

TUBAZIONI PER FOGNATURE E SCARICHI INTERRATI NON IN PRESSIONE

CONFRONTO

**TUBI SPIRALATI IN POLIETILENE RINFORZATO CON
ACCIAIO CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012
PALADEX**

VS

**TUBI SPIRALATI IN POLIETILENE RINFORZATO CON
ACCIAIO CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012**

SOMMARIO

SOMMARIO	2
INTRODUZIONE	3
CARATTERISTICHE GENERALI DELLE TUBAZIONI IN ESAME.....	4
LA NORMA UNI 11434:2012	5
LA STRUTTURA DEI TUBI CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012	10
IL COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TUBI CONFORMI ALLA UNI 11434:2012	12
L'IMPORTANZA DELL'ACCIAIO NEI TUBI SPIRALATI	14
I TUBI PALADEX E I TUBI CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012	15
LA RESISTENZA ALLA CORROSIONE DEL TUBO PALADEX	19
I PROFILI DI PARETE DEI TUBI	20
IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE GIUNZIONI.....	22
LA TENUTA IDRAULICA DEL SISTEMA DI GIUNZIONE	24
PESO DEL TUBO.....	28
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	29

INTRODUZIONE

Oggetto del presente studio è l'esame comparativo tra tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione:

- Tubi PALADEX spiralati in polietilene (HDPE) con rinforzo in acciaio, conformi alla norma UNI 11434:2012;
- Altre tipologie di tubi spiralati in polietilene (HDPE) con rinforzo in acciaio, conformi alla medesima norma UNI 11434:2012.

L'esame comparativo sarà affrontato, in prima analisi, descrivendo le caratteristiche meccaniche e dimensionali dei materiali e delle tubazioni prescritte dalla norma di prodotto UNI 11434:2012.

Successivamente saranno descritte le specifiche caratteristiche del tubo PALADEX ed analizzate le differenze riscontrate con altri prodotti della stessa categoria conformi alla norma UNI11434:2012.

Pertanto lo scopo della presente relazione è quello di evidenziare, attraverso un esame comparativo, le principali differenze tra i prodotti in esame e dare indicazioni per la scelta in funzione dello specifico campo di applicazione.

E' utile evidenziare, in questa fase, le principali caratteristiche che committenti progettisti ed imprese, ricercano per le tubazioni utilizzate per fognature e scarichi interrati non in pressione:

- caratteristiche idrauliche costanti nel tempo a breve e lungo termine;
- perfetta tenuta bidirezionale delle giunzioni a breve e lungo termine;
- ottima resistenza ai carichi esterni;
- resistenza alle aggressioni chimiche ed elettrochimiche;
- adeguata resistenza alla pressione e temporanea sovrappressione interna;
- ridotta aderenza delle incrostazioni;
- facilità di pulizia con le moderne tecniche;
- facilità e rapidità di assemblaggio e di posa;
- ridotto costo di posa e manutenzione.

CARATTERISTICHE GENERALI DELLE TUBAZIONI IN ESAME

Le tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012, per condotte di scarico e fognature non in pressione, sono prodotti innovativi rispetto alle normali condotte realizzate interamente in materiale plastico, in quanto la loro struttura risulta composta da due materiali completamente diversi, che combinati in un unico prodotto, consentono un miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di conseguenza un ampliamento della gamma rivolta principalmente ai grandi diametri.

Uno dei limiti principali delle normali tubazioni in materiale plastico è la maggiore deformabilità del tubo rispetto ad altri tipi di materiale (tubazioni rigide e semi-rigide), che rende necessaria l'azione di supporto del terreno circostante per limitare le deformazioni e prevenire lo schiacciamento del tubo sotto i carichi esterni applicati.

Questo fenomeno è in qualche misura aggravato dalla circostanza che i materiali plastici hanno un comportamento meccanico di tipo visco-elastico e quindi mostrano sotto carico costante una deformazione progressivamente crescente nel tempo, fenomeno comunemente denominato "creep".

La presenza dell'acciaio all'interno della struttura delle tubazioni spiralate in esame limita notevolmente gli effetti di creep. Inoltre la disposizione a spirale attenua l'effetto di singolarità geometrica tipica nelle normali tubazioni corrugate.

Le tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012, pur essendo classificabili, per la loro struttura visibile, all'interno delle tubazioni flessibili in materiale plastico, presentano caratteristiche meccaniche e prestazionali notevolmente superiori.

LA NORMA UNI 11434:2012

Nel gennaio 2012 l'Ente Nazionale di Unificazione ha emesso la norma UNI 11434 specifica per le tubazioni spiralate in polietilene rinforzato con un componente in acciaio completamente incorporato nella parete, a superficie interna liscia con diametri **(DN/ID) da 400 mm a 2500 mm** da applicare nel campo delle fognature, acque meteoriche e condotte di ventilazione con marcatura U.

La norma definisce inoltre le caratteristiche dei materiali (polietilene, acciaio e guarnizioni), le caratteristiche geometriche (inclusi i profili di parete ed alcuni esempi di giunzione quali manicotto, sistemi codolo-bicchiere, saldatura) e le caratteristiche fisico-meccaniche che i tubi devono avere per l'applicazione cui essi sono destinati.

I riferimenti tecnici utilizzati per l'elaborazione della norma UNI 11434 sono stati:

- la normativa americana ASTM (American Standard Testing Materials) F 2435-07;
- la normativa israeliana IS 5302;
- la specifica tecnica IIP (Istituto Italiano dei Plastici) RP 1.1/CO del 2008;
- la specifica tecnica francese 17/07-190;
- la normativa tedesca DIN 16961;
- la normativa europea UNI EN 13476.

La norma richiama specifiche modalità di prova da norme esistenti emesse dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) o recepite da norme internazionali EN ISO. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle norme recepite dalla UNI 11434:2012 per la realizzazione dei tubi spiralati rinforzati con acciaio.

		CARATTERISTICHE	UNI 11434
Requisiti del prodotto finito	Gamma DN/ID		Da 400 a 2500 mm.
	Rigidità anulare		UNI 11434 – Appendice A (UNI EN ISO 9969-2008)
	Rapporto di scorrimento plastico (creep)		UNI EN ISO 9967
	Flessibilità anulare		UNI EN ISO 13968
	Resistenza al collasso		UNI EN ISO 13968
	Resistenza agli urti		UNI EN 744
	Tenuta idraulica della giunzione		UNI EN 1277 e UNI EN 681
	Resistenza alla trazione della giunzione		UNI EN 1979
Requisiti del materiale del tubo	Resistenza alla pressione interna		UNI EN ISO 1167-1 e 2
	Stabilità termica		EN 728
	Indice di fluidità		UNI EN ISO 1133
	Acciaio	Resistenza alla trazione	UNI EN 10346
Allungamento			

Tabella 1. Riepilogo delle normative di prodotto recepite dalla norma UNI 11434:2012

Dalla tabella precedente si evince che la norma UNI 11434:2012 prevede una specifica valutazione della Rigidità Anulare e quindi definisce una apposita classificazione dei prodotti.

Le tubazioni spiralmate in HDPE rinforzate con acciaio sono classificate, secondo l'Appendice "A" della norma UNI 11434 con le classi A, B o C in funzione del valore di rigidità al 3, 5 e 8% di deflessione del diametro interno.

La prova viene effettuata in accordo all'Appendice "A" della norma, che richiama a sua volta la norma UNI EN ISO 9969, per l'apparecchiatura, il campionamento, il condizionamento dei provini e la conduzione del test e per la determinazione del valore della rigidità anulare "PS":

$$PS = \frac{F \cdot 10^6}{L \cdot y}$$

In cui:

PS è la rigidità anulare espressa in KPa;

F è la forza, in kN, corrispondente alla percentuale di deflessione del tubo;

L è la lunghezza, in millimetri, del campione;

y è la deflessione, in millimetri, corrispondente alla percentuale di deflessione del tubo.

La rigidità anulare S "stiffness" è data dalla seguente relazione

$$S = 0.0186 \cdot PS$$

Come definito nella nota al prospetto 4 della norma UNI 11434, il valore di rigidità anulare (stiffness) "S" al 3% di deformazione delle classi A, B e C è uguale a quella dei tubi con rigidità anulare (nominal stiffness) "SN" rispettivamente 8, 12 e 16 secondo la norma UNI EN ISO 9969.

UNI 11434	UNI EN ISO 9969
CLASSE (S)	SN
-	SN 2
-	SN 4
CLASSE A (SN 8)	SN 8
CLASSE B (SN 12)	-
CLASSE C (SN 16)	SN 16

Tabella 2. Equivalenza dei valori di rigidità anulare tra le norme UNI 11434 e UNI EN ISO 9969.

Entrando nel dettaglio della Tabella 1, sono stati estrapolati i requisiti minimi dei materiali costituenti le tubazioni, i parametri di prova e il metodo di prova riferito alla singola norma.

Di seguito, pertanto, si riportano i requisiti minimi dei materiali costituenti i prodotti, come definiti dalla norma UNI 11434:2012 per le tubazioni in esame.

	CARATTERISTICHE	REQUISITI	PARAMETRI DI PROVA	METODO DI PROVA
HDPE	Resistenza alla pressione interna	Senza rotture durante il periodo di prova	80°C; 4 MPa; Durata 165 h 80°C; 2.8 MPa; Durata 1000 h	UNI EN ISO 1167-1 UNI EN ISO 1167-2
	Stabilità termica OIT	≥ 20 min	Temperatura 200°C	UNI EN 728
	Indice di fluidità in massa (MFR)	MFR ≤ 1,6 g/10 min	Temperatura 190°C Massa del carico 5 kg	UNI EN ISO 1133:2005 Condizione T
	Densità	≥ 930 kg/m ³		UNI EN ISO 1183-1
ACCIAIO	Resistenza a trazione	≥ 270 MPa		UNI EN 10346
	Allungamento	≥ 20 %		

Tabella 3. Caratteristiche minime dei materiali costituenti il tubo secondo la norma UNI 11434:2012.

Tali requisiti sono riferiti ad un campione estruso di tubo a parete piena con diametro esterno medio ≥ 110 mm e spessore ≥ 4.2 mm.

Si riportano inoltre le caratteristiche dei materiali definiti sempre dalla norma per quanto riguarda i codoli e i bicchieri.

	CARATTERISTICHE	REQUISITI	PARAMETRI DI PROVA	METODO DI PROVA
HDPE	Resistenza alla pressione interna	Senza rotture durante il periodo di prova	60°C; 3.9 MPa; Durata 165 h	UNI EN ISO 1167-1 UNI EN ISO 1167-2
	Stabilità termica OIT	≥ 10 min	Temperatura 200°C	UNI EN 728
	Indice di fluidità in massa (MFR)	3 g/10min ≤ MFR ≤ 1,6 g/10 min	Temperatura 190°C Massa del carico 5 kg	UNI EN ISO 1133:2005 Condizione T
	Densità	≥ 925 kg/m ³		UNI EN ISO 1183-1
ACCIAIO	Resistenza a trazione	≥ 270 MPa		UNI EN 10346
	Allungamento	≥ 20 %		

Tabella 4. Caratteristiche minime dei materiali per codoli e bicchieri ottenuti mediante stampaggio rotazionale conformi alla norma UNI 11434:2012.

Come fatto in precedenza, sono riportati nella tabella seguente i requisiti minimi dei prodotti finali per le singole caratteristiche, in funzione dei parametri di prova e dei metodi di prova riferiti alla specifica normativa.

CARATTERISTICHE	REQUISITI	PARAMETRI DI PROVA	METODO DI PROVA
Rigidità anulare	PS > 415 KPa per CLASSE A PS > 620 KPa per CLASSE B PS > 830 KPa per CLASSE C	Deflessione del diametro interno = 3%	UNI 11434 – Appendice A (UNI EN ISO 9969-2008)
	PS > 325 KPa per CLASSE A PS > 485 KPa per CLASSE B PS > 645 KPa per CLASSE C	Deflessione del diametro interno = 5%	
	PS > 215 KPa per CLASSE A PS > 325 KPa per CLASSE B PS > 430 KPa per CLASSE C	Deflessione del diametro interno = 8%	
Flessibilità anulare	Sforzo di ovalizzazione durante la prova sempre crescente fino ad una deflessione del 10% Nessuna separazione tra i differenti strati della parete Nessuna fessurazione o rottura	Deflessione del diametro esterno > 10%	UNI EN ISO 13968
Resistenza la collasso	Sforzo di ovalizzazione > 75% del picco raggiunto nella prova di flessibilità anulare fino ad una deflessione del 20% Nessuna separazione tra i differenti strati della parete Nessuna fessurazione o rottura	Deflessione del diametro medio > 20%	UNI EN ISO 13968
Rapporto di scorrimento plastico (creep)	< 2.5 a due anni di estrapolazione	Temperatura: 23°C	UNI EN ISO 9967
Resistenza all'urto (metodo della percussione su generatrici diverse)	TIR ≤ 10%	Temperatura: 23°C Percussione: d 90 Massa 3.2 kg da altezza di 2 m	UNI EN 744
Resistenza della giunzione allo schiacciamento	Nessuna separazione tra le saldature Nessuna fessurazione o rottura	Lunghezza dello spezzone di tubo: 600 mm ± 50 mm Deflessione del diametro interno medio = 20%	
Resistenza a trazione della linea di giunzione tra due spire adiacenti	Nessuna rottura della giunzione	Velocità di trazione: 22 mm/min Sforzo di trazione minimo: da DN400 a DN500: 510 N da DN600 a DN 800: 760 N DN > 800: 1020 N	UNI EN 1979
Tenuta idraulica della giunzione	Per DN ≤ 1000 Nessuna perdita Nessuna perdita ≤ 0.27 bar	Temperatura: 23°C Flessione del codolo: 5% Flessione del bicchiere :0% Differenza: 5% Pressione dell'acqua 0.05 bar Pressione dell'acqua 0.5 bar -0.3 bar	UNI EN 1277 Condizione B
	Per tutti i diametri Nessuna perdita Nessuna perdita ≤ 0.27 bar	Temperatura 23°C Per DN ≤ 600: 1.5° Per DN > 600: 1° Pressione dell'acqua 0.05 bar Pressione dell'acqua 0.5 bar -0.3 bar	UNI EN 1277 Condizione C

Tabella 5. Caratteristiche fisico meccaniche richieste per i tubi spiralati in polietilene rinforzato con acciaio (UNI 11434:2012).

Dalle tabelle precedenti, e come già riferito in precedenza, si evince la differente classificazione della rigidità anulare dei tubi rispetto al nominal stiffness (SN), la cui equivalenza è riportata in Tabella 2.

Altro importante parametro è rappresentato dal valore del rapporto di scorrimento plastico “creep”, limitato ad un valore inferiore a 2.5.

In sostanza tale valore rappresenta il rapporto tra la deformazione, sotto carico costante, con estrapolazione a 2 anni, e la deformazione iniziale imposta.

Pertanto tale parametro è rappresentativo del comportamento visco-plastico della tubazione nel medio-lungo periodo. Si fa presente inoltre che per le normali tubazioni in materiale plastico (PE e PP) la norma specifica di prodotto – UNI EN 13476 - prescrive il limite del rapporto di scorrimento plastico “creep” pari a 4.0, ampiamente superiore al valore limite imposto dalla norma in esame.

La differenza del rapporto di scorrimento è significativa del migliore comportamento meccanico delle tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012, rispetto alle tubazioni interamente in materiale plastico (PE e PP) conformi alla norma UNI EN 13476.

Le tubazioni in materiale plastico (PE e PP) hanno un comportamento meccanico di tipo visco-elastico e quindi mostrano sotto carico costante una deformazione progressivamente crescente nel tempo, questo fenomeno è comunemente denominato “creep”.

Tale comportamento dei materiali plastici rappresenta uno dei limiti principali in tali applicazioni, in quanto rende fondamentale l'azione di supporto del terreno circostante per limitare le deformazioni e prevenire lo schiacciamento del tubo sotto i carichi esterni applicati.

La presenza della spirale d'acciaio impartisce alle tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012 una maggiore rigidità a parità di geometria esterna. Pertanto attraverso la collaborazione tra i diversi tipi di materiale si ottiene un effetto di rinforzo del materiale polimerico, che ne modifica le caratteristiche meccaniche e le condizioni d'impiego.

L'incremento di prestazioni meccaniche dovuto alla presenza dell'acciaio si traduce nei seguenti vantaggi:

- possibilità di ampliare la gamma dei diametri (DN/ID max 2500 – UNI 11434);
- riduzione del peso della tubazione a parità di caratteristiche prestazionali.

LA STRUTTURA DEI TUBI SPIRALATI CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012

La norma di prodotto dei tubi spiralati propone inoltre un tipico esempio della struttura della parete e di alcuni sistemi di giunzione con anello elastomerico, specificando che quelli indicati sono esclusivamente degli esempi tipici. Pertanto la norma non esclude forme di profilo della parete e sistemi di giunzioni alternativi.

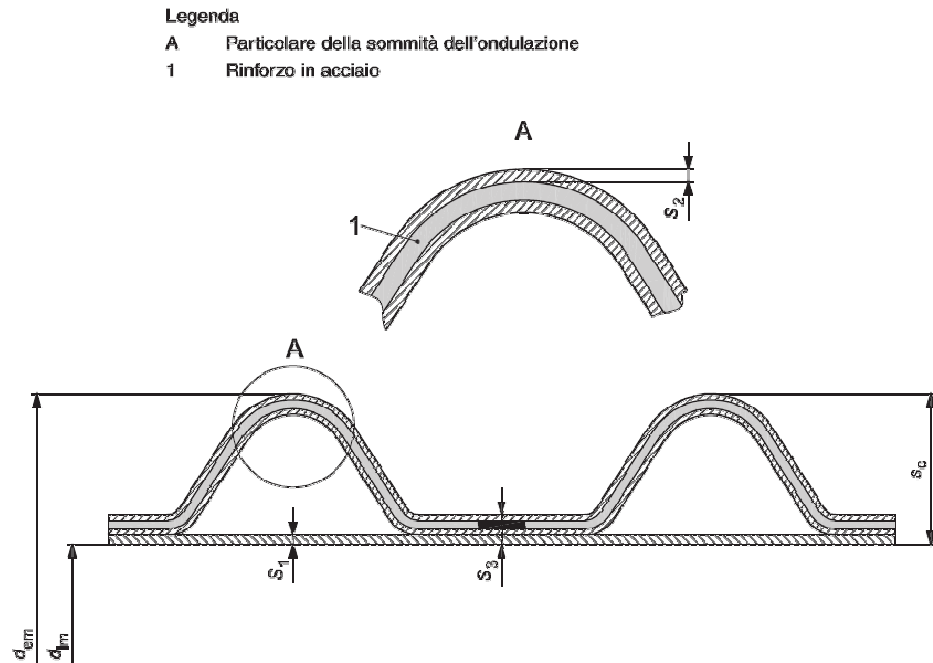


Figura 1. Esempio tipico del profilo di parete secondo la norma UNI 11434:2012.

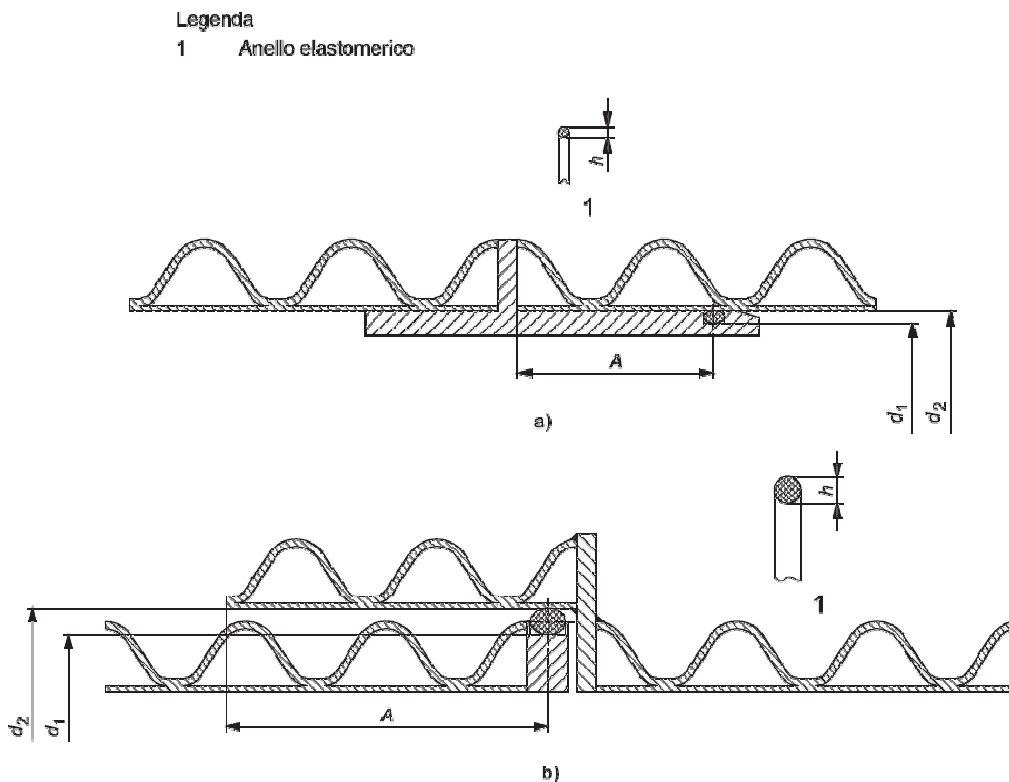


Figura 2. Esempi tipici di giunzione con anello elastomerico secondo la norma UNI 11434:2012.

Spessori minimi del Polietilene degli strati S_1 , S_2 , S_3 del tubo.

- spessore del rivestimento interno: S_1 variabile (vedi Tabella 6);
- spessore del rivestimento esterno all'ondulazione in acciaio: $S_2 \geq 2 \text{ mm}$

Sovrapposizione bicchiere-codolo e spessore del codolo.

La lunghezza della sovrapposizione bicchiere codolo A (vedi Figura 2. Esempi tipici di giunzione con anello elastomerico secondo la norma UNI 11434:2012.) deve essere conforme al prospetto riportato di seguito.

Nel caso di codolo a parete piena (non strutturata - Figura 2°) lo spessore minimo del codolo di polietilene deve essere $\geq 2.5 S_{1,min}$.

Diametri, spessori e lunghezze

Diametro nominale interno DN/ID	Diametro Interno medio minimo $d_{ir,min}$	Diametro Interno medio massimo $d_{ir,max}$	Spessore della parete interna minimo $s_{i,min}$	Lunghezza della sovrapposizione bicchiere-codolo minima A_{min}
400	396	408	2,5	74
500	495	510	3,0	85
600	594	612	3,5	96 ¹⁾
700	693	714	4,0	107 ¹⁾
800	792	816	4,5	118 ¹⁾
900	891	918	4,8	129 ¹⁾
1 000	990	1 020	5,0	140 ¹⁾
1 200	1 188	1 224	5,0	162 ¹⁾
1 300	1 287	1 324	5,0	162 ¹⁾
1 400	1 386	1 428	5,0	162 ¹⁾
1 500	1 485	1 530	5,0	162 ¹⁾
1 600	1 584	1 632	5,0	162 ¹⁾
1 700	1 683	1 734	5,0	162 ¹⁾
1 800	1 782	1 836	5,0	162 ¹⁾
2 000	1 980	2 040	5,0	162 ¹⁾
2 200	2 178	2 244	5,0	162 ¹⁾
2 500	2 475	2 550	5,0	162 ¹⁾

1) Nel caso di tubi destinati ad un progetto specifico, A_{min} può essere minore del valore del prospetto ma non minore di 96 mm. In tal caso i tubi devono essere marcati "SHORT SOCKET" dopo il numero della norma.

Tabella 6. Caratteristiche dimensionali dei tubi secondo la norma UNI 11434:2012.

IL COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TUBI CONFORMI ALLA UNI 11434:2012

Le tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012 grazie alla presenza della spirale in acciaio all'interno della parete risultano avere una notevole resistenza al creep, riducendo quindi il comportamento visco-plastico tipico delle tubazioni interamente realizzate in materiale plastico.

La norma di prodotto, come riportato in Tabella 5, limita il rapporto di scorrimento plastico per tali tubazioni ad un valore ≤ 2.0 , secondo la modalità di prova della norma UNI EN ISO 9967.

Quest'ultima definisce le modalità di prova e il metodo per determinare il rapporto di scorrimento plastico a due anni di estrapolazione.

La prova consiste nel sottoporre il campione di tubo ad una forza costante per 1008 ore (42 giorni). La deflessione del tubo viene registrata a specifici intervalli temporali.

La deflessione a 2 anni, viene estrapolata mediante una regressione lineare dell'equazione della retta:

$$Y_t = B + M \log t$$

Il valore del rapporto di scorrimento rappresenta pertanto la deflessione a 2 anni di estrapolazione, normalizzata alla deflessione iniziale ed è così determinato:

$$\gamma_A = \frac{Y_{2A} \left(0,0186 + 0,025 \frac{y_{0A}}{d_i} \right)}{y_{0A} \left(0,0186 + 0,025 \frac{Y_{2A}}{d_i} \right)}$$

- y_A è il rapporto di scorrimento;
- y_{0A} è la deflessione iniziale;
- y_{2A} è la deflessione a 2 anni;
- d_i è il diametro interno del provino.



Figura 3. Tubo sottoposto alla prova di deformazione.

Nella seguente figura sono evidenziati i dati relativi a prove di deformazione sotto carico costante eseguite sul tubo conforme alla norma UNI 11434 e su un tubo corrugato in PE, a parità di diametro (DN/ID 800) e di rigidità anulare (classe A = SN8).

In queste prove è stato applicato un carico tale da imporre una deformazione iniziale Y_0 pari al 3% del diametro nominale. A titolo puramente esemplificativo sono stati esaminati un campione di tubo PALADEX conforme alla norma UNI 11434 ed un campione di tubo corrugato conforme alla norma EN 13476.

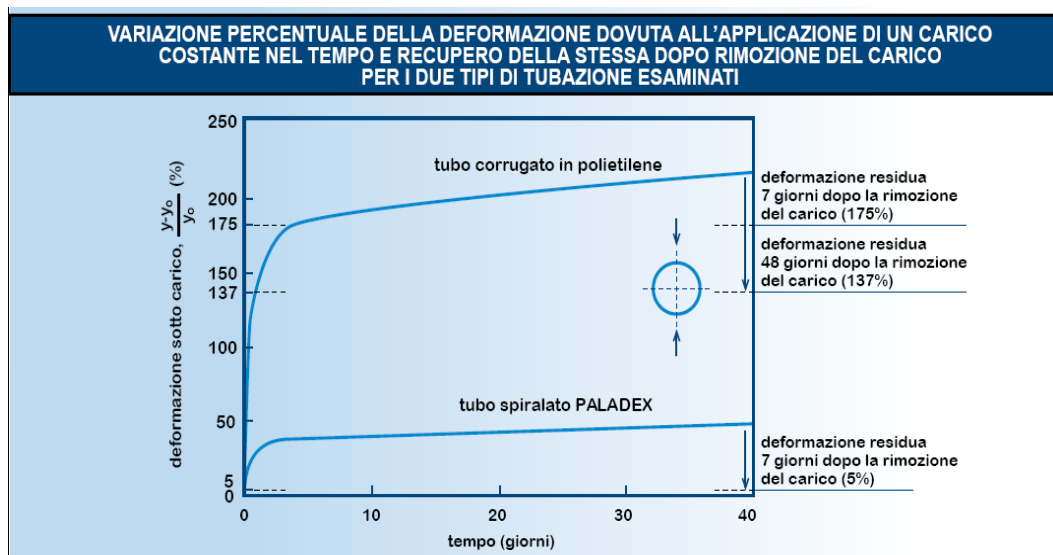


Figura 4. Risultato comparativo della prova di deformazione sotto carico costante

Si osserva che il fenomeno del creep è presente in entrambi i casi, ma per il tubo PALADEX il valore di deformazione dopo 40 giorni di applicazione del carico è circa 4 volte inferiore.

Entrambi i tubi recuperano parte della deformazione subito una volta rimosso il carico:

- il tubo corrugato dopo 48 giorni recupera circa un terzo della deformazione totale;
- il tubo PALADEX recupera completamente la forma iniziale già dopo 7 giorni.

L'IMPORTANZA DELL'ACCIAIO NEI TUBI SPIRALATI

L'aspetto innovativo della tecnologia alla base delle tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012 dipende sostanzialmente dalla presenza dell'anima in acciaio che con le sue caratteristiche meccaniche, elevato modulo elastico ed elevata tensione di snervamento, consente a tali tubazioni migliori prestazioni in termini di resistenza ai carichi esterni, oltre ad un notevole aumento dei diametri disponibili rispetto alle normali tubazioni in materiale plastico, mantenendo comunque pesi contenuti.

Ciò premesso si evidenzia che nell'arco della vita di una tubazione, questa è soggetta a diverse tipologie di sollecitazioni, sia meccaniche che chimiche, sia in fase di cantiere che di esercizio.

In merito alla specifica trattazione, si evidenzia che le sollecitazioni meccaniche e chimiche connesse al fluido trasportato, sono comunque ben assorbite dallo strato interno in PE, che ha ottime caratteristiche di resistenza sia all'aggressione chimica che all'abrasione.

All'anima in acciaio, viceversa, è affidato essenzialmente il compito di sostegno strutturale per l'assorbimento delle sollecitazioni dovute ai carichi esterni del terreno di ricoprimento e quelli accidentali connessi ad esempio al traffico veicolare. Pertanto l'acciaio tende a limitare l'effetto visco-plastico del PE in fase di carico e conferisce al prodotto la capacità di recupero della forma iniziale in fase di rimozione del carico stesso.

In entrambe le fasi, in virtù della geometria circolare della tubazione, sono presenti sulla parete del tubo sollecitazioni sia di compressione che di trazione, pertanto risulta essenziale che l'anima in acciaio sia ben adesa agli strati in materiale plastico, al fine di garantire il corretto funzionamento nei diversi cicli di carico e scarico.

Altro aspetto essenziale affinché la tubazione risulti efficiente nell'arco della sua vita utile è la protezione della bandella in acciaio dalle aggressioni chimiche derivanti dal terreno di rinfiacco e dal fluido trasportato, al fine di evitare l'innesco di fenomeni di corrosione nell'acciaio. Tale protezione è genericamente affidata allo strato esterno in PE, che la norma UNI 11434 impone di spessore $\geq 2.0\text{mm}$ (S_2 in Figura 1).

E' evidente che, sotto l'aspetto meccanico, il componente fondamentale per le tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012 sia la spirale in acciaio, in quanto la presenza di tale elemento conferisce alla tubazione:

- un'elevata resistenza alla deformazione sotto carichi costanti (creep);
- il recupero della forma in fase di rimozione del carico esterno;
- una riduzione del peso a parità di diametro e rigidità anulare;

I TUBI PALADEX E I TUBI CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012

La tecnologia **PALADEX**, sviluppata in Giappone negli anni novanta e largamente diffusa negli Stati Uniti, consente di realizzare tubi di grandi dimensioni, caratterizzati da una resistenza meccanica estremamente elevata e da pesi contenuti.

L'idea innovativa alla base di tale produzione consiste nell'abbinare le caratteristiche tipiche del polietilene (resistenza all'abrasione, leggerezza, coefficiente di scabrezza minimo, inerzia alle sostanze chimiche, versatilità e facilità di posa) alle caratteristiche dell'acciaio che presenta un modulo elastico oltre 200 volte più elevato del polietilene.

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione del tubo **PALADEX**, conforme alla norma UNI 11434:2012 sono riportate nella seguente tabella.

MATERIALE	PROPRIETA'	NORMA DI RIFERIMENTO	PARAMETRI DI PROVA	VALORI
Polietilene	Densità	EN ISO 1183-1 EN ISO 1183-2		≥ 930 kg/m ³
Polietilene	Indice di fluidità (MFR)	EN ISO 1133	Temperatura 190°C Massa del carico 5 kg	≤ 1.6 g/10 min
Polietilene	Sforzo di snervamento, σ_y			15 MPa
Polietilene	Allungamento a rottura	ISO 6259-3		≥ 350 %
Polietilene	Modulo elastico tipico			900 ÷ 1000 MPa
Polietilene	Stabilità termica	UNI EN 728:1998	Temperatura 200°C	> 20 min
Polietilene	Resistenza alla pressione interna	UNI EN ISO 1167	80°C; 4 MPa	
Polietilene	Coefficiente di dilatazione termica lineare	UNI EN ISO 1167		0.18 - 0.22 mm/m °C
Polietilene	Conducibilità termica			0.4 W/m °C
Polietilene	Contenuto di Carbon Black	ISO 6964		2 - 2.5 %
Acciaio	Resistenza a trazione	UNI EN 10346		≥ 270 MPa
Acciaio	Modulo elastico			2.1 x 10 ⁵ MPa

Tabella 7. Caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione del tubo PALADEX.

Per la realizzazione del tubo **PALADEX**, la **PALADERI** rivolge grande attenzione al componente rappresentato dall'anima in acciaio, che conferisce alla tubazione un miglioramento delle caratteristiche meccaniche, avendo compreso, altresì, quanto sia necessario proteggere ulteriormente l'elemento d'acciaio da possibili fenomeni di corrosione. Pertanto ha deciso di proporre sul mercato una tubazione affidabile e durevole, le cui caratteristiche meccaniche travalicano i valori della norma, aggiungendo alcuni requisiti che la norma non prescrive esplicitamente.

Il tubo **PALADEX**, prodotto dalla **PALADERI S.p.a.** nel proprio stabilimento di Villadose (RO), realizzato in conformità alla norma 11434:2012, è costituito da:

- uno strato interno in HDPE, a diretto contatto con il fluido trasportato, con elevate caratteristiche idrauliche, di resistenza all'abrasione ed inerte alle sostanze chimiche;
- una bandella, sagomata ad "Ω", in acciaio zincato (classe DX51D + ZF/Z) conforme alla norma UNI EN 10346 allo scopo di proteggere ulteriormente l'anima del tubo ed assicurare una resistenza adeguata per tutto il ciclo di vita utile della tubazione.
- un fissaggio tra l'anima in acciaio e gli strati in HDPE con un primer a base polietilenica, al fine di garantire un ancoraggio chimico e continuativo su tutta la superficie.

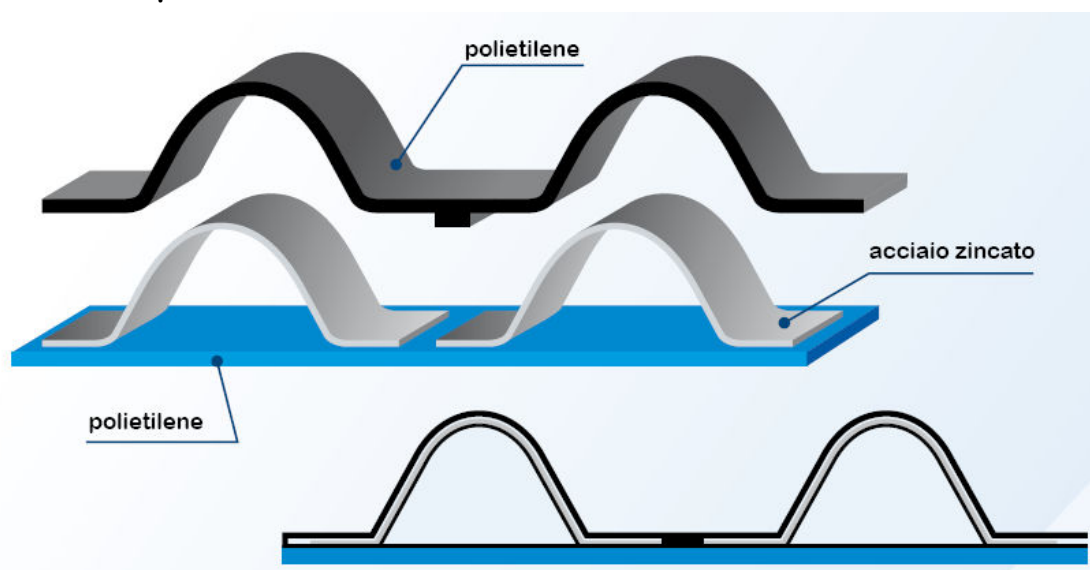


Figura 5. Sezione trasversale del tubo PALADEX.

Pertanto la **PALADERI** ha introdotto per il tubo **PALADEX** accorgimenti ulteriori rispetto alle tubazioni normate dalla UNI 11434:2012, tali da migliorare le caratteristiche di affidabilità e durabilità della tubazione :

- la zincatura della bandella in acciaio, in conformità alla norma UNI EN 10346, allo scopo di garantire una protezione ulteriore, rispetto allo strato esterno in HDPE, contro i possibili fenomeni di corrosione;
- un primer a base poliolefinica su tutta la superficie d'acciaio per garantire una perfetta omogeneità e saldabilità con le due pareti in HDPE.

Come visto in precedenza la norma UNI 11434:2012 definisce le proprietà dei materiali costituenti il tubo, le caratteristiche geometriche ed impone i requisiti minimi di tipo fisico-meccanico, richiamando modalità di prova previste da norme esistenti emesse dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) o recepite da norme internazionali (EN ISO).

Inoltre la norma, in merito alle caratteristiche dell'acciaio, si limita a definire:

- la conformità alla norma UNI EN 10346;
- il valore della resistenza a trazione dell'acciaio ≥ 270 MPa
- l'allungamento $\geq 20\%$

Pertanto la norma stessa non impone l'utilizzo di un acciaio zincato, stabilendo che la protezione contro possibili fenomeni di corrosione dell'anima in acciaio dipenda solo dallo strato esterno in PE di spessore $S_2 \geq 2$ mm (Vedi Figura 1).

Inoltre la norma non definisce una specifica tecnologia di ancoraggio della bandella in acciaio agli strati in materiale plastico, ma impone, in funzione del diametro del tubo, una resistenza a trazione della giunzione PE-ACCIAIO tra due spire adiacenti secondo la modalità di prova stabilite dalla norma UNI EN 1979 (vedi Tabella 5).

Tuttavia, in presenza di sollecitazioni abnormi, l'acciaio può essere soggetto a fenomeni corrosivi qualora dovesse venire in contatto diretto con i fluidi trasportati o con altri agenti aggressivi presenti all'esterno della tubazione.

L'anima in acciaio zincato, di classe **DX51D + ZF/Z** in conformità ai requisiti dettati dalla norma **UNI EN 10346**, utilizzata nel tubo **PALADEX**, è interamente ricoperta da un primer a base polietilenica che garantisce la perfetta omogeneità e saldabilità con le due pareti, interna ed esterna, in polietilene.

L'acciaio utilizzato per la produzione del tubo **PALADEX**, peraltro, viene preventivamente sottoposto al **peeling test**, con il quale si misura la forza di adesività del primer poliolefinico all'acciaio e dunque si garantisce il totale isolamento del medesimo dagli agenti interni ed esterni.

La particolare tecnologia costruttiva impiegata per il tubo **PALADEX**, dunque, garantisce la **perfetta ed ininterrotta adesione tra l'acciaio ed il polietilene**, evita il contatto con l'acqua ed il trasporto delle specie ioniche e pertanto inibisce qualunque processo di corrosione.

Tecnologie alternative al fissaggio chimico della lamiera di acciaio agli strati di polietilene sono consentite dalla norma UNI 11434, che, come già descritto, prevede quale unico requisito il superamento della prova definita dalla norma UNI EN 1979.

Un differente sistema, di tipo meccanico, è realizzato con una tecnologia di fissaggio discontinua, utilizzando un profilo della lamiera d'acciaio forato.

La solidarizzazione tra i differenti materiali è realizzata mediante riscaldamento della lamiera che produce una fusione dello strato in polietilene, che a sua volta penetra nei fori della lamiera.

Tale tecnologia rende il sistema di fissaggio discontinuo e puntuale, garantito in definitiva solo dai "cunei" in polietilene incastrati nei fori della lamiera.

L'azione di pressoflessione, cui la tubazione viene ordinariamente sottoposta, fatalmente sollecita il materiale plastico, in tali punti, a trazione.

Peraltro, in fase di compressione della tubazione, lo strato in PE e la bandella in acciaio risultano inevitabilmente soggette a scorrimento, col rischio di un'azione di taglio nei collegamenti in PE da parte della lamiera in acciaio.

Inoltre le fasi di carico e scarico, cui fisiologicamente il tubo è sottoposto in fase di esercizio, rappresentano un'ulteriore elemento critico per la perfetta adesione tra polietilene ed acciaio, soprattutto se questa dipende esclusivamente da un fissaggio di tipo meccanico, puntuale e discontinuo.

Si consideri, infatti, che il ritorno elastico della tubazione composita, conforme alla norma UNI 11434, risulta efficace ai fini della resistenza alle azioni meccaniche solo se le stesse non comportano la perdita di contatto tra le pareti in PEAD e la bandella in acciaio. Diversamente, qualora si registrassero puntuali distacchi dell'anima in acciaio per effetto di rotture dei singoli elementi di fissaggio, ne scaturirebbe un differente comportamento meccanico ai successivi cicli di carico e scarico, con conseguente amplificazione dei fenomeni di creep.

Il differente sistema di fissaggio sopra descritto, dunque, presenta elevati profili di rischio in termini di perdita della solidarizzazione tra l'anima in acciaio e i due strati di polietilene, considerando che una perdita di adesione tra l'acciaio e lo strato interno di PE modificherebbe sostanzialmente la risposta fisico-meccanica della tubazione, oltre ad incrementare il rischio legato all'insorgere di fenomeni corrosivi.



Figura 6. Sistema alternativo di fissaggio PE-ACCIAIO di tipo meccanico, discontinuo e puntuale

LA RESISTENZA ALLA CORROSIONE DEL TUBO PALADEX

I materiali polimerici non richiedono alcuna protezione nei riguardi dei fenomeni di corrosione elettrochimica o per accoppiamento galvanico, in quanto non sono elettricamente conduttivi.

L'acciaio può essere soggetto a tali fenomeni qualora dovesse venire in contatto diretto con i fluidi trasportati o presenti all'esterno della tubazione.

L'anima in acciaio zincato, di classe **DX51D + ZF/Z** in conformità ai requisiti dettati dalla norma **UNI EN 10346**, utilizzata nel tubo **PALADEX**, è interamente ricoperta da un primer a base polietilenica che garantisce la perfetta omogeneità e saldabilità con le due pareti, interna ed esterna, in polietilene.

L'acciaio utilizzato per la produzione del tubo **PALADEX** viene preventivamente sottoposto al peeling test, con il quale si misura la forza di adesività del primer poliolefinico all'acciaio e dunque si garantisce il totale isolamento del medesimo dagli agenti interni ed esterni.

La particolare tecnologia costruttiva impiegata per il tubo **PALADEX** garantisce la perfetta adesione tra l'acciaio ed il polietilene, evita il contatto con l'acqua ed il trasporto delle specie ioniche e pertanto inibisce qualunque processo di corrosione.

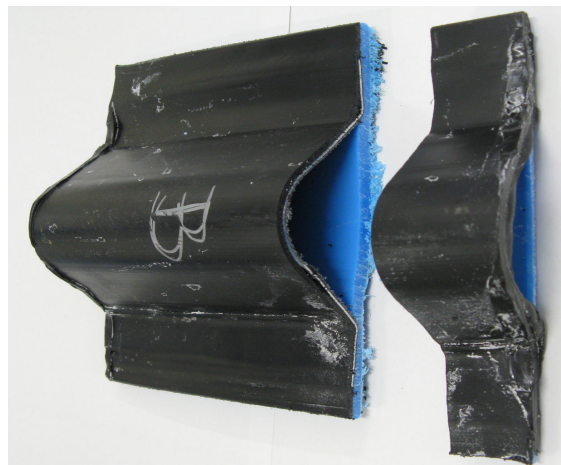
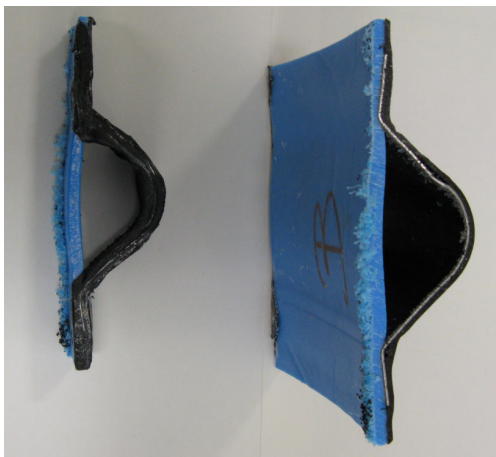
La **PALADERI S.p.A.** ha commissionato al C.T.R. (Centro Triveneto per la Ricerca e prove sui materiali) di Limena (PD) una prova di corrosione accelerata in nebbia salina neutra, al fine di studiare il fenomeno di corrosione in ambiente marino sul tubo spiralato **PALADEX**.

I provini impiegati nel test, ricavati dalla sezione dell'omega del tubo **PALADEX**, sono stati immersi in una soluzione salina basica con concentrazioni di NaCl e Na₂SO₄ superiori a quanto disposto dalla norma UNI 11130 per 8 ore al giorno e lasciati esposti all'aria per le restanti 16 ore.

Al termine dei 30 giorni di prova, l'esame visivo del campione ha evidenziato l'assenza di delaminazione del polietilene dall'acciaio e di infiltrazioni della soluzione al di sotto del polietilene di rivestimento della bandella.

Nell'eventualità in cui l'acciaio non sia ricoperto dagli strati protettivi, per eventi accidentali ovvero quando il tubo deve essere tagliato per l'ingresso in un pozzetto, l'estremità scoperta del profilo in acciaio deve essere trattata in maniera analoga a qualsiasi superficie metallica con materiale adeguato a tale scopo.

Il ripristino della protezione dell'acciaio si basa sull'utilizzo di resine epossidiche bi-componenti ad alta resistenza e deriva direttamente dalle esperienze maturate nel settore delle condotte in acciaio rivestite in polietilene per il trasporto dei prodotti petroliferi.



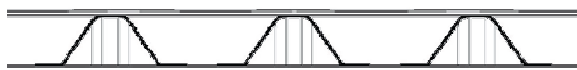
I PROFILI DI PARETE DEI TUBI

Altro aspetto fondamentale per le tubazioni spiralate rinforzate con acciaio è la tipologia di profilo della parete.

La norma UNI 11434:2012 propone solo un esempio tipico di struttura della parete, facendo intendere che sono consentite tipologie alternative, ferme restando le dimensioni minime e i requisiti sia dei materiali che dei prodotti finiti.

Il tubo **PALADEX**, come già descritto nella presente trattazione, utilizza la struttura di parete riportata come esempio dalla norma stessa, liscio internamente e spiralato esternamente, ovvero con lo strato esterno in HDPE che segue la forma ad omega della spirale d'acciaio.

Tuttavia sono consentiti dalla norma, sebbene in maniera non esplicita, profili di parete che presentano la bandella d'acciaio inglobata da due strati in PE lisci, come riportato nella figura seguente.



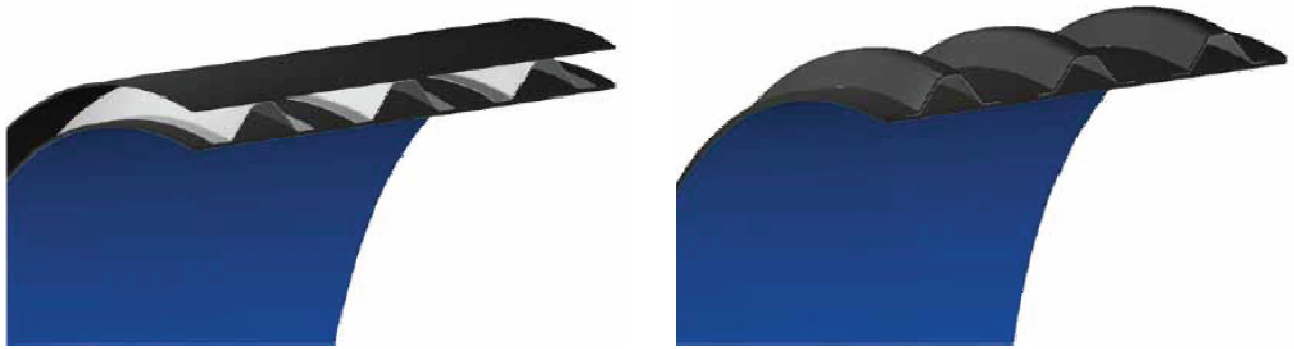


Figura 7. Differenti tipologie di profilo di parete per tubi conformi alla norma UNI 11434:2012.

La tipologia di profilo di parete utilizzata dal tubo PALADEX, spiralato esternamente, rispetto ad un profilo a parete esterna liscia presenta diversi vantaggi:

- una maggiore adesione dell'anima d'acciaio agli strati in materiali plastico in quanto la superficie di contatto tra acciaio e PE risulta maggiore a parità di caratteristiche dimensionali del profilo metallico;
- una maggiore efficacia del costipamento del terreno di rinfiacco, fondamentale per tubazioni flessibili, in quanto l'azione di sostegno sul tubo esercitata dal terreno laterale risulta agente direttamente sulla struttura della tubazione. Nei profili lisci esternamente, al contrario, tale azione grava sullo strato esterno in PE, che nella zona compresa tra le due selle consecutive della bandella d'acciaio, tende a deformarsi nel tempo per effetto del comportamento visco-plastico del materiale, facendo perdere l'effetto di cerchiamento del terreno di rinfiacco a causa della riduzione del coefficiente di costipamento;
- un maggiore aggrappaggio della tubazione al terreno di rinfiacco, tale, da limitare, soprattutto in terreni fortemente acclivi, possibili spostamenti accidentali del tubo;
- una minor rischio di rotture o di perdita della solidarizzazione tra l'anima in acciaio e le pareti in polietilene, che risulta, viceversa, più elevato nel caso di profilo di parete esterna liscio, in quanto le sollecitazioni verticali agenti sulla porzione della parete esterna situata tra le due omega adiacenti esercitano inevitabilmente una trazione sui singoli punti di contatto tra l'anima in acciaio e la parete in PE situate sugli apici delle due omega, tale da determinare un elevata probabilità di distacco tra lo strato esterno in PE e la bandella in acciaio

La tubazione PALADEX, inoltre, essendo realizzata con anima d'acciaio zincato garantisce comunque un grado di protezione maggiore, limitando ulteriormente i danni da corrosione causati da una possibile lesione dello strato in HDPE.

IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE GIUNZIONI

Il comportamento meccanico delle giunzioni rappresenta una criticità per le tubazioni interrate, in quanto costituisce una singolarità geometrica. Nel caso più frequente le giunzioni delle tubazioni di scarico non in pressione sono del tipo “a bicchiere”, nelle quali ad una delle due estremità del tubo il diametro interno è incrementato ad un valore superiore a quello del diametro esterno medio della tubazione, in modo da premetterne l’inserimento.

Il maggiore ingombro radiale dato dal bicchiere necessita di opportuni accorgimenti in fase di posa in opera per mantenere la linearità delle tubazione.

Il tubo **PALADEx** prevede un sistema di giunzione di tipo “a bicchiere”, ottenuto saldando un pezzo preformato, **realizzato con le stesse peculiarità produttive dei tubi**, ad una delle due estremità del tubo stesso, tale da garantire, anche nella giunzione, **la costanza del diametro interno utile ed aumentare la rigidità circonferenziale**.

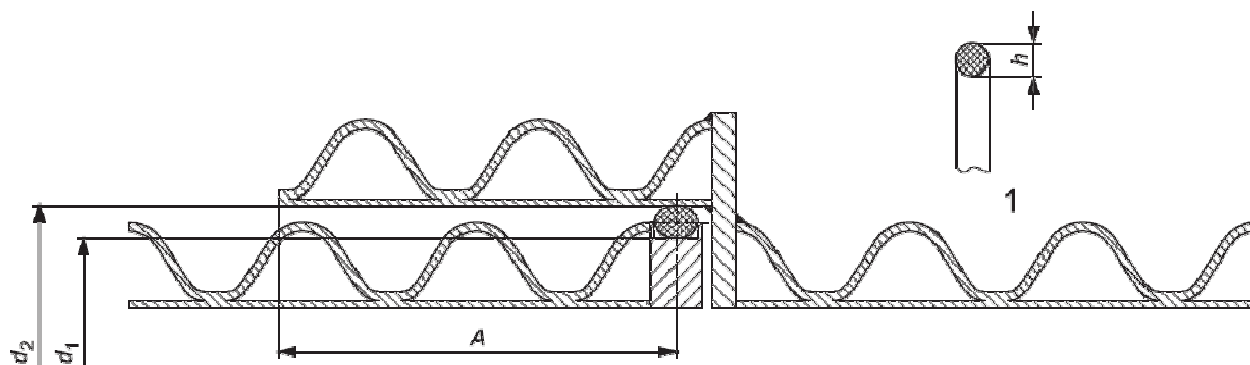


Figura 8. Tipo di giunzione con anello elastomerico utilizzato dal tubo PALADEx secondo la norma UNI 11434:2012.

Entrambi gli elementi “maschio” e “femmina” hanno un profilo di parete strutturato di tipo spiralato, realizzato mediante avvolgimento ad elica, liscio internamente con costolature esterne rinforzate da una lamina sagomata ad omega di acciaio zincato classe DX51D + ZF/Z, conforme ai requisiti della norma UNI EN 10346 completamente incorporata nella parete del tubo.

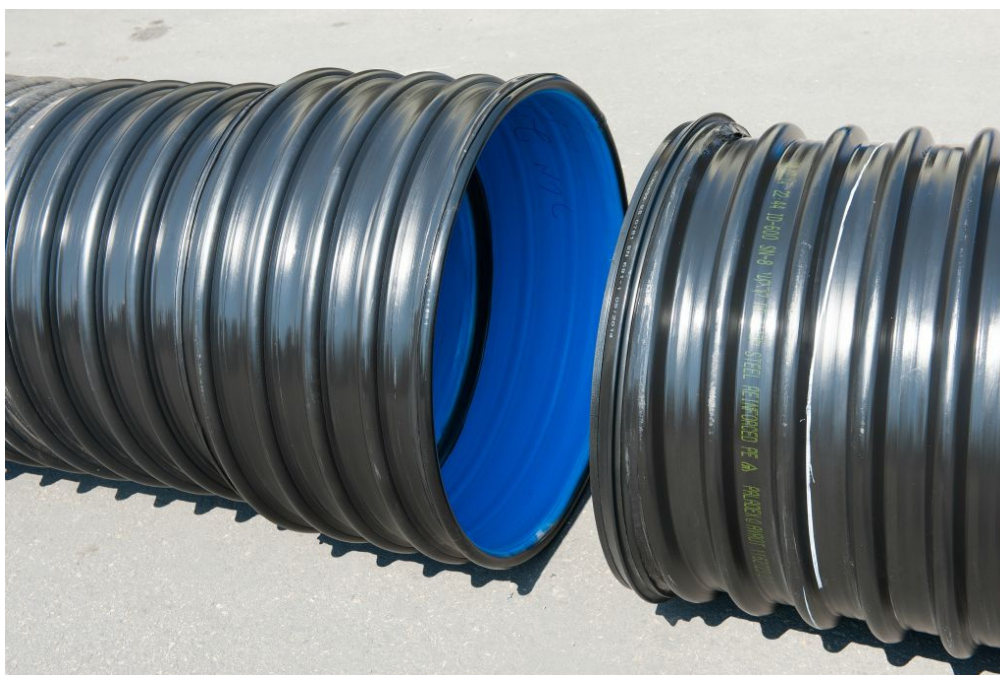


Figura 9. Tubo PALADEX - Giunzione di tipo “a bicchiere”.

Tali specifiche peculiarità costruttive garantiscono, anche e soprattutto nella giunzione, punto critico per tutte le tipologie di condotte, una maggiore rigidità anulare rispetto al tubo medesimo con conseguente costanza ed indeformabilità del diametro interno.

Gli elementi “maschio” e “femmina” sono realizzati in modo tale da favorire l’allineamento dei tubi ed il loro assemblaggio mediante l’utilizzo di semplici attrezzature comunemente presenti in cantiere.

I tempi di posa risultano conseguentemente contenuti, in quanto l’assemblaggio non richiede alcuna fase di preparazione e/o di completamento.

Il sistema di giunzione del tubo PALADEX garantisce all’impresa esecutrice evidenti vantaggi in termini di rapidità di posa, sicurezza ed economicità.

La rigidità degli elementi è tale da compensare anche eventuali imprecisioni delle maestranze nella fase di posa, limitando il rischio di danneggiamenti alla condotta.

L’inserimento della parte “maschio” nella parte “femmina” è favorito dal lubrificante che viene fornito in dotazione e da uno “stopper” che indica il limite massimo di introduzione nel bicchiere.

LA TENUTA IDRAULICA DEL SISTEMA DI GIUNZIONE

Uno degli elementi più significativi per determinare la qualità di una condotta è costituito dalla capacità di convogliare i fluidi evitando dannose perdite nel sistema di raccordo. La giunzione tra i tubi rappresenta quindi una criticità soprattutto in quei progetti che prevedono l'impiego di condotte posate in terreni interessati, anche solo periodicamente, da oscillazioni di falda.

Sebbene trattasi prevalentemente di condotte fognarie e scarichi non in pressione, è assolutamente necessario che il sistema di giunzione possa garantire un'efficienza ed un rendimento elevato e costante nel tempo.

La prova di tenuta secondo la norma UNI EN 1277, che intende simulare le reali condizioni di installazione e di esercizio, consiste nel verificare la tenuta della giunzione del tubo sottoposta sia a sollecitazioni meccaniche (deformazione diametrale e deflessione angolare) che di pressione/depressione come risulta dalla tabella seguente.

PROVA DI TENUTA			
CARATTERISTICHE	REQUISITI	PARAMETRI DI PROVA	METODO DI PROVA
Tenuta idraulica della giunzione	Per DN ≤ 1000 Nessuna perdita Nessuna perdita ≤ - 0.27 bar	Temperatura 23°C Differenza flessione tubo – flessione bicchiere: 5% Pressione dell'acqua 0.05 bar Pressione dell'acqua 0.5 bar -0.3 bar	UNI EN 1277 Condizione B
	Per tutti i diametri Nessuna perdita Nessuna perdita ≤ - 0.27 bar	Temperatura 23°C Per DN ≤ 600: 1.5° Per DN > 600: 1° Pressione dell'acqua 0.05 bar Pressione dell'acqua 0.5 bar -0.3 bar	UNI EN 1277 Condizione C

Tabella 8. Requisiti e parametri per la prova di tenuta della giunzione (UNI EN 1277).

Il sistema di giunzione del tubo **PALADEX** è realizzato con bicchiere “femmina” presaldato in stabilimento su ciascuna canna, nel cui interno si innesta l'elemento “maschio” munito di guarnizione in EPDM, conforme alla norma UNI EN 681, allocata in apposita gola, idonea a garantire la tenuta idraulica del sistema di giunzione secondo le modalità di prova indicate dalla norma UNI EN 1277.

Il sistema di giunzione del tubo **PALADEX** descritto garantisce la tenuta idraulica fino ad 1 bar in pressione, pari al 200% del limite della prova e 0,3 bar in depressione secondo le modalità di prova indicate dalla norma UNI EN 1277.



Figura 10. Particolare giunto a bicchiere del tubo PALADEX.

A titolo esemplificativo si riepilogano i risultati di alcuni test di tenuta idraulica, eseguiti esclusivamente presso il laboratorio prove dell'IIP (Istituto Italiano dei Plastici), su campioni di tubo PALADEX in conformità alla normativa UNI EN 1277:2005.

- Il rapporto di prova n° 986/2011 certifica la tenuta del sistema di giunzione del tubo PALADEX ad una pressione incrementale fino a 1,5 bar.
- Il rapporto di prova n° 1917/2011 certifica la tenuta del sistema di giunzione del tubo PALADEX ad una pressione di 1 bar per 30 minuti con deflessione angolare di 1°.
- Il rapporto di prova n° 1973/2011 certifica la tenuta del sistema di giunzione del tubo PALADEX con doppia guarnizione in EPDM ad una pressione di 1 bar per 7 ore con deflessione angolare di 1°.
- Il rapporto di prova n° 1981/2011 certifica una perdita di pressione di soli 0,03 bar, corrispondente ad una percentuale $P3 = 3,3\%$ a seguito dell'applicazione di una pressione di aria negativa (vuoto parziale), per la durata di 60 minuti, $P3 = 0,8 \text{ bar} \pm 5\%$ con deflessione angolare di 1°.

NESSUNA PERDITA

Pressione all'inizio della prova: - 0,80 bar
 Pressione al termine della prova: - 0,77 bar
 Perdita a fine prova: - 0,03 bar
 Perdita percentuale P3: 3,3%

ALTRE TIPOLOGIE DI GIUNZIONE CONFORMI ALLA NORMA UNI 11434:2012

Come per i profili di parete, anche per i sistemi di giunzione delle tubazioni la norma propone due esempi tipici di collegamenti, esplicitando che altre tipologie di giunzione sono comunque consentite, ferme restando le dimensioni minime e i requisiti sia dei materiali che dei prodotti finiti.

Il tubo **PALADEx** prevede, come ampiamente riportato in precedenza, un sistema di giunzione di tipo “a bicchiere”, ottenuto saldando un pezzo preformato ad una delle due estremità del tubo stesso (Vedi Figura 2b).

Altre tipologie di giunzione, previste in maniera implicita dalla norma, possono essere:

- a) Di tipo a “bicchiere” senza sovrapposizione della spirale metallica e con anello elastomerico (vedi Figura 2a).
- b) Sistema di giunzione di tipo “a bicchiere integrato”, quindi con elementi “maschio” e “femmina” integrati senza soluzione di continuità con l’elemento “tubo”, con guarnizione elastomerica sul codolo.
- c) Sistema di giunzione di tipo “a bicchiere integrato”, con bicchiere elettrosaldabile.

Il sistema di giunzione per elettrosaldatura consente collegamenti fra tubo e tubo mediante l’inserimento di un elemento con resistenza elettrica incorporato nel codolo del tubo stesso. L’esecuzione delle saldature deve essere eseguita in conformità alla norma UNI 10521.

Tale sistema di giunzione risulta efficace solo se eseguito in un luogo pulito e asciutto, al riparo da agenti atmosferici sfavorevoli (pioggia, vento e umidità) ed a temperature ambiente comprese fra -5°C e +40°C.

Per la corretta esecuzione delle operazioni di saldatura è indispensabile rispettare rigorosamente le istruzioni riepilogate di seguito, riportate sui manuali tecnici dei produttori di tubi spiralati che prevedono il sistema di giunzione per elettrofusione:

- *predisporre le estremità interessate all’elettrofusione;*
- *rimuovere le eventuali protezioni dei fogli di plastica;*
- *correggere le eventuali ovalizzazioni dei tubi superiori all’1,5%, mediante appositi congegni arrotondatori e/o allineatori, onde riportare le dimensioni entro i valori tollerati;*
- *pulire manualmente con apposita sostanza liquida le estremità di contatto eliminando tracce di fango e polvere;*
- *inserire il “maschio” dentro al bicchiere ed aggiustarlo;*
- *verificare il corretto inserimento degli elementi da saldare e la loro perfetta coassialità;*
- *inserire un anello di supporto all’interno della condotta in corrispondenza del punto di saldatura del maschio, avvolgendo una fascia metallica e tirandola dall’esterno sul bicchiere;*
- *avvitare un adattatore sui terminali della spirale di saldatura;*

- *collegare la macchina elettrosaldatrice;*
- *nel caso sia presente sulle tubazioni un codice a barre che contiene tutte le informazioni necessarie all'esecuzione della saldatura, utilizzare un lettore del codice a barre per far acquisire alla macchina le informazioni opportune;*
- *terminata la saldatura rispettare un determinato tempo di raffreddamento, che dipende da vari fattori, lasciando bloccate le parti saldate fino a raffreddamento avvenuto, evitando tutte le possibili sollecitazioni esterne;*
- *solo al termine periodo di raffreddamento rimuovere l'anello di supporto interno e la fascia di tiro esterna al bicchiere*

Appare evidente che tale sistema di giunzione per elettrosaldatura risulti difficilmente applicabile soprattutto considerando che le tubazioni in esame sono di diametro elevato e pertanto le lavorazioni sono generalmente effettuate all'interno dello scavo, spesso in corrispondenza o in prossimità di falda.



Figura 11. Tipico esempio di cantiere per la posa di condotte di grande diametro.

La tipologia di giunzione a bicchiere con anello elastomerico utilizzato dal **PALADEX**, rispetto alle tipologie descritte in precedenza presenta alcuni vantaggi:

- una maggiore rigidità anulare in virtù della sovrapposizione di due pareti spiralate realizzate con le medesime peculiarità costruttive dei tubi, che consente di ottenere deformazioni largamente inferiori in corrispondenza di un punto delicato come la giunzione;
- utilizzo di attrezzature semplici per la posa in opera della tubazione e per la realizzazione della giunzione;
- tempi di posa notevolmente contenuti, in quanto l'assemblaggio non richiede alcuna fase di preparazione e/o di completamento.
- garanzia di tenuta idraulica della giunzione superiore a quanto richiesto dalla norma (1 bar contro 0,5 bar prescritti dalla UNI 11434)

PESO DEL TUBO

La particolare ed innovativa struttura costituita da un profilo di parete strutturato di tipo spiralato, liscio internamente, con costolature esterne rinforzate da una lamina sagomata ad omega di acciaio zincato interamente inglobata in due strati di polietilene conferisce al tubo PALADEX, a parità di rigidità anulare, un peso inferiore rispetto ai tubi con le medesime destinazioni d'uso presenti sul mercato.

Il peso medio di un tubo spiralato PALADEX DN/ID 1200 SN8 è pari a 70 kg/m, quello di un tubo spiralato classico in polietilene è pari a 120 kg/m e quello di un tubo in cemento armato è superiore a 1900 kg/m.

La leggerezza del tubo PALADEX non inficia la rigidità anulare e garantisce al progettista, al committente ed all'utilizzatore finale i seguenti oggettivi vantaggi:

- Economicità del tubo;
- Tempi e costi di posa in opera contenuti;
- Possibilità di realizzare barre di lunghezza fino a metri 13,40 senza saldature;
- Possibilità di infilaggio con minore incidenza del costo di trasporto;
- Economicità dei mezzi da utilizzare in cantiere per la movimentazione.

Per quanto attiene allo specifico confronto con i tubi conformi alla medesima norma UNI 11434:2012, sebbene anche questi ultimi vengano annoverati tra le tipologie più leggere presenti sul mercato, i tubi PALADEX, risultano avere un peso ancor più contenuto, in grado, pertanto, di incrementare le caratteristiche di semplicità e rapidità di movimentazione e posa in opera.

TUBO	DN/ID [mm.]	SN	PESO [kg/m]	DIFFERENZA [%]
Tubi PALADEX	1000	8	40	- 36,5
Altri tubi conformi alla norma UNI 11434	1000	8	63	
Tubi PALADEX	1500	8	84	- 33,8
Altri tubi conformi alla norma UNI 11434	1500	8	127	

Tabella 9. Confronto peso tubi PALADEX e altri tubi conformi alla norma UNI 11434:2012.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I tubi PALADEX in HDPE rinforzato con una spirale in acciaio presentano una serie di caratteristiche migliorative rispetto alle altre tubazioni conformi alla norma UNI 11434:2012, che assicurano notevoli vantaggi in fase di installazione e di esercizio. Difatti la PALADERI ha introdotto accorgimenti ulteriori rispetto ai requisiti minimi prescritti dalla norma UNI 11434:2012 al fine di perfezionare le caratteristiche prestazionali dei tubi spirالاتi in polietilene rinforzato con acciaio in termini di resistenza, affidabilità e durabilità.

Di seguito si riepilogano le specifiche peculiarità dei tubi PALADEX che li differenziano dalle altre tipologie di tubi spirالاتi conformi alla norma UNI 11434:

- Zincatura della bandella in acciaio in conformità alla norma UNI EN 10346, allo scopo di assicurare una protezione ulteriore, rispetto allo strato esterno in HDPE, contro i possibili fenomeni di corrosione;
- Sistema di fissaggio chimico, continuo e permanente, tramite l'impiego di un primer a base polietilenica su tutta la superficie dell'acciaio, per garantire una perfetta ed ininterrotta adesione, omogeneità e saldabilità dell'anima in acciaio con le due pareti in HDPE e prevenire ogni rischio connesso a distacchi tra i due materiali o all'insorgere di fenomeni corrosivi;
- Sistema di giunzione realizzato con bicchiere "femmina" ed elemento "maschio" munito di guarnizione in EPDM realizzati entrambi con le stesse peculiarità costruttive dei tubi per garantire, anche nella giunzione, la costanza del diametro interno utile ed aumentare la rigidità circonferenziale, da cui derivano, rispetto a tipologie alternative di giunzione - con bicchiere integrato, con codolo interno o per elettrofusione - i seguenti vantaggi :
 - maggiore rigidità anulare grazie alla sovrapposizione di due pareti spirالاتe in PE rinforzato con acciaio, che consente di ottenere deformazioni minori in corrispondenza della giunzione, punto critico di tutte le condotte;
 - costanza ed indeformabilità del diametro interno utile, con eliminazione del rischio di ovalizzazioni abnormi all'altezza della giunzione, tali da inficiare la tenuta idraulica della condotta;
 - tenuta idraulica della giunzione superiore a quanto richiesto dalla norma (almeno 1 bar contro 0,5 bar prescritti dalla UNI 11434);
 - possibilità di assemblare i tubi mediante l'utilizzo di semplici attrezzature comunemente presenti in cantiere, evitando il ricorso ad apparecchiature e procedimenti complessi;
 - estrema facilità e velocità di esecuzione della procedura di giunzione, senza la necessità di attendere alcuna fase di preparazione e/o di completamento;
 - possibilità di compensare eventuali imprecisioni delle maestranze nella fase di posa, limitando il rischio di danneggiamenti alla condotta;

- Profilo di parete spiralato esternamente, ovvero con lo strato esterno in HDPE che segue la forma ad omega della spirale d'acciaio, tale da assicurare, rispetto ad un profilo a parete esterna liscia, i seguenti vantaggi:
 - maggiore adesione dell'anima d'acciaio agli strati in polietilene in quanto la superficie di contatto tra acciaio e PE risulta maggiore;
 - maggiore efficacia del costipamento del terreno di rinfianco, in quanto l'azione di sostegno del terreno agisce direttamente sulla struttura della tubazione e non sul solo strato esterno in PE;
 - maggiore aggrappaggio della tubazione al terreno di rinfianco, soprattutto in terreni fortemente acclivi;
 - minor rischio di rotture o di perdita di adesione tra i materiali, che risulta, viceversa, più elevato nel caso di profilo di parete esterna liscio, in quanto la porzione della parete esterna situata tra due omega adiacenti è sottoposta ad una trazione sui singoli punti di contatto situati all'apice delle omega
- Peso del tubo inferiore, con conseguenti vantaggi in termini di semplicità e rapidità di movimentazione e posa in opera.

CARATTERISTICHE	PALADEX	Altri tubi conformi alla norma UNI 11434
Gamma diametri	dal DN/ID 400 al DN/ID 2400	dal DN/ID 400 al DN/ID 2400
Classe di resistenza	A = SN 8 – B = SN 12 – C = SN 16 – SN 20 (su richiesta)	A = SN 8 – B = SN 12 – C = SN 16

CARATTERISTICHE	Valutazione PALADEX	Valutazione altri tubi conformi alla norma UNI 11434 **
Durabilità delle caratteristiche meccaniche	OTTIMA	BUONA
Resistenza al creep	OTTIMA	BUONA
Recupero della forma	BUONA	BUONA
Resistenza agli urti	OTTIMA	OTTIMA
Scabrezza	OTTIMA	OTTIMA
Durabilità delle caratteristiche idrauliche	OTTIMA	OTTIMA
Tenuta idraulica della giunzione	OTTIMA	BUONA
Resistenza all'abrasione	OTTIMA	OTTIMA
Resistenza alla corrosione	OTTIMA	BUONA
Leggerezza	OTTIMA	BUONA
Facilità e velocità di posa	OTTIMA	OTTIMA
Semplicità di manutenzione	OTTIMA	OTTIMA
Impatto ambientale	OTTIMA	OTTIMA

Tabella 10. Riepilogo dell'esame comparativo tra i tubi PALADEX e gli altri tubi conformi alla norma UNI 11434

** Si considerano, nel confronto con i tubi PALADEX, tubi conformi alla norma UNI 11434 aventi le seguenti caratteristiche :

- sistema di fissaggio tra PE ed acciaio di tipo meccanico (senza l'impiego di primer polietilenico)
- anima interna in acciaio non zincato;
- sistema di giunzione con bicchiere integrato e/o per elettrofusione;
- profilo di parete esterno liscio.