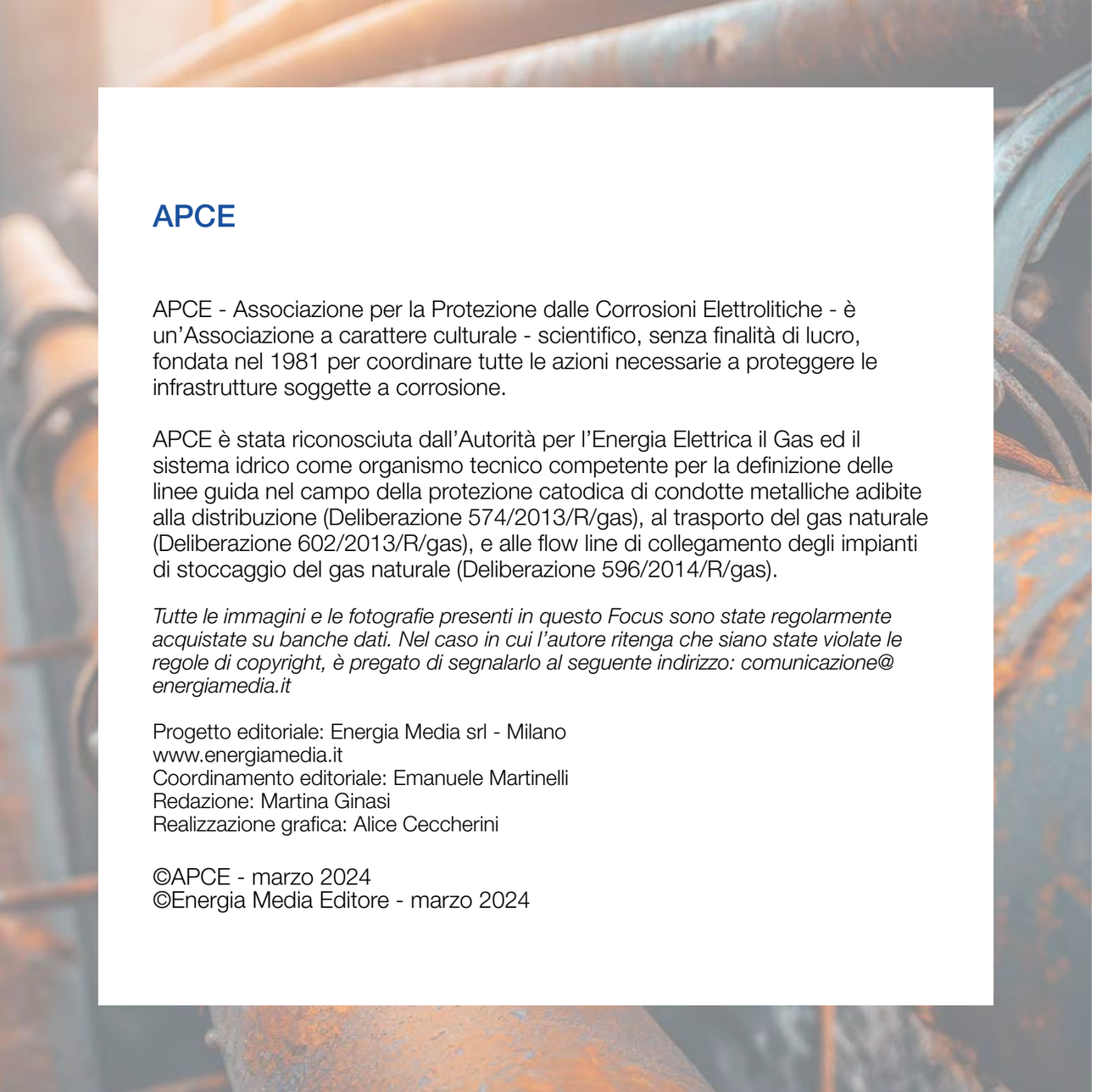
APCE
ASSOCIAZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORROSIONI ELETTROLITICHE
Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica! Perché non applicarla anche agli acquedotti?



APCE

APCE - Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche - è un'Associazione a carattere culturale - scientifico, senza finalità di lucro, fondata nel 1981 per coordinare tutte le azioni necessarie a proteggere le infrastrutture soggette a corrosione.

APCE è stata riconosciuta dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il sistema idrico come organismo tecnico competente per la definizione delle linee guida nel campo della protezione catodica di condotte metalliche adibite alla distribuzione (Deliberazione 574/2013/R/gas), al trasporto del gas naturale (Deliberazione 602/2013/R/gas), e alle flow line di collegamento degli impianti di stoccaggio del gas naturale (Deliberazione 596/2014/R/gas).

Tutte le immagini e le fotografie presenti in questo Focus sono state regolarmente acquistate su banche dati. Nel caso in cui l'autore ritenga che siano state violate le regole di copyright, è pregato di segnalarlo al seguente indirizzo: comunicazione@energiamedia.it

Progetto editoriale: Energia Media srl - Milano
www.energiamedia.it
Coordinamento editoriale: Emanuele Martinelli
Redazione: Martina Ginasi
Realizzazione grafica: Alice Ceccherini

©APCE - marzo 2024
©Energia Media Editore - marzo 2024

INDICE

NOTA INTRODUTTIVA 3

STATO DELL'ARTE SUL MONITORAGGIO DEI PARAMETRI ELETTRICI DI PROTEZIONE CATODICA 4
Fabio Brugnetti – *APCE*

RIVESTIMENTI ANTICORROSIVI 20
Elio Rossi – *CIVARDI srl*

COLLAUDO SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA DI UNA RETE ESISTENTE. CURIOSITÀ OPERATIVE ED EFFICIENZA ENERGETICA COME TRAGUARDO 52
Lorenzo Spisni – *INRETE Distribuzione Energia S.p.A.*

LA PROTEZIONE CATODICA APPLICATA AL MONDO IDRICO. PARTE 1- IL PUNTO DI PARTENZA E... DI VISTA! 88
Claudio Salmaso – *GRUPPO ASCOPIAVE S.p.A.*

APCE E GLI IMPEGNI NELLA RICERCA CON GLI ATENEI 114
Marco Ormellese – *PoliLaPP – Laboratorio di Corrosione dei Materiali "P. Pedeferri" – Politecnico di Milano*

NOTA INTRODUTTIVA

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

APCE - Associazione per la protezione dalle corrosioni elettrolitiche, propone la 5° edizione del FactBook, un'iniziativa che raccoglie le esperienze applicative della protezione catodica, raccontate attraverso focus tematici predisposti nel corso del 2023 da tecnici esperti dell'industria water, oli&gas.

Divulgare la conoscenza della protezione catodica significa consolidare uno strumento utile ad incrementare il livello della qualità di un servizio industriale: sicurezza e continuità operativa, che significano rispetto per l'ambiente, integrazione con il territorio e sostenibilità.

L'esperienza di APCE consolidata nell'attuazione della protezione catodica per l'industria del trasporto, distribuzione e stoccaggio del gas naturale, può essere messa a disposizione del mondo idrico, sempre più critico vista la fragilità della rete di trasporto e la periodica scarsità della risorsa ACQUA. APCE ritiene assolutamente prioritario coinvolgere in questo processo culturale anche i gestori degli acquedotti, individuando i criteri applicativi e manutentivi più appropriati per garantire integrità degli asset e traguardare la sostenibilità economica ed ambientale del sistema, un obiettivo prioritario per il prossimo futuro!!!

Buona lettura!

Paola Rocchetti
Presidente APCE

STATO DELL’ARTE SUL MONITORAGGIO DEI PARAMETRI ELETTRICI DI PROTEZIONE CATODICA

Intervista a Fabio Brugnetti
Referente tecnico di APCE alla protezione catodica

APCE chi è e che ruolo ha nell’industria?

APCE è una comunità che, da oltre 40 anni, riunisce i massimi esponenti nell’ambito della protezione catodica provenienti dal mondo delle imprese, della ricerca, della regolazione; consente una percezione immediata dei bisogni e, uno di questi, molto sentito dalle società che trasportano distribuiscono e garantiscono lo stoccaggio del gas naturale, riguarda il monitoraggio dei parametri elettrici di protezione catodica.

Perché tutto questo interesse per il monitoraggio della protezione catodica? Non è un aspetto consolidato?

Da un certo punto di vista è proprio così; il monitoraggio della protezione catodica nonché la progettazione dei gasdotti in Italia è sicuramente ai massimi livelli ma, l’adozione di rivestimenti dei gasdotti ad alta efficienza dielettrica e l’incremento della coesistenza di infrastrutture elettrificate nel sottosuolo, ha portato ad una crescente esigenza di migliorare la capacità di analisi ma anche di semplificare gli aspetti operativi in un contesto elettricamente dinamico.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Quali soni i cambiamenti a cui l'industria sta guardando?

Da convegni internazionali di settore, benchmarking predisposti da società del mondo oil&gas, si deduce che sia società di trasporto gas europee che internazionali applicano i criteri della norma ISO 15589-1 aggiornata nel 2015, prevedendo l'uso di sonde per il monitoraggio della protezione catodica.
APCE sta portando avanti studi e prove in collaborazione con il Politecnico di Milano mirati ad approfondire i criteri di utilizzo di questi dispositivi, per migliorare l'analisi dell'efficacia della protezione catodica delle condotte di trasporto distribuzione e stoccaggio del gas naturale. Sostanzialmente sono almeno 3 anni che APCE dedica giornate di studio con tavole rotonde per approfondire questa tematica e, oggi, l'impiego delle sonde di potenziale è diventata oramai una realtà nell'industria con la convinzione che l'aggiornamento del sistema di monitoraggio alla normativa internazionale UNI EN ISO 15589-1 porta ad un evidente miglioramento della potenzialità di analisi dell'efficacia della protezione catodica.

Prima di approfondire il significato di sonde di potenziale, questo importante periodo di cambiamenti come viene gestito a livello normativo?

Nel 2015, a livello ISO è stata emessa la norma ISO 15589-1:2015 relativamente alla progettazione e ai criteri di monitoraggio della protezione catodica per condotte convoglianti gas naturale.

La norma è stata recepita a livello nazionale nel 2017 assumendo il riferimento UNI EN ISO 15589-1; il testo aggiorna e sostituisce la storica norma EN 12954.
Come conseguenza, UNI si è attivato per aggiornare nel 2019 la norma UNI 11094; norma di riferimento per le linee guida APCE. La nuova edizione della norma UNI 11094 introduce un radicale aggiornamento rispetto alla precedente edizione del 2004. Considerando che l'adeguamento disposto dalla UNI 11094:2019 richiederà dei tempi tecnici di attuazione per la predisposizione impiantistica e di monitoraggio, la Linea Guida APCE recepirà totalmente le indicazioni UNI nei propri parametri di valutazione solo a partire dal 01 gennaio 2025 (anno di riferimento 2025), con una revisione integrale del documento che verrà pubblicato entro dicembre 2023.
I punti strategici dove l'industria dovrà lavorare sono: la rivalutazione delle interferenze elettriche sui sistemi di protezione catodica, l'aggiornamento dei punti di misura caratteristici all'interno del sistema di protezione catodica, su tali punti l'attivazione del monitoraggio secondo ISO15589-1 con relativa telesorveglianza secondo UNI10950 quindi nel medio periodo il collaudo di tutta la rete gasdotti; quest'ultimo è un processo già avviato per consolidare in modo pragmatico questi aspetti.

A questo punto serve un approfondimento sul termine "punti di misura caratteristici" sui quale sembra esserci parecchia attenzione.

I punti di misura caratteristici devono essere selezionati, tra quelli che insistono in un sistema di protezione catodica, per riuscire a monitorare le aree con maggiore

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

rischio di corrosione elettrolitica; tra le cause troviamo la diversa tipologia di terreno, presenza di interferenze anodiche stazionarie e non stazionarie definite secondo EN 50162, interferenze da corrente alternata.
Va da sé che la loro determinazione deve avvenire a seguito di un'analisi puntuale da parte di personale certificato LIV4 UNI EN ISO 15589-1 per quei casi in cui tale analisi deve iniziare sostanzialmente da zero o per quei casi con assenza di informazioni pregresse dettagliate, oppure valutati da personale di LIV3 per quei casi già consolidati e privi di variazioni significative nel tempo dei parametri elettrici.
È su questi punti di misura che l'impiego delle sonde di potenziale restituisce una corretta analisi dell'efficacia della protezione catodica anche in condizioni di situazioni dinamiche come inizialmente descritto; questo non significa che finora non sia stato possibile monitorare la protezione catodica in condizioni dinamiche ma l'impiego delle sonde permette in buona sostanza di filtrare le grandezze elettriche permettendo di indirizzare meglio l'energia impiegata negli impianti di protezione catodica; questo porta ad una ottimizzazione dell'energia spesa, una riduzione di materiale di consumo tipicamente presente negli impianti elettrici, oltre che ad una più facile lettura e monitoraggio in continuo dei parametri che rappresentano l'efficacia della protezione catodica.

Cos'è la sonda di potenziale?

Per mantenere un livello di protezione adatto è necessario mantenere il potenzia-

le elettrodo-condotta ad un valore prefissato. La principale funzione della misura è quella di testimoniare l'efficacia della protezione catodica sulla condotta (requisito imposto anche da ARERA) oltre ad essere lo strumento di analisi eventuali per innescare azioni correttive o manutenzione straordinaria (manutenzione on-condition) sui sistemi di protezione catodica.

La misura del potenziale elettrochimico di una condotta metallica interrata deve essere effettuata, secondo norma ISO 15589-1 / UNI EN 12954 e UNI EN 13509, collegando un voltmetro tra la condotta da monitorare e un elettrodo fisso di riferimento posto nell'elettrolita; per il terreno l'elettrodo di riferimento è il tipo "rame-solfato di rame". I criteri di protezione catodica citati nelle norme in uso si riferiscono a questa tipologia di elettrodo.

Collegando un voltmetro ad alta impedenza tra condotta ed elettrodo rame solfato di rame, secondo il criterio della norma UNI EN 13509, rispettando le polarità di connessione avremo: positivo voltmetro sulla condotta – negativo voltmetro sull'elettrodo, si effettuata la "valutazione generale di protezione catodica" e tale tecnica di misura si inquadra nel parametro elettrico definito "Eon" ovvero valore di protezione catodica ad impianti elettrici funzionanti.

Ora, se immaginiamo che tra l'elettrodo di riferimento e la tubazione sia interposta una porzione di terreno di almeno 50 cm, possiamo anche immaginare che questo terreno possa essere percorso da correnti elettriche non appartenenti al nostro sistema di protezione catodica; le famigerate "correnti vaganti" generate da ferrovie, tranvie, piuttosto che da impianti elettrici eserciti in correte continua.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Il passaggio di queste correnti fa si che la misura Eon possa subire variazioni repentine per cause terze e questo in situazioni particolarmente dinamiche rende difficile individuare il set-up corretto degli alimentatori di protezione catodica e rende complesso contenere nei limiti normativi il potenziale Eon quindi di conseguenza difficile l'interpretazione del potenziale Eon stesso.

Ecco di fatto l'esigenza di introdurre l'uso delle sonde di potenziale secondo gli ultimi criteri normativi; questi dispositivi elettrodi di riferimento dotati di un piastrino metallico "coupon" posto entro 5 cm dalla parte attiva dell'elettrodo che viene elettricamente collegato alla tubazione da monitorare; in sostanza il coupon riceve la corrente di protezione catodica come qualsiasi altro difetto passante nel rivestimento della tubazione.

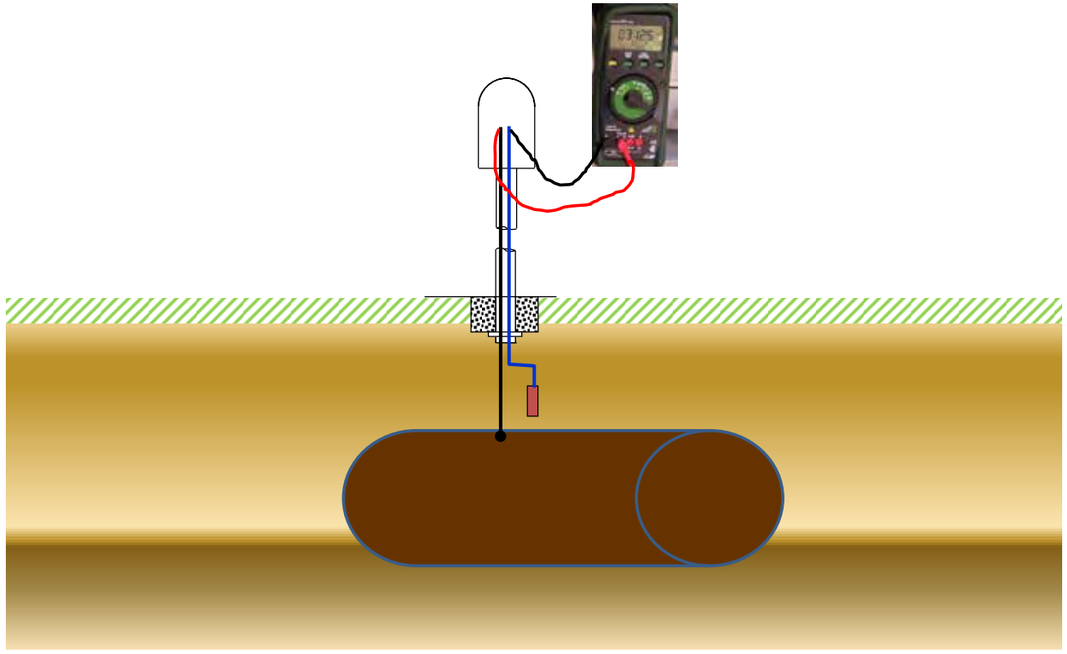
Il coupon simula un difetto nel rivestimento isolante della condotta quindi di fatto permette di ridurre con la porzione di terreno citata prima con conseguente riduzione sensibile dell'effetto delle correnti vaganti.

Da norma UNI 11094 il potenziale misurato con sonda è definito Esonda ed assume una valenza superiore al potenziale Eon in termini di "valutazione dettagliata dell'efficacia della protezione catodica".

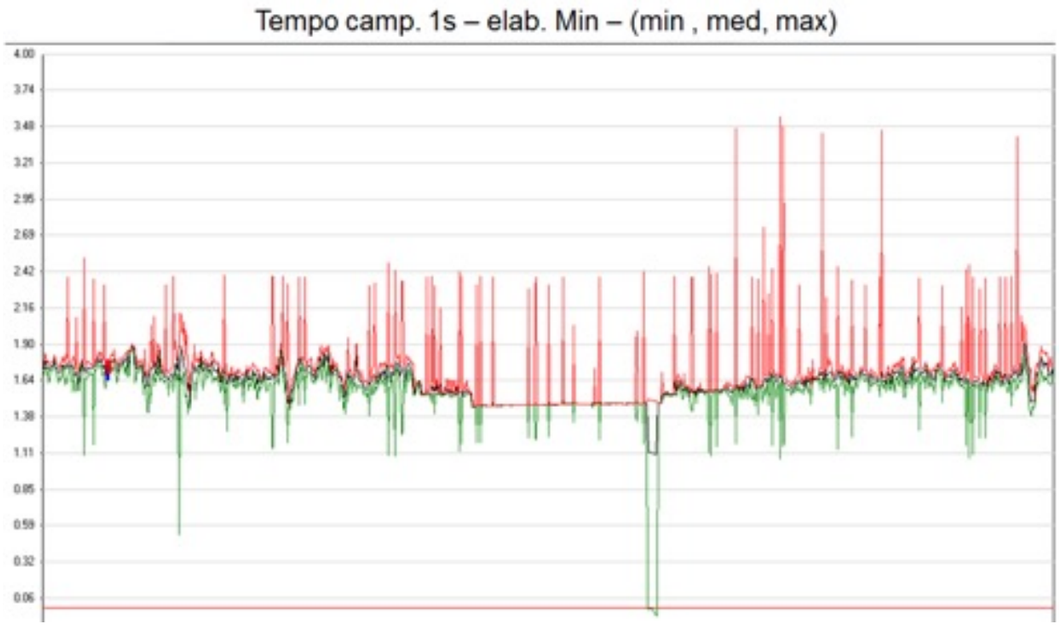
Ovviamente la sonda non si può pretendere che sia un oggetto ideale; quindi, rimane l'esigenza di aprire elettricamente il collegamento tubazione coupon per misurare il potenziale Eoff tra coupon ed elettrodo in assenza di corrente di protezione catodica.

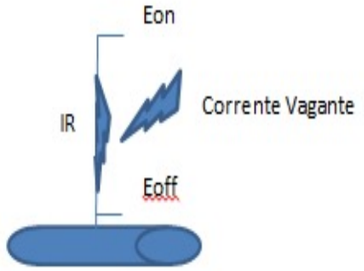
Su questo parametro serve acquisire esperienza perché è caratterizzato da un ritorno dell'acciaio alla libera corrosione (assenza di protezione catodica) quindi pos-

siamo immaginare che il tempo di attesa tra l'apertura del collegamento elettrico e l'avvio della misura influisca sul valore acquisito.
Ovviamente la normativa di riferimento inquadra questo aspetto quindi ora l'industria si sta impegnando ad acquisire il parametro per poi orientarsi ad un confronto per definire in modo appropriato il suo utilizzo ad integrazione del parametro Esonda.



Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?





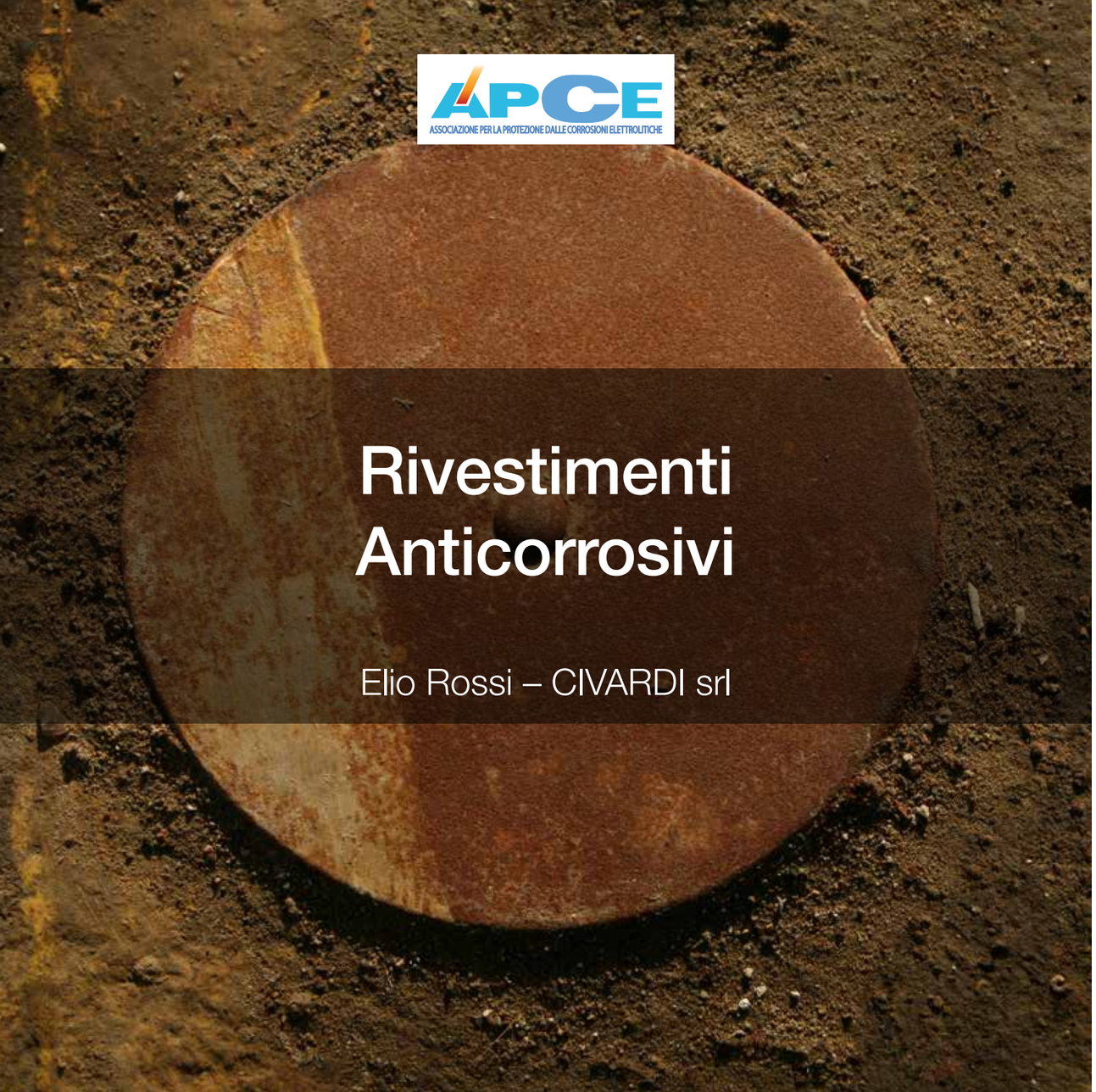
Esempio monitoraggio potenziale Eon su tubazione rivestita con polietilene.

Possiamo trarre delle conclusioni da questa intervista?

Certamente, le conclusioni abbracciano due aspetti fondamentali: il primo è che l'industria si è attivata per collaudare tutta la rete gasdotti trasporto distribuzione e stoccaggio del gas naturale; questo significa che c'è la volontà di caratterizzare la rete per aggiornare i criteri di attuazione della protezione catodica e aggiornare i criteri di applicazione della manutenzione ordinaria; il secondo aspetto è l'applicazione delle norme di riferimento internazionali attraverso personale certificato nel settore specifico UNI EN ISO 15257.
Possiamo dire che APCE ma soprattutto la filiera industriale stanno portando avanti un ottimo punto zero per valutare l'efficacia della protezione catodica ai fini della sicurezza delle infrastrutture del gas naturale.
Rinnovo che la tecnica di monitoraggio dei parametri elettrici di protezione catodica, come anche il continuo aggiornamento delle normative di settore, sono contemplati nei corsi di formazione che APCE offre nel contesto dello schema di certificazione UNI EN ISO 15257.

(visita il sito www.apce.it)

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



RIVESTIMENTI ANTICORROSIVI

Elio Rossi – CIVARDI srl

1. PROTEZIONE PASSIVA DI STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

Il concetto di protezione passiva è legato all'attuazione di tutti i provvedimenti, sia in fase di progettazione che di realizzazione, che consentano di isolare le parti metalliche di una struttura dall'ambiente circostante.
L'ottimizzazione della protezione passiva comporta la riduzione sensibile dei rischi di corrosione e dei costi di realizzazione degli impianti di protezione catodica riducendone il fabbisogno.
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; in questo focus parleremo dei materiali, delle loro caratteristiche, e del mondo normativo di riferimento.

2. PROPRIETÀ GENERALI DEI RIVESTIMENTI

Un rivestimento isolante, per poter assicurare con vantaggio ed in ogni situazione la protezione passiva di una struttura interrata, deve:

> fornire un efficace isolamento elettrico;

> costituire una efficace barriera contro umidità, vapor d'acqua ed ossigeno;
> essere applicabile con metodi affidabili e tali da non alterare le proprietà metalliche della struttura;
> possedere una buona resistenza al distacco per effetto della protezione catodica;
> presentare una buona e durevole aderenza, in un ampio campo di temperatura, alla superficie metallica;
> resistere ai possibili danni dovuti alla movimentazione, accatastamento e montaggio;
> resistere nel tempo alle sollecitazioni dell'ambiente;
> possedere una elevata e durevole resistività elettrica;
> essere riparabile con sistemi affidabili e semplici, applicabili anche in cantiere.

Utilizzando materiali che soddisfino il più possibile tali esigenze si ottengono risultati molto positivi dal punto di vista sia tecnico sia economico.
Tuttavia, i rivestimenti attualmente disponibili sul mercato non consentono di avere tutte le caratteristiche riunite in un unico prodotto; sarà pertanto compito del progettista scegliere il prodotto che più si adatta al caso specifico, ricorrendo ad un compromesso fra le diverse esigenze tecniche ed economiche.

3. SCELTA DEL RIVESTIMENTO

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.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

4. RIVESTIMENTI DISPONIBILI SUL MERCATO

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.
I rivestimenti più utilizzati in Italia sono essenzialmente a base di:

> bitume applicato a caldo in stabilimento;
> poliolefine (polietilene e polipropilene) applicate per estrusione in stabilimento;
> nastri di poliolefine autoadesivi applicati in cantiere;
> resine termoindurenti applicate a macchina o a mano sotto forma liquida in stabilimento o in cantiere;
> prodotti termorestringenti per il rivestimento dei giunti di saldatura e per le riparazioni dei rivestimenti di poliolefine.

5. RIVESTIMENTI PER TUBI ED ALTRI ELEMENTI

5.1. I rivestimenti a base di bitume o catrame (UNI-ISO 5256)

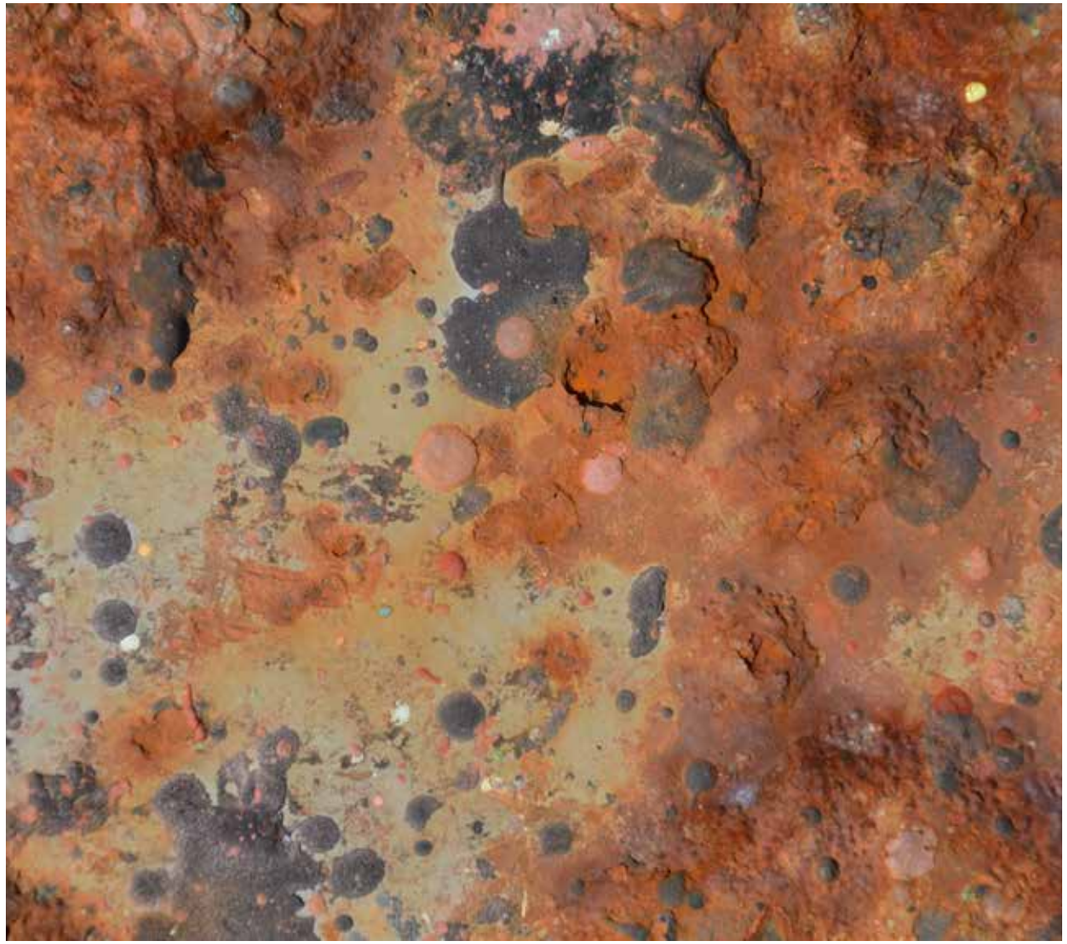
Sono stati in passato fra i più utilizzati in Italia, con risultati generalmente soddisfacenti soprattutto per i tubi di piccolo diametro. Il bitume viene applicato fuso in stabilimento, in combinazione con uno o più tessuti di vetro di rinforzo.
Lo spessore risulta quindi di parecchi millimetri (da 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 decenni questo rivestimento è stato progressivamente abbandonato in favore dei rivestimenti a base di polietilene, che mantengono inalterate le proprie caratteristiche nel tempo.

5.2. I rivestimenti a base di poliolefine (UNI EN ISO 21809-1) - polietilene e polipropilene

Sono stati sviluppati negli ultimi 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.
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 +80°C, con ottimi valori di aderenza all'acciaio fino a + 80°C per il polietilene e + 100°C per il polipropilene.
L'applicazione avviene generalmente estrudendo uno strato di adesivo ed uno di poliolefina (mescola a bassa LDPE o alta densità HDPE), sopra ad uno strato di primer epossidico.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



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.
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).

Esempio accatastamento tubi

5.3. I 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
> tubi

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 bimixer 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 polietilene 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.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Apparato bimixer per resine epossidiche

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

6. 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.
È inoltre necessario che le operazioni di rivestimento in campo siano effettuate e controllate da personale qualificato.

6.1. 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 in campo manualmente, utilizzando le apposite avvolgitrici.
In effetti l'impiego tipico dei nastri a freddo è quello su tubi di piccolo e medio diametro negli eventuali rifacimenti di tratti in esercizio 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.

6.2. I prodotti termorestringenti

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 con-

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

dotta. 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 termorestringenti 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 termorestringenti 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.

7. APPLICAZIONE DEI RIVESTIMENTI

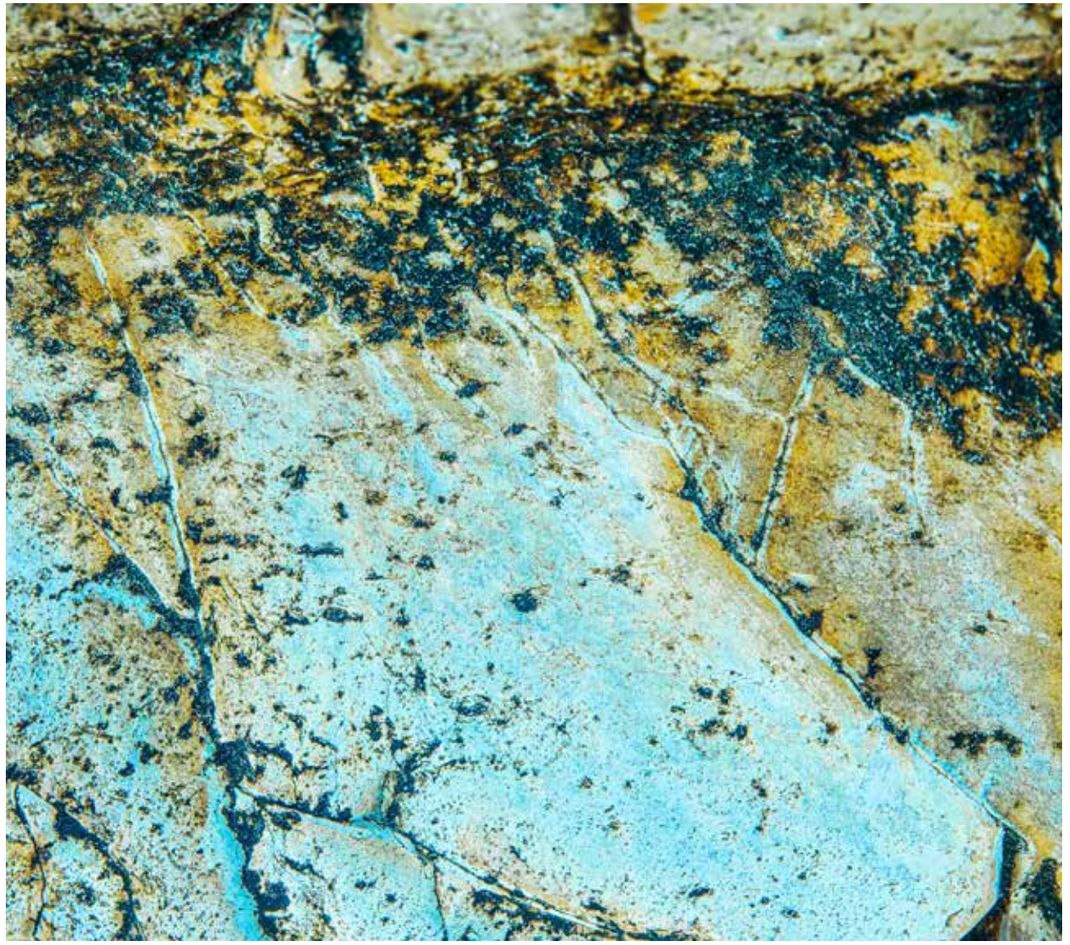
La principale attenzione in cantiere e stabilimento deve essere rivolta alle condizioni ambientali (temperatura e umidità) ed al livello della preparazione superficiale (grado di pulizia e rugosità).
La pulizia deve essere eseguita per proiezione di abrasivi selezionati, non contenenti

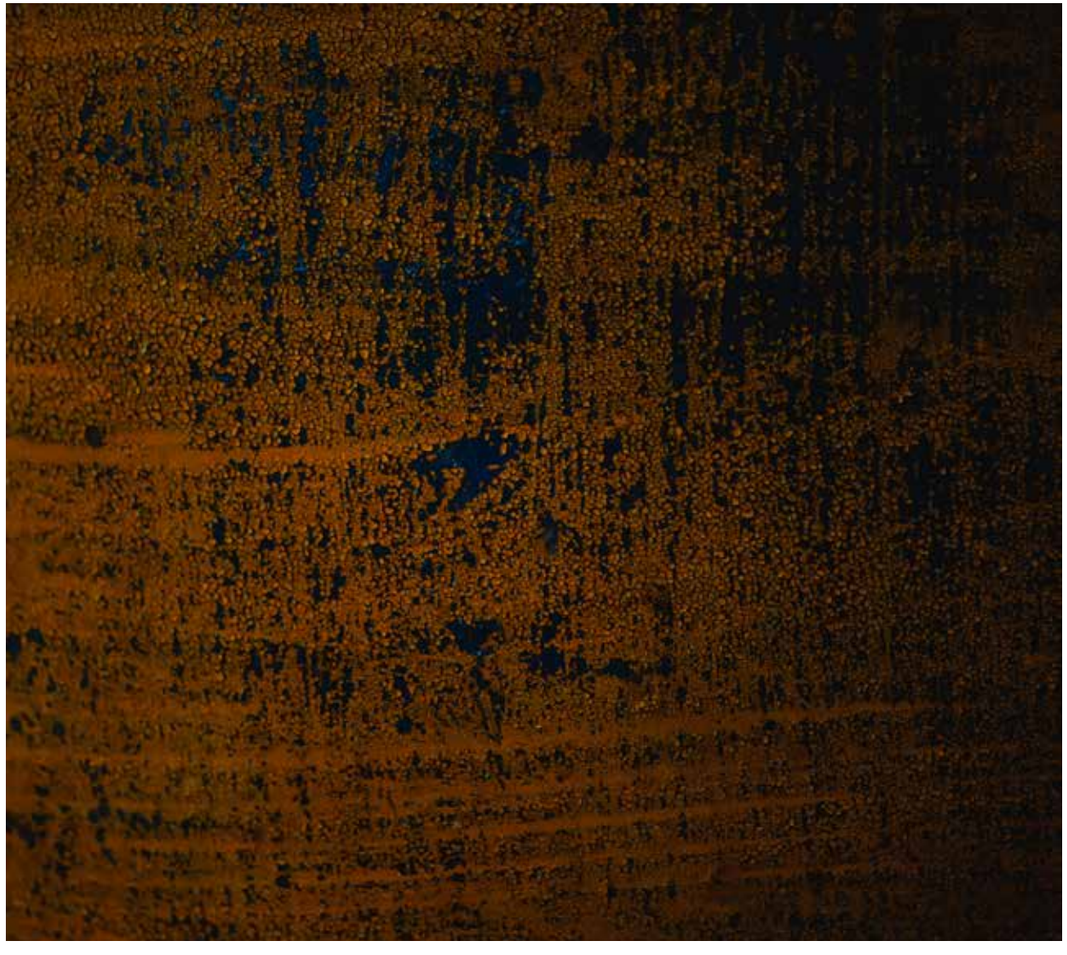
sali o altri inquinanti che possano causare nel tempo danni alle strutture metalliche.
Il grado di finitura minimo richiesto è Sa 2½ secondo la Norma ISO 8501/1 e il livello di rugosità della superficie deve consentire un ottimo ancoraggio del rivestimento all'acciaio pulito. La rugosità viene normalmente indicata con la scala Rz.
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).

8. PROVE E COLLAUDI

Durante la produzione dei rivestimenti in stabilimento 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

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?





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 in stabilimento sono:

> controlli sui materiali da rivestimento prima dell'utilizzo;
> verifica del grado di pulizia e finitura delle superfici metalliche;
> eliminazione di eventuali difetti superficiali dell'acciaio;
> rilievo e registrazione dei parametri di produzione dell'impianto (velocità della linea, temperature del tubo, temperature dei materiali base, costituzione del rivestimento, raffreddamento, 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 procedura di collaudo.
> Le verifiche suddette sono da eseguirsi anche nel corso di applicazioni in cantiere; in tal caso i punti di maggiore attenzione dovranno essere l'esecuzione della pulizia, il controllo delle condizioni ambientali e le modalità di applicazione, oltre alle prove finali.

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

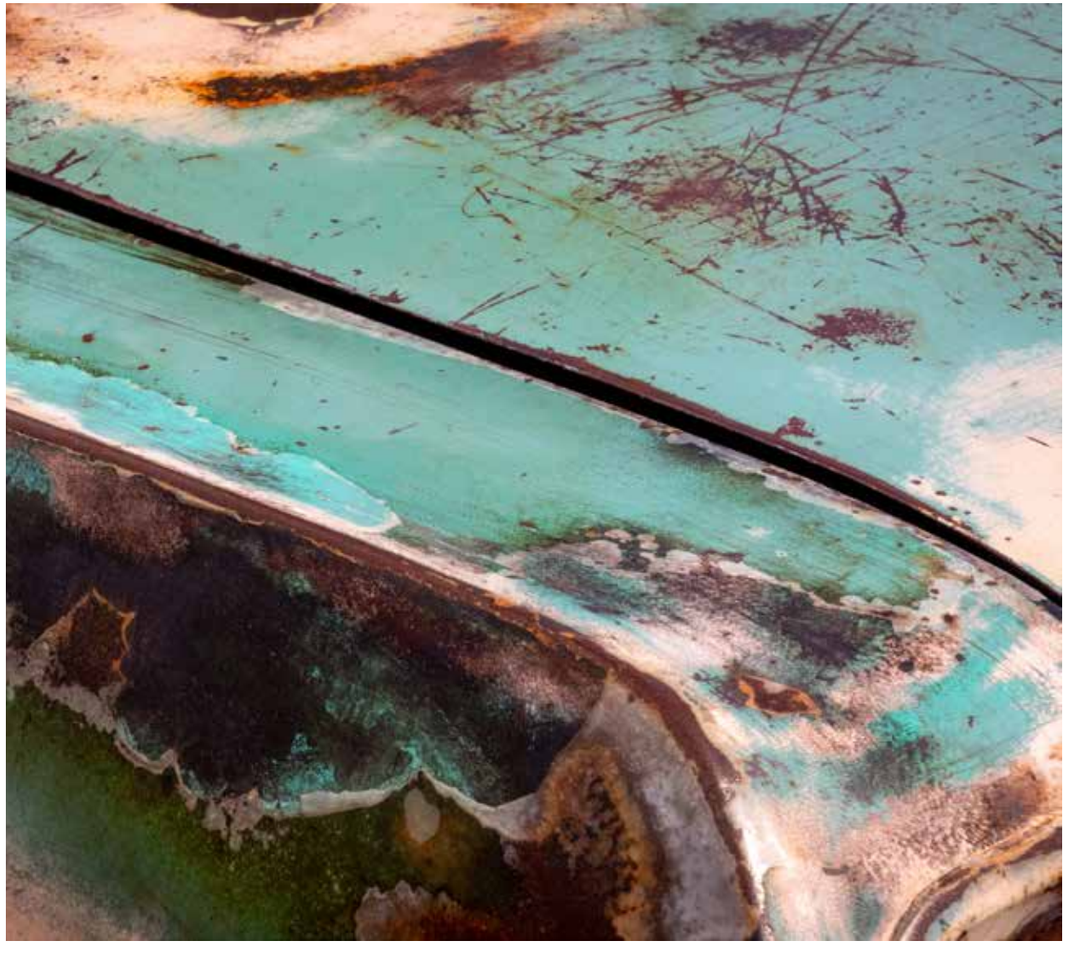
> **misura dello spessore**, sia ad umido che a secco, secondo un piano di campionatura, mediante l'uso di appositi calibri dentellati per l'umido e di spessimetri magnetici o elettromagnetici per il secco.

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.
Sui rivestimenti a base di nastri a freddo, poliolefine o fasce termorestringenti, 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 appositi dinamometri.
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 mastice).
Sui rivestimenti a base di resine termoindurenti la prova si esegue praticando una incisione a X di circa 30° con un coltello a roncola 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 su-

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



perfici 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 Cercafalle 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.
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 tutti gli spessori
- nastri autoadesivi — 20 kV per tutti gli spessori
- fasce termorestringenti — 20 kV per tutti gli spessori
- resine termoindurenti — 15 kV (ca. 5 kV/mm)

> **verifica della durezza Shore D**. Lo strumento durometro consente di misurare la durezza dei rivestimenti, espressa in gradi Shore D, proporzionale al livello di reticolazione del prodotto.
Ogni tipo di resina correttamente applicata e reticolata, ha un valore caratteristico di durezza Shore D. Tale valore viene riportato nella scheda tecnica del prodotto.

Se il rinterro avviene quando la resina non ha ancora raggiunto la polimerizzazione completa, le caratteristiche anticorrosive del prodotto non sono garantite.

> **controllo visivo**. Il controllo visivo dei rivestimenti applicati consiste nella ricerca dei difetti di applicazione e dei danneggiamenti causati dalle attività di costruzione della struttura.
Una volta individuati, i punti in cui il rivestimento è difettoso devono essere riparati con materiali compatibili e adatti all'applicazione.

Test durezza eseguita con coltello a roncola

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

9. RIFERIMENTI NORMATIVI

Allo scopo di ottenere, dai Fabbricanti di materie prime, dagli Stabilimenti di rivestimento e dalle Imprese operanti in cantiere rivestimenti di qualità, è necessario fare riferimento a specifiche tecniche, ovvero a documenti opportunamente predisposti al fine di vincolare tutte le attività di realizzazione della protezione passiva a precisi criteri di esecuzione e di qualità.
La normativa deve precisare le caratteristiche dei materiali, le corrette metodologie di applicazione, i controlli in fase di realizzazione, i collaudi in fase di accettazione ed i requisiti minimi di accettabilità. In particolare è importante disporre di un piano di collaudo che definisca il tipo, le modalità e la frequenza dei controlli da effettuare.

La tabella seguente riporta i riferimenti normativi per i principali tipi di rivestimento normalizzati.

DENOMINAZIONE DEL TIPO DI RIVESTIMENTO	NORMA DI RIFERIMENTO
Bitume di petrolio	UNI ISO 5256
Polietilene e poliprolilene estruso, triplo strato	UNI EN ISO 21809-1
Nastri di polietilene autoadesivi, a tre strati (biadesivi)	EN 12068
Resine termoindurenti (liquide) epossidiche	ISO 10289
Resine termoindurenti (liquide) poliuretaniche	ISO 10290
Prodotti termorestringenti	UNI EN ISO 21809-3 EN 12068

Collaudo sistema di protezione catodica di una rete esistente

Curiosità operative ed efficienza energetica come traguardo

Lorenzo Spisni – INRETE

RIVESTIMENTI ANTICORROSIVI

Lorenzo Spisni – INRETE Distribuzione Energia S.p.A.

ABSTRACT

Considerando lo sviluppo della metanizzazione in Italia l'attenzione del distributore gas sulla condizione di protezione della rete si associa in forte prevalenza a reti esistenti ed in esercizio da anni se non decenni.
In considerazione di ciò con l'introduzione degli obblighi di servizio è facile capire come l'attenzione delle aziende di distribuzione gas si concentri maggiormente sul mantenimento dell'efficace condizione di protezione di reti gas esistenti, relegando in secondo piano l'elaborazione di progetti innovativi in ambito protezione catodica.

Lo scopo dell'esperienza illustrata in questo documento è quello di dimostrare come, per una rete di distribuzione gas esistente, limitarsi a raggiungere l'obiettivo di una condizione di protezione rappresentata da un indicatore KT che soddisfa gli obblighi di servizio, possa costituire ostacolo ad eventuali approfondimenti e possibili migliorie nell'esercizio e nei costi.
Tra le azioni potenzialmente in grado di produrre **migliorie nell'esercizio** e una diminuzione nei costi di esercizio si possono elencare:

1. la determinazione della densità di corrente;
2. l'eliminazione di contatti con altre strutture;

3. l'implementazione di misure di potenziale mediante sonde di potenziale,
4. aggiornamento dei criteri di protezione;
5. l'installazione di un sistema di monitoraggio continuo da remoto tale da permettere analisi dati e una tempestiva gestione delle anomalie (analisi e gestione eventi verranno trattate nella 2°parte del focus di prossima pubblicazione).

INTRODUZIONE

La grande metanizzazione in Italia, ovvero la distribuzione del gas ai clienti finali, è un processo durato anni dal post-guerra mondiale fino agli anni 2000 e oltre.
Negli anni '50 – '60 la scoperta dei primi giacimenti di metano nella Pianura Padana e nel Mare Adriatico rese l'Italia una delle prime nazioni a voler intraprendere il processo di metanizzazione. Il metano, che veniva utilizzato meramente per l'illuminazione e per l'alimentazione delle auto, venne visto come una nuova fonte di energia nazionale, capace di dare un notevole contributo allo sviluppo economico di un'Italia segnata dal conflitto mondiale.
In questi anni venne costruita in Europa e in Italia la rete distributiva primaria e secondaria del gas naturale, con condutture in grado di collegare i luoghi di estrazione del metano con i luoghi di consumo anche a grandi distanze.
In seguito al sempre più vasto impiego di tubazioni in acciaio con rivestimenti esterni bituminosi ebbe avvio anche l'installazione degli impianti di protezione catodica, per preservare l'acciaio dai fenomeni di corrosione esterna. Si può ritenere che la prote-

zione catodica delle strutture metalliche interrate abbia assunto, in Italia, una precisa connotazione intorno agli anni ‘60, con l’inizio della sua attuazione sistematica da parte delle aziende di maggiori dimensioni.

Oggi l’attività di distribuzione del gas è definita dalla legge, all’articolo 1 del Decreto n. 164/2000 (noto anche come Decreto Letta), quale “il trasporto di gas naturale attraverso reti di gasdotti locali per la consegna ai clienti”.
Con l’entrata in vigore del suddetto Decreto, le varie attività della “filiera” del gas sono state separate ed assegnate a differenti Società che oggi operano sul mercato dell’energia distintamente, con obiettivi e attività diverse.

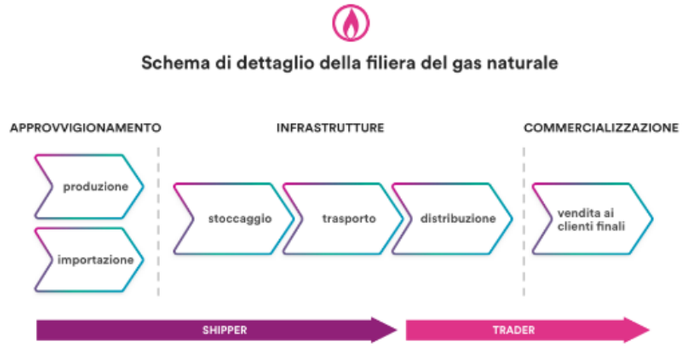


Fig. 1 – La filiera del gas naturale

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

La rete di distribuzione gas in Italia è gestita dai distributori, vale a dire aziende che si occupano appunto del funzionamento e della manutenzione di tale rete.
INRETE Distribuzione Energia S.p.A. è una società costituita da HERA S.p.A. il 29 luglio 2015 per gestire l’attività di distribuzione del gas naturale e dell’energia elettrica.

Fig.2 – Perimetro e dati INRETE DISTRIBUZIONE ENERGIA

La nascita di un Ente Regolatore in Italia (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, AEEG oggi ARERA, istituita in seguito alle decisioni UE del 1996-1998 relative alla liberalizzazione del settore dell'energia elettrica e quello del gas naturale) ha introdotto livelli di qualità e obblighi di servizio a cui si debbono attenere tutte le aziende di distribuzione del gas.

Ad esempio, in ambito protezione catodica, a partire dal 2006, ARERA ha introdotto l'obbligo di presentazione di un 'Rapporto Annuale dello Stato Elettrico di Protezione Catodica dell'impianto di distribuzione gas' ed il calcolo de 'Indicatore KT' come criterio di valutazione annuale dell'efficacia della gestione della protezione catodica di ogni sistema di protezione catodica.

L'Indicatore KT si applica ai soli sistemi a corrente impressa sia gestiti con operatore che monitorati con telesorveglianza; è calcolato valutando sia i criteri di progettazione (adeguata presenza di punti di misura) che quelli di gestione (rilievo di valori di potenziale conformi). L'indicatore è calcolato per ogni singolo sistema sulla base di

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

un punteggio che va da 0 a 100 punti: 30 assegnati alla progettazione ed attribuiti in considerazione dell'adeguatezza della filosofia di sezionamento elettrico e della appropriata dislocazione dei punti di misura, 70 punti assegnati alla gestione del sistema ed attribuiti in relazione ai valori di potenziale rilevati e classificati conformi nel rispetto della normativa tecnica di riferimento. Per un sistema di protezione catodica a corrente impressa, la rete in acciaio è considerata "protetta catodicamente in modo efficace" quando, nell'anno di riferimento, il KT calcolato è uguale o superiore a 60.
Le normative tecniche a supporto della protezione catodica si sono evolute di pari passo alla metanizzazione stessa.
L'evoluzione della normativa in ambito protezione catodica in Italia:

- Anni '70 in Italia la protezione catodica delle strutture metalliche interrate ha assunto una precisa connotazione quando tale tecnica ha cominciato ad essere attuata con sistematicità nelle aziende di maggior dimensione;
- 1981 nasce associazione APCE;
- 1990 UNI ha costituito la "Commissione per la protezione dei materiali metallici contro la corrosione" con il compito di predisporre normative nell'ambito della protezione catodica;
- 2004 viene pubblicata la norma UNI11094 'Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per l'attuazione, le verifiche e i controlli ad integrazione della norma UNI EN 12954 (norma europea uscita nel 2001) anche in presenza di correnti disperse';
- …fino al giorno d'oggi.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

COLLAUDO SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA DI UNA RETE ESISTENTE

IL SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA IN ESAME

> Lo stato di fatto

Viene presa in esame una rete di distribuzione gas esistente di un comune della Pianura Padana, comune dotato di tutti i servizi e sottoservizi presenti nella stessa misura che in una città.

La rete di distribuzione gas presenta le seguenti caratteristiche e installazioni:

- è esercita in 4ª specie, 5ª specie e 7ª specie;
- è costituita da tubazioni in acciaio rivestite in bitume, posate a partire dagli anni ’60 in terreni prevalentemente argillosi;
- ha uno sviluppo in lunghezza totale di circa 14 km, con architettura prevalentemente magliata ma anche in estensione;
- sottoposta a protezione catodica tramite corrente impressa;
- in un’area dove non sono presenti fonti di interferenze elettrica (stazionaria e non stazionaria);
- adeguati sezionamenti elettrici necessari a separare le differenti specie gas;
- adeguati giunti isolanti in linea;
- idonei giunti isolanti d’utenza;
- idonei punti di misura del potenziale.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Fig.3 – Planimetria del sistema di protezione catodica con ubicazione impianto a corrente impressa

Fig.3a – Planimetria con ubicazione dei giunti isolanti e punti di misura del potenziale

> Le motivazione che hanno spinto alle indagini

C'era una volta E_{ON}

Nel 2017 l'impianto a corrente impressa subisce un significativo intervento di manutenzione col rifacimento del dispersore verticale profondo giunto al termine di una vita d'esercizio risultata inferiore al decennio.
Questo dato impose una riflessione e ci stimolò a sottoporre il sistema di protezione catodica ad una revisione completa.
Inoltre, l'introduzione ed evoluzione delle sonde di potenziale sia portatili che fisse sono state la spinta all'innovazione, e la curiosità era tale da accelerarne la valutazione fino all'applicazione in campo con rilievi di E_{SONDA} ed E_{OFF}.

Il sistema era stato gestito per anni nella medesima modalità e con identici parametri impostati sull'impianto a corrente impressa. Di seguito i valori storici: il valore di potenziale impostato non ha mai subito modifiche, mentre il valore di corrente erogata è riferita al 2018 in quanto l'alimentatore era impostato a potenziale costante.

Valore di potenziale	-2.10 V E_{ON}
Corrente erogata	10.5 A

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

> Procedimento utilizzato per la ricerca anomalie

L'idea prese corpo nel 2018, quando la normativa di riferimento attualmente vigente ISO EN 15589-1 non era ancora stata pubblicata; pertanto, la progressione del lavoro fu sviluppata in attinenza a UNI 11094: 2004 (in vigore al momento) e alle nostre esperienze passate.
Ad oggi alcuni passaggi potrebbero essere rivalutati in considerazione della ISO EN 15589-1, ad esempio in riferimento alla densità di corrente i relativi calcoli ed indagini.

La progressione del lavoro è stata così strutturata:

1) in campo
   a) Censimento punti di misura
   b) Efficienza cavi ed elettrodi
   c) Continuità elettrica
   d) Isolamento elettrico (contatti con altre strutture).

2) in ufficio
   a) Analisi dati densità di corrente
   b) Analisi dati valore di potenziale.

3) in campo
   a) Accertamento isolamento elettrico
   b) Livello variabilità
   c) Stato elettrico di riferimento E_{ON}.

4) in ufficio
   a) Determinazione livello variabilità
   b) Individuazione punto di misura critico.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

> L'esperienza operativa: anomalie rilevate e conformità

Le attività descritte in seguito sono state avviate nell'anno 2018. Nel corso della progressione del lavoro abbiamo affrontato delle anomalie: alcune verranno descritte in modo riassuntivo, per altre proviamo a focalizzare l'argomentazione.

1 - IN CAMPO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Censimento punti di misura	Individuazione accurata dei punti di misura.
b) Efficienza cavi	Per la totalità dei punti di misura verifica efficienza di tutte le connessioni e dispositivi installati.
c) Continuità elettrica	Accertamento della continuità elettrica in corrispondenza di tutti i sezionamenti elettrici, con analisi dei valori di potenziale e corrente.
d) Isolamento elettrico (contatti con altre strutture)	Accertamento dell'isolamento elettrico con analisi dei valori di potenziale e corrente. Focus…

Focus isolamento elettrico -ESITO

...il sistema ha una rete idonea al sezionamento elettrico in più tratte, pertanto abbiamo rilevato l'assorbimento di corrente di tutte le tratte sezionate al fine di individuare le tratte con densità di corrente elevata.

Le misurazioni di corrente sono state effettuate impostando sul punto di alimentazione di ogni tratta sezionata il potenziale -1.4 V E_{ON} CSE. Il potenziale è stato di volta in volta ottenuto tramite regolazione dell'impianto a corrente impressa esistente.

Figura 4 - Rappresentazione sezionamento elettrico in più tratte

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

2 - IN UFFICIO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Analisi dati densità di corrente	Focus…
b) Analisi dati valore di potenziale	

Focus densità di corrente -ESITO

Nella tabella vengono rappresentate le tratte (indicate per pressione esercizio) i relativi assorbimenti di corrente e la densità di corrente calcolata.

Pressione di esercizio	Superficie in mq	Corrente A	Densità di corrente mA/mq	
0,02	64,50	0,027	0,42	
0,05 A	255,66	6	23,47	*
0,5	197,84	1	5,05	
2	955,01	1	1,04	
0,05 B	276,33	1,7	6,15	*

* presenza di allacci

Tab.2 - Densità di corrente necessaria per tratta (densità di corrente media 7.23 mA/mq)

L'analisi delle densità medie di corrente ha evidenziato un valore molto più alto della media in corrispondenza della tratta denominata 0,05 A, e sulla quale abbiamo concentrato i nostri sforzi di ricerca delle anomalie.

3 - IN CAMPO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Accertamento isolamento elettrico	Focus…

Focus accertamento isolamento elettrico -ESITO

La ricerca delle anomalie, effettuata con utilizzo di un localizzatore (la cui tecnica verrà descritta nel successivo capitolo), ha portato all'individuazione di alcuni giunti isolanti d'utenza il cui fattore dielettrico risultava probabilmente compromesso.
Decidiamo di non procedere ad alcuna sostituzione di giunti isolanti d'utenza e questa scelta si rivelerà azzeccata in quanto, in una analisi successiva, stabiliamo come l'elevata erogazione di corrente del dispersore dell'impianto a corrente impressa, associata ad un impianto di terra collegato a valle di un sezionamento elettrico della rete, possa indurre un potenziale da interferenza stazionaria, vedi EN 50162 allegato E.
Tant'è che il tratto di rete 0,05 A è la più vicina al dispersore verticale di corrente.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

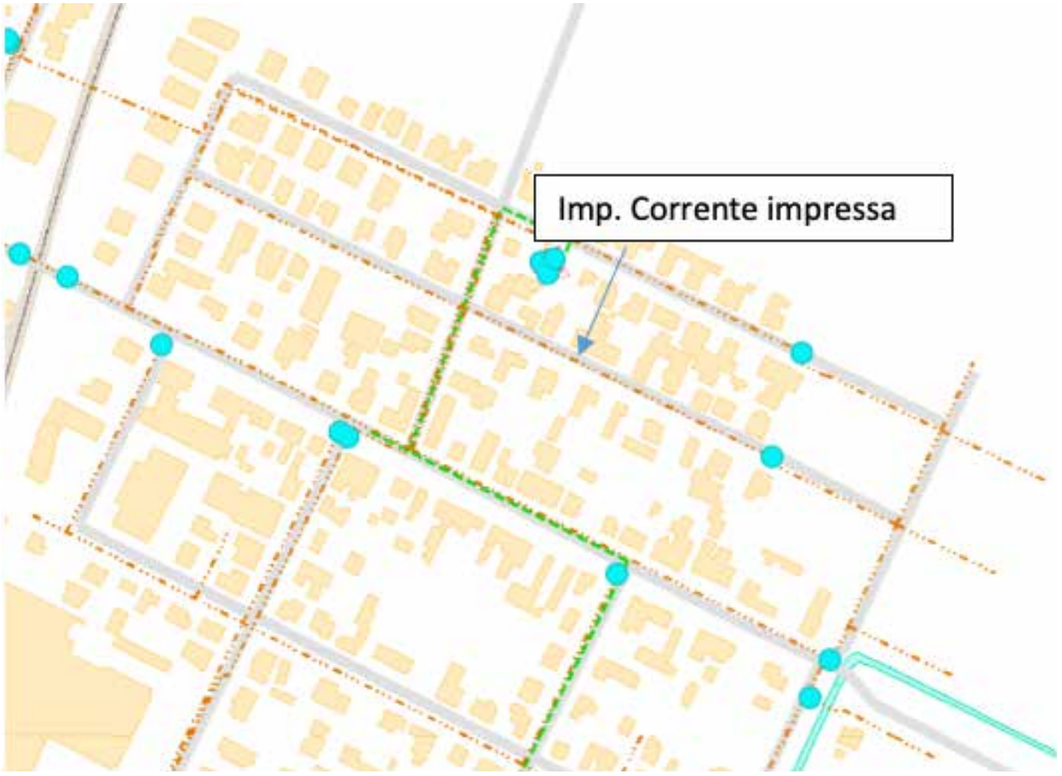


Figura 4a - Rappresentazione Tratta 0,05 A (tracciato rosso in alto)

3 - IN CAMPO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
b) Livello variabilità	Eseguito con impianti spenti e registrazioni h24 eseguite dopo depolarizzazione rete per alcuni giorni
c) Stato elettrico di riferimento E_{ON}	Registrazioni h24

4 - IN UFFICIO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Determinazione livello variabilità	Bassa Variabilità – Assenza di interferenze non stazionarie e stazionarie
b) Individuazione punto di misura critico	Analisi dei valori di potenziale E_{ON} e individuazione dei punti di misura con valori più positivi. Focus…

Focus individuazione punto di misura critico -ESITO

Analisi dei valori di potenziale E_{ON}.

Identificazione del punto di misura con valori più elettropositivi.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

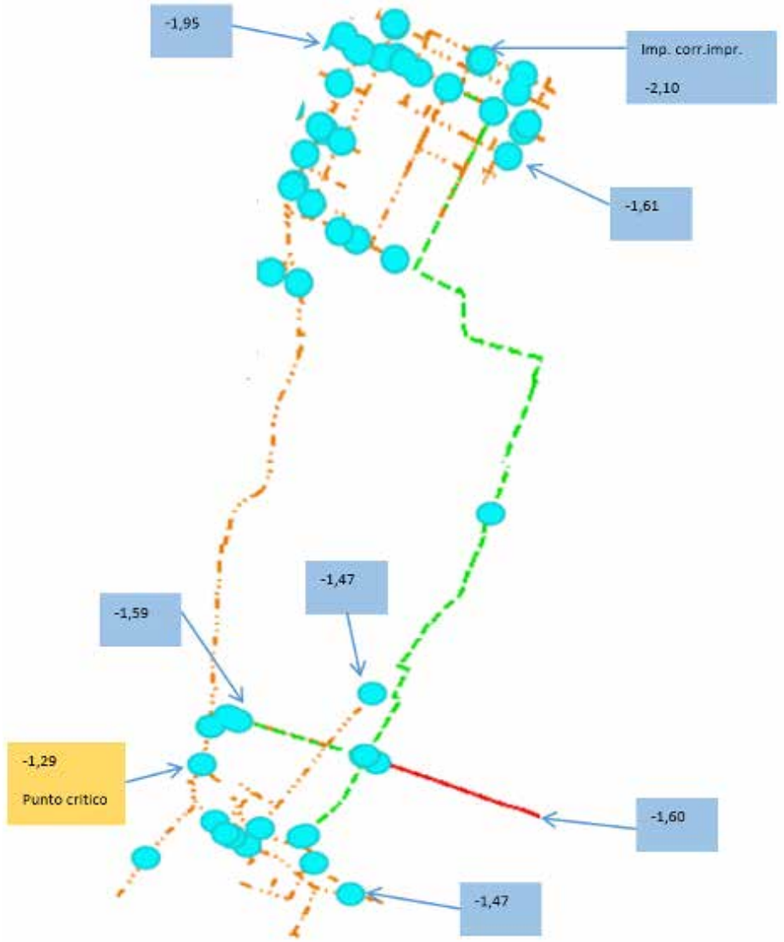


Fig.5 - Rappresentazione valori medi del potenziale E_{ON} e scelta del punto critico.

> Evoluzione del mestiere: uso della sonda di potenziale

Si prospettò l'occasione per installare una sonda di potenziale in campo e ottenere dei rilievi di E_{SONDA}.

Alla base alcune considerazioni, quali:

> la posizione dell'impianto a corrente impressa tale da accentuare il fenomeno dall'attenuazione del potenziale, essendo ubicata presso una estremità della rete del sistema,
> l'incertezza dato dal valore E_{ON} (probabile presenza di caduta ohmica),
> la possibilità di utilizzare sonde di potenziale portatili (EN 50162), ci hanno indotto ad effettuare una prova: utilizzare una sonda di potenziale portatile in prossimità del punto critico, cioè quello col potenziale E_{ON} più elettropositivo nell'intera rete.

La progressione del lavoro è stata così strutturata:

5) in campo
   a) Utilizzo di nuovi dispositivi: sonde di potenziale portatili
   b) Installazione sonda di potenziale fissa
   c) Impostazione finale impianto a corrente impressa.
6) In campo
   a) Nuova densità di corrente
   b) Nuovo stato elettrico di riferimento
7) in ufficio
   a) Popolazione dei dati di riferimento sul sistema di monitoraggio in continuo
   b) Gestione degli eventi.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

> L’esperienza in campo: uso della sonda di potenziale

5 - IN CAMPO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Utilizzo di nuovi dispositivi: sonda di potenziale	Installazione sonda di potenziale portatile nel punto più critico, con l’obiettivo di regolare l’impianto per ottenere -1.0 V ESONDA [6]. Focus…

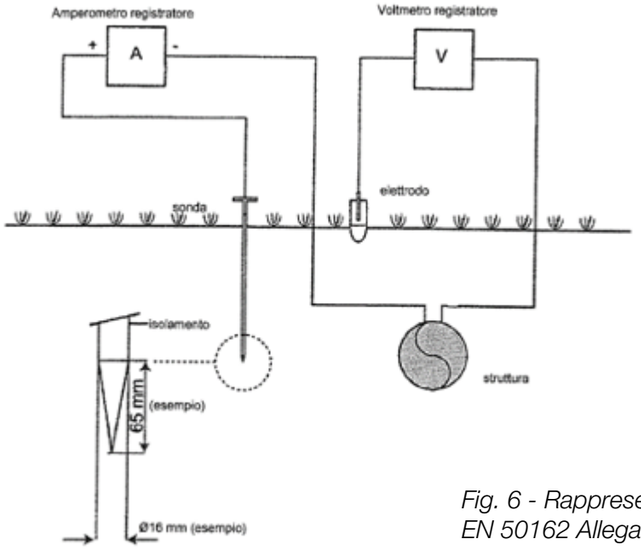


Fig. 6 - Rappresentazione sonda di potenziale portatile, EN 50162 Allegato D.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Focus sonda di potenziale portatile -ESITO

Temporaneamente **presso il punto critico** viene posata una **sonda di potenziale portatile**.
Dopo un adeguato tempo di polarizzazione del coupon, si è provveduto a regolare l'impianto a corrente impressa al fine di ottenere un E_{SONDA} = -1.0 V (con caduta ohmica trascurabile).
L'alimentatore è impostato a potenziale costante.
La misura E_{SONDA} = -1.0 V è una misura di breve durata.
Il **risultato ottenuto presso l'impianto è stato il seguente**:

	prima	dopo
Valore di potenziale	-2.10 V E_{ON}	**-1.30 V E_{ON}**
Valore di potenziale	10.5 A	**3.0 A**

L'installazione della sonda portatile e il relativo rilievo del potenziale E_{SONDA} sul **punto critico** hanno dunque sancito la possibilità di ottenere una **drastica riduzione di corrente erogata dall'impianto a corrente impressa**.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

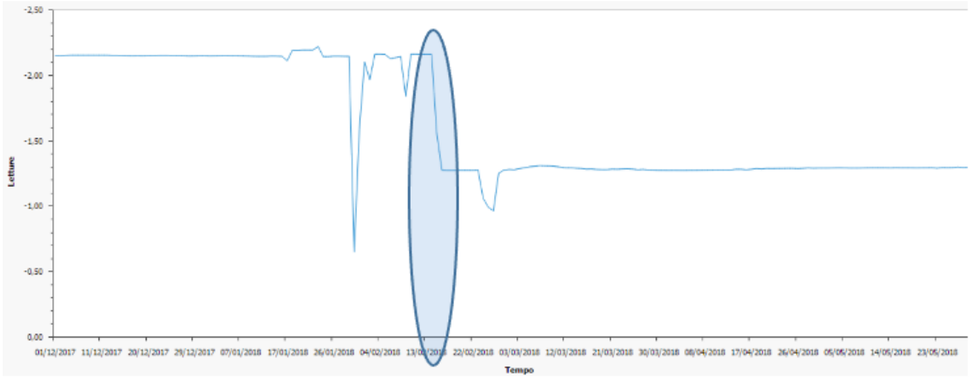


Fig. 7 - Andamento valori medi potenziale impianto corrente impressa prima e dopo la regolazione con E_{SONDA} sul punto critico.

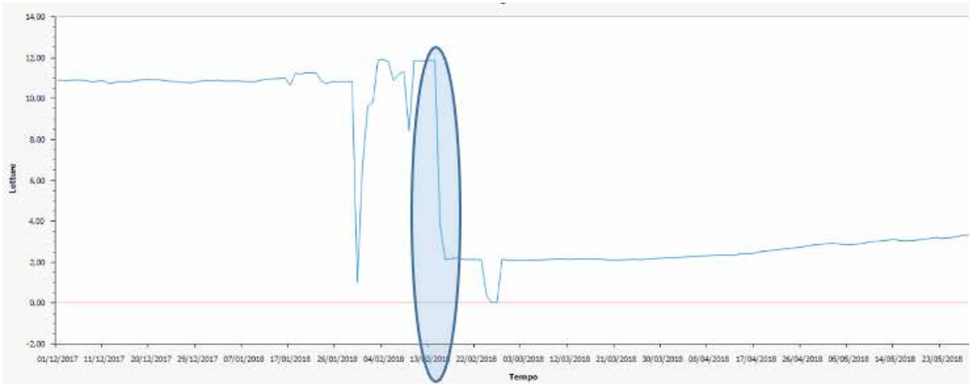


Fig. 8 - Andamento valori medi corrente erogata impianto corrente impressa prima e dopo la regolazione con E_{SONDA} sul punto critico.

Dopo la prova con la sonda di potenziale portatile installata temporaneamente, l'idea ulteriore fu il posare provvisoriamente la sonda di potenziale portatile e monitorarne il valore di potenziale in modalità in continuo.
Poi in fase successiva la sonda portatile venne sostituita con sonda di potenziale fissa.

5 - IN CAMPO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
b) Installazione sonda di potenziale fissa	Installazione sonda di potenziale fissa modello Cerbero by Elettrotecnica Adriatica s.r.l. Cervia (RA) Italia.
e) Impostazione finale impianto a corrente impressa	Regolazione fine e impostazione corrente di base.

Focus sonda di potenziale fissa –ESITO

L'analisi dell'andamento del potenziale (E_{SONDA}) sul punto di misura critico non denota nessuna variazione significativa successivamente all'installazione della sonda di potenziale fissa modello Cerbero in sostituzione di quella portatile.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

6 - IN CAMPO

Fase successiva in campo:

a) Nuova densità di corrente: esecuzione assorbimenti di corrente delle tratte (in tabella indicate per pressione esercizio) con nuova erogazione in impianto a corrente impressa e calcolo della NUOVA densità di corrente:

Pressione di esercizio	Superficie in mq	Assorbimento post sonda (A)	Nuova Densità di corrente mA/mq
0,02	64,50	0,0067	0,1
0,05 A	255,66	1.7	6.66
0,5	197,84	0.25	1.2
2	955,01	0.5	0.52
0,05 B	276,33	0.425	1.53

Tab. - Nuova densità di corrente per tratta

b) Nuovo stato elettrico di riferimento.

7 - IN UFFICIO	
Attività	**Anomalie - Conformità**
a) Sistema di monitoraggio e popolazione dei dati di riferimento	Popolazione sul sistema di monitoraggio in continuo dei dati dello stato elettrico di riferimento (almeno su valore medio di corrente erogata da impianto a corrente impressa).
b) Gestione degli eventi	Report giornaliero su scarto +- xx% dal valore medio di corrente erogata da impianto a corrente impressa.

> CONCLUSIONI

L'esperienza del passaggio dal valore di potenziale E_{ON} ad E_{SONDA} sul punto critico del sistema di protezione catodica ha avuto impatti sorprendenti verso la gestione e il mantenimento della condizione di protezione della rete di distribuzione gas.
Oggi, nel 2022, è possibile testarne l'affidabilità e l'efficienza tramite il sistema di monitoraggio della condizione di protezione e apprezzarne i benefici in termini di riduzione dei costi di esercizio e facilità di gestione degli eventi.

A testimonianza del lavoro in presentazione si pone in evidenza l'efficientamento straordinario dei costi di esercizio di fornitura elettrica ottenuti, rappresentati nella seguente tabella:

POD IT001E5382xxxx						
Anno	Energia attiva _Kwh/anno	KWh/giorno	Costo Totale Fattura _€/Anno	note	RAFFRONTO 2015-2021	
2015	3124	8,56	553,33		KW/anno RIDUZIONE del	€/anno RIDUZIONE del
2016	2418	6,61	403,09	Dispersore in esuarimento		
2017	693	1,90	170,01	Rinnovo dispersore	89%	69%
2018	802	2,20	248,56	Avvio esperienza		
2019	263	0,72	192,64			
2020	297	0,81	166,08			
2021	352	0,96	168,87			
2022	107	0,89	54,56	dati al 30/04/22		

Tabella 1 – Andamento di consumi e costi di approvvigionamento per energia elettrica 2015 – 2022

> Tra le azioni in grado di produrre migliorie nell'esercizio possiamo certamente elencare certezze quali:
> Andamento dei valori di potenziale ottenuti nel tempo nel punto critico (fig.10);
> Affidabilità della sonda di potenziale Cerbero (fig.10);
> Andamento valori di corrente erogata dall'impianto a corrente impressa (fig.11);
> Impatto sui costi di esercizio storici di fornitura elettrica (Tabella 1);
> Riduzione delle interferenze elettriche nel sottosuolo;
> Probabile aumento della vita totale del dispersore verticale profondo;
> Probabile riduzione dei guasti in apparecchiatura alimentatore;
> Migliore gestione degli eventi (notare le variazioni cerchiate in azzurro figlie di un evento che verrà trattato nella 2°parte del focus di prossima pubblicazione).

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

A esempio:

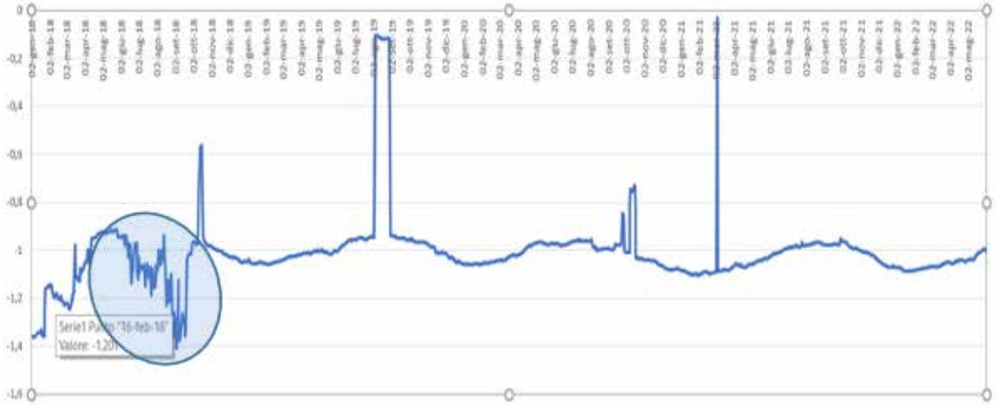


Fig. 10 - Andamento valori di potenziale medi del punto critico dal 2018 al 2022

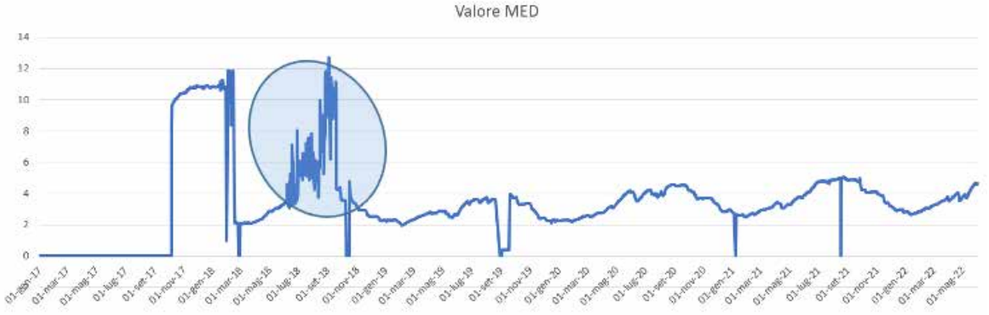


Fig. 11 - Andamento valori medi di corrente in impianto a corrente impressa dal 2018 al 2022

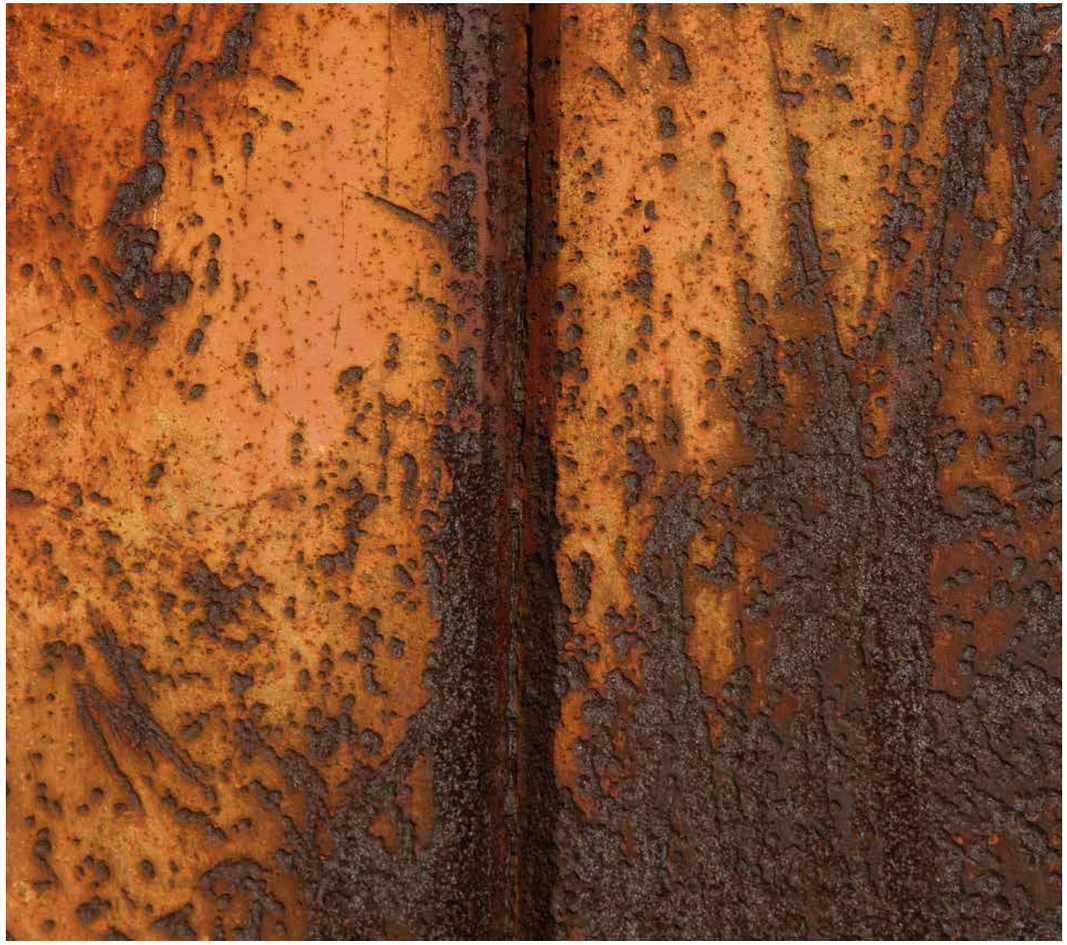
Ringraziamenti per il contributo vanno ai miei collaboratori:

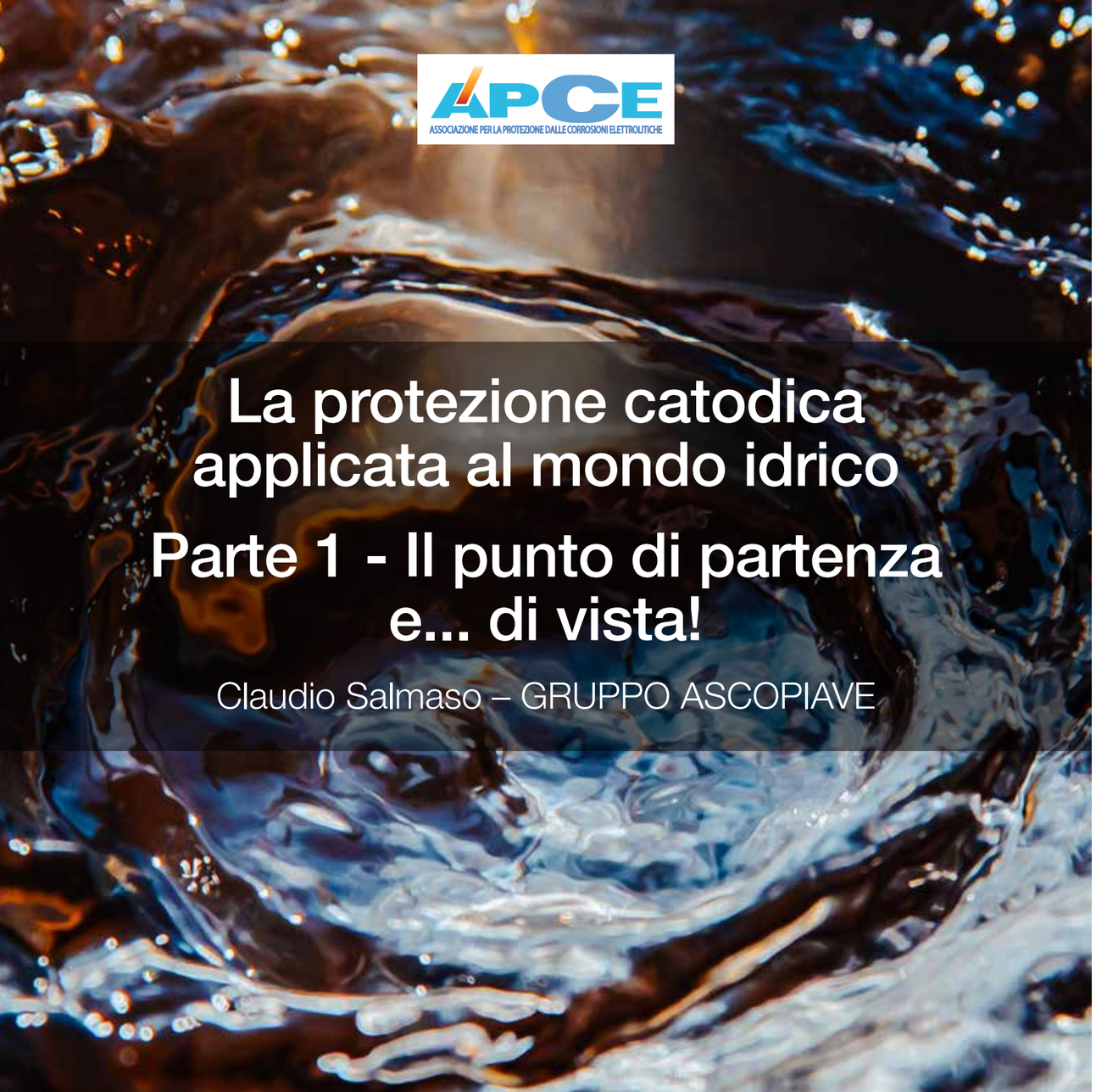
Tassinari Massimo
Vandelli Gianni
Albertini Matteo
Babini Stefano
Malagoli Massimo
Pocaterra Alessandro

Contatti:

E-mail: *lorenzo.spisni@inretedistribuzione.it*
Tel.: +39.3485180984

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?





LA PROTEZIONE CATODICA APPLICATA AL MONDO IDRICO PARTE 1 – IL PUNTO DI PARTENZA E... DI VISTA!

Intervista a Claudio Salmaso
GRUPPO ASCOPIAVE S.p.A.

Cominciamo con una domanda schietta, nelle infrastrutture acqua e gas la protezione catodica può venire applicata con le stesse modalità?

Purtroppo no! Bisogna fare una doverosa premessa, le reazioni di ossido riduzione che avvengono sulla superficie dei metalli sono identiche e anche gli impianti di protezione catodica presentano uguali caratteristiche, vi sono però delle differenze sostanziali legate alla diversità del fluido trasportato e alle differenti tipologie costruttive.

A cosa si riferisce in particolare quando parla di fluido trasportato?

Innanzitutto, l'acqua, a differenza dei gas, dal punto di vista elettrico è un conduttore, la sua conducibilità è direttamente proporzionale alla quantità di sali disciolti, ciò implica che le superfici interne delle tubazioni sono soggette a corrosione indipendentemente dall'applicazione della protezione catodica sulle superfici esterne; pertanto, è indispensabile che le tubazioni per trasporto e distribuzione acqua siano rivestite internamente.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

In passato si usava la cementite, ancora oggi ampiamente usata all'interno delle tubazioni in ghisa; oggi, i rivestimenti all'interno delle tubazioni in acciaio sono realizzati in resina epossidica o in resina poliammidica (D.M. n. 174 del 06/04/2004). La mancata attuazione di quanto descritto, porta spesso a corrosioni dall'interno della tubazione verso l'esterno, corrosioni che vengono spesso attribuite in maniera erronea alla non corretta applicazione della protezione catodica delle superfici esterne.
Inoltre, è presente il problema del "salto del giunto isolante": inutile dire che nei metanodotti il fenomeno è ovviamente assente. Anche se le condotte sono internamente rivestite, le saldature che uniscono il giunto isolante non lo sono, pertanto si possono avere fenomeni corrosivi sui lati a massa del giunto; nota dolente… spesso il salto del giunto isolante non viene considerato in fase di progettazione.

Abbiamo anche accennato a una differenza relativa alle tipologie costruttive, cosa vuol dire?

Storicamente nelle reti di distribuzione e trasporto gas metano, tubazioni, valvole e altri elementi sono sempre accoppiati mediante saldatura. Negli acquedotti, di solito, le tubazioni vengono accoppiate per saldatura, ma altri elementi vengono inseriti con accoppiamento meccanico. Un semplice esempio sono le saracinesche, definite come organi di sezionamento e parzializzazione idraulica; tali elementi sono spesso flangiati e, se interrati, possono creare problemi di isolamento che inficiano sulla "resistenza di isolamento" dell'intera struttura. La situazione è inoltre aggravata

dalla presenza di elementi meccanici installati in serie con la saracinesca allo scopo di facilitarne lo smontaggio e la sostituzione. Mi riferisco ai giunti Gibout e ai Bout. La presenza di tali elementi, oltre a peggiorare l'isolamento dell'infrastruttura, interferisce anche sulla continuità elettrica, quest'ultima indispensabile per l'applicazione della protezione catodica.

In merito alle problematiche sopra esposte vi sono diversità tra adduzione e distribuzione?

Sostanzialmente si! Nella distribuzione la situazione è peggiore dal punto di vista costruttivo, in quanto nella realizzazione delle derivazioni di utenza vengono impiegati collari meccanici con attacco filettato, la cui installazione implica la rimozione del rivestimento con conseguente esposizione del metallo verso il terreno. Inoltre, la presenza di rubinetti presa e altri sistemi di giunzione rendono la situazione particolarmente gravosa. Le densità di corrente nella distribuzione sono maggiori rispetto a quelle che si riscontrano nell'adduzione e, spesso, questo porta a notevoli interferenze verso altre infrastrutture.

Qual è la situazione ad oggi delle infrastrutture esistenti adibite a trasporto e distribuzione idrica?

Mi aspettavo questa domanda. A questo punto dobbiamo fare una doverosa pre-

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

messa. Stiamo vivendo una situazione molto difficile, l'acqua è un bene di importanza fondamentale per la vita, buona parte della popolazione italiana è portata a pensare che il problema della scarsità d'acqua riguardi soltanto gli abitanti dei paesi in via di sviluppo o dove regna la siccità. Nulla di più sbagliato. Anche nel nostro Paese, infatti, sono numerosissime le famiglie costrette a far fronte ad un accesso razionato dell'acqua e non soltanto nel periodo estivo. Secondo alcuni recenti studi circa il 70% della Sicilia è già a rischio desertificazione, così come un quinto dell'intero territorio italiano, e la situazione è destinata a peggiorare nel futuro. Tra poche decine di anni, a causa dei cambiamenti climatici in atto e per effetto del riscaldamento globale, vivremo fenomeni atmosferici ed ambientali sempre più violenti, seguiti da lunghi periodi di siccità, con inevitabili conseguenze sull'agricoltura e sulla disponibilità d'acqua.

Ciò premesso, riguardo le nostre reti idriche, bisogna ammettere che la situazione non è purtroppo delle migliori. In Italia abbiamo una rete di trasporto e distribuzione molto estesa, lunga circa 500000 km. Circa il 35% è realizzato in acciaio, ma buona parte di questa percentuale ha superato la vita utile. Alcune tubazioni non hanno mai visto l'applicazione della protezione catodica, in altri casi la protezione catodica è stata applicata per pochi mesi, magari fino al primo guasto delle apparecchiature, poi non si è più provveduto al ripristino. È importante sottolineare che gli acquedotti italiani perdono circa il 42% del fluido trasportato; questo, in parte, è dovuto anche alla mancata applicazione della protezione catodica e alla conseguente corrosione.

Quali sono le cause di tale situazione?

Innanzitutto l'aspetto legislativo, vige ancora oggi l'idea che ciò che non è obbligatorio è facoltativo, quindi non necessario, ma spesso non è stato valutato l'aspetto economico e la durabilità nel tempo dell'infrastruttura, che avrebbe permesso, con un piccolo aggravio economico rispetto al costo generale di realizzazione dell'opera, di garantire la vita di progetto delle nostre condotte. Un'altra problematica è l'aspetto formativo di cui abbiamo già parlato, non ultimo il fatto che l'acqua non è pericolosa come il gas metano.

Ma a questo punto perché non si applica la protezione catodica alle infrastrutture esistenti?

Purtroppo non è così semplice, in primo luogo bisogna essere chiari sul fatto che un'infrastruttura alla quale non è stata mai applicata la protezione catodica presenta una serie di problematiche di non facile soluzione, ad esempio l'assenza di continuità elettrica longitudinale. Mi riferisco all'inserimento di materiali diversi da quelli metallici (PVC, polietilene ecc.) che sono stati utilizzati per sostituire i tratti di condotta ammalorati dalla corrosione nel tempo. Spesso questi interventi non sono sempre referenziati all'interno dei sistemi cartografici, ma anche alla presenza di rivestimenti staccati dalla superficie metallica e non ultimo, contatti con altre infrastrutture.
La corrente necessaria alla protezione dell'infrastruttura potrebbe quindi risultare ele-

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

vata e tale da indurre interferenze su altre infrastrutture. La messa in protezione di opere esistenti deve quindi essere analizzata in maniera profonda con particolare attenzione alle condizioni di contorno al fine di evitare danni anche all'infrastruttura stessa.

Ha una proposta per sanare la situazione delle reti già posate?

Vista l'impossibilità di sostituire le reti di adduzione in breve tempo, bisogna agire quanto prima sull'esistente. Bisognerà elaborare una linea guida con all'interno dei criteri che permettano di rallentare la corrosione, ripeto rallentare!!! La protezione catodica potrebbe essere applicata senza pretendere tassi di riduzione della corrosione come quelli che vengono applicati ai metanodotti, bisognerà accettare una riduzione minore, ciò permetterebbe di allungare la vita delle infrastrutture esistenti riducendo le perdite, senza creare danni sulle infrastrutture di terzi.
A questo punto, aggiungo, che bisogna essere chiari con i committenti, non si può pensare di eliminare completamente il problema, ma di ridurne l'entità, è importante infatti la divulgazione della scienza relativa alla protezione dalla corrosione, la protezione catodica non può continuare ad essere un mistero, la scienza deve essere alla portata di tutti, ciò al fine di far capire che, a questo punto e in molti casi, la corrosione potrà essere soltanto rallentata.

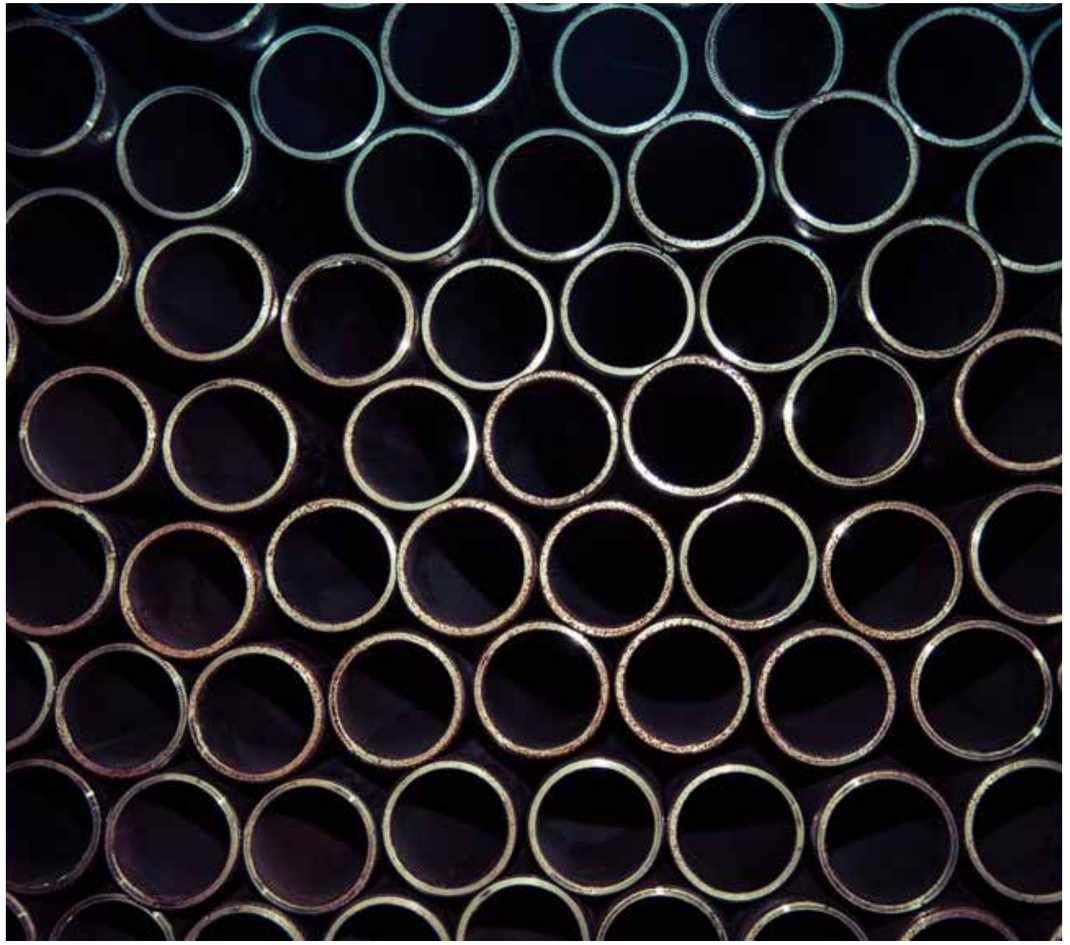
Abbiamo parlato di reti di adduzione, per le reti esistenti di distribuzione vale quello di cui abbiamo appena parlato?

Purtroppo no! Quanto sopra descritto può essere applicato solo alle reti di adduzione. Per le reti di distribuzione, la quantificazione economica degli interventi propedeutici alla messa in protezione potrebbe essere molto elevata, soprattutto su reti inserite all'interno di contesti cittadini dove sono presenti innumerevoli sottoservizi. Bisogna aggiungere che la mancanza di giunti dielettrici sulle diramazioni di utenza obbliga al rifacimento di quest'ultime con la conseguente soluzione di sostituire anche la condotta principale.
Diverso il caso delle reti di adduzione dove forse si può ancora tentare di agire.

Parliamo di sicurezza, sui luoghi di lavoro è importante sotto molteplici aspetti, ma il più rilevante riguarda la salute dei dipendenti e in questo caso degli operatori addetti alla gestione della protezione catodica, rispetto al mondo dei gasdotti, nel settore idrico i rischi sono maggiori?

Anche in questo caso dobbiamo fare una premessa, in riferimento al rischio elettrico, al rischio ambientale e al rischio scavi. Nulla cambia, anche la gestione delle interferenze all'interno dei cantieri è la medesima.
Diversamente nel caso dei sistemi idrici si riscontra un aspetto di sicurezza a volte

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



trascurato, ovvero la presenza di pozzetti e camerette interrate, ad esempio il DM 04/04/2014 *(Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto)* prescrive che i tubi guaina degli attraversamenti ferroviari devano terminare all'interno di adeguati pozzetti che, spesso, contengono anche gli organi di manovra.
A volte tali pozzetti, nel caso di grandi diametri, raggiungono volumi di 50-60 m3, con profondità di 4-6 m, spesso queste cavità si riempiono d'acqua di falda e l'interno è particolarmente buio; si tratta di luoghi confinati a cui si accede attraverso sigilli in ghisa di medie dimensioni (passi d'uomo), in questo caso la discesa all'interno, per ispezioni, saldature di cavi ed eventuali misure deve essere gestita con particolari procedure che comprendono corsi di formazione, monitoraggio dell'atmosfera prima dell'accesso e anche all'interno durante le lavorazioni, la discesa deve essere effettuata con particolari dispositivi di "recupero" e in loco deve essere presente personale addetto al "primo soccorso", sussiste inoltre il rischio di annegamento.
Non basta quindi la formazione prescritta dalla norma UNI EN ISO 15257:2017, ma servono il pieno rispetto del Dlgs 81/08 e del DPR 177/2011, se ciò non viene rispettato le conseguenze possono essere gravissime, si può arrivare alla morte!
Nell'ambito dei gasdotti si riscontrano casistiche estremamente basse sui luoghi confinati.

Nel mondo del trasporto e distribuzione gas metano si segnala un'importante evoluzione sul monitoraggio dei sistemi di protezione catodica, e nel mondo idrico?

Nel 2017 è stata introdotta norma UNI EN ISO 15589-1, nel 2019 UNI ha emesso un'integrazione con il rifacimento della norma UNI 11094, questo processo ha determinato un profondo cambiamento nel monitoraggio dei sistemi di protezione catodica. È stata puntualizzata l'importanza di eseguire il collaudo del sistema di protezione catodica e un'accurata caratterizzazione dei posti di misura unita all'uso di sonde di potenziale. In conseguenza di ciò APCE con i propri comitati tecnici sta emettendo opportune linee guida, mentre il Politecnico di Milano sta apportando un notevole contributo alle metodologie di collaudo delle sonde di potenziale.
Ciò premesso, nel mondo del gas, stiamo abbandonando la verifica dei sistemi di protezione catodica con il rilievo del potenziale ad impianti inseriti, nel mondo idrico, in alcuni casi, non si verifica nemmeno la funzionalità dell'alimentatore a corrente impressa, in molto casi, ci si limita al rilievo del potenziale ad impianti inseriti sui pochi punti di misura esistenti. Applicare le stesse norme e linee guida che nel gas si stanno perfezionando proprio in questo periodo non è possibile, serve un approccio graduale che nel tempo possa garantire un'evoluzione crescente sul fronte dei monitoraggi. Si pensi al fatto che nel mondo idrico è difficile riscontrare l'esistenza di uno "stato elettrico di riferimento" e di un "collaudo", non parliamo della misura della resistenza di isolamento, lettera morta!

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Vi sono comunque gestori virtuosi che eseguono misure con programmi di controllo simili a quelli del mondo gas, in altri casi è stata introdotto anche la telesorveglianza, ripeto è in corso una crescita se pur lenta.

Ci sono implicazioni con gli aspetti legislativi nella diversità di applicazione della protezione catodica tra mondo idrico e mondo gas?

Si, ad oggi possiamo affermare con sicurezza che gli aspetti legislativi hanno giocato un ruolo molto importante nell'applicazione della protezione catodica, mi permetta di introdurre qualche nota storica. Nel 1952, un mese prima che accadesse il tragico incidente di via Chiasserini a Milano, il Ministero dell'Interno con la Circolare n°38 del 5 maggio, imponeva la protezione catodica abbinata ai rivestimenti nella costruzione dei metanodotti.
Nel 1953 abbiamo l'emanazione della prima Circolare del Ministero dei Trasporti n°28 del 24 gennaio, riguardante attraversamenti e parallelismi, di metanodotti e oleodotti, con Ferrovie dello Stato e Tranvie.
Per attraversamenti e parallelismi ferroviari seguirà il primo Decreto Ministeriale (12/07/66), dove si parla di liquidi (acquedotti) e gas; segue un perfezionamento nel febbraio 1971 (DM 23/02/1971) e una completa revisione nel mese di aprile del 2014 (DM 04/04/2014).
Per la distribuzione e il trasporto di gas naturale abbiamo l'emanazione del DM 24/11/84 dove viene imposta la protezione catodica abbinata ai rivestimenti, suc-

cessivamente la revisione di quest'ultimo Decreto porta a conservare tali obblighi (DM 16/04/2008 distribuzione gas metano; DM 17/04/2008 trasporto gas metano).
Fatto molto importante da non dimenticare, nel 1981 nasce APCE.
Fatta questa doverosa descrizione legislativa, anticipo la prossima domanda, **e per gli acquedotti?** Soltanto per gli attraversamenti ferroviari e per il resto… Qualche consiglio e raccomandazioni spesso ignorate.
L'obbligatorietà ha fatto in modo che nell'ambiente dei gasdotti si sia sviluppata una maggiore attenzione e professionalità nel settore della protezione catodica, mi dispiace dover affermare che nel settore idrico siamo rimasti al palo.

Come possiamo riuscire a cambiare la situazione invertendo la rotta?

Guardi, sinceramente nelle nuove infrastrutture ho già notato un'inversione di tendenza, anche se noto ancora molte difficoltà dovute ad un cambio di mentalità non semplice da attuare. Legiferare sull'obbligatorietà penso sia un processo difficile che richiederà ancora molto tempo, e nel frattempo non possiamo stare a guardare. Gli sforzi di APCE stanno gradualmente invertendo la rotta, mi piace ricordare il ruolo di APCE: *associazione a carattere culturale-scientifico, senza finalità di lucro, fondata nel 1981 per coordinare tutte le azioni necessarie a proteggere le infrastrutture soggette a corrosione*.
Dobbiamo inoltre ricordare che APCE è stata riconosciuta dall'**Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il sistema idrico** come organismo tecnico competente per

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

la definizione delle **linee guida** nel campo della protezione catodica di condotte metalliche adibite alla distribuzione al trasporto del gas naturale e alle flow line di collegamento degli impianti di stoccaggio del gas naturale

All'interno di APCE sono presenti due Soci di rilievo:

- **Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**
- **Ministero delle imprese e del made in Italy (MIMIT)**

APCE deve continuare a fare da elemento trainante unendo i vari enti preposti come già fatto ad oggi. Molti risultati importanti sono stati raggiunti anche grazie alla fattiva collaborazione con il Politecnico di Milano a cui, personalmente, vanno i miei ringraziamenti per l'eccellente livello scientifico raggiunto ed anche per l'impegno profuso.
Un ruolo molto importante è nelle mani del progettista, parlo del tecnico che si occupa del progetto degli elementi del sistema di protezione catodica, certificato secondo quanto disposto dalla norma UNI EN ISO 15257:2017, deve essere coinvolto subito dall'inizio, invece spesso gli viene chiesto di applicare la protezione catodica ad infrastrutture di trasporto e distribuzione acqua già progettate, deve essere comunque considerato che le infrastrutture di trasporto e distribuzione nel mondo idrico sono lievemente più complesse rispetto al modo gas.
Ricordo che al progettista è richiesto di occuparsi anche della scelta dei rivestimenti e ciò non è possibile se non viene preventivamente concordata la scelta, in fase di progetto, degli elementi attinenti il processo fluidodinamico.
Continuo a vedere progetti di sistemi di protezione catodica applicati al settore idrico

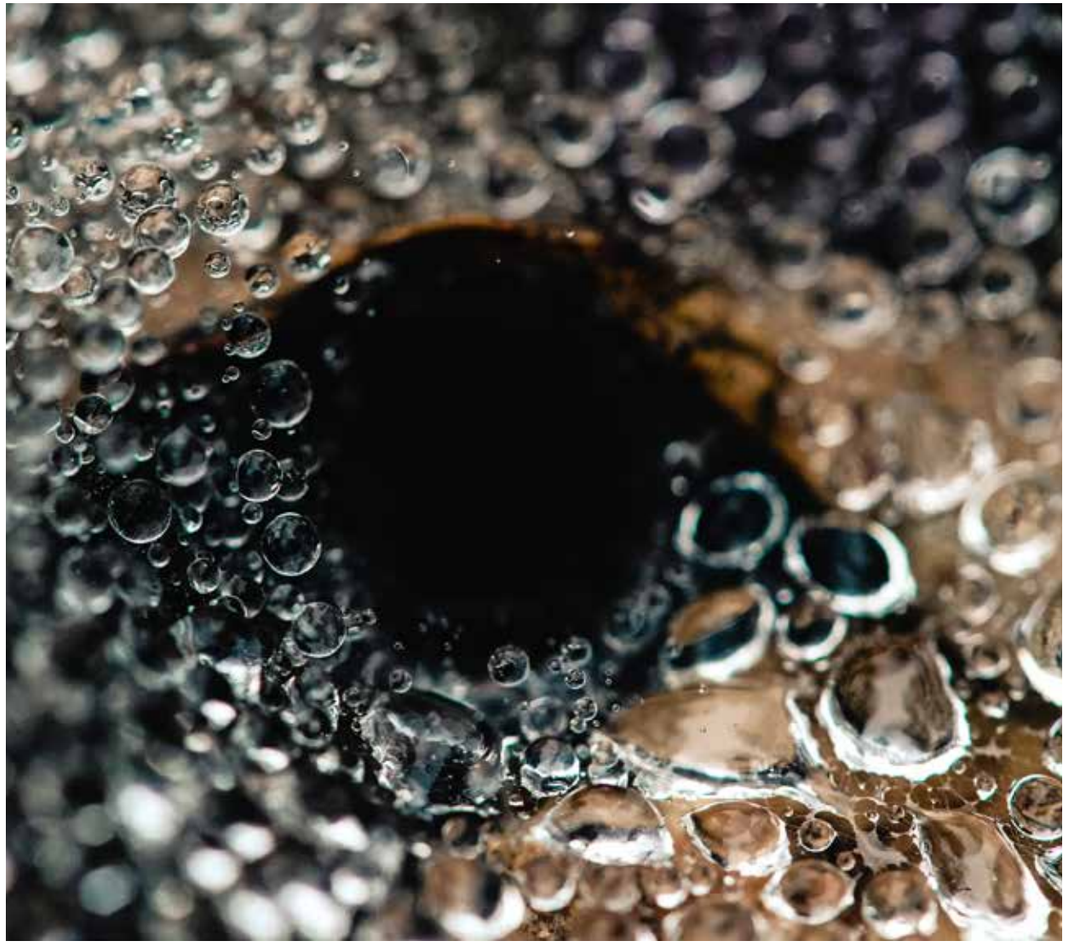
che non considerano il salto del giunto dielettrico, progetti che sono mere descrizioni sulla protezione catodica, oppure progettisti che non considerano la problematica relativa alla corrosione interna, tutto questo non è ammissibile.
Vedo anche degli ottimi progetti che poi non vengono applicati del tutto o solo in parte; quindi, è importante il ruolo della Direzione Lavori, quest'ultima deve comprendere tecnici certificati secondo quanto disposto dalla norma UNI EN ISO 15257:2017.
I controlli devono essere estesi anche e, soprattutto, ai rivestimenti.
Ma vorrei ricordare che al conseguimento del risultato è necessario anche il rispetto delle normative applicabili al settore della protezione catodica, non solo in fase di progetto, ma anche in fase di realizzazione, parliamoci chiaro, la norma UNI EN ISO 15589-1, può in buona parte essere applicata, anche se non specifica per il settore di applicazione come altre norme che se applicate potrebbero dare un enorme impulso qualitativo al settore idrico.

Informazioni sull'autore

Claudio Salmaso è un tecnico di protezione catodica, certificato dal 2005, attualmente Livello 4, settore terreno, secondo EN ISO 15257:2017.
Attualmente svolge la funzione di Esaminatore e valutatore presso APCERT in ottemperanza alla UNI EN ISO 15257.
Lavora nel campo della protezione catodica per la distribuzione acqua e gas dal 1991, si occupa anche di impianti elettrici ordinari e speciali (ATEX), telecontrollo e automazione industriale.

E-mail: *claudio.salmaso@apretigasnordest.it; claudes1669@gmail.com*
Tel.: +39.3406606517

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



APCE E GLI IMPEGNI NELLA RICERCA CON GLI ATENEI

Prof. Marco Ormellese – *PoliLaPP – Laboratorio di Corrosione dei Materiali "P. Pedeferri" – Politecnico di Milano*

Il Politecnico di Milano, ed in particolare il gruppo di Corrosione e Protezione dei Materiali (ora gruppo PoliLaPP - ***http://polilapp.chem.polimi.it/***) guidato storicamente dal prof. Pietro Pedeferri, ha da sempre collaborato con APCE. A partire dagli anni '90 la collaborazione ha principalmente riguardato l'erogazione di corsi di formazione per il personale addetto di protezione catodica. Negli anni i corsi sono andati via via perfezionandosi e nell'ultimo decennio si sono allineati alle regole dettate dalle norme di settore, in particolare alla norma ISO 15257 e ISO 15589-1. Oltre ai cicli storici di corsi dedicati alla protezione catodica di strutture interrate sono stati erogati negli anni anche corsi nel settore mare e calcestruzzo, quest'ultimo addirittura in lingua inglese. Ma sull'organizzazione dei corsi torneremo in un prossimo "focus".

A partire dal 2013, il presidente APCE, l'Ing. Mauro Cannizzo, coadiuvato dal suo segretario Lucio Venturini, ha iniziato un percorso di finanziamento della ricerca che ha portato negli anni a supportare diverse attività i cui risultati sono stati poi utilizzati dai soci per adeguare i propri sistemi di protezione catodica e le relative tecniche di monitoraggio.

Questo spirito di supporto alla ricerca è poi proseguito negli anni a seguire, sia con la presidenza di Giuseppe Landi, che con l'attuale presidente Paola Rocchetti. APCE

ha inoltre finanziato ben tre dottorati di ricerca, uno presso l'Università di Bergamo e due presso il Politecnico di Milano.
In questo focus si illustrarono i principali temi di ricerca sviluppati in questi ultimi 10 anni.

2012-2013 - Effetto dei picchi anodici sulle condizioni di protezione

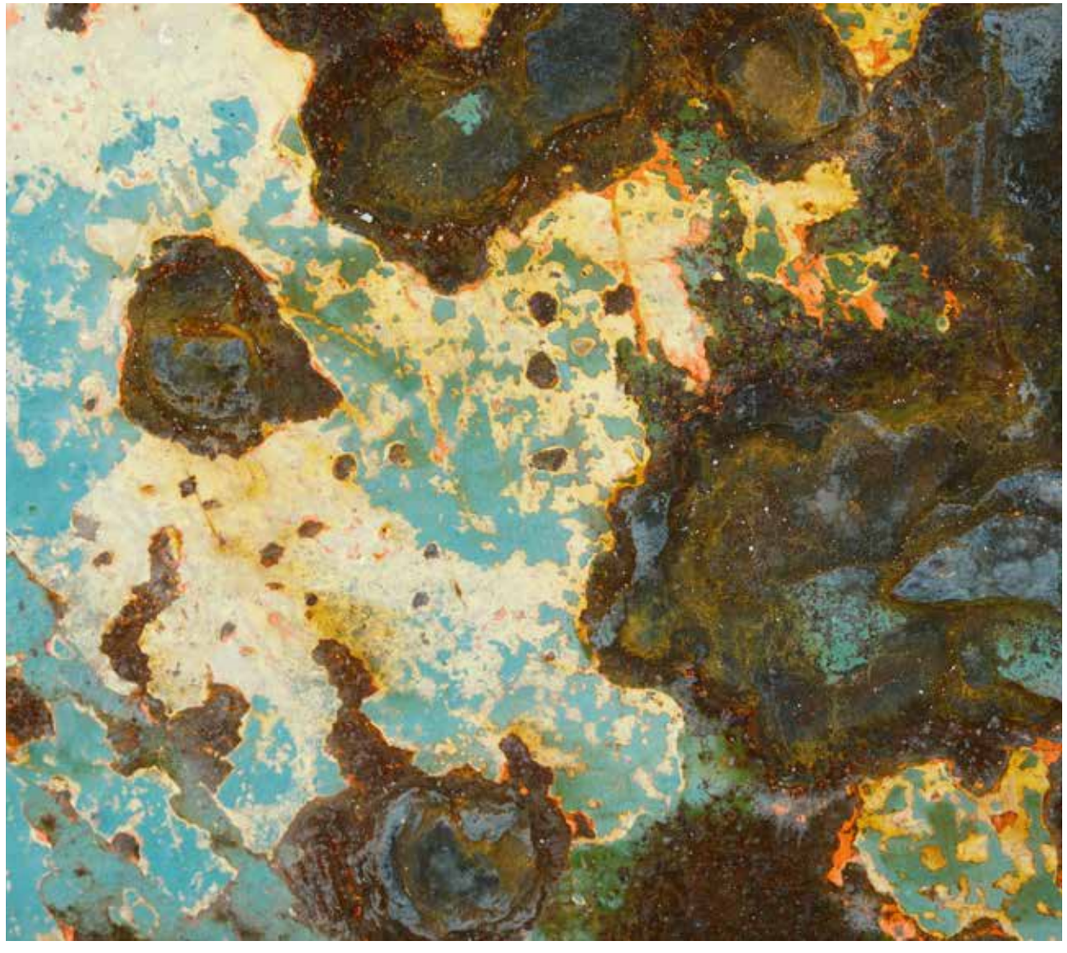
In questi due anni il Politecnico di Milano ha condotto una serie di prove di laboratorio per valutare l'effetto di picchi anodici da interferenza elettrica non stazionaria sulle condizioni di protezione catodica. Il problema nasce dal fatto che, fino al 2012, la presenza di un solo picco anodico che portava il potenziale al di sopra delle condizioni di protezione era causa di non conformità di un sistema. Ovviamente questa era una situazione estrema, e anche inverosimile: non è pensabile che un solo picco faccia "crollare" un impianto di protezione.
Era pertanto opportuno chiarire la pericolosità dell'interferenza anodica in condizioni di protezione catodica. Sono state condotte prove preliminari su provini in acciaio al carbonio al variare del livello di protezione (densità di corrente catodica: 0.03 – 2 A/m^2) e di interferenza (densità di corrente anodica: 0.1 – 1 – 10 A/m^2), determinando la velocità di corrosione come velocità di perdita di massa. Le prove hanno mostrato che l'interferenza elettrica giornaliera di 60 minuti continuativi (cioè un'ora di interferenza seguita da 23 ore di PC) provoca corrosione dell'acciaio con velocità di corrosione sempre inferiori a quelle teoriche, previste cioè dalla legge di Faraday, comunque a valori non accettabili. Viceversa, picchi anodici di durata totale 1 ora ma

non continuativi, oltre a confermare valori di perdita di massa minori rispetto a quanto previsto dalla legge di Faraday, hanno mostrato velocità di corrosione accettabili.
Queste prove hanno permesso di adeguare il criterio di ammissibilità delle interferenze anodiche, in particolare hanno portato alla stesura del nuovo criterio presente nel D.M. 23/02/1971 n. 2445 “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto” che recita: “i valori di potenziale più positivi di quello di riferimento devono essere conteggiati nella loro durata determinando il tempo complessivo in cui tali fenomeni si sono manifestati nell’arco delle 24 ore. La misura del potenziale registrata è considerata conforme se nelle 24 ore il tempo totale di permanenza di questi valori è uguale o minore a 3600 secondi, purché non continuativi.”
Il motivo è legato agli effetti benefici della protezione catodica: l’eliminazione dell’ossigeno e il conseguente aumento dell’alcalinità del terreno vicino al metallo. Tale alcalinità, mantenuta per un breve periodo (da qualche secondo a qualche minuto in funzione della densità di corrente anodica) anche durante un picco d’interferenza anodica, consente di garantire condizioni di “protezione” durante l’interferenza caratterizzata da picchi anodici di breve durata.
Sull’effetto benefico dell’alcalinità torneremo in un prossimo paragrafo.

2014 - Dispersori profondi

Nella realizzazione di un impianto a corrente impressa in cui il sistema anodico è costituito da un dispersore profondo, è prevista una fase di trivellazione del terreno

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



ad una profondità di -100 m p.c., inserimento dell'anodo e riempimento del foro con materiale specifico, che prende il nome di letto di posa.
Il principale problema si riscontra in fase di trivellazione, laddove sono presenti falde acquifere.
Le aziende di settore e le amministrazioni comunali necessitano di un documento che descriva le tecniche di trivellazione, illustri la normativa di riferimento, elenchi i materiali utilizzabili per i sistemi anodici, per i letti di posa e descriva le reazioni chimiche che avvengono in fase di erogazione della corrente.
APCE ha pertanto ritenuto opportuno, in collaborazione con il Politecnico di Milano, produrre un documento tecnico fruibile a tutti i soci che descriva:

1) gli elementi di un impianto di protezione catodica a corrente impressa
2) i materiali impiegati per gli anodi profondi e i relativi letti di posa
3) la modalità di esecuzione del foro
4) gli aspetti ambientali legati alla trivellazione e posa del sistema anodico (questi ultimi aspetti sono stati approfonditi in collaborazione con la società TETHIS, di Milano).

Tra le conclusioni meritano di essere ricordate le seguenti:

- I materiali più utilizzati per la realizzazione dei dispersori sono in ferro, lega Fe-Si e titanio attivato (Ti-MMO)
- A contatto con la parte attiva della catena anodica si deve realizza un letto di posa (detto backfill) costituito da bentonite per i dispersori in lega di ferro, e da carbon-coke nel caso di dispersori inerti o semi-inerti, costituiti da leghe di Ti-MMO o Fe-Si.

- Il buon funzionamento del sistema anodico dipende da una corretta installazione dell'anodo e adeguata compattazione del backfill.
- Il backfill carbonioso necessita di una attenta fase di iniezione e compattazione. Un errato posizionamento del backfill compromette il corretto funzionamento del dispersore profondo. In particolare sono di fondamentale importanza la preparazione di una miscela opportuna polvere di carbone / acqua / surfattanti; l'iniezione del materiale dal fondo del foro.
- La scelta del sistema ottimale di perforazione e di sostentamento delle pareti del foro in cui sarà alloggiato il dispersore profondo richiede la conoscenza della natura dei terreni attraversati; per questo motivo, la realizzazione del dispersore non può, generalmente, prescindere dai risultati di un'apposita indagine geognostica preventiva, che potranno anche condizionare la tipologia del dispersore da realizzare.
- Qualora si operi in contesti idrogeologici di falde sovrapposte che possono essere messe in comunicazione attraverso la perforazione necessaria alla realizzazione del dispersore, è necessario ricorrere ad idonee tecnologie di isolamento fra le falde e di sigillatura con garanzia di tenuta, adottate di volta in volta in base alle risultanze della predetta indagine geognostica. In linea generale l'impiego della bentonite o comunque di un materiale argilloso fortemente rigonfiante garantisce l'assenza di comunicazione fra falde sovrapposte.
- Durante il loro funzionamento, i materiali impiegati non rilasciano sostanze inquinante nei terreni: i dispersori solubili rilasciano ioni ferro; i dispersori inerti o semi-inerti sviluppano gas, quali ossigeno e in certe condizioni cloro, che sono evacuati grazie al tubo di sfiato; il letto di posa bentonitico è non reattivo; il letto di posa in

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

carbon coke rilascia CO e CO_2, gas evacuati con il tubo di sfiato; il letto di posa in carbon coke deve essere puro e non inquinato da composti volatili.

2015-2018 – Protezione catodica intermittente e corrente pulsata

In questo quadriennio è stata finanziata un'attività di ricerca il cui obiettivo era verificare la possibilità di proteggere le condotte con un sistema a corrente pulsata, sfruttando, nei periodi di OFF, l'effetto benefico dell'alcalinità prodotta dalle reazioni catodiche che avvengono sulla superficie metallica a impianto acceso.
Infatti, in PC alla superficie del metallo avviene prevalentemente la reazione di riduzione (eliminazione) di ossigeno con sviluppo localmente di pH alcalino, anche superiore a 11, che promuove la passività dell'acciaio al carbonio, in accordo con quanto dice la teoria termodinamica dei diagrammi di Pourbaix. Si potrebbe pensare di sfruttare pertanto l'alcalinità prodotta durante il periodo di PC e la lenta cinetica di diffusione dell'ossigeno per garantire condizioni di bassa corrosione anche in assenza di PC.
Questo concetto può essere utilizzato per impianti a corrente impressa in assenza di un facile collegamento alla rete elettrica (per esempio su una piattaforma) o laddove si pensa di ricorrere all'utilizzo di pannelli fotovoltaici, nelle condizioni in cui il loro utilizzo possa rappresentare un vantaggio.
Si potrebbe ricorrere anche a una "***protezione catodica intermittente***", ossia applicata solo durante alcune ore del giorno; infatti, l'alcalinità prodotta durante il periodo di protezione può mantenere condizioni di passività sulle strutture in acciaio al car-

bonio, rendendo pertanto non necessaria una protezione continuativa nel tempo.
Per confermare questa ipotesi, sono state svolte prove di PC intermittente con cicli ON – OFF di varia durata (12h - 12h, 6h - 18h, 18h - 6h), sia in terreno che in acqua di mare. I risultati dimostrano che esiste un intervallo di tempo, variabile da qualche minuto a qualche ora, in cui, dopo lo spegnimento della PC, l'acciaio al carbonio mostra una corrosione ingegneristicamente trascurabile.

2018-2023 – Protezione catodica e passività

Le attività condotte negli anni precedenti hanno portato APCE a finanziare un ambizioso progetto di ricerca avanzata, per lo studio della presenza di film di passività in condizioni di protezione catodica su acciaio al carbonio. Il tema è di notevole interesse, non solo in ambito scientifico, ma anche ai tavoli tecnici normativi. Questa attività è stata svolta grazie alla collaborazione tra il Politecnico di Milano e l'Università degli Studi di Palermo (dal gruppo di ricerca coordinato dalla prof.ssa Monica Santamaria e dal prof. Francesco Di Franco).
Il contesto è il presente: come noto, in base alle normative vigenti, una struttura interrata è in condizioni di protezione catodica se il suo potenziale al netto delle cadute ohmiche nel terreno, detto potenziale IR-free, è inferiore a –0.85 V CSE in terreni aerati a media-bassa resistività. Un effetto secondario della protezione catodica è legato all'aumento di alcalinità sulla superficie del metallo; la corrente di protezione, oltre ad abbassare il potenziale e la velocità di corrosione del metallo, e a consumare l'ossigeno provoca infatti un locale aumento di pH. L'aumento di pH ha effetti ben

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

noti ad esempio in acqua di mare, dove provoca nel tempo la precipitazione sulla superficie e la crescita di uno strato di carbonato di calcio e magnesio.
In accordo al diagramma di Pourbaix del sistema ferro-acqua, l'aumento locale di pH provocherebbe la formazione di condizioni di passività dell'acciaio. Sebbene l'effetto "chimico" della protezione catodica sia ampiamente conosciuto, la formazione degli ossidi di passività formati sull'acciaio in protezione catodica è ancora oggetto di studio e solo recentemente, grazie all'ausilio di tecniche elettrochimiche sempre più sofisticate, è possibile caratterizzare ali ossidi di passività.
Mediante prove di spettroscopia d'impedenza elettrochimica (EIS), di spettroscopia Raman in-situ (ossia durante la presenza di una corrente catodica di protezione) e di spettroscopia di foto-corrente, è stato possibile confermare la presenza di un film di ossidi misti di ferro, di spessore qualche nanometro, che si forma in seguito ad un meccanismo di dissoluzione e precipitazione. Al di là delle analisi raffinate di laboratorio, l'attività condotta ha portato a confermare con certezza che è presente un film passivo, validando definitivamente anche tutte le ipotesi fatte negli anni precedenti in merito ai picchi anodici e alla protezione catodica intermittente.

2019-oggi – Le sonde di potenziale

Dal 2019 è iniziata una fitta campagna sperimentale al fine di caratterizzare questi dispositivi introdotti nel mercato italiano per la gestione e il monitoraggio degli impianti di protezione catodica.
Una sonda di potenziale (in inglese "*potential probe*") è un dispositivo costituito da

uno o più piastrini metallici e da un elettrodo di riferimento interno, tipicamente in rame/solfato di rame. Il sensore è stato ideato per misurare il potenziale IR-free ($E_{IR\text{-}free}$) di una struttura interrata in condizioni di protezione catodica, ossia il potenziale della struttura privo del contributo di caduta ohmica nel terreno, dovuto alla circolazione di corrente (di protezione o di altra natura); tale valore consente di valutare l'efficacia di dettaglio della protezione catodica, in accordo alla normativa UNI EN ISO 15589-1 e UNI 11094.

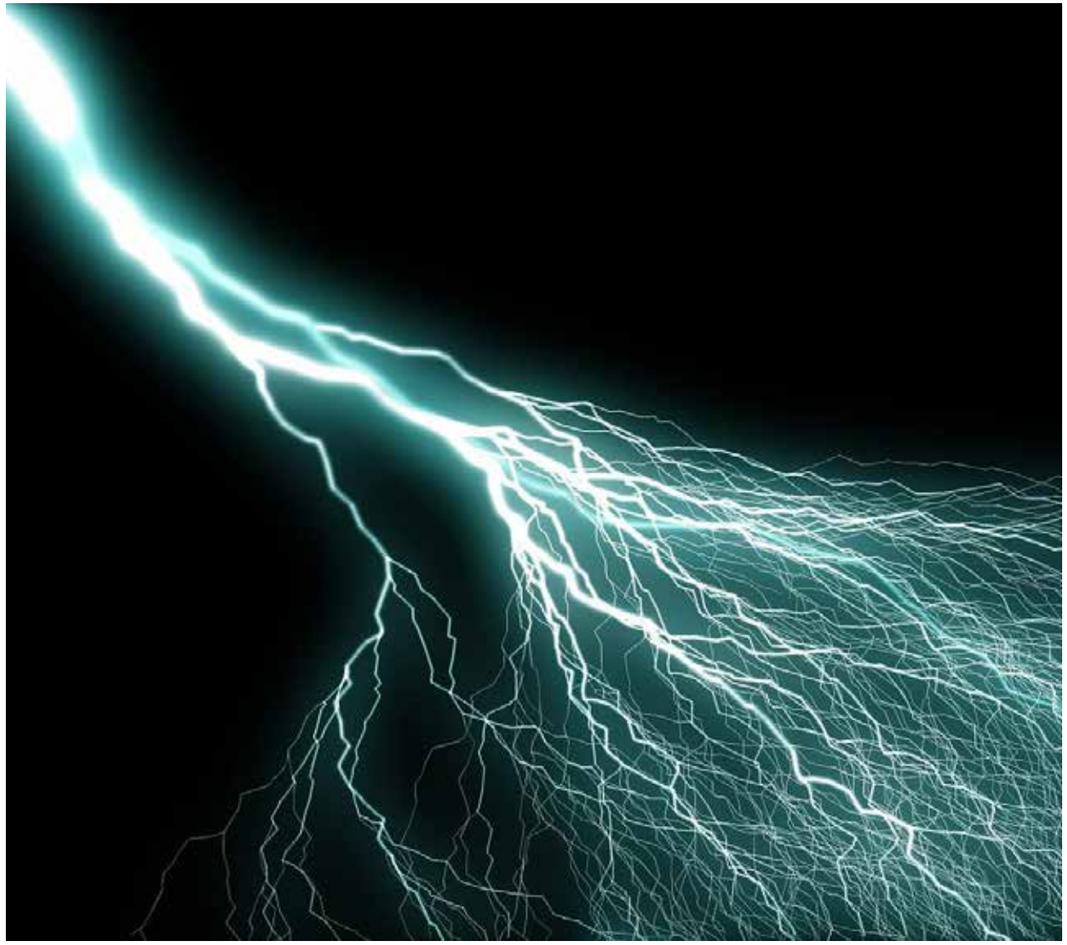
Le sonde di potenziale in commercio differiscono per il numero, la forma e la dimensione dei coupon metallici, la dimensione della sonda stessa, la distanza tra coupon metallico e setto poroso dell'elettrodo di riferimento.

L'attività di ricerca ha riguardato e riguarda attualmente diversi aspetti: stabilità dell'elettrodo di riferimento interno, natura del backfill interno (liquido, gel o solido), capacità di ridurre il contributo di caduta ohmica, determinazione della distanza equivalente elettrodo-coupon, durata del sensore, effetto della geometria del setto poroso.

Tutti questi temi, indagati negli anni, hanno portato nel 2022 alla predisposizione di un "protocollo di qualità" che consente verificare se una sonda di potenziale è stabile ed in grado di filtrare adeguatamente la caduta ohmica. Il protocollo proposto dal Politecnico di Milano è ora al vaglio del comitato tecnico APCE che lo approverà entro il 2023, o nei primi mesi del 2024.

Nel futuro prossimo dovrà essere verificato il comportamento di tali sensori in aree soggette ad interferenza elettrica anodica, come anche il loro utilizzo come elettrodi per pilotare gli alimentatori a controllo di potenziale.

Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?



Ricerca scientifica e concetti chiave della protezione Catodica!
Perché non applicarla anche agli acquedotti?

Dottorati di ricerca

APCE ha finanziato anche due dottorati di ricerca al Politecnico di Milano. Il primo nel triennio 2017-2020, sul tema “Utilizzo di modelli agli elementi finiti (FEM) per la progettazione e la gestione degli impianti di protezione catodica” (dottorando Mehdi Attarchi), il secondo, attivato nel 2020 e attualmente in corso, sul tema “compatibilità delle infrastrutture esistenti con il trasporto e la distribuzione di miscele metano/idrogeno” (dottorando Luca Paterlini).
Anche questi temi meritano uno spazio dedicato, per cui dedicheremo un focus alla descrizione dei risultati ottenuti da queste due importanti ricerche.
In conclusione, riprendendo quanto esposto nella premessa a questo focus, non si può che ringraziare APCE per aver finanziato, a partire dal 2013 la ricerca universitaria. I risultati pratici di questi investimenti sono evidenti a tutti i livelli, agli operatori di campo, ai gestori delle reti, ai tecnici ed esperti che siedono ai tavoli normativi e ovviamente a tutti i soci APCE.

*A nome del gruppo di ricerca **PoliLaPP** (Laboratorio di Corrosione dei Materiali “Pietro Pedeferri” del Politecnico di Milano) non posso che ringraziare i presidenti APCE che hanno promosso questi finanziamenti e tutti i soci che li hanno approvati credendo nelle nostre capacità. Spero e credo che questa collaborazione fruttuosa possa continuare anche nei prossimi anni.*

ENERGIAMEDIA EDITORE