

MANUALE TECNICO DEI TUBI CORRUGATI DI POLIETILENE PER SISTEMI DI SCARICO CIVILI E INDUSTRIALI

AN PLAST SRL

INDICE

Presentazione	3
Introduzione	4
Il polietilene	4
Cenni storici	4
Generalità	5
Resistenza agli agenti chimici	7
Stabilità alle radiazioni	16
Stabilità agli agenti atmosferici	16
Comportamento alla fiamma	16
Resistenza all'abrasione	16
Dilatazione termica	17
Basse temperature	17
Produzione	18
Gamma produttiva	20
Normativa di riferimento	21
Marchio di conformità	24
Calcoli idraulici	25
Interazione tubo-terreno	30
Calcolo della deformazione	32
Carico statico	32
Carico dinamico	33
Angolo di supporto	35
Rigidità circonferenziale a lungo termine	35
Modulo secante del terreno	35
Dati dei vari tipi di terreno di riporto	36
Carichi dovuti al traffico	37
Influenza dell'angolo di supporto	37
Modulo di resistenza del terreno	38
Esempio di calcoli sulla deformazione a lungo termine per tubazioni interrate	39
Tabelle riassuntive per tubi corrugati STRUTTURATI	42
Posa in opera	44
Movimentazione	44
Accatastamento	44
Letto di posa	44
Riempimento dello scavo	44
Collaudo idraulico	44
Sistemi di giunzione	45
Sistema a bicchiere	45
Sistema a manicotto	47
Saldatura di testa	48
Pezzi speciali	48
Voce di capitolato per tubi corrugati fognatura	49

Presentazione



AN plast srl

Via Baio Dora 10,
10013 Borgofranco d'Ivrea (TO)

Tel/Fax: 0125/751246

Tel: 0125/806501

Cod. Fisc / P.IVA 11561370013

www.anplast.org info@anplast.org

La Nostra ditta AN PLAST Srl nata nel 2016 (precedente TOUSCO Srl dal 1979) e un' azienda che puo' contare su una lunga esperienza nel settore di:

PRODUZIONE DI TUBI IN PE POLIETILENE: DAL Ø 20 FINO AL Ø 250

- PE ALTA DENSITA' secondo norme EN UNI 12201 in PE100 (PN10 - PN16 - PN 25) con marchio di conformità.
- PE GAS secondo norme UNI EN1555 con marchio di conformità.
- PE BASSA DENSITA Tipo 312 (PN 4 - PN 6 - PN 10)

COMMERCIALIZZAZIONE DI:

- TUBI PVC per Scarichi Interrate Arancio Grigio e Avorio Tipo 300 & 302
- TUBI PVC per FOGNA Tipo U e UD (SN2 e SN4) dal Ø 500 **UNI EN 1401**
- TUBI PE STRUTTURATO per FOGNA SN4 e SN8 dal Ø 110 **EN 13476**
- TUBI PVC EDILIZIA dal Ø500 in su
- RACCORDI PVC RAL con Anello per Tubo **con marchio EN 1401**
- RACCORDI PVC Edilizia Tipo 301 e 302 Incollaggio
- RACCORDI PE a compressione in Polipropilene
- RACCORDI PE Testa / Testa
- RACCORDI PE Elettrosaldabili
- RACCORDI in PP FILETTATI
- TUBI CORRUGATI - PASSACAVI & DRENAGGIO **con Marchio IMQ**
- SARACINESCHE GHISA & Materiale ANTIINCENDIO
- POZZETTI & CANALE GRIGLIATE
- VALVOLE A SFERA IN FERRO
- CHIUSINI IN GHISA
- CONTATORI ACQUA
- CISTERNE, SERBATOI, FOSSE BIOLOGICHE etc
- REALIZZAZIONE PISCINE INTERRATE
- TUTTO PER L'IRRIGAZIONE
 - irrigatori - gocciolatoi - elettrovalvole - programmatori etc....

Consegniamo con i nostri mezzi in tutta la Valle D'Aosta, Piemonte, Lombardia Ovest e Liguria Nord anche su cantieri.

AN PLAST SRL Borgofranco D'Ivrea (TO)

Tel 0125 806501
Tel/Fax 0125 751246

Introduzione

Da più di venti anni, il polietilene alta densità (PEAD) viene largamente utilizzato anche in Italia per la realizzazione di tubazioni destinate a reti di distribuzione dell'acqua potabile, reti di scarico di liquami civili e industriali, condotte di trasporto e reti di distribuzione del gas metano.

Il presente manuale si rivolge a quanti, progettisti, tecnici o installatori, abbiano la necessità di avere informazioni sull'ultimo nato nella grande famiglia dei tubi in polietilene studiati per le reti fognarie e per le condotte a gravità in genere.

Il tubo corrugato per fognatura, infatti, è stato studiato appositamente per unire le potenzialità del polietilene agli studi ingegneristici sulla resistenza meccanica delle tubazioni.

Il polietilene

Cenni storici

Con il termine materie plastiche intendiamo indicare 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 insieme al polipropilene.

Risulta evidente che 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 di materiali più tradizionali.

La produzione delle materie plastiche ha avuto negli anni un incremento esponenziale, passando da 100.000 tonnellate di produzione mondiale del 1930 a 50.000.000 tonnellate prodotte nel 1970, per arrivare a 55.000.000 tonnellate di solo polietilene nel 2001.

Previsioni di mercato indicano una crescita di consumo pari al 5% di solo polietilene nell'anno 2002.

Generalità

Il polietilene è un polimero termoplastico sintetizzato con prodotti ottenuti durante il processo di cracking del petrolio grezzo.

Un polimero, come il polietilene, è una grande molecola in cui l'unità fondamentale, chiamata MONOMERO, si ripete per un numero elevatissimo di volte a formare la catena polimerica. Il monomero del polietilene è l'etilene, la cui composizione chimica è C_2H_4 (fig.1).

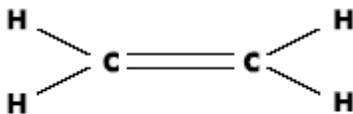


Figura 1

Spezzando il doppio legame tra gli atomi di carbonio e aggiungendo testa a testa queste unità, si ottiene il poli-etilene di struttura lineare, chiamato OMOPOLIMERO (fig. 2).

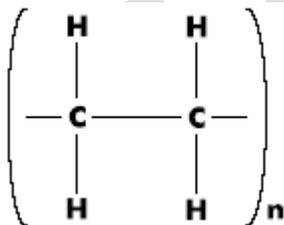


Figura 2

In fig. 2 n rappresenta il numero di monomeri che costituiscono la catena molecolare. Per i polietilene commerciali usuali questo valore varia da 2.000 a oltre 40.000.

Durante la polimerizzazione del polietilene si possono aggiungere altre molecole, chiamate COMONOMERI (butene, esene) per avere delle ramificazioni laterali sulla catena principale. Una molecola così formata prende il nome di COPOLIMERO.

La lunghezza della catena molecolare, la larghezza della distribuzione statistica del peso molecolare e il tipo di copolimerizzazione (sia qualitativa che quantitativa) sono i parametri che determinano le proprietà fisiche e meccaniche del polietilene (Tab. 1 e Tab. 2).

Tabella 1
Proprietà meccaniche

Caratteristica	UdM	Valore	Standard
Carico di snervamento a trazione	MPa	24	ISO 527
Carico di rottura a trazione (50 mm/min)	MPa	33	ISO 527
Allungamento a snervamento (50 mm/min)	%	7	ISO 527
Allungamento a rottura	%	>700	ISO 527
Modulo elastico a trazione	MPa	700	ISO 527
Modulo elastico a flessione	MPa	1050	ISO 527

Tabella 2
Proprietà chimiche e fisiche

Caratteristica	UdM	Valore	Standard
Densità a 20°C	g/cm ³	>0,930	ISO 4451
Indice di fluidità (190 °C, 5kg)	g/10'	0,3+1,6	ISO 1133
Stabilità termica	min	>20	EN 728
Durezza Shore D		61	ISO 868
Punto di rammollimento Vicat	°C	127	ISO 306
Tenore in carbon black	%	2+2,5	ISO 6964

Resistenza agli agenti chimici

La resistenza agli agenti chimici dei tubi corrugati STRUTTURATO viene determinata, con una prova di 55 giorni, su lastre di polietilene di dimensioni 50x25x1 mm.

I risultati, riportati anche dalla normativa UNI ISO/TR 7474, sono illustrati in Tab. 3.

Simbologia utilizzata:

R = *Resistente* Rigonfiamento < 3% o perdite di peso < 0,5% senza variazioni notevoli dell' allungamento alla rottura.

LR = *Limitatamente resistente* Rigonfiamento 3-8% o perdita di peso 0,5-5% e/o diminuzione dell' allungamento a rottura < 50%.

NR = *Non resistente* Rigonfiamento > 8% o perdita di peso > 5% e/o diminuzione dell' allungamento a rottura > 50%.

A = *Alterazione del colore*

Tabella 3

Resistenza chimica del polietilene

Sostanza	20°C	60°C
Acetaldeide gassosa	R	LR
Acetato di amile	R	R
Acetato di butile	R	LR
Acetato di etile	LR	NR
Acetato di piombo	R	R
Acetato di vino, concentrazione d'impiego	R	R
Acetone	R	R
Acidi aromatici	R	R
Acidi grassi (> C7)	R	LR
Acido acetico (10%)	R	R
Acido acetico glaciale (100%)	R	LR-A
Acido adipico	R	R
Acido benzensolfonico	R	R
Acido benzoico	R	R
Acido borico	R	R
Acido bromidrico (50%)	R	R
Acido butirrico	R	LR
Acido cianidrico	R	R
Acido citrico	R	R
Acido cloridrico (tutte le concentrazioni)	R	R
Acido cloridrico gassoso, umido e secco	R	R
Acido (mono)cloroacetico	R	R
Acido clorosolfonico	NR	NR
Acido cromico (80%)	R	NR-A
Acido dicloroacetico (50%)	R	R
Acido dicloroacetico (100%)	R	LR-A

Sostanza	20°C	60°C
Acido fluoridrico (40%)	R	LR
Acido fluoridrico (70%)	R	LR
Acido fluosilicico acquoso (fino al 32%)	R	R
Acido formico	R	
Acido fosforico (25%)	R	R
Acido fosforico (50%)	R	R
Acido fosforico (95%)	R	LR-A
Acido ftalico (50%)	R	R
Acido glicolico (50%)	R	R
Acido glicolico (70%)	R	R
Acido lattico	R	R
Acido maleico	R	R
Acido monocloroacetico	R	R
Acido nitrico (25%)	R	R
Acido nitrico (50%)	LR	NR
Acido oleico	R	LR
Acido ossalico (50%)	R	R
Acido perclorico (20%)	R	R
Acido perclorico (50%)	R	LR
Acido perclorico (70%)	R	NR-A
Acido propionico (50%)	R	R
Acido propionico (100%)	R	LR
Acido silicico	R	R
Acido solforoso	R	R
Acido solfidrico	R	R
Acido solforico (10%)	R	R
Acido solforico (50%)	R	R
Acido solforico (98%)	R	NR-A
Acido stearico	R	LR

Sostanza	20°C	60°C
Acido succinico (50%)	R	R
Acido tannico (10%)	R	R
Acido tartarico	R	R
Acido tricloroacetico (50%)	R	R
Acido tricloroacetico (100%)	R	LR/NR
Acqua clorata (disinfettazione di tubature)	R	
Acqua di mare	R	R
Acqua ossigenata (30%)	R	R
Acqua ossigenata (100%)	R	NR
Acqua regia	NR	NR
Acrilonitrile	R	R
Alcool allilico	R	R
Alcool benzilico	R	R/LR
Alcool furfurilico	R	R-A
Alcool etilico	R	R
Allume	R	R
Amido	R	R
Ammoniaca liquida (100%)	R	R
Ammoniaca gassosa (100%)	R	R
Anidride acetica	R	LR-A
Anidride carbonica	R	R
Anidride solforica	NR	NR
Anidride solforosa secca	R	R
Anidride solforosa umida	R	R
Anilina pura	R	R
Anisolo	LR	NR
Benzina	R	R/LR
Benzoanato di sodio	R	R
Benzolo	LR	LR

Sostanza	20°C	60°C
Bicromato di potassio (40%)	R	R
Birra	R	R
Bisolfito sodico in soluzione acquosa diluita	R	R
Borace, in ogni concentrazione	R	R
Borato di potassio acquoso all'1%	R	R
Borato di potassio acquoso fino al 10%	R	R
Bromo	R	R
Bromuro di potassio	R	R
Butanolo	R	R
Butantriolo	R	R
Butilglicole	R	R
Butoxil (metossibutanolo)	R	LR
Candeggianti al clorito di sodio	LR	NR
Canfora	R	LR
Carbonato sodico	R	R
Cera d'api	R	LR/NR
Chetoni	R	R/LR
Cianuro di potassio	R	R
Cicloesano	R	R
Cicloesanololo	R	R
Cicloesanone	R	LR
Cloridrina glicerica	R	R
Clorito di sodio (50%)	R	R
Clorobenzolo	LR	NR
Cloroformio	LR/NR	NR
Cloroetano	R	R-A
Cloro gassoso umido	LR	NR
Cloro liquido	NR	NR
Cloro secco	LR	NR

Sostanza	20°C	60°C
Cloruro di alluminio anidro	R	R
Cloruro d'ammonio	R	R
Cloruro di bario	R	R
Cloruro di calcio	R	R
Cloruro di etilene (dicloroetano)	LR	LR
Cloruro di magnesio	R	R
Cloruro di metilene	LR	LR
Cloruro di potassio	R	R
Cloruro di sodio	R	R
Cloruro di solforile	NR	
Cloruro di tionile	NR	NR
Cloruro di zinco	R	R
Cloruro ferrico	R	R
Cloruro mercurico (sublimato)	R	R
Creosoto	R	R-A
Cresolo	R	R-A
Cromato di potassio acquoso (40%)	R	
Dekalin	R	LR
Destrina acquosa (saturata al 18%)	R	R
Detergenti sintetici	R	R
Dibutilftalato	R	LR
Dicloroacetato di metile	R	R
Diclorobenzolo	LR	NR
Dicloroetanolo	LR	LR
Dicloroetilene	NR	NR
Diisobutilchetone	R	LR/NR
Dimetilformammide (100%)	R	R/LR
Diossano	R	R
Emulgatori	R	R

Sostanza	20°C	60°C
Esteri alifatici	R	R/LR
Etere	R/LR	
Etere dibutilico	R/LR	NR
Etere dietilico	R/LR	LR
Etere di petrolio	R	LR
Etere isopropilico	R/LR	NR
Etilendiammina	R	R
Etilesanolo	R	R
Etilglicole	R	R
Euron G	R	R
Fenolo	R	R-A
Fluoro	NR	NR
Fluoruro di ammonio acquoso (20%)	R	R
Formaldeide (40%)	R	R
Formammide	R	R
Fosfato	R	R
Frigen	LR	NR
Gas di scarico contenenti acido fluoridrico in tracce	R	R
..... ossido di carbonio	R	R
..... anidride carbonica	R	R
..... vapori nitrosi in tracce	R	R
..... acido cloridrico (ogni concentrazione)	R	R
..... acido solforico umido (ogni concentrazione)	R	R
..... anidride solforosa (concentrazione debole)	R	R
Gas nitrosi	R	R
Gelatina	R	R
Glicerina	R	R
Glicole (concentrato)	R	R
Glucosio	R	R

Sostanza	20°C	60°C
Grasso per essiccatori	R	LR
Halothan	LR	LR
Idrato di idrazina	R	R
Idrogeno	R	R
Idrossido di bario	R	R
Idrossido di potassio (soluzione al 30%)	R	R
Idrossido di sodio (soluzione al 30%)	R	R
Ipoclorito di calcio	R	R
Ipoclorito di sodio	R	R
Isoottano	R	LR
Isopropanolo	R	R
Lievito acquoso	R	R
Marmellata	R	R
Melassa	R	R
Mentolo	R	LR
Mercurio	R	R
Metanolo	R	R
Metilbutanolo	R	LR
Metiletilchetone	R	LR/NR
Metilglicole	R	R
Monocloroacetato di etile	R	R
Monocloroacetato di metile	R	R
Morfina	R	R
Nafta	R	LR
Naftalina	R	LR
Nitrato di argento	R	R
Nitrato di ammonio	R	R
Nitrato di potassio	R	R
Nitrato di sodio	R	R

Sostanza	20°C	60°C
Nitrobenzolo	R	LR
o-Nitrotoluolo	R	LR
Oleum	NR	NR
Oli eterei (essenze)	LR	LR
Oli minerali	R	R/LR
Oli di trementina	R	
Oli vegetali e animali	R	R/LR
Olio Diesel	R	LR
Olio di lino	R	R
Olio di noce di cocco	R	LR
Olio di paraffina	R	R
Olio di semi di mais	R	LR
Olio di silicone	R	R
Olio minerale per lubrificante	R	R/LR
Olio per trasformatori	R	LR
Ossicloruro di fosforo	R	LR-A
Ottilcresolo	LR	NR
Ozono	LR	NR
Ozono in soluzione per il trattamento acque	R	
Pentossido di fosforo	R	R
Permanganato di potassio	R	R-A
Petrolio	R	LR
Piridina	R	LR
Poliglicoli	R	R
Polpa di frutta	R	R
Potassa caustica	R	R
Propanolo	R	R
Propilenglicole	R	R
Pseudocumolo	LR	LR

Sostanza	20°C	60°C
Salamoia satura	R	R
Sali di rame	R	R
Sali di nichel	R	R
Sciroppo di zucchero	R	R
Sego	R	R
Silicati alcalini	R	R
Silicato di sodio	R	R
Soda caustica	R	
Solfati	R	R
Solfato di alluminio	R	R
Solfato di ammonio	R	R
Solfato di magnesio	R	R
Solfuro di ammonio	R	R
Solfuro di carbonio	LR	
Solfuro di sodio	R	R
Soluzione di filatura per viscosa	R	R
Spermaceti	R	LR
Succhi di frutta	R	R
Sviluppatore per foto di uso corrente	R	R
Tetrabromoetano	LR/NR	NR
Tetracloroetano	R/LR	NR
Tetracloruro di carbonio	LR/NR	
Tetraidrofurano	R/LR	NR
Tetralin	R	LR
Tintura di Iodio DAB6	R	LR-A
Tiofene	LR	LR
Tiosolfato sodico	R	R
Toluolo	LR	NR
Tributilsolfato	R	R

Sostanza	20°C	60°C
Tricloroetilene (trielina)	LR/NR	NR
Tricloruro di antimonio	R	R
Tricloruro di fosforo	R	LR
Trietanolamina	R	R
Tutogen-U	R	R
Tween 20 and 80	R	R
Urea	R	R
Vapori di bromo	LR	
Vasellina	R/LR	LR
p-Xilolo	LR	R
Zolfo	R	R

Stabilità alle radiazioni

Già da molti anni le tubazioni in polietilene si sono affermate nel campo dello smaltimento delle acque di scarico radioattive e come condutture per acque di raffreddamento nella tecnica dell'energia nucleare. In ogni caso il tubo corrugato STRUTTURATO sopporta dosi di radiazioni fino a 10 KJ/kg se queste vengono distribuite uniformemente durante tutto il periodo del loro impiego.

Stabilità agli agenti atmosferici

Gli agenti atmosferici, in particolare i raggi UV a onde corte della luce solare, con intervento dell'ossigeno atmosferico, possono intaccare, in seguito ad una prolungata permanenza all'aperto, i tubi in polietilene, come avviene per la maggior parte delle sostanze naturali e delle materie plastiche. Per questo motivo il tubo corrugato STRUTTURATO viene prodotto con polietilene masterizzato con l'aggiunta di nerofumo e di stabilizzanti che lo proteggono dall'invecchiamento e da influenze esterne.

Comportamento alla fiamma

Il polietilene, a differenza di altri materiali plastici, pur essendo infiammabile non sviluppa gas corrosivi o residui, infatti dalla sua combustione si sviluppano CO, CO₂ e acqua, come avviene per tutti gli altri idrocarburi.

Resistenza all'abrasione

Il tubo corrugato STRUTTURATO grazie al basso modulo elastico, alla bassa scabrezza, alla idrofobia del materiale, che riducono l'interazione fra il materiale trasportato e la parete del tubo, presenta la caratteristica di una elevata resistenza all'abrasione, quindi è particolarmente indicato per lavori che necessitano il convogliamento di materiali abrasivi come fanghi o la dragatura di sabbia e ghiaia. Prove comparative effettuate sul tubo in polietilene e su tubi in materiali metallici o lapidei hanno indicato durate superiori di circa 3 volte rispetto alle condotte in materiali metallici e fino ad un massimo di circa 5 volte rispetto a condotte in cemento (Tab. 4).

Tabella 4

CEMENTO	PRFV	ACCIAIO	PVC	GRES	PE
≅ 20 h	≅ 25 h	≅ 34 h	≅ 50 h	≅ 60 h	≅ 100 h

Fonte Università di Darmstadt (D).

Il prEN 13476-1 cita testualmente: “*Tubi e raccordi conformi al presente standard sono resistenti all’abrasione. Per circostanze speciali, l’abrasione può essere determinata secondo metodo di prova riportato nella EN 295-3*”.

La EN 295-3 descrive sommariamente il metodo di collaudo all’abrasione delle condotte in gres, pertanto la prestazione richiesta è la medesima.

Per le caratteristiche appena citate si può dunque affermare che il tubo corrugato STRUTTURATO è particolarmente indicato per condotte in campo minerario, per bonifiche, reinterri, fognature ecc.

Dilatazione termica

Il polietilene, come la maggior parte dei materiali plastici, ha un elevato coefficiente di dilatazione lineare (circa $2 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), per cui occorre tenere presente questo fenomeno, specialmente nel caso di condotte non interrate e quindi soggette a continue variazioni della temperatura.

Un altro grande vantaggio della corrugazione della parete esterna del tubo corrugato STRUTTURATO è che la dilatazione lineare lungo l’asse del tubo viene in parte limitata dalle corrugazioni. Il risultato è un allungamento ridotto di circa il 50% rispetto al classico tubo liscio in PEAD.

Basse temperature

Specifiche richieste di mercato ci hanno consentito di maturare esperienze anche sul convogliamento di fluidi a basse temperature.

La temperatura di fragilità del polietilene, misurata secondo il metodo ASTM D 746, risulta inferiore a -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.

Produzione

La tecnologia applicata nella produzione del tubo corrugato STRUTTURATO è di origine tedesca. Il tubo è prodotto per coestrusione delle due pareti su un corrugatore (fig. 5) che forma il tubo dandogli il suo caratteristico profilo.

La parete esterna viene fatta aderire sugli stampi del corrugatore tramite un sistema di vuoti esterni e di aria interna, mentre la parete interna scorre su un mandrino raffreddato ad acqua (fig. 4).

Le due pareti si saldano tra loro a caldo all'interno del corrugatore, evitando il crearsi di tensioni interne, che sono causa di distacco delle pareti e di cedimenti. In questo modo le due pareti del tubo corrugato STRUTTURATO formano un tutt'uno nella struttura del tubo.

Successiva alla fase di formatura del tubo c'è la fase di raffreddamento, in cui il tubo passa dentro una vasca di raffreddamento, all'interno della quale viene spruzzata acqua in maniera uniforme su tutta la superficie del tubo per evitare zone più calde e zone più fredde, che potrebbero creare tensioni al materiale una volta portato a temperatura ambiente.

Una volta uscito dalla vasca di raffreddamento, il tubo viene marcato con un sistema a getto di inchiostro. La marcatura del tubo (così come prevista dal prEN 13476-1) fornisce tutti i parametri fondamentali dello stesso, quali il *Figura 4* diametro nominale, il materiale utilizzato, la classe di rigidità, la data di produzione nonché il marchio (es. STRUTTURATO) identificativo dell'azienda produttrice.

Il traino posizionato tra la vasca di raffreddamento e il sistema di taglio è un'apparecchiatura che serve a far uscire in maniera uniforme e a velocità costante il tubo dal corrugatore.

Un sistema di taglio computerizzato fa sì che il tubo venga tagliato sempre nella gola della corrugazione, in maniera tale da consentire una facile installazione dei sistemi di giunzione (guarnizioni e manicotti).

Figura 3

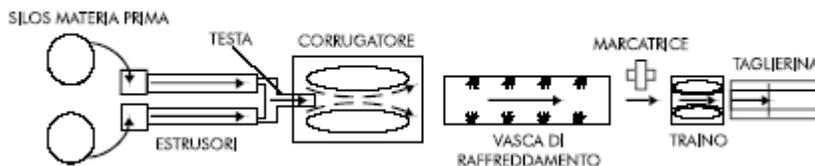


Figura 4



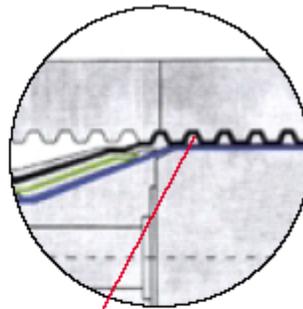


Figura 5

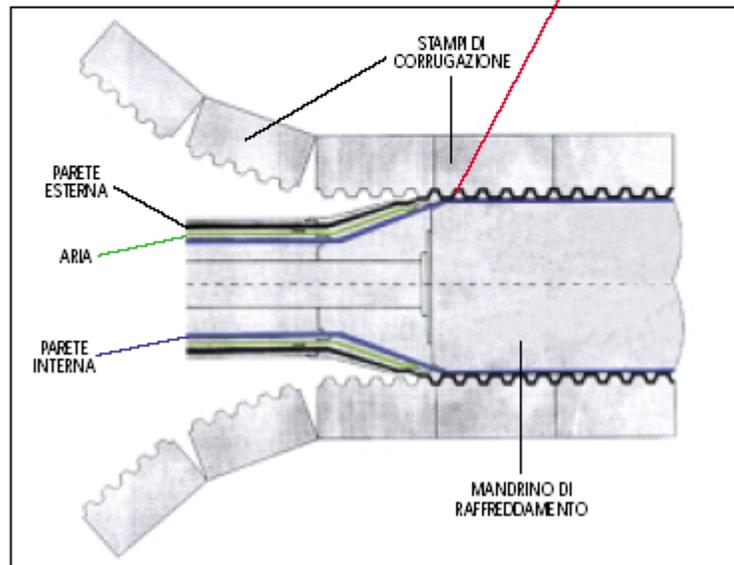
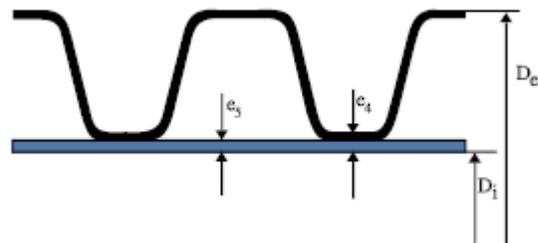


Figura 6



Gamma produttiva

I tubi corrugati STRUTTURATO per sistemi di condotte di fluidi non in pressione, conformi al prEN 13476-1 tipo B, coprono una vasta gamma di dimensioni, dal DN110 al DN1.200 mm. Di seguito vengono illustrate le caratteristiche del tubo secondo la normativa vigente (Tab.5). Il tubo corrugato STRUTTURATO risponde a tutti gli standard della normativa, inoltre offre valori elevati di diametro interno, che consente la possibilità di avere portate più elevate.

Tabella 5

prEN 13476-1 marzo 1999

DN/OD	D _e , min	D _e , max	e ₄ , min	e ₅ , min	D _i , min
mm	mm	mm	mm	mm	mm
125	124,3	125,4	1,1	1,0	105
160	159,1	160,5	1,2	1,0	134
200	198,8	200,6	1,4	1,1	167
250	248,5	250,8	1,7	1,4	209
315	313,2	316,0	1,9	1,6	263
400	397,6	401,2	2,3	2,0	335
500	497,0	501,5	2,8	2,8	418
630	626,3	631,9	3,3	3,3	527
800	795,2	802,4	4,1	4,1	669
1000	994,0	1.003,0	5,0	5,0	837
1200	1.192,8	1.203,6	5,0	5,0	1.005

Normativa di riferimento

I primi tubi strutturati apparsi sul mercato sono di origine tedesca, è quindi ovvio che le prime normative di riferimento siano nate all'interno del sistema DIN.

La DIN16961 parla di tubi con parete esterna profilata e parete interna liscia, non facendo distinzioni tra i diversi profili. In questa normativa viene standardizzato il diametro interno dei tubi, pratica per l'effettuazione dei calcoli idraulici, ma problematica per quel che riguarda la determinazione della larghezza degli scavi e per i sistemi di giunzione non standardizzati, in quanto non sono previsti né spessori minimi di parete, né dimensioni dei profili.

A parziale completamento, nel 1996 è uscita la DIN 16566, che offre lo schema di diversi profili (pieni e cavi) e indica anche gli spessori minimi di parete. A livello europeo, ormai da tempo è in fase di conclusione la normativa preparata dal CEN TC 155, arrivata alla fase di prEN 13476-1 nel luglio del 2000.

La normativa è specifica per i sistemi interrati di convogliamento acque luride e meteoriche non in pressione attraverso l'utilizzo di tubazioni strutturate in PVC-U, PP e PE.

In questo nuovo standard internazionale sono definite due serie nominali di tubazioni: quelle normalizzate sulla base del diametro interno (DN/ID) e quelle normalizzate su diametro esterno (DN/OD).

Un'ulteriore importante classificazione fatta dal prEN 13476-1 è la standardizzazione dei profili, per quel che riguarda disegno e dimensioni. I profili di tipo A sono quelli con entrambe le pareti (esterna ed interna) lisce, costruiti anche a sandwich per sovrapposizione di più pareti, mentre i profili di tipo B sono i tubi con la sola parete interna liscia e quella esterna non liscia, tipo quella dei tubi corrugati.

Il tubo corrugato STRUTTURATO è un tubo prodotto in conformità al prEN 13476-1, standardizzato sul diametro esterno (DN/OD), di tipo B.

Tra le diverse caratteristiche definite nel prEN 13476-1 riveste particolare importanza la determinazione della rigidità anulare (SN), parametro che indica la resistenza del tubo allo schiacciamento dovuto a carichi esterni.

La normativa definisce i seguenti valori di rigidità anulare:

per DN \leq 500mm SN0 - SN16, N 4
per DN > 500mm SN2 - SN4 - SN8 - SN16.

Lo standard di riferimento per la determinazione della rigidità anulare è la EN ISO 9969, che calcola il valore di SN sulla base di una prova di schiacciamento a velocità costante fino al raggiungimento di una deformazione del diametro interno del tubo pari al 3% del valore iniziale. Il valore di SN indica la rigidità anulare del tubo in kN/m². Nelle seguenti tabelle sono riportate le caratteristiche fisiche e meccaniche dei tubi corrugati STRUTTURATO per fognatura secondo il prEN 13476-1 luglio 2000.

Caratteristiche fisiche dei tubi in PE

Caratteristica	Prescrizioni	Parametri di prova		Norma di riferimento
		Caratt.	Valore	
Oven test	Il tubo non deve presentare delaminazioni, rotture o bolle	Temperatura Tempo di immersione e ≤ 8 mm. e > 8 mm.	(110 ± 2) °C 30 min 60 min	ISO 12091
Melt Index	Massima differenza dal valore iniziale 0,25 g / 10 min	Temperatura Carico	190 °C 5 Kg	ISO 1133

e: spessore massimo di parete del tubo

Caratteristiche meccaniche dei tubi in PE

Caratteristica	Prescrizioni	Parametri di prova		Norma di riferimento
		Caratteristiche	Valore	
Rigidità dell'anello	≥ di quella della classificazione	In conformità a EN ISO 9969		EN ISO 9969
Prova d'urto	TIR ≤ 10%	Temperatura	0 °C	EN 744
		Condizionamento	Acqua/aria	
		Percussore	d90	
		Massa percussore		
		DN 110	0,5 Kg	
		DN 125	0,8 Kg	
		DN 160	1,0 Kg	
		DN 200	1,6 Kg	
		DN 250	2,5 Kg	
DN ≥ 315	3,2 Kg			
		Altezza di caduta		
		DN 110	1600 mm.	
		DN ≥ 125	2000 mm.	
Flessibilità dell'anello	Curvatura regolare, assenza di crepe alla fine della prova	Schiacciamento	30% D _{em}	EN 1446
Valore di creep	≤ 4 per un'estrapolazione a 2 anni	In conformità a EN ISO 9967		EN ISO 9967

AN PLAST SRL

Marchio di conformità

L'Istituto Italiano dei Plastici, riconosciuto con D.P.R. n.120 dell' 1/2/1975, è l'ente incaricato dall'UNI per la gestione del Marchio di conformità per le materie plastiche.

Sono ammesse al Marchio P_{IIP/a} tutte le aziende che fabbricano prodotti conformi al prEN 13476-1 di luglio 2000 e che s'impegnano a rispettare le condizioni previste dallo statuto.

La concessione del Marchio P_{IIP/a} avviene in seguito ad una serie di esami preliminari sulla produzione, sulla metodologia dei controlli e la validità delle attrezzature di laboratorio dell'Azienda produttrice, nonché sulla verifica del corretto funzionamento del kit di giunzione (manicotto o bicchiere + guarnizioni) secondo parametri di norma.

AN PLAST SRL

Calcoli idraulici

Le dimensioni delle tubazioni, la portata e la velocità in base al grado di riempimento ed alla pendenza della condotta, si calcolano con il classico metodo di Bazin.

Le equazioni che vengono utilizzate nel calcolo della condotta sono l'equazione di Chezy e la relazione di Bazin. Le variabili utilizzate sono così definite:

Tabella 6

Variabile	UdM	Descrizione
Q	m ³ /s	portata
V	m/s	velocità
S	m ²	sezione bagnata del tubo
P	m	perimetro della sezione bagnata del tubo
R _h	m	raggio idraulico, dato da S/P
i		pendenza della condotta
c		coefficiente di scabrezza della condotta

$$V = K \sqrt{R_h i}$$

$$K = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R_h}}} = \frac{87 \sqrt{R_h}}{\sqrt{R_h} + c}$$

Poiché la portata è data da:

$$Q = S V$$

sostituendo nell'ultima equazione i valori delle precedenti, abbiamo che il valore di portata Q è dato dalla formula:

$$Q = \frac{87 S R_h \sqrt{i}}{\sqrt{R_h} + c}$$

Per pendenze $i = 1\% = 0,01$ la formula si semplifica in:

$$Q = \frac{8,7 S R_h}{\sqrt{R_h} + c}$$

Nel caso del PEAD si utilizza un coefficiente di scabrezza pari a 0,06. Nei calcoli di esempio si è preferito utilizzare un coefficiente di 0,1 per avere risultati conservativi.

Si tenga presente che per altri tipi di condotte i coefficienti di scabrezza sono di un ordine di grandezza superiori a quello del polietilene (Tab. 8).

Per pendenze diverse dal 1% i valori della portata Q' e della velocità V' risultano:

$$Q' = Q 10 \sqrt{i} \quad V' = V 10 \sqrt{i}$$

Il valore del fattore di conversione è riportato nelle tabelle allegate (Tab.7).

Tabella 7

Valori di $10\sqrt{i}$ per pendenze da 0,1‰ a 100‰

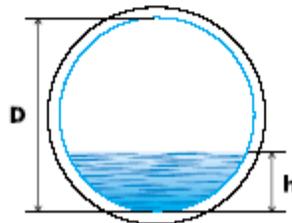
i‰	$10\sqrt{i}$	i‰	$10\sqrt{i}$	i‰	$10\sqrt{i}$
0,1	0,100	5,2	0,721	16	1,265
0,2	0,141	5,4	0,735	17	1,304
0,3	0,173	5,6	0,748	18	1,342
0,4	0,200	5,8	0,762	19	1,376
0,5	0,224	6,0	0,775	20	1,414
0,6	0,245	6,2	0,787	22	1,483
0,7	0,265	6,4	0,800	24	1,549
0,8	0,283	6,6	0,812	26	1,612
0,9	0,300	6,8	0,825	28	1,673
1,0	0,316	7,0	0,837	30	1,732
1,2	0,346	7,2	0,849	32	1,782
1,4	0,374	7,4	0,860	34	1,844
1,6	0,400	7,6	0,872	36	1,897
1,8	0,424	7,8	0,883	38	1,949
2,0	0,447	8,0	0,894	40	2,000
2,2	0,469	8,2	0,906	42	2,049
2,4	0,485	8,4	0,917	44	2,098
2,6	0,510	8,6	0,927	46	2,145
2,8	0,529	8,8	0,938	48	2,191
3,0	0,548	9,0	0,949	50	2,236
3,2	0,566	9,2	0,959	55	2,345
3,4	0,583	9,4	0,970	60	2,449
3,6	0,600	9,6	0,980	65	2,550
3,8	0,616	9,8	0,990	70	2,646
4,0	0,632	10	1,000	75	2,739
4,2	0,648	11	1,049	80	2,828
4,4	0,663	12	1,095	85	2,915
4,6	0,678	13	1,140	90	3,000
4,8	0,693	14	1,183	95	3,082
5,0	0,707	15	1,225	100	3,162

Tabella 8
TERMINI DI PARAGONE

Scabrezza assoluta - coefficienti di calcolo - coefficienti cautelativi

MATERIALI	COLEBROOK tubi correnti	COLEBROOK K di rete	MANNING	WILLIAMS	BAZIN
Acciaio nuovo	0,6 - 1		85	130 - 140	
Acc. riv. plast. nuovo	0,2	2 - 4	100	140 - 150	
Acc. bitumato nuovo	0,6 - 1,2		95	130	
Ghisa nuova	2 - 4		80	80	
Ghisa bitumata nuova	0,6 - 1,2	2 - 4	85	95	
Ghisa nuova con riv. cemento centrifugato	1		83	95	
Cemento centrif. nuovo	1	2,5	95	145	0,23
Cem. liscio nuovo	0,6 - 1	3	90	100	0,23
Cem. grossolano nuovo	3 - 4	4	80	80	0,46
Cem. in opera nuovo	3 - 4	4	73	90	0,36
Fibrocem. nuovo	0,6 - 1	1 - 1,5	100	145	0,06
Gres nuovo	1,2 - 1,9	2 - 2,5	68 - 80	90 - 95	
PRFV nuovo	1 - 2 (centrif)	1,5 - 2,5	80 - 90	130 - 140	
Materiali Plastici estrusi in genere	0,06	0,25 - 0,5			
PE estrusi in genere	0,06	0,25 - 0,5	105	150	0,06
PE strutturato spiralato	0,2 - 0,5	0,6	95	135	
PE strutturato corrugato	0,06	0,25 - 0,5	105	150	0,1
PVC	0,06	0,6	95	135	

ATV per tubi estrusi plastici (PE) considera (per reti estese): K = 0,25 per acque chiare
K = 0,40 per acque chiare con
componenti in sospensione
K = 0,50 per acque scure fognarie



**Esempio di calcolo idraulico per una condotta di tubo corrugato
STRUTTURATO DN 315**

Tubazione in esame **Tubo Strutturato**
Diametro nominale esterno 315 (mm)
Diametro interno D 272 (mm)
Pendenza ‰ 10 Scabrezza 0,1

h/D	Altezza riempimento h	S	R_h	K	Q	V
	mm	cm ²	cm		l/s	m/s
0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
0,05	13,60	10,9	0,9	42,18	0,43	0,40
0,10	27,20	30,2	1,7	49,41	1,96	0,65
0,15	40,80	54,7	2,5	53,40	4,64	0,85
0,20	54,40	82,7	3,3	56,05	8,40	1,02
0,25	68,00	113,6	4,0	57,97	13,15	1,16
0,30	81,60	146,6	4,6	59,44	18,79	1,28
0,35	95,20	181,2	5,3	60,59	25,19	1,39
0,40	108,80	217,0	5,8	61,52	32,23	1,48
0,45	122,40	253,6	6,3	62,27	39,76	1,57
0,50	136,00	290,5	6,8	62,88	47,64	1,64
0,55	149,60	327,5	7,2	63,39	55,71	1,70
0,60	163,20	364,0	7,6	63,79	63,81	1,75
0,65	176,80	399,8	7,8	64,10	71,75	1,79
0,70	190,40	434,5	8,1	64,34	79,34	1,83
0,75	204,00	467,5	8,2	64,49	86,36	1,85
0,80	217,60	498,3	8,3	64,56	92,54	1,86
0,85	231,20	526,4	8,2	64,53	97,57	1,85
0,90	244,80	550,8	8,1	64,39	100,98	1,83
0,95	258,40	570,2	7,8	64,05	101,95	1,79
1,00	272,00	581,1	6,8	62,88	95,29	1,64

Un altro metodo utilizzato nel calcolo idraulico delle condotte è quello basato sull'equazione di Prandtl-Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \times \log \left[\left(\frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) + \left(\frac{k}{3,71 \times D_f} \right) \right]$$

in cui Re è il numero di Reynolds, definito dalla formula:

$$Re = \frac{v \times D_f}{\nu}$$

Dall'equazione si ricava per iterazioni successive il valore di λ (coefficiente di perdita di carico), utilizzato nella:

$$\Delta h = \frac{\lambda \times v^2}{2 \times g \times D_f}$$

I simboli utilizzati sono riportati in tabella 9 con l'indicazione dei valori utilizzabili.

Tabella 9

Variabile	UdM	Descrizione
λ		coeff. perdite di carico
k		scabrezza assoluta (0,2)
ν	m ² /s	viscosità cinematica (1,142 x 10 ⁻⁶)
D _I	m	diametro interno

AN PLAST SRL

Interazione tubo-terreno

Le tubazioni posate in scavo o terrapieno, sono soggette a carichi esterni, dovuti al peso del materiale di ricoprimento e a quello dei manufatti che gravano sullo stesso (carichi statici) e ai carichi dovuti al passaggio di mezzi sopra o in prossimità della condotta (carichi dinamici).

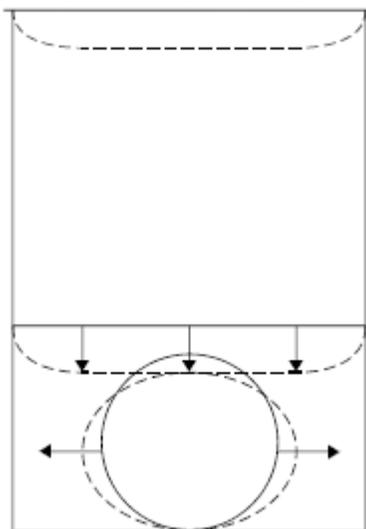
Quando una tubazione posata in scavo è soggetta a carichi esterni si verificano interazioni tra tubo, materiale di riempimento e parete dello scavo.

Nei tubi rigidi prima del collasso della condotta la deformazione è trascurabile, se non nulla in alcuni casi. La contropinta del terreno in questo caso serve solo a diminuire le tensioni di parete dovute al carico laterale del terreno stesso. Nel caso di tubi rigidi, inoltre, il valore del carico è più elevato che in quelli flessibili e si concentra sulle generatrici, superiore e inferiore, traducendosi in momenti flettenti nella parete.

Va considerato inoltre che l'assestamento del terreno intorno ai tubi posati è diverso nel caso di tubi rigidi rispetto a tubi flessibili; infatti nel caso di tubi rigidi il cedimento del terreno dovuto all'assestamento avviene in corrispondenza dei lati dello scavo, mentre per i tubi flessibili il cedimento avviene in corrispondenza del centro dello scavo.

Nel caso di tubi flessibili, la deformazione può raggiungere valori sensibili: la contropinta del materiale di rinfiacco si traduce in una limitazione della deformazione (Fig. 8). Il carico è inferiore, più uniformemente distribuito e si traduce in sforzi di compressione. È quindi importante ottenere, durante l'installazione, un sufficiente contrasto compattando il rinfiacco in modo adeguato, per limitare la deformazione a valori accettabili.

Figura 8



Maggiore è dunque la "rigidezza" del materiale di riempimento e della struttura attorno al tubo, maggiore è la resistenza della condotta alle sollecitazioni esterne.

La reazione del sistema terreno-riempimento va rapportata al modulo di elasticità del terreno di riempimento, che dipende direttamente dal grado di compattazione, ed al modulo di

elasticità delle pareti dello scavo. Ai fini della riduzione delle deformazioni, ma anche delle tensioni, la rigidità del contorno prevale su quella del tubo.

Per i tubi flessibili generalmente si utilizza il metodo di Spangler che considera il fatto che il modulo elastico del terreno di riempimento non è costante, mentre rimane praticamente costante il modulo secante (prodotto del modulo elastico per il raggio della condotta).

La normativa tedesca ATV-A 127 invece propone un calcolo più complesso e usa valori di modulo elastico differenziati a seconda che si parli di terreno di rinfianco, terreno di riempimento sovrastante il tubo, terreno dei fianchi dello scavo e terreno di fondo scavo senza letto di posa.

Dalle considerazioni espresse si può quindi vedere come sia fondamentale trovare il giusto equilibrio tra rigidità del tubo e carico esterno al quale, durante la fase di installazione, dovrebbero essere aggiunte le sollecitazioni dovute all'operazione di riempimento dello scavo e alla compattazione del materiale di riempimento; infatti la situazione che si crea durante la fase di chiusura dello scavo può essere più critica di quella a medio o lungo termine, in cui il materiale di riempimento va ad autocompattarsi.

Nei tubi rigidi il materiale di riempimento inizialmente non ha l'effetto di supporto che invece è presente nel caso di tubazioni flessibili. Se non vengono eseguite accuratamente, le operazioni di compattazione trasmettono alla tubazione carichi dinamici impulsivi e vibrazioni che in alcuni casi possono portare a fenomeni di crisi (cricche, cedimenti, rotture).

Le tubazioni flessibili invece reagiscono a tali sollecitazioni con una deformazione elastica, alla quale si oppone il terreno di contorno.

Calcolo della deformazione

Come abbiamo già visto nei capitoli precedenti, il sistema terreno-trincea interagisce con la tubazione soggetta a carichi esterni in modo da opporsi alla deformazione.

L'equazione che regola il calcolo della deformazione dei tubi corrugati STRUTTURATO è la classica equazione derivante dal metodo di Spangler, in cui i dati relativi a trincea, materiali di riempimento e compattazione non sono direttamente presenti, ma rientrano nei calcoli dei diversi fattori utilizzati.

$$\Delta D_e = \frac{(d_I \times P_0 + P_t) \times K_x}{8 \times SN_{50} + 0,061 \times E'}$$

in cui:

Variabile	UdM	Caratteristiche
ΔD_e	mm	Variazione del diametro esterno a causa del carico esterno
d_I		Fattore di incremento del carico (1,5+2,0)
P_0	N/m	Carico statico del terreno
P_t	N/m	Carico dinamico dovuto al traffico
K_x		Costante di fondo
SN_{50}	kN/m ²	Rigidezza circonferenziale a lungo termine
E'	kN/m ²	Modulo secante del terreno

La deformazione così calcolata deve dare un risultato di schiacciamento relativo inferiore al 5% del diametro esterno.

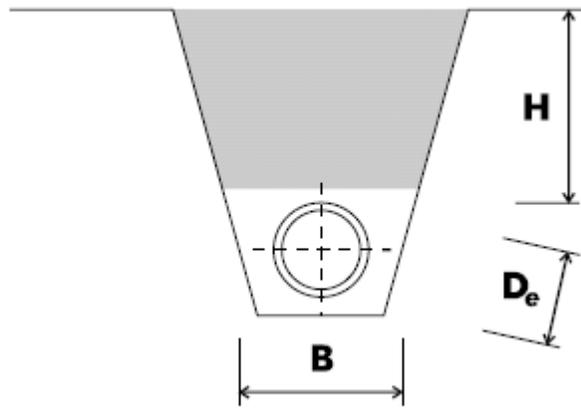
Carico statico

Il carico statico che grava sul tubo è quello dato dal peso del terreno che lo ricopre, adeguatamente moltiplicato per un coefficiente correttivo dipendente dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria dello scavo.

$$P_0 = C \times \gamma_t \times D_e \times B$$

in cui

Variabile	UdM	Caratteristiche
P_0	N/m	Carico statico del terreno
C		Coefficiente di carico del terreno
γ_t	N/m ³	Peso specifico del materiale di riempimento
D_e	m	Diametro esterno del tubo
B	m	Larghezza dello scavo sull'estradosso superiore del tubo



Il valore di C si ricava da:

$$C = \frac{1 - e \left(\frac{-2 \times K \times \mu \times H}{B} \right)}{2 \times K \times \mu}$$

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

in cui:

<i>Variabile</i>	<i>UdM</i>	<i>Caratteristiche</i>
C		Coefficiente di carico del terreno
K		Coefficiente di Rankine
μ		Coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e fianco dello scavo
φ	rad	Angolo di attrito interno del materiale di riporto
H	m	Altezza dello scavo misurata dall'estradosso superiore del tubo
B	m	Larghezza dello scavo sull'estradosso superiore del tubo

Carico dinamico

Il carico dovuto al traffico, carico di superficie, va ad aggiungersi ai carichi statici e influisce sul calcolo della deformazione del tubo.

Nelle formule descritte si utilizza un carico di superficie Q che tiene conto sia del carico dinamico dovuto al traffico che del carico statico dato dalle strutture fisse che gravano sulla trincea (fondazioni, immobili ecc.).

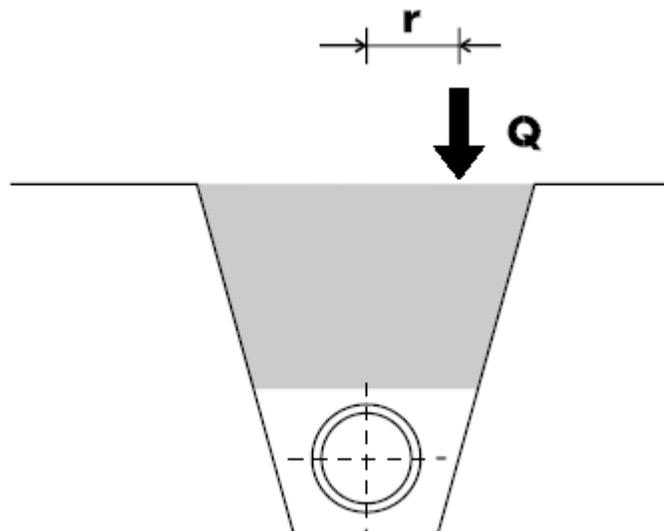
La formula di riferimento per il calcolo del carico superficiale deriva dalla teoria di Boussinesq, attraverso la quale si calcola la tensione verticale dovuta a un carico superficiale in un punto qualsiasi sotto il piano di campagna in cui:

$$\sigma_z = \frac{3 \times Q}{2 \times \pi \times H^2} \times \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{H} \right)^2} \right)^{5/2}$$

$$P_t = \sigma_z \times D_e$$

in cui

Variabile	UdM	Caratteristiche
P_t	N/m	Carico dinamico
σ_z	N/m ²	Tensione verticale
Q	N	Carico superficiale totale
r	m	Distanza orizzontale dal punto di carico



La tensione verticale si considera ugualmente distribuita su una larghezza pari al diametro orizzontale del tubo e di lunghezza unitaria.

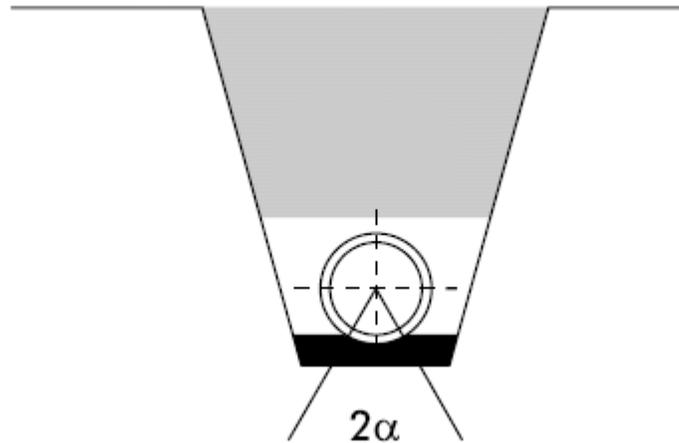
Dalle formule si evince che il carico dinamico decresce con il quadrato della profondità di copertura, per cui il carico assume notevole importanza nel caso di altezze di ricoprimento inferiori ai 2m.

Il carico dinamico è inoltre un carico che non è presente in maniera costante, per cui il fatto di considerarlo sempre presente consente di avere risultati conservativi nel calcolo della deformazione.

Angolo di supporto

Il termine di costante di fondo è legato al valore dell'angolo di supporto (angolo di sostegno, normalmente indicato con 2α) ed è stato definito sperimentalmente.

Il valore di K_x è riferito praticamente all'accuratezza della preparazione del letto di posa.



È dunque opportuno fare in modo che il letto di posa consenta un angolo di appoggio superiore a 90° , tendendo a raggiungere la condizione di massimo appoggio (180°) con una accurata compattazione del materiale di rifianco.

I valori di K_x definiti nelle tabelle sono interpolabili linearmente per angoli di appoggio diversi da quelli tabulati.

Rigidezza circonferenziale a lungo termine

La rigidezza circonferenziale (SN) del tubo è definita secondo il prEN 13476-1 dalla ISO 9969 e deriva da una prova di schiacciamento a velocità costante fino ad una deformazione del 3% del valore del diametro interno. Il valore di rigidezza circonferenziale a lungo termine è in relazione con la rigidezza a breve termine attraverso lo stesso rapporto che esiste tra i moduli elastici (0,395).

Modulo secante del terreno

Il modulo secante del terreno, o modulo di resistenza, dipende dalla natura e dal grado di compattazione del terreno. È costante per tutti i diametri di tubo e la classificazione adottata è quella della ASTM 2487 (Vedi paragrafo 9.9).

Dati dei vari tipi di terreno di riporto

(Tab. A)

Tipo di terreno	Peso specifico del terreno	Angolo di attrito del mat. di riempimento		Coefficiente di Rankine
		φ°	φ rad	
	N/m ³			K
Gesso	19.600	18	0,31	0,53
Argilla secca	15.700	22	0,38	0,45
Argilla umida	19.600	12	0,21	0,66
Terra secca sciolta	12.750	12	0,21	0,66
Terra secca costipata	17.200	15	0,26	0,59
Terra alla rinfusa	15.700	31	0,54	0,32
Terra molto compatta	18.150	32	0,56	0,31
Terra umida costipata	19.600	33	0,58	0,29
Ghiaia	17.200	25	0,44	0,41
Ghiaia con sabbia	16.700	26	0,45	0,39
Argilla grassa secca	15.700	14	0,24	0,61
Argilla grassa umida	20.700	22	0,38	0,45
Fango	15.700	25	0,44	0,41
Ciottoli	17.200	37	0,65	0,25
Sabbia secca	14.700	31	0,54	0,32
Sabbia compattata	17.200	33	0,58	0,29
Sabbia umida	18.700	34	0,59	0,28
Sassi grossi	15.700	37	0,65	0,25

Dati dei vari tipi di terreno di riporto

(Tab. B)

Tipo di terreno	Angolo di attrito tra mat. di riporto e trincea
	μ
Gesso	0,33
Argilla secca	0,41
Argilla umida	0,21
Terra secca sciolta	0,21
Terra secca costipata	0,26
Terra alla rinfusa	0,60
Terra molto compatta	0,62
Terra umida costipata	0,65
Ghiaia	0,47
Ghiaia con sabbia	0,49
Argilla grassa secca	0,25
Argilla grassa umida	0,41
Fango	0,47
Ciottoli	0,75
Sabbia secca	0,60
Sabbia compattata	0,65
Sabbia umida	0,67
Sassi grossi	0,75

Carichi dovuti al traffico

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

Influenza dell'angolo di supporto

2α	0°	90°	120°	180°
K_x	0,110	0,096	0,090	0,083

Modulo di resistenza del terreno

ASTM 2487

	Materiale alla rinfusa	Materiale compattato		
		<85%	85+90%	>95%
Indice Proctor		<40%	40+70%	>70%
Densità relativa		<40%	40+70%	>70%
Terreno	E' (N/mm ²)			
Bassa granulometria; suoli con media ed alta plasticità	0	0	0	0,35
Bassa granulometria; suoli con media e bassa plasticità con meno del 25% di particelle grossolane	0,35	1,38	2,76	6,9
Bassa granulometria; suoli con bassa o 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	0	0	0

Esempio di calcoli sulla deformazione a lungo termine per tubazioni interrate

Verifica della deformazione sotto carico per tubi corrugati STRUTTURATO. I calcoli sono effettuati con il metodo di Spangler per tubi flessibili.

Dati dimensionali del tubo

Diametro nominale del tubo (in mm)	DN	315
Rigidezza circonferenziale secondo EN ISO 9969 (in kN/m ²)	SN	4

Dati dello scavo

Dimensioni dello scavo

Larghezza misurata sull'estradosso superiore del tubo (in m) B 0,5

Altezza misurata sull'estradosso superiore del tubo (in m) H 4

Terreno di riempimento e modalità di scavo

Peso specifico del materiale di riempimento (in N/m³) γ_t 17.200

Angolo di attrito interno del materiale di riempimento (in °) ϕ 33

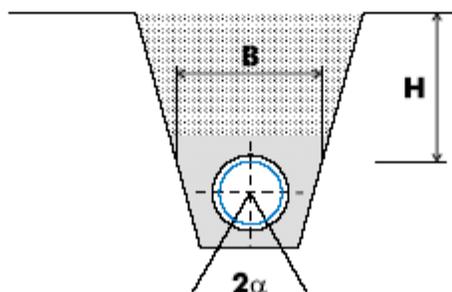
Coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e pareti dello scavo μ 0,65

Fattore di autocompattazione d_t 1,5

Angolo di supporto (in °) 2α 0

Costante di fondo (valore calcolato) K_x 0,11

Modulo secante del terreno (in N/mm²) E' 2,76



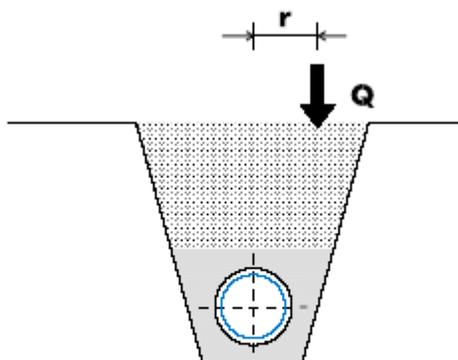
Carichi dinamici superficiali

Carico esterno (in kN/ruota)

Q

Distanza orizzontale dal punto di carico (in m)

r



Verifica della deformazione

La deformazione del tubo risulta pari a mm

La diminuzione percentuale del diametro è

Valore accettabile

Il limite massimo di deformazione diametrale ammissibile è 5%.

N.B. L'esempio di cui sopra e quelli successivi riportano dati che considerano "sabbia compattata" come terreno di riempimento.

Verifica della deformazione sotto carico per tubi corrugati STRUTTURATI.
 I calcoli sono effettuati con il metodo di Spangler per tubi flessibili.

Dati dello scavo

Dimensioni dello scavo

Larghezza misurata sull'estradosso superiore del tubo (in m) B

Terreno di riempimento e modalità di scavo

Peso specifico del materiale di riempimento (in N/m^3) γ_t

Angolo di attrito interno del materiale di riempimento (in $^\circ$) φ

Coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e pareti dello scavo μ

Fattore di autocompattazione d_l

Angolo di supporto (in $^\circ$) 2α

Costante di fondo (valore calcolato) K_x

Carichi dinamici

Carico esterno (in kN/ruota) Q

Distanza orizzontale dal punto di carico (in m) r

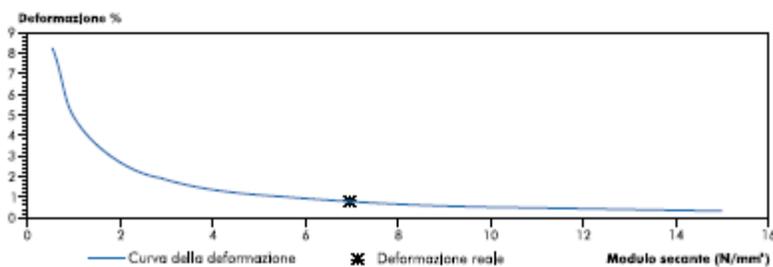
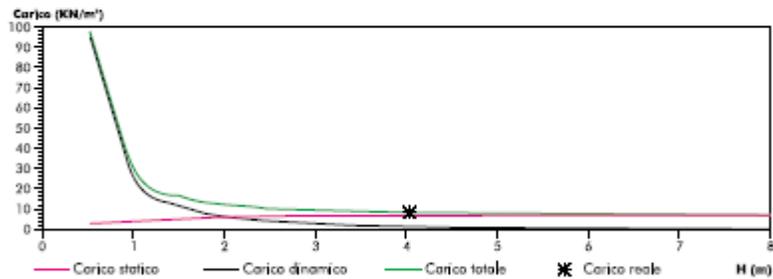


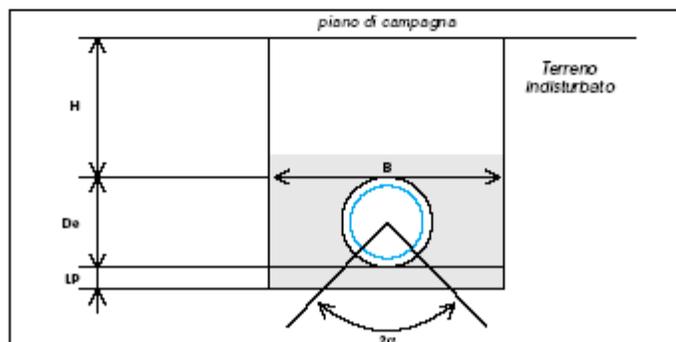
Table riassuntive per tubi corrugati STRUTTURATI

Verifica della deformazione sotto carico per tubi corrugati STRUTTURATI SN4.
I calcoli sono effettuati con il metodo di Marston-Spangler per tubi flessibili.

Terreno indisturbato	Terreno misto sciolto
Tipologia del rifianco	Sabbia secca
Altezza della falda sulla tubazione	Assente
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60 (pesante = 100 kN/ruota)
Angolo di supporto	$2\alpha = 0^\circ$

SIMBOLOGIA

- B = larghezza della trincea di posa misurata sull'estradosso del tubo
 H = altezza di ricoprimento della tubazione misurata dall'estradosso della tubazione al piano di campagna
 LP = altezza del letto di posa
 R = tipo di compattazione dell'inerte di rifianco intorno alla tubazione: **Rifusa**
 L = tipo di compattazione dell'inerte di rifianco intorno alla tubazione: **Leggera** (Proctor <85%)
 M = tipo di compattazione dell'inerte di rifianco intorno alla tubazione: **Moderata** (Proctor 85-94%)
 A = tipo di compattazione dell'inerte di rifianco intorno alla tubazione: **Alta** (Proctor >95%)



De mm	B m	deformazione %				deformazione %				deformazione %			
		H = 0,6 m				H = 0,7 m				H = 0,8 m			
		R	L	M	A	R	L	M	A	R	L	M	A
160 SN4	0,24	34,355	12,655	5,591	2,897	28,288	10,420	4,604	2,385	24,086	8,872	3,920	2,091
200 SN4	0,30	34,484	12,695	5,609	2,908	28,426	10,471	4,626	2,397	24,253	8,894	3,947	2,045
250 SN4	0,38	34,585	12,732	5,625	2,914	28,555	10,518	4,647	2,408	24,412	8,992	3,973	2,058
315 SN4	0,48	34,650	12,763	5,639	2,921	28,665	10,559	4,665	2,417	24,549	9,043	3,995	2,070
400 SN4	0,60	34,718	12,788	5,650	2,927	28,755	10,592	4,680	2,424	24,662	9,084	4,014	2,079
500 SN4	0,75	35,029	12,903	5,701	2,953	28,830	10,619	4,692	2,431	24,758	9,119	4,029	2,087
630 SN4	0,95	35,029	12,903	5,701	2,953	29,172	10,745	4,748	2,460	24,842	9,151	4,043	2,094
800 SN4	1,20	35,029	12,903	5,701	2,953	29,172	10,745	4,748	2,460	25,198	9,281	4,101	2,124
1000 SN4	1,50	35,029	12,903	5,701	2,953	29,172	10,745	4,748	2,460	25,198	9,281	4,101	2,124
1200 SN4	1,80	35,029	12,903	5,701	2,953	29,172	10,745	4,748	2,460	25,198	9,281	4,101	2,124

De mm	B m	deformazione %				deformazione %				deformazione %			
		H = 0.9 m				H = 1.0 m				H = 1.2 m			
		R	L	M	A	R	L	M	A	R	L	M	A
160 SN4	0,24	21,025	7,744	3,422	1,773	18,708	6,891	3,045	1,577	15,454	5,692	2,515	1,309
200 SN4	0,30	21,222	7,817	3,454	1,789	18,935	6,975	3,082	1,596	15,738	5,797	2,561	1,327
250 SN4	0,38	21,412	7,887	3,485	1,805	19,157	7,056	3,118	1,615	16,023	5,902	2,608	1,351
315 SN4	0,48	21,578	7,948	3,512	1,819	19,352	7,128	3,149	1,632	16,279	5,996	2,649	1,373
400 SN4	0,60	21,715	7,999	3,534	1,831	19,515	7,188	3,176	1,645	16,497	6,077	2,685	1,391
500 SN4	0,75	21,833	8,042	3,553	1,841	19,656	7,240	3,199	1,657	16,688	6,147	2,716	1,407
630 SN4	0,95	21,937	8,080	3,57	1,850	19,782	7,287	3,219	1,668	16,861	6,211	2,744	1,422
800 SN4	1,20	22,382	8,244	3,643	1,887	19,886	7,325	3,236	1,677	17,005	6,264	2,767	1,434
1000 SN4	1,50	22,382	8,244	3,643	1,887	20,325	7,487	3,308	1,714	17,628	6,493	2,869	1,486
1200 SN4	1,80	22,382	8,244	3,643	1,887	20,325	7,487	3,308	1,714	17,628	6,493	2,869	1,486

De mm	B m	deformazione %				deformazione %				deformazione %			
		H = 1.5 m				H = 2.0 m				H = 3.0 m			
		R	L	M	A	R	L	M	A	R	L	M	A
160 SN4	0,24	12,461	4,590	2,028	1,051	9,718	3,580	1,582	0,819	7,191	2,649	1,170	0,606
200 SN4	0,30	12,825	4,724	2,087	1,081	10,188	3,753	1,658	0,859	7,790	2,809	1,268	0,657
250 SN4	0,38	13,201	4,863	2,148	1,113	10,701	3,942	1,742	0,902	8,498	3,130	1,383	0,716
315 SN4	0,48	13,551	4,991	2,205	1,143	11,201	4,126	1,823	0,944	9,245	3,405	1,505	0,779
400 SN4	0,60	13,856	5,104	2,255	1,168	11,655	4,293	1,897	0,983	9,972	3,673	1,623	0,841
500 SN4	0,75	14,129	5,204	2,299	1,191	12,074	4,448	1,965	1,018	10,683	3,925	1,739	0,901
630 SN4	0,95	14,381	5,297	2,340	1,212	12,472	4,594	2,030	1,052	11,394	4,197	1,854	0,961
800 SN4	1,20	14,593	5,375	2,375	1,230	12,815	4,720	2,086	1,080	12,095	4,433	1,959	1,015
1000 SN4	1,50	14,763	5,438	2,403	1,245	13,096	4,824	2,131	1,104	12,581	4,634	2,047	1,061
1200 SN4	1,80	14,882	5,482	2,422	1,255	13,294	4,897	2,164	1,121	12,975	4,779	2,112	1,094

Posa in opera

Movimentazione

Il carico e lo scarico dei tubi corrugati STRUTTURATO deve avvenire facendo estrema attenzione a non rovinare le estremità e la parete interna dei tubi: non è consigliabile l'utilizzo di ganci che afferrino il tubo dall'interno, mentre è più corretto l'utilizzo di fasce o funi che non vadano ad incidere le pareti del tubo.

Accatastamento

La leggerezza unita alla elevata resistenza allo schiacciamento dei tubi corrugati STRUTTURATO, consente un accatastamento senza particolari problemi.

Letto di posa

Il fondo dello scavo deve essere realizzato con materiale di granulometria abbastanza fine, in modo che non ci siano spigoli vivi a contatto con le pareti del tubo.

E' consigliabile la realizzazione di un letto di sabbia o di ghiaia fine, pari ad almeno due volte l'altezza del profilo del tubo, per evitare il contatto delle corrugazioni con superfici non adatte. La larghezza dello scavo deve essere ridotta, si consiglia uno scavo pari a 1,5 volte il diametro nominale del tubo.

L'elevata rigidità anulare fa sì che il tubo corrugato STRUTTURATO sia adatto ad elevate profondità di posa e anche su terreni in cui il carico mobile (stradale o ferroviario) sia elevato.

Riempimento dello scavo

Il riempimento dello scavo è la parte più delicata nell'installazione, poiché un riempimento non adeguato può influire negativamente sul tubo.

Indipendentemente dal tipo di tubo installato, il riempimento va eseguito mediante compattazione a strati successivi di circa 30 cm, poiché una scarsa compattazione effettuata nella posa può portare in seguito al cedimento del terreno.

Un valore accettabile di compattazione è nell'ordine del 90

95% di indice Proctor

La compattazione va inoltre effettuata con materiali adeguati, soprattutto nella zona di ricoprimento del tubo, utilizzando materiali a granulometria fine. Fino a circa 30 cm al di sopra del tubo è buona norma utilizzare materiale a granulometria fine, dopo di che va utilizzato materiale buono per ulteriori 70/80 cm. Superato 1 m di ricoprimento, si può ultimare il ricoprimento anche con il terreno proveniente dallo scavo stesso.

Collaudo idraulico

Ultimate le operazioni di installazione è buona norma procedere all'effettuazione di un collaudo idraulico della condotta, isolando singoli tratti con tappi mobili e mettendo in leggera pressione la condotta così isolata (0,5 bar). Nell'effettuare il collaudo bisogna tenere presente che il tubo è elastico, per cui andrà valutata la quantità d'acqua da reinserire nella condotta per ripristinare la pressione di prova oppure andrà considerato un leggero calo della pressione di prova; infatti la causa di questa caduta di pressione va ricercata nella dilatazione della condotta e non a perdite dalle giunzioni.

Sistemi di giunzione

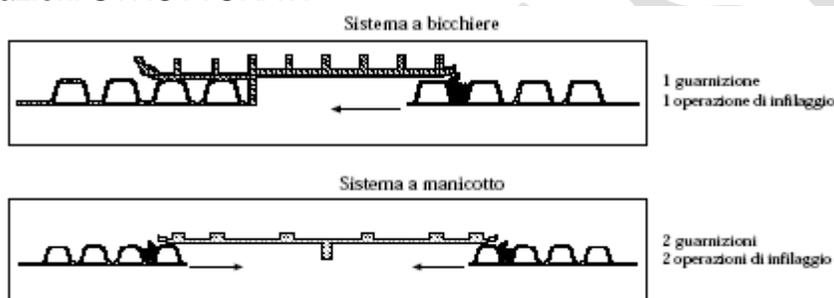
La giunzione dei tubi riveste particolare importanza nelle condotte in quanto deve essere garantita la continuità e devono essere evitate sia fuoriuscite dall'interno della condotta che inclusioni dall'esterno all'interno della condotta stessa.

La versatilità del tubo corrugato STRUTTURATO consente tre diversi sistemi di giunzione:

- a bicchiere (con una guarnizione)
- a manicotto (con due guarnizioni)
- mediante saldatura testa a testa per polifusione

Rispetto al sistema con manicotto, le barre bicchierate riducono il numero delle fasi di esecuzione per il completamento della giunzione dimezzandone i tempi, oltre a garantire maggiormente la tenuta.

Al fine di permettere l'utilizzo di barre di qualsiasi lunghezza dovesse rendersi necessaria nel corso dell'installazione, il sistema di giunzione a manicotto è comunque disponibile sull'intera gamma delle tubazioni STRUTTURATI



Sistema a bicchiere

Il collegamento a bicchiere delle tubazioni STRUTTURATI avviene a mezzo di apposito bicchiere di giunzione situato all'estremità di ciascuna barra.

La lunghezza del bicchiere permette l'inserimento di più corrugazioni al suo interno per assicurare un allineamento corretto dei due tubi.

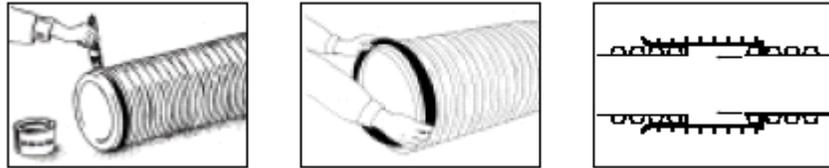
I bicchieri sono conformi alle prescrizioni del prEN 13476-1 di luglio 2000.

Sono due le operazioni preventive alla giunzione dei tubi consigliate in cantiere per una corretta installazione e per velocizzare le operazioni successive:

- La prima operazione è la pulizia della parete esterna del tubo, della parete interna del manicotto e della guarnizione, perché lo sporco depositato non permetta perdite durante l'esercizio.
- Altra operazione è la determinazione della lunghezza di tubo effettivamente infilabile all'interno del bicchiere, la quale consente d'interrompere al momento giusto la spinta necessaria all'infilaggio della seconda barra all'interno del bicchiere fino a battuta.

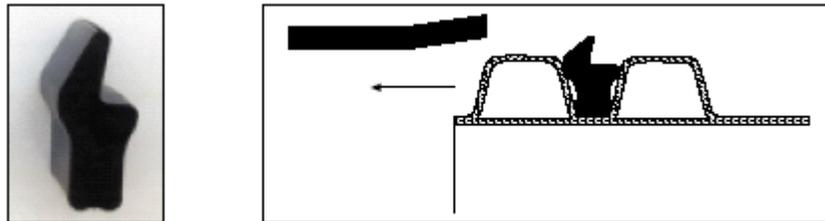
L'operazione di giunzione avviene quindi come segue:

1. inserimento della guarnizione sulla testata "maschio" del tubo
2. Spalmatura di sostanza scivolante nelle zone di contatto fra guarnizione e bicchiere (sono consigliati scivolanti biodegradabili a base acquosa)
3. Inserimento del tubo all'interno del bicchiere.



La guarnizione, in EPDM, prodotta in conformità alla norma EN 681-1, è costruita in modo da garantire una perfetta tenuta idraulica sia dall'interno verso l'esterno, sia per quel che riguarda infiltrazioni dall'esterno verso l'interno.

Per il corretto funzionamento della guarnizione occorre aver cura di posizionarla con il labbro rivolto nella direzione opposta a quella d'infilaggio.

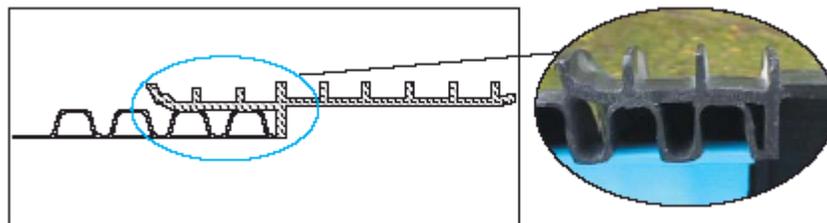


Le tubazioni STRUTTURATO vantano l'utilizzo di due differenti sistemi di bicchieratura:

- sistema SWS (Spin Welding System)
- sistema INTEGRATO

Il sistema di bicchieratura SWS adottato sui tubi

STRUTTURATO utilizza un apposito bicchiere di PEAD, che, in fase di produzione, viene spinto su una estremità della barra fino alla battuta interna e saldato automaticamente su tre punti circolari (sui primi due anelli di corrugazione e sull'anello di battuta interno del bicchiere). Le barre di tubo arrivano quindi in cantiere già tutte bicchierate, a qualsiasi lunghezza richiesta dall'installatore.



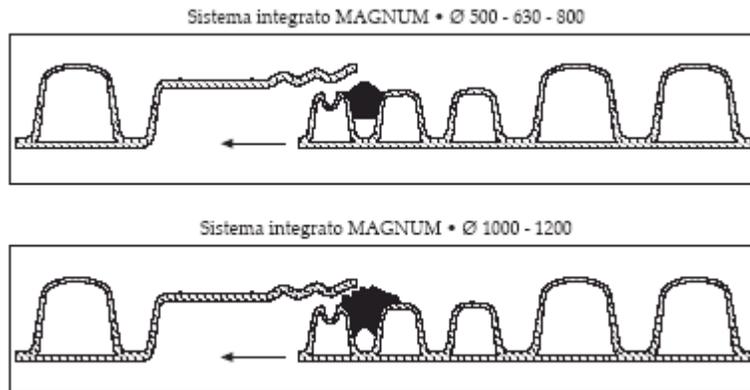
Il sistema di giunzione a bicchiere SWS viene adottato sui tubi STRUTTURATO DN d.e. 250 – 315 – 400 mm e presenta i seguenti vantaggi rispetto al sistema a manicotto:

- sicurezza di tenuta: tre saldature automatiche in ambiente pulito sono meglio del collegamento manuale con guarnizione in cantiere
- numero di operazioni necessarie alla realizzazione delle giunzioni dimezzato
- tempi di posa notevolmente più celeri.

Le tubazioni STRUTTURATO con DN d.e. ≥ 500 mm adottano il sistema di bicchieratura INTEGRATO, che consiste nella formatura del bicchiere direttamente sul tubo durante la fase di produzione. In questo caso la tubazione viene prodotta con due elementi caratteristici all'estremità di ciascuna barra:

- bicchiere
- maschio

Il “bicchiere” è formato con appositi stampi direttamente in fase di produzione ed è costituito dalla parete esterna del tubo (resa liscia invece che corrugata). Il diametro esterno del bicchiere corrisponde al diametro esterno della tubazione.



Il “maschio” è la parte di tubo della barra successiva che si riesce ad infilare dentro al bicchiere per l’esecuzione della giunzione. Il maschio del sistema INTEGRATO è costituito dai primi tre anelli di corrugazione della barra, con altezza di profilo ridotta rispetto a quella degli altri anelli al fine di poter essere inserito dentro al bicchiere. La rigidità anulare nominale (SN) nel punto di giunzione del sistema INTEGRATO STRUTTURATO è garantita con la sovrapposizione del bicchiere sulle corrugazioni del maschio.

Nel sistema di giunzione INTEGRATO la guarnizione di tenuta viene posizionata dentro un’apposita sede ricavata sulla sommità del primo anello di corrugazione del maschio. Tale soluzione consente di avanzare la posizione della guarnizione verso il punto centrale di giunzione e di realizzare il collegamento con l’utilizzo di una guarnizione molto più piccola. Tutti i vantaggi descritti per il sistema di giunzione a bicchiere SWS si ripetono nel sistema INTEGRATO, per il quale occorre aggiungere che il mantenimento del diametro esterno in tutti i punti di giunzione consente un perfetto allineamento della condotta sul letto di posa, caratteristica particolarmente utile nelle reti a gravità con bassissima pendenza poiché evita agli operatori di cantiere la formazione di un letto di posa adeguatamente modellato per compensare le locali variazioni di diametro nei punti di giunzione e, alla D.L., l’onere del controllo di tale operazione.

Sistema a manicotto

Il manicotto per la giunzione del tubo corrugato STRUTTURATO 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.

I manicotti sono conformi alle prescrizioni del prEN 13476-1 di luglio 2000, il quale consente la loro costruzione in PE, PP o PVC.

Per l’esecuzione di una giunzione con il sistema a manicotto occorre ripetere una seconda volta tutte le operazioni sopra descritte per il collegamento degli elementi con il sistema a bicchiere.



Saldatura di testa

Lo spessore risultante dall'unione delle due pareti (e_4) delle tubazioni corrugate STRUTTURATO permette anche la giunzione dei tubi per saldatura di testa. La tecnica di saldatura è la stessa utilizzata per i tubi lisci e garantisce una perfetta tenuta. La fresatura viene effettuata su una zona molto corta in modo che il riscaldamento non coinvolga anche la corrugazione. I parametri di saldatura (tempi e pressioni) sono gli stessi utilizzati per la saldatura testa a testa di tubi lisci a parete sottile.

Pezzi speciali

Le condotte di scarico necessitano di elementi particolari detti "pezzi speciali", idonei a realizzare curve, derivazioni, riduzioni, ispezioni, allacci, chiusure ecc., indispensabili al corretto funzionamento del sistema.

La giunzione fra un tratto di condotta e il pezzo speciale utilizzato avviene con le stesse modalità di giunzione scelte per la condotta: a mezzo sistema a bicchiere, a manicotto o mediante saldatura di testa.

La Ditta AN PLAST Srl grazie alle sinergie con i Nostri Partner, usufruisce della struttura e dei servizi di una ditta specializzata nella realizzazione dei suddetti pezzi speciali.

I singoli pezzi speciali vengono formati utilizzando gli stessi tubi STRUTTURATO d'origine garantendo così la massima compatibilità di giunzione. Allo stesso modo vengono realizzati anche i vari pozzetti (d'ispezione con o senza scolatoio, di salto ecc.). Tutti i pezzi speciali e i pozzetti possono essere realizzati come da standard predefiniti, oppure secondo le specifiche o particolari disegni richiesti dal Cliente.

La disponibilità dello studio tecnico interno e le molteplici esperienze maturate quotidianamente dal nostro staff, consentono di studiare e identificare insieme al committente le soluzioni più vantaggiose. È possibile studiare anche soluzioni che consentano collegamenti, allacci, derivazioni ecc. con condotte di materiali diversi dal polietilene corrugato.

Voce di capitolato per tubi corrugati fognatura

Fornitura e posa in opera di tubazione con profilo di parete strutturato, di polietilene alta densità (PE a.d.) a doppia parete per condotte di scarico interrate non in pressione, internamente liscio e di colore azzurro per facilitare l'ispezione visiva e/o con telecamere, corrugato esternamente di colore nero.

La tubazione, che dovrà essere prodotta da ditta in possesso della certificazione di Qualità aziendale SQP secondo UNI EN ISO 9002, dovrà essere rispondente alle prescrizioni del prEN 13476-1 (luglio 2000) per tubi strutturati in PE di tipo B, certificata con marchio di conformità rilasciato da un Organismo di certificazione di parte terza accreditato secondo le norme UNI CEI EN 45011 e 45004 (certificazione di conformità di prodotto).

Il diametro esterno nominale sarà mm; la classe di rigidità anulare sarà SN (pari a kN/m²) secondo il metodo di prova descritto nella EN ISO 9969; le singole barre dovranno essere dotate di bicchiere (o bigiunto) per l'esecuzione delle giunzioni con apposite guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM realizzate in conformità alla norma EN 681-1, da posizionare nella prima gola fra due corrugazioni successive della testata di tubo che verrà inserita nel bicchiere.

Il tubo dovrà riportare per esteso la marcatura prevista dal prEN 13476-1 (luglio 2000) e dovranno essere esibite:

- certificazione di conformità di prodotto (marchio di qualità di prodotto);
- certificazione di collaudo di lotto alla flessibilità anulare secondo quanto previsto dal metodo di prova descritto nella UNI EN 1446;
- certificazione SQP di produzione in regime di qualità aziendale (UNI EN ISO 9002);
- certificazione di collaudo di lotto alla tenuta idraulica delle giunzioni secondo quanto previsto dal metodo di prova descritto nella EN 1277;
- certificazione di collaudo di resistenza all'abrasione verificata secondo quanto previsto dal metodo di prova descritto nella DIN EN 295-3.

*Le informazioni contenute in questo opuscolo
sono fornite a titolo documentativo; si esonera
quindi da ogni responsabilità la
Ditta AN PLAST Srl
Via Baio Dora 10
10013 BORGOFRANCO D'IVREA
Torino ITALY*

*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.*