

San Donato Milanese, 3 dicembre 1996

**COSTI ASSOCIATI A EVENTI DI CORROSIONE NELLA
PRODUZIONE PETROLIFERA: ALCUNI ESEMPI**

Bruno Bazzoni
CESCOR srl
Milano

Paolo Cavassi
AGIP spa
S. Donato Milanese

Introduzione

A partire dal 1994, AGIP ha avviato un'attività di indagine sui costi aziendali attribuibili al fenomeno della corrosione. Nella prima fase, che aveva lo scopo di stimare la dimensione economica della corrosione negli impianti per la produzione di olio e gas, si è proceduto a individuare le principali voci di costo e quindi alla acquisizione dei dati per alcune unità geografiche, con attenzione particolare per l'Italia. La seconda fase, avviata recentemente, si prefigge di perfezionare la procedura di raccolta e analisi dei dati, e di estendere l'indagine ad altre aree geografiche dove AGIP è operatore. L'obiettivo ultimo di tutta l'attività è disporre di un sistema di controllo aziendale che consenta di misurare, e quindi di ridurre, o più propriamente di ottimizzare, i costi della corrosione.

I dati di costo sono organizzati in due classi principali: gli *investimenti* e i *costi operativi*; viene invece trattata a parte la classe designata *costi per mancata produzione*, perché i relativi dati sono spesso difficili da quantizzare, e talvolta non è possibile l'attribuzione alla corrosione come unica causa di mancata produzione. Una ulteriore classe è stata invece designata *costi associati a rischi di corrosione*: essa tiene conto di costi che l'azienda potrebbe sostenere a seguito di eventi corrosivi non previsti e viene trattata come accantonamenti per rischi di guasti di corrosione rari, ma di entità rilevante. Questa classe risulta particolarmente importante, perché collega direttamente i costi della corrosione all'affidabilità delle strutture e alla sua variabilità nel tempo.

In Italia, nel 1993, è stato stimato un costo annuale AGIP per la corrosione pari a circa novanta miliardi di lire, che riferito alla produzione di idrocarburi in quell'anno, espressa come produzione di gas, significa un costo di circa 4 lire per metro cubo di gas prodotto.^(1,2)

I costi delle failure per corrosione

I dati di costo della corrosione si prestano ad analisi molteplici, che riflettono la diversità delle definizioni adottate e dei punti di vista, o, più propriamente, degli obiettivi assunti. Guardando tuttavia ai dati raccolti finora, risulta che costi molto cospicui vengono sostenuti a seguito di eventi di corrosione (failure) non previsti. Ci si riferisce qui a eventi rari, che però hanno effettivamente luogo, e sono caratterizzati da un forte impatto sia economico, sia talvolta sociale.

I costi relativi, che per semplicità sono stati designati *costi associati a grandi failure*, sono ovviamente trasversali alle classi viste sopra, potendo comprendere costi sia per investimenti, sia operativi, sia di mancata produzione; si tratta comunque pur sempre di costi riconducibili a un evento ben definito.

I casi che seguono illustrano in modo sintetico alcuni esempi di failure riconducibili a corrosione. Viene proposta una ricostruzione del caso, in cui si cerca di cogliere le relazioni di causa - effetto; dove siano disponibili, vengono riportati i dati di costo.

Failure del sistema di protezione catodica jacket piattaforme offshore

Questo esempio illustra il caso di 4 piattaforme offshore situate in acque profonde dove il mancato funzionamento, dopo pochi anni dal varo, del sistema di protezione catodica ad anodi sacrificali ha provocato estesi fenomeni di corrosione - fatica e ha richiesto, attraverso una serie di eventi molto articolata, interventi di ripristino estremamente onerosi.

Cronologia

anno	eventi
0	varo delle piattaforme con jacket protetti catodicamente con anodi sacrificali a base di alluminio;
3	da misure effettuate dalla superficie risulta che le parti immerse delle piattaforme sono sotto-protette;
5	viene effettuata un'ispezione subacquea: molti nodi sono sotto-protetti; sono presenti numerosi attacchi localizzati, in particolare in corrispondenza delle saldature dei nodi, dai quali si innescano cricche di corrosione-fatica; numerosi anodi sono quasi completamente consumati;
6	viene deciso il retrofitting della protezione catodica con sistema a corrente impressa ed effettuata la progettazione;
7	viene installato il sistema di protezione catodica a funi tensionate; all'avviamento si verificano numerosi guasti dei componenti del sistema che continuano nei mesi successivi. Le condizioni di protezione non vengono ripristinate;

- 8 viene effettuato un intervento di ripristino temporaneo del sistema di protezione catodica; viene deciso un ulteriore intervento di retrofitting;
- 9 vengono eseguiti una serie di ispezioni e di interventi strutturali subacquei per rinforzare i jacket;
- 10 viene installato il sistema definitivo di PC a corrente impressa; con cadenza annuale vengono eseguite ispezioni ai nodi e agli anodi delle piattaforme.

L'evento di corrosione sono gli attacchi localizzati alle saldature e le conseguenti cricche di corrosione - fatica. La causa è la mancata protezione catodica. La figura 1 illustra le relazioni logiche e la successione temporale degli eventi.

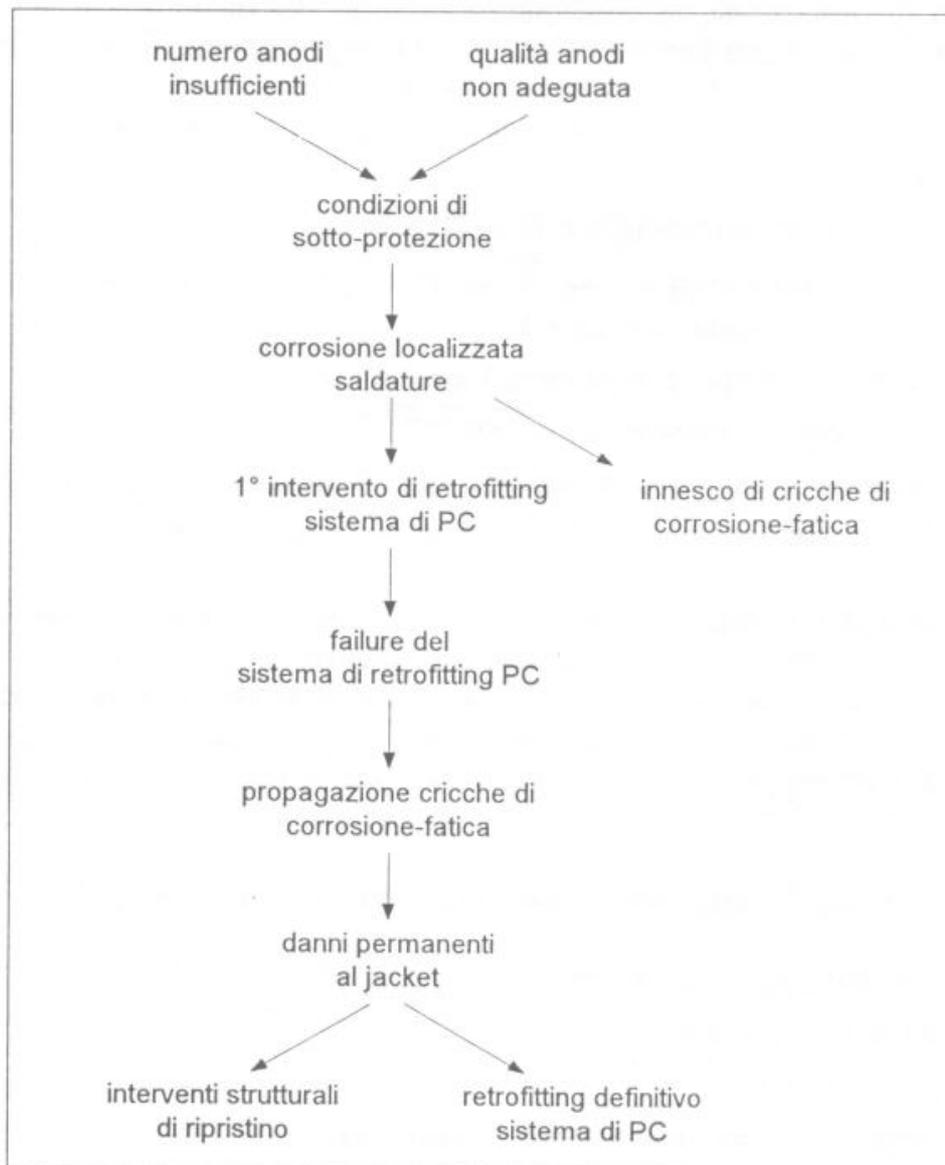


Fig. 1. Caso di failure del sistema di protezione catodica di jacket di piattaforme. Sequenza degli eventi.

Consuntivo dei costi (in miliardi di Lire, attualizzati al 1993):

- ispezioni subacquee:	4
- progettazione retrofitting protezione catodica:	1
- retrofitting protezione catodica (3 interventi):	17
- interventi strutturali:	32
- totale:	54 miliardi Lit

Corrosione perforante di un tubing in un pozzo produttore di olio

È il caso di alcuni pozzi produttori di olio completati con tubing in acciaio al carbonio e in esercizio per molti anni senza evidenze di corrosione. A causa di variazioni intervenute nei parametri di produzione, in particolare l'aumento del rapporto gas olio, si sono verificati attacchi perforanti per corrosione da CO₂ aggravata dalla elevata velocità dei fluidi.

anno eventi

0	completamento con tubing in acciaio al carbonio;
11	workover con sostituzione del tubing; nessuna evidenza di corrosione;
20	workover con sostituzione del tubing;
20	perforazione del tubing dopo circa 3 mesi di servizio; workover con sostituzione del tubing;
21	perforazione del tubing dopo circa un anno di servizio; workover e sostituzione con tubing in acciaio inossidabile.

La perforazione del tubing per corrosione localizzata determina la pressurizzazione dell'annulus tra tubing e casing di produzione, situazione questa non corretta per la sicurezza del pozzo e tale da richiedere l'intervento di workover e la sostituzione del tubing. Si osserva che l'evento è avvenuto dopo circa 20 anni di esercizio; la scelta dell'acciaio al carbonio per il tubing, effettuata a suo tempo, si deve pertanto ritenere adeguata.

Costi unitari per singolo pozzo (in miliardi di Lire, attualizzati al 1996):

- tubing in acciaio al carbonio (4.200 m, diametro 4"½),	0,2
- tubing in acciaio inossidabile:	0,8
- intervento di workover:	1,0
- mancata produzione (per un intervento di workover):	1,2

Corrosione di una condotta gas

È il caso di una condotta di grosso diametro, lunga oltre 100 km, per il trasferimento di gas dal campo di produzione ad un'area remota di trattamento.

Cronologia

anno	eventi
0	posa in opera del gasdotto;
4	durante un test idraulico si verifica una rottura; si procede alla riparazione;
10	si decide l'ispezione con pig intelligente per valutare lo stato di corrosione della linea; si effettuano adeguamenti alle trappole di lancio e ricevimento;
12	scoppio di circa 1,5 km di condotta a causa di corrosione esterna; il tratto danneggiato viene sostituito;
17	scoppio di circa 0,5 km di condotta; il tratto danneggiato viene sostituito; vengono installati crack stopper lungo la condotta;
21	si procede alla riqualificazione della linea sostituendo numerosi tratti di tubazione danneggiati dalla corrosione (complessivi 5 km sostituiti);
22	si effettua un'indagine di verifica dello stato di protezione catodica lungo tutta la linea; si predispongono gli interventi correttivi.

La causa dei guasti è stata individuata negli attacchi di corrosione lato esterno (corrosioni di tipo localizzato e per tensocorrosione) avvenuti in condizioni di insufficiente protezione catodica; le conseguenze sono state aggravate dalla scarsa tenacità del materiale dei tubi.

Consuntivo dei costi (in miliardi di Lire, attualizzati al 1993):

- adeguamenti trappole di lancio (quota parte, 60%):	15
- sostituzione tratti di condotta:	27,5
- assistenza specialistica:	2
- installazione crack stopper:	3,5
- interventi per protezione catodica:	4
- indagini di protezione catodica:	0,5
- totale	52,5 miliardi Lit

Corrosione di un sealine olio

L'esempio illustra il caso di un sealine per il trasferimento di olio parzialmente trattato da una piattaforma di produzione al centro di raccolta a terra.

anno	eventi
0	varo del sealine e avvio esercizio;
10 - 13	corrosioni perforanti dall'interno; si rendono necessari vari numerosi interventi di riparazione e sostituzione dei tratti corrosi;
14	viene modificata la configurazione del campo, che nel frattempo si è ampliato;
14	il sealine viene abbandonato perché l'entità delle corrosioni è troppo severa e viene posato un nuovo sealine.

Consuntivo dei costi (attualizzati al 1993):

- ispezioni, riparazioni, mancata produzione:	12
- quota parte (80%) costo del nuovo sealine:	48
- totale	60 miliardi Lit

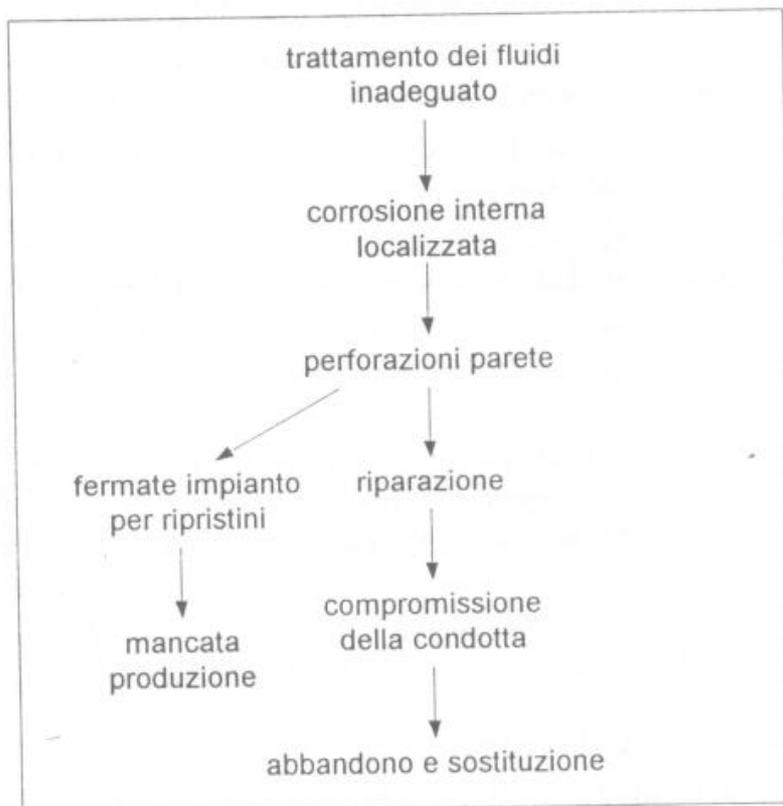


Fig. 2. Caso di corrosione interna di un sealine. Sequenza degli eventi.

Corrosione per pitting del fascio tubiero di scambiatori di calore

Questo caso riguarda alcuni scambiatori di calore del modulo di processo, previsti operare con acqua di mare lato tubi, di una piattaforma offshore. All'avviamento dell'impianto, o immediatamente dopo, i fasci tubieri in acciaio inossidabile sono risultati essere interessati da estesi attacchi perforanti per pitting e corrosione interstiziale.

La causa di corrosione si ritiene sia stato il ristagno accidentale di acqua di mare nei tubi.

I fasci tubieri sono stati completamente sostituiti, impiegando un nuovo materiale resistente a corrosione.

I costi, comprensivi di sostituzione dei fasci tubieri danneggiati e di mancata produzione, è risultato essere superiore a 8 miliardi di Lire.

Conclusioni

La ricostruzione dei casi proposta suggerisce alcune brevi considerazioni.

- Molte failure si sono verificate non per un difetto di conoscenza, bensì per mancata applicazione dell'arte nota (le ragioni di questa mancata applicazione vanno al di là degli obiettivi di questa nota).
- Gli interventi correttivi sono a volte risultati di difficile attuazione e non adeguati. In alcuni casi, a partire da un evento primario, si sono succedute sequenze di eventi pressoché incontrollate.
- Alcuni eventi hanno luogo in fasi diverse da quelle di normale esercizio, o a fronte di variazioni intervenute nei parametri operativi.
- L'evento di corrosione (perforazione di una parete, cricca, assottigliamento) prefigura in molti casi conseguenze rischiose per la sicurezza delle persone e per la dispersione di fluidi nell'ambiente.
- I costi per failure di corrosione sono costi già sostenuti, e come tali non recuperabili, se non tramite polizze assicurative precedentemente stipulate. Tuttavia, ciò che l'analisi dei casi di failure insegna è che una quota cospicua dei costi avrebbe potuto essere risparmiata. In altre parole, i costi conseguenti all'evento risultano nettamente superiori a quelli ipotizzabili per la relativa prevenzione, attuata secondo criteri di progettazione noti.
- I costi per grandi failure hanno un legame logico diretto con i costi (o accantonamenti) associati a rischi; una failure può infatti essere riguardata come il verificarsi di un evento preventivamente ipotizzato. Il risparmio è pertanto conseguibile "al futuro" sulla voce *costi associati a rischio*. Ciò può avvenire agendo sui due parametri che definiscono il rischio⁽³⁾: la "magnitudo" delle conseguenze, e soprattutto la probabilità dell'evento stesso.

A conclusione, si afferma che, con un'adeguata progettazione e gestione degli impianti per la produzione di olio e gas, si deve ridurre a valori molto bassi la probabilità di failure per corrosione, pena costi sociali ed economici estremamente alti. Gli esempi illustrati mostrano altresì che ciò è possibile.

Bibliografia

1. AGIP, LABS/ CORM, "Impatto economico della corrosione, Giugno 1995.
2. Condanni, P. Cavassi, B. Bazzoni, L. Lazzari, "Corrosion Costs in Oil and Gas Production. The AGIP Case in Italy", Offshore Mediterranean Conference, Ravenna, March 15-17, 1995.
3. G. Bianchi, "Affidabilità della protezione catodica", in "Secondo Corso di Aggiornamento sulla Protezione Catodica", a cura di Bruno Mazza, Ed. CLUP Milano, 1984.