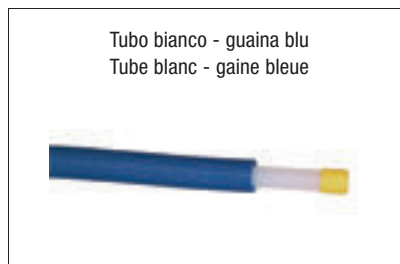
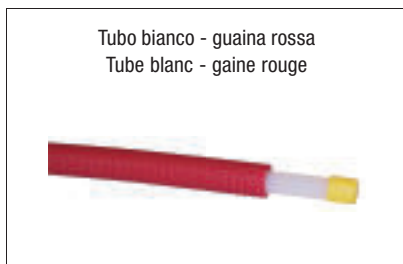
### 8.1 INTRODUZIONE

Il tubo Unidelta PE-X viene prodotto anche in versione sfilabile. Il tubo è inserito in una guaina (tubo corrugato) di diametro adeguato. Grazie a questa soluzione si possono rimpiazzare rapidamente e senza difficoltà eventuali tratti di tubazione danneggiati evitando grossi lavori sulle murature. Inoltre utilizzando tubi inseriti in guaine di colore blu o rosso è possibile individuare con facilità la tipologia del circuito (acqua calda - acqua fredda).

### 8.1 INTRODUCTION

Le tube Unidelta PE-X est également produit dans une version extractible. Le tube est introduit dans une gaine (tube cannelé) au diamètre adapté. Grâce à cette solution, il est possible de remplacer, rapidement et sans difficulté, d'éventuelles sections de tube endommagé en évitant ainsi d'effectuer des gros travaux de maçonnerie. De plus, grâce à des tubes insérés dans des gaines bleues ou rouges, il est possible d'identifier facilement le type de circuit (eau chaude ou eau froide).

Figura 8.1 - UniTerm sfilabile  
Figure 8.1 - UniTerm extractible





## 8.2 LA GAMMA

Nella tabella seguente sono riportati i tubi disponibili in versione sfilabile dove:

<b>d<sub>e</sub> guaina</b>	diametro esterno guaina;
<b>d<sub>e</sub></b>	diametro esterno;
<b>e</b>	spessore;
<b>Versioni</b>	versioni di tubo PE-X disponibili.

## 8.2 LA GAMME

Le tableau suivant indique les tubes disponibles en version extractible, où:

<b>d<sub>e</sub> guaina</b>	diamètre externe gainé;
<b>d<sub>e</sub></b>	diamètre externe;
<b>e</b>	épaisseur;
<b>Versioni</b>	versions de tube PE-X disponibles.

Tabella 8.1 - UniTerm sfilabile: la gamma  
 Tableau 8.1 - UniTerm extractible: la gamme

d <sub>e</sub> (mm)	e (mm)	d <sub>e</sub> guaina (mm)	Versioni
15	2,5	25	UniTerm
16	1,5	25	UniTerm
16	2,0	25	UniTerm
16	2,2	25	UniTerm
18	2,0	32	UniTerm
18	2,5	32	UniTerm
20	1,9	32	UniTerm
20	2,0	32	UniTerm
20	2,8	32	UniTerm
22	3,0	32	UniTerm
25	2,3	40	UniTerm
25	3,5	40	UniTerm
28	3,0	40	UniTerm

## 9. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO: PERDITE DI CARICO PER IL TRASPORTO DI ACQUA DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE: PERTES DE CHARGE POUR LE TRANSPORT DE L'EAU

### 9.1 LE PERDITE DI CARICO PER IL TRASPORTO DI ACQUA

Una caratteristica dei tubi in polietilene reticolato è quella di avere superfici interne estremamente lisce anche dopo anni di esercizio e quindi perdite di carico ridotte. Queste ultime possono essere calcolate mediante la formula di Darcy-Weisbach:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d_i}$$

dove:

J è la perdita di carico espressa in metri di colonna di acqua per metro di condotta;

v è la velocità del fluido [m/s] che generalmente non supera il valore di 2,5÷3 m/s;

$d_i$  è il diametro interno della tubazione [m];

g è l'accelerazione di gravità uguale a 9,81 m/s<sup>2</sup>;

$\lambda$  è il coefficiente di perdita il cui valore dipende dalle condizioni di moto del fluido e dalle sue proprietà fisiche (densità e viscosità).

Per flussi di acqua in regime di transizione turbolenta o in moto puramente turbolento l'espressione di  $\lambda$  che meglio rispecchia i dati sperimentali è quella di Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3.715 \cdot d_i} \right)$$

dove  $\epsilon$  è la scabrezza assoluta della superficie del tubo [m] e Re è il numero adimensionale di Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d_i}{\mu_i}$$

$\rho$  è la densità dell'acqua [kg/m<sup>3</sup>] e  $\mu$  è la viscosità dinamica dell'acqua [kg/m·s], entrambe funzione della temperatura.

### 9.1 LES PERTES DE CHARGE POUR LE TRANSPORT DE L'EAU

Une caractéristique des tubes en polyéthylène réticulé est qu'ils ont des surfaces internes extrêmement lisses même après des années de fonctionnement et donc de faibles pertes de charge. Ces dernières peuvent être calculées par la formule de Darcy-Weisbach:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot d_i}$$

où:

J est la perte de charge exprimée en mètres de colonne d'eau par mètre de canalisation;

v est la vitesse du fluide [m/s] qui ne dépasse généralement pas la valeur de 2,5÷3 m/s;

$d_i$  est le diamètre interne de la tuyauterie [m];

g est l'accélération de gravité égale à 9,81 m/s<sup>2</sup>;

$\lambda$  est le coefficient de fuites dont la valeur dépend des conditions de mouvement du fluide et de ses propriétés physiques (densité et viscosité).

Pour les débits d'eau en régime de transition turbulente ou en mouvement purement turbulent, l'expression de  $\lambda$  qui reflète le mieux les données expérimentales est celle de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3.715 \cdot d_i} \right)$$

où  $\epsilon$  est la rugosité absolue de la surface du tube [m] et Re est le nombre sans dimension de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d_i}{\mu_i}$$

$\rho$  est la densité de l'eau [kg/m<sup>3</sup>] et  $\mu$  est la viscosité dynamique de l'eau [kg/m·s], toutes deux en fonction de la température.



Tabella 9.1 - Alcune proprietà dell'acqua  
 Tableau 9.1 - Quelques propriétés de l'eau

T [°C]	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (Kg/m·s)	$\nu=\mu/\rho$ (m <sup>2</sup> /s)
0	1000,0	$1,750 \cdot 10^{-3}$	$1,750 \cdot 10^{-6}$
10	1000,0	$1,298 \cdot 10^{-3}$	$1,298 \cdot 10^{-6}$
20	998,4	$1,004 \cdot 10^{-3}$	$1,005 \cdot 10^{-6}$
30	995,7	$8,008 \cdot 10^{-4}$	$8,042 \cdot 10^{-7}$
40	991,7	$6,547 \cdot 10^{-4}$	$6,601 \cdot 10^{-7}$
50	987,7	$5,461 \cdot 10^{-4}$	$5,529 \cdot 10^{-7}$
60	982,7	$4,663 \cdot 10^{-4}$	$4,745 \cdot 10^{-7}$
70	977,1	$4,004 \cdot 10^{-4}$	$4,098 \cdot 10^{-7}$
80	971,9	$3,511 \cdot 10^{-4}$	$3,613 \cdot 10^{-7}$
90	964,8	$3,126 \cdot 10^{-4}$	$3,241 \cdot 10^{-7}$
100	957,9	$2,790 \cdot 10^{-4}$	$2,913 \cdot 10^{-7}$

T      temperatura  
 $\rho$       densità  
 $\mu$       viscosità dinamica  
 $\nu=\mu/\rho$       viscosità cinematica

T      température  
 $\rho$       densité  
 $\mu$       viscosité dynamique  
 $\nu=\mu/\rho$       viscosité cinématique

Nei diagrammi delle perdite di carico del presente manuale sono tracciate le curve J espresse in metri di colonna d'acqua per 100 metri di condotto [m/100m] per i tubi in polietilene reticolato alle temperature dell'acqua di 10°C, 50°C e 80°C.

Les diagrammes des pertes de pression de ce manuel montrent des courbes J exprimées en mètres de colonne d'eau pour 100 mètres de conduite [m/100m] pour les tubes en polyéthylène réticulé à des températures d'eau de 10°C, 50°C et 80°C.

## 9.2 ESEMPI

### Esempio 1

Si voglia determinare il diametro della tubazione necessaria (secondo EN ISO 15875) per trasportare 0,2 l/s di acqua per 100 metri a 50°C, con una pressione in ingresso di 7 bar ammettendo una perdita di carico di 1 bar.

La perdita di carico di 1 bar per 100 metri di condotta espressa in metri di colonna d'acqua è pari a circa 10m/100m (1m di colonna d'acqua equivale a 0,0981 bar).

Nel diagramma 6.2 delle perdite di carico dei tubi Unidelta PE-X secondo EN ISO 15875 alla temperatura di 50°C il punto corrispondente alla portata e alla perdita di carico richieste si trova tra 2 linee: quella identificata dal tubo 20x2,8 e quella identificata dai tubi 20x2 e 22x3 (si veda il dettaglio riportato in figura 9.1).

## 9.2 EXEMPLES

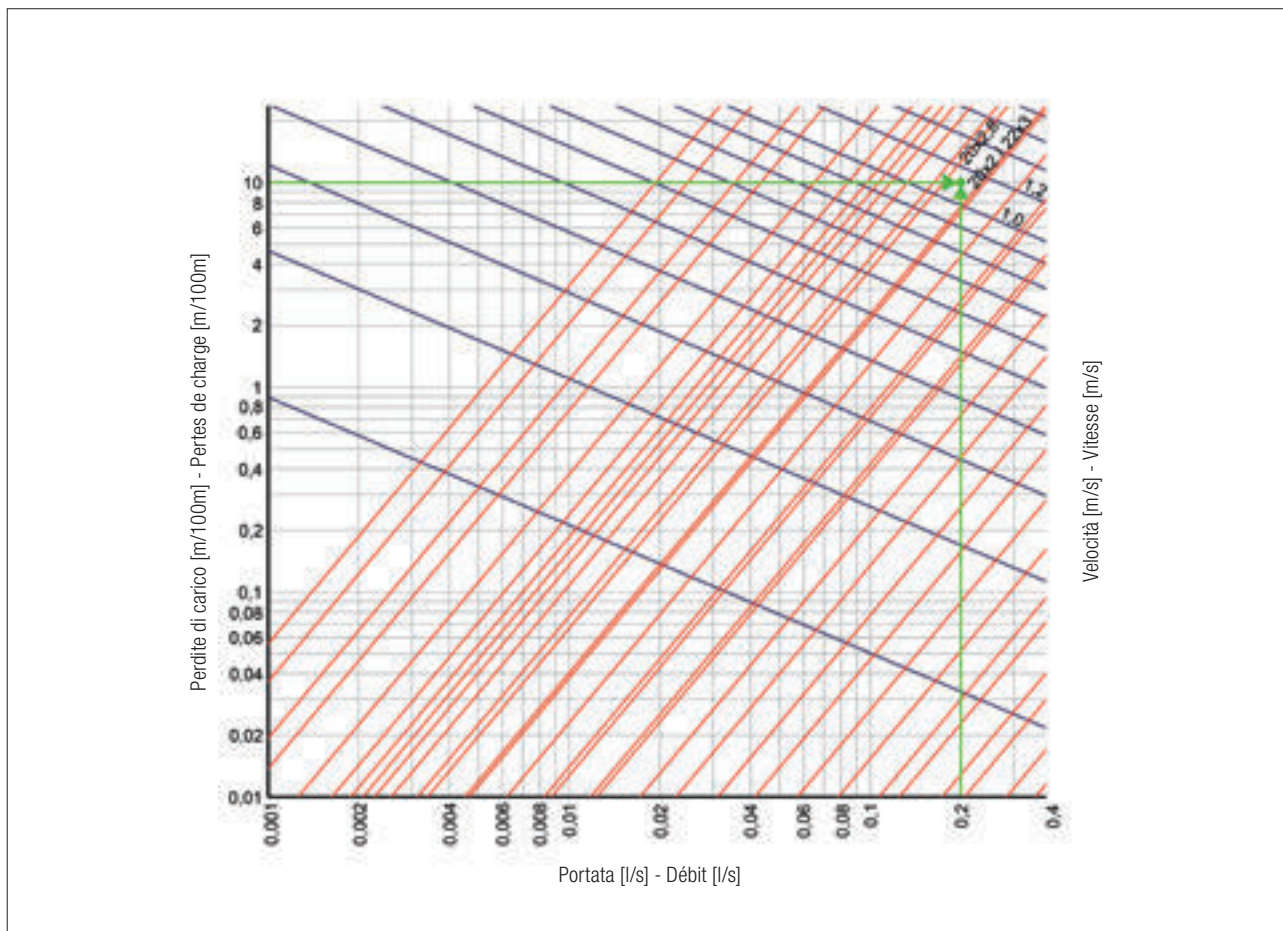
### Exemple 1

Déterminer le diamètre de tube nécessaire (selon la norme EN ISO 15875) pour transporter 0,2 l/s d'eau sur 100 mètres à 50°C, avec une pression d'entrée de 7 bar, en supposant une perte de charge d'1 bar.

La perte de charge d'1 bar pour 100 mètres de canalisation exprimée en mètres de colonne d'eau est d'environ 10m/100m (1m de colonne d'eau équivaut à 0,0981 bar).

Dans le diagramme 6.2 des pertes de charge des tubes Unidelta PE-X selon la norme EN ISO 15875 à une température de 50°C, le point correspondant au débit et à la perte de charge requis se situe entre 2 lignes: celle identifiée par le tube 20x2,8 et celle identifiée par les tubes 20x2 et 22x3 (voir le détail dans la figure 9.1).

Figura 9.1 - Dettaglio del grafico delle perdite di carico relativo ai tubi Unidelta PE-X EN ISO 15875 a 50°C  
Figure 9.1 - Détail de la courbe graphique des pertes de charge pour les tubes Unidelta PE-X EN ISO 15875 à 50°C





Poiché con il tubo 20x2,8 si avrebbe una perdita di carico superiore a 1 bar, la scelta deve cadere necessariamente sugli altri due. Essendo la pressione massima richiesta di 7 bar si consiglia di adottare il 22x3 che ha una resistenza maggiore alla pressione ed è idoneo a reggere i 7 bar in ogni classe di applicazione (si veda tabella 6.2). Si può notare dal grafico che il tubo Unidelta PE-X 22x3 ha una perdita di carico effettiva di 8m/100m (0,8 bar su 100m) e una velocità del fluido di 1m/s.

La pressione in uscita dalla condotta sarà quindi 7 bar - 0,8 bar = 6,2 bar.

#### Esempio 2

Si voglia calcolare la perdita di carico e la velocità dell'acqua all'interno di una condotta lunga 150 metri Unidelta PE-X 32x4,4 secondo DIN 16892-16893 con una portata di 1 litro al secondo alla temperatura di 10°C e 80°C.

Dai diagrammi 7.1 e 7.3 (si osservino i dettagli riportati in figura 9.2 e figura 9.3) in corrispondenza della portata richiesta, si nota che la velocità del fluido è in entrambi i casi di 2,4 m/s in quanto non dipende dalla temperatura ma dalla sezione di passaggio e dalla portata. La perdita di carico, dipendendo dalla viscosità e dalla densità del fluido, è 27m/100m a 10°C e 20m/100m a 80°C.

La perdita di carico per una condotta lunga 150m sarà quindi:

$$J = 27 \cdot \frac{150}{100} = 40,5 \text{ m} = 4 \text{ bar fluido a } 10^\circ\text{C};$$

$$J = 20 \cdot \frac{150}{100} = 30 \text{ m} = 2,95 \text{ bar fluido a } 80^\circ\text{C}.$$

Comme avec le tube 20x2,8 il y aurait une perte de charge de plus d'1 bar, le choix doit nécessairement se porter sur les deux autres. Étant donné que la pression maximale requise est de 7 bar, il est recommandé d'adopter celui de 22x3 qui a une résistance à la pression plus élevée et qui est indiqué pour supporter 7 bar dans chaque classe d'application (voir tableau 6.2). On peut voir sur le graphique que le tube Unidelta PE-X 22x3 a une perte de charge effective de 8m/100m (0,8 bar sur 100 m) et une vitesse du fluide d'1m/s.

La pression de sortie sera donc de 7 bar - 0,8 bar = 6,2 bar.

#### Exemple 2

Calculer la perte de charge et la vitesse de l'eau à l'intérieur d'une canalisation Unidelta PE-X 32x4,4 de 150 mètres de long selon la norme DIN 16892-16893 avec un débit d'1 litre par seconde à une température de 10°C et 80°C.

D'après les diagrammes 7.1 et 7.3 (voir détails dans les figures 9.2 et 9.3) en correspondance avec le débit requis, on peut voir que la vitesse du fluide est dans les deux cas de 2,4 m/s car elle ne dépend pas de la température mais de la section de passage et du débit. La perte de charge, en fonction de la viscosité et de la densité du fluide, est de 27m/100m à 10°C et de 20m/100m à 80°C.

La perte de charge pour une conduite de 150m de long sera donc:

$$J = 27 \cdot \frac{150}{100} = 40,5 \text{ m} = 4 \text{ bar fluide a } 10^\circ\text{C};$$

$$J = 20 \cdot \frac{150}{100} = 30 \text{ m} = 2,95 \text{ bar fluide a } 80^\circ\text{C}.$$



Figura 9.2 - Dettaglio del grafico delle perdite di carico relativo ai tubi Unidelta PE-X secondo DIN 16892-16893 a 10°C  
 Figure 9.2 - Détail de la courbe graphique des pertes de charge pour les tubes Unidelta PE-X selon DIN 16892-16893 à 10°C

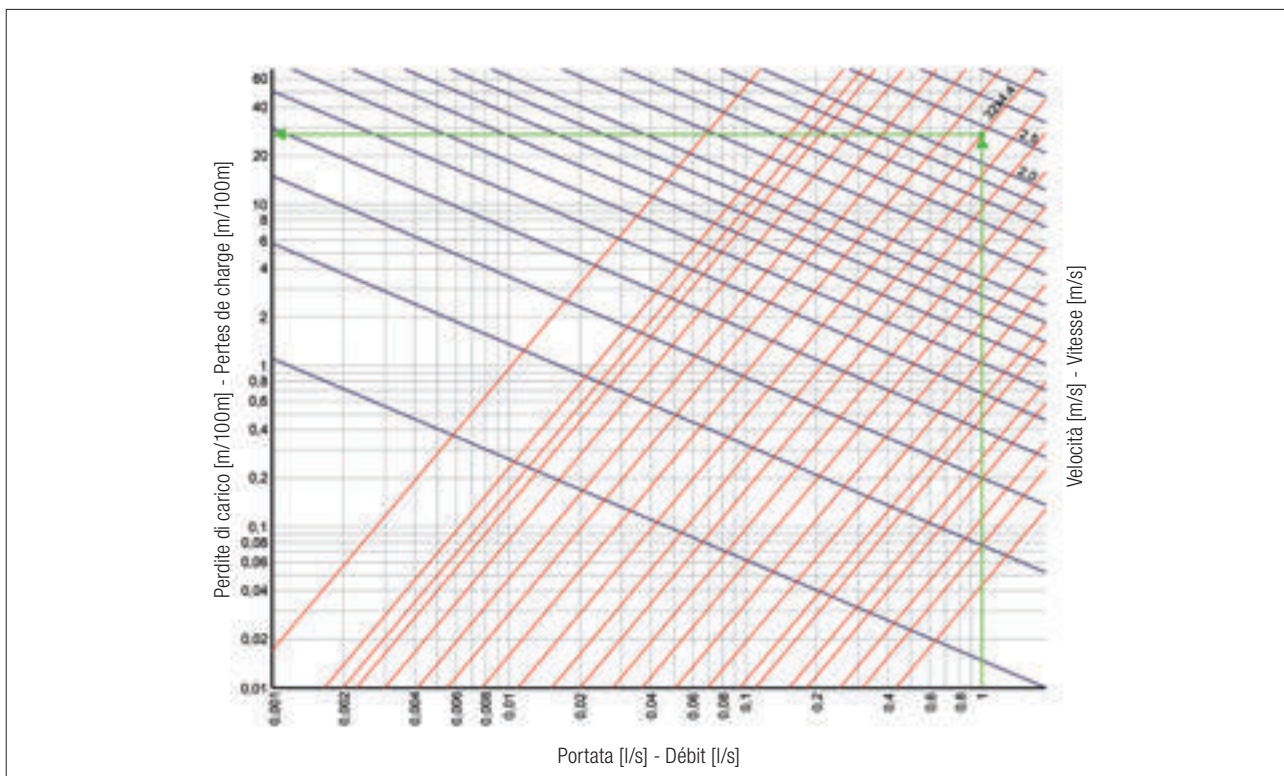
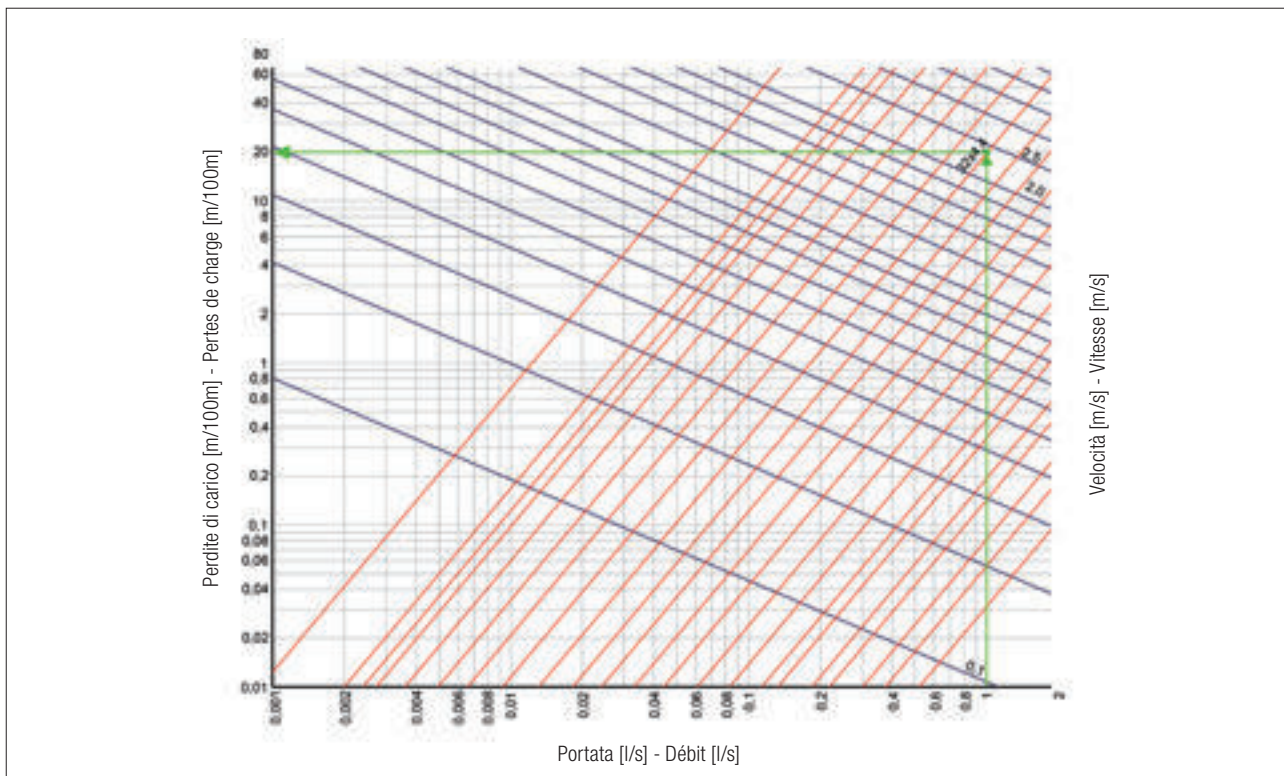


Figura 9.3 - Dettaglio del grafico delle perdite di carico relativo ai tubi Unidelta PE-X secondo DIN 16892-16893 a 80°C  
 Figure 9.3 - Détail de la courbe graphique des pertes de charge pour les tubes Unidelta PE-X selon DIN 16892-16893 à 80°C



## 10. INSTALLAZIONE: COMPENSAZIONE DELLE VARIAZIONI TERMICHE DI LUNGHEZZA INSTALLATION: COMPENSATION DES VARIATIONS THERMIQUES EN LONGUEUR

### 10.1 INTRODUZIONE

Le considerazioni che vengono fatte nel seguito sono basate parzialmente sulla norma sperimentale UNI ENV 12108:2003 "Plastics piping systems - Guidance for the installation inside buildings of pressure piping systems for hot and cold water intended for human consumption".

I tubi di materia plastica in generale, a causa degli sbalzi termici, sono soggetti a variazioni della lunghezza, contrazioni o espansioni che possono essere calcolate mediante l'espressione seguente:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Dove:

$\Delta L$  è la variazione di lunghezza in millimetri [mm] dovuta alla variazione di temperatura  $\Delta T$  alla quale è soggetto il tubo rispetto alla temperatura di posa;

$L$  è la lunghezza del tubo in metri [m];

$\alpha$  è il coefficiente di dilatazione termica lineare medio, per il PE-X assume il valore di 0,19 mm/m·K.

L'espressione sopra esposta è stata diagrammata, per i tubi Unidelta PE-X, nel diagramma 10.1.

Si può osservare come la dilatazione termica lineare  $\Delta L$  non dipenda dal diametro del tubo.

Le variazioni di lunghezza dei tubi in plastica sono generalmente più elevate rispetto a quelle che avvengono nei tubi di materiale metallico, si può infatti verificare la differenza esistente fra i coefficienti di dilatazione termica lineare medi di alcuni di essi (tabella 10.1).

### 10.1 INTRODUCTION

Les considérations suivantes sont partiellement basées sur la norme expérimentale UNI ENV 12108:2003 "Plastics piping systems - Guidance for the installation inside buildings of pressure piping systems for hot and cold water intended for human consumption".

Les tubes en plastique en général sont soumis à des variations de longueur, des contractions ou des dilatations dues aux changements de température, qui peuvent être calculées par l'expression suivante:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Où:

$\Delta L$  est la variation de longueur en millimètres [mm] due à la variation de température  $\Delta T$  à laquelle le tube est soumis par rapport à la température de pose;

$L$  est la longueur du tube en mètres [m];

$\alpha$  est le coefficient linéaire moyen de dilatation thermique, qui pour le PE-X prend la valeur de 0,19 mm/m·K.

L'expression ci-dessus a été schématisée, pour les tubes Unidelta PE-X, dans le diagramme 10.1.

On peut observer que la dilatation thermique linéaire  $\Delta L$  ne dépend pas du diamètre du tube.

Les variations de longueur des tubes en plastique sont en général plus élevées que celles des tubes en matériau métallique, on peut en effet vérifier la différence existante entre les coefficients de dilatation thermique linéaire moyens de certains d'entre eux (tableau 10.1).

Tabella 10.1 - Coefficienti di dilatazione termica  
Tableau 10.1 - Coefficients de dilatation thermique

Tipo di tubo Type de tube	$\alpha$ (mm/m°C)
Rame Cuivre	0,017
Acciaio Acier	0,012
Ghisa Fonte	0,010
PE-X	0,190
PP-R	0,180

Dall'espressione:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

si determina la deformazione  $\varepsilon$  alla quale è soggetto il tubo se fosse libero di variare la sua lunghezza:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

nel caso in cui fosse impedita la variazione della lunghezza mediante degli ancoraggi si avrebbe una sollecitazione assiale all'interno della parete del tubo uguale a:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dove E è il modulo di elasticità [N/m<sup>2</sup>].

Nonostante il polietilene reticolato presenti un coefficiente di dilatazione elevato rispetto ai materiali metallici, le sollecitazioni che si generano all'interno della parete del tubo non sono elevate; questo è dovuto al suo modulo di elasticità E che è relativamente basso e compensa il valore del coefficiente di dilatazione.

Con una variazione di temperatura di 10°C si ha quanto segue:

À partir de l'expression:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

on peut déterminer la déformation  $\varepsilon$  à laquelle le tube est soumis s'il est libre de varier sa longueur:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

si la variation de longueur est empêchée au moyen d'ancrages, on aurait une contrainte axiale à l'intérieur de la paroi du tube égale à:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

où E est le module d'élasticité [N/m<sup>2</sup>].

Bien que le polyéthylène réticulé ait un coefficient de dilatation élevé par rapport aux matériaux métalliques, les contraintes générées à l'intérieur de la paroi du tube ne sont pas élevées; cela est dû à son module d'élasticité E qui est relativement faible et qui compense la valeur du coefficient de dilatation. Une variation de température de 10°C entraîne ce qui suit:

Tabella 10.2 - Sollecitazione che si genera in tubi di diversi materiali con un salto di 10°C (ipotizzando di impedire la dilatazione)  
 Tableau 10.2 - Contrainte générée dans des tubes de différents matériaux avec un écart de 10°C (en supposant d'empêcher la dilatation)

Materiale Matériau	Deformazione Déformation	Modulo elastico a 20°C Module élastique à 20°C	Sforzo Effort
PE-X	$\varepsilon = 0.00190 \text{ m/m}$	$E_{PE-X} \cong 1100 \text{ MPa}$	$\sigma = 1.27 \text{ MPa}$
Rame Cuivre	$\varepsilon = 0.00017 \text{ m/m}$	$E_{Rame} \cong 94000 \text{ MPa}$	$\sigma = 15.98 \text{ MPa}$
Acciaio Acier	$\varepsilon = 0.00012 \text{ m/m}$	$E_{Acciaio} \cong 206000 \text{ MPa}$	$\sigma = 24.72 \text{ MPa}$

Il polietilene reticolato è quindi un materiale con grande capacità di assorbire le dilatazioni a livello intermolecolare; questo consente, in molti casi, di installare le tubazioni bloccandole completamente e impedendo quindi le dilatazioni.

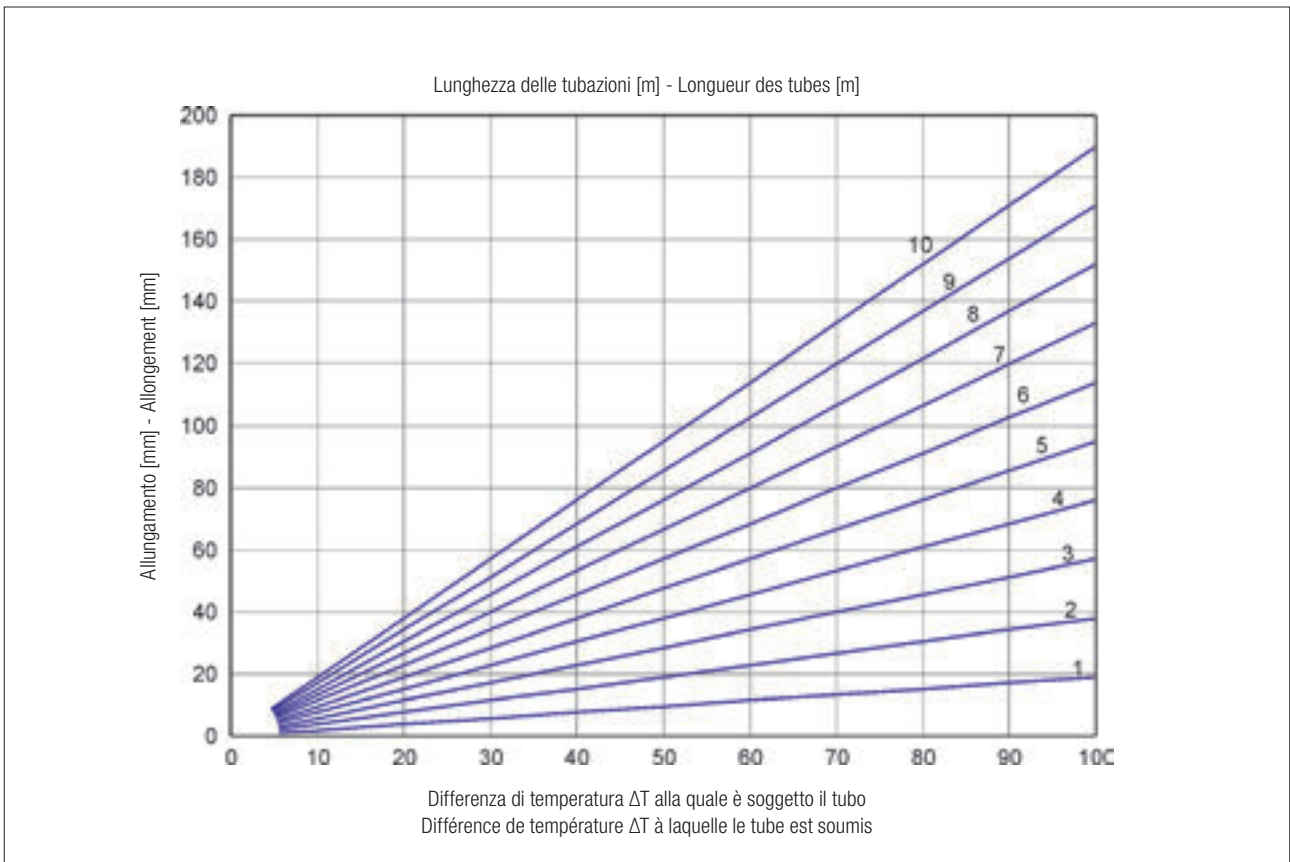
Quando invece vengono utilizzati i punti di ancoraggio questi devono essere distribuiti lungo la condotta creando un sistema di compensazione delle variazioni di lunghezza mediante cambiamenti direzionali.

Le polyéthylène réticulé est donc un matériau ayant une grande capacité d'absorption des dilatations au niveau intermoléculaire; cela permet, dans de nombreux cas, d'installer les tubes en les bloquant complètement et en empêchant ainsi la dilatation.

Lorsqu'en revanche on utilise des points d'ancrage, ces derniers doivent être répartis le long de la canalisation, créant ainsi un système permettant de compenser les variations de longueur par des changements de direction.



Diagramma 10.1 - Dilatazione/concentrazione delle condotte di polietilene reticolato  
Diagramme 10.1 - Dilatation/Concentration des canalisations en polyéthylène réticulé



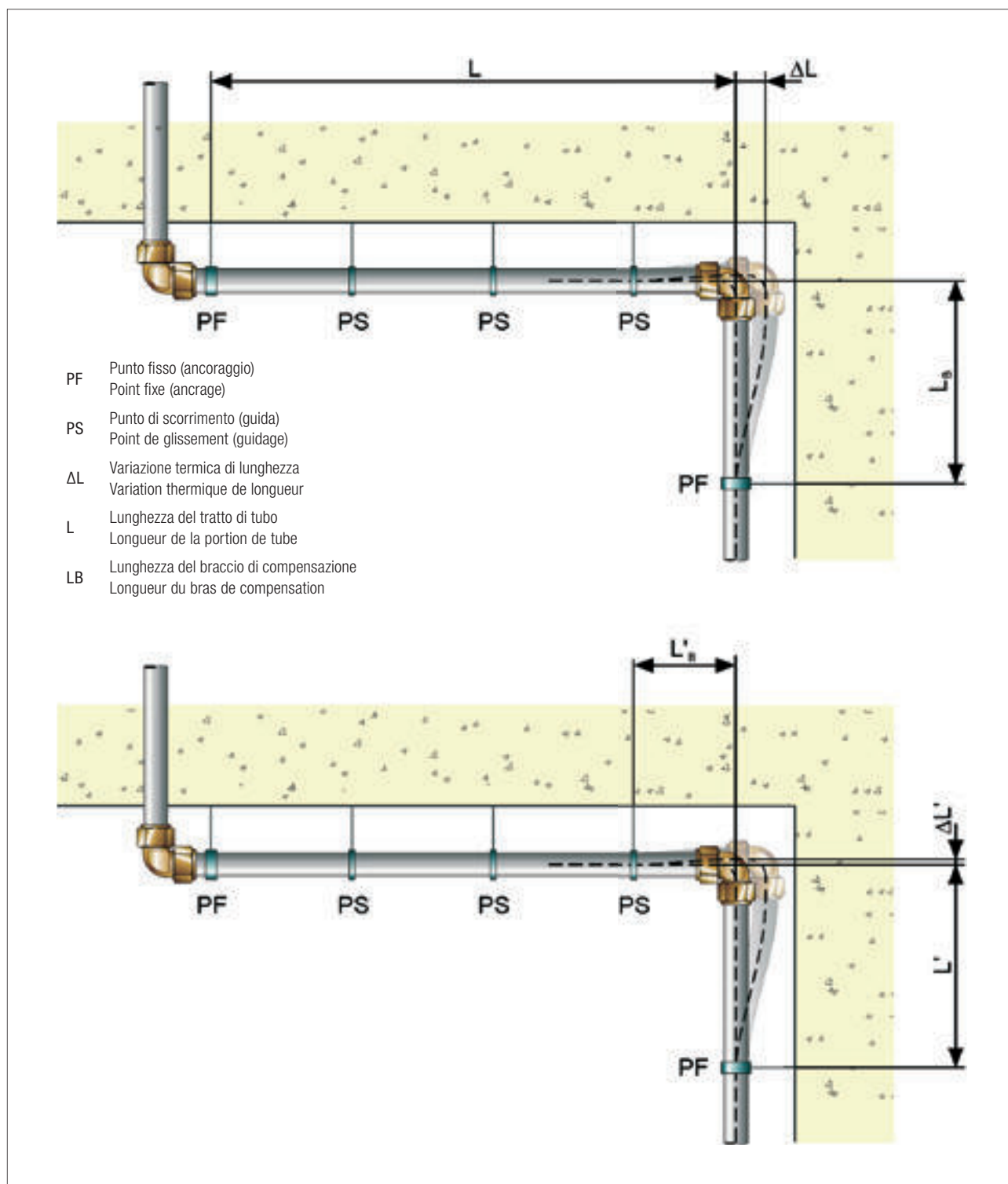
## 10.2 LA COMPENSAZIONE A BRACCIO FLESSIBILE

Tale tipo di configurazione consente di compensare la variazione di lunghezza di un tratto di condotta L mediante la flessione del tratto di condotta ortogonale al primo  $L_B$ .

## 10.2 LA COMPENSATION À BRAS FLEXIBLE

Ce type de configuration permet de compenser la variation de longueur d'un tronçon de conduite L par la flexion du tronçon de conduite orthogonale au premier  $L_B$ .

Figura 10.1 - Installazione con compensazione a braccio flessibile  
Figure 10.1 - Installation avec compensation à bras flexible





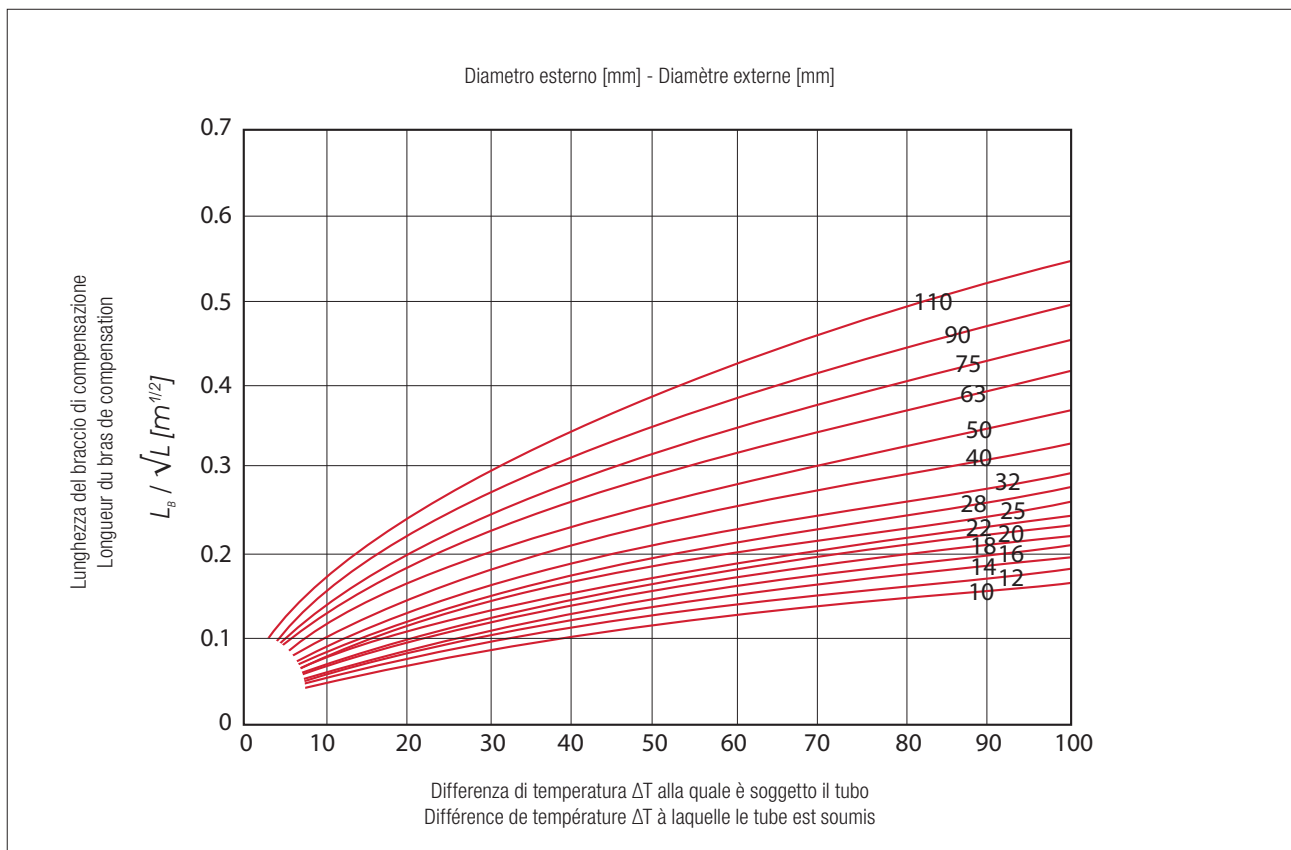
In questo caso il braccio flessibile dovrà avere una lunghezza sufficiente a garantire la compensazione, i punti fissi e di scorrimento dovranno distanziare il tubo dalla parete in maniera tale da consentire la deformazione della condotta.

Nel diagramma 10.2 è dato il rapporto fra la lunghezza del braccio flessibile  $L_b$  e la radice quadrata della lunghezza del tratto da compensare  $L$  in funzione del diametro esterno del tubo  $d_e$  e della differenza di temperatura  $\Delta T$  alla quale è soggetto il tubo.

Dans ce cas, le bras flexible doit être suffisamment long pour assurer la compensation, les points fixes et de glissement doivent éloigner le tube de la paroi pour permettre la déformation de la conduite.

Le diagramme 10.2 donne le rapport entre la longueur du bras flexible  $L_b$  et la racine carrée de la longueur du tronçon à compenser  $L$  en fonction du diamètre extérieur du tube  $d_e$  et de la différence de température  $\Delta T$  à laquelle le tube est soumis.

Diagramma 10.2 - Installazione con compensazione a braccio flessibile  
Diagramme 10.2 - Installation avec compensation à bras flexible



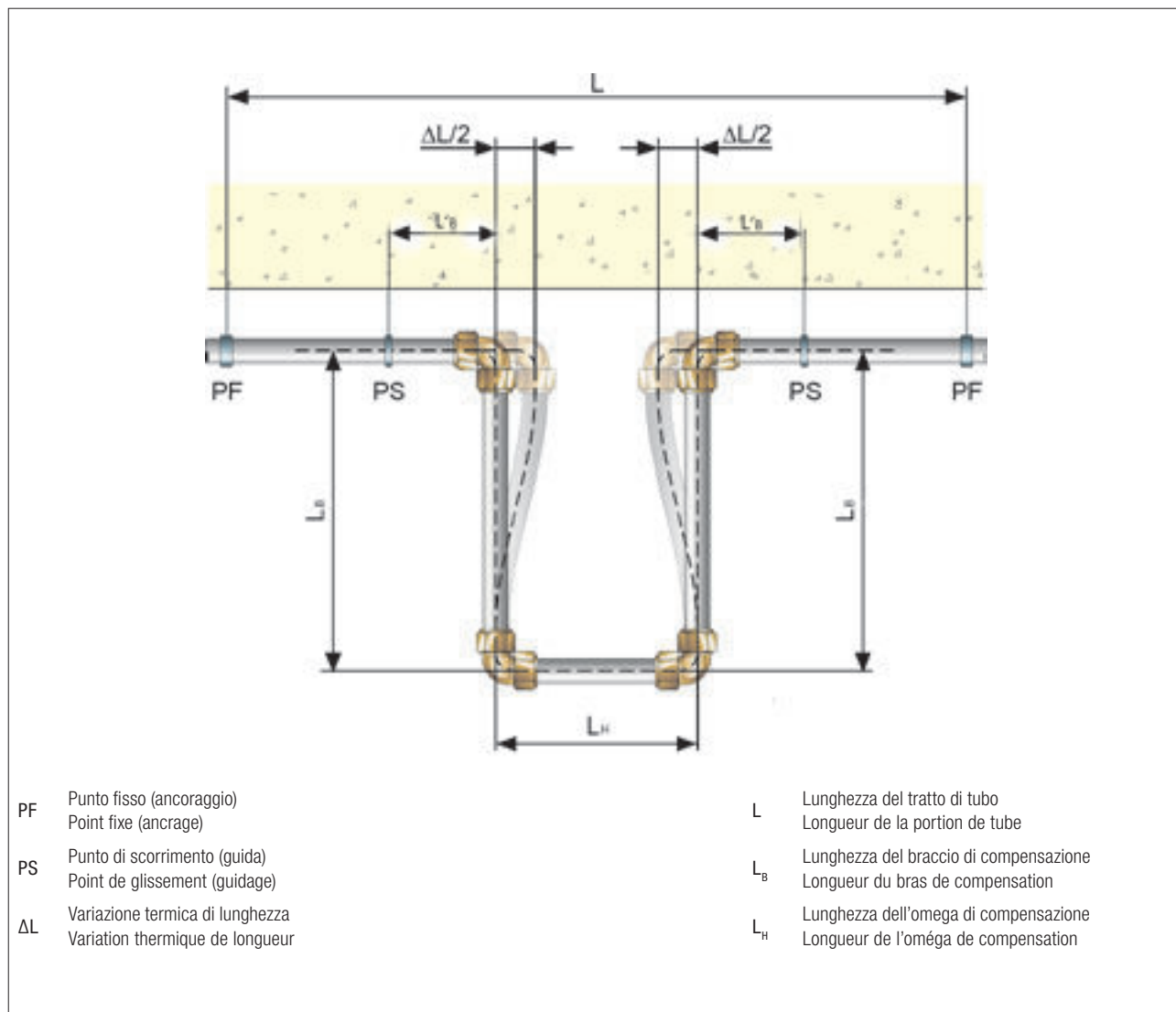
### 10.3 LA COMPENSAZIONE AD OMEGA

### 10.3 LA COMPENSATION EN OMÉGA

Tale tipo di configurazione consente di compensare la variazione di lunghezza di un tratto di condotta L mediante la flessione dei due bracci  $L_b$  che costituiscono l'omega di compensazione.

Ce type de configuration permet de compenser la variation de longueur d'un tronçon de conduite L par la flexion des deux bras  $L_b$  qui constituent l'oméga de compensation.

Figura 10.2 - Installazione con compensazione ad omega  
Figure 10.2 - Installation avec compensation à oméga





Quando non è possibile sfruttare variazioni nella direzione del tubo si possono realizzare sistemi di compensazione ad omega creando due bracci di compensazioni simmetrici come mostrato in figura 10.2. In questo caso per il calcolo della lunghezza  $L_B$  si può usare il diagramma 10.2 considerando  $L$  pari alla metà della lunghezza totale della condotta.

Il tratto centrale  $L_H$  della omega può essere uguale al braccio  $L_B$ ; in questo caso si ha una omega quadra, oppure uguale alla metà  $L_B/2$ , creando così un'omega rettangolare. Andrà calcolato anche il valore di  $L'_B$  utilizzando sempre il diagramma 10.2, ma ponendo  $L$  uguale ad  $L_B$ .

È inoltre fondamentale che la lunghezza  $L_H$  rispetti le due seguenti condizioni:

- 1)  $L_H > 2(R + d_e)$  dove  $R$  è il raggio delle curve a  $90^\circ$  e  $d_e$  è il diametro esterno del tubo;
- 2)  $L_H > \Delta L$  dove  $\Delta L$  è la dilatazione massima dell'intero tratto di condotta (questo per evitare che i due vertici superiori della omega giungano a contatto).

#### 10.4 LA DISTANZA TRA I SUPPORTI

La norma UNI ENV 12108:2003 raccomanda le distanze massime tra due punti di scorrimento (PS) o tra un punto fisso (PF) ed un punto di scorrimento (PS). I punti fissi, detti anche ancoraggi, sono supporti che non consentono al tubo uno scorrimento, i punti di scorrimento, detti anche guide, lasciano al tubo la libertà di scorrere in seguito a variazioni di lunghezza. I valori massimi della distanza  $L$  sono dati in tabella 10.3.

Lorsqu'il n'est pas possible d'exploiter les variations de la direction des conduites, les systèmes de compensation en oméga peuvent être mis en œuvre en créant deux bras de compensation symétriques, comme le montre la figure 10.2. Dans ce cas, on peut utiliser pour le calcul de la longueur  $L_B$  le diagramme 10.2, en considérant  $L$  comme égal à la moitié de la longueur totale de la canalisation.

Le tronçon central  $L_H$  de l'oméga peut être égal au bras  $L_B$ ; dans ce cas, on a un oméga carré, ou égal à la moitié  $L_B/2$ , créant ainsi un oméga rectangulaire. La valeur de  $L'_B$  doit également être calculée à l'aide du diagramme 10.2, mais en considérant  $L$  égal à  $L_B$ .

Il est également essentiel que la longueur  $L_H$  remplisse les deux conditions suivantes:

- 1)  $L_H > 2(R + d_e)$  où  $R$  est le rayon des courbes à  $90^\circ$  et  $d_e$  est le diamètre extérieur du tube;
- 2)  $L_H > \Delta L$  où  $\Delta L$  est la dilatation maximale de tout le tronçon de canalisation (ceci pour éviter que les deux sommets supérieurs de l'oméga n'entrent en contact).

#### 10.4 LA DISTANCE ENTRE LES SUPPORTS

La norme UNI ENV 12108:2003 recommande les distances maximales entre deux points de glissement (PS) ou entre un point fixe (PF) et un point de glissement (PS). Les points fixes, également appelés ancrages, sont des supports qui ne permettent pas au tube de glisser, les points de glissement, également appelés guides, laissent le tube libre de glisser en raison des variations de longueur.

Les valeurs maximales pour la distance  $L$  sont indiquées dans le tableau 10.3.



Figura 10.3 - Installazione sospesa  
 Figura 10.3 - Installation suspendue

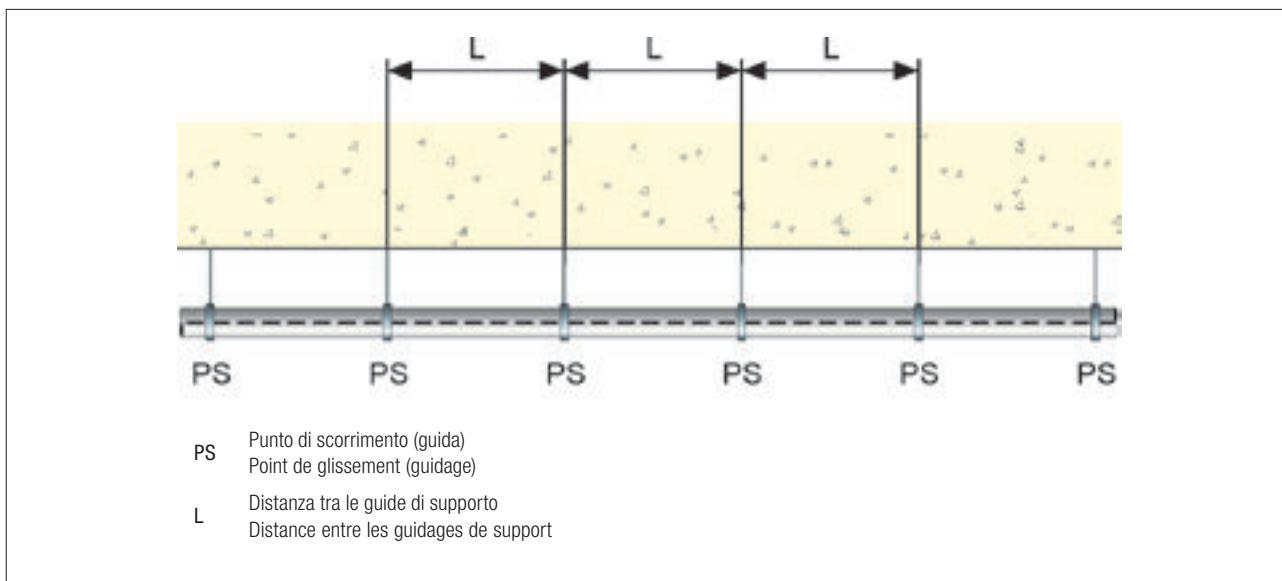


Tabella 10.3 - Distanze tra i supporti  
 Tabella 10.3 - Distance entre les supports

$d_e$ (mm)	L (mm)	
	Acqua fredda - Eau froide	Acqua calda - Eau chaude
$d_e \leq 16$	750	400
$16 < d_e \leq 20$	800	500
$20 < d_e \leq 25$	850	600
$25 < d_e \leq 32$	1000	650
$32 < d_e \leq 40$	1100	800
$40 < d_e \leq 50$	1250	1000
$50 < d_e \leq 63$	1400	1200
$63 < d_e \leq 75$	1500	1300
$75 < d_e \leq 90$	1650	1450
$90 < d_e \leq 110$	1900	1600

## 10.5 ESEMPI

### Esempio 1

Si voglia determinare le variazioni di lunghezza di una condotta di 70 metri quando la sua temperatura passa da 20°C a 50°C e da 55°C a -5°C.

Nel primo caso la variazione di temperatura è  $\Delta T = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ . Poiché il diagramma 10.1 contempla condotte di lunghezza massima 10 metri, si può calcolare l'allungamento per un tratto di 7 metri e poi moltiplicarlo per 10. In corrispondenza di  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  e del tratto di 7 metri si ha una variazione di lunghezza di 40mm, quindi un allungamento complessivo di 400mm.

Nel secondo caso la variazione è  $\Delta T = -5^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = -60^\circ\text{C}$ , negativa, quindi l'allungamento deve essere interpretato come una contrazione. In corrispondenza di  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$  e del tratto 7 metri si ha una variazione di lunghezza di 80mm e quindi la contrazione complessiva è di 800mm.

### Esempio 2

Si voglia determinare la lunghezza del braccio flessibile necessario a compensare un tratto di condotta di lunghezza 10 metri e diametro 75mm soggetto ad una variazione massima di temperatura di 30°C.

Dal diagramma 10.2 in corrispondenza del diametro esterno  $d_e=75\text{mm}$  e della differenza di temperatura  $\Delta T=30^\circ\text{C}$  si determina quanto segue:

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.25$$

e quindi:

$$L_B = 0.25 \cdot \sqrt{10} = 0.79\text{m.}$$

Il braccio flessibile di compensazione deve avere una lunghezza di almeno 80cm.

Ora si può calcolare  $L'_B$  imponendo  $L=L_B$  ed utilizzando sempre il diagramma 10.2.

Si ottiene quindi:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.25$$

e quindi:

$$L'_B = 0.25 \cdot \sqrt{0.79} = 0.23\text{m.}$$

## 10.5 EXEMPLES

### Exemple 1

Déterminer les variations de longueur d'une canalisation de 70 mètres lorsque sa température passe de 20°C à 50°C et de 55°C à -5°C.

Dans le premier cas, la variation de température est de  $\Delta T = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ . Comme le diagramme 10.1 couvre des tubes d'une longueur maximale de 10 mètres, l'allongement peut être calculé pour un tronçon de 7 mètres et ensuite multiplié par 10. Au niveau de  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$  et sur le tronçon de 7 mètres, il y a une variation de 40mm, donc un allongement global de 400mm.

Dans le second cas, la variation est négative ( $\Delta T = -5^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C} = -60^\circ\text{C}$ ), donc l'allongement doit être interprété comme une contraction. Au niveau de  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$  et sur le tronçon de 7 mètres, il y a une variation de 80mm, donc la contraction globale est de 800mm.

### Exemple 2

Déterminer la longueur du bras flexible nécessaire pour compenser un tronçon de tube de 10 mètres de long et 75mm de diamètre soumis à une variation de température maximum de 30°C.

À partir du diagramme 10.2 au niveau du diamètre extérieur  $d_e=75\text{mm}$  et de la différence de température  $\Delta T=30^\circ\text{C}$ , on détermine ce qui suit:

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.25$$

et donc:

$$L_B = 0.25 \cdot \sqrt{10} = 0.79\text{m.}$$

Le bras de compensation flexible doit mesurer au moins 80cm de long.

On peut maintenant calculer  $L'_B$  en imposant  $L=L_B$  et en utilisant toujours le diagramme 10.2.

On obtient alors:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.25$$

et donc:

$$L'_B = 0.25 \cdot \sqrt{0.79} = 0.23\text{m.}$$

### Esempio 3

Si voglia determinare l'omega di compensazione necessaria al tratto di condotta di lunghezza 30 metri e diametro 63mm soggetto ad una variazione massima di temperatura di 30°C.

Per il calcolo di  $L_B$  si utilizza il diagramma 10.2 considerando  $L$  pari alla metà della lunghezza totale della condotta ( $L=30/2=15m$ ):

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.225$$

$$L_B = 0.225 \cdot \sqrt{15} = 0.87m.$$

Ora si deve calcolare  $L'_B$  imponendo  $L=L_B$  utilizzando sempre il diagramma 10.2:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.225$$

$$L'_B = 0.225 \cdot \sqrt{0,87} = 0.21m.$$

Si ipotizza di utilizzare un'omega quadra, quindi:

$$L_H = L_B = 0,87m.$$

Ovviamente il valore di  $L_H$  dovrà essere sempre superiore alla dilatazione massima dell'intero tratto di condotta per evitare che i due vertici della omega arrivino a toccarsi.

Si verifica questa condizione utilizzando il diagramma 10.2:

$$\Delta L = 172 \text{ mm.}$$

Essendo risultato  $\Delta L < L_H$  il dimensionamento della omega può considerarsi corretto.

### Exemple 3

Déterminer l'oméga de compensation nécessaire pour le tronçon de tube de 30 mètres de long et 63mm de diamètre soumis à une variation de température maximum de 30°C.

On utilise pour le calcul de  $L_B$  le diagramme 10.2, en considérant  $L$  comme égal à la moitié de la longueur totale de la canalisation ( $L=30/2=15m$ ):

$$\frac{L_B}{\sqrt{L}} = 0.225$$

$$L_B = 0.225 \cdot \sqrt{15} = 0.87m.$$

Il faut maintenant calculer  $L'_B$  en imposant  $L=L_B$  en utilisant toujours le diagramme 10.2:

$$\frac{L'_B}{\sqrt{L_B}} = 0.225$$

$$L'_B = 0.225 \cdot \sqrt{0,87} = 0.21m.$$

On suppose d'utiliser un oméga carré, donc:

$$L_H = L_B = 0,87m.$$

Il est évident que la valeur de  $L_H$  doit toujours être supérieure à la dilatation maximale de toute la section de canalisation afin d'éviter que les deux sommets de l'oméga ne se touchent.

Cette condition est obtenue en utilisant le diagramme 10.2:

$$\Delta L = 172 \text{ mm.}$$

Comme le résultat est  $\Delta L < L_H$ , le dimensionnement de l'oméga peut être considéré comme correct.

## 11. RESE DEI TUBI UNIDELTA PE-X NEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO A PAVIMENTO RENDEMENTS DES TUBES UNIDELTA PE-X DANS LES PLANCHERS CHAUFFANTS

### 11.1 INTRODUZIONE

Di seguito sono esposti i concetti di base, le formule ed i diagrammi impiegati per il dimensionamento degli impianti di riscaldamento a pavimento realizzati con tubi Unidelta PE-X.

Le procedure adottate per il calcolo delle rese, delle temperature, delle portate e delle lunghezze delle serpentine sono basate sui criteri della norma EN 1264 "Floor heating - systems and components".

Si rimanda quindi a tale norma o ad altra documentazione specializzata per maggiori dettagli.

### 11.1 INTRODUCTION

Vous trouverez ci-dessous les concepts, formules et diagrammes utilisés pour le dimensionnement des planchers chauffants réalisés avec des tubes Unidelta PE-X. Les procédures adoptées pour le calcul des rendements, des températures, des débits et des longueurs de serpentins sont basées sur les critères de la norme EN 1264 "Floor heating - systems and components". Veuillez vous référer à cette norme ou à d'autres documents spécialisés pour plus de détails.

### 11.2 IL FABBISOGNO TERMICO SPECIFICO

L'impianto di riscaldamento a pavimento emette energia termica sia verso l'alto sia verso il basso in funzione delle resistenze termiche degli strati di materiale che compongono il pavimento sopra e sotto la serpentina. Poiché l'energia termica utile è quella verso l'alto è necessario ridurre quanto più possibile il flusso termico verso il basso inserendo uno strato di materiale isolante sotto le serpentine. L'energia termica dell'impianto di riscaldamento (resa) deve essere tale da coprire il fabbisogno termico  $Q$  in [W] richiesto dal locale considerato che dipende dalle condizioni ambientali interne ed esterne, quali temperatura del locale, temperatura esterna, presenza di vento, incidenza dei raggi solari, composizione delle pareti del locale, eventuale energia termica dovuta al riscaldamento del locale superiore, ecc.. Il flusso termico specifico  $q$  in [W/m<sup>2</sup>] diretto verso l'alto è quindi la quantità di calore necessaria al locale per unità di superficie:

$$q = \frac{Q}{A_F}$$

dove:

$A_F$  è la superficie del pavimento [m<sup>2</sup>].

Il flusso termico specifico  $q$  è il valore sul quale si basa il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento a pannelli radianti.

### 11.2 LA DEMANDE THERMIQUE SPÉCIFIQUE

Le plancher chauffant émet de l'énergie thermique vers le haut et vers le bas en fonction de la résistance thermique des couches de matériaux qui composent le plancher, au-dessus et au-dessous du serpentin. Comme l'énergie thermique utile est celle qui est dirigée vers le haut, il est nécessaire de réduire au maximum le flux de chaleur vers le bas en insérant une couche de matériau isolant sous les serpentins. L'énergie thermique du système de chauffage (rendement) doit être telle qu'elle couvre la demande de chaleur  $Q$  en [W] requise par la pièce en question, qui dépend des conditions environnementales internes et externes, telles que la température de la pièce, la température extérieure, le vent, l'incidence des rayons solaires, la composition des murs de la pièce, l'énergie thermique éventuellement due au chauffage de la pièce qui se trouve au-dessus, etc... Le flux thermique spécifique  $q$  en [W/m<sup>2</sup>] dirigé vers le haut est donc la quantité de chaleur requise pour la pièce par unité de surface:

$$q = \frac{Q}{A_F}$$

où:

$A_F$  est la surface du plancher [m<sup>2</sup>].

Le flux thermique spécifique  $q$  est la valeur sur laquelle se base le dimensionnement du système de chauffage par panneaux radiants.

Questo dipende da un numero elevato di parametri quali:

$s_u$	spessore dello strato compreso fra la serpentina ed il rivestimento del pavimento [m];
$\lambda_E$	conduttività dello strato compreso fra la serpentina ed il rivestimento del pavimento [W/mK];
$R_B$	resistenza termica del rivestimento del pavimento [m <sup>2</sup> K/W];
$d_e$	diametro esterno del tubo Unidelta PE-X [mm];
$T$	passo delle serpentine [cm];
$\theta_i$	temperatura ambiente [°C];
$\theta_V$	temperatura di mandata dell'acqua del circuito [°C];
$\theta_R$	temperatura di ritorno dell'acqua del circuito [°C].

La relazione esistente tra il flusso termico specifico  $q$  e i parametri sopracitati è la seguente:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

dove:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \left( \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i} \right)}$$

$$\alpha_1 = \alpha_1(d_e, s_u)$$

$$\alpha_2 = \alpha_2(\lambda_E, R_B)$$

$$\alpha_3 = \alpha_3(T, R_B)$$

sono dati rispettivamente dai diagrammi 11.1, 11.2, 11.3 e 11.4.

Cela dépend d'un grand nombre de paramètres tels que:

$s_u$	épaisseur de la couche entre le serpentin et le revêtement du plancher [m];
$\lambda_E$	conductivité de la couche entre le serpentin et le revêtement du plancher [W/mK];
$R_B$	résistance thermique du revêtement du plancher [m <sup>2</sup> K/W];
$d_e$	diamètre extérieur du tube Unidelta PE-X [mm];
$T$	pas des serpentins [cm];
$\theta_i$	température ambiante [°C];
$\theta_V$	température de refoulement de l'eau du circuit [°C];
$\theta_R$	température de retour de l'eau du circuit [°C].

La relation entre le flux thermique spécifique  $q$  et les paramètres ci-dessus est la suivante:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

où:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \left( \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i} \right)}$$

$$\alpha_1 = \alpha_1(d_e, s_u)$$

$$\alpha_2 = \alpha_2(\lambda_E, R_B)$$

$$\alpha_3 = \alpha_3(T, R_B)$$

sont donnés respectivement par les diagrammes 11.1, 11.2, 11.3 et 11.4.



Diagramma 11.1 - Fabbisogno termico specifico:  $\alpha_1$   
Diagramme 11.1 - Demande thermique spécifique:  $\alpha_1$

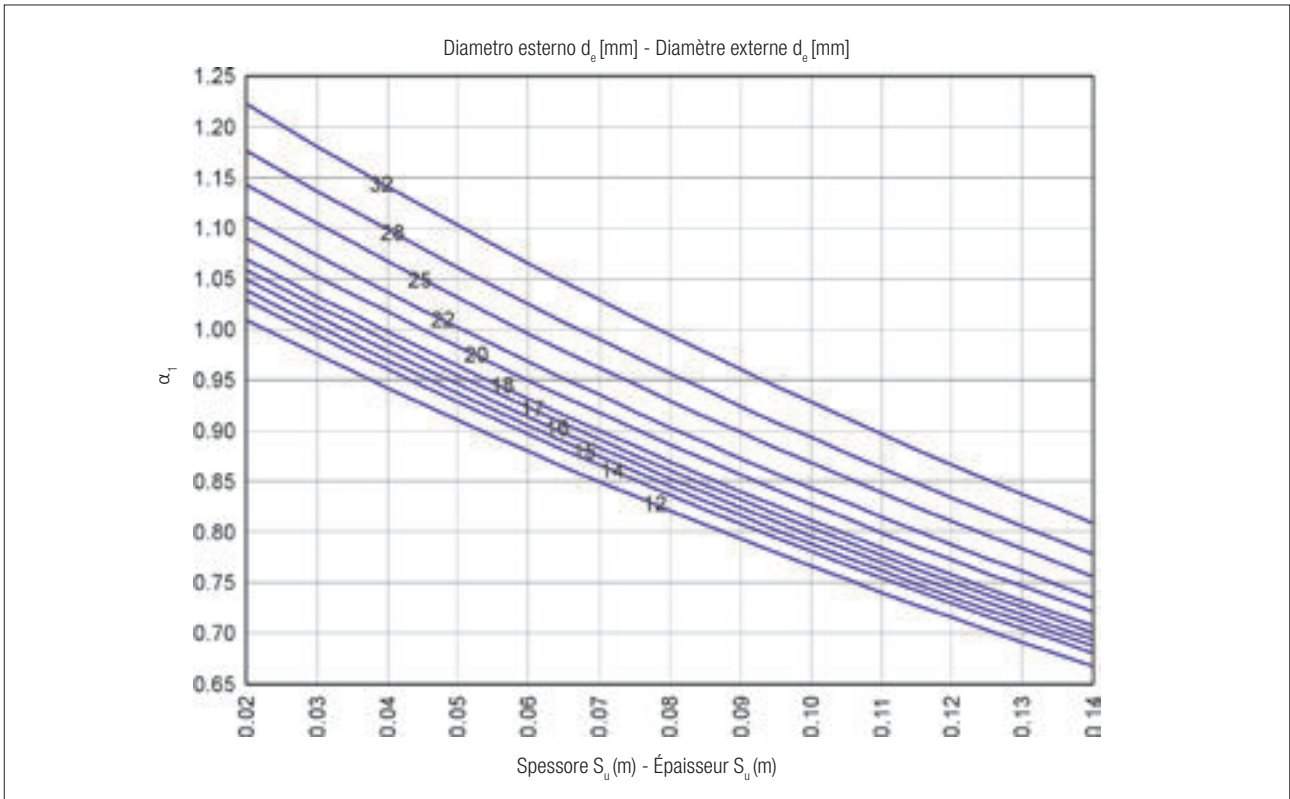


Diagramma 11.2 - Fabbisogno termico specifico:  $\alpha_2$   
Diagramme 11.2 - Demande thermique spécifique:  $\alpha_2$

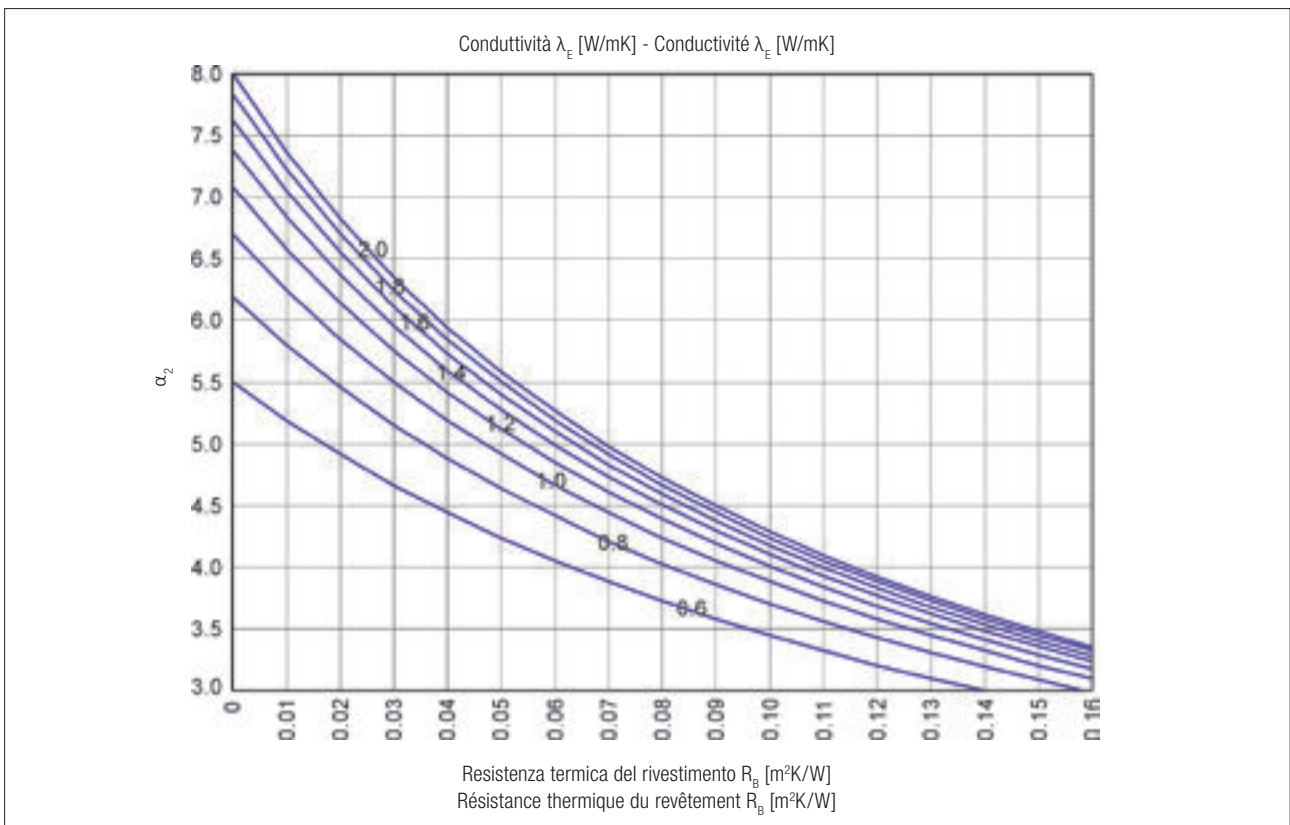


Diagramma 11.3 - Fabbisogno termico specifico:  $\alpha_3$   
 Diagramme 11.3 - Demande thermique spécifique:  $\alpha_3$

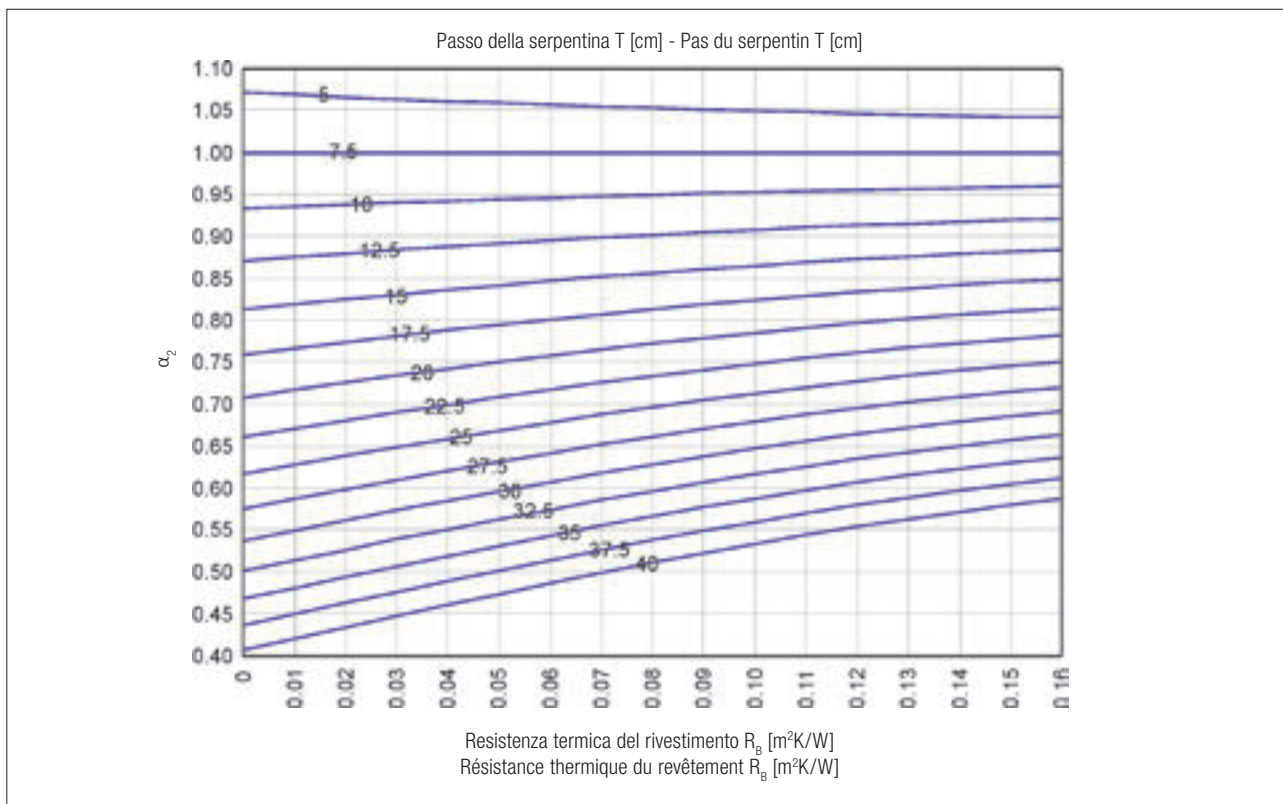
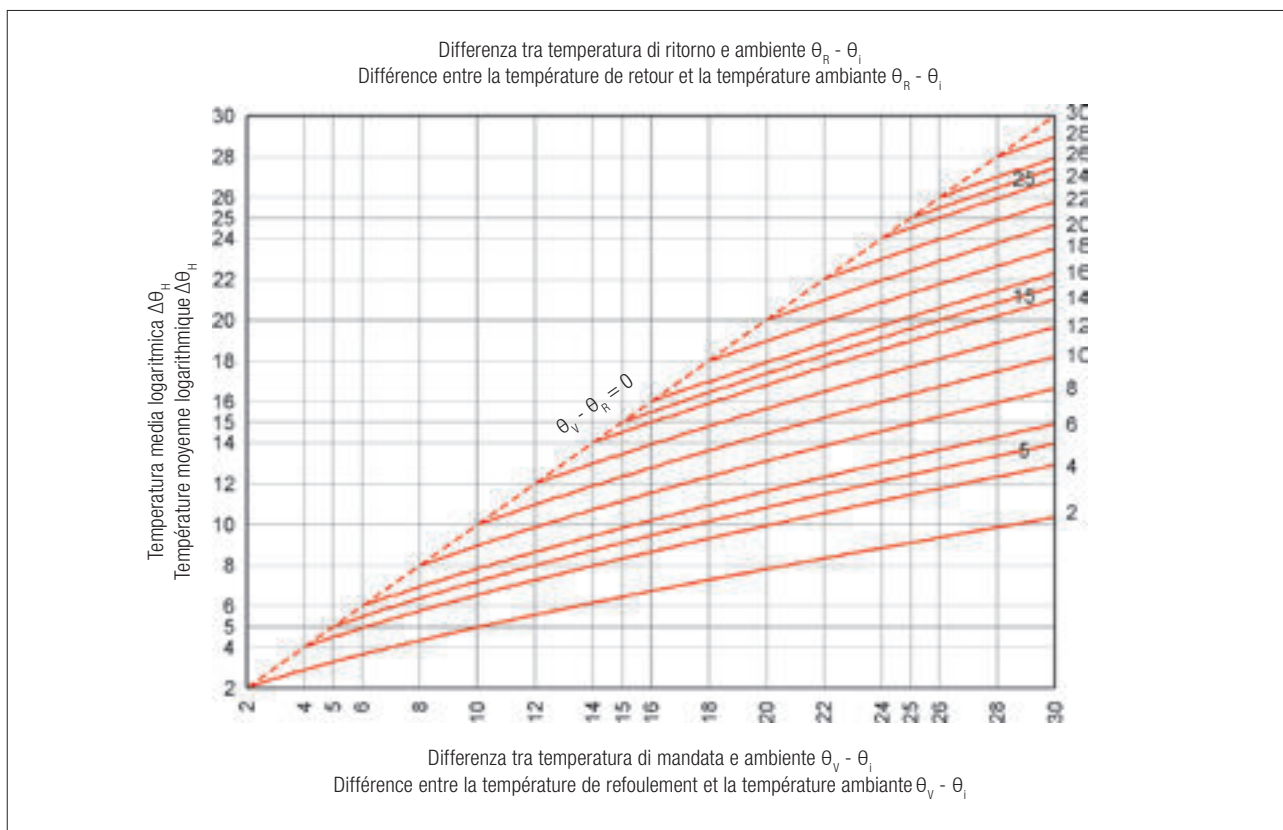


Diagramma 11.4 - Fabbisogno termico specifico:  $\Delta\theta_H$   
 Diagramme 11.4 - Demande thermique spécifique:  $\Delta\theta_H$



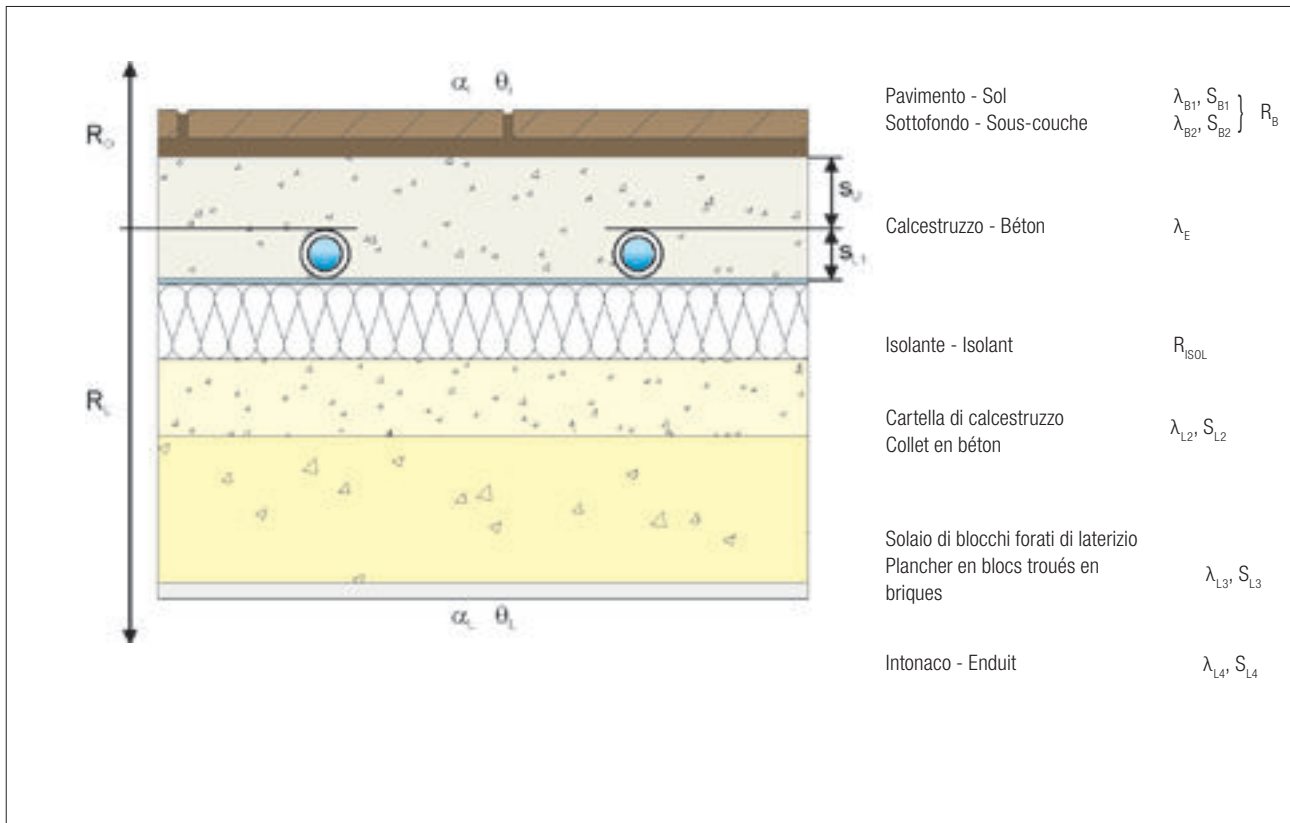
### 11.3 LA STRUTTURA DEL PAVIMENTO

Per poter valutare il flusso termico specifico è necessario aver stabilito la struttura del pavimento (spessore  $s_u$  e conduttività  $\lambda_e$ ) compreso il suo rivestimento (resistenza termica  $R_B$ ).

### 11.3 LA STRUCTURE DU PLANCHER

Afin d'évaluer le flux thermique spécifique, il est nécessaire d'avoir établi la structure du plancher (épaisseur  $s_u$  et conductivité  $\lambda_e$ ) y compris son revêtement (résistance thermique  $R_B$ ).

Figura 11.1 - Struttura del pavimento negli impianti di riscaldamento a pavimento  
Figure 11.1 - Structure du plancher dans les systèmes de planchers chauffants



In figura 11.1 è mostrata la pavimentazione adottata generalmente per un impianto di riscaldamento a pavimento.

La resistenza termica del rivestimento  $R_B$  è data dalla somma delle resistenze dei singoli strati che lo compongono  $R_{Bi} = s_{Bi} / \lambda_{Bi}$ :

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} + \dots + \frac{s_{Bn}}{\lambda_{Bn}} = \sum_{i=1}^n \frac{s_{Bi}}{\lambda_{Bi}}$$

Le conduttività termiche  $\lambda$  di alcuni materiali omogenei, le resistenze termiche  $R$  di alcuni materiali composti e di alcuni rivestimenti sono riportate nelle tabelle 11.1, 11.2 e 11.3 rispettivamente.

La figure 11.1 montre le plancher généralement utilisé pour un système de chauffage par le sol.

La résistance thermique du revêtement  $R_B$  est donnée par la somme des résistances des différentes couches qui le composent  $R_{Bi} = s_{Bi} / \lambda_{Bi}$ :

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} + \dots + \frac{s_{Bn}}{\lambda_{Bn}} = \sum_{i=1}^n \frac{s_{Bi}}{\lambda_{Bi}}$$

Les conductivités thermiques  $\lambda$  de certains matériaux homogènes, les résistances thermiques  $R$  de certains matériaux composites et de certains revêtements sont données dans les tableaux 11.1, 11.2 et 11.3 respectivement.



Tabella 11.1 - Conduttività termiche e pesi specifici di alcuni materiali omogenei  
 Tableau 11.1 - Conductivités thermiques et poids spécifiques de certains matériaux homogènes

Materiale Matériau	Conduttività termica Conductivité thermique $\lambda$ [W/mK]	Peso specifico Poids spécifique $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Asfalto - Asphalte	0,7	2100
Calcestruzzo armato - Béton armé	1,51	2400
Calcestruzzo ordinario - Béton ordinaire	1,28	2200
Ceramica/cotto - Céramique/terre cuite	1,16	2400
Gesso - Craie	0,43	1240
Ghiaia secca in strati - Gravier sec en couches	0,93	1900
Gomma dura per pavimenti - Caoutchouc dur pour planchers	0,28	1200
Granito - Granit	3,14÷4,07	2500÷3000
Intonaco di calce e sabbia interno - Enduit de chaux et sable à l'intérieur	0,7	1800
Intonaco di gesso interno - Plâtre intérieur	0,52	1200
Linoleum - Linoléum	0,18	1200
Malta di cemento - Mortier de ciment	1,4	2200
Marmo - Marbre	3,37	2700
Moquette - Moquette	0,09	-
Parquet di quercia/rovere - Parquet de chêne	0,2	850
Polistirolo espanso - Mousse de polystyrène	0,035	25
Poliuretano espanso - Mousse de polyuréthane	0,025	35
PVC	0,17	1350
Sabbia asciutta - Sable sec	0,58	1500
Sabbia e cemento - Sable et ciment	0,93	2100
Sughero in piastre - Liège en dalles	0,035÷0,070	120÷300
Vermiculite espansa - Vermiculite expansée	0,07	130

Tabella 11.2 - Resistenze termiche di alcuni materiali non omogenei  
 Tableau 11.2 - Résistances thermiques de certains matériaux non-homogènes

Materiale Matériau	Resistenza Termica Résistance thermique R [m <sup>2</sup> K/W]
Solaio di blocchi forati di laterizio spessore 0,15÷0,18 m Plancher en briques perforées épaisses 0,15÷0,18 m	0,30
Solaio di blocchi forati di laterizio spessore 0,18÷0,22 m Plancher en briques perforées épaisses 0,18÷0,22 m	0,35
Solaio di blocchi forati di laterizio spessore 0,22÷0,26 m Plancher en briques perforées épaisses 0,22÷0,26 m	0,45

Tabella 11.3 - Resistenze termiche di alcuni rivestimenti  
 Tableau 11.3 - Résistances thermiques de certains revêtements

Materiale Matériau	Spessore Épaisseur s <sub>b</sub> [mm]	Conduttività termica Conductivité thermique λ <sub>b</sub> [W/mK]	Resistenza termica Résistance thermique R <sub>b</sub> [m <sup>2</sup> K/W]
Marmo - Marbre	15	3,3	0,0012
Letto di malta - Lit de mortier	10	1,4	
Piastrelle di ceramica/cotto - Carreaux en céramique/terre cuite	10	1,0	0,0011
Letto di malta - Lit de mortier	2	1,4	
PVC	5	0,17	0,03
Parquet - Parquet	8	0,2	0,05
Collante - Adhésif	2	0,2	
Moquette - Moquette	10	0,09	0,11

#### 11.4 TEMPERATURA MEDIA DEL PAVIMENTO

Per determinare la temperatura media del pavimento  $\theta_{F,m}$  che deve essere realizzata per avere il flusso termico specifico  $q$  si fa uso del diagramma 11.5 per rese inferiori a 140 W/m<sup>2</sup> e del diagramma 11.6 per rese superiori a 140 W/m<sup>2</sup>. Per locali a stazionamento prolungato la temperatura massima ammissibile è di 29°C, per i bagni è di 32°C mentre per le zone dove non è previsto stazionamento - quali le aree perimetrali in prossimità di pareti ad alta dispersione - è consentita una temperatura di 35°C.

Quando dal dimensionamento dell'impianto risulta una temperatura media del pavimento eccessiva è necessario ridurre le dispersioni di calore, migliorando l'isolamento termico del locale, oppure fornendo l'energia termica che il pannello non riesce ad emettere con corpi scaldanti integrativi esterni, elettrici od idraulici, che vengono impiegati saltuariamente nelle condizioni climatiche più sfavorevoli.

#### 11.4 TEMPÉRATURE MOYENNE DU PLANCHER

Pour déterminer la température moyenne du plancher  $\theta_{F,m}$  qui doit être réalisée pour avoir le flux thermique spécifique  $q$ , on utilise le diagramme 11.5 pour les rendements inférieurs à 140 W/m<sup>2</sup> et le diagramme 11.6 pour les rendements supérieurs à 140 W/m<sup>2</sup>. La température maximale autorisée est de 29°C pour les locaux de séjour prolongé, de 32°C pour les salles de bain et de 35°C pour les zones où il n'est pas prévu de séjourner - comme les zones périmétriques situées près des murs à dispersion élevée.

Lorsque le dimensionnement du système entraîne une température moyenne excessive du plancher, il est nécessaire de réduire la dispersion de chaleur, en améliorant l'isolation thermique de la pièce, ou en fournissant l'énergie thermique que le panneau ne peut pas émettre avec des corps de chauffe externes supplémentaires, électriques ou hydrauliques, qui sont utilisés occasionnellement dans les conditions climatiques les plus défavorables.

Diagramma 11.5 - Flusso termico inferiore a 140 W/m<sup>2</sup>  
 Diagramme 11.5 - Flux thermique inférieur à 140 W/m<sup>2</sup>

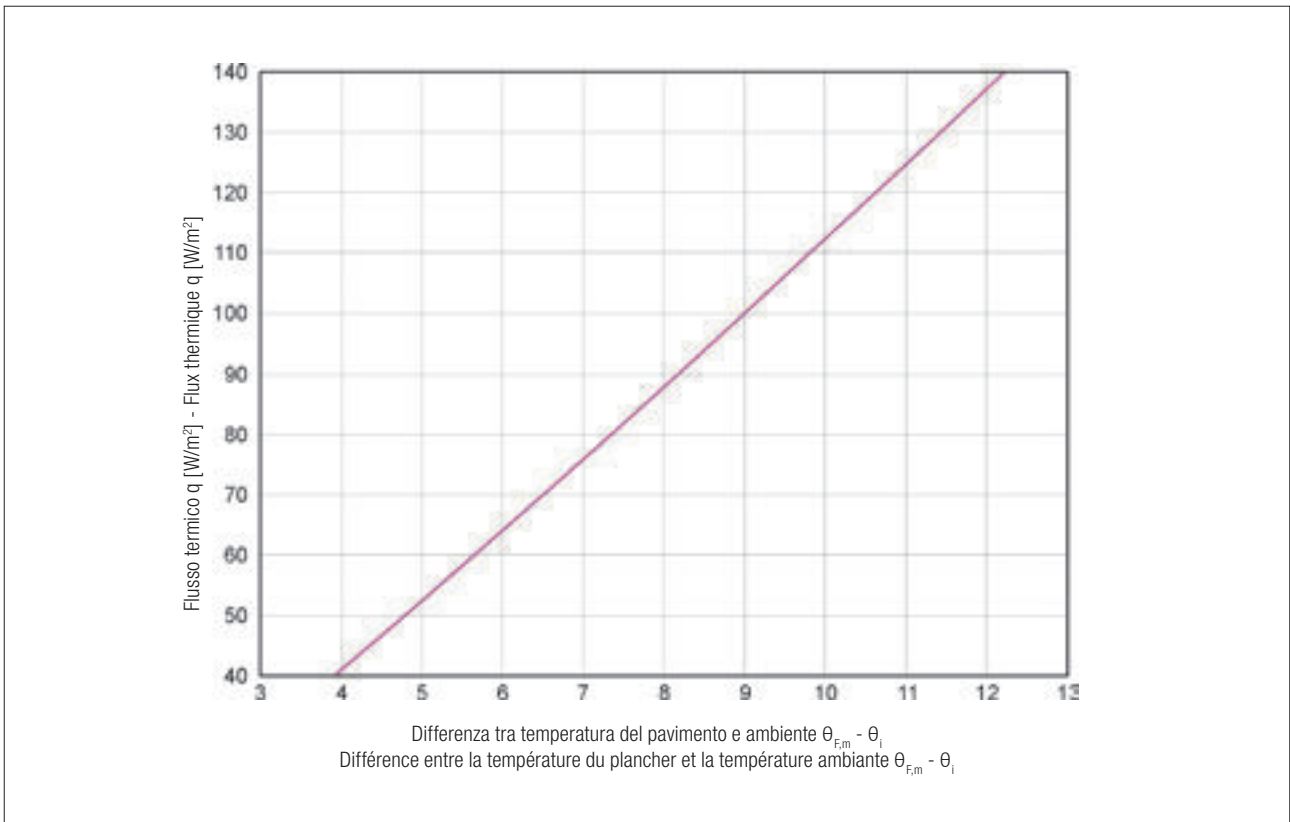
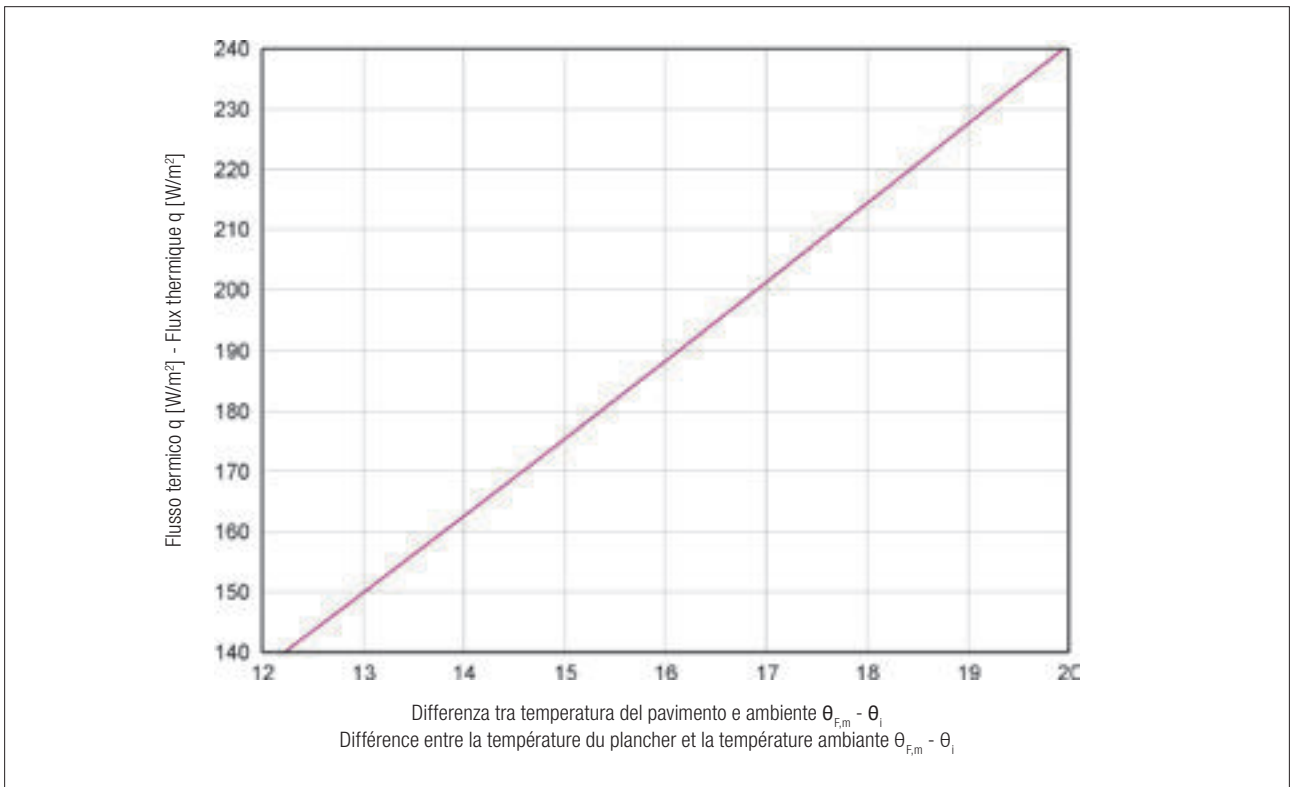


Diagramma 11.6 - Flusso termico superiore a 140 W/m<sup>2</sup>  
 Diagramme 11.6 - Flux thermique supérieur à 140 W/m<sup>2</sup>



## 11.5 LA PORTATA DI ACQUA NELLA SERPENTINA

La portata di acqua  $m_H$  può essere calcolata mediante il diagramma 11.7 che fornisce il rapporto fra la portata di acqua e la superficie del locale  $A_F$  in funzione di due parametri composti  $\beta_1$  e  $\beta_2$  e del salto termico del fluido  $\theta_V - \theta_R$ .

Il valore di  $\beta_1$  è funzione della resistenza termica  $R_L$  dello strato di pavimento sottostante i tubi e della differenza tra la temperatura ambiente del locale considerato  $\theta_i$  e quella del locale inferiore  $\theta_L$ . Il diagramma 11.8 ne consente la determinazione.

Il valore di  $\beta_2$  è funzione della resa dell'impianto  $q$  e del rapporto  $R_L/R_0$  fra le resistenze termiche dello strato di pavimento sopra i tubi  $R_0$  e quello inferiore  $R_L$ . Il diagramma 11.9 per  $q$  inferiori a  $100 \text{ W/m}^2$  e il diagramma 11.10 per  $q$  superiori a  $100 \text{ W/m}^2$  consentono la determinazione di questo parametro.

La velocità  $v$  del flusso che deriva dalla portata  $m_H$  non deve superare il valore di  $0.7 \text{ m/s}$  per installazioni di tipo civile mentre in ambienti industriali sono consentite velocità fino a  $1 \text{ m/s}$ .

La resistenza termica dello strato di pavimento superiore ai tubi è data dall'espressione seguente:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E}$$

dove  $\alpha_i = 10.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  è il coefficiente di scambio termico per convezione tra pavimento e aria sovrastante,  $R_B$ ,  $s_u$  e  $\lambda_E$  sono i parametri visti in precedenza: rispettivamente la resistenza termica del rivestimento, lo spessore e la conduttività termica dello strato di materiale compreso tra i tubi ed il rivestimento.

La resistenza termica dello strato di pavimento inferiore è data da:

$$R_L = \frac{s_{L1}}{\lambda_{L1}} + R_{isol} + \frac{s_{L2}}{\lambda_{L2}} + \dots + \frac{s_{Lm}}{\lambda_{Lm}} + \frac{1}{\alpha_L} = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L}$$

dove  $\alpha_L = 5.9 \text{ W/m}^2\text{K}$  è il coefficiente di scambio termico per convezione tra superficie inferiore del pavimento e l'aria del locale sottostante,  $R_{isol}$  è la resistenza termica dell'isolante,  $s_{Li}$  e  $\lambda_{Li}$  sono gli spessori e le conduttività termiche degli strati di materiale che compongono il pavimento al di sotto delle serpentine.

## 11.5 LE DÉBIT D'EAU DANS LE SERPENTIN

Le débit d'eau  $m_H$  peut être calculé au moyen du diagramme 11.7 qui donne le rapport entre le débit d'eau et la superficie du local  $A_F$  en fonction de deux paramètres composés  $\beta_1$  et  $\beta_2$  et de la différence de température du fluide  $\theta_V - \theta_R$ .

La valeur de  $\beta_1$  est une fonction de la résistance thermique  $R_L$  de la couche de sol sous les tubes et de la différence entre la température ambiante de la pièce considérée  $\theta_i$  et celle de la pièce se trouvant en dessous  $\theta_L$ . Le diagramme 11.8 permet de la déterminer.

La valeur de  $\beta_2$  est une fonction du rendement du système  $q$  et du rapport  $R_L/R_0$  entre les résistances thermiques de la couche de sol au-dessus des tubes  $R_0$  et en dessous  $R_L$ . Le diagramme 11.9 pour  $q$  inférieur à  $100 \text{ W/m}^2$  et le diagramme 11.10 pour  $q$  supérieur à  $100 \text{ W/m}^2$  permettent de déterminer ce paramètre.

La vitesse  $v$  du flux résultant du débit  $m_H$  ne doit pas dépasser la valeur de  $0,7 \text{ m/s}$  pour les installations civiles, tandis qu'en milieu industriel, des vitesses allant jusqu'à  $1 \text{ m/s}$  sont autorisées.

La résistance thermique de la couche de sol au-dessus des tubes est donnée par l'expression suivante:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E}$$

où  $\alpha_i = 10,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  est le coefficient d'échange thermique par convection entre le plancher et l'air sus-jacent,  $R_B$ ,  $s_u$  et  $\lambda_E$  sont les paramètres vus précédemment: respectivement la résistance thermique du revêtement, l'épaisseur et la conductivité thermique de la couche de matériau entre les tubes et le revêtement.

La résistance thermique de la couche inférieure du plancher est donnée par:

$$R_L = \frac{s_{L1}}{\lambda_{L1}} + R_{isol} + \frac{s_{L2}}{\lambda_{L2}} + \dots + \frac{s_{Lm}}{\lambda_{Lm}} + \frac{1}{\alpha_L} = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L}$$

où  $\alpha_L = 5,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  est le coefficient d'échange thermique par convection entre la surface inférieure du plancher et l'air de la pièce située en dessous,  $R_{isol}$  est la résistance thermique de l'isolation,  $s_{Li}$  et  $\lambda_{Li}$  sont les épaisseurs et les conductivités thermiques des couches de matériau qui composent le sol en dessous des serpentes.

Diagramma 11.7 - Portata di acqua nella serpentina  
 Diagramme 11.7 - Débit d'eau dans le serpentin

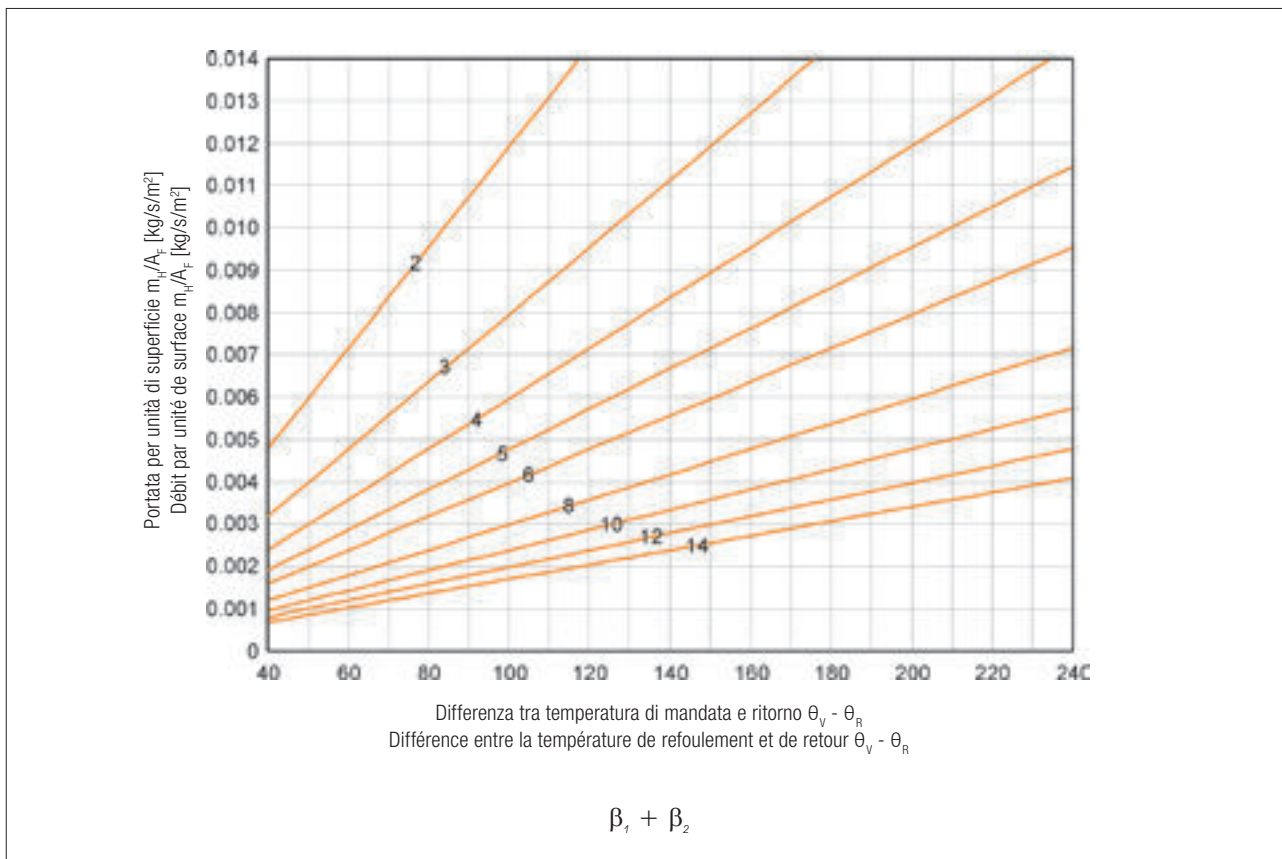


Diagramma 11.8 - Portata di acqua nella serpentina:  $\beta_1$   
 Diagramme 11.8 - Débit d'eau dans le serpentin:  $\beta_1$

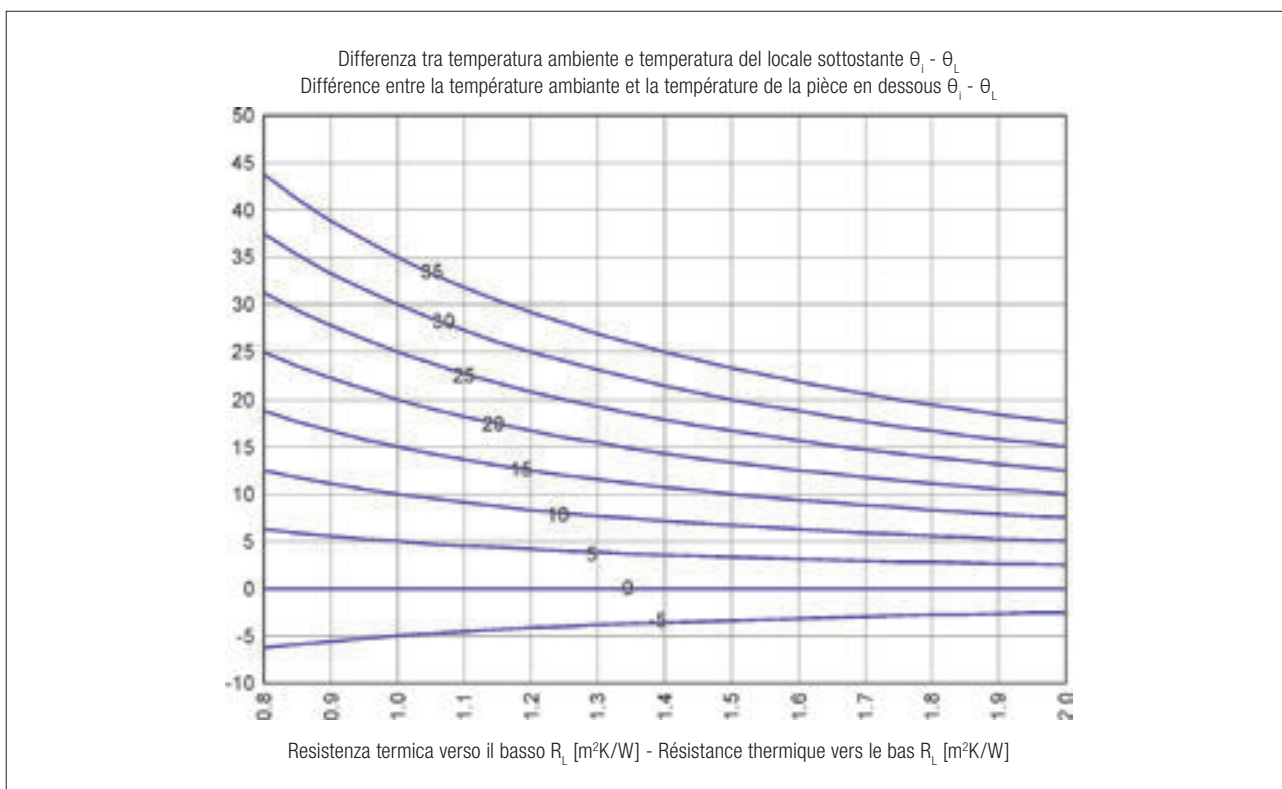




Diagramma 11.9 - Flusso termico inferiore a 100 W/m<sup>2</sup>  
Diagramme 11.9 - Flux thermique inférieur à 100 W/m<sup>2</sup>

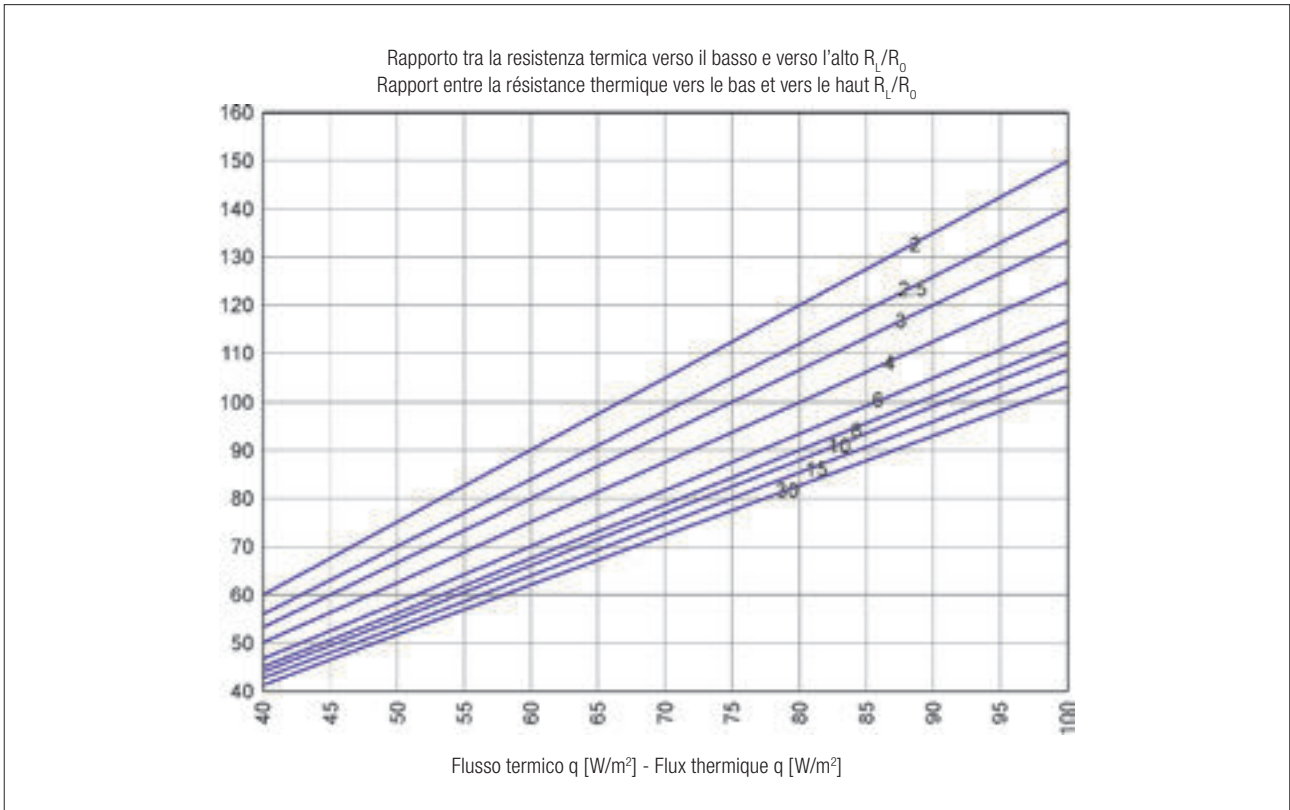
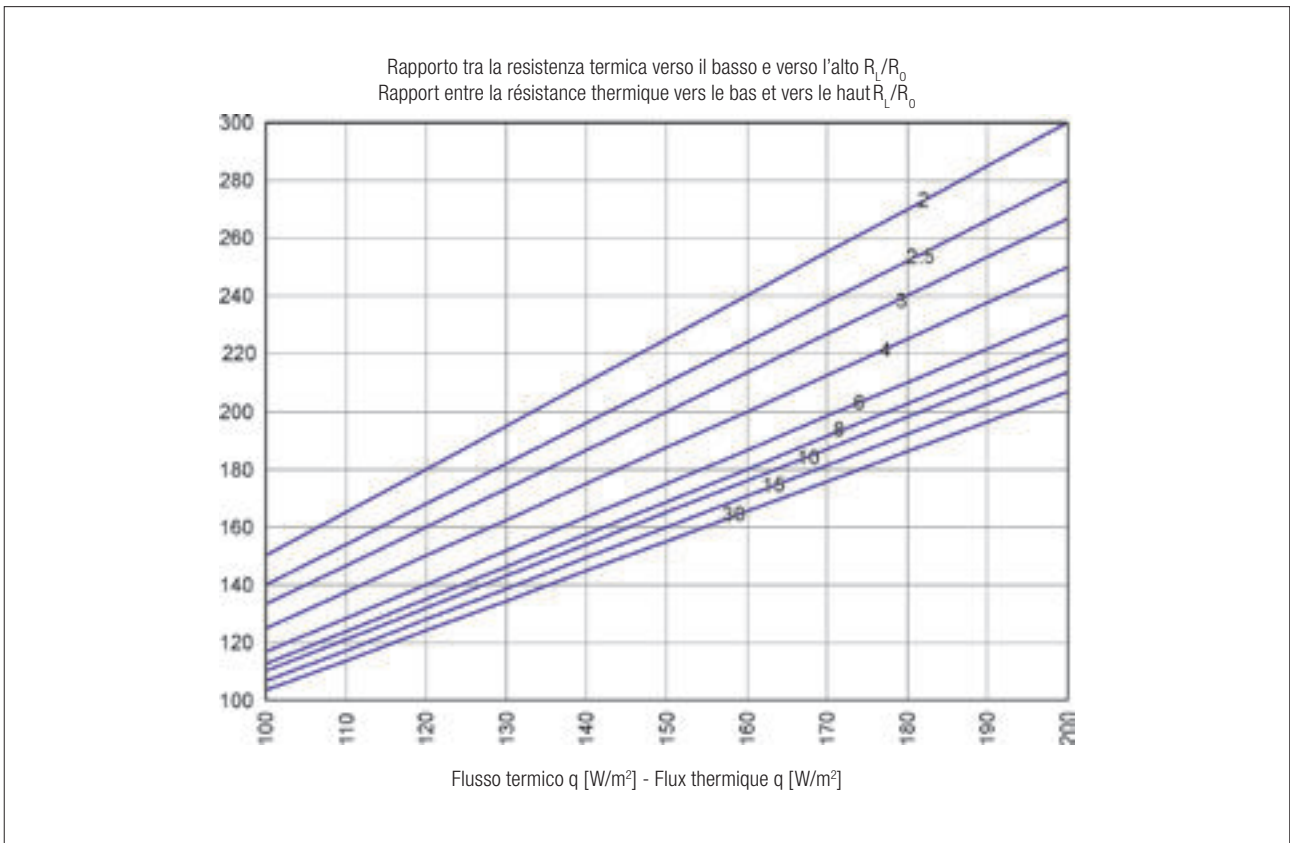


Diagramma 11.10 - Flusso termico superiore a 100 W/m<sup>2</sup>  
Diagramme 11.10 - Flux thermique supérieur à 100 W/m<sup>2</sup>



## 11.6 IL FLUSSO TERMICO VERSO IL BASSO

L'emissione di calore di un sistema di riscaldamento a pavimento deve avvenire soprattutto verso l'alto; per questo all'interno del pavimento e sotto le serpentine viene inserito uno strato di materiale isolante che aumenta la resistenza termica verso il basso riducendo il flusso termico  $q_2$  in questa direzione. Una certa quantità di energia termica viene comunque sempre ceduta verso il basso in funzione della temperatura  $\theta_L$  del locale sottostante. Questo flusso termico deve essere conteggiato come apporto di calore dall'esterno quando viene effettuato il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento a pavimento e può essere dell'ordine del 10÷15% del flusso termico verso l'alto.

Il calcolo del flusso di calore verso il basso può essere fatto utilizzando la formula seguente:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q$$

dove  $\beta_1$  e  $\beta_2$  sono i coefficienti utilizzati per il calcolo della portata di acqua.

## 11.7 LA LUNGHEZZA DELLA SERPENTINA

La lunghezza del tubo che compone la serpentina può essere calcolata semplicemente dal rapporto fra la superficie del locale e il passo della serpentina:

$$L = 100 \cdot A_F / T$$

con  $A_F$  espressa in  $[m^2]$  ed il passo  $T$  in  $[cm]$ . Per un calcolo più preciso è necessario considerare anche i tratti di tubo di adduzione che collegano il pannello radiante al collettore di distribuzione poiché anch'essi emettono energia termica.

## 11.6 LE FLUX THERMIQUE VERS LE BAS

L'émission de chaleur d'un système de plancher chauffant doit se faire principalement vers le haut; c'est pourquoi une couche de matériau isolant est insérée à l'intérieur du plancher et sous les serpentins, pour augmenter la résistance thermique vers le bas en réduisant le flux thermique  $q_2$  dans cette direction. Une certaine quantité d'énergie thermique est toujours libérée vers le bas en fonction de la température  $\theta_L$  de la pièce située en dessous. Ce flux thermique doit être compté comme un apport de chaleur de l'extérieur lors du dimensionnement du plancher chauffant et peut être de l'ordre de 10÷15% du flux thermique vers le haut.

Le calcul du flux thermique vers le bas peut être effectué à l'aide de la formule suivante:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q$$

où  $\beta_1$  et  $\beta_2$  sont les coefficients utilisés pour le calcul du débit d'eau.

## 11.7 LA LONGUEUR DU SERPENTIN

La longueur du tube constituant le serpentin peut être calculée simplement à partir du rapport entre la superficie de la pièce et le pas du serpentin:

$$L = 100 \cdot A_F / T$$

avec  $A_F$  exprimé en  $[m^2]$  et le pas  $T$  en  $[cm]$ . Pour un calcul plus précis, il est également nécessaire de considérer les sections de tubes d'adduction qui relient le panneau radiant au collecteur de distribution car elles émettent également de l'énergie thermique.

## 11.8 ESEMPI

### Esempio 1

Si voglia dimensionare l'impianto di riscaldamento a pavimento di un locale avente una superficie  $A_F = 27\text{m}^2$  ed un fabbisogno termico  $Q = 2000\text{ W}$ .

La struttura della pavimentazione è quella mostrata in figura, si voglia utilizzare il tubo Unidelta PE-X 17x2.0 (EN ISO 15875) e si considerino inoltre i seguenti dati:

$$\theta_i = 20^\circ\text{C}$$

temperatura ambiente del locale;

$$\theta_L = 10^\circ\text{C}$$

temperatura ambiente del locale sottostante;

$$\theta_V = 45^\circ\text{C}$$

temperatura di mandata dell'acqua del circuito;

$$\theta_R = 35^\circ\text{C}$$

temperatura di ritorno dell'acqua del circuito.

## 11.8 EXEMPLES

### Exemple 1

Dimensionner le plancher chauffant d'une pièce d'une superficie  $AF = 27\text{m}^2$  et avec une demande thermique  $Q = 2000\text{ W}$ .

La structure du plancher est celle de la figure, si on souhaite utiliser le tube Unidelta PE-X 17x2.0 (EN ISO 15875) en tenant compte également des données suivantes:

$$\theta_i = 20^\circ\text{C}$$

température ambiante de la pièce;

$$\theta_L = 10^\circ\text{C}$$

température ambiante de la pièce en dessous;

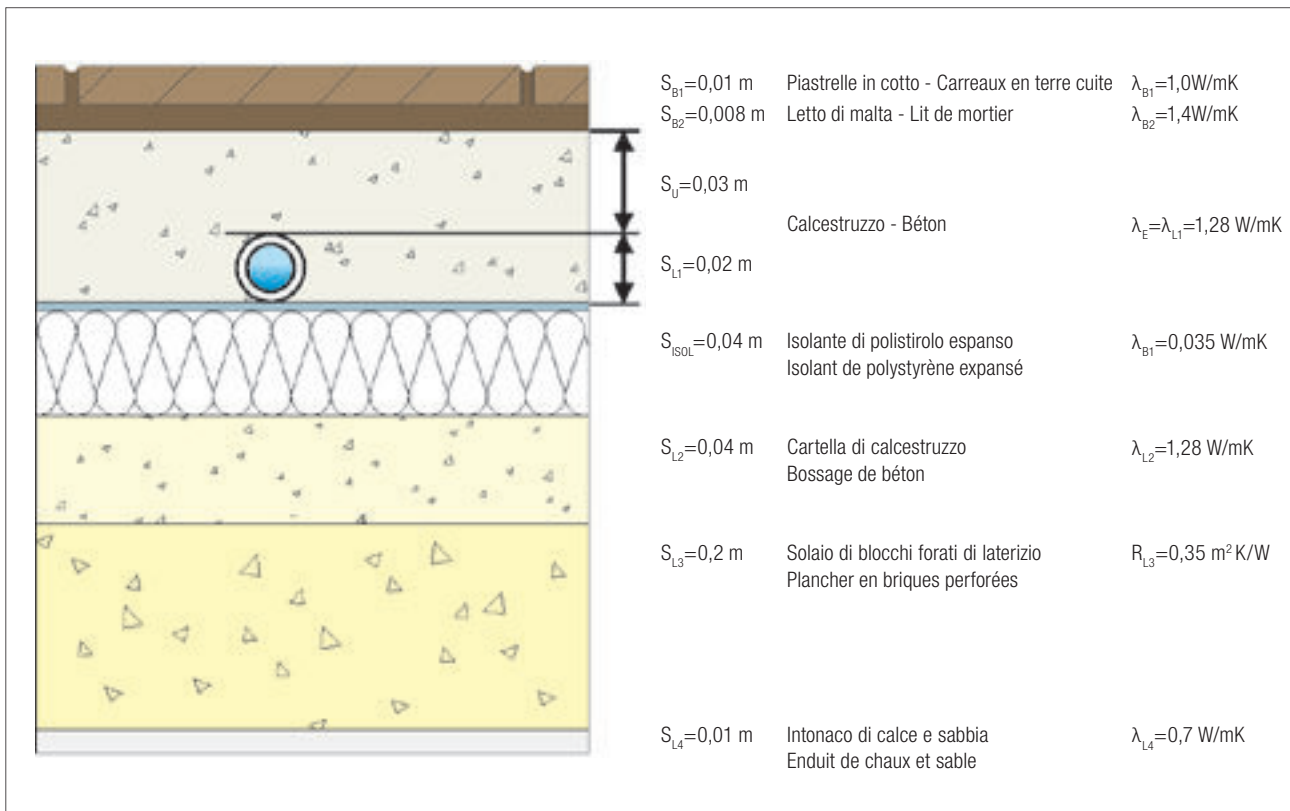
$$\theta_V = 45^\circ\text{C}$$

température de refoulement de l'eau du circuit;

$$\theta_R = 35^\circ\text{C}$$

température de retour de l'eau du circuit.

Figura 11.2 - Struttura del pavimento di esempio  
Figure 11.2 - Structure du sol en exemple





Prima vengono determinati i parametri che intervengono nel dimensionamento:

$d_e = 17\text{mm}$   
diametro esterno del tubo Unidelta PE-X stabilito;

$s_u = 0.03\text{m}$   
spessore dello strato di materiale compreso fra le serpentine ed il rivestimento;

$\lambda_E = 1.28\text{ W/mK}$   
conduttività dello strato di materiale compreso fra le serpentine ed il rivestimento.

La resistenza termica del rivestimento è data dalla formula:

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} =$$

$$\frac{0.01\text{ m}}{1.0\text{ W/mK}} + \frac{0.008\text{ m}}{1.4\text{ W/mK}} = 0.0157\text{ m}^2\text{K/W.}$$

La resistenza termica complessiva verso l'alto è data dalla formula:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E} =$$

$$\frac{1}{10.8\text{ W/m}^2\text{K}} + 0.0157\text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.03\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} = 0.132\text{ m}^2\text{K/W.}$$

La resistenza termica complessiva verso il basso è data dalla formula:

$$R_L = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L} =$$

$$= \frac{0.02\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} + 0.35\text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.04\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} + \frac{0.01\text{ m}}{0.7\text{ W/mK}}$$

$$+ \frac{0.04\text{ m}}{0.035\text{ W/mK}} + \frac{1}{5.9\text{ W/m}^2\text{K}} = 1.723\text{ m}^2\text{K/W.}$$

Les paramètres impliqués dans le dimensionnement sont d'abord déterminés:

$d_e = 17\text{mm}$   
diamètre extérieur du tube Unidelta PE-X établi;

$s_u = 0,03\text{m}$   
épaisseur de la couche de matériau entre les serpents et le revêtement;

$\lambda_E = 1,28\text{ W/mK}$   
conductivité de la couche de matériau entre les serpents et le revêtement.

La résistance thermique du revêtement est donnée par la formule:

$$R_B = \frac{s_{B1}}{\lambda_{B1}} + \frac{s_{B2}}{\lambda_{B2}} =$$

$$\frac{0.01\text{ m}}{1.0\text{ W/mK}} + \frac{0.008\text{ m}}{1.4\text{ W/mK}} = 0.0157\text{ m}^2\text{K/W.}$$

La résistance thermique globale vers le haut est donnée par la formule:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + R_B + \frac{s_u}{\lambda_E} =$$

$$\frac{1}{10.8\text{ W/m}^2\text{K}} + 0.0157\text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.03\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} = 0.132\text{ m}^2\text{K/W.}$$

La résistance thermique globale vers le bas est donnée par la formule:

$$R_L = \sum_{i=1}^m \frac{s_{Li}}{\lambda_{Li}} + R_{isol} + \frac{1}{\alpha_L} =$$

$$= \frac{0.02\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} + 0.35\text{ m}^2\text{K/W} + \frac{0.04\text{ m}}{1.28\text{ W/mK}} + \frac{0.01\text{ m}}{0.7\text{ W/mK}}$$

$$+ \frac{0.04\text{ m}}{0.035\text{ W/mK}} + \frac{1}{5.9\text{ W/m}^2\text{K}} = 1.723\text{ m}^2\text{K/W.}$$



Il flusso termico che il pavimento deve realizzare per bilanciare il fabbisogno energetico del locale è:

$$q = \frac{Q}{A_F} = \frac{2000 \text{ W}}{27 \text{ m}^2} = 74 \text{ W/m}^2$$

ma il flusso termico è dato anche dalla formula:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

dove:

$\alpha_1 = 1.02$  dal diagramma 11.1 per  $D_e = 17\text{mm}$  e  $s_u = 0.03\text{m}$ ;

$\alpha_2 = 6.45$  dal diagramma 11.2 per  $\lambda_E = 1.28 \text{ W/mK}$  e  $R_B = 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;

$\alpha_3$  è incognito in quanto il passo della serpentina  $T$  è incognito;

$\Delta\theta_H = 19.5$  dal diagramma 11.4 per  $\theta_V - \theta_i = 25\text{K}$  e  $\theta_R - \theta_i = 15\text{K}$ .

Quindi si può ricavare il coefficiente  $\alpha_3$  che è:

$$\alpha_3 = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \Delta\theta_H} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 19.5} = 0.576$$

che consente di determinare il passo  $T$  dal diagramma 11.3 in funzione di  $R_B$ . Il punto del diagramma 11.3 corrispondente ad  $\alpha_3 = 0.576$  e  $R_B = 0.0157 \text{ m}^2\text{K/W}$  cade fra il passo  $T = 30\text{cm}$  e  $T = 27.5\text{cm}$ , scegliendo il passo ampio,  $T = 30\text{cm}$ , si determina il nuovo valore di  $\alpha_3 = 0.557$  dal medesimo diagramma. Variato il valore del coefficiente  $\alpha_3$  è opportuno calcolare il nuovo valore di  $\Delta\theta_H$  dal quale si determina la temperatura effettiva di ritorno dell'acqua del circuito  $T_R$ .

Quindi:

$$\Delta\theta_H = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.557} = 20.2$$

e dal diagramma 11.4 si ottiene  $\theta_R - \theta_i = 16 \text{ K}$  da cui la nuova temperatura di ritorno  $\theta_R = 36^\circ\text{C}$  che comporta un salto termico dell'acqua di  $9^\circ\text{C}$ .

Le flux thermique que le plancher doit réaliser pour équilibrer la demande énergétique de la pièce est:

$$q = \frac{Q}{A_F} = \frac{2000 \text{ W}}{27 \text{ m}^2} = 74 \text{ W/m}^2$$

mais le flux thermique est également donné par la formule:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H$$

où:

$\alpha_1 = 1,02$  par le diagramme 11.1 avec  $D_e = 17\text{mm}$  et  $s_u = 0,03\text{m}$ ;

$\alpha_2 = 6,45$  par le diagramme 11.2 avec  $\lambda_E = 1,28 \text{ W/mK}$  et  $R_B = 0,0157 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;

$\alpha_3$  est inconnu car la hauteur du serpentins  $T$  est inconnue;

$\Delta\theta_H = 19,5$  par le diagramme 11.4 avec  $\theta_V - \theta_i = 25\text{K}$  et  $\theta_R - \theta_i = 15\text{K}$ .

On peut alors en déduire le coefficient  $\alpha_3$  qui est:

$$\alpha_3 = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \Delta\theta_H} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 19.5} = 0.576$$

qui permet de déterminer le pas  $T$  du diagramme 11.3 en fonction de  $R_B$ . Le point du diagramme 11.3 correspondant à  $\alpha_3 = 0,576$  et  $R_B = 0,0157 \text{ m}^2\text{K/W}$  se situe entre le pas  $T = 30\text{cm}$  et  $T = 27,5\text{cm}$ , en choisissant le pas large,  $T = 30\text{cm}$ , la nouvelle valeur de  $\alpha_3 = 0,557$  est déterminée à partir du même diagramme. Après avoir modifié la valeur du coefficient  $\alpha_3$ , il convient de calculer la nouvelle valeur de  $\Delta\theta_H$  à partir de laquelle la température effective de l'eau de retour du circuit  $T_R$  est déterminée.

Donc:

$$\Delta\theta_H = \frac{q}{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3} = \frac{74}{1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.557} = 20.2$$

et à partir du diagramme 11.4, on obtient  $\theta_R - \theta_i = 16 \text{ K}$  à partir duquel la nouvelle température de retour  $\theta_R = 36^\circ\text{C}$  qui entraîne une augmentation de la température de l'eau de  $9^\circ\text{C}$ .

Si può ora calcolare la temperatura media del pavimento  $\theta_{F,m}$  mediante il diagramma 11.5 (per  $q$  inferiore a  $140 \text{ W/m}^2$ ) da cui:

$$\theta_{F,m} - \theta_i = 6.8 \text{ K}$$

$$\theta_{F,m} = 26.8^\circ\text{C}.$$

Dal diagramma 11.7 si ha la portata di acqua che circola nelle serpentine per unità di superficie:

$$m_H / A_F = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2$$

in funzione della somma  $\beta_1 + \beta_2 = 87$  e del salto termico dell'acqua  $\theta_v - \theta_r = 9 \text{ K}$ ; dove il coefficiente  $\beta_1=6$  è dato dal diagramma 11.8 in corrispondenza di  $R_L=1.723 \text{ m}^2\text{K/W}$  e  $\theta_1 - \theta_L = 10 \text{ K}$  ed il coefficiente  $\beta_2 = 81$  è dato dal diagramma 11.9 (per  $q$  inferiore a  $100 \text{ W/m}^2$ ) in corrispondenza di  $q = 74 \text{ W/m}^2$  e del rapporto  $R_L/R_0 = 1.723/0.132 = 13.05$ .

Quindi la portata effettiva è:

$$m_H = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2 \cdot 27 \text{ m}^2 = 0.0621 \text{ kg/s}.$$

Nota infine la lunghezza complessiva delle serpentine  $L = 100 \cdot A_F / T = 100 \cdot 27 / 30 = 90 \text{ m}$  si può determinare la perdita di carico  $\Delta p$  e la velocità dell'acqua  $v$  nella condotta dal diagramma 6.2 per il tubo Unidelta PE-X 17x2.0 (UNI EN ISO 15875) alla temperatura di  $50^\circ\text{C}$ :

$$\Delta p / L = 2.6 \text{ m}/100\text{m} \text{ da cui } \Delta p = 3.5 \text{ m} = 0.35 \text{ bar}$$
$$v = 0.47 \text{ m/s}.$$

Ultimo calcolo è quello relativo al flusso termico verso il basso che è dato dall'espressione:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q = 87 - 74 = 13 \text{ W/m}^2.$$

La température moyenne du plancher  $\theta_{F,m}$  peut maintenant être calculée à l'aide du diagramme 11.5 (pour  $q$  inférieur à  $140 \text{ W/m}^2$ ) à partir duquel:

$$\theta_{F,m} - \theta_i = 6.8 \text{ K}$$

$$\theta_{F,m} = 26.8^\circ\text{C}.$$

Le diagramme 11.7 montre le débit de l'eau circulant dans les serpentins par unité de superficie:

$$m_H / A_F = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2$$

en fonction de la somme  $\beta_1 + \beta_2 = 87$  et de la différence de température de l'eau  $\theta_v - \theta_r = 9 \text{ K}$ ; où le coefficient  $\beta_1=6$  est donné par le diagramme 11.8 à  $R_L=1.723 \text{ m}^2\text{K/W}$  et  $\theta_1 - \theta_L = 10 \text{ K}$  et le coefficient  $\beta_2 = 81$  est donné par le diagramme 11.9 (pour  $q$  inférieur à  $100 \text{ W/m}^2$ ) à  $q = 74 \text{ W/m}^2$  avec le rapport  $R_L/R_0 = 1.723/0.132 = 13.05$ .

Le débit effectif est donc le suivant:

$$m_H = 0.0023 \text{ kg/s/m}^2 \cdot 27 \text{ m}^2 = 0.0621 \text{ kg/s}.$$

Enfin, connaissant la longueur totale des serpentins  $L = 100 \cdot A_F / T = 100 \cdot 27 / 30 = 90 \text{ m}$ , la perte de charge  $\Delta p$  et la vitesse de l'eau  $v$  dans la canalisation peuvent être déterminées à partir du diagramme 6.2 pour le tube Unidelta PE-X 17x2.0 (UNI EN ISO 15875) à la température de  $50^\circ\text{C}$ :

$$\Delta p / L = 2.6 \text{ m}/100\text{m} \text{ d'où } \Delta p = 3.5 \text{ m} = 0.35 \text{ bar}$$
$$v = 0.47 \text{ m/s}.$$

Le dernier calcul est celui relatif au flux thermique vers le bas qui est donné par l'expression:

$$q_2 = \beta_1 + \beta_2 - q = 87 - 74 = 13 \text{ W/m}^2.$$



### Esempio 2

Si consideri la stessa struttura del pavimento dell'esempio precedente e si voglia calcolare la resa dell'impianto di riscaldamento considerando un passo  $T = 25\text{cm}$ , inoltre:

$\theta_i = 24\text{ °C}$   
temperatura ambiente del locale;

$\theta_v = 50\text{ °C}$   
temperatura di mandata dell'acqua del circuito;

$\theta_r = 40\text{ °C}$   
temperatura di ritorno dell'acqua del circuito.

I coefficienti  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono quelli dell'esempio precedente mentre il coefficiente  $\alpha_3 = 0.634$  e  $\Delta\theta_H = 20.5$ , la resa risulta essere:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.634 \cdot 20.5 = 85.5 \text{ W/m}^2.$$

Se il passo venisse ridotto a  $T = 20\text{cm}$  si avrebbe un coefficiente  $\alpha_3 = 0.722$  ed una resa maggiore:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.722 \cdot 20.5 = 97.8 \text{ W/m}^2.$$

### Exemple 2

Considérer la même structure de plancher que dans l'exemple précédent et calculer le rendement du système de chauffage en considérant un pas  $T = 25\text{cm}$ , et de plus:

$\theta_i = 24\text{ °C}$   
température ambiante de la pièce;

$\theta_v = 50\text{ °C}$   
température de refoulement de l'eau du circuit;

$\theta_r = 40\text{ °C}$   
température de retour de l'eau du circuit.

Les coefficients  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont ceux de l'exemple précédent tandis que le coefficient  $\alpha_3 = 0,634$  et  $\Delta\theta_H = 20,5$ , le rendement est:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.634 \cdot 20.5 = 85.5 \text{ W/m}^2.$$

Si le pas est réduit à  $T = 20\text{cm}$ , on aurait un coefficient  $\alpha_3 = 0,722$  et un rendement supérieur:

$$q = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \Delta\theta_H = 1.02 \cdot 6.45 \cdot 0.722 \cdot 20.5 = 97.8 \text{ W/m}^2.$$

## 12. APPENDICE A DIAMETRO NOMINALE

Indicazione convenzionale per la designazione: diametro nominale DN

Il diametro di riferimento per le condotte in materia plastica è il diametro esterno, spesso però si ha a che fare con i diametri nominali che è una indicazione convenzionale per la designazione delle condutture di metallo.

Il diametro nominale DN rappresenta circa il diametro interno della condotta e serve quale riferimento univoco per la unificazione dei diversi elementi che la costituiscono (tubi, raccordi, flange, valvole, ecc.).

Nella tabella seguente è mostrata la correlazione fra i diametri esterni dei tubi di polietilene reticolato e i diametri nominali comunemente impiegati.

## 12. ANNEXE A DIAMÈTRE NOMINAL

Indication conventionnelle pour la désignation: diamètre nominal DN

Le diamètre de référence pour les conduites en plastique est le diamètre extérieur, mais on parle souvent de diamètres nominaux, une indication classique pour la désignation des conduites en métal.

Le diamètre nominal DN représente approximativement le diamètre intérieur de la conduite et sert de référence univoque pour l'unification des différents éléments qui la composent (tubes, raccords, brides, vannes, etc.).

Le tableau suivant montre la corrélation entre les diamètres extérieurs des tubes en polyéthylène réticulé et les diamètres nominaux couramment utilisés.

Tabella 12.1 - Indicazione convenzionale per la designazione: diametro nominale  
Tableau 12.1 - Indication conventionnelle pour la désignation: diamètre nominal

d <sub>e</sub> (mm)	DN EN ISO 15875 / UNE EN ISO 15875 / DIN 16892-16893			
	S5		S3,2	
	DN (mm)	DN (inch)	DN (mm)	DN (inch)
10	*	*	*	*
12	8	1/4"	8	1/4"
16	10	3/8"	10	3/8"
20	15	1/2"	-	-
25	20	3/4"	15	1/2"
32	25	1"	20	3/4"
40	32	1 1/4"	25	1"
50	40	1 1/2"	32	1 1/4"
63	50	2"	40	1 1/2"
75	-	-	50	2"
90	65	2 1/2"	65	2 1/2"
110	80	3"	80	3"

\* Il tubo EN ISO 15875 Classe C 10x1,5 corrispondono ad un diametro nominale di 6 mm (1/8").

\* Le tube EN ISO 15875 Classe C 10x1,5 correspond à un diamètre nominal de 6 mm (1/8").



### 13. APPENDICE B RESISTENZA CHIMICA

Nella tabella seguente viene riportata la resistenza del polietilene reticolato (PE-X) a varie sostanze a 20°C ed a 60°C per tubi non soggetti a sollecitazioni meccaniche. Questi dati sono stati ricavati dalla normativa ISO/TR 10358:1993 e da indicazioni del produttore della materia prima.

La resistenza chimica è espressa nel seguente modo:

- S = resistenza soddisfacente.
- L = resistenza limitata.
- NS = resistenza non soddisfacente.

La concentrazione è espressa come percentuale in massa della sostanza in soluzione acquosa; in alcuni casi è indicata mediante la simbologia seguente:

- Dil.sol. = soluzione acquosa diluita in concentrazione non superiore al 10%.
- Sol. = soluzione acquosa in concentrazione superiore al 10% ma non satura.
- Sat.sol. = soluzione acquosa satura.

### 13. ANNEXE B RÉSISTANCE CHIMIQUE

Dans le tableau suivant est reportée la résistance du polyéthylène réticulé (PE-X) à diverses substances à 20°C et à 60°C pour des tubes non sujets à des sollicitations mécaniques. Ces données ont été extraites de la réglementation ISO/TR 10358:1993 et des indications fournies par le fabricant de la matière première.

La résistance chimique est exprimée ainsi:

- S = résistance satisfaisante.
- L = résistance limitée.
- NS = résistance non satisfaisante.

La concentration est exprimée comme pourcentage en masse de la substance en solution aqueuse; dans certains cas est elle indiquée comme ci-après:

- Dil.sol. = solution aqueuse diluée en concentration non supérieure à 10%.
- Sol. = solution aqueuse en concentration supérieure à 10% ma pas saturée.
- Sat.sol. = solution aqueuse saturée.



CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> -CHO	100%	S	L
Acetanilide	CH <sub>3</sub> CONHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	-	S	S
Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	10%	S	S
Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	60%	S	L
Acetic acid, glacial	CH <sub>3</sub> COOH	>96%	S	L
Acetic anhydride	CH <sub>3</sub> -CO-O-CO-CH <sub>3</sub>	100%	S	L
Acetone	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	100%	L	L
Acrylonitrile	CH <sub>2</sub> =CH-CN	100%	S	S
Adipic acid	HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Sat.sol.	S	S
After shave lotion		-	NS	NS
Aliphatic hydrocarbons		-	L	L
Allyl acetate	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-	S	L
Allyl alcohol	H <sub>2</sub> C=CH-CH <sub>2</sub> -OH	96%	S	S
Allyl chloride	CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>2</sub> Cl	-	L	NS
Alum	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Sol.	S	S
Aluminium chloride	AlCl <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium fluoride	AlF <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium hydroxide	Al(OH) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium nitrate	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Aluminium oxychloride	AlClO	Sat.sol.	S	S
Aluminium sulfate	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonia, gas	NH <sub>3</sub>	100%	S	S
Ammonia, liquid	NH <sub>3</sub>	100%	S	S
Ammonium acetate	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	-	S	S
Ammonium carbonate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium chloride	NH <sub>4</sub> Cl	Sat.sol.	S	S
Ammonium exafluorosilicate	H <sub>6</sub> F <sub>6</sub> N <sub>2</sub> Si	Sat.sol.	S	S
Ammonium fluoride	NH <sub>4</sub> F	Sol.	S	S
Ammonium hydrogen carbonate	(NH <sub>4</sub> )HCO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium hydroxide	NH <sub>4</sub> OH	30%	S	S
Ammonium metaphosphate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> P <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium nitrate	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium oxalate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Sat.Sol.	S	S
Ammonium persulfate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sat.Sol.	S	S
Ammonium phosphate	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium sulfate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Ammonium sulfide	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	Sat.sol.	S	S
Ammonium thiocyanate	NH <sub>4</sub> SCN	Sat.sol.	S	S
Amyl acetate	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OOCCH <sub>3</sub>	100%	L	L
Amyl alcohol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	L
Amyl chloride	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> Cl	100%	L	NS
Aniline	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	100%	S	L
Antimony trichloride	SbCl <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Apple juice		-	S	S
Aqua regia	HNO <sub>3</sub> + <sub>3</sub> HCl	-	NS	NS
Aromatic hydrocarbons		-	NS	NS
Arsenic acid	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	Sat.sol.	S	S
Barium bromide	BaBr <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium carbonate	BaCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium chloride	BaCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Barium hydroxide	Ba(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium sulphate	BaSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Barium sulphide	BaS	Sat. Sol.	S	S
Beer		-	S	S
Benzaldehyde	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHO	100%	S	L
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	100%	L	NS
Benzoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	Sat. Sol.	S	S
Benzoyl chloride	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COCl	-	S	L
Benzyl alcohol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> OH	-	S	S
Bitumen		-	S	S
Bleach lye		10%	S	S
Borax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Sat. Sol.	S	S
Boric acid	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Brine		-	S	S
Bromine, gas	Br <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Bromine, liquid	Br <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Bromoform	CHBr <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Butadiene	CH <sub>2</sub> =CH-CH=CH <sub>2</sub>	-	NS	NS
Butandiol	HO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OH	100%	S	S
Butter		-	S	S
Butyl acetate	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	S	L
Butyl alcohol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	100%	S	S
Butylene glycol	HO-CH <sub>2</sub> -CH=CH-CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	S
Butyric acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	100%	S	L
Calcium arsenate	Ca <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	S
Calcium bromide	CaBr <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium carbonate	CaCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium chlorate	Ca(ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium chloride	CaCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium cyanide	Ca(CN) <sub>2</sub>	-	S	S
Calcium hydroxide	Ca(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium hypochlorite	Ca(ClO) <sub>2</sub>	Sol.	S	S
Calcium nitrate	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium oxide	CaO	Sat. Sol.	S	S
Calcium sulphate	CaSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Calcium sulphide	CaS	Dil. Sol.	L	L
Camphor oil		-	L	L
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	100%	S	S
Carbon disulphide	CS <sub>2</sub>	100%	L	NS
Carbon monoxide	CO	100%	S	S
Carbon tetrachloride	CCl <sub>4</sub>	100%	L	NS
Carbonic acid	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	S	S
Carrot juice		-	S	S
Castor oil		Sol.	S	S
Chlorine, aqueous	Cl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	L	NS
Chlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	100%	NS	NS
Chloroform	CHCl <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Chloromethane, gas	CH <sub>3</sub> Cl	100%	L	-
Chlorosulphonic acid	ClHO <sub>3</sub> S	100%	NS	NS
Chlorine, dry gas	Cl <sub>2</sub>	100%	L	NS

&gt;&gt;&gt;





&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Chromic acid	CrO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	20%	S	L
Chromic acid	CrO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	50%	S	L
Cider		-	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	10%	S	S
Citric acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>3</sub>	25%	S	S
Coffee		-	S	S
Copper chloride	CuCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper cyanide	Cu(CN) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper fluoride	CuF <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper nitrate	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Copper sulphate	CuSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Corn oil		-	S	S
Cottonseed oil		-	S	S
Cresylic acid	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> COOH	Sat. Sol.	L	-
Cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Cyclohexanol	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH	100%	S	S
Cyclohexanone	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	100%	S	L
Decalin	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	100%	S	NS
Decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	-	L	NS
Detergents		-	S	S
Dextrina		Sol.	S	S
Dextrose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sol.	S	S
Diacetone alcohol	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> COCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>	-	L	L
Dibuhtyl ether	[CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> O	-	L	NS
Dibutyl amine	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH	-	L	NS
Dibutylphthalate	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	L
Dichlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	-	NS	NS
Dichloroethylene	CHCl=CHCl	-	NS	NS
Diesel oil		-	S	L
Diethyl ether	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	100%	L	NS
Diethyl ketone	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> CO	-	L	L
Diethylene glycol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	-	S	S
Diglycolic acid	HOOCCH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> COOH	-	S	S
Diisobutylketone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	L
Dimethyl formamid	HCON(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	S	S
Diocetyl phthalate	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOC <sub>8</sub> H <sub>17</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	L
Dioxane	(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	100%	S	S
Ethyl acetate	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	S	NS
Ethyl acrylate	CH <sub>2</sub> =CHCOOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	100%	L	NS
Ethyl alcohol	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	100%	S	S
Ethyl benzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	-	NS	NS
Ethyl chloride	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	100%	NS	NS
Ethyl ether	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	-	NS	NS
Ethylene chlorohydrin	ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	100%	S	S
Ethylene diamine	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	100%	S	S
Ethylene glycol	HOCH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH	100%	S	S
Ferric chloride	FeCl <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferric nitrate	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferric sulphate	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Ferrous chloride	FeCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ferrous sulphate	FeSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Fluorine, gas dry	F <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Fluoroboric acid	HBF <sub>4</sub>	-	S	S
Fluorosilicic acid	H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	32%	S	S
Formaldehyde	CH <sub>2</sub> O	10-30%	S	S
Formaldehyde	CH <sub>2</sub> O	30-40%	S	L
Formic acid	HCOOH	40%	S	S
Formic acid	HCOOH	100%	S	S
Fructose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sat. Sol.	S	S
Furfural	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Furfuryl alcohol	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	100%	S	L
Gallic acid	(OH) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> COOH	Sat. Sol.	S	S
Gasoline		-	L	L
Glucose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Sat. Sol.	S	S
Glycerine	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Glycolic acid	HOCH <sub>2</sub> COOH	Sol.	S	S
Grape juice		-	S	S
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100%	NS	NS
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-	S	L
Hydrobromic acid	HBr	50%	S	S
Hydrobromic acid	HBr	100%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	10%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	20%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	30%	S	S
Hydrochloric acid	HCl	36%	S	S
Hydrocyanic acid	HCN	Sat. Sol.	S	S
Hydrofluoric acid	HF	40%	S	S
Hydrofluoric acid	HF	60%	S	L
Hydrogen	H <sub>2</sub>	100%	S	S
Hydrogen peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30%	S	S
Hydrogen peroxide	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90%	S	NS
Hydrogen sulphide, gas	H <sub>2</sub> S	100%	S	S
Hydroquinone	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Ink		-	S	S
Iodine (in alcohol)	I <sub>2</sub>	-	NS	NS
Iodine (in potassium solution)	I <sub>2</sub>	-	NS	NS
Iso-octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	100%	S	L
Iso-pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Isopropanol	CH <sub>3</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>	-	S	S
Isopropyl ether	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100%	S	NS
Kerosene		-	NS	NS
Lactic acid	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	10%	S	S
Lactic acid	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	100%	S	S
Lead acetate	Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium carbonate	MgCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium chloride	MgCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium hydroxide	Mg(OH) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium nitrate	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Magnesium sulphate	MgSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;



&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Maleic acid	HOOC-CH=CH-COOH	Sat. Sol.	S	S
Mercuric chloride	HgCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Mercuric cyanide	Hg(CN) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Mercurous nitrate	HgNO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Mercury	Hg	100%	S	S
Methyl alcohol	CH <sub>3</sub> OH	100%	S	S
Methyl bromide	CH <sub>3</sub> Br	100%	NS	NS
Methyl chloride	CH <sub>3</sub> Cl	100%	NS	NS
Methylene chloride	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	-	NS	NS
Methyl-ethyl ketone	CH <sub>3</sub> COC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	100%	S	L
Milk		-	S	S
Mineral oil		-	S	L
Molasses		-	S	S
Naphtha		-	L	NS
Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	-	L	NS
Nickel chloride	NiCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Nickel nitrate	Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Nickel sulphate	NiSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	-
Nicotine	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	Dil. Sol.	S	S
Nicotinic acid	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> NCOOH	Dil. Sol.	S	-
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	25%	S	S
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	50%	S	L
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	70%	S	L
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	95%	NS	NS
Nitric acid	HNO <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Nitrobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	100%	NS	NS
Nitrotoluene	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	-	NS	NS
Oleic acid	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	100%	S	S
Oleum	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +10%SO <sub>3</sub>	-	NS	NS
Oleum	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +50%SO <sub>3</sub>	-	NS	NS
Olive oil		-	S	NS
Oxalic acid	HOCCOOH	Sat. Sol.	S	S
Oxygen	O <sub>2</sub>	100%	S	L
Ozone	O <sub>3</sub>	100%	L	NS
Paraffin oil		-	S	S
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	NS	NS
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	20%	S	S
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	50%	S	L
Perchloric acid	HClO <sub>4</sub>	70%	S	NS
Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Sol.	S	S
Phosphoric acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	25%	S	S
Phosphoric acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	50%	S	S
Phosphorous pentoxide	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100%	S	S
Phosphorous trichloride	PCl <sub>3</sub>	100%	S	L
Photography solutions		-	S	S
Phthalic acid	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub>	50%	S	S
Potassium bicarbonate	KHCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium borate	K <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium bromate	KBrO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium bromide	KBr	Sat. Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

&gt;&gt;&gt;

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Potassium carbonate	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium chlorate	KClO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium chloride	KCl	Sat. Sol.	S	S
Potassium chromate	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium hydroxide	KOH	10%	S	S
Potassium hydroxide	KOH	Sol.	S	S
Potassium perchlorate	KClO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium permanganate	KMnO <sub>4</sub>	20%	S	S
Potassium persulphate	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sat. Sol.	S	S
Potassium sulphate	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Propionic acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	50%	S	S
Propionic acid	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	100%	S	L
Propyl alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	-	S	S
Propylene glycol	CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>2</sub> OH	-	S	S
Pyridine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	100%	S	L
Sea water		-	S	S
Silicon oil		-	S	S
Silver nitrate	AgNO <sub>3</sub>	Sat.sol.	S	S
Sodium acetate	CH <sub>3</sub> COONa	Sat. Sol.	S	S
Sodium benzoate	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COONa	Sat. Sol.	S	S
Sodium bicarbonate	NaHCO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium bisulphate	NaHSO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium bisulphite	NaHSO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium borate	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	-	S	S
Sodium carbonate	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium chlorate	NaClO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium chloride	NaCl	Sat. Sol.	S	S
Sodium cyanide	NaCN	Sat. Sol.	S	S
Sodium fluoride	NaF	Sat. Sol.	S	S
Sodium hydroxide	NaOH	Sol.	S	S
Sodium hydroxide	NaOH	40%	S	S
Sodium hypochlorite	NaClO	12,50%	S	S
Sodium nitrate	NaNO <sub>3</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium nitrite	NaNO <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium phosphate	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Sodium silicate	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Sodium sulphide	Na <sub>2</sub> S	Sat. Sol.	S	S
Stannic chloride	SnCl <sub>4</sub>	Sat. Sol.	S	S
Stannous chloride	SnCl <sub>2</sub>	Sat. Sol.	S	S
Steric acid	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	Sat. Sol.	S	-
Sulphur dioxide, dry gas	SO <sub>2</sub>	100%	S	S
Sulphur trioxide	SO <sub>3</sub>	100%	NS	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10%	S	S
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50%	S	S
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	70%	S	L
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80%	S	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%	L	NS
Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Fumante	NS	NS
Sulphurous acid	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Sol.	S	S
Tannic acid	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> O <sub>9</sub>	Sol.	S	S

&gt;&gt;&gt;

>>>

CHEMICAL	FORMULA	CONCENTRATION %	PE-X 20°C	PE-X 60°C
Tartaric acid	$\text{COOH}(\text{CHOH})_2\text{COOH}$	Sat. Sol.	S	S
Tetrachloroethylene	$\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$	100%	NS	NS
Tetrahydrofurane	$(\text{CH}_2)_4\text{O}$	-	NS	NS
Thionyl chloride	$\text{SOCl}_2$	100%	NS	NS
Toluene	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	100%	L	NS
Trichloroethylene	$\text{ClCH}=\text{CCl}_2$	100%	NS	NS
Triethanolamine	$\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$	Sol.	S	-
Turpentine		-	NS	NS
Urea	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	30%	S	S
Urine		-	S	S
Vaseline		-	L	L
Wine		-	S	S
Wine vinegar		-	S	S
Xylene	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	100%	L	NS
Yeast		Sol.	S	S
Zinc chloride	$\text{ZnCl}_2$	Sat. Sol.	S	S
Zinc sulphate	$\text{ZnSO}_4$	Sat. Sol.	S	S

## 14. CONVERSIONE DELLE UNITÀ DI MISURA - CONVERSION DES UNITÉS

Lunghezza - Longueur

[mm]	[cm]	[m]	[km]	[mi]	[in]	[ft]	[yd]
1	0,1	0,001	10 <sup>-6</sup>	6,2137·10 <sup>-7</sup>	0,0394	0,0033	0,0011
10	1	0,01	10 <sup>-5</sup>	6,2137·10 <sup>-6</sup>	0,3937	0,0328	0,0109
1000	100	1	1000	6,2137·10 <sup>-4</sup>	39,37	3,2808	1,0936
10 <sup>+6</sup>	100000	1000	1	6,2137·10 <sup>-1</sup>	393700	3280,8	1093,6
1,6093·10 <sup>+6</sup>	160934	1609,34	1,6093	1	63360	5280	1760
25,4	2,54	0,0254	2,54·10 <sup>-5</sup>	1,5783·10 <sup>-5</sup>	1	0,0833	0,0278
304,8	30,48	0,3048	3,0480·10 <sup>-4</sup>	1,8939·10 <sup>-4</sup>	12	1	0,3333
914,4	91,44	0,9144	9,1440·10 <sup>-4</sup>	5,6818·10 <sup>-4</sup>	36	3	1

mm	cm	m	km	mi	in	ft	yd
Millimetri Millimètre	Centimetri Centimètre	Metri Mètre	Chilometri Kilomètre	Miglia Miles	Pollici Pouce	Piedi Pied	larde Yard

Area - Superficie

[mm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[in <sup>2</sup> ]	[ft <sup>2</sup> ]	[yd <sup>2</sup> ]
1	0,01	10 <sup>-6</sup>	1,55·10 <sup>-3</sup>	1,0764·10 <sup>-5</sup>	1,1960·10 <sup>-6</sup>
100	1	10 <sup>-4</sup>	0,155	1,0764·10 <sup>-3</sup>	1,1960·10 <sup>-4</sup>
10 <sup>+6</sup>	10000	1	1550	10,7639	1,1960
645.16	6,4516	6·10 <sup>-4</sup>	1	6,9444·10 <sup>-3</sup>	7,7160·10 <sup>-4</sup>
92903	929,030	0,0929	144	1	0,1111
836127	8361,27	0,8361	1296	9	1

mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>
Millimetri quadrati Millimètre carré	Centimetri quadrati Centimètre carré	Metri quadrati Mètre carré	Pollici quadrati Pouce carré	Piedi quadrati Pied carré	larde quadrate Yard carré

Volume - Volume

[mm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[in <sup>3</sup> ]	[ft <sup>3</sup> ]	[l]	[ml]	[UK gal]	[US gal]
1	0,001	10 <sup>-9</sup>	6,1024·10 <sup>-5</sup>	3,5315·10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,001	2,1997·10 <sup>-7</sup>	2,6417·10 <sup>-7</sup>
1000	1	10 <sup>-6</sup>	0,0610	3,5315·10 <sup>-5</sup>	0,001	1	2,1997·10 <sup>-4</sup>	2,6417·10 <sup>-7</sup>
10 <sup>+9</sup>	10 <sup>+6</sup>	1	61024	35,3147	1000	10 <sup>+6</sup>	219,97	264,17
16387	16,3871	1,6387·10 <sup>-5</sup>	1	5,787·10 <sup>-4</sup>	0,0164	16,3871	3,6046·10 <sup>-3</sup>	4,329·10 <sup>-3</sup>
2,8317·10 <sup>+7</sup>	28317	0,0283	1728	1	28,3168	28317	6,2288	7,4805
10 <sup>+6</sup>	1000	0,001	61,0237	0,0353	1	1000	0,2200	0,2642
1000	1	1·10 <sup>-6</sup>	0,0610	3,5315·10 <sup>-5</sup>	0,001	1	2,1997·10 <sup>-4</sup>	2,6417·10 <sup>-4</sup>
4,5461·10 <sup>+6</sup>	4546,09	4,5461·10 <sup>-3</sup>	277,42	0,1605	4,5461	4546,09	1	1,2010
3,7854·10 <sup>+6</sup>	3785,41	3,7854·10 <sup>-3</sup>	231	0,1337	3,7854	3785,41	0,8327	1

mm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	l	ml	UK gal	US gal
Millimetri cubi Millimètre cube	Centimetri cubi Centimètre cube	Metri cubi Mètre cube	Pollici cubi Pouce cube	Piedi cubi Pied cube	Litri Litre	Millilitri Millilitre	Galloni UK Gallon impérial	Galloni US Gallon US

Velocità - Vitesse

[m/s]	[ft/s]	[m/min]	[ft/min]	[km/h]	[mi/h]
1	3,2808	60	196,85	3,6	2,2369
0,3048	1	18,2880	60	1,0973	0,6818
0,0167	0,0547	1	3,2808	0,06	0,0373
0,0051	0,0167	0,3048	1	0,0183	0,0114
0,2778	0,9113	16,6667	54,6807	1	0,6214
0,4470	1,4667	26,8224	88	1,6093	1

m/s	ft/s	m/min	ft/min	km/h	mi/h
Metri al secondo Mètre par seconde	Piedi al secondo Pied par seconde	Metri al minuto Mètre par minute	Piedi al minuto Pied par minute	Chilometri all'ora Kilomètre par heure	Miglia all'ora Mille par heure



Massa - Masse

[g]	[kg]	[lb]	[t]	[UK t]	[US t]
1	0,001	2,2046·10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	9,8421·10 <sup>-7</sup>	1,1023·10 <sup>-6</sup>
1000	1	2,2046	0,001	9,8421·10 <sup>-4</sup>	1,1023·10 <sup>-3</sup>
453,59	0,4536	1	4,5359·10 <sup>-4</sup>	4,4643·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>
10 <sup>+6</sup>	1000	2204,62	1	9,9842	1,1023
1,016·10 <sup>+6</sup>	1016,05	2240	1,0160	1	1,12
907185	907,185	2000	0,9072	0,8929	1

g	kg	lb	t	UK t	US t
Grammi Gramme	Chilogrammi Kilogramme	Libre Livre	Tonnellate Tonne	Tonnellate UK Tonne impériale	Tonnellate US Tonne US

Portata - Débit

[l/s]	[l/min]	[l/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /min]	[m <sup>3</sup> /h]	[ft <sup>3</sup> /min]	[ft <sup>3</sup> /h]	[UK gal/ min]	[US gal/ min]
1	60	3600	0,001	0,06	3,6	2,1189	127,133	13,1981	15,8503
0,0167	1	60	1,667·10 <sup>-5</sup>	0,001	0,06	0,0353	2,1189	0,2200	0,2642
2,778·10 <sup>-4</sup>	0,0167	1	2,778·10 <sup>-7</sup>	1,667·10 <sup>-5</sup>	0,001	5,886·10 <sup>-4</sup>	0,0353	3,666·10 <sup>-3</sup>	4,403·10 <sup>-3</sup>
1000	60000	3,6·10 <sup>+6</sup>	1	60	3600	2118,88	127133	13198	15850
16,6667	1000	60000	0,0167	1	60	35,3147	2118,9	219,969	264,172
0,2778	16,6667	1000	2,778·10 <sup>-4</sup>	0,0167	1	0,5886	35,315	3,6662	4,4029
0,4719	28,3168	1699	4,719·10 <sup>-4</sup>	0,0283	1,6990	1	60	6,2288	7,4805
0,0079	0,4719	28,3168	7,866·10 <sup>-6</sup>	4,719·10 <sup>-4</sup>	0,0283	0,0167	1	0,1038	0,1247
0,0758	4,546	272,77	7,577·10 <sup>-5</sup>	0,0045	0,2728	0,1605	9,6326	1	1,2010
0,0631	3,7854	227,12	6,309·10 <sup>-5</sup>	3,785·10 <sup>-3</sup>	0,2271	0,1337	8,0208	0,8327	1

l/s	l/min	l/h	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /min
Litri al secondo Litre par seconde	Litri al minuto Litre par minute	Litri all'ora Litre par heure	Metri cubi al secondo Mètre cube par seconde	Metri cubi al minuto Mètre cube par minute

m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /min	ft <sup>3</sup> /h	UK gal/min	US gal/min
Metri cubi all'ora Mètre cube par heure	Piedi cubi al minuto Pied cube par minute	Piedi cubi all'ora Pied cube par heure	Galloni UK al minuto Gallon impérial par minute	Galloni US al minuto Gallon US par minute



Forza - Force

[N]	[KN]	[Kgf]	[lbf]
1	0,001	0,1020	0,2248
1000	1	101,97	224,81
9,8066	$9,8066 \cdot 10^{-3}$	1	2,2046
4,4482	$4,4482 \cdot 10^{-3}$	0,4536	1

N	KN	Kgf	lbf
Newton	Chilonewton	Chilogrammo forza	Libra forza
Newton	Kilonewton	Kilogramme force	Livre force

Pressione - Pression

[Pa]	[mbar]	[bar]	[atm]	[Kgf/cm <sup>2</sup> ]	[lbf/in <sup>2</sup> ]	[ft H <sub>2</sub> O]	[m H <sub>2</sub> O]	[mm Hg]	[in Hg]
1	0,01	$10^{-5}$	101325	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$1,45 \cdot 10^{-4}$	$3,346 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$2,953 \cdot 10^{-4}$
100	1	$10^{-3}$	$1,013 \cdot 10^{+7}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	0,0145	0,0335	0,0102	0,7501	0,0295
$10^{+5}$	1000	1	$1,013 \cdot 10^{+10}$	1,0197	14,5033	33,456	10,1968	750,062	29,53
$9,869 \cdot 10^{-6}$	$9,869 \cdot 10^{-8}$	$9,869 \cdot 10^{-11}$	1	$1,006 \cdot 10^{-10}$	$1,431 \cdot 10^{-9}$	$3,302 \cdot 10^{-9}$	$1,006 \cdot 10^{-9}$	$7,402 \cdot 10^{-8}$	$2,914 \cdot 10^{-9}$
98067	980,67	0,9807	$9,937 \cdot 10^{+9}$	1	14,2229	32,8093	10	735,563	28,9592
6895	68,95	0,0690	$6,986 \cdot 10^{+8}$	0,0703	1	2,3068	0,7031	51,7168	2,0361
2989	29,89	0,0299	$3,029 \cdot 10^{+8}$	0,0305	0,4335	1	0,3048	22,4193	0,8827
9807	98,07	0,0981	$9,937 \cdot 10^{+8}$	0,1	1,4223	3,2810	1	73,5585	2,8960
133,32	1,3332	$1,333 \cdot 10^{-3}$	$1,351 \cdot 10^{+7}$	$1,359 \cdot 10^{-3}$	0,0193	0,0446	0,0136	1	0,0394
3386,4	33,8639	0,0339	$3,431 \cdot 10^{+8}$	0,0345	0,4911	1,1330	0,3453	25,4	1

Pa	mbar	bar	atm	kgf/cm <sup>2</sup>
Pascal	Millibar	Bar	Atmosfera	Chilogrammi forza al centimetro quadrato
Pascal	Millibar	Bar	Atmosphère	Kilogramme force par centimètre carré

lbf/in <sup>2</sup>	ft H <sub>2</sub> O	m H <sub>2</sub> O	mm Hg	in Hg
Libre forza al pollice quadrato	Piedi d'acqua	Metri d'acqua	Millimetri di mercurio	Pollici di mercurio
Livre force par pouce carré	Pied d'eau	Mètre d'eau	Millimètre de mercure	Pouce de mercure



Energia - Energie

[J]	[KJ]	[cal]	[Kcal]	[Kgm]	[Wh]	[KWh]
1	10 <sup>+3</sup>	4,1868	4,187·10 <sup>+3</sup>	9,81	3,6·10 <sup>+3</sup>	3,6·10 <sup>+6</sup>
10 <sup>-3</sup>	1	4,187·10 <sup>-3</sup>	4,1868	9,81·10 <sup>-3</sup>	3,6	3,6
0,2388	238,846	1	1000	2,3419	859,845	8,6·10 <sup>+5</sup>
2,388·10 <sup>-4</sup>	0,2388	0,001	1	2,34·10 <sup>-3</sup>	0,8598	859,845
0,1019	101,937	0,427	427	1	367,647	3,68·10 <sup>+5</sup>
2,778·10 <sup>-4</sup>	0,2778	1,163·10 <sup>-3</sup>	1,163	2,72·10 <sup>-3</sup>	1	1000
2,778·10 <sup>-7</sup>	2,778·10 <sup>-4</sup>	1,163·10 <sup>-6</sup>	1,163·10 <sup>-3</sup>	2,72·10 <sup>-6</sup>	0,001	1

J	kJ	cal	Kcal	Kgm	Wh	KWh
Joule	ChiloJoule	Calorie	Chilocalorie	Chilogrammetro	Watt ora	ChiloWatt ora
Joule	Kilojoule	Calorie	Kilocalorie	Kilogramme-mètre	Wattheure	Kilowatttheure

Potenza - Puissance

[W]	[KW]	[kcal/h]	[Kgm/s]
1	1000	1,163	9,81
0,001	1	1,163·10 <sup>-3</sup>	9,81·10 <sup>-3</sup>
8,6·10 <sup>-1</sup>	8,6·10 <sup>+2</sup>	1	8,43
1,02·10 <sup>-1</sup>	1,02·10 <sup>+2</sup>	0,12	1

W	KW	kcal/h	Kgm/s
Watt	Chilowatt	Chilocalorie per ora	Chilogrammetro per secondo
Watt	Kilowatt	Kilocalorie par heure	Kilogramme-mètre par seconde



## SOLUZIONI PER ESTERNO - OUTDOOR SOLUTIONS

Tubi PE  
PE pipes



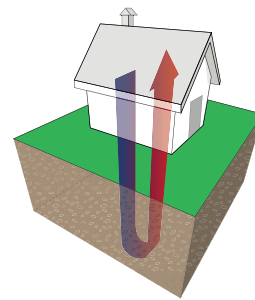
Raccordi a saldare  
Welding fittings



Raccordi a compressione  
Compression fittings



Impianti geotermici  
Geothermal systems



## SOLUZIONI PER INTERNO - INDOOR SOLUTIONS

PE-X/Al/PE-X - PE-RT/Al/PE-RT  
PE-X - PE-RT pipes



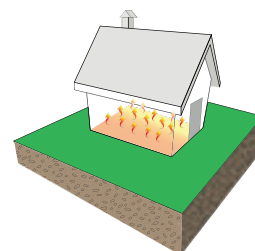
Raccordi in ottone per acqua e gas  
Brass fittings for water and gas



Sistema multistrato gas  
Multilayer system for gas



Impianti radianti  
Radiant systems





Copyright © 2023 Unidelta Spa  
Via Capparola Sotto, 4 - 25078 Vestone (BS) - Italy  
Tel. 0039 0365/878011 - Fax Italia 0039 0365 878080 - Fax Estero 0039 0365 878090  
[www.unidelta.com](http://www.unidelta.com) - [unidelta@unidelta.com](mailto:unidelta@unidelta.com)

Tutti i diritti sono riservati.

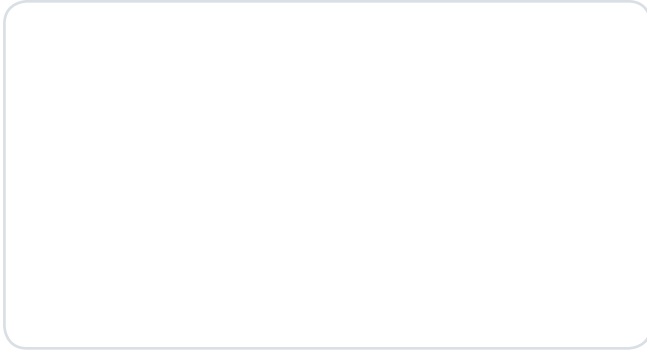
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta con sistemi elettronici, meccanici o altri, senza l'autorizzazione scritta di Unidelta Spa.

Tous les droits sont réservés.

Aucune partie de ce document ne peut être reproduite à l'aide de systèmes électroniques, mécaniques ou autres sans autorisation écrite de Unidelta Spa.

I dati riportati nel catalogo potranno essere variati senza preavviso a seguito di aggiornamento tecnico o motivi commerciali.  
Les données du catalogue peuvent être modifiées sans préavis en raison de mises à jour techniques ou pour des raisons commerciales.

Nel caso di divergenze interpretative, farà fede il testo in lingua Italiana.  
En cas de divergences d'interprétation, le texte en langue italienne fera foi.



Unidelta SpA  
Via Capparola Sotto, 4 - 25078 Vestone (BS) - Italy  
Tel. +39 0365 878011 - Fax Export +39 0365 878090 - Fax Italia +39 0365 878080  
[www.unidelta.com](http://www.unidelta.com) - [unidelta@unidelta.com](mailto:unidelta@unidelta.com)

Certificato n° 127  
UNI EN ISO 9001:2008

