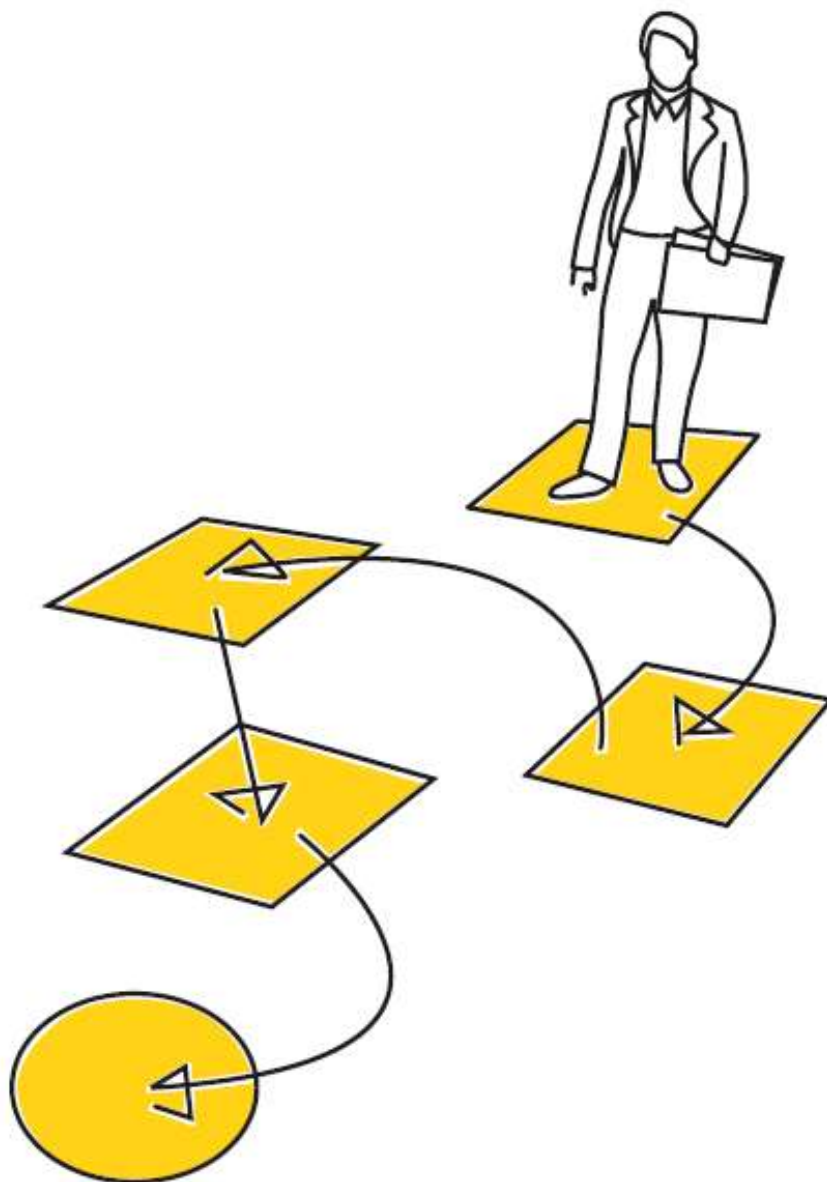


Operating Instruction Professionale

Ispezione di serbatoi fuori terra adibiti allo stoccaggio di prodotti petroliferi e chimici a pressione atmosferica



MSG di riferimento: Manutenzione

Opi-man-005-versalis spa_IT_r02



FRONTESPIZIO

TITOLO:

Ispezione di serbatoi fuori terra adibiti allo stoccaggio di prodotti petroliferi e chimici a pressione atmosferica

NOTE:

La presente Operating Instruction Professionale annulla e sostituisce la revisione 1 del documento di pari titolo.

DATA EMISSIONE:

27.04.2022

DATA DECORRENZA:

27.04.2022

REDAZIONE A CURA DI:

AIC-VER

VERIFICATO DA:

TSCR

APPROVATO DA:

INDU

INDICE

1. OBIETTIVI	6
2. AMBITI DI APPLICAZIONE	6
3. RIFERIMENTI	7
3.1 Riferimenti interni	7
3.2 Riferimenti esterni	7
4. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	9
5. TIPOLOGIE DI ISPEZIONE	10
5.1. Generalità	10
5.2. Ispezioni da esterno su serbatoi in esercizio	10
5.2.1. Ispezione visiva da esterno di routine	10
5.2.2. Ispezione visiva da esterno di dettaglio	11
5.2.3. Rilievi spessimetrici da esterno	12
5.2.4. Esame mediante emissione acustica e altre metodologie di rilevazione perdite	13
5.2.5. Rilievi dimensionali da esterno	14
5.2.6. Altri NDT	14
5.2.7. Verifica elementi di tenuta tetto galleggiante	14
5.3. Ispezioni da interno su serbatoi fuori esercizio	15
5.3.1. Lavori preparatori per l'ispezione da interno	16
5.3.2. Ispezione visiva da interno	16
5.3.3. Rilievi spessimetrici da interno	16
5.3.4. Controllo a flusso magnetico disperso (MFL)	18
5.3.5. Rilievi dimensionali da interno	18
5.3.6. Altri controlli non distruttivi	19
5.3.7. Verifica del flessibile di drenaggio del tetto	19
5.4. Qualificazione del personale	19
5.5. Rapporti di ispezione	19
6. FREQUENZA DELLE ISPEZIONI	21
6.1. Generalità	21
6.2. Ispezioni su serbatoi in esercizio	21
6.2.1. Ispezione visiva da esterno di routine	21
6.2.2. Ispezione visiva da esterno di dettaglio	22
6.2.3. Rilievi spessimetrici da esterno	24

6.2.4.	Verifica elementi di tenuta tetto galleggiante	24
6.3.	Ispezioni su serbatoi fuori esercizio (ispezioni visive e spessimetriche)	24
6.3.1.	Ispezione iniziale	24
6.3.2.	Ispezioni successive	25
7.	IDONEITA' ALL'ESERCIZIO	28
7.1.	Generalità	28
7.2.	Valutazione del fondo del serbatoio	28
7.2.1.	Lamiere centrali	28
7.2.2.	Zona critica	29
7.2.3.	Anello periferico del trincarino	29
7.2.4.	Trincarino esterno	30
7.3.	Determinazione degli spessori e delle condizioni dei mantelli	30
7.4.	Valutazione del mantello del serbatoio	31
7.5.	Valutazione del tetto del serbatoio	32
7.6.	Valutazione dello stato della fondazione del serbatoio	33
7.7.	Valutazione dei dispositivi di ventilazione e degli sfiati di emergenza	33
8.	INDICAZIONI SULLE TECNICHE DI RIPARAZIONE E SULLA PROTEZIONE SUPERFICIALE DEI SERBATOI	34
9.	PROVA IDRAULICA	35
9.1.	Generalità	35
9.2.	Procedura di prova idraulica	35
9.3.	Rilievi dimensionali per la verifica di cedimenti durante la prova idraulica	36
10.	ARCHIVIAZIONE DEI DATI	38
11.	ELENCO MODIFICHE APPORTATE	39
12.	RESPONSABILITÀ DI AGGIORNAMENTO	39
13.	ARCHIVIAZIONE, CONSERVAZIONE E TRACCIABILITÀ	39
14.	ALLEGATI	40
ALLEGATO A	CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA ESTERNO DI ROUTINE	41
ALLEGATO B	CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA ESTERNO DI DETTAGLIO	44
ALLEGATO C	CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA INTERNO	48
ALLEGATO D	LOCALIZZAZIONE DEI RILIEVI DI SPESSORE (TML)	52
ALLEGATO E	CATEGORIE DI EFFICACIA DELL'ISPEZIONE	64
ALLEGATO F	RATEI DI CORROSIONE LATO PRODOTTO PREVEDIBILI (DA EEMUA 159)	69
ALLEGATO G	CONTROLLO PERIODICO GUARNIZIONI TETTO GALLEGGIANTE	71
ALLEGATO H	SERBATOI: PRINCIPALI COMPONENTI E PARAMETRI DI PROGETTO	73

H.1	NORME E STANDARD DI PROGETTAZIONE	74
H.1.1	Norme e standard di progettazione	74
H.1.2	Tipi di serbatoi	74
H.1.2.1	Serbatoi a tetto fisso	74
H.1.2.2	Serbatoi a tetto galleggiante	75
ALLEGATO I	MECCANISMI DI DEGRADO DEI SERBATOI E TECNOLOGIE ISPETTIVE (CND)	76
I.1	MECCANISMI DI DEGRADO DEI SERBATOI	77
I.1.1	Tipologie dei meccanismi di degrado	77
I.1.2	Corrosione dei serbatoi	77
I.1.2.1	Corrosione interna	77
I.1.2.2	Corrosione interna dei fondi	78
I.1.2.3	Corrosione interna dei mantelli	78
I.1.2.4	Corrosione interna dei tetti	78
I.1.2.5	Corrosione esterna dei serbatoi	79
I.1.2.6	Corrosione esterna dei fondi	79
I.1.2.7	Corrosione esterna dei mantelli	80
I.1.2.8	Corrosione esterna dei tetti	80
I.1.2.9	Corrosione sotto coibente	80
I.1.3	Cedimenti o assestamenti delle fondazioni e dei serbatoi	80
I.1.4	Danni strutturali o perdita di funzionalità degli accessori	81
I.2	TECNOLOGIE ISPETTIVE (CND)	82
I.2.1	Considerazioni generali	82
I.2.2	Ispezione visiva (VT)	82
I.2.3	Liquidi penetranti (PT)	82
I.2.4	Magnetoscopia (MT)	82
I.2.5	Vacuum box test	82
I.2.6	Ultrasuoni (UT)	83
I.2.7	Spark test	83
I.2.8	Ultrasuoni a lungo range (Lorus)	83
I.2.9	Emissione Acustiche (EA)	83
I.2.10	Flusso magnetico disperso (MFL)	84
I.2.11	ACFM: Alternating Current Field Measurements	84
I.2.12	Affidabilità delle tecnologie ispettive	85

1. OBIETTIVI

L'obiettivo del presente documento è quello di fornire ai siti della Direzione Energy Evolution di Eni S.p.A, metodologie e strumenti specifici (o, laddove non possibile, perlomeno i requisiti minimi) per la predisposizione di un'efficace piano di ispezioni dei serbatoi atmosferici fuori terra destinati allo stoccaggio di prodotti petroliferi e chimici.

I requisiti contenuti nel presente documento soddisfano i principi previsti in API 653 [1]; per specifici argomenti non inclusi in questo standard (es. ALLEGATO F, possono essere adottate le indicazioni riportate in EEMUA 159 [2].

Se un qualunque requisito previsto nel presente documento dovesse confliggere con prescrizioni legislative vigenti, esse devono prevalere, a meno che il requisito di questo documento non risulti più stringente.

Sebbene i lavori di manutenzione non rientrino nello scopo della presente specifica, vengono formulati alcuni suggerimenti e sono riportati riferimenti normativi circa gli interventi di riparazione, la sostituzione completa di parti del serbatoio e l'applicazione della protezione superficiale.

2. AMBITI DI APPLICAZIONE

Il presente documento è applicabile a tutti i siti della Direzione Energy Evolution di Eni S.p.A. e costituisce una best practice per le società controllate in Italia ed all'estero che, laddove applicabile, valutano l'opportunità di emettere il corrispondente documento adattandolo al proprio contesto organizzativo, per quanto non in contrasto con le rispettive normative nazionali.

L'ambito di applicazione del documento è relativo ai serbatoi a fondo piano realizzati in acciaio al carbonio e fabbricati in accordo a API 650 [3] e alla normativa precedente API 12C [4] o in accordo ad API 620 [5]; ove applicabile, i requisiti possono essere considerati validi anche per serbatoi costruiti secondo altre normative o codici internazionalmente riconosciuti, quali British Standard BS 2654 [6], German Code DIN 4119 [7][8], French Construction Code CODRES [9] e la norma europea EN 14015 [10].

I requisiti riportati nella presente specifica sono applicabili per serbatoi adibiti:

- allo stoccaggio di idrocarburi, quali grezzi, semilavorati e prodotti finiti;
- allo stoccaggio di prodotti chimici;
- allo stoccaggio di miscele acqua-idrocarburi.

Le seguenti tipologie di serbatoi fuori terra, esternamente verniciati o coibentati, sono incluse nella presente specifica:

- serbatoi a tetto fisso;
- serbatoi a tetto galleggiante (a singolo o doppio pontone);
- serbatoi a tetto fisso con all'interno un tetto galleggiante;
- serbatoi senza tetto.

Alcune delle raccomandazioni possono essere applicate anche a serbatoi, verticali o orizzontali, supportati su selle.

Sono, invece, esclusi i serbatoi criogenici e gli emisferoidi/sferoidi.

Le attività di ispezione sono applicabili all'involucro dei serbatoi e ai loro accessori.

3. RIFERIMENTI

3.1 Riferimenti interni

- Codice Etico Eni
- Modello 231 di Versalis
- Nemo's
- Management System Guideline "Manutenzione" Eni recepita da Versalis S.p.A.
- Allegato D "Asset Integrity" alla Management System Guideline "Operations" Eni recepita da Versalis S.p.A.
- pro man 001 "Gestione della manutenzione"

3.2 Riferimenti esterni

I seguenti riferimenti sono da considerarsi applicabili nella loro più recente revisione:

- [1] API Standard 653 -Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction
- [2] EEMUA Publication 159 - Above ground flat bottomed storage tanks: A guide to inspection maintenance and repair
- [3] API Standard 650 - Welded Tanks for Oil Storage
- [4] API 12C - specification for welded Oil Storage Tanks
- [5] API 620. Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks
- [6] BS 2654. Manufacture of Vertical Steel Welded Non-Refrigerated Storage Tanks with Butt - Welded Shells for the Petroleum Industry
- [7] DIN 4119-1 - Aboveground Cylindrical Flat-bottomed Tank installations of Metallic Materials. Part 1: Fundamentals, Design, Tests;
- [8] DIN 4119-2 - Aboveground Cylindrical Flat-bottomed Tank installations of Metallic Materials. Part 2: Calculation;
- [9] Code for Construction of Vertical Cylindrical Storage Tanks, CODRES' 2007, Division I, Syndicat de la Chaudronnerie
- [10] EN 14015 - Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above
- [11] API Recommended Practice 581 – Risk-Based Inspection Methodology
- [12] EN 15856 - Non-destructive testing - Acoustic emission - General principles of AE testing for the detection of corrosion within metallic surrounding filled with liquid
- [13] API Publication 334 - A Guide to Leak Detection for Aboveground Storage Tanks
- [14] EN ISO 17638 - Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing
- [15] EN ISO 3452 – Non-destructive testing - Penetrant testing Part 1 General Principles
- [16] API 652 - Linings of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms
- [17] EN 1593 - Non-destructive testing - Leak testing - Bubble emission techniques
- [18] EN ISO 9712 - Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel

- [19] API Recommended Practice 580 - Risk Based Inspection
- [20] API Recommended Practice 581 - Risk Based Inspection Technology
- [21] API Standard 2000, Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated
- [22] API Recommended Practice 579-1/ASME FFS-1 - Fitness-For-Service
- [23] API Recommended Practice 651 - Cathodic Protection of Aboveground Storage Tanks
- [24] ASNT-SNT-TC-1A - Personnel qualification and certification in Non Destructive Testing

4. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

ACRONIMO	DESCRIZIONE
CR	Rateo di corrosione
FFS	Fitness for Service
MFL	Controllo a flusso magnetico disperso
MRT	Minimo spessore residuo accettabile
NDT	Controllo Non Distruttivo
RBI	Ispezione basata sul Rischio
RCA	Differenza tra il minore spessore misurato e il minimo spessore accettabile da calcolo
RT	Spessore residuo attuale
TML	Localizzazione del rilievo spessimetrico
UT	Controllo ultrasonoro
MT	Controllo a particelle magnetiche
PT	Controllo con liquidi penetranti

5. TIPOLOGIE DI ISPEZIONE

5.1. Generalità

Al fine di garantire nel tempo la loro integrità e funzionalità, i serbatoi devono essere ispezionati ad intervalli di tempo predeterminati per individuare la tipologia, la velocità e le cause dei meccanismi di danneggiamento in atto e l'estensione del conseguente deterioramento.

A tale scopo sono previste sia ispezioni con i serbatoi in esercizio, sia ispezioni con i serbatoi fuori servizio.

L'ispezione da esterno, con i serbatoi in servizio, viene condotta per valutare quanto possibile lo stato del serbatoio senza interromperne l'operatività.

L'ispezione da interno, con i serbatoi fuori esercizio, è eseguita principalmente per valutare le condizioni delle superfici interne dei serbatoi (fondo, mantello e tetto), e degli accessori presenti al suo interno. ***In tale occasione deve, comunque, essere prevista anche l'ispezione da esterno, in modo da poter formulare una valutazione completa dello stato dei serbatoi e consentire, così, di elaborare una lista esaustiva di tutti i lavori di manutenzione che dovranno essere effettuati.***

Le attività ispettive principali che vanno eseguite per garantire un adeguato livello di monitoraggio e controllo dei serbatoi sono:

- **Ispezione visiva** (sia ispezioni routinarie esterne, sia ispezioni di dettaglio interne ed esterne)
- **Ispezione spessimetrica** (per ispezioni di dettaglio interne ed esterne)

Oltre a questi, possono essere condotti altri NDT allo scopo di ottenere informazioni quanto più dettagliate sull'integrità del serbatoio o derivanti da particolari specificità del singolo caso.

5.2. Ispezioni da esterno su serbatoi in esercizio

5.2.1. Ispezione visiva da esterno di routine

Questo tipo di ispezione deve essere condotta da personale operativo competente, in termini di condizioni operative dell'impianto, caratteristiche del prodotto stoccato, tipologia del serbatoio e dei suoi componenti principali.

Questo tipo di ispezione prevede un esame visivo delle superfici esterne del serbatoio. Essa è finalizzata principalmente ad individuare perdite di prodotto, deformazioni sul mantello, segnali di cedimenti, corrosioni esterne, danneggiamenti della verniciatura o della coibentazione e a verificare le condizioni dei sistemi ausiliari e degli accessori montati sul serbatoio.

In presenza di doppio fondo deve essere anche accertata l'assenza di prodotto tra i due fondi aprendo le valvole di rilevazione perdite.

Se presente, l'efficienza della protezione catodica deve essere verificata in accordo alle specifiche aziendali ed agli standard nazionali ed internazionali.

In ALLEGATO A è proposta una checklist contenente tutti i punti che dovrebbero essere esaminati nel corso dell'ispezione di routine.

Gli esiti dell'ispezione di routine devono essere tenuti in considerazione per determinare la frequenza con la quale deve, poi, essere effettuata l'ispezione visiva da esterno di dettaglio (vedere punto 5.2.2).

5.2.2. Ispezione visiva da esterno di dettaglio

L'ispezione visiva da esterno di dettaglio deve essere eseguita ad intervalli di tempo regolari, a cura di un ispettore qualificato (vedere punto 5.4); durante questo tipo di ispezione il serbatoio può rimanere in esercizio.

Durante l'ispezione visiva da esterno di dettaglio devono essere esaminati trincarino, mantello, tetto e tutti gli accessori accessibili, in modo da individuare eventuali nuovi fenomeni di deterioramento o variazioni rispetto alle condizioni rilevate nella precedente ispezione: potenziali problemi devono essere valutati prima che diventino seri.

Nel corso dell'ispezione devono essere verificati numerosi aspetti; tra questi possono essere elencati, anche se in modo non esaustivo, i seguenti:

- a) presenza di trafilamenti di prodotto dal mantello, dal tetto o dal fondo;
- b) condizioni della protezione superficiale del mantello e del tetto o, se esistente, della coibentazione;
- c) problematiche sui sistemi di sicurezza, quali il bloccaggio di vent o di drenaggi, scale di accesso difettose;
- d) danneggiamenti delle pareti e della pavimentazione del bacino e di ogni apparecchiatura presente al suo interno;
- e) integrità delle tubazioni, pompe e valvole collegate al serbatoio all'interno del bacino di contenimento;
- f) danneggiamenti delle lamiere del tetto, incluse le tenute, i drenaggi, i sistemi di respirazione, le passerelle di camminamento;
- g) deterioramenti della fondazione e della sigillatura tra serbatoio e fondazione (se presente).

Ogni zona corrosa deve essere ispezionata; qualora non sia direttamente accessibile, può essere necessario richiedere il montaggio di un ponteggio fisso o, in alternativa, ricorrere all'impiego di piattaforme mobili.

I prodotti di corrosione e gli ossidi devono essere rimossi mediante picchettatura, raschiatura o spazzolatura, allo scopo di poter misurare correttamente la profondità e l'estensione della zona corrosa. Devono essere valutati preventivamente i potenziali rischi connessi all'utilizzo di sistemi per rimuovere ossidi molto aderenti.

Quando accessibile, la profondità massima di una corrosione localizzata deve essere misurata impiegando un profilometro di lunghezza adeguata; la profondità di pitting isolati può essere determinata mediante appositi calibri a punta. Ogni area corrosa deve essere accuratamente mappata.

Qualora sia consentito dalle procedure di sicurezza in vigore nell'impianto l'accesso all'interno dei cassoni del tetto galleggiante l'ispezione visiva deve essere estesa anche all'interno degli stessi.

Nel caso di serbatoi coibentati, la protezione deve essere rimossa a campione solo per l'estensione necessaria a consentire di valutare le condizioni delle superfici esterne del mantello o del tetto.

A tal fine, vanno privilegiate le zone dove si notino danneggiamenti nella coibentazione e la fascia inferiore del mantello dove il materiale coibente potrebbe essere andato in contatto con l'umidità; a tal fine, sulla parte bassa della prima virola del mantello, la coibentazione deve essere rimossa per un'altezza di almeno 500 mm a partire dall'attacco con il fondo.

Un'attenzione particolare deve essere posta per verificare le condizioni della coibentazione nell'intorno delle connessioni, in corrispondenza delle selle di sostegno di serbatoi orizzontali e sui giunti di sigillatura.

Alcuni tratti della coibentazione devono essere rimossi soprattutto quando il materiale isolante non è noto.

Anche i sistemi di supporto della coibentazione devono essere ispezionati a campione per verificare la loro tenuta e individuare eventuali segni di corrosione e rotture.

Grande attenzione va fatta prima di ispezionare serbatoi a tetto fisso coibentati per il fatto che le lamiere e la struttura di sostegno potrebbero essere danneggiate.

I sistemi di messa a terra, quali shunts e le connessioni meccaniche di cavi elettrici, devono essere ispezionati visivamente.

In ALLEGATO B è proposta una checklist contenente tutti i punti che dovrebbero essere esaminati nel corso dell'ispezione visiva da esterno di dettaglio. Ad ogni modo, deve essere inclusa una documentazione fotografica dei danneggiamenti più significativi.

5.2.3. Rilievi spessimetrici da esterno

Con il serbatoio in esercizio, l'esecuzione di rilievi spessimetrici da esterno mediante ultrasuoni sui suoi componenti principali può consentire di determinare il rateo di corrosione generalizzata e può fornire un'indicazione circa la loro integrità strutturale.

Le superfici da esaminare devono essere esenti da sporcizia, ossidazioni, residui di saldatura e da distacchi della verniciatura. Le aree da sottoporre ad esame UT devono avere un profilo uniforme ed essere sufficientemente lisce per garantire un soddisfacente accoppiamento acustico.

Apparecchi ultrasonori a lettura digitale forniscono solitamente risultati accettabili se la superficie di controllo risulta essere liscia e pulita e se la superficie opposta non è interessata in modo rilevante da pitting, come accade, ad esempio, su serbatoi adibiti allo stoccaggio di prodotti finiti. Se la superficie opposta a quella di accoppiamento è, al contrario, molto danneggiata, devono essere impiegati apparecchi a lettura analogica, in quanto più accurati.

I rilievi di spessore da esterno devono interessare almeno i seguenti componenti:

a) **Mantello.**

I rilievi di spessore devono essere effettuati come minimo seguendo lo schema riportato in ALLEGATO D , Fig.1; in questo caso, l'esame deve essere considerato di efficacia solo sufficiente in quanto difficilmente consentirà di calcolare in modo affidabile il rateo di corrosione e di valutare correttamente l'effettiva integrità del mantello. Un controllo di buona efficacia, finalizzato a determinare il rateo di corrosione, deve prevedere che i TML siano distribuiti su ciascuna delle virole costituenti il mantello. A tale scopo, per poter eseguire rilievi fino in sommità del serbatoio possono essere utilizzati appositi crawler, remotizzati o filoguidati; in alternativa, sarà necessario ricorrere a piattaforme mobili o al montaggio di ponteggi fissi.

L'estensione raccomandata per questo controllo è mostrata in ALLEGATO D , Fig.2: I TML sono distribuiti su generatrici verticali, uniformemente distribuite lungo la circonferenza del serbatoio, in numero funzione del diametro.

Su ciascuna generatrice verticale le misure devono essere effettuate ad una distanza di 100 mm l'una dall'altra e deve essere registrato lo spessore minimo rilevato su ogni singola virola; qualora non sia disponibile un crawler automatico, su ciascuna virola devono essere eseguite almeno 3 misure (rispettivamente a 30 mm e, poi, a 1/3 e 2/3 dell'altezza della virola, partendo dalla saldatura circonferenziale di unione con la virola sottostante).

b) **Trincarino;**

Sul trincarino i TML devono essere distribuiti uniformemente sulla circonferenza, nelle posizioni corrispondenti alle generatrici verticali scelte per eseguire i rilievi spessimetrici sul mantello (vedere ALLEGATO D, Fig.3). La sonda UT deve essere posizionata immediatamente adiacente al bordo della saldatura di attacco fondo-mantello e non sul bordo esterno dell'anello.

c) Tetto (galleggiante o fisso).**i. Tetto fisso**

I TML devono essere localizzati su generatrici radiali uniformemente distribuite sulla circonferenza del tetto, nelle posizioni corrispondenti alle generatrici verticali scelte per il controllo del mantello: su ciascuna generatrice radiale, devono essere eseguiti 4 rilievi (1° punto - al centro del tetto; 2° punto - a 1/3 del raggio del tetto; 3° punto - a 2/3 del raggio del tetto; 4° punto - a 200 mm dal mantello, vedere ALLEGATO D, Fig.4).

ii. Tetto galleggiante

I TML devono essere localizzati sulle lamiere del tetto nelle posizioni mostrate in ALLEGATO D, Fig.5 per un tetto a singolo pontone e in ALLEGATO D, Fig.6 per un tetto a doppio pontone. In più, poiché la corrosione può interessare le camicie dei puntoni di sostegno del tetto galleggiante, su ciascuno di questi elementi devono essere eseguiti 2 rilievi di spessore, in accordo allo schema riportato in ALLEGATO D, Fig.7.

d) Connessioni presenti su mantello e tetto e passi d'uomo;

Rilievi di spessore devono essere effettuati sulle connessioni e sui passi d'uomo in posizioni il più vicino possibile alle lamiere del mantello o del tetto, e distribuiti sulla loro circonferenza rispettivamente a ore 12:00, 3:00, 6:00 e 9:00, nel caso di componenti orizzontali; nel caso di componenti verticali, la misura a ore 12:00 deve corrispondere in pianta al Nord (vedere ALLEGATO D, Fig. 8).

Per i serbatoi coibentati, i rilievi spessimetrici da esterno sul mantello devono essere principalmente eseguiti nella parte inferiore della prima virola, dove il coibente deve essere rimosso. Sulle virole superiori, i TML possono essere localizzati a campione in punti accessibili percorrendo le scale presenti sul serbatoio, elicoidali o alla marinara, previa rimozione del coibente. Altre misure a campione devono essere previste sul tetto, se coibentato.

5.2.4. Esame mediante emissione acustica e altre metodologie di rilevazione perdite

Durante l'esercizio dei serbatoi può essere eseguito un controllo mediante emissione acustica al fine di individuare danneggiamenti e potenziali perdite dovute a forature delle lamiere del fondo.

L'emissione acustica non è alternativa all'ispezione interna con il serbatoio fuori esercizio (vedere paragrafo 5.3); normalmente è prassi effettuare questo controllo a metà dell'intervallo di tempo stabilito tra due successive ispezioni da interno.

L'esame mediante emissione acustica deve essere effettuato in accordo ai requisiti riportati nella norma EN 15856 (12). Nel Allegato I.2.9 sono contenute utili indicazioni operative per l'esecuzione di un esame efficace.

Possono essere presi in considerazione altri sistemi di rilevazione perdite, tra quelli previsti in API 334 [13] (ad esempio, sistemi di rilevazioni perdite mediante misurazione volumetrica di massa, mediante misurazione del livello volumetrico e della temperatura, per bilancio di massa, mediante tecniche basate su marker chimici).

5.2.5. Rilievi dimensionali da esterno

Qualora l'ispezione visiva da esterno evidenzia segnali di un potenziale cedimento della fondazione del serbatoio, può essere necessaria una valutazione più precisa ricorrendo all'esecuzione di misure di verticalità distribuite lungo la circonferenza del serbatoio. Le modalità di esecuzione del controllo e di valutazione dei risultati devono essere conformi ai requisiti riportati in API 653 [1], Appendice B e paragrafo 10.5.2.

Deformazioni localizzate orientate verticalmente sulle lamiere del mantello (peaking) devono essere rilevate mediante l'uso di una asta, di lunghezza 915 mm e di curvatura uguale al raggio esterno del serbatoio, posta orizzontalmente: la deformazione non deve eccedere 12,5 mm.

Deformazioni localizzate orientate orizzontalmente sulle lamiere del mantello (banding) devono essere rilevate mediante l'uso di una asta, di lunghezza 915 mm, posta verticalmente: la deformazione non deve eccedere 25,4 mm.

Per valutare la verticalità del mantello, il cedimento del serbatoio e la presenza di deformazioni locali è da preferire l'impiego di tecniche laser scanner.

Laddove le tecniche convenzionali di controllo dimensionale evidenzino valori non accettabili, si può eseguire una valutazione ingegneristica di FFS (Fitness For Service) utilizzando i risultati di un controllo mediante tecnica laser scanner.

5.2.6. Altri NDT

Sulla base dei risultati dell'ispezione visiva da esterno, può essere prevista l'esecuzione di ulteriori controlli non distruttivi finalizzati a consentire una valutazione più dettagliata del danneggiamento.

Cricche localizzate sulla superficie esterna di saldature possono essere rilevate mediante controllo magnetoscopico eseguito in accordo alla norma EN ISO 17638 [14] o mediante controllo con liquidi penetranti eseguito in accordo alla norma EN ISO 3452, Part 1 [15].

Lo stato di conservazione delle verniciature esterne può essere verificato in accordo all'API 652 [16], effettuando, oltre all'esame visivo, controlli non distruttivi, quali, ad esempio, rilievi dello spessore del lining, prove di adesione e ricerca microfessurazioni.

5.2.7. Verifica elementi di tenuta tetto galleggiante

La verifica viene eseguita mediante un'ispezione visiva dello stato delle guarnizioni primaria e secondaria di tenuta dei tetti galleggianti dei serbatoi ed è finalizzata al controllo:

- delle condizioni e quindi dell'efficienza di tutte le componenti dei sistemi di tenuta primario e secondario (componenti in gomma e componenti di spinta metallici);
- delle condizioni delle superfici di contatto (aderenza del sistema di tenuta secondario al mantello del serbatoio);
- delle condizioni degli accessori e di tutte le parti di cui si compone un tetto galleggiante (presa campioni, tubo sonda termometrica, supporti del tetto, tubi guida, stadia, diga schiuma ecc.);
- delle caratteristiche geometriche del serbatoio.

In particolare, verrà controllato lo stato dei sotto riportati particolari:

- lamierini o scudi per verificarne l'integrità, ovvero che siano esenti da deformazioni permanenti, corrosione o forature.
- guarnizione d'attrito per verificare che sia esente da screpolature visibili, da rotture o da distacchi dai supporti metallici.
- guarnizione primaria su quattro punti diametralmente opposti dopo scostamento manuale della guarnizione secondaria.
- cuffie di sigillatura dei piedi di sostegno del tetto.
- accessori: presa campioni, tubo sonda termometrica, gambe e canotti, stadia, diga paraschiuma, sistema di scorrimento su rulli dei tubi guida e calma (quest'ultimo riferito alla posizione in cui si trova il tetto galleggiante)

Inoltre saranno da controllare

- l'aderizzazione del sistema di tenuta secondario a mantello del serbatoio con eventuale rilievo del distacco puntuale
- la rugosità del mantello del serbatoio
- il rilievo dello spazio anulare con verifica corrispondenza a 180°
- l'efficienza dei sistemi di continuità elettrica esistenti

La periodicità viene definita biennale ed i controlli vengono registrati sulla scheda dal titolo "Controllo periodico guarnizioni tetto galleggiante" (ALLEGATO G).

In occasione del controllo visivo, ma non necessariamente con la stessa periodicità, può essere eseguito anche il calcolo di valutazione delle emissioni secondo programma sviluppato da Standards American Petroleum Institute (API) e riferito alla norma EPA (Environmental Protection Agency) AP 42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", Volume 1, Capitolo 5 (ultima versione)". L'applicazione di tale metodologia dovrà essere valutata qualora non siano già in atto altre tipologie di controllo delle emissioni sui serbatoi a tetto galleggiante.

5.3. Ispezioni da interno su serbatoi fuori esercizio

Lo scopo dell'ispezione interna dei serbatoi è:

- (1) Verificare le condizioni del fondo
- (2) Misurare gli spessori del fondo per valutare la velocità di corrosione e la vita residua.
- (3) Identificare e valutare ogni meccanismo di degrado dei componenti interni del serbatoio.

In occasione dell'ispezione da interno devono essere ispezionate tutte le valvole di connessione più vicine ai serbatoi, queste devono essere revisionate o sostituite. Inoltre devono essere accuratamente ispezionati tutti gli accessori interni dei serbatoi e tutti quelli che non possono essere ispezionati con serbatoio in esercizio (valvole di sicurezza e di sfiato, ecc..).

5.3.1. Lavori preparatori per l'ispezione da interno

L'ispezione da interno può essere eseguita solo quando il serbatoio è stato bonificato e pulito, in accordo alle procedure di sicurezza dell'impianto.

È fortemente raccomandato un sopralluogo preliminare all'interno del serbatoio, sia per assicurare la sicurezza relativa alle condizioni della copertura del tetto e delle sue strutture di sostegno, sia per verificare la necessità di intervento mediante sabbiatura per rimuovere ruggine, incrostazioni di ossido o strati di verniciatura distaccati, allo scopo di consentire una adeguata ispezione visiva di dettaglio.

5.3.2. Ispezione visiva da interno

L'ispezione visiva all'interno del serbatoio deve essere eseguita per verificare che il fondo non sia eccessivamente corrosivo o interessato da forature e per esaminare le superfici interne del mantello e del tetto, così come gli accessori interni.

Ogni zona corrosa presente sulle superfici interne del serbatoio (fondo, mantello e tetto, se accessibile) deve essere misurata e mappata.

La profondità massima di una corrosione localizzata deve essere misurata impiegando un profilometro di lunghezza adeguata; la profondità di pitting isolati può essere determinata mediante appositi calibri.

La profondità delle corrosioni presenti sulla superficie interna del mantello può essere misurata anche mediante rilievi spessimetrici ultrasonori eseguiti da esterno.

Nel caso di serbatoi a tetto galleggiante (a singolo o doppio pontone), l'interno degli scomparti deve essere ispezionato visivamente alla ricerca di corrosione, trafile e altri danneggiamenti.

Nel caso di serbatoi a tetto fisso, le strutture di sostegno (capriate, colonne, basamenti, etc) possono essere esaminate da terra, purché sia garantita una adeguata illuminazione. Qualora sia rilevata corrosione sulla superficie interna del tetto e della sommità del mantello, tale da far ipotizzare che anche le strutture di sostegno potrebbero essere danneggiate, deve essere effettuata una ispezione visiva ravvicinata, accedendo alle strutture previo montaggio di un ponteggio. In alternativa, può essere prevista l'apertura di alcune finestre sulla copertura del tetto o l'utilizzo di droni. Particolare attenzione deve essere posta alla possibile presenza di corrosione all'interno delle colonne di sostegno del tetto: poiché tale zona non è ispezionabile visivamente, devono essere eseguiti rilievi spessimetrici.

I giunti saldati devono essere ispezionati visivamente alla ricerca di corrosione e rotture. Nei casi in cui si sospetti la presenza di cricche, devono essere effettuati controlli, quali il controllo magnetoscopico eseguito in accordo alla norma EN ISO 17638 [14] o il controllo con liquidi penetranti eseguito in accordo alla norma EN ISO 3452, Part 1 [15].

Se presenti, gli anodi sacrificali devono essere esaminati visivamente e sottoposti a rilievi dimensionali ed a pesatura, in accordo alle specifiche aziendali ed agli standard nazionali ed internazionali

In ALLEGATO C è proposta una checklist contenente tutti i punti che dovrebbero essere esaminati nel corso dell'ispezione visiva da interno. Ad ogni modo, deve essere inclusa una documentazione fotografica dei danneggiamenti più significativi.

5.3.3. Rilievi spessimetrici da interno

I rilievi spessimetrici da interno integrano quelli da esterno, di cui al punto 5.2.3. In particolare, devono essere eseguiti, almeno sui seguenti componenti:

- a) fondo: lamiere centrali e anello periferico;
- b) pozzetti di drenaggio del fondo;
- c) superfici interne delle lamiere del tetto galleggiante a doppio pontone;
- d) lamiere di composizione degli scomparti di galleggiamento;
- e) tubazioni di drenaggio articolato del tetto galleggiante;
- f) puntoni di sostegno del tetto galleggiante.

L'esame deve essere condotto anche sulle aree dove l'ispezione visiva da interno (vedere punto 5.3.2) ha evidenziato danneggiamenti per corrosione.

La localizzazione dei rilievi di spessore (in seguito, TML) deve rispettare i seguenti requisiti:

a1) Fondo: lamiere centrali

Qualora non sia richiesta l'esecuzione del controllo a flusso magnetico disperso (vedere punto 5.3.4), su ogni lamiera devono essere effettuate almeno 5 misure di spessore (vedere ALLEGATO D , Fig.9).

a2) Fondo, anello periferico (con o senza trincarino)

Qualora non sia richiesta l'esecuzione del controllo a flusso magnetico disperso (vedere punto 5.3.4), su ogni porzione dell'anello periferico devono essere effettuate scansioni ultrasonore in continuo su almeno 5 aree, ciascuna di dimensioni 250x250 mm (vedere ALLEGATO D , Fig.10).

b) Pozzetti di drenaggio del fondo

Un minimo di 5 rilievi di spessore su ciascun pozzetto secondo lo schema di cui in ALLEGATO D , Fig.11.

c) Superfici interne delle lamiere del tetto galleggiante a doppio pontone

I TML sulle superfici interne del doppio pontone devono essere posizionati su generatrici radiali, equamente distribuite sulla circonferenza; il numero delle generatrici è quello adottato per le superfici esterne del doppio pontone (vedere punto 5.2.3 comma c)ii).

d1) Lamiere di composizione degli scomparti di galleggiamento - Tetto a singolo pontone

Da interno di ciascun scomparto, i TML devono essere posizionati come riportato negli schemi di cui in ALLEGATO D , fig. 12.

d2) Lamiere di composizione degli scomparti di galleggiamento - Tetto a doppio pontone

I rilievi spessimetrici devono interessare la sola parte verticale dello scomparto, lato mantello.

I TML devono essere localizzati lungo la circonferenza del serbatoio, ad una distanza di 3 m (vedere ALLEGATO D , fig.13).

e) Tubazioni di drenaggio articolato del tetto galleggiante

- tubi dritti: 4 TML a 90°, su sezioni distanziate di 2 m l'una dall'altra;

- fittings: 4 TML at 90°, su ogni fitting

f) Puntoni di sostegno del tetto galleggiante

Su ogni puntone:

- 2 TML a 180° nella parte inferiore del supporto tubolare (max 50 mm dalla lamiera del fondo)

- 2 TML a 180° nella parte superiore del supporto tubolare (max 50 mm dal bordo inferiore della camicia)

Nel caso di serbatoi coibentati, qualora non sia prevista la completa rimozione del coibente, devono essere effettuate scansioni ultrasonore in continuo sulla superficie interna per rilevare l'eventuale presenza di corrosione sulla superficie esterna del mantello; il numero e l'estensione delle aree sottoposte a scansione devono essere definite tenendo conto dello stato di conservazione della coibentazione.

5.3.4. Controllo a flusso magnetico disperso (MFL)

Il controllo a flusso magnetico disperso (MFL) è impiegato usualmente per rilevare la presenza di corrosione lato fondazione sul fondo del serbatoio; l'indagine è normalmente estesa a tutta la superficie del fondo ma può anche essere limitata ad una porzione.

In considerazione delle probabili cause che originano la corrosione lato fondazione del fondo del serbatoio, il controllo MFL è fortemente raccomandato nelle seguenti situazioni:

- insufficiente drenaggio nella zona perimetrale del fondo del serbatoio con conseguenti infiltrazioni di acqua lato fondazione.
- significativo cedimento del serbatoio con conseguente abbassamento del fondo al di sotto di un livello adeguato al drenaggio; tale situazione provoca la corrosione delle lamiere periferiche del fondo;
- scarsa qualità della miscela bitume/sabbia sulla quale poggia il serbatoio;
- stoccaggio di prodotti caldi (es: asfalti): la temperatura del prodotto favorisce l'infiltrazione di umidità sotto il fondo e la cinetica del processo corrosivo.
- presenza di correnti vaganti e conseguenti corrosioni localizzate: tale fenomeno avviene quando una sorgente esterna di corrente continua, ad esempio una linea elettrificata ferroviaria, attraversa il terreno in prossimità del fondo del serbatoio disperdendo correnti parassite.

Poiché le condizioni delle superfici possono condizionare la qualità del controllo MFL, potrebbe essere necessario prevedere la spazzolatura o la sabbiatura.

La minima riduzione di spessore che il controllo MFL deve essere in grado di rilevare non deve essere superiore al 20% dello spessore nominale delle lamiere del fondo.

La presenza di corrosione lato fondazione rilevata dal controllo MFL deve essere confermata e dimensionata quantitativamente dal controllo ultrasonoro manuale con sonda piana.

Dal momento che il controllo MFL non copre le aree adiacenti alle saldature di unione delle lamiere del fondo né l'intorno di altre discontinuità presenti sul fondo, può essere richiesta la scansione ultrasonora in continuo di queste parti. Tale procedura è indicata quando il controllo MFL abbia accertato la presenza di una diffusa corrosione lato fondazione.

5.3.5. Rilievi dimensionali da interno

Qualora l'ispezione visiva da interno abbia evidenziato zone di cedimento delle lamiere centrali del fondo o di quelle periferiche, può essere condotta una verifica più dettagliata in accordo ai requisiti riportati in API 653 [1], Appendice B.

5.3.6. Altri controlli non distruttivi

Gli stessi controlli non distruttivi suggeriti nel corso delle ispezioni con il serbatoio in esercizio (vedere punto 5.2.6) possono essere effettuati anche durante l'ispezione del serbatoio messo fuori esercizio.

Le saldature del fondo e del fondo/mantello possono essere controllate mediante tecnica vacuum box in accordo alla norma EN 1593 [17].

Come nel caso del rivestimento esterno, anche lo stato di conservazione del rivestimento interno può essere verificato in accordo all' API 652 [16], effettuando, oltre all'esame visivo, controlli non distruttivi, quali, ad esempio, rilievi dello spessore del lining, prove di adesione e ricerca microfessurazioni.

5.3.7. Verifica del flessibile di drenaggio del tetto

Tali collaudi generalmente consistono in:

- ispezione visiva, per verificare che non ci siano anomalie rilevabili a vista, che denotino stati di degrado della manichetta (quali screpolature, fenditure, abrasioni, scollamenti, strappi della copertura, deformazioni, bolle, rigonfiamenti localizzati, zone appiccicose o molli) o dei raccordi;
- prova idraulica, secondo le indicazioni fornite dal Costruttore sul Certificato di Collaudo;
- misure di allungamento;
- prova di continuità elettrica, ove prevista.

Non sempre è possibile eseguire l'ispezione secondo l'elenco riportato sopra. Qualora infatti si tratti di una particolare tipologia di flessibile articolato, non essendo consigliabile eseguire lo smontaggio per via della complessità dell'operazione, è opportuno che la prova di tenuta (collaudo idraulico) si esegua in opera.

5.4. Qualificazione del personale

L'esecuzione dell'ispezione visiva da esterno e da interno e la valutazione dei risultati dei controlli non distruttivi effettuati deve essere affidata ad un ispettore qualificato con esperienza provata nell'ispezione di serbatoi atmosferici non inferiore a 5 anni.

Gli addetti NDT devono essere certificati almeno al 2° livello secondo ASNT-SNT-TC-1A [24] o EN ISO 9712 [18] nel metodo di controllo eseguito.

5.5. Rapporti di ispezione

Per qualunque tipo di ispezione, da esterno o da interno, deve essere rilasciato un rapporto scritto.

Il rapporto deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- a) data dell'ispezione;
- b) tipo di ispezione (da esterno o da interno);
- c) descrizione del serbatoio ispezionato (sigla, tipo di serbatoio, dimensioni, capacità, anno di costruzione, classificazione dei materiali costituenti l'involucro, schemi del fondo-mantello-tetto con i relativi spessori nominali, se disponibili, etc);
- d) qualunque limitazione all'ispezione eseguita (ad esempio, problemi di accessibilità a certi componenti);
- e) tecniche ispettive e controlli eseguiti (esame visivo, MFL, UT, controlli sul lining, etc.);

- f) risultati dell'ispezione visiva e degli altri NDT;
- g) risultati di rilievi dimensionali e relativa valutazione, se eseguiti;
- h) raccomandazioni relative alle riparazioni da effettuare, incluse la loro localizzazione, estensione e relative motivazioni; raccomandazioni relative alla sostituzione di componenti del serbatoio; indicazioni riguardo la necessità di ulteriori controlli da effettuarsi per verificare l'integrità del serbatoio o mantenerla fino alla prossima ispezione; Il rapporto può contenere altre osservazioni meno critiche e ulteriori suggerimenti;
- i) raccomandazioni in merito all'esecuzione di nuove verniciature e al rifacimento del lining o della coibentazione esistente;
- j) cognome e nome, società di appartenenza e firma dell'ispettore responsabile dell'ispezione;
- k) disegni, schemi, fotografie, verbali NDT e qualunque altra documentazione pertinente deve essere allegata al rapporto di ispezione.

Il rapporto di ispezione deve contenere anche il calcolo dei ratei di corrosione del fondo e del mantello e la definizione del massimo intervallo di ispezione raccomandato o quello derivante dalle indicazioni del capitolo 7.

6. FREQUENZA DELLE ISPEZIONI

6.1. Generalità

L'intervallo di tempo tra due ispezioni successive di un serbatoio (ispezioni in servizio e fuori servizio) deve essere determinato sulla base della sua storia di servizio a meno che non vi siano ragioni motivate per richiedere un'ispezione anticipata.

Numerosi sono i fattori che devono essere presi in considerazione per determinare le frequenze ispettive. Essi includono, ma non sono limitati, ai seguenti:

- a) tipo di prodotto stoccato;
- b) risultati delle precedenti ispezioni (sia in servizio che fuori servizio);
- c) lavori di manutenzione condotti in passato (riparazioni, sostituzione di fondi o di altri elementi strutturali del serbatoio);
- d) ratei di corrosione calcolati;
- e) presenza di sistemi di prevenzione dalla corrosione;
- f) ubicazione del serbatoio (zona isolata o area ad alto rischio);
- g) rischio potenziale di inquinamento dell'aria e delle acque;
- h) presenza di sistemi di monitoraggio perdite;
- i) modifiche nelle modalità operative;
- j) prescrizioni legislative;
- k) cambi di servizio;
- l) presenza del doppio fondo o di altro tipo di barriera alla fuoriuscita di prodotto;
- m) presenza di lining interno e suo stato di conservazione.

Se la storia di servizio del serbatoio non è rintracciabile, possono essere considerati i dati di un serbatoio valutato in servizio simile (preferibilmente sito nello stesso impianto, secondo i requisiti di cui in API 653 [1], Allegato H.

In alcuni casi le prescrizioni legislative impongono determinati intervalli e frequenze ispettive. È necessario conoscere l'esistenza di tali regolamenti per poter rendere conformi ad essi i programmi e le attività ispettive.

6.2. Ispezioni su serbatoi in esercizio

6.2.1. Ispezione visiva da esterno di routine

L'intervallo tra due ispezioni di routine successive non dovrà eccedere un mese, indipendentemente dal tipo di prodotto stoccato.

6.2.2. Ispezione visiva da esterno di dettaglio

L'ispezione visiva da esterno di dettaglio deve essere eseguita, se non in contrasto con prescrizioni imposte dagli enti di controllo, ad intervalli di tempo non superiori al minore tra 5 anni e RCA/4CRS anni, dove:

- RCA è la differenza tra lo spessore minimo misurato su ogni virola del mantello e lo spessore minimo accettabile calcolato come al punto 7.3, entrambi in mm;

$$RCA = t_{sa} - t_{min\ resistente}$$

t_{sa} = spessore minimo misurato nell'attuale ispezione [mm];

$t_{min\ resistente}$ = spessore minimo resistente del mantello [mm];

- CRS è il rateo di corrosione di ogni virola del mantello, in mm per anno.

Il rateo di corrosione CRS deve essere calcolato per ogni virola costituente il mantello come la differenza tra lo spessore t_{sp} rilevato (su stesso componente e posizione) durante una precedente ispezione e quello misurato nell'attuale ispezione t_{sa} in mm, divisa per il periodo di tempo intercorso tra le due successive ispezioni Δt , in anni; in più deve essere applicato un fattore di sicurezza sf (vedere Tabella 1) che tiene in considerazione l'efficacia dell'ispezione eseguita per individuare la presenza sul mantello di corrosione esterna o interna.

$$CRS = \frac{t_{sp} - t_{sa}}{\Delta t \times sf}$$

Formula 1 - Rateo di corrosione per le virole

- t_{sp} = spessore rilevato su stesso componente e posizione durante una precedente ispezione
- t_{sa} = spessore rilevato nell'attuale ispezione
- Δt = periodo di tempo intercorso tra le due successive ispezioni
- sf = fattore di sicurezza che tiene in considerazione l'efficacia del metodo ispettivo eseguito

Efficacia dell'ispezione	Tecnologie ispettive sul mantello/trincarino	Fattore di sicurezza sf
Ottima	<p>Rilievi di spessore eseguiti preferibilmente mediante crawler automatico lungo le generatrici identificate nello schema riportato in ALLEGATO D, Fig.2.</p> <p>Su ciascuna generatrice verticale le misure devono essere effettuate almeno ad una distanza di 100 mm l'una dall'altra e deve essere registrato lo spessore minimo rilevato su ogni singola virola;</p> <p>Sul trincarino i TML devono essere distribuiti uniformemente sulla circonferenza, nelle posizioni corrispondenti alle generatrici verticali scelte per eseguire i rilievi spessimetrici sul mantello (vedere anche ALLEGATO D Fig.3).</p> <p>La sonda UT deve essere posizionata immediatamente adiacente al bordo della saldatura di attacco fondo-mantello e non sul bordo esterno dell'anello.</p>	1,0

Buona	<p>Rilievi di spessore eseguiti seguendo lo schema riportato in ALLEGATO D , Fig.2.</p> <p>Su ciascuna virola e ciascuna generatrice devono essere eseguite almeno 3 misure, rispettivamente a 30 mm e, poi, a 1/3 e 2/3 dell'altezza della virola, partendo dalla saldatura circonferenziale di unione con la virola sottostante.</p> <p>Sul trincarino i TML devono essere distribuiti uniformemente sulla circonferenza, nelle posizioni corrispondenti alle generatrici verticali scelte per eseguire i rilievi spessimetrici sul mantello (vedere anche ALLEGATO D Fig.3).</p> <p>La sonda UT deve essere posizionata immediatamente adiacente al bordo della saldatura di attacco fondo-mantello e non sul bordo esterno dell'anello.</p>	0,9
Sufficiente	<p>Rilievi di spessore eseguiti seguendo lo schema riportato in ALLEGATO D , Fig.1</p> <p>Sul trincarino i TML devono essere distribuiti uniformemente sulla circonferenza, nelle posizioni corrispondenti alle generatrici verticali scelte per eseguire i rilievi spessimetrici sul mantello (vedere anche ALLEGATO D Fig.3).</p> <p>La sonda UT deve essere posizionata immediatamente adiacente al bordo della saldatura di attacco fondo-mantello e non sul bordo esterno dell'anello.</p>	0,7
Bassa-Nulla	Non sono ritenute accettabili altre metodologie il cui grado di efficacia sia inferiore a quello definito come sufficiente	n.d.

Tabella 1 - Esempio di categorizzazione delle tecnologie ispettive impiegate per il mantello e trincarino del serbatoio

Categoria dell'ispezione	Efficacia dell'ispezione	Fattore di sicurezza sf
A	Ottima	1,0
B	Buona	0,9
C	Sufficiente	0,7
D	Bassa	0,5
E	Nulla	n.a.

Tabella 2 - Efficacia delle categorie di ispezione

Esempi di categorizzazione dell'efficacia delle ispezioni sono riportati in API 581 [20], Tabelle 2.C.5.1 e 2.C.5.2 (vedere ALLEGATO E).

Se il rateo di corrosione non è noto, possono essere utilizzati i valori proposti nella Tabella 4.1 di EEMUA 159 [2] (vedere ALLEGATO F).

Per stabilire la data della prossima ispezione visiva da esterno di dettaglio deve essere considerato il minore tra i valori di RCA/4CRS calcolati su ogni singola virola.

6.2.3. Rilievi spessimetrici da esterno

I rilievi spessimetrici da esterno devono essere effettuati, se non in contrasto con prescrizioni imposte dagli enti di controllo, ad intervalli di tempo non superiori ai seguenti valori:

- a) se il rateo di corrosione non è noto, l'intervallo massimo di tempo è 5 anni.
- b) se il rateo di corrosione è noto, l'intervallo massimo di tempo è il minore tra $RCA/2CRS$ anni e 15 anni, dove RCA e CRS sono stati calcolati come descritto in 6.2.2

6.2.4. Verifica elementi di tenuta tetto galleggiante

La periodicità viene definita biennale ed i controlli vengono registrati sulla scheda dal titolo "Controllo periodico guarnizioni tetto galleggiante" (ALLEGATO G).

6.3. Ispezioni su serbatoi fuori esercizio (ispezioni visive e spessimetriche)

L'ispezione iniziale e le successive ispezioni devono essere stabilite seguendo metodologie basate sui ratei di corrosione o su un approccio RBI, in accordo a quanto indicato ai punti 6.3.1 e 6.3.2.

6.3.1. Ispezione iniziale

L'intervallo di tempo tra la data di messa in esercizio e la prima ispezione da interno per serbatoi di nuova costruzione o per serbatoi nei quali è stato installato un nuovo fondo, se non in contrasto con prescrizioni imposte dagli enti di controllo, non deve essere superiore a 10 anni, a meno che il serbatoio non sia dotato dei sistemi di prevenzione e rilevazione perdite, di mitigazione della corrosione o di contenimento elencati in Tabella 2: in questi casi, l'intervallo di tempo per l'ispezione iniziale deve essere incrementato sulla base dei valori in anno relativi a queste salvaguardie; gli intervalli di incremento sono da considerarsi cumulabili.

Sistemi di salvaguardia in dotazione al serbatoio	Incremento intervallo iniziale (anni)
Rivestimento della superficie del fondo lato prodotto in resina rinforzata con fibra di vetro realizzato in accordo a API 652 [16]	5 anni
Rivestimento a film sottile della superficie del fondo lato prodotto realizzato in accordo a API 652 [16]	2 anni
Protezione catodica della superficie del fondo lato fondazione, installata, manutenzionata e monitorata in accordo a API 651 [23]	5 anni
Sistemi di prevenzione perdite (ad esempio, doppio fondo) installati in accordo a API 650 [3], Allegato I	10 anni

Spessore iniziale del fondo > 3,81 mm	(sovrasspessore di corrosione attuale - 3,81 mm)/rateo di corrosione*
Fondo realizzato in acciaio inossidabile austenitico che rispetta i requisiti di cui in API 650 [3], Allegato SC, e sia degli Allegati S e X; l'ambiente interno ed esterno è stato giudicato, da un esperto corrosionista, a basso rischio di rottura o corrosione	10 anni
*il rateo di corrosione è fissato al valore di 0,381 mm/anno o viene determinato come in API 653 (1), Appendice H (Servizio Similare)	

Tabella 3 - Incrementi intervalli ispettivi

La data per l'ispezione iniziale da interno di un serbatoio esistente nel quale è stato montato un nuovo fondo può essere determinata anche secondo i requisiti di cui al punto 6.3.2, purché siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- sono disponibili i risultati dell'ispezione del fondo sostituito;
- i risultati dell'ispezione del fondo sostituito si ritengono applicabili anche per il fondo nuovo o si stima che i ratei di corrosione (lato prodotto e lato fondazione) per il nuovo fondo non saranno superiori a quelli validi per il fondo sostituito.

Come approccio alternativo, la data per l'ispezione iniziale da interno può essere determinata utilizzando il metodo RBI in accordo alle API RP 580 [19] e API RB 581 [20]; devono essere soddisfatti anche i requisiti supplementari previsti nel capitolo 6 di API 653 [1].

Utilizzando questa metodologia, l'intervallo per l'ispezione iniziale da interno può eccedere i 10 anni ma non superare i 20 anni per serbatoi non dotati di sistemi di prevenzione perdite o i 30 anni per serbatoi dotati di sistemi di prevenzione perdite (ad esempio, doppi fondi).

Questi limiti massimi non si applicano a serbatoi adibiti allo stoccaggio dei seguenti prodotti:

- prodotti altamente viscosi che solidificano a temperature inferiori a 43°C, come, ad esempio, bitume, paraffina, residuo, fondo vacuum;
- prodotti o miscele che non sono identificati come prodotti chimici pericolosi dalle prescrizioni legislative e che il gestore del sito ha valutato non avere un impatto negativo in superficie o nel sottosuolo, per la salute dell'uomo e per l'ambiente.

6.3.2. Ispezioni successive

Qualora venga impiegato l'approccio basato sui ratei di corrosione, l'intervallo di tempo per l'ispezione successiva O_r (quindi, gli anni di esercizio fino alla prossima ispezione), ove non in contrasto con prescrizioni imposte dagli enti di controllo, deve risultare il più piccolo dei seguenti tre valori:

- il periodo di tempo necessario per raggiungere lo spessore minimo accettabile MRT delle lamiere centrali del fondo, in accordo al punto 7.2.1, applicando i ratei di corrosione misurati su quelle lamiere;
- il periodo di tempo necessario per raggiungere lo spessore minimo accettabile MRT della zona critica del fondo, in accordo al punto 7.2.2, applicando i ratei di corrosione misurati in quella zona;
- il periodo di tempo necessario per raggiungere lo spessore minimo accettabile MRT del trincarino, in accordo al punto 7.2.3, applicando i ratei di corrosione misurati sul trincarino stesso.

L'intervallo di tempo per l'ispezione successiva O_r deve essere calcolato mediante la seguente formula:

$$O_r = \frac{(\text{minore tra } RT_{bc} \text{ o } RT_{ip}) - MR}{STP_r + UP_r}$$

Formula 2 – Intervallo per ispezione successiva

Dove:

- MRT è lo spessore minimo accettabile che deve soddisfare i requisiti di cui ai punti 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3;
- RT_{bc} è lo spessore minimo residuo lato prodotto dopo riparazione;
- RT_{ip} è lo spessore minimo residuo lato fondazione dopo riparazione;
- STP_r è il massimo valore del rateo di corrosione lato prodotto, nelle condizioni non riparato. Se il fondo è verniciato, $STP_r = 0$ ma solo per il periodo di tempo in cui la protezione superficiale è da considerarsi efficiente;
- UP_r è il massimo valore del rateo di corrosione lato fondazione. Per calcolare questo rateo impiegare il minimo spessore residuo dopo riparazione. $UP_r = 0$ se il serbatoio è dotato di protezione catodica in condizioni efficienti.

Se è stato eseguito il controllo MFL e non esiste una protezione catodica efficiente, lo spessore da utilizzare per calcolare UP_r deve essere il minore tra la soglia minima di rilevazione del controllo MFL e lo spessore minimo della zona corrosa che non è stata riparata.

Zone riparate della superficie lato prodotto delle lamiere del fondo devono essere valutate impiegando il rateo di corrosione della riparazione, a meno che la causa del danneggiamento per corrosione non sia stata rimossa. La valutazione viene effettuata considerando il rateo di corrosione della zona riparata per UP_r e aggiungendo lo spessore della pezza saldata (se applicata) al valore "minore tra i valori di RT_{bc} o RT_{ip} ".

Per ciascuno dei componenti il fondo del serbatoio (parte centrale, zona critica, trincarino), i ratei di corrosione STP_r e UP_r devono essere calcolati come la differenza tra il minor spessore misurato nella precedente ispezione t_{bp} e il minor spessore misurato nell'attuale ispezione t_{ba} in mm, divisa per il periodo intercorso tra le due successive ispezioni spessimetriche da interno Δt ; in più, deve essere applicato un fattore di sicurezza sf (vedere Tabella 1) che tiene in considerazione l'efficacia dell'ispezione eseguita.

$$CRB = \frac{t_{bp} - t_{ba}}{\Delta t \times sf}$$

Formula 3 - Rateo di corrosione fondo serbatoio

Esempi di categorizzazione dell'efficacia delle ispezioni sono riportati in API 581 [11] Tabella 2.C.5.3 (vedere ALLEGATO E).

Efficacia dell'ispezione	Tecnologie ispettive lato terreno	Tecnologie ispettive lato prodotto	Fattore di sicurezza sf
Ottima	Tecnologia MFL sull'intera superficie del fondo seguita da misure con ultrasuoni incluso l'anello periferico del fondo o il trincarino (annular ring)	Sabbiatura del fondo Ispezione visiva al 100 % del fondo Misure di spessore della corrosione a pitting	1,0
Buona	Tecnologia MFL sul 50% della superficie del fondo seguita da misure con ultrasuoni incluso l'anello	Spazzolatura meccanica del fondo Ispezione visiva al 100% del fondo	0,9

	periferico del fondo o il trincarino (annular ring)	Misure di spessore della corrosione a pitting	
Sufficiente	Tecnologia MFL sul 10% della superficie del fondo seguita da misure con ultrasuoni incluso l'anello periferico del fondo o il trincarino (annular ring)	Spazzolatura meccanica del fondo Ispezione visiva al 100% del fondo Misure di spessore della corrosione a pitting	0,7
Bassa	Misure a spot con ultrasuoni sulle lamiere del fondo, incluso l'anello periferico del fondo o il trincarino (annular ring)	Spazzolatura meccanica del fondo Ispezione visiva al 100% del fondo Misure di spessore della corrosione a pitting	0,5
Nulla	Misure a spot con ultrasuoni su una superficie parziale del fondo (inferiore al 50%) Assenza di misure dell'anello periferico del fondo o del trincarino (annular ring)	Spazzolatura meccanica parziale del fondo Ispezione visiva parziale del fondo	n.a.

Tabella 4 - Esempio di categorizzazione delle tecnologie ispettive impiegate per il fondo serbatoio

Se nel corso dell'attuale ispezione è stata riscontrata la presenza di corrosioni passanti sulle lamiere del fondo, e non è noto quando la perforazione è avvenuta, CRB deve essere moltiplicato per un fattore 1,5.

Se il rateo di corrosione non è noto, possono essere utilizzati i valori proposti nella Tabella 4.1 di EEMUA 159 [2] (vedere ALLEGATO F).

Quando viene impiegato l'approccio basato sui ratei di corrosione, l'intervallo di tempo massimo per la futura ispezione da interno è 20 anni per serbatoi non dotati di sistemi di prevenzione perdite (ad esempio, doppi fondi) o 30 anni per i serbatoi che ne dispongono.

Come approccio alternativo, la data per l'ispezione successiva da interno può essere determinata utilizzando il metodo RBI in accordo a API RP 580 [19] e API RB 581 [20]; devono, però, essere soddisfatti anche i requisiti supplementari previsti nel capitolo 6 di API 653 [1].

7. IDONEITA' ALL'ESERCIZIO

7.1. Generalità

Questo paragrafo propone criteri per la valutazione dell'idoneità all'esercizio di un serbatoio in servizio; sono fissati limiti di accettabilità per i componenti principali del serbatoio (fondo, mantello, tetto), allo scopo di poter prendere decisioni adeguate in merito alla loro riparazione o sostituzione.

I criteri di valutazione proposti sono principalmente in accordo con la sezione 4 di API 653 [1]; ulteriori supporti tecnici possono essere ricavati da EEMUA 159 [2].

La valutazione di danneggiamenti, quali corrosione, pitting, cricche, delaminazioni e deformazioni, che potrebbero compromettere la vita residua del serbatoio, può essere effettuata applicando la metodologia Fitness For Service (FFS) in accordo a API 579 [22].

7.2. Valutazione del fondo del serbatoio

I fondi dei serbatoi sono soggetti sia a corrosione interna (lato prodotto) che esterna (lato terreno). La corrosione interna può essere valutata con misure meccaniche o ad ultrasuoni, quella esterna con misure ad ultrasuoni.

Con la disponibilità delle misure, un metodo per il calcolo del minimo spessore rimanente dell'intero fondo o di una parte è dato dalla formula seguente:

(NB: La corrosione include sia la corrosione uniforme che la corrosione a pitting)

$$Sp(min) = [\text{valore minimo tra } Sp(mt) \text{ o } Sp(mp)] - DT \{ RC(p) + RC(t) \}$$

Ove:

$Sp(min)$ = Spessore minimo rimanente alla fine del periodo DT . Questo valore deve essere superiore ai valori limite accettabili indicati in 7.2.1.

DT = Intervallo di esercizio (anni fino alla successiva ispezione interna). L'intervallo non può essere superiore a quanto previsto al paragrafo 6.3.

$Sp(mt)$ = minimo spessore rimasto dalla corrosione lato terreno dopo riparazione.

$Sp(mp)$ = minimo spessore rimasto dalla corrosione lato prodotto dopo riparazione.

$RC(p)$ = massima velocità di corrosione lato prodotto. (determinata dallo spessore minimo rimasto dopo riparazione)

$RC(t)$ = massima velocità di corrosione lato terreno. (determinata dallo spessore minimo rimasto dopo riparazione)

7.2.1. Lamiere centrali

Il minimo spessore residuo MRT delle lamiere centrali del fondo al termine del periodo di esercizio Or (anni fino alla prossima ispezione da interno calcolati al punto 6.3.2.2) non deve risultare inferiore a:

- 2,5 mm, se il serbatoio non dispone di sistemi di rilevazione e contenimento perdite;
- 1,3 mm, se il serbatoio dispone di sistemi di rilevazione e contenimento perdite o il fondo è protetto con lining rinforzato di spessore > 1,27 mm, realizzato in accordo all' API 652 [16].

Qualora si valuti che, al termine del futuro periodo di esercizio, gli spessori minimi delle lamiere saranno inferiori ai valori di MRT sopracitati, il fondo deve essere protetto con lining, riparato, sostituito o, in alternativa, deve essere ridotto l'intervallo di esercizio fino alla prossima ispezione da interno.

7.2.2. Zona critica

Si definisce "zona critica" la porzione di fondo o di trincarino che si estende radialmente verso l'interno del serbatoio per 76,2 mm a partire dalla superficie interna del mantello.

A meno che non sia condotta una verifica mediante stress analysis, lo spessore minimo del fondo nella zona critica deve essere pari al valore minore tra la metà dello spessore originale del fondo, o del trincarino (non considerando il sovrappessore di corrosione), e il 50% dello spessore minimo accettabile t_{min} della prima virola, calcolato come al punto 6.3, ma mai inferiore a 2,54 mm.

Pitting isolati non compromettono in modo apprezzabile la resistenza della lamiera.

7.2.3. Anello periferico del trincarino

Per serbatoi adibiti allo stoccaggio di prodotti di densità inferiore a 1.0, che richiedano il montaggio del trincarino per condizioni di sollecitazione che non dipendono dai carichi sismici, lo spessore delle lamiere costituenti il trincarino non deve essere inferiore ai valori riportati nella Tabella 5 - Sollecitazioni prima virola, più l'eventuale sovrappessore di corrosione.

	Sollecitazione sulla 1° virola del mantello S (MPa)			
Spessore nominale della 1° virola del mantello (mm)	<167	<186	<205	<223
s<19	5,0	6,0	6,0	8,0
19<s<25	5,0	6,0	8,0	10,0
25<s<32	5,0	7,0	10,0	13,0
32<s<38	6,0	9,0	12,0	15,0
s>38	7,0	11,0	14,0	18,0

Tabella 5 - Sollecitazioni prima virola

Il valore S (sollecitazione sulla 1° virola del mantello) deve essere calcolato come segue:

$$S = \frac{4,9 \times D \times (H-0,3) \times G}{t}$$

Formula 4 - Sollecitazione sulla 1° virola del mantello

Dove:

- D: diametro del serbatoio in m
- H: livello massimo del prodotto stoccato in m
- G: massimo peso specifico del prodotto stoccato in kg/m^3
- t: spessore originale della 1° virola del mantello in mm

Per serbatoi adibiti allo stoccaggio di prodotti di densità superiore o uguale a 1.0, che richiedano il montaggio del trincarino per condizioni di sollecitazione che non dipendono dai carichi sismici, lo spessore delle lamiere costituenti il trincarino deve essere in accordo con la Tabella 5.1a di API 650 [3], più l'eventuale sovrasspessore di corrosione.

Per serbatoi che richiedano il montaggio di un anello periferico spessorato per sollecitazioni dovute ai carichi sismici, deve essere condotta una verifica di calcolo in accordo con i requisiti del codice di costruzione, impiegando lo spessore attuale dell'anello periferico esistente.

7.2.4. Trincarino esterno

Lo spessore del trincarino esterno, misurato al piede del cordone d'angolo esterno di unione tra fondo e mantello, non deve essere inferiore a 2,5 mm.

La larghezza minima accettabile del trincarino esterno (distanza tra la saldatura fondo-mantello e il bordo esterno dell'anello) non deve essere inferiore a 9,5 mm.

7.3. Determinazione degli spessori e delle condizioni dei mantelli

L'esterno dei mantelli dei serbatoi non è di solito soggetto a importanti fenomeni di corrosione esterna se la verniciatura è ben mantenuta. Fenomeni importanti di corrosione possono avvenire sui mantelli dei serbatoi coibentati se la coibentazione non è in buone condizioni. I serbatoi a tetto fisso possono avere zone di corrosione interna al di sopra del livello liquido (zona occupata dai vapori). I mantelli dei serbatoi a tetto galleggiante possono avere zone di corrosione interna causato dal movimento delle tenute, specialmente se le tenute sono danneggiate.

Le misure degli spessori ad ultrasuoni forniscono i dati necessari alla valutazione dell'idoneità dei mantelli all'esercizio.

A seguito delle misure prese, deve essere calcolato uno spessore minimo rappresentativo della zona corrosa o dell'intera fila di lamiere del mantello. In tal modo è possibile calcolare la velocità di corrosione e la vita utile residua, se le condizioni di esercizio rimangono invariate.

La determinazione dello spessore di riferimento di ogni fila di lamiere dove sono localizzate aree corrose di notevoli dimensioni deve avvenire in base alla seguente procedura (rif: API Std 653 [1]):

1. per ogni area corrosa deve essere determinato lo spessore minimo s'' ;
2. deve essere calcolata la lunghezza critica $L = 3,7 \sqrt{Ds''}$
 - a. [ma non superiore a 40 inches (= 1 metro)]
 - b. in questa formula i dati sono in inches e D (diametro del serbatoio) in feet.
3. deve essere suddivisa l'area corrosa in piani verticali di ispezione;
4. per ogni piano di ispezione, devono essere misurati almeno 5 spessori equidistanti su una lunghezza L e calcolare il valore medio e deve essere determinato il valore medio minimo s' (min) tra quelli calcolati.

5. i valori minimi trovati, s'' e s' , devono essere confrontati con lo spessore resistente minimo accettabile S_p (res) per le lamiere del mantello

Nell'applicazione della procedura possono essere ignorati punti isolati di pitting nelle zone non prese in considerazione per i calcoli purché siano verificate le seguenti condizioni:

- nessun cratere deve essere inferiore alla metà dello spessore minimo del mantello
- la somma delle dimensioni lungo ogni linea verticale non deve superare i 50 mm (2 in) in una lunghezza di 200 mm (8 in).

7.4. Valutazione del mantello del serbatoio

I metodi per determinare lo spessore minimo accettabile del mantello, utile per il proseguimento dell'esercizio, sono riportati in API 653 [1], punti 4.3.2 e 4.3.3.

In presenza di zone corrose di dimensione considerevole, gli spessori misurati devono essere mediati in accordo a API 653 [1], punto 4.3.2.

Lo spessore minimo accettabile di ogni singola virola del mantello t_{min} necessario per il proseguimento dell'esercizio deve essere calcolato secondo API 653 [1], punto 4.3.3, applicando le seguenti formule:

a) Per determinare lo spessore minimo accettabile sull'intera altezza della virola del mantello, t_{min} è calcolato come segue:

$$t_{min} = \frac{4,9 \times D \times (H-0,3) \times G}{S \times E}$$

Formula 5 - Spessore minimo accettabile su intera virola

b) Per determinare lo spessore minimo accettabile su una porzione della virola del mantello (ad esempio, un'area localmente corrosa o ogni altra zona di interesse), t_{min} è calcolato come segue:

$$t_{min} = \frac{4,9 \times D \times H \times G}{S \times E}$$

Formula 6 - Spessore minimo accettabile su porzione di virola localmente danneggiata

Dove:

- t_{min} è lo spessore minimo accettabile, in mm, di ciascuna virola, calcolato utilizzando le formule di cui sopra; ad ogni modo, t_{min} non deve essere minore di 2,54 mm su ogni virola del mantello;
- D è il diametro nominale del serbatoio, in m;
- H è la distanza tra il filo inferiore della virola considerata e la massima altezza di riempimento del serbatoio, quando si valuta l'intera virola, in m; oppure la distanza tra il bordo inferiore di una zona di interesse (ad esempio, area corrosa) e la massima altezza di riempimento del serbatoio, in m;
- G è il massimo peso specifico del prodotto stoccato in kg/m^3 ;

- S è la sollecitazione massima ammissibile in MPa; utilizzare il valore minore tra 0.80Y e 0,429T per la prima e la seconda virola; utilizzare il valore minore tra 0.88Y e 0,472T per le altre virole.

I valori delle sollecitazioni ammissibili per i materiali considerati nella corrente e nelle precedenti edizioni di API 12C e API 650 sono riportati in Tabella 4.1 di API 653

- Y è il valore minimo del carico di snervamento specificato per il tipo di acciaio utilizzato; applicare 207 MPa se il tipo di acciaio non è noto;
- T è il minore tra il valore minimo del carico di rottura specificato per il tipo di acciaio utilizzato e 550 MPa; applicare 380 MPa se il tipo di acciaio non è noto;

- E è il coefficiente di efficienza delle saldature originale. Utilizzare la Tabella 4.2 di API 653 se il valore originale di E non è noto. E = 1.0 quando si valuta lo spessore di ritiro in una zona corrosa della virola distante dalle saldature almeno 25,4 mm o due volte il suo spessore.

Deve essere sottolineato che questi calcoli tengono in conto esclusivamente delle sollecitazioni dovute al peso del fluido stoccato. Tutte le altre sollecitazioni (ad esempio, azioni dovute al vento, carichi sismici, vuoto indotto dalla pressione esterna) devono essere, comunque, considerate in accordo al codice originale di costruzione e, in questi casi, deve essere prevista una valutazione ingegneristica qualora, nel frattempo, siano cambiate le condizioni o siano stati emessi nuovi regolamenti.

Le deformazioni presenti sul mantello, quali zone bugnate, aree appiattite, banding e peaking a cavallo delle saldature devono essere valutate singolarmente per decidere se siano ancora accettabili per la prosecuzione dell'esercizio del serbatoio e, in caso contrario, stabilire il tipo e l'estensione dell'intervento correttivo.

Difetti, quali, ad esempio, rotture o delaminazioni, devono essere attentamente esaminati per determinare la loro natura ed estensione e stabilire la necessità di riparazioni.

Deve essere valutata caso per caso la decisione di intervenire su colpi d'arco e di riparare strappi dovuti alla incauta rimozione di saldature di attacchi temporanei. Per definire l'accettabilità di tali difetti può essere effettuata una verifica Fitness For Service in accordo ai requisiti di cui in API 579 [22].

Corrosioni su saldature devono essere riparate qualora il fondo della cavità risulti al di sotto della superficie della adiacente lamiera del mantello. Nel caso della saldatura di attacco fondo-mantello, la corrosione deve essere riparata se la dimensione residua del cordone risulti inferiore alla dimensione necessaria. Cricche nelle saldature devono essere sempre rimosse.

7.5. Valutazione del tetto del serbatoio

Deve essere accertata l'integrità del tetto fisso e delle sue strutture di sostegno (travature, colonne e basamenti). Componenti deformati (ad esempio, fuori verticalità delle colonne), corrosi o danneggiati in altro modo devono essere valutati e, poi, riparati o sostituiti, se necessario.

Laddove l'attacco tetto-mantello sia stato realizzato mediante un giunto "frangibile", deve essere verificata la sua corrispondenza ai requisiti di cui in API 650 [3], paragrafo 5.10.2.6.

Per corrosioni sulle lamiere del tetto (sia fisso che galleggiante) di profondità tale da determinare uno spessore residuo medio su un'area di 500x500 mm inferiore a 2,3 mm, per perforazioni, improntature o rotture sulle lamiere deve essere prevista la riparazione o la sostituzione.

7.6. Valutazione dello stato della fondazione del serbatoio

Le fondazioni dei serbatoi devono essere periodicamente esaminate per verificare sia la presenza di cedimenti, erosioni, rotture, sia il deterioramento del calcestruzzo causato da calcinazione, dall'umidità presente nel terreno, dal ghiaccio o dall'azione di alcali e acidi. Qualora il danneggiamento sia rilevante, può essere presa la decisione di sostituire la fondazione.

Basamenti e anelli in calcestruzzo con evidenti distacchi, rotture o deterioramento generalizzato devono essere riparati per prevenire l'infiltrazione di acqua nella struttura cementizia che potrebbe provocare la corrosione dei ferri di armatura in acciaio.

Deformazioni dei tiranti di ancoraggio e spaccature evidenti del calcestruzzo nel quale sono affondati possono essere segnali sia di un cedimento rilevante della fondazione, sia di sollevamenti accidentali del serbatoio per effetto di sovrappressione.

7.7. Valutazione dei dispositivi di ventilazione e degli sfiati di emergenza

L'adeguatezza dei dispositivi di ventilazione deve essere verificata in accordo alla norma API STD 2000 [21].

8. INDICAZIONI SULLE TECNICHE DI RIPARAZIONE E SULLA PROTEZIONE SUPERFICIALE DEI SERBATOI

Sebbene gli interventi di riparazione o di sostituzione non siano oggetto della presente specifica, vengono di seguito riportate alcune indicazioni.

I riferimenti per gli interventi di riparazione e di sostituzione devono essere quelli previsti in API 653 [1], sezioni 9-11-12 e API 650 [3]. Per specifici lavori non inclusi in API 653 [1] o in API 650 [3] possono essere utilizzati i requisiti di cui alle sezioni 6÷12 di EEMUA 159 [2].

La realizzazione di doppi fondi deve rispettare i requisiti di cui in API 650 [3] - API 653 [1] e delle specifiche di Company.

Prima dell'inizio delle attività tutta la documentazione relativa a lavori di riparazione/sostituzione (progetto, materiali, procedure di saldatura, ispezione e controlli non distruttivi, etc) deve essere approvata da un ingegnere esperto nel campo dei serbatoi di stoccaggio.

Il rispetto delle normative citate in API 650 [3] e API 653 [1] è preferibile ma non obbligatorio: possono essere applicate le norme ISO e/o EN o standard nazionali purché siano coperti tutti gli aspetti richiesti in API 653 [1].

L'applicazione di verniciature interne/esterne o il loro rifacimento devono rispettare i requisiti indicati nell' API 652 [16] e nei requisiti di Company; per ulteriori indicazioni, vedere la sezione 13 di EEMUA [2].

Per i lavori di coibentazione può essere applicata la sezione 14 di EEMUA [2]

9. PROVA IDRAULICA

9.1. Generalità

La prova idraulica deve essere effettuata nelle seguenti situazioni:

1. su un serbatoio ricostruito;
2. su un serbatoio che abbia subito una riparazione o una modifica di tipo “major”, secondo API 653 [1] paragrafo 12.3;
3. su un serbatoio per il quale una valutazione ingegneristica abbia evidenziato la necessità di un test idraulico a causa di una maggiore severità del futuro esercizio.

Nei casi previsti nel paragrafo 12.3.3 di API 653 [1], l’effettuazione di una prova idraulica a pieno riempimento può essere evitata anche per riparazioni e modifiche di tipo “major”.

La decisione deve essere supportata dall’esito favorevole di una valutazione “Fitness For Service”. Il calcolo deve essere eseguito da un ingegnere di provata esperienza nel campo dei serbatoi di stoccaggio e nella metodologia di valutazione applicata.

Gli scopi principali di una prova idraulica sono:

- dimostrare che il serbatoio è in grado di sopportare in modo soddisfacente la pressione del liquido stoccato durante l’esercizio. Il test idraulico usualmente costituisce una situazione di sovraccarico dal momento che il peso specifico dell’acqua è superiore a quello della maggior parte dei prodotti che poi saranno stoccati nel serbatoio;
- dimostrare che non vi sono perdite dal mantello o dal fondo del serbatoio;
- dimostrare che la fondazione è in grado di sopportare in modo soddisfacente il peso del serbatoio e del fluido contenuto;
- consentire che la maggior parte del cedimento del terreno sottostante avvenga prima che il serbatoio sia messo in esercizio;
- permettere la deformazione plastica nei punti di concentrazione delle tensioni ad una temperatura al di sopra della transizione duttile-fragile. Tale situazione va ad aumentare il fattore di sicurezza contro la rottura fragile in condizioni di esercizio;
- dimostrare che il tetto galleggiante è in grado di muoversi senza problemi seguendo il livello del liquido stoccato.

9.2. Procedura di prova idraulica

La procedura di prova idraulica deve rispettare i seguenti step sequenziali:

1. il serbatoio deve essere riempito fino alla massima altezza operativa;
2. il livello di riempimento deve essere mantenuto per un minimo di 24 ore;
3. il serbatoio deve essere frequentemente ispezionato nel corso del suo riempimento per verificare la presenza di perdite e/o di cedimenti. Ogni giunto saldato sottoposto a riparazione e posizionato al di sopra del livello di riempimento deve essere ispezionato secondo la sezione 7.3.6 di API 650 [3].

Fatta eccezione che per la linea di adduzione dell'acqua all'interno del serbatoio, nessun'altra tubazione deve essere collegata al serbatoio durante l'esecuzione della prova idraulica.

Le tubazioni di ingresso/uscita prodotto devono essere ricollegate al serbatoio solo al termine del test per verificare che non vi siano problemi dovuti a cedimenti intervenuti nel corso della prova stessa.

Per la prova idraulica deve essere utilizzata, se possibile, acqua dolce e pulita. Laddove non sia disponibile acqua di questo tipo nelle quantità richieste o il suo costo sia proibitivo, è ammesso l'uso di acqua di fiume o di acqua di mare. In questi casi deve essere, però, eseguita l'analisi chimica dell'acqua per determinare il PH, il contenuto di cloruri e di ulteriori sostanze potenzialmente corrosive e la presenza di batteri. Un valore di PH compreso tra 6 e 8,3 è accettabile, mentre valori inferiori o superiori a questo intervallo potrebbero aumentare il rischio di corrosione.

Qualora per la prova idraulica venga usata acqua non pulita, il periodo di tempo in cui il fluido è contenuto nel serbatoio deve essere ridotto il più possibile: il grado di corrosività dell'acqua determinerà il massimo periodo di tempo accettabile.

Se tale periodo dovesse risultare non sufficiente per l'efficacia della prova, potranno essere aggiunti nell'acqua appositi prodotti inibitori di corrosione. Ad ogni modo, immediatamente dopo aver svuotato il serbatoio, le pareti interne del serbatoio devono essere sciacquate con acqua dolce e pulita.

Nel caso di serbatoi a tetto fisso, durante il riempimento con acqua deve essere assicurata una adeguata ventilazione.

La velocità di riempimento e la necessità di periodi di stasi devono tenere in considerazione le condizioni del suolo e la tipologia di fondazione sottostanti il serbatoio. La velocità di riempimento non deve essere tale che sia superata la capacità di ventilazione delle valvole del tetto.

Se il serbatoio deve essere sottoposto a prova idraulica, l'altezza di prova $H(t)$, deve essere limitata al valore più piccolo tra:

- per un'intera virola

$$H(t) = \frac{S(t) * E * Sp(res)}{4,9 * D} + 0,3$$

- per una zona corrosa

$$H(t) = \frac{S(t) * E * Sp(res)}{4,9 * D}$$

ove:

$H(t)$ = altezza dal fondo della virola, o della lunghezza critica L o del punto più basso della zona considerata. (in metri)

$S(t)$ = massima sollecitazione ammissibile da prova idraulica in MPa (dedotta da API Std 653 § 4.3.3.1 table 4-1 e convertiti in unità metriche SI)

9.3. Rilievi dimensionali per la verifica di cedimenti durante la prova idraulica

Una verifica di cedimento deve essere sempre condotta su tutti i serbatoi sottoposti a prova idraulica, a meno che non sia disponibile una documentata storia di servizio che attesti che i valori di cedimento sono sempre risultati accettabili.

La verifica deve essere effettuata inizialmente sul serbatoio vuoto, lungo un numero di generatrici verticali N distribuite uniformemente sulla circonferenza del serbatoio stesso.

Il numero minimo di generatrici verticali N deve essere pari a $D/10$, dove D è il diametro del serbatoio, in piedi (ft), ma non meno di 8. Il valore di N deve essere arrotondato al numero intero immediatamente più alto. La massima spaziatura tra le generatrici verticali deve essere, comunque, pari a 9,75 m.

Il cedimento del serbatoio deve essere verificato nelle seguenti situazioni:

- quando il serbatoio è vuoto;
- durante il riempimento, ad un livello pari a $2/3$ della massima altezza prevista per il test idraulico;
- quando il riempimento abbia raggiunto la massima altezza prevista per il test idraulico;
- quando il serbatoio è stato svuotato al termine del test idraulico.

10. ARCHIVIAZIONE DEI DATI

Per ogni serbatoio e per tutta la sua vita di esercizio a cura del proprietario/gestore dell'impianto, deve essere archiviata una documentazione completa contenente:

- a) dati relativi alla costruzione, che possono includere informazioni su targa dati, disegni, specifiche, report di costruzione, risultati di controlli e analisi svolte sui materiali;
- b) storia ispettiva che include la tipologia dei controlli effettuati, lo stato di conservazione dei particolari esaminati ed i rapporti di tutti gli esami e test eseguiti. Deve essere conservata anche una descrizione dettagliata di ogni anomalia riscontrata, unitamente alle raccomandazioni formulate per intervenire sui particolari che l'hanno determinata. Questo file può contenere anche il calcolo dei ratei di corrosione e la determinazione delle frequenze di ispezione;
- c) storia degli interventi di riparazione/modifica, che include tutti i dati registrati nel corso della vita del serbatoio, dalla data della sua costruzione, riferiti a riparazioni, modifiche, sostituzioni di elementi e cambi di servizio (variazioni del prodotto stoccato e della sua temperatura).

Le registrazioni devono interessare anche interventi di applicazione di lining e verniciature o il montaggio di coibentazioni (controlli effettuati, specifiche di applicazione, rifacimenti, etc).

Prescrizioni legislative locali possono prevedere ulteriori requisiti per i rapporti ispettivi e l'archiviazione della documentazione.

La documentazione deve essere sempre facilmente disponibile: nei casi in cui la documentazione sia conservata in un sito lontano o in una sede centrale, almeno una copia completa deve essere sempre mantenuta nell'impianto ove è situato il serbatoio.

Allo scopo di garantire la disponibilità di un'anagrafica centralizzata sui serbatoi in ambito Energy Evolution, il proprietario/gestore dell'impianto dovrà rendere disponibile su un sistema informatico il seguente set minimo di informazioni:

- Società / Company
- Stabilimento / Plant
- Tank/Tag Serbatoio
- Prodotto/Tipo fluido
- Rateo di corrosione (mm/anno)
- Anno ultima ispezione interno
- Tipo di configurazione¹
- Situazione (esercizio/manutenzione/a disposizione)
- Categoria (infiammabilità)²
- Doppio fondo (si/no)
- Doppia Tenuta (si/no)
- Capacità nominale [m³]
- Anno di costruzione
- Rientranza nel piano AIA (si/no)
- NOTE

¹ Tetto Fisso; Tetto Galleggiante; Tetto Geodetico; Tetto aperto, altro

² Categoria A; Categoria B; Categoria C

detto sistema informatico dovrà essere costantemente aggiornato, e la funzione Centrale di Coordinamento Asset Integrity ne garantirà il monitoraggio con frequenza trimestrale.

Con riferimento al “rateo di corrosione”, i dati da rendere disponibili sono quelli di tutti i componenti del serbatoio (mantello, fondo e tetto) che sono stati determinati, prendendo a riferimento le misure spessimetriche rilevate durante i controlli, con le metodologie e le tecniche ispettive illustrate nel capitolo 6 e 7. In assenza di valori disponibili da campagne ispettive, si faccia riferimento ai valori di letteratura (ALLEGATO F) o desunti da serbatoi con servizio similare presenti nel sito.

11. ELENCO MODIFICHE APPORTATE

Revisione	Data	Motivazioni
r02	27/04/2022	Allineamento con analoga Opi GTR&M come richiesto da rilievo audit.
r01	16/12/2020	Prima emissione. La presente Opi annulla e sostituisce l'istruzione operativa INDU/SETE 015 – 2010

12. RESPONSABILITÀ DI AGGIORNAMENTO

Le unità e le posizioni coinvolte nelle attività disciplinate dal presente documento sono responsabili della rilevazione degli accadimenti aziendali di carattere operativo che comportano la necessità di aggiornamento. Tali rilevazioni sono segnalate alle unità TSCR e AIC-VER, che assicura le attività di aggiornamento del presente documento.

13. ARCHIVIAZIONE, CONSERVAZIONE E TRACCIABILITÀ

Le unità e le posizioni coinvolte nelle attività disciplinate dal presente documento assicurano, ciascuna per quanto di competenza ed anche mediante i sistemi informativi utilizzati, la tracciabilità dei dati e delle informazioni e provvedono alla conservazione ed archiviazione della documentazione prodotta, cartacea e/o elettronica, per almeno 10 anni, in modo da consentire la ricostruzione delle diverse fasi del processo stesso.

14. ALLEGATI

- Allegato A: Check lists per l'ispezione visiva da esterno di routine
- Allegato B: Check lists per l'ispezione visiva da esterno di dettaglio
- Allegato C: Check lists per l'ispezione visiva da interno
- Allegato D: Localizzazione dei rilievi di spessore (TML)
- Allegato E: Categorie di efficacia dell'ispezione
- Allegato F: Ratei di corrosione lato prodotto prevedibili (da EEMUA 159)
- Allegato G: Controllo periodico guarnizioni tetto galleggiante
- Allegato H: Serbatoi: principali componenti e parametri di progetto
- Allegato I: Meccanismi di degrado dei serbatoi e tecnologie ispettive (CND)

ALLEGATO A

CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA ESTERNO

DI ROUTINE

Sigla serbatoio _____ Sito _____
 Prodotto stoccato _____ Tipo di serbatoio _____
 Data dell'ispezione _____ Numero Rapporto _____
 Nome ispettore/operatore _____ Firma _____

Ispezione visiva da esterno di routine			
Codice	Elemento	X	Esito ispezione
1.0	<u>Bacino di contenimento e fondazione</u>		
1.1	Accessi (scale, passerelle, etc)		
1.2	Bacino di contenimento (presenza di acqua, sporcizia, rotture)		
1.3	Condizione della fondazione e cedimenti (anello in calcestruzzo, asfalto, etc)		
1.4	Condizioni del drenaggio del bacino		
1.5	Pulizia del bacino (presenza di materiali di risulta, di vegetazione, di materiali infiammabili)		
1.6	Stato delle tubazioni		
1.7	Valvole (verniciatura, trafilamenti, etc)		
1.8	Messe a terra e protezione catodica (se presente)		
2.0	<u>Anello esterno del fondo</u>		
2.1	Presenza di prodotto		
2.2	Sigillatura con la fondazione (se presente)		
2.3	Stato della verniciatura e presenza corrosione		
2.4	Spie di rilevazione perdite del doppio fondo (se applicabile)		
3.0	<u>Mantello</u>		
3.1	Fuori verticalità e deformazioni		
3.2	Stato della verniciatura o della coibentazione (se presente)		
3.3	Presenza di corrosione, fori, trafilamenti		
4.0	<u>Accessori del mantello</u>		
4.1	Bocchelli e passi d'uomo		
4.2	Scale e corrimano		
4.3	Telelivello e prese campione		
4.4	Miscelatori/serpentine di riscaldamento		

Ispezione visiva da esterno di routine			
Codice	Elemento	X	Esito ispezione
5.0	<u>Tetto (fisso o galleggiante)</u>		
5.1	Deformazioni e avvallamenti sulle lamiere		
5.2	Stato della verniciatura o della coibentazione (se presente)		
5.3	Presenza di corrosione, fori, trafilamenti		
5.4	Planarità del tetto (solo per tetti galleggianti)		
5.5	Ispezione interna degli scomparti del tetto (se ammesso dalle procedure di sicurezza)		
6.0	<u>Accessori del tetto galleggiante</u>		
6.1	Guarnizione di tenuta		
6.2	Valvole di sfiato anulari e valvole automatiche di sfiato		
6.3	Stato dei sistemi di drenaggio (incluso il dreno di emergenza)		
6.4	Scala basculante e relativo binario		
6.5	Prese campione		
6.6	Misuratore livello e telelivello		
6.7	Puntoni di sostegno del tetto e relative camicie		
6.8	Cavi di messa a terra e shunts		
6.9	Bocchelli e passi d'uomo		
7.0	<u>Accessori del tetto fisso</u>		
7.1	Valvole di sfiato		
7.2	Prese campione		
7.3	Misuratore livello e telelivello		
7.4	Piattaforme di accesso e camminamenti		
7.5	Bocchelli e passi d'uomo		
8.0	<u>Sistemi antincendio (raffreddamento e schiumogeno)</u>		
8.1	Trafilamenti		
8.2	Stato della verniciatura e presenza corrosione		
8.2	Ostruzione degli ugelli		
Interventi di manutenzione urgenti, altri suggerimenti e commenti			

ALLEGATO B

CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA ESTERNO DI DETTAGLIO

Sigla serbatoio _____ Sito _____
 Prodotto stoccato _____ Tipo di serbatoio _____
 Data dell'ispezione _____ Numero Rapporto _____
 Nome ispettore/operatore _____ Firma _____

Ispezione visiva da esterno di dettaglio				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
1.0	<u>Bacino di contenimento</u>			
1.1	Accessi (scale, passerelle, etc)			
1.2	Condizioni del bacino di contenimento (presenza di acqua, sporcizia, rotture)			
1.3	Condizioni del drenaggio del bacino			
1.4	Pulizia del bacino (presenza di materiali di risulta, di vegetazione, di materiali infiammabili)			
1.5	Tubazioni (verniciatura, corrosioni, trafiletti)			
1.6	Valvole (verniciatura, corrosioni, trafiletti)			
2.0	<u>Fondazione</u>			
2.1	<i>Anello in calcestruzzo</i> (rotture del c.a., sfarinamenti, fessurazioni, cavità sotto la fondazione, cedimenti nell'intorno del serbatoio)			
2.2	<i>Asfalto</i> (infossamento del serbatoio al di sotto del livello fondazione, spuntoni di roccia affioranti)			
2.3	<i>Sabbia oleosa</i> (infossamento del serbatoio al di sotto del livello fondazione)			
2.4	Efficienza della protezione catodica (se presente)			
3.0	<u>Anello esterno del fondo</u>			
2.1	Trafiletti di prodotto			
2.2	Sigillatura con la fondazione (se presente)			
2.3	Stato della verniciatura e presenza corrosione			
2.4	Saldatura di attacco fondo-mantello (rotture, corr.)			
2.5	Deformazione dell'anello			
2.6	Spie di rilevazione perdite del doppio fondo (se applicabile)			
3.0	<u>Viole del mantello</u>			
3.1	Fuori verticalità e deformazioni (fuori rotondità, zone deformate, aree appiattite, ammaccature, deformazioni a cavallo delle saldature)			
3.2	Stato della verniciatura (fessurazioni, distacchi)			
3.3	Stato della coibentazione, se presente (rotture o distacchi nella protezione, coibente umido sotto il lamierino di protezione). Nelle zone più suscettibili alla infiltrazione di acqua (a.e. nell'intorno di bocchelli), rimuovere piccole porzioni del coibente per verificare la presenza di corrosione sul mantello)			

Ispezione visiva da esterno di dettaglio				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
3.4	Tracce di corrosione, zone assottigliate, fori, trafiletti dalle lamiere e dalle saldature			
3.5	Anelli di irrigidimento intermedi (corrosioni, danni sulla verniciatura, rottura delle saldature a tratti)			
3.6	Anello di irrigidimento in sommità (corrosioni, fori, danni sulla verniciatura)			
3.7	Stato delle superfici interne del mantello (solo per tetti galleggianti)			
4.0	<u>Accessori del mantello</u>			
4.1	Bocchelli e passi d'uomo (rotture e segni di trafiletti dalle saldature o dai collegamenti flangiati, increspature nell'intorno bocchello per eccessiva flessione tubazioni collegate)			
4.2	Scale elicoidali e scale alla marinara (corrosioni, danni sulla verniciatura, rotture di saldature, giunti imbullonati difettosi)			
4.3	Sistemi di telelivello			
4.4	Prese campione			
4.5	Miscelatori/serpentine di riscaldamento			
4.6	Connessioni delle messe a terra			
5.0	<u>Tetto (fisso o galleggiante)</u>			
5.1	Per motivi di sicurezza, prima di accedere al tetto, verificare l'eventuale assottigliamento del bordo esterno del tetto con misure ultrasonore di spessore o tramite leggera martellatura			
5.1	Deformazioni e infossamenti delle lamiere (evidenza di vaste aree con ristagno di acqua piovana)			
5.2	Stato della verniciatura (fessurazioni, distacchi)			
5.3	Stato della coibentazione, se presente (rotture o distacchi nella protezione con conseguente infiltrazione di acqua piovana, coibente umido sotto il lamierino di protezione). Nelle zone più suscettibili alla infiltrazione di acqua (a.e. nell'intorno di bocchelli), rimuovere piccole porzioni del coibente per verificare la presenza di corrosione sul mantello)			
5.4	Corrosioni, fori, trafiletti			
5.5	Planarità del tetto (solo per tetti galleggianti)			
5.6	Ispezione interna degli scomparti del tetto (se ammesso dalle procedure di sicurezza)			
5.7	Stato delle guarnizioni di tenuta (deterioramenti, squarci, forature e fessurazioni delle parti in gomma, corrosioni, usura e rotture sulle parti in metallo. Segni di deformazioni sulla guarnizione secondaria. Misurare la massima distanza tra guarnizione e mantello lungo la circonferenza			

Ispezione visiva da esterno di dettaglio				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
6.0	<u>Accessori del tetto galleggiante</u>			
6.1	Valvole di sfiato anulari e valvole automatiche di sfiato			
6.3	Sistemi di drenaggio (incluso il dreno di emergenza)			
6.4	Scala basculante e relativo binario			
6.4	Prese campione			
6.5	Misuratore livello e telelivello			
6.6	Puntoni di sostegno del tetto e relative camicie			
6.7	Cavi di messa a terra e shunts			
6.8	Bocchelli e passi d'uomo			
7.0	<u>Accessori del tetto fisso</u>			
7.1	Valvole di sfiato			
7.2	Prese campione			
7.3	Misuratore livello e telelivello			
7.4	Parapetto			
7.5	Piattaforme di accesso e camminamenti			
7.6	Bocchelli e passi d'uomo			
8.0	<u>Fire-fighting systems (cooling and foam systems)</u>			
8.1	Trafilamenti			
8.2	Stato della verniciatura e presenza corrosione			
8.3	Ostruzione degli ugelli			
8.4	Stato degli altri componenti dell'impianto antincendio			
Interventi di manutenzione (urgenti/non urgenti), altri suggerimenti e commenti				

ALLEGATO C

CHECK-LIST PER L'ISPEZIONE VISIVA DA INTERNO

Sigla serbatoio _____ Sito _____

Prodotto stoccato _____ Tipo di serbatoio _____

Data dell'ispezione _____ Numero Rapporto _____

Nome ispettore/operatore _____ Firma _____

Ispezione visiva da interno				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
1.0	Sopralluoghi preliminari			
1.1	Verificare che il serbatoio sia stato pulito, sia gas free e in condizioni di sicurezza per l'accesso. Deve essere emesso il permesso di lavoro			
1.2	Verificare che tutte le linee di adduzione prodotto siano state isolate e siano state interrotte le linee elettriche e l'alimentazione vapore			
1.3	Verificare che il tetto sia adeguatamente supportato, includendo le strutture del tetto fisso e i puntoni di sostegno del tetto galleggiante.			
2.0	Superficie del fondo			
2.1	Presenza di corrosione sulle lamiere (segnare tutte le aree di corrosione sulla mappa del fondo, indicando il tipo di danneggiamento (localizzato o generalizzato, pitting isolati o diffusi, la sua profondità e la sua estensione in superficie)			
2.2	Saldature a sovrapposizione di unione lamiere e saldatura di attacco fondo- mantello (corrosione, trafilamenti, rotture, etc)			
2.3	Depressioni sulle lamiere del fondo (drenaggio non adeguato)			
2.4	Vuoti sotto il fondo (localizzare le aree e mapparle sullo sketch del fondo)			
2.5	Stato della verniciatura, se presente (distacchi, fessurazioni, discoloramenti)			
3.0	Accessori del fondo			
3.1	Condizioni dei pozzetti di drenaggio interni (corrosioni, stato delle saldature)			
3.2	Presenza e condizioni attuali delle piastre sacrificali sotto i supporti delle tubazioni, sotto i puntoni di sostegno e di altri accessori saldati sulle lamiere del fondo			
3.3	Puntoni di sostegno del tetto galleggiante corrosioni, deformazioni dovuti ad un peso eccessivo)			
3.4	Basamenti delle colonne di sostegno del tetto fisso (stato delle piastre sacrificali)			
3.5	Serpentini di riscaldamento (corrosioni, forature, stato dei supporti e delle piastre sacrificali sottostanti)			

Ispezione visiva da interno				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
4.0	Superficie interna del mantello			
4.1	Fuori rotondità o fuori verticalità del mantello e locali deformazioni (fuori rotondità, zone deformate, aree appiattite, ammaccature, deformazioni verticali o orizzontali a cavallo delle saldature)			
4.2	Corrosioni sulla superficie interna delle virole (segnare tutte le aree di corrosione sulla mappa del mantello, indicando il tipo di danneggiamento (localizzato o generalizzato, pitting isolati o diffusi, la sua profondità e la sua estensione in superficie)			
4.3	Saldature del mantello (corrosioni, perdite, rotture)			
4.4	Stato della verniciatura, se presente (distacchi, fessurazioni, discoloramenti)			
5.0	Accessori del mantello			
5.1	Bocchelli e passi d'uomo (corrosione sulla superficie interna delle connessioni, rotture, segni di trafilamenti dai giunti saldati)			
6.0	Superficie interna del tetto fisso e sua struttura di sostegno			
6.1	Evidenza di corrosioni, forature, rotture sulle lamiere di copertura			
6.2	Deformazioni/depressioni sulle lamiere			
6.3	Stato della verniciatura, se presente (distacchi, fessurazioni, discoloramenti)			
6.4	Colonne di supporto: corrosioni, fuori verticalità			
6.5	Strutture di sostegno, travature, etc (assottigliamento degli elementi, danneggiamenti dei collegamenti imbullonati di attacco alla sommità del mantello, etc)			
7.0	Accessori del tetto fisso			
7.1	Organi di ventilazione (corrosioni delle superfici interne, ostruzioni, stato delle retine di protezione)			
7.2	Prese campione			
7.3	Misuratore di livello o telelivello			
7.4	Bocchelli e passi d'uomo (corrosioni delle superfici interne)			
8.0	Superfici interne del tetto galleggiante			
8.1	Evidenza di corrosioni, forature, rotture sulle lamiere di copertura			
8.2	Deformazioni/depressioni sulle lamiere			
8.3	Saldature del pontone (corrosioni, trafilamenti, rotture, etc)			
8.4	Condizioni della parete verticale degli scomparti del tetto, lato mantello (ispezione da interno serbatoio (corrosione delle lamiere e delle saldature			
8.5	Stato della verniciatura, se presente (distacchi, fessurazioni, discoloramenti)			

Ispezione visiva da interno				
Codice	Elemento	X	Esito	Foto
9.0	Ispezione all'interno del pontone (scomparti del singolo o doppio pontone)			
9.1	Evidenza di corrosioni, trafilamenti, presenza di acqua			
9.2	Stato della verniciatura, se presente (distacchi, fessurazioni, discoloramenti)			
9.3	Saldature a sovrapposizione (corrosioni, trafilamenti, rotture, etc)			
10.0	Guarnizioni di tenuta del tetto galleggiante			
10.1	Guarnizione primaria (stato degli attacchi , delle scarpette, delle parti metalliche e delle parti in gomma, etc)			
10.2	Guarnizione secondaria (stato della barra imbullonata, distanza tra la guarnizione e il mantello, condizioni della parte in gomma, etc)			
11.0	Accessori del tetto galleggiante			
11.1	Puntoni di sostegno del tetto (assottigliamenti, deformazioni dei puntoni, verticalità, stato delle camice,etc)			
11.2	Sfiati anulari (pitting e forature, stato delle retine di protezione, etc)			
11.3	Valvole di sfiato automatiche (corrosioni sulle superfici interne, rotture, etc)			
11.4	Telelivello e allarmi			
11.5	Prese campione			
11.6	Pozzetti del sistema di drenaggio articolato del tetto (assottigliamenti e pitting, stato della verniciatura, efficienza delle valvole, condizioni delle saldature di attacco dei pozzetti al tetto)			
11.7	Tubazione in acciaio del sistema di drenaggio articolato del tetto assottigliamenti, ostruzioni dovute a sporcizia o altri frammenti, segni di deformazione, stato dei supporti e delle piastre sacrificali sottostanti). Da verificare il risultato della prova idraulica			
11.8	Tubazione flessibile del sistema di drenaggio articolato del tetto (danni sulla superficie esterna della tubazione, ostruzioni, stato delle gabbie anti arrotolamento) Da verificare il risultato della prova idraulica			
11.9	Bocchelli e passi d'uomo (corrosioni delle superfici interne, stato delle saldature)			
Interventi di manutenzione (urgenti/non urgenti), altri suggerimenti e commenti				

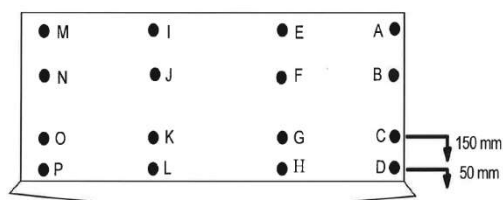
ALLEGATO D

LOCALIZZAZIONE DEI RILIEVI DI SPESSORE (TML)

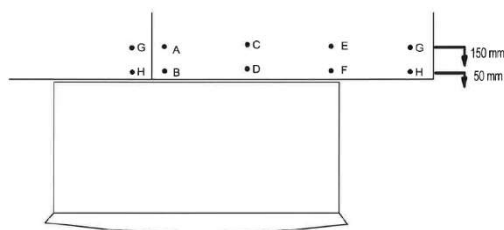
MANTELLLO

**Figura 1 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)
accedendo lungo le scale**

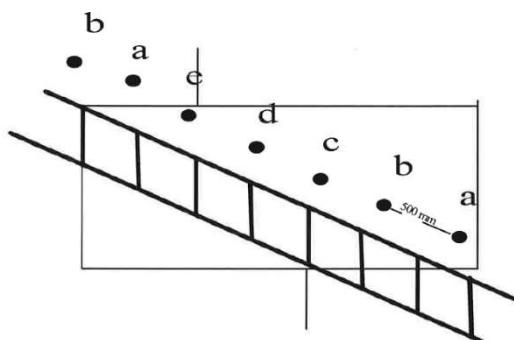
1° Virola



2° Virola

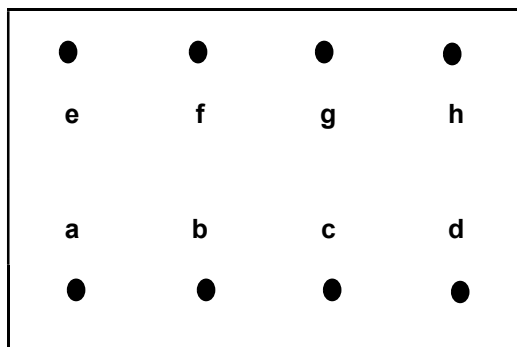


Altre virole



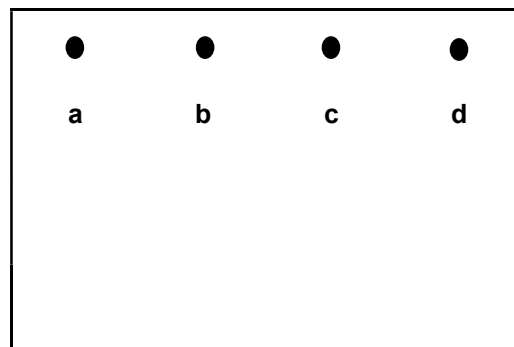
Ultima virola

(serbatoio a tetto galleggiante)



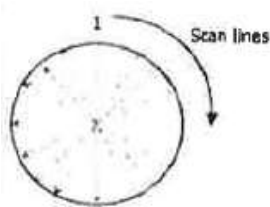
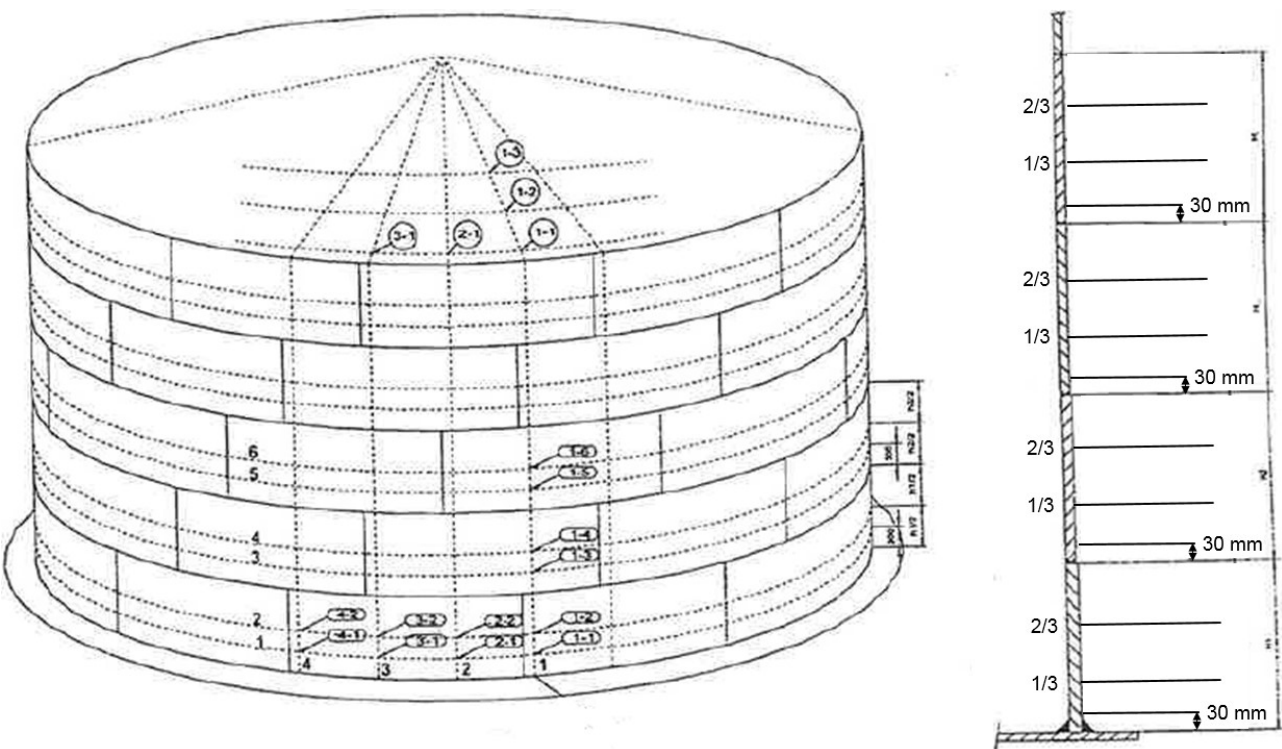
Ultima virola

(serbatoio a tetto fisso)



MANTELLO

Figura 2 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML) su generatrici verticali

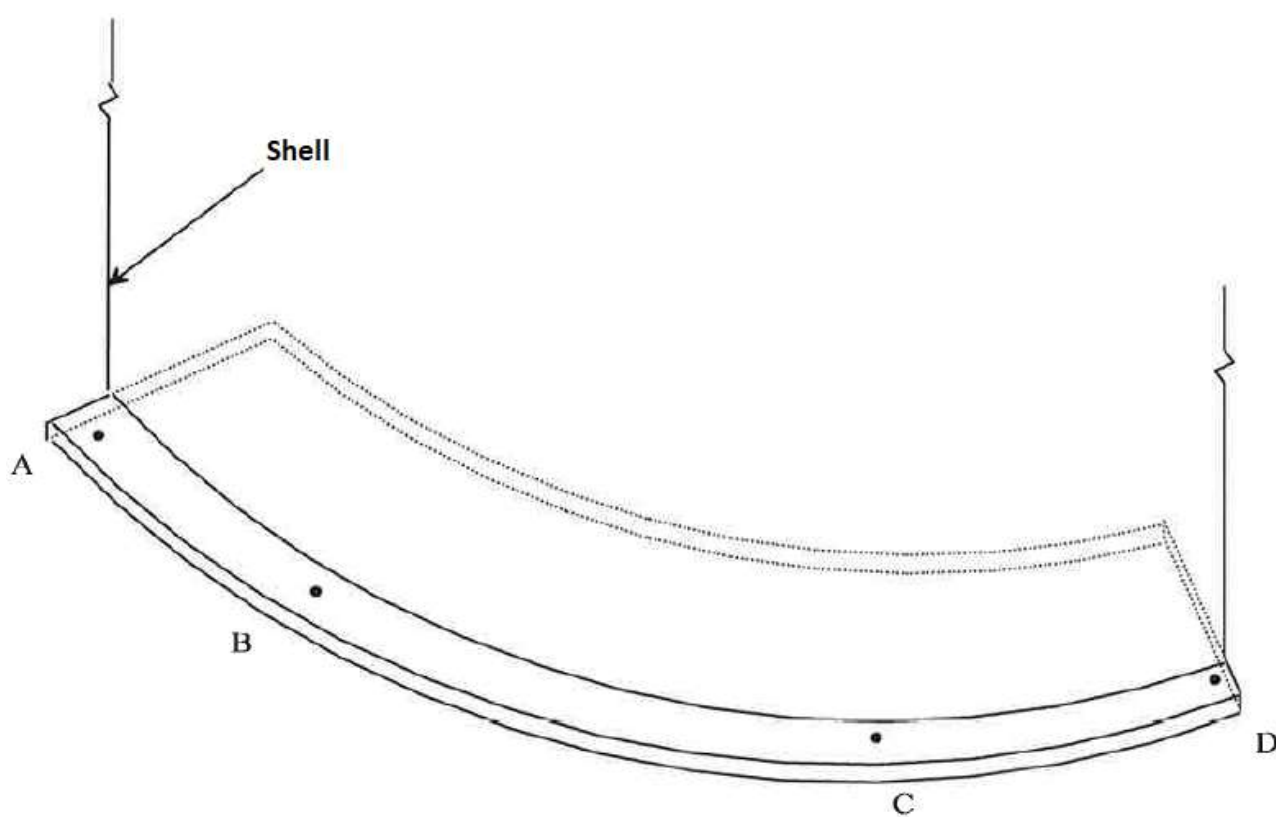


Diameter	No of scan lines
$D < 20$	4
$20 \leq D \leq 36$	8
$D > 36$	Max. 15m Interval

Thickness measurements tank shell:
Locate minimum required scan lines equally over circumference of tanks.
As a minimum: measure plate thickness, per scan line, on each shell course at 3 locations $\frac{1}{4}h$, $\frac{3}{4}h$ and 30mm above lowest horizontal weld seam of each course.
OR (preferably)
Use automatic UT crawler and measure each 100mm over the full shell height per scan line.

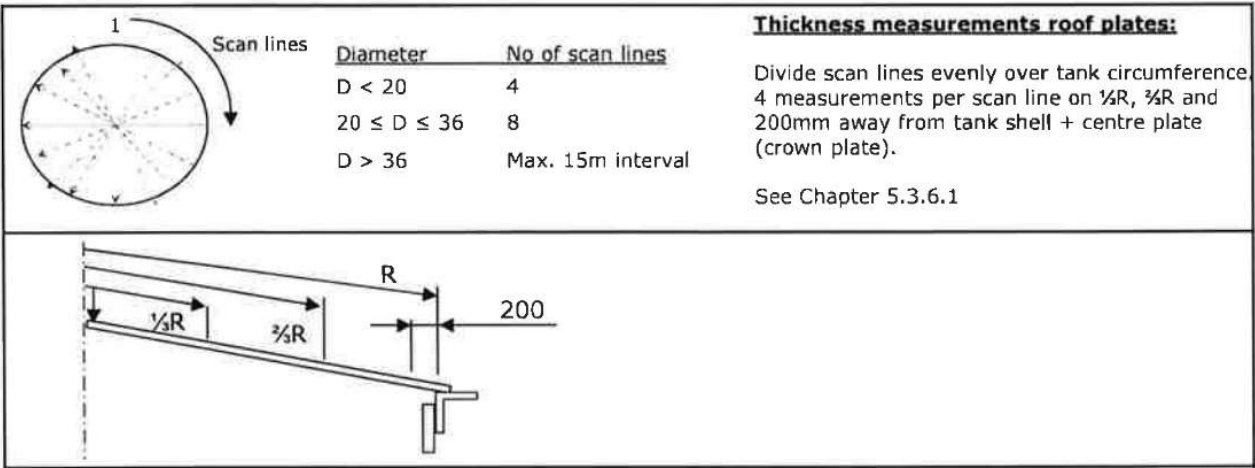
ANELLO ESTERNO DEL FONDO

Figura 3 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



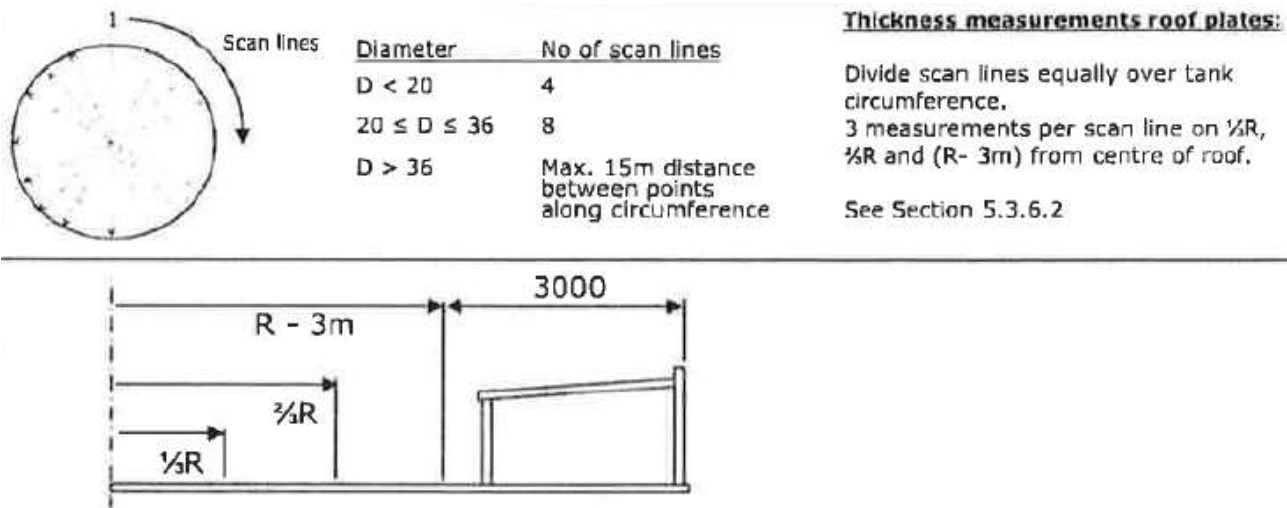
TETTO FISSO

Figura 4 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



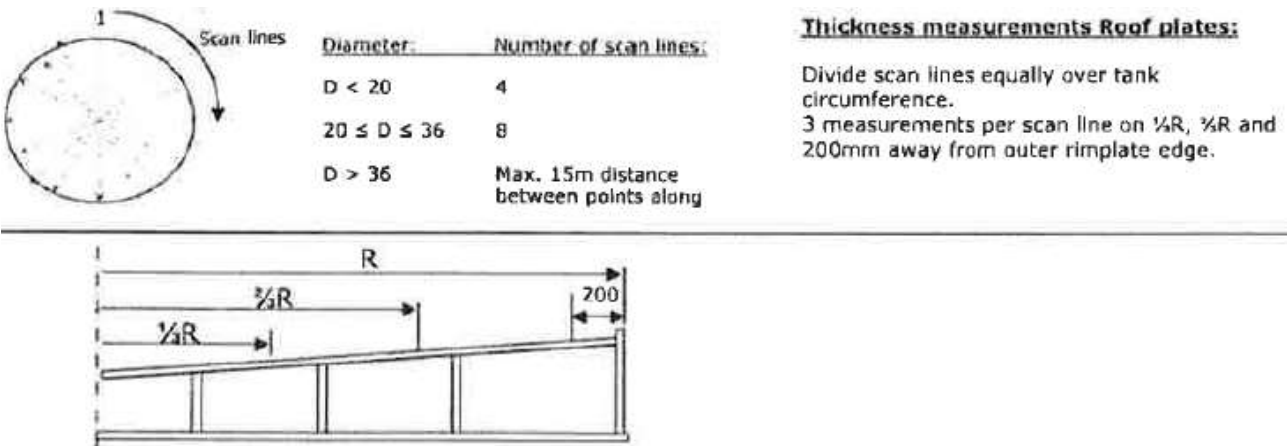
TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE

Figura 5 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



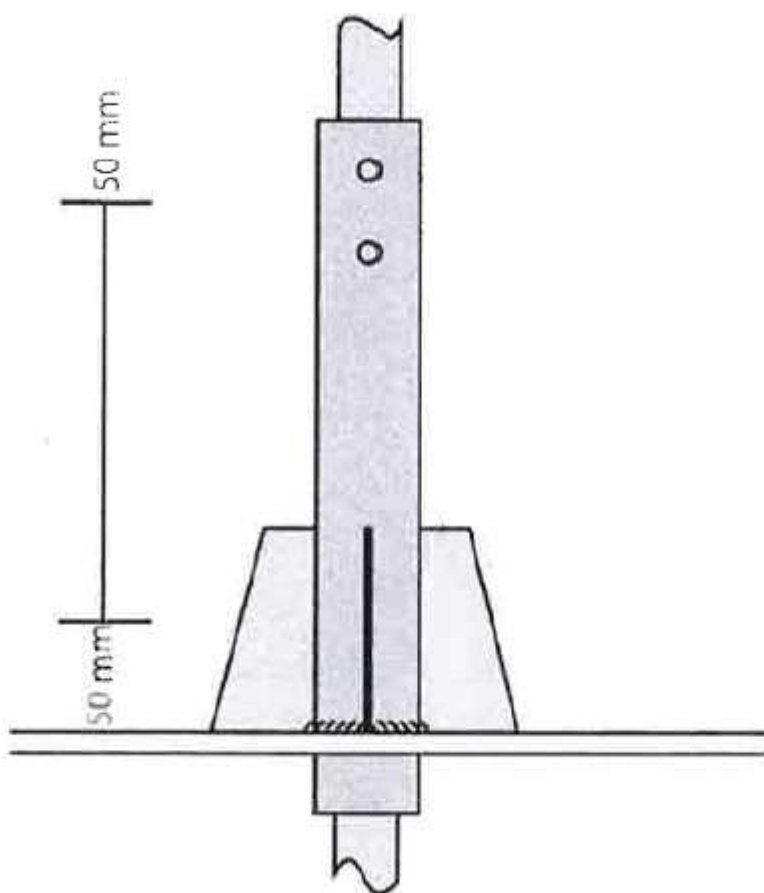
TETTO GALLEGGIANTE A DOPPIO PONTONE

Figura 6 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



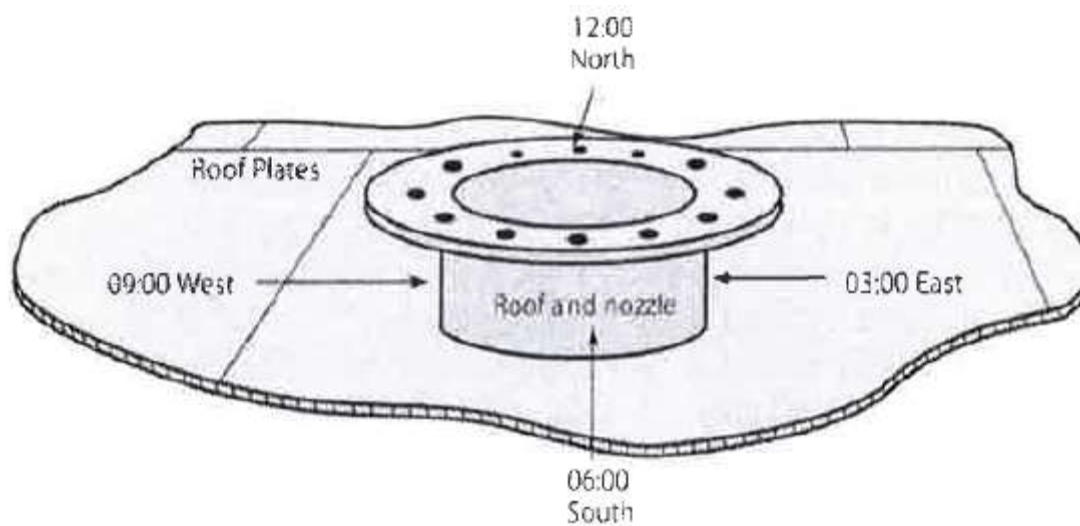
CAMICIE DEI PUNTONI DEL TETTO GALLEGGIANTE

Figura 7 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



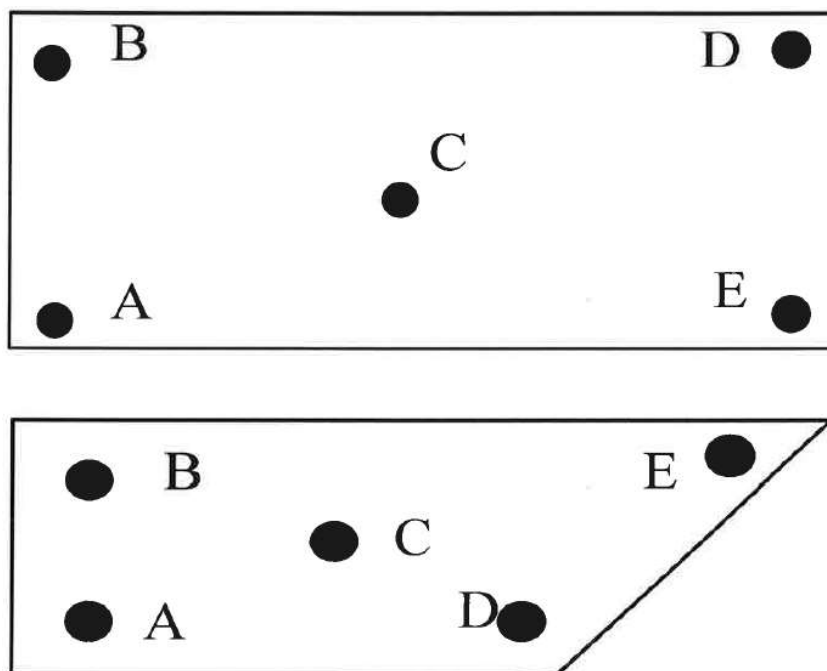
PASSI D'UOMO E BOCCELLI DEL MANTELLO E DEL TETTO

Figura 8 - Posizione rilievi di spessore da esterno (TML)



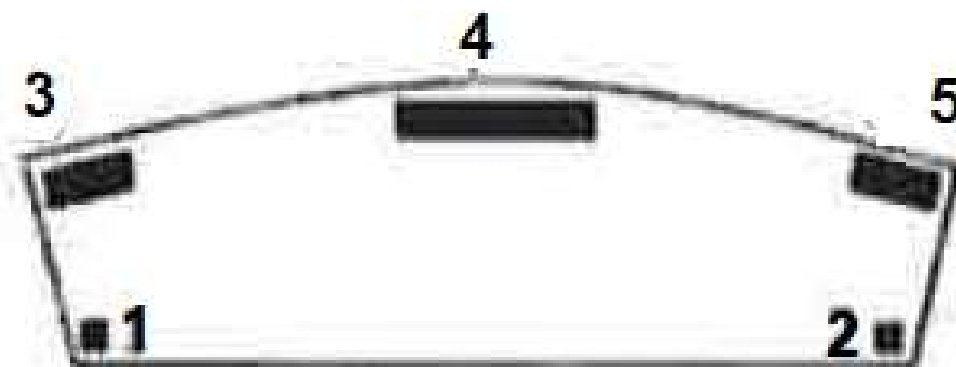
LAMIERE DEL FONDO

Figura 9 - Posizione rilievi di spessore da interno (TML)



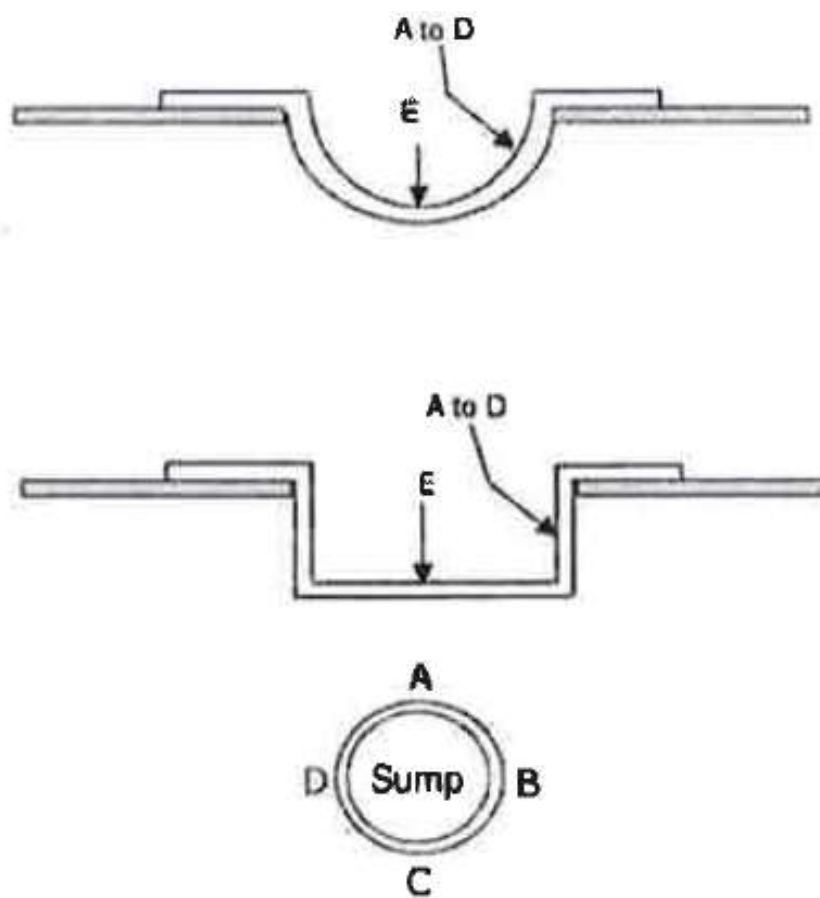
TRINCARINO INTERNO

Figura 10 - Posizione rilievi di spessore da interno (TML)



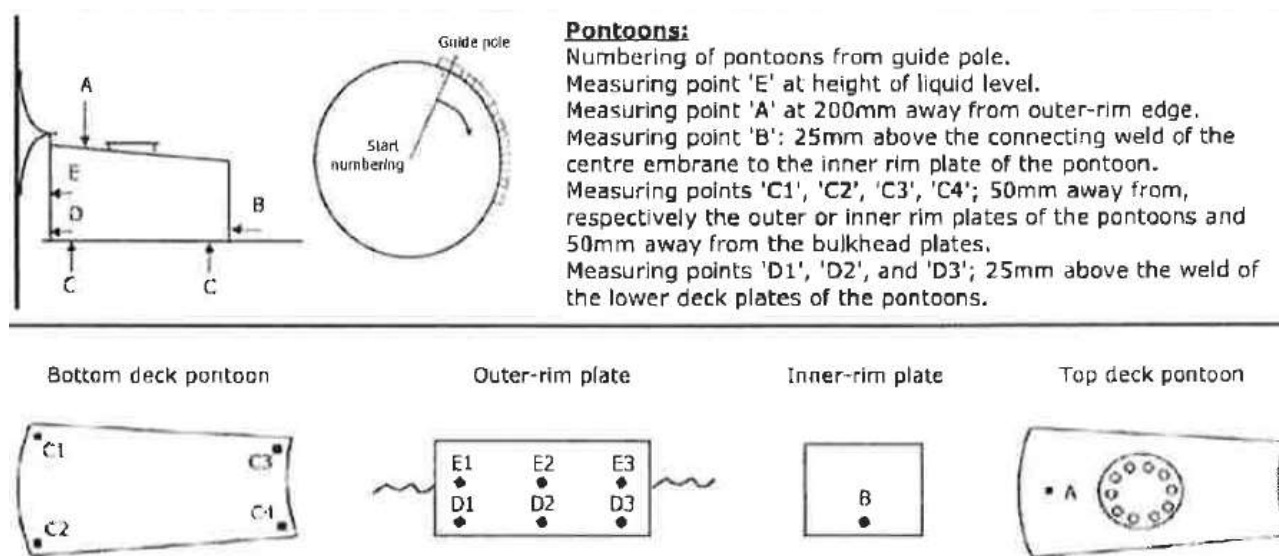
POZZETTI DI DRENAGGIO DEL FONDO

Figura 11 - Posizione rilievi di spessore da interno (TML)



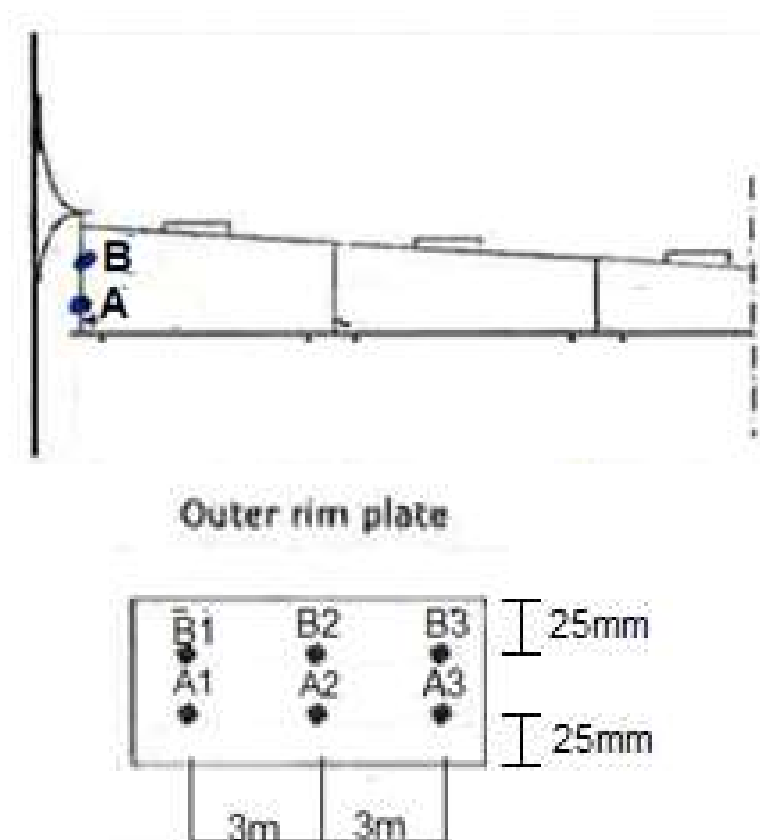
TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE

Figura 12 - Posizione rilievi di spessore da interno (TML)



TETTO GALLEGGIANTE A DOPPIO PONTONE

Figura 13 - Posizione rilievi di spessore da interno (TML)



ALLEGATO E

CATEGORIE DI EFFICACIA DELL'ISPEZIONE

DA API RP 581

Table 2.C.5.1—LoIE Example for AST Shell Course Internal Corrosion

Inspection Category	Inspection Effectiveness Category	Inspection ^a
A	Highly Effective	Both inspections shall be done: <ul style="list-style-type: none"> — intrusive inspection—good visual inspection with pit depth gage measurements at suspect locations — UT scanning follow up on suspect location and as general confirmation of wall thickness
B	Usually Effective	Both inspections shall be done: <ul style="list-style-type: none"> — external spot UT scanning based on visual information from previous internal inspection of this AST or similar service ASTs — internal video survey with external UT follow-up
C	Fairly Effective	External spot UT scanning based at suspect locations without benefit of any internal inspection information on AST type or service
D	Poorly Effective	External spot UT based at suspect locations without benefit of any internal inspection information on AST type or service
E	Ineffective	Ineffective inspection technique/plan was utilized
^a Inspection quality is high.		

Table 2.C.5.2—LoIE Example for AST Shell Course External Corrosion

Inspection Category	Inspection Effectiveness Category	Insulated Tank Inspection Example ^a	Non-Insulated Tank Inspection Example ^a
A	Highly Effective	<ul style="list-style-type: none"> — >95 % external visual inspection prior to removal of insulation — Remove >90 % of insulation at suspect locations OR <ul style="list-style-type: none"> — >90 % pulse eddy current inspection — Visual inspection of the exposed surface area with follow-up by UT or pit gauge as required 	>95 % visual inspection of the exposed surface area AND Follow-up by UT or pit gauge as required
B	Usually Effective	<ul style="list-style-type: none"> — >95 % external visual inspection prior to removal of insulation — Remove >50 % of insulation at suspect locations OR <ul style="list-style-type: none"> — >50 % pulse eddy current inspection — Visual inspection of the exposed surface area with follow-up by UT or pit gauge as required 	>50 % visual inspection of the exposed surface area AND Follow-up by UT or pit gauge as required
C	Fairly Effective	<ul style="list-style-type: none"> — >95 % external visual inspection prior to removal of insulation — Remove >30 % of insulation at suspect locations OR <ul style="list-style-type: none"> — >30 % pulse eddy current inspection — Visual inspection of the exposed surface area with follow-up by UT or pit gauge as required 	>25 % visual inspection of the exposed surface area AND Follow-up by UT or pit gauge as required
D	Poorly Effective	<ul style="list-style-type: none"> — >95 % external visual inspection prior to removal of insulation — Remove >10 % of insulation at suspect locations OR <ul style="list-style-type: none"> — >10 % pulse eddy current inspection — Visual inspection of the exposed surface area with follow-up by UT or pit gauge as required 	>10 % visual inspection of the exposed surface area AND Follow-up by UT or pit gauge as required
E	Ineffective	Ineffective inspection technique/plan was utilized	Ineffective inspection technique/plan was utilized
^a Inspection quality is high.			

Table 2.C.5.3—LoIE Example for Tank Bottoms

Inspection Category	Inspection Effectiveness Category	Soil Side ^a	Product Side ^a
A	Highly Effective	Floor scan >90 % AND UT follow-up <u>NOTE</u> — Include welds if warranted from the results on the plate scanning — Hand scan of the critical zone	Bare plate: — Commercial blast — Effective supplementary light — Visual 100 % (API 653) — Pit depth gauge — 100 % vacuum box testing of suspect welded joints Coating or liner: — Sponge test 100 % — Adhesion test — Scrape test
B	Usually Effective	Floor scan >50 % AND UT follow-up OR Extreme value analysis (EVA) or other statistical method with floor scan follow-up (if warranted by the result)	Bare plate: — Brush blast — Effective supplementary light — Visual 100 % (API 653) — Pit depth gauge Coating or liner: — Sponge test >75 % — Adhesion test — Scrape test
C	Fairly Effective	Floor scan 5 to 10+% plates AND Supplement with scanning near shell AND UT follow-up OR Use a "Scan Circle-and-X" pattern (progressively increase if damage found during scanning) Other testing: — Helium/argon test — Hammer test — Cut coupons	Bare plate: — Broom swept — Effective supplementary light — Visual 100 % — Pit depth gauge Coating or liner: — Sponge test 50 % to 75 % — Adhesion test — Scrape test
D	Poorly Effective	Possible testing: — Spot UT — Flood test	Bare plate: — Broom swept — No effective supplementary lighting — Visual >50 % Coating or liner: — Sponge test <50 %
E	Ineffective	Ineffective inspection technique/plan was utilized	Ineffective inspection technique/plan was utilized

^a Inspection quality is high.

Table 2.C.6.1—LoIE Example for Corrosion-resistant Non-metallic Liner

Inspection Category	Inspection Effectiveness Category	Intrusive Inspection Example ^{a, b}	Non-intrusive Inspection Example ^{a, b}
A	Highly Effective	For the total surface area: 100 % visual inspection AND 100 % holiday test AND 100 % UT or magnetic tester for disbonding for bonded liners	No inspection techniques are yet available to meet the requirements for an "A" level inspection
B	Usually Effective	For the total surface area: >65 % visual inspection AND >65 % holiday test AND >65 % UT or magnetic tester for disbonding for bonded liners	For the total surface area: 100 % automated or manual ultrasonic scanning
C	Fairly Effective	For the total surface area: >35 % visual inspection OR >35 % holiday test OR >35 % UT or magnetic tester for disbonding for bonded liners	For the total surface area: >65 % automated or manual ultrasonic scanning
D	Poorly Effective	For the total surface area: >5 % visual inspection OR >5 % holiday test OR >5 % UT or magnetic tester for disbonding for bonded liners	For the total surface area: >35 % automated or manual ultrasonic scanning
E	Ineffective	Ineffective inspection technique/plan was utilized	Ineffective inspection technique/plan was utilized
^a Inspection quality is high. ^b Suspect area shall be considered the total surface area unless defined by knowledgeable individual (subject matter expert).			

ALLEGATO F

RATEI DI CORROSIONE LATO PRODOTTO PREVEDIBILI (DA EEMUA 159)

Table 4-1 Expected internal corrosion rates (typical (mm/year)) for tanks

Stored Product	Tank						
	Bottom	Shell		Roof			
	Plates ¹	Liquid Exposed Area	Vapour Space Area ²	Fixed roof		Floating roof	
				Plates	Supporting Structure	Plates	Pontoon/Rim Area
Crude							
High Sulphur Content	0.4-0.8	0.2-0.4	0.4-0.6	(0.4-0.6)	(0.4-0.6)	0.4-0.6	0.5-0.7
Low Sulphur Content	0.3-0.5	0.1-0.3	0.2-0.4	(0.2-0.4)	(0.2-0.4)	0.2-0.4	0.3-0.5
Intermediate Feed							
Distillates	0.15-0.35	0.15-0.35	0.65-0.85	0.65-0.85	0.65-0.85	(0.15-0.35)	(0.65-0.85)
Fuel Oil							
Gas oil	0.1-0.3	0.05-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	—	—
Kerosene (Jet A1)	0.1-0.3	0.05-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	—	—
Mogas							
Gasoline	0.05-0.25	0.05-0.15	0.05-0.25	0.05-0.25	0.05-0.25	0.05-0.15	0.05-0.25
Naphtha	0.15-0.35	0.05-0.25	0.15-0.35	0.15-0.35	0.15-0.35	0.05-0.25	0.15-0.35
Slops and aggressive products							
	0.6-0.8	0.4-0.6	0.6-0.8	0.6-0.8	0.6-0.8	0.4-0.6	0.6-0.8
Chemicals							
Acids with $pH < 5$ ³							
Neutral liquids $5 < pH < 8$							
Acetone, Acrylate	0.1-0.3	0.05-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	n/a	n/a
Ethanol, Methanol etc.	0.05-0.25	0.05-0.15	0.05-0.25	0.05-0.25	0.05-0.25	0.05-0.15	0.05-0.25
Styrene, Toluene etc.	0.1-0.3	0.05-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	n/a	n/a
Caustic products							
$pH > 8$	0.6-0.8	0.4-0.6	0.6-0.8	0.6-0.8	0.6-0.8	0.4-0.6	0.6-0.8

Notes:

Values are given as ranges; it is the responsibility of the tank owner/ integrity assessor to determine the numeric value to be used for remaining life calculations.

Values in brackets indicate product not usually stored in this type of tank.


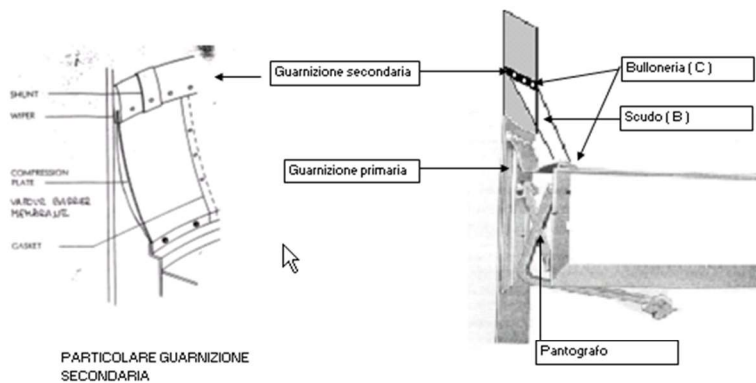
¹ Un-protected steel; No bottom coating or internal lining applied.

² Vapour space corrosion can be as high as 1mm/year [subject to product type (sulphur content) and climate].

³ Predominantly stored in tanks made from stainless steel (AISI 304 or equivalent).

ALLEGATO G

CONTROLLO PERIODICO GUARNIZIONI TETTO GALLEGGIANTE

		CONTROLLO PERIODICO GUARNIZIONI TETTO GALLEGIANTE		N° : _____
				DATA : _____
CENTRO di COSTO:			UNITA' :	
SIGLA SERBATOIO	CAPACITA' mc.			DIAMETRO mm
FLUIDO:				
DATA ULTIMA SOSTITUZIONE GUARNIZIONI:				
DATA CONTROLLO PRECEDENTE:				
ELEMENTI CONTROLLATI		STATO *	NOTE	
Scudi (B)				
Bullonerie (C)				
Guarnizione d'attrito (A)				
Cuffie sigillatura piedi sostegno tetto				
Controllo stato di conservazione guarnizione primaria su 4 punti diametralmente opposti, dopo scostamento manuale della guarnizione Secondaria	Punto			
	Punto			
	Punto			
	Punto			
Presenza di ristagni di Acqua tra parte visibile guarnizione primaria e secondaria				
* 1 = Positivo ; 2 = Negativo				
				
ISPETTORI :		RESPONSABILE :		

ALLEGATO H

Serbatoi: principali componenti e parametri di progetto

H.1 NORME E STANDARD DI PROGETTAZIONE

In questo allegato si fa cenno ad alcuni dati progettuali dei serbatoi e dei loro componenti principali al fine di permettere una migliore comprensione dei requisiti necessari alle ispezioni.

H.1.1 Norme e standard di progettazione

I serbatoi di stoccaggio per prodotti petroliferi (atmosferici o a bassa pressione) sono generalmente costruiti in accordo allo standard:

- API STD 650: Welded steel tanks for oil storage, al quale si rimanda per le caratteristiche di progettazione.

Altre possibili norme europee di progettazione/costruzione sono:

- BS2654: Manufacture of Vertical Steel Welded Non-Refrigerated Storage Tanks with Butt-welded Shells for the Petroleum Industry
- DIN 4119 1-2: Aboveground Cylindrical Flat-bottomed Tank Installations of Metallic Materials
- CODRES: Code Français de Construction des Réservoirs Cylindriques Verticaux en Acier UCSIP et SNTC
- UNI EN 14015: Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above

Le norme di progettazione/costruzione possono avere influenza su alcuni aspetti delle ispezioni. E' pertanto necessario, in fase di valutazione degli esiti ispettivi, verificare l'anno di costruzione e la norma in base a cui è stato costruito il serbatoio oggetto dell'ispezione.

Alcuni serbatoi costruiti in anni antecedenti al 1945 possono essere chiodati; per le ispezioni aggiuntive e specifiche di questo tipo di serbatoi si rimanda alla norma API Std 653 ed alla pubblicazione API RP 575.

H.1.2 Tipi di serbatoi

I serbatoi di stoccaggio atmosferici, metallici, fuoriterza, cilindrici, ad asse verticale si dividono in due gruppi principali:

- Serbatoi a tetto fisso
- Serbatoi a tetto galleggiante

H.1.2.1 Serbatoi a tetto fisso

I serbatoi a diametro maggiore sono normalmente progettati con il tetto a forma conica supportato da una struttura a travi e/o capriate, con o senza colonne di sostegno.

I serbatoi a diametro minore possono essere con tetti autoportanti, a forma conica o di duomo.

Un altro tipo di tetto fisso autoportante alcune volte utilizzato è il tetto geodetico. Alcuni serbatoi a tetto fisso sono dotati di tetti galleggianti interni.

I serbatoi a tetto fisso sono dotati di adeguati organi di ventilazione e valvole di sicurezza (per ulteriori informazioni si rimanda ad API Std 2000: Venting Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks) per evitare sovrappressioni o depressioni interne dovute a normali condizioni operative quali movimentazione del liquido in ingresso o uscita dal

serbatoio, variazioni ambientali (temperatura e pressione) ad eventuali situazioni di emergenza (ad esempio, incendio o altre circostanze dovute a errori operativi o guasti di apparecchiature).

H.1.2.2 Serbatoi a tetto galleggiante

Sono generalmente adottati per stoccare grezzo e/o prodotti leggeri volatili. L'uso di tetti galleggianti riduce le perdite per evaporazione e l'inquinamento ambientale in quanto il tetto galleggia sul prodotto stoccato nel serbatoio e non vi è spazio riempito da vapori di prodotto come nel caso dei serbatoi a tetto fisso. Lo spazio tra il tetto ed il mantello del serbatoio è occupato da tenute (primarie e, se presenti, secondarie) con elementi flessibili aderenti al mantello al fine di limitare l'emissione di vapori nell'atmosfera, guidare i movimenti del tetto ed evitare l'ingresso di acque meteoriche e/o di sporcizia all'interno del serbatoio.

Esistono due tipi principali di tetti galleggianti:

- **Tetti galleggianti a singolo pontone** (*Single-deck pontoon type floating roofs*) Questo tipo di tetto è costituito da un telo centrale contornato da cassoni di galleggiamento che occupano circa il 20-25% della superficie totale del tetto. Il tetto è di norma progettato per supportare, senza problemi, con i dreni primari non operativi, circa 250 mm di pioggia sull'intera superficie del tetto; il galleggiamento deve essere garantito anche qualora due cassoni adiacenti siano forati.
- **Tetti galleggianti a doppio pontone** (*Double-deck floating roofs*). In questo tipo di tetto tutta la superficie collabora al galleggiamento, essendo costituito da un unico cassone. L'intero cassone è suddiviso in settori circolari di compartimenti stagni ed il galleggiamento è in genere assicurato anche quando due compartimenti adiacenti ed il compartimento centrale sono forati. Questo tipo di tetto viene adottato di norma per serbatoi di grande diametro, in quanto più robusti e maggiormente resistenti ad eventuali problemi provocati dal vento nel centro del tetto rispetto al tipo a pontone a singolo pontone.

I serbatoi a tetto galleggiante sono dotati di alcuni importanti accessori:

- **Tenute** (primarie e secondarie): hanno la funzione di limitare le perdite per evaporazione, di evitare l'infiltrazione di acqua piovana e di impurità all'interno del serbatoio.
- **Dreni** (primari e/o di emergenza) e **pozzetti di raccolta acqua**: hanno la funzione di evitare l'accumulo di acqua piovana sul tetto.
- **Scale basculanti**: hanno la funzione di permettere l'accesso al tetto in ogni posizione.
- **Organi di ventilazione e valvole di sicurezza**: hanno la funzione di evitare sovrappressioni o depressioni interne al serbatoio.
- **Puntoni di sostegno del tetto**: hanno la funzione di permettere l'appoggio del tetto sul fondo in occasione della messa fuori esercizio dei serbatoi.
- **Tubo guida**: ha la funzione di evitare la rotazione del tetto attorno al suo asse verticale.
- **Sistema antincendio e relativi accessori**: per informazioni dettagliate su questo sistema si rimanda a: API RP 2003 "Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents"

ALLEGATO I

MECCANISMI DI DEGRADO DEI SERBATOI E TECNOLOGIE ISPETTIVE (CND)

I.1 MECCANISMI DI DEGRADO DEI SERBATOI

In questo paragrafo vengono fornite indicazioni generali sui principali meccanismi di degrado dei serbatoi, sulla loro localizzazione e sui criteri per la valutazione di idoneità al servizio dei componenti chiave dei serbatoi, quando le ispezioni rivelano variazioni rispetto alla situazione fisica originale o vengono effettuati cambi di esercizio.

Quanto indicato in questo paragrafo non deve intendersi né esaustivo né sostitutivo di valutazioni che devono essere fatte per ogni singola situazione.

Per ulteriori informazioni si rimanda alle norme:

- API Std 653: Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction
- EEMUA – Publication nr 159: Users' Guide to the Inspection, Maintenance and Repair of Aboveground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks
- API RP 575: Guidelines and Methods for Inspection of Existing Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

I.1.1 Tipologie dei meccanismi di degrado

I meccanismi di degrado associati ai serbatoi sono vari e complessi. Tali meccanismi possono essere ricondotti a:

- Corrosione (interna, esterna, sotto coibente)
- Meccanismi non legati alla corrosione (cedimenti per assestamento dei serbatoi e/o delle fondazioni, deformazioni dei mantelli, deformazioni dei tetti, ecc..)
- Danni strutturali o perdita di funzionalità degli accessori dei serbatoi. (sistemi antincendio, sistemi di messa a terra, organi di ventilazione, scale, ecc..)

I.1.2 Corrosione dei serbatoi

La corrosione è la principale causa di deterioramento dei serbatoi.

Localizzare e valutare l'estensione del fenomeno è pertanto il principale motivo delle ispezioni.

Valutare la vita utile residua (prevista), in base al tasso di corrosione, è necessario al fine di decidere la rimessa in esercizio dei serbatoi per un determinato periodo di tempo e/o definire gli eventuali interventi di riparazione e/o sostituzione dei componenti danneggiati.

A tal fine è importante mantenere un accurato monitoraggio e registrazione dei dati di corrosione rilevati durante le ispezioni.

I.1.2.1 Corrosione interna

La corrosione interna può essere determinata da:

- Presenza di sostanze aggressive o contaminanti nel prodotto stoccato.
- Ingresso ed accumulo di acqua nel serbatoio provocati da:
 - presenza di acqua nel prodotto;

- condensazione di vapor d'acqua dovuta alla ventilazione dei serbatoi;
- infiltrazione di acqua piovana dalle tenute dei tetti.

I.1.2.2 Corrosione interna dei fondi

La corrosione uniforme delle lamiere del fondo avviene di solito nei punti ove si raccoglie l'acqua; la zona del fondo più critica è quella adiacente al mantello, per i serbatoi con fondo a pendenza verso l'esterno (cone-up), e quella centrale, per i serbatoi con fondo a pendenza verso l'interno (cone-down).

Tuttavia, in base alle modalità di esecuzione delle giunzioni e/o saldature, alla presenza di lamiere di appoggio delle gambe dei tetti, degli attacchi dei dreni e dei serpentini di riscaldamento, degli appoggi dei serpentini di riscaldamento, alla presenza di avvallamenti del fondo, zone di corrosione localizzata possono essere presenti sull'intera superficie del fondo.

Un'altra forma di corrosione presente è la corrosione a pitting, usualmente provocata da sali acidi, idrogeno solforato, acqua, batteri (microrganismi), ecc.

Alti ratei di corrosione possono essere determinati da concentrazioni localizzate di ossigeno nei fondami o da presenza di idrogeno solforato che riduce localmente il pH.

La presenza di idrogeno solforato può essere dovuta all'azione di batteri che riducono i solfati. Altri fenomeni di corrosione presenti sui fondi sono attacchi sulle saldature delle lamiere o sulle zone adiacenti, termicamente alterate.

Quando il rateo di corrosione è particolarmente elevato, possono essere applicati lining o verniciature del fondo. (rif: API RP 652: Lining of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms).

I.1.2.3 Corrosione interna dei mantelli

La corrosione interna dei mantelli dei serbatoi può avvenire sia al di sopra che al di sotto del livello liquido dei serbatoi contenenti benzine ed altri prodotti leggeri (nafte, solventi, ecc..) con densità normalmente inferiore a 50° API a causa della presenza di vapore acqueo (umidità) ed ossigeno.

Trascinamenti caustici, zolfo e sali acidi nel prodotto in ingresso possono incrementare notevolmente il fenomeno. La corrosione nella zona occupata dai vapori dipende dal clima, dalla variazione del livello liquido nei serbatoi, ecc.

L'alternanza delle zone del mantello dalla fase bagnata a secco, variazioni di temperatura, il movimento dei tetti galleggianti favoriscono il distacco delle scaglie di metallo ossidato con accentuazione del fenomeno corrosivo.

La corrosione può assumere forma uniforme o a pitting. Può verificarsi anche corrosione sulle saldature o sulla zona termicamente alterata nelle adiacenze delle saldature. Dal punto di vista della resistenza del mantello i difetti sulle saldature verticali sono più importanti di quelli sulle saldature orizzontali.

I.1.2.4 Corrosione interna dei tetti

La corrosione interna dei tetti in forma uniforme o a pitting avviene nella zona occupata dai vapori nei serbatoi a tetto fisso ed è dovuta all'azione combinata di acqua condensata sulle superfici, di aria proveniente dagli organi di ventilazione e di H₂S libero.

Il fenomeno è accentuato nei climi umidi; è invece estremamente basso nei serbatoi gas-blanketed.

Nei serbatoi a tetto galleggiante, la parte interna del tetto è normalmente a contatto con il liquido ed il fenomeno della corrosione sulle lamiere è raro. La corrosione si presenta sul sistema delle tenute, e sui cassoni (pontoni) di galleggiamento, sui tubi guida e altri accessori del tetto.

I.1.2.5 Corrosione esterna dei serbatoi

La corrosione esterna dei serbatoi dipende in massima parte dallo stato delle fondazioni per quanto riguarda i fondi e dalle condizioni ambientali e/o delle verniciature per quanto riguarda mantelli e tetti dei serbatoi.

I.1.2.6 Corrosione esterna dei fondi

La corrosione esterna dei fondi dipende dal tipo e dallo stato delle fondazioni del serbatoio e dal tipo e condizioni del sottosuolo e si presenta normalmente sotto forma di pitting.

I principali fattori che influenzano questo tipo di corrosione sono:

- Tipologia dei terreni (omogeneità, resistività e permeabilità).
- Tipologia e stato delle fondazioni.
- Presenza di falde sotterranee non profonde.
- Contaminanti presenti negli strati di appoggio dei fondi: la presenza di materiali quali pietre, argille, ecc. Può provocare celle ad alta concentrazione di ossigeno nei punti di contatto con il metallo del fondo. Tali punti diventano anodi rispetto al catodo costituito dal resto del fondo e pertanto sono sottoposti ad un severo attacco di corrosione a pitting.
- Ingresso di acqua piovana tra il fondo e la fondazione dovuto ad irregolarità nello strato superiore delle fondazioni o a cedimenti laterali per assestamento dei serbatoi.
- Cattivo drenaggio del basamento anche dovuto ad eccessivi assestamenti dei serbatoi.
- Accumuli di acqua lungo la periferia del serbatoio, nelle adiacenze del mantello.
- Temperatura dei prodotti stoccati: dovuta sia all'incrementata differenza di potenziale tra suolo e fondi, sia all'incrementata permeabilità dell'acqua nei sottosuoli.
- Correnti vaganti.
- Qualità e stato delle saldature delle lamiere dei fondi.

Non vi è un solo parametro che possa essere utilizzato per determinare la corrosività del suolo; devono essere combinate varie caratteristiche per stimarla.

Molto frequentemente viene utilizzata la resistività del suolo come parametro di stima della corrosività: la resistività è legata al tenore di acqua (umidità) ed agli elettroliti disciolti nell'acqua. La tabella che segue può essere utilizzata per una prima valutazione dei suoli.

Resistività (Ohm cm)	Potenziale attività corrosiva
< 500	Suolo molto corrosivo
500 - 1000	Suolo corrosivo
1000-2000	Suolo moderatamente corrosivo
2000-10000	Suolo poco corrosivo
>10000	Suolo progressivamente meno corrosivo

Tabella 6 - Resistività del suolo

La resistività del suolo può influenzare il rateo di corrosione esterno del fondo, anche in presenza di un basamento, in quanto il materiale del basamento può essere inquinato dal suolo di appoggio per azione capillare.

I.1.2.7 Corrosione esterna dei mantelli

La corrosione esterna dei mantelli è influenzata dalle condizioni ambientali, dallo stato della vernice protettiva o della coibentazione.

La corrosione esterna dei mantelli può assumere forme di rilievo nella parte bassa, adiacente al fondo, dove l'assestamento dei suoli e cattivo drenaggio possono provocare l'accumulo di acqua piovana.

I.1.2.8 Corrosione esterna dei tetti

La corrosione esterna dei tetti è influenzata dalle condizioni ambientali, dallo stato della vernice protettiva o della coibentazione.

La corrosione esterna dei tetti può assumere forme di rilievo con la presenza di accumuli di acqua piovana e sporizia negli avvallamenti delle superfici o in prossimità dei vents e delle tenute dei tetti galleggianti a causa dei vapori di prodotto emessi.

I.1.2.9 Corrosione sotto coibente

La corrosione sotto coibentazione, nei serbatoi coibentati, è un problema che si presenta in genere nelle parti basse dei mantelli, sui tetti e in genere in tutti i punti della coibentazione in cattive condizioni di conservazione che permettono l'infiltrazione e la ritenzione di acqua piovana.

I.1.3 Cedimenti o assestamenti delle fondazioni e dei serbatoi

I serbatoi hanno una struttura molto flessibile tale che il mantello ed il fondo seguono gli assestamenti del sottosuolo.

Il peso proprio della struttura del serbatoio è relativamente modesto se paragonato a quello del prodotto contenuto.

La flessibilità della struttura permette al serbatoio di tollerare gli assestamenti delle fondazioni se sono contenuti entro limiti accettabili.

Le fondazioni sono di tipo diverso:

- Basamento tradizionale su terreno o roccia con o senza interposizione di tappeto bituminoso (o sabbia o altro materiale)
- Basamento tradizionale con interposto uno strato di materiale drenante
- Basamento con anello di cemento di appoggio (ring wall)
- Basamento di cemento sotto l'intero serbatoio
- Basamento di cemento su pali

In suoli dove sono presenti strati di materiale compressibile (argilla, ecc..) possono avvenire eccessivi assestamenti.

Per tenere sotto controllo questi assestamenti, misure di livello devono essere prese alla connessione tra fondo e mantello, durante il periodo di esercizio del serbatoio e comparate con quelle prese al momento della costruzione.

Gli assestamenti dei serbatoi possono provocare danni di vario tipo e conseguenze:

- Problemi alle connessioni delle tubazioni al mantello del serbatoio;
- Cedimento del mantello nella fondazione. Questo fenomeno provoca un avvallamento periferico ove acqua e terreno accumulati sono fonte di corrosione sulle lamiere basse del mantello e sulle lamiere del fondo.
- Assestamenti differenziali tra centro e periferia del serbatoi. Questo fenomeno può provocare danneggiamenti sul tappeto di appoggio del basamento e favorire il contatto localizzato con materiali diversi dando luogo a fenomeni di corrosione localizzata ed accentuata.

Un altro fenomeno provocato da eccessivi assestamenti differenziali sono le deformazioni delle lamiere con sovraccarichi sui giunti saldati e conseguenti rotture localizzate dei cordoni di saldatura che possono evolvere fino a provocare perdite.

Gli assestamenti periferici delle fondazioni sono più pericolosi di quelli distanti dal mantello: al centro la flessibilità delle lamiere permette di seguire le deformazioni della fondazione più facilmente; in periferia, se avviene il distacco tra le lamiere del fondo e le fondazioni, si provoca una situazione estremamente critica per la saldatura di giunzione tra fondo e mantello che può provocare la sua rottura anche estesa con gravi effetti.

I.1.4 Danni strutturali o perdita di funzionalità degli accessori

Tutti i serbatoi hanno numerosi accessori quali tenute (serbatoi a tetto galleggiante, agitatori, sistemi di drenaggio dei tetti e dei fondi, sistemi antincendio, sistemi di strumentazione, sistemi di messa a terra, serpentine di riscaldamento, scale e passerelle, ecc..).

Il documento non tratta questi particolari; di ognuno di essi deve essere assicurata l'integrità e funzionalità e pertanto deve essere previsto un piano ispettivo.

Si rimanda ai disegni/specifiche di costruzione, alle raccomandazioni dei fornitori ed alle norme citate nei riferimenti per notizie approfondite.

I.2 TECNOLOGIE ISPETTIVE (CND)

I.2.1 Considerazioni generali

In questo paragrafo vengono descritte in sintesi le principali tecniche di controllo che possono essere utilizzate nel corso dell'ispezione dei serbatoi. Per ulteriori nozioni sull'argomento si rimanda anche alla pubblicazione:

- API RP 575: Guidelines and Methods for Inspection of Existing Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

I.2.2 Ispezione visiva (VT)

Una ispezione visiva, con o senza il supporto di adeguati strumenti, viene condotta per la individuazione preliminare di difetti superficiali. L'efficacia dell'ispezione dipende dalle condizioni fisiche e di pulizia del componente in esame e dall'esperienza dell'operatore.

Di solito vengono usate foto e filmati per la registrazione. L'ispezione visiva richiede inoltre l'utilizzo di altre tecnologie per conferma e dimensionamento dei difetti rilevati.

I.2.3 Liquidi penetranti (PT)

Con questo test, un liquido penetrante è spalmato sulla superficie da controllare; un reagente rileva la penetrazione nei difetti con evidenziazione sulla superficie. Il test rileva solo difetti con sbocchi superficiali; inoltre i difetti non devono essere riempiti con materiali estranei.

Il test non permette di misurare la profondità del difetto.

I.2.4 Magnetoscopia (MT)

Il componente sotto esame è magnetizzato localmente o completamente. Se il componente è integro, il flusso magnetico è prevalentemente all'interno del componente; se vi sono difetti, il flusso magnetico è distorto e causa di una perdita di flusso intorno al difetto.

Il flusso magnetico è evidenziato coprendo la superficie con una polvere fine di particelle ferrose, normalmente sospese in un liquido: le particelle accumulate nella zona di perdita di flusso rivelano il difetto.

La tecnologia può rilevare solo difetti affioranti o immediatamente sotto la superficie; non è possibile misurare la profondità del difetto.

I.2.5 Vacuum box test

Con questo metodo, l'area sospetta è coperta con una soluzione saponosa o di liquidi adatti a rilevare rotture o difetti. Un vacuum box è successivamente passato sulla superficie mantenendo condizioni di vuoto; se esistono difetti, sono evidenziati da bolle formate sul liquido superficiale e visibili guardando attraverso il vacuum-box.

I.2.6 Ultrasuoni (UT)

La tecnologia ad ultrasuoni è quella più versatile e potente disponibile per la rilevazione dei difetti ed anche per la misurazione dello spessore del componente sotto controllo, particolarmente nelle zone sottoposte a corrosione/erosione.

Queste misure sono usualmente fatte a mezzo di misure spot condotte secondo uno schema a griglia che copre la superficie del componente o l'area localizzata danneggiata.

Il principale vantaggio della tecnologia consiste nell'accuratezza della misura; tuttavia le misure a spot possono provocare risultati errati: infatti possono essere non captate forme di corrosione a pitting.

Un altro errore può essere provocato dalla presenza di laminazioni e/o inclusioni nel materiale del componente sotto controllo.

Al fine di aumentare l'affidabilità della tecnologia può essere utilizzata la tecnica pulso-eco che tramite sofisticati metodi di acquisizione dei dati fornisce un'accurata immagine del componente che può essere conservata e tramite comparazione tra successive immagini/mappature può fornire indicazioni sulla velocità di degrado.

Dove l'adozione di tecniche manuali e convenzionali è impossibile/difficile o pericolosa vengono utilizzate tecniche di controllo a mezzo di robot. (es: tetti e mantelli di serbatoi).

La mappatura del componente viene usualmente fornita in una vista piana (forma C-scan).

I.2.7 Spark test

La tecnica può essere utilizzata per rilevare difetti nei rivestimenti interni dei fondi qualora presenti e consiste nella applicazione di un elettrodo ad alto voltaggio e bassa corrente; quando il sensore passa sulla superficie non conduttiva e l'altro estremo del circuito è collegato al metallo, un arco elettrico generato attraverso ogni difetto ed un allarme sonoro rivelano l'esistenza di un difetto.

I.2.8 Ultrasuoni a lungo range (Lorus)

Vi sono molti sistemi che rientrano in questa categoria, ognuno con una sua specifica applicazione. Il metodo LORUS utilizza un trasduttore ad alta sensibilità posto sulla parte esterna del piatto circonferenziale del fondo e la generazione di un'onda ultrasonora a bassa frequenza, emessa con un angolo tale da permettere la propagazione sotto il mantello del serbatoio. La presenza di corrosione è rilevata dalla registrazione di segnali riflessi; la rilevazione riguarda sia la corrosione interna che esterna dell'anello periferico del fondo ma non è possibile distinguere i lati di presenza della corrosione.

I.2.9 Emissione Acustiche (EA)

La tecnica delle emissioni acustiche consiste nella rilevazione del "rumore" (ultrasuoni) causati da onde sonore ad alta frequenza emesse da rilasci di energia in materiali e strutture sotto stress a causa di movimenti di dislocazione provocati in microstrutture e provocati ad esempio da crescita di difetti o, anche in assenza di stress, da rilevazioni di altri fenomeni quali attività termiche o chimiche (inclusa la corrosione).

Le onde acustiche sono rilevate da trasduttori piezoelettrici posizionati strategicamente sulla struttura. Attraverso l'uso di metodi di triangolazione, si può individuare la posizione della emissione.

L'esame mediante emissione acustica deve essere effettuato in accordo ai requisiti riportati nella norma EN 15856 (12).

Al fine di consentire di distinguere il segnale acustico dovuto ad un trafilamento di prodotto da rumori provenienti dall'ambiente esterno del serbatoio devono essere prese alcune precauzioni. Deve essere rispettato un periodo di non operatività pre-controllo (almeno 24 ore) in modo da minimizzare il rumore proveniente dalla deformazione del fondo causato dalla variazione dell'altezza del fluido stoccato. In questo intervallo di tempo devono essere interrotte le normali operazioni, quali il pompaggio e l'apertura/chiusura di valvole.

L'esecuzione del controllo durante le ore notturne potrebbe essere preferibile.

La procedura di controllo deve prevedere anche i criteri per stabilire la data del successivo controllo. Il successivo controllo dipenderà dal grado di danneggiamento rilevato.

Se comparato a precedenti test, l'ampiezza del segnale ricevuto può dare indicazioni sulla velocità di crescita del difetto.

La tecnica è di tipo qualitativo e comparativo e non quantitativo tuttavia è la sola attualmente disponibile in grado di individuare (con buona attendibilità), in modo preventivo, prima che la perdita si manifesti, le zone del fondo di un serbatoio dove è presente attività corrosiva e, in base ad una valutazione del grado di attività, dove un problema potrebbe presentarsi.

I principali vantaggi della tecnologia risiedono nella possibilità del controllo con componente in esercizio, nella possibilità di controllare l'intero componente e sul fatto che vengono registrati solo difetti attivi.

Il principale difetto consiste nella assenza di standard, nella esperienza richiesta all'operatore e nel fatto che il test è dinamico e non può essere facilmente verificato con una ripetizione del test.

1.2.10 Flusso magnetico disperso (MFL)

Questa tecnologia può essere applicata solo ai materiali ferromagnetici. Il componente è magnetizzato e si possono rilevare i difetti sia superficiali che profondi in funzione del flusso disperso rilevato dalla misura di un sensore posto sulla superficie del componente. L'uscita dal sensore può essere amplificato, filtrato, digitalizzato, registrato, ecc.. per realizzare un sistema di ispezione automatizzato. Con l'uso di sensori multi-elemento la velocità di ispezione può essere incrementata notevolmente.

Molti sistemi si basano sull'uso di un valore configurabile di soglia per una rilevazione della corrosione in real time. Molti sistemi avanzati si basano sull'uso di computer con processo del segnale in modo da fornire mappe di corrosione dell'area ispezionata simile alla presentazione dei dati ultrasonici.

Il floorscanning è il metodo standard per la ricerca della corrosione a pitting sui fondi dei serbatoi, in particolare per la corrosione lato terreno, la più insidiosa dal punto di vista di eventuali perdite. Il fondo del serbatoio è ispezionato usando un floor scanner per individuare le zone con difetti ed è in genere successivamente seguito da ispezioni ad ultrasuoni per caratterizzare ogni difetto eventualmente rilevato.

1.2.11 ACFM: Alternating Current Field Measurements

Questa tecnologia si basa sulla misura di un campo elettromagnetico associato ad una corrente alternata.

La tecnica non richiede un contatto elettrico con la superficie da ispezionare e può pertanto essere usata per l'ispezione di superfici metalliche protette da vernici o lining, senza la necessità di rimuoverle.

La tecnologia lavora inducendo una corrente elettrica uniforme nel componente; la presenza di difetti disturba questo campo uniforme e misure dei campi magnetici associati, paralleli al difetto e perpendicolari alla superficie permettono la rilevazione del difetto ed anche il suo dimensionamento con l'utilizzo di speciali sensori, strumenti e software.

La tecnologia può essere utilizzata anche come valida alternativa alle tecnologie di controllo delle saldature (magnetoscopia e liquidi penetranti).

1.2.12 Affidabilità delle tecnologie ispettive

La *performance* di un'ispezione può essere definita come la capacità di una tecnologia dei controlli non distruttivi (NDT = non destructive testing) di rilevare, misurare e determinare il tipo di un difetto in un dato componente.

L'*affidabilità di un'ispezione* è una misura statistica della variabilità nella performance ispettiva in molte applicazioni della tecnica. La performance e l'affidabilità di una tecnologia ispettiva vengono spesso espresse in termini di *Probabilità di Rilevazione (POD)*.

In pratica la probabilità di rilevazione è influenzata da molti fattori. L'utilizzo di più tecniche complementari incrementa la Probabilità di Rilevazione complessiva.

Quando si considera una singola tecnologia NDT, i fattori che influenzano la Probabilità di Rilevazione sono:

- Fattori tecnici: l'intrinseca capacità di rilevazione della tecnologia/procedura adottata ed il numero delle misure effettuate.
- Fattori legati al componente in esame: la geometria del componente, le condizioni della superficie, il tipo di materiale, la struttura e lo spessore, l'accessibilità per le ispezioni.
- Fattori legati ai difetti: tipo di difetto, dimensioni, posizione ed orientamento.
- Fattori umani: competenza dell'ispettore, l'ambiente ed i vincoli temporali.

L'affidabilità delle ispezioni è inoltre influenzata da *errori sistematici* (insiti nella natura della tecnica) e casuali delle misure e da possibili errori umani; la scelta di tecniche automatizzate o semi automatiche riduce questi ultimi errori.

Inoltre devono essere favorite tecniche automatizzate e informatizzate che favoriscono una registrazione permanente dei dati, perché possono essere utilizzate da più operatori e se comparate tra loro possono dare indicazioni sulla velocità di evoluzione del degrado del componente ispezionato.

In termini di affidabilità è anche importante la continuità dei dati ispettivi ed è perciò necessario prestare attenzione a come le misure ispettive vengono registrate e conservate; i risultati ispettivi devono essere compatibili e comparabili con quelli delle precedenti ispezioni; pertanto *di ogni difetto è importante registrare l'esatta posizione e dimensione*.