

**Manuale tecnico**

**PoliCor**  
||||| **plus**<sup>+</sup>

**+ innovativo**  
**+ robusto**  
**+ affidabile**

**Sambe**  
**plast**



Tubi di qualità dal 1978

## INDICE

1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	pag. 3
2	Certificazioni aziendale ISO 9001 ed ambientale ISO 14001	pag. 3
2.1	Prodotti	pag. 4
2.2	Certificazioni di prodotto	pag. 4
3	DESCRIZIONE DEI TUBI STRUTTURATI	pag. 5
3.1	La norma UNI EN 13476-3:2009	pag. 5
3.2	I tubi strutturati: polietilene(HDPE)“POLICOR” polipropilene(PP) “POLICOR EXTRA”	pag. 5
3.2.1	Materiale e tipo di costruzione di parete	pag. 5
3.2.2	Dimensioni DN/OD e DN/ID	pag. 6
3.2.3	Classi di rigidità anulare SN	pag. 6
3.2.4	Modalità di produzione	pag. 7
4	CARATTERISTICHE DEI TUBI A PARETE STRUTTURATI	pag. 7
4.1	Caratteristiche	pag. 7
4.2	Caratteristiche della materia prima	pag. 8
4.2.1	Tensione ammissibile e modulo elastico	pag. 8
4.2.2	Resistenza all’aggressione chimica ed elettrochimica	pag. 8
4.2.3	Comportamento in temperatura e dilatazione termica	pag. 8
4.3	Caratteristiche meccaniche	pag. 9
4.4	Caratteristiche fisiche	pag. 11
4.5	Resistenza all’abrasione	pag. 11
4.6	Caratteristiche funzionali di sistema	pag. 11
4.7	Identificazione dei tubi	pag. 13
4.8	Controlli in Samboplast	pag. 13
5	CALCOLO IDRAULICO	pag. 14
5.1	Calcolo della portata del progetto	pag. 14
5.1.1	Calcolo idraulico a tubo pieno	pag. 14
5.1.2	Calcolo idraulico a riempimento parziale	pag. 15
5.2	Verifica statica	pag. 16
5.2.1	Comportamento a compressione del tubi flessibili	pag. 16
5.2.2	Calcolo statico	pag. 17
5.2.3	Metodo europeo ENV 1046	pag. 18
5.2.4	Metodo Spangler	pag. 18
5.2.5	Verifica della resistenza all’instabilità	pag. 25
6	CONSERVAZIONE DELLE TUBAZIONI IN CANTIERE	pag. 26
6.1	Modalità di trasporto, scarico e movimentazione	pag. 26
6.2	Verifiche in accettazione	pag. 26
6.3	Stoccaggio in cantiere	pag. 26
7	MODALITA’ DI GIUNZIONE	pag. 27
7.1	Bicchieri iniettato in linea	pag. 27
7.2	Collegamento con manicotto	pag. 28
7.3	Collegamento con bicchiere integrato	pag. 28
7.4	Collegamento mediante saldatura	pag. 28
8	MODALITA’ DI POSA	pag. 29
8.1	Installazione interrata in trincea	pag. 29
8.1.1	Preparazione della trincea	pag. 29
8.1.2	Letto di posa	pag. 31
8.1.3	Posa della tubazione	pag. 31
8.1.4	Riempimento dello scavo	pag. 32
8.2	Installazione sospesa	pag. 33
9	COLLAUDO DELLA TUBAZIONE	pag. 33

### APPENDICI

Allegato A: Caratteristiche del polietilene e del polipropilene.

Allegato B: Tabelle di resistenza chimica del polietilene.

Allegato C: Tabelle di resistenza chimica del polipropilene.

Allegato D: Voci di capitolato.

## 1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente manuale tecnico redatto da Samboplast ha lo scopo di fornire una guida per la progettazione, l'installazione e il collaudo di tubazioni "POLICOR" e "POLICOR EXTRA" in materia plastica a parete strutturata per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Il presente manuale è basato sulle prescrizioni della norma UNI EN 13476 "Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), Polipropilene (PP) e Polietilene (HDPE)":

UNI EN 13476:2008, Parte 1) Requisiti generali e caratteristiche prestazionali.

UNI EN 13476:2008, Parte 2) Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema A.

UNI EN 13476:2009, Parte 3) Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema B.



## 2 Certificazioni aziendale UNI EN ISO 9001 e UNI EN ISO 14001

La norma UNI EN ISO 9001:2008 "Sistema di gestione per la qualità" definisce le garanzie per il cliente/utente relativamente alle capacità operative del produttore/fornitore. Una parte importante del sistema di qualità è il manuale della qualità, documento per la politica aziendale della qualità, questi ne documenta tutte le attività, indica come sono applicate e tenute sotto controllo mediante procedure e istruzioni operative. La certificazione UNI EN ISO 14001:2004, "Sistema di gestione ambientale", è frutto della scelta volontaria della organizzazione che decide di attuare e mantenere attivo un proprio sistema di gestione ambientale. Questo sta a dimostrare che l'organizzazione certificata ha un sistema di gestione adeguato a tenere sotto controllo gli impatti ambientali delle proprie attività e ne cerchi sistematicamente il miglioramento in modo coerente, efficace e soprattutto sostenibile.



## 2.1 Prodotti

### **Policor** (HDPE polietilene alta densità)

• Tubi a parete strutturata “POLICOR” in polietilene HDPE tipo B con rigidità anulare SN 4 e SN 8 conformi alla norma UNI EN 13476-3 come da tabella 2.1 e certificati:

- IIP- Istituto Italiano dei Plastici (certificato di conformità n°366/2009).
- Bureau Veritas (certificato di conformità n° 401/001A).

Tabella2.1

Tipo	Area	SN	dal DN/OD	dal DN/OD
B	U	4	200	630
B	U	8	200	630

### **Policor EXTRA** (PP polipropilene)

• Tubi a parete strutturata “POLICOR EXTRA” in polipropilene (PP) tipo B con rigidità anulare SN 16 conformi alla norma UNI EN 13476-3 come da tabella 2.2 e certificati:  
Bureau Veritas (certificato di conformità n° 401/001B).

Tipo	Area	SN	dal DN/ID	dal DN/OD
B	U	16	200	630

Tipo B: tubo o raccordo con superficie interna liscia e superficie esterna profilata o spiralata. Area U: tubazioni e raccordi a parete strutturata da utilizzarsi interrati solo all'esterno della struttura dei fabbricati

## 2.2 Certificazione di prodotto

La certificazione di prodotto vuol dire avere una parte terza (IIP Istituto Italiano dei Plastici, BUREAU VERITAS, ecc.) che con verifiche periodiche annuali effettuate presso il produttore tiene sotto controllo, le materie prime, il processo produttivo, il prodotto ecc. Le certificazioni di prodotto previste dalle norme vigenti sono di due tipi. Certificazione di prodotto cogente: (obbligatoria) assicura la conformità alle regole tecniche (es. leggi, decreti ministeriali, punti riguardanti le disposizioni della direttiva UE, marcatura CE) e garantisce il rispetto dei requisiti essenziali. Certificazione di prodotto volontaria: assicura la conformità alle norme tecniche (es. norme UNI, capitolati).che stabiliscono i requisiti costruttivi,prestazionali e funzionali dei prodotti/servizi in relazione alle più avanzate conoscenze disponibili. La certificazione di prodotto consente agli utenti del prodotto una scelta obiettiva nell'ambito dell'offerta ed ai fabbricanti di operare nell'ambito di un mercato di riferimento.



### 3 DESCRIZIONE DEI TUBI STRUTTURATI

#### 3.1 La norma UNI EN 13476-3:2009

La norma UNI EN 13476-3 prescrive una gamma di tubi strutturati normalizzati sia sul diametro interno che sul diametro esterno (diametri esterni dal DN/OD 110 al DN/OD 1200 e diametri interni dal DN/ID 100 al DN/ID 1200) precisando:

- Le dimensioni del tubo, nelle misure minime del diametro interno, dello spessore della parete interna e dei manicotti/bicchieri. -
- L'esame visivo delle superfici interne ed esterne che risultino lisce, pulite ed esenti da incisioni, soffiature visibili impurità o pori ed altre irregolarità superficiali che possono inficiarne la conformità.
- Le estremità dei tubi che devono essere tagliate perpendicolarmente all'asse e senza sbavature, all'interno della zona raccomandata dal fabbricante (interno della costolatura).
- Il colore degli strati interni ed esterni dei tubi che devono essere colorati in massa.

#### 3.2 I tubi strutturati in polietilene (PE) "POLICOR" e polipropilene (PP) "POLICOR EXTRA" di Sambplast

##### 3.2.1 Materiale e tipo di costruzione di parete

I tubi a parete strutturata **Policor** prodotti in polietilene (HDPE o PEAD: polietilene ad alta densità) e **Policor Extra** prodotti in polipropilene (PP) secondo la norma UNI EN 13476-3 per area U hanno:

un profilo di parete di tipo B,

la superficie interna liscia di colore chiaro per facilitare le ispezioni con le telecamere e la superficie esterna (corrugazioni) di colore nero,

la tenuta mediante guarnizione con anello elastomerico posizionata nel codolo del tubo.

Alla produzione normalizzata sul diametro esterno DN/OD in polietilene, si è affiancata la produzione del tubo normalizzato sul diametro esterno DN/OD in polipropilene.

Nella figura 3.1, sono rappresentati il profilo del tubo in HDPE **Policor** normalizzato sul diametro esterno (DN/OD), e il tubo in PP **Policor Extra**, normalizzato sul diametro esterno(DN/OD)

Figura 3.1)

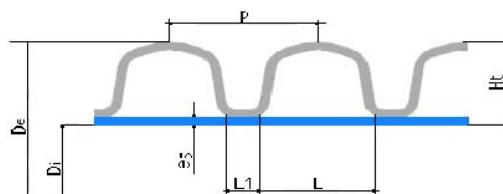


Figura 3.1

Nella tabella 3.1 sono riportati i dati relativi alle dimensioni dei tubi con riferimento alla classe SN = 4 kPa, (prodotto di maggiore utilizzo)

Tabella 3.1

DN/OD [mm]	Dim,min [mm]	Ht[mm]	E5 [mm]	P[mm]	L [mm]	L1[mm]
200	176	13,8	1,4	22,0	13,5	5,8
250	216	16,8	1,7	29,3	18,1	8,0
315	271	22,0	1,9	35,2	21,7	9,0
400	343	28,7	2,3	48,0	29,7	12,5
500	428	34,8	2,8	58,6	36,3	15,5
630	535	47,5	3,3	75,4	46,8	19,0

I valori del diametro interno adottati per tutte le classi di e **Policor** e **Policor Extra** sono superiori a quelli minimi prescritti dalla norma UNI EN 13476-3.

Variazioni riscontrabili nei valori degli spessori, che comunque non influenzano la rigidità anulare, sono dovute alle tolleranze di lavorazione ed ai ritiri di raffreddamento, presenti in tutti i tipi di tubazioni in polietilene e polipropilene.

La qualità di produzione permette di mantenere costante il valore del diametro interno entro le tolleranze di ritiro e quindi permettono al progettista di eseguire i calcoli idraulici sulla base di dati certi e costanti.

A titolo di esempio si riportano nella tabella 3.2 i valori di produzione e le rispettive tolleranze per le tubazioni in (HDPE) di classe SN 4, (i diametri Dim min e gli spessori e5 prescritti dalla norma UNI EN 13476-3 sono indicati tra parentesi).

Tabella 3.2

DN [mm]	Dem min [mm]	Dem max [mm]	Dim min [mm]	e5 [mm]
200	198,8	200,6	176 (≥167)	(≥1,1)
250	248,5	250,8	216 (≥209)	(≥1,6)
315	313,2	316,0	271 (≥263)	(≥1,9)
400	397,6	401,2	343 (≥335)	(≥2,1)
500	497,0	501,5	428 (≥418)	(≥2,8)
630	626,3	631,9	535 (≥527)	(≥3,3)

L'attribuzione della classe di rigidità anulare SN è confermata dalla prova di laboratorio effettuata sul lotto di produzione di tubi. Nel caso che la prova dia esito negativo il lotto di tubi preso in esame viene classificato nella fascia inferiore (esempio, sono classificati di classe SN 4 tutti i tubi in cui  $4 \leq SN < 8$ ).

### 3.2.2 Dimensioni dei tubi prodotti DN/OD e DN/ID

Tabella 3.3

DN/OD	D im, min	Diametro esterno min	Diametro esterno max	e 4 min	e 5, min
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
200	167	198,8	200,6	1,4	1,1
250	209	248,5	250,8	1,7	1,4
315	263	313,2	316,0	1,9	1,6
400	335	397,6	401,2	2,3	2,0
500	418	497,0	501,5	2,8	2,8
630					

### 3.2.3 Classi di rigidità anulare SN

La rigidità nominale del tubo (rigidità anulare) è definita come la forza necessaria per deformare il diametro interno del tubo del 3%, maggiore è la rigidità anulare, maggiore è la resistenza opposta dal tubo alle sollecitazioni esterne.

I valori di rigidità anulare secondo la norma UNI EN 13476-3 sono riportati nella tabella 3.4.

Tabella 3.4

tubi classi di SN	UNI EN 13476-3	Produzione Samboplast
SN 4	X	HDPE
SN 8	X	HDPE
SN 16	X	PP

### 3.2.4 Modalità di produzione

La produzione dei tubi e **Policor** e **Policor Extra** viene effettuata con la tecnologia della coestrusione. Il termine coestrusione significa che per la costruzione del tubo strutturato viene utilizzato una testa con due filiere con il risultato che il tubo viene finito in un unico passaggio.

La filiera interna o prima filiera estrude lo strato interno del tubo (in pratica estrude un tubo il cui diametro interno è lo spessore, sono controllati dal tampone). La filiera esterna produce un tubo che, va ad appoggiarsi sul tubo interno, diventando la parte esterna del tubo (costolatura).

La parte esterna, viene fatta aderire a quella interna dagli stampi del corrugatore, quando la costola è già formata ma ancora ad alta temperatura mediante un sistema di vuoti esterni e d'aria sul manto interno.

I due strati si saldano quando sono ancora caldi, all'interno del corrugatore, evitando in questo modo tensioni interne che sono causa di distacchi delle pareti e cedimenti.

La fase di raffreddamento è successiva alla fase di formatura: il tubo oramai completo viene raffreddato con circolazione di acqua refrigerata e a seguire nella vasca d'acqua di raffreddamento.

L'avanzamento del tubo è garantito da un traino posizionato tra la vasca di raffreddamento ed il sistema di taglio, che ha il compito di trasmettere una velocità costante e uniforme al tubo.

Dopo la fase di raffreddamento, il tubo viene marcato (vedere paragrafo 4.7).

Il taglio completa la catena di produzione, questo viene sempre effettuato nella gola della corrugazione o costolatura.

Tutti i passaggi della produzione (coestrusione, raffreddamento, marcatura e taglio) sono gestiti da programmi computerizzati.

## 4 CARATTERISTICHE DEI TUBI STRUTTURATI

### 4.1 Caratteristiche

Le caratteristiche dei tubi a parete strutturata (corrugati) sono:

- tipo A1: costruzione a sandwich o a parete cava con cavità assiali;
- tipo A2: costruzione a parete cava con cavità disposte a spirale;
- **tipo B: costruzione costolata o corrugata, con corrugazione elicoidale od anulare piena o cava;**

Tre diversi materiali plastici:

- PEAD (polietilene ad alta densità);
- PP (polipropilene);
- PVC-U (policloruro di vinile non plastificato).

Se si esamina l'uso e la produzione dei vari tipi di profilo previsti dalla norma UNI EN 13476 si può rilevare che:

- il profilo tipo A1 (sandwich) poco usato su PE e PP, è tipico dei tubi in PVC-U.
- il profilo tipo A2 è utilizzato per tubi in PE e PP, con normalizzazione sul diametro interno. La produzione è prevalentemente tedesca.
- Il profilo tipo B è più generale e viene utilizzato per tubi in qualsiasi materia plastica. Per PVC la sezione tipica è quella con costola piena, per PE e PP quella con costolatura, produzione coestrusa o applicata.

I tipi di tubi ed i rispettivi materiali utilizzati attualmente e presenti sul mercato italiano sono, in ordine decrescente di diffusione:

- tubazioni corrugate in PE e PP con il profilo di tipo B.
- tubazioni spiralate in PE per il profilo di tipo A2.
- tubazioni a sandwich o alveolari in PVC-U con un profilo di tipo A1.

## 4.2 Caratteristiche della materia prima

### 4.2.1 Tensione ammissibile e modulo elastico

Il polietilene alta densità utilizzato per la produzione del tubo **Policor** ed il polipropilene utilizzato per la produzione del tubo **Policor Extra** presentano le caratteristiche tecniche di tutte le resine termoplastiche ed in particolare dei materiali viscoelastici il modulo di elasticità e la deformazione sotto carico sono dipendenti dalla temperatura e dal tempo.

Le proprietà sono riportate in tabella 4.1:

Tabella 4.1

Caratteristiche	PP	PE	Unità di misura
Modulo di elasticità	$\geq 1250$	$\geq 800$	MPa
Densità media	$\sim 900$	$\sim 940$	Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di espansione termica lineare medio	$\sim 14 \times 10^5$	$\sim 17 \times 10^5$	K <sup>-1</sup>
Conduttività termica	$\sim 0,2$	$\sim 0,36$ a $0,50$	WK <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>
Capacità termica	$\sim 2000$	$\sim 2300$ a $2900$	JKg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Resistenza superficiale	$> 10^{12}$	$> 10^{13}$	$\Omega$
Coefficiente di Poisson	0,42	0,45	(-)

### 4.2.2 Resistenza all'aggressione chimica ed elettrochimica

Sono note le caratteristiche di resistenza all'aggressione chimica del polietilene e del polipropilene. La caratteristica è indicata anche nella norma UNI EN 13476-1:2008, dove è precisato che "i sistemi di tubazioni conformi a questa norma sono resistenti alla corrosione dell'acqua in un grande intervallo di pH ( acque di scarico domestiche, acqua piovana, acqua superficiale e acqua di falda).

I sistemi di tubazioni, conformi alla presente norma sono utilizzati per scarichi di acque contaminate chimicamente (scarichi industriali), pertanto si deve tener conto della resistenza chimica e della temperatura.

Per la resistenza chimica vedere l'appendice B, che riporta la resistenza del polietilene e C che riporta la resistenza del polipropilene nei confronti delle più comuni sostanze chimiche presenti all'interno dei reflui fognari.

Per quanto concerne la resistenza all'aggressione elettrochimica, polietilene e polipropilene sono elettricamente inerti.

Un argomento che spesso si presenta è la resistenza dei prodotti in polietilene e polipropilene all'aggressione biologica, l'attacco biochimico costituito da muffe o enzimi e quello da parte d'insetti può essere ritenuto inesistente, si può affermare che il tubo in polietilene o polipropilene non viene aggredito dall'ambiente e, a sua volta, non cede sostanze dannose per l'ambiente stesso.

### 4.2.3 Comportamento in temperatura e dilatazione termica

In base alla norma UNI EN 13476 i tubi ed i raccordi devono essere idonei a resistere alla temperatura di 45°C per diametri fino a 200 mm e di 35°C per i diametri superiori, il polietilene presenta un coefficiente di dilatazione lineare pari a  $\sim 20 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

il polipropilene presenta un coefficiente di dilatazione lineare pari a  $\sim 12 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

La dilatazione può assumere notevole importanza durante la posa dei tubi in quanto si potrebbero creare tensioni anormale o sfilamento dei giunti. Occorre quindi tenere conto del fenomeno di dilatazione in fase di posa e ricoprimento, si consiglia di evitare l'operazione nei momenti più caldi e più freddi della giornata.

Si può affermare tuttavia che, in generale, un tubo a parete strutturata presenta una dilatazione lineare inferiore a quella dei tubi a parete piena costituiti dallo stesso materiale, tale affermazione si basa sul fatto che la struttura presenta valori del coefficiente di dilatazione uguale su tutta la superficie esposta, ma la dilatazione o la contrazione è contrastata parzialmente dagli elementi della struttura stessa e si sviluppa maggiormente in direzione radiale.

### 4.3 Caratteristiche meccaniche

Le prove meccaniche a cui devono essere sottoposte le tubazioni, qualunque sia il materiale di cui sono composte sono specificate nella tabella 4.2.

Tabella 4.2

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Rigidità anulare	$\geq$ previsto da SN	Conforme alla EN ISO 9969		EN ISO 9969
Resistenza all'urto	TIR $\leq$ 10%	Temperatura di prova Condizionamento Tipo percussore massa $d_{im,max} \leq 100$ per $100 < d_{em,max} \leq 125$ $125 < d_{em,max} \leq 160$ $160 < d_{em,max} \leq 200$ $200 < d_{em,max} \leq 250$ $250 < d_{em,max} \leq 315$ $315 < d_{em,max} \leq$ Altezza di caduta $d_{em,min} \leq 110$ $d_{em,min} > 110$	$(0 \pm 1) ^\circ C$ Acqua o aria d 90 0,5 Kg 0,8 Kg 1,0 Kg 1,6 Kg 2,0 Kg 2,5 Kg 3,2 Kg  1600 mm 2000 mm	EN 744
Flessibilità anello	Conforme al punto 9.1.2	Deformazione	30% del $d_{em}$ ( $300 \pm 10$ ) mm	EN ISO 1446
Rapporto di deformazione plastica (creep)	PP e PE: $\leq$ 4 a 2 anni di estrapolazione	Conforme a EN ISO 9967		EN ISO 9967

La rigidità anulare del tubo è uno dei parametri più importanti per la progettazione di una tubazione interrata destinata a scarico o fognatura non in pressione.



La prova di flessibilità dell'anello, effettuata in base alla norma UNI EN ISO 9967, prevede che un provino avente una lunghezza pari a 300 mm del Dem (deve incorporare almeno 5 costole di rinforzo) venga sottoposto ad una deflessione a velocità costante sino ad arrivare al 30% di variazione del diametro esterno. Il provino non deve evidenziare fratture o cedimenti. Lo scopo della prova è anche quello di verificare il comportamento delle tubazioni sottoposte a carichi elevati in cantiere che possono creare deformazioni eccessive. Risulta evidente che tali deformazioni garantiscono la resistenza della singola barra, ma non permettono la conservazione della capacità idraulica della tubazione e soprattutto la tenuta idraulica dell'intero sistema tubo-manicotto. La prova d'urto consiste nel far cadere una massa, da una determinata altezza in funzione del diametro del tubo in prova, l'energia d'urto creata dalla caduta deve essere assorbita dal tubo (provetta) senza causare la sua rottura. Prima della prova si devono preparare un numero di provette (spezzoni di tubo, di lunghezza pari a  $200 \pm 10$  mm) in modo da impartire un minimo di 25 colpi in coincidenza di linee equidistanti che sono state tracciate sulla provetta. I campioni devono essere termostatati per circa due ore in cella frigorifera alla temperatura di  $(-10 \pm 2)^\circ C$ . Questa prova permette di capire come si comporta la tubazione nel caso di urti durante le fasi di posa in opera a basse temperature.)

Tabella 4.3 Caratteristiche del materiale dei tubi di PE

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza alla pressione interna 165 h	Senza rotture durante il periodo di prova	Chiusure alle estremità Temperatura Orientamento Numero dei provini Sforzo circonferenziale Periodo di condizionamento	Tipo A o tipo B 80°C Libero 3 4,0 MPa Deve essere conforme alla EN ISO 1167-1 Acqua in acqua 165 h	EN ISO 1167-1 e EN ISO 1167-2
Resistenza alla pressione interna 1000 h	Senza rotture durante il periodo di prova	Chiusure alle estremità Temperatura Orientamento Numero dei provini Sforzo circonferenziale Periodo di condizionamento	Tipo A o tipo B 80°C Libero 3 2,8 MPa Deve essere conforme alla EN ISO 1167-1 Acqua in acqua 1000 h	EN ISO 1167-1 e EN ISO 1167-2
Indice di fluidità di massa	≤ 1,6 g/10 min	Temperatura Massa del carico	190 °C 5 Kg	EN ISO 1133 Condizione T
Stabilità termica	≥ 20 min	Temperatura	200 °C	EN 728
Massa volumica	≥ 930 Kg/m <sup>3</sup>	Deve essere conforme alla EN ISO 1183-1 e 1183 2:2005		EN ISO 1183-1 1183-2

Tabella 4.4 Caratteristiche del materiale dei tubi di PP

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza alla pressione interna 140 h	Senza rotture durante il periodo di prova	Chiusure alle estremità Temperatura Orientamento Numero dei provini Sforzo circonferenziale Periodo di condizionamento	Tipo A o tipo B 80°C Libero 3 4,2 MPa Deve essere conforme alla EN ISO 1167-1 Acqua in acqua 140 h	EN ISO 1167-1 e EN ISO 1167-2
Resistenza alla pressione interna 1000 h	Senza rotture durante il periodo di prova	Chiusure alle estremità Temperatura Orientamento Numero dei provini Sforzo circonferenziale Periodo di condizionamento	Tipo A o tipo B 80°C Libero 3 2,5 MPa Deve essere conforme alla EN ISO 1167-1 Acqua in acqua 1000 h	EN ISO 1167-1 e EN ISO 1167-2
Indice di fluidità di massa	≤ 1,5 g/10 min	Temperatura Massa del carico	230 °C 2,16 Kg	EN ISO 1133:2001 Condizione M
Stabilità termica	≥ 8 min	Temperatura	200 °C	EN 728

#### 4.4 Caratteristiche fisiche

Le prove fisiche a cui devono essere sottoposti i tubi in PE, sono specificate nella tabella 4.5.

Tabella 4.5

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza al calore prova della stufa	Il tubo non deve mostrare delaminazione, rotture o bolle	Temperatura tempo in forno e ≤ 8mm e > 8mm	(110 ± 2) °C  30 min 60 min	EN ISO 12091

Le prove fisiche a cui devono essere sottoposti i tubi in PP, sono specificate nella tabella 4.6.

Tabella 4.6

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza al calore prova della stufa	Il tubo non deve mostrare delaminazione, rotture o bolle	Temperatura tempo in forno e ≤ 8mm e > 8mm	(150 ± 2) °C  30 min 60 min	EN ISO 12091

La prova al forno (ritiri longitudinali) in base alla norma UNI EN ISO 2405, prevede di tagliare uno spezzone di tubo di lunghezza pari a (200 ± 10) mm e sezionarlo longitudinalmente in due o quattro parti uguali in funzione del diametro, inserirlo all'interno di un forno, dove viene mantenuto per un tempo pari a 30 minuti per spessori inferiori a 8 mm e 1 ora per spessori superiori a 8 mm, ad una temperatura di (110 ± 2)°C.

Il campione levato dal forno e lasciato raffreddare a temperatura ambiente al controllo non deve presentare difetti quali rotture, bolle o delaminazioni.

Lo scopo della prova è di verificare come si può comportare la parete esterna del tubo quando sia sottoposta ad elevati valori di temperatura (ad esempio in cantiere durante il periodo estivo).

#### 4.5 Resistenza all'abrasione

I sistemi di tubazione coestrusi con tubi in PEAD e PP conformi sono resistenti all'abrasione il metodo di prova indicato per la sua determinazione è la UNI EN 925-3.

Il valore della resistenza all'abrasione è una caratteristica intrinseca del tipo di materiale PE e PP e non dei singoli prodotti commerciali presenti sul mercato.

Per le caratteristiche appena citate si può dunque affermare che i tubi corrugati in PE e PP sono particolarmente indicati per condotte in campo minerario, per bonifiche, fognature, etc.

#### 4.6 Caratteristiche funzionali di sistema

Oltre a prescrivere le caratteristiche dei componenti (proprietà delle materie prime, aspetto e dimensioni geometriche, caratteristiche meccaniche e fisiche) la norma UNI EN 13476 indica le metodologie di prova ed i relativi parametri per verificare il comportamento dell'intero sistema di tubazioni, ossia l'idoneità delle giunzioni tra i vari componenti (tubi e raccordi) che possono essere eseguite mediante manicotto, o bicchiere integrato, con anello elastomerico.

In funzione al campo di applicazione dalla tubazione in esame, vi sono differenti "prove di sistema" che simulano le condizioni di installazione e funzionamento dello stesso, con metodologie e parametri di prova, che nel caso di fognature interrate, sono carichi, sollecitazioni e deflessioni,

Le prove di sistema che simulano le condizioni di installazione e funzionamento del sistema tubazione sono le verifiche di carico

- Verifica della tenuta all'acqua;
- Verifica della tenuta all'aria;

- Verifica della tenuta delle giunzioni ad anello elastomerico;
- Verifica della resistenza ai cicli ad alta temperatura.

La prova di tenuta idraulica effettuata sulle tubazioni strutturate in materiale plastico serve per valutare che il sistema, composto dal tubo corrugato più manicotto di giunzione con la relativa guarnizione elastomerica, non abbia perdite.

La prova di tenuta viene condotta secondo la norma UNI EN 1277, condizione B o C, e viene eseguita a tre diversi livelli di pressione:

- 0,05 bar (acqua) corrispondente ad un funzionamento standard;
- 0,5 bar (acqua) corrispondente ad un picco di portata;
- -0,3 bar (aria) corrispondente ad un funzionamento in presenza di falda.

Nei primi due casi la prova è visiva: dopo 15 minuti si deve controllare che non vi siano tracce di perdita di acqua.

Nel terzo caso si deve verificare dopo 15 minuti che la pressione misurata da un manometro, non scenda al di sotto del 10% rispetto alla pressione iniziale di prova.

Le prove vengono effettuate anche con:

- una deflessione diametrale differente tra tubo e manicotto: 10% per il tubo e 5% per il manicotto;
- una deflessione angolare del codolo o del bicchiere.

Le prove funzionali simulano difetti di allineamento nella posa o un differente carico trasmesso sulla tubazione e sul manicotto, vedi tabella 4.7.

Tabella 4.7

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Tenuta della giunzione con guarnizione elastomerica		temperatura	(23±2) °C	EN 1277:2003 condizione B
		Deflessione del codolo	10%	
		Deflessione del bicchiere	5%	
		Pressione dell'acqua	0,05 bar	
	Senza perdite	Pressione dell'acqua	0,5 bar	
	Senza perdite	Pressione dell'aria	-0,3 bar	
	≤ - 0,27 bar	Temperatura	(23±2) °C	EN 1277:2003 condizione C
	Deflessione del giunto per de ≤ 315 315 < de ≤ 630 630 ≤ de		2°	
			1,5°	
			1°	
	Senza perdite	Pressione dell'acqua	0,05 bar	
	Senza perdite	Pressione dell'acqua	0,5 bar	
	≤ - 0,27 bar	Pressione dell'aria	- 0,3 bar	



Prova di tenuta idraulica su una tubazione corrugata in polietilene DN/OD

#### 4.7 Identificazione dei tubi

La norma UNI EN 13476-3 stabilisce le informazioni che devono comparire direttamente sul tubo che sono:

- identificazione del produttore;
- norma di riferimento;
- materiale;
- dimensione nominale;
- codice d'applicazione d'area;
- rigidità anulare;
- informazioni del fabbricante (il mese e l'anno di produzione, il sito di produzione)
- eventuale marchio di conformità.

#### 4.8 Controlli in Samboplast

Ogni lotto di materia prima acquistata deve essere corredata dal certificato del fornitore, inoltre a campione vengono effettuati controlli nel laboratorio interno di Samboplast.

Il controllo della produzione (essendo Samboplast un'azienda con certificazione di prodotto) viene effettuato per ogni lotto di produzione secondo quanto prescritto dagli enti di certificazione accreditati ACCREDIA a norma UNI CEI EN 45012 e secondo il piano riportato in tabella 4.8.

Tabella 4.8

Caratteristiche	Frequenza	Metodo di analisi
Aspetto (BRT)	All'avvio e successivamente una volta ogni 8 ore per linea	UNI EN 13476-3
Colore (BRT)	All'avvio e successivamente una volta ogni 8 ore per linea	UNI EN 13476-3
Caratteristiche geometriche (BRT) (diametri esterno, spessore, dimensioni del bicchiere e lunghezza delle barre)	All'avvio e successivamente una volta ogni 8 ore per linea	EN 496
Urto (BRT)	All'avvio e successivamente una volta ogni 24 ore per linea	UNI EN 744
Flessibilità anulare	All'avvio e successivamente una volta ogni 24 ore per linea	UNI EN 1446
Rigidità anulare	All'avvio e successivamente una volta ogni 24 ore per linea	UNI EN ISO 9969

Detto dn il diametro nominale esterno del tubo per la finalità di campionamento sono stabiliti raggruppamenti come da tabella 4.9.

Tabella 4.9

Gruppi di diametri		
1	2	3
$32 \leq dn \leq 63$	$75 \leq dn \leq 180$	$200 \leq dn \leq 315$

## 5 CALCOLO IDRAULICO

### 5.1 Calcolo della portata di progetto

La portata è la quantità d'acqua trasportata in una tubazione nell'unità di tempo ed è legata alla velocità del fluido trasportato ed alla sezione della tubazione mediante la relazione:

$$Q = v \cdot A$$

dove:

Q	portata [m <sup>3</sup> /s]
A	sezione idraulica [m <sup>2</sup> ]
v	velocità di scorrimento del fluido [m/s]

In esercizio la sezione di una tubazione per scarichi fognari può essere o parziale (funzionamento a pelo libero) o completo (funzionamento a tubo pieno).

Una tubazione per scarichi fognari deve essere in grado di smaltire la portata d'acqua prevista in funzione della popolazione (numero di abitanti) e dotazione idrica giornaliera (generalmente variabile tra 250 e 350 litri per abitante). La portata di una tubazione di scarico fognario è data dalla formula:

$$Q = \frac{\alpha \cdot d \cdot P}{86400}$$

dove:

Q	portata [l/s]
$\alpha$	coefficiente di riduzione (tipicamente $\alpha=0,8$ )
P	numero di abitanti (previsione demografica)

Tale portata Q deve essere moltiplicata per un fattore di contemporaneità K (variabile da 1,3 per le condotte maggiori a 2 per le condotte minori) per tenere conto degli scarichi concentrati nelle "ore di punta": la portata  $Q_p$  da utilizzare per la progettazione della tubazioni fognaria è quindi:

$$Q_p = K \cdot Q$$

#### 5.1.1 Calcolo idraulico a tubo pieno

Nel caso di deflusso a tubo pieno, la sezione idraulica è l'intera sezione del tubo e la velocità v può essere determinata mediante formule idrauliche. Nell'ipotesi di una corrente in una tubazione con pareti lisce come quelle dei tubi

**Policor** e **Policor Extra** può essere utilizzata la formula di Prandtl-Colebrook derivata da quella più generale di Colebrook-White. Assumendo un moto turbolento la velocità v è data dalla formula:

$$v = -2 \cdot \sqrt{(2g \cdot D_i \cdot J)} \cdot \log \left( \frac{K}{3,71 \cdot D_i} + \frac{2,51 \cdot \nu}{D_i \cdot \sqrt{2g \cdot D_i \cdot J}} \right)$$

dove:

v	velocità media della corrente [m/s]
g	accelerazione di gravità ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ )
$D_i$	diametro interno del tubo [m]
J	pendenza del tubo [%] (rapporto tra dislivello e lunghezza)
K	scabrezza assoluta [m] (tipicamente $K=2,5 \times 10^{-4} \text{ m}$ )
$\nu$	viscosità cinematica del fluido [m <sup>2</sup> /s] (tipicamente $\nu=1,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )

Nel caso di deflusso a sezione piena si ha la massima capacità di portata della tubazione che è data dalla formula:

$$Q = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot v$$

dove

- Q portata [l/s]  
D<sub>i</sub> diametro interno del tubo [m]  
v velocità media della corrente [m/s]

Utilizzando la formula di Prandtl-Colebrook possono essere calcolate le velocità medie della corrente e le portate per tutti i diametri dei tubi **Policor** e **Policor Extra**.

### 5.1.2 Calcolo idraulico a riempimento parziale

Generalmente nelle tubazioni di scarico fognario la sezione del tubo è occupata solo in parte dal liquido. In tali casi per il calcolo della portata viene utilizzata la formula di Chezy valida per una tubazione funzionante a pelo libero con moto uniforme:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

dove

- v velocità media del fluido [m/s]  
C coefficiente ricavabile dalla formula di Bazin  
R raggio idraulico [m]  
J pendenza del tubo [‰] (rapporto tra dislivello e lunghezza)

Il raggio idraulico è dato dalla formula:

$$R = \frac{A}{P}$$

dove:

- R raggio idraulico [m]  
A sezione del flusso [m<sup>2</sup>] (vedere figura 5.1)  
P perimetro bagnato del tubo [m] (vedere figura 5.1)

$$A = \frac{D_i^2}{4} \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - \arcsen\left(1 - \frac{2h}{D_i}\right) - 2 \cdot \left(1 - \frac{2h}{D_i}\right) \cdot \sqrt{\frac{h}{D_i} \cdot \left(1 - \frac{h}{D_i}\right)} \right]$$

$$P = D_i \cdot \left[ \pi - \arccos\left(\frac{2h}{D_i} - 1\right) \right]$$

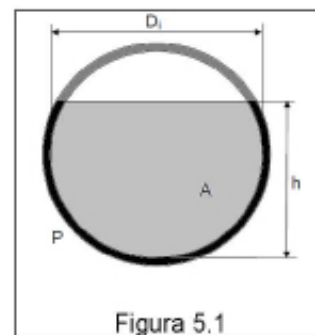


Figura 5.1

Ai fini idraulici possono essere trascurate sia la piccola variazione della sezione dovuta alle deformazioni diametrali del tubo installato che la lieve ondulazione nella parete interna dei tubi “POLICOR” e “POLICOR EXTRA”.

Posto  $\gamma$  l'indice di scabrezza (per i tubi **Policor** e **Policor Extra**  $\gamma=0,1$ ), il coefficiente C è ricavabile dalla formula di Bazin:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

La portata è quindi data dalla formula:

$$Q = 87 \cdot \frac{A \cdot R \cdot \sqrt{J}}{C + \sqrt{R}}$$

## 5.2 Verifica statica

### 5.2.1 Comportamento a compressione dei tubi flessibili

In generale i tubi si possono classificare in rigidi e flessibili: sono rigidi ad esempio i tubi in cemento ed in gres, sono invece flessibili i tubi in materiale plastico come i tubi **Policor** e **Policor Extra**.

Mentre i tubi rigidi si deformano meno del terreno circostante e sopportano la maggior parte del carico posto sulla verticale del tubo (vedere figura 5.2), i tubi flessibili si deformano più del terreno circostante e quindi da soli non sarebbero in grado di resistere ad elevati carichi verticali senza un adeguato riempimento della trincea: in questo modo la loro resistenza aumenta notevolmente perché gran parte del carico sovrastante il tubo viene sopportato dal terreno.

Come si può vedere dalla figura 5.3, un tubo flessibile, deformandosi nel piano orizzontale, provoca una reazione laterale del terreno: si ha così sul tubo un carico radiale che porta ad una sollecitazione di compressione sulle pareti del tubo del tutto analoga a quella tipica dell'arco. Invece un tubo rigido, in funzione del carico verticale impostogli, viene sottoposto a uno sforzo di flessione del tutto analogo a quello tipico della trave: è ben noto che l'arco rispetto alla trave ha un'efficienza nettamente migliore nell'utilizzo del materiale che lo costituisce.

Il dimensionamento statico dei tubi **Policor** e **Policor Extra** deve essere effettuato tenendo conto del loro comportamento meccanico e del materiale di cui sono costituiti. Anche se la geometria della parete contribuisce in maniera determinante alla rigidità anulare del tubo, questo può ancora essere definito "flessibile". Gli studi eseguiti sulle condotte di scarico hanno dimostrato i vantaggi che le tubazioni flessibili interrate offrono nel sostenere i carichi a cui sono sottoposte sfruttando le reazioni laterali del terreno.

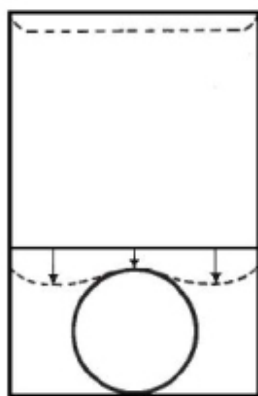


Figura 5.2

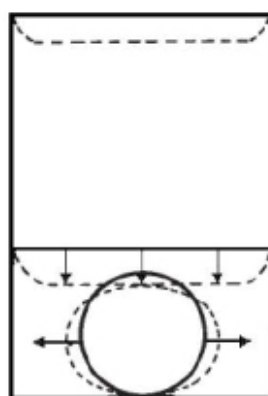


Figura 5.3

Proprio in quanto flessibili i tubi sottoposti ad un carico esterno subiscono una deformazione diametrale (vedere figura 5.4): vari studi ed esperienze pratiche dimostrano che la deformazione diametrale evolve in due fasi principali: a breve termine (durante l'installazione e poco dopo) ed a lungo termine, (durante la vita utile in esercizio che per le tubazioni in materiale plastico per scarichi fognari è superiore a 100 anni).

Il grafico in figura 5.5 mostra che la deformazione maggiore si manifesta soprattutto durante l'installazione (breve termine) mentre durante la vita utile in esercizio (lungo termine) si ha un incremento minimo di deformazione diametrale dipendente essenzialmente dall'assestamento del terreno, dalle condizioni climatiche e dal tipo di carichi mobili presenti. In pratica entro un anno dall'installazione il tubo raggiunge la sua deformazione diametrale definitiva che non si modificherà in seguito.

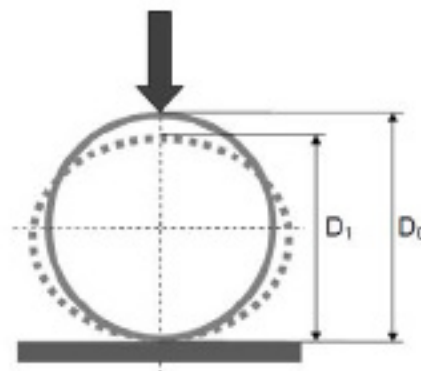


Figura 5.4

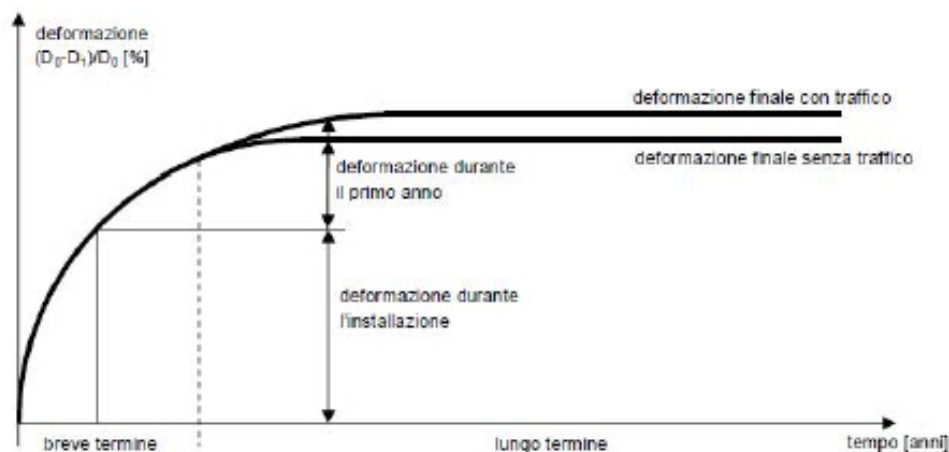


Figura 5.5

Il comportamento di un tubo flessibile interrato è strettamente legato alle modalità di posa e quindi per la verifica statica devono essere presi in considerazione i seguenti parametri:

- geometria di posa:
  - tipologia di trincea (larghezza e profondità),
  - diametro del tubo;
- parametri geotecnici:
  - tipologia del suolo naturale,
  - tipologia del terreno di rinfiango e rinterro,
  - grado di compattazione del rinfiango;
- carichi:
  - carichi mobili e statici sul piano campagna,
  - eventuale presenza di falda d'acqua.

Per la verifica statica si devono verificare sia le deformazioni della tubazione che la sua resistenza all'instabilità / collasso (effetto buckling).

Nell'utilizzo dei tubi **Policor** e **Policor Extra** si deve inoltre tenere conto del comportamento a lungo termine del materiale: il valore del modulo elastico  $E$  del polietilene (analogamente a tutti gli altri materiali termoplastici come ad esempio il polipropilene ed il PVC) varia nel tempo per il fenomeno dello "scorrimento plastico" (creep).

### 5.2.2 Calcolo statico

Per il calcolo statico il parametro critico da prendere in considerazione sia in fase di calcolo che in fase di collaudo è la deformazione diametrica dei tubi che non deve raggiungere un livello eccessivo.

Per ottenere i migliori risultati è indispensabile:

- utilizzare per il sottofondo, il rinfiango ed il ricoprimento, i materiali più adatti (sabbia o ghiaia);
- procedere al loro compattamento nel modo più valido;
- provvedere che la trincea presenti la minor larghezza possibile.

Dal calcolo statico deriva la scelta della rigidità anulare del tubo SN4, SN 8 o SN 16 da utilizzare.

La verifica statica può essere effettuata utilizzando diverse metodologie. La norma guida europea EN 1046 può essere utilizzata per effettuare la scelta della classe di rigidità dei tubi **Policor** e **Policor Extra** che può essere eventualmente confermata utilizzando un metodo di calcolo come ad esempio il cosiddetto "metodo Spangler" (esistono anche altre metodologie tra cui quella tedesca ATV-A-127).

### 5.2.3 Metodo europeo ENV 1046

La norma ENV 1046, recepita in Italia da UNI come UNI ENV 1046 “Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione d’acqua e scarichi fognari all’esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra” indica i valori minimi della rigidità anulare SN del tubo in funzione del tipo di suolo naturale non disturbato (terreno originario ossia prima dello scavo) e del tipo di terreno utilizzato per il reinterro e del grado di compattazione (vedere tabelle 5.1 e 5.2 per interramenti in aree senza traffico e tabelle 5.3 e 5.4 per interramenti in aree con traffico). La norma è valida per altezze di ricopertura comprese tra 1 e 6 metri con o senza sovraccarichi dinamici.

### 5.2.4 Metodo Spangler

Il metodo Spangler definisce la deformazione che subisce la tubazione interrata come rapporto tra il carico che deve sopportare il tubo e la rigidità del tubo e del terreno. La deformazione diametrale del tubo deve essere minore del 5% del diametro esterno.

L’equazione di Spangler è la seguente:

$$\Delta = \frac{K_x \cdot (d_1 \cdot p_0 + p_t)}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'}$$

dove:

- $\Delta$  deformazione diametrale [m]
- $d_1$  fattore di auto compattazione:  
 $d_1=1,5$  per compattazioni moderate  
 $d_1=2$  per compattazioni medie con limitata altezza di copertura
- $p_0$  carico del terreno [N/m]
- $p_t$  carico del traffico [N/m]
- $K_x$  costante di fondo (vedere tabella 5.7)
- $SN$  rigidità circonferenziale riferita al diametro del tubo a lungo termine [N/m<sup>2</sup>]
- $E'$  modulo elastico del terreno [N/m<sup>2</sup>] (vedere tabella 5.8)

Tabella 5.1

Gruppo di materiali di reinterro (1)	Classe di compattazione (2)	Rigidità anulare specifica [N/m <sup>2</sup> ] minima del tubo per aree senza traffico e per spessore di ricopertura $1 \text{ m} \leq S_r \leq 3 \text{ m}$					
		Gruppo di suolo naturale non disturbato (1)					
		1	2	3	4	5	6
1	W	1250	1250	2000	2000	4000	5000
	M	1250	2000	2000	4000	5000	6300 10000
	N	2000	2000	2000	4000	8000	
2	W		2000	2000	4000	5000	5000
	M	-	2000	4000	5000	6300	6300
	N		4000	6300	8000	8000	(3)
3	W			4000	6300	8000	8000
	M	-	-	6300	8000	1000	(3)
	N			(3)	(3)	(3)	(3)
4	W				6300	8000	8000
	M	-	-	-	(3)	(3)	(3)
	N				(3)	(3)	(3)

(1): vedere tabella 5.5

(2): vedere tabella 5.6

(3): effettuare il progetto strutturale per determinare i dettagli della trincea e la rigidità anulare SN del tubo

Tabella 5.2

Gruppo di materiali di reinterro(1)	Classe di compattazione (2)	Rigidità anulare specifica [N/m <sup>2</sup> ] minima del tubo per aree senza traffico e per spessore di ricopertura 3 m < Sr ≤ 6 m					
		Gruppo di suolo naturale non disturbato (1)					
		1	2	3	4	5	6
1	W	2000	2000	2500	4000	5000	6300
	M	2000	4000	4000	5000	6300	8000
2	W		4000	4000	5000	8000	8000
	M	-	5000	5000	8000	10000	(3)
3	W			6300	8000	1000	(3)
	M	-	-	(3)	(3)	(3)	(3)
4	W				(3)	(3)	(3)
	M	-	-	-	(3)	(3)	(3)

1): vedere tabella 5.5  
 (2): vedere tabella 5.6  
 (3): effettuare il progetto strutturale per determinare i dettagli della trincea e la rigidità anulare SN del tubo

Tabella 5.3

Gruppo di materiali di reinterro(1)	Classe di compattazione (2)	Rigidità anulare specifica [N/m <sup>2</sup> ] minima del tubo per aree con traffico e per spessore di ricopertura 1 m < Sr ≤ 3 m					
		Gruppo di suolo naturale non disturbato (1)					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4000	4000	6300	8000	10000	(3)
2	W	-	6300	8000	10000	(3)	(3)
3	W	-	-	10000	(3)	(3)	(3)
4	W	-	-	-	(3)	(3)	(3)

1): vedere tabella 5.5  
 (2): vedere tabella 5.6  
 (3): effettuare il progetto strutturale per determinare i dettagli della trincea e la rigidità anulare SN del tubo

Tabella 5.4

Gruppo di materiali di reinterro(1)	Classe di compattazione (2)	Rigidità anulare specifica [N/m <sup>2</sup> ] minima del tubo per aree con traffico e per spessore di ricopertura 3 m < Sr ≤ 6 m					
		Gruppo di suolo naturale non disturbato (1)					
		1	2	3	4	5	6
1	W	2000	2000	2500	4000	5000	6300
2	W	-	4000	5000	5000	8000	8000
3	W	-	-	8000	8000	10000	(3)
4	W	-	-	-	(3)	(3)	(3)

1): vedere tabella 5.5  
 (2): vedere tabella 5.6  
 (3): effettuare il progetto strutturale per determinare i dettagli della trincea e la rigidità anulare SN del tubo

Tabella 5.5

Gruppo di terreno	Tipo di terreno			Utilizzabile come terreno di rinterro	
	#	Nome Tipico	Esempi		
Granulare	1	Ghiaia a singola pezzatura	Roccia frantumata, ghiaia di fiume o di costa, ghiaia morenica, ceneri vulcaniche	Si	
		Ghiaia ben vagliata, mestole di ghiaia e sabbia			
		Mestole di ghiaia e sabbia poco vagliata			
	2	Sabbia di unica dimensione	Sabbia da dune e depositi alluvionali, sabbia di vallata, sabbia di bacino	Si	
		Ghiaia ben vagliata, mescole di ghiaia e sabbia	Sabbia morenica, sabbia da terrapieni, sabbia da spiaggia		
		Mescole di ghiaia e sabbia poco vagliata			
	3	Ghiaia con limo, mescole poco vagliate di limo, ghiaia e sabbia	Ghiaia degradata, detriti da riporto, ghiaia con argilla	Si	
		Ghiaia con argilla, miscele poco vagliate di ghiaia, limo e sabbia			
		Sabbia con limo, mescole poco vagliate di sabbia e limo	Sabbia liquida, terriccio, sabbia loess		
		Sabbia con argilla, miscele poco vagliate di sabbia e limo	Sabbia con terriccio, argilla alluvionale, marna alluvionale		
	Coesivo	4	Limo inorganico, sabbia molto fine, farina di roccia, sabbia fine con limo o argilla	Loess, terriccio	Si
			Argilla inorganica, argilla particolarmente plastica	Marna alluvionale. argilla	
Organico	5	Terreno granulato misto con mescole di humus e calcare	Strato superficiale, sabbia calcarea, sabbia da tufo	No	
		Limo organico e limo organico argilloso	Calcare marino, terreno superficiale		
		Argilla organica, argilla con mescole organiche	Fango, terriccio		
	6	Torbe, altri terreni altamente organici	Torbe	No	
		Fanghi	Fanghi		

Tabella 5.6

Classe di compattazione	Gruppo di materiale di reinterro (1)			
	4 SPD [%]	3 SPD [%]	2 SPD [%]	1 SPD [%]
N (nessuna)	75 ÷ 80	79 ÷ 85	84 ÷ 89	90 ÷ 94
M (moderata)	80 ÷ 89	86 ÷ 92	90 ÷ 95	95 ÷ 97
W (buona)	90 ÷ 95	93 ÷ 96	96 ÷ 100	98 ÷ 100

1): vedere tabella 5.5

Tabella 5.7

$2\alpha$	$K_x$
0°	0,110
90°	0,096
120°	0,090
180°	0,083

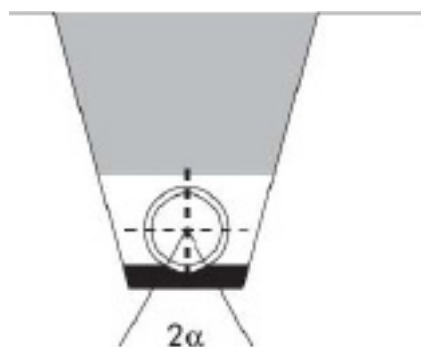


Tabella 5.8

Stato del materiale	Materiale sfuso	Materiale compattato		
		SPD < 85	85 ≤ SPD ≤ 90	SPD > 90
Densità Proctor standard SPD [%]	-			
Densità relativa $\gamma$ % [%]	-	$\gamma$ % < 40	40 ≤ $\gamma$ % ≤ 70	$\gamma$ % > 70
Tipo di terreno	Modulo di elasticità $E'$ del terreno [N/m <sup>2</sup> ]			
Bassa granulometria, suoli con media ed alta plasticità	0	0	0	0,35
Bassa granulometria, suoli con bassa e media plasticità con meno del 25% di particelle grossolane	0,35	1,38	2,76	6,9
Bassa granulometria, suoli con bassa e media plasticità con più del 25% di particelle grossolane; suoli con granulometria grossolana con più del 12% di particelle fini	0,69	2,76	6,9	13,8
Granulometria grossolana con meno del 12% di particelle fini	0,69	6,9	13,8	20,7
Misto di cava	6,9	20,7	20,7	20,7

Tabella 5.9

Tipo di terreno	Peso specifico $\gamma_t$ del terreno [N/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito $\varphi$ del materiale di riempimento		Coefficiente di Rankine K	Angolo di attrito $\mu$ tra materiale di riporto e trincea
		[°]	[rad]		
Gesso	19.600	18	0,31	0,53	0,33
Argilla secca	15.700	22	0,38	0,45	0,41
Argilla umida	19.600	12	0,21	0,66	0,21
Terra secca sciolta	2.750	12	0,21	0,66	0,21
Terra secca costipata	17.200	15	0,26	0,59	0,26
Terra alla rinfusa	15.700	31	0,54	0,32	0,60
Terra molto compatta	18.150	32	0,56	0,31	0,62
Terra umida costipata	19.600	33	0,58	0,29	0,65
Ghiaia	17.200	25	0,44	0,41	0,47
Ghiaia con sabbia	16.700	26	0,45	0,39	0,49
Argilla grassa secca	15.700	14	0,24	0,61	0,25
Argilla grassa umida	20.700	22	0,38	0,45	0,41
Fango	15.700	25	0,44	0,41	0,47
Ciottoli	17.200	37	0,65	0,25	0,75
Sabbia secca	14.700	31	0,54	0,32	0,60
Sabbia compattata	17.200	33	0,58	0,29	0,65
Sabbia umida	18.700	34	0,59	0,28	0,67
Sassi grossi	15.700	37	0,65	0,25	0,75

L'equazione di Spangler tiene conto di due tipologie di carico:

- $p_0$ : carico statico dovuto al peso del terreno che ricopre la tubazione moltiplicato per un coefficiente correttivo dipendente dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria dello scavo (in presenza di acqua di falda in tale termine può essere sommato anche il carico sul tubo dovuto all'acqua);
- $p_t$ : carico dinamico dovuto al traffico  $Q_t$  e carico statico  $Q_s$  dovuto alle strutture fisse che gravano sulla trincea (fondazioni, muri, etc.).

Per una "trincea stretta" (vedere paragrafo 8) il carico statico del terreno gravante sulla unità di lunghezza di tubo è definito dalla formula seguente:

$$p_0 = C_t \cdot \gamma_t \cdot D_e \cdot B$$

dove:

- $C_t$  coefficiente di carico del terreno
- $\gamma_t$  peso specifico del materiale di riempimento [ $N/m^2$ ] (vedere tabella 5.9)
- $D_e$  diametro esterno del tubo [m]
- $B$  larghezza dello scavo [m] (vedere figura 5.6)

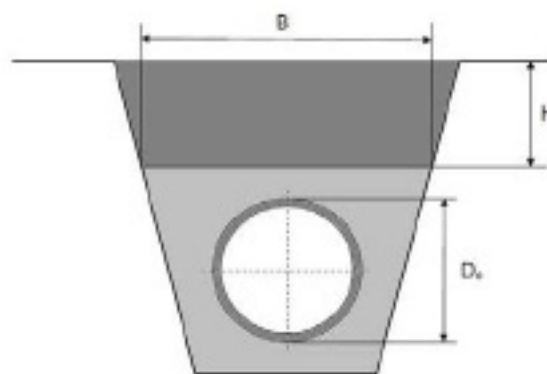


Figura 5.6

Il coefficiente di carico  $C_t$  del terreno è dato dalla formula:

$$C_t = \frac{1 - e^{\frac{-2K \cdot \mu \cdot H}{B}}}{2 \cdot K \cdot \mu}$$

dove:

- $K$  coefficiente di Rankine
- $\mu$  coefficiente di attrito tra il materiale di riporto e trincea (vedere tabella 5.9)
- $H$  altezza di ricopertura [m] (vedere figura 5.6)
- $B$  larghezza dello scavo [m] (vedere figura 5.6)

Detto  $\varphi$  l'angolo di attrito (vedere tabella 5.10), il coefficiente di Rankine  $K$  è dato dalla formula (vedere anche tabella 5.9):

$$K = \frac{1 - \text{sen} \varphi}{1 + \text{sen} \varphi}$$

Tabella 5.10

Tipo di terreno	$\varphi$
Terreno non coesivo	35°
Terreno leggermente coesivo	30°
Terreno coesivo mescolato	25°
Terreno coesivo	20°

Nel caso di “trincea larga” o “terrapieno” (vedere paragrafo 8), il carico totale gravante sulla tubazione è:

$$p_t = \gamma_t \cdot D_e \cdot H$$

dove:

$D_e$  diametro esterno del tubo [m]

$H$  altezza di ricopertura [m] (vedere figura 5.6)

Detta  $\sigma_z$  [N/m<sup>2</sup>] la tensione verticale, il carico dovuto al traffico e a carichi fissi di superficie è dato dalla formula di Boussinesq:

$$p_t = \sigma_z \cdot D_e$$

Detta  $r$  [m] la distanza orizzontale tra centro del tubo e punto di carico (vedere figura 5.7) e  $H$  [m] l'altezza di ricopertura (vedere figura 5.6), la tensione verticale  $\sigma_z$  è calcolabile con la formula.

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{Q}{H^2} \cdot \sqrt{\left[ \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{H}\right)^2} \right]^5}$$

Il carico superficiale  $Q$  è dato dalla formula:

$$Q = Q_t + Q_s$$

dove:

$Q$  carico superficiale totale [N]

$Q_t$  carico dinamico dovuto al traffico [N]  
(vedere tabella 5.11)

$Q_s$  carico statico dovuto alle strutture  
fisse che gravano sulla trincea  
(fondazioni, muri, etc.) [N]

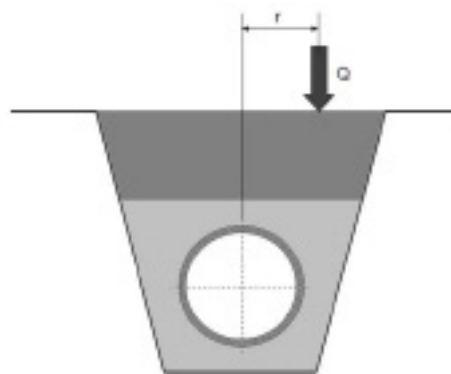


Figura 5.7

Tabella 5.11

Classe di carico	Carico totale $Q_t$ [kN]	Carico per ruota [kN]
Traffico pesante	600	100
Traffico medio	450	75
	300	50
Traffico leggero	120	20
	60	
Autovettura	30	10

Come si può notare il carico dinamico decresce con il quadrato della profondità di copertura ed il suo contributo alla deformazione diametrale del tubo diventa più importante del carico statico del terreno in caso di altezze di ricoprimento inferiori a due metri.

Nel caso di carico puntuale applicato sulla verticale della tubazione il carico unitario per unità di lunghezza risulta:

$$p_t = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{Q \cdot D_e}{H^2}$$

### 5.2.5 Verifica della resistenza all'instabilità / collasso (effetto buckling)

L'effetto buckling (vedere figura 5.8) consiste nella perdita della forma del tubo per instabilità elastica causata dalla presenza di carichi radiali esterni gravanti sulla condotta (tali condizioni possono riscontrarsi ad esempio in presenza di acqua di falda) nel caso non si abbia una corretta compattazione del terreno di rinfianco.



Figura 5.8

Grazie alla loro particolare struttura i tubi **Policor** e **Policor Extra** hanno un'elevata resistenza al collasso ma volendo comunque fare una verifica la pressione critica di deformazione per effetto buckling è data dalla relazione:

$$P_c = 2 \cdot \frac{E \cdot s^3 \cdot D^3}{1 - \mu^2}$$

dove:

- E      modulo elastico del materiale
- s      spessore di parete del tubo (spessore equivalente per tubi a parete strutturata)
- D      diametro del tubo
- $\mu$     modulo di Poisson del materiale

L'instabilità si verifica quando la pressione critica viene superata dalla pressione esterna applicata al tubo. Per tenere conto delle modifiche a lungo termine del modulo elastico E del materiale si può utilizzare un coefficiente di sicurezza pari a 2.

## 6 CONSERVAZIONE DELLE TUBAZIONI IN CANTIERE

### 6.1 Modalità di trasporto, scarico e movimentazione

Il trasporto dei tubi **Policor** e **Policor Extra** non necessita di particolari attenzioni, oltre le normali raccomandazioni, come assicurarsi che:

- Venga usato un veicolo a pianale piatto;
- I tubi siano assicurati con sostegni che non rovinino la superficie;
- I tubi non sporgano dal veicolo oltre cinque volte la dimensione nominale;

Nel caso di tubi con bicchiere integrato evitare che gli stessi siano in contatto con i tubi adiacenti e posizionare quelli con diametro maggiore sul pianale del veicolo. Dato il peso limitato e la rilevante rigidità circonferenziale, le tubazioni possono essere appoggiate l'una sopra l'altra senza inconvenienti ma bisogna comunque accertarsi che il tubo appoggi per tutta la sua lunghezza.

### 6.2 Verifiche in accettazione

Al ricevimento si devono eseguire i controlli sulla corrispondenza della fornitura, in relazione alle prescrizioni dei capitolati ed ai termini contrattuali, l'accettazione dei tubi è regolata dalle prescrizioni dello specifico disciplinare di fornitura o capitolato speciale d'appalto.

Tutti i tubi, i giunti ed i pezzi speciali, devono arrivare in cantiere marcati o etichettati. L'etichetta/marcatura deve riportare:

- La ditta costruttrice;
- Il diametro nominale;
- La classe d'impiego.

I tubi a richiesta possono essere accompagnati dai rapporti di prova inerenti alla materia prima e al prodotto finito (tubi, giunti, e pezzi speciali) effettuati dal produttore.

### 6.3 Stoccaggio in cantiere

Il trasporto, lo scarico e tutte le manovre connesse devono essere eseguite con la maggiore cura possibile, adoperando mezzi idonei a seconda del tipo e del diametro dei tubi, adottando tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare rotture, incrinature, lesioni o danneggiamenti in genere.

Si devono evitare urti, inflessioni o sporgenze eccessive, strisciamenti e contatti con corpi che possano provocare danneggiamenti o deformazioni dei tubi.

In cantiere si devono predisporre mezzi idonei per lo scarico dei tubi, i pezzi speciali e gli accessori.

Lo scarico dei tubi deve avvenire, o direttamente con l'intero bancale o singolarmente in base alle modalità di trasporto evitando qualsiasi manovra di strisciamento a terra.

Nel caso di tubi corrugati è fortemente consigliabile l'uso di fasce in materiale non abrasivo o funi in canapa.

L'accatastamento dei tubi deve essere eseguito disponendoli su un'area piana, priva di parti taglienti, stabile e protetta al fine di evitare pericoli d'incendio e possibilmente riparata dai raggi solari.

La base delle cataste deve poggiare su tavole opportunamente distanziate o su un letto d'appoggio. L'altezza deve essere contenuta entro i limiti adeguati ai diametri per evitare deformazioni nelle tubazioni alla base e per consentire un'agevole movimentazione. I tubi accatastati devono essere bloccati con cunei o altri mezzi onde evitare improvvisi rotolamenti, prestando cura particolare alla protezione delle testate evitando che queste subiscano danneggiamenti.

Quando prima della posa i tubi devono essere sfilati lungo il tracciato, si deve evitare qualsiasi manovra di strisciamento. I giunti, le guarnizioni elastomeriche ed i materiali in genere (pezzi speciali) devono essere posti in spazi chiusi o entro contenitori protetti dai raggi solari, da sorgenti di calore, dal contatto con oli o grassi e non sottoposti a carichi fino al momento del loro impiego.

## 7 MODALITA' DI GIUNZIONE

### 7.1 Bicchiere iniettato in linea

Il nuovo sistema di bicchiere iniettato in linea sul tubo **Policor** e **Policor Extra** è:

+ innovativo perché:

- il profilo di ancoraggio del bicchiere iniettato è stato appositamente concepito in modo da ottenere la sezione massima di saldatura al tubo, garantendo così la massima tenuta in questa zona tanto sollecitata;
- attraverso l'iniezione in linea dello stesso materiale con cui viene prodotto il tubo si riesce ad ottenere un bicchiere rigido e stabile sul tubo corrugato, riducendo drasticamente difettosità e scarti, ma soprattutto incrementando la qualità del bicchiere, garantendone un'assoluta stabilità geometrica e dimensionale nel tempo, anche in presenza delle più svariate condizioni ambientali di utilizzo;
- Il profilo del bicchiere è stato studiato per avere le caratteristiche meccaniche il più possibile simili a quelle del tubo;
- la battuta interna è studiata per garantire la perfetta complanarità tra le pareti del tubo in modo da evitare il formarsi di scalini o di spazi che poi favoriscono depositi ed attriti.

+ robusto perché:

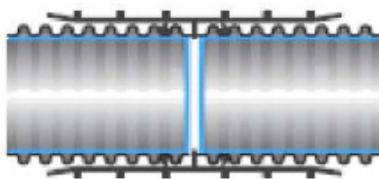
- costituisce un corpo unico e solidale con il tubo in quanto il bicchiere viene stampato a caldo per iniezione sul tubo, così da evitare distacchi e scollamenti tra tubo e bicchiere sotto carico una volta in esercizio;
- ha uno spessore ed una robustezza che gli conferiscono una sua propria resistenza allo schiacciamento in modo da evitare ovalizzazioni prima ancora di essere posato in opera, nelle fasi di stoccaggio e/o movimentazione;
- tutte le prove distruttive eseguite per sollecitazione di trazione/compressione dimostrano che la rottura del tubo non avviene in zona bicchiere ma in una qualsiasi ulteriore zona del tubo

+ affidabile perché:

- l'estremità esterna ha una particolare conformazione svasata appositamente concepita per creare un invito idoneo per la guarnizione di tenuta, che non andrà più a forzare sullo spigolo vivo del bordo del bicchiere, a tutto vantaggio dell'innesco del tubo, che diventa più facile, rapido e sicuro;
- ha una lunghezza tale da garantire una perfetta copertura della guarnizione, onde evitare il rischio di inficiare la tenuta per i danni arrecati da piante o radici;
- la tenuta idraulica del sistema è garantita in tutte le condizioni di posa a regola d'arte, come previsto dalla normativa di riferimento.



## 7.2 Collegamento con manicotto



Il manicotto per la giunzione del tubo corrugato è liscio internamente ed ha un anello di battuta a metà lunghezza che permette il suo centraggio rispetto alle estremità dei tubi da giuntare.

La lunghezza del manicotto permette l'inserimento di più corrugazioni al suo interno per assicurare un allineamento corretto dei due tubi, garantendo una tenuta migliore.

La tenuta del giunto a manicotto è assicurata dalla guarnizione elastomerica, quindi bisogna prestare particolare attenzione alla sua pulizia, al suo corretto posizionamento e alla pulizia del tubo nella zona interessata.

## 7.3 Collegamento con bicchiere integrato

Nei tubi corrugati a parete strutturata di tipo B con bicchiere integrato la guarnizione elastomerica ad anello è collocata o nel bicchiere o nel codolo di tubo. La lunghezza del bicchiere permette l'inserimento di più corrugazioni al suo interno per assicurare un allineamento corretto dei tubi.

I bicchieri dei tubi sono conformi alle prescrizioni della UNI EN 13476-3 : 2009.

Le operazioni per garantire una buona giunzione da effettuarsi in cantiere prima della posa sono:

- Pulizia della parete esterna del tubo che deve essere accoppiato e della parete interna del bicchiere;
- Pulizia della guarnizione elastomerica;
- Posizionamento corretto della guarnizione nell'incavo dopo la sua pulizia.

Dopo la lubrificazione (sono consigliati scivolanti biodegradabili a base acquosa) il codolo deve essere allineato e introdotto nel bicchiere facendo attenzione ad evitare ogni rischio di contaminazione. Il codolo del tubo deve essere inserito nel bicchiere fino al segno di riferimento se presente, si deve verificare che il tubo sia inserito fino in battuta. La guarnizione in EPDM prodotta in conformità alla norma UNI EN 681 è progettata dal fabbricante del sistema è costruita in modo da garantire una perfetta tenuta idraulica del sistema, sia verso l'interno che verso l'esterno. Per il corretto funzionamento della guarnizione occorre aver cura di posizionarla con il labbro rivolto nella direzione opposta a quella di introduzione.

## 7.4 Collegamento mediante saldatura

L'operazione di saldatura risulta delicata e necessita di operatori qualificati muniti di apposito patentino per saldatore: la norma UNI 9737 fornisce le prescrizioni per la classificazione e qualificazione dei saldatori per materie plastiche per condotte di gas, utilizzabile anche per condotte in genere.

La tecnologia e le macchine di saldatura sono le stesse utilizzate per i tubi in polietilene liscio; in particolare i tempi e le pressioni da utilizzare sono quelle per la saldatura di tubi aventi uno spessore sottile (PN 2,5 o PN 3,2). Ogni fornitore di apparecchiature per la saldatura fornisce una tabella nella quale sono indicate le temperature ed i tempi consigliati.

Questo metodo comprende tre stadi separati, come segue:

- Preparazione della superficie, controllo che le superfici da assemblare siano tagliate perpendicolarmente ed esenti da difetti fisici o geometrici.
- Riscaldamento delle superfici, assicurandosi che la superficie della piastra calda sia pulita e sia mantenuta a temperatura costante per tutto il processo di saldatura, secondo le istruzioni del fabbricante, mantenere le superfici da riscaldare premute contro la piastra fino alla formazione di un sottile cordone di materiale fuso, quindi ridurre la pressione in modo da mantenere la dimensione del cordone costante;
- Assemblaggio della saldatura, rimozione della piastra calda e compressione delle superfici riscaldate secondo le istruzioni del fabbricante, mantenendo la pressione fino al raffreddamento.

Questo tipo di saldatura, produce un cordone sia all'interno che all'esterno del tubo.

## 8 MODALITA' DI POSA

### 8.1 Installazione interrata in trincea

Per l'installazione interrata in trincea, come anche descritto dalla norma UNI ENV 1046 "Sistemi di tubazioni e condotte di materiale plastico. - Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati. - Raccomandazioni per l'installazione interrata e fuori terra" la prima domanda che ci si deve porre è se la nostra tubazione è di tipo rigido o flessibile, questo infatti determina il comportamento del tubo quando è soggetto ad un carico. I tubi in materia plastica sono flessibili.

Quando caricato, un tubo flessibile deflette e spinge sul materiale circostante, questo genera una reazione del materiale circostante che controlla la sua deflessione. L'entità della deflessione, può essere limitata dalla cura effettuata nella posa del tubo e dai materiali di riporto sui suoi lati nel letto di posa. Questo argomento viene ampiamente trattato nel paragrafo 5.2 "Verifica statica".

#### 8.1.1 Preparazione della trincea

Di seguito vengono evidenziati gli aspetti principali della posa in opera delle tubazioni per fognature, senza entrare nel merito di come effettuare gli scavi, i movimenti di terra e in generale del modo migliore per organizzare il cantiere.

In sede di progetto il tipo di scavo da realizzare è strettamente connesso alla valutazione del carico, al tipo di terreno, alla squadra di operai che si intende utilizzare in sede esecutiva, è quindi essenziale la corrispondenza scrupolosa tra disegno ed effettiva realizzazione.

Si riporta di seguito una classificazione in base agli elementi geometrici degli scavi normalmente utilizzati, evidenziandone le caratteristiche applicative.

La profondità della trincea è determinata dalla pendenza da imporre alla tubazione e/o alla protezione che si intende fornire alla medesima.

Per tubi sotto traffico stradale o sotto terrapieno, la profondità in generale del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo, (altezza H) deve essere maggiore di entrambi i seguenti valori:

$$H \geq 1,0 \text{ m e } H \geq 1,5 D$$

Negli altri casi deve essere:

$$H \geq 0,5 \text{ m e } H \geq 1,5 D$$

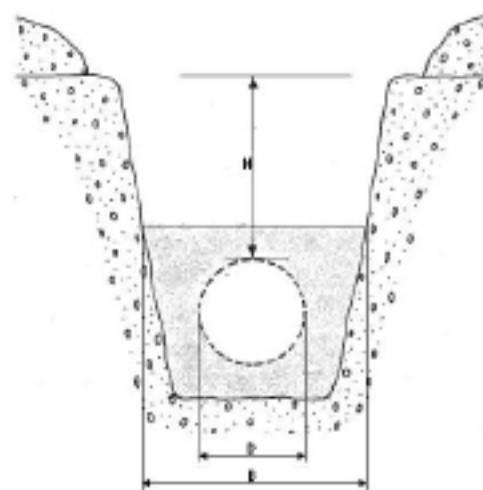


Figura 8.1

La “trincea stretta” (vedere figura 8.2) è la migliore sistemazione nella quale collocare il tubo in quanto viene alleggerito dal carico sovrastante riuscendo a trasmettere parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale è sottoposto.

In una trincea stretta si ha:

- $B \leq 3 D$ ;
- $B \leq H/2$ .

dove

B larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo

H altezza del riempimento a partire dalla generatrice superiore del tubo

D diametro esterno del tubo

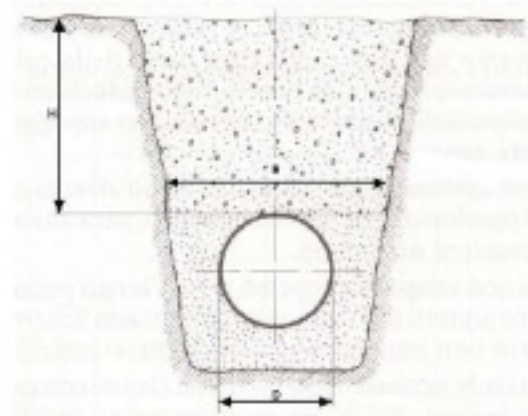


Figura 8.2

In una “trincea larga” (vedere figura 8.3) il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire, per questioni di sicurezza, da questa ipotesi.

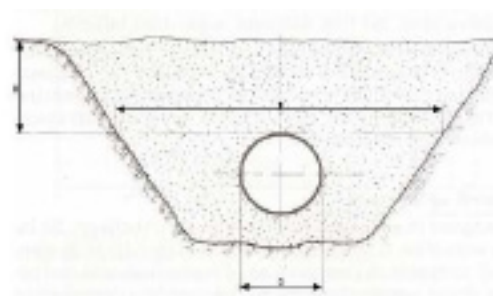


Figura 8.3

Non possono essere installati tubi con  $H \leq 0.8$  m, la larghezza minima del fondo è di norma  $B = 2 D$  (per  $D \geq 500$  mm).

La larghezza della trincea è determinata dalla profondità di posa e dal diametro della tubazione dovendo essere tale da consentire la sistemazione del fondo, la congiunzione dei tubi e naturalmente l'agibilità del personale. In ogni caso la trincea è tanto più efficiente quanto minore è la sua larghezza.

Il fondo della trincea deve essere costituito da materiale riportato (normalmente sabbia) in modo da costruire un supporto continuo alla tubazione, si sconsigliano fondi costituiti da gettate di cemento o simili.

Alle prevedibili distanze devono essere predisposte opportune nicchie per l'alloggiamento dei giunti, in modo che anche questi siano opportunamente supportati, In questa operazione si deve controllare la pendenza della tubazione.

## 8.1.2 Letto di posa

Il letto di posa (vedere figura 8.4) non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea.

Il materiale adatto per il letto di posa e successivamente per il rinfiacco, è quello indicato dal diagramma riportato alla figura 8.5 e delimitato dall'area tratteggiata.

In pratica il materiale più adatto è costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro 10-15 mm oppure da sabbia mista a ghiaia con diametro massimo di 20 mm, il materiale impiegato deve essere accuratamente compattato in modo da ottenere l'indice di Proctor prescritto.

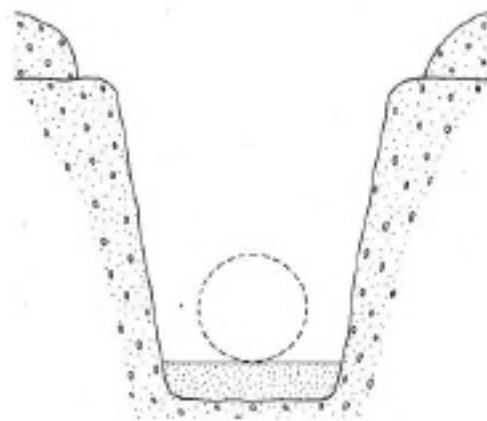


Figura 8.4

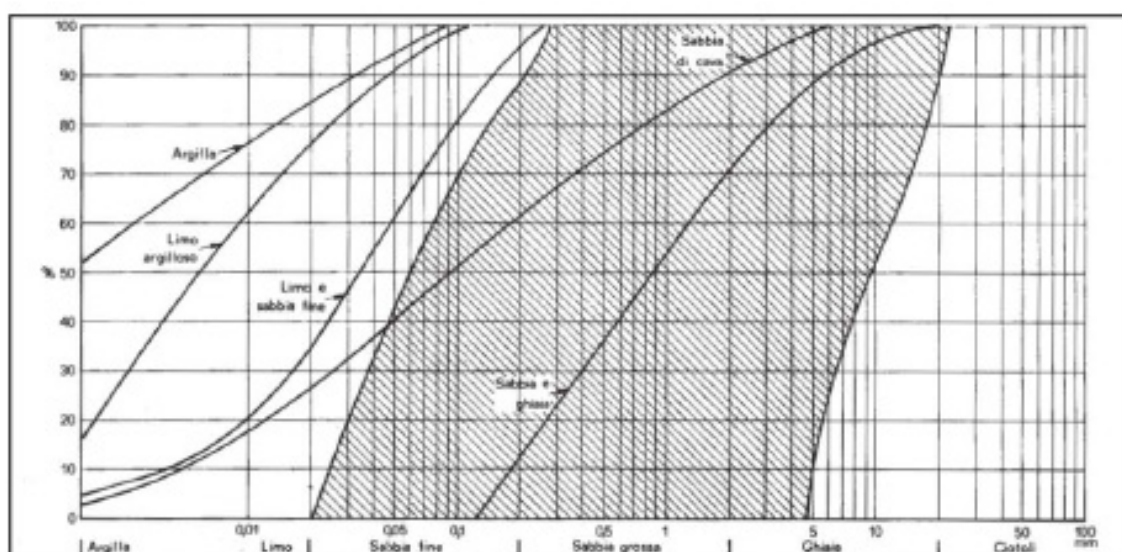


figura 8.5

L'altezza del letto di posa dovrebbe avere generalmente uno spessore da 100 mm a 150 mm e non essere inferiore di 50 mm.

Nel caso in cui siano previste due o più tubazioni posate nella stessa trincea deve essere rispettata una distanza orizzontale minima tra le due tubazioni pari a:

- 0,35 m per tubi con  $DN \leq 700$ ;
- 0,50 m per tubi con  $DN > 700$ .

## 8.1.3 Posa della tubazione

Prima di procedere alla posa, i tubi devono essere controllati uno a uno, per scoprire eventuali difetti, le code, i bicchieri e le guarnizioni devono essere integre.

I tubi e i raccordi devono essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso (prestare particolare attenzione al contatto tra il manicotto ed il letto di posa).

Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggio dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite in modo da eliminare eventuali spazi vuoti sotto i bicchieri stessi.

### 8.1.4 Riempimento dello scavo

Il riempimento della trincea dello scavo (vedere figura 8.6) è in generale l'operazione fondamentale della posa in opera, infatti trattandosi di tubazioni in materiale plastico e quindi flessibili l'uniformità del terreno circostante è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante, in quanto il terreno, deformato dalla tubazione, reagisce in modo da contribuire a sopportare il carico imposto.

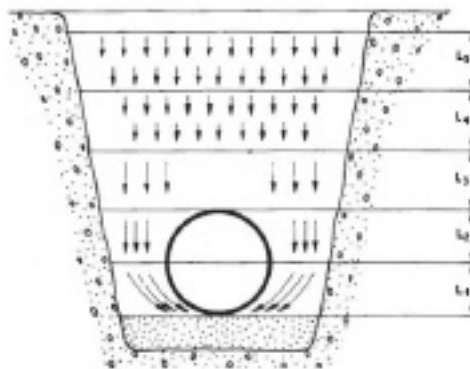


Figura 8.6

Il materiale già usato per la costruzione del letto deve essere sistemato attorno al tubo e compattato a mano per formare strati successivi di 200 / 300 mm fino alla mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che anche il rinfiacco tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto (strato L1 di figura 8.6).

Durante tale operazione verranno recuperate le eventuali impalcature poste per il contenimento delle pareti dello scavo. Il secondo strato di rinfiacco (L2 di figura 8.6) deve giungere fino alla generatrice superiore del tubo e la sua compattazione deve essere eseguita sempre con la massima attenzione.

Il terzo strato (L3 di figura 8.6) deve giungere ad una quota superiore di 150 mm a quella della generatrice più alta del tubo. La compattazione deve avvenire solo lateralmente al tubo e mai sulla sua verticale.

L'ulteriore riempimento strati (L4 e L5 di figura 8.6) deve essere effettuato con il materiale proveniente dallo scavo depurato dagli elementi con diametro superiore a 100 mm e dai frammenti vegetali e animali.

Gli elementi con diametro superiore a 200 mm, presenti in quantità superiore al 30% devono essere eliminati almeno per l'aliquota eccedente tale limite. Le terre difficilmente comprimibili (torbose, argillose o ghiacciate) devono essere scartate.

Il riempimento deve essere per strati successivi di spessore pari a 300 mm che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo). L'indice di Proctor risultante deve essere superiore o quello previsto dal progettista.

Infine va lasciato uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale

## 8.2 Installazione sospesa

Nelle tubazioni sospese è indispensabile calcolare la distanza tra gli appoggi in modo da non superare nel tempo la freccia massima di inflessione, (essendo il polietilene ed il polipropilene materiali viscoelastici, il tratto di tubazione tra gli appoggi può subire una deformazione nel tempo).

Il calcolo della freccia di inflessione che si viene a creare nelle condizioni d'esercizio si calcola in base al modulo di elasticità e alla distanza degli appoggi, considerando per il calcolo il tubo incastrato agli estremi e sottoposto ad un carico uniformemente distribuito.

La freccia d'inflessione nel centro del tratto considerato è espressa dalla formula:

$$F_{\max} = \frac{1}{348} \cdot \frac{W_{\text{tot}} \cdot l^4}{E_c \cdot J}$$

dove:

- $F_{\max}$  freccia massima [mm]  
 $W_{\text{tot}}$  carico totale che grava sul tubo [N/mm<sup>2</sup>]  
 $l$  distanza tra i supporti [m]  
 $E_c$  modulo di elasticità a flessione [N/mm<sup>2</sup>]  
 $J$  momento d'inerzia trasversale del tubo [mm<sup>4</sup>/mm]

Si consiglia un valore di freccia non superiore al 3%.

I supporti devono essere posizionati in corrispondenza dei manicotti, in modo tale che la tubazione possa scorrere liberamente.

## 9 COLLAUDO DELLA TUBAZIONE

Per la prova di tenuta idraulica, la tubazione deve essere chiusa alle due estremità con tappi a perfetta tenuta dotati ciascuno di un raccordo per tubo verticale, per consentire di portare la pressione idrostatica al valore prescritto (vedere figura 8.7).

La tubazione deve essere accuratamente ancorata per evitare qualsiasi movimento provocato dalla pressione idrostatica.

Il riempimento deve essere accuratamente effettuato dal basso in modo da favorire la fuoriuscita dell'aria, curando che, in ogni caso, non si formino sacche d'aria all'interno della condotta in prova.

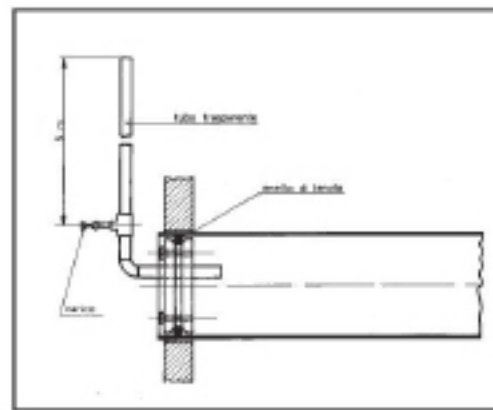


Figura 8.7

La prova deve essere eseguita secondo quanto prescritto della norma UNI ENV 1610 "Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura" e può essere effettuata sia con aria che con acqua.

La prova di tenuta dei pozzetti si limita al riempimento del pozzetto con acqua ed alla verifica della stazionarietà del livello: per un tempo non inferiore a 45 minuti la variazione di livello non deve essere superiore al 5%.

## APPENDICE A

### Caratteristiche del polietilene

Con il termine “materie plastiche” si intendono quei composti organici artificiali di natura macromolecolare che presentano una caratteristica plastica durante alcune fasi di lavorazione.

Il polietilene venne scoperto in Gran Bretagna nel 1933. Fu ottenuto dalla polimerizzazione dell’etilene che, con successive elaborazioni, è diventato la materia plastica più diffusa assieme al polipropilene.

I maggiori impulsi nella ricerca si ebbero negli anni che intercorsero tra la prima e la seconda guerra mondiale e fu in questo periodo che le materie plastiche vennero notevolmente affinate, anche per sopperire alle carenze dei materiali più tradizionali.

Il polietilene (PE) è un materiale termoplastico ottenuto dalla polimerizzazione del monomero dell’etilene, un derivato del petrolio, in catene ad alto peso molecolare ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ )<sub>n</sub>.

Esistono diversi processi di polimerizzazione dell’etilene, che si sono sviluppati negli anni a seguito di diversi tentativi di migliorarne le caratteristiche fisico-meccaniche quali:

- La resistenza alla pressione interna nel lungo periodo.
- La resistenza alle alte temperature.
- La processabilità.

Un importante parametro che permette di identificare le caratteristiche meccaniche dei diversi tipi di polietilene nel campo delle tubazioni è l’MRS (Minimum Required Strength). Dalla ricerca su vari campioni di PE, che sottoposti a prove di laboratorio a temperature e pressioni diverse, per periodi di tempo fino a 1000 ore, hanno consentito di redigere le curve di regressione dalle quali si estrapola l’MRS come tensione circonferenziale che assicura una durata di 50 anni a 20°C.

Il valore di MRS espresso in MPa e moltiplicato per 10 definisce il tipo di polietilene: ad esempio il polietilene più diffuso nel campo delle tubazioni è il PE 100 (con MRS pari a 10 MPa). Dividendo l’MRS per un coefficiente di sicurezza (normalmente pari a 1,25 per gli acquedotti) si ottiene il valore di tensione circonferenziale detta sigma di progetto.

Nella tabella A.1 è indicata la classificazione dei polietilene in base alla loro resistenza alla pressione. La classificazione riportata nella tabella A.1 vale per tutti i polietilene utilizzati per i tubi in pressione.

Tabella A.1

Materiale	MRS [MPa]	Resistenza a lungo termine [MPa]
PE 32	3,2	3,20 ÷ 3,99
PE 40	4,0	4,0 ÷ 4,99
PE 50	5,0	5,0 ÷ 6,29
PE 63	6,3	6,3 ÷ 7,99
PE 80	8,0	8,0 ÷ 9,99
PE 100	10,0	10,0 ÷ 11,99

Nella tabella A.2 è indicata la pressione in MPa, la durata prevista e la temperatura di prova senza che il campione presenti alcuna rottura.

Per i tubi strutturati la prova di classificazione è eseguita su campioni di tubo a parete piena realizzati con lo stesso materiale. I valori considerati per i tubi in polietilene sono 3,9 MPa per la prova a 165 ore a 80°C e 2,8 MPa a 1000 ore a 80°C:

tabella A.2

PE	Prova di tenuta 20°C	Prova di tenuta 80°C	Prova di tenuta 80°C
	100 h [MPa]	165 h [MPa]	1000 h [MPa]
100	12,4	5,5	5,0
80	9,0	4,6	4,0
63	8,0	3,5	3,2
50	7,5	2,8	2,5
40	7,0	2,5	2,0
42	6,5	3,0	1,5

Il polietilene, a differenza di altri materiali plastici, pur essendo infiammabile non sviluppa gas corrosivi o residui, dalla sua combustione si sviluppano solo CO (monossido di carbonio), CO<sub>2</sub> (biossido di carbonio o anidride carbonica) e H<sub>2</sub>O (acqua), come avviene per tutti gli altri idrocarburi.

Il polietilene, come la maggior parte dei materiali plastici, ha un elevato coefficiente di dilatazione lineare (circa  $2 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ), per cui occorre tenere presente questo fenomeno, specialmente nel caso di condotte non interrate e pertanto soggette a continue variazioni della temperatura.

Un vantaggio della corrugazione della parete esterna del tubo a parete strutturata è che la dilatazione lineare lungo l'asse del tubo viene in parte limitata dalla sua forma geometrica, con il risultato di un allungamento ridotto di circa il 50% rispetto ad un tubo liscio.

Relativamente al convogliamento di fluidi a basse temperature, la temperatura di infragilimento del polietilene è minore di -118°C, pertanto l'impiego di tubazioni a basse temperature non costituisce particolare problema (al momento le esperienze si fermano ad utilizzi fino a -40°C, dove le condotte di tubi PE corrugati hanno avuto eccellenti comportamenti, sia in fase di montaggio che a tutt'oggi in fase di lavoro).

### Caratteristiche del polipropilene

Il polipropilene si ottiene per polimerizzazione del propilene è un polimero termoplastico, un prodotto molto interessante dal punto di vista commerciale è quello isotattico, è un polimero semicristallino caratterizzato da un elevato carico di rottura, una bassa densità, una buona resistenza termica e all'abrasione, si presta alle lavorazioni per stampaggio a iniezione e estrusione.

Tabella A3

Polipropilene	Densità [g/cm <sup>3</sup> ]	Punto di fusione [°C]
Amorfo	0,885	da 160 a 165
cristallino	0,946	177

Il polipropilene viene scoperto nel 1953 da Karl Ziegler, nel 1954 Giulio Natta diede una svolta con la scoperta che una resa elevata di polipropilene isotattico, si ottiene con una miscela di  $TiCl_3$  cristallino e  $AlEt_2Cl$ .

Il meccanismo scoperto da Natta nel 1964, fu messo a punto da Cossee e Arlman creando un processo che ancora oggi viene ritenuto il più fondato.

La produzione di polipropilene venne iniziata dall'industria italiana MONTECATINI poi divenuta MONTEDISON.

L'uso del polipropilene (prodotto dal cracking di raffineria e purificato da residui d'acqua,ossigeno, monossido di carbonio e composti solforati con un processo a 60/70 °C e a 10 bar di pressione.), si è esteso a vari campi dell'industria, un esempio importante è l'industria di produzione dei tubi per acqua e gas, e tubazioni per scarichi interrati non in pressione.

Il PP (polipropilene) si sta imponendo nell'industria visto le sue proprietà:

- Peso: è un materiale leggero
- Resistenza alla trazione: è elevata, mostra una forte resistenza nei confronti di stress e cracking.
- Forma: è di natura cristallina e in possesso di una forma geometrica regolare.
- Isolamento: è un isolante eccellente.
- Assorbimento di umidità: il suo assorbimento d'acqua è molto basso.
- Punto di fusione: è di circa 165°C pertanto a differenza di altri polimeri sopporta elevate temperature.
- Non viene intaccato dalle sostanze chimiche, come le alcaline, acidi, sgrassanti, agenti attacco elettrolitico, ecc.
- Non è molto resistente verso, alifatici, idrocarburi aromatici, solventi clorurati, e raggi ultravioletti.

È inoltre un materiale non tossico, è facilmente fabbricabile, mantiene la sua rigidità e flessibilità, anche a temperature elevate.

La UNI EN 13476 riporta nell'appendice G: le caratteristiche dei tubi e raccordi in, PP e PE.

Tabella A 4 Caratteristiche del materiale

Caratteristiche	PP	PE	Unità
Modulo di elasticità $E_{1min}$	1250 o 1850	$\geq 800$	MPa
Massa volumica media	~900	~940	Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di espansione termica lineare medio	~0,14	~0,17	Mm/mK
Conducibilità termica	~0,2	~(da 0,36 a 0,50)	WK <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>
Capacità termica specifica	--	~(da 2300 a 2900)	JKg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Resistenza superficiale	$>10^{12}$	$>10^{13}$	$\Omega$

La norma UNI EN 476 specifica i requisiti generali per i materiali usati per la costruzione dei tubi di scarico, drenaggio e fognature a gravità, i tubi e i raccordi conformi a questa norma soddisfano completamente questi requisiti.

## APPENDICE B:

### Tabella di resistenza chimica PE

La resistenza agli agenti chimici dei tubi (in PE) a parete strutturata "POLICOR" viene determinata, con una prova di 55 giorni, su lastre di polietilene di dimensioni 50x25x1 mm. I risultati sono illustrati nella tabella seguente:

Definizione e simboli:

- S = Soddisfacente
- L = Limitata
- NS = Non Soddisfacente
- Sol. sat. = Soluzione acquosa satura, preparata a 20 °C
- Sol. = Soluzione acquosa di concentrazione superiore al 10% ma non satura
- Sol. dil. = Soluzione acquosa di concentrazione uguale o inferiore al 10%
- Conc. lav. = Concentrazione di lavoro, cioè soluzioni acquose di concentrazione abituale per le utilizzazioni industriali

Fluido	Concentr.	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Acqua	-	S	S
Acetaldeide	100%	S	L
Acetico (acido)	glaciale	S	L
Acetico (acido)	10%	S	S
Acetica (anidride)	100%	S	L
Acetone	100%	L	L
Adipico (acido)	Sol. sat.	S	S
Allilico (alcool)	96%	S	S
Allume	Sol.	S	S
Alluminio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Alluminio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Alluminio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ammoniaca (gas)	100%	S	S
Ammoniaca (liquefatta)	100%	S	S
Ammoniacale (acqua)	Sol. dil.	S	S
Ammonio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (fluoruro)	Sol.	S	S
Ammonio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (solfito)	Sol.	S	S
Amile (acetato)	100%	S	L
Amile (alcool)	100%	S	L
Anilina	100%	S	L
Antimonio (tricloruro)	90%	S	S
Acqua regia (HCl/HNO <sub>3</sub> =3/1)	-	NS	NS
Arsenico (acido)	Sol. sat.	S	S
Acqua ossigenata	30%	S	S
Acqua ossigenata	90%	S	NS
Argento (acetato)	Sol. sat.	S	S
Argento (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Argento (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Aceto	-	S	S
Bromidrico (acido)	50%	S	S

Bromidrico (acido)	100%	S	S
Bario (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Bario (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Bario (idrato)	Sol. sat.	S	S
Bario (solfato)	Sol. sat.	S	S
Benzaldeide	100%	S	L
Benzene	100%	L	L
Benzoico (acido)	Sol. sat.	S	S
Birra	100%	S	S
Borace	Sol. sat.	S	S
Borico (acido)	Sol. sat.	S	S
Bromo (gas) secco	100%	NS	NS
Bromo (liquido)	100%	NS	NS
Butano (gas)	100%	SS	
Butanolo	100%	S	S
Butirrico (acido)	100%	S	L
Benzina (idrocarb. alifat)	-	S	L
Calcio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Calcio (idrato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (ipoclorito)	Sol.	S	S
Calcio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfuro)	Sol. dil.	L	L
Carbonica (anidride) secca	100%	S	S
Carbonio (bisolfuro)	100%	L	NS
Carbonio (monossido)	100%	S	S
Carbonio (tetracloruro)	100%	L	NS
Cloro (gas) secco	100%	L	NS
Cloro (acqua di)	Sol. sat.	L	NS
Cloridrico (acido)	10%	S	S
Cloridrico (acido)	Conc.	S	S
Cloracetico (acido)	Sol.	S	S
Cloroformio	100%	NS	NS
Clorometano	100%	L	-
Cromico (acido)	20%	S	L
Cromico (acido)	50%	S	L
Citrico (acido)	Sol. sat.	S	S
Cresilico (acido)	Sol. sat.	L	-
Cicloesano	100%	S	S
Cicloesanone	100%	S	L
Cianidrico	10%	S	S
Decaidronaftalene	100%	S	L
Destrina	Sol.	S	S
Dietilico (etere)	100%	L	-
Diottile (ftalato)	100%	S	L
Diossano	100%	S	S
Etilene (glicole)	100%	S	S
Etanolo	40%	S	L

Etile (acetato)	100%	S	NS
Eptano	100%	S	NS
Fenolo	Sol.	S	S
Ferrico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ferrico (nitrato)	Sol.	S	S
Ferrico (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (solfato)	Sol. sat.	S	S
Fluoro (gas)	100%	NS	NS
Fluoridrico (acido)	4%	S	S
Fluoridrico (acido)	60%	S	L
Fluosilicico (acido)	40%	S	S
Formaldeide	40%	S	S
Formico (acido)	50%	S	S
Formico (acido)	98-100%	S	S
Fosforo (tricloruro)	100%	S	L
Furfurilico (acido)	100%	S	L
Glucosio	Sol. sat.	S	L
Glicerina	100%	S	S
Glicolico (acido)	Sol.	S	S
Idrochinone	Sol. sat.	S	S
Idrogeno	100%	S	S
Idrogeno solforato	100%	S	S
Latte	-	S	S
Lattico (acido)	100%	S	S
Lievito	Sol.	S	S
Magnesio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (idrato)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Maleico	Sol. sat.	S	S
Mercurico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Mercurico (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Mercurioso (nitrato)	Sol.	S	S
Mercurio	100%	S	S
Metanolo	100%	S	S
Melasse	Conc. lav.	S	S
Nichel (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Nichel (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Nichel (solfato)	Sol. sat.	S	S
Nicotinico (acido)	Sol. dil.	S	-
Nitrico (acido)	25%	S	S
Nitrico (acido)	50%	L	NS
Nitrico (acido)	75%	NS	NS
Nitrico (acido)	100%	NS	NS
Oleico (acido)	100%	S	L
Oli e grassi	-	S	L
Ortofosforico (acido)	50%	S	S
Ortofosforico (acido)	95%	S	L
Ossalico (acido)	Sol. sat.	S	S

Ossigeno	100%	S	L
Ozono	100%	L	NS
Picrico (acido)	Sol. sat.	S	-
Piombo (acetato)	Sol. sat.	S	-
Potassio (bromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bromuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cianuro)	Sol.	S	S
Potassio (bicromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bicarbonato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bisolfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bisolfito)	Sol.	S	S
Potassio (idrato)	10%	S	S
Potassio (idrato)	Sol.	S	S
Potassio (ipoclorito)	Sol.	S	L
Potassio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (perclorato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (permanganato)	20%	S	S
Potassio (persolfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (solfuro)	Sol.	S	S
Propionico (acido)	50%	S	S
Propionico (acido)	100%	S	L
Piridina	100%	S	L
Rame (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Rame (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Salicilico (acido)	Sol. sat.	S	S
Sodio (benzoato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bromuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bicarbonato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bisolfito)	Sol.	S	S
Sodio (idrato)	40%	S	S
Sodio (idrato)	Sol.	S	S
Sodio (ipoclorito)	15 % cloro	S	S
Sodio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (nitrito)	Sol. sat.	S	S

Sodio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfuro)	Sol. sat.	S	S
Stannico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Stannoso (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Solforosa (anidride secca)	100%	S	S
Solforica (anidride)	100%	NS	NS
Solforico (acido)	10%	S	S
Solforico (acido)	50%	S	S
Solforico (acido)	98%	S	NS
Solforico (acido)	Fumante	NS	NS
Solforoso (acido)	30%	S	S
Sviluppatore fotogr.	Conc. lav.	S	S
Tannico (acido)	Sol.	S	S
Tartarico (acido)	Sol.	S	S
Tionile (cloruro)	100%	NS	NS
Toluene	100%	L	NS
Tricloroetilene	100%	NS	NS
Trietanolamina	Sol.	S	L
Urea	Sol.	S	S
Urina	-	S	S
Vino	-	S	S
Xilene	100%	L	NS
Zinco (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Zinco (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Zinco (ossido)	Sol. sat.	S	S
Zinco (solfato)	Sol. sat.	S	S

### Tabella di resistenza chimica PP

La resistenza agli agenti chimici dei tubi (in PP) a parete strutturata **Policor Extra** è riportata nella seguente tabella (vi sono riportate anche la resistenza chimica del poliammide e del PVC)

- Sol. sat. = Soluzione acquosa satura, preparata a 20 °C
- Sol. = Soluzione acquosa di concentrazione superiore al 10% ma non satura
- Sol. dil. = Soluzione acquosa di concentrazione uguale o inferiore al 10%
- Conc. lav. = Concentrazione di lavoro, cioè soluzioni acquose di concentrazione abituale per le utilizzazioni industriali

Leggenda: C = corrosione; LC = corrosione limitata; NC = non corrosivo

Agente chimico	Concent. %	Temp. 20 °C	Temp. 60 °C
Acetica Aldeide	33	LC	C
Acetica Anidride	100	LC	C
Acetico Acido	60	NC	LC
Acetico Acido Monoool.	Sol.	NC	LC
Aceto		NC	NC
Acetone	100	NC	NC
Acqua Di Mare		NC	LC
Acqua Ossigenata	30	NC	LC
Adipico Acido	-	-	-
Allilico Alcoleq	95	NC	NC
Alluminio Clorurato	Sol. Sat.	NC	NC
Alluminio Solfato	Sol. Sat.	NC	NC
Amileacetato	100	C	C
Amilico Alcole	100	NC	LC
Ammoniaca (Gas)	100	NC	NC
Ammoniaca (Liq.)	100	NC	LC
Ammoniaca (Soluz)	Sol. Dil.	NC	LC
Ammonio Clorurato	Sol. Sat.	NC	NC
Ammonio Fluoruro	-	-	-
Ammonio Nitrato	Sol. Sat.	NC	NC
Ammonio Solfato	Sol. Sat.	NC	NC
Anilina	100	NC	LG
Anilina	Sol. Sat.	NC	LG
Anilina Cloridrato	Sol. Sat.		-
Antimonio Cloruro	90	NC	NC
Argento Nitrato	Sol. Sat.	NC	LC
Argenico Acido	Sol. Dil.	NC	-
Benzaldeide	100	NC	-
Benzene	100	C	C
Benzina (Idroc. Alfatici)	100	C	C
Benzina (Benzene)	80/20	C	C
Benzioco Acido	Sol. Sat.	NC	LC
Birra		NC	NC
Borace	Sol. Sat.	NC	LC
Borico Acido	Sol. Dil.	NC	LC
Bromico Acido	10	NC	-
Bromidrico Acido	50	-	-
Bromo (Liquido)	100	C	C

Butadiene	100	NC	NC
Butano	100	NC	-
Butile Acetato	100	C	C
Butilacetato	100	C	C
Butilfenolico	100	NC	LC
Butilico	20	NC	LC
Butirrico Acido	98	C	C
Butirrico Acido	Sol. Sat.	NC	NC
Calcio Cloruro	50	NC	NC
Calcio Nitrato	100	NC	NC
Carbonica Anidride	100	NC	-
Carbonio Solfuro	100	C	C
Carbonio Tetracloruro	100	LC	C
Cicloesano	100	LC	C
Cicloesanone	Sol. Sat.	NC	NC
Citrico Acido	30	LC	C
Cloro (Acqua Di)	Sol. Sat.	C	C
Cloro (Gas) Secco	100	C	C
Clorosolfonico Acido	100	C	C
Cresilici Acidi	Sol. Sat.	C	C
Cresolo	100	LC	C
Cromico Acido	/	-	-
Crotonica Aldeide	100	C	C
Destrina	Sol. Sat.	-	-
Diclorometano	100	C	C
Diglicolico Acido	18	NC	LC
Dimetalamina	30	NC	-
Esadecano			
Essenza Di Trementina	100	C	C
Etilbenzene	100	C	C
Etile Acetato	100	C	C
Etile Acrilato			
Etile Alcole	95	NC	NC
Etile Etere	100	NC	-
Fenilidrazina			
Fenilidrazina Cloridrato			
Fenolo	Sol. Sat.	NC	NC
Ferro Cloruro			
Fluoridrico Acido	60	LC	C
Fluoro	100	C	C
Fluosilicico Acido			
Formaldeide	Sol. Dil.	NC	NC
Formaldeide	40	NC	NC
Formico Acido	1 ÷ 50	NC	C
Fosfina	100	NC	LC
Fosforico Orto Acido	30	NC	LC
Fosforo Tricloruro			
Furfulirico Alcole	100	LC	C
Ftalato Di Dibutile	100	C	LC
Glicerina	100	NC	NC

Manuale tecnico Samboplast per i tubi a parete strutturata  
per sistemi di tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione

Glicole Etilenico	Conc .Lav.	NC	NC
Glicolico Acido	30	NC	NC
Glucosio	Sol. Cat.	NC	LC
Idrogeno	100	NC	NC
Idrogeno Solforato	100	NC	NC
Ipoclorito Di Sodio	25	LC	C
Isoottano	100	LC	C
Latte		NC	NC
Lattico Acido	10	NC	LC
Lattico Acido	10 90	LC	LC
Lievito	Sol..	NC	LC
Magnesio Cloruro			
Magnesio Solfato	Sol. Sat.		NC
Maleico Acido	Sol. Sat.	NC	LC
Melagga	Sol. Lav.	NC	LC
Metile Metracrilato	100	NC	C
Metilene Cloruro	100	C	C
Metil-Etilchetone	100	C	C
Metilico Alcole	100	LC	LC
N-Eptano	100	NC	C
Nichel Solfato	Sol. Sat.	LC	NC
Nicotinico Acido	Conc. Lav.	NC	NC
Nitrico Acido	<.25	NC	C
Nitrico Acido	50	LC	C
Oleico Acido	100	C	LC
Oleum	10%di SO2	LC	C
Oli E Grassi		C	
Olio Di Paraffina	100		LC
Ossalico Acido	25	LC	LC
Ossalico Acido	Sol. Sat.	NC	LC
Ossicloruro Di Fosf.	100	LC	LC
Ossigeno	Sol. Sat.	LC	LC
Ozono		LC	
Perclorico Acido			
Perclorico Acido			
Percloracetilene	100		C
Petrolio Greggio	100	C	C
Picrico Acido		LC	
Piombo Acetato			
Piombo Tetraetile	100		-
Piridina	100	NC	C
Potassio Bicromato	Sol.20	C	NC
Potassio Bromuro	Sol. Sat.	NC	NC
Potassio Cianuro	Sol.	NC	NC
Potassio Cloruro	Sol. Sat.	NC	NC
Potassio Cromato	40	NC	NC
Potassio Ferricianuro	Sol. Sat.	NC	NC
Potassio Ferrocianuro	Sol. Sat.	NC	NC
Potassio Idrossido	Sol.	NC	NC

Manuale tecnico Samboplast per i tubi a parete strutturata  
per sistemi di tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione

Potassio Nitrato	Sol. Sat.	NC	LC
Potassio Permanganato	20	NC	NC
Potassio Persolfato	Sol. Sat.	NC	LC
Propano (Gas) Liquido	100	NC	-
Propionico Acido	50	NC	NC
Rame Cloruro	Sol. Sat.	NC	NC
Rame Fluoruro	2	NC	NC
Sapone	Sol.	NC	NC
Sodio Benzoato		NC	
Sodio Bisolfito	Sol. Sat.		NC
Sodio Clorato	Sol. Sat.	NC	NC
Sodio Cloruro	Sol. Sat.	NC	NC
Sodio Ferricianuro	Sol. Sat.	NC	NC
Sodio Idrossido	Sol.	NC	NC
Sodio Ipoclorito	100(13% Cl)	NC	LC
Sodio Solfito	Sol. Sat.	NC	LC
Solforico Acido	40 ÷ 90	NC	LC
Solforico Acido	96	LC	C
Solforile Cloruro	100	C	C
Solforosa Anidride	100 liquida	C	LC
Solforosa Anidride	100 secca	NC	NC
Solforoso Acido	Sol.	NC	NC
Stagno Cloruro	Sol. Sat.	NC	NC
Sviluppo Fotografico	Conc. Lav.	NC	NC
Tannico Acido	Sol.	NC	NC
Tartarico Acido	Sol.	NC	NC
Tiopene	100	NC	LC
Tionile Cloruro	100	LC	C
Tollene	100	C	C
Tricloroetilene	100	C	C
Tricresilfosfato	100	C	LC
Trimetilolpropano		LC	
Urea	10		LC
Urina		NC	
Vasellina			LC
Vinile Acetato	100	LC	C
Vino		LC	NC
Xilene	100	NC	C
Zinco Cloruro		C	

## APPENDICE D

### Voce di capitolato tubo (PEAD) fognatura non in pressione

Tubo strutturato in polietilene ad alta densità **Policor** coestruso a doppia parete, liscia internamente di colore grigio e corrugata esternamente di colore nero, per condotte di scarico interrate non in pressione, prodotto in conformità alla norma EN 13476-3 tipo B, con marchio di certificazione rilasciato da Istituti riconosciuti ACCREDIA, in classe di rigidità SN4 o SN8 KN/m<sup>2</sup>, in barre da 6 m, con giunzione realizzata mediante bicchiere a giunto iniettato in linea sul tubo, realizzato in conformità alla norma EN 13476-3, e guarnizione a labbro in EPDM.

Il tubo deve essere prodotto da azienda certificata ISO 9001:2008 e ISO 14001-2004

- Diametro nominale DN/(OD) .....  
diametro interno minimo Di .....(al minimo definito dalla norma di riferimento)
- Classe di rigidità circonferenziale SN del tubo rilevata su campioni di prodotto secondo EN ISO 9969
- Tenuta idraulica del sistema di giunzione certificata a 0,5 bar in pressione e 0,3 bar in depressione secondo EN 1277
- Classe di rigidità anulare del bicchiere rilevata su campioni di prodotto secondo EN ISO 9969
- Flessibilità anulare del bicchiere rilevata su campioni di prodotto secondo EN 1446
- Marcatura secondo norma contenente: nome commerciale, marchio di certificazione rilasciato da Istituti riconosciuti ACCREDIA, normativa di riferimento, tipo profilo, materiale, diametro nominale, classe di rigidità, codice d'applicazione d'area, lotto, data di produzione.

### Voce di capitolato tubo (PP) fognatura non in pressione

Tubo strutturato in polipropilene (PP) **Policor Extra**, coestruso a doppia parete, per impiego in condotte di scarico interrate non in pressione, liscio e di colore bianco internamente, corrugato e di colore nero esternamente. Realizzato per coestrusione continua delle due pareti, in conformità alla norma Europea EN 13476-3 e diametro normalizzato sull'esterno (DN/OD). Classe di rigidità anulare SN16 – pari a 16 KN/m<sup>2</sup> – misurata secondo EN ISO 9969.

La parete esterna corrugata conferisce una elevata resistenza allo schiacciamento: la parete interna liscia consente una alta capacità di flusso ed una elevata resistenza alla corrosione degli agenti chimici, nonché alle alte temperature (90°) dei reflui trasportati.

Certificato dal marchio BVQ e prodotto da azienda certificata EN ISO 9001:2008.

Barre di lunghezza mt. 6 compresa la giunzione in PP su un'estremità del tubo e guarnizione di tenuta in materiale elastomerico (EPDM).

Le informazioni contenute in questo manuale sono fornite a titolo documentativo; si esonera quindi da qualsiasi responsabilità la Ditta.

Le leggi nazionali in materia di sicurezza e di igiene del lavoro sono da applicarsi in tutti i casi; il mancato rispetto a tali prescrizioni non può, in alcun caso, addebitarci responsabilità.





**Sambeplast s.r.l**

Corso Vittorio Veneto, 132  
San Benedetto dei Marsi (AQ)  
Tel. 0863.86333 - 0863.867905  
Fax 0863.86422  
*info@sambeplast.it*  
*www.sambeplast.it*