



acquedotto  
pugliese

l'acqua, bene comune

**Direzione Ingegneria  
Area Tecnologia dei Materiali**

**DISCIPLINARE TECNICO  
PER LA FORNITURA E POSA IN OPERA  
DI TUBAZIONI E RACCORDI IN PRFV  
PER CONDOTTE DI SCARICO  
DI ACQUE REFLUE DEPURATE**

*A cura di:*

ing. Giuseppe De Stefano

*Visto: Il Direttore*  
Ing. Andrea Volpe

**EDIZIONE GENNAIO 2020**

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. MATERIALI.....	5
4. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE.....	6
4.1 STRATO INTERNO (LINER).....	6
4.2 STRATO MECCANICO RESISTENTE .....	7
4.3 STRATO ESTERNO.....	7
5. PARAMETRI ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI TUBI.....	7
6. RESISTENZA TRASVERSALE - CLASSI DI RIGIDITA' .....	8
7. GIUNZIONI.....	9
7.1 GIUNTO A BICCHIERE CON DOPPIO O-RING .....	9
7.2 GIUNTO FLANGIATO .....	10
8. RACCORDI O PEZZI SPECIALI .....	10
9. CLASSIFICAZIONE DI TUBI E RACCORDI.....	11
10. MARCATURE.....	11
11. PROVE E CONTROLLI IN FABBRICA .....	12
11.1 PROVE DISTRUTTIVE .....	12
11.2 PROVE NON DISTRUTTIVE .....	13
12. ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO E MOTIVI DI RIFIUTO .....	14
13. MOVIMENTAZIONE, STOCCAGGIO E RIPARAZIONE DEI MATERIALI .....	15
14. MODALITA' DI POSA IN OPERA .....	17
14.1 POSA DI CONDOTTE INTERRATE .....	17
14.2 POSA DI CONDOTTE SOTTOMARINE IN TRINCEA O SU FONDALE (CENNI) .....	19
14.3 POSA DI CONDOTTE, TERRESTRI O SOTTOMARINE, CON TECNOLOGIA DEL TIPO T.O.C. ....	20
15. PROVA DI PRESSIONE IN OPERA.....	21
15.1 PROVA PER CONDOTTE A PELO LIBERO.....	21
15.2 PROVA PER CONDOTTE IN PRESSIONE .....	22

## 1. PREMESSA

Nel presente disciplinare vengono riportate le caratteristiche, le prove e le modalità di posa in opera relative alle tubazioni ed ai raccordi in materiale plastico rinforzato con fibre di vetro (PRFV), utilizzabili, in Acquedotto Pugliese, per la realizzazione di condotte di scarico di acque reflue depurate (collettori emissari e condotte sottomarine), senza pressione o in pressione (incluso premententi).

Le tubazioni ed i raccordi di PRFV possono essere utilizzati per la realizzazione di condotte interrato e condotte sottomarine; non possono essere utilizzati per la realizzazione di tratte di condotta aeree, esposte a raggi solari.

Le tubazioni ed i raccordi in PRFV devono avere caratteristiche tecniche in tutto conformi a quanto prescritto nelle norme UNI 9032, UNI EN 1796, UNI EN 14364.

Sono utilizzabili tubazioni e raccordi aventi diametri da DN 200 a DN 3000 mm, pressioni nominali fino a PN 6 e dotati di giunzioni a bicchiere con doppio O-ring oppure flangiate.

Lo spessore di parete delle tubazioni deve essere calcolato in base alle condizioni di posa, alle pressioni nominali ed ai diametri nominali. La valutazione dello spessore deve essere eseguita dal produttore, in base alle condizioni al contorno dichiarate da Acquedotto Pugliese. Lo stesso produttore, sulla scorta delle citate condizioni al contorno e, quindi, dei requisiti prestazionali richiesti a tubazioni e raccordi, deve anche stabilire, oltre allo spessore di parete, la qualità e la quantità dei materiali che andranno a comporre il materiale plastico, ed in particolare la quantità di inerte siliceo da aggiungere alla resina ed alla fibra di vetro.

La Ditta produttrice dei tubi e dei pezzi speciali deve possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma ISO 9001, approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

UNI 9032/08: Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV).

UNI EN 1796: sistemi di tubazioni di materia plastica per acqua con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni.

UNI EN 14364: sistemi di tubazioni di materia plastica per fognatura e scarichi con o senza pressione – Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni.

UNI EN 1229: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Metodi di prova per determinare la tenuta idraulica della parete sottoposta ad una pressione interna di breve durata.

UNI 9033-6: Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche - Metodi di prova - Determinazione del grado di polimerizzazione tramite il contenuto residuo di stirene monomero e del contenuto medio, in massa, di vetro.

UNI EN 1394: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della resistenza in trazione circonferenziale apparente iniziale.

UNI EN 1228: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della rigidità anulare specifica iniziale.

UNI EN 1447: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della resistenza a lungo termine alla pressione interna.

UNI EN 1393: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della proprietà iniziali in trazione longitudinale.

UNI EN 761: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione del fattore di scorrimento sotto carico allo stato secco.

UNI EN 1610: Costruzione e collaudo di condotte di fognatura.

UNI EN 681-1: Elementi di tenuta in elastomero - Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata.

Decreto Ministeriale 12.12.85: Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle tubazioni.

ISO 11357-5: Plastics – Differential Scanning Calorimetry (DSC) – Determination of Characteristic Reaction- Curve Temperature and Times, Enthalpy of Reactions and Degree of Conversion.

EN 1228: Plastic Piping System - Glass - Reinforced Thermosetting Plastics (GRP) Pipes – Determinations of Initial Specific ring Stiffness

UNI CEN/TS 14578: Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua o scarico e fognatura - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) – procedure raccomandate per l'installazione.

UNI CEN/TS 14632: Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature, scarichi e per la distribuzione dell'acqua in pressione o non – Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) – Guida per la valutazione della conformità.

UNI CEN/TS 14807: Sistemi di tubazioni di materia plastica-Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) – Guida per l'analisi strutturale delle tubazioni interrate di PRFV – UP.

AWWA C950-95:Standard for Fiberglass Pressure Pipe.

ASTMD2996:Standard Specification for Filament-Wound “Fiberglass”(Glass-Fiber Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe.

ASTMD3517: Standard Specification for “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pressure Pipe.

ASTMD3839: Standard Practice for Determining Dimensions of Reinforced Thermosetting Resin Pipe (RTRP) and Fittings.

ASTM D2412: Standard Test Method for Determination of External Loading Characteristics of Plastics Pipe by Parallel-Plate Loading.

ASTM D1599: Standard Test Method for Short Term Hydraulic Failure Pressure of Plastic Pipe, Tubing and Fittings.

ASTM D2584: Standard Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins.

ASTM D2583: Standard Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor.

ASTM D3567: Standard Practice for Determining Dimensional of Reinforced Thermosetting Resin Pipe (RTRP) and Fittings.

ASTM D2563: Standard Practice for Classifying Visual Defects in Glass-Reinforced Plastic Laminate Parts.

### 3. MATERIALI

I materiali plastici rinforzati con fibra di vetro (P.R.F.V.) rientrano nella categoria dei materiali cosiddetti “compositi”, nei quali un materiale di natura fibrosa con elevate caratteristiche di resistenza alla trazione è inglobato in un materiale omogeneo (matrice) di minori caratteristiche meccaniche.

La matrice è costituita da resine poliesteri insature termoindurenti ed ha il compito di tenere assieme le fibre, aventi orientazione e densità definite dalle specifiche tecniche di costruzione. Le fibre di vetro possono essere presenti in varie forme (*rovings* continui, *mats* a fili tagliati, stuoie e tessuti, veli di superficie, ecc.).

#### Resine

Devono essere utilizzate resine poliesteri del tipo isoftalico ad alto peso molecolare.

Le resine devono soddisfare i seguenti requisiti misurati su provini non rinforzati:

- Temperatura di distorsione termica (HDT) secondo ASTM D 648: minimo 70°C
- Carico di rottura a trazione secondo ASTM D 638: minimo 600 Kg/cm<sup>2</sup>
- Allungamento a rottura a trazione secondo ASTM D 638: minimo 2,5 %.
- Modulo elastico a trazione secondo ASTM D 638: minimo 30.000 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Carico di rottura a flessione secondo ASTM D 790: minimo 900 Kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo elastico a flessione secondo ASTM D 790: minimo 30.000 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Assorbimento d'acqua secondo ASTM D 570: massimo 0,5%.
- Acidità secondo DIN 53402: massimo 35 mg KOH/g.
- Viscosità a 25°C: massimo 500 cps.

### Rinforzi

Devono essere costituiti da fibre di vetro del tipo "E", caratterizzate dai seguenti requisiti prestazionali:

- Resistenza a trazione: min. 14.000 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Contenuto di umidità (ASTM 2654-67 T PROC.1): max 0,3%
- Perdita alla combustione (ASTM D 578-61): max 1,5%.

Possono essere usati sotto forma di fili (*roving*), tagliati e non tagliati, di *mats* di superficie, di tessuto e di stuoia.

### Cariche

Le resine impiegate possono contenere cosiddette "cariche", ai fini del controllo della viscosità, della resistenza alla fiamma, della resistenza ai raggi ultravioletti, ecc.

### Acceleranti, Catalizzatori, Induritori, Inibitori

Devono essere utilizzati prodotti che portino alla completa polimerizzazione dei componenti dell'elemento strutturale, secondo le prescrizioni del fornitore della resina.

### Inerti silicei

Gli inerti silicei, qualora previsti, devono essere conformi alla norma ASTM D3517 e devono avere le seguenti caratteristiche:

- fuso granulometrico compreso tra 0,3 e 1.0 mm;
- contenuto di SiO<sub>2</sub> pari ad almeno il 98%;
- contenuto di ferro inferiore allo 0,4%;
- contenuto d'acqua (umidità) ridotto al di sotto dell'1% prima dell'impiego.

## **4. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE**

Le tubazioni in PRFV sono prodotte su mandrino per avvolgimento di fili.

La parete dei tubi è costituita da tre strati, perfettamente aderenti l'uno all'altro, che formano un unico elemento strutturale.

### **4.1 Strato interno (LINER)**

La funzione dello strato interno, denominato "liner", è quella di garantire la massima resistenza chimica e la massima impermeabilità nei confronti del fluido convogliato.

Il *liner* ha un contenuto di resina medio pari al 75% in peso.

Esso non deve presentare zone scarsamente impregnate di resina o prive di rinforzo.

Il *liner* è costituito, a sua volta, dai seguenti strati:

- strato interno, a diretto contatto con il fluido, avente un contenuto di resina superiore al 90% in peso e rinforzato con un velo di superficie di vetro;
- strato esterno, avente un contenuto di resina di circa il 70% in peso e rinforzato con un *mats* di vetro (tipo "E") da 375 g/m<sup>2</sup>.

## 4.2 Strato meccanico resistente

Lo strato meccanico resistente è costituito da filamenti continui di vetro (detti “rovings”), impregnati di resina, avvolti elicoidalmente (*filament winding*) in lamine di uniforme spessore e densità, secondo angolazioni predeterminate, tali da garantire caratteristiche meccaniche circonferenziali ed assiali conformi alle esigenze progettuali, con angolo di avvolgimento variabile tra i 50° e i 60°.

Questo strato, una volta polimerizzato, deve essere privo di evidenti difetti di lavorazione.

In questo strato possono essere presenti materiali inerti in sostituzione di parte delle fibre di vetro, al fine di aumentare la rigidità della tubazione.

Generalmente, per tubazioni fino a DN 300 non è prevista la presenza di inerti.

## 4.3 Strato esterno

Questo strato, con uno spessore minimo di 0.2 mm, generalmente non rinforzato, è costituito da resina additivata con inibitori di raggi UV.

## 5. PARAMETRI ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI TUBI

Il dimensionamento e l'efficienza di una tubazione di PRFV passano attraverso la corretta individuazione dello spessore di parete e la corretta scelta delle quantità/qualità dei materiali che vanno a comporre il prodotto finito.

Lo spessore della parete della tubazione ed, in particolare, la quantità di inerti da aggiungere alla resina ed alle fibre di vetro devono essere stabiliti dal produttore, in base alle condizioni di funzionamento della condotta (portata, eventuale pressione) ed alle condizioni di posa (tipologia di posa, carichi agenti sulle tubazioni, ecc.), comunicate, al produttore stesso, da Acquedotto Pugliese.

L'idonea individuazione dei suddetti elementi di base, nelle condizioni al contorno ipotizzate, deve condurre alla realizzazione di una tubazione che rechi in se adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, che consentano alla tubazione stessa di non raggiungere, in fase di esercizio, i massimi valori di ovalizzazione, di sollecitazione a trazione e a taglio, oltre i quali si avrebbe la fessurazione o la rottura della parete.

In sostanza, la tubazione deve essere realizzata in modo tale da avere i seguenti requisiti tecnici:

- il valore di rigidità specifica (come definita al paragrafo 6), consenta, in condizioni ottimali di posa (come definite nel paragrafo 11), una ovalizzazione massima pari ad  $\frac{1}{4}$  del valore della ovalizzazione di fessurazione o (se coincidenti) di rottura (verificati empiricamente mediante prova in stabilimento); in ogni caso, il valore massimo ammissibile di ovalizzazione non potrà superare il 5%;
- vi sia un coefficiente di sicurezza almeno pari a 2, con riferimento al collasso della sezione trasversale per instabilità elastica;
- la resistenza media a trazione, ammissibile, nella direzione longitudinale deve essere tale da consentire alla tubazione di resistere, a rottura, almeno ad una pressione interna pari a 2 bar;
- in relazione alla resistenza al taglio, il valore delle sollecitazioni ammissibili (da verificare nel caso che le tubazioni siano da posarsi su selle), deve essere pari ad  $\frac{1}{3}$  della sollecitazione di taglio che provoca danni di qualsiasi tipo sulla parete del tubo;

- la pressione nominale (PN) dichiarata dal produttore sia minore di 1/4 rispetto alla pressione di fessurazione (Pf = pressione che induce lesioni nella parete interna della tubazione, anche senza fuoriuscita di acqua) o, se coincidenti, di rottura (Pr = pressione che induce rottura nella parete resistente, con fuoriuscita di acqua);

In generale, le tubazioni devono essere verificate secondo le prescrizioni dello standard AWWA (American Water Works Association) C950, utilizzando i coefficienti di sicurezza previsti nelle norme citate ed ipotizzando un funzionamento in depressione pari a 0,5 bar, anche nel caso in cui il progetto non lo preveda ed anche nel caso in cui siano previste, in progetto, apparecchiature automatiche per il rientro di aria.

Non sono ammissibili eventuali dispositivi per irrigidimento locale, atti a sopperire ad insufficienti requisiti tecnici in termini di resistenza meccanica.

## 6. RESISTENZA TRASVERSALE - CLASSI DI RIGIDITA'

La resistenza meccanica trasversale è l'attitudine del tubo a resistere alle azioni che si esercitano in direzione normale al suo asse nel piano delle sezioni trasversali.

Essa è funzione delle condizioni di installazione e delle condizioni di esercizio.

La resistenza meccanica trasversale iniziale è strettamente legata alla Rigidezza Specifica Trasversale, definita dalla seguente formula:

$$R = EI/D^3 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

in cui:

E = modulo elastico del materiale in direzione circonferenziale espresso in N/mm<sup>2</sup> i cui valori minimi sono: E = 6500, in presenza di inerti silicei; E = 18500, in assenza di inerti silicei.

I = momento di inerzia trasversale della striscia unitaria della parete del tubo rispetto all'asse neutro della parete (mm<sup>4</sup>/m).

D = diametro nominale medio del tubo in mm.

I tubi sono classificati in base al valore di R secondo le cosiddette Classi di Rigidità di cui alla seguente tabella:

Classe di Rigidità	R in N/m <sup>2</sup>
Classe 1	R ≤ 500
Classe 2	500 < R ≤ 1250
Classe 3	1250 < R ≤ 2500
Classe 4	2500 < R ≤ 5000
Classe 5	5000 < R ≤ 10000

La Classe di Rigidità deve essere determinata a valle di verifiche all'interramento, effettuate esclusivamente secondo le prescrizioni indicate nelle norme AWWA C 950.

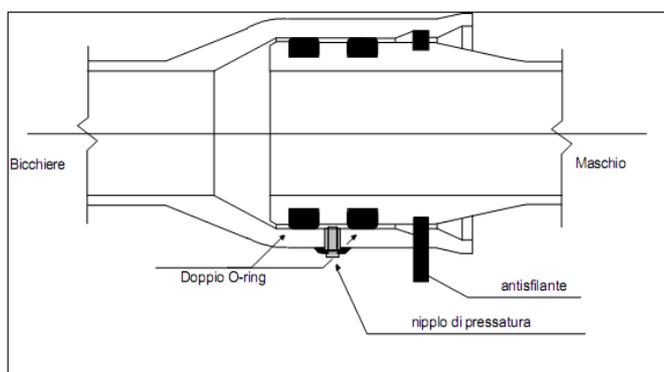
In ogni caso, per condotte interrate, devono essere escluse le classi 1 e 2.

## 7. GIUNZIONI

Sono ammessi i giunti dei tipo a bicchiere, con doppio O-ring, ed i giunti flangiati.

Non sono ammesse giunzioni saldate.

### 7.1 Giunto a bicchiere con doppio O-ring



Tale tipologia di giunzione può essere impiegata anche in applicazioni subacquee (condotte sottomarine), anche in condotte con funzionamento premente.

Il giunto in questione è dotato di due guarnizioni del tipo O-ring e di dispositivo anti-sfilamento.

Il dispositivo anti-sfilamento può essere di materiale plastico oppure metallico; la sua sezione resistente può essere circolare o rettangolare, a secondo del diametro nominale (DN).

Il bicchiere, posto ad una estremità della barra (tubo), deve essere parte integrale della barra e deve, quindi, essere costruita contemporaneamente alla barra stessa, in modo da ottenere un pezzo monolitico.

Le sedi di alloggio delle guarnizioni di tenuta devono essere ricavate in sovra-spessore, in modo tale da non intaccare lo strato meccanico resistente del tubo.

Le guarnizioni elastomeriche ad anello (O-ring) possono essere in SBR, EPDM o NBR; esse devono garantire la tenuta idraulica delle giunzioni, nel tempo, e devono essere in tutto conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 681-1.

Per diametri nominali superiori a 300 mm, il giunto deve essere dotato di una presa filettata, con relativo otturatore, per poter pressurizzare la cavità anulare tra le due guarnizioni; ciò allo scopo di effettuare una prova di tenuta del giunto senza pressurizzare la linea.

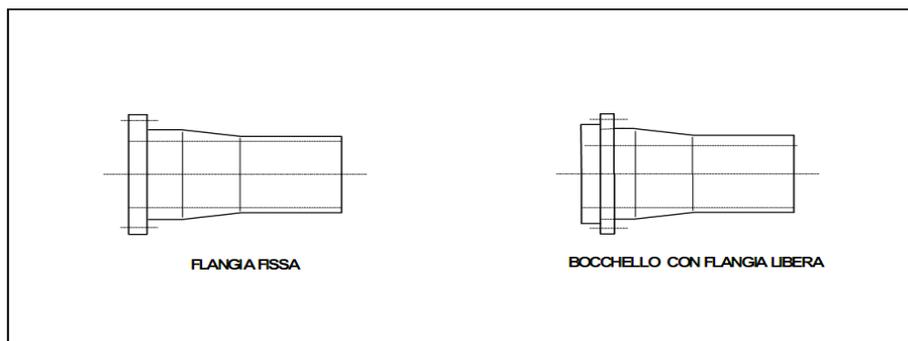
Le dimensioni degli elementi costituenti il giunto, come pure le caratteristiche chimico-fisiche delle guarnizioni, devono essere determinati in funzione delle condizioni di progetto e devono essere dichiarati dal produttore.

La profondità di inserimento della estremità maschio deve essere segnata sulla tubazione, soprattutto nei casi in cui non sia automaticamente determinata dalla geometria del giunto.

Il giunto con doppio O-ring consente determinate deviazioni angolare, i cui valori sono indicati dalla norma EN 1796 e di seguito riportati:

Diametro nominale (mm)	Deviazione angolare (gradi)
<500	3
>=500 a < 900	2
>=900 a < 1800	1
>1800	0,5

## 7.2 Giunto flangiato



Tale tipo di giunzione è adoperato unicamente per gli accoppiamenti con le apparecchiature di linea (sfiati e scarichi) e con eventuali raccordi (curve, pezzi a T, ecc.).

L'assemblaggio si ottiene collegando, mediante bulloni/tiranti con rondelle in acciaio zincato o acciaio inossidabile, le due estremità flangiata (quella dell'apparecchiatura/raccordo e quella del tubo) ed interponendo tra esse una idonea guarnizione elastomerica in SBR/EPDM/NBR conforme alla norma EN 681-1.

Il giunto a flangia è "rigido" e, quindi, non consente deviazioni angolari; esso deve, comunque, assicurare una resistenza meccanica almeno pari a quella degli elementi collegati.

Il giunto flangiato può essere utilizzato anche per pose sottomarine, anche in condotte con funzionamento premente.

Le flange possono essere di tipo libero o fisso (ved. figura) e devono avere dimensioni conformi alle norme EN 1092, salvo diversa prescrizione di progetto.

## 8. RACCORDI O PEZZI SPECIALI

I raccordi/pezzi speciali in PRFV devono assicurare le stesse prestazioni garantite dalle tubazioni ad essi connesse.

I raccordi previsti dalle norme EN 14364 ed EN 1796 ed utilizzabili in AQP (per campi di applicazione indicati nel paragrafo 1) sono del tipo:

Curve (90°, 60°, 45°, 30°, 22.5°, 15°, 11.25°), Flange, Pezzi a T, Riduzioni.

Le estremità dei raccordi, per le giunzioni, possono essere a bicchiere o flangiata e devono corrispondere a quelle dei tubi ai quali i raccordi stessi sono collegati.

Lo spessore dei raccordi dipende, come per i tubi, da calcoli e verifiche progettuali.

I diametri devono essere corrispondenti a quelli dei tubi ai quali verranno collegati.

Le dimensioni delle flange sono indicate nelle norme EN 1092.

Altre dimensioni dei raccordi (lunghezze) sono definite dalle norme EN 14364 ed EN 1796.

## 9. CLASSIFICAZIONE DI TUBI E RACCORDI

I tubi ed i raccordi vengono classificati attraverso i seguenti elementi:

### Diametri Nominali

Il valore del diametro nominale, DN, corrisponde alla dimensione del diametro interno dei tubi e dei raccordi.

I diametri standard, espressi in millimetri, utilizzabili in AQP (per campi di applicazione indicati nel paragrafo 1) e previsti dalle norme EN 14364 ed EN 1796, sono i seguenti:

DN 200, DN 250, DN 300, DN 350, DN 400, DN 450, DN 500, DN 600, DN 700, DN 800, DN 900, DN 1000, DN 1200, DN 1400, DN 1600, DN 1800, DN 2000, DN 2200, DN 2400, DN 2600, DN 2800, DN 3000.

### Pressioni Nominali (es. in caso di realizzazione di condotte di scarico sottomarine)

Le pressioni nominali, PN, considerabili per la realizzazione di condotte in AQP, sono:

PN 1, PN 2.5, PN 4, PN 6.

### Classi di Rigidità

Per le applicazioni in AQP, sono considerabili le Classi di Rigidità 3, 4 e 5, così come definite al paragrafo 6 del presente documento.

### Lunghezza nominale delle tubazioni

Le barre di tubazione, con  $DN \geq 200$ , hanno generalmente una lunghezza pari a 12 m. Possono essere richieste lunghezze diverse, in accordo col produttore.

### Tipo di raccordo

Curve a 90°, Curva a 60°, Curva a 45°, Curva a 30°, Curva a 22.5°, Curva a 15°, Curva 11.25°, Flangia, Pezzo a T, Riduzione, Croce.

## 10. MARCATURE

Tutte le barre di tubo e tutti i raccordi prodotti devono essere corredati da un apposito cartellino identificativo indelebile, posizionato su una estremità delle barre o dei raccordi stessi, che riporti le seguenti indicazioni:

- nome del fabbricante;
- anno e mese di fabbricazione;
- diametro nominale;
- norma di riferimento;
- Pressione Nominale (ove applicabile)
- Rigidezza specifica trasversale ( $R > 1250$ )
- Codice identificativo del tubo o del raccordo;
- lunghezza nominale (solo per tubi)
- tipologia di raccordo (solo per raccordi)
- Eventuali altre indicazioni relative all'impiego della tubazione o richieste da AQP

## 11. PROVE E CONTROLLI IN FABBRICA

Il fabbricante deve effettuare su tubazioni e raccordi in PRFV, oggetto di fornitura, tutte le prove ed i controlli in stabilimento previsti dalla normativa vigente e, successivamente, deve redigere idoneo Certificato di Collaudo, riportante gli esiti delle prove e dei controlli eseguiti in laboratorio.

Le prove ed i controlli che il produttore deve effettuare sono di seguito descritte.

### 11.1 Prove distruttive

Tali prove, di qualificazione e di verifica del calcolo, devono essere eseguite all'inizio della fornitura su tubi di diametro e caratteristiche eguali a quelle della tubazione in collaudo, fatta eccezione per la prova di fessurazione e di tenuta del giunto, che devono essere eseguite anche su tubi di diametro differente.

Le prove distruttive comprendono:

#### Prova di fessurazione e/o rottura per pressione interna

Deve essere eseguita secondo ASTM D 1599.

Il campione deve essere portato ad una pressione pari a  $4xPN$  per una durata temporale pari a 5 minuti, senza che si manifestino perdite.

Dopo di che il campione deve essere smontato per verificare visivamente che non si sia avuta fessurazione nel *liner* interno.

Le caratteristiche meccaniche possono essere determinate anche mediante trazione su provette circolari ricavate dalla parete del tubo per diametri superiori ad 800 mm.

#### Prova di schiacciamento fra piatti paralleli

Deve essere eseguita secondo ASTM D 2412. Dalla prova si deve ricavare l'indice di rigidità trasversale e la deflessione a cui avviene la lesione (rottura).

L'indice di rigidità trasversale,  $R_g$ , deve essere determinato sottoponendo il campione al 5% di deflessione.

$$R_g = EI/D^3 = (0,149/8) \times (f/dy) \times 98100 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

dove:  $f$  = carico esterno sulla generatrice di un tronco di tubo, in Kg/cm

$dy$  = deflessione verticale, in cm, corrispondente al 5%

La verifica della rigidità trasversale deve essere effettuata andando ad imporre una forza tale da generare una deflessione pari al 5 % del diametro iniziale.

#### Percentuale di vetro, inerte siliceo e resina isoftalico presente nel manufatto

Deve essere eseguita sui campioni tratti dai provini utilizzati nelle prove precedenti, secondo ASTM D 2584.

La prova deve essere effettuata distintamente fra i vari strati componenti la parete del tubo. Le prove eseguite secondo la norma ASTM citata forniscono la percentuale in peso di resina e di vetro.

Nel caso in cui nel tubo non sia prevista la presenza di inerte siliceo devono essere misurate le sole percentuali di fibre e di resina tale da essere, rispettivamente, nel rapporto 75% e 25%.

In presenza, invece, di inerte siliceo, la prova risulta accettata se la percentuale di fibra di vetro e resina è tale da non essere inferiore al 20%, con tolleranza di errore pari a +/- 3%.

#### Prova di tenuta su giunto

Deve essere eseguita secondo ASTM D 1599, su un campione che comprenda, nella sua zona centrale, il giunto, montato secondo le normali istruzioni di posa.

Il campione deve essere portato ad una pressione pari a 1,5xPN e tenuto per 15 secondi a tale pressione, senza che si manifestino perdite nel giunto.

### **11.2 Prove non distruttive**

#### Controllo delle materie prime

##### a) Resine

Nello stabilimento di fabbricazione dei tubi si deve provvedere, mediante apposite prove sistematiche, al controllo delle seguenti caratteristiche, relative ad ogni partita di resina approvvigionata:

- Viscosità (ASTM D 2393)
- Tempo di gelo a 25° (ASTM D 2471)
- Delta gelo-picco esotermico (ASTM D 2471)
- Temperatura picco esotermico (ASTM D 2471)
- Durezza Barcol (ASTM D 2583)

I valori ottenuti devono rientrare nelle tolleranze previste nelle schede tecniche che il fornitore della resina deve inviare al produttore di tubi. In tali schede, inoltre, deve essere chiaramente indicato il tipo di resina e il nome commerciale.

##### b) Fibre di vetro

Nello stabilimento di fabbricazione delle tubazioni si deve provvedere, sistematicamente, per ogni partita di fibre di vetro approvvigionata, all'ispezione visiva, al controllo dell'umidità (ISO3344, ASTM D2564) e del peso (ISO 3374).

#### Esame visivo

Mira ad accertare che il *liner* interno abbia superficie liscia ed uniforme e sia esente da fibre di vetro scoperte, cricche, inclusioni di corpi estranei, bolle d'aria, crateri.

#### Controllo dimensionale

##### a) Diametri

Il diametro interno deve essere ricavato quale media di n. 4 misure di diametro effettuate a circa 45° tra di loro, con tubo posato su un piano orizzontale e in posizione fissa durante l'esecuzione dei rilievi.

Essendo d1, d2, d3, d4, i valori rilevati, la misura del diametro è data da:

$$D = (d1+d2+d3+d4)/4$$

Lo strumento usato per i rilievi deve avere precisione pari almeno 1/4 della tolleranza prescritta.

## b) Spessori

La misura dello spessore di un tubo o di parte di esso è la media aritmetica delle misure effettuate in n. 5 punti diversi, scelti a giudizio del collaudatore, fuori dalle zone a spessore variato per esigenze di montaggio e altre necessità.

Gli spessori saranno misurati con strumenti aventi le seguenti precisioni:

- +/- 0,2 mm, per valori di spessore fino a 10 mm inclusi;
- +/- 0,3 mm, per valori di spessore oltre i 10 mm.

Se si utilizzano strumenti comparatori, questi devono avere le punte con raggio di curvatura, R, maggiore di 12,5 mm.

Infine, deve essere controllata la rispondenza tra il valore del diametro interno e dello spessore rilevati ed i valori dichiarati, considerando le seguenti tolleranze:

- tolleranze sul diametro: +/- 1% del DN dichiarato
- tolleranze sullo spessore: -5% dello spessore dichiarato

### Controllo polimerizzazione

Deve essere effettuato sui campioni sottoposti alle prove distruttive; in particolare, devono essere presi campioni sui quali è stata svolta la prova a schiacciamento.

Il controllo deve essere eseguito mediante D.S.C. (Differential Scanner Calorimeter) secondo procedura riportata nella ISO 11357-5.

La prova è accettata se il grado di polimerizzazione del monomero di partenza (stirene) è superiore al 92%.

### Tenuta idraulica

La prova deve essere eseguita a temperatura ambiente, a pressione pari a 1,5xPN, su tubazione sostenuta come previsto dalle condizioni reali di posa, secondo ASTM D1599.

La procedura è la seguente:

- si monta il provino sull'attrezzatura di prova;
- si riempie il tubo di liquido, curando di espellere l'aria;
- si porta il tubo alla pressione di prova con velocità di salita della pressione non maggiore di 1 bar/sec;
- si chiude la mandata della pompa e si attende per 3 minuti;
- si scarica la pressione.

La pressione deve essere letta su uno strumento avente precisione non maggiore del 2% del fondo scala ed avente suddivisione tale da poter apprezzare la lettura di valori di pressione pari ad almeno 1/30 del fondo scala.

La prova è considerata valida e superata quando non si siano verificate lesioni o perdite di liquidi, visibili ad occhio nudo, in qualsiasi punto.

## **12. ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO E MOTIVI DI RIFIUTO**

Ai fini dell'accettazione del prodotto, il produttore deve dimostrare di possedere i seguenti documenti:

- Certificazione del Sistema di Qualità aziendale secondo la vigente norma ISO 9001, approvato da Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;

- Dichiarazione del produttore che attesti che l'azienda acquista le materie prime da fornitori in possesso di certificazione ISO 9001. A questa dichiarazione deve essere allegata la citata certificazione del fornitore, rilasciata da Ente terzo accreditato;
- Certificato di Collaudo, redatto dal produttore, attestante l'esito dei *test* in fabbrica previsti dalle norme tecniche vigenti e riportati al punto 11 del presente documento;
- Dichiarazione del produttore nella quale si attesta che le tubazioni ed i raccordi in PRFV prodotti sono in tutto corrispondenti a quanto richiesto da AQP;
- Documentazione, approvata da organismo terzo accreditato, relativa alle prove a lungo termine, eseguite in accordo alla norma ASTM D2992 - Standard Practice for Obtaining Hydrostatic or Pressure Design Basis for "Fiberglass" (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe and Fittings" Proc. "B", relative ai valori ammissibili di sollecitazione e deformazione.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà dell'AQP dar corso ad una (o ad entrambe) delle seguenti procedure:

- ottenere conferme da parte del produttore della materia prima, trasmettendo un campione, scelto a caso, di tubo e/o di raccordo al produttore della resina il cui codice è riportato sui materiali forniti; quest'ultimo restituirà all'AQP, in forma riservata e senza coinvolgere il fabbricante dei prodotti finiti, i risultati delle analisi comparative;
- procedere all'effettuazione di prove e controlli sui materiali da fornire ad AQP presso il sito produttivo.

La fornitura verrà rifiutata da AQP nel caso si verifichi anche una sola delle seguenti condizioni:

- mancanza anche di uno solo dei documenti indicati nel presente paragrafo;
- mancanza anche di uno solo dei requisiti tecnici richiesti da AQP nel presente documento (presenza delle marcature richieste al paragrafo 10 del presente documento, dimensioni richieste da AQP e dichiarate dal produttore, prestazioni richieste da AQP e dichiarate dal produttore, ecc.).

### **13. MOVIMENTAZIONE, STOCCAGGIO E RIPARAZIONE DEI MATERIALI**

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei pezzi speciali si deve fare riferimento alle prescrizioni del D.M. 12.12.1985.

#### Trasporto dei tubi

Durante le operazioni di trasporto dei tubi, i piani di appoggio devono essere privi di asperità. Bisogna sostenere, inoltre, i tubi per tutta la loro lunghezza per evitare di danneggiare le estremità a causa delle vibrazioni.

Le imbracature per il fissaggio del carico devono essere realizzate con funi o con bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti affinché i tubi non vengano danneggiati.

#### Carico, scarico e movimentazione

Se il carico e scarico dai mezzi di trasporto e, comunque, la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza pari almeno a 3 metri.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, è da evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

Lo scarico per rotolamento dal mezzo di trasporto con piano inclinato è ammesso purché il piano di arrivo sia composto da terreno vegetale o il tubo venga appoggiato su traversine.

Il responsabile del cantiere deve controllare tutte le operazioni di scarico per assicurarne la regolarità.

Ogni prodotto danneggiato sarà identificato con la dicitura “da non usare” e segregato in apposita zona.

Il responsabile stesso dovrà comunicare, al più presto, l’esistenza del prodotto danneggiato al Direttore dei Lavori dell’AQP; quest’ultimo prenderà gli opportuni provvedimenti.

Nell’impiego della gru dovrà essere usato un sistema di comunicazione efficace tra l’operatore al comando della gru e l’operatore che si trova a terra.

### Accatastamento dei tubi

Nell’accatastamento il piano d’appoggio deve essere livellato, esente da asperità e, soprattutto, da pietre appuntite.

Deve essere attuata ogni possibile soluzione idonea a prevenire interferenze con il traffico locale, sia veicolare che pedonale e con ogni altra opera già esistente.

I tubi devono essere sistemati in modo da evitare ogni possibile incidente dovuto ad un loro non previsto movimento.

L’altezza di accatastamento dei tubi non deve essere superiore a 1,5 m, qualunque sia il diametro e lo spessore.

Per i tubi con diametro superiore a 500 mm è consigliabile armare internamente le estremità onde evitare eccessive ovalizzazioni.

Dopo l’accatastamento, bisogna assicurarsi che i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire che foglie, polvere, piccoli animali ecc. possano alloggiarsi all’interno dei tubi.

### Conservazione dei materiali

E’ indispensabile predisporre le misure necessarie affinché tutti i magazzini, sia quelli siti nello stabilimento produttivo, sia quelli siti nei cantieri, siano dotati di locali riparati dalle radiazioni solari, al fine di evitare il rischio di degradazione dei polimeri, con decadimento delle proprietà fisico - chimico - meccaniche. I Tubi e i raccordi di PRFV devono essere tenuti lontano da sorgenti di fiamma (es. liquidi infiammabili).

### Ispezione e riparazioni

All’arrivo in cantiere tutti i tubi ed i raccordi devono essere accuratamente ispezionati, internamente ed esternamente.

Gli eventuali danni devono essere riparati nel modo seguente:

- Scalfittura superficiale interna: rimuovere il lucido e ricoprire con resina.
- Scalfittura superficiale esterna: non è richiesta alcuna riparazione.
- Rottura superficiale interna: molare la zona danneggiata per tutto lo spessore di *liner*; lavare con acetone la superficie molata, per rimuovere la polvere; applicare uno strato di resina sulla superficie da riparare; applicare *mat* di vetro tipo “E” ed impregnarlo con resina, per mezzo di pennello; comprimere lo strato con un rullo, al fine di eliminare le bolle d’aria; ripetere applicazione di *mat* di vetro tipo “E” e compressione della strato con

rullo, fino a ripristinare lo spessore del *liner*; attendere 1 ora circa per l'indurimento della resina; molare fino ad avere una superficie uniforme; pitturare con resina paraffinata.

- Rottura superficiale esterna: molare la zona danneggiata fino a rimuovere la parte rovinata; lavare con acetone la superficie molata, per rimuovere la polvere; applicare uno strato di resina sulla superficie da riparare; applicare *mat* di vetro tipo "E" ed impregnarlo con resina, per mezzo di pennello; comprimere lo strato con un rullo, al fine di eliminare le bolle d'aria; ripetere applicazione di *mat* di vetro tipo "E" e compressione della strato con rullo, fino a ripristinare lo spessore rimosso; attendere 1 ora circa per l'indurimento della resina; pitturare con resina paraffinata.

## 14. MODALITA' DI POSA IN OPERA

### 14.1 Posa di condotte interrante

#### Realizzazione della trincea

Lo scavo deve essere effettuato a sezione obbligata.

Deve essere eseguito con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

rispettare scrupolosamente le quote di progetto;

impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti, sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo;

eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare le condotte;

provvedere alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;

accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati.

Durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare una instabilità nel terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di tale falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere di 20 cm superiore al diametro del tubo da posare.

La profondità minima di interrimento deve essere di 140 cm, misurata dalla generatrice superiore del tubo e, in ogni caso, deve essere valutata in funzione dei carichi stradali e del pericolo di gelo; ogni eventuale deroga deve essere espressamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

Qualora non possa essere rispettato il valore minimo di profondità richiesta, la tubazione deve essere protetta da guaine tubolari, manufatti in cemento o materiali equivalenti.

#### Letto di posa

Le tubazioni posate nello scavo devono trovare appoggio continuo sul fondo dello stesso lungo tutta la generatrice inferiore e per tutta la loro lunghezza.

A questo scopo il fondo dello scavo deve essere piano, costituito da materiale uniforme, privo di trovanti, per evitare che il tubo subisca sollecitazioni meccaniche.

In presenza di terreni rocciosi, ghiaiosi o di riporto in cui sul fondo dello scavo non sia possibile realizzare condizioni adatte per l'appoggio ed il mantenimento dell'integrità del tubo, il fondo stesso deve essere livellato con sabbia o altro materiale di equivalenti caratteristiche granulometriche.

In presenza di falda d'acqua, prima della posa delle tubazioni, il fondo della trincea deve essere stabilizzato, abbassando, per mezzo di elettropompe, il livello dell'acqua di circa 30 cm al di sotto della generatrice inferiore del tubo.

In ogni caso, le tubazioni devono essere sempre posate su un letto di sabbia o terra vagliata, ben compattato, con spessore maggiore di  $(10 + 0,1 D)$  cm ( $D =$  diametro esterno del tubo in cm), e comunque non inferiore a 15 cm.

Il materiale deve essere costituito in prevalenza da granuli aventi diametro di 0,10 mm e deve contenere meno del 12% di fino (composto da particelle con diametro inferiore a 0,08 mm).

### Posa in opera

Le operazioni di posa in opera devono essere eseguite da operatori esperti.

I tubi devono essere collocati, sia altimetricamente che planimetricamente, nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori. Prima di essere calati nello scavo tutti gli elementi di tubazione devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle testate, per accertare che nel trasporto e nelle operazioni di carico e scarico non siano state deteriorate; a tale scopo è necessario che essi vengano ripuliti da polvere, fango, ecc., che, ricoprendo i tubi, possano aver nascosto eventuali danni.

Si deve altresì verificare che nell'interno dei tubi e dei raccordi non si siano introdotti animali o materie estranee; per ovviare a tale inconveniente si raccomanda di tappare opportunamente le estremità dei tratti già collocati.

Effettuata la giunzione delle tubazioni e dei pezzi speciali, si provvede alla posa in opera, che viene eseguita in generale, per mezzo di capre o gru disposte lungo il tracciato, in modo da consentire un graduale abbassamento della condotta, che non deve subire urti contro corpi duri o eccessive deformazioni.

Una volta posato nella trincea il tubo può essere deflesso nella giunzione fino alla massima angolazione consentita dalle specifiche tecniche dichiarate dal produttore.

Qualora la tubazione debba attraversare una struttura o blocchi di ancoraggio e si prevedano assestamenti differenziati, devono essere previsti tutti gli accorgimenti volti ad evitare il danneggiamento della tubazione a causa del taglio generato dall'eventuale cedimento; a tal fine si deve provvedere ad inserire una idonea protezione in gomma tra tubo e struttura/blocco, nonché a sagomare e rinforzare opportunamente il letto di posa nella zona interessata.

Le tubazioni, infine, devono essere ancorate in modo da impedirne lo slittamento durante la prova a pressione.

### Rinterro

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, si dispone sopra di essi uno strato di sabbia che giunga ad una altezza di almeno 20 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

Il compattamento del cosiddetto "rinfiacco", ossia dello strato fino a 2/3 del tubo, a partire dal letto di posa, deve essere particolarmente curato, eseguito manualmente e senza spostamenti del tubo stesso. Questo strato di sabbia deve presentare un'ottima consistenza ed una buona uniformità, e deve rinfiancare il tubo da ogni lato. Il grado di compattazione del rinfiacco deve raggiungere il 90% *Proctor Standard*.

Il successivo strato di sabbia (fino a 20 cm sulla generatrice del tubo) deve essere compattato in modo tale da raggiungere l'85% Proctor Standard.

La compattazione deve essere eseguita mediante idonee piastre vibranti o altra strumentazione idonea.

Il raggiungimento delle densità richieste deve essere verificato, a campione, dalla D.L. mediante prove di compattazione eseguite con opportuna strumentazione.

Rispettando le prescrizioni, deve essere riscontrata, mediante misurazione in campo, una ovalizzazione (diminuzione del diametro verticale) del tubo posato, non maggiore del 3% (ovalizzazione a breve termine). In caso contrario devono essere verificate le ipotesi di progetto e le modalità di posa.

La restante parte di rinterro potrà essere eseguita riportando in modo approssimativamente uniforme strati di materiali provenienti dagli scavi (riutilizzabili secondo le Leggi vigenti in materia), in modo tale da riempire completamente la trincea senza lasciare vuoti.

La D.L., in caso di posa sotto strade caratterizzate da traffico pesante, può prescrivere che il riempimento al di sopra della tubazione, fino al pacchetto stradale, possa essere compattato fino al 85% Proctor Standard, mediante compattazione degli strati ogni 10-30 cm, oppure può prevedere la protezione della tubazione mediante esecuzione di soletta armata, da porre nel pacchetto stradale, o altro idoneo provvedimento.

#### **14.2 Posa di condotte sottomarine in trincea o su fondale (Cenni)**

Nei casi di posa sottomarina di PRFV, in trincea o su fondale, deve essere adottata una delle seguenti due metodologie:

- *Tiro a rimorchio*

La tratta di condotta è assemblata sulla spiaggia e viene trainata in mare, mediante fune, dal cosiddetto "rimorchiatore di traino".

Durante il traino, la condotta è tenuta in galleggiamento per mezzo di opportuni galleggianti, agganciati alla condotta e posti alla distanza di circa sei metri l'uno dall'altro.

La rotta in fase di traino e galleggiamento è controllata, da lato opposto rispetto al rimorchiatore, dalla cosiddetta "barca di fine tratta", alla quale l'altro capo della condotta è agganciata, mediante fune.

- *Posa del barcone*

Trattasi del metodo attualmente più utilizzato, soprattutto per grandi diametri.

La giunzione delle barre avviene in un barcone.

Esso deve, quindi, avere dimensioni tali da poter contenere le barre di tubi in PRFV e l'equipaggiamento necessario per la loro giunzione.

Le dimensioni del barcone influiscono certamente sulla tempistica del lavoro.

Ciascuna barra, per mezzo di una gru posta a bordo del barcone, viene sollevata verticalmente, abbassata in mare e collocata sul fondale nei pressi della barra precedentemente posata.

Naturalmente durante queste operazioni il barcone effettuerà gli opportuni spostamenti al fine di collocare correttamente le barre sul fondale.

La giunzione delle barre posate sul fondale è realizzata da esperti subacquei, per mezzo di martinetti idraulici, applicati a dei collari montati sulle estremità dei tubi.

### 14.3 Posa di condotte, terrestri o sottomarine, con tecnologia del tipo T.O.C.

La tecnologia T.O.C. appartiene alle cosiddette tecnologie *no-dig* (senza scavo) e consente la posa in opera di condotte mediante inserimento delle stesse in opportune perforazioni eseguite prima della posa.

In generale, la tecnologia *no-dig* del tipo T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) è utilizzabile nei seguenti casi:

- in caso di posa di tratte di condotte interrato, allorquando sia necessario superare ostacoli naturali (es. corsi d'acqua) o mitigare l'impatto ambientale in presenza di zone di interesse sociale;
- in caso di posa della prima tratta di una condotta sottomarina, allorquando sia necessario mitigare l'impatto ambientale in presenza di aree marine protette e, quindi, specie marine protette (es. poseidonia);
- in caso di pose interrato o sottomarine, allorquando l'orografia del territorio rende difficoltosa o anti-economica la posa tradizionale (es. in caso di superamento di repentini dislivelli nel profilo del territorio).

L'applicazione di tali tecnologie a condotte in PRFV pone criticità importanti, che devono essere approfondite e risolte in fase di progettazione; le più importanti riguardano l'affidabilità della giunzione elastica in fase di tiro della condotta all'interno del foro (le giunzioni flangiate non possono essere utilizzate per problemi di ingombro) e l'affidabilità del materiale in termini di resistenza alle sollecitazioni di trazione.

Il progettista, a tal proposito, ha l'obbligo di verificare scrupolosamente la resistenza delle tubazioni e delle giunzioni alle sollecitazioni di trazione indotte in fase di tiro, anche in considerazione dell'andamento del tracciato, onde evitare lesioni o sfilamenti di giunto, che comprometterebbero irrimediabilmente le difficili attività fin lì svolte.

Al fine di aumentare le *performance* delle giunzioni in fase di tiro, possono essere adoperate, su specifico accordo tra AQP e produttore, particolari giunti eseguiti per collegamento delle condotte mediante manicotto in PRFV a doppio bicchiere, ciascuno dei quali dotato di doppia guarnizione in elastomero e anello di irrigidimento con funzioni di antisfilamento.

In ogni caso, l'applicazione della tecnologia T.O.C. per condotte in PRFV, considerata la natura del materiale e la tipologia delle giunzioni, è consigliata solo per tratte inferiori a 500 m e sostanzialmente rettilinee.

La tecnologia T.O.C. si basa su tre fasi principali:

- Perforazione pilota: inizialmente, si esegue una perforazione avente diametro tra 100 e 150 mm, che segue percorsi plano-altimetrici assegnati, anche curvilinei. Si effettua per mezzo di una batteria di perforazione, costituita da aste di acciaio, alla cui testa c'è il cosiddetto utensile fondo foro, la cui direzione è controllata da un sistema elettronico di guida.
- Alesatura del foro pilota: una volta completato il foro pilota e tirato fuori dal terreno l'utensile fondo foro, viene montato, in testa alla batteria di perforazione, un apposito utensile, detto alesatore, deputato all'allargamento del foro pilota. L'alesatore percorrerà più volte, avanti ed indietro, la perforazione, fino ad ottenere un foro avente il diametro richiesto (maggiore, di poco, rispetto alla condotta che poi verrà inserita nel foro stesso). Il numero di passaggi di alesatura dipende dalla tipologia di terreno attraversato.
- Tiro della tubazione nel foro (varo): completata la fase di alesatura, in corrispondenza del foro di uscita, vengono assemblate le tubazioni da inserire nella perforazione. Naturalmente, in caso di posa sottomarina, l'assemblaggio deve avvenire mediante

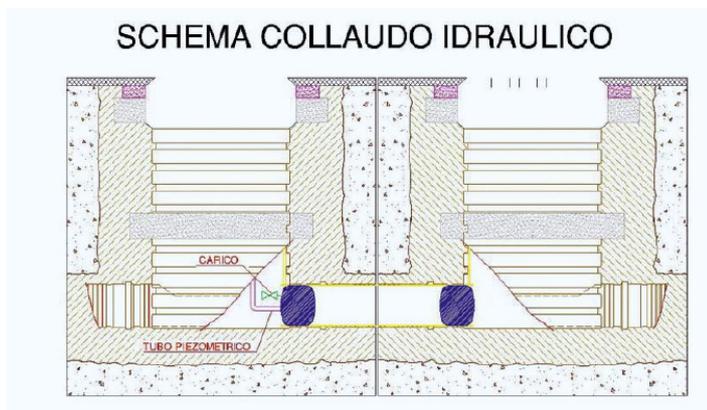
utilizzo di subacquei esperti. La tratta di condotta realizzata viene, quindi, collegata alla batteria di aste di perforazione, mediante un'ideale testa di tiro. Tra la testa di tiro e le aste di perforazione viene interposto un giunto girevole reggispinga, che ha la funzione di trasmettere alle tubazioni in fase di varo soltanto sollecitazioni a trazione e non momenti torcenti, al fine di evitare rotazioni della condotta. A questo punto viene eseguita la fase di tiro (o di varo) della condotta, che viene trascinata dal foro di uscita (posto a valle del tratto di condotta) al foro di entrata (posto a monte del tratto di condotta). In prossimità del foro di entrata si trova la tratta di condotta "terrestre", alla quale, la tratta appena posata con tecnica T.O.C. deve essere collegata.

## 15. PROVA DI PRESSIONE IN OPERA

### 15.1 Prova per condotte a pelo libero

Ultimata la posa, la costruzione degli eventuali blocchi di ancoraggio, e il rinterro del tratto di condotta da provare, con esclusione delle giunzioni, si procede alla prova di pressione idraulica in opera.

La tubazione deve essere chiusa alle due estremità con tappi a perfetta tenuta, dotati ciascuno di un raccordo con un tubo verticale per consentire di raggiungere la pressione idrostatica voluta.



La canalizzazione 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.

Deve essere applicata una pressione minima di 0,1 bar nella parte più alta della canalizzazione ed una pressione massima non superiore a 0,5 bar nella parte più bassa.

Nel caso di canalizzazioni a forte pendenza, può essere necessario effettuare la prova per sezioni onde evitare pressioni eccessive.

Il sistema deve essere lasciato pieno d'acqua per almeno 1 ora, prima di effettuare qualsiasi rilevamento.

Trascorso tale periodo, l'eventuale perdita deve essere accertata aggiungendo acqua ad intervalli regolari, con un cilindro, e prendendo nota della quantità necessaria per mantenere il livello originale.

Il tempo di prova deve essere pari a 30 minuti.

In accordo con la norma UNI EN 1610, il requisito di prova è soddisfatto se la quantità di acqua aggiunta non è maggiore di:

- 0,15 l/m<sup>2</sup>, nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni;
- 0,20 l/m<sup>2</sup>, nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni che comprendono anche i pozzetti.

In pratica, la condotta si ritiene favorevolmente collaudata quando, dopo un primo rabbocco per integrare gli assestamenti, non si riscontrano ulteriori variazioni di livello.

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verifichino le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove sono eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore; per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale, sottoscritto dalle parti.

Una volta dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.

## **15.2 Prova per condotte in pressione**

Ultimata la posa, la costruzione degli eventuali blocchi di ancoraggio, e il rinterro completo del tratto di condotta da provare, con esclusione delle giunzioni, si procede alla prova di pressione idraulica in opera.

La prova idraulica in opera deve essere effettuata su tratte lunghe di 500-1000 metri.

La condotta deve essere riempita con acqua dal punto più basso; le sacche di aria presenti in essa devono essere totalmente eliminate, attraverso sfiato posti in vari punti del tratto di condotta oggetto di prova.

Terminata l'operazione di riempimento e di sfiato, si procede con la prova di pressione, che deve avere una durata di sei ore complessive e deve prevedere l'applicazione in condotta di una pressione pari a 1,5xPN e, comunque, non superiore a PN + 5 bar.

Nel punto di pompaggio devono essere installati: un contatore volumetrico; un manometro di pressione; un manometro registratore, al fine di poter documentare l'andamento delle prova idraulica.

La pompa deve essere attivata ogni ora, al fine di poter ripristinare la pressione di prova; al contempo, il contatore presente nell'unità di pressurizzazione ha il compito conteggiare il volume del liquido aggiunto.

I dati ricavati devono essere annotati nel protocollo di collaudo.

Durante tali operazioni, deve essere controllata la tenuta delle giunzioni; i raccordi flangiati devono essere risserrati ciclicamente.

Inoltre, durante le fasi di collaudo, deve essere prestata molta attenzione al pericolo di incidente, in caso di improvvisa perdita della linea, provvedendo a dotare gli operatori in campo di adeguate protezioni.

Al termine della prova, non si deve essere riscontrata alcuna perdita dalle giunzioni

Il collaudo si ritiene positivo quando risulta  $\Delta p \leq 1,8$  bar ( $\Delta p$  = differenza tra pressione iniziale e pressione finale).

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verifichino le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove devono essere eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore; per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale, sottoscritto dalle parti.

Una volta dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro completo dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.

---