



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Elettrotecnica

Tesi di Laurea Triennale

**STUDIO DI IMPIANTI ELETTRICI DI PROTEZIONE
CATODICA NELL'AMBITO DEL TRASPORTO DEL GAS
METANO IN CONDOTTE METALLICHE INTERRATE, SULLA
BASE DI ELEMENTI NORMATIVI, NORME, STANDARDS
NAZIONALI E INTERNAZIONALI.**

Relatore: Prof. Roberto Turri

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA

Laureando: Antonelli Davide

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

INDICE:

Sommario	pag. 3
1. Introduzione	pag. 4
2. Panoramica sulla protezione catodica	pag. 5
2.1. Aspetti elettro-chimici	pag. 5
2.2. Potenzialità e velocità di corrosione	pag. 6
2.3. Potenziale di protezione	pag. 7
2.4. Criteri di protezione	pag. 9
2.5. Densità di corrente di protezione	pag. 11
2.6. Rivestimenti e strati protettivi	pag. 13
2.7. Applicazione della protezione catodica	pag. 14
2.8. Interferenza elettrica	pag. 16
2.9. La protezione catodica nei terreni	pag. 20
3. La protezione passiva in Snam Rete Gas	pag. 26
3.1. Criteri di applicazione della protezione passiva	pag. 26
3.1.1 La preparazione superficiale	pag. 28
3.1.2 Applicazione della protezione passiva	pag. 29
3.2. Qualifica applicazione rivestimenti	pag. 39
3.2.1. Prove e collaudi	pag. 42
3.3. Direzione lavori	pag. 45
3.4. Verifica stato rivestimento nelle condotte interrate	pag. 45
4. Progettazione e gestione degli impianti di protezione catodica	pag. 47
4.1. PC ad anodi galvanici: dimensionamento	pag. 48
4.2. PC a corrente impressa: dimensionamento	pag. 50
4.3. Accessori	pag. 53
4.4. Misura del potenziale	pag. 53
4.4.1. Contributi nella misura	pag. 54
4.4.2. Tipi di elettrodi	pag. 54
4.4.3. Punti di misura	pag. 54
4.5. Sistema di protezione catodica (SPC)	pag. 55
4.6. Collaudo sistema di protezione catodica	pag. 57
4.6.1 Collaudo dello stato elettrico del SPC di linea	pag. 57
4.6.2 Collaudo dello stato elettrico del SPC di opera concentrata	pag. 58
4.7. Monitoraggio protezione catodica in Snam Rete Gas	pag. 58
4.7.1. Efficienza del sistema di protezione catodica	pag. 60
5. Conclusioni	pag. 60
Allegati	
Bibliografia	

SOMMARIO

La relazione vuole riassumere l'operato di Snam Rete Gas S.p.A. nell'ambito della salvaguardia della rete di metanodotti dalla corrosione partendo da un'analisi teorica del problema con riferimento: ai processi chimici-elettrolitici che descrivono l'evoluzione di ossidoriduzione del ferro, all'analisi dei fenomeni elettrici che costituiscono e descrivono il processo elettrolitico; per poi esaminare in chiave più tecnica le scelte e gli interventi del Trasportatore (Snam Rete Gas S.p.A.). Si prosegue infatti con la trattazione della *protezione passiva*, ovvero dei criteri di isolamento adottati, per poi trattare la progettazione degli impianti di protezione catodica e la loro gestione e manutenzione una volta in esercizio.

In accordo col professore ing. Turri al lavoro si è voluto dare un'impronta didattica, così che sia uno strumento in più a disposizione dello studente frequentante il corso di impianti elettrici eventualmente interessato a questo settore.

1. INTRODUZIONE

Lo studio e l'applicazione di impianti di protezione catodica nascono dall'esigenza di proteggere strutture metalliche dall'azione della corrosione. Si stima che il prezzo pagato ogni anno, dall'intera economia mondiale per sopperire ai danni causati dalla corrosione ammonta a circa il 4% del PIL.

Attuare sistemi capaci di preservare il metallo dal processo di ossidazione può risultare un investimento apprezzabile nel tempo.

La protezione catodica è una tecnica che da molti anni trova impiego nella prevenzione dalla corrosione delle strutture interrate come oleodotti e gasdotti, tuttavia negli ultimi anni il suo impiego si estende a strutture marine, civili - come strutture in calcestruzzo armato - o impianti industriali come scambiatori di calore.

La Protezione Catodica, di seguito definita per abbreviazione PC, è una tecnica elettrochimica di prevenzione della corrosione, che viene applicata ai materiali metallici posti a contatto con ambienti aggressivi aventi un'apprezzabile conducibilità elettrica. La sua applicazione si attua facendo circolare una corrente continua fra un anodo, posto nell'ambiente (elettrolita) ed il catodo costituito dalla stessa struttura da proteggere; la corrente riduce la velocità di corrosione fino a fermarla.

Di norma l'impiego di tali sistemi avviene laddove il rapporto costi/benefici risulta conveniente; diversamente in particolari applicazioni, potenzialmente rischiose, rientra nei costi attribuibili alla sicurezza.

Il lavoro che segue riporta l'esperienza pratica svolta durante il tirocinio fatto in Snam Rete Gas S.p.A., società del gruppo ENI S.p.A., la quale si occupa del trasporto di gas naturale sul territorio nazionale italiano, presso il Distretto Nord Orientale a Padova. Nello specifico il tirocinante ha affiancato il personale dell'ufficio Esercizio, responsabile della progettazione, supervisione della realizzazione, nonché coordinazione della manutenzione delle condotte di trasporto del gas.

La massima disponibilità e cortesia dello staff, a partire dal responsabile di Distretto, l'ing. Vincenzo Mauro Cannizzo, presidente dell'APCE¹, e di tutto il personale Snam Rete Gas, ha sicuramente aggiunto valore ad un'esperienza già di per sé notevole.

¹ APCE è un'Associazione libera senza finalità di lucro fondata nel 1981 da Enel, SIP (oggi Telecom Italia), SNAM (oggi Snam Rete Gas) per rispondere alle esigenze degli Enti proprietari di strutture nel sottosuolo. Ha lo scopo di promuovere e coordinare iniziative che favoriscono la collaborazione tra gli associati per studiare e risolvere problemi connessi con la protezione delle strutture metalliche dalle corrosioni elettrolitiche, anche riguardo alle interferenze elettriche che possono sorgere tra le strutture. L'Associazione è stata riconosciuta dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas come organismo tecnico competente per definire linee guida nel campo della protezione catodica di condotte metalliche.

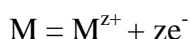
Tra i Soci di APCE sono inclusi il Ministero delle Comunicazioni, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Rete Ferroviaria Italiana, Italgas e Enel Rete Gas.

2. PANORAMICA SULLA PROTEZIONE CATODICA

Le prime applicazioni industriali, dopo alcune diversamente soddisfacenti, risalgono al primo lustro del XX secolo. Negli U.S.A. E.G. Cumberland applicò un impianto di protezione catodica a difesa delle casse d'acqua dei condensatori di grossi navi dall'azione corrosiva delle acque marine. Il tedesco H. Geppert utilizzò un impianto a corrente impressa per neutralizzare l'azione di correnti vaganti, disperse da impianti di trazione a corrente continua, su tubazioni interrata². Negli anni 50 la protezione catodica diventa una tecnica che trova impiego nella prevenzione dalla corrosione delle strutture interrate come oleodotti e gasdotti, tuttavia negli ultimi anni il suo impiego si estende a strutture marine, civili - come strutture in calcestruzzo armato - o impianti industriali.

2.1 ASPETTI ELETTRO-CHIMICI

In una situazione ideale, un metallo posto in un elettrolita si trova in equilibrio con i suoi ioni, secondo la relazione:



Il metallo in tali condizioni possiede un potenziale di equilibrio indicato con E_{eq} , che assume il valore espresso dalla legge di Nernst:

$$E_{eq} = E^0 + K \log C$$

dove E^0 è il potenziale standard del metallo, K è una costante e C è la concentrazione dei suoi ioni nell'elettrolita a contatto con la sua superficie di norma nell'ordine di 10^{-6} moli/l³.

Un metallo, immerso in un elettrolita, è soggetto ad una reazione con lo stesso se il potenziale E a cui è sottoposto è diverso da quello di equilibrio E_{eq} :

- se $E > E_{eq}$ il metallo passa in soluzione (comportamento anodico)
- se $E < E_{eq}$ gli ioni del metallo si riducono (deposizione del metallo, ovvero comportamento catodico).

Il potenziale E si discosta da quello di equilibrio E_{eq} quando una corrente si scambia tra il metallo e la soluzione (in altre parole degli elettroni devono essere ceduti o acquisiti dal metallo).

² Luciano Lazzarri, Pietro Pedeferra, Marco Ormellese, "Protezione catodica", Polipress 2006

³ M. Pourbaix, "Lectures on Electrochemical Corrosion", Plenum Press 1973



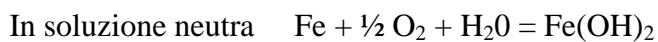
Fig.2.1 condotta interessata da corrosione, superficie ripulita con sabbiatura

2.2 POTENZIALE E VELOCITA' DI CORROSIONE

Come si è detto l'ossidazione di un metallo – corrosione – avviene solo se il metallo è portato ad un potenziale più nobile di quello di equilibrio, ciò può avvenire in due modi:

- se può aver luogo un processo catodico avente un potenziale di equilibrio superiore a quello di equilibrio del metallo
- se si è in presenza di interferenze da correnti disperse

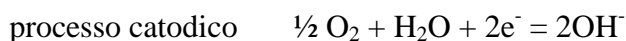
Gli acciai al carbonio, o basso legati, esposti in un acido o in un ambiente naturale, subiscono corrosione secondo le relazioni seguenti:



Queste due relazioni sono la somma di una reazione di ossidazione, che rilascia elettroni:



e di una relazione catodica che consuma tali elettroni. Negli ambienti naturali la reazione catodica è la riduzione dell'ossigeno:



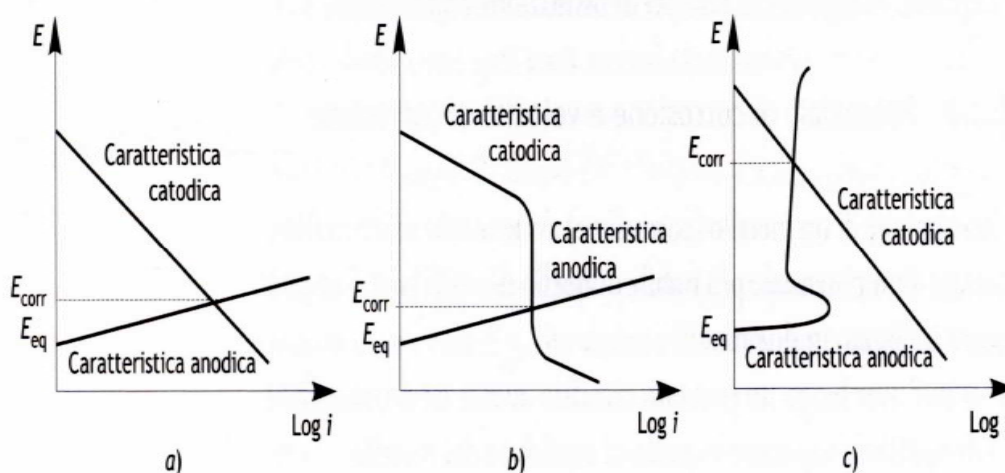
mentre nelle soluzioni acide è lo sviluppo di idrogeno:



Il numero di elettroni prodotti o consumati in un secondo è necessariamente lo stesso, cosicché la velocità del processo anodico, I_a , è uguale alla velocità del processo catodico, I_c , e uguale alla velocità di corrosione, $I_a = I_c = I_{\text{corr}}$.

Poiché per ragioni termodinamiche la corrosione avviene quando $E > E_{\text{eq}}$, il potenziale del metallo, detto *potenziale di corrosione*, E_{corr} , cade nell'intervallo compreso tra i due potenziali di equilibrio, quello del processo catodico e quello del metallo.

In pratica E_{corr} è dato dal punto di intersezione delle due caratteristiche anodica e catodica come schematizzato in figura:



Il lavoro motore, ΔE , disponibile per il prodursi del processo anodico, è in questo caso dato dalla differenza tra il potenziale di corrosione, E_{corr} , e quello di equilibrio del metallo, E_{eq} ($\Delta E = E_{\text{corr}} - E_{\text{eq}}$). La velocità di corrosione, v , pari alla corrente scambiata tra le zone anodiche e quelle catodiche, può essere espressa come rapporto tra le due grandezze ΔE e K :

$$v = \Delta E * K^{-1}$$

dove K è la resistenza della reazione anodica. Nel caso di materiali a comportamento attivo-passivo (ad esempio, acciai inossidabili ed il ferro nel calcestruzzo), la resistenza K cresce enormemente con la formazione del film di passività. La condizione che si raggiunge è detta di metallo passivo.

2.3 POTENZIALE DI PROTEZIONE

In termini generali, si può affermare che l'efficacia della PC dipende da due effetti distinti, entrambi provocati dall'abbassamento del potenziale:

- uno termodinamico, connesso con l'annullamento del lavoro motore
- uno cinetico, legato all'aumento della resistenza di reazione.

Effetti di tipo termodinamico:

Se il potenziale del metallo è portato al di sotto di quello di equilibrio ($E < E_{eq}$) il processo di ossidazione del metallo (ovvero il processo anodico) non può avvenire. In altre parole, a questi potenziali il metallo non ha alcuna tendenza a passare alla forma ossidata e quindi a formare prodotti di corrosione; anzi, sono questi che, se presenti, tenderebbero a ridursi a metallo. Queste condizioni sono dette di *immunità termodinamica*. In condizioni di equilibrio con i suoi ioni il potenziale assume il valore espresso dalla legge di Nernst:

$$E_{eq} = E^0 + 2,3 \frac{RT}{2F} \text{Log } a_{Fe^{2+}} = E^0 + 0,03 \text{Log } a_{Fe^{2+}}$$

Dove:

R = costante universale dei gas

T = temperatura assoluta

F = la costante di Faraday

$a_{Fe^{2+}}$ = la concentrazione degli ioni in soluzione a contatto con la superficie esposta all'elettrolita.

Calcolare caso per caso il potenziale di equilibrio risulta complicato e comunque poco attendibile nel caso in cui le condizioni al contorno siano variabili. Un metodo più immediato e altrettanto valido risulta essere il calcolo impostato da Pourbaix.⁴ Esso infatti impiegando la legge di Nernst con concentrazione costante fissata a 10^{-6} moli/L⁻¹ fa ha supposto di considerare immune da corrosione un metallo che si trovi a potenziali più negativi del suo potenziale di equilibrio.

Se il potenziale cui è soggetto il metallo non è sufficientemente basso da annullare il lavoro motore (cioè $E_{eq} < E < E_{corr}$) la velocità di corrosione v risulta ridotta, non annullata. Viene definita condizione di quasi immunità. In pratica il potenziale di protezione è anche ottenuto con il metodo della “estrapolazione della retta di Tafel”, cui risulta per il ferro, circa 10 $\mu\text{m}/\text{anno}$. Tali condizioni dette di quasi immunità si raggiungono quando il potenziale è portato a valori vicini a quelli di equilibrio tanto da rendere ΔE molto piccolo e quindi la velocità di corrosione trascurabile. Le strutture in acciaio al carbonio interrate o in acqua di mare, che sono protette catodicamente imponendo potenziali più negativi di -0,85 V o di -0,95 V CSE¹ in presenza di batteri solfato-riduttori, operano in condizioni di quasi-immunità.

In definitiva, considerata la difficoltà di identificare il potenziale *assoluto* di protezione, ha senso considerare potenziali di protezione *pratici*. Questi, elencati nella tabella che segue, sono riconosciuti in tutto il mondo e sono frutto dell'analisi costi/benefici dell'esperienza maturata sul campo.

⁴ M. Pourbaix, “Lectures on Electrochemical Corrosion”, pag. 57 [2], Plenum Press 1973

Metalli	Potenziali di equilibrio e di protezione per immunità (V SHE' a 25°C)		
	Ph = 0	Ph = 7	Ph = 14
argento	0,44	0,44	0,32
rame	0,12	0,12	-0,38
piombo	-0,31	-0,31	-0,74
ferro	-0,62	-0,62	-0,92
alluminio	-1,78	-1,78	-2,06

¹CSE indica l'elettrodo di riferimento rame/solfato di rame saturo meglio descritto successivamente

²SHE standard Hydrogen Electrode, indica l'elettrodo di riferimento di idrogeno.

Effetti di tipo cinematico:

Come si è detto, gli effetti di tipo cinematico non sono connessi con la riduzione del lavoro motore, ΔE , che pure si verifica, ma con il fatto che l'abbassamento del potenziale provoca un aumento della resistenza di reazione, K . Su un metallo attivo-passivo, un abbassamento del potenziale nel campo di passività comporta un effetto di tipo *cinetico* di irrobustimento del film passivo e aumento della resistenza di reazione anodica. Questo tipo di protezione, detto per passività, porta il metallo ad un potenziale più negativo di quello di pitting, ma più nobile di quello di equilibrio. Tra questi gli acciai inossidabili in genere, le armature nel calcestruzzo o più in generale il ferro in ambiente alcalino. In questi casi si realizzano condizioni di protezione dovute alla formazione di film protettivi sulla superficie di contatto con l'elettrolita che di fatto portano la velocità di corrosione a valori particolarmente bassi.

Un effetto cinematico negativo legato al trasporto di corrente è rappresentato dal fenomeno detto elettro-osmosi per il quale la circolazione di corrente favorisce un flusso d'acqua dall'anodo al catodo generando essiccamento del terreno circostante l'anodo aumentandone la resistenza anodica.

Entrambe le reazioni catodiche, di riduzione di ossigeno e di sviluppo di idrogeno inducono un aumento del Ph sulla superficie del metallo che porta alla formazione di un deposito calcareo protettivo e l'instaurarsi di condizioni di passività. Quindi l'aumento del Ph porta ad una minor aggressività ambientale a meno dei materiali a comportamento anfotero (come alluminio e piombo) ove tale aumento porta alla dissoluzione del materiale stesso.

2.4 CRITERI DI PROTEZIONE

Il potenziale di protezione per ciascun materiale metallico è ottenuto, in pratica, con una procedura sperimentale, per cui esso corrisponde al potenziale al quale la velocità di corrosione è accettabile dal punto di vista ingegneristico. Questi valori di potenziale di protezione "pratici" sono quelli indicati anche dalle norme e standard di riferimento, riportati nella tabella che segue:

Metalli	Acqua di mare		
	Terreno V rif. CSE	V rif. AAC	V rif. ZN ³
Acciaio al carbonio: - condizioni normali -condizioni anaerobiche	-0,85	-0,80	+0,25
- nel calcestruzzo	-0,95	-0,90	+0,15
Rame e sue leghe	-0,75	-0,70	+0,35
Piombo	-0,45 / -0,60	-0,50	+0,55
Zinco	-0,50 / -0,65	-0,45 / -0,60	+0,60
Alluminio	-1,00	-1,05	0
Acciaio inossidabile	-0,80	-0,90	+0,15
	-0,40	-0,50	+0,55

³ Indica l'elettrodo di riferimento di zinco (zinco puro)

In alcuni casi particolari sono applicabili altri criteri dettagliati di seguito.

Criterio dei 300 mV o di swing

Si applica nel caso di strutture interrato nude o dotate di rivestimento scadente. In questi casi applicare il criterio dei *potenziali di protezione pratici* non risulta conveniente in quanto la resistenza limitata del sistema elettrolita - struttura implicherebbe correnti troppo elevate. Si procede per tanto a garantire un potenziale inferiore di 30mV rispetto a quello di libera corrosione.

Criterio dei 100 mV di depolarizzazione

A partire dal potenziale di libera corrosione della struttura, osservato togliendo la protezione a una distanza temporale che supera le 4 ore, si applica una depolarizzazione di 100 mV. Osservando la *retta di Tafel* dell'anodica del ferro si denota che tale depolarizzazione porterebbe la velocità di corrosione residua ad un valore circa 2 ordini di grandezza inferiore alla velocità di libera corrosione.

Presenza di batteri solfato-riduttori

Si stima che la quasi metà degli attacchi di corrosione riscontrati sulle tubazioni interrate è da attribuire a corrosione batterica, essa si prodiga in terreni neutri e basici come terreni argillosi, fango marino e sotto il fouling. La famiglia di microrganismi solfato-riduttori (SRB) risulta essere la più pericolosa con velocità di corrosione anche superiore a 1mm/y. Questi batteri si riproducono in ambienti anaerobici come terreni argillosi, neutri e senza ossigeno, quindi ambienti apparentemente ideali dal punto di vista elettrochimico risultano pessimi dal punto di vista corrosionistico.

Al fine di una corretta applicazione della protezione attiva va innanzitutto valutata la possibilità di corrosione SRB. Per stabilire se un terreno può ospitare colonie batteriche va misurato il potenziale *redox* di un elettrodo di platino mediante un elettrodo di riferimento. Il potenziale dell'elettrodo di platino fornisce di fatto la quantità di ossigeno presente a parità di Ph. I potenziali più nobili identificano i

terreni più aerati [E (mV vs SHE) > 400] ovvero una probabilità di corrosione *SRB* nulla; i potenziali inferiori a 100 mV un'alta probabilità.

Qualora sia presente nell'elettrolita dell'attività batterica di norma viene applicato un potenziale di protezione più negativo di 100 mV.

Un altro processo che riguarda strettamente la conformazione del terreno è l'*aerazione differenziale*. La quale si innesca nei terreni con diversa composizione geologica e nelle acque sotto i depositi, avviene con meccanismo di macrocoppia: l'area anodica è confinata dove non è presente l'ossigeno, mentre quella catodica interessa la restante superficie.

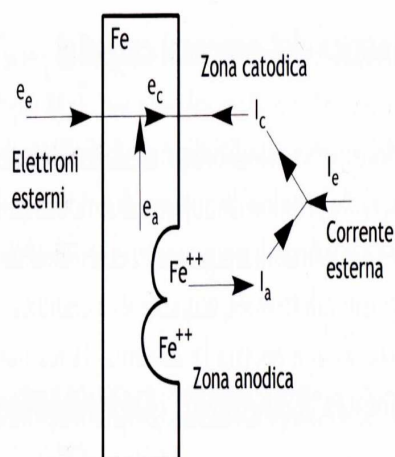
Quando si applica la PC, la corrente di macrocoppia diminuisce all'aumentare della corrente catodica, fino ad annullarsi. Il potenziale di protezione coincide con quello di immunità ovvero -0,85 V (CSE).

CORRENTE DI PROTEZIONE

Supponendo di garantire il *potenziale di protezione* sulla superficie di una struttura, la *corrente di protezione* è uguale alla velocità con cui si producono i processi catodici sulla superficie della struttura e dipende pertanto dalla caratteristica dell'ambiente.

2.5 DENSITA' DI CORRENTE DI PROTEZIONE

Per realizzare le condizioni di protezione di una struttura è necessario inviare una adeguata densità di corrente, detta *densità di corrente di protezione*, alla sua superficie, il cui valore dipende dal processo catodico e quindi dall'ambiente. In riferimento alla struttura che segue la corrente di protezione risulta essere:



$$I_e = I_c - I_a$$

I_e è la corrente esterna inviata alla struttura, e non essendo possibile un accumulo di cariche, gli elettroni forniti dalla stessa e dal processo anodico (I_a) devono essere

consumati dal processo catodico (I_c). In questo modo la struttura si porta a quel potenziale per cui è verificato il bilancio della cariche secondo la Legge di Kirkhoff.

E' facile verificare che all'aumento della corrente esterna I_e segue l'abbassamento del potenziale e la diminuzione della velocità di corrosione I_a .

Si definisce inoltre *densità di corrente di protezione* il valore della corrente esterna I_e per unità di superficie.

$$I_{\text{prot}} = \xi I_c$$

dove I_{prot} è la corrente di protezione.

Nei terreni, l'elettrolita è costituito da una soluzione acquosa presente nei pori e nei capillari del terreno, di composizione variabile: più o meno ricche di sali minerali. Il processo di diffusione dell'ossigeno è limitato solo dalla sua composizione: terreni ben aerati, come possono essere quelli sabbiosi necessitano di una corrente (esterna) di protezione ben più alta rispetto a quella necessaria ai terreni argillosi o comunque molto meno aerati. Secondo la letteratura⁵ infatti bastano $2 - 20 \text{ mA/m}^2$ per questi ultimi rispetto ai $30 - 150 \text{ mA/m}^2$ necessari ai terreni con buona ossigenazione. La presenza di attività batteriche o di condizioni acide portano ad un aumento della corrente di protezione fino a valori nell'ordine dei 450 mA/m^2 .

Nei terreni, la PC è applicata in combinazione con rivestimenti protettivi (isolanti) così da limitare le correnti di protezione e far sì che la loro distribuzione risulti più uniforme; infatti affinché si possa raggiungere il potenziale di protezione è necessario far arrivare, su ogni punto della superficie di una struttura, una densità di corrente uguale a quella di protezione. Diversamente, nel caso in cui la distribuzione della corrente non sia omogenea, alcune zone possono essere in corrosione, mentre altre in sovraprotezione (col rischio del distacco del rivestimento o di infragilimento da idrogeno). Ne deriva che il problema della distribuzione del potenziale e della corrente è di fondamentale importanza, tuttavia in fase di progettazione, valutare la distribuzione del campo elettrico risulta praticamente impossibile a causa di una serie di semplificazioni indispensabili, quali il fatto che l'elettrolita sia omogeneo e che le sovratensioni siano trascurabili.

Negli ultimi ventenni, il ricorso ai metodi di calcolo numerico, ha permesso di superare queste difficoltà dove la distribuzione del campo elettrico viene analizzata con l'impiego di algoritmi le cui molteplici variabili considerano aspetti fisici ed arbitrari.

DISTRIBUZIONE DELLA CORRENTE

In elettrochimica si è soliti distinguere tra due tipi di distribuzione di corrente:

- *distribuzione primaria*, quando sono nulle e trascurabili le sovratensioni
- *distribuzione secondaria*, quando non lo sono

⁵ L.L. Sheir, "Corrosion", Vol. II, Newnes - Butterworth

La distribuzione primaria dipende solo da fattori geometrici e non invece dalla resistività dell'elettrolita e la caduta ohmica è tanto più concentrata nelle vicinanze degli elettrodi ed è funzione delle caratteristiche geometriche degli stessi, quanto più piccole sono le loro dimensioni. In generale all'aumentare della lunghezza del tubo di flusso si ha una diminuzione della corrente, e il sistema è caratterizzato da scarso potere penetrante.

La distribuzione secondaria implica la presenza di sovratensioni non trascurabili; in queste circostanze le condizioni al contorno per la soluzione dell'equazione di Laplace riguardano le relazioni che legano la sovratensione, η , alla densità di corrente, i , che si può dimostrare siano del tipo:

$$\frac{i}{i_{av}} = \Gamma, \rho, \frac{d\eta}{di}$$

Dove i_{av} è la media della densità di corrente, i , Γ è un fattore geometrico, ρ è la resistività e $d\eta/di$ è la polarizzazione dell'elettrodo. Possiamo quindi affermare che la distribuzione secondaria è più uniforme di quella primaria, perché ai fattori geometrici che determinano la distribuzione primaria si sovrappongono le sovratensioni.

Se la reazione catodica comporta lo sviluppo di idrogeno (condizione di sovraprotezione), la sovratensione catodica è bassa (la pendenza della retta di tafel è circa 100Mv/decade) per cui la distribuzione secondaria si avvicina a quella primaria; mentre quando la reazione catodica è la riduzione dell'ossigeno, la sovratensione catodica è molto alta, dell'ordine del volt quando si opera in condizioni di corrente limite; in questo caso la distribuzione secondaria prevale sulla primaria.

POTERE PENETRANTE

Il potere penetrante è la capacità del sistema di protezione catodica di raggiungere le condizioni di protezione, anche nelle zone più lontane dagli anodi. Dipende dalla distribuzione della corrente e in particolare dalle realtà oggettive che la regolano. In particolare viene fatta distinzione tra una *distribuzione primaria* che considera solamente la geometria della struttura da proteggere e una *distribuzione secondaria* che appare quando si instaurano sovratensioni anodiche e catodiche al contorno.

2.6. RIVESTIMENTI E STRATI PROTETTIVI

Applicare un rivestimento isolante sulla struttura da proteggere riduce la corrente di protezione a quella necessaria per la protezione dei soli difetti del rivestimento stesso. Tale corrente viene definita:

$$i = i_0 (1 - \xi)$$

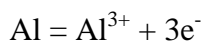
dove i_0 è la densità di corrente di protezione del metallo nudo e ξ è l'efficienza del rivestimento, definita come la frazione di superficie ricoperta.

L'efficienza di un rivestimento è tempo-variante, in quanto costituito di materiali polimerici e per loro natura degradabili nel tempo. Ad esempio, per le tubazioni interrato non soggette a manutenzione, l'efficienza può scendere al 90% dopo 10/20 anni. In acque di mare la protezione catodica provoca sui difetti un deposito calcareo costituito principalmente da carbonato di calcio e idrossido di magnesio, che a loro volta proteggono ulteriormente la superficie esposta all'elettrolita. In seguito sono trattati i tipi di rivestimento e analizzate le loro caratteristiche.

2.7. APPLICAZIONE DELLA PROTEZIONE CATODICA

Anodi galvanici:

La reazione anodica è costituita dalla dissoluzione dei metalli di cui è fatto l'anodo (Zn, Mg, Al, Fe) ad esempio:



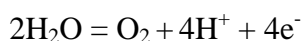
cui possono far seguito fenomeni di idrolisi con separazione degli idrossidi e conseguente acidificazione dell'ambiente:



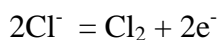
Questi aumenti di acidità possono giocare un ruolo importante nell'evitare fenomeni di passivazione dell'anodo, soprattutto nel caso di anodi di alluminio.

Anodi inerti:

Nei sistemi a corrente impressa, dove sono impiegati anodi inerti, cioè insolubili, la reazione anodica è in generale costituita dallo sviluppo di ossigeno:



In presenza di cloruri, allo sviluppo di ossigeno si affianca la reazione di sviluppo di cloro, che in acqua di mare diventa il processo prevalente:



La reazione anodica di sviluppo di ossigeno causa l'acidificazione dell'ambiente circostante l'anodo, fino a diventare aggressivo per lo stesso materiale anodico.

Le applicazioni più comuni della PC riguardano le strutture poste negli ambienti naturali. I sistemi ad *anodi galvanici* sono impiegati negli ambienti aventi elevata conducibilità, ad esempio in acqua di mare, e possono essere convenienti quando sono richieste piccole correnti anche negli ambienti con bassa conducibilità, come nei terreni e nella prevenzione catodica del calcestruzzo armato.

I sistemi a corrente impressa sono necessari negli ambienti resistivi, come i terreni e il calcestruzzo e sono preferiti per la protezione di strutture estese, quando è richiesto un limitato numero di anodi o di dispersori. Un notevole vantaggio è dato

dal fatto che il sistema presenta una grande flessibilità di esercizio, potendo variare e regolare la corrente erogata.

Di seguito vengono riportati vantaggi e limiti delle due applicazioni:

	<u>anodi galvanici</u>	<u>corrente impressa</u>
<u>vantaggi</u>	non hanno costi di manutenzione	può essere progettata per un ampio intervallo di tensioni e correnti
	permettono di ottenere una distribuzione di corrente uniforme	ogni anodo o letto di posa può erogare una elevata corrente
	l'installazione degli anodi non è costosa se fatta contestualmente alla realizzazione dell'opera	si possono proteggere con una sola installazione superfici molto grandi
	non ci sono problemi di diritto d'uso di aree intorno alla struttura	la tensione e le correnti possono essere variate
		può essere utilizzata in ambienti ad alta resistività
		è efficace per la protezione di strutture nude o malamente rivestite
<u>svantaggi</u>	lavoro motore modesto	causa problemi di interferenza
	corrente erogata modesta	soggetta a rotture del generatore e vandalismi
	l'installazione può essere costosa se effettuata successivamente alla realizzazione dell'opera	richiede ispezioni periodiche e manutenzioni
	le strutture nude o male rivestite richiedono molti anodi	richiede un generatore di corrente
	inefficace negli ambienti ad alta resistività	ha un costo di esercizio
		possono instaurarsi condizioni di sovrapprotezione (sviluppo di idrogeno, distacco del rivestimento, infragilimento)
		i cavi e le connessioni cavo-anodo sono soggetti a rotture
		possono necessitare di autorizzazioni

Nei sistemi a *corrente impressa*, il potere penetrante viene fornito direttamente dal *metodo della attenuazione*, dove il parametro determinante è la caduta ohmica nel metallo.

Nel caso di una struttura le cui superfici non siano equipotenziali le cadute ohmiche all'interno del metallo non sono trascurabili, questo accade di norma per strutture ingenti come possono essere le tubazioni. Le distribuzioni della corrente e del

potenziale si ottengono risolvendo le equazioni di campo applicando le condizioni al contorno:

- nelle tubazioni: $\text{grad}^2 E_m = 0$; $E_m \neq \text{costante}$

- al catodo: $E_c = E_m - \eta_c$; $i_c = f(\eta_c)$ con η_c sovratensione rispetto al potenziale di eq.

- nell'elettrolita: $E = \text{costante}$

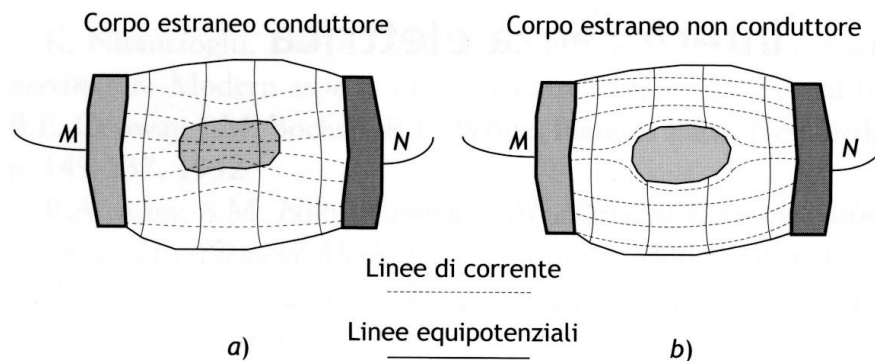
- all'anodo: $E_a = \text{costante}$; $i_a = \text{costante}$

2.8. INTERFERENZA ELETTRICA

Il problema delle interferenze è quello che più tormenta i proprietari di strutture interrato, sia per la loro incidenza nella causa di danni, sia per la loro particolarmente difficile trattazione.

L'interferenza di fatto è una perturbazione del campo elettrico causato da strutture estranee che siano metalliche o isolanti o relative all'ambiente.

Per meglio capire il concetto di interferenza si supponga di avere un sistema elettrodico in cui due elettrodi si scambiano corrente in un ambiente omogeneo (elettrolita con caratteristiche costanti) al cui interno viene immerso un corpo estraneo.



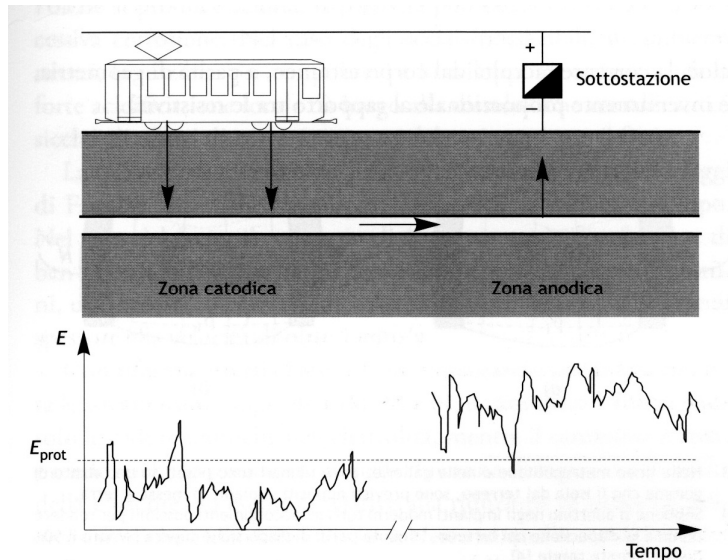
La corrente intercetta il corpo estraneo, se conduttore oppure ne è allontanata, se isolante: in ogni caso ha luogo una redistribuzione delle correnti e delle linee equipotenziali del campo elettrico. Nel primo caso, ovvero in presenza di una struttura immersa nell'ambiente con una conducibilità ionica o elettronica si riscontrano le interferenze conosciute meglio come interferenze *per correnti vaganti* o *correnti disperse*.

Si distinguono due gruppi di interferenze: *stazionarie* e *non stazionarie*.

L'interferenza stazionaria si verifica quando la struttura si trova immersa in un campo elettrico stazionario, generato da un dispersore anodico di un impianto di PC; gli effetti sono tanto più marcati quanto più vicina è la struttura al dispersore; mentre quella non-stazionaria nel caso tipico delle correnti vaganti immesse nel terreno dai sistemi di trazione a corrente continua come treni, tram e metropolitane.

Questa ultima tipologia risulta essere la più difficile da trattare perché sebbene i tempi di transito siano brevi, gli effetti derivanti possono essere molto severi a causa

delle elevate correnti circolanti; oltre al fatto che il campo elettrico che ne deriva è in continua mutazione a causa dello spostamento sulla rotaia del punto in cui viene drenata la corrente dal carrello del treno; a tal proposito si ricordi che per motivi di sicurezza il binario non è isolato da terra.



Spesso nei terreni si incontrano strati a conducibilità diversa e in alcuni è particolarmente più elevata; la corrente tende a privilegiare questi strati che risultano dei veri e propri cammini preferenziali. Se si considerano due cammini percorsi dalla corrente distinti: nei quali uno attraversa solo l'elettrolita (omogeneo) e l'altro attraversa un corpo estraneo ionico si avrà che, poiché la caduta ohmica deve essere uguale e le sovratensioni concentrate agli elettrodi sono costanti, si può scrivere:

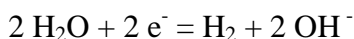
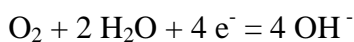
$$\rho_1 \int_1 I_1 \frac{dL}{S} = \rho_2 \int_2 I_2 \frac{dL}{S}$$

Se in prima approssimazione si considerano costanti le correnti si ha:

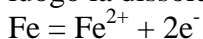
$$\rho_1 I_1 \int_1 \frac{dL}{S} = \rho_2 I_2 \int_2 \frac{dL}{S}$$

vale a dire che la corrente raccolta dal gruppo estraneo, a parità di geometria, è inversamente proporzionale al rapporto tra le resistività.

Nel caso più prossimo a noi, ovvero quando la struttura interferita è metallica le reazioni elettrodiche che avvengono sulla sua superficie si distinguono in anodiche e catodiche. Sulla superficie che raccoglie la corrente, hanno luogo le reazioni catodiche di riduzione dell'ossigeno e, se i potenziali diventano molto negativi (nel caso di forte interferenza) di sviluppo di idrogeno.



Sulla superficie che rilascia corrente, hanno luogo le reazioni anodiche, in primo luogo la dissoluzione del ferro in condizioni attive:



Mentre in condizioni passive, la reazione anodica dipende dal materiale e dall'ambiente.

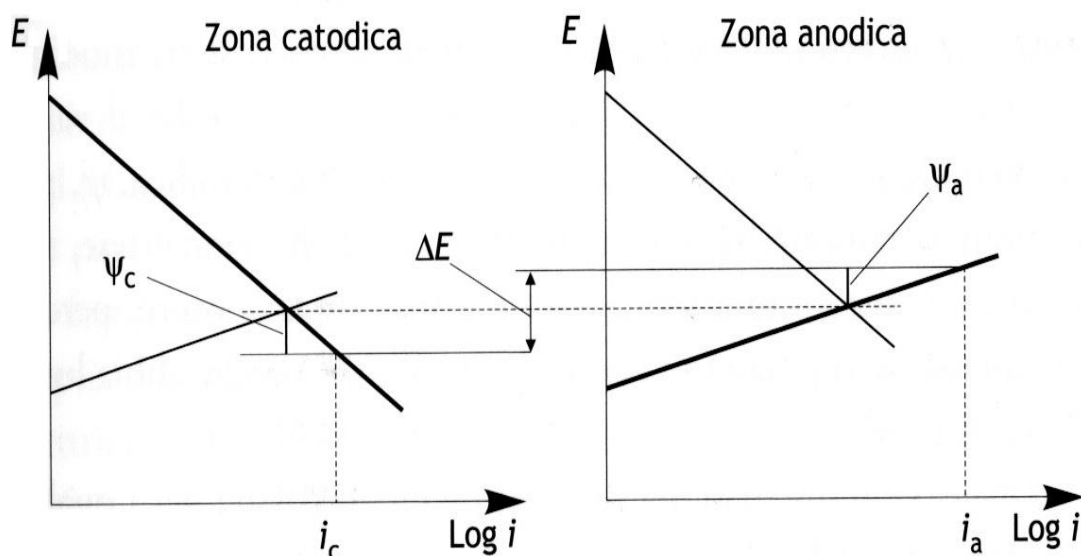
La quantità di metallo che passa in soluzione è, secondo le Leggi di Faraday, direttamente proporzionale alla corrente e al tempo; nel caso del ferro, il passaggio di 1A provoca la dissoluzione di ben 9kg di metallo in un anno, l'equivalente di 25g/d: praticamente se riportato alla superficie unitaria si ha un asportazione in termini di spessore pari a 1mm/y.

La corrente di interferenza non è di facile valutazione, perché richiede la risoluzione del campo elettrico e la considerazione della geometria della struttura, tuttavia la normativa riconosce come accettabile un'interferenza pari a 10mA/m^2 corrispondenti ad una velocità di corrosione di circa $10\mu\text{m/y}$. Quindi, non essendo di fatto misurabile la corrente, si predilige ripiegare su un parametro facilmente misurabile come il potenziale.

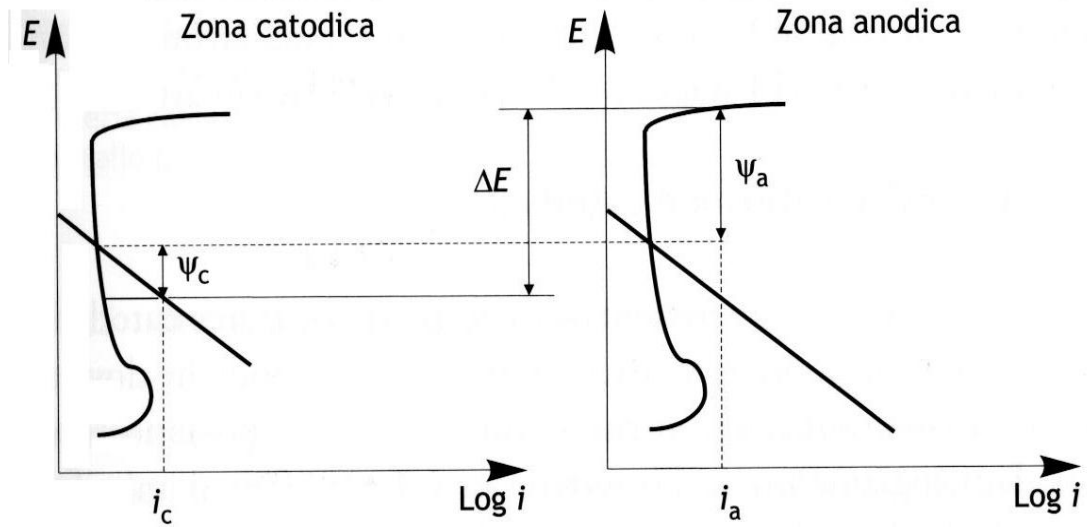
Criterio del potenziale o dei 20mV anodici

Se una struttura è interferita, il potenziale si nobilita nelle zone anodiche e decresce in quelle catodiche come riscontrabile dai grafici che seguono.

materiale attivo

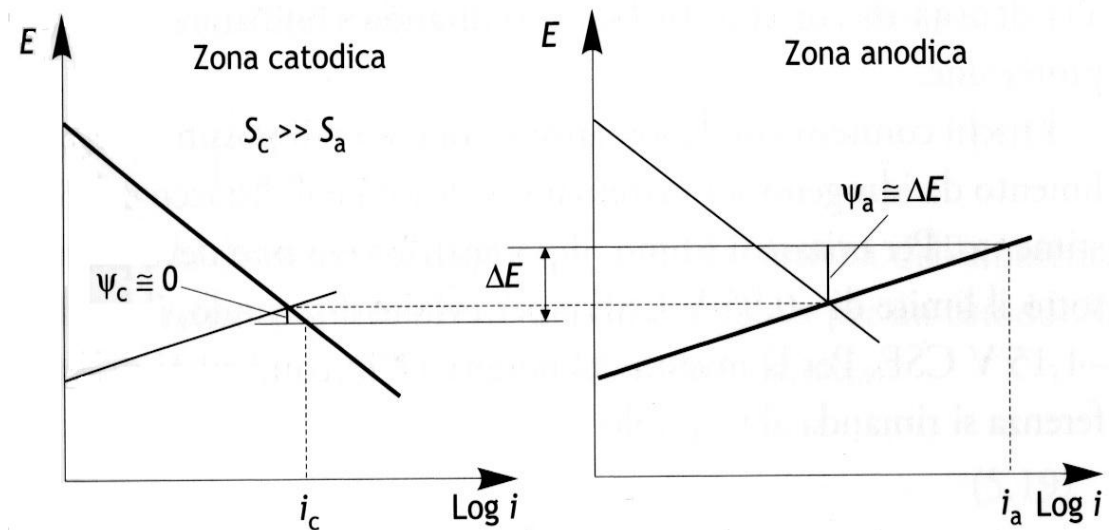


materiale passivo



I_a e i_c sono le densità di corrente anodica e catodica.

Se come spesso accade nella pratica la superficie catodica è molto più grande rispetto a quella anodica, $S_a \gg S_c$, le sovratensioni catodiche sono praticamente trascurabili, mentre non lo è per quelle anodiche.



La differenza di potenziale, ΔE , tra l'area anodica e quella catodica rappresenta il lavoro motore, che provoca l'interferenza.

Per un materiale attivo, come gli acciai al carbonio e il rame nei terreni, l'aumento delle correnti di interferenza anodica può essere dedotto dalla sovratensione anodica, Ψ_a . Se si assume una pendenza della caratteristica anodica di 50 – 100 mV corrisponde a un aumento della velocità di corrosione di un ordine di grandezza: ne deriva il criterio dei 20mV come massima variazione positiva accettabile del potenziale anodico.

Interferenze da corrente alternata

Sui meccanismi di corrosione da corrente alternata sono state formulate varie ipotesi⁶: nel passato quelle più accreditate sono state l'influenza del semiperiodo analitico e l'azione di sostanze con effetto raddrizzante. Nella prima ipotesi, oggi ritenuta superata, gioca un ruolo importante la frequenza. Infatti la durata del semiperiodo anodico deve essere sufficiente perché si possano manifestare gli effetti di corrosione; perciò, quanto più è bassa la frequenza tanto maggiori sono gli effetti di corrosione, perché più lunga è la durata del semiperiodo anodico. Prove di laboratorio condotte al Politecnico di Milano hanno mostrato che oltre i 250Hz l'effetto della corrente alternata è trascurabile. La seconda è stata solo ipotizzata e non ha avuto chiare conferme sperimentali.

La teoria oggi maggiormente accreditata attribuisce alla corrente alternata un effetto sulle sovratensioni elettrodiche; è stato infatti evidenziato che un segnale in corrente alternata sovrapposto ad uno in corrente continua, prodotto ad esempio da macrocoppie o da interferenze da corrente continua, riduce le sovratensioni e in particolare indebolisce le condizioni di passività, con conseguente aumento della velocità di corrosione.

La densità di corrente, affinché siano percettibili effetti di corrosione da corrente alternata, è per Goidanich ed altri autori⁷, $1000\text{A}/\text{m}^2$, tuttavia vi è un orientamento condiviso nel ritenere come soglia per la corrosione da CA il valore di $30\text{ A}/\text{m}^2$. La presenza di rivestimenti isolanti, può dare origine a delle complicazioni in quanto la corrente viene scambiata tramite la superficie esposta all'elettrolita consistente nei soli difetti del rivestimento; in questi casi la densità di corrente può aumentare notevolmente.

La PC arriva ad inibire la corrosione da CA, fino ad annullarla con il raggiungimento delle condizioni di immunità già viste. Tuttavia condizioni di sovra protezione che alzano il pH oltre al 12, sono dannose perché la CA promuove la distruzione del film passivo con dissoluzione anfotera del ferro⁸.

2.9. LA PROTEZIONE CATODICA NEI TERRENI

Caratteristiche del terreno

Un terreno asciutto non è corrosivo, solo la presenza di un elettrolita come l'acqua, può dar luogo a corrosione, e la sua presenza nei terreni può avere principalmente tre nature:

- acqua libera, ovvero di falda sotterranea, con salinità che varia tra 80 e 1500 ppm
- acqua meteorica, la cui presenza è temporanea nei terreni aerati, al contrario di quelli argillosi dove può ristagnare per tempi lunghi.

⁶ S.Goidanich, "Influence of alternating current on metal corrosion", phd tesi, Politecnico di Milano, Italy, 2005

⁷ M.Yunovich, N.G.. Thompson, "AC Corrosion: corrosion rate and mitigation requirements", proc.int.conf.corrosion/04 paper n.04206, nace int., Houston, tx, 2004]

⁸ L.V. Nielsen, "Role of alkalization in AC induced corrosion of pipelines and consequences hereof in relation to requirements corrosion/05 n.05188, nace int., Houston, tx, 2005

- Acqua capillare, cioè quella trattenuta nei capillari presenti negli agglomerati di argilla e di limo di bassa salinità

Nel terreno vi è, oltre all'acqua, la possibile presenza di aria dovuta all'aerazione del terreno; di norma terreni ben asciutti sono aerati, mentre la presenza di acqua ne limita il vettoriamento in quanto l'occlusione dei pori da parte dell'acqua ne impedisce la diffusione.

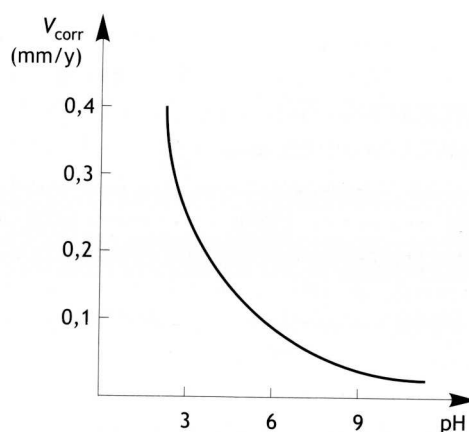
Un terreno è un aggregato complesso, in continua trasformazione, sia naturale che per l'attività umana, tuttavia la natura aggressiva di un terreno non è determinata dalla composizione, bensì da parametri che caratterizzano l'acqua in esso contenuta, quali resistività, contenuto di Sali, pH e presenza più o meno concentrata di ossigeno. In relazione alla corrosività, oltre al tipo di acqua presente, i terreni sono classificati proprio in base alla capacità di ritenzione dell'acqua, e perciò essenzialmente alla granulometria, infatti al diminuire delle dimensioni medie delle particelle aumenta la capacità di ritenzione dell'acqua, la presenza di particelle grossolane conferisce al terreno elevata capacità di drenaggio.

gruppo	denominazione	diámetro medio delle particelle
1	pietrisco	20 - 2 mm
2	sabbia	2 - 0,2 mm
3	Sabbia fine	0,2 - 0,02 mm
4	limo	20 - 2 μ m
5	argilla	< 2 μ m

Classificazione dei terreni secondo la granulometria

Corrosione da ossigeno

L'ossigeno sia nei terreni, che nelle acque, è il fattore più importante che determina la velocità di corrosione escludendo la presenza di attività batteriche. In alcuni terreni acidi diventa importante anche la relazione catodica di sviluppo di idrogeno, che si somma a quella di riduzione dell'ossigeno, ed all'aumentare dell'acidità, seppur sia raro, è più probabile imbattersi in casi di corrosione uniforme. Nei terreni acidi con pH < 5,5 la corrosività cresce con l'acidità; di seguito si riporta la correlazione ottenuta per via sperimentale tra corrosività (in mm/anno) e acidità (pH).



La quantità di ossigeno che si riduce nel processo di corrosione è quella che vi giunge per diffusione, regolata dalla legge di Fick:

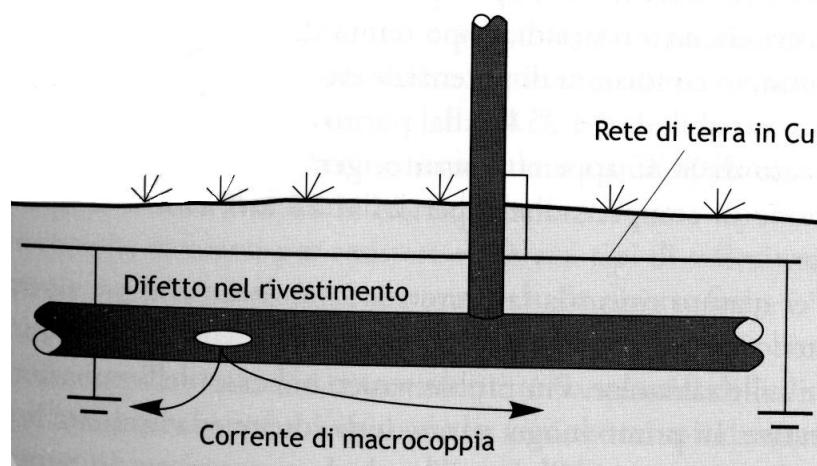
$$i_L = 4 \cdot F \cdot D \cdot (O_2 / \delta)$$

dove i_L è in A/m^2 , F è la costante di Faraday (96.500 C), D è il coefficiente di diffusione (m^2/s), O_2 è la concentrazione di ossigeno espressa in $moli/m^3$ e δ è lo spessore dello strato limite di diffusione (m). Nei terreni, risultando pressoché nulli i regimi turbolenti e quasi costanti le temperature, la sola differenziazione è legata alla concentrazione di ossigeno presente; la temperatura influisce drasticamente il processo di ossidazione, facendolo cessare, quando scende a valori negativi comportando il congelamento dell'acqua contenuta nei capillari.

La massima corrente limite di ossigeno nei terreni è circa $200 mA/m^2$ cui corrisponde una velocità di corrosione uniforme di $200 \mu m/anno$. Nei casi reali si è riscontrato che la velocità di corrosione si discosta da questi valori risultando più piccola nella circostanza in cui i terreni siano ben aerati, ovvero dove i prodotti della corrosione risultino essere protettivi, più grande di una grandezza nei casi di contatto galvanico o di presenza di *aerazione differenziale*. Lo scenario tipico che vede la presenza di un processo di *aerazione differenziale* si ha dove ad una porzione di terreno costituita da argilla è affiancata una di sabbia: qui la superficie metallica a contatto con l'argilla, poco permeabile all'ossigeno, diventa "anodica" e quindi sede di dissoluzione del metallo, mentre quello a contatto con la sabbia, permeabile all'ossigeno, diventa "catodica" sede cioè del processo di riduzione dell'ossigeno; in alcune circostanze la velocità di corrosione può arrivare a valere $1 mm/anno$.

Corrosione per contatto galvanico

La presenza di due materiali, di diversa nobiltà, ovvero con diverso potenziale di equilibrio, collegati elettricamente tra loro, può dar luogo a corrosione per contatto galvanico. Questo accade perché il materiale meno nobile, cioè quello che nell'ambiente ha un potenziale minore, assume un comportamento anodico e si corrode con velocità maggiore di quella in assenza di accoppiamento; il materiale più nobile assume invece un comportamento catodico. Tale processo trova la sua ambientazione ottimale in terreni ad alta conducibilità elettrica, come pure per lo stesso principio, dove tra le aeree catodiche e quelle anodiche c'è uno spazio contenuto; anche la geometria stessa delle strutture agevola la *corrosione per contatto galvanico*, per di più dove il dominio del campo elettrico risulta essere molto grande a causa delle altrettanto notevoli superfici metalliche di contatto con l'elettrolita. La corrosione galvanica può essere prevista sulla base dei valori dei potenziali esibiti dai materiali nell'ambiente come riportato nella tabella che segue.



Uno dei casi più diffusi di corrosione per *contatto galvanico* è quello tra la rete di terra, in rame nudo, e le strutture interrate in acciaio al carbonio come serbatoi o tubazioni; al fine di proteggere l'acciaio si adotta la PC o si interviene sul metallo più nobile allontanando lo stesso dal quello meno nobile o cercando di isolarlo per mezzo di un rivestimento.

Corrosione per correnti disperse

Come si è visto per le *interferenze elettriche*, se una struttura metallica si trova in un campo elettrico, stazionario o variabile, può risultare interferita, con conseguente attacco di corrosione. L'esempio classico vuole che una struttura metallica venga interposta nell'ambiente tra la posizione del dispersore anodico e le tubazioni interrate destinate a ricevere la corrente di protezione, essa rappresenta un conduttore a tratti in parallelo col terreno per il trasporto della corrente: la zona prossima al dispersore anodico si trova a catturare una determinata corrente trovandosi in tal modo in PC, al contrario le parti più vicine alle tubazioni, rilasciando la corrente raccolta, subiscono corrosione.

Cenni sulla funzione del rivestimento

In abbinamento alla PC, al fine di prevenire la corrosione delle strutture interrate, si usa applicare alle stesse del rivestimento; in seguito saranno trattati i metodi e materiali impiegati a tale scopo, in questa sede analizziamo i concetti basilari della cosiddetta *protezione passiva*. Se da una parte il solo rivestimento non è sufficiente a dare garanzia di protezione a causa dei difetti che inevitabilmente possiede e del degrado che subisce nel tempo (materiali tempo-varianti), dall'altra pensare di applicare la sola protezione catodica risulterebbe fallimentare a causa dell'ingente corrente necessaria che verrebbe fornita dall'*alimentatore di protezione catodica* (costo di energia elettrica) e della distribuzione della stessa il cui controllo risulterebbe impossibile ed il valore nullo in alcune zone.

Le condizioni di sovraprotezione causano il danneggiamento del rivestimento consistente nel distacco dal metallo (*cathodic disbonding*) a causa della rigassificazione dell'idrogeno con la conseguente possibilità di formazione di bolle. Se la bolla rimane integra, e per osmosi si riempie di acqua, essa agisce da schermo

nei confronti della corrente di PC, e non essendo presente l'ossigeno è favorito lo sviluppo di batteri solfato-riduttori. Questa è una delle situazioni più insidiose, poiché non è rilevabile con le tecniche di monitoraggio della PC.

Un buon rivestimento deve nello stesso tempo possedere: ottime proprietà chimiche (resistenza agli agenti corrosivi e alla PC), buone caratteristiche meccaniche, basso costo di acquisto e applicazione, e infine buona applicabilità e riparabilità; nella tabella che segue vengono evidenziate le sollecitazioni alle quali deve resistere il rivestimento in ogni singola fase. I rivestimenti utilizzati sono esclusivamente di tre tipi: bitumi o catrami applicati a caldo, rivestimenti termoplastici di polietilene o di polipropilene e polveri/resine epossidiche termoindurenti.

	tipo di sollecitazione	caratteristiche meccaniche in gioco
durante il trasporto	impatto abrasione carico	resistenza all'impatto resistenza all'abrasione resistenza alla compressione resistenza alla penetrazione
durante la posa	piegatura urto	resistenza a trazione resistenza all'impatto estensibilità
durante il collaudo	espansione idrostatica	estensibilità adesione resistenza a trazione sensibilità all'intaglio resistenza a trazione
in esercizio	sforzi trasmessi dal terreno variazioni di temperatura aggressività ambientale disbonding catodico	resistenza al taglio resistenza alla fatica resistenza alla corrosione sensibilità all'intaglio estensibilità adesione

Nella scelta del rivestimento si deve tener conto delle caratteristiche del terreno e delle condizioni operative, come ad esempio la presenza di accoppiamenti galvanici con reti di terra in rame, le sollecitazioni meccaniche trasmesse dal terreno, la presenza di correnti disperse e la presenza di linee di alta tensione. Per quanto riguarda le condotte in particolare, di norma le barre vengono rivestite direttamente in stabilimento e ad oggi il materiale impiegato è di gran lunga il polietilene estruso; diversamente i giunti di saldatura (gli accoppiamenti tra le barre), venendo realizzati in opera, devono rispondere a tre condizioni: essere adatti all'applicazione in cantiere, alle circostanze di impiego e alle condizioni di esercizio.

Le capacità protettive di un rivestimento possono essere espresse mediante due grandezze complementari: l'*efficienza*, ξ , e la *resistenza di isolamento*, R_0 . La prima rappresenta la frazione di superficie effettivamente ricoperta dal rivestimento, mentre la resistenza di isolamento è la resistenza ohmica equivalente di 1 m^2 di superficie ed è espressa in $\Omega \cdot \text{m}^2$.

Il calcolo della resistenza di isolamento di un rivestimento non dipende solo dalle proprietà dielettriche intrinseche del materiale isolante, ma anche dall'ambiente. La *resistenza di isolamento apparente*, R'_0 di un rivestimento integro, ovvero senza difetti è data da:

$$R'_0 = \rho' s'$$

ρ' è la resistività del materiale del rivestimento e s il suo spessore.

3. LA PROTEZIONE PASSIVA IN SNAM RETE GAS

Il concetto di protezione passiva è legato all'attuazione di tutti i provvedimenti, sia in fase di progettazione che di realizzazione, che consentono di isolare le parti metalliche di una struttura dall'ambiente circostante. Per le strutture metalliche interrate la protezione passiva è finalizzata a ridurre le interferenze elettriche con strutture vicine, gli effetti dovuti alle correnti disperse e l'influsso di eventuali campi elettrici presenti nell'ambiente.

L'ottimizzazione della protezione passiva comporta la riduzione della corrente di protezione con conseguente riduzione dei rischi di corrosione e dei costi di realizzazione degli impianti di protezione catodica.

La protezione passiva consiste quindi nella realizzazione di una barriera isolante che si estenda su tutta la superficie metallica della struttura.

Per separare il metallo dall'ambiente (terreno, acqua dolce, salata o salmastra), si ricorre a rivestimenti isolanti, costituiti da materiali adatti al caso specifico e di adeguata qualità.

Con un rivestimento perfetto si impedisce lo stabilirsi di pile naturali di corrosione e lo scambio di correnti presenti nell'ambiente di posa per tutta la durata prevista della vita della struttura.

Riassumendo, la protezione passiva consente di:

- evitare il contatto diretto della struttura da proteggere con l'ambiente circostante e con altre strutture metalliche;
- ridurre l'interferenza elettrica con altre strutture metalliche nelle vicinanze;
- ridurre la corrente totale di protezione catodica ed uniformarne la distribuzione;
- ridurre gli effetti delle correnti disperse.

3.1. CRITERI DI APPLICAZIONE DELLA PROTEZIONE PASSIVA

La scelta di un rivestimento deve essere eseguita tenendo conto delle condizioni in cui si troverà durante la sua vita attiva.

Sarà pertanto necessario tenere presente:

- le caratteristiche della struttura da proteggere;
- il tipo di ambiente di posa;
- la presenza di campi elettrici esterni;
- l'accessibilità alla struttura da proteggere;
- la prossimità con altre strutture;
- la temperatura di esercizio;
- le condizioni ambientali durante l'applicazione: trasporto, conservazione, montaggio e collaudo idraulico;
- le condizioni di movimentazione ed accatastamento;
- la durata prevista della vita della struttura ed oneri di manutenzione.

Per quanto riguarda la valutazione economica sarà importante in tale fase considerare non soltanto il costo di acquisto del rivestimento ma anche gli oneri aggiuntivi dovuti ad eventuali trattamenti particolari che fosse necessario adottare durante il periodo che precede la posa o dopo la posa (letto di posa) per salvaguardare il rivestimento

applicato; anche il costo delle riparazioni da eseguire in campo deve essere considerato attentamente in quanto per alcuni rivestimenti (bitume, nastri a freddo) incide in percentuale notevole sui costi finali.



*Fig. 3.1. Tensionatori in fasi di varo offshore:
La condotta viene assemblata sulla nave in superficie e calata direttamente sul fondale marino. Il peso della struttura a “sbalzo”: grava interamente su dei cingoli gommati. Questo è un caso di posa particolare nella quale il rivestimento deve resistere alla forza di taglio e alla compressione dei cingoli, oltre che alle insidie del letto di posa, visto che in esercizio non sarà facilmente accessibile.*



*Fig. 3.2. Trivellazione Orizzontale Controllata:
Il tubo viene agganciato e trascinato nel foro aperto dalla trivella. A causa della rotazione e del contatto diretto rivestimento-terreno la protezione applicata è di spessore maggiorato: in quanto viene considerata una determinata usura nel transito.*

Si delineano tre fasi per la realizzazione dei rivestimenti:

- preparazione superficiale
- applicazione
- verifiche e controlli

3.1.1. LA PREPARAZIONE SUPERFICIALE

Le superfici in origine possono essere sporche, ossidate, rivestite; per questo vanno rimossi tutti gli inquinanti. La norma **ISO 8501-1** dà indicazioni su come valutare il grado di pulizia delle superfici. Pulizia che viene ottenuta per mezzo di *sabbiatura* o *spazzolatura* in conformità con quanto riportato sulla scheda del prodotto da applicare.

SRG in merito a questi due processi di *pulitura* ha stabilito i criteri minimi accettabili:

- per la sabbiatura grado di pulizia *Sa 2 ½* impiegando sabbia *tipo 110 -115*
- per la spazzolatura grado di pulizia *St 3*

Sulla scheda tecnica del prodotto viene inoltre indicata la *rugosità* su cui applicare il prodotto, la quale deve essere valutata secondo la norma **ISO 8503**

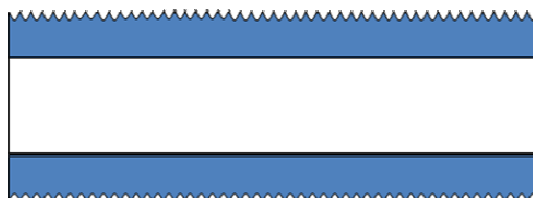


Fig. 3.3. Superficie sabbiata al grado *Sa 2 ½* **ISO 8501-1**

ASPETTO DELLA SUPERFICIE DELLA CONDOTTA DOPO LA SPAZZOLATURA



ASPETTO DELLA SUPERFICIE DELLA CONDOTTA DOPO LA SABBIATURA



La sabbiatura fa sì che la condotta offra una maggior superficie di adesione al rivestimento, quindi è preferibile.

3.1.2 APPLICAZIONE DELLA PROTEZIONE PASSIVA

La realizzazione ed il controllo dei rivestimenti anticorrosivi deve avvenire rispettando scrupolosamente la **normativa tecnica** e di **sicurezza** vigente per il tipo di rivestimento o materiale, **normativa aziendale SRG**, **schede tecniche** e **tossicologiche** dei prodotti impiegati.

Sono attualmente disponibili sul mercato vari prodotti e sistemi per rivestimento, applicabili in adatti stabilimenti oppure in cantiere, sia a macchina che manualmente. Esistono anche prodotti specifici per l'esecuzione delle riparazioni su rivestimenti già applicati a tubi o altre strutture.

I rivestimenti utilizzati da Snam RG fino ad oggi sono essenzialmente a base di:

- bitume applicato a caldo in stabilimento, utilizzato fino al 1990;
- poliolefine (polietilene e polipropilene) applicate per estrusione in stabilimento, utilizzato come standard dal 1990 su tutti i DN di tubo;
- nastri di poliolefine autoadesivi applicati in cantiere, sia su tubi che su giunti di saldatura; utilizzati anche per riabilitare brevi tratti di tubo;
- resine termoindurenti applicate a macchina o a mano sotto forma liquida in stabilimento o in cantiere, su curve, valvole, fitting;
- prodotti termorestringenti per il rivestimento dei giunti di saldatura e per le riparazioni dei rivestimenti di poliolefina.

DENOMINAZIONE DEL TIPO DI RIVESTIMENTO	NORMA DI RIFERIMENTO(1)	SPECIFICA GASD
Bitume di petrolio	UNI ISO 5256 classe IV	--
Polietilene estruso, triplo strato	UNI 9099	C.09.04.01
Nastri di polietilene autoadesivi, a due strati	UNI 10190	C.09.03.05
Nastri di polietilene autoadesivi, a tre strati (biadesivi)	UNI 10190	C.09.03.05
Resine termoindurenti (liquide)	UNI EN 10289/10290	C.09.05.01/10
Resine termoindurenti (polveri)	ISO 21809-2	C.09.04.02
Prodotti termo restringenti (manicotti, nastri e fasce)	EN 12068 / ISO 21809-3	C.09.07.01
Verniciature fuori terra	ISO 12944	C.09.12.01

Rivestimenti a base di bitume o catrame (UNI-ISO 5256, GASD C.9.02.XX)

Sono stati in passato fra i più utilizzati in Italia, con risultati generalmente soddisfacenti soprattutto per i tubi di piccolo diametro. Il bitume viene applicato fuso in stabilimento, in combinazione con uno o più tessuti di vetro di rinforzo, a seconda del DN.

Lo spessore può risultare quindi anche di parecchi millimetri (da 3 a 7-8). Per incrementare la compattezza e la resistenza meccanica del rivestimento viene aggiunta al bitume fuso una carica minerale inerte (filler).

A causa principalmente della fragilità congenita del bitume alle basse temperature e della sua tendenza al rammollimento a temperature superiori ai 30-35°C, negli ultimi anni questo rivestimento è stato progressivamente abbandonato in favore dei rivestimenti a base di polietilene, che mantengono inalterate le proprie caratteristiche nel tempo.

Le condizioni in cui l'impiego di rivestimenti bituminosi è critica sono:

- temperatura ambiente inferiore a 10°C durante la movimentazione e posa;
- temperatura ambiente o di esercizio superiore a 35°C (superiore a 50° nel caso di posa su letto di sabbia o altro materiale fine);
- curvatura a freddo in cantiere con macchina piega-tubi;
- inquinamento del terreno con idrocarburi liquidi;
- posa in zone di terreno pietroso, con forti pendenze o presenza di piante a radicazione profonda.

Inoltre particolari precauzioni dovevano essere osservate durante la conservazione dei tubi accatastati per evitare schiacciamenti e riduzioni di spessore o lacerazioni al rivestimento.

Le problematiche che tale rivestimento comporta dopo anni di esercizio sono soprattutto un notevole decadimento dell'isolamento elettrico della condotta e ampie zone di rivestimento degradato, con rotture e ampie zone di metallo scoperto. La cosa comporta un notevole incremento dell'assorbimento di corrente di protezione.

Particolare attenzione va posta in caso di scopertura di condotte in esercizio: le zone riparate con nastri a freddo e le curve (ri-nastrate in campo) sono i peggiori punti deboli dell'isolamento.

Rivestimenti a base di poliolefine (UNI 9099), polietilene o polipropilene

Sono stati sviluppati negli ultimi 30 anni a livelli di qualità ottimali grazie alle tecnologie utilizzate per la realizzazione degli impianti fissi di stabilimento.

Le loro principali caratteristiche sono la resistenza meccanica, la resistenza alla sottocorrosione, la resistenza elettrica e la forte aderenza alle superfici metalliche in un campo di temperature molto più ampio di quello del bitume. Tali caratteristiche sono mantenute praticamente inalterate nel tempo e in un ampio range di temperatura.

Con questi rivestimenti vengono risolti quasi tutti i problemi dovuti all'esposizione all'irraggiamento solare, alla curvatura a freddo in cantiere, all'accatastamento, alla manipolazione alle basse ed alle alte temperature, nel campo da -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$, con ottimi valori di aderenza all'acciaio fino a $+70^{\circ}\text{C}$ per il polietilene e $+100^{\circ}\text{C}$ per il polipropilene.

L'applicazione avviene generalmente estrudendo uno strato di adesivo ed uno di poliolefina (mescola), sopra ad uno strato di primer epossidico.

La composizione degli strati ha la funzione di massimizzare l'aderenza fra la mescola e la superficie metallica.

In relazione al diametro del tubo, lo spessore assume valori tipici varianti da circa 2 mm a circa 3,5-4 mm.

Esistono impianti in cui l'applicazione avviene utilizzando solo polietilene in polvere (rivestimento per fusione o sinterizzato); tale modalità applicativa è riservata attualmente ai tubi di piccolo diametro e più raramente a curve e pezzi speciali. I risultati tecnici sono inferiori a quelli ottenibili con l'applicazione per estrusione.

A temperatura ambiente i rivestimenti in polietilene possiedono una resistenza meccanica valutabile a 5-10 volte quella dei migliori rivestimenti in bitume.

Le elevate prestazioni offerte dalle poliolefine consentono di posare condotte perfettamente isolate, ottenendo un risultato tecnicamente sicuro con una notevole riduzione dei costi di esercizio (manutenzione, eventuali rifacimenti, protezione catodica).

Solo alcuni accorgimenti dovranno essere adottati per raggiungere pienamente gli obiettivi accennati:

- movimentazione accurata degli elementi rivestiti
- ricerca dei difetti di isolamento con apparecchio cerca-falle, applicata alla totalità della superficie rivestita
- cura nella posa e nel rinterro.

Con questi rivestimenti di elevata qualità risulta conveniente, sulla condotta già posata, ricercare e localizzare le falle eventualmente formatesi e procedere alla loro riparazione.

La ricerca delle falle di isolamento avviene con metodi noti (metodo dei gradienti trasversali e metodo Pearson) e attualmente molto affidabili che verranno analizzati in seguito.

Si può pertanto affermare che la necessità di ottenere una protezione passiva efficace spinge ormai gli utilizzatori ad abbandonare le tecnologie del catrame e del bitume per prodotti con caratteristiche più elevate.

Effettuando una valutazione tecnico economica, i rivestimenti di bitume risultano oggi meno convenienti rispetto alle poliolefine; per essi, oltre al puro costo di fabbrica, si devono considerare infatti costi aggiuntivi dovuti a:

- particolari accorgimenti durante il trasporto
- tempi di accatastamento all'aperto limitati, per cui può essere necessario il rifacimento del rivestimento
- rivestimento dei giunti di saldatura più oneroso, sia per la preparazione della superficie, sia per l'applicazione del rivestimento
- maggior numero di riparazioni e letto di posa più accurato
- necessità di rifacimento del rivestimento dei tubi curvati a freddo in campo
- oneri di esercizio della struttura e maggiore complessità del sistema di protezione catodica.

Non sono ovviamente esenti dal pericolo di danni durante la costruzione della linea ma oltre ad avere una buona resistenza, che consente la localizzazione dei danni senza propagazione, sono anche facilmente riparabili.

Polietilene:

- spessore da 2 - 4 mm
- temperatura di esercizio fino a 70°C
- elevata resistenza meccanica
- elevato isolamento elettrico
- prova rigidità dielettrica con Holiday detector 25KV



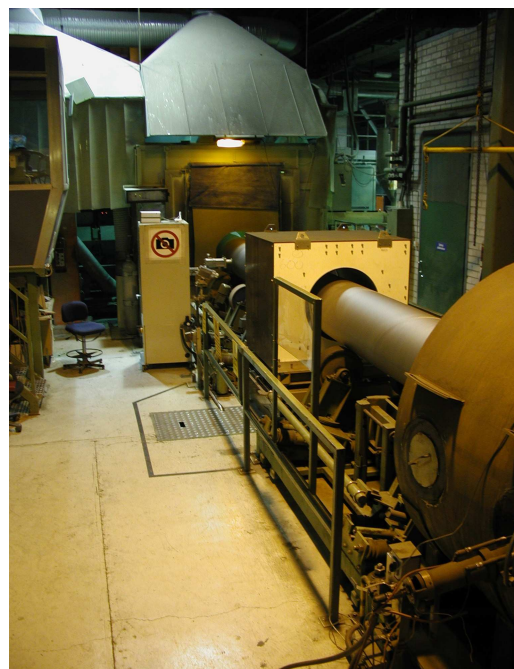
Fig. 3.4. "Parco tubi SRG": barre di tubo rivestite in polietilene: si notano le teste sulle quali il rivestimento verrà applicato in campo dopo la saldatura.

Materiali qualificati per la fornitura di rivestimento in polietilene:

POLIETILENE (GASD C 9.04.01 Rivestimento in poliolefina a tre strati)	
Fabbricante	Prodotto
Lyondell Basell	Lupolen 4552 D Black
Lyondell Basell	Moplen Coat EP60 bianco (Polipropilene)
Borealis	HE 3450
BP SOLVAY	Rigidex PC 002-50 R 102
BP SOLVAY	Rigidex PC 3092
MPB	AM/97
MPB	HDPE 2050
ARKEMA	Lacqtene 2006 PBK 35

MATERIALI DA RIPARAZIONE PER POLIETILENE (GASD C 9.04.03)	
Fabbricante	Prodotto
Berry Plastics (ex Raychem)	PERP 80 + S 1080 + S 1239
	PERP 60 + S 1137
	Melt Stick
CANUSA	CRP 65
	Melt Stick

Fig. 3.5 Particolare di applicazione polietilene direttamente in fonderia: forno a induzione per il preriscaldamento dell'acciaio a 85°C prima dell'applicazione del rivestimento



Rivestimenti a base di resine termoindurenti liquide

Sono utilizzati normalmente per quelle parti non rivestibili con altri rivestimenti in stabilimento o su impianti fissi quali:

- pezzi a T
- curve prefabbricate
- giunti isolanti
- pezzi speciali.



Fig. 3.6. Applicazione rivestimento resina termoindurente con sistema airless, su porzione di condotta in esercizio “da riabilitare”.

In cantiere vengono inoltre utilizzate per rivestire le parti interrate degli impianti di linea ed i punti fuoriuscenti dal terreno.

Si tratta normalmente di resine a base epossidica, bicomponenti senza solventi, applicate a pennello o a spruzzo airless in spessori non inferiori a 1,5 mm.

Le caratteristiche di questi prodotti sono sostanzialmente buone, realizzando un compromesso fra un isolamento elettrico paragonabile a quello di rivestimenti in bitume ed una soddisfacente resistenza meccanica con una relativa facilità di applicazione e riparazione, resistenza alle temperature di esercizio fino a circa 80-90°C, resistenza all'abrasione e penetrazione ed una ottima aderenza all'acciaio.

Alcuni problemi si pongono per le applicazioni in condizioni ambientali particolarmente rigide, temperatura inferiore a 7-8°C, nel qual caso è necessario ricorrere al preriscaldamento dei componenti separati, oppure alla messa in opera di appropriate protezioni.

Esiste inoltre il rischio, quando è necessario applicare più mani per raggiungere lo spessore richiesto, di provocare delaminazione dei vari strati se non vengono rispettati i tempi di sovra applicazione.

Resine termoindurenti:

- spessore tipico da 1 a 2,5 mm
- temperatura di esercizio fino a 80 -90 °c
- buona resistenza meccanica
- discreto isolamento elettrico
- prova rigidità dielettrica con Holiday detector 15KV

Materiali qualificati per la fornitura di rivestimento in resine termoindurenti:

RESINE TERMOINDURENTI AIRLESS (MONO O BIMIXER) (C 09.05.10)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
Veneziani	IAMSUB AIRLESS (estivo e invernale)	Stabilimento e campo, rivestimento per tubi, curve, valvole, raccorderia	GASD C.09.05.10 C.09.05.01
Carboline It.	CARBOGUARD 102 (ex APSA 102)AIRLESS (estivo e invernale)		
Carboline It.	CARBOGUARD 101 AIRLESS (1:1) (ex APSA 101)	Tubi per posa trenchless	C.09.09.00
Goldschmidt	PROTEGOL 32-89 EP		
Goldschmidt	PROTEGOL 32-55 PU		
Berry Plastics POWER CRETE	PowerCrete R 65-F1		
INDUSTRIE B. STOPPANI	Purstop 2000		
INDUSTRIE B. STOPPANI	Steelstop Epoxy Airless SF 1100		

RESINE TERMOINDURENTI A PENNELLO (C 09.05.10)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
INDUSTRIE B. STOPPANI	STEEL STOP EPOXY BRUSH SF 1000		GASD C
Carboline It.	CARBOGUARD 104	Campo	09.05.01

RESINE TERMOINDURENTI PER UTILIZZO IN GALLERIA (GASD C 09.01.10)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
Applicazione a pennello in mano unica			
Veneziani	lamproof 200 EP	Riabilitazione di rivestimenti per tubi in galleria	
SIQUAM	Epilac plus		
INDUSTRIE B. STOPPANI	StopCoat 1010		
E. WOOD	Copon Hycote 152 LV		

Applicazione a pennello/rotolo in più mani			
Carboline It.	Carboguard 954 HB	Riabilitazione di rivestimenti per tubi in galleria	
HEMPEL	Hempadur Mastic 45880		
E. WOOD	Copon Hycote 152 LV		

Applicazione airless			
Carboline It.	Carboguard 954 HB	Riabilitazione di rivestimenti per tubi in galleria	
HEMPEL	Hempadur Mastic 45880		
E. WOOD	Copon Hycote 152 LV		
VENEZIANI	lamproof 200 EP		
INDUSTRIE B. STOPPANI	StopCoat 1010		

Prodotti per il rivestimento dei giunti di saldatura

- Con i rivestimenti applicati in stabilimento qualitativamente sempre migliori, i punti deboli del rivestimento della condotta sono quelli che vengono effettuati in campo sui giunti di saldatura e le riparazioni.
- La ricerca dei materiali e le tecnologie di applicazione tendono verso un tipo di rivestimento che sia in tutto simile a quello applicato in stabilimento o con prestazioni molto vicine.
- Purtroppo però le condizioni ambientali non consentono di ottenere quei risultati che sono standard negli stabilimenti.
- Di fondamentale importanza in questi casi, è la scrupolosità nell'effettuare le operazioni di rivestimento seguendo alla lettera le istruzioni di applicazione e le relative specifiche.
- Una trascurata esecuzione delle operazioni ed il non rispetto dei parametri fondamentali (pulizia superficiale, temperatura di preriscaldamento, ecc) o anche l'utilizzo di materiali non adatti alle effettive condizioni di esercizio, possono portare a problemi gravi quali la mancanza di aderenza, il distacco del rivestimento e conseguenti infiltrazioni di acqua e umidità.
- Per ovviare a tali inconvenienti è quindi necessario analizzare accuratamente le condizioni precedentemente elencate e scegliere i rivestimenti più affidabili dal punto di vista applicativo e prestazionale.
- E' inoltre necessario che le operazioni di rivestimento in campo siano effettuate e controllate da personale qualificato.

Materiali qualificati per la fornitura di rivestimento dei giunti di saldatura di linea e TP:

FASCE TERMORESTRINGENTI PER GIUNTI DI SALDATURA DI LINEA (GASD C 09.03.05, applicate secondo C 09.07.01)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
CANUSA	KLR	C-30 ripristino rivestimenti in esercizio	A 7.10.04
	KLA	C-30	A 7.10.01
	GTS 65	C-50 PRIMER	A 7.10.02
	TBK XL 65	C-50 PRIMER per TOC	
BERRY PLASTICS (ex RAYCHEM)	WPC C-30S	C-30	A 7.10.01/04
	HTLP60 (S1239)	C-50 PRIMER	A 7.10.02
	DIRAX (S1239)	C-50 PRIMER per TOC	
ZANELLI	ZV	C-30	A 7.10.01
	ZA (ME 1400)	C-50 PRIMER	A 7.10.02
VOGELSANG	Vogelsang C 50	C-50 PRIMER	A 7.10.02

FASCE TERMORESTRINGENTI PER TUBI DI PROTEZIONE (GASD A 09.02.11)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
CANUSA	CSK 65	chiusura tubo protezione	A 9.02.11
ZANELLI	ZW		
BERRY PLASTICS (ex RAYCHEM)	CSEM		

I rivestimenti a base di nastri di poliolefine autoadesivi

Costituiscono una variante a quanto detto più sopra; la poliolefina viene prodotta sotto forma di nastro con uno o entrambi i lati adesivizzati con un apposito adesivo, formulato per aderire ad uno strato di primer applicato preventivamente all'acciaio.

L'applicazione può essere fatta in stabilimento o in campo manualmente, tuttavia per i problemi di fragilità meccanica, di scarsa resistenza all'irraggiamento solare ed al calore è bene non ricorrere all'applicazione in stabilimento.

In effetti l'impiego tipico dei nastri a freddo è quello sui giunti di saldatura di tubi di piccolo e medio diametro e negli eventuali rifacimenti di tratti di rivestimento degradato o danneggiato. In tali zone le piccole dimensioni dei tratti così rivestiti non offrono grande superficie d'attrito al terreno e, di conseguenza, non si manifestano i tipici difetti dei nastri: grinze di lunghezza variabile, spesso piene d'acqua, in cui la presenza del nastro distaccato, anche se integro, non consente alla corrente di protezione di raggiungere il metallo. Tali condizioni sono le più adatte allo sviluppo di fenomeni corrosivi localizzati e concentrati.

I nastri a freddo non offrono grande resistenza al distacco catodico, aderenza all'acciaio e resistenza agli sforzi tangenziali esercitati dal terreno sia in fase di posa che di esercizio e richiedono inoltre attente cure durante l'applicazione.

Materiali qualificati per la fornitura di rivestimento in nastri di poliolefine:

NASTRI AUTOADESIVI DI POLIOLEFINA PER BREVI TRATTI DI TUBO (GASD C09.03.04 e C 09.03.05)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
ALTA ALTENE RP3	1822.30 + 122.30 Primer P 16 S	Riabilitazione protezione passiva di brevi tratti di tubo	A 7.10.41
BERRY PLASTICS POLYKEN 942/955	942-30 + 955 EN Primer 1027		
RACI DENSO	Densolen AS39P Densolen R20HT Primer Densolen HT	Riabilitazione protezione passiva di brevi tratti di tubo	A 7.10.41

PRIMER IN POLVERE (GASD C 9.04.01 Rivestimento in poliolefina a tre strati)	
Fabbricante	Prodotto
Arsonsisi SpA (ex BASFCoatings)	Basepox PE 50-7190/91
Arsonsisi SpA (ex BASFCoatings)	Basepox PE 50-8190/91
Arsonsisi SpA (ex BASFCoatings)	Basepox PE 50-1081 (7081)
BS Coating	Eurokote 714.41
Jotun	CORRO COAT EP-F-1010
3M	226 N
Akzo Nobel/Resicoat	Resicoat R 735

PRIMER LIQUIDI (GASD C 9.04.01 Rivestimento in poliolefina a tre strati)		
Fabbricante	Prodotto	
Ind. B. Stoppani	RIV 4 RD	(Monocomponente)
Ind. B. Stoppani	RIV P 90	(Monocomponente per PP)
Ind. B. Stoppani	RIV E 80	(Bicomponente)
Pipe Industrial Paints&Coating	Trilan KB	(Bicomponente)
Pipe Industrial Paints&Coating	Trilan KM c.w.f.	(Monocomponente)
E. WOOD Copon (3M)	Pipe Primer L 4098	(Monocomponente)

ADESIVO (GASD C 9.04.01 Rivestimento in poliolefina a tre strati)	
Fabbricante	Prodotto
Lyondell Basell	Lucalen A 3110 M
Lyondell Basell	Lucalen G 3710 E / P
Borealis	ME 0420
DU PONT	Fusabond E MB 158 D
Lyondell Basell	Hifax EP 2015/60 (Polipropilene)
ARKEMA	Orevac 18350
DU PONT	Fusabond E MB 206 D
MPB	COESIVE L 8.92.8 (u)

Nastri di polimero non cristallino

Questi nastri sono di recente qualifica e si caratterizzano per essere costituiti da una massa di polimero che rimane permanentemente morbida, garantendo la protezione anticorrosiva. La protezione meccanica è poi fornita da un nastro di PVC esterno.

La proprietà più interessante è che mantiene le proprietà e soprattutto la capacità di aderire al metallo anche a temperature sotto lo zero. Si presenta come un rivestimento di riabilitazione per brevi tratti di tubo con possibilità di applicazione invernali (assenza di condensazione superficiale sulle condotte scoperte e in esercizio).

Materiali qualificati per la fornitura di rivestimento in nastri di poliolefine:

NASTRI AUTOADESIVI NON CRISTALLINI PER RIABILITAZIONE DI BREVI TRATTI DI TUBO			
Specifico per basse temperature (< 15°C)			
Fabbricante	Prodotto	Classificazione d'uso	Riferimento
Stopaq	Stopaq Wrapping Band CZ	Riabilitazione protezione passiva di brevi tratti di tubo	

I prodotti termo-restringenti

Vengono utilizzati normalmente per il rivestimento dei giunti di saldatura, per rivestire in cantiere giunti isolanti e per sigillare l'intercapedine fra i tubi di protezione e la condotta.

Sono costituiti da un supporto di polietilene con un lato adesivizzato con un adatto mastice a base butilica, cristallina o semicristallina (elastomerica). Il supporto di polietilene si attiva quando viene sottoposto a riscaldamento, iniziando a retrarsi e costringendo il mastice, nel frattempo fuso, a fluire sulla superficie di acciaio ricoprendola uniformemente (costituendo lo strato di protezione anticorrosiva).

I tipi più diffusi di questi prodotti presentano una resistenza alla temperatura di esercizio fino a 50°C, una variabile resistenza al distacco catodico, una certa facilità di applicazione e una grande compatibilità con i rivestimenti più utilizzati.

I prodotti termo restringenti possono essere applicati su appositi primer, normalmente epossidici, allo scopo di incrementare la resistenza meccanica, alla temperatura, allo sforzo tangenziale ed alla corrosione.

Tipi di prodotti termo restringenti adatti ad alte temperature di esercizio (fino a 120°C) sono disponibili ma comportano più complesse operazioni di installazione.

Sono frequentemente utilizzati anche per l'esecuzione di riparazioni, in modo particolare su rivestimenti a base di polietilene o per raccordare rivestimenti di tipo diverso.

Nella sezione allegati sono riportati i manuali operativi per l'applicazione dei diversi rivestimenti.

3.2. QUALIFICA APPLICAZIONE DEI RIVESTIMENTI

Qualifica dei rivestimenti in stabilimento

L'applicazione dei rivestimenti (tubi, valvole, curve) avviene in stabilimenti precedentemente qualificati, utilizzando materiali omologati.

Per i rivestimenti da realizzare in campo (giunti di saldatura, verniciature, ecc) avviene in campo prima che l'Appaltatore inizi le attività.

Le varie fasi in cui si articola la qualifica sono regolate dalle specifiche SRG.

All'atto della qualifica il Rivestitore deve fornire tutte le informazioni tecniche atte a dimostrare la corretta esecuzione di tutte le fasi di rivestimento. Queste indicazioni

devono contenere, compatibilmente con le dimensioni dello stabilimento e la sua produttività, almeno:

- la descrizione dell'impianto con i limiti operativi;
- le procedure di preparazione dei materiali e di rivestimento con i relativi parametri di processo;
- le condizioni ambientali minime e massime verificabili durante le fasi di lavorazione;
- materiali utilizzati;
- referenze e produzioni precedenti dell'impianto;
- procedure dei controlli in entrata dei materiali utilizzati;
- procedure e modalità di conservazione dei materiali;
- piano di controllo della qualità nelle diverse fasi della lavorazione;
- procedure e materiali di riparazione;
- certificazione dei rilevamenti dei parametri lavorativi, delle ispezioni e delle prove eseguite durante e dopo la produzione;
- criteri di gestione delle anomalie.

La qualifica vera e propria dello stabilimento consiste nelle seguenti attività:

- verifica delle attrezzature e dei locali di deposito dei materiali;
- esame del ciclo produttivo e confronto con la Normativa di riferimento e con la documentazione fornita;
- esame tecnico della strumentazione e delle apparecchiature utilizzate per l'applicazione e per il controllo qualità;
- controllo della fase applicativa;
- controlli sul rivestimento applicato secondo la Normativa di riferimento. In questa fase è facoltà del Committente richiedere l'esecuzione di un numero di prove maggiore di quello prescritto.

Durante la produzione dei rivestimenti in stabilimento devono essere eseguiti, compatibilmente con l'importanza della realizzazione, accurati controlli in tutte le fasi in cui si articola la produzione stessa:

- sui materiali da rivestimento prima del loro utilizzo (stato di conservazione, caratteristiche);
- sulle superfici preparate per l'applicazione (grado di finitura superficiale e rugosità);
- sui parametri di processo (temperatura, tempi, velocità, ecc);
- sul rivestimento finito tramite le prove di collaudo (aderenza, spessore, continuità).

L'omologazione dei materiali da rivestimento, siano essi per applicazione in stabilimento o in campo, avviene presso laboratori di prova e consiste nella verifica di una serie di caratteristiche, proprie sia del rivestimento applicato che del materiale di base che lo compone.

Fra i dati tecnici che i Fabbricanti dei materiali devono presentare figurano almeno i seguenti:

- scheda tecnica e scheda di sicurezza;
- le prove che caratterizzano il prodotto specifico;
- i risultati delle prove che evidenziano le suddette caratteristiche;
- le referenze di precedenti applicazioni;
- le procedure per la corretta applicazione e conservazione;
- le procedure di riparazione.

Per ciascuna delle caratteristiche esposte il Fabbricante deve fornire il metodo di prova utilizzato ed il valore garantito, con il massimo scostamento previsto.

Il Committente può richiedere la verifica delle proprietà dei materiali attraverso l'effettuazione di prove di laboratorio caratteristiche per ogni tipo di materiale da rivestimento. L'omologazione del prodotto è infine da completare mediante una prova di applicazione pratica, in un impianto di stabilimento o in campo.

Qualifica dei rivestimenti in campo

La principale attenzione in cantiere deve essere rivolta alle condizioni ambientali (temperatura e umidità) ed al livello della preparazione superficiale (grado di pulizia e rugosità).

La pulizia deve essere eseguita per proiezione di abrasivi selezionati, non contenenti sali o altri inquinanti che possano causare nel tempo danni alle strutture metalliche.

Il grado di finitura minimo richiesto è Sa 2½ secondo la Norma ISO 8501/1 e il livello di rugosità della superficie deve consentire un ottimo ancoraggio del rivestimento all'acciaio pulito. La rugosità viene normalmente indicata con la scala Rz.

Il sistema della proiezione di abrasivi può essere utilizzato anche per consentire l'asportazione di rivestimenti preesistenti non conformi.

La pulizia delle superfici da rivestire mediante spazzolatura meccanica (al grado di finitura St 3) deve essere ridotta al minimo, praticamente alle sole zone in cui sia impossibile intervenire mediante proiezione di abrasivi.

L'applicazione del rivestimento deve avvenire su superfici asciutte e spolverate.

Durante l'applicazione di qualsivoglia tipo di rivestimento è sempre necessario seguire scrupolosamente le istruzioni del Fabbricante, rispettando i tempi e le temperature di applicazione e le condizioni ambientali limite (bassa o alta temperatura ambiente, umidità relativa).

È disponibile tutta la documentazione relativa alle fasi di qualifica e anche una check list da utilizzare sia per la qualifica che per eventuali audit tecnici durante le attività.

I punti principali cui prestare attenzione e che **DEVONO** essere riportati dai Supervisor Lavori sono:

- verifica delle attrezzature e dei locali di deposito dei materiali;
- esame del ciclo produttivo e confronto con la Normativa di riferimento e con la documentazione fornita;
- esame tecnico della strumentazione e delle apparecchiature utilizzate per l'applicazione e per il controllo qualità;
- controllo della fase applicativa;
- controlli sul rivestimento applicato secondo la Normativa di riferimento. In questa fase è facoltà del Committente richiedere l'esecuzione di un numero di prove maggiore di quello prescritto.

Il rapporto finale della S.L. dovrebbe essere completo di:

- la descrizione dell'attrezzatura utilizzata;
- la correttezza della preparazione dei materiali;
- le condizioni ambientali minime e massime verificabili durante le fasi di lavorazione;

- materiali utilizzati (scadenza, qualifica);
- referenze e produzioni precedenti per SRG;
- procedure dei controlli in entrata dei materiali utilizzati;
- procedure e modalità di conservazione dei materiali;
- piano di controllo della qualità nelle diverse fasi della lavorazione;
- procedure e materiali di riparazione;
- certificazione dei rilevamenti dei parametri lavorativi, delle ispezioni e delle prove eseguite durante e dopo la produzione;
- criteri di gestione delle anomalie.

Durante la produzione dei rivestimenti in campo devono essere eseguiti, compatibilmente con l'importanza della realizzazione, accurati controlli in tutte le fasi in cui si articola la produzione stessa:

- sui materiali da rivestimento prima del loro utilizzo (stato di conservazione, caratteristiche);
- sulle superfici preparate per l'applicazione (grado di finitura superficiale e rugosità);
- sui parametri di processo (temperatura, tempi, velocità, ecc);
- sul rivestimento finito tramite le prove di collaudo (aderenza, spessore, continuità).

3.2.1. PROVE E COLLAUDI

Durante la produzione dei rivestimenti devono essere eseguiti, da parte di personale adeguatamente qualificato, accurati controlli in tutte le varie fasi in cui si articola la produzione stessa. Solamente una presenza continua ed una osservazione attenta delle varie operazioni consente la rilevazione delle eventuali non conformità, ad esempio di pulizia superficiale, di riscaldamento del tubo o di lavorazione del prodotto da applicare.

Solo con controlli continui si può avere una ragionevole garanzia che il rivestimento non presenti difetti occulti e non sistematici che le prove di collaudo finale spesso non sono in grado di rilevare.

I controlli che vengono normalmente eseguiti sono:

- verifica delle condizioni ambientali;
- controlli sui materiali da rivestimento prima dell'utilizzo (scadenza);
- verifica del grado di pulizia e finitura delle superfici metalliche;
- eliminazione di eventuali difetti superficiali dell'acciaio;
- rilievo e registrazione dei parametri di produzione (temperature dei materiali base, costituzione del rivestimento, pressione di macchina, ecc);
- esame visivo del livello di finitura generale del rivestimento;
- prove e verifiche di spessore, aderenza, continuità di isolamento e altre prove richieste sul prodotto finito dalla specifica.

Le prove principali in cui si articola il collaudo di un rivestimento, sia in stabilimento che in cantiere, sono le seguenti:

- **misura dello spessore**, sia ad umido (per le resine appena applicate) che a secco, secondo un piano di campionatura, mediante l'uso di appositi calibri dentellati per l'umido e di spessimetri magnetici o elettromagnetici per il secco. Prima di ogni serie di misure con apparecchi elettromagnetici deve essere eseguita la calibrazione dello strumento.

- **prova di aderenza**, che si effettua con procedimenti diversi a seconda del tipo di rivestimento in esame.
 Su rivestimenti a base di bitume o di catrame si esegue una prova qualitativa, consistente nell'asportare un tassello di rivestimento e nell'osservare il comportamento dello stesso durante il distacco e le superfici di distacco. L'aderenza è considerata accettabile quando non si verifica una separazione netta fra lo strato di aderenza ed il metallo con cui è a contatto. Deve osservarsi una frattura nello spessore del rivestimento, indice di coesione dello stesso.
 Per i bitumi la prova è attendibile in un campo di temperatura compreso fra 10 e 35°C; sotto tale limite il prodotto diventa fragile mentre sopra inizia a rammollirsi, provocando in entrambi i casi una inattendibilità dei risultati.
 Sui rivestimenti a base di nastri a freddo, poliolefine o fasce termo restringenti, si esegue una determinazione quantitativa dello sforzo necessario a distaccare un provino di rivestimento dal supporto. La prova si esegue, a distanza di un tempo stabilito dalla applicazione, utilizzando dinamometri a molla o trasduttori di pressione collegati a display o registratori.
 Anche per questi prodotti è importante l'osservazione diretta del tipo di distacco dal tubo ovvero del comportamento dello strato di aderenza: un distacco di tipo coesivo (con separazione nello spessore dello strato) è generalmente indice di buona aderenza.
 In tutti i casi deve essere riscontrata la completa copertura del metallo da parte della protezione anticorrosiva (primer o strato di aderenza o mastice).
 Sui rivestimenti a base di resine termoindurenti la prova si esegue praticando una incisione a V di 45° con una lama e tentando di scalzare il rivestimento dal vertice. L'aderenza è accettabile se il rivestimento non si distacca dal tubo in grosse scaglie (più di 2-4 mm) o non si solleva.
 Essendo la prova di aderenza una prova distruttiva, deve essere eseguita su campioni e le aree di prova devono essere subito riparate.

- **prova di continuità d'isolamento**, deve essere eseguita sul 100% delle superfici rivestite, sia durante il collaudo in stabilimento che in cantiere; in campo la prova deve essere eseguita anche subito prima della messa in opera o posa della struttura.
 Si esegue con appositi apparecchi denominati Holiday Detector o Apparecchio Cerca-falle d'Isolamento, che producono impulsi elettrici ad alta tensione o un'alta tensione continua. Hanno la possibilità di variare la tensione di prova, generalmente nel campo da 2,5 kV a 30 kV.
 Per l'utilizzo di tali apparecchi è importante lo stato delle batterie e che venga correttamente impostata la tensione di prova, allo scopo di adattare lo strumento al rivestimento da sottoporre alla prova. Impostazioni e calibrazioni mal fatte possono condurre a contestazioni con il fornitore o peggio al non rilevamento degli eventuali difetti.



Fig. 3.7. Holiday detector con elettrodo a molla: questo particolare elettrodo permette la verifica totale della superficie del rivestimento delle condotte sospese con un'unica passata

Allo scopo di interpretare correttamente i risultati della prova, è importante tenere presente che un difetto può non essere rilevato se la batteria è scarica o nel circuito di prova sono inserite resistenze anomale. Inoltre il difetto, per essere considerato tale, deve essere visibile, ovvero deve potersi vedere l'arco elettrico provocato dal corto circuito; il manifestarsi di scariche superficiali non è indice di falle.

Per prodotti costituiti da materiali ad elevate caratteristiche di isolamento elettrico quali poliolefine e resine termoindurenti, è possibile impostare una tensione di prova predefinita, facendone dipendere il valore dal solo spessore totale del rivestimento.

Le tensioni di prova devono quindi essere impostate a partire dai seguenti valori:

- bitume 10 kV per spessori da 3.5 mm in poi (ca. 3 kV/mm)
- polietilene estruso 25 kV per spessori da 1,5 mm in poi
- nastri autoadesivi 20 kV per tutti gli spessori di ciclo completo
- fasce termo restringenti 20 kV per tutti gli spessori di ciclo
- resine termoindurenti 15 kV (ca. 5 kV/mm)

La tensione di prova impostata deve essere controllata, con difetti simulati, diverse volte nel corso della giornata allo scopo di verificare l'efficienza dell'apparecchiatura.

- **la verifica della costituzione**, richiesta generalmente per rivestimenti a base di bitume, nastri a freddo e fasce termorestringenti, è eseguita sugli stessi provini distaccati nel corso della prova di aderenza. Consiste nell'esame dello spessore completo del rivestimento allo scopo di determinarne la composizione in termini di strati e la loro corretta deposizione sul tubo.

Nel corso della prova si osserva anche la superficie metallica, per rilevare eventuali difetti di pulizia o inquinamenti della superficie.

- **la verifica della compattezza** sui rivestimenti in bitume si esegue percuotendo leggermente con un bastoncino in legno il rivestimento e rilevando il suono: una sonorità piena è indice di rivestimento compatto e senza vuoti o distacchi dal tubo, mentre un suono smorzato e vuoto indica la presenza di difetti quali inclusioni d'aria fra bitume e metallo o fra i vari componenti del rivestimento. E' questa una prova di esecuzione facile e rapida, da eseguirsi soprattutto in corrispondenza delle testate dei tubi. Fornisce buoni risultati anche quando applicata a fasce termorestringenti, in corrispondenza dei cordoni di saldatura. Nella sezione allegati sono riportati i manuali di utilizzo dei strumenti impiegati per la realizzazioni delle prove sopra descritte.

3.3. DIREZIONE LAVORI

Per le attività di D.L. SRG si avvale di strumenti contrattuali dedicati all'ingegneria e direzione lavori. I preposti, qualificati da Snam Rete Gas S.p.A per le attività di Supervisione Lavori in merito alla *protezione passiva*, di fatto si rifanno a due specifiche:

- *specifica per il controllo e la verifica dei lavori di protezione catodica su metanodotti ed impianti SRG – ed. 19/02/2009*
- *specifica tecnica di supervisione lavori di protezione elettrica su metanodotti ed impianti Snam rev.2 – feb.1999*

La Snam Rete Gas S.p.A. nella figura dell'ufficio PE di Distretto si riserva di effettuare controlli a campione, e senza preavviso, in cantiere al fine di verificare la corretta tutela, applicazione, eventuale riparazione e verifica del rivestimento durante le varie fasi della realizzazione dell'opera. Tale provvedimento è atto a testare sia l' operato dell'impresa appaltatrice, che il grado di controllo di chi segue i lavori.

I risultati delle ispezioni, delle prove e dei collaudi, sono riportate ove previsto, nella apposita modulistica allegata al presente lavoro.

3.4.VERIFICA STATO RIVESTIMENTO NELLE CONDOTTE INTERRATE

A condotta interrata, sia in fase di collaudo che nel caso di condotte in esercizio, può essere verificata ed individuata la presenza di falle nel rivestimento tramite quattro diversi metodi; tutti effettuati per mezzo di strumentazione apposita:

1. Metodo delle misure del gradiente trasversale

La presenza di una falla nel rivestimento di una condotta metallica interrata soggetta a protezione catodica innesca un aumento del flusso di corrente di protezione verso il metallo scoperto a contatto con il terreno.

Questo metodo si basa sullo studio del gradiente dovuto alle linee di corrente di protezione che investono l'intera tubazione.

Tali gradienti vengono rilevati mediante un voltmetro collegato a due elettrodi di riferimento, il primo (elettrodo vicino) disposto sulla verticale della condotta, il secondo (elettrodo remoto) posizionato perpendicolarmente alla stessa ad una distanza tale da non risentire dell'effetto dei campi elettrici dovuti alla corrente di protezione catodica o di campi elettrici esterni al sistema di misura. La specifica

relativa al metodo delle misure del gradiente trasversale (GASD C.07.20.01) è consultabile negli allegati.

2. Metodo delle misure del gradiente longitudinale

Come per il metodo delle misure del gradiente trasversale si sfrutta l'andamento del flusso di corrente di protezione verso il metallo scoperto a contatto con il terreno. Il gradiente nel terreno viene rilevato mediante un millivolmetro collegato a due elettrodi di riferimento, entrambi disposti sulla verticale della condotta ad una distanza di circa due metri. La specifica relativa al metodo delle misure del gradiente trasversale (GASD C.07.20.04) è consultabile negli allegati.

3. Metodo Pearson

Il Pearson è un metodo conduttivo nel quale si utilizza un generatore di frequenza (nel range delle frequenze udibili) collegato tra la condotta ed un dispersore posto ad una distanza ragguardevole dal sito delle indagini, ed un voltmetro collegato ad una sonda costituita di 2 elettrodi posti ad una distanza fissa.

In corrispondenza di una falla di isolamento si ha una concentrazione delle linee di corrente scambiata tra condotta e terreno con conseguente aumento del gradiente del campo elettrico da essa generato. L'analisi dell'andamento del gradiente del potenziale lungo la condotta permette la localizzazione di eventuali falle. La specifica relativa al metodo delle misure del gradiente trasversale (GASD C.07.20.02) è consultabile negli allegati.

4. Metodo dell'attenuazione della corrente elettromagnetica

Questo metodo si realizza fornendo alla tubazione in esame una corrente alternata o pulsata per mezzo di un generatore d'onda. Un apposito ricevitore tarato sulla frequenza applicata, avanzando sulla sede della condotta, rileva l'intensità del campo elettromagnetico prodotto dalla corrente in transito sulla sezione di condotta sottostante. In presenza di una condotta il cui rivestimento sia omogeneo (integro, poroso, uniformemente danneggiato) l'intensità del campo elettromagnetico, che rappresenta la misura indiretta della corrente pulsata, ha un degradamento esponenziale inverso uniforme. Nel caso in cui la condotta presenti zone con: diverso isolamento, falle, variazione della resistività del terreno, l'intensità varia in modo non più regolare. Lo studio prevede la compilazione di un grafico con in ordinata il valore di intensità del campo ed in ascissa l'avanzamento sulla condotta, eventuali forti attenuazioni del campo di intensità corrispondono a zone con maggior assorbimento di corrente. La specifica relativa al metodo delle misure del gradiente trasversale (GASD C.07.20.03) è consultabile negli allegati.

4. PROGETTAZIONE E GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA

Gli impianti di protezione catodica possono essere ad anodi galvanici o a corrente impressa; la prima scelta da fare quindi è identificare, caso per caso, quale sistema di protezione risulta più appropriato alla difesa della condotta o del sistema di condotte. La definizione del sistema da applicare, fermo restando quanto si afferma nel capitolo 1.2.7 “applicazione della protezione catodica” si ha analizzando punto per punto quanto segue:

- caratteristiche del terreno
- caratteristiche delle condotte da proteggere
- presenza di “correnti vaganti” nel terreno
- presenza di anodi nelle vicinanze di altri impianti di protezione catodica

Caratteristiche del terreno

Nei terreni con resistività superiore a $50 \Omega \cdot m$ si esclude il ricorso agli anodi galvanici

Il rilevamento della resistività di terra viene effettuata con strumenti misuratori di terra.

Caratteristiche delle condotte da proteggere

Per le tubazioni interrate dell'ordine delle decine di chilometri si prediligono gli impianti a corrente impressa, in quanto è più economico e con poche installazioni si garantisce la protezione, per strutture limitate quali serbatoi o tratti molto brevi di tubazione risulta invece più conveniente l'installazione di un sistema ad anodi galvanici.

Presenza di “correnti vaganti” nel terreno

Visto quanto detto per le *correnti vaganti* dovute alla presenza nelle vicinanze di linee ferro-tranviarie, ed in particolare per le *interferenze non-stazionarie*, al fine di contrastare le zone anodiche mobili si ricorre ad impianti a corrente impressa variabile; questi sono in grado di percepire la perturbazione del campo elettrico e modificare il proprio set di erogazione della corrente.

Presenza di anodi nelle vicinanze di altri impianti di protezione catodica

Qualora siano presenti nel terreno anodi dispersori, nel raggio di almeno un chilometro, a protezione di altre strutture interrate, la realizzazione di impianti ad anodi galvanici potrebbe risultare una soluzione infruttuosa: in quanto il modesto campo elettrico risultante e messo in atto dagli anodi potrebbe essere contrastato e parzialmente annullato da quello estraneo; questa osservazione è da considerarsi ogni qual volta ci si trovi in presenza di *interferenze stazionarie*.

4.1. PC AD ANODI GALVANICI: DIMENSIONAMENTO

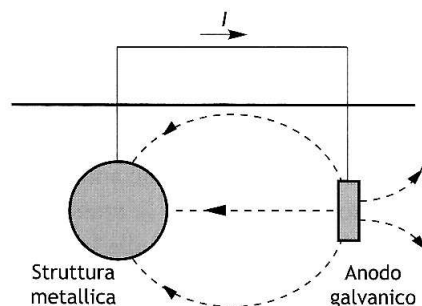


Fig.4.1 Circuito schematico di impianto di protezione catodica con anodi galvanici

Si procede per fasi:

1. Calcolo della corrente di protezione:

$$I = i * S$$

Dove i è la densità di corrente di protezione, precedentemente valutata in base all'efficienza del rivestimento (resistenza d'isolamento) ed S la superficie totale da proteggere.

2. Spaziatura degli anodi:

Essa viene calcolata mediante l'equazione:

$$\Delta L_{\max} = \Delta E / \rho i$$

Dove ΔE è il lavoro motore ovvero la differenza tra E_{prot} e E_{anodo} , mentre ρ è la resistività del terreno.

3. Calcolo del numero minimo di anodi:

$$N_{a,\min} = S / S_c$$

Dove S è la superficie totale da proteggere, mentre $S_c = \pi * \Phi * \Delta L_{\max}$ con Φ il diametro della tubazione risulta essere la superficie catodica del tratto di tubazione di lunghezza ΔL_{\max} .

4. Calcolo della resistenza catodica:

Si intende la resistenza localizzata sulla superficie del catodo R_c ,

$$R_c = R_o / S_c$$

Dove R_o è la resistenza che dipende dal rivestimento della condotta.

5. La resistenza anodica:

Dipende dal materiale metallico impiegato per la realizzazione dell'anodo; Snam Rete Gas S.p.A. impegna solo "anodi di magnesio" la cui composizione è riportata nella specifica di fornitura GASD A 7.02.07 consultabile nella sezione allegati.

La resistenza localizzata all'anodo, vista la conformazione geometrica allungata, viene calcolata con la formula di Dwight

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$$

Dove ρ è la resistenza dell'elettrolita [Ωm], L la lunghezza dell'anodo [m], r il raggio equivalente [m]

Al fine di contenere la resistività anodica viene preparato un letto di posa atto ad offrire una maggior conducibilità elettrica.

In pratica si diminuiscono gli effetti di polarizzazione e l'insorgenza di fenomeni di passivazione, bloccando l'arrivo dei sali responsabili della formazione dei film passivanti come fosfati, carbonati e bicarbonati, oltre ad aumentare il rendimento degli anodi favorendone un consumo uniforme.

resistività del terreno [Ωm]	anodi di magnesio		
	< 20	20 - 100	> 100
gesso	25	50 - 70	25
bentonite	75	40 - 25	50
solfato di sodio		10 - 25	25

Tab.4.1
Composizione
letto di posa

Dove il solfato di sodio opera una diminuzione della resistività superficiale, il gesso ha la funzione di mantenere attiva l'intera superficie dell'anodo per un consumo uniforme, la bentonite ha proprietà igroscopiche, utili al processo elettrolitico in periodo di secca.

6. Calcolo dell'erogazione anodica

$I_a = \frac{\Delta E}{Ra + Rc}$ considerando che il potenziale dell'anodo in magnesio E_{anodo} è -1,55 V (CSE).

7. Verifica del numero minimo di anodi:

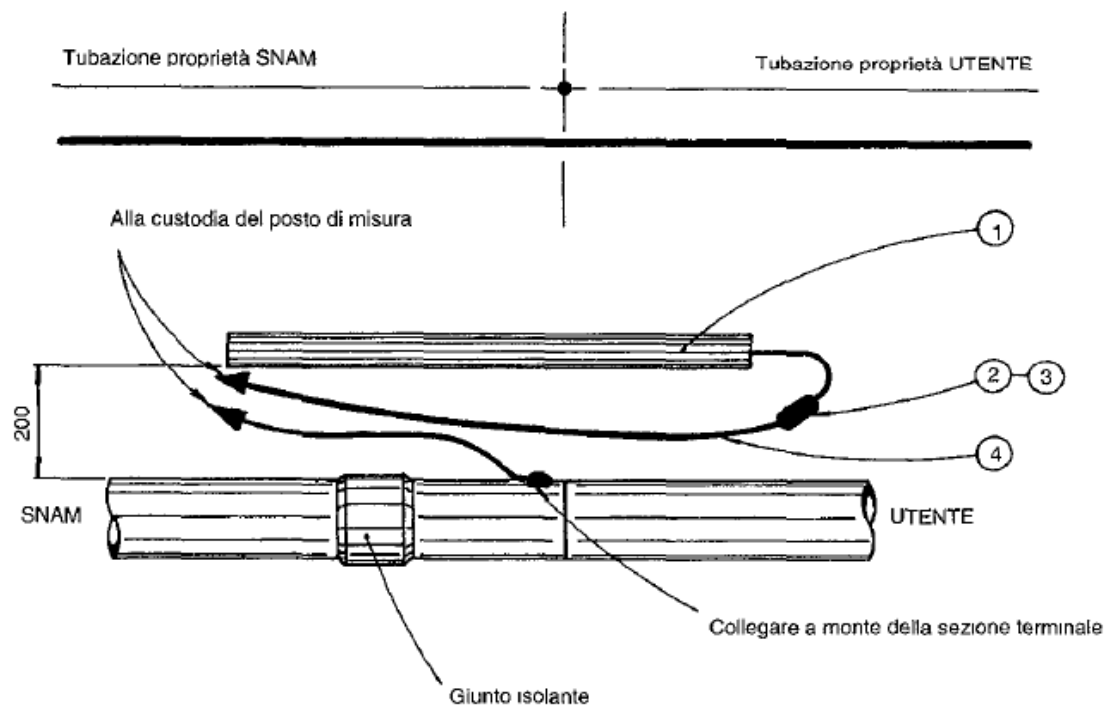
Si procede al calcolo del numero minimo di anodi $N_{a,cd}$, in base alla richiesta di corrente, dato dal rapporto tra la corrente totale I , e l'erogazione di un anodo, I_a

$$N_{a,cd} = \frac{I}{I_a}$$

Verificando che $N_{a,min} \geq N_{a,cd}$

8. Realizzazione, collaudo, manutenzione:

A realizzazione avvenuta, effettuato il collaudo per mezzo di misure elettriche specifiche menzionate di seguito, si procede nel tempo di esercizio alla verifica dello stato di protezione del sistema.



Pos.	DENOMINAZIONE	Tab GASD	U M	QUANTITÀ
1	Anodo di magnesio	A 7.03.04	n.	1
2	Connettore tipo P2	A 7.04.02	n.	1
3	Manicotto termorestringente	A 7.03.04	n.	1
4	Cavo rame 1x10 mm ² pos. 6	A 7.04.01	m	da definire

Fig 4.2 tratta dalla GASD B.02.08.00.09 riporta le indicazioni per la posa dell'anodo galvanico negli impianti terminali (utenti) dove S.R.G. è responsabile della protezione catodica per quanto di sua proprietà. L'anodo garantisce la sola protezione del tronchetto di proprietà a valle del giunto (che rimane aperto).

4.2. PC A CORRENTE IMPRESSA: DIMENSIONAMENTO

I sistemi di PC a corrente impressa, concettualmente, sono costituiti da due componenti principali: l'alimentatore e il dispersore.

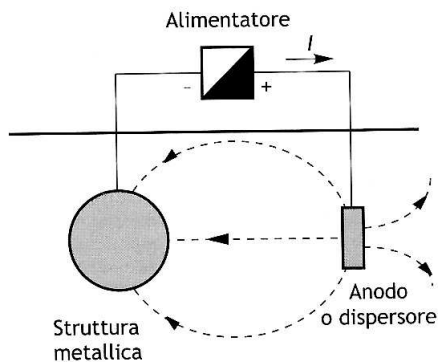


Fig.4.3 Circuito schematico di impianto di protezione catodica a corrente impressa

Gli alimentatori

L'erogazione della corrente degli alimentatori è regolata sulla base di due modalità:

- a corrente costante
- a potenziale variabile

Snam Rete Gas S.p.A. impiega alimentatori di due tipi:

trasformatori-raddrizzatori e fotovoltaici, entrambi funzionanti nelle due modalità.

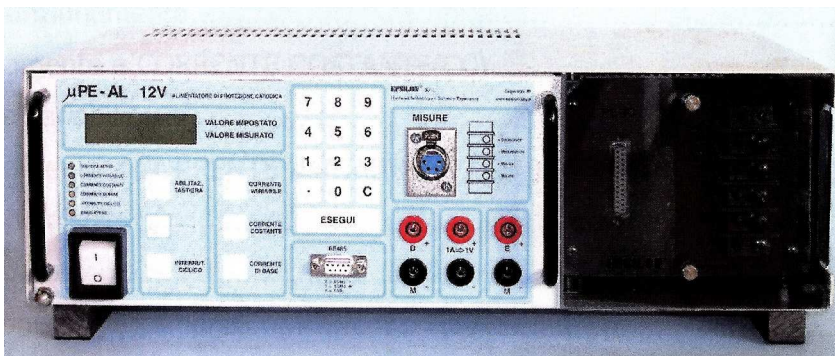


Fig. 4.4 Alimentatore di protezione catodica alimentato a 12V da pannelli fotovoltaici.

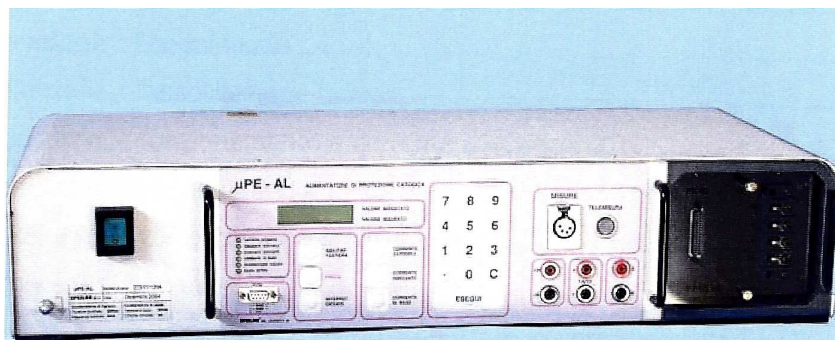


Fig. 4.5 Alimentatore di protezione catodica alimentato a 230V da rete elettrica.

Gli alimentatori a corrente costante sono provvisti di un controllo che consente di mantenere costante l'erogazione della corrente anche se le resistenze circuitali variano.

Con questa modalità, la densità di corrente di protezione media rimane costante indipendentemente dai potenziali che la struttura assume.

Gli alimentatori a corrente variabile o detti a potenziale costante vengono impiegati laddove sulla rete da proteggere siano presenti interferenze da correnti disperse da sistemi di trazione elettrica in corrente continua. Un particolare controllo automatico fa variare la corrente erogata dall'alimentatore in modo da mantenere costante il potenziale della struttura. Tale potenziale è misurato continuamente rispetto ad un elettrodo fisso posto in un punto caratteristico della struttura interrata, ovvero un punto che tende ad avere comportamento anodico quando le correnti interferenti sono attive.

In questa particolare, ma molto diffusa, applicazione il potenziale misurato dall'apparecchiatura è quello "on" e non quello "vero" della tubazione. In buona sostanza gli alimentatori pilotati a potenziale costante, sono in realtà pilotati dalla caduta ohmica nel terreno, che varia con il variare delle correnti vaganti.

I dispersori: anodi per sistemi a corrente impressa

Il dimensionamento del dispersore è determinato dall'esigenza di ottenere una bassa resistenza anodica, in genere inferiore a 2Ω . Per conseguire questo obiettivo spesso si deve preparare adeguatamente il letto di posa (backfill) con del coke di petrolio calcinato, allo scopo di aumentare la superficie anodica del dispersore a contatto con il terreno.

A differenza del letto di posa visto per gli anodi galvanici, questo particolare letto di posa mostra solo una maggiore conducibilità elettronica di fatto aumentando il volume del dispersore e conseguentemente la sua superficie chiusa.

In pratica nei terreni vengono disposti in tre diverse conformazioni:

- dispersore orizzontale
- dispersore verticale superficiale
- dispersore verticale profondo

Le prime due tipologie di dispersori impiegano anodi in ferro-silicio impaccati (GASD A.7.02.21) e possono averne più d'uno in serie in base all'effettiva esigenza di corrente da erogare.

Queste due tipologie, in quanto superficiali sono i preferibili, in quanto più economici e spesso più affidabili, in particolare se l'erogazione di corrente è elevata in quanto smaltiscono meglio l'ossigeno frutto del processo elettrolitico all'anodo. Per altro in aree urbanizzate ove risulta oltre modo oneroso mantenere il dispersore a 100 metri dalla condotta si opta per il dispersore verticale profondo.

Quest'ultimo a parte il costo più elevato offre numerosi vantaggi:

- distribuzione della corrente più uniforme
- non risente delle variazioni stagionali della resistività del terreno superficiale
- il campo elettrico risultante mostra un gradiente del potenziale meno forte in superficie, se si rispetta la profondità della testa del dispersore che deve essere ad almeno 40 metri; garantendo un maggior raggio d'azione.

Gli svantaggi sono in pratica:

- la difficile aerazione dell'ossigeno (gas) prodotto dalla reazione anodica
- problematiche legate al sottosuolo sito della realizzazione del pozzo che ospita l'anodo.

A tal proposito si riporta nella sezione allegati la GASD C.07.20.08.

4.3 ACCESSORI

Giunti isolanti

Per isolare elettricamente la struttura metallica da proteggere da ogni altra si fa ricorso ai giunti isolanti. La rete di gasdotti Snam Rete Gas S.p.A. è tutta interconnessa, l'inserimento dei giunti isolanti in punti particolari ha permesso la suddivisione in maglie elettriche indipendenti al fine di ottimizzare la protezione e meglio controllare le interferenze da correnti disperse.

Oggi, a differenza del passato, la totalità dei g.i. installati è del tipo a *monoblocco*.

I giunti a *monoblocco* o "bicchiere" sono costituiti da due porzioni di condotta che si innestano l'una nell'altra, separate da spaziatori di plastica resistente alla compressione ed ad alto potere isolante.

Tubi di protezione o cunicoli

Negli attraversamenti stradali e ferroviari o comunque laddove la fascia di rispetto della condotta risulti intaccata da opere terze sono di norma installate delle opere di protezione meccanica sulla condotta.

Il tubo di protezione è un contro-tubo metallico anch'esso rivestito da opportuna protezione passiva; all'interno dei distanziatori plastici evitano contatti metallici tra le condotte. In particolari condizioni vengono installate protezioni in calcestruzzo (cunicoli), la cui struttura è armata per condotte superiori ai 16" di diametro.

4.4. MISURA DEL POTENZIALE

Il criterio universalmente impiegato per la verifica della protezione catodica di una struttura interrata è basato sulla misura del potenziale della condotta rispetto al terreno; il potenziale viene rilevato tramite un voltmetro a elevata impedenza con il polo positivo collegato alla struttura e quello negativo all'elettrodo di riferimento.

Nello specifico la misura del potenziale consiste nel collegare due punti del campo elettrico a un voltmetro e misurare la corrente che circola: il prodotto della corrente per la resistenza interna allo strumento fornisce il potenziale. Normalmente per effettuare questa misura su di un conduttore metallico non occorrono particolari accorgimenti, se non la raccomandazione di instaurare buoni contatti metallici. Diversamente, nel caso in cui si debba misurare il potenziale di un *conduttore ionico*, quale è il terreno o un elettrolita in genere, la corrente è trasportata da ioni e non da elettroni; per cui tutti i dispositivi di misura dovrebbero essere ionici e questo non è possibile dal momento che il voltmetro è metallico e richiede conduttori metallici. Questo problema è ovviato dall'uso di contatti metallici isoelettrodici, cioè costituiti dallo stesso metallo, oppure da due elettrodi di riferimento aventi il requisito di elettrodo impolarizzabile, ossia un elettrodo il cui potenziale non varia durante la misura. Il metallo posto a contatto con il terreno assume un potenziale espresso dalla legge di Nernst, se tra metallo e soluzione non vi è scambio di corrente, mentre in caso contrario, intervengono anche le sovratensioni d'elettrodo. L'elettrodo usato come riferimento deve mantenere il suo potenziale costante durante la misura anche se circola una piccola corrente; a tal proposito affinché la corrente sia di piccole entità il voltmetro impiegato dovrà essere di resistenza interna molto elevata.

4.4.1. CONTRIBUTI NELLA MISURA

Il potenziale misurato mediante un elettrodo di riferimento è funzione della posizione di quest'ultimo rispetto alla struttura. Il valore misurato, E , è somma di tre contributi, come schematizzato in figura.

$$E = E_{eq} + \eta + IR$$

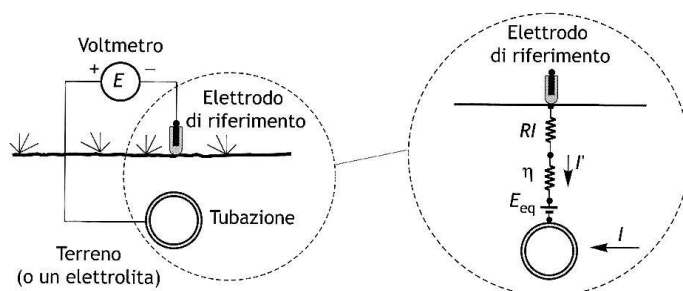


Fig.4.6

E_{eq} è il potenziale di equilibrio del metallo rispetto all'elettrodo di riferimento usato
 η è la sovratensione (misurata rispetto al potenziale di equilibrio)
 IR è la caduta ohmica che dipende: dalla distanza elettrodo di riferimento- struttura, dalla resistività dell'ambiente e dalla corrente circolante.

Il "potenziale vero" al quale è esposta la superficie della struttura, ovvero quello apprezzabile nell'infinitesimo conteso tra la superficie metallica e l'elettrolita è dato dalla somma $E_{eq} + \eta$, e viene indicato con E_{off} .

4.4.2. TIPI DI ELETTRODI

Snam Rete Gas S.p.A. impiega solo elettrodi di tipo Cu-Cu-SO₄. Questi possono essere fissi quando sono installati nel terreno, secondo quanto prevede la GASD B.02.08.00.08, oppure portatili per misure di potenziale ove sia assente l'elettrodo fisso.

La GASD A.07.04.03 specifica la realizzazione del dispersore fisso di profondità, mentre la GASD A.07.04.04 indica la costituzione di quello portatile da interrare superficialmente; infine la GASD A.07.04.15 mostra l'elettrodo portatile da superficie, da impiegare laddove non sia possibile conficcare nel terreno (piazze, strade, terreno ghiacciato) l'elettrodo portatile da interro.

Da qualche tempo vengono impiegati particolari elettrodi fissi con una particolare piastrina che permette di omettere la componente di potenziale dovuta alla caduta ohmica e di valutare

4.4.3. PUNTI DI MISURA

La norma GASD B.2.08.00 allegata, riporta i criteri di progettazione e di dislocazione dei punti di misura. A titolo dimostrativo si riportano alcuni esempi di punti di misura:

TIPO	GASD	DESCRIZIONE
PP1	B.02.08.01.01	presa di potenziale senza elettrodo
PP1/E	B.02.08.01.02	presa di potenziale con elettrodo
PP1/P	B.02.08.01.03	presa di potenziale con tubo di protezione
CE1	B.02.08.02.01	collegamento elettrico tra condotte snam
CE3	B.02.08.02.03	collegamento elettrico attraversamenti ferroviari
MT1	B.02.08.03.01	messa a terra di linea (per sovratensioni)
SE...	B.02.08.04.01	shuntaggi elettrici su giunti isolanti
SE5	B.02.08.04.05	shuntaggi elettrici su terminale utente

Tab 4.2 le specifiche sono consultabili negli allegati

Si definiscono punti di misura caratteristici quei punti di un SPC che hanno il potenziale tendenzialmente più anodico rispetto agli altri, oltre ai punti di misura posti sugli attraversamenti ferroviari e gli alimentatori di protezione catodica.

I punti di misura sono numerati secondo un criterio progressivo che considera per primo il senso gas, cosicché siano univoci ed identificabili.

4.5. SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA (SPC)

Snam Rete Gas S.p.A. conta circa 31.000 km di rete, quasi totalmente interrata. La stessa è suddivisa, per mezzo di giunti isolanti, in circa 3200 *sistemi di protezione catodica*.

Esistono principalmente due tipologie di sistemi di protezione catodica:

- Di *opera concentrata*
- Di *linea*

Gli impianti di regolazione della pressione/portata, di riduzione della pressione, di compressione e di smistamento del metano (nodi), ove confluiscono i metanodotti vengono isolati dalla linea per mezzo di giunti isolanti posti a circa 40 metri dalla recinzione. All'interno di quest'ultimi si vengono a creare sistemi di protezione catodica denominati di *opera concentrata*.

In questi casi, per garantire la sicurezza del personale operante sugli impianti, la rete di dispersione di terra viene cortocircuitata al metanodotto per avere l'equipotenzialità tra strutture diverse così da evitare scariche altrimenti possibili. Gli alimentatori operanti su tali sistemi vengono fatti funzionare a corrente costante, questo perché la maglia di terra essendo anch'essa in protezione e a contatto col terreno, tenderebbe a far circolare correnti elevate e non a protezione delle condotte interrate. Con modesti valori di corrente si protegge la rete che di norma, viste le modeste estensioni, non è interferita.

Tutta la restante rete di metanodotti è divisa in *SPC di linea*.

Ogni *sistema di protezione catodica* possiede impianti di protezione catodica detti PPC (acronimo di Posto di Protezione Catodica), *punti di misura*, eventuali tubi di protezione o cunicoli (solo negli *SPC di linea*). I principali criteri con i quali vengono ripartiti i metanodotti in SPC diversi sono molteplici:

- competenza territoriale
l'attività di esercizio dei metanodotti è divisa in Distretti, i quali sono suddivisi in Centri di Manutenzione. I limiti dei sistemi di protezione catodica, corrispondenti alla posizione dei giunti isolanti, coincidono con i confini di competenza delle diverse unità territoriali competenti.
- particolari interferenze elettriche con strutture estranee
In condizioni ove la condotta risulti particolarmente interferita da correnti vaganti, la propensione è di suddividere ulteriormente la rete interessata all'interferenza, così da individuare e limitare il più possibile la superficie soggetta ed esposta all'interferenza. Il caso più frequente è rappresentato da condizioni di parallelismo con rete ferroviaria; dove le correnti disperse nel terreno dai convogli, per mezzo dei binari (che si ricorda essere a terra), tendono ad incanalarsi nella condotta per tornare alla sottostazione ferroviaria. La frammentazione della rete riduce la possibilità che si inneschino le correnti menzionate.
- parallelismi o interferenze di condotte S.R.G.
Qualora ci sia uno stretto parallelismo tra condotte S.R.G. o le stesse si intersechino, vengono di norma cortocircuitate. In questo modo si ha una situazione di equipotenzialità, dove le condotte danno origine ad un unico campo elettrico che evita di fatto l'interferenza elettrica tra le stesse.

Negli allegati sono consultabili gli schemi di due sistemi di protezione catodica: di *linea* e di *opera concentrata*.



Fig.4.7
Particolare dello schema elettrico: vengono riportati sulla cartografia 1:25.000 i punti impiantistici di linea (valvole meccaniche, punti di misura, giunti isolanti, attraversamenti ferroviari).

GESTIONE DELLA CONSISTENZA IMPIANTISTICA

Data la notevole mole di dati fondanti la consistenza impiantistica: metanodotti, valvole di intercettazione, punti di misura, sistemi di protezione catodica, PPC, giunti isolanti e altre caratteristiche, in questa sede non meglio dettagliate, Snam Rete Gas S.p.A. ha messo in piedi un sistema di gestione complesso della consistenza.

GUA acronimo di gestore unico anagrafica, rappresenta la piattaforma sulla quale risiede l'intera consistenza.

SIGAS rappresenta l'interfaccia grafica utente, supportata dal programma microstation, per la visualizzazione della rete gasdotti.

4.6. COLLAUDO SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA

La normativa GASD C.07.21.01 stabilisce la necessità di applicare la protezione catodica subito dopo la posa della condotta e fornisce le prescrizioni per il collaudo dei sistemi di protezione catodica delle condotte interrato.

Il collaudo vero e proprio è preceduto dalla messa a punto del sistema al fine di accertare l'efficienza e l'efficacia della protezione applicata, anche in relazione alle variazioni di campo elettrico eventualmente interferente.

Per prima cosa dovrà essere verificato: il corretto set dei giunti isolanti (secondo lo schema del SPC), il regolare funzionamento degli impianti di protezione catodica e l'isolamento da strutture estranee quali le reti di dispersione di terra.

4.6.1. COLLAUDO DELLO STATO ELETTRICO DEL SPC DI LINEA

Tratto dalla GASD C.07.21.01 "Il collaudo dello stato elettrico consiste nel rilievo registrato dei parametri elettrici (potenziale e corrente) degli impianti di protezione catodica contemporaneamente ai rilievi registrati del potenziale e della corrente longitudinale sugli eventuali giunti isolanti di linea e del potenziale di tutti i punti di misura facenti parte dello stesso sistema di protezione. Qualora le misure registrate su di un sistema di protezione catodica richiedano (per la consistenza dei punti di misura) più giorni, è necessario che le misure registrate dei parametri elettrici (potenziale e corrente) di tutti gli impianti di protezione catodica siano ripetute contemporaneamente alle misure registrate nei rimanenti punti di misura ancora da controllare. Per l'esecuzione dei rilievi elettrici devono essere impiegati strumenti registratori (GASD C7.00.11 - C7.00.12 allegati) a scrittura continua (analogici) predisposti con velocità avanzamento della carta di 120mm/h e portata idonea ai valori da misurare, anche se ultimamente sono accettati strumenti campionatori digitali. In ogni punto di misura si devono effettuare misure registrate della durata di ventiquattro ore con un minimo di

venti ore in relazione alla ciclicità delle variazioni del campo elettrico interferente.

Dall'analisi dei valori registrati se la variazione tra il potenziale massimo ed il potenziale minimo è ≤ 100 mV, la condotta si considera non interferita da correnti disperse. Se la variazione tra il potenziale massimo ed il potenziale minimo è > 100 mV, la condotta si considera interferita da correnti disperse. Negli incroci o parallelismi con altre strutture interrato, sui giunti isolanti aperti di linea e su eventuali giunti isolanti terminali, devono essere eseguiti rilievi elettrici registrati per accertare se eventuali interferenze elettriche provocate dai sistemi di protezione catodica installati, siano in accordo alla norma UNI 9783". Lo studio dell'andamento del potenziale elettrico dei vari punti di misura permette di evidenziare i punti di misura maggiormente soggetti ad interferenza o comunque più anodici.

4.6.2. COLLAUDO DELLO STATO ELETTRICO DI OPERA CONCENTRATA

Di norma non essendo interferita da correnti disperse il collaudo dello stato elettrico del sistema di protezione va effettuato con le misure del potenziale della condotta ad impianti inseriti (V_{on}) e ad impianti disinseriti (V_{off}), e con rilievi registrati dei parametri elettrici (potenziale e corrente) degli impianti di protezione catodica contemporaneamente ai rilievi registrati del potenziale sui lati interni dei giunti isolanti che delimitano l'opera concentrata. Inoltre in corrispondenza di tutti i giunti isolanti, devono essere effettuati i rilievi registrati per accertare eventuali interferenze elettriche provocate dai sistemi di protezione catodica installati. La durata delle misure registrate, da effettuare con strumenti registratori a scrittura continua predisposti con velocità di avanzamento della carta di 120 mm/h e portata idonea ai valori da misurare, deve essere di almeno ventiquattro ore, comprensivo del periodo "on" e "off" degli impianti di protezione catodica, con un minimo di venti ore in relazione della ciclicità delle variazioni del campo elettrico interferente. Prima di eseguire i rilievi deve essere verificato che gli alimentatori automatici di protezione catodica funzionino regolarmente e su di essi devono essere installati gli interruttori ciclici sincronizzati e predisposti con tempi di apertura (off) di 3 secondi e chiusura (on) di 12 secondi. Il potenziale della condotta ad impianti disinseriti (V_{off}) è considerato accettabile se il suo valore risulta più negativo o uguale del potenziale di soglia di protezione (UNI-EN 12954). Il potenziale, comunque, ad impianti disinseriti (V_{off}) o potenziale di polarizzazione è considerato accettabile se il suo valore risulta più negativo od uguale a $-0,95$ V. rispetto l'elettrodo di riferimento Cu-CuSO₄ saturo. Le misure del potenziale di polarizzazione, devono essere eseguite su tutti i giunti isolanti aperti che delimitano il sistema, sugli impianti di protezione catodica, sui posti di misura esistenti ed in altri punti di misura che opportunamente scelti devono permettere di accertare se la distribuzione della corrente assicura lo stato elettrico di protezione delle condotte (ad esempio: condotte in prossimità di masse metalliche e strutture di cemento armato, condotte non in vicinanza dei dispersori di corrente, ecc.). Nel caso di tubazioni provviste di opere di protezione meccanica, di blocchi di ancoraggio, di supporti a cravatta o di tubazioni poste sotto manufatti o lastre di cemento armato, l'elettrodo di riferimento deve essere in genere posizionato sulla tubazione libera fuori da tali opere o manufatti. Qualora esistano punti di misura provvisti di sonde di polarizzazione (in acciaio) i rilievi di potenziale V_{on} e V_{off} vanno eseguiti sulle stesse mediante l'apertura e la chiusura del circuito di collegamento condotta – sonde di acciaio. Inoltre per ogni singolo dispersore di corrente deve essere eseguita, con strumenti indicatori, la misura della corrente erogata. Nel caso la protezione catodica è attuata con anodi galvanici, la misura della corrente erogata dai singoli anodi o dalle batterie di anodi deve essere eseguita con strumenti indicatori.

4.7. MONITORAGGIO PROTEZIONE CATODICA IN S.R.G.

Snam Rete Gas S.p.A. fin dal 1999 ha sperimentato prima, e messo in esercizio poi, una rete di dispositivi denominati AEMT (unità di Acquisizione, Elaborazione, Memorizzazione, Trasferimento dati) atti a trasferire ad un centro di raccolta dati le registrazioni del potenziale elettrico e di corrente erogata dei punti di misura

caratteristici. Tali dispositivi effettuano una campionatura del segnale elettrico analogico ed archiviano per le più prossime 36 ore 3 dati al minuto: minimo, massimo, medio (con l'elaborazione dello scarto quadratico medio); archiviano poi dati ora e giorno (sempre minimo, medio, massimo). Settimanalmente via GSM i dispositivi vengono interpellati da un sistema di modem GSM (pooling) con il quale si scaricano tutte le registrazioni giorno; c'è la possibilità di scaricare le registrazioni ora e minuto per una più dettagliata analisi delle interferenze. Il vincolo maggiore, particolarmente oneroso, che si ha nel gestire questo tipo di installazioni consiste nel dover disporre di un'armadio e di un allacciamento alla rete dell'energia elettrica, in alternativa ad un sistema fotovoltaico per l'alimentazione dei dispositivi. (particolare consultabile negli allegati).

Da qualche anno, per ovviare ai suddetti investimenti sono disponibili unità mini-aemt, ovvero aemt miniaturizzate la cui installazione è possibile all'interno delle piantane senza bisogno di particolari interventi per garantire loro l'alimentazione energetica, grazie a particolari batterie resistenti al clima esterno il loro funzionamento è garantito 3 anni.

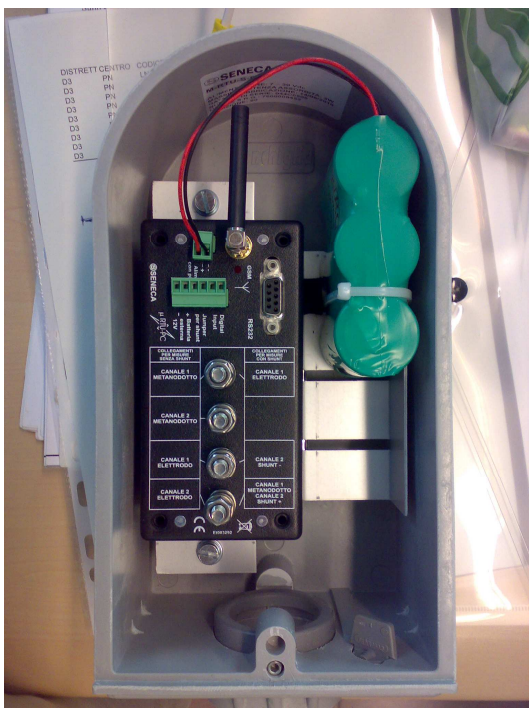


Fig.4.8 mini -aemt

Ad un costo relativamente contenuto, l'impiego di queste unità miniaturizzate permette di poter monitorare continuamente un maggior numero di punti misura e quindi di rete.

I dati raccolti in automatico dai modem GSM confluiscono in alcuni server e vengono gestiti da una piattaforma denominata GAD. Questa analizza i dati in ingresso validando automaticamente quelli che superano il controllo, mentre quelli che presentano valori fuori soglia o ancor peggio fuori protezione ($> -0,85$) vengono inviati ad un interfaccia utente affinché siano analizzati dal tecnico PE (Protezione Elettrica) che prenderà provvedimenti in merito.

I dati valicati vanno a concorrere per l'efficienza del sistema di protezione catodica.

4.7.1. EFFICIENZA DEL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA

Snam Rete Gas S.p.A. ha adottato quanto previsto nelle “linea guida metodologia di valutazione dell'efficacia dei sistemi di protezione catodica della rete di trasporto” di APCE 1^a edizione 24 settembre 2007.

Tale linea guida consente di calcolare l'indicatore dei singoli sistemi di protezione catodica, attraverso le caratteristiche progettuali e le informazioni della gestione, prendendo come riferimento le disposizioni legislative e norme tecniche vigenti in materia. In pratica tramite un algoritmo che considera altri coefficienti (K_{11} , K_{12} , K_2) viene stilato un indicatore di efficienza del SPC denominato KT .

K_{11} = coefficiente sezionamento elettrico del sistema di protezione catodica.

K_{12} = coefficiente posti di misura del sistema di protezione catodica.

K_2 = coefficiente di gestione legato alle attività di acquisizione dei valori di potenziale sia tramite i dispositivi di acquisizione elettronici precedentemente trattati, sia per mezzo di operatori in campo.

5. CONCLUSIONI

La realizzazione e l'applicazione della protezione catodica risulta essere una scienza complessa che racchiude un'elevata entità di fattori ed attività, tuttavia durante il tirocinio lo studente ha avuto la possibilità di meglio conoscere le varie fasi: dalla progettazione alla messa in opera di impianti di protezione catodica, dall'analisi del collaudo dei sistemi di protezione catodica alle qualifiche effettuate su personale operante in cantiere per l'applicazione dei rivestimenti, nonché all'analisi dei danni provocati da una cattiva applicazione della PC. il tutto sotto la guida dei tecnici Snam Rete Gas.

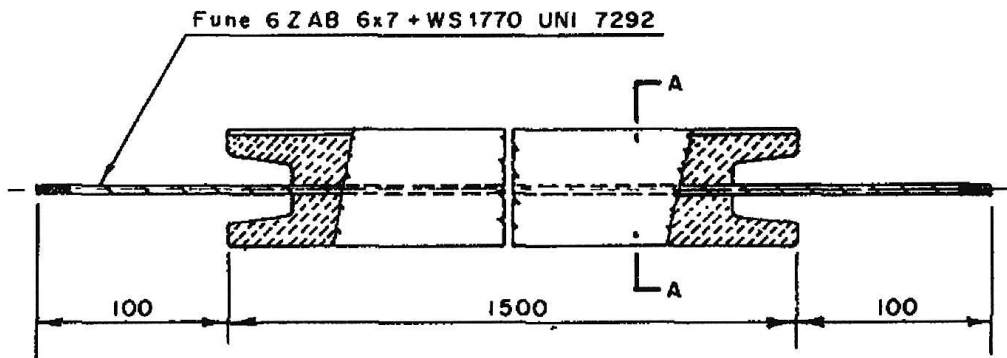
BIBLIOGRAFIA

- Luciano Lazzarri, Pietro Pedferri, Marco Ormellese, “Protezione catodica”, Polipress 2006
- M. Pourbaix, “Lectures on Electrochemical Corrosion”, Plenum Press 1973
- L.L. Sheir, “Corrosion”, Vol. II, Newnes – Butterworth
- S.Goidanich, “Influence of alternating current on metal corrosion”, phd tesi, Politecnico di Milano,Italy, 2005
- M.Yunovich, N.G.. Thompson, “AC Corrosion: corrosion rate and mitigation requirements”, proc.int.conf.corrosion/04 paper n.04206, nace int., Houston, tx, 2004]
- L.V. Nielsen, “Role of alkalization in AC induced corrosion of pipelines and consequences hereof in relation to p requirements corrosion/05 n.05188, nace int., Houston, tx, 2005
- Normativa interna Snam Rete Gas S.p.A. (GASD)

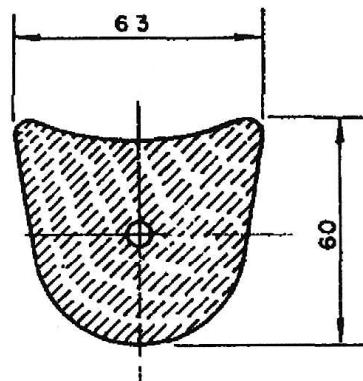
ALLEGATI

INDICE ALLEGATI:

GASD A.07.02.07	1
GASD B.02.08.00	2
GASD B.02.08.01.01	8
GASD B.02.08.01.02	9
GASD B.02.08.01.03	10
GASD B.02.08.02.01	11
GASD B.02.08.02.03	12
GASD B.02.08.03.01	14
GASD B.02.08.04.01	15
GASD B.02.08.04.05	16
GASD C.07.20.01	17
GASD C.07.20.02	24
GASD C.07.20.03	28
GASD C.07.20.04	36
GASD C.07.20.08	42
GASD C.07.30.00	53
Applicazione di nastri a freddo	81
Riparazione piccoli difetti del rivestimento	85
Applicazione rivestimento eposidico	88
Rivestimento giunto di saldatura	91
Determinazione spessore ad umido di rivestimenti	96
Rapporto riepilogativo dei controlli effettuati sui giunti	99
Rapporto di ispezione dell'applicazione della resina	102
Rapporto dell'ispezione prima della posa	103
Rapporto di prova	104
Schema protezione catodica opera concentrata	105
Schema protezione catodica SPC di linea	106
Verbale di qualifica delle attrezzature e del personale impresa	107



Sez A - A



Dimensioni in mm

NOTE:

- Riferimenti: Norma GASD C7.00.06 Specifica per anodi di magnesio
- Composizione chimica:

alluminio	5,5 + 6,5
zinco	2,5 + 3,5
manganese	0,15 minimo
ferro	0,008 massimo
silicio	0,08 massimo
rame	0,01 massimo
magnesio	restante
- Dimensioni: riportate in figura; lo svaso sulle testate è facoltativo
- Massa: ≈ 9,5 kg
- Destinazione: protezione catodica di condotte metalliche interrate

Esempio di richiesta di approvvigionamento:

- Anodo di magnesio conforme a tab. GASD A7.02.07 rev. 3

1. SCOPO
2. RIFERIMENTI
3. TERMINI E DEFINIZIONI
4. CLASSIFICAZIONE
5. DISLOCAZIONE E TIPO
 - 5.1. Posizionamento dei posti di misura elettrica
 - 5.2. Distanza dei posti di misura elettrica
 - 5.3. Criteri di installazione dei posti di misura elettrica
 - 5.3.1. Presa di potenziale
 - 5.3.2. Collegamento elettrico fra condotte SNAM
 - 5.3.3. Messa a terra di linea
 - 5.3.4. Shuntaggio elettrico
 - 5.3.5. Posto di corrente in linea
 - 5.3.6. Posto composito
6. PRESCRIZIONI GENERALI PER LA REALIZZAZIONE DEI POSTI DI MISURA ELETTRICA
 - 6.1. Ubicazione in funzione della accessibilità
 - 6.2. Benestari e autorizzazioni
 - 6.3. Segnaletica
 - 6.3.1. Segnaletica di sicurezza
 - 6.3.2 Segnaletica SNAM
7. PRESCRIZIONI GENERALI PER IL MONTAGGIO DEI POSTI DI MISURA ELETTRICA

1. SCOPO

La presente Norma regola la progettazione, l'esecuzione dei posti di misura elettrica e l'installazione dell'armadio per custodia apparecchiature. Le prescrizioni di cui alla Norma B 2.08.00.01, sono applicabili ai posti di protezione catodica (PPC). Qualora un PPC coincida con altro posto di misura (messa a terra di linea, shuntaggio elettrico o altro), l'installazione dei componenti interrati del posto di misura deve essere effettuata attenendosi alle prescrizioni della presente Norma.

La presente Norma si applica agli impianti di nuova costruzione e alle trasformazioni radicali di quelli esistenti.

I posti di misura elettrica realizzati prima del Dicembre 1992, sono da considerare in norma, purché la connessione del conduttore alla condotta e il percorso dei cavi sia completamente esterno a camerette o a pozzetti interrati.

2. RIFERIMENTI

UNI 1307 -	Terminologia per la saldatura dei metalli - Procedimento di saldatura
UNI 9782 -	Protezione catodica di strutture metalliche interrate - Criteri generali per la misurazione, la progettazione e l'attuazione
UNI 9783 -	Protezione catodica di strutture metalliche interrate - Interferenze elettriche tra strutture metalliche interrate
CEI 64-2 -	Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione
DM del 23-02-1971 -	Norme tecniche per gli attraversamenti a parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto e successivi aggiornamenti.

3. TERMINI E DEFINIZIONE

I termini indicati nella presente norma sono definiti nella Norma UNI 9782.

4. CLASSIFICAZIONE

La classificazione dei posti di misura elettrica è la seguente:

- Presa di potenziale (PP)	GASD B 2.08.01
- Collegamento elettrico fra condotte SNAM (CE)	GASD B 2.08.02
- Messa a terra di linea (MT)	GASD B 2.08.03
- Shuntaggio elettrico (SE)	GASD B 2.08.04
- Posto di corrente in linea (PC)	GASD B 2.08.05
- Posto composito	
- Posto di protezione catodica (PPC)	

5. DISLOCAZIONE E TIPO

5.1. Posizionamento dei posti di misura elettrica

Posti di misura elettrica devono essere installati sulle condotte in corrispondenza di:

- a - ogni giunto isolante e ogni punto appositamente predisposto per il discaggio di allacciamenti;
- b - ogni punto di intercettazione recintato;
- c - entrambe le estremità di ogni attraversamento di linee di trasporto, regolate dal D.M. 23-02-1971, e su entrambe le estremità del relativo tubo di protezione;
- d - un'estremità di ogni tratto di condotta in tubo di protezione metallico e su una estremità del relativo tubo di protezione;
 - su entrambe le estremità di ogni tratto di condotta in tubo di protezione metallico di lunghezza superiore a 30 m e su entrambe le estremità del relativo tubo di protezione, escluso gli attraversamenti di linee di trasporto di cui al punto c;
 - un'estremità di ogni tratto di condotta in cunicolo con armatura metallica e su un'estremità della relativa armatura; per cunicoli con armatura metallica a tre o più settori di separazione i posti di misura saranno stabiliti dalle Unità competenti;
- e - una estremità di ogni tratto di condotta appesantito con calcestruzzo armato o con blocchi prefabbricati;
- f - un'estremità di ogni tratto di condotta in manufatto di ancoraggio e sulla relativa armatura del manufatto di ancoraggio;
- g - ogni attraversamento o parallelismo a meno di 10 m fra condotte SNAM elettricamente separate;
- h - una estremità di ogni tratto di condotta aerea fornita di strutture di sostegno per lunghezza del tratto uguale o minore a 50 m e su entrambe le estremità per lunghezza maggiore a 50 m;
 - agli imbocchi delle gallerie, escluse quelle provviste di giunti isolanti;
- i - punti della condotta sui quali si deve eseguire la misura della corrente in linea, in assenza di dispositivi di sezionamento elettrico.

Tutti i posti di misura elettrica, installati su due o più condotte SNAM che seguono lo stesso tracciato a distanza uguale o minore a 10 m (condotte parallele, fasci di condotte), devono essere ubicati nelle stesse posizioni; in ognuna di queste, tutti i cavi devono fare capo ad una custodia unica.

5.2. Distanza dei posti di misura elettrica

La distanza tra i due posti di misura elettrica successivi non deve essere maggiore di:

- 2500 m, se il tratto di condotta non è interessato da campi elettrici in corrente continua;
- 1000 m, se il tratto di condotta è interessato da campi elettrici in corrente continua;
- 500 m, nel caso di parallelismi con linee di trasporto elettrificate su rotaia a distanza inferiore a 100 m.

Nelle zone urbane è opportuno diminuire la distanza fra i posti di misura in relazione della densità delle strutture esistenti.

Per le condotte interessate da strutture interrato di terzi, devono essere definiti, di volta in volta, posti di misura elettrica supplementari per consentire sia l'esecuzione dei rilievi delle interferenze elettriche che la verifica della separazione elettrica fra le condotte SNAM e le strutture stesse.

5.3. Criteri di installazione dei posti di misura elettrica

La scelta del posto di misura elettrica deve essere effettuata, con i criteri di cui ai paragrafi che seguono, tenendo presente che la presa di potenziale può essere sostituita da qualsiasi altro posto di misura elettrica, ma non viceversa.

5.3.1. Presa di potenziale (Norma GASD B 2.08.01)

Nei casi in cui ai punti b, d, e, f, del par. 5.1. e dell'ultimo comma del par. 5.2. è sufficiente, l'impiego di una presa di potenziale, sempre che si tratti di condotta singola e non sia necessaria la sua protezione contro le sovratensioni.

Qualora due o più delle situazioni sopra citate si presentano lungo una condotta singola in posizioni anche diverse, ma vicine fra loro (qualche decina di metri), è sufficiente installare una sola presa di potenziale, sempre che con essa possano essere soddisfatte le prescrizioni sull'accessibilità di cui al par. 6.1.

5.3.2. Collegamento elettrico fra condotte SNAM (Norma GASD B 2.08.02)

I collegamenti devono essere installati:

- nel caso di cui al punto c del par. 5.1. quando siano interessate fino a due condotte interrate;
- nei casi di cui al punto g. del par. 5.1.

5.3.3. Messa a terra di linea (Norma GASD B 2.08.03)

Gli impianti di messa a terra di linea devono essere installati:

- in sostituzione delle prese di potenziale di cui al par. 5.3.1. quando è necessaria anche una protezione della condotta contro le sovratensioni;
- nel caso di cui al punto h del par. 5.1.

5.3.4. Shuntaggio elettrico (Norma GASD B 2.08.04)

Gli shuntaggi elettrici devono essere installati nei casi di cui al punto a del par. 5.1.

5.3.5. Posto di corrente in linea (Norma GASD B 2.08.05)

Le prese di corrente in linea devono essere installate:

- a monte e a valle del punto di connessione alla condotta di un posto di protezione

catodica (PPC) che eroga corrente maggiore di 3A e non sia ubicato su un giunto isolante;

- in tutti i punti dove risultino necessarie misure della corrente di linea.

5.3.6. Posto composito

I posti compositi devono essere installati:

- nei casi non previsti nei par. 5.3.2. - 5.3.3. - 5.3.4. e 5.3.5.;
- quando vengono a coincidere due o più posti di misura elettrica di cui ai par. 5.3.2. - 5.3.3. - 5.3.4 e 5.3.5.

La realizzazione del posto composito deve essere effettuato attenendosi alle prescrizioni relative ai posti di misura che li compongono.

6. PRESCRIZIONI GENERALI PER LA REALIZZAZIONE DEI POSTI DI MISURA ELETTRICA

6.1. Ubicazione in funzione dell'accessibilità

Le custodie fisse e mobili in cui sono alloggiati i dispositivi dei posti di misura devono essere ubicate in posizioni facilmente accessibili e al di fuori dei luoghi con pericolo di esplosione, definiti nella Norma GASD B 5.03.01 e Norma CEI 64-2.

Inoltre i posti di misura elettrica fissi e mobili devono essere ubicati:

- al di fuori di carreggiate di strade o di parti pedonabili di marciapiedi e, se a lato di una strada, dalla stessa parte rispetto alla giacitura di servizi metallici interrati di terzi;
- in zone non allagabili;
- in modo che non esistano ostacoli fra di essi e i punti di misura.

6.2. Benestari e autorizzazioni

I posti di misura elettrica devono essere realizzati anche nei riguardi dell'accessibilità nel pieno rispetto di quanto stabilito con:

- Enti pubblici o privati territorialmente competenti;
- privati.

Per i posti di misura elettrica (esclusi i PPC) non è richiesta denuncia USSL.

6.3. Segnaletica

6.3.1. Segnaletica di sicurezza

L'apposizione della segnaletica di sicurezza deve essere conforme alla Norma GASD B 10.02.10.

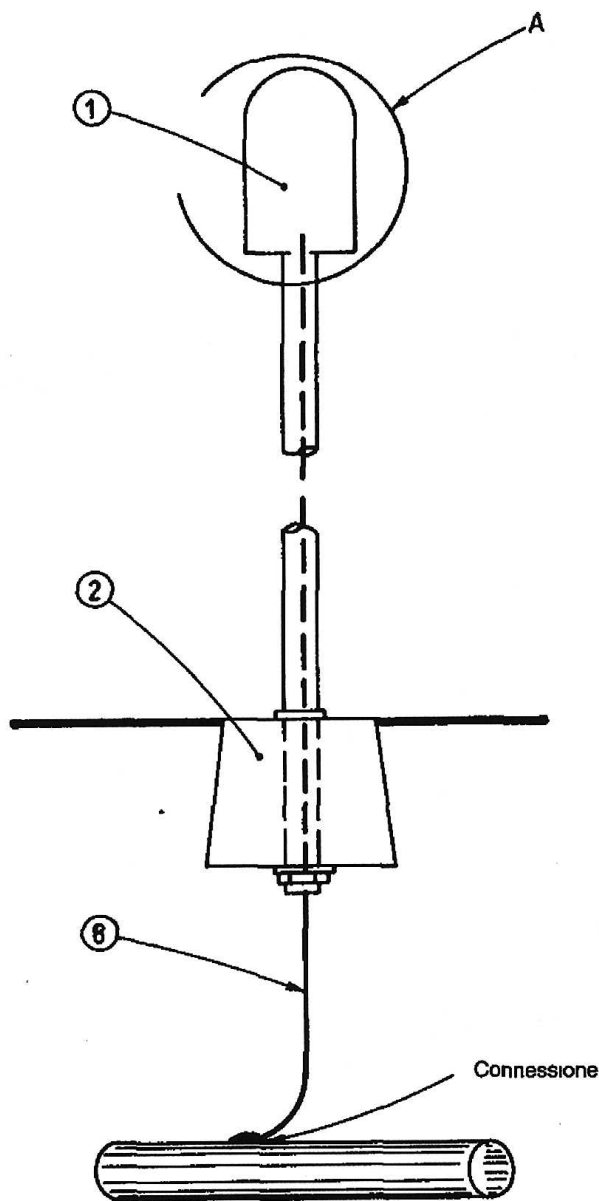
6.3.2. Segnaletica SNAM

Il posto di misura elettrica deve riportare il segnale distintivo di posto di lavoro.

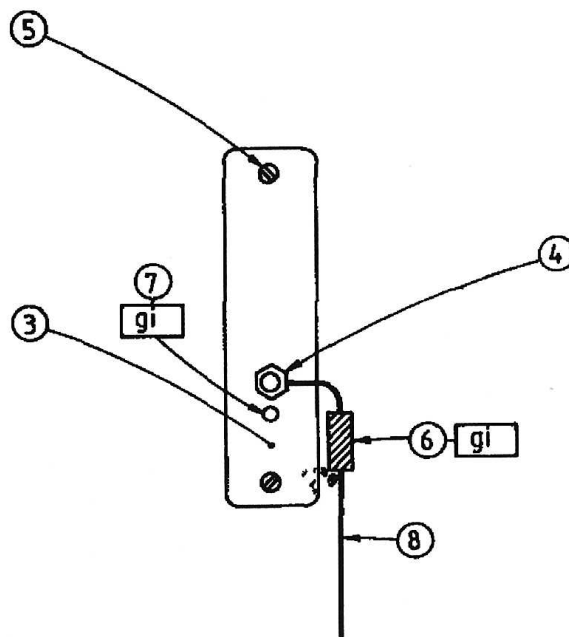
7. PRESCRIZIONI GENERALI PER IL MONTAGGIO DEI POSTI DI MISURA ELETTRICA

Elencazione e relative Norme

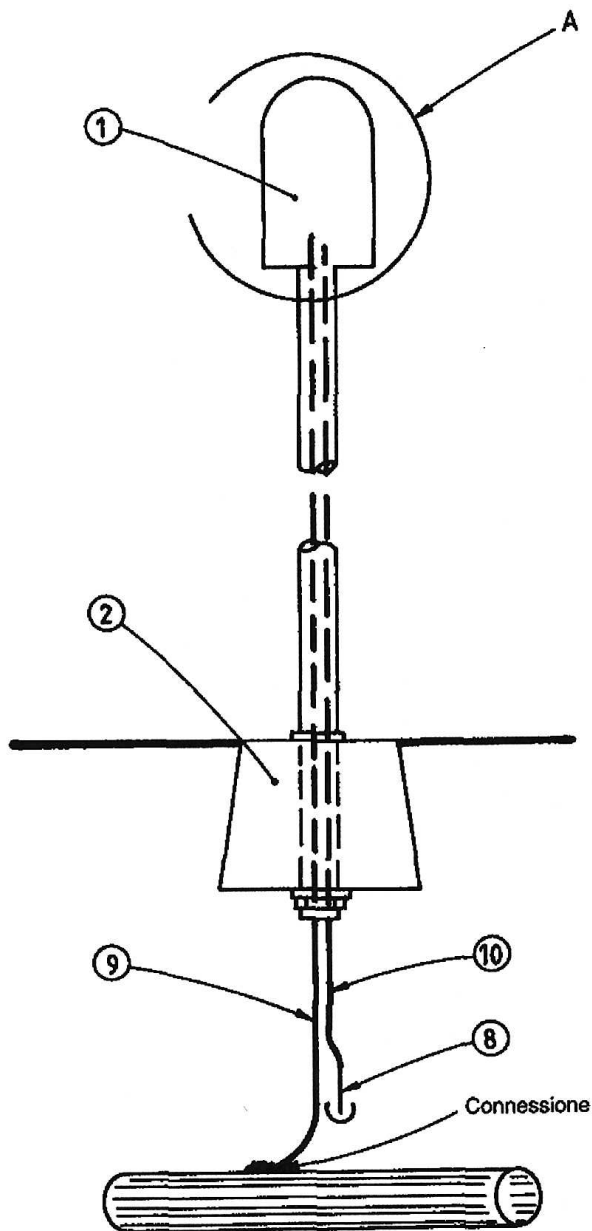
Connessione del conduttore alla condotta e al tubo di protezione	Norma GASD B 2.08.00.01
Installazione di cassetta a piantana	Norma GASD B 2.08.00.02
Installazione di cassetta di controllo	Norma GASD B 2.08.00.03
Installazione di armadio di controllo	Norma GASD B 2.08.00.04
Installazione di armadio per custodia apparecchiature	Norma GASD B 2.08.00.05
Installazione di armadio per custodia apparecchiature e armadio di controllo	Norma GASD B 2.08.00.06
Installazione di due armadi per custodia apparecchiature	Norma GASD B 2.08.00.07
Installazione di elettrodo di riferimento fisso	Norma GASD B 2.08.00.08
Installazione di anodo di magnesio su giunto isolante terminale di allacciamento	Norma GASD B 2.08.00.09
Installazione di messa a terra di linea	Norma GASD B 2.08.00.10
Installazione di spinterometro antideflagrante	Norma GASD B 2.08.00.11



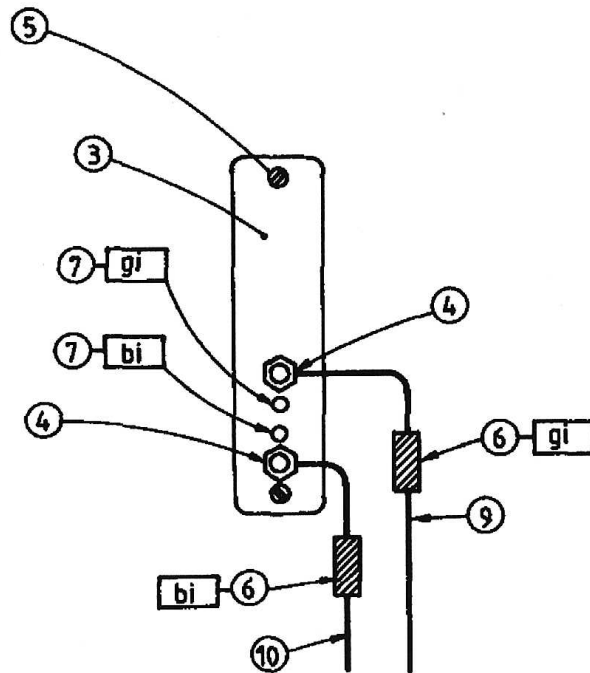
PARTICOLARE A



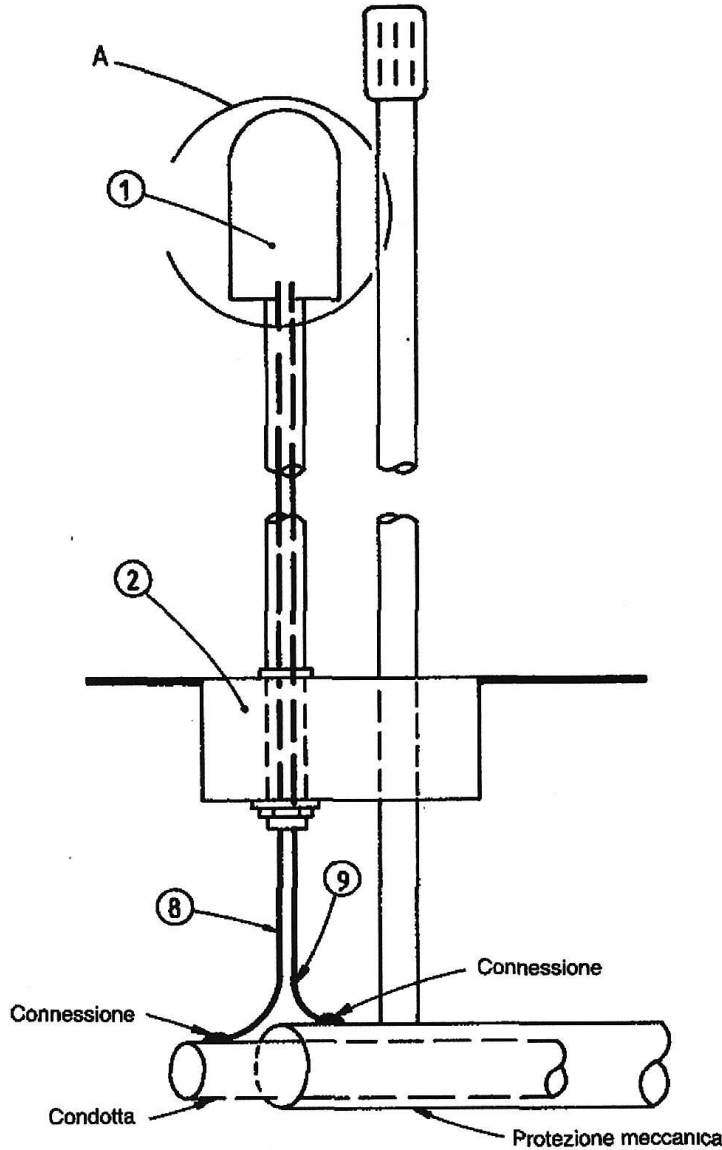
Pos.	DENOMINAZIONE	Tab. GASD	U.M	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana	A 7.01.05	n.	1
2	Basamento prefabbricato	A 7.01.06	n.	1
3	Morsettiera tipo 1.1	A 7.01.08	n.	1
4	Capocorda ad occhiello non isolato tipo N1	A 7.04.02	n.	1
5	Vite UNI 6107 M6x10 AISI 304	-	n.	2
6	Manicotto termorestringente colorato	A 7.03.12	n.	1
7	Contrassegno colorato	A 7.03.11	n.	1
8	Cavo rame 1x10 mm ² , pos. 6	A 7.04.01	m	da definire



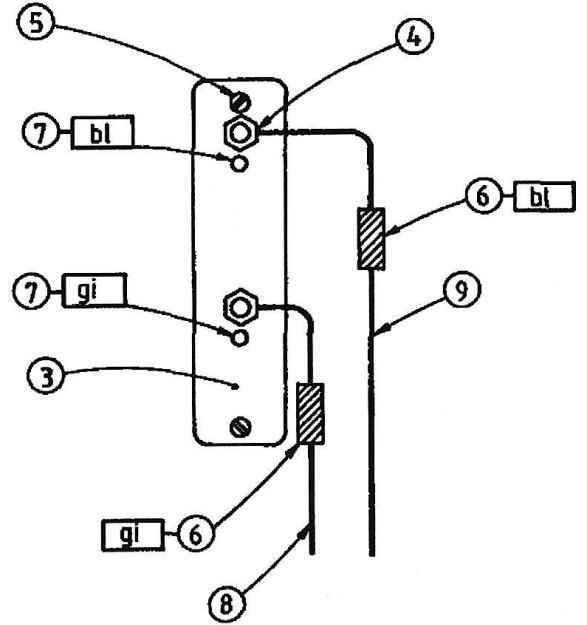
PARTICOLARE A



Pos	DENOMINAZIONE	Tab GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana	A 7.01.05	n.	1
2	Basamento prefabbricato	A 7.01.06	n.	1
3	Morsettiera tipo 1.2	A 7.01.08	n.	1
4	Capocorda ad occhiello non isolato tipo N1	A 7.04.02	n.	2
5	Vite UNI 6107 M6x10 AISI 304	-	n.	2
6	Manicotto termorestringente colorato	A 7.03.12	n.	2
7	Contrassegno colorato	A 7.03.11	n.	2
8	Elettrodo di riferimento fisso	A 7.04.03	n.	1
9	Cavo rame 1x10 mm ² , pos. 6 (condotta)	A 7.04.01	m	da definire
10	Cavo rame 1x10 mm ² , pos. 6 (elettrodo)	A 7.04.01	m	da definire



PARTICOLARE A



Pos.	DENOMINAZIONE	Tab. GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana	A 7.01.05	n.	1
2	Basamento	-	n.	1
3	Morsettiere tipo 1.2	A 7.01.08	n.	1
4	Capocorda ad occhiello non isolato tipo N1	A 7.04.02	n.	2
5	Vite UNI 6107 M6x10 AISI 304	-	n.	2
6	Manicotto termorestringente colorato	A 7.03.12	n.	2
7	Contrassegno colorato	A 7.03.11	n.	2
8	Cavo rame 1x10 mm ² , pos. 6 (condotta)	A 7.04.01	m	da definire
9	Cavo rame 1x10 mm ² , pos. 6 (protezione meccanica)	A 7.04.01	m	da definire

NOTE

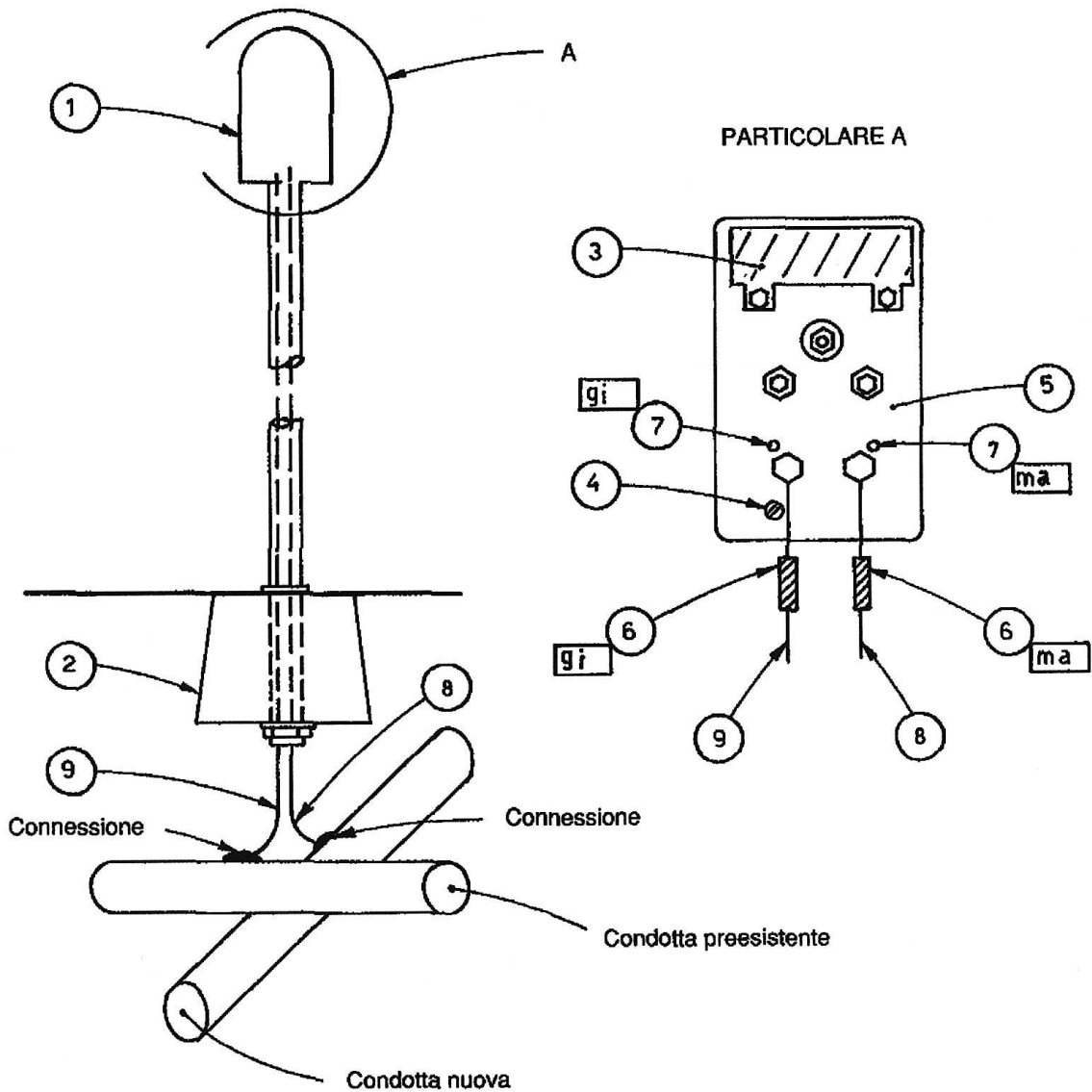
Nel caso in cui la protezione meccanica è costituita da un cunicolo armato, o da un manufatto di ancoraggio, la connessione deve essere eseguita saldando il conduttore su un ferro dell'armatura e isolando la brasatura con nastro autoagglomerante prima della messa in opera del calcestruzzo.

**COLLEGAMENTO ELETTRICO FRA CONDOTTE SNAM
IMPIANTO TIPO CE1**

GASD

B 2.08.02.01

Foglio 1 di 1



NOTE

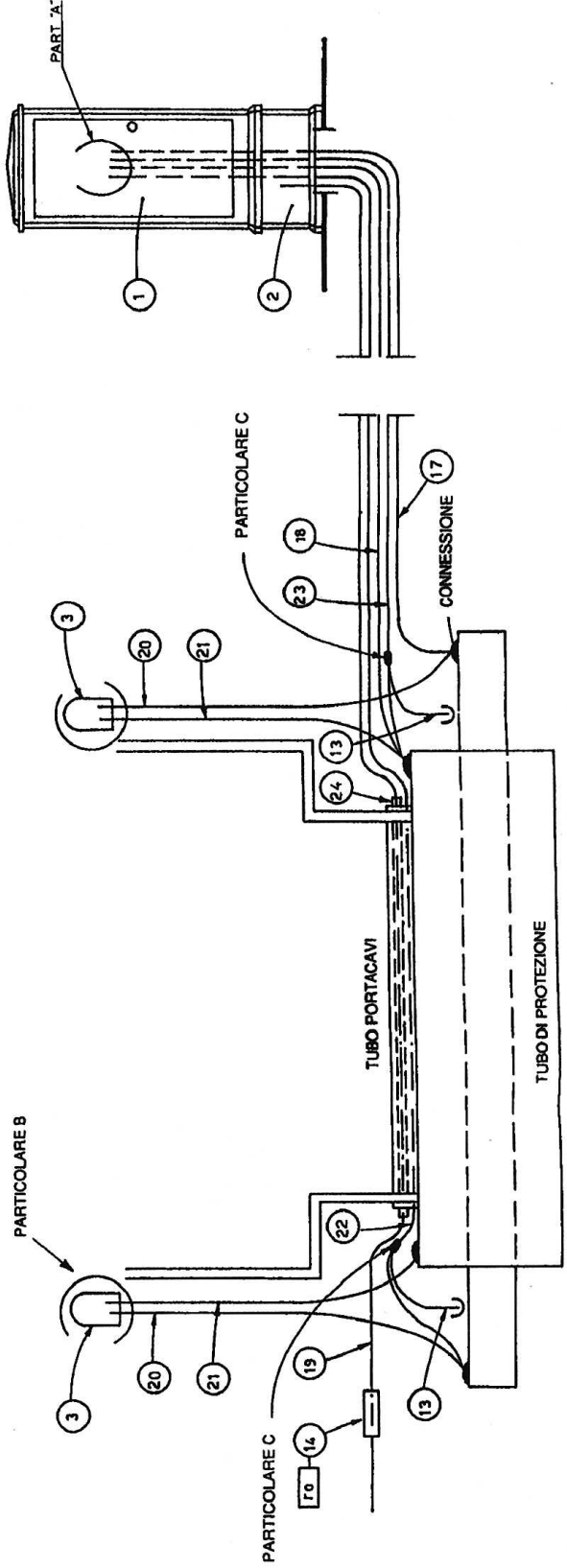
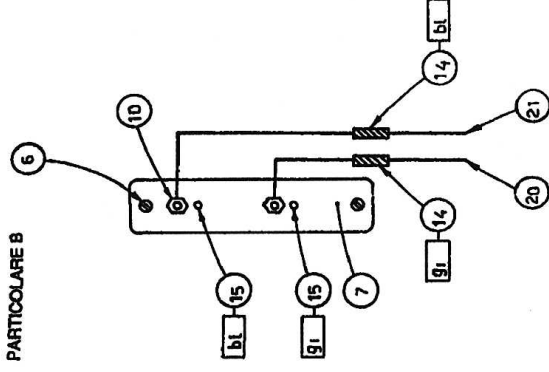
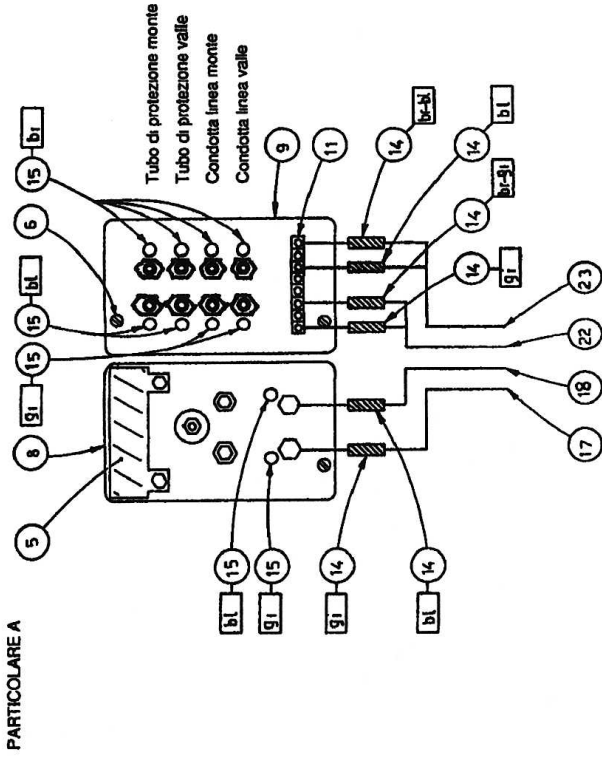
- Per i colori dei contrassegni si rimanda alla Norma GASD B 2 08.02.

Pos.	DENOMINAZIONE	Tab GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana	A 7.01 05	n	1
2	Basamento prefabbricato	A 7.01 06	n	1
3	Resistore regolabile (eventuale)	A 7.04.07	n	1
4	Vite UNI 6-107 M6 x 10 AISI 304	-	n	2
5	Morsettiere tipo 2	A 7.01.08	n	1
6	Manicotto termorestringente colorato	A 7.03.12	n	2
7	Contrassegno colorato	A 7.03 11	n	2
8	Cavo rame 1 x 25 mm ² pos. 7	A 7.04 01	m	da definire
9	Cavo rame 1 x 25 mm ² pos. 7	A 7.04.01	m	da definire

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI INCLUSO IL DIRITTO DI RIPRODUZIONE PARZIALE O TOTALE IN OGNI FORMA E MODO. OGNI UTILIZZAZIONE ABLUSIVA DEL PRESENTE "TESTO NORMATIVO" SARÀ PERSEGUITA A NORMA DI LEGGE.

COLLEGAMENTO ELETTRICO FRA CONDOTTE SNAM
 IMPIANTO TIPO CE3

GASD
 B 2 08 02 03
 Foglio 1 di 2

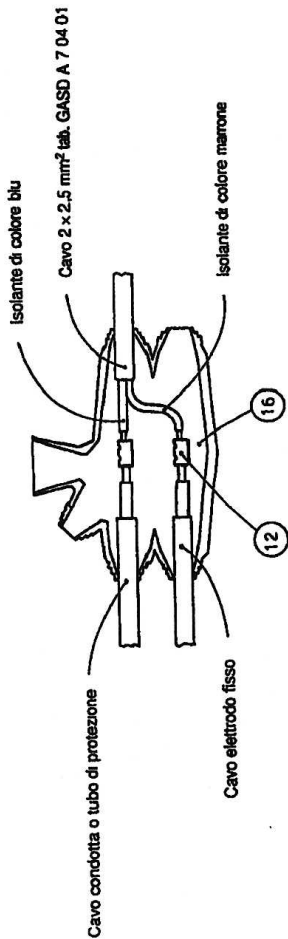


TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI INCLUSO IL DIRITTO DI RIPRODUZIONE PARZIALE O TOTALE IN OGNI FORMA E MODO. OGNI UTILIZZAZIONE ABUSIVA DEL PRESENTE TESTO NORMATIVO SARÀ PERSCRITTA A NORMA DI LEGGE.

**COLLEGAMENTO ELETTRICO FRA CONDOTTE SNAM
IMPIANTO TIPO CE3**

GASD
B 2.08.02.03
Foglio 2 di 2

PARTICOLARE C



NOTE

- Se l'armadio è ubicato in corrispondenza di uno degli sfitti o entro una distanza di 20 m da esso, non deve essere installata la corrispondente cassetta a piantana, pos. 3, e i relativi cavi, pos 20 e 21.
- L'armadio di controllo deve essere ubicato nel rispetto del DM 23.2.1971 e con i criteri di cui alla norma GASD B 2.08.00
- I cavi che collegano il posto di misura, devono essere adeguatamente protetti.
- Il cavo pos. 19, deve essere posato e lasciato abbondante per un eventuale collegamento alla rotella
- Lo stesso deve essere protetto, nel suo percorso interno al tubo portacavi, con tubo di polietilene pos 24
- Nello schema di impianto è illustrato il montaggio dell'armadio di controllo sul lato valle di un attraversamento, qualora, per motivi di accessibilità, l'armadio deve essere ubicato sul lato monte, anche i cavi di cui alle pos. 17 e 18 devono essere installati sul lato monte.
- Le diciture "monte" e "valle" sono riferite alla progressiva numerica dei punti di linea appartenenti alla condotta.
- Sul retro della morsettiere pos. 9, devono essere eseguiti i collegamenti fra morsetti e le corrispondenti boccole di misura, impiegando cavi 1x2,5 mm², pos.3 tab. GASD A 7 04 01.
- Le morsettiere pos. 8 e 9 devono essere fissate sulla parete di fondo dell'armadio al di sopra del piano divisorio centrale.
- Per i colori dei contrassegni, si rimanda alla Norma GASD B 2.08.02

Pos	DENOMINAZIONE	Tab GASD	U.M	QUANTITÀ
1	Armadio di controllo in vetroresina	A 7 01 11	n	1
2	Zoccolo di vetroresina tipo B	A 7 01 14	n	1
3	Cassetta a piantana	A 7 01 05	n	2
4	Basamento	-	n	2
5	Resistore regolabile tipo A	A 7 04 07	n	1
6	Vite UNI 6107 M6 x 10 AISI 304	-	n	8
7	Morsettiere tipo 1 2	A 7 01 08	n	2
8	Morsettiere tipo 2	A 7 01 08	n	1
9	Morsettiere tipo 4	A 7 01 08	n	1
10	Capocorda ad occhio non isolato tipo N 1	A 7 04 02	n	4
11	Capocorda a forcina preisolato tipo ES	A 7 04 02	n	4
12	Capocorda testa - testa non isolato tipo Q 02	A 7 04 02	n	4
13	Elettrodo di riferimento fisso	A 7 04 03	n	2
14	Manicotto termoresistente colorato	A 7 03 12	n	12
15	Contrassegno colorato	A 7 03 11	n	12
16	Comodo per giunti di derivazione	A 7 03 03	n	2
17	Cavo rame 1 x 25 mm ² pos 7	A 7 04 01	m	da definire
18	Cavo rame 1 x 25 mm ² pos 7	A 7 04 01	m	da definire
19	Cavo rame 1 x 25 mm ² pos 7	A 7 04 01	m	da definire
20	Cavo rame 1 x 10 mm ² pos 6	A 7 04 01	m	da definire
21	Cavo rame 1 x 10 mm ² pos 6	A 7 04 01	m	da definire
22	Cavo rame 2 x 2,5 mm ² pos 10	A 7 04 01	m	da definire
23	Cavo rame 2 x 2,5 mm ² pos 10	A 7 04 01	m	da definire
24	Tubo di polietilene pos 2	A 7 03 05	m	da definire



Normalizzazione Interna Gasdotti

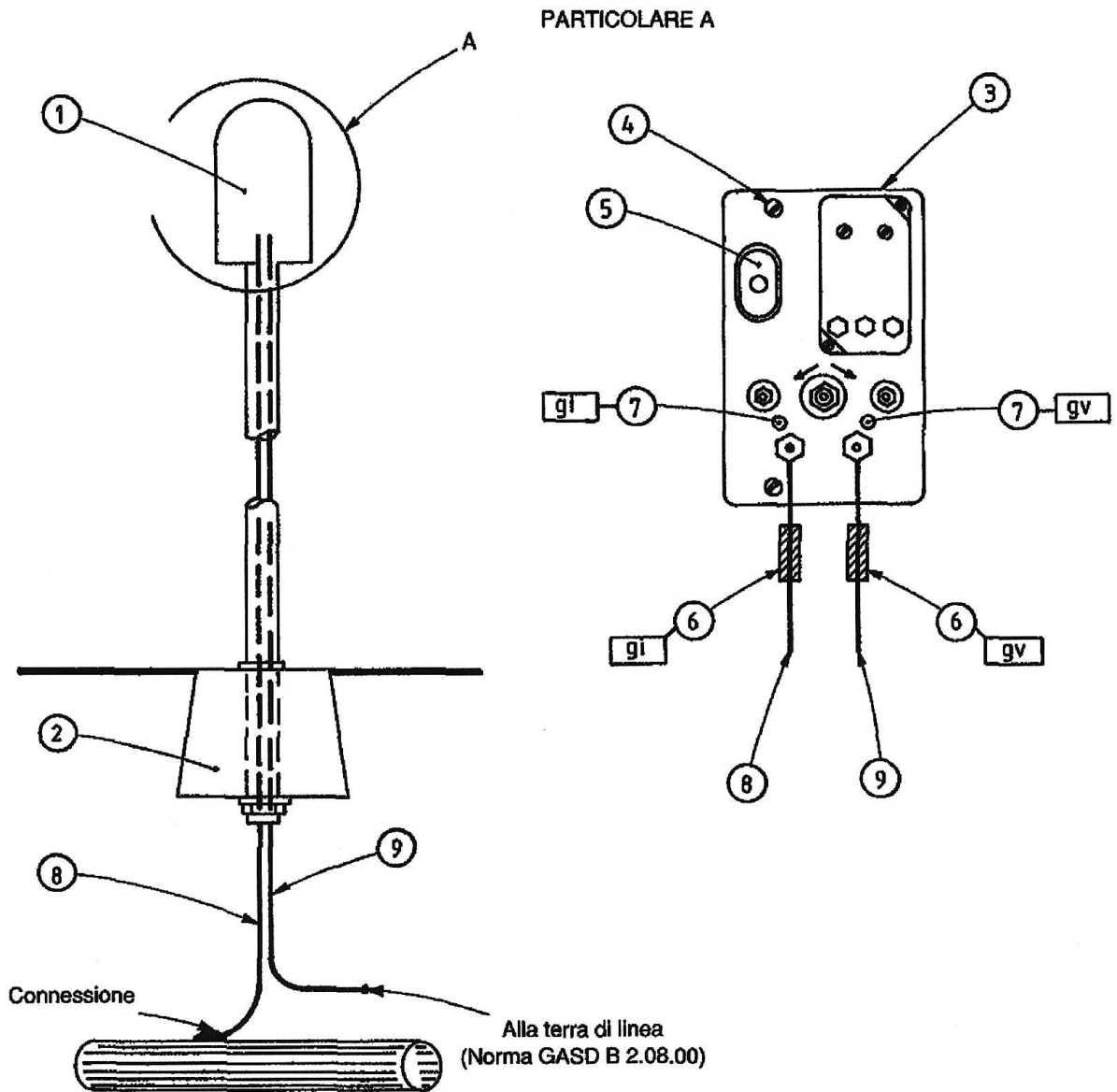
COMP. PROT. ATTIVA

APPROV. F. J. S.

REV. DATA SETTEMBRE 94

MESSA A TERRA DI LINEA
- IMPIANTO TIPO MT1 -

GASD
B 2.08.03.01
Foglio 1 di 1

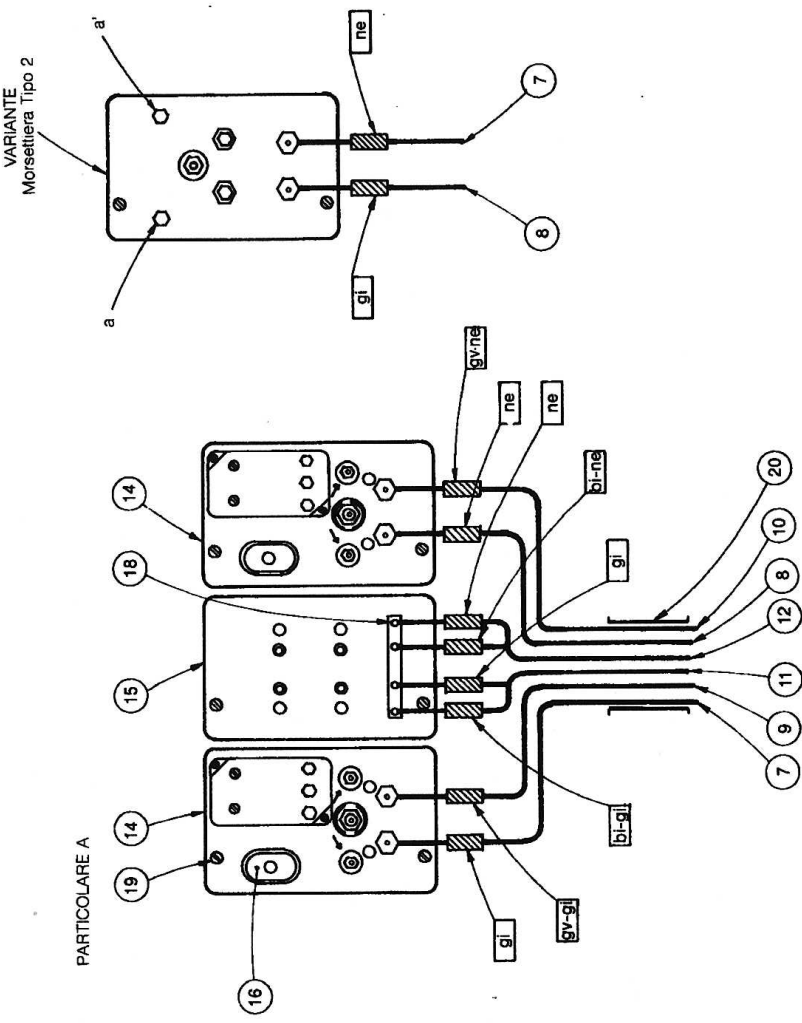
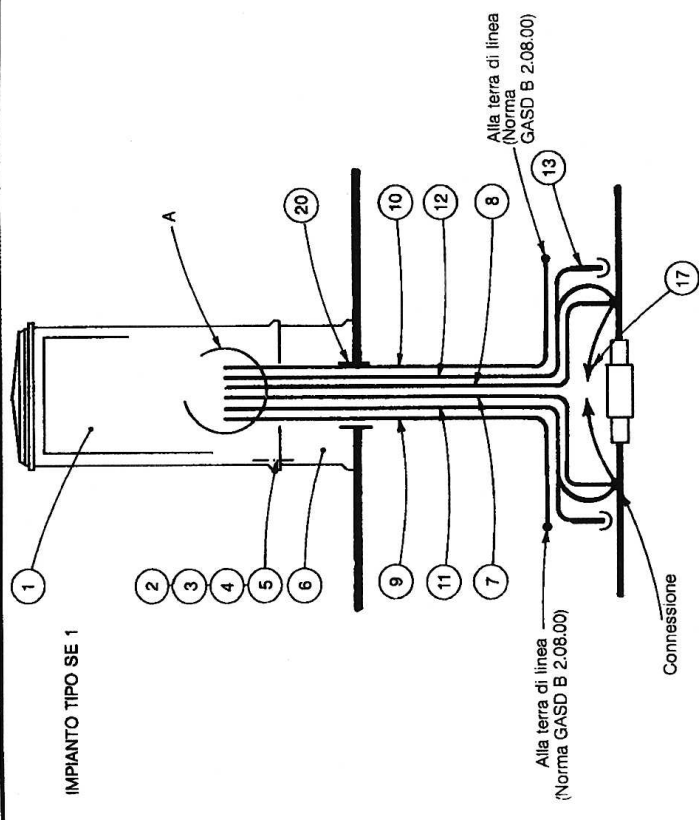


NOTE

- Per i colori dei contrassegni si rimanda alla Norma GASD B 2.08.03.

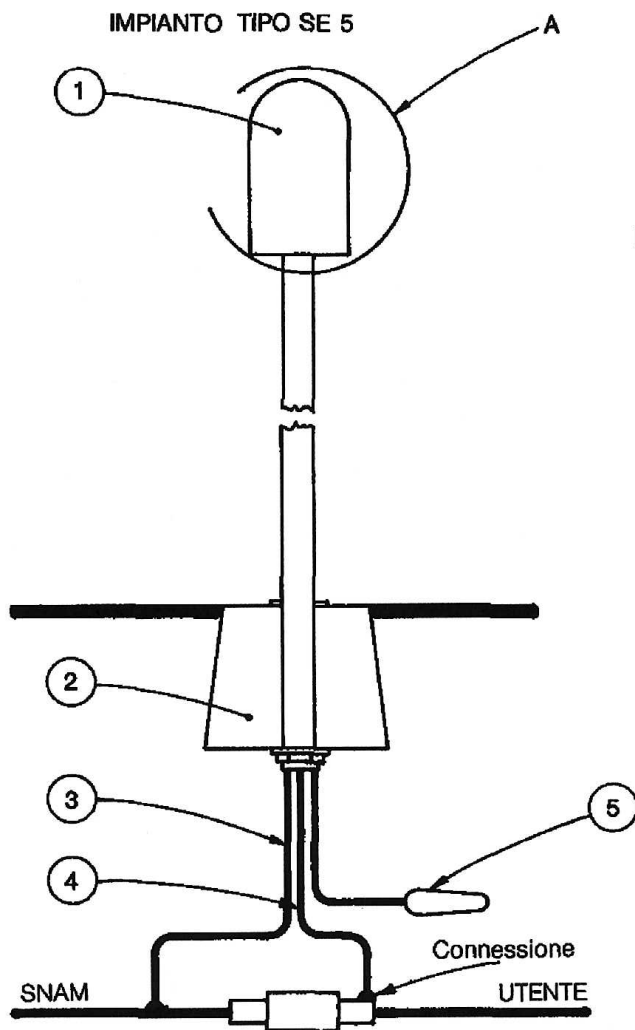
Pos.	DENOMINAZIONE	Tab. GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana	A 7.01.05	n	1
2	Basamento prefabbricato	A 7.01.06	n	1
3	Morsettiera tipo 3	A 7.01.08	n	1
4	Vite UNI 6107 M6x10 AISI 304		n	2
5	Contenitore con scaricatore a gas			
6	Manicotto termorestringente colorato	A 7.03.12	n	2
7	Contrassegno colorato	A 7.03.11	n	2
8	Cavo rame 1x25 mm ² pos. 7	A 7.04.01	m	da definire
9	Cavo rame 1x25 mm ² pos. 8	A 7.04.01	m	da definire

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI INCLUSO IL DIRITTO DI RIPRODUZIONE PARZIALE O TOTALE IN OGNI FORMA E MODO. OGNI UTILIZZAZIONE ABUSIVA DEL PRESENTE "TESTO NORMATIVO" SARÀ PERSEGUITA A NORMA DI LEGGE.

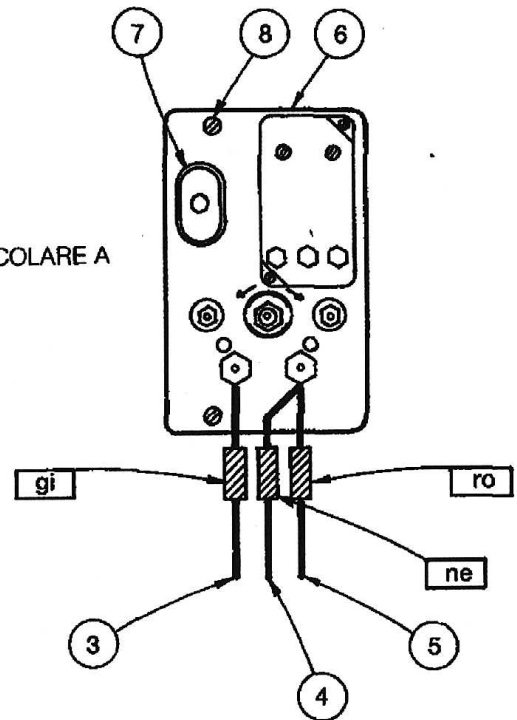


POS.	DENOMINAZIONE	Tab. GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Armadio di controllo di vetroresina	A 7.01.11	n	1
2	Vite M8 x 40 UNI 5931 AISI 304	-	n	4
3	Rosetta elastica A 8,4 UNI 1751 AISI 304	-	n	4
4	Rosetta piana 8,4 x 17 UNI 6592 AISI 304	-	n	8
5	Dado M8 UNI 5588 AISI 304	-	n	4
6	Zoccolo di vetroresina tipo B	A 7.01.14	n	1
7	Cavo rame 1 x 25 mm ² (di monte)	A 7.04.01-Pos. 7	m	da definire
8	Cavo rame 1 x 25 mm ² (di valle)	A 7.04.01-Pos. 7	m	da definire
9	Cavo rame 1 x 25 mm ² (di monte)	A 7.04.01-Pos. 8	m	da definire
10	Cavo rame 1 x 25 mm ² (di valle)	A 7.04.01-Pos. 8	m	da definire
11	Cavo rame 2 x 2,5 mm ² (di monte)	A 7.04.01-Pos. 10	m	da definire
12	Cavo rame 2 x 2,5 mm ² (di valle)	A 7.04.01-Pos. 10	m	da definire
13	Elettrodo fisso di riferimento	A 7.04.03	n	2
14	Morsetteria Tipo 3	A 7.01.08	n	2
15	Morsetteria Tipo 4	A 7.01.08	n	1
16	Scaricatore in gas con attacco a saldare	A 7.04.11	n	1
17	Scaricatore antideflagrante	A 7.04.06	n	4
18	Capocorda a forcella preisolato Tipo E 3	A.7.04.02	n	6
19	Vite M6 x 10 UNI 6107-67 AISI 304	-	n	da definire
20	Tube di resina sintetica Ø 80 mm con curva a 90°	-	m	da definire

- NOTE**
- Sul retro della morsetteria a Posizione (15), devono essere eseguiti i collegamenti fra i morsetti ai quali fanno capo i cavi a Posizioni (11) e (12) e fra le corrispondenti boccole di misura, usando il cavo di rame 1 x 2,5 mm² a Posizione (3) della Norma GASD A 7.04.01.
 - Per quanto attiene ai contrassegni dei cavi, si rimanda alla Norma GASD B 2.08.04.
 - Nessuna delle connessioni dei cavi alla tubazione deve essere eseguita sul giunto isolante, né sui suoi tronchetti.
 - Ciascun elettrodo di riferimento deve essere disposto nelle immediate vicinanze del giunto isolante: se però quest'ultimo è installato entro un'opera di protezione meccanica metallica e se, sul lato considerato del giunto stesso ad una distanza massima di 50 m da esso, si incontra un tratto, se pur breve, di tubazione libera, l'elettrodo deve essere posato a fronte del tratto suddetto.
 - Le terre di protezione da installare a monte e a valle del giunto devono risultare ad una distanza di almeno 1 m dal giunto stesso e di almeno 5 m fra loro; quella ubicata a fronte della tubazione a monte (o a valle) del giunto deve essere collegata al lato monte (o, rispettivamente, al lato valle) di questo.
 - Laddove l'armadio di controllo non può essere sistemato entro una distanza di 5 m dai punti di collegamento dei cavi alla tubazione,
 - ciascuna delle terre di linea deve essere portata in un contenitore separato, adottando la Soluzione-tipo MT1 di cui a Norma GASD B 2.08.03.01.
 - nell'armadio di controllo deve essere installata, in sostituzione delle morsetterie Tipo 3 a Posizione (14), la morsetteria Tipo 2 di cui a norma GASD A 7.01.08; a questa devono fare capo i cavi di rame a Posizioni (7) e (8), come indicato nella Variante sopra rappresentata. I morsetti a - a della suddetta morsetteria non devono essere interessati da collegamenti di alcun tipo.



PARTICOLARE A



NOTE

- La connessione del cavo alla tubazione sul lato SNAM non deve mai interessare il giunto isolante, suo tronchetto compreso; quella sul lato UTENTE deve essere eseguita immediatamente a monte della sezione terminale.
- L'anodo di magnesio non deve essere installato (o deve essere tenuto scollegato, ove esistente), qualora risulti che esso provoca interferenze non ammissibili sul lato SNAM (ad esempio, per effetto di una protezione catodica dell'utente o di correnti vaganti che interessano il lato UTENTE).
- Per quanto attiene ai contrassegni dei cavi, si rimanda alla Norma GASD B 2.08.04.

POS.	DENOMINAZIONE	Tab. GASD	U.M.	QUANTITÀ
1	Cassetta a piantana di lega leggera	A 7.01.05	n	1
2	Basamento prefabbricato (eventuale)	A 7.01.06	n	1
3	Cavo rame 1 x 10 mm ² (lato SNAM)	A 7.04.01-Pos. 6	m	da definire
4	Cavo rame 1 x 10 mm ² (lato UTENTE)	A 7.04.01-Pos. 6	m	da definire
5	Anodo di magnesio (Norma GASD B 2.08.00)	-	n	1
6	Morsettiera Tipo 3	A 7.01.08	n	1
7	Scaricatore in gas con attacco a saldare	A 7.04.11	n	1
8	Vite M6 x 10 UNI 6107-67 AISI 304	-	n	2

Codice 80722

Snam GASDOTTI NORMALIZZAZIONE INTERNA

COMP SEZIONE P.E.	VERIF <i>G. Vitali</i>	APPROV. <i>Proietti</i>	REV	0	1
			DATA	Febbraio 84	

1. GENERALITÀ

La presenza di una falla nel rivestimento di una condotta metallica interrata protetta catodicamente determina un aumento del flusso di corrente di protezione verso il metallo a contatto con l'elettrolita.

La posizione di un difetto del rivestimento aperto (falla) può essere quindi localizzata rilevando sul terreno le variazioni del gradiente dovuto alla corrente di protezione che investe l'intera tubazione.

Tali gradienti vengono rilevati mediante un voltmetro collegato a due elettrodi di riferimento, il primo (elettrodo vicino) disposto sulla verticale della condotta, il secondo (elettrodo remoto) posizionato perpendicolarmente alla stessa, ad una distanza tale da non risentire dell'effetto di campi elettrici dovuti alla corrente di protezione catodica o di campi elettrici esterni al sistema di misura.

2. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica definisce la metodologia e le prescrizioni per l'esecuzione in campo di misure per il controllo dello stato del rivestimento di tubazioni metalliche interrate con il metodo dei gradienti trasversali.

Essa stabilisce:

- strumentazione e attrezzatura;
- modalità di esecuzione dei rilievi;
- rappresentazione dei risultati.

La presente specifica si riferisce ai rilievi per la ricerca delle falle sia su tubazioni di nuova costruzione che su condotte esistenti.

3. RIFERIMENTI

QUAL C 7-4	"Procedura di qualifica tecnica di Fornitori. Rilievi elettrici su tubazioni metalliche interrate".
GASD C 7.20.00	"Rilievi elettrici. Specifica generale".
GASD C 7.00.13	"Specifica per l'omologazione e la fornitura di apparecchiature per la localizzazione di condotte metalliche interrate e per la determinazione della loro profondità di posa".
GASD A 7.07.01	"Multimetro digitale".
GASD A 7.07.06	"Misuratore di terra".
UNI 9782	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per la misurazione, la progettazione e l'attuazione".
UNI 10405	"Protezione catodica di condutture metalliche interrate. Localizzazione del tracciato, di falle nel rivestimento e di contatti con strutture estranee".
UNI CEI 6	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Misura di potenziale".



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Erasmida

APPROVATO

Melina

REV. 2

Data

04/12/2000

UNI CEI 7

"Protezione catodica di strutture metalliche interrato. Misura di resistenza elettrica".

UNI EN 20216

"Carte per scrivere e alcune categorie di carte stampate. Formati finiti. Serie A e B".

4. STRUMENTAZIONE ED ATTREZZATURA

- Generatore e ricevitore portatili per la localizzazione del tracciato e della profondità delle condotte metalliche interrato secondo quanto previsto nella GASD C 7.00.13.
- Strumento registratore portatile ad azione indiretta per potenziale in corrente continua, scrittura continua, quadrante orizzontale, carta a svolgimento continuo e riavvolgitore con le seguenti caratteristiche elettriche:

- portate di misura: 1-2-5-10-20-50-100-200-500 mV cc;
1-2-5-10-20-50-100-200-500 V cc;
- classe di precisione 0,5;
- velocità avanzamento carta: 1-3-6-12-30-60 cm/h; 1-3-6-12-30-60 cm/min;
- classe di precisione sul tempo registrato 0,2;
- tempo di risposta 0.25 s;
- impedenza d'ingresso minima: 1M Ω ;
- ampiezza utile di registrazione 100 mm;
- alimentazione da batteria interna e/o esterna.

E' ammesso l'uso di strumentazione a microprocessore preventivamente qualificata da SNAM.

- Interruttori ciclici sincronizzabili per aprire e chiudere un carico non superiore a 25 A, 100 V in corrente continua o pulsante unidirezionale a 100 Hz con le seguenti caratteristiche:
 - alimentazione 12 V da batteria interna e/o esterna;
 - cicli operativi: 6 s ON, 2 s OFF;
 - tolleranza di sincronismo 100 ms nelle 48 ore;
 - resistenza interna massima: 50 m Ω .
- Multimetro digitale conforme alla GASD A 7.07.01.
- N° 2 elettrodi portatili al Cu-CuSO₄ saturo con potenziale di semipila il più simile possibile.
- Cavi di sezione e lunghezza adeguata, picchetti di segnalazione di legno o resina sintetica, picchetti di acciaio, decametro a nastro non metallico e cassetta porta attrezzi.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

5.1 Rilievo del tracciato e della profondità della condotta.

Il rilievo del tracciato e della profondità della condotta deve essere eseguito secondo quanto indicato nella norma UNI 10405, con le procedure supplementari indicate di seguito:

- rilevare il tracciato della tubazione mantenendo il ricevitore in vicinanza della superficie del terreno;
- localizzare la posizione della condotta con il segnale massimo quando si è sulla sua verticale e diminuisce allontanandosi da essa (metodo di picco);



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Erasmida

APPROVATO

Meloni

REV. 2

Data

04/12/2000

- verificare ulteriormente la posizione della condotta con il segnale minimo quando si è sulla verticale e aumenta allontanandosi da essa (metodo di nullo);
- nel caso in cui non vi sia coincidenza tra le due indicazioni significa che il campo elettrico nella zona in esame è deformato ed è necessario spostarsi di alcuni metri fino a trovare una posizione coincidente per entrambi i metodi.

Una volta localizzata la posizione della condotta, con il ricevitore appoggiato sul terreno si rileva la profondità della tubazione seguendo le modalità di funzionamento descritte nel manuale operativo.

La posizione della condotta deve essere contrassegnata con picchetti posti con un interasse massimo di 50 m nei tratti rettilinei e con un interasse minore in corrispondenza delle variazioni del tracciato.

I rilievi del tracciato e della profondità della condotta possono essere eseguiti contemporaneamente al rilievo del gradiente trasversale installando su un unico impianto di protezione catodica (PPC) l'interruttore ciclico e il generatore di segnale (frequenza medio-alta) avendo cura di collegare il generatore di segnale a valle dell'interruttore ciclico.

5.2 Operazioni preliminari

Gli interruttori ciclici preventivamente sincronizzati e predisposti con tempi di apertura (OFF) di 2 secondi e chiusura (ON) di 6 secondi, devono essere installati negli impianti di protezione catodica (PPC) che interessano il tratto in esame o, eventualmente, sui giunti isolanti che delimitano il tratto in esame.

Nel caso in cui gli alimentatori di protezione catodica funzionino in corrente variabile, è necessario predisporle nel funzionamento a corrente costante.

La corrente erogata dall'alimentatore deve essere regolata fino ad ottenere la densità prevista nella specifica GASD C 7.20.00.

5.3 Rilievi dei gradienti trasversali

Dopo aver verificato il potenziale di semipila di una coppia di elettrodi di riferimento Cu-CuSO₄ e averne annotato l'eventuale scostamento, si dispone il primo elettrodo di riferimento (vicino) sulla verticale della condotta ed il secondo elettrodo di riferimento (remoto) perpendicolarmente alla condotta ad una distanza di almeno 50 m. E' importante contrassegnare gli elettrodi per evitare di invertirli nel corso del rilievo.

L'elettrodo di riferimento remoto non deve essere installato in prossimità di dispersori di corrente (minimo 500 m) e/o di eventuali strutture estranee interrato protette catodicamente.

Qualora ciò non fosse possibile, gli impianti di protezione catodica interferenti devono essere disattivati.

I rilievi si eseguono collegando gli elettrodi di riferimento allo strumento registratore predisponendo una velocità di avanzamento della carta non inferiore a 12 cm/min e una portata di misura idonea ai valori da misurare. L'elettrodo remoto va collegato alla polarità positiva mentre quello vicino alla polarità negativa del registratore.

Si rilevano sul primo punto di misura i gradienti ON e OFF e si procede quindi ai rilievi sui successivi punti spostando, lungo il tracciato della condotta, l'elettrodo posto sulla verticale ad intervalli regolari.

Gli intervalli da utilizzare possono essere:

- 5 m ;
- 2 m (per casi particolari o a seguito di segnalazioni dopo ispezione con PIG intelligente).



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPLATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Mela

REV. 2

Data

04/12/2000

Per ogni punto di misura è opportuno registrare almeno due cicli completi dei valori di gradiente ON e OFF.

In presenza di campi elettrici variabili, per poter discriminare i gradienti dovuti alla corrente di protezione da quelli determinati da campi elettrici estranei, può rendersi necessario eseguire un numero maggiore di cicli ON OFF completi e/o utilizzare cicli operativi più veloci.

Per evitare differenze negative tra i valori di gradiente ON e OFF, nella zona corrispondente agli impianti di protezione catodica posizionati su giunti isolanti aperti, il rilievo del tratto della lunghezza di 1000 m a partire dal giunto isolante, deve essere eseguito alimentando la tubazione da un impianto posizionato dalla parte opposta o comunque posto in una posizione sufficientemente remota.

L'elettrodo di riferimento remoto può essere mantenuto fisso nella sua posizione anche per spostamenti dell'elettrodo vicino di alcune centinaia di metri (500 m).

Superando tali distanze, è opportuno procedere ad un nuovo posizionamento dell'elettrodo di riferimento remoto mantenendolo sempre, ove possibile, sullo stesso lato della condotta.

Dopo lo spostamento dell'elettrodo remoto è necessario ripetere il rilievo con l'elettrodo vicino in corrispondenza dell'ultimo punto misurato, riportando sul grafico la stessa progressiva con i due valori rilevati.

Dopo aver registrato per ogni punto di misura i valori del gradiente lo strumento dovrà essere azzerato e la nuova registrazione separata dalla precedente.

Sulla carta dovrà figurare la posizione dello zero la numerazione e la distanza progressiva dal punto iniziale.

Sulla registrazione devono essere inoltre riportate le seguenti informazioni:

- la data di effettuazione dei rilievi;
- la denominazione del tratto ispezionato;
- il fondo scala di misura utilizzato;
- la velocità di avanzamento della carta diagrammale;
- i riferimenti ai punti fissi sul terreno della misura iniziale, finale e di altri punti caratteristici;
- l'intervallo di misura;
- la posizione dell'elettrodo remoto.

Durante i rilievi possono determinarsi condizioni di particolare difficoltà di interpretazione. Ad esempio, variazioni locali della profondità della condotta o la presenza di strutture estranee poste nelle immediate vicinanze della tubazione possono influire sulle misure effettuate.

In presenza di particolari condizioni elettriche e/o ambientali la differenza fra il valore dei gradienti ON e il valore dei gradienti OFF può assumere segno negativo.

Quando si verifica questa condizione l'operatore deve spostare l'elettrodo remoto fino a localizzare una nuova posizione che consenta il rilievo del valore di Δ ON-OFF con segno positivo.

6. RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Dai valori registrati in ogni punto di misura, si costruisce un grafico riportando in ordinata i valori dei gradienti ON, OFF e la loro differenza (Δ ON-OFF), e in ascissa le corrispondenti progressive.

I risultati completi dei rilievi devono essere prodotti e presentati secondo quanto indicato nella norma GASD C 7.20.00



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPIUTO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamada

APPROVATO

Mela

REV. 2

Data

04/12/2000

6.1 Formato dei grafici

6.1.1 Verranno prodotti due tipi di grafici, T1 e T2

- Grafico T1 (vedere esempio tipico in appendice):

Ogni foglio verrà intestato con i seguenti dati:

- Denominazione metanodotto
- Commessa
- Diametro (millimetri e pollici)
- Schema PE
- N° impianto utilizzato per l'esecuzione dei rilievi
- Corrente erogata per l'esecuzione dei rilievi (in A)
- Densità di corrente per l'esecuzione dei rilievi (in $\mu\text{A}/\text{m}^2$)
- Punto di inizio e fine dei rilievi
- Lunghezza del tratto ispezionato
- Nome appaltatore
- REL == del ==/==/==
- Nome file
- Legenda

Ogni grafico dovrà riportare 3000 m di rilievi sulla condotta anche se il tratto ispezionato è di lunghezza inferiore.

Oltre ai valori di gradienti ON, OFF e ΔV si devono riportare le misure di profondità della condotta e della resistività del terreno secondo quanto previsto nella GASD C 7.20.00

Si devono riportare solo i principali riferimenti planimetrici con le rispettive progressive.

- Grafico T2 (vedere esempio tipico in appendice):

Ogni foglio verrà intestato con i dati previsti per il tipo T1.

Ogni grafico dovrà riportare 500 m di rilievi sulla condotta anche se il tratto ispezionato è di lunghezza inferiore.

Si devono riportare tutti i riferimenti planimetrici previsti nella GASD C 7.20.00 e le falle con le rispettive progressive.

Si deve riportare la posizione dell'elettrodo remoto e il lato di posa (dx - sx).



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

Meloni

REV. 2

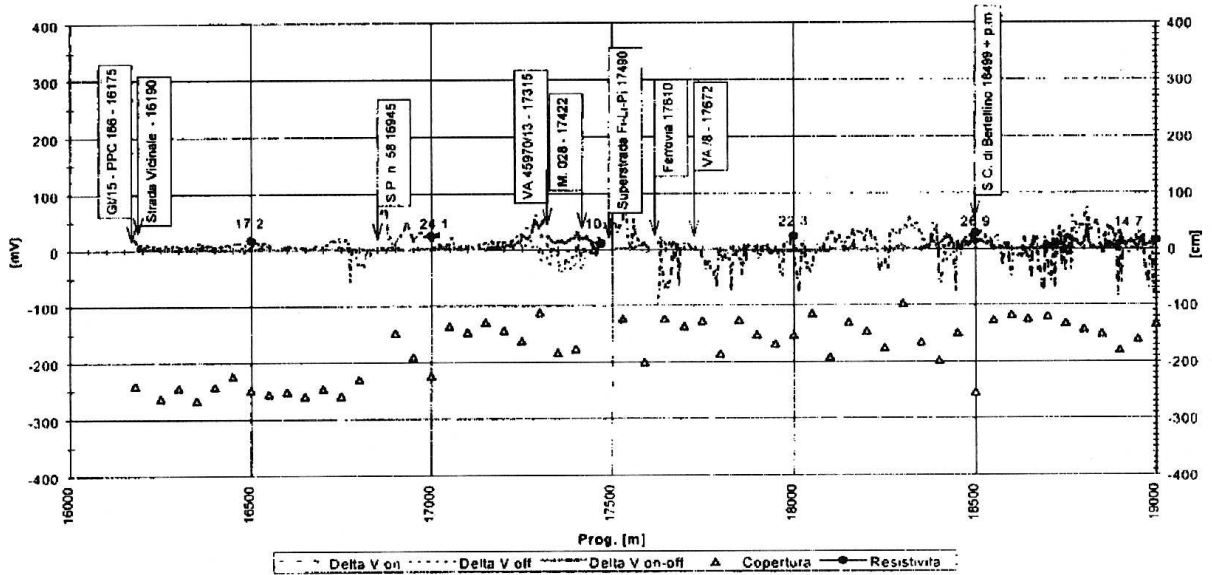
Data

04/12/2000

MISURE DI LOCALIZZAZIONE DELLE FALLE D'ISOLAMENTO SU TUBAZIONI
METALLICHE INTERRATE
METODO DELLE MISURE DEL GRADIENTE TRASVERSALE

GASD
C.07.20.01
Foglio 6 di 7

LIVORNO - FIRENZE 45970 DN 450 (18")
C2TPI08 - PPC 166 - I=2,15 A - d=300 A/m²
Da GI/15 a GI/11 - L=4740 m

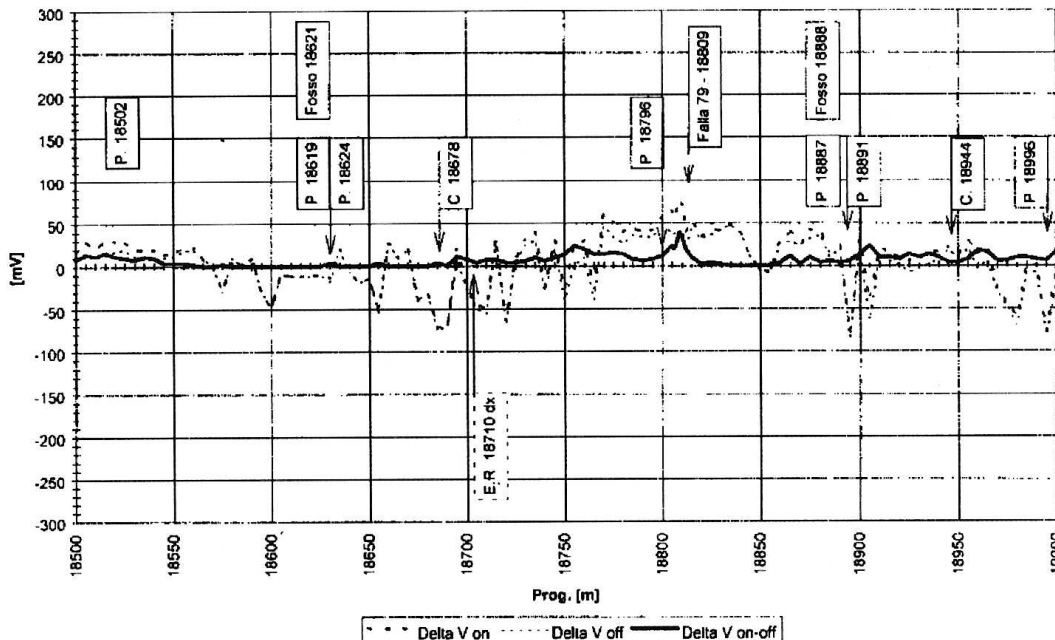


Appaltatore:
R.E.L. n. ___ del ___/___/___

C2TPI08_166.xls

GRAFICO T1 (esempio tipico)

LIVORNO - FIRENZE 45970 DN 450 (18")
C2TPI08 - PPC 166 - I=2,15 A - d=300 A/m²
Da GI/15 a GI/11 - L=4740 m



Appaltatore:
R.E.L. n. ___ del ___/___/___

C2TPI08_166.xls

GRAFICO T2 (esempio tipico)



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Carandina

APPROVATO

Mah

REV. 2

Data
04/12/2000

6.1.2 Si dovrà produrre il grafico impiegando l'applicazione fornita da SNAM. Per fare questo si dovranno preparare i files con suffisso GT, RP ed estensione dat come spiegato nella specifica generale. Tutti i files dovranno contenere le grandezze rilevate necessarie per produrre i grafici relativi al gradiente trasversale. Ogni riga dei files con suffisso GT dovrà contenere 7 numeri più 2 campi alfanumerici separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Nro misura
- Progressiva (m)
- Tensione ON (mV)
- Tensione OFF (mV)
- Valore ΔV (mV)
- Copertura (m)
- Resistività ($\Omega \cdot m$)
- Indicazione di: valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura, attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrato - linee elettriche (>110 kV), vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati, cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio
- Livello indicazione:

Livello 1	Valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura
Livello 2	Attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrato - linee elettriche (>110 kV)
Livello 3	Vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati
Livello 4	Cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio

Ogni riga dei files con suffisso RP dovrà contenere 4 numeri separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Nro progressivo di falla
- Valore ΔV (mV)
- Progressiva metrica rispetto al punto 0 (m)
- Riferimento metrico rispetto alla posizione di: valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura, attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrato - linee elettriche (>110 kV), vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati, cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio

I numeri avranno come separatore decimale il punto.

Nel file sono ammesse righe di commento che devono iniziare con :



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

Mel

REV. 2

Data

04/12/2000

1. GENERALITA'

Il Pearson è un metodo conduttivo nel quale si utilizza un generatore di frequenza (solitamente frequenza udibile) collegato fra la condotta e un dispersore, ed un ricevitore collegato a una sonda di tensione costituita da due elettrodi.

L'intensità della corrente scambiata fra la condotta ed il terreno e, di conseguenza, le corrispondenti cadute di tensione sul terreno, dipendono dalle condizioni del rivestimento, dalla sua porosità, dalla resistività del terreno e dalla profondità della condotta.

In corrispondenza di una falla d'isolamento si ha una concentrazione della corrente scambiata fra condotta e terreno con conseguente aumento del gradiente del campo elettrico da essa generato.

La comparazione dei gradienti del campo elettrico rilevati tra le due sonde spostate lungo la condotta permette la localizzazione delle falle di isolamento.

2. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica definisce le metodologie e le prescrizioni per l'esecuzione in campo di misure per il controllo dello stato del rivestimento di tubazioni metalliche interrate con il metodo Pearson.

Essa stabilisce:

- strumentazione e attrezzatura;
- modalità di esecuzione dei rilievi;
- rappresentazione dei risultati.

La presente specifica si riferisce ai rilievi per la ricerca delle falle su tubazioni di nuova costruzione.

Per condotte esistenti, pur essendo utilizzabile, questo metodo fornisce risultati operativamente meno significativi.

3. RIFERIMENTI

QUAL C 7-4	"Procedura di qualifica tecnica di Fornitori. Rilievi elettrici su tubazioni metalliche interrate".
GASD C 7.20.00	"Rilievi elettrici. Specifica generale".
GASD C 7.00.13	"Specifica per l'omologazione e la fornitura di apparecchiature per la localizzazione di condotte metalliche interrate e per la determinazione della loro profondità di posa".
UNI 9782	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per la misurazione, la progettazione e l'attuazione".
UNI 10405	"Protezione catodica di condutture metalliche interrate. Localizzazione del tracciato, di falle nel rivestimento e di contatti con strutture estranee".
UNI EN 20216	"Carte per scrivere e alcune categorie di carte stampate. Formati finiti. Serie A e B".



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ
ATTIVA

VERIFICATO

Erasmus

APPROVATO

Melina

REV. 2

Data

04/12/2000

4. STRUMENTAZIONE ED ATTREZZATURA

- Generatore di frequenza, potenza d'uscita selezionabile 30 ÷ 200 ÷ 500 W, frequenze di lavoro selezionabili 4 + 1500 Hz, alimentazione esterna con accumulatori 12 V cc e da rete 220 V - 50 Hz.
- Ricevitore portatile sintonizzabile con le frequenze del generatore, alimentazione interna con batterie, regolazione della sensibilità del livello del segnale.
- Due elettrodi di misura.
- Cavi di connessione al generatore, al ricevitore e alla eventuale cuffia.
- Picchetti di segnalazione di legno o di resina sintetica, picchetti di acciaio, decametro a nastro non metallico e cassetta porta attrezzi.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

5.1 Rilievo del tracciato e della profondità della condotta

Il rilievo del tracciato e della profondità della condotta deve essere eseguito in accordo a quanto indicato nella norma UNI 10405 integrato con le procedure indicate di seguito:

- rilevare il tracciato mantenendo il ricevitore in vicinanza della superficie del terreno;
- localizzare la posizione della condotta con il segnale massimo quando si è sulla sua verticale e diminuisce allontanandosi da essa (metodo di picco);
- verificare ulteriormente la posizione della condotta con il segnale minimo quando si è sulla verticale e aumenta allontanandosi da essa (metodo di nullo);
- nel caso in cui non vi sia coincidenza tra le due indicazioni significa che il campo elettrico nella zona in esame è deformato ed è necessario spostarsi di alcuni metri fino a trovare una posizione coincidente per entrambi i metodi.

Una volta localizzata la posizione della condotta, con il ricevitore appoggiato sul terreno si rileva la profondità della tubazione seguendo le modalità di funzionamento descritte nel manuale operativo.

La posizione della condotta deve essere contrassegnata con picchetti posti con un interasse massimo di 50 m nei tratti rettilinei e con un interasse minore in corrispondenza delle variazioni del tracciato.

5.2 Rilievi del gradiente del campo elettrico.

Prima di iniziare i rilievi occorre delimitare elettricamente il tratto da ispezionare e aprire eventuali collegamenti equipotenziali tra le condotte, i collegamenti con anodi galvanici, sonde di acciaio e con celle di polarizzazione.

Si collega il generatore tra tubazione e dispersore regolando la corrente fino ad ottenere la densità prevista nella norma GASD C 7.20.00.

La corrente erogata deve corrispondere al:

- primo valore in eccesso ottenuto con il calcolo descritto nel caso in cui vengano impiegati generatori muniti di selettore a posizioni predefinite;
- valore ottenuto con il calcolo sopra descritto nel caso in cui vengano impiegati generatori muniti di regolazione continua.

Si localizza quindi il tracciato della condotta come indicato al par. 5.1.

	Snam GESTIONE RETE ITALIA NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 2
		PROTEZ. ATTIVA			Data 04/12/2000

Si procede alla regolazione dell'amplificatore del ricevitore ponendosi a distanza di almeno 200 m dal generatore e, dopo aver verificato che non ci siano variazioni significative con il ricevitore regolato alla massima sensibilità, si simula una falla nel rivestimento mediante l'infissione nel terreno di un picchetto di acciaio.

Il picchetto, rivestito per l'intera lunghezza con esclusione della parte terminale a punta (superficie circa 10 cm²), deve essere infisso a lato della condotta ad una profondità tale che la punta di acciaio sia a 1 m dalla condotta e collegato elettricamente ad essa

Si posiziona quindi la sonda di tensione in vicinanza del picchetto, ricercando, mediante piccoli spostamenti della stessa, la massima caduta di tensione; si regola poi l'amplificatore fino ad ottenere una deviazione dell'indice dello strumento pari all'80% del fondo scala (segnale acustico ben udibile se si utilizza audiofrequenza).

Allo scopo di rendere univoca l'interpretazione dei risultati, la regolazione successiva dell'amplificatore di segnale deve essere, per quanto possibile, evitata.

E' necessario tenere nota delle eventuali regolazioni eseguite nel corso dei rilievi.

Dopo avere scollegato il picchetto di simulazione, si percorre il tracciato della condotta conficcando nel terreno ad ogni passo gli elettrodi della sonda di tensione e rilevando sullo strumento indicatore il livello del segnale senza modificare la regolazione dell'amplificatore.

Se il rivestimento non presenta difetti, il livello del segnale si mantiene a valori prossimi allo zero.

Procedendo lungo il percorso della condotta ed approssimandosi ad una falla si noterà un progressivo aumento del segnale sullo strumento indicatore (e del segnale acustico) ed una successiva diminuzione man mano che ci si allontana dalla falla.

Si deve ricercare in corrispondenza del massimo segnale, mediante piccoli spostamenti della sonda lungo l'asse della condotta, il punto dove il livello del segnale assume valori prossimi allo zero.

L'asse della sonda si troverà sulla verticale della falla quando spostando longitudinalmente di alcuni centimetri avanti ed indietro la stessa, si rileva un sensibile aumento del segnale.

La falla è localizzata nel punto in cui si rileva il segnale minimo tra i due massimi.

Localizzata la falla in senso longitudinale alla condotta si ripete il rilievo ortogonalmente alla stessa per determinarne la proiezione sulla superficie del terreno.

Il valore del massimo segnale rilevato in corrispondenza di ogni falla deve essere riportato sul rapporto finale.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

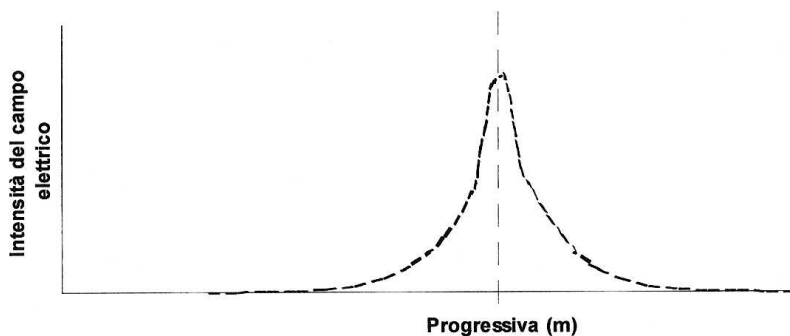
Melini

REV. 2

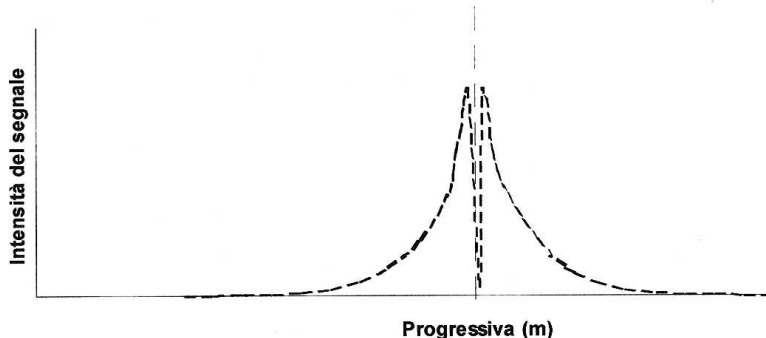
Data

04/12/2000

a)



b)



Variazione del campo elettrico a) e del segnale corrispondente b) in presenza di una falla.

La falla deve essere quindi contrassegnata con un picchetto di segnalazione e devono essere eseguiti rilievi topografici riferiti a punti fissi circostanti per permetterne la rintracciabilità in periodi successivi.

Particolare attenzione deve essere posta nella fase di ricerca e nell'interpretazione dei dati rilevati in quanto l'andamento del segnale può essere influenzato dalla presenza di falle ravvicinate, falle di dimensioni diverse, elevata porosità ecc. In questi casi non essendovi una indicazione precisa sulle posizioni delle falle, occorre annotare questi tratti e ispezionarli con altri metodi.

Anche variazioni locali della profondità della condotta o la presenza di strutture estranee nelle immediate vicinanze possono influire sulle misure effettuate.

Per ulteriori operazioni e misure elettriche da eseguire durante i rilievi, si faccia riferimento alla norma GASD C 7.20.00.

6. RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I risultati completi dei rilievi devono essere prodotti e presentati secondo quanto indicato nella norma GASD C 7.20.00

La documentazione deve essere presentata in formati unificati (UNI EN 20216) con preferenza per il formato A4 (210 x 297 mm).



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

Melina

REV.

2

Data

04/12/2000

1. GENERALITÀ

Questo è un metodo ad induzione nel quale viene fornita alla tubazione da esaminare una corrente alternata o pulsante unidirezionale.

Un apposito ricevitore tarato sulla frequenza applicata, sfruttando il fenomeno della induzione, permette il rilievo della intensità del campo elettromagnetico prodotto dalla stessa e quindi la misura indiretta della corrente longitudinale in transito sulla sezione di condotta sulla quale si esegue la misura.

Su una tubazione munita di un rivestimento perfettamente integro (oppure uniformemente poroso, o anche uniformemente danneggiato), la distribuzione di tale corrente ha un andamento matematicamente ben definito, di tipo esponenziale inverso.

Il grafico di attenuazione della corrente elettromagnetica corrispondente, ottenuto dalla relativa funzione matematica, ha un andamento uniforme.

Nel caso in cui la condotta presenti zone con diverso isolamento (es. presenza di falle nel rivestimento, differenze di isolamento o variazioni delle condizioni di resistività o umidità del terreno), tale distribuzione subisce delle variazioni.

Le correnti longitudinali misurate in questo caso danno luogo ad un grafico che presenta tratti con attenuazione non uniforme; i tratti aventi maggiore attenuazione corrispondono a zone con maggior assorbimento di corrente.

2. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica definisce la metodologia e le prescrizioni per l'esecuzione in campo di misure per il controllo dello stato del rivestimento di tubazioni metalliche interrate con il metodo dell'attenuazione della corrente elettromagnetica.

Essa stabilisce:

- strumentazione e le attrezzature;
- modalità di esecuzione dei rilievi;
- punti di esecuzione delle misure;
- condizioni particolari e i possibili errori di misura;
- rappresentazione dei risultati.

La presente specifica si riferisce al rilievo degli assorbimenti di corrente su tubazioni esistenti.

Per condotte di nuova costruzione, pur essendo utilizzabile, questo metodo fornisce risultati operativamente meno significativi.

3. RIFERIMENTI

QUAL C 7-4	"Procedura di qualifica tecnica di fornitori. Rilievi elettrici su tubazioni metalliche interrate."
GASD C 7.20.00	"Rilievi elettrici. Specifica generale".
GASD A 7.07.01	"Multimetro digitale".
GASD A 7.07.06	"Misuratore di terra".
UNI 9782	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per la misurazione, la progettazione e l'attuazione".



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

Maler

REV. 0

Data

04/12/2000

UNI 10405	"Protezione catodica di condutture metalliche interrate. Localizzazione del tracciato, di falle nel rivestimento e di contatti con strutture estranee".
UNI CEI 5	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Misure di corrente"
UNI CEI 7	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Misure di resistenza elettrica".
UNI EN 20216	"Carte per scrivere e alcune categorie di carte stampate. Formati finiti. Serie A e B".

4. STRUMENTAZIONE E ATTREZZATURA

Generatore di segnale:
 potenza d'uscita: 60 ÷ 1000 W
 frequenza di lavoro: 4 ÷ 1000 Hz
 alimentazione: 220 V/50 Hz
 temperatura di funzionamento: -10 ÷ +50 °C

Ricevitore:
 campo di misura della profondità : 0,1 ÷ 4 m
 precisione sulla misura della profondità: ≤5% da 0,1 a 2 m
 ≤10% da 2 a 4 m
 immunità da disturbi ed interferenze a 50 Hz
 precisione sulla misura della corrente: ±10%
 temperatura di funzionamento: -10 ÷ +50 °C
 autonomia: >20 h

Multimetro digitale conforme alla tab. GASD A 7.07.01

Misuratore di terra conforme alla tab. GASD A 7.07.06

Cavi di sezione e lunghezza adeguata, picchetti di segnalazione di legno o di resina sintetica, picchetti di acciaio, decametro a nastro non metallico e cassetta porta attrezzi.

5. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

5.1 Esecuzione dei rilievi con l'impiego di un alimentatore in corrente pulsante unidirezionale a 100 Hz

Se il tratto da ispezionare appartiene ad un sistema di protezione catodica delimitato da giunti isolanti aperti e provvisto di alimentatori con uscita in corrente pulsante unidirezionale con frequenza di 100 Hz (ad esempio alimentatori SNAM mod. 232), gli stessi possono essere utilizzati come generatori di segnale.

Per una corretta esecuzione delle misure si deve procedere come segue:

- accertarsi che l'alimentatore di protezione catodica da impiegare come generatore sia predisposto nel funzionamento a corrente costante;
- regolare la corrente di erogazione dell'alimentatore secondo quanto previsto nella specifica GASD C 7.20.00;
- disattivare l'eventuale alimentatore di protezione catodica presente nell'armadio insieme a quello impiegato come generatore e scollegare i conduttori di cablaggio dalla morsettiere;
- disattivare le restanti apparecchiature di protezione catodica installate sul tratto in esame e scollegare i conduttori di cablaggio dalle rispettive morsettiere.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamda

APPROVATO

Meloni

REV. 0

Data

04/12/2000

5.2 Esecuzione dei rilievi con l'impiego di un generatore dedicato

Per l'esecuzione dei rilievi installare il generatore di segnale ed eseguire i collegamenti alla condotta ed al dispersore seguendo le modalità descritte nel manuale operativo.

5.2.1 Impiego di generatore dedicato a bassa frequenza

Nel caso di impiego di generatore dedicato a bassa frequenza (onda periodica alternativa), è necessario mantenere in funzione un alimentatore di protezione catodica (mod. 237RF o altro modello conforme alla tab. GASD A7.05.10) regolato a corrente costante.

Il valore di corrente erogato da tale alimentatore dovrà essere pari ad almeno 1,5 volte il valore della corrente applicata con il generatore dedicato.

Nel caso di presenza di due PPC agli estremi del tratto di condotta in esame, è opportuno installare il generatore dedicato in corrispondenza di uno dei due impianti e mantenere in corrente costante quello installato nella parte opposta.

5.3 Misura della profondità della tubazione e della corrente

Il rilievo del tracciato e della profondità della condotta deve essere eseguito secondo quanto indicato nella norma UNI 10405 integrato con le procedure supplementari indicate di seguito:

- rilevare il tracciato mantenendo il ricevitore in vicinanza della superficie del terreno;
- localizzare la posizione della condotta con segnale massimo quando si è sulla sua verticale e diminuisce allontanandosi da essa (metodo di picco);
- verificare ulteriormente la posizione della condotta con segnale minimo quando si è sulla verticale e aumenta allontanandosi da essa (metodo di nullo);
- nel caso in cui non vi sia coincidenza tra le due indicazioni significa che il campo elettrico nella zona in esame è deformato ed è quindi necessario spostarsi di qualche metro fino a trovare una posizione coincidente per entrambi i metodi.

Ai fini di una maggiore precisione e ripetibilità delle misure, le letture vanno eseguite con il ricevitore posizionato in allineamento e perpendicolarmente all'asse del metanodotto (massimo segnale rilevato con il metodo di picco).

Una volta localizzata con precisione la posizione della condotta, con il ricevitore appoggiato sul terreno si rileva la profondità della tubazione seguendo le modalità di funzionamento descritte nel manuale operativo.

Per ogni punto di misura devono essere rilevati e annotati tre valori di profondità. Restando nella identica posizione si procede alla misura del valore di corrente seguendo le modalità di funzionamento descritte nel manuale operativo.

Per ogni punto di misura devono essere rilevati e annotati tre valori di corrente. La media dei tre valori rappresenta la misura della profondità e della corrente da utilizzare per l'elaborazione dei grafici.

Alcuni strumenti sono in grado di fornire il verso della corrente, particolarmente utile in situazioni complesse come reti magliate e opere concentrate.

Qualora si utilizzino ricevitori predisposti per il rilevamento e l'acquisizione automatizzati della profondità e della corrente, l'annotazione dei valori non è necessaria in quanto i dati acquisiti in automatico hanno una maggior precisione.

5.4 Misura della resistività del terreno

La misura della resistività del terreno alla profondità di posa della condotta deve essere eseguita in accordo alla norma UNI CEI 7.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Coramato

APPROVATO

Malin

REV. 0

Data

04/12/2000

5.5 Misure elettriche particolari

Durante i rilievi o subito dopo gli stessi, potranno essere richieste eventuali altre misure elettriche, secondo GASD C 7.20.00.

6. PUNTI DI ESECUZIONE DELLE MISURE

Le misure della profondità, della corrente longitudinale e della resistività del terreno devono essere eseguite lungo la condotta con inizio dal punto di alimentazione del tratto esame. La prima misura deve essere eseguita ad una distanza di circa 100 m rispetto al punto in cui è collegato il generatore.

Le misure successive devono di norma essere eseguite a intervalli regolari di circa 500 m.

Se i punti suddetti cadono nel raggio di meno di 100 m rispetto a:

- custodie dei posti di misura;
- recinzioni di impianti di linea;
- giunti isolanti di linea cortocircuitati;
- attraversamenti di corsi d'acqua;
- a monte o a valle di attraversamenti aerei;

le misure devono essere eseguite in corrispondenza degli stessi.

In presenza di tratti in cunicolo e tubi di protezione le misure dovranno essere eseguite ad una distanza di 20 m dall'inizio e/o dalla fine degli stessi.

Le misure devono inoltre essere eseguite anche a monte e a valle di ogni valvola di intercettazione di linea, di attraversamenti ferroviari e di derivazioni non provviste di giunti isolanti per il loro sezionamento.

La scelta dei punti in cui eseguire le misure come sopra detto consente una loro migliore individuazione sul territorio e sugli Schemi PE e permette annotazioni di commento ai grafici.

La misura finale deve essere eseguita ad una distanza di circa 100 m rispetto il giunto isolante aperto che delimita il tratto in esame.

7. CONDIZIONI PARTICOLARI E POSSIBILI ERRORI DI MISURA

Al fine di permettere una migliore valutazione delle misure effettuate, se il "sistema di protezione catodica" da analizzare ha una lunghezza minore di 3000 m lo stesso deve essere collegato elettricamente con il sistema di protezione catodica a monte o a valle.

In presenza di deformazioni del campo elettromagnetico, i valori di profondità e/o corrente rilevati potrebbero non essere attendibili.

In questi casi, se il valore di corrente misurato in un determinato punto è maggiore rispetto a quello rilevato nel punto precedente, deve essere annotata la eventuale presenza di situazioni locali che potrebbero aver determinato distorsioni del campo elettromagnetico (tralicci, cabine, parallelismi con linee elettriche, presenza di altre strutture metalliche interrato, etc.).

Errori di misura di questo tipo possono anche essere dovuti alla presenza di grossi difetti di isolamento in corrispondenza della zona in cui si eseguono le misure.

Un esempio di questo tipo di anomalia è indicato nel grafico della attenuazione di Figura 1 tra le progressive 6000 - 6500 m. Questo fatto non inficia la validità complessiva del rilievo eseguito.

In qualche caso questo errore può essere superato spostandosi di qualche decina di metri (es. 10 - 30 m) e ripetendo la misura.

Su condotte con rivestimento particolarmente degradato, pur utilizzando le densità di corrente indicate sulla specifica GASD C7.20.00, potrebbe non essere possibile l'esecuzione dei rilievi sull'intero tratto.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ
ATTIVA

VERIFICATO

Erasmus

APPROVATO

M. M.

REV. 0

Data

04/12/2000

In questi casi è necessario spostare il generatore in posizione opportuna sul tratto restante e completare le misure sovrapponendo le ultime due eseguite.

A fronte di un rilievo in cui il valore di corrente misurato è minore di 20 mA, deve essere ritenuto valido il rilievo effettuato nel punto precedente; il rilievo deve essere sospeso e si deve procedere come segue:

- disattivare il generatore scollegando i conduttori di cablaggio dalla morsettiera nel caso in cui si stia operando dall'impianto di protezione catodica;
- installare e/o attivare il generatore all'estremo opposto del tratto da ispezionare;
- eseguire i rilievi secondo quanto riportato nei paragrafi 6 e 7 procedendo lungo la condotta a partire dalla misura sugli ultimi due punti considerati validi nel rilievo precedente.

8. RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

8.1 Utilizzando i valori rilevati in campo devono essere prodotti quattro tipi di grafici: Attenuazione, Copertura e Resistività, Corrente longitudinale e Densità di corrente.

8.1.1 Grafico della "Attenuazione"

Si costruisce il grafico riportando in ordinata i valori di attenuazione calcolati [mdB / m^2] e in ascissa le distanze dei singoli punti di misura (m) come nell'esempio di figura 1

L'attenuazione dei singoli tratti intermedi deve essere calcolata nel modo seguente:

$$\text{Attenuazione } \lambda = 20000 \cdot \frac{\log_{10} \frac{I_i}{I_f}}{(L_f - L_i) \cdot \pi \cdot d} \quad \left[\frac{mdB}{m^2} \right]$$

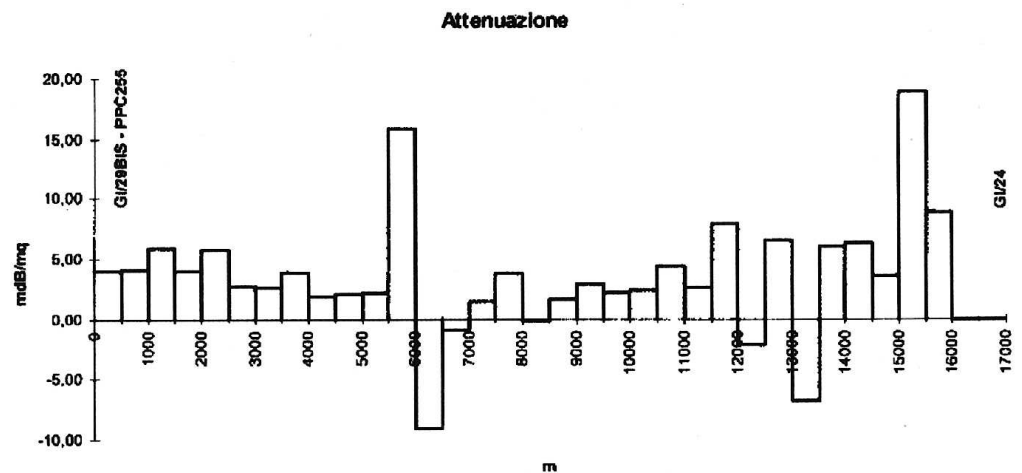


Figura 1

dove:

$L_f - L_i$ è la distanza in metri tra il punto iniziale (L_i) dove è stata effettuata la prima misura di corrente e il punto finale (L_f);

I_i ed I_f sono le corrispondenti correnti in mA;

d è il diametro esterno della condotta m.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPIUTO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Mela

REV. 0

Data

04/12/2000

8.1.2 Grafico della "Copertura e Resistività"

Si costruisce il grafico riportando in ordinata i valori di copertura (cm) e i valori di resistività ($\Omega \cdot m$) misurati e in ascissa le distanze dei singoli punti di misura (m) come nell'esempio di figura 2

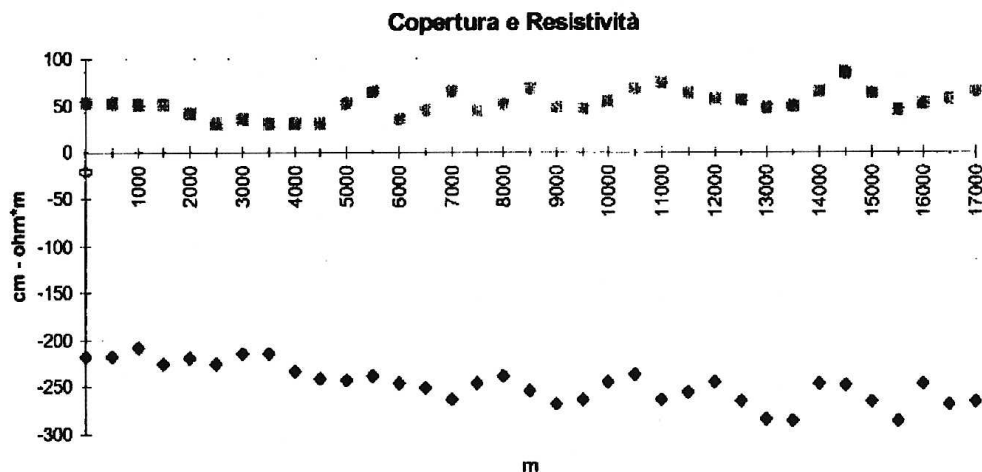


Figura 2

8.1.3 Grafico della "Corrente longitudinale"

Si costruisce il grafico riportando in ordinata i valori di corrente misurati (mA) e in ascissa le distanze dei singoli punti di misura (m) come nell'esempio di figura 3
Si riportano inoltre sul grafico i numeri di lettura presenti in tabella.

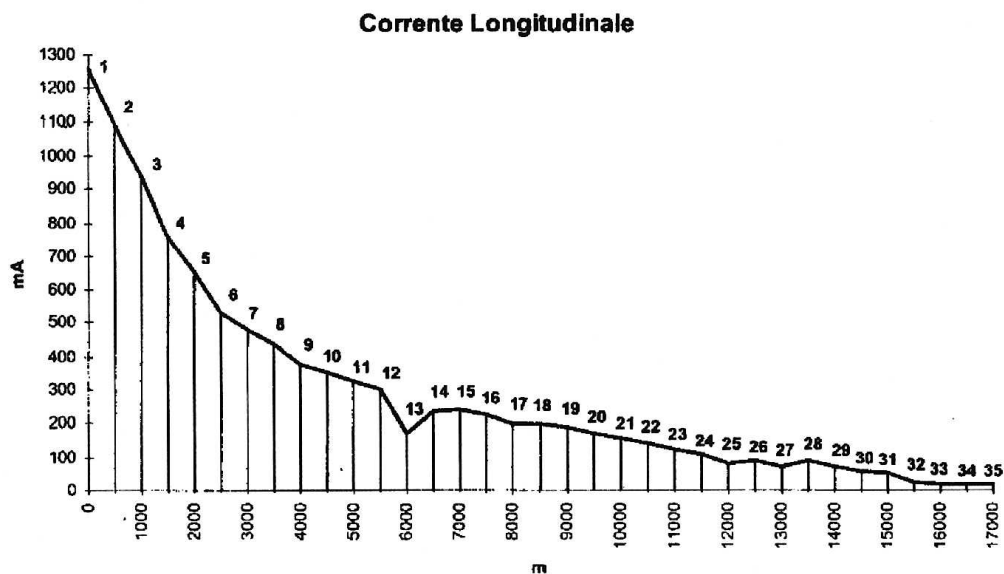


Figura 3



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Ensamda

APPROVATO

Bascher

REV. 0

Data

04/12/2000

8.1.4 Grafico della "Densità di corrente"

Si costruisce il grafico riportando in ordinata i valori della densità di corrente per metro quadrato ($\mu\text{A}/\text{m}^2$) e in ascissa le distanze dei singoli punti di misura (m) come nell'esempio di figura 4. La densità di corrente per metro quadrato deve essere calcolata con la seguente formula:

$$\text{Densità di corrente } \delta = \frac{I_i - I_f}{(L_f - L_i) \cdot \pi \cdot d} \quad \left[\frac{\mu\text{A}}{\text{m}^2} \right]$$

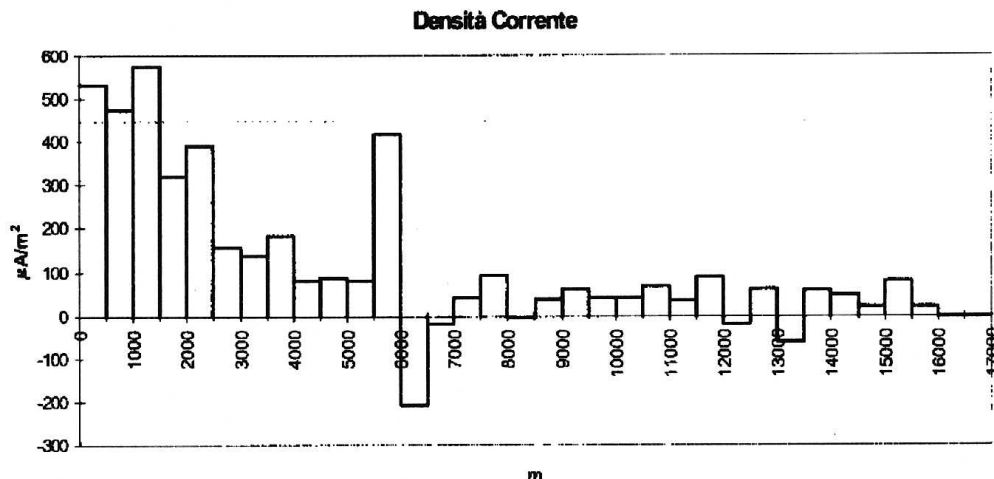


Figura 4

8.1.5 Intestazione dei grafici

Ogni foglio verrà intestato con i seguenti dati:

- Denominazione metanodotto;
- Commessa;
- DN mm (pollici);
- Schema PE;
- N° impianto utilizzato per l'esecuzione dei rilievi;
- Corrente erogata per l'esecuzione dei rilievi (in A);
- Densità di corrente per l'esecuzione dei rilievi (in $\mu\text{A}/\text{m}^2$);
- Punto di inizio e fine dei rilievi;
- Lunghezza del tratto ispezionato;
- Nome appaltatore;
- REL == del ==/==/==;
- Nome file.

8.2 Si dovranno produrre gli stessi grafici di cui al punto 8.1 impiegando l'applicazione fornita da SNAM. Per fare questo si dovranno preparare i files con suffisso AT1 e AT2 ed estensione dat come spiegato nella specifica generale. Tali files dovranno contenere le grandezze rilevate necessarie per produrre i grafici relativi all'attenuazione.

Ogni riga del file con suffisso AT1 dovrà contenere 3 numeri separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Nro misura
- Progressiva (m)
- Misura di corrente (mA)



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Mela

REV. 0

Data

04/12/2000

**MISURE PER IL CONTROLLO DELLO STATO DEL RIVESTIMENTO SU TUBAZIONI
METALLICHE INTERRATE
METODO DELL'ATTENUAZIONE DELLA CORRENTE ELETTROMAGNETICA**

GASD
C.07.20.03
Foglio 8 di 8

Ogni riga del file suffisso AT2 dovrà contenere 4 numeri più un ultimo campo alfanumerico separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Nro misura
- Progressiva (m)
- Resistività ($\Omega \cdot m$)
- Copertura (m)
- Codice metanodotto / tronco (SIGAS)

I numeri avranno come separatore decimale il punto.

Nel file sono ammesse righe di commento che devono iniziare con ;



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Meloni

REV. 0

Data

04/12/2000

1. GENERALITÀ

La presenza di una falla di isolamento nel rivestimento di una condotta metallica interrata protetta catodicamente, determina un aumento del flusso di corrente di protezione verso il metallo a contatto con l'elettrolita.

La posizione di un difetto del rivestimento aperto (falla) può essere quindi localizzata rilevando sul terreno le variazioni del gradiente dovuto alla corrente di protezione che investe l'intera tubazione.

Il gradiente nel terreno viene rilevato mediante un millivoltmetro collegato a due elettrodi di riferimento, entrambi disposti sulla verticale della condotta ad una distanza di circa due metri.

2. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica definisce le metodologie e le prescrizioni per l'esecuzione in campo di misure per il controllo dello stato del rivestimento su tubazioni metalliche interrate con il metodo delle misure del gradiente longitudinale.

Essa stabilisce:

- strumentazione ed attrezzatura;
- modalità di esecuzione dei rilievi;
- rappresentazione grafica dei risultati;

La presente specifica si riferisce ai rilievi per la ricerca delle falle sia su tubazioni di nuova costruzione che su condotte esistenti.

3. RIFERIMENTI

QUAL C 7-4	"Procedura di qualifica tecnica di Fornitori. Rilievi elettrici su tubazioni metalliche interrate".
GASD C 7.20.00	"Rilievi elettrici. Specifica generale".
GASD C 7.00.13	"Specifica per l'omologazione e la fornitura di apparecchiature per la localizzazione di condotte metalliche interrate e per la determinazione della loro profondità di posa".
GASD A 7.07.01	"Multimetro digitale".
GASD A 7.07.06	"Misuratore di terra".
UNI 9782	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per la misurazione, la progettazione e l'attuazione".
UNI 10405	"Protezione catodica di condutture metalliche interrate. Localizzazione del tracciato, di falle nel rivestimento e di contatti con strutture estranee".
UNI CEI 6	"Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Misura di potenziale".
UNI EN 20216	"Carte per scrivere e alcune categorie di carte stampate. Formati finiti. Serie A e B".



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPLATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Mela

REV. 0

Data

04/12/2000

4. STRUMENTAZIONE ED ATTREZZATURA

- Generatore e ricevitore portatile per la localizzazione del tracciato e della profondità delle condotte metalliche interrato secondo quanto previsto nella GASD C 7.00.13.
- Due elettrodi Cu-CuSO₄ saturo con lo stesso potenziale di semipila e contenitore in fibra di carbonio di altezza pari a circa 1,3 m.
- Supporti da fissare agli elettrodi, dotati di potenziometro per la regolazione della posizione dell'indice del millivoltmetro analogico.
- Millivoltmetro analogico ad elevata impedenza d'ingresso con zero centrale, portate selezionabili da 25 a 2500 mV, di dimensioni e peso ridotti da portare a tracolla.
- Interruttore ciclico per aprire e chiudere un carico fino a 100 A, 100 V in corrente continua o pulsante unidirezionale a 100 Hz con le seguenti caratteristiche:
 - alimentazione da batterie interne ricaricabili;
 - cicli operativi: 0,3 s ON , 0,6 s OFF - 0,6 s ON , 1,2 s OFF;
- Multimetro digitale conforme alla GASD A 7.07.01.
- Caricabatterie per millivoltmetro analogico, supporti e interruttore ciclico.
- Cavi di sezione e lunghezza adeguata, picchetti di segnalazione di legno o resina sintetica, picchetti di acciaio, decametro a nastro non metallico e cassetta porta attrezzi.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

Per la corretta esecuzione dei rilievi è necessario conoscere con precisione il tracciato e la profondità di interrimento della condotta.

5.1 Rilievo del tracciato e della profondità della condotta.

Il rilievo del tracciato e della profondità della condotta deve essere eseguito in secondo quanto indicato nella norma UNI 10405, con le procedure supplementari indicate di seguito:

- rilevare il tracciato della tubazione mantenendo il ricevitore in vicinanza della superficie del terreno;
- localizzare la posizione della condotta con un segnale che è massimo quando si è sulla sua verticale e che diminuisce allontanandosi da essa (metodo di picco);
- verificare ulteriormente la posizione della condotta con il segnale che è minimo quando si è sulla verticale e che aumenta allontanandosi da essa (metodo di nullo);
- nel caso in cui non vi sia coincidenza tra le due indicazioni significa che il campo elettrico nella zona in esame è deformato ed è necessario spostarsi di qualche metro fino a trovare una posizione coincidente per entrambi i metodi.

Una volta localizzata la posizione della condotta con il ricevitore appoggiato sul terreno si rileva la profondità della tubazione seguendo le modalità di funzionamento descritte nel manuale operativo.

La posizione della condotta deve essere contrassegnata con picchetti posti con un interasse di 50 m nei tratti rettilinei e con un interasse minore in corrispondenza delle variazioni del tracciato.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ
ATTIVA

VERIFICATO

Erando

APPROVATO

Mela

REV. 0

Data

04/12/2000

I rilievi del tracciato e della profondità della condotta possono essere eseguiti contemporaneamente al rilievo del gradiente trasversale installando su un unico impianto di protezione catodica (PPC) l'interruttore ciclico e il generatore di segnale (frequenza medio-alta) avendo cura di collegare il generatore di segnale a valle dell'interruttore ciclico.

5.2 Operazioni preliminari

L'interruttore ciclico, predisposto con tempi di apertura (OFF) di 0,6 s e chiusura (ON) di 0,3 s, deve essere installato nell'impianto di protezione catodica (PPC) che ha maggiore influenza sul tratto in esame, mentre gli altri impianti devono essere disattivati.

Nel caso in cui l'apparecchiatura di protezione catodica funzioni a corrente variabile, è necessario predisporla nel funzionamento a corrente costante.

La corrente erogata dall'alimentatore deve essere regolata fino ad ottenere la densità prevista nella specifica GASD C 7.20.00.

Prima dell'inizio dei rilievi il millivoltmetro deve essere regolato impostando il commutatore sulla scala più bassa; deve quindi essere attivato, tramite l'interruttore, il supporto di un solo elettrodo.

5.3 Rilievi dei gradienti longitudinali

Si dispongono i due elettrodi portatili A e B sulla verticale della condotta ad una distanza reciproca non superiore a 2 m e si rilevano sul millivoltmetro i gradienti longitudinali.

Si percorre il tracciato mantenendo la stessa posizione reciproca tra gli elettrodi A e B sulla verticale della condotta.

Avvicinandosi ad una falla il gradiente del campo elettrico aumenta per effetto della maggiore corrente che fluisce verso la stessa.

Quando la falla viene superata la misura del gradiente evidenzia un'inversione dell'indice sul millivoltmetro.

Per individuare puntualmente la falla si insiste con le misure nel tratto in cui vi è stata l'inversione di gradiente fino a rilevare un valore nullo che indica l'esatto posizionamento degli elettrodi sulla stessa linea equipotenziale; la falla si trova esattamente a metà della distanza tra gli elettrodi.

Localizzata la falla in senso longitudinale alla condotta si ripete il rilievo perpendicolarmente per determinarne l'esatta proiezione sulla superficie del terreno.

Una volta confermata, la posizione deve essere annotata rispetto a punti fissi ben identificabili sul territorio.

Posizionato un elettrodo sul punto di falla e l'altro elettrodo ad una distanza di 12 m, si esegue una misura di gradiente da riportare in un apposito modulo per la successiva elaborazione dei grafici.

Particolare attenzione deve essere posta nell'interpretazione delle misure in quanto falle ravvicinate o variazioni del tipo di rivestimento possono rendere difficile l'identificazione precisa delle falle.

In presenza di campi elettrici variabili, è importante poter discriminare i gradienti dovuti alla corrente di protezione da quelli determinati da campi elettrici estranei.

Anche variazioni locali della profondità della condotta o la presenza di strutture estranee poste nelle immediate vicinanze possono influire sulle misure effettuate.



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamita

APPROVATO

Meloni

REV. 0

Data

04/12/2000

6. RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Dai valori misurati in corrispondenza di ogni falla, si costruisce un grafico riportando in ordinata i valori dei gradienti ON, OFF e la loro differenza (Δ ON-OFF), e in ascissa le corrispondenti progressive.

I risultati completi dei rilievi devono essere prodotti e presentati secondo quanto indicato nella norma GASD C 7.20.00

6.1 Formato dei grafici

6.1.1 Verranno prodotti due tipi di grafici, T1 e T2

- Grafico T1 (vedere esempio tipico in appendice):
Ogni foglio verrà intestato con i seguenti dati:
 - Diametro (millimetri e pollici)
 - Schema PE
 - Denominazione metanodotto
 - Commessa
 - N° impianto utilizzato per l'esecuzione dei rilievi
 - Corrente erogata per l'esecuzione dei rilievi (in A)
 - Densità di corrente per l'esecuzione dei rilievi (in μ A/m²)
 - Punto di inizio e fine dei rilievi
 - Lunghezza del tratto ispezionato
 - Nome appaltatore
 - REL == del ==/==/==
 - Nome file
 - Legenda

Ogni grafico dovrà riportare 3000 m di rilievi sulla condotta anche se il tratto ispezionato è di lunghezza inferiore.

Si devono riportare le misure di profondità della condotta, della resistività del terreno e i valori di gradiente Δ V delle falle secondo quanto previsto nella GASD C 7.20.00
Si devono riportare solo i principali riferimenti planimetrici con le rispettive progressive.

- Grafico T2 (vedere esempio tipico in appendice):
Ogni foglio verrà intestato con i dati previsti per il tipo T1.

Ogni grafico dovrà riportare 500 m di rilievi sulla condotta anche se il tratto ispezionato è di lunghezza inferiore.

Si devono riportare tutti i riferimenti planimetrici previsti nella GASD C 7.20.00 e le falle con le rispettive progressive.

Si deve riportare la posizione dell'elettrodo remoto e il lato di posa (dx - sx).



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamato

APPROVATO

M. M.

REV. 0

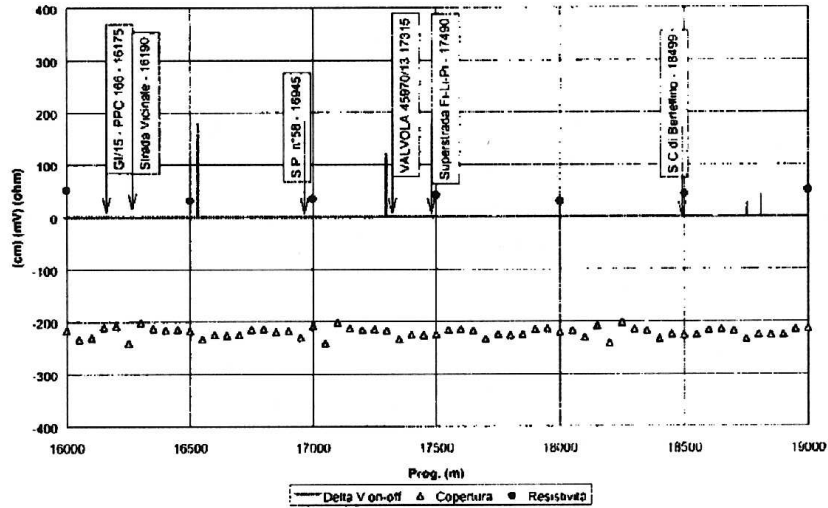
Data

04/12/2000

MISURE DI LOCALIZZAZIONE DELLE FALLE D'ISOLAMENTO SU TUBAZIONI
METALLICHE INTERRATE
METODO DELLE MISURE DEL GRADIENTE LONGITUDINALE

GASD
C.07.20.04
Foglio 5 di 6

LIVORNO - FIRENZE 45970 DN 450 (18")
C2TPI08 - PPC 166 - l=2,15 A - d=300 A/m²
Da GI/15 a GI/11 - L=4740 m

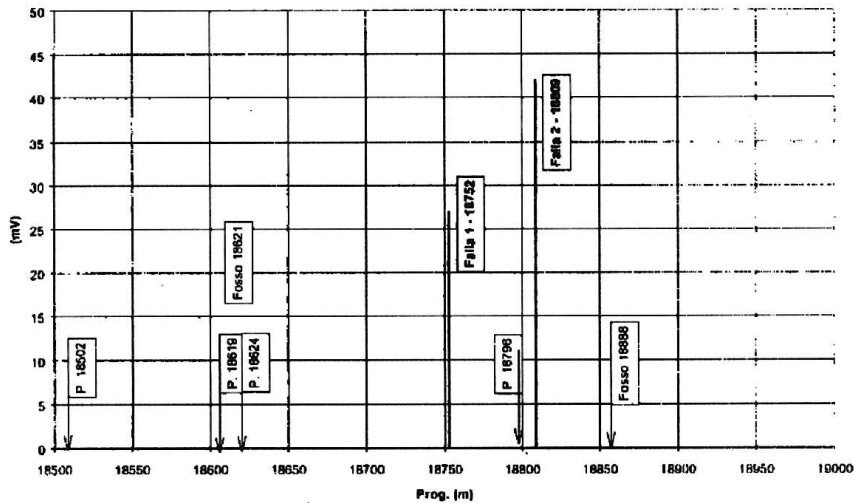


Appaltatore:
R.E.L. n. ___ del ___/___/___

C2TPI08_166.xls

GRAFICO T1 (esempio tipico)

LIVORNO - FIRENZE 45970 DN 450 (18")
C2TPI08 - PPC 166 - l=2,15 A - d=300 A/m²
Da GI/15 a GI/11 - L=4740 m



Appaltatore:
R.E.L. n. ___ del ___/___/___

C2TPI08_166.xls

GRAFICO T2 (esempio tipico)



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPIATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Stamata

APPROVATO

Maha

REV. 0

Data

04/12/2000

6.1.2 Si dovrà produrre il grafico impiegando l'applicazione fornita da SNAM. Per fare questo si dovranno preparare i files con suffisso GL1, GL2 e GL3 ed estensione dat come spiegato nella specifica generale. Tutti i files dovranno contenere le grandezze rilevate necessarie per produrre i grafici relativi al gradiente longitudinale.
Ogni riga dei files con suffisso GL1 dovrà contenere 4 numeri separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Progressiva (m)
- Nro progressivo di falla
- Valore ΔV (mV)
- Riferimento metrico rispetto alla posizione di: valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura, attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrate - linee elettriche (>110 kV), vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati, cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio

Ogni riga dei files con suffisso GL2 dovrà contenere 3 numeri separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Progressiva (m)
- Copertura (m)
- Resistività ($\Omega \cdot m$)

Ogni riga dei files con suffisso GL3 dovrà contenere 1 numero più un ultimo campo alfanumerico separati da spazi che rappresentano nell'ordine:

- Progressiva (m)
- Indicazione di: valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura, attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrate - linee elettriche (>110 kV), vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati, cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio
- Livello indicazione:

Livello 1	Valvole, giunti isolanti, impianti di protezione catodica, posti di misura
Livello 2	Attraversamenti ferroviari - stradali - fluviali, incroci con strutture interrate - linee elettriche (>110 kV)
Livello 3	Vertici, cartelli di segnalazione aerea numerati
Livello 4	Cippi, pali telefonici - elettrici, muri di recinzione e comunque punti fissi non soggetti a spostamenti ben identificabili sul territorio

I numeri avranno come separatore decimale il punto.
Nel file sono ammesse righe di commento che devono iniziare con :



Snam

GESTIONE RETE ITALIA
NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

PROTEZ.
ATTIVA

VERIFICATO

Enamata

APPROVATO

Malin

REV. 0

Data

04/12/2000

INDICE

1	PREMESSA	2
2	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	2
3	NORME DI RIFERIMENTO	2
4	DISPERSORI VERTICALI PROFONDI	3
5	DISPERSORI SUPERFICIALI	7
6	MATERIALI	9
7	VERIFICHE E CONTROLLI	9
8	DOCUMENTAZIONE	11



Snam
Rete Gas

**NORMATIVA
INTERNA**

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

[Signature]

REV.

0

Data

02/11/2005

1. PREMESSA

I dispersori oggetto della presente specifica ed in particolare gli anodi, il letto di posa, i cavi di collegamento e le connessioni elettriche degli anodi devono essere conformi alla norma UNI 10835.

La specifica stabilisce inoltre le procedure per le verifiche e controlli che il Fornitore deve effettuare prima e dopo la posa in opera del materiale anodico.

Nella specifica è riportata la documentazione che il Fornitore deve compilare e consegnare a Snam Rete Gas per ogni singolo dispersore realizzato.

2. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica riguarda le caratteristiche tecniche, la fornitura e la posa in opera dei seguenti dispersori per impianti di protezione catodica a corrente impressa:

dispersori verticali profondi costituiti da:

- anodi di ferro silicio a catena
- anodi di acciaio al carbonio

dispersori superficiali:

- orizzontali
- verticali

3. NORME DI RIFERIMENTO

UNI CEI 7	Protezione catodica di strutture metalliche interratoe. - Misure di resistenza elettrica
UNI CEI EN 45020	Termini generali e loro definizioni riguardanti la normazione e le attività connesse
UNI 10835	Protezione catodica di strutture metalliche interratoe. - Anodi e dispersori per impianti a corrente impressa. Criteri di progettazione e installazione

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		SPECIF	<i>Pistone</i>	<i>formy</i>	Data 02/11/2005

4. DISPERSORI VERTICALI PROFONDI

4.1. Anodi di ferro silicio a catena

Il dispersore deve essere costituito da una catena di anodi di ferro silicio tubolari, installati coassialmente su un cavo continuo 1x25 mm² avente lunghezza 90 m.

La massa del materiale anodico deve essere ≥ 215 kg e la catena deve essere costituita da un numero minimo di 5 anodi fino ad un massimo di 13.

La spaziatura degli anodi deve garantire una lunghezza complessiva della catena anodica compresa tra 18 e 20 m (vedi esempio fig. 1).

Sui tratti di cavo intermedi tra i singoli anodi deve essere prevista l'installazione di idonei dispositivi, ad esempio distanziatori non metallici, che assicurino durante e dopo la posa l'integrità del cavo elettrico e la rigidità della catena.

I bordi esterni degli anodi devono presentare spigoli arrotondati.

Sia la connessione cavo anodo sia il cavo libero all'interno dell'anodo devono essere isolati con idonea resina epossidica aderente e stagna per assicurare l'assoluta ermeticità all'acqua tra le superfici anodo-resina e cavo-resina.

All'esterno di ciascun anodo ed in corrispondenza della connessione, deve essere installata una guaina termorestringente rivestita internamente con mastice adesivo e sigillante.

Il termorestringente deve sporgere di 10 mm per parte rispetto alla superficie interna di contatto della giunzione cavo anodo.

4.2. Anodi di acciaio al carbonio

Il dispersore deve essere costituito da barre piene di acciaio al carbonio. La lunghezza del dispersore deve essere di 40 m e la massa complessiva deve essere ≥ 800 kg (vedi esempio fig. 2).

Le singole barre devono essere dotate di:

- opportuni dispositivi che ne permettano l'accoppiamento meccanico;
- opportuni fori passanti per l'accoppiamento elettrico mediante cavi elettrici 1 x 10 mm² saldati con il metodo alluminotermico.

Il dispersore finito dovrà avere un insieme di connessioni elettriche che cortocircuitano tutte le giunzioni meccaniche e permettono di derivare due cavi 1 x 10 mm² di alimentazione dalle due estremità.

Tutte le connessioni elettriche devono essere isolate elettricamente con idonee calotte isolanti.

4.3. Perforazione e posa

La perforazione del pozzo deve essere eseguita con circolazione di fango bentonitico con scalpello avente diametro 6" (152,4 mm) fino a raggiungere la profondità richiesta da Snam Rete Gas (massimo 100 m).

Il Fornitore deve rispettare tutte le Leggi Regionali vigenti in ambito di perforazioni. In particolare, dove richiesto dalle Leggi Regionali vigenti, il Fornitore deve obbligatoriamente eseguire la perforazione del pozzo con la separazione delle falde acquifere a meno che non dimostri che per la perforazione eseguita ciò non è stato necessario producendo opportuna documentazione (ad es. stratigrafia).

Il ricircolo del fango bentonitico, durante le operazioni di perforazione, deve avvenire all'interno di una idonea vasca di contenimento.

Il dispersore deve essere normalmente posato direttamente nel fango bentonitico utilizzato per la perforazione (letto di posa inerte).



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

P. Pizzarello

APPROVATO

[Signature]

REV. 0

Data

02/11/2005

Qualora sia espressamente richiesto da Snam Rete Gas, il dispersore deve essere posato in letto di posa reattivo a base di coke di petrolio calcinato.

In questo caso il coke di petrolio calcinato dovrà essere pompato dal fondo pozzo fino a ricoprire la sommità della catena di anodi.

Durante la posa devono essere presi tutti gli accorgimenti necessari per evitare di arrecare danni all'isolamento dei cavi elettrici, agli isolamenti elettrici delle giunzioni, ai manicotti termorestringenti e per evitare rotture meccaniche del materiale anodico.

Le procedure operative adottate devono assicurare la posa del dispersore fino a fondo pozzo.

Di seguito sono riportati due esempi di esecuzione dei dispersori.


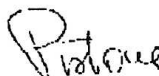

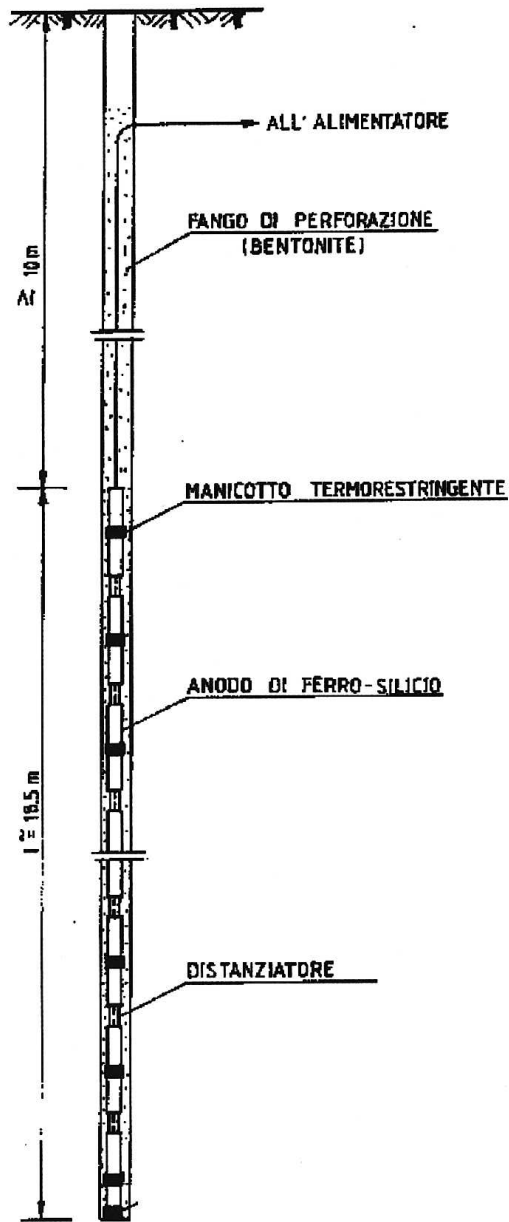
 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		SPECIF			Data 02/11/2005

Fig. 1 - Esempio di dispersore verticale profondo in ferro silicio a catena



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

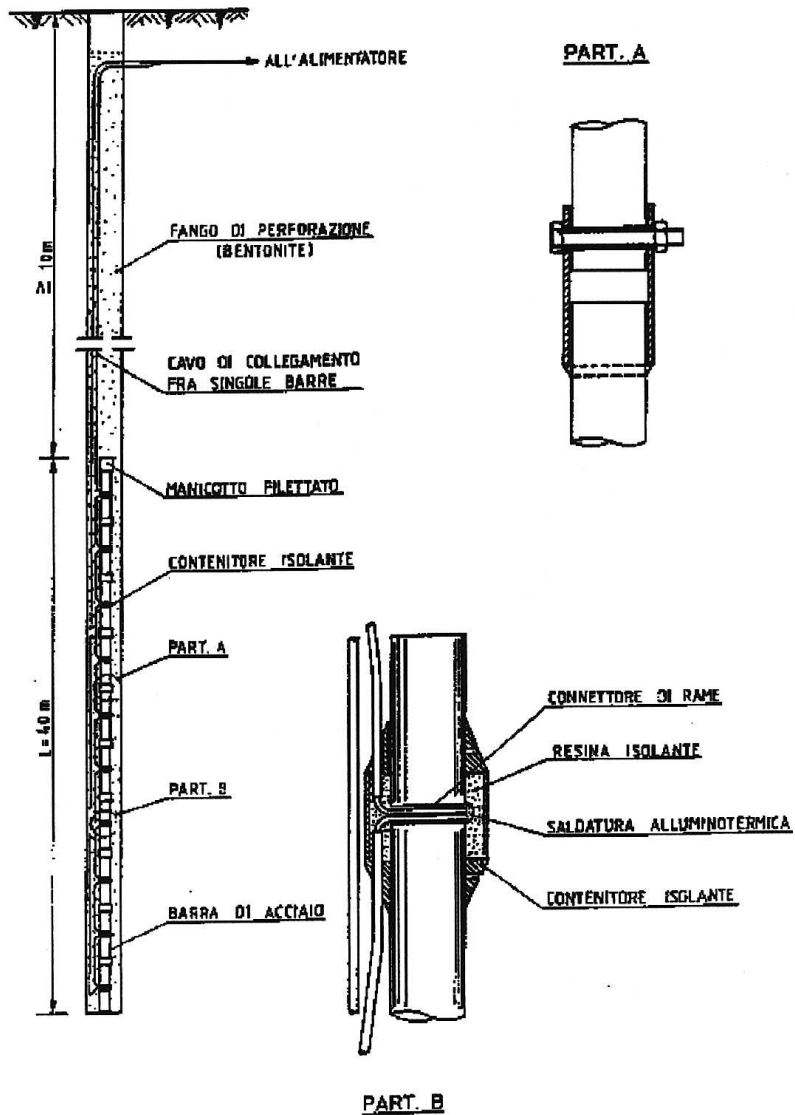
for

REV. 0

Data

02/11/2005

Fig. 2 - Esempio di dispersore verticale profondo con barre tonde di acciaio piene



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

[Signature]

REV. 0

Data

02/11/2005

5. DISPERSORI SUPERFICIALI

I dispersori superficiali devono essere costituiti da una serie di anodi di ferro silicio impaccati, derivati elettricamente da un unico cavo di alimentazione 1x16 mm², posati in letto di posa reattivo continuo costituito da coke di petrolio calcinato.

Il singolo anodo di ferro silicio deve avere massa ≥ 20 kg, forma cilindrica e lunghezza $\geq 1,5$ m.

L'anodo deve essere impaccato all'interno di un contenitore di lamiera zincata di spessore di almeno 0,5 mm, diametro $\geq 0,2$ m e lunghezza ≥ 2 m; all'interno deve essere presente coke di petrolio calcinato costipato mediante vibrazione.

La massa complessiva dell'anodo impaccato deve essere ≥ 90 kg.

All'anodo deve essere collegato un cavo 1 x 16 mm² che deve fuoriuscire dal contenitore cilindrico.

La zona interessata dalla giunzione cavo anodo, deve essere opportunamente isolata mediante calotta termorestringente rivestita internamente con mastice adesivo e sigillante.

Il dispersore può essere di tipo orizzontale o verticale.

5.1. Dispersori superficiali orizzontali

Il dispersore superficiale orizzontale deve essere realizzato con uno scavo contenente 6 anodi di ferro silicio impaccati.

Lo scavo per dispersore orizzontale deve avere dimensioni idonee per rispettare la profondità di interramento, le distanze tra gli anodi e lo spessore del letto di posa prescritti nella norma UNI 10835.

5.2. Dispersori superficiali verticali

Il dispersore superficiale verticale deve essere costituito da minimo due pozzi, ad una distanza di almeno 10 m l'uno dall'altro, ciascuno contenente 3 anodi di ferro silicio impaccati sovrapposti.

La perforazione dei pozzi verticali deve essere effettuata con la metodologia impiegata per la realizzazione dei dispersori verticali profondi (vedi par. 4.3).

I pozzi devono avere un diametro di 12" $\frac{1}{4}$ (311,1 mm) e profondità idonea per rispettare la profondità di interramento, le distanze tra gli anodi e lo spessore del letto di posa prescritti nella norma UNI 10835.

Di seguito sono riportati due esempi di installazione di dispersori superficiali.



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

[Signature]

REV.

0

Data

02/11/2005

Fig. 3 - Esempio di dispersore superficiale orizzontale

Legenda

- 1 Piano di campagna
- 2 Cavo di collegamento degli anodi
- 3 Anodo per corrente impressa
- 4 Letto di posa reattivo

Dimensioni in m

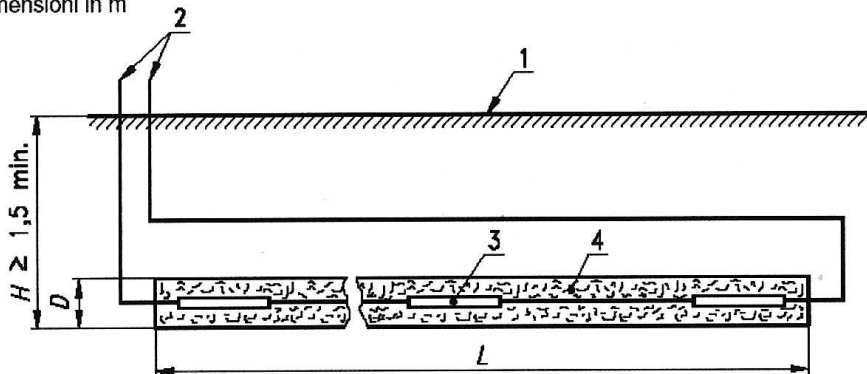
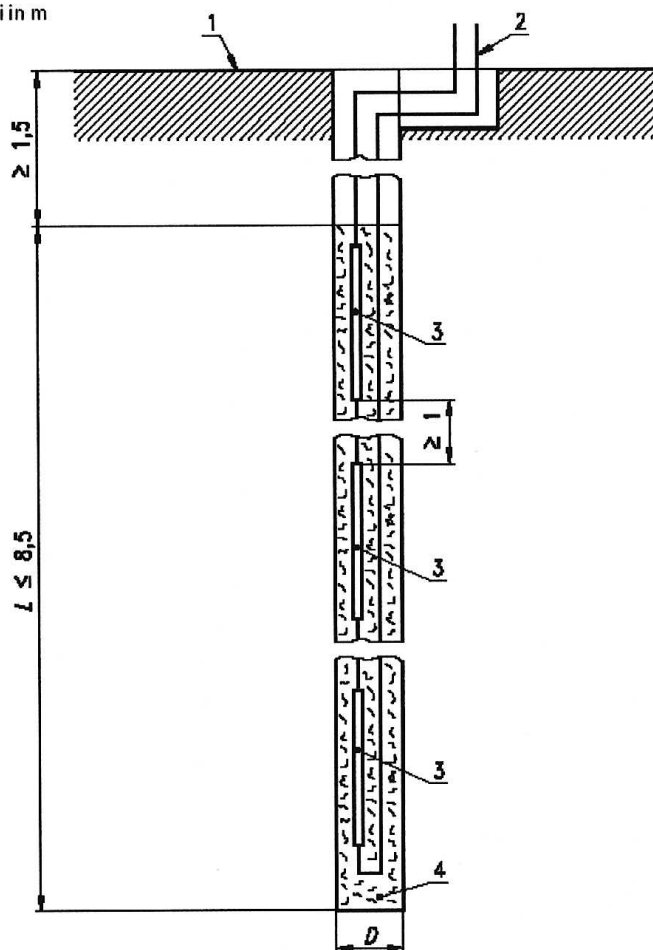


Fig. 4 - Esempio di dispersore superficiale verticale

Dimensioni in m



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPIATO

SPECIF

VERIFICATO

Protezione

APPROVATO

fou

REV. 0

Data

02/11/2005

6. MATERIALI

Le barre di acciaio e la lega di ferro silicio utilizzata per il materiale anodico devono essere conformi alla norma UNI 10835.

Non è ammessa la presenza di cromo.

I cavi elettrici utilizzati devono avere i requisiti tecnici riportati nella norma UNI 10835 e devono essere idonei per qualsiasi ambiente di posa.

Il letto di posa reattivo costituito da coke di petrolio calcinato deve avere composizione e granulometria conformi alla norma UNI 10835.

7. VERIFICHE E CONTROLLI

7.1. Dispensori profondi con anodi di ferro silicio a catena

7.1.1 Verifiche e controlli prima della posa in opera

Prova elettrica

Deve essere misurata la resistenza elettrica di ciascuna giunzione cavo anodo.

La resistenza elettrica deve essere minore di 5 mΩ, esclusa la resistenza elettrica del cavo, con una corrente continua di 10 A.

Controlli qualitativi

Le superfici di ciascun anodo tubolare non devono presentare ad un esame visivo difetti di fabbricazione quali ritiri non uniformi, cricche superficiali, pori, inclusioni, scorie di fonderia, rotture parziali, ecc..

Il cavo deve essere integro e privo di tagli, abrasioni, schiacciature, ecc..

Qualora si riscontrassero difetti sulla guaina del cavo si deve provvedere alla loro riparazione o sostituzione.

Su ogni singolo anodo deve essere presente il manicotto termorestringente in corrispondenza della giunzione cavo anodo; lo stesso non deve presentare punti evidenti con limitata aderenza e presenza di bolle d'aria sulla sua superficie.

Deve essere verificata la lunghezza del cavo la quale deve essere 90 m.

7.1.2 Verifiche e controlli dopo la posa in opera

Verifica posizionamento del dispersore

Al termine della posa deve essere effettuata la misurazione del cavo libero di ciascuna catena e per differenza, in relazione alla misura della lunghezza del dispersore effettuata prima della posa, deve essere verificato che il dispersore sia stato correttamente posato fino a fondo pozzo.

In base a queste misurazioni il Fornitore dichiara e certifica la profondità effettiva del dispersore realizzato.

Misura di resistenza del dispersore di corrente

La misura di resistenza dei dispersori (UNI CEI 7) deve essere effettuata collegando ai morsetti di un misuratore di terra sia i dispersori di corrente sia le due sonde di terra ausiliarie posizionate rispettivamente a 25 e 50 m dal dispersore.



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

P. P. P.

APPROVATO

[Signature]

REV. 0

Data

02/11/2005

7.2 Dispensori profondi con anodi di acciaio al carbonio

7.2.1 Verifiche e controlli prima della posa in opera

Controlli qualitativi

Devono essere verificate visivamente tutte le saldature alluminotermiche, i cavi elettrici devono risultare integri e non devono essere presenti trefoli tranciati, la parte attiva dei cavi deve risultare ben inglobata nel prodotto di saldatura.

Le calotte isolanti devono essere ben aderenti e salde alla superficie delle barre e devono essere posizionate in modo da garantire il perfetto isolamento con la resina isolante delle saldature.

7.2.2 Verifiche e controlli dopo la posa in opera

Verifica posizionamento del dispersore

Al termine della posa deve essere verificato che il dispersore sia stato correttamente posato fino a fondo pozzo confrontando la somma della lunghezza del dispersore più quella delle aste di perforazione usate per la posa dello stesso con la profondità del pozzo realizzato.

In base a queste misurazioni il Fornitore dichiara e certifica la profondità effettiva del dispersore realizzato.

Misura di resistenza del dispersore di corrente

La misura di resistenza dei dispersori (UNI CEI 7) deve essere effettuata collegando ai morsetti di un misuratore di terra sia i dispersori di corrente sia le due sonde di terra ausiliarie posizionate rispettivamente a 25 e 50 m dal dispersore.

7.3. Dispensori superficiali con anodi di ferro silicio impaccati

7.3.1 Verifiche e controlli prima della posa in opera

Controlli qualitativi

Il contenitore di lamiera dell'anodo non deve presentare ad un esame visivo fessurazioni con fuoriuscita di polvere di carbone.

Il cavo deve essere integro e privo di tagli, abrasioni, schiacciate, ecc..

Qualora si riscontrassero difetti sulla guaina del cavo si deve provvedere alla sua riparazione o sostituzione.

7.3.1 Verifiche e controlli dopo la posa in opera

Verifica posizionamento del dispersore

Per i dispersori orizzontali, prima della loro copertura con il letto di posa, deve essere verificata la corretta spaziatura tra gli anodi.

Misura di resistenza del dispersore di corrente

La misura di resistenza dei dispersori (UNI CEI 7) deve essere effettuata collegando ai morsetti di un misuratore di terra sia i dispersori di corrente sia le due sonde di terra ausiliarie posizionate rispettivamente a 25 e 50 m dal dispersore.



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

[Signature]

REV.

0

Data

02/11/2005

8. DOCUMENTAZIONE

Il Fornitore per ciascun dispersore realizzato deve rilasciare la seguente documentazione:

- certificazione della perforazione eseguita con circolazione di fango bentonitico con indicata la profondità massima raggiunta e indicazione delle opere effettuate per la separazione delle falde;
- documentazione comprovante la eventuale non necessità di eseguire opere per la separazione delle falde;
- rapporti delle verifiche e controlli effettuati prima e dopo la posa in opera del dispersore;
- certificato del materiale anodico comprendente l'analisi chimica della lega, il numero, le dimensioni ed il peso degli anodi utilizzati.

8.1 Documentazione da presentare in fase di qualifica

Il Fornitore che intende essere qualificato per la realizzazione dei dispersori oggetto di questa specifica, deve consegnare la seguente documentazione tecnica:

- dichiarazione di idoneità a svolgere perforazioni con circolazione di fango bentonitico con scalpello avente diametro 6" (152,4 mm) fino a raggiungere la profondità richiesta da Snam Rete Gas oppure con scalpello avente diametro 12" ¼ (311,1 mm) fino a raggiungere la profondità massima di 10 m;
- schede tecniche relative alla bentonite utilizzata nelle attività di perforazione;
- schede tecniche relative al coke di petrolio calcinato utilizzato;
- descrizione della metodologia di preparazione del fango bentonitico, del suo controllo durante la perforazione e del successivo smaltimento;
- descrizione della metodologia per l'identificazione della tipologia di terreno durante le fasi di perforazione;
- descrizione delle precauzioni da adottare durante le attività di perforazione nel caso di presenza di acqua originata da falda freatica e metodologia per la separazione delle falde freatiche in conformità alle Leggi vigenti in materia di perforazione;
- descrizione delle precauzioni da adottare durante le attività di perforazione ai fini della sicurezza dei lavoratori e di terzi in conformità alle Leggi vigenti in materia;
- procedure operative dettagliate relative alla metodologia di perforazione con circolazione di fango bentonitico;
- procedure operative dettagliate relative alla metodologia di posa della catena di anodi di ferro silicio;
- procedure operative dettagliate relative alla metodologia di posa del dispersore costituito da barre tonde di acciaio;
- procedure operative dettagliate relative alla metodologia di posa dei dispersori superficiali orizzontali e verticali;
- procedure operative dettagliate per le operazioni di verifica e controllo;
- schede tecniche delle attrezzature previste per la realizzazione del dispersore, per le verifiche e le prove.

Le procedure operative devono essere numerate, devono riportare la data di emissione, il numero di revisione e la firma del Fornitore.



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

SPECIF

VERIFICATO

P. Pizzoni

APPROVATO

f. f. f.

REV. 0

Data

02/11/2005

1. GENERALITA'

I punti impiantistici oggetto del telecontrollo per i metanodotti di nuova costruzione sono:

- tutti gli impianti di protezione catodica;
- tutti gli attraversamenti ed i parallelismi stretti con ferrovie, tranvie e filovie extraurbane, funicolari, funivie e impianti simili soggetti al D.M. 23 febbraio 1971;
- posti di misura caratteristici del sistema di protezione catodica, identificati a priori mediante lo studio elettrico, o a posteriori attraverso le misure di collaudo elettrico del sistema.

Le grandezze elettriche analogiche misurate e memorizzate dal dispositivo AEMT sono le seguenti:

- n° 2 grandezze per gli alimentatori di protezione catodica (ddp tubo-terra e corrente erogata);
- n° 1 grandezza per i posti di misura caratteristici (d.d.p. tubo-terra);
- n° 2 grandezze per gli attraversamenti FFSS posati dopo il '71 (d.d.p. tubo-terra e tubo di protezione-terra).

Oltre alle suddette grandezze "analogiche", all'AEMT perviene anche il segnale di allarme "digitale" del tipo:

- Segnale apertura porte armadi (compreso sopralzo).

Ogni AEMT può gestire fino ad un massimo di 8 grandezze analogiche (di cui al massimo 4 possono provenire da altrettanti canali analogici dell'AEMT) e 4 segnali di allarme "digitali".

2. SCOPO

La presente specifica definisce le prescrizioni tecniche e le operazioni da compiere per gli interventi di predisposizione impiantistica da effettuare sui siti interessati dall'installazione dei sistemi di telecontrollo in modo da rendere possibile la successiva installazione degli alimentatori telecontrollabili e dei dispositivi di acquisizione, elaborazione, memorizzazione e trasmissione dati (in seguito denominate AEMT).

3. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica si riferisce a installazioni da effettuare sia su tubazioni di nuova costruzione che su condotte in esercizio.

4. RIFERIMENTI

Per le Norme di seguito elencate deve essere fatto riferimento all'ultima revisione:

A 07.01.01 Armadio in vetroresina per custodia apparecchiature

A 07.01.11 Armadio di controllo in vetroresina

A 07.01.15 Sopralzo in vetroresina

A 07.04.03 Elettrodo di riferimento, Cu-CuSO₄ saturo, fisso da interrare in profondità

A 07.04.14 Barriera di protezione per il circuito di controllo degli alimentatori di protezione catodica (36 V – 100 mA)

A 07.05.01 Alimentatore per Unità AEMT

A 07.05.02 Unità AEMT per il Telecontrollo/Telemisura delle grandezze di protezione catodica

A 07.05.10 Alimentatore automatico di protezione catodica telecontrollabile



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

P. Pizzarello

APPROVATO

L. Pizzarello

REV.

0

Data

16/11/2006

4. CRITERI PER LA SCELTA DELL'ALIMENTAZIONE E DEGLI ARMADI

L'alimentazione tramite energia elettrica 230V/50Hz è da preferire in quanto consente di sfruttare appieno le potenzialità dell'AEMT e garantisce un funzionamento più affidabile nel tempo.

Pertanto ove possibile, è opportuno dotare il posto di misura da telecontrollare di energia elettrica 230 V/50 Hz.

Dove invece non è possibile l'allacciamento alla rete elettrica lungo il tracciato del metanodotto in prossimità degli attraversamenti ferroviari o posti di misura caratteristici, l'unità AEMT potrà essere alimentata tramite un sistema di alimentazione fotovoltaico.

Quando è disponibile energia elettrica sia negli impianti di protezione catodica che nei posti di misura, l'apparato AEMT viene installato all'interno del sopralzo di un armadio custodia apparecchiature (PPC).

Quando occorre utilizzare pannelli solari nei posti di misura caratteristici, l'AEMT viene installato all'interno del sopralzo di un armadietto di controllo.

5. INSTALLAZIONI DA ESEGUIRE

5.1 SOPRALZI

a) Nel caso di armadio PPC, gli apparati AEMT con il relativo alimentatore 230V/12V devono essere alloggiati nel sopralzo il quale dovrà essere equipaggiato di prese per l'energia elettrica (figura 1).

b) Nel caso di armadietto di controllo (alimentazione a batteria) gli apparati AEMT devono essere alloggiati sul ripiano centrale, mentre il sopralzo dovrà essere impiegato per l'alloggiamento del regolatore di carica (figura 2).

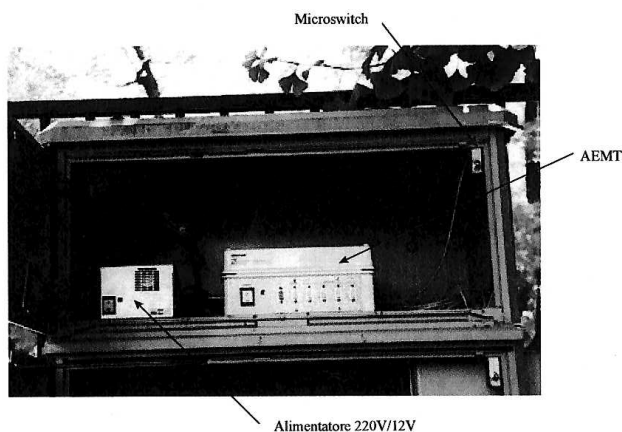

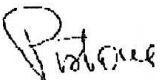
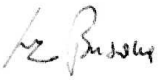


Fig. 1 – Vista del sopralzo completo di AEMT e alimentatore 230V/12 V

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM			Data 16/11/2006

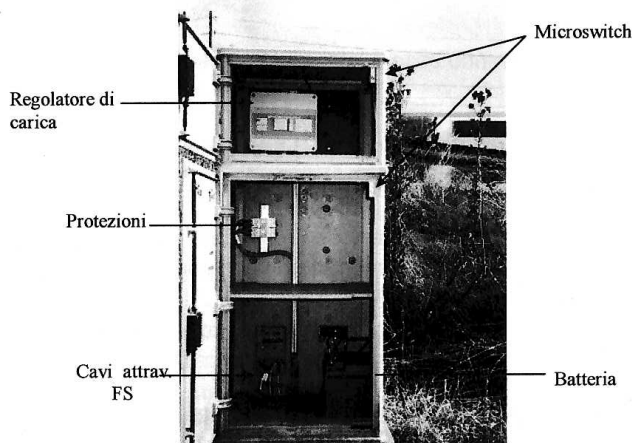


Fig. 2 – Regolatore di carica per l'alimentazione a pannelli solari con relativa batteria installato su attraversamento ferroviario

5.2 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE FOTOVOLTAICO

Laddove non sia presente l'energia elettrica e non ne sia prevista la futura fornitura dovrà essere installato un sistema di alimentazione fotovoltaico.

A tale scopo, se è presente l'armadio di controllo, dovrà essere installato sullo stesso il sopralzo con tetto completo di pannello solare come mostrato in figura 3.

All'interno del sopralzo sarà alloggiato il regolatore di carica, mentre la batteria sarà alloggiata sul ripiano inferiore dell'armadietto e l'AEMT sul ripiano centrale.

I cablaggi necessari per il collegamento di tutti gli elementi (Pannelli solari, regolatore di carica, batteria) dovranno essere eseguiti con cavo rosso - nero di sezione non inferiore a 1,5 mm² e non superiore a 4 mm².

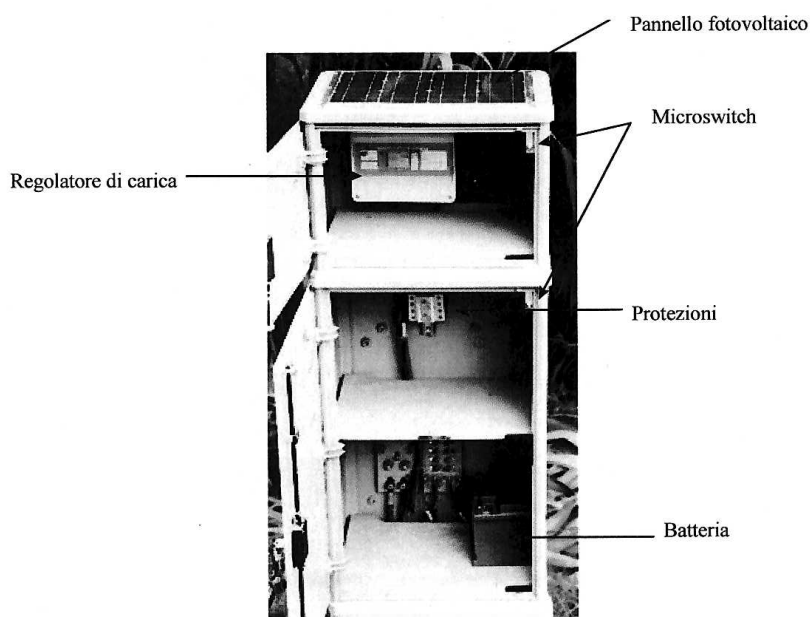



Fig. 3 – Armadietto di controllo con pannello solare e regolatore di carica

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM	<i>P. Pizzoni</i>	<i>L. Bussola</i>	Data 16/11/2006

5.3 PROTEZIONI

Su tutti i punti impiantistici dovranno essere installate le protezioni conformi alla tabella GASD A7.04.14 (36V - 100mA); in particolare:

- due protezioni per gli attraversamenti dopo il '71 (36V - 100mA);
- una protezione per i punti caratteristici (36V - 100mA).

Il collegamento a terra delle protezioni deve essere effettuato solo se è già presente l'impianto di terra di protezione (es. non verrà eseguito in corrispondenza di alimentazione con pannelli fotovoltaici).

Il cablaggio in ingresso alle protezioni (escluse quelle a protezione degli alimentatori) deve essere effettuato con cavo bipolare (o di "coppia") provvisto di segnacavo come da norme GASD.

Il cablaggio in uscita dalle protezioni, verso l'unità AEMT, deve essere effettuato con cavo 2x0,35 mm² di colore grigio con conduttori dotati di polarità (fornito con l'AEMT).

5.4 MICROSWITCH PER SEGNALAZIONE APERTURA PORTE

Su tutte le porte degli armadi e armadietti di controllo, sopralzi compresi, che alloggiano gli apparati AEMT e/o gli alimentatori, devono essere installati appositi microswitch, come in figura 4.

Allo scopo di ottimizzare il numero di allarmi relativi all'apertura porte, i microswitch degli armadi appartenenti ad uno stesso gruppo dovranno essere, di norma, collegati in serie.
Per il collegamento si dovrà utilizzare il contatto normalmente chiuso.

In figura 5 è riportato lo schema per il collegamento in serie dei microswitch.

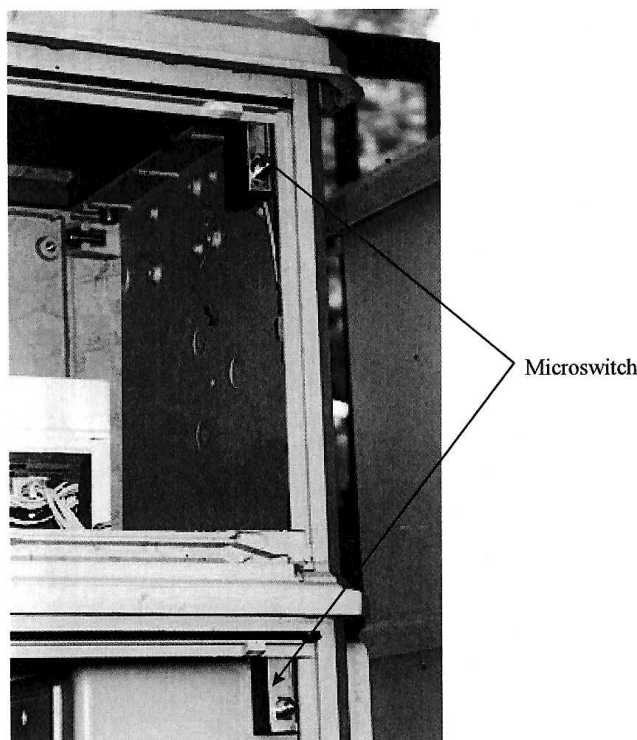



Fig. 4 – Particolare dell'installazione dei microswitch sulle porte di sopralzo e armadio

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM	<i>P. Pizzone</i>	<i>L. Pizzone</i>	Data 16/11/2006

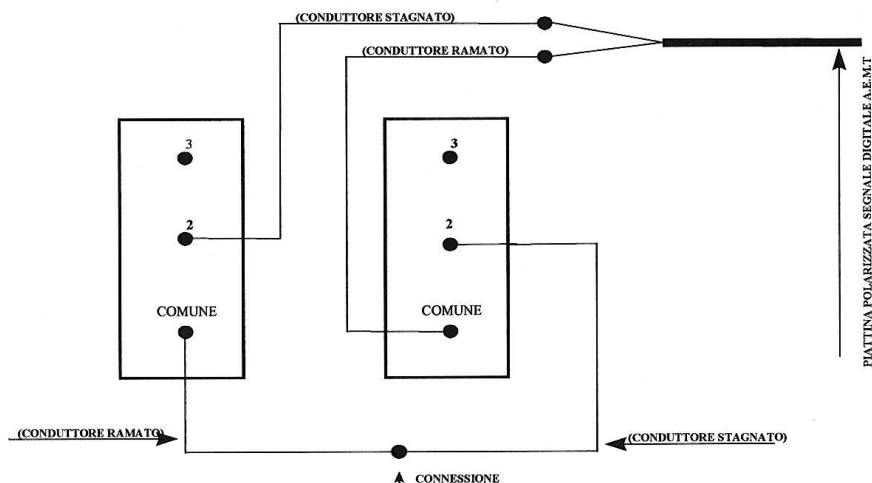


Fig. 5 – Schema di collegamento microswitch allarme porta

5.5 INSTALLAZIONE INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO-DIFFERENZIALE, SCARICATORI E PRESE

Per il montaggio degli interruttori dovranno essere impiegati i nuovi frontali per pannello portainterruttori. Sul pannello si troveranno in successione: interruttore magnetotermico-differenziale, scaricatori con tensione nominale 280V (uno tra fase - neutro, uno tra fase - terra, uno tra neutro - terra).

Sul pannello dovranno essere montate anche le prese di alimentazione per alimentatori di protezione catodica ed eventuale strumentazione di misura.

Le figure 6 e 7 riportano lo schema di installazione e lo schema unifilare del circuito di alimentazione di un PPC o punto di misura.

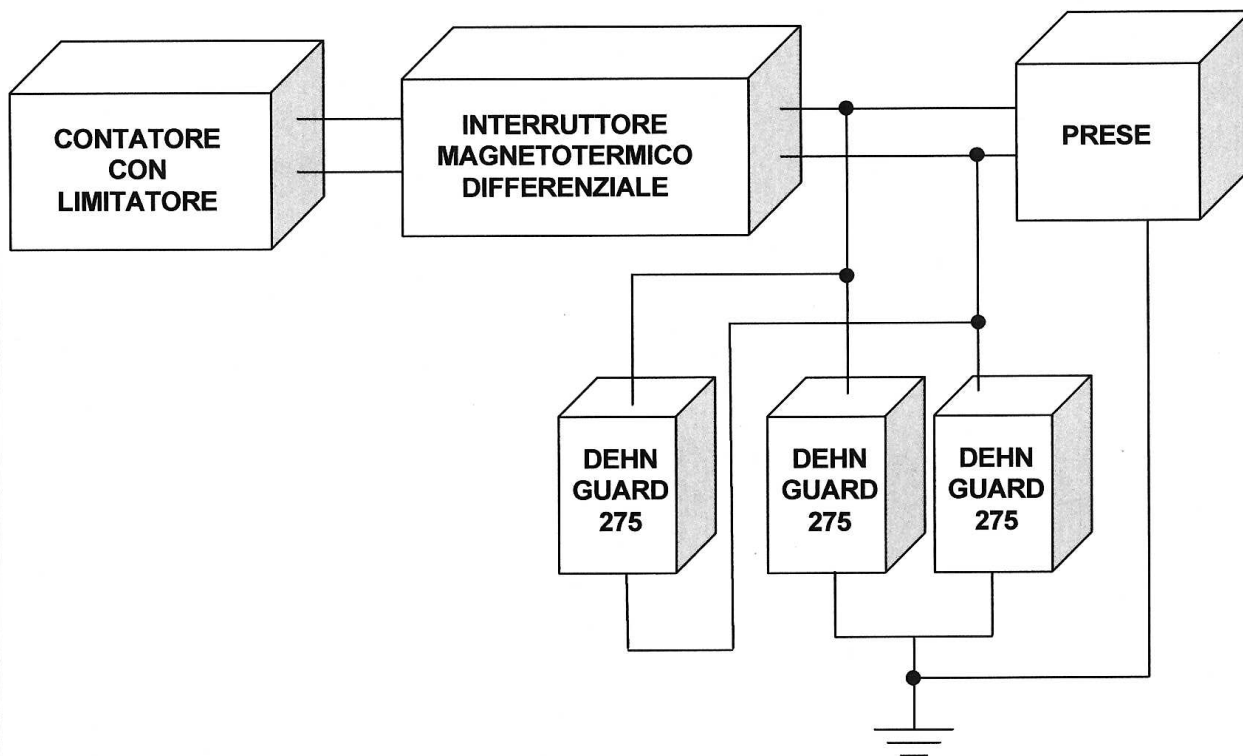



Fig. 6 – Schema di installazione per PPC o punto di misura

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM	<i>Proton</i>	<i>Le Pissier</i>	Data
					16/11/2006

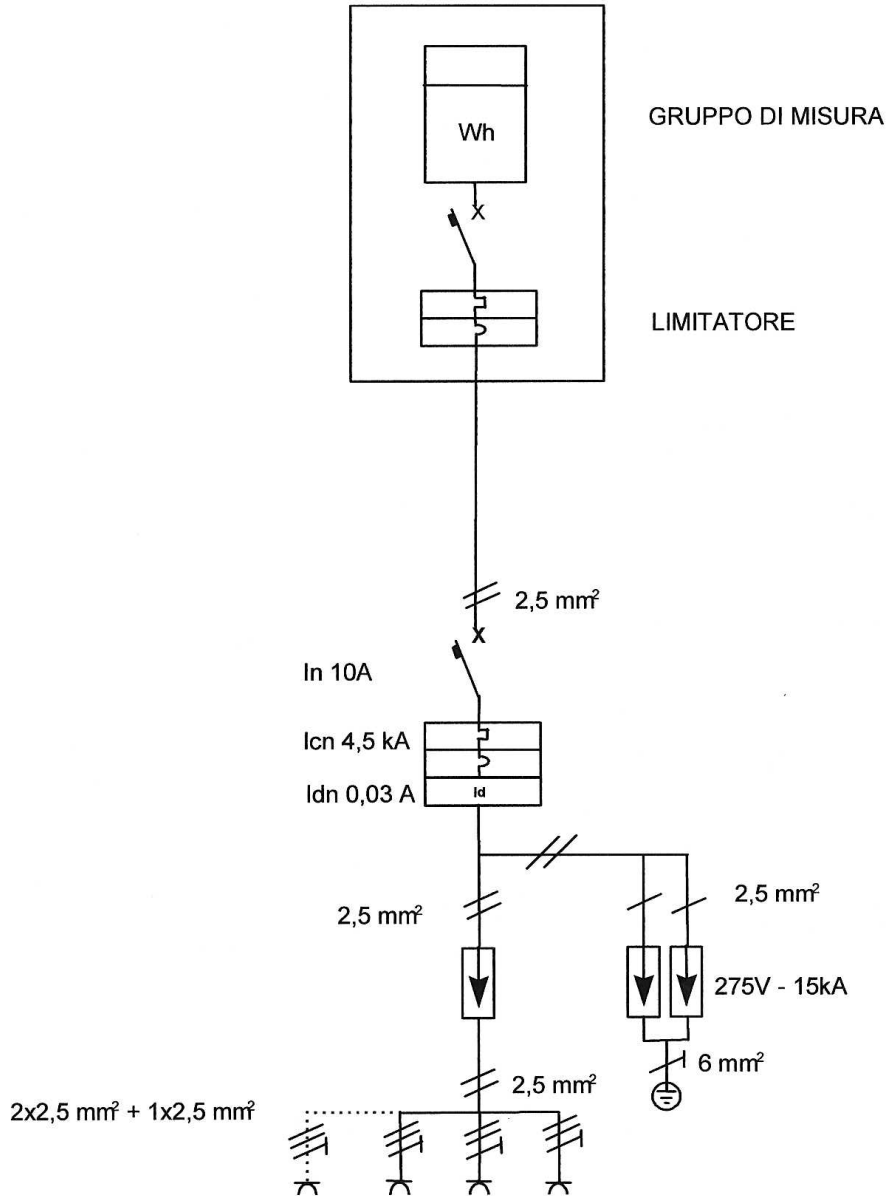


Fig. 7 – Schema unifilare di alimentazione per PPC o punto di misura

5.6 AEMT

L'apparato AEMT si presenta come in figura 1. Esso è provvisto di tre connettori tipo "D" 9 poli femmina per:

- porta seriale RS485 per il collegamento agli alimentatori di protezione catodica telecontrollabili;
- n. 4 segnali "digitali" di allarme
- n. 4 grandezze analogiche (diverse da quelle provenienti dagli alimentatori PE).

L'unità AEMT deve essere equipaggiata con 4 slot disposti a pettine per accogliere altrettanti moduli plug-in. Su ciascun modulo deve essere montato un canale analogico che permette il rilievo di una tensione continua.

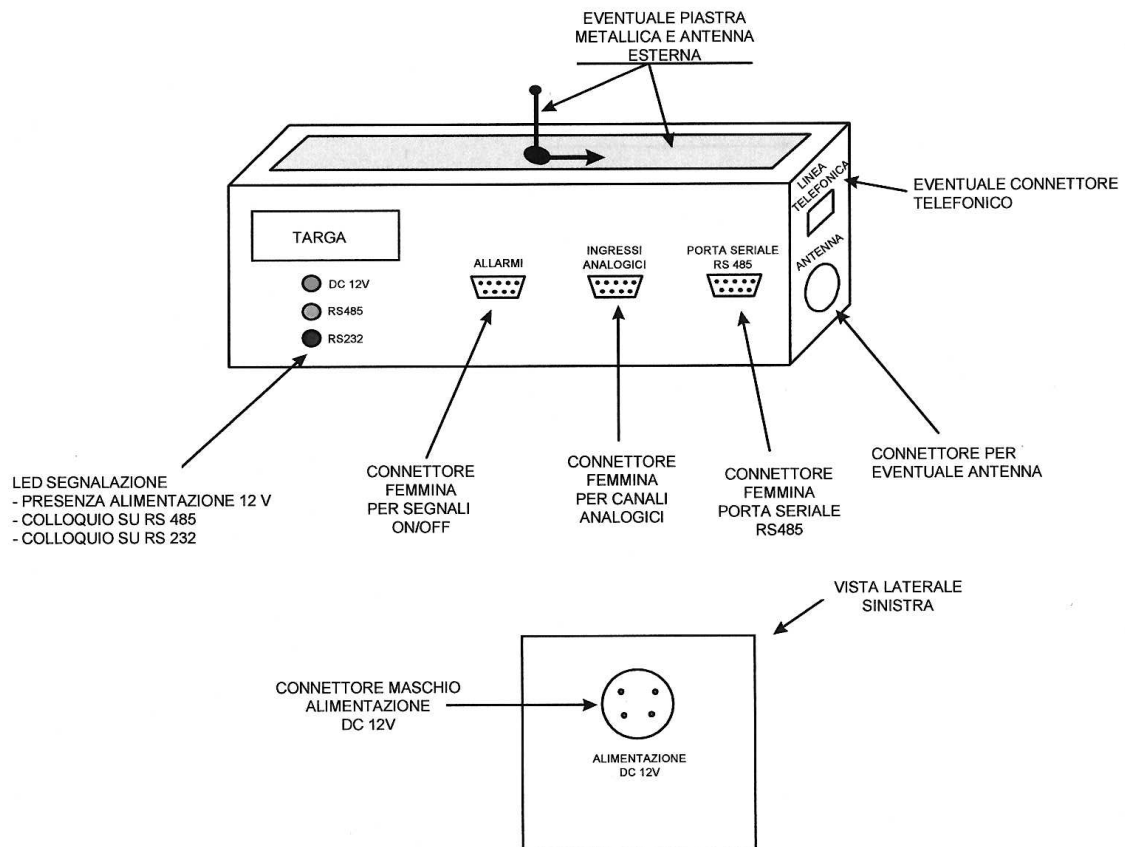


Fig. 8 – Vista d'insieme dell'apparato AEMT

L'AEMT viene fornito di cavo piatto 9 poli lunghezza 2m e dei relativi connettori per il collegamento agli alimentatori telecontrollabili.

Vengono inoltre forniti i due connettori maschio da inserire nei due connettori femmina relativi ai segnali "digitali" di allarme e alle grandezze analogiche.

I connettori sono comprensivi di 4 coppie di cavi ciascuno (i cavi sono dotati di polarità).

L'estremità di ciascuna coppia è contrassegnata secondo le figure 9 e 10.

	Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
			NORM			Data 16/11/2006

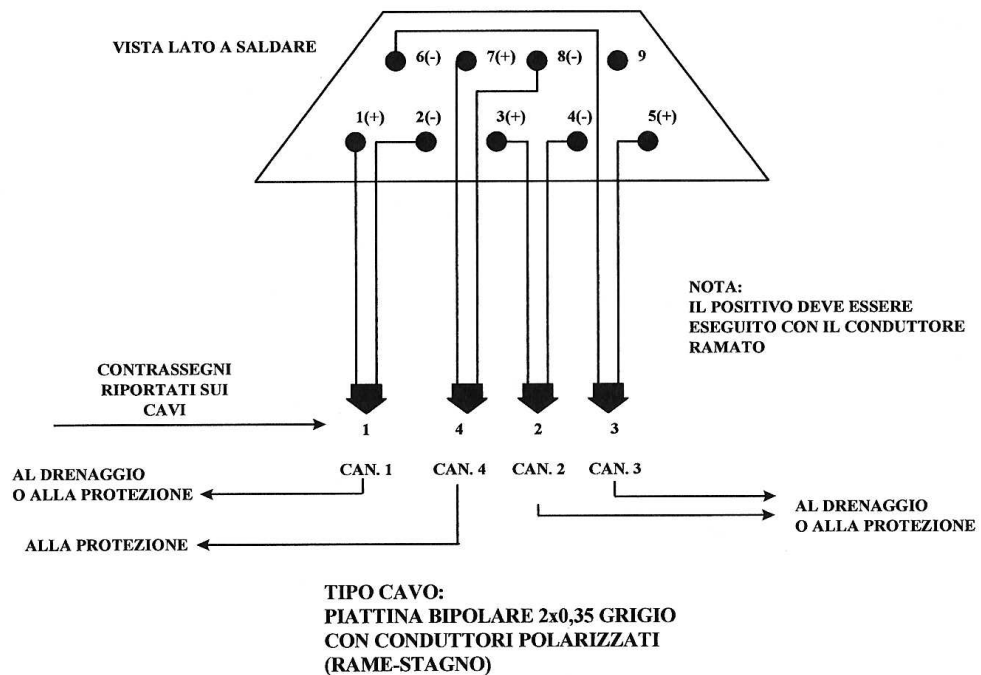


Fig. 9 – Schema di collegamento grandezze analogiche

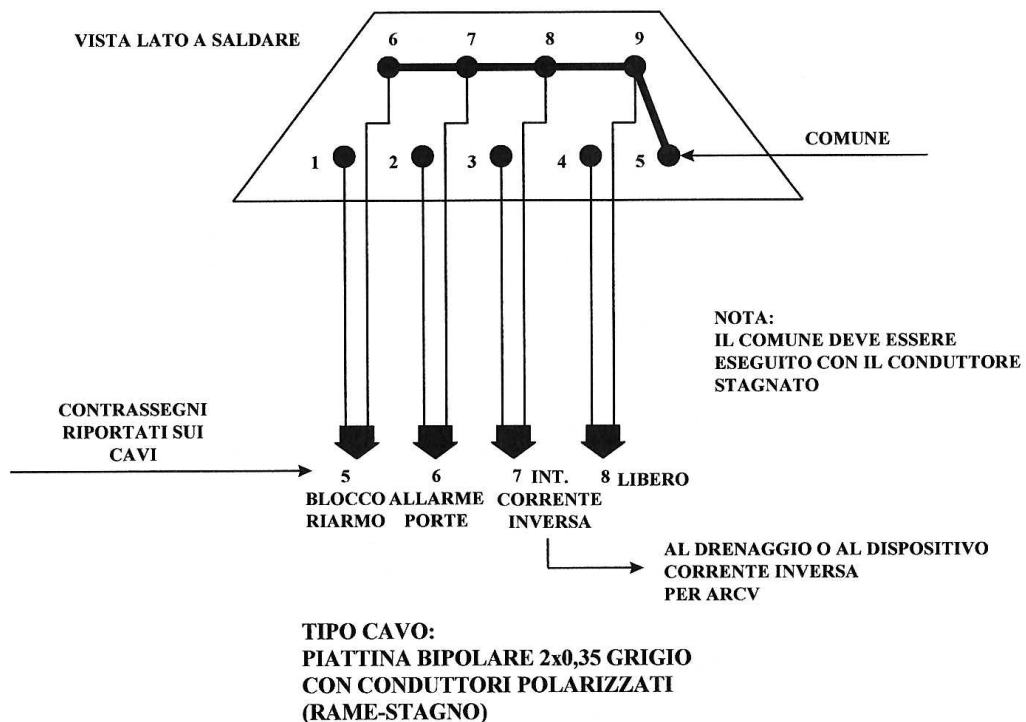


Fig. 10 – Schema di collegamento dei segnali di allarme digitali

La numerazione da 1 a 4 è relativa alle grandezze analogiche mentre da 5 a 8 è relativa ai segnali di allarme digitali.

	Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO NORM	VERIFICATO 	APPROVATO 	REV. 0
						Data
						16/11/2006

Affinché il software installato presso il Centro di Manutenzione visualizzi le misure di potenziale con il segno negativo è necessario collegare il conduttore positivo proveniente dall'AEMT al conduttore del metanodotto ed il conduttore negativo al conduttore dell'elettrodo.

La polarità positiva è indicata dal conduttore ramato mentre il negativo è indicato dal conduttore stagnato.

6. TIPOLOGIE INSTALLAZIONI APPARATI DI TELECONTROLLO


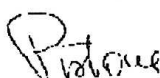
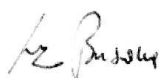
Sono due le principali tipologie dei sistemi di telecontrollo della protezione catodica:

- sistemi con alimentazione a 230V;
- sistemi con alimentazione a pannelli solari.

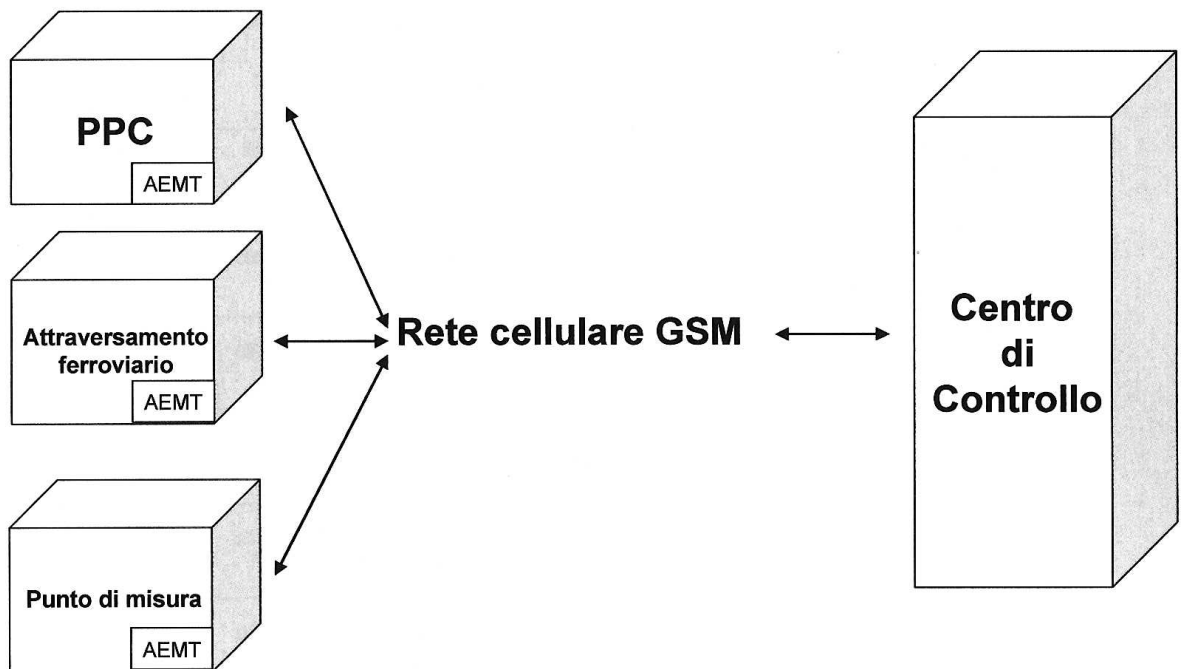
In Tabella 11 sono pertanto riportate tutte le tipologie da considerare a seconda dei punti di misura descritti al par.1 ed in particolare nelle ultime tre colonne si mostrano gli allegati cui far riferimento per i layout impiantistici, i diagrammi di interconnessione e relative liste materiali presenti in Annesso B.

Descrizione punto PE telecontrollato/teletraspresso	Sigla identificativa	Tipo Armadio	Layout	Diagramma di connessione	Elenco materiali
Impianto di protezione catodica con alimentazione da rete	AEMT/1	Armadio PPC	Allegato L1	Allegato D1	Allegato M1
Attraversamento ferroviario con alimentazione da rete	AEMT/2	Armadio PPC	Allegato L2	Allegato D2	Allegato M2
Attraversamento ferroviario con alimentazione da pannelli solari	AEMT/3	Armadietto	Allegato L3	Allegato D3	Allegato M3
Punto caratteristico con alimentazione da rete	AEMT/4	Armadio PPC	Allegato L4	Allegato D4	Allegato M4
Punto caratteristico con alimentazione da pannelli solari	AEMT/5	Armadietto	Allegato L5	Allegato D5	Allegato M5
Impianto di protezione catodica con attraversamento ferroviario alimentato da rete	AEMT/6	Armadio PPC	Allegato L6	Allegato D6	Allegato M6

Tabella 11 – Elenco tipologie installazioni apparati di telecontrollo

 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM			Data 16/11/2006

7. ARCHITETTURA GENERALE DEL SISTEMA DI TELECONTROLLO



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Pistone

APPROVATO

Le Bussey

REV. 0

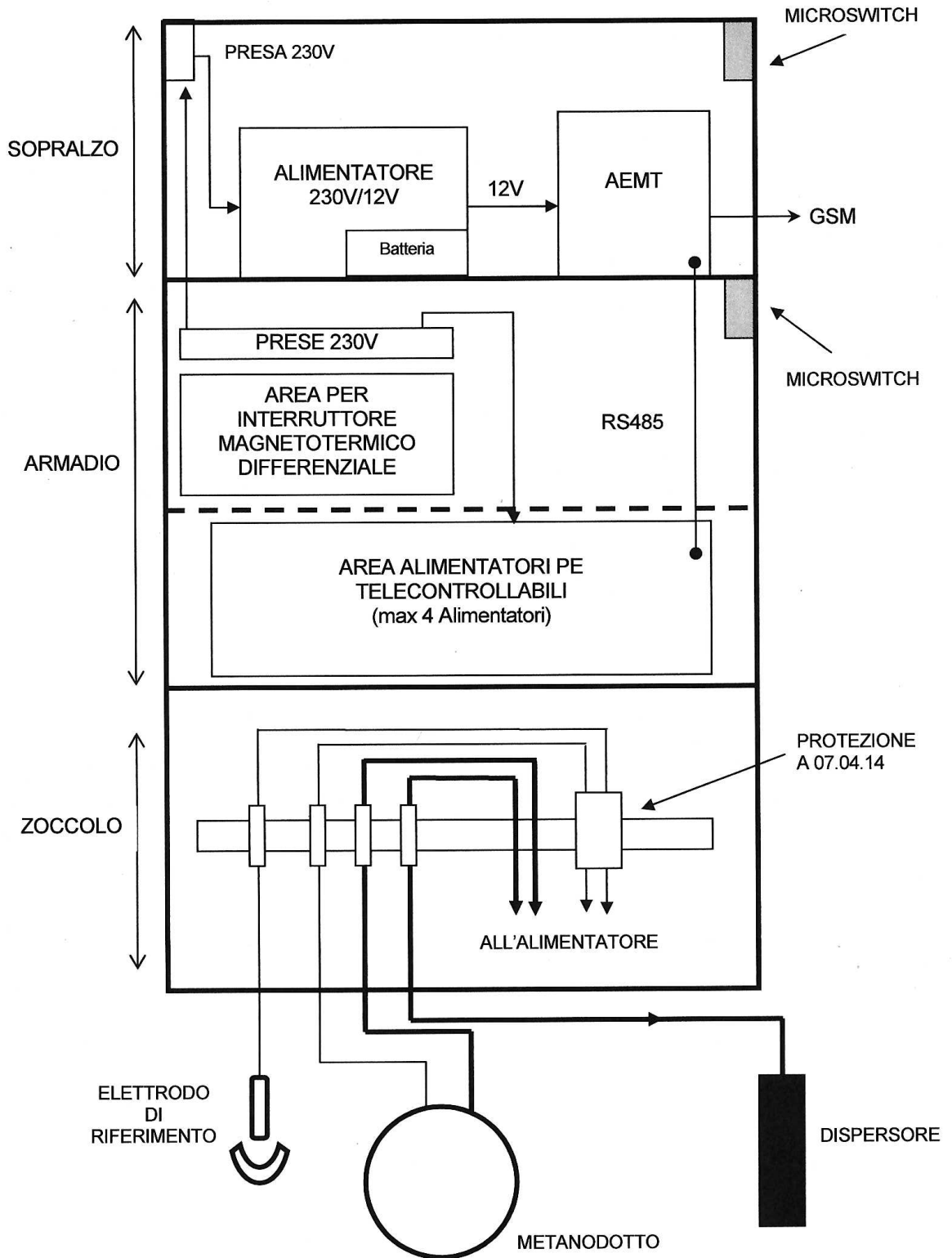
Data

16/11/2006

AEMT/1

Impianto di protezione catodica con alimentazione da rete

ALLEGATO L1



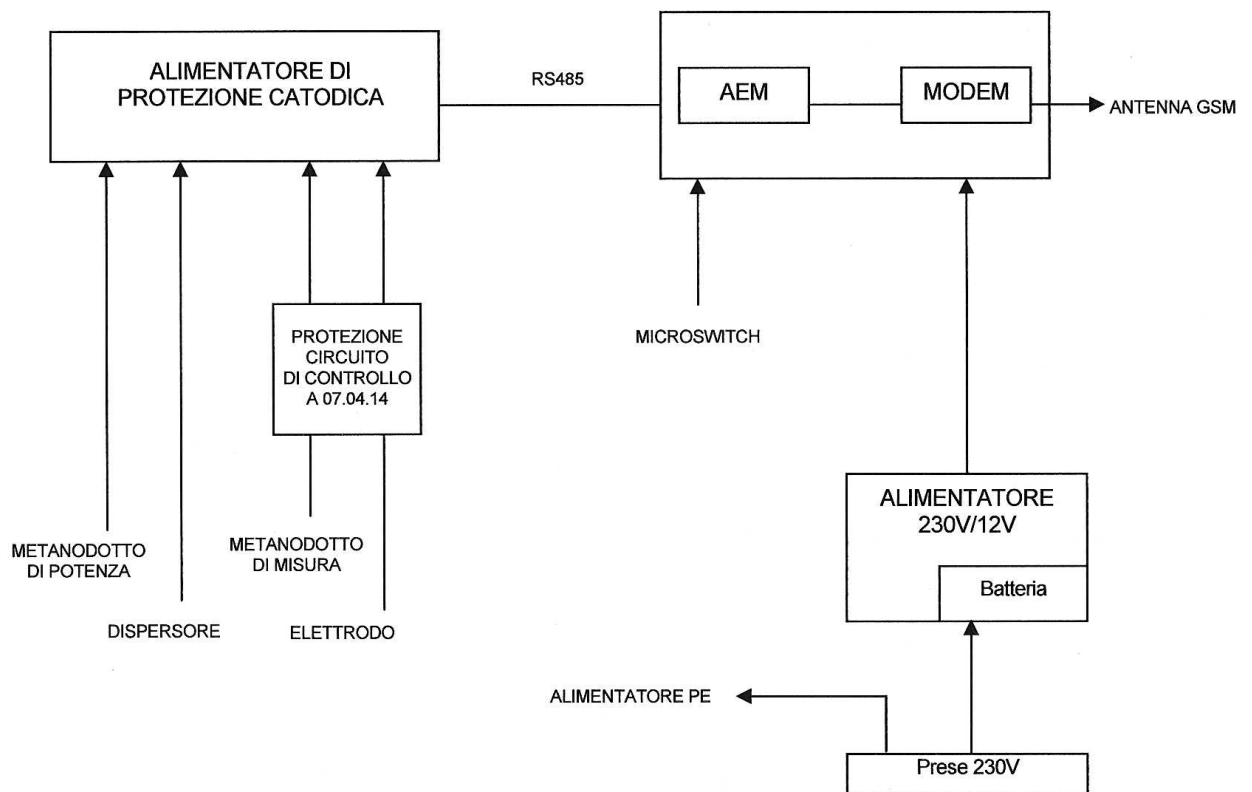
	Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
			NORM			Data
						16/11/2006

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI, INCLUSO IL DIRITTO DI RIPRODUZIONE, PARZIALE O TOTALE, IN OGNI FORMA E MODO. OGNI UTILIZZO ABUSIVO DEL PRESENTE "TESTO NORMATIVO" SARÀ PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

AEMT/1

Impianto di protezione catodica con alimentazione da rete
Diagramma di connessione

ALLEGATO D1



Snam
Rete Gas

NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Protezione

APPROVATO

K. Pissol

REV.

0

Data

16/11/2006

AEMT/1**Impianto di protezione catodica con alimentazione da rete
Elenco materiali****ALLEGATO M1**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none"> • cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m • cavo piatto 9 poli, lunghezza 2,5 m per il collegamento degli alimentatori telecontrollabili, per interfaccia seriale RS485 • cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m; • cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m; 	1
Alimentatore 230 V/12 V provvisto di batteria di back-up	1
Microswitch	2
Pannello portacontatore provvisto di prese di alimentazione e interruttore magnetotermico/differenziale	1
Scaricatore Dehn Guard 275	3
Protezione per il circuito di controllo 36 V – 0,1 A (A 07.04.14)	1 per ogni alimentatore installato


Snam
Rete Gas

**NORMATIVA
INTERNA**

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

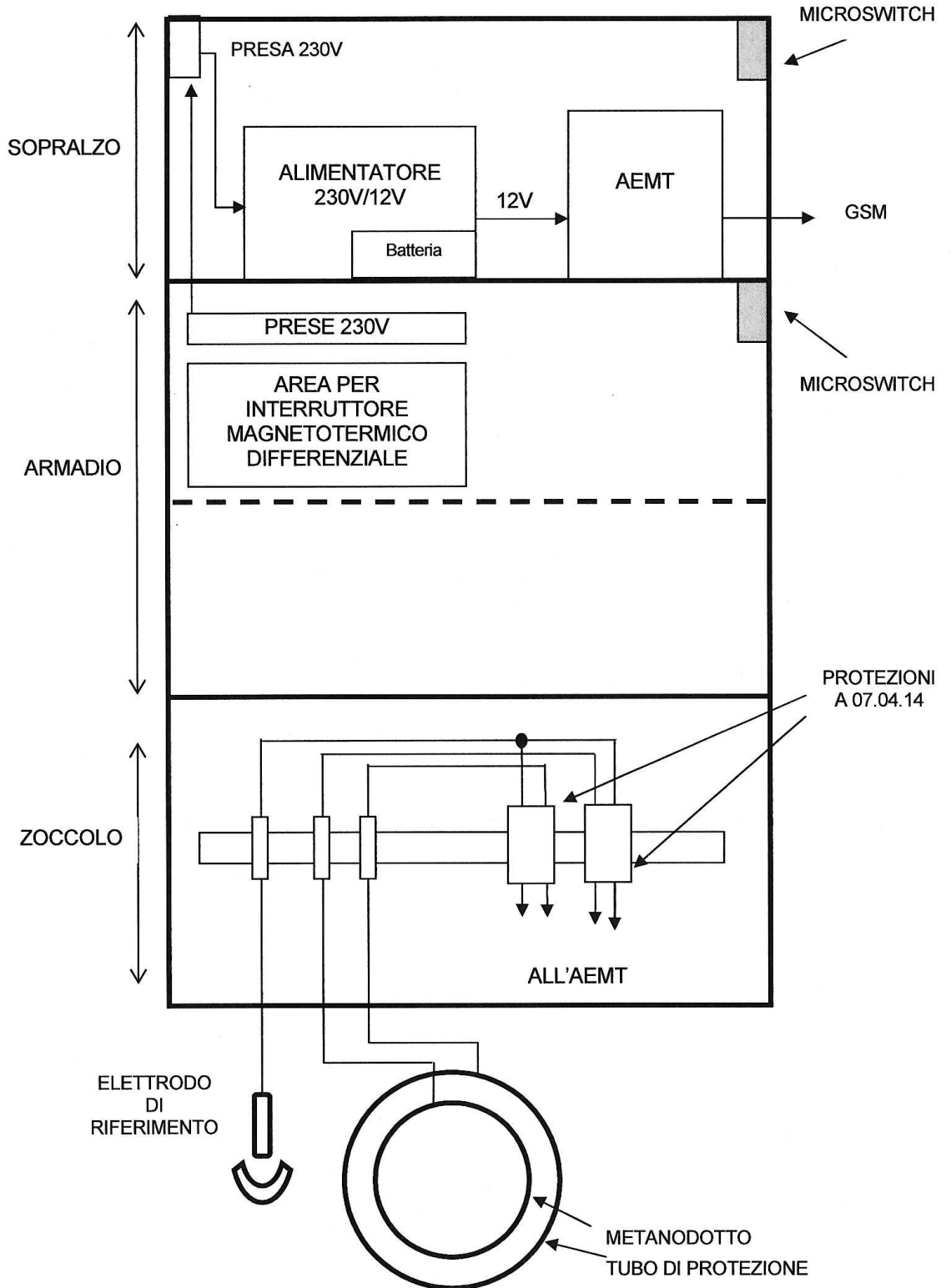
Data

16/11/2006

AEMT/2

Attraversamento ferroviario con alimentazione da rete

ALLEGATO L2

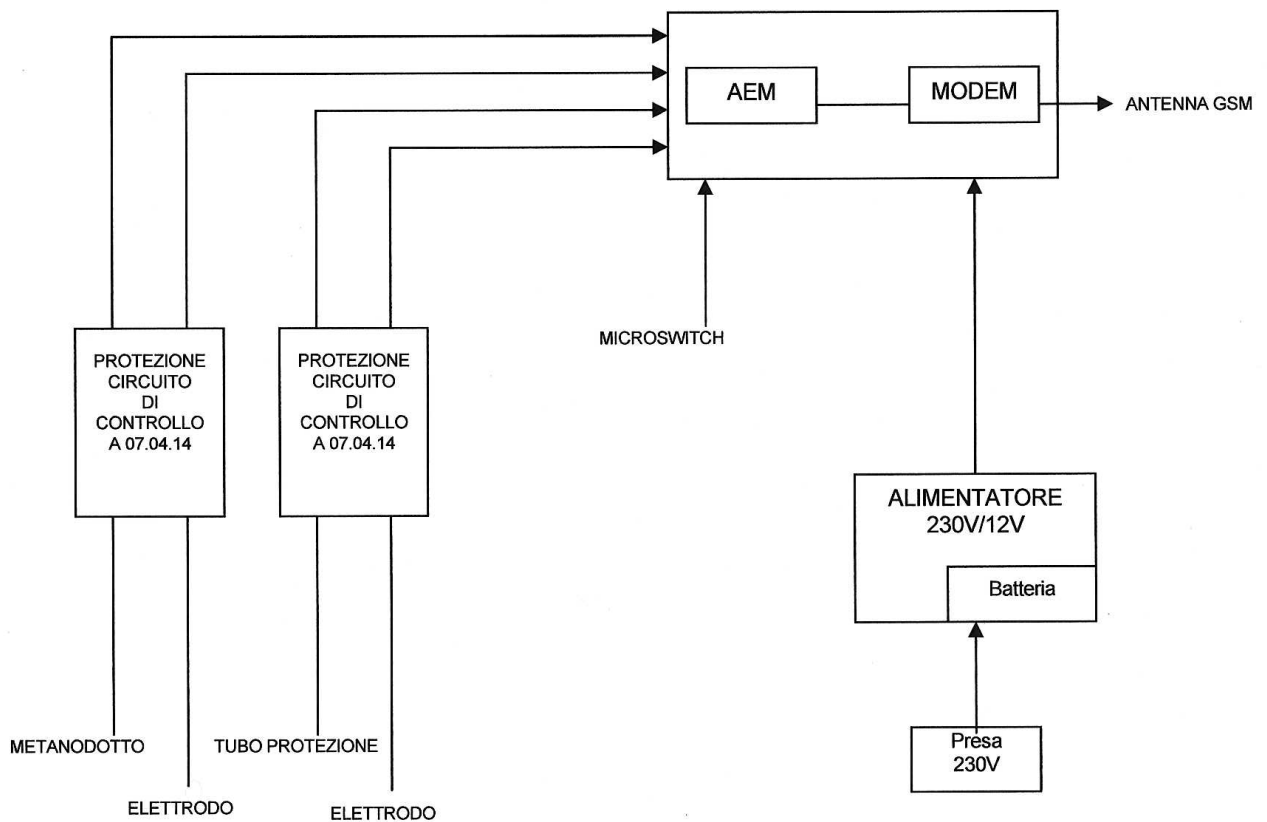


	Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
			NORM	<i>Pistone</i>	<i>K. Pistone</i>	Data
						16/11/2006

AEMT/2

Attraversamento ferroviario con alimentazione da rete
Diagramma di connessione

ALLEGATO D2



Snam
Rete Gas

NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

P. Pizzini

APPROVATO

L. Pizzini

REV.

0

Data

16/11/2006

AEMT/2**Attraversamento ferroviario con alimentazione da rete
Elenco materiali****ALLEGATO M2**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none">• cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m• cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m;• cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m.	1
Alimentatore 230 V/12 V provvisto di batteria di back-up	1
Microswitch	2
Pannello portacontatore provvisto di prese di alimentazione e interruttore magnetotermico/differenziale	1
Scaricatore Dehn Guard 275	3
Protezione per il circuito di controllo 36 V – 0,1 A (A 07.04.14)	2

**Snam**
Rete GasNORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

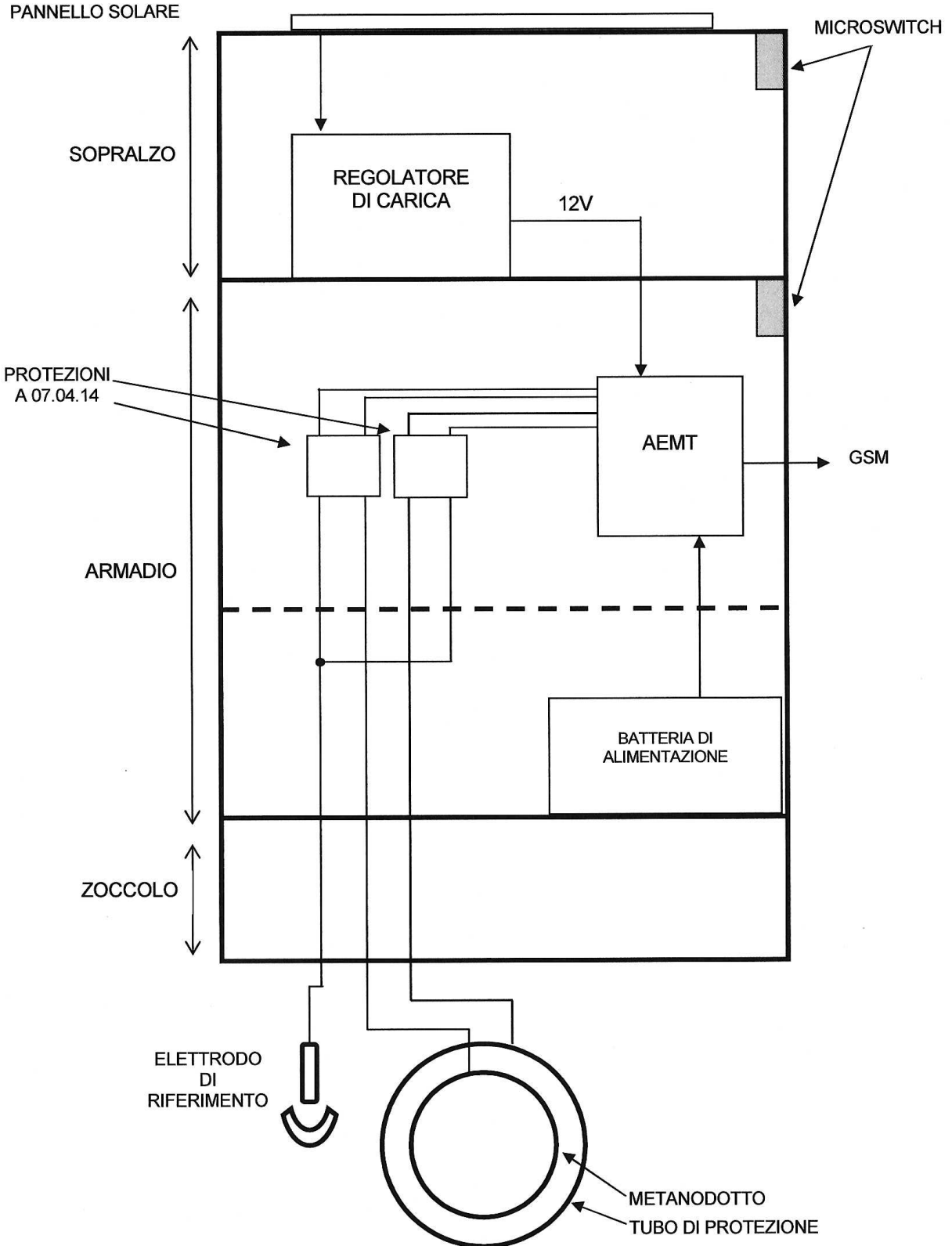
Data

16/11/2006

AEMT/3

Attraversamento ferroviario con alimentazione da pannelli solari

ALLEGATO L3

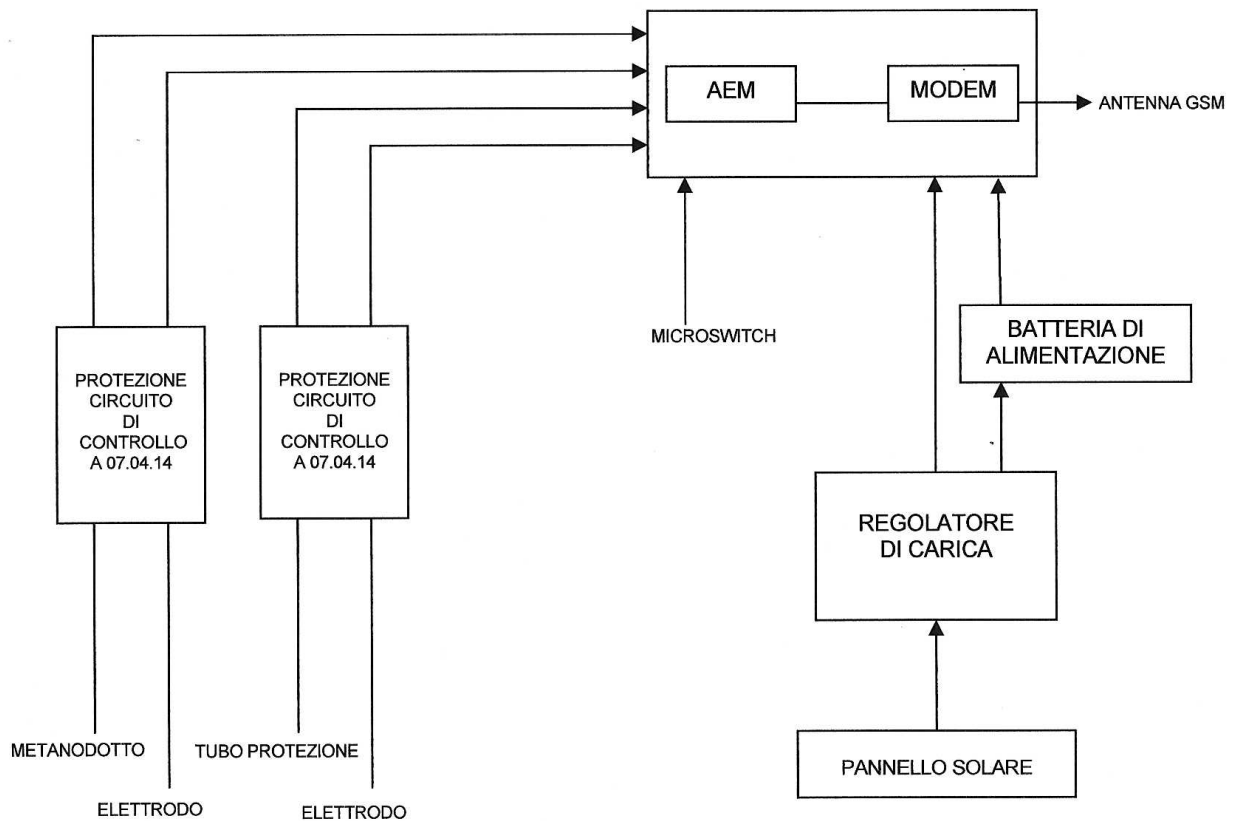



 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM	<i>P. Pizzarello</i>	<i>A. Bussola</i>	Data 16/11/2006

AEMT/3

**Attraversamento ferroviario con alimentazione da pannelli solari
Diagramma di connessione**

ALLEGATO D3



 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM	<i>P. P. P.</i>	<i>A. P.</i>	Data 16/11/2006

AEMT/3**Attraversamento ferroviario con alimentazione da pannelli solari
Elenco materiali****ALLEGATO M3**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none">• cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m;• cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m;• cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m.	1
Pannello solare (12 V - 18W) da installare sul tetto del sopralzo	1
Regolatore di carica	1
Batteria 12 V - 40 Ah	1
Microswitch	2
Protezione per il circuito di controllo 36 V - 0,1 A (A 07.04.14)	2

**Snam**
Rete GasNORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

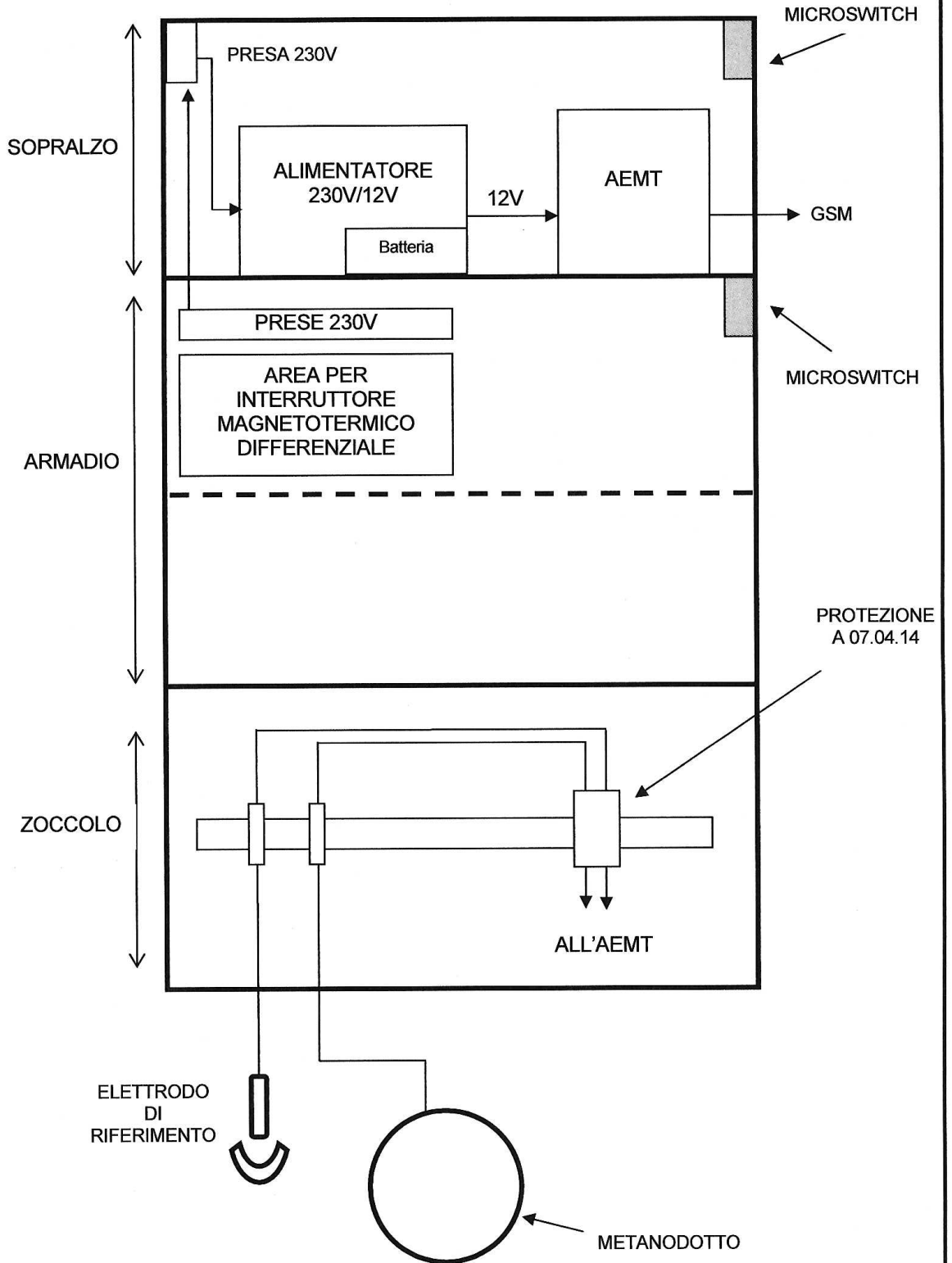
Data

16/11/2006

AEMT/4

Punto caratteristico con alimentazione da rete

ALLEGATO L4



Snam
Rete Gas

NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Protezione *Le Passola*

APPROVATO

REV.

0

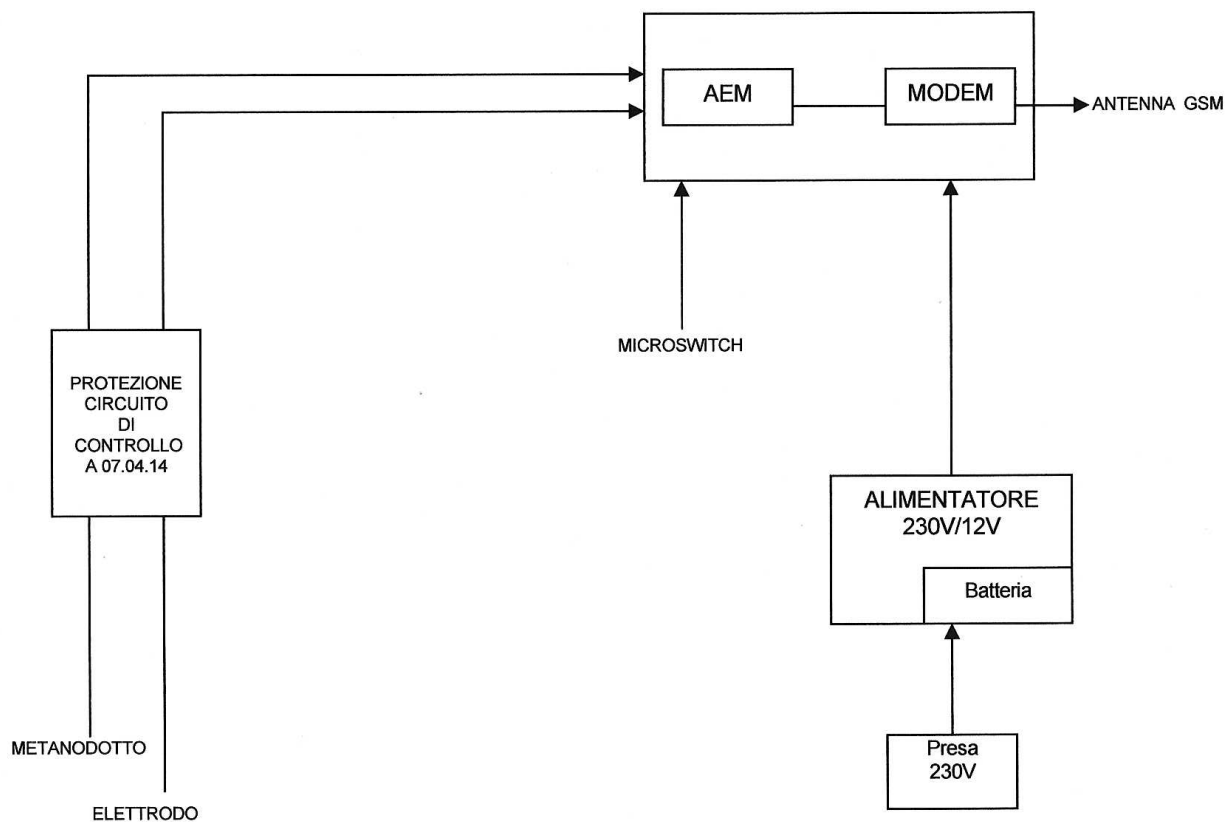
Data

16/11/2006

AEMT/4

Punto caratteristico con alimentazione da rete
Diagramma di connessione

ALLEGATO D4



Snam
Rete Gas

NORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Protezione

APPROVATO

Le Brusca

REV.

0

Data

16/11/2006

AEMT/4**Punto caratteristico con alimentazione da rete
Elenco materiali****ALLEGATO M4**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none">• cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m• cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m;• cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m.	1
Alimentatore 230 V/12 V provvisto di batteria di back-up	1
Microswitch	2
Pannello portacontatore provvisto di prese di alimentazione e interruttore magnetotermico/differenziale	1
Scaricatore Dehn Guard 275	3
Protezione per il circuito di controllo 36 V - 0,1 A (A 07.04.14)	1 per ogni punto di misura

**Snam**
Rete GasNORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

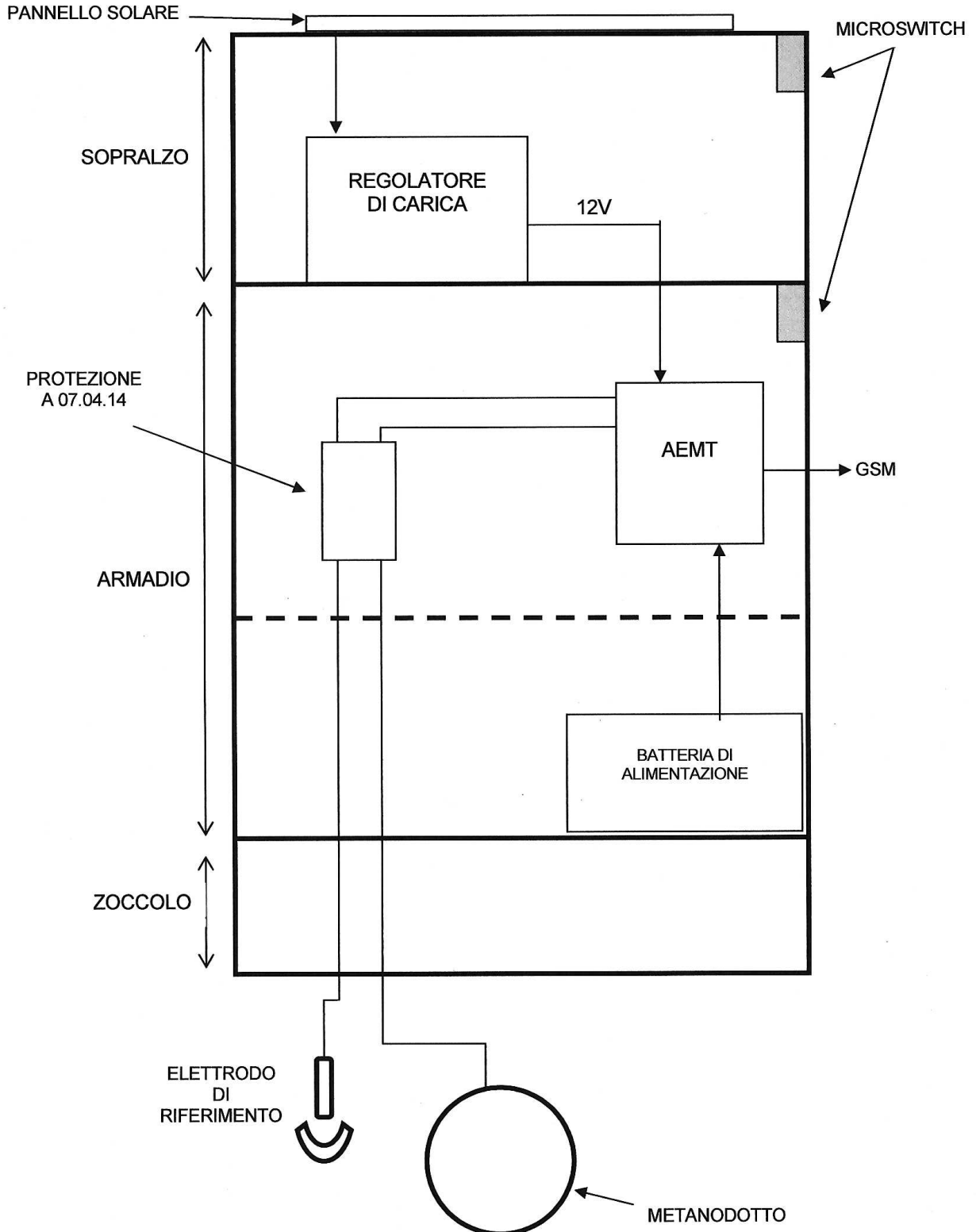
Data

16/11/2006

AEMT/5

Punto caratteristico con alimentazione da pannelli solari

ALLEGATO L5

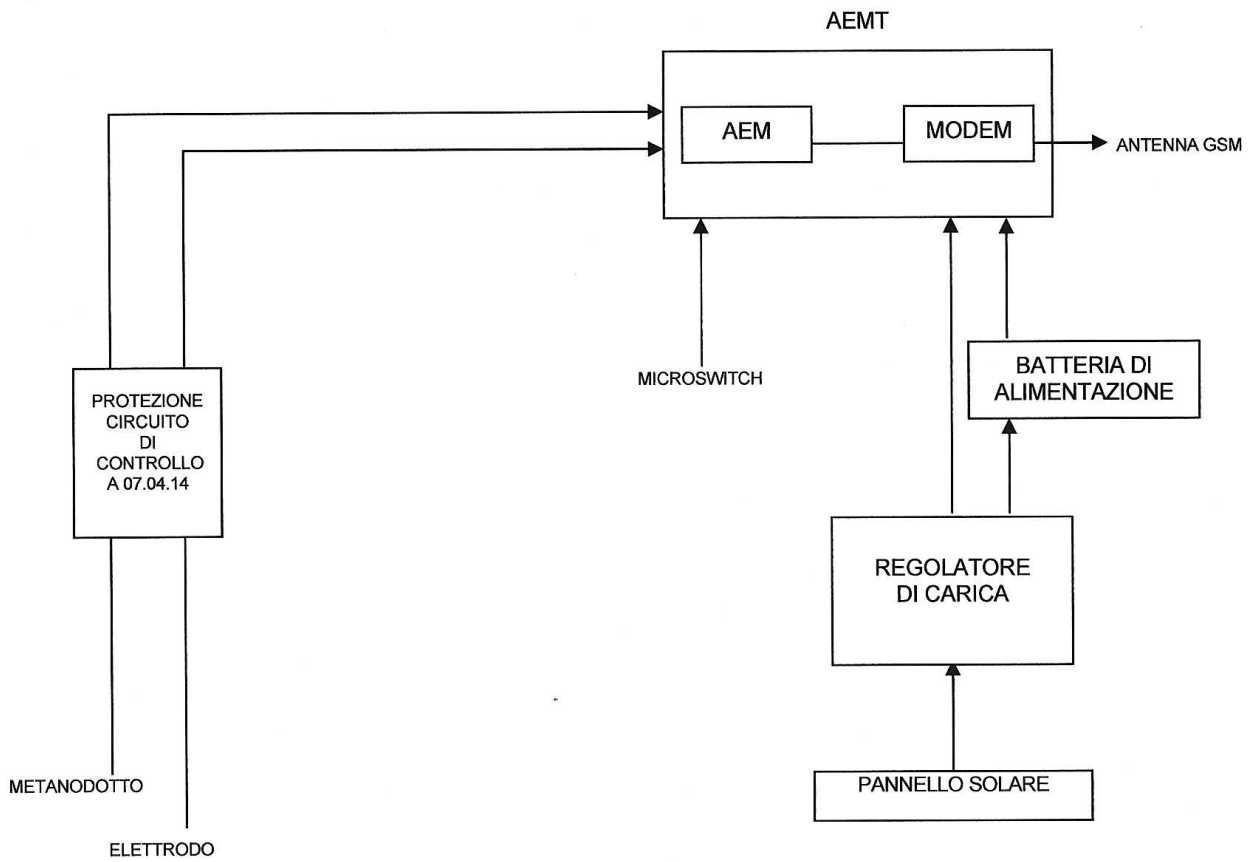


 Snam Rete Gas	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV. 0
		NORM			Data 16/11/2006

AEMT/5

Punto caratteristico con alimentazione da pannelli solari
Diagramma di connessione

ALLEGATO D5



	NORMATIVA INTERNA	COMPILATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV.	0
		NORM	<i>Pistone</i>	<i>Le Pissou</i>	Data	16/11/2006

AEMT/5***Punto caratteristico con alimentazione da pannelli solari******Elenco materiali*****ALLEGATO M5**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none">• cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m• cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m;• cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m.	1
Pannello solare (12V - 18W) da installare su tetto del sopralzo	1
Regolatore di carica	1
Batteria 12 V - 40 Ah	1
Microswitch	2
Protezione per il circuito di controllo 36 V - 0,1 A (A 07.04.14)	1 per ogni punto di misura

**Snam**
Rete GasNORMATIVA
INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

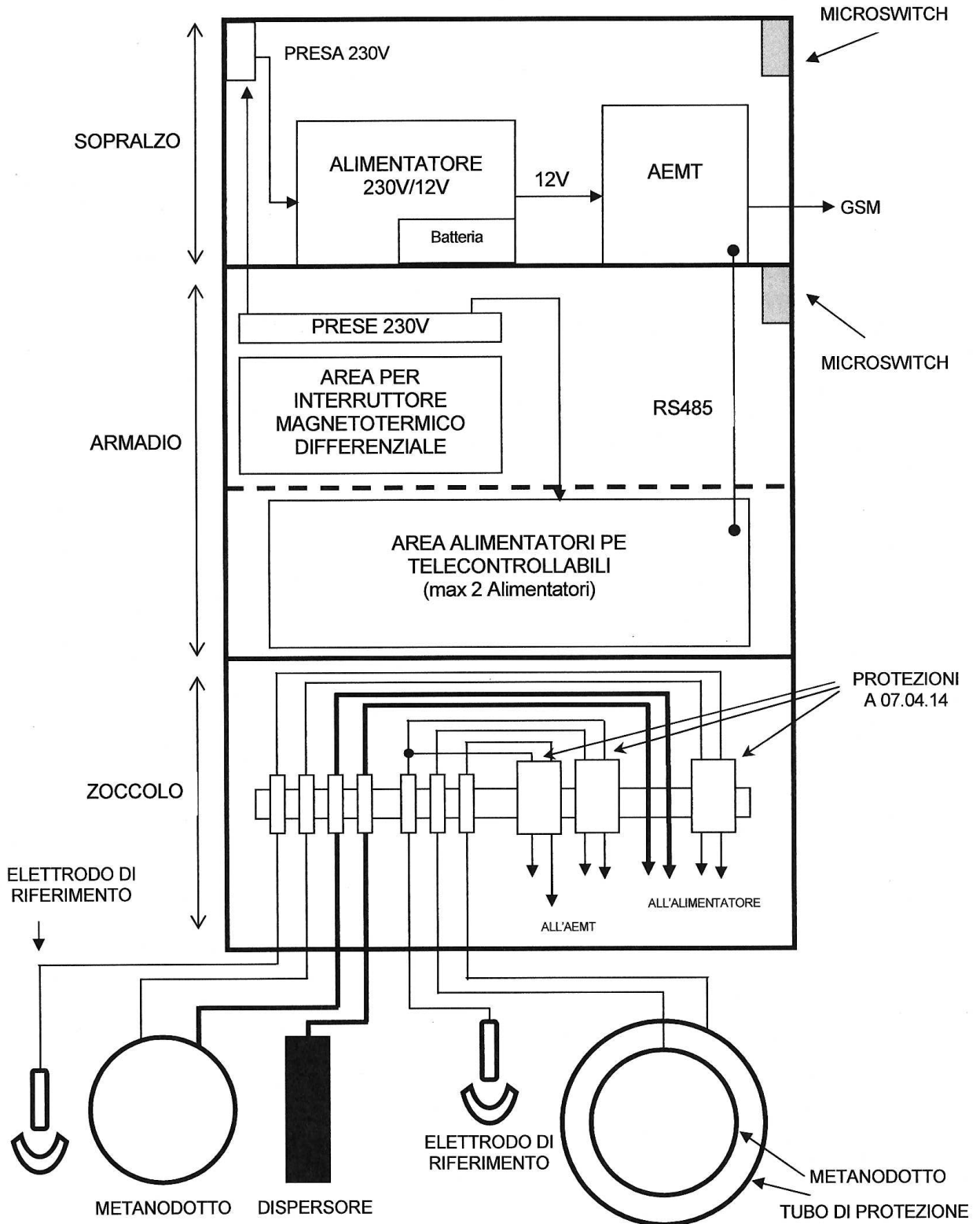
Data

16/11/2006

AEMT/6

Impianto di protezione catodica con attraversamento ferroviario alimentato da rete

ALLEGATO L6



NORMATIVA INTERNA

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Protezione *Le P...*

APPROVATO

REV. 0

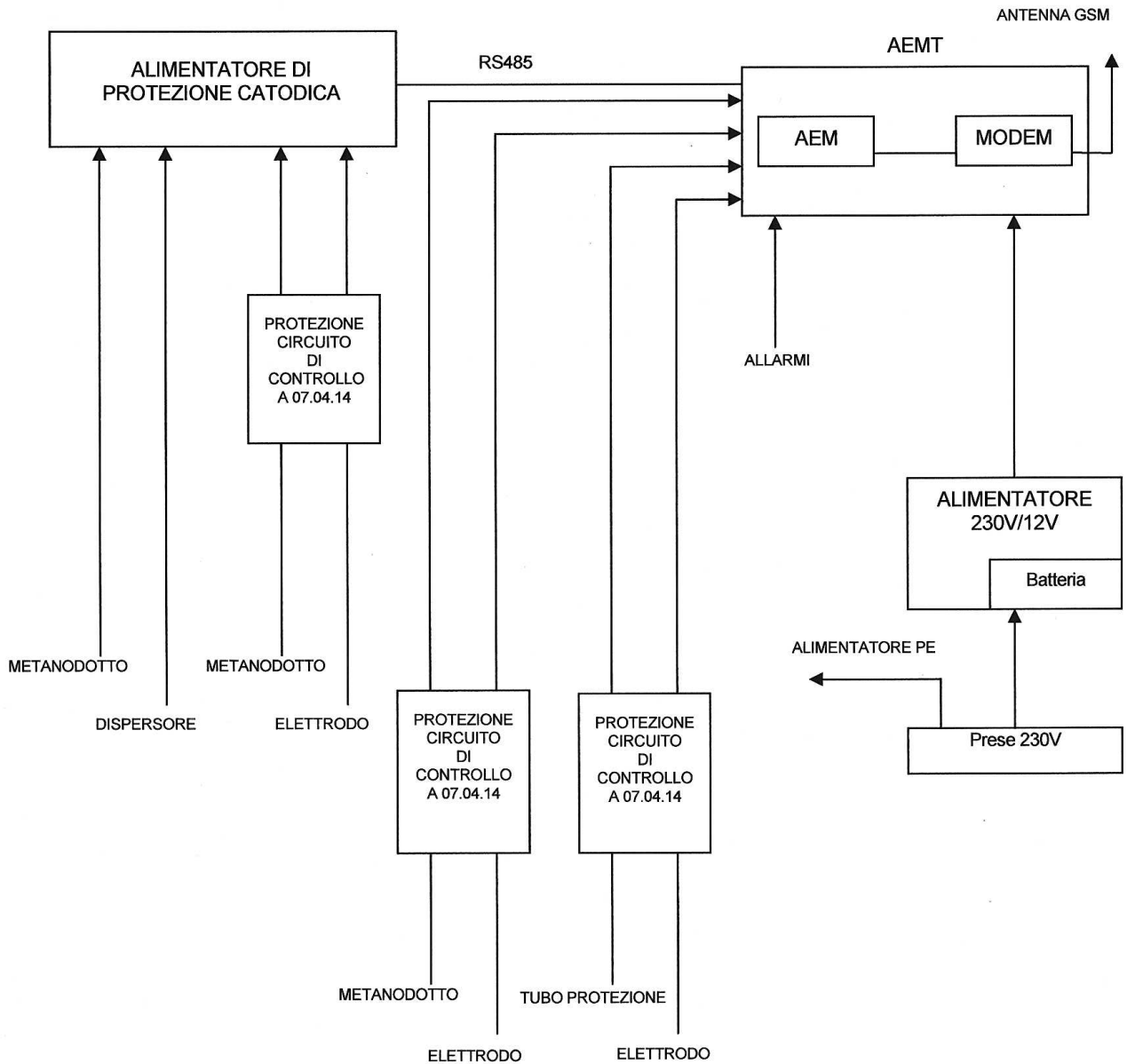
Data

16/11/2006

AEMT/6

**Impianto di protezione catodica con attraversamento ferroviario
alimentato da rete
Diagramma di connessione**

ALLEGATO D6



Snam
Rete Gas

**NORMATIVA
INTERNA**

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

Protezione

APPROVATO

Le Bussola

REV. 0

Data

16/11/2006

AEMT/6**Impianto di protezione catodica con attraversamento ferroviario
alimentato da rete
Elenco materiali****ALLEGATO M6**

Descrizione materiale	Quantità
Unità AEMT con 4 canali analogici provvisto di: <ul style="list-style-type: none"> • cavo per alimentazione 12V, lunghezza 2m • cavo piatto 9 poli, lunghezza 2,5 m per il collegamento degli alimentatori telecontrollabili, per interfaccia seriale RS485; • cavo per il collegamento degli allarmi digitali, lunghezza 3 m; • cavo per il collegamento dei canali analogici, lunghezza 3 m. 	1
Alimentatore 230 V/12 V provvisto di batteria di back-up	1
Microswitch	2
Pannello portacontatore provvisto di prese di alimentazione, interruttore magnetotermico/differenziale	1
Scaricatore Dehn Guard 275	3
Protezione per il circuito di controllo 36 V – 0,1 A (A 07.04.14)	1 per ogni alimentatore 2 per l'attraversamento


Snam
Rete Gas

**NORMATIVA
INTERNA**

COMPILATO

NORM

VERIFICATO

APPROVATO

REV.

0

Data

16/11/2006

APPLICAZIONE DI NASTRI A FREDDO SU TUBAZIONE PROTETTA CON PITTURA A BASE DI RESINA EPOSSIDICA

MANUALE OPERATIVO PE PASS

03.03

REV. 1

MARZO 1991

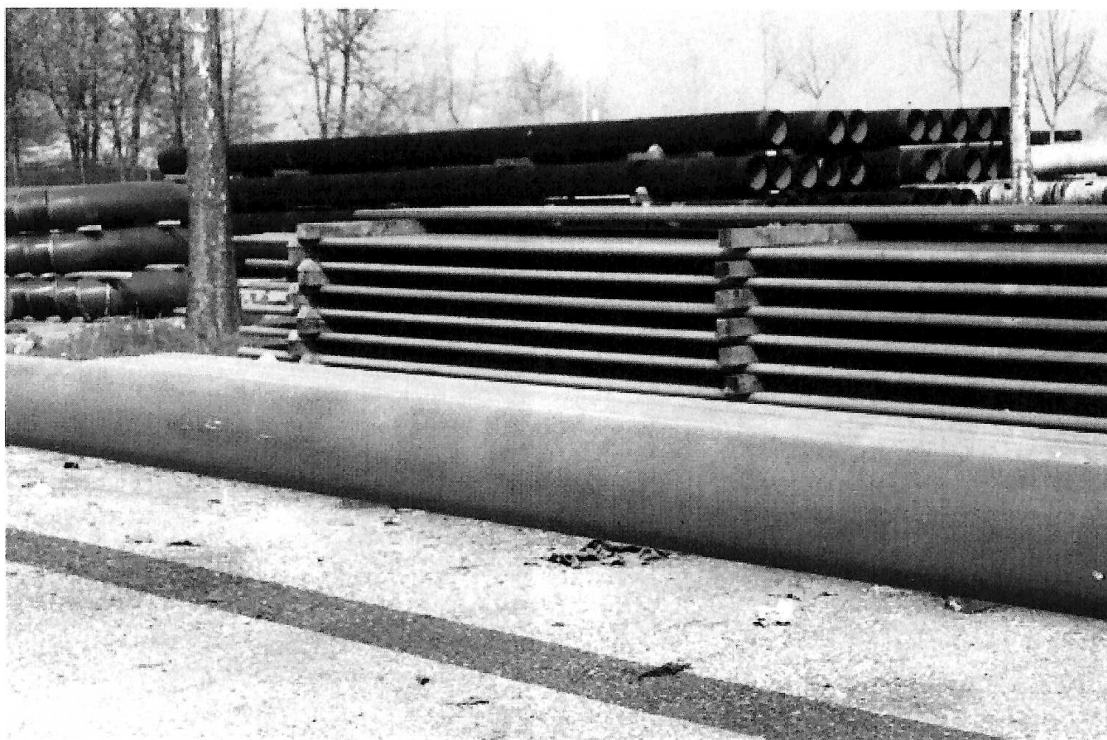


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

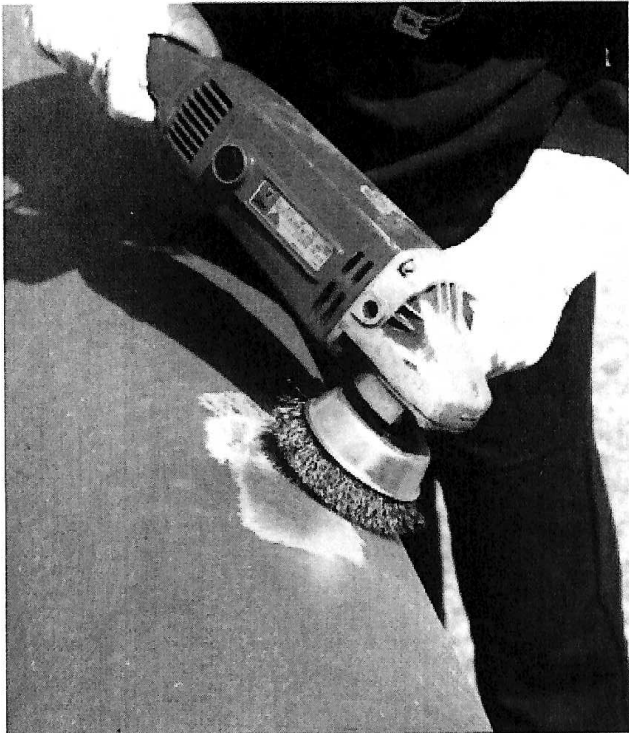


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

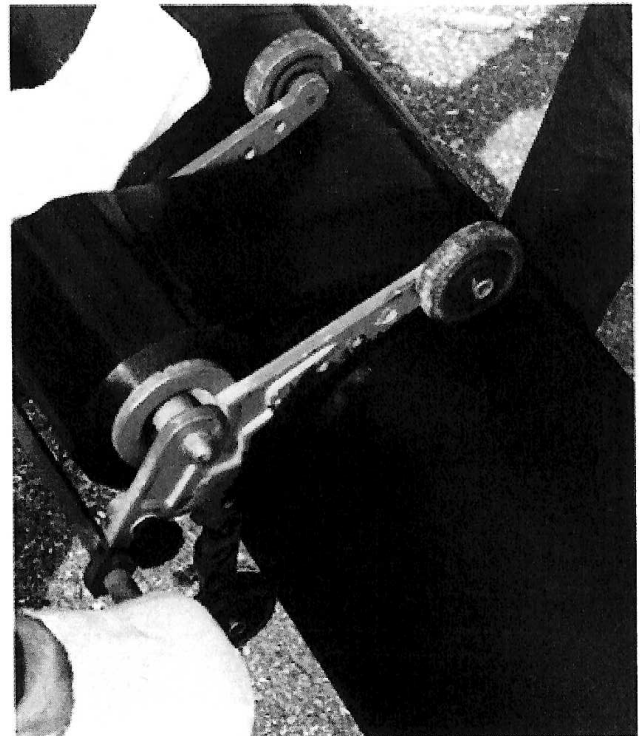


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

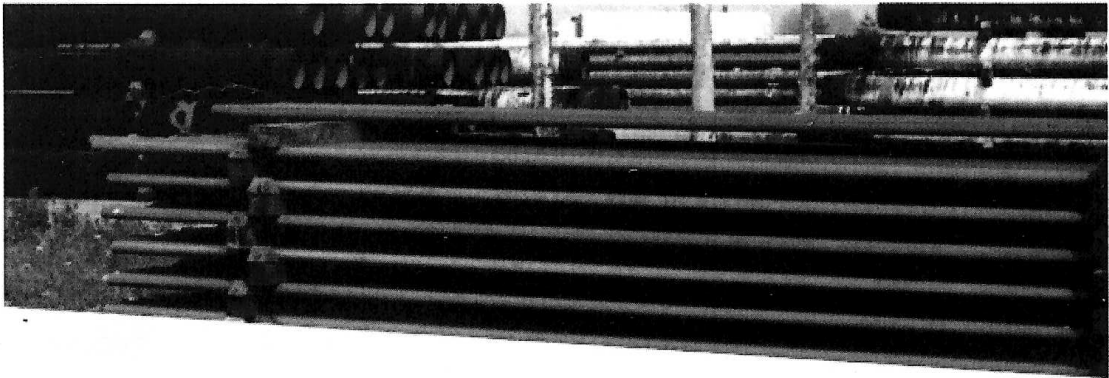


Fig. 10

DESCRIZIONE

- La superficie esterna di una tubazione su cui sia stata applicata una pittura a base di resina epossidica secondo Norma GASD C 9.01.01, deve essere rivestita con nastri a freddo secondo Norma GASD C 9.03.02 (fig. 1 - 2).
- Pulire la superficie da rivestire (metallo scoperto e parte pitturata) da terra, da olio e da ogni sostanza estranea.
Rimuovere le parti danneggiate di pittura non aderente all'acciaio e spazzolare il metallo scoperto come da Norma ISO 8501-1 grado St 3 o preferibilmente sabbicare come da Norma ISO 8501-1 grado Sa 2½.
Il metallo deve assumere una tonalità bianca (fig. 3 - 4).
- Controllare che la data di scadenza sui fustini di primer non sia superata. Agitare il contenitore del primer per rendere omogeneo il prodotto, quindi assicurarsi che non siano presenti grumi o depositi prima dell'applicazione (fig. 5).
Verificare che la superficie da rivestire sia esente da ogni traccia di umidità e se necessario preriscaldarla in modo adeguato.
- Applicare il primer adesivo sulla superficie per tratti contigui di tubazione, mediante pennello o rullo, (fig. 6); dopo aver controllato la giusta essiccazione del primer (al tatto deve essere appiccicoso ma non lasciare tracce consistenti sulle dita), applicare il nastro di preisolamento sui cordoni di saldatura circonferenziale e longitudinale, su questo applicare un altro strato leggero di primer adesivo.
- Controllare la giusta essiccazione del primer con le modalità sopra descritte; se questo risultasse troppo secco riapplicare uno strato di primer su tutta la superficie da rivestire.
Quando il primer risulta a giusto essiccamento applicare ad elica (sovrapposizione 50%) il nastro autoadesivo di protezione anticorrosiva con la rivestitrice manuale manovrata da due operatori (fig. 7 - 8).
- Applicare ad elica (sovrapposizione 50%), sopra al nastro di protezione anticorrosiva, il nastro di protezione meccanica con la rivestitrice manuale manovrata da due operatori (fig. 9 - 10).

RIPARAZIONE DI PICCOLI DIFETTI DEL RIVESTIMENTO IN POLIETILENE CON PEZZA DI RIPARAZIONE E MA- STICE ADESIVO SECONDO NORMA GASD C 9.04.03

MANUALE OPERATIVO PE PASS

04.01

REV. 1

MARZO 1991

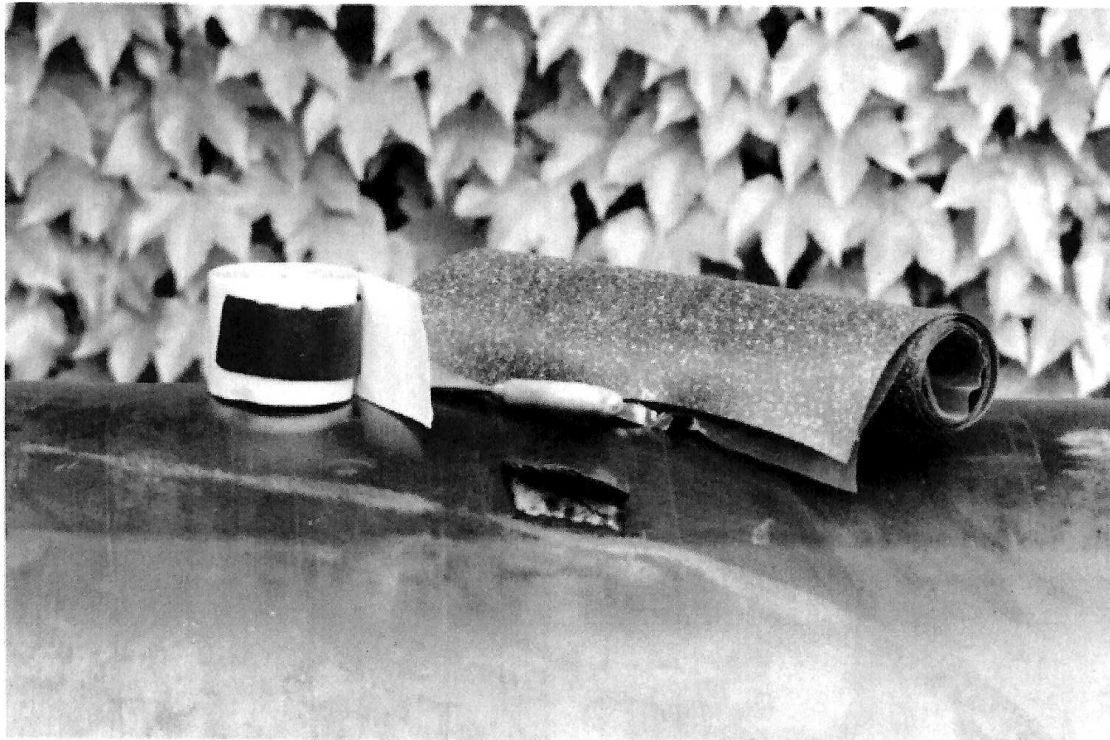


Fig. 1



Fig. 2

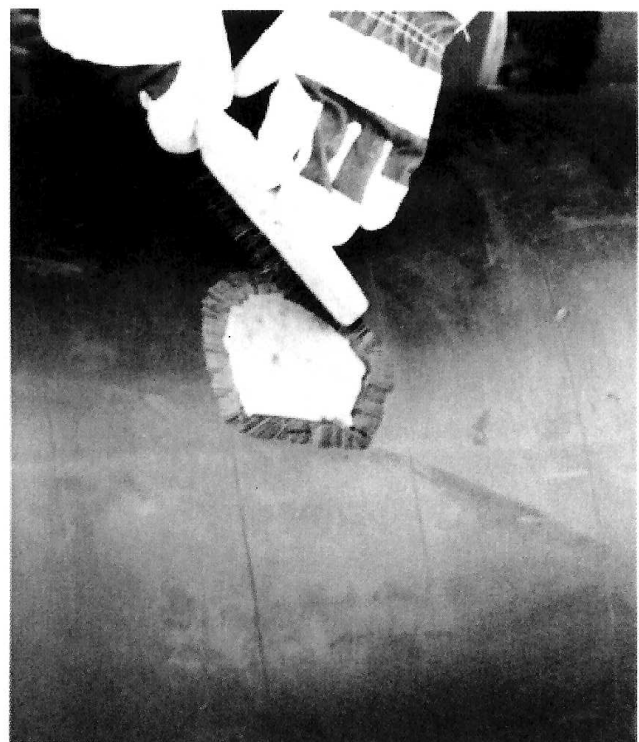


Fig. 3

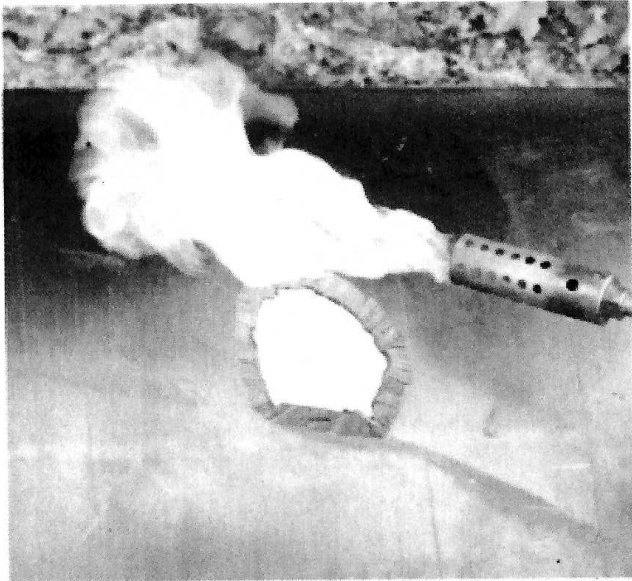


Fig. 4

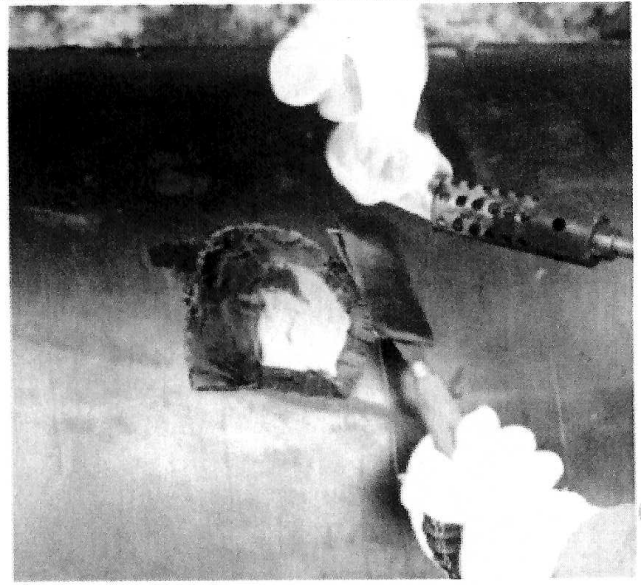


Fig. 5

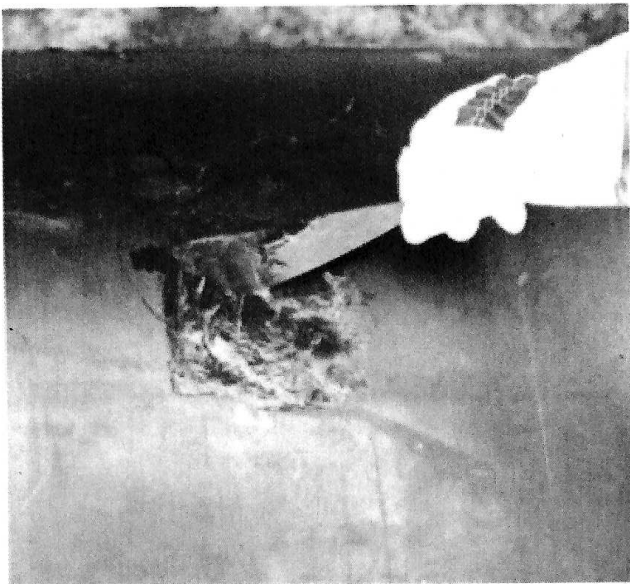


Fig. 6

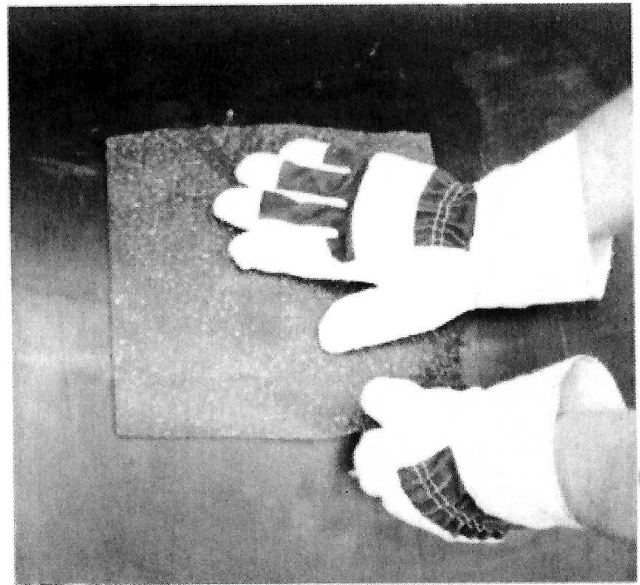


Fig. 7

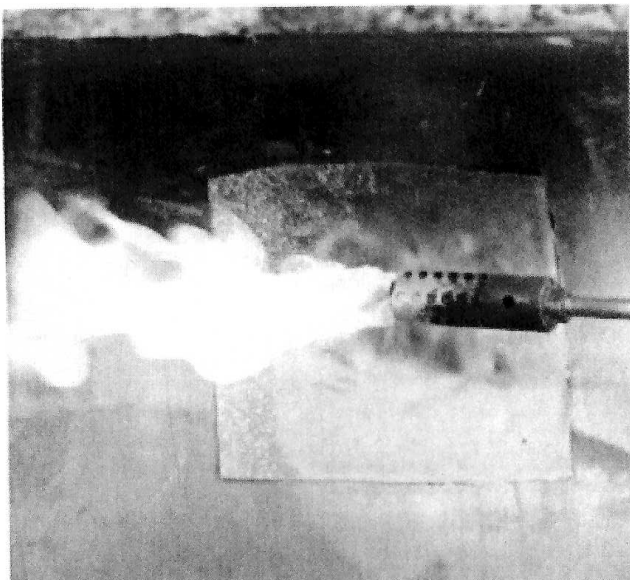


Fig. 8

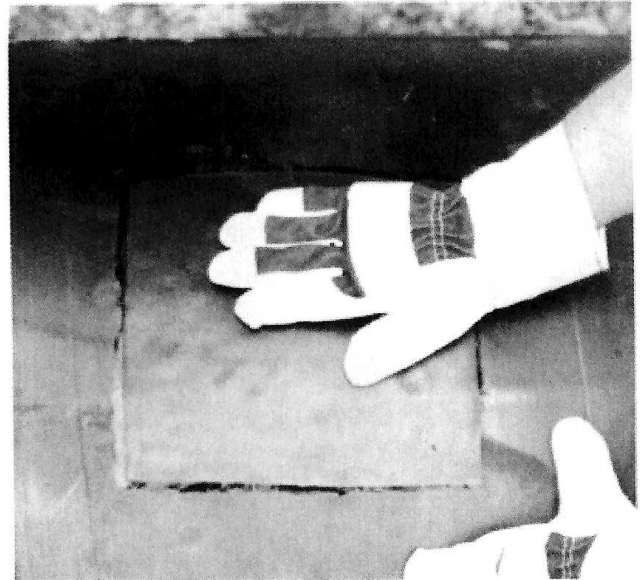


Fig. 9

DESCRIZIONE

- Pulire la superficie interessata dalla riparazione da ogni sostanza estranea, asportare le sbavature e le parti del rivestimento non aderenti all'acciaio (fig. 1 - 2).
- Smussare i bordi del difetto e spazzolare la superficie interessata dalla riparazione come da Norma ISO 8501-1 grado St 3. L'eventuale metallo scoperto deve assumere una tonalità bianca (fig. 3).
- Preriscaldare la superficie interessata dalla riparazione a 60°C con fiamma non violenta facendo attenzione a non fondere il rivestimento intorno al difetto (fig. 4).
- Riscaldare con fiamma indiretta il mastice adesivo e spalmarlo sul metallo fino a riempimento della cavità del difetto (fig. 5 - 6).
- Posizionare sul difetto la pezza di riparazione, preparata in precedenza, in modo tale che copra il difetto e i suoi bordi per almeno 70 mm (fig. 7).
- Riscaldare la pezza fino a quando la sua vernice termocromatica cambia colore.
Si deve rilevare una leggera fuoriuscita del mastice adesivo (fig. 8 - 9).

N.B. - Per il rivestimento si devono utilizzare solo prodotti qualificati da SNAM.

APPLICAZIONE DI RIVESTIMENTO EPOSSIDICO A PENNELLO SECONDO NORMA GASD C 9.05.01

MANUALE OPERATIVO PE PASS

05.01

REV. 1

MARZO 1991

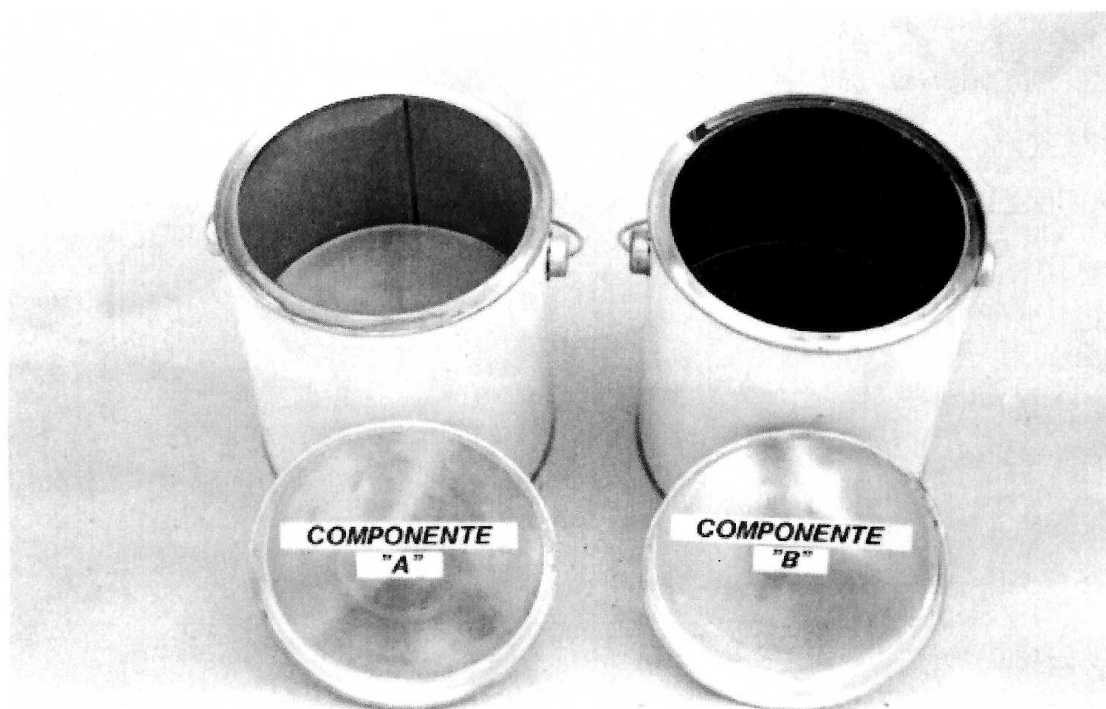


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

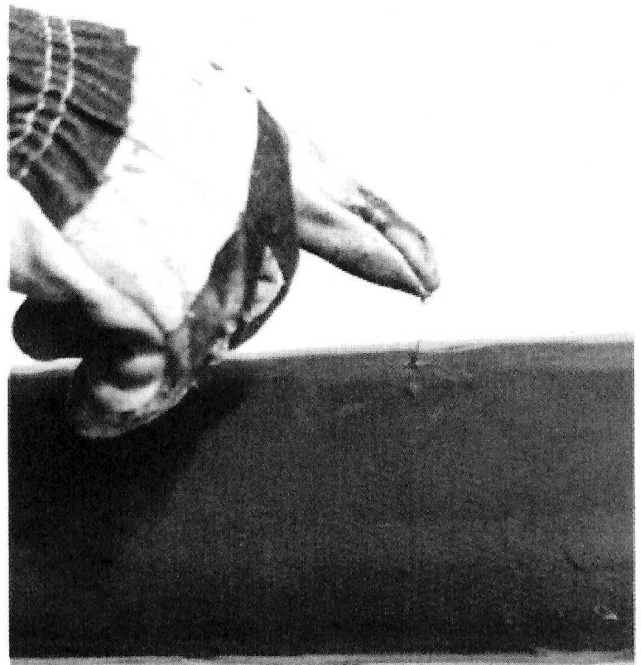


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

● DESCRIZIONE

- Il rivestimento epossidico a pennello è del tipo bicomponente senza solvente. Ad esempio: componente A giallo e componente B blu (fig. 1).
Il prodotto deve essere applicato quando la temperatura esterna è maggiore di 3-4°C.
Il prodotto può essere applicato anche su superfici umide.
- Pulire la superficie da rivestire da terra, olio, da ogni sostanza estranea e sabbia-
re come da Norma ISO 8501-1 grado Sa 2½. Il metallo sabbiato deve assumere
una tonalità bianca (fig. 2).
- Miscelare i due componenti in parti uguali, bisogna avere l'accortezza di prepara-
re la quantità indispensabile per coprire la superficie da rivestire entro la du-
rata di vita utile della miscela (massimo 20 minuti). La miscelazione dei due com-
ponenti viene considerata pronta quando si ottiene un colore omogeneo senza
traccia dei due colori di base. Ad esempio verde (fig. 3).
- Eseguire l'applicazione del rivestimento a pennello immediatamente dopo la
sabbatura e la miscelazione usando un pennello di tipo rigido. Lo spessore di 1,5
mm minimo si ottiene applicando più strati di 0,5-0,8 mm ciascuno (fig. 4).
- L'intervallo tra l'applicazione di uno strato e l'altro è di 5-6 ore a 25°C.
Nell'applicare lo strato successivo bisogna accertarsi che sia avvenuto un certo
indurimento dello strato precedente e avere l'accortezza di raggiungere lo
spessore senza togliere il prodotto già applicato (fig. 5 - 6).
- La completa polimerizzazione del prodotto applicato si ottiene dopo sette giorni
circa a temperatura di 25°C (fig. 7).

● N.B. - Per il rivestimento si devono utilizzare solo prodotti qualificati da SNAM.

RIVESTIMENTO GIUNTO DI SALDATURA. APPLICAZIONE DI FASCIA TERMORESTRINGENTE SECONDO NORMA GASD C 9.07.01 SU TUBO RIVESTITO IN POLIETILENE

MANUALE OPERATIVO PE PASS

07.01

REV. 1

MARZO 1991



Fig. 1

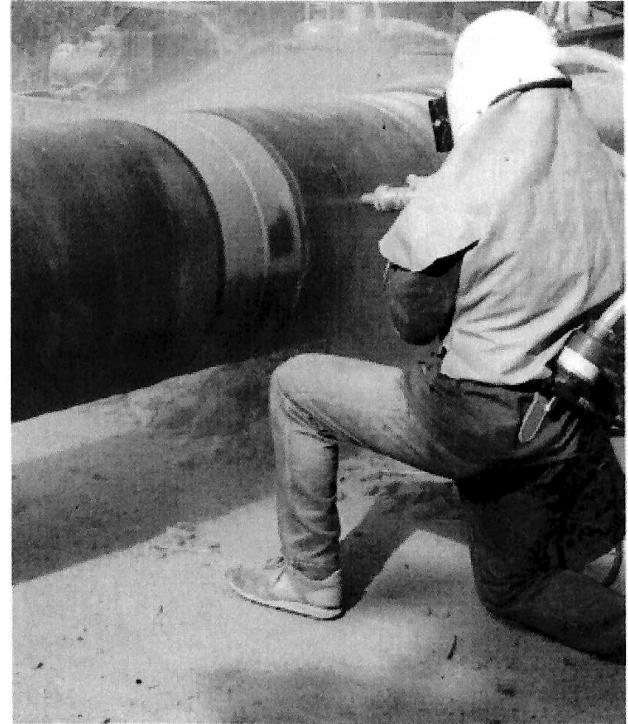


Fig. 2

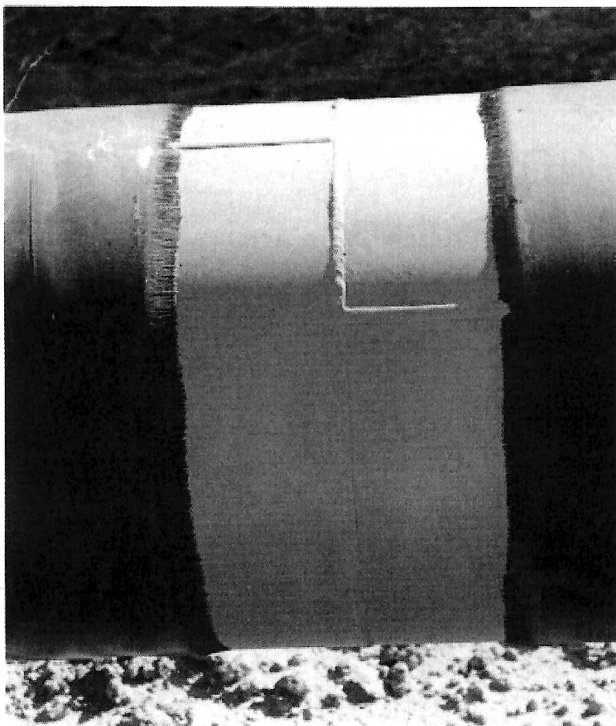


Fig. 3



Fig. 4



Fig 5

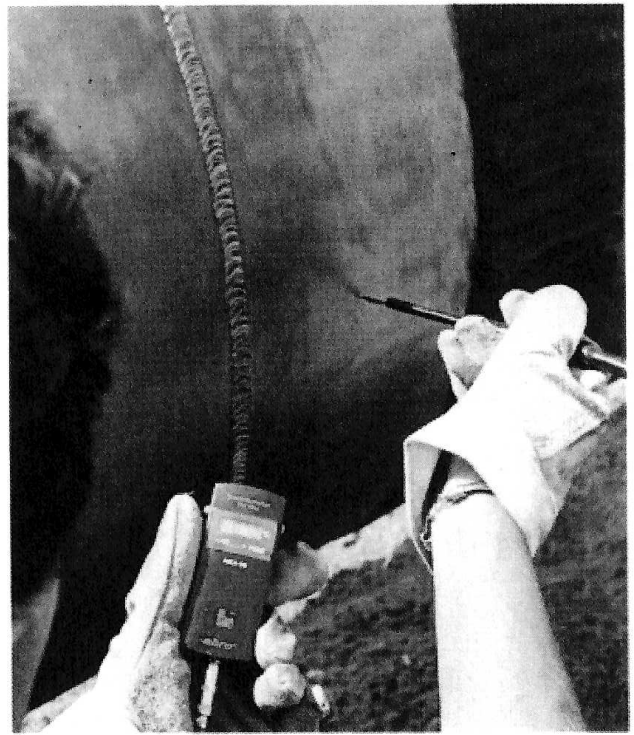


Fig 6



Fig 7

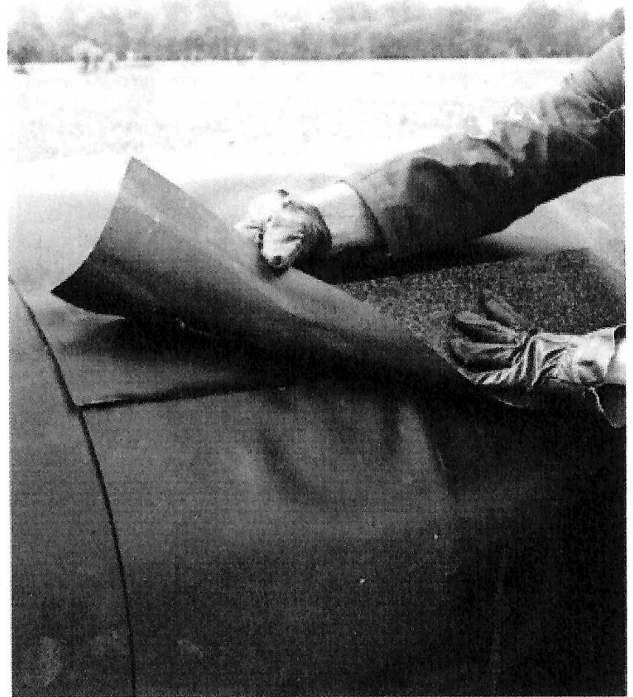


Fig 8



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

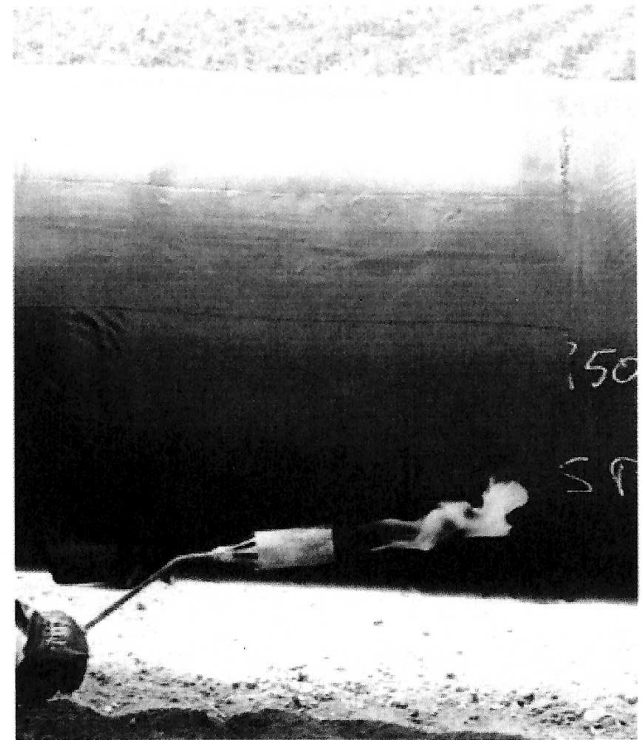


Fig. 12



Fig. 13

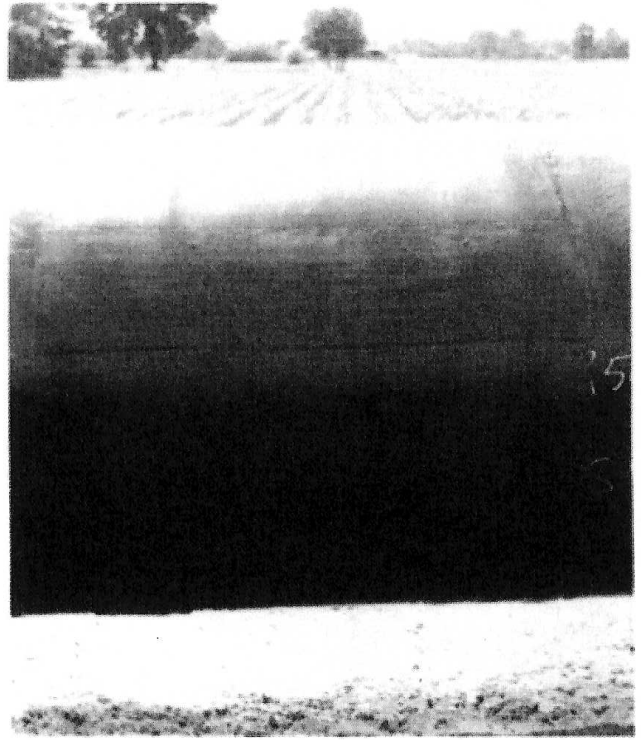


Fig. 14

DESCRIZIONE

- Effettuare, se non è stato predisposto in stabilimento, con spazzola meccanica, uno smusso sui bordi del rivestimento per tutta la circonferenza del tubo fino a raggiungere un angolo di circa 15° (fig. 1).
- Pulire la superficie da rivestire (metallo e rivestimento interessato) da terra, da olio e da ogni sostanza estranea. Sabbiare come da Norma ISO 8501-1 grado Sa 2½. (fig. 2 - 3). In caso vi siano difficoltà operative è ammesso spazzolare come da Norma ISO 8501-1 grado St 3 (fig. 4).
Il metallo deve assumere una tonalità bianca.
- Preriscaldare la superficie da rivestire alla temperatura prevista dal tipo di fascia da applicare: in genere per tubi di linea 70°C in ogni punto (fig. 5).
- Controllare in più punti sulla circonferenza la temperatura, dopo il preriscaldamento, con termometro digitale (fig. 6).
- Posizionare immediatamente dopo il preriscaldamento la fascia termorestringente ben centrata sul giunto, lasciandola leggermente lasca in modo da avere una luce di qualche centimetro nella parte inferiore del giunto.
I bordi di unione devono risultare ben allineati e sovrapposti per una larghezza pari alla pezza di chiusura; la sovrapposizione sul rivestimento esistente deve essere di almeno 100 mm per parte (fig. 7).
- Posizionare la pezza di chiusura centrandola sul bordo di unione esterno della fascia termorestringente (fig. 8).
Riscaldare la pezza di chiusura. Il cambiamento di colore della superficie esterna della pezza indica il raggiungimento della giusta temperatura.
Si deve assicurare la sua buona aderenza alla fascia battendola con una mano munita di guanto (fig. 9 - 10).
- Riscaldare la fascia usando una torcia in continuo movimento dal basso verso l'alto con fiamma non troppo violenta (fig. 11); per eseguire il restringimento si procede lungo tutta la circonferenza dal centro verso le estremità facendo uscire le sacche di aria (fig. 12).
- Massaggiare, a completo restringimento, la superficie rivestita, specialmente lungo il cordone di saldatura, nelle parti di sovrapposizione al rivestimento e in corrispondenza della sovrapposizione con il bordo interno della fascia, assicurarsi che non vi siano intrappolate sacche di aria e che il mastice abbia ben sigillato tutta la superficie (fig. 13).
- Deve essere visibile una fuoriuscita del mastice dalle estremità della fascia e non si devono riscontrare zone non aderenti (fig. 14).

N.B. - Per il rivestimento si devono utilizzare solo prodotti qualificati da SNAM.

DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE AD UMIDO DI PITTURAZIONI E RIVESTIMENTI A BASE DI RESINE TERMOINDURENTI

MANUALE OPERATIVO PE PASS

08.01

REV. 0

MARZO 1991

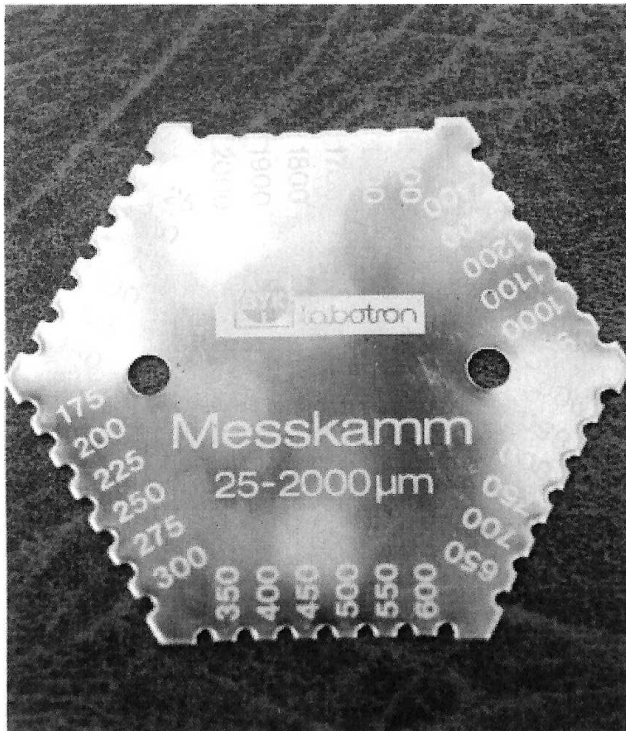


Fig. 1

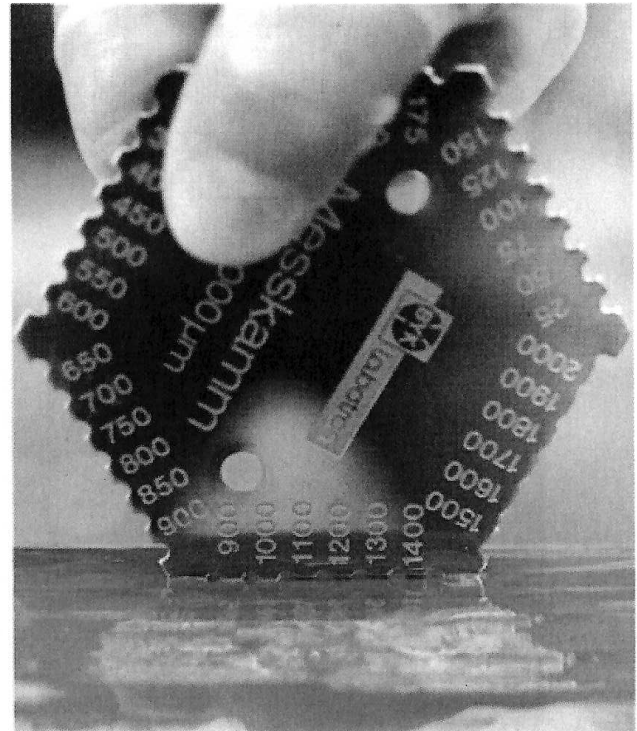


Fig. 2

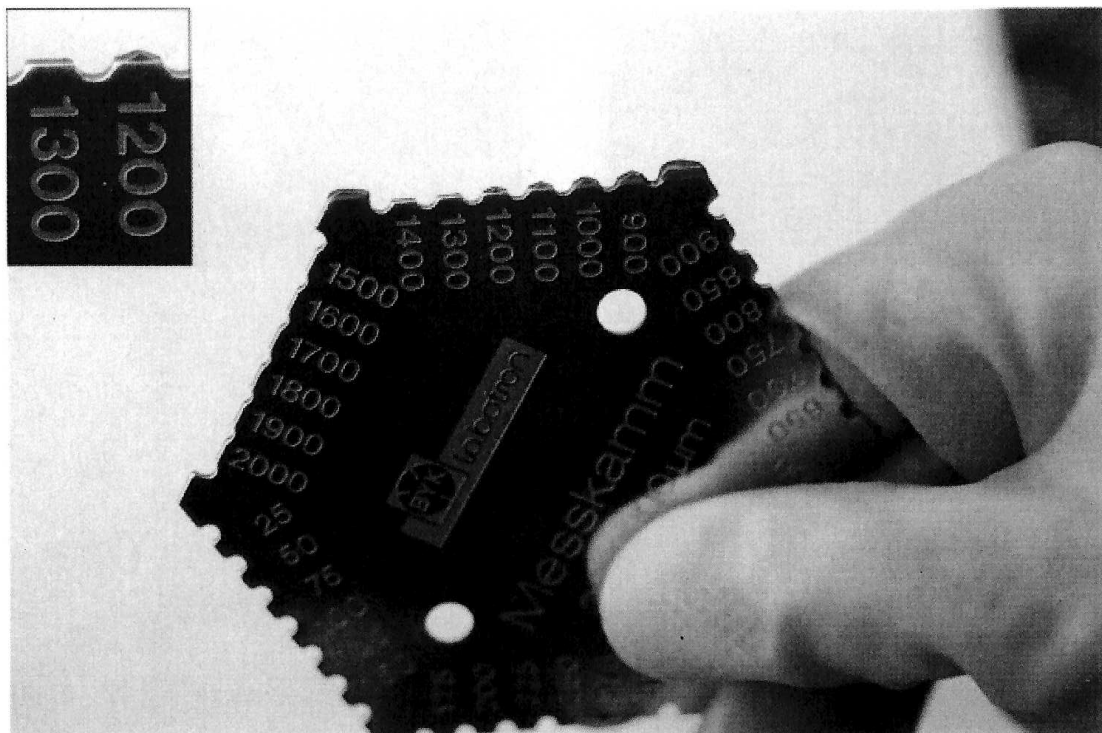


Fig. 3

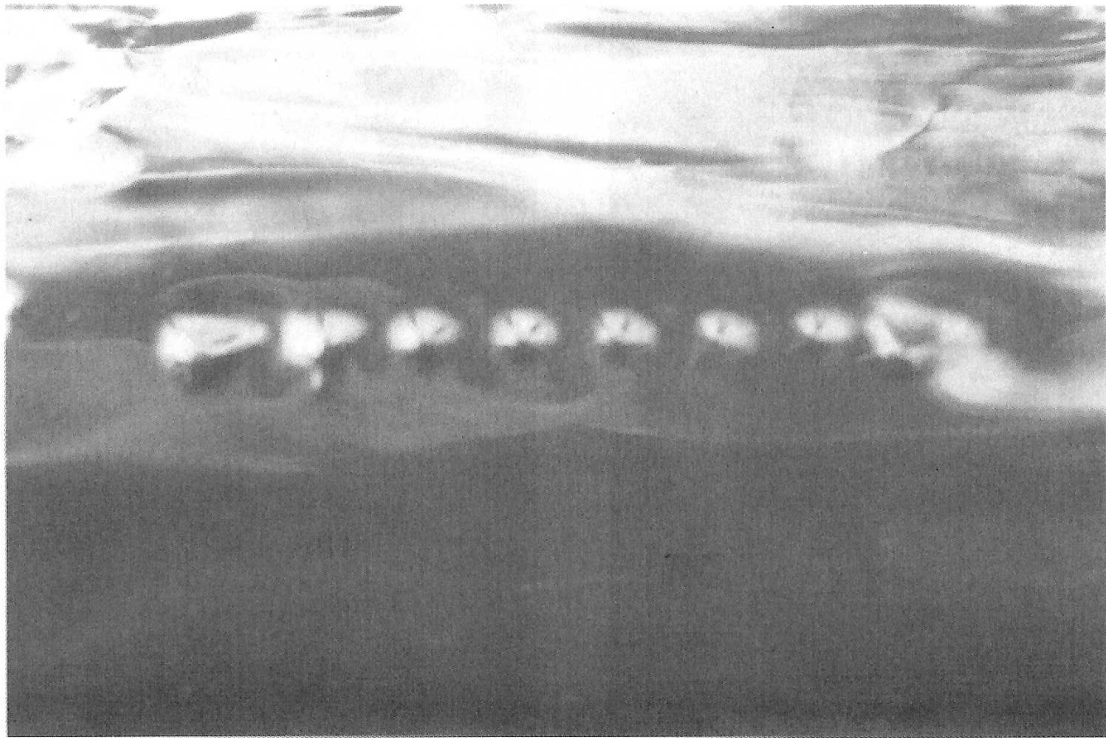


Fig. 4

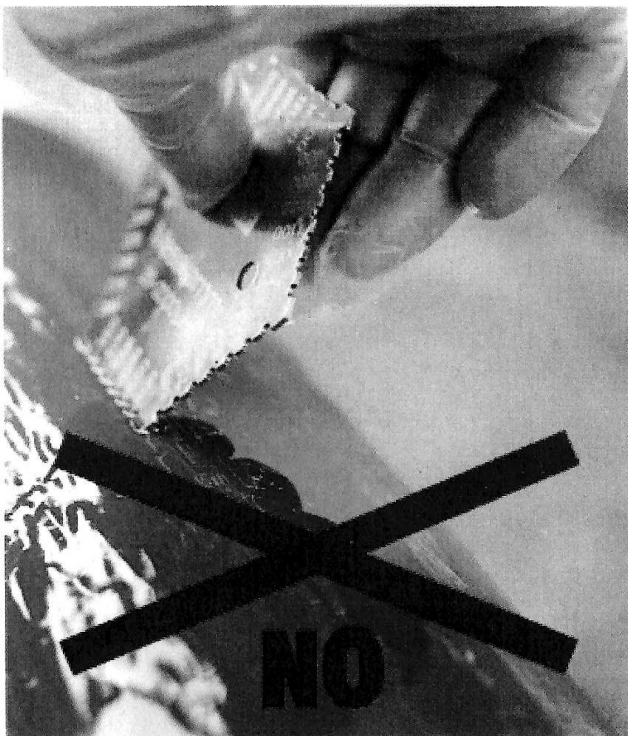


Fig. 5

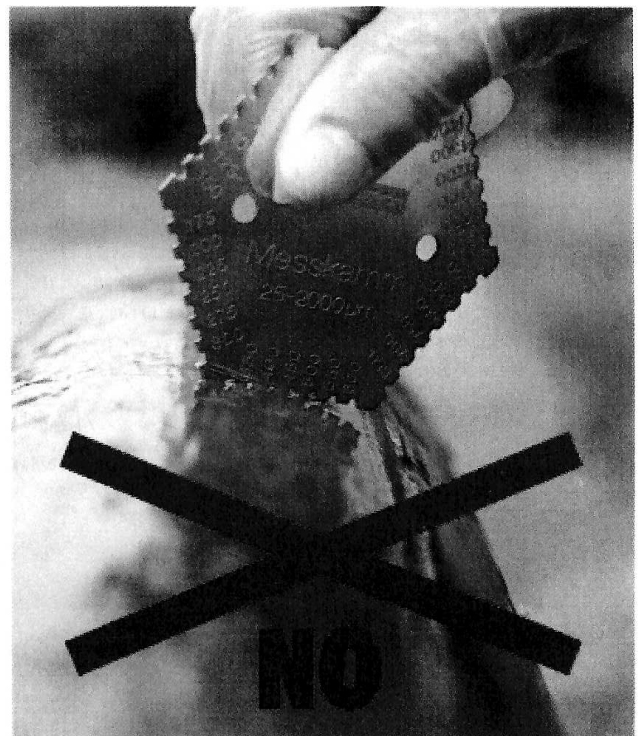


Fig. 6

DESCRIZIONE

- Utilizzare lo spessimetro ad umido (fig. 1) su pitturazioni e rivestimenti a base di resine termoindurenti appena applicati.
- Localizzare un'area sufficientemente larga da permettere ai due dentelli esterni di stare appoggiati sullo stesso piano.
La zona dove lo spessimetro viene usato deve essere il più uniforme possibile.
- Premere lo spessimetro sullo strato umido, perpendicolarmente, in modo che i due dentelli esterni restino saldamente appoggiati entrambi nello stesso momento (fig. 2).
- Rimuovere lo spessimetro ed esaminare i dentelli. Individuare il più lungo dentello bagnato (1200 μm fig. 3) e l'adiacente dentello non bagnato (1300 μm fig. 3). Lo spessore applicato è determinato come intermedio tra i due valori corrispondenti ai due dentelli individuati (tra 1200 e 1300 μm fig. 3).
- Ripristinare l'impronta lasciata dai dentelli dello spessimetro (fig. 4).
- Ripetere la misura in tre diversi punti per ottenere una buona stima dello spessore.
- Pulire lo spessimetro dopo ogni lettura con uno strofinaccio asciutto o impregnato con solvente.
- Metodi di rilevazione errati (fig. 5 - 6).

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°
	LOCALITA'	CODICE PROVA RI 00 PASS	
	PROGETTO/IMPIANTO	Fn 1 di 3	Rev. 0

RAPPORTO RIEPILOGATIVO DEI CONTROLLI EFFETTUATI SUI GIUNTI O ELEMENTI RIVESTITI

Rivestimento Applicato:

- Fasce Termorestringenti n°
- Nastri autoadesivi m
- Riparazioni di Rivestimenti in Polietilene n°
- Resine termoindurenti n° oppure m
- Pitturazione fuori terra

Riferimento Quantitativo:

n° di Elementi Controllati
n° di Barre Controllate
n° di Giunti di Saldatura da Rx A Rx
n° di N.C emesse

Tipo di Controllo Effettuato:

- Controllo visivo della pulizia di superfici contaminate da eventuali chiazze di olii o grassi
 - Quantità e tipi di anomalie:
 -
 -
 -
 -
 - Rapporti di N.C. emessi: n° data
 - n° data
 - n° data
 - n° data
 - Azioni intraprese per l'eliminazione delle anomalie:
 -
 -
 -
 -
 - Verifica dell'esito positivo delle azioni intraprese:
 -
 -
 -
 -
 - Altre osservazioni:
 -
 -
 -
 -

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°
	LOCALITA'	CODICE PROVA RI 00 PASS	
	PROGETTO/IMPIANTO	Fg 2 di 3	Rev. 0

RAPPORTO RIEPILOGATIVO DEI CONTROLLI EFFETTUATI SUI GIUNTI O ELEMENTI RIVESTITI

Ispezione visiva finale

- **Quantità e tipi di anomalie:**

.....

.....

.....

Rapporti di N.C. emessi: n° data

 n° data

 n° data

 n° data

- **Azioni intraprese per l'eliminazione delle anomalie:**

.....

.....

.....

- **Verifica dell'esito positivo delle azioni intraprese:**

.....

.....

.....

- **Altre osservazioni:**

.....

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°
	LOCALITA'	CODICE PROVA RI 00 PASS	
	PROGETTO/IMPIANTO	Fa Errore.	Rev. 0

RAPPORTO RIEPILOGATIVO DEI CONTROLLI EFFETTUATI SUI GIUNTI O ELEMENTI RIVESTITI

Prove di continuità mediante Holiday Detector

- **Quantità e tipi di anomalie:**

.....

.....

.....

Rapporti di N.C. emessi: n° data

 n° data

 n° data

 n° data

- **Azioni intraprese per l'eliminazione delle anomalie:**

.....

.....

.....

- **Verifica dell'esito positivo delle azioni intraprese:**

.....

.....

.....

- **Altre osservazioni:**

.....

.....

.....

Ispettore S.L.

Committente (per presa visione)

.....

.....

Appaltatore

.....

RAPPORTO DI PROVA ESEGUITA SU

Numero del giunto oppure Rx

km:

Temperatura del tubo °C:

oppure

Temperatura ambiente °C:

Data :

CONTROLLO VISIVO

Positivo

Negativo

Descrizione:

MISURAZIONE DELLO SPESSORE

Valore minimo (mm)

VERIFICA DELLA CONTINUITA' DI ISOLAMENTO

Tensione di prova (kV)

TEST DI POLIMERIZZAZIONE finale

Durezza Shore D

kg/cm

dim. scaglie

Descrizione:

Adesivo

PROVA DI ADERENZA

Resistenza rimozione

(Prova distruttiva)

Tipo di DISTACCO

Coesivo

Per resine termoindurenti indicare eventuali anomalie/dimensione scaglie

PROVA DI

% metallo / primer scoperto

Eventuali note:

RIMOZIONE TOTALE

(Prova distruttiva)

% inclusioni d'aria

Materiale lotto n°

VERIFICATO DA (Firme):

Appaltatore

Committente

NOTA: (1) Per ciascuna prova distruttiva deve essere compilato un solo modulo indicando il tipo di rivestimento

OSSERVAZIONI:

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 00 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 1 di 1		Rev.		
		0	1			

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

METANODOTTO: DN km

Impresa Contratto

Tipo di rivestimento di stabilimento

In data in località.....
alla presenza dei Sigg.:

-in rappresentanza della Committente.....
-in rappresentanza della Committente.....
-in rappresentanza della Committente.....
-in rappresentanza dell'Appaltatore.....

si è provveduto all'esecuzione delle seguenti prove di qualifica del personale e delle attrezzature dell'Impresa appaltatrice per l'esecuzione dei lavori di protezione passiva sulla tubazione.

Riepilogo delle verifiche effettuate e delle qualifiche:

- | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> VQ 01 Preparazione di superfici metalliche | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 02 Applicazione di fasce termorestringenti | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 03 Applicazione di nastri autoadesivi | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 04 Riparazione di piccoli difetti dei rivestimenti di polietilene | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 05 Applicazione di resina termoindurente | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 06 Pitturazione di strutture metalliche fuori terra | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> VQ 07 Controllo della continuità dei rivestimenti | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> RP 01 Collaudo dei rivestimenti applicati | POS <input type="checkbox"/> | NEG <input type="checkbox"/> |

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 01 PASS				
	-----	Pa 1 di 2	0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

PREPARAZIONE DI SUPERFICI METALLICHE GREZZE

L'asportazione, prima della pulizia, di chiazze di olio e grasso a mezzo di solventi tipo

- conforme ed efficace
- non conforme, per i seguenti motivi

La preparazione di superfici estese, quali giunti di saldatura o brevi tratti di tubo, eseguita mediante proiezioni di abrasivi tipo
(allegare scheda tecnica del prodotto) in quanto a rispondenza alle prescrizioni della norma ISO 8501/1 grado di finitura SA2½, risulta:

- conforme ed efficace
- non conforme, per i seguenti motivi :
 - non eseguita essiccazione (con fiamma libera) sulle superfici umide o bagnate.....
 - deposito di fuliggine e condensa sul metallo durante il preriscaldamento prima della sabbiatura
 - eseguita preparazione superficiale nel corso di precipitazioni atmosferiche
 - la scheda tecnica della sabbia non presenta la dicitura esente da cloruri
 - presenza sulla superficie metallica di ossido e di rivestimenti preesistenti
 - altro.....

L'asportazione di sbavature e di parti del rivestimento non aderenti all'acciaio, eseguita a mezzo
in quanto a rispondenza alle prescrizioni della norma ISO 8501/1, grado di finitura St3, risulta:

- conforme ed efficace
- non conforme, per i seguenti motivi

La preparazione finale a mezzo spolveratura delle superfici sabbiate risulta:

- conforme ed efficace
- non conforme, per i seguenti motivi

La rugosità misurata sulla superficie preparata, in conformità ai requisiti della scheda tecnica del prodotto, risulta:

- conforme valore Rz/Ra.....
- non conforme, per i seguenti motivi
 - profilo di incisione della superficie metallica non uniforme.....
 - metodo di misura non accettabile.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 02 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di applicazione di fasce termorestringenti alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto
 - L'Impresa non è attrezzata con termometro per rilevare la temperatura di preriscaldamento.
 - uso di cannelli non idonei per il restringimento della fascia termorestringente.....

L'Impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati.

Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 03 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 1 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

APPLICAZIONE DI NASTRI AUTOADESIVI:

Da un controllo preliminare del prodotto eseguito dall'Impresa, il sistema di rivestimento primer più nastri risulta:

- idoneo (allegare le schede tecniche dei prodotti)
- non idoneo, per il seguente motivo:

Le operazioni di applicazione del primer sulla superficie metallica del giunto, a mezzo

- conformi
- non conformi, per i seguenti motivi:
- Lo strato di primer si presenta secco al tatto (superamento tempo asciugatura)
- la confezione di primer risulta essere scaduta.
- Altro

Le operazioni di applicazione del:

- 1) nastro di preisolamento sul cordone di saldatura circonferenziale e longitudinale a mezzo
- 2) Nastro di protezione contro la corrosione a mezzo
- 4) nastro di protezione meccanica a mezzo

in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella norma GASD C 9.03.04 e nei Manuali Operativi SNAM PE.PASS, risultano:

- conformi
- non conformi, per i seguenti motivi:
- Il nastro di preisolamento non viene adoperato per rivestire i cordoni di saldatura.
- Il nastro di protezione contro la corrosione ed il nastro di protezione meccanica non vengono applicati con Sovrapposizione del 50% .
- Il ciclo con nastri di biadesivi presentano pieghe, vuoti, bolle e non si presenta aderente
- Applicazione del ciclo di rivestimento sulla superficie metallica non asciutta.
- Altro.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 03 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fn 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di applicazione di fasce termorestringenti alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il..... a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto
 - L'avvolgitrice non regola in modo uniforme il tensionamento del nastro
 - Altro.....
 L'Impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati. Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il..... a ulteriore controllo della conformità delle attrezzature e materiali seguenti:

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 04 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	F. 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di applicazione di fasce termorestringenti alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il

a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:.....

.....

.....

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°										
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 05 PASS											
	PROGETTO/IMPIANTO	Fo 1 di 2 <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr> <th colspan="4">Rev.</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Rev.				0	1					
Rev.													
0	1												

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

APPLICAZIONE DI RESINA TERMOINDURENTE:

Applicazione della resina in forma liquida:

Da un controllo preliminare dei prodotti dall'Impresa, gli stessi risultano:

- idonei (allegare le schede tecniche dei prodotti)
- non idonei, per i seguenti motivi:
- La resina termoindurente ha superato la data di scadenza
 - I contenitori della resina termoindurente risultano essere stati conservati in modo non corretto (contenitori aperti con presenza di Impurità, acqua, ecc.)

La miscelazione dei due componenti, nelle proporzioni indicate dal fornitore, in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella norma GASD C 9.05.01 e Manuale Operativo SNAM PE.PASS 05.01 e nella scheda tecnica del fornitore, è risultata:

- conforme
- non conforme, per i seguenti motivi:
- Durante la fase di miscelazione aggiunta di solventi
 - Agitazione e miscelazione dei componenti eseguita con attrezzo non metallico
 - Non corretta colorazione del prodotto dopo completa miscelazione (errore di miscelazione)
 - Altro.....

La resina è stata applicata sulla superficie da rivestire, a mezzo

applicazione a spruzzo-airless (allegare scheda tecnica)

applicazione a pennello

e risulta

- conforme
- non conforme

alla Norma GASD C 9.05.01 e Manuale Operativo SNAM PE.PASS 05.01, in un numero di mani pari a ,
.....per uno spessore totale del film secco pari a mm misurato con spessimetro ;
in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella norma GASD C 9.05.01 e Manuale Operativo SNAM PE.PASS 05.01 l'applicazione è quindi risultata:

- conforme
- non conforme, per i seguenti motivi
- Il rivestimento presenta zone con colature e grinze.
 - Il rivestimento si distacca fra strato e strato durante la fase di polimerizzazione.
- In particolare la capacità di utilizzo dello spessimetro ad umido da parte degli operatori è risultata.....
- Altro.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 05 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
 - non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di applicazione del rivestimento, alla superficie esterna di valvole, curve, raccorderie, etc. alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:
-
-

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto
- Il sistema a spruzzo senz'aria (airless) non riesce a nebulizzare la resina in modo uniforme a causa di un rapporto di compressione non adeguato.
- L'ugello di spruzzatura, dimensionamento della condotta del prodotto non idonei secondo la scheda tecnica del Fabbricante della resina.
- Altro.....

L'Impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati.

Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della conformità delle attrezzature e materiali seguenti:

.....

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 06 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di applicazione del rivestimento, alla superficie esterna di valvole, curve, raccorderie, etc. alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:

.....

.....

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto

.....

L'Impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati.

Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il

a ulteriore controllo della conformità delle attrezzature e materiali seguenti:

.....

.....

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 07 PASS	
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 1 di 2	Rev. 0 1

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

CONTROLLO DELLA CONTINUITA' DEI RIVESTIMENTI:

Tipo di apparecchio utilizzato:
 tipo di elettrodo
 in quanto a rispondenza alle prescrizioni della norma GASDC 9.01.00, risulta:

- conforme
- non conforme, per i seguenti motivi:

Controlli preliminari e taratura dell'apparecchio:

Le operazioni di:

- 1) controllo della superficie del rivestimento da collaudare,
- 2) controllo della carica della batteria di alimentazione,
- 3) controllo del funzionamento dello strumento,
- 4) controllo dell'integrità, continuità e corretto collegamento ai morsetti, dei conduttori,
- 5) controllo degli elettrodi,
- 6) controllo che vengano rispettate, da parte dell'operatore, le condizioni di sicurezza previste;
- 7) taratura dell'apparecchio:
 alla tensione di regolazione di V;
 per una velocità di passaggio sulla superficie del rivestimento di mm/sec;

in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella norma GASD C 9.01.00, risultano:

- conforme
- non conforme, per i seguenti motivi:

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 07 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fm 2 di 2		Rev.		
			0	1		

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le operazioni di controllo della continuità dei rivestimenti a cui sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:

.....

.....

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto.....
durante la prova di continuità viene riscontrato il cattivo funzionamento del segnale acustico in presenza di difetto passante.
- Altro.....
L'impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati.
- Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della conformità delle attrezzature e materiali seguenti:

.....

.....

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 01 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	Fa 2 di 2		Rev.		
		0	1			

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

Esecutori: Sig. qualifica

.....

.....

.....

Visto l'esito delle prove eseguite, il personale utilizzato, risulta:

- idoneo ed autonomo (cioè deve essere verificato che sappiano autonomamente passare da una fase all'altra. Sequenze delle operazioni).
- non idoneo, e pertanto l'Impresa è invitata a prendere i necessari provvedimenti, affinché le mansioni di preparazione superficiale alle quali sono stati assegnati, vengano eseguite conformemente alle norme prescritte. Si stabilisce pertanto, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il a ulteriore controllo della corretta esecuzione delle operazioni seguenti:

.....

Attrezzature e materiali utilizzati:

- Idonei
- Non idonei in quanto

L'Impresa è pertanto invitata a prendere i necessari provvedimenti affinché le operazioni siano condotte con attrezzature e materiali adeguati.

Si stabilisce, di comune accordo, che una seconda prova di qualifica verrà eseguita entro il

A ulteriore controllo della conformità delle attrezzature e materiali seguenti:

PER L'APPALTATORE

PER LA COMMITTENTE

.....

.....

Snam	COMMITTENTE	COMMESSA	UNITA' N°			
	LOCALITA'	CODICE PROVA VQ 02 PASS				
	PROGETTO/IMPIANTO	F. 1 di 2		Rev.		
		0	1			

**VERBALE DI QUALIFICA DELLE ATTREZZATURE E DEL PERSONALE DELL'IMPRESA
ASSEGNATO PER I LAVORI DI PROTEZIONE PASSIVA**

APPLICAZIONE DI FASCE TERMORESTRINGENTI:

Il preriscaldamento della superficie metallica del giunto di saldatura eseguita a mezzo.....

e il controllo della temperatura di preriscaldamento, in più punti della circonferenza del tubo, a mezzo di termometro digitale in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella Norma GASD C9.07.01 e Manuali Operativi SNAM PE.PASS 07.01 - 07.02, risultano:

conformi

non conformi, per i seguenti motivi :

- temperatura di preriscaldamento della superficie metallica non uniforme
- deposito di fuliggine sulla superficie metallica durante il preriscaldamento
- altro.....

- Le operazioni di:

1) Applicazione del primer se presente

2) Applicazione della fascia termorestringente sulla superficie riscaldata del giunto;

3) Sovrapposizione dei bordi di unione e sul rivestimento esistente;

4) Posizionamento e riscaldamento a mezzo della pezza di chiusura sul bordo di unione esterno della fascia;

5) Riscaldamento di restringimento della fascia a mezzo e successivo massaggio manuale o rullatura a restringimento avvenuto: in quanto a rispondenza alle prescrizioni contenute nella Norma GASD C 9.07.01 e nei Manuali Operativi SNAM PE.PASS 07.01 - 07.02, risultano:

Conformi

Non conformi, per i seguenti motivi :

- presenza di inglobamento di sacche d'aria o grinze
- altro.....