

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

RISTRUTTURAZIONE FUNZIONALE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO
SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA
PENISOLA SORRENTINA E DELL'ISOLA DI CAPRI

RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI ADDUZIONE
DA ANGRI A GRAGNANO E ALIMENTAZIONE DEI COMUNI
DI CASOLA DI NAPOLI E GRAGNANO

PROGETTO ESECUTIVO

Il Progettista

Il Responsabile del Procedimento

Il Concessionario

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Maggio 2013	AGGIORNAMENTO PER ACCORDO BONARIO	V.A.	M.S.	A.P.
0	Ottobre 2012	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	V.A.	G.F.	A.P.

TITOLO : DISCIPLINARE DI FORNITURA, POSA IN OPERA E COLLAUDO - CONDOTTE IN ACCIAIO E PROTEZIONE CATODICA	Progettazione:	
		
	Sostituisce il disegno n° _____ File: _____	
	Codice Commessa: ACC/P13/10/12	
Allegato	N° DIS.02	
il presente elaborato e' di nostra proprieta'. Si fa divieto a chiunque di riprodurlo o renderlo noto a terzi senza nostra autorizzazione	Revisione: 	Scala:

INDICE

1. PREMESSA	4
2. TUBAZIONI IN ACCIAIO	5
2.1 Generalità	5
2.2 Riferimenti normativi	5
2.3 Tipi di acciaio	5
2.4 Controlli sulla fornitura	6
2.5 Prove sui materiali	7
2.6 Tolleranze	8
2.7 Calcoli di stabilità	8
2.7.1 Ipotesi di calcolo	9
2.7.2 Stato di sollecitazione nel materiale e tensione equivalente	13
2.7.3 Verifica di stabilità elastica	13
2.7.4 Gradi di sicurezza	14
2.8 Rivestimento esterno in polietilene ed interno in resina epossidica per acqua potabile di tubi del diametro nominale da 100 mm a 1500 mm.	16
2.8.1 Descrizione rivestimento esterno in polietilene	16
2.8.2 Caratteristiche del rivestimento esterno applicato	17
2.8.3 Continuità dielettrica	17
2.8.4 Finitura delle estremità	17
2.8.5 Prova di aderenza	18
2.8.6 Resistenza all'urto	18
2.8.7 Resistenza alla penetrazione.	18
2.8.8 Resistenza specifica del rivestimento	18
2.8.9 Allungamento a rottura.	18
2.8.10 Stabilità ai raggi U.V.	18
2.8.11 Stabilità termica	19
2.9 Prove di collaudo e certificazione	19
2.9.1 Prove sistematiche	19
2.9.2 Prove non sistematiche	19

2.9.3	<i>Prove di qualificazione del rivestimento applicato.....</i>	20
2.9.4	<i>Certificazione.....</i>	21
2.9.5	<i>Riparazioni sul rivestimento esterno.....</i>	21
2.9.6	<i>Descrizione rivestimento interno in resina epossidica.....</i>	22
2.9.7	<i>Prove di collaudo relative al rivestimento interno e certificazione.....</i>	23
2.9.8	<i>Certificazione.....</i>	24
2.9.9	<i>Riparazioni sul rivestimento interno.....</i>	24
2.9.10	<i>Operazioni da effettuare al montaggio della condotta.....</i>	24
2.9.11	<i>Applicazione di manicotti termorestringenti sulle estremità dei tubi saldati.....</i>	24
2.10	<i>Prescrizioni tecniche per la posa delle tubazioni.....</i>	24
2.10.1	<i>Scavo della trincea.....</i>	24
2.10.2	<i>Letto di posa della condotta.....</i>	25
2.10.3	<i>Posa dei tubi.....</i>	26
2.10.4	<i>Giunzione dei tubi.....</i>	27
2.10.5	<i>Primo rinterro.....</i>	29
2.10.6	<i>Prova idraulica.....</i>	29
2.10.7	<i>Completamento del rinterro.....</i>	30
2.11	<i>Allegato 1: procedura di riparazione - rivestimento esterno in polietilene.....</i>	30
2.11.1	<i>Riparazione su piccoli difetti.....</i>	30
2.11.2	<i>Riparazione con pezze su difetti estesi.....</i>	30
2.12	<i>Allegato 2: procedura di riparazione - rivestimento interno in resina epossidica..</i>	31
2.13	<i>ALLEGATO 3: PROCEDURA DI APPLICAZIONE DI MANICOTTI TERMORESTRINGENTI SULLA ZONA DI GIUNZIONE :.....</i>	32
2.13.1	<i>Preparazioni della superficie metallica.....</i>	32
2.13.2	<i>Preriscaldamento della superficie metallica.....</i>	32
2.13.3	<i>Posizionamento del manicotto sul tubo.....</i>	32
2.13.4	<i>Posizionamento delle pezze di giunzione.....</i>	32
2.13.5	<i>Riscaldamento della pezza di giunzione.....</i>	32
2.13.6	<i>Riscaldamento del manicotto.....</i>	33
2.13.7	<i>Collaudo.....</i>	33
2.14	<i>Allegato 4: procedura di rivestimento interno della zona di giunzione.....</i>	33

2.15	Collaudo.....	33
2.15.1	<i>Generalità.....</i>	33
2.15.2	<i>Verifiche e prove in fabbrica.....</i>	34
2.15.3	<i>Verifiche e collaudi in opera.....</i>	35
2.15.4	<i>Documentazione di collaudo.....</i>	36
2.15.5	<i>Prove sul rivestimento esterno.....</i>	36
2.15.6	<i>Prova di invecchiamento ai raggi U.V.....</i>	39
2.15.7	<i>Prove di invecchiamento termico.....</i>	40
3.	PROTEZIONE CATODICA.....	41
3.1	<i>Normativa di riferimento.....</i>	41
3.1.1	<i>La Normativa Nazionale.....</i>	41
3.1.2	<i>Norme UNI pubblicate.....</i>	42
3.1.3	<i>Norme UNI - CEI pubblicate.....</i>	43
3.1.4	<i>Norme UNI in elaborazione.....</i>	43
3.1.5	<i>Norme CEI.....</i>	44
3.2	<i>Caratteristiche impianto.....</i>	45
3.3	<i>Norme tecniche di fornitura e posa in opera.....</i>	48
3.3.1	<i>Alimentatore di protezione catodica.....</i>	48
3.3.2	<i>Armadio da esterno per alloggiamento strumentazioni.....</i>	50
3.3.3	<i>Esecuzione dei lavori e fornitura dei materiali.....</i>	51
3.4	<i>Modalità di funzionamento.....</i>	60

1. PREMESSA

Nel presente *disciplinare* sono riportati i principali prodotti che devono essere impiegati per la realizzazione delle condotte di adduzione in oggetto.

2. TUBAZIONI IN ACCIAIO

2.1 GENERALITÀ

Le presenti prescrizioni si riferiscono alla fornitura di condotte in acciaio e precisamente :

- condotte con tubi lisci saldati in senso longitudinale o elicoidale;

In questo capitolo si stabiliscono:

- le prescrizioni relative alla qualità dell'acciaio da impiegare nella costruzione e le prove di controllo da effettuare;
- le direttive in base alle quali debbono essere eseguiti i calcoli di stabilità;
- i controlli da effettuare in officina sui materiali tubolari approntati;
- le norme relative ai rivestimenti interni ed esterni dei materiali tubolari.

2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fa riferimento alle norme EN 10224 e certificazione a marchio "CE".

2.3 TIPI DI ACCIAIO

La qualità dell'acciaio, gli spessori richiesti e la classe di resistenza nominale, per ciascuna tipologia di tubazioni adottate sono tabellate di seguito:

DN	spessore	tipologia	qualità acciaio	PN
	(mm)			(bar)
100	3,2	(*)	L 275	40
200	5,0	(*)	L 275	40
500	6,3	(*)	L 355	40
600	6,3	(**)	L 275	25
700	8,8	(**)	L 355	40
800	7,1	(**)	L 355	25
800	10,0	(**)	L 355	40

(*) – Tubazioni in acciaio a saldatura longitudinale di tipo longitudinale di tipo ERW, conformi alla norma EN 10224 e certificazione a marchio CE. Qualità dell'acciaio in accordo con la EN 10224 e come specificato in tabella. Estremità a bicchiere sferico. Rivestimento esterno in polietilene estruso secondo UNI 9099/89, triplo strato, spessore rinforzato (R3R). Rivestimento interno in resine epossidiche senza solventi, spessore 250 micron, idoneo al contatto con acqua potabile secondo Circ.n.102 Min.Sanità del 02/12/1978 e D.M. n.174 del 06/04/2004. Lunghezza barre da 6 a 13.5 m.

(**) – Tubazioni in acciaio a saldatura longitudinale di tipo longitudinale o elicoidale di tipo SAW, conformi alla norma EN 10224 e certificazione a marchio CE. Qualità dell'acciaio in accordo con la EN 10224 e come specificato in tabella. Estremità a bicchiere sferico. Rivestimento esterno in polietilene estruso secondo UNI 9099/89, triplo strato, spessore rinforzato (R3R). Rivestimento interno in resine epossidiche senza solventi, spessore 250 micron, idoneo al contatto con acqua potabile secondo Circ.n.102 Min.Sanità del 02/12/1978 e D.M. n.174 del 06/04/2004. Lunghezza barre da 8 a 13.5 m.

2.4 CONTROLLI SULLA FORNITURA

L'Ente Appaltante si riserva la facoltà di collaudare in fabbrica prima della spedizione sul cantiere di posa gli stock di tubazioni.

Tali prove di collaudo saranno eseguite secondo quanto disposto nel presente disciplinare. Al termine di tali prove il rappresentante dell'Ente Appaltante, rilascerà un certificato di collaudo se le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori delle prove saranno conformi a quanto prescritto. In assenza di tale certificato di collaudo lo stock esaminato non potrà essere inviato al cantiere di posa.

2.5 PROVE SUI MATERIALI

Il produttore marcherà su ciascun tubo le indicazioni seguenti :

- il numero di colata;
- il numero progressivo che contraddistingua i singoli pezzi di ciascuna colata o altro numero atto ad identificare ogni singolo pezzo;
- il tipo di acciaio.

Tutti i tubi saranno compiutamente descritti in appositi elenchi preparati a cura del produttore che riporteranno per ciascuno di essi le indicazioni distintive sopra precisate ; detti elenchi saranno messi a disposizione del rappresentante dell'Ente Appaltante che eseguirà il controllo della fornitura.

Per ciascuna colata il produttore dovrà mettere a disposizione del collaudatore i risultati delle analisi chimiche di colata.

Il rappresentante dell'Ente Appaltante potrà fare eseguire, a carico dell'appaltatore, da un laboratorio ufficiale di sua scelta, analisi di controllo secondo quanto previsto nelle norme UNI in materia.

In caso di non rispondenza della composizione chimica riscontrata con quanto previsto nel presente disciplinare potranno non essere accettati tutti i materiali contraddistinti con quel numero di colata.

Tutte le altre prove ed i controlli sul materiale tubolare approntato (prova idraulica, prova di trazione, prova di schiacciamento, prova di piegamento e/o guidata, controlli sulle saldature) previste nelle UNI 10224 e 10217-1 dovranno essere eseguite con le modalità previste alla presenza di un rappresentante

dell'Ente Appaltante che accetterà l'invio al cantiere di tale materiale tubolare provato solo se l'esito della prova avrà dato i risultati prescritti.

2.6 TOLLERANZE

Le tolleranze sulla massa, sullo spessore, sul diametro esterno dovranno essere quelle ammesse nelle norme UNI 10224 e 10217-1 e verranno controllate secondo quanto previsto nelle norme UNI vigenti.

Il rappresentante dell'Ente Appaltante potrà non accettare il materiale non rispondente alle prescritte tolleranze.

2.7 CALCOLI DI STABILITÀ

In fase di presentazione del programma operativo per l'approntamento in stabilimento delle tubazioni, l'Impresa dovrà presentare alla D.L. i calcoli di stabilità relativi ad ogni tronco di tubazione. Tali calcoli e disegni dovranno essere firmati da un ingegnere iscritto all'Albo e controfirmati dal responsabile dell'Impresa.

L'Impresa sottoporrà tali calcoli e disegni all'esame della D.L. ed inizierà l'approntamento dei materiali tubolari solo dopo averne ottenuto esplicito benestare.

Resta comunque stabilito che detto benestare non produce alcuna diminuzione di responsabilità dell'Impresa che resta in ogni caso unica responsabile civile e penale dei calcoli dei disegni e dell'esecuzione.

La resistenza dei singoli elementi delle condotte verrà verificata nel modo più rigoroso compatibilmente con le possibilità di soluzione dei problemi statici offerte dagli attuali procedimenti della scienza delle costruzioni.

In particolare si dovrà tenere anche conto: dell'angolo di deviazione dell'asse degli spicchi che formano le curve, quando essa sia superiore a 6° ; della conicità dei singoli elementi per angoli al vertice del cono superiore a 16° ; della variabilità della sollecitazione circonferenziale nello spessore dei tubi se il rapporto tra spessore e diametro interno è maggiore di 0,05.

Per i casi complessi, che non si possono far rientrare nelle più note accettate

schematizzazioni matematiche, e per i quali il calcolo può dare solo indicazioni grossolane, si dovrà fare ricorso a studi su modello quando la sicura determinazione dello stato di sollecitazione dei pezzi in esame sia fondamentale per la sicurezza della condotta.

Per i pezzi di minore importanza sarà sufficiente assumere un coefficiente di sicurezza più elevato di quello normalmente ammesso per i pezzi verificabili con calcolo rigoroso.

Ove possibile, le valutazioni teoriche ai pezzi più importanti verranno verificate con apposite misure durante le prove della condotta.

Le sollecitazioni dovute a perturbazioni locali provocate da aperture di grandi dimensioni per passi d'uomo o simili, da appoggi concentrati, da attacchi flangiati, staffe di rinforzo, diramazioni a più vie, dovranno anch'esse venire compiutamente calcolate ai fini della verifica di resistenza del materiale nella zona perturbata.

2.7.1 Ipotesi di calcolo

I carichi di diversa natura che sollecitano gli elementi delle condotte vengono raggruppati nelle seguenti tre categorie:

- carichi di carattere normale;
- carichi di carattere saltuario;
- carichi di carattere eccezionale.

In ogni caso lo stato di sollecitazione del materiale è determinato dall'azione complessiva di tutte le forze agenti nel piano trasversale ed in quelli longitudinali della tubazione. Queste sono principalmente : la spinta interna dell'acqua ed esterna di eventuali falde acquifere; il peso dei tubi, dell'acqua in essi contenuta, di eventuali materiali di ricoprimento; le forze derivanti dalle variazioni di temperatura rispetto a quella di posa in opera, e dalle caratteristiche di vincolo della struttura che ne condizionano le possibilità di deformazione.

Il calcolo delle sollecitazioni sarà effettuato tenendo contemporaneamente

conto, in ciascun punto della condotta, delle condizioni più gravose dovute ai carichi di seguito precisate e alle variazioni termiche e alle caratteristiche di vincolo pure indicate per ciascuna categoria di carico.

Carichi di carattere normale

Sono quelli che agiscono durante il normale esercizio delle condotte, e precisamente :

Pressione interna massima (pressione di calcolo). In ogni sezione della condotta è la maggiore tra quelle di seguito definite:

- pressione corrispondente al livello statico massimo nella camera di carico o nel pozzo piezometrico aumentata della sovrappressione di colpo d'ariete massima d'esercizio, che sarà considerata variabile linearmente lungo lo sviluppo della condotta salvo diversa precisazione ;
- pressioni costante corrispondente alla oscillazione massima di livello nella camera di carico o nel pozzo piezometrico.

La sovrappressione di colpo d'ariete da considerare in corrispondenza dell'organo di chiusura non potrà in ogni caso essere inferiore al 10% della pressione statica massima agente in quel punto.

Per le condotte in galleria bloccate con calcestruzzo verrà precisata all'atto esecutivo la pressione massima che può essere assunta dalla roccia, oppure sarà prescritto il coefficiente di sicurezza in base al quale dimensionare la tubazione supposta libera.

Peso della tubazione e dell'acqua in essa contenuta.

Sovraccarichi derivanti eventualmente da materiali di ricoprimento, dalla neve, dal vento.

Forze derivanti dall'attrito sulle selle di appoggio e nei giunti di dipendenza del loro interasse e tipo ; per il calcolo delle conseguenti forze longitudinali si adotteranno coefficienti d'attrito non inferiori ai seguenti :

- per appoggi realizzati su rulli $f = 0,1$
- per appoggi realizzati tra superfici metalliche non lubrificate $f = 0,4$
- per giunti di dilatazione $f = 0,3$.

Se la condotta non ha giunti di dilatazione fra blocchi d'ancoraggio consecutivi, si dovranno calcolare le forze longitudinali dovute all'impedita dilatazione o contrazione del tubo.

Forze longitudinali derivanti, per le condotte privi di giunti di dilatazioni, da impedita deformazione (effetto Poisson) e da variazioni termiche.

La variazione termica da mettere in conto è la differenza massima che si può presentare nel metallo tra la sua temperatura di esercizio con condotta piena d'acqua e quella alla quale è avvenuta la chiusura dell'ultimo giunto fra due ancoraggi.

Detta variazione non può comunque essere assunta inferiore a $\pm 10^\circ \text{C}$.

Forze dovute a spinte idrauliche su fondi, variazioni di sezioni, curve ecc.

Carichi di carattere saltuario

Sono quelli che si verificano a tubazione vuota e durante il riempimento ed il vuotamento della condotta, e precisamente:

- Peso della tubazione e dell'acqua in essa contenuta ;
- Sovraccarichi derivanti eventualmente da materiale di ricoprimento, dalla neve, dal vento ;
- Forze derivanti dall'attrito sulla selle d'appoggio e nei giunti;
- Forze longitudinali derivanti da variazioni termiche, per condotte prive di giunti di dilatazione.

La variazione termica da considerare è la differenza massima che si può presentare nel metallo tra la sua temperatura a condotta vuota e quella alla

quale è avvenuta alla chiusura dell'ultimo giunto fra due ancoraggi.

Tale variazione non può comunque essere assunta inferiore a +/- 30° C per le tubazioni all'aperto, e di +/- 10° C per quelle interrate o installate in galleria.

Carichi di carattere eccezionale

Sono quelli che si possono presentare solo eccezionalmente insieme ai carichi di carattere normale o saltuario, oppure indipendentemente da essi. Nei calcoli si dovrà sempre assumere la combinazione dei carichi più sfavorevoli tra quelle che si possono presentare.

Si considerano di carattere eccezionale:

- Le depressioni nell'interno delle tubazioni provocate dal mancato funzionamento dei tubi o delle valvole di entrata d'aria in occasione della chiusura dell'organo di intercettazione posto all'imbocco delle condotte (valvole a farfalla, paratoie, valvole di regolazione, ecc.). Per tali depressioni si deve assumere il valore massimo pari a 1 kg/cm².
- Le sovrappressioni conseguenti alle prove idrauliche in officina e in opera.
- Le sovrappressioni accidentali dovute al difettoso funzionamento degli organi di regolazione delle pompe alimentate ; questa condizione di carico dovrà essere considerata solo se richiesto.
- Le pressioni esterne provocate da falde d'acqua su condotte in galleria bloccate con calcestruzzo oppure interrate, in concomitanza con il vuoto all'interno delle condotte stesse per mancata entrata d'aria durante il vuotamento.
- Le forze derivanti da scosse sismiche.
- Le forze derivanti da particolari condizioni di trasporto, montaggio, cementazione dei tubi intasati, iniezioni a tergo dei rivestimenti metallici.

2.7.2 Stato di sollecitazione nel materiale e tensione equivalente

In ciascun punto della tubazione deve essere completamente definito lo stato di sollecitazione nel materiale mediante la determinazione delle tre sollecitazioni principali V1, V2, V3.

Nei tubi dritti o con piccola curvatura si potrà ammettere che le tre sollecitazioni principali agiscono rispettivamente nelle direzioni circonferenziale, longitudinale e radiale. Inoltre la sollecitazione radiale, data la sua esiguità, potrà essere trascurata. Lo stato di sollecitazione del materiale si riduce così, per questi tubi, ad uno stato piano caratterizzato dalle tensioni principali Vc e V1 agenti rispettivamente nelle direzioni circonferenziale e longitudinale.

Per la verifica della resistenza si calcola, secondo i criteri precisati in seguito, una sollecitazione monoassiale equivalente da confrontare, attraverso un coefficiente di sicurezza, con la resistenza a snervamento a trazione del materiale.

La tensione equivalente sarà calcolata con la formula di Hencky-Von Mises che definisce il lavoro di cambiamento di forma a volume costante nel punto più sollecitato dal materiale:

$$S_e = S^{1/2} S^{2/3} \div S^{2/1} - S_c * S_1$$

Nei pezzi di forma complessa, nelle curve a piccolo raggio, nelle biforcazioni, ecc. quando lo stato di deformazione spaziale non sia riconducibile a piano, si debbono calcolare le tre dimensioni principali e si assumerà come tensione equivalente ancora quella data dalla formula di Hencky-Von Mises, che in questo caso è definita dall'espressione :

$$S_{2/e} = S_{2/1} \div S_{2/2} \div S_{2/3} - (S_1 S_2 \div S_1 S_3 \div S_2 S_3)$$

2.7.3 Verifica di stabilità elastica

Oltre alla determinazione dello stato di sollecitazione in ciascun punto della tubazione, si dovrà anche verificare la stabilità elastica della condotta in senso trasversale e in senso longitudinale per ciascuna condizione di carico : il relativo coefficiente di sicurezza, che sarà riferito ai carichi agenti e non alle sollecitazioni unitarie, dovrà essere maggiore di 2.

2.7.4 Gradi di sicurezza

La tensione equivalente massima, calcolata secondo i criteri definiti, deve essere non superiore ad una prestabilita frazione del carico unitario minimo di snervamento a trazione R/S, non alterato da eventuali incrudimenti del materiale, o di 0,80 volte il carico unitario minimo di rottura R del materiale quando R/S è:

$$S_e \leq \frac{0,80R}{K}, \text{ per } R/S \leq 0,80R.$$

Il coefficiente K definisce il grado di sicurezza della costruzione ; esso dipende dal carattere dei carichi presi in considerazione (carichi di carattere normale, saluario, eccezionale), dalle caratteristiche del materiale, dalla maggiore o minore rigosità del metodo di calcolo assunto per la determinazione dello stato di sollecitazione.

Nei punti in cui si abbiano anche sollecitazioni derivanti da perturbazioni locali, se ne dovrà tener conto nel calcolo della tensione equivalente di confronto S_e , e il coefficiente di sicurezza K non dovrà mai risultare inferiore a 1 nelle condizioni di carico più sfavorevoli.

Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di carattere normale.

Salvo diversa prescrizione nelle verifiche di resistenza si assumerà $K \leq 1,9$

I pezzi che non possono venire calcolati in modo rigoroso, e per i quali, attesa la minore importanza, non sono prescritte prove su modello, dovranno essere verificati con gradi di sicurezza maggiorati del 20% rispetto a quello prescritto.

Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di carattere saltuario.

Per le verifiche di resistenza relative alle sollecitazioni di carattere saltuario, si assumerà un grado di sicurezza pari a 0,8 volte quello corrispondente assunto per le verifiche di carattere normale.

Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di caratteri

eccezionali

Nelle verifiche di stabilità elastica relative alle sollecitazioni dovute a depressioni nell'interno della condotta è richiesto che la pressione critica del tubo sia non inferiore al doppio di quella atmosferica.

Si dovrà anche procedere ad una verifica di resistenza per le stesse condizioni di carico: per essa si dovrà prevedere un'ovalizzazione del tubo, definita dalla massima differenza di lunghezza di due diametri circa tra loro perpendicolari, non inferiori a $0,01 D$ essendo D il diametro interno della tubazione. Il relativo coefficiente di sicurezza dovrà essere maggiore di 1,5.

Nelle verifiche di consistenza relative alle sollecitazioni derivanti dalle prove idrauliche in officina ed in opera, da sovrappressioni accidentali eventualmente prescritte, da scosse sismiche, da forze derivanti da particolari condizioni, si assumerà:

$$K \leq 1,25.$$

Nelle verifiche di condotte in gallerie bloccate con calcestruzzo oppure interrate, relative alle sollecitazioni derivanti da pressioni di falde di acque esterne, si assumerà :

$$K \leq 1,25.$$

Detto grado di sicurezza verrà riferito sia alle sollecitazioni, nelle verifiche di resistenza, sia ai carichi agenti nelle verifiche di stabilità elastiche.

In ciascun punto della condotta il carico idrostatico esterno, in metri d'acqua, non potrà essere assunto inferiore alla copertura rocciosa o di terreno misurata in verticale, aumentata di 10 m. per tener conto della possibilità di una concomitante pressione nulla all'interno della condotta.

Per le condotte bloccate in roccia, inoltre, l'intercapedine tra il tubo e il calcestruzzo non potrà essere ipotizzata inferiore a $0,0005 R$, essendo R il raggio interno della tubazione, quando siano eseguite iniezioni di intasamento con malta di cemento almeno tre mesi dopo l'ultimazione del bloccaggio con calcestruzzo della condotta ; se non vengono previste iniezioni, si dovrà valutare caso per caso l'intercapedine derivante dal ritiro del calcestruzzo e da un eventuale non perfetto riempimento a tergo della tubazione, che andrà sommata a quella pari a $0,0005 R$, prima indicata.

Si dovrà anche mettere in conto l'ovalizzazione del tubo dipendente dai processi costruttivi e dalle sollecitazioni di trasporto in opera ; in ogni caso essa, che è definita massima differenza di lunghezza di due diametri circa tra loro perpendicolari, non potrà essere assunta inferiore a $0,01 D$ essendo D il diametro interno.

2.8 RIVESTIMENTO ESTERNO IN POLIETILENE ED INTERNO IN RESINA EPOSSIDICA PER ACQUA POTABILE DI TUBI DEL DIAMETRO NOMINALE DA 100 MM A 1500 MM.

2.8.1 Descrizione rivestimento esterno in polietilene

Il rivestimento esterno in polietilene da realizzare mediante processo di estrusione a caldo deve essere del tipo a triplo strato.

Esso deve essere composto da :

- strato di fondo - costituito da primer epossidico liquido o in polvere con spessore minimo di 10 micron (0,010 mm).
- strato intermedio - costituito da adesivo polietilenico, spessore 150 - 400 micron.
- strato protettivo - costituito da polietilene a bassa densità additivato con nero fumo (2% - 3%) ed antiossidanti (a completamento dello spessore totale e con funzione di protezione meccanica).

Il processo di applicazione del rivestimento in polietilene in relazione al diametro ed al tipo di tubo in acciaio (senza saldatura, saldato a resistenza, saldato ad arco sommerso ecc.) può avvenire per estrusione circolare su tubo che avanza con moto rettilineo o per estrusione laterale su tubo che avanza con moto spirale.

Il polietilene utilizzato deve avere le seguenti caratteristiche principali:

- densità (ISO 1183) 0,93 - 0,94 g/cm³
- indice di fluidità (ISO 1133 cond. 4 190/2,16) 0,2 - 0,5 g/10.

Il rivestimento deve essere applicato su una superficie asciutta ed esente da sostanze estranee (oli, grassi, ecc...) ed opportunamente sabbiata mediante proiezione di graniglia, fino ad ottenere un grado di finitura Sa 2 ½ secondo norme SIS 05 59 00.

2.8.2 Caratteristiche del rivestimento esterno applicato

Il rivestimento ad esame visivo, deve presentarsi uniforme ed omogeneo di colore nero, privo di sacche d'aria e lacerazioni.

Lo spessore totale del rivestimento misurato in qualsivoglia punto della superficie deve risultare pari a:

Diametro nominale (mm)	Spessore minimo assoluto (mm)	Spessore minimo medio (mm) *
100	1.6	1.8
150-250	1.8	2.0
300-450	2.0	2.2
500-750	2.2	2.5
800-1500	2.7	3.0

*Valore medio ottenuto mediante tre misure effettuate a circa 120° sulla circonferenza.

*Tabella **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-1*

2.8.3 Continuità dielettrica

Il rivestimento di ciascun tubo deve essere sottoposto sull'intera superficie al controllo della continuità dielettrica mediante strumento Holiday Detector, tensione impulsiva 25 kv.

2.8.4 Finitura delle estremità

Le estremità dei tubi devono essere prive di rivestimento per una larghezza di 100-150 mm e trattate con protettivo temporaneo (durata protezione circa 1 anno).

La parte terminale del rivestimento deve essere smussata con angolo da 15° a 45°. Per i tubi di diametro nominale da 100 a 250 mm l'estremità del rivestimento non deve essere smussata (taglio a 90°).

2.8.5 Prova di aderenza

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di aderenza.

Il valore minimo per l'accettazione del prodotto deve essere di 17,5 kg/50 mm (3,5 N/mm).

2.8.6 Resistenza all'urto

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova d'urto. Il valore dell'energia d'urto deve essere pari a 5 J per ogni rivestimento.

2.8.7 Resistenza alla penetrazione.

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di penetrazione.

Il valore massimo per l'accettazione del prodotto deve essere pari a 0,3 mm.

2.8.8 Resistenza specifica del rivestimento

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di isolamento.

Il valore della resistenza deve essere minimo di 10/9 m/2 (100 giorni in soluzione di 0.1 M NaCl).

Se risulta inferiore a 10/9 m/2, ma superiore a 10/8 m/2, il rapporto $\frac{Ris.100gg.}{Ris.70gg.}$

deve essere superiore o uguale a 0.8.

2.8.9 Allungamento a rottura.

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di allungamento a rottura secondo quanto descritto nell'appendice 5.

Il valore minimo deve risultare pari a 200%.

2.8.10 Stabilità ai raggi U.V.

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di stabilità ai raggi U.V. L'indice di fusione del polietilene ottenuto dai provini sottoposti a prova, può variare al massimo di 35% rispetto al valore determinato prima di sottoporre i provini all'invecchiamento.

2.8.11 Stabilità termica

Il rivestimento deve essere sottoposto alla prova di stabilità.

L'indice di fusione del polietilene ottenuto dai provini sottoposti a prova, può variare al massimo di 35% rispetto al valore determinato prima di sottoporre i provini all'invecchiamento.

2.9 PROVE DI COLLAUDO E CERTIFICAZIONE

2.9.1 Prove sistematiche

Le prove sistematiche devono essere effettuate su tutti i tubi.

Esse sono:

- Esame visivo dell'aspetto
- Controllo della continuità dielettrica
- Controllo della finitura delle estremità.

Nel caso in cui in seguito alle suddette prove risultino dei tubi non conformi, il rivestimento degli stessi deve essere ripartito secondo quanto descritto precedentemente.

Nel caso in cui le riparazioni interessino un'area superiore al 10% della superficie, il tubo in oggetto deve essere sottoposto a un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

2.9.2 Prove non sistematiche

Le seguenti prove devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata :

Misura dello spessore

Misura effettuata con spessimetro magnetico, opportunamente tarato errore max 10%, in 12 punti simmetricamente distribuiti una prova ogni 200 tubi dell'ordinativo (almeno una prova per ogni tipo di produzione di 8 h).

Prova di aderenza

Prova effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8 h.

Resistenza all'urto

Prova effettuata su un tubo di inizio produzione dell'ordinativo.

Resistenza alla penetrazione

Prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo.

Allungamento a rottura

Prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo.

Nel caso in cui i risultati delle prove elencate non sono conformi a quanto richiesto, i tubi sui quali sono state effettuate le prove (o i tubi quali sono prelevati i provini), devono essere sottoposti ad un secondo ciclo di lavorazione.

Più precisamente :

- La prova (o le prove) i cui risultati non sono conformi deve essere ripetuta su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo i tubi sottoposti inizialmente alle prove).
- Nel caso in cui i risultati delle riprove sono positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non sono positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno del prodotto.

2.9.3 Prove di qualificazione del rivestimento applicato.

Le seguenti prove devono essere effettuate sul rivestimento applicato con periodicità max di 3 anni, per la qualificazione del polietilene utilizzato.

- Resistenza specifica del rivestimento
- Stabilità ai raggi U.V.
- Stabilità termica.

2.9.4 Certificazione

I risultati delle prove di collaudo devono essere registrati e forniti come certificazione nei confronti dell'acquirente.

Tutte le materie prime utilizzate, relativamente ad ogni lotto, devono essere accompagnate all'atto della fornitura da un certificato di analisi (con le prove inerenti le caratteristiche fisico - chimiche principali).

Tale certificazione deve essere trasmessa dal rivestitore all'acquirente.

2.9.5 Riparazioni sul rivestimento esterno

Le riparazioni del rivestimento si eseguono in relazione al tipo di difetto secondo le procedure di seguito descritte.

Le riparazioni realizzate mediante applicazioni di pezze in polietilene o manicotti termorestringenti possono interessare al massimo il 10% della superficie esterna del tubo.

Riparazione su piccoli difetti

Sono da considerare piccoli difetti :

- discontinuità del rivestimento di superficie max pari a 20 cm².
- graffi, incisioni ed altri difetti causati da movimentazione che comunque non pregiudicano la continuità dielettrica del rivestimento.

La riparazione si esegue con riporto di materiale omogeneo per fusione e spatolamento.

Riparazioni su effetti estesi

Sono da considerare difetti estesi :

discontinuità singola dal rivestimento di superficie superiore a circa 20 cm². La riparazione deve essere eseguita secondo le seguenti metodologie :

- applicazione di manicotto termorestringente se la superficie supera circa i 300 cm².

- applicazione di pezze in polietilene se la superficie è inferiore a circa 300 cm².
- Nel caso di più difetti di superficie inferiore a 300 cm² vicini tra loro è consentita l'applicazione di un manicotto termorestringente.

2.9.6 Descrizione rivestimento interno in resina epossidica

Il rivestimento esterno deve essere realizzato in resina epossidica bicomponente, mediante verniciatura, con prodotti che risultino idonei al contatto con acqua potabile, in conformità a quanto previsto dalle vigenti leggi D.M. 21/3/73 - Circolare del Ministero della Sanità n° 102 del 02/12/1978.

Il rivestimento deve essere applicato mediante sistema air-less su una superficie asciutta ed esente da sostanze estranee (oli, grassi, ecc...) ed opportunamente sabbiata mediante proiezione di graniglia metallica, fino ad ottenere un grado di finitura Sa 2 ½ secondo norme SIS 055900.

Caratteristiche del rivestimento interno applicato

Aspetto

Il rivestimento applicato ad esame visivo deve presentarsi come una superficie levigata e speculare, priva di difetti di verniciatura (colature, spirali, gocce, ecc...), di colore uniforme, aspetto omogeneo e non rilevare alcun difetto di laminazione riguardo alla superficie metallica.

Spessore

Lo spessore minimo secco del rivestimento deve risultare pari a 250 micron (0.250 mm) e lo spessore massimo può risultare pari a 400 micron (0.400 mm).

Finitura estremità.

Le estremità dei tubi devono essere prive di rivestimento per una larghezza di 20-30 mm. e trattare con protettivo temporaneo (durata minima 1 anno).

Prova di aderenza.

La prova di aderenza si effettua sui tubi dopo il periodo necessario alla completa essiccazione del rivestimento.

Essa consiste nell'incidere mediante lama di coltello la superficie verniciata, due

incisioni a metallo incrociate, e quindi cercando di scalzare il rivestimento nelle zone incise. L'esito della prova è positivo se il rivestimento non viene rimosso sotto forma di grosse scaglie e non presenta stratificazioni.

2.9.7 Prove di collaudo relative al rivestimento interno e certificazione

Tutti i tubi devono essere ispezionati per l'esame visivo dell'aspetto del rivestimento interno.

Nel caso in cui si riscontrino dei difetti, se questi si estendono per un'area superiore al 10% della superficie rivestita, il tubo in oggetto deve essere sottoposto ad un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

Prove non sistematiche

Le seguenti prove devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata :

Misura dello spessore

Misura effettuata ad umido con spessimento a pettine su uno o più tubi, in un numero di punti significativo, ad ogni inizio lavorazione o dopo interruzioni della produzione superiori a 2 h.

Misura effettuata a secco con spessimetri magnetici (errore max 10%) in un numero di punti significativo, su un tubo per ogni turno di 8 h di lavorazione.

Prova di aderenza

Prova effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8 h.

Nel caso in cui i risultati delle prove non sono conformi a quanto richiesto, i tubi sui quali sono state effettuate. Le prove devono essere sottoposte ad un secondo ciclo di lavorazione.

Inoltre su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo tubi sottoposti inizialmente alle prove). Nel caso in cui i risultati delle riprove sono positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non sono positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno dei tubi rivestiti.

2.9.8 Certificazione

I risultati delle prove di collaudo devono essere registrati e forniti come certificazione nei confronti dell'acquirente.

Tutte le materie prime utilizzate, relativamente ad ogni lotto, devono essere accompagnate all'atto della fornitura da un certificato di analisi (con le prove inerenti le caratteristiche fisico - chimiche principali). Tale certificazione deve essere trasmessa dal rivestitore all'acquirente.

2.9.9 Riparazioni sul rivestimento interno

Le riparazioni possono interessare al massimo il 10% della superficie interna dei tubi.

Per le riparazioni deve essere utilizzata la stessa resina epossidica applicata per il rivestimento interno del tubo.

2.9.10 Operazioni da effettuare al montaggio della condotta

Dopo aver effettuato la saldatura dei tubi è necessario al rivestimento della zona di giunzione per realizzare la continuità del rivestimento.

2.9.11 Applicazione di manicotti termorestringenti sulle estremità dei tubi saldati

Il rivestimento esterno della zona del giunto deve essere realizzato mediante manicotti termorestringenti il cui spessore totale non deve essere inferiore a 1,5 mm (0,75 mm spessore minimo dello strato protettivo - backing, 0,75 mm spessore minimo dello strato adesivo) e la cui sovrapposizione con il rivestimento realizzato in fabbrica non deve essere inferiore a 50 mm. Larghezza manicotti 60 cm.

2.10 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA POSA DELLE TUBAZIONI

2.10.1 Scavo della trincea

Lo scavo delle trincee per la posa delle tubazioni seguirà rigidamente gli assi e le livellate di progetto, adattando i vertici dell'asse si da avere tratte rettilinee di

condotta costituite da multipli interi della lunghezza dei tubi evitando per quanto possibile la formazione di spezzoni di raccordo.

Il raccordo tra due tratte rettilinee avverrà con pezzo speciale opportunamente contrastato.

La lunghezza di scavo sul fondo, che non potrà mai essere inferiore a m. 0.60, sarà come indicato nei grafici specifici di progetto.

Lo scavo sarà eseguito al disotto della generatrice inferiore di appoggio del tubo per una profondità di 20 cm o maggiore se così indicato in progetto.

La profondità dello scavo sarà tale che a posa avvenuta la generatrice superiore del tubo disterà almeno 1,00 metri dal piano campagna.

Le pareti di scavo andranno, se ritenuto necessario, assicurate da smottamenti o crolli, mediante opportune opere provvisorie, così come dovrà adottarsi ogni mezzo perché i cavi non vengano invasi da acque di falda o di corrivazione.

In corrispondenza delle giunzioni dei tubi o dei pezzi speciali lo scavo della trincea sarà opportunamente allargato a formare una nicchia .

Al termine delle operazioni di scavo il fondo della trincea dovrà risultare regolare e livellato e dalle pareti non dovranno essere elementi lapidei per una profondità eccedente il 5% della lunghezza del cavo.

2.10.2 Letto di posa della condotta

Sul fondo scavo, reso preventivamente uniforme ed asciutto, e per l'intera larghezza della trincea, verrà disposto uno spessore minimo di 20 cm di materiale sciolto, sabbia, ghiaia, pietrisco, a seconda del tipo di tufo, costituente il letto di posa della condotta.

Il letto di posa delle tubazioni dovrà avere compattezza uniforme sull'intera lunghezza e dovrà a posa effettuata, avvolgere la parte inferiore del tubo per un angolo al centro dell'ampiezza che verrà indicata in progetto e comunque non inferiore a 120 gradi.

In terreni di scadenti caratteristiche di resistenza, secondo le indicazioni di progetto o a giudizio della Direzione Lavori il letto di posa dei tubi potrà essere formato con calcestruzzo cementizio poroso.

Se le caratteristiche di resistenza del terreno non consentono l'appoggio diretto

del tubo al terreno occorrerà predisporre adeguate opere di sostegno quali solettoni in cemento armato, selle sui pali, pali radici, micropali, ecc.

2.10.3 Posa dei tubi

Preliminarmente alla posa in opera dei tubi occorrerà controllare che questi, così come i giunti ed i pezzi speciali, siano di caratteristiche corrispondenti alle prescrizioni date in progetto per quella tratta e siano esenti da danneggiamenti. Eventuali danneggiamenti subiti dal tubo o dal rivestimento dovranno essere tempestivamente riportati ricostruendo la primitiva efficienza ed integrità ; ove ciò non fosse possibile alla sostituzione del tubo.

I tubi verranno introdotti nel cavo della trincea curando con opportuni apprestamenti che non vengano sporcate le testate o introdotti materiali all'interno di essi, e disponendoli sul letto di posa nella giusta posizione per l'esecuzione dei giunti o il montaggio delle apparecchiature e dei pezzi speciali. Con l'ausilio di apposite modine preventivamente disposte si procederà ad allineare i tubi secondo gli allineamenti e le livellate di progetto ; nel corso di tale operazione è rigorosamente vietato fare ricorso a pietre o mattoni o altri appoggi per punti singolari per conseguire l'allineamento prescritto.

Per i tratti pensili o in galleria si procederà al varo o alla presentazione dei tubi con mezzi e modalità di sollevamento e trasporto adeguati all'esigenza di non danneggiare in alcun modo i tubi o il loro rivestimento.

Per garantire la continuità della superficie di appoggio fra tubo e sella o mensola sarà interposto uno strato di materiale idoneo.

Nel caso di tubazioni metalliche o in C.A.P. per garantire gli effetti della prestazione catodica le superfici di appoggio saranno allestite con membrane isolanti.

Sulle tubazioni munite di rivestimento protettivo esterno verranno eseguite in opera determinazioni della resistenza all'isolamento e prove di controllo sulla continuità del rivestimento protettivo.

Se gli esiti di tale prove non saranno conformi alle indicazioni di progetto del rivestimento si provvederà ad identificare ed eliminare le carenze riscontrate.

2.10.4 Giunzione dei tubi

L'operazione di giunzione serve a conferire alla condotta continuità di vettore idraulico nel rispetto delle ipotesi di progetto sul comportamento statico di essa e sulle sollecitazioni di esercizio.

Preliminarmente a tale operazioni è essenziale realizzare, con l'impiego anche di stracci, un'accurata pulizia delle testate affinché esse siano esenti da grassi o particelle che possono generare rigature o imperfezioni nella tenuta del giunto.

Si procederà quindi alla giunzione delle testate dei tubi contigui curando e controllando che non venga alterato il loro perfetto allineamento, ed operando con le diverse modalità indicate dal costruttore a seconda del tipo e della qualità dei materiali usati e tubi e giunto.

È espressamente richiesto l'intervento del costruttore del tubo nella fase iniziale della giunzione per prestazioni dimostrative e di addestramento del personale dell'impresa.

L'onere di tali prestazioni è a carico totale delle imprese.

Si specificano di seguito i differenti tipi di materiali e di giunti le principali modalità di impiego.

Giunti per tubazioni metalliche con saldature testa a testa.

- Giunto a bicchiere cilindrico per saldatura a sovrapposizione per tubi ≤ 125
- Giunto a bicchiere sferico per saldatura a sovrapposizione per tubi ≥ 150
- Giunto per saldature di testa
- Giunto a bicchiere sferico per saldatura a sovrapposizione con camera d'aria per tubi ≥ 200 (da impiegare in condotte con rivestimento bituminoso interno a spessore)
- Giunto a flange libere con anello d'appoggio saldato a sovrapposizione (UNI EN 1092-1, 2282 ÷ 2285, 2299)
- Giunto a flange saldate a sovrapposizione (UNI EN 1092-1)
- Giunto a flange saldate di testa (UNI EN 1092-1, 2282, 2283, 2284)

- Giunto Victualic, giunto a tenuta automatica
- Giunto tipo Gibault, con guarnizioni in gomma

La guarnizione delle tubazioni e dei pezzi speciali in acciaio dovrà essere effettuata da personale specializzato.

L'impresa appaltatrice eseguirà le saldature sulle condotte a mezzo di persone in possesso dell'apposito brevetto rilasciato dall'Istituto Italiano di Saldature o altro Istituto autorizzato.

L'accoppiamento e l'assiatura dei tubi sarà assicurata con accoppiatori esterni o interni ai tubi, oppure mediante saldature di apposite squadrette o regette atte ad assicurare la coassialità dei tubi.

La distanza di accoppiamento fra barra e barra dovrà essere di $1,5 \div 2$ mm.

I tubi ad estremità bisellata per saldature testa a testa, verranno saldati all'arco elettrico con elettrodi cellulosici rivestiti per la prima passata e basici per le successive ed il cui metallo d'apporto abbia caratteristiche analoghe a quelle dei metalli da saldare.

Il numero delle passate sarà in rapporto allo spessore dei tubi e comunque di regola mai inferiore a tre.

Alla fine di ogni passata la saldatura dovrà essere pulita o raschiata da tutte le incrostazioni e ripulita da impurità o sbavature.

Non sarà consentito lasciare saldature incomplete e comunque si prescrive che, di regola, alla fine della giornata lavorativa, tutte le giunzioni iniziate dovranno essere completate.

Si prescrive altresì che i dispositivi di accoppiamento precedentemente descritti potranno essere rimossi solo dopo il completamento della prima passata.

A saldatura ultimata la superficie esterna del cordone di saldatura dovrà risultare a profilo convesso estesa oltre il bordo della bisellatura.

Il controllo della buona esecuzione delle saldature verrà fatto con prove non distruttive continue mediante l'impiego di ecografi ad ultrasuoni e per punti singoli mediante l'impiego di apparecchi radiografici portatili a raggi X.

Dopo la saldatura delle guarnizioni l'Impresa dovrà ripristinare accuratamente il

rivestimento interno ed esterno (sia di fondo che protettivo) dei tubi in corrispondenza delle guarnizioni stesse, facendo attenzione che non si creino soluzioni di continuità tra rivestimento già esistente sul tubo e quello del giunto. Le condotte aeree pensili fuori terra od in galleria saranno munite di rivestimento protettivo da applicarsi ai tubi, agli accessori metallici quali cerniere, appoggi, selle, ecc., ed alle carpenterie quali passerelle, strutture metalliche in genere ecc.

2.10.5 Primo rinterro

Completata la giunzione dei tubi ed eseguiti gli ancoraggi si procederà al rinterro consistente nel ricalzare la tubazione con il materiale impiegato per la formazione del piano di posa e nell'eseguire il primo ricoprimento del tubo con materiale selezionato proveniente dallo scavo lasciando i giunti scoperti.

Le tubazioni sono così predisposte all'esecuzione delle prove di tenuta idraulica dei giunti di cui al successivo paragrafo.

Dovranno, nell'esecuzione del rinterro e nella sua estensione e compattazione, rispettarsi le prescrizioni di progetto, le indicazioni del costruttore e la normativa UNI esistente al riguardo.

2.10.6 Prova idraulica

Ha lo scopo di accertare la tenuta dei giunti.

Se il diametro delle condotte lo consente, verrà effettuata mediante apposite attrezzature mobili montata all'interno della tubazione a cavallo dei giunti e tale da introdurre acqua in pressione nello spazio anulare fra le testate dei tubi del giunto da provare.

Se il tubo e le dimensioni del tubo lo richiedono la prova verrà effettuata per tronchi, previo sezionamento con apposito tappo o piatto saldato, opportunamente contrastati.

Le modalità di prova (durata, pressione) verranno stabilite in progetto e saranno conformi alle indicazioni date dal costruttore del tubo di cui si richiederà l'assistenza se ritenuta necessaria.

2.10.7 Completamento del rinterro

Il materiale di risulta dallo scavo non impiegato nel rinterro verrà portato a rifiuto in aree predisposte a cura del concessionario.

In taluni casi potranno, con il consenso esplicito dell'Ente Appaltante, omettersi le operazioni, passando direttamente all'esecuzione del rinterro ed al collaudo di cui al successivo punto, senza che con ciò l'impresa sia in alcun modo esente dalla responsabilità e dagli obblighi di rendere le condotte pienamente efficienti ed a perfetta tenuta.

2.11 ALLEGATO 1: PROCEDURA DI RIPARAZIONE - RIVESTIMENTO ESTERNO IN POLIETILENE

2.11.1 Riparazione su piccoli difetti

- riscaldare in modo graduale la zona da riparare con fiamma evitando di provocare la combustione del rivestimento ;
- applicare a caldo riscaldamento con fiamma una o più strisce di polietilene di materiale idoneo nella zona da riparare, lasciando le superfici con spatola riscaldata, fino a riempire la cavità ;
- verificare con holiday detector (25 KV) la continuità dielettrica della zona riparata.

2.11.2 Riparazione con pezze su difetti estesi

- ampliare la zona del difetto per ottenere una forma geometrica regolare e verificare la adesione del rivestimento esistente ;
- effettuare sulla superficie da riparare una leggera smerigliatura o spazzolatura per rimuovere i residui di rivestimento fino a ottenere una superficie metallica completamente pulita ;
- riscaldare in modo graduale la superficie da riparare mediante fiamma ed applicare a caldo una o più strisce di polietilene di materiale idoneo (ved. punto a) fino a riempire la cavità, lisciando la superficie con spatola

riscaldata ;

- preparare una pezza di polietilene di materiale idoneo di dimensioni leggermente superiori a quelle della zona da riparare, con spigoli arrotondati ;
- applicare la pezza sulla zona da riparare e pressarla fino ad ottenere una completa adesione tra la pezza ed il rivestimento (applicare un foglio di alluminio sulla pezza solo nel caso di utilizzo di materiali di riparazione che lo richiedono) ;
- riscaldare la zona con fiamma in modo da fondere lo strato di adesivo della pezza con la zona sottostante e battere contemporaneamente con tampone o attrezzo adatto (eliminare il foglio di alluminio se utilizzato a raffreddamento avvenuto) ;
- verificare con holiday detector 25 KV la continuità dielettrica della zona riparata.

2.12 ALLEGATO 2: PROCEDURA DI RIPARAZIONE - RIVESTIMENTO INTERNO IN RESINA EPOSSIDICA

La riparazione si esegue nel seguente modo :

- effettuare sulla zona da riparare una leggera smerigliatura fino a ottenere una superficie metallica completamente pulita;
- rimuovere la polvere ed ogni altro residuo della zona da riparare ;
- applicare sulla zona interessata spruzzo o pennello una o più mani di resina epossidica, precedentemente preparata, fino ad ottenere lo spessore secco di 250 micron.

2.13 ALLEGATO 3: PROCEDURA DI APPLICAZIONE DI MANICOTTI TERMORESTRINGENTI SULLA ZONA DI GIUNZIONE :

2.13.1 Preparazioni della superficie metallica

- eliminazione di eventuali sostanze inquinanti quali terra, olio, ecc ;
- smerigliatura della superficie metallica con smerigliatrice o spazzola abrasiva ;
- leggera smerigliatrice delle zone rivestite in polietilene adiacente interessata all'applicazione del manicotto ;

2.13.2 Preriscaldamento della superficie metallica

- riscaldamento della superficie metallica fino ad una temperatura di circa 50° C;
- la temperatura del rivestimento adiacente dovrà essere di circa 30° C;

2.13.3 Posizionamento del manicotto sul tubo

- rimuovere il foglio protettivo del manicotto ;
- centrare il manicotto ed avvolgerlo al tubo. La sovrapposizione del manicotto sul rivestimento adiacente deve essere minima di 50 mm. La sovrapposizione dei lembi del manicotto deve essere di circa 150 mm ;

2.13.4 Posizionamento delle pezze di giunzione

- centrare la pezza di chiusura sulla zona di sovrapposizione dei due lembi del manicotto ;
- pressare la pezza sul manicotto ;

2.13.5 Riscaldamento della pezza di giunzione

- riscaldare uniformemente la pezza sino ad osservare un deciso viraggio del suo calore ;
- a viraggio avvenuto, premere sulla pezza con guanti o rullo per ottenere una intima fusione tra pezza e manicotto ;

2.13.6 Riscaldamento del manicotto

Riscaldamento del manicotto lungo le sezioni circolari (procedendo dalle sezioni centrali verso quelle laterali) avendo cura che il suo restringimento avvenga senza che restino intrappolate sacche d'aria.

2.13.7 Collaudo

- ispezione visiva per controllare l'assenza di bolle d'aria, di grinze, di sdoppiature, scollamenti dei bordi e della pezza di giunzione ;
- verifica della continuità dielettrica mediante holiday detector tarato con una tensione di prova di 25 KV.

2.14 ALLEGATO 4: PROCEDURA DI RIVESTIMENTO INTERNO DELLA ZONA DI GIUNZIONE

L'operazione deve avvenire secondo la procedura di seguito indicata :

- effettuare sulle estremità non rivestite interne dei tubi (20-30 mm) una leggera smerigliatura fino ad ottenere una superficie metallica completamente pulita ;
- dopo aver realizzato la saldatura rimuovere ogni residuo della zona interna di giunzione mediante energica spazzolatura ;
- applicare sulla zona interessata a pennello o spruzzo uno strato di resina epossidica, precedentemente preparata, sino ad ottenere lo spessore secco di circa 250 micron (durante l'operazione avere cura di non danneggiare il rivestimento interno preesistente).

2.15 COLLAUDO

2.15.1 Generalità

Le operazioni di collaudo dei tubi in acciaio consistono in:

- controlli in officina durante le varie fasi di lavorazione del tubo e di esecuzione del rivestimento

- prove eseguite in opera sia durante i lavori di posa, sia a condotta completa
- acquisizione di certificati e documentazione.

Il dettaglio delle operazioni dovrà essere definito con il costruttore dei tubi sulla base di un piano di controllo della qualità preparato dall'impresa appaltatrice.

La spedizione dei tubi in cantiere dovrà essere accompagnata dalla documentazione comprovante l'esito positivo dei controlli e dei collaudi eseguiti in officina.

2.15.2 Verifiche e prove in fabbrica

Nel corpo della lavorazione dei tubi dovranno eseguirsi i seguenti controlli:

- controllo materie prime - analisi di colata
- controllo radiografico delle saldature elicoidali
- controllo Rx su indicazione UB dopo riparazione saldature
- prova idraulica
- ispezione visiva interna ed esterna
- controllo dimensionale:
 - diametro esterno sul corpo
 - diametro esterno sulla testata
 - spessore
 - sovrametallo
 - rettilinearità
 - fuori squadra testata
- taglio corone per prove meccaniche
- peso e lunghezza
- prove chimiche e meccaniche:
 - analisi chimica
 - trazione trasversale su metallo base
 - trazione trasversale su saldatura
 - prove di piega diritta su metallo base rovescio su saldatura
- continuità dielettrica

- finitura estremità non rivestite
- spessore rivestimento
- prove meccaniche e chimiche del rivestimento esterno:
 - penetrazione
 - aderenza a 25 °C e 60 °C
 - impatto
 - allungamento e rottura
 - resistenza specifica
 - variazione al calore
 - distacco catodico

2.15.3 Verifiche e collaudi in opera

Prova di pressatura idrostatica alla pressione di 20 kg/cmq.

Verranno collaudate intere tratte di condotta isolate mediante sezionamenti opportunamente predisposti.

Per l'esecuzione delle prove di collaudo verranno impiegati soltanto manometri registratori con certificati di taratura rilasciati da un Istituto Universitario o altro Ente equivalente non oltre tre mesi precedenti la prova.

Il numero, le modalità, la durata, la pressione e gli assorbimenti ammessi per le prove verranno concordati caso per caso fra la Direzione dei Lavori, la Commissione collaudatrice, sulla scorta delle indicazioni di progetto e di quelle fornite dal costruttore.

In ogni caso almeno una prova avrà durata non inferiore a 24 ore e le pressioni di prova di massima saranno così fissate in relazione alla natura dei tubi:

Tubazione in acciaio

1,5 pressione di esercizio

Si precisa che la pressione di esercizio è la massima pressione che può verificarsi in un tronco di tubazione nelle più gravose condizioni di funzionamento idraulico comprese le sovrappressioni indotte da fenomeni transitori.

In assenza di uno specifico studio su tali sovrappressioni si assumerà per

pressioni di esercizio il carico piezometrico sulla condotta maggiorato dei massimi valori indicati nella tabella III allegata al Dec. Min. in data 12/12/1985, che approva la "Normativa tecnica per le Tubazioni", e sempre che tale valore sia superiore alla pressione idrostatica maggiorata del 20%.

Si dovranno inoltre eseguire:

- controllo con ultrasuoni sulle giunzioni di testa
- controllo Rx dopo la riparazione delle saldature
- controllo ripristino rivestimenti interni ed esterni
- controllo della continuità dielettrica sulle giunzioni.

2.15.4 Documentazione di collaudo

La documentazione di collaudo sarà costituita dall'insieme dei certificati emessi a seguito delle prove e dei controlli sopra elencati, dalle pellicole radiografiche e dalle analisi chimiche dei materiali.

2.15.5 Prove sul rivestimento esterno

Prova di aderenza

La prova deve essere eseguita a temperatura ambiente.

Per effettuare tale operazione, il rivestimento in polietilene viene incluso lungo la circonferenza, formando una striscia larga minimo 20 e max 50 mm.

la striscia viene tirata, con dispositivo corredato di dinamometro, a 900 rispetto alla superficie del tubo ad una velocità di 10 mm al minuto.

La forza necessaria a tale scopo viene misurata e rappresenta la forza del rivestimento applicato sul tubo.

Tale forza é misurata in N/mm.

Prova di resistenza all'urto

La prova deve essere eseguita a temperatura ambiente.

L'apparecchiatura da impiegare [costituita da:

- una guida tubolare diritta graduata non flessibile, avente una superficie interna liscia e regolare, una lunghezza di almeno 1.50 m. ed un diametro interno non superiore a 60 mm;
- un dardo da scorrere liberamente dentro l'asta con testa di acciaio, con

diametro di 25 mm.

Il peso del dardo deve essere regolare e pari a (0,51 t) kg (dove t è lo spessore medio, in millimetri, misurato in precedenza sul rivestimento in esame).

A questo peso corrisponde una energia di urto pari a 5 j per ogni millimetro di rivestimento (altezza di caduta 1 m).

La determinazione della resistenza all'urto deve essere effettuata con il seguente procedimento:

- Disporre il tubo campione in modo stabile e scegliere 20 punti per l'impatto sulla generatrice più alta;
- Introdurre il dardo nella guida tubolare, con la testa emisferica rivolta verso il basso e tenuta a distanza di 1,00 m dalla superficie del tubo;
- Effettuato l'impatto, si controlla nell'area di urto, la presenza di eventuali discontinuità nel rivestimento mediante holiday detector (25 KV).

Il rivestimento risulta accettabile come resistenza all'urto, soltanto se in nessuno dei punti di impatto l'apparecchio segnala la presenza di discontinuità.

Prova di resistenza alla penetrazione

La prova deve essere eseguita su tre campioni di rivestimento non deformati a temperatura ambiente.

L'apparecchiatura da utilizzare è costituita essenzialmente da un penetratore del peso di 0,25 Kg la cui estremità che sarà a contatto con la provetta) ha forma cilindrica con diametro di 1,8 mm (sezione di contatto 2,50 mmq).

Essa è corredata da un peso addizionale di 2,30 Kg, da fissare sul penetratore e da un comparatore idoneo a misurare la profondità di penetrazione con la precisione assoluta di $\pm 0,01$ mm.

La prova si effettua con il seguente procedimento:

- viene applicato sulla provetta l'estremità del penetratore, senza peso addizionale;
- viene rilevato dopo 5 s il valore zero di riferimento;
- viene applicato il peso addizionale e dopo 24 h viene misurata la

profondità di penetrazione (differenza tra valore dopo 24 h - valore dopo 5).

Il valore di penetrazione é la media aritmetica dei valori ottenuti per le tre provette.

Prova di resistenza specifica del rivestimento

La prova viene eseguita su un campione di tubo rivestito di superficie ≥ 0.03 .

Il rivestimento deve essere a contatto con una soluzione 0.1 M NaCl.

É anche necessario un controlettrodo con superficie $\leq 10 \text{ cm}^2$, una sorgente di corrente continua, tensione 50 v, un amperometro ed un apparecchio di misura della tensione.

Il campione deve restare nella soluzione 100 gg. e possono essere usate le seguenti procedure:

- un'estremità del tubo da collegare viene isolato in modo tale che la superficie di acciaio non venga a contatto con la soluzione.
- Per la misura della resistenza il campione può essere tirato fuori dalla soluzione e quindi bagnato con una qualunque soluzione elettrolitica;
- Sulla superficie del tubo viene applicato un recipiente contenente la soluzione.

Prima di iniziare la prova bisogna assicurarsi con strumento holiday detector 25 KV che la superficie di collaudo non presenti discontinuità. Per effettuare la misura é necessario applicare il polo positivo della sorgente di C.C. al tubo di acciaio ed il polo negativo al controlettrodo. Il controlettrodo deve essere immerso nella soluzione.

La resistenza specifica del rivestimento RS si ricava quindi da:

$$RS = \frac{U \cdot A}{I} \text{ in } m^2$$

- U = Tensione tra controlettrodo e tubo d'acciaio in V
- A = superficie di collaudo

- I = corrente di collaudo

I risultati della misura sono esatti solo se la corrente di dispersione è notevolmente inferiore rispetto a quella che attraversa il rivestimento.

La tensione viene applicata solo durante la misurazione.

La prima misura deve essere eseguita 3 giorni dopo l'inizio della prova.

Successivamente i rilevamenti devono essere eseguiti ad intervalli di 10 gg.

Prova di allungamento e rottura

La determinazione della resistenza a rottura a trazione deve essere eseguita su campioni non deformati.

Dal rivestimento dell'estremità di 1 tubo campione predisposta si ricavano tre provette secondo ISO R 527 tipo 2, il cui asse longitudinale sia orientato nel senso della circonferenza del tubo.

Nella prova si determina con velocità di razione di 50 mm/min.

L'allungamento a rottura dei valori ricavati dalle 3 provette si calcola la media aritmetica.

Il rivestimento è accettabile se il valore medio dell'allungamento a rottura rientra nei limiti stabiliti ($\geq 200\%$).

2.15.6 Prova di invecchiamento ai raggi U.V.

Per la prova vengono ricavate dal rivestimento in polietilene, 5 provette ripulite dalle sostanze adesive ed aventi uno spessore massimo di 2 mm (eventualmente ottenuto mediante abrasione del lato inferiore).

Esse vengono poi esposte, nell'apposito apparecchio di collaudo (cella d'irradiazione munita di lampada allo zeno) per la durata di 2400 ore (andamento costante senza simulazione di pioggia), con una temperatura di (45 + 2) °C ed un umidità relativa compresa tra il 60 o il 70 %.

L'indice di fusione viene determinato secondo ISO 1133 condizione 4 190/2.16 prima dell'irradiazione e ad intervalli di 400 ore.

2.15.7 Prove di invecchiamento termico

La prova di invecchiamento termico viene eseguita in forno ad aria ventilata, su 5 provette, (da ricavare su tubi rivestiti) ripulite dalle sostanze adesive ed aventi uno spessore massimo di 2 mm.(eventualmente ottenuto mediante abrasione del lato inferiore), ad una temperatura di 100 °C per ogni 100 giorni (2400 ore). Per la determinazione dell'indice di fusione le parti di prova vengono estratte dal forno ad intervalli di 400 ore e l'indice di fusione è calcolato secondo ISO 1133 condizione 4 190/2.16.

3. PROTEZIONE CATODICA

Il sistema di protezione catodica proposta si basa sulla tecnica di protezione attiva della tubazione metallica che può essere soggetta a corrosione in quanto posata in ambiente marino.

La tecnica consiste nell'immettere corrente continua nel terreno circostante la condotta da proteggere; così facendo, si mantiene la condotta ad un potenziale più basso rispetto al terreno circostante, ossia ad un potenziale più nobile rispetto a quello di corrosione.

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel nostro paese sono vigenti disposizioni di legge che prescrivono l'adozione della protezione catodica o che comunque la indicano quale mezzo per la protezione dalle corrosioni delle strutture metalliche interrate

3.1.1 La Normativa Nazionale

L'attività normativa in Italia è iniziata nel 1990 con la costituzione da parte dell'UNI della Commissione "Protezione catodica" con il compito di avviare studi normativi a livello nazionale nel settore e di partecipare ai lavori del Comitato Europeo di Normazione (CEN) e dell'Organizzazione Internazionale di Normazione (ISO). Successivamente, per poter meglio interfacciarsi con gli organismi internazionali, la Commissione ha cambiato denominazione assumendo quella attuale di Commissione "Protezione dei materiali metallici contro la corrosione".

La Commissione dovendo mantenere i collegamenti con gli enti normatori internazionali si è strutturata in cinque Gruppi di Lavoro dipendenti direttamente da essa e due Sottocommissioni.

L'attività della sottocommissione 2 "Protezione catodica", svolta attraverso i Gruppi di Lavoro ha consentito di predisporre numerose norme mentre altre commissioni che si interessano di tematiche diverse hanno introdotto nelle normative elaborate richiami relativi alla protezione catodica.

L'attuale situazione normativa che riguarda la protezione dalla corrosione delle

strutture metalliche interrate o immerse può essere così sintetizzata:

3.1.2 Norme UNI pubblicate

UNI EN 12954 Protezione catodica di strutture metalliche interrate o immerse. Principi generali e applicazione per condotte (Marzo 2002)

UNI 11094 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per l'attuazione, le verifiche e i controlli ad integrazione della UNI EN 12954 anche in presenza di correnti disperse (Marzo 2004)

UNI 9783 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Interferenze elettriche tra strutture metalliche interrate (Luglio 1990)

UNI 10166 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Posti di misura (Febbraio 1993)

UNI 10167 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Custodie per dispositivi e posti di misura (Febbraio 1993)

UNI 10265 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Segni Grafici (Settembre 1993)

UNI 10362 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Verifiche e controlli (Aprile 1994)

UNI 10428 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Impianti di drenaggio unidirezionale. (1994)

UNI EN 13509 Tecniche di misurazione per la protezione catodica. (Maggio 2003)

UNI 10405 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Localizzazione del tracciato, di falle del rivestimento e di contatti con strutture estranee (Maggio 1995)

UNI 10428 Protezione catodica di strutture metalliche interrate

3.1.3 Norme UNI - CEI pubblicate

UNI-CEI 8 Dispositivi di protezione catodica. Alimentatori di protezione catodica (Giugno 1997)

UNI-CEI 70029 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo. Criteri generali e di sicurezza (Settembre 1998)

UNI-CEI 70030 Impianti tecnologici sotterranei. Criteri generali di posa (Settembre 1998)

3.1.4 Norme UNI in elaborazione

Oltre alla Commissione UNI 68, anche altri enti federati all'UNI, pur occupandosi di argomenti diversi, trattano temi che interessano la protezione catodica o introducono nella normativa riferimenti a questa tecnica di protezione.

L'UNSIDER, il cui SC14 tratta nel Gruppo di Lavoro 5 "Rivestimenti di prodotti tubolari", ha pubblicato le seguenti norme:

UNI 9099 Tubi di acciaio impiegati per tubazioni interrate o sommerse. Rivestimento esterno di polietilene applicato per estrusione. (Settembre 1989)

UNI 10190 Prodotti tubolari di acciaio impiegati per tubazioni. Rivestimento esterno in nastri di polietilene autoadesivi (Aprile 1993)

UNI 10191 Prodotti tubolari di acciaio impiegati per tubazioni interrate o sommerse. Rivestimento esterno di polietilene applicato per fusione (Aprile 1993)

- UNI 10416/1 Tubi di acciaio impiegati per tubazioni interrate o sommerse. Rivestimento esterno di polipropilene applicato per estrusione. Rivestimento a triplo strato (Dicembre 1993)
- UNI-ISO 5256 Tubi ed accessori di acciaio impiegati per tubazioni interrate o sommerse. Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame. (Novembre 1987)

3.1.5 Norme CEI

Si ritiene utile ricordare che anche il CEI ha pubblicato le seguenti norme che interessano le strutture metalliche interrate:

CEI 9-6 Impianti di messa a terra relativi ai sistemi di trazione elettrica (Agosto 1992)

CEI 11-8 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Impianti di terra

CEI 103-10 Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata da linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata (Maggio 1995)

CEI 9-34 Protezione delle tubazioni metalliche dagli effetti delle interferenze elettromagnetiche provocate da linee di trazione ferroviarie elettrificate in corrente alternata. (Norma sperimentale) (Maggio 1997)

CEI EN 50122-1 Applicazioni ferroviarie - Installazioni fisse. Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra

CEI EN 50122-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane. Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua

Nell' ambito del Sottocomitato SC 11/B "Linee aeree" è stato istituito un gruppo di lavoro che ha il compito di elaborare una bozza di norma relativa alle "Interferenze elettromagnetiche tra linee elettriche e tubazioni"

3.2 CARATTERISTICHE IMPIANTO

Le caratteristiche principali del sistema proposto sono le seguenti:

- Funzionamento interamente elettronico con controllo a SCR e possibilità di regolazione dei seguenti parametri:
 1. corrente massima erogata,
 2. corrente minima erogata
 3. tensione massima di uscita
 4. potenziale di protezione tubo – terra.
- Protezione di uscita sia verso le extra tensioni, sia verso le correnti indotte all'alimentatore;
- Possibilità di eseguire in modo automatico la funzione ON – OFF richiesta dalle norme vigenti per la misura della resistenza d'isolamento della condotta;
- Dispositivo di soft – start per evitare picchi di corrente di rete in fase di accensione;
- Interruttore generale o riarmo automatico per garantire un'adeguata protezione a fronte di extratensioni sulla rete di alimentazione;
- Notevole filtraggio nella tensione di uscita onde evitare di indurre disturbi nel terreno in concomitanza con i fronti di commutazione degli SCR.

La regolazione dei parametri di cui ai punti 1 – 4 verrà eseguita mediante n. 4 potenziometri disposti sul pannello frontale in modo da garantire una risoluzione maggiore del 2%.

La regolazione della corrente massima permette di regolare il valore della corrente erogabile; il valore così stabilito rimane costante (+/- 2%) al variare della tensione di alimentazione o di altri parametri esterni come temperatura, impedenza di uscita, ecc...

La regolazione della tensione massima permette di fissare il valore massimo della tensione di uscita; la regolazione della corrente minima ha lo scopo di garantire che anche in condizioni di potenziale elettrodo – tubo entro i limiti di protezione, venga inviata alla tubazione una corrente che ne migliori le condizioni di protezione anche nei punti più distanti dove non è possibile un controllo diretto ed automatico del potenziale catodico.

Infine, la regolazione del potenziale tubo – terra è eseguita da un potenziometro multigiri per migliorare la risoluzione della regolazione stessa; nella fattispecie, regolando uno specifico dispositivo viene aumentato il potenziale catodico che viene poi mantenuto costante nel funzionamento al variare delle condizioni ambientali.

Il sistema sarà dotato di una serie di strumenti digitali a led per la misurazione dei parametri fondamentali dell'apparecchiatura. Tali strumenti sono:

- Voltmetro per la misura della tensione di uscita;
- Voltmetro ddp. In grado di leggere il potenziale catodico;
- Amperometro di uscita, in grado di misurare la corrente continua erogata.

Saranno previste boccole per la misura degli stessi parametri con strumenti esterni; la lettura della tensione di uscita e del potenziale catodico sono dirette.

Il sistema non necessita di una particolare manutenzione; infatti, sarà sufficiente verificare periodicamente il funzionamento della stessa ed intervenire solo in caso di sospetto mal funzionamento o quando dalle segnalazioni presenti sul pannello di controllo generale.

Tutte le attività saranno eseguite in assoluta conformità alle normative UNI CEI in materia di impianti elettrici e protezione catodica:

Legge 37/08; UNI EN 12954; UNI EN 13509; UNI EN 11094; UNI 9783; UNI 10166; UNI 10167; UNI 10428; UNI-CEI 8; UNI 10611; UNI 10835; UNI 10950; UNI EN 12068; UNI 10265.

È prevista, pertanto la fornitura e posa in opera di n.1 impianto di protezione catodica a corrente impressa da 8A per le tubazioni DN 200 (da installare presso la nuova centrale di sollevamento di Via dei Campi) comprendenti:

Misure elettriche preliminari:

- Misura della resistività.
- Misura del potenziale di libera corrosione
- Registrazioni voltamperometriche.

Alimentatore per protezione catodica con le seguenti:

- Tensione di rete 230 volt;
- Tensione di uscita 50V;
- Corrente regolabile fino a 8A o 5A;
- Regolazione a corrente costante e corrente variabile.

Fornitura di:

- armadio da esterno in vetroresina per alloggio alimentatore;
- morsettiera a 5 elementi per armadio;
- impianto di messa a terra completo di spandente zincato, corda in rame e pozzetto;
- cavo FG7OR sez. 10/16 mm² per collegamento condotta e dispersore.
- n.1 dispersore anodico di tipo verticale profondo comprendente:
 - ✓ realizzazione di trivellazione in terreno di qualsiasi natura e consistenza fino a garantire 40 m di distanza dalla testa del dispersore al p.c (UNI 11094);
 - ✓ massa anodica costituita da n. 8 anodi al FeSi da 23 Kg cad., corredata dei dovuti accessori, sufficiente a garantire l'idonea erogazione di corrente per la protezione della struttura(UNI 11094);
 - ✓ bentonite superventilata e/o carbon coke per il letto di posa del dispersore, se necessario;
 - ✓ tubo di sfiato in PVC;
 - ✓ pozzetto in cls completo di chiusino.

Saranno installati, inoltre, giunti dielettrici su ogni estremità della tubazione, a monte e a valle dei manufatti di linea previsti. Si avranno, pertanto:

- n. 18 giunti DN 200;

Saranno predisposte n. 15 postazioni di misura per i giunti dielettrici e per i

collegamenti equipotenziali delle tubazioni così ripartite:

- n. 12 per le tubazioni DN 200;

3.3 NORME TECNICHE DI FORNITURA E POSA IN OPERA

Per le forniture di materiali e le modalità di esecuzione dei lavori, saranno rispettate le norme tecniche di seguito illustrate.

3.3.1 Alimentatore di protezione catodica

L'alimentatore sarà del tipo specializzato per impianti di Protezione Catodica, in grado di rispondere nel modo migliore a tutte le esigenze di un moderno impianto di protezione catodica.

- Cavi elettrici

Caratteristiche tecniche

- Tensione nominale: 450/750V
- Tensione di prove: 2500V in c.a.
- Temperatura di esercizio max: 70°C
- Temperatura di corto circuito: 160°C
- Conduttore: a corda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolamento: pvc di qualità R2

Cavi

Cavi FG7OR per gli impianti di protezione catodica:

- Da 1x16 mm²: collegamento alla condotta
- Da 1x10 mm²: presa di potenziale
- Da 1x10 mm²: elettrodo di riferimento

Da 1x25 mm²: collegamento del dispersore anodico

Da 1x25 mm²: collegamenti equalizzatori

Cavi NO7V/K per gli impianti di protezione catodica:

- Da 1x16 mm²: impianto di messa a terra

Cavi FROR per gli impianti di protezione catodica:

- Da 2x4 mm²: alimentatore a.c.

Cavo N1VVK da 2x6 mm² per alimentazione ENEL

Cavi FG7OR per il dispersore anodico:

- Da 1x16 mm²: cavo portante per gruppi anodici
- Da 1x16 mm²: cavo in dotazione agli anodi
- Da 1x25 mm²: cavo di collegamento all'alimentatore

- Schema utilizzo cavi

STAZIONE DI PROTEZIONE CATODICA		
Utilizzo - Destinazione	Sez. conduttore	Tipo di cavo
Collegamento alla condotta	1x16 mm ²	FG7OR/4
Presa di potenziale	1x10 mm ²	FG7OR/4
Elettrodo di riferimento	1x10 mm ²	FG7OR/4
Collegamento al disp. anodico	1x16 mm ²	FG7OR/4
Alimentazione a.c.	2x4 mm ²	FROR
Impianto di messa a terra	1x25 mm ²	NO7V/K

DISPERSORE ANODICO		
Utilizzo - Destinazione	Sez. conduttore	Tipo di cavo
Cavo in dotazione agli anodi	1x16 mm ²	FG7OR/4
Collegamento all'alimentatore	1x16 mm ²	FG7OR/4

POSTI DI MISURA E COLLEGAMENTI EQUALIZZATORI		
Utilizzo - Destinazione	Sez. conduttore	Tipo di cavo
Collegamento alla condotta	1x16 mm ²	FG7OR/4
Elettrodo di riferimento	1x10 mm ²	FG7OR/4
Shuntaggio giunto dielettrico	1x16 mm ²	FG7OR/4
Collegamento equalizzatore	1x25 mm ²	FG7OR/4

- Posto di misura elettrica

Saranno installate postazioni di misura in punti significativi lungo le tratte, le quali consentono di controllare costantemente la perfetta funzionalità del sistema di protezione catodica e quindi l'integrità delle condotte.

Le postazioni devono essere realizzate con cavo di rame isolato saldato alla struttura protetta. Sulla verticale della struttura è stato posizionato il cavo collegato all'elettrodo di riferimento fisso al Cu/CuSO₄. I cavi sono stati

convogliati all'esterno attraverso un tubo in acciaio zincato ancorato ad un basamento in cls. All'estremità del tubo sarà montata la cassetta di interruzione.

3.3.2 Armadio da esterno per alloggiamento strumentazioni

L'armadio utilizzato avrà un grado di protezione IP44 costituito da vetroresina poliestere preimpregnata in fogli, stampata a caldo, con elementi assemblati ad incastro e serrati con viti; i moduli sono sostituibili (anche in opera, ad impianto realizzato) con coperchio montato su cerniere in lega di alluminio pressocolato, smontabile.

- **Installazione**

L'armadio sarà fissato ad un controtelaio in profilato in acciaio (mediante bulloni $\phi 8$ mm), il controtelaio è annegato nel basamento di calcestruzzo magro, in cui sono praticati fori $\phi 50$ mm per il passaggio di tubi PVC (per cavi elettrici).

L'installazione è a pavimento, in zoccolo su piantana di acciaio plastificato.

L'armadio è dotato di proprio sistema di aerazione, portacontatore indipendente, gabbia metallica con porta e lucchetto, guide porta apparecchiatura in lega di alluminio pressocolato, zoccolo stampato in vetroresina per alloggiamento cavi, porta incernierata completa di serratura con chiave di sicurezza a cifratura unica, cerniere interne in lega di alluminio ruotanti su solette antibloccanti in materiale termoplastico, prese d'aria anteriori e sottotetto con labirinto di protezione.

Le parti metalliche esterne sono in acciaio inox o in acciaio zincato a caldo ed elettricamente isolate con l'interno.

- **Accessori e ricambi**

Bocchette d'aerazione, calotta esterna in SMC, griglia di protezione interna in PVC, componenti per realizzazione quadri, controporte custodia porta schede in materiale termoplastico trasparente, incernieramento a chiusura rapida, segnaletica antinfortunistica, golfari di sollevamento in profilato di acciaio zincato, con filetto M8 di portata massima 120 kg, guide portaripiani in lega di alluminio pressocolate con portata massima cadauna guida massimo 120 kg, viterie in acciaio inox AISI 304, telai di ancoraggio a pavimento in profilato di

acciaio zincato a caldo

3.3.3 Esecuzione dei lavori e fornitura dei materiali

- Fornitura e posa in opera di cavo elettrico interrato

Forniture

- cavo elettrico
- materiali per giunzioni meccaniche o saldatura a stagno
- materiale per il ripristino dell'isolamento del cavo nei punti di saldatura o giunzione
- sabbia di fiume.

Prestazioni

- scavo, spandimento della sabbia, stendimento del cavo, rinterro
- saldature a stagno

- Fornitura e posa in opera di cavo interrato in tubazione di pvc

Forniture

- cavo elettrico
- saldature a stagno
- materiali per il ripristino dell'isolamento del cavo nei punti di saldatura
- tubo guaina flessibile tipo pesante $\phi 40\text{mm}$
- cassette di derivazione, curve, manicotti per giunzione dei tubi guaina

Prestazioni

- scavo
- infilaggio del cavo elettrico nel tubo guaina
- saldature a stagno
- giunzioni dei tubi guaina
- posa dei tubi guaina
- rinterro

- Fornitura e posa in opera di cavo elettrico a vista.

Forniture

- cavo elettrico

- prigionieri a sparo
- collari

Prestazioni:

- fissaggio del cavo alle pareti del manufatto mediante prigionieri a sparo e collari

- Fornitura e posa di cavo per collegamento degli elementi

Forniture

- cavo elettrico
- materiali per saldature a stagno
- fascette di plastica
- prigionieri a sparo
- materiali per il ripristino dell'isolamento del cavo nei punti di saldatura
- collari

Prestazioni

- saldature a stagno
- fissaggio dei cavi alla tubazione mediante fascette di plastica
- infilaggio dei cavi nel foro trivellato
- fissaggio dei cavi alla parete del pozzetto terminale fino alla morsettiera mediante prigionieri a sparo e collari.

- Fornitura e posa in opera di cippi segnacavi o termini di confine

Forniture

- cippo segnacavo
- calcestruzzo per il basamento del cippo segnacavo

Prestazioni

- scavo per l'alloggio del basamento in calcestruzzo
- casseforme
- basamento in calcestruzzo
- messa in opera del cippo segna cavo
- recupero casseforme
- rinterro

- ripristino dei siti
 - Fornitura e posa in opera di cassetta di interruzione

Forniture

- cassetta stagna
- supporto in bachelite
- morsettiera a cinque elementi
- organi di fissaggio del supporto in bachelite all'interno della cassetta, della morsettiera al supporto isolante e della cassetta alla parete del manufatto
- cavo elettrico
- bulloni $\phi 10$ mm completi di dado e controdado
- prigionieri a sparo e collari
- capicorda in rame
- materiale per saldatura a stagno
- primer

Prestazioni

- fissaggio della morsettiera al supporto isolante, del supporto isolante all'interno della cassetta, della cassetta alla parete del manufatto
 - collegamento dei capicorda ai terminali dei cavi
 - collegamento dei cavi alla morsettiera
 - fissaggio del cavo alle pareti del manufatto mediante prigionieri a sparo e collari
 - asportazione del rivestimento del tubo per effettuare la saldatura, pulizia del metallo, limatura della superficie del metallo pulito
 - fissaggio dei cavi al bullone con dado e controdado già saldato alla tubazione
 - ricopertura della saldatura con primer.
-
- Fornitura e posa di cassetta di interruzione a colonnina.

Forniture

- cassetta del tipo a colonnina con supporto in bachelite

- morsettiera a cinque elementi
- elementi di fissaggio del supporto in bachelite e della morsettiera
- cavi elettrici dalla morsettiera al basamento in calcestruzzo della colonnina
- capicorda in rame
- materiale per saldatura a stagno
- tubi guaina flessibile tipo pesante $\phi 40\text{mm}$
- calcestruzzo per il basamento della colonnina.

Prestazioni:

- scavo per l'alloggio del basamento in calcestruzzo
- messa in opera di cassetta a colonnina e tubi guaina flessibile
- infilaggio dei cavi nei tubi guaina e nella colonnina fino alla morsettiera
- basamento in calcestruzzo
- rinterro
- sistemazione dei siti
- fissaggio della morsettiera al supporto isolante e del supporto isolante all'interno della cassetta
- collegamento dei cavi alla morsettiera
 - Fornitura e posa in opera di cassetta di misura a colonnina
 - Morsettiera a cinque elementi

Forniture

- cassetta a colonnina con: supporto in bachelite, morsettiera a cinque elementi, voltmetro, interruttore a levetta, elementi di fissaggio del supporto in bachelite e delle apparecchiature elettriche
- cavo elettrico dalla morsettiera alla tubazione
- cavo elettrico dalla morsettiera al basamento in calcestruzzo della colonnina
- prigionieri a sparo, collari, bulloni $\phi 10\text{mm}$ completi di dado e controdado
- primer di bitume, bitume
- materiale per il cablaggio delle apparecchiature nella cassetta

- capicorda in rame
- materiali per saldatura a stagno
- tubi guaina flessibile tipo pesante $\phi 40\text{mm}$
- calcestruzzo per il basamento della colonnina

Prestazioni

- scavi per l'alloggio del basamento in calcestruzzo e per l'interramento del cavo di collegamento dalla tubazione da proteggere alla morsettiera della colonnina
- casseforme per il basamento in calcestruzzo
- messa in opera della cassetta a colonnina
- messa in opera dei tubi in guaina
- infilaggio dei cavi nei tubi guaina e nella colonnina fino alla morsettiera contenuta nella cassetta
- fornitura di pareti in calcestruzzo per l'inserimento del tubo di guaina flessibile
- inserimento del tubo guaina nel foro praticato nella parete del manufatto per tutto lo spessore della parete stessa
- posa del cavo da interrare e infilaggio del cavo nel tubo guaina
- fissaggio del cavo alla parete del manufatto mediante prigionieri a sparo
- asportazione del rivestimento del tubo per effettuare la saldatura, pulizia del metallo, limatura della superficie del metallo pulito, saldatura del bullone alla condotta e fissaggio del cavo con capicorda, ricopertura della saldatura con primer di bitume e poi con bitume
- basamento di calcestruzzo
- recupero casseforme
- rinterro
- spandimento o trasporto a discarica delle materie eccedenti lo scavo ed il successivo rinterro del basamento in calcestruzzo
- sistemazione dei siti
- fissaggio della morsettiera, del voltmetro e dell'interruttore a levetta sul supporto in bachelite o materiale similare
- cablaggio delle apparecchiature elettriche

- fissaggio del supporto isolante all'interno della cassetta
- collegamento dei cavi alla morsettiera

- Pozzetto di ispezione per, impianto di messa a terra ed elettrodi di riferimento al Cu/CuSO₄

Forniture

- pozzetti
- calcestruzzo per il massetto di appoggio dei pozzetti
- chiusino in grigliato per pozzetto dispersore, coperchi per pozzetti di messa a terra ed elettrodo di riferimento

Prestazioni

- scavo per l'alloggio del massetto di appoggio del pozzetto
- massetto in calcestruzzo per appoggio pozzetto, compreso il foro con $\phi 15\text{cm}$ per il passaggio delle testate degli elementi dispersori o degli elettrodi di riferimento
- posa in opera del pozzetto
- rinterro
- posa in opera di chiusino al pozzetto del dispersore
- posa in opera dei coperchi ai pozzetti di messa a terra ed elettrodo
- sistemazione dei siti
- rinterro

- Dispersore Verticale e perforazioni

Forniture

- Anodi al FeSi
- Distanziatori per anodi con disco in gomma
- Cavo FG7OR Da 1x16 mm² per gruppi anodici
- macchinari per perforazione a distruzione del nucleo
- acqua per il raffreddamento e la lubrificazione dell'attrezzo perforante
- tubo in PVC, per evitare franamenti delle pareti del foro

Prestazioni

- perforazione
 - messa in opera di anodi al FeSi all'interno della perforazione
 - messa in opera di bentonite superventilata tipo 7c
 - messa in opera di cavo FG7OR da 1x16 mm² per gruppi anodici
 - messa in opera di tubo PVC rigido ϕ 220mm per evitare franamenti delle pareti del foro sino a 3 m dal piano di campagna
 - spandimento e trasporto a discarica delle materie risultanti dalla perforazione
- Fornitura e posa in opera di carbone di petrolio calcinato

Forniture

- carbon coke di petrolio calcinato
- acqua potabile e fango bentonitico per miscelazione col carbone al 25%
- macchina per la miscelazione

Prestazioni

- impasto di carbone di petrolio calcinato con acqua al 25%
- getto dell'impasto nel foro trivellato.

- Cassetta stagna con dispositivo di protezione sulla c.a.

Forniture

- cassetta stagna
- interruttore differenziale magnetotermico 16A In 0,030A, scaricatore differenziale, prese di corrente 2x6A + T, presa di corrente 2x6A + T protetta da fusibile 4A
- organi per il fissaggio degli elementi al supporto isolante

Prestazioni

- fissaggio degli elementi di cui sopra al supporto isolante

cassetta stagna con dispositivo di protezione sulla c.c.

Forniture

- cassetta stagna IP65
- impedenze di filtro, scaricatori con tensioni di isolamento 75V C.C.

- organi per il fissaggio degli elementi al supporto isolante

Prestazioni

- fissaggio degli elementi di cui sopra al supporto isolante
 - Elettrodo di riferimento

Forniture

- elettrodo di riferimento a Cu/CuSO₄ completo di solfato di rame
- cavo elettrico per il collegamento dell'elettrodo allo strumento di misura
- organi per il collegamento del cavo all'elettrodo
- materiali per saldatura a stagno o giunzioni meccaniche
- connettori di rame
- materiali per il ripristino dell'isolamento dei cavi

Prestazioni

- scavo per la posa dell'elettrodo e del cavo di collegamento
- posa in opera dell'elettrodo
- collegamento del cavo all'elettrodo
- posa del cavo
- collegamento dei cavi
- isolamento delle giunzioni o delle saldature a stagno
- rinterro
 - Fornitura e posa in opera di treccia di rame

Forniture

- treccia di rame; sezione 25 mm²
- capicorda di rame
- materiali per connessioni meccaniche

Prestazioni

- scavo
- posa in opera della treccia di rame
- rinterro
- collegamento dei capicorda di rame ai terminali della treccia di rame, per il collegamento all'elemento dispersore, alle apparecchiature elettriche

ed alla morsettiera

- Esecuzione di punto di iniezione e presa di potenziale

Forniture

- cavo elettrico
- tubo guaina flessibile $\phi 40$ mm del tipo pesante
- capicorda di rame
- materiali per il ripristino dell'isolamento del cavo
- bullone del $\phi 10$ mm completo di dado, controdado e due rondelle
- primer

Prestazioni

- scavo
- messa a nudo della condotta
- saldature del bullone sulla condotta
- infilaggio dei cavi elettrici nel tubo guaina
- serraggio dei capicorda alle estremità dei cavi, mediante pinze speciali
- fissaggio dei cavi sul bullone con dado, controdado e rondelle
- isolamento delle giunzioni
- posa del tubo guaina
- rinterro

- Esecuzione di messa a terra di sicurezza

Forniture

- puntazze in ferro zincato a croce 50x50x3, lungh. 1000 mm
- anelli in cls 400x400x400 mm.
- coperchi per anelli in cls 400x400 mm;
- cordina di rame nudo 25 mm²
- tubo guaina $\phi 40$ mm del tipo pesante
- capicorda, morsetti e quant'altro per i collegamenti

Prestazioni

- posa in opera delle puntazze

- esecuzione di fori $\phi 50$ mm sul lato degli anelli in cls per il passaggio della cordina di rame nudo
- scavo per l'alloggio degli anelli in cls sulle puntazze
- posa in opera degli anelli sulle puntazza per una profondità di 350 mm
- scavo per l'alloggio della cordina di rame nudo da un anello all'altro e dall'ultimo anello all'impianto di protezione catodica
- alloggiamento del tubo guaina $\phi 40$ mm nello scavo dall'ultimo anello all'impianto di protezione catodica
- fissaggio della cordina di rame nudo alle puntazze di messa a terra mediante capicorda in rame e apposite morsettiere e posa in opera da un' anello all'altro
- infilaggio della cordina di rame nudo nel tubo guaina dall'ultimo anello all'impianto di protezione catodica e fissaggio alla morsettiera di messa a terra dello stesso
- posa in opera dei coperchi sugli anelli in cls e fissaggio con conglomerato cementizio a presa rapida
- rinterro degli scavi per l'alloggio della cordina e degli anelli in cls

3.4 MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO

L'alimentatore può funzionare in modo automatico a potenziale costante o in modo corrente costante.

Il modo di funzionamento può essere selezionato mediante un interruttore disposto sul pannello comandi.

Funzionamento Automatico .

Quando è presente un elettrodo di riferimento (in genere Cu-CuSO₄-solfato di rame) questo può essere utilizzato come riferimento per l'alimentatore. In questo caso è consigliato ruotare i potenziometri corrente e tensione di uscita in senso orario fino al massimo. Con il potenziometro multigiri si potrà regolare ora il potenziale catodico fino al valore voluto. La corrente e la tensione di uscita dipendono ora solo dal potenziale richiesto.

Funzionamento a corrente costante.

In questo modo di funzionamento l'elettrodo di riferimento è utilizzato solo per misurare il potenziale catodico. La corrente erogata dall'alimentatore viene regolata con il potenziometro corrente di uscita fino a raggiungere il valore voluto che rimarrà stabile nel tempo.

Dispositivo Pausa – Lavoro

L'alimentatore è corredato di un dispositivo di ON –OFF inseribile a mezzo interruttore ausiliario ed avente la possibilità di programmare in modo indipendente i tempi di ON e OFF da 0,1 sec a ore.

Il timer accessibile sul pannello frontale, attiva un dispositivo statico di potenza che agisce sul ramo dispersore aprendo e chiudendo il circuito.

Dispositivo Soft - Start

Per evitare picchi di corrente di avviamento al momento dell' accensione sono previsti due interventi di soft – start:

Il primo sulla tensione di alimentazione inserendo una resistenza di potenza che verrà successivamente cortocircuitata.

Il secondo sulla scheda elettronica in modo da garantire una partenza lente dei parametri di controllo dopo ogni mancanza di alimentazione.