



ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA

Corso di formazione Aziendale per

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

# CORSO ISPEZIONE E MANUTENZIONE SERBATOI ATMOSFERICI PER STOCCAGGIO PRODOTTI PETROLIFERI

- ISPEZIONE SERBATOI ATMOSFERICI
- DANNEGGIAMENTI RICONTRABILI
- BACINO-COMPONENTI INTERNI BACINO-FONDAZIONI-ANELLO ESTERNO FONDO-FONDO-ACCESSORI FONDO

### Parti costituenti i serbatoi oggetto di ispezione

- Bacino di contenimento
- Tubazioni di processo e altri accessori interni al bacino di contenimento passerelle, scalette, etc)
- Fondazione
- Fondo del serbatoio (anello esterno, trincarino interno (ove esistente), parte centrale)
- Accessori del fondo (pozzetto di drenaggio e relativa tubazione, serpentino di riscaldamento, protezione catodica, etc)
- Mantello (virole, anello di irrigidimento, anello di coronamento, etc)
- Accessori del mantello (passi d'uomo e altre connessioni, scala elicoidale, scala alla marinara, passerella di coronamento, messa a terra, sistemi di rilevazione livello serbatoio (stadia o altro))
- Tetto fisso (lamiere di copertura, capriate, colonne)
- Tetto galleggiante (telo centrale, cassoni di galleggiamento)
- Accessori del tetto (passi d'uomo, prese campione, valvole sfiato, scala basculante, tubazione di drenaggio e relativo pozzetto, puntoni di sostegno, tubo guida, tubo di calma, virolina paraschiuma, guarnizione di tenuta, etc)
- Sistema antincendio (tubazioni, ugelli raffreddamento, scudi e schermi, versatori schiuma, etc)

# MECCANISMI DI DANNEGGIAMENTO IN UN SERBATOIO

## CORROSIONE

- interna
- esterna
- sottocoibente (CUI)

## ALTRI MECCANISMI NON LEGATI ALLA CORROSIONE

- Cedimenti del mantello o del fondo per assestamento del serbatoio
- Deformazione del mantello o del tetto
- rottura di saldature

## DANNEGGIAMENTI STRUTTURALI O PERDITA DI FUNZIONALITÀ DEGLI ACCESSORI

- antincendio
- messe a terra
- organi di ventilazione
- sistemi di drenaggio

# Tipologia di danneggiamenti

## Tipologia bacini di contenimento



Bacino in c.a.



bacino in  
terrapieno



Bacino misto

### Bacini di contenimento

### Danneggiamenti riscontrabili

#### bacini in ca

- sgretolamenti strati superficiali
- ferri armatura scoperti
- assenza o danneggiamento giunti dilatazione

#### bacini in terrapieno

- vegetazione incolta

#### altri danneggiamenti

- allagamenti bacino (voluti o casuali) con conseguente corrosione delle strutture di appoggio
- precaria funzionalità dei pozzetti di drenaggio
- accessi al bacino (scalette in acciaio o in ca), passerelle: stato della verniciatura, corrosioni/rotture, stato della percorribilità, etc)

## Tipologia di danneggiamenti

### Bacini di contenimento

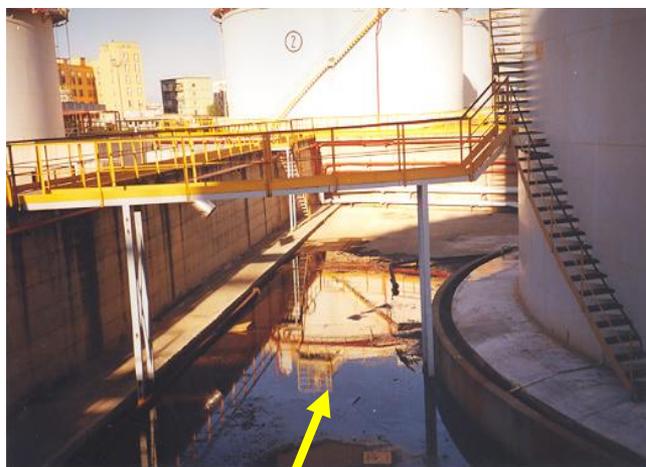
### Esempi di danneggiamenti riscontrabili



**Ferri scoperti**



**Vegetazione incolta**



**Allagamento bacino**

**Corrosione  
appoggi per  
ristagno acqua in  
bacino**



## Tipologia di danneggiamenti

### Tubazioni all'interno del bacino

#### Danneggiamenti riscontrabili

Danneggiamenti della protezione (verniciatura, zincatura, coibentazione, etc)

Ossidazioni e corrosioni sulle tubazioni

Stato dei supporti (corrosione tubo in zona appoggio, disallineamenti, etc)

trafilamenti di prodotto

stato degli accoppiamenti flangiati (serraggio bulloni, guarnizioni di tenuta, etc)

stato degli attraversamenti bacino (presenza e condizioni della fasciatura, linee incamiciate, etc)

# Tipologia di danneggiamenti

## Tubazioni all'interno del bacino

### Esempi di danneggiamenti riscontrabili



**Verniciatur  
a distaccata**

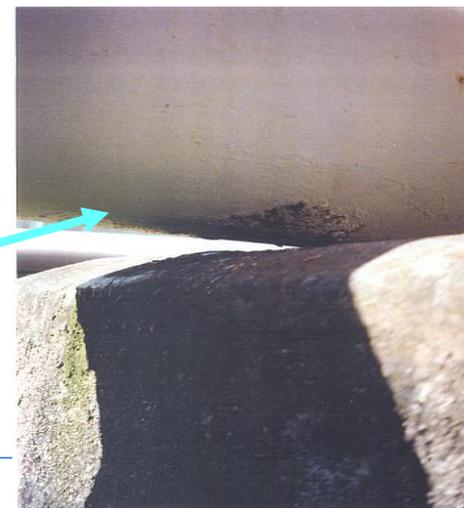


**Foratura**

**Corrosione in zona  
supporto**



**Corrosione  
in zona  
appoggio**



# Tipologia di danneggiamenti

## Tubazioni all'interno del bacino

### Esempi di danneggiamenti riscontrabili



Trafilamento da stacco



Attraversamenti incamiciati

Attraversamenti muro in c.a.



Attraversamento terrapieno



### Fondazioni

Il terreno su cui poggia il serbatoio deve essere in grado di :

a) sostenere il peso del serbatoio

b) consentire l'assestamento del serbatoio senza determinare sovrasollecitazioni sulle connessioni, deformazioni locali o causare l'infossamento del serbatoio al di sotto del livello del terreno circostante

Qualora la tipologia del terreno non sia in grado di soddisfare tali requisiti, è necessario prevedere un rinforzo tramite differenti soluzioni, via via più efficaci:

a) compattamento del terreno previo drenaggio dell'acqua presente

b) inserimento di tipo di terreno più compattato

c) iniezione di cemento o di altri additivi

d) impiego di pali di fondazione

e) inserimento di piastra in c.a.

## Tipologia fondazioni

### Basamento tradizionale

Su terreno o roccia naturale, con o senza interposizione di materiale drenante (pietrisco, sabbia e ghiaia-ottimale se impiego di sabbia oleosa o sabbia bitumata permeabile)

La superficie esterna viene protetta con manto bituminoso (50 mm)

Altezza tipica del panettone: 300 mm

Pendenza: iniziale 1/20, finale 15/10

### Anello in c.a.

Di solito per serbatoi di diametro limitato (in considerazione dei costi), con rapporto altezza/diametro elevato (rischio vento e terremoto)

#### Vantaggi

- migliore distribuzione dei carichi concentrati del mantello (rischi quasi nulli di cedimenti localizzati, ottima soluzione per TG)
- il serbatoio è rialzato da terra: minor rischio di infiltrazione di acqua

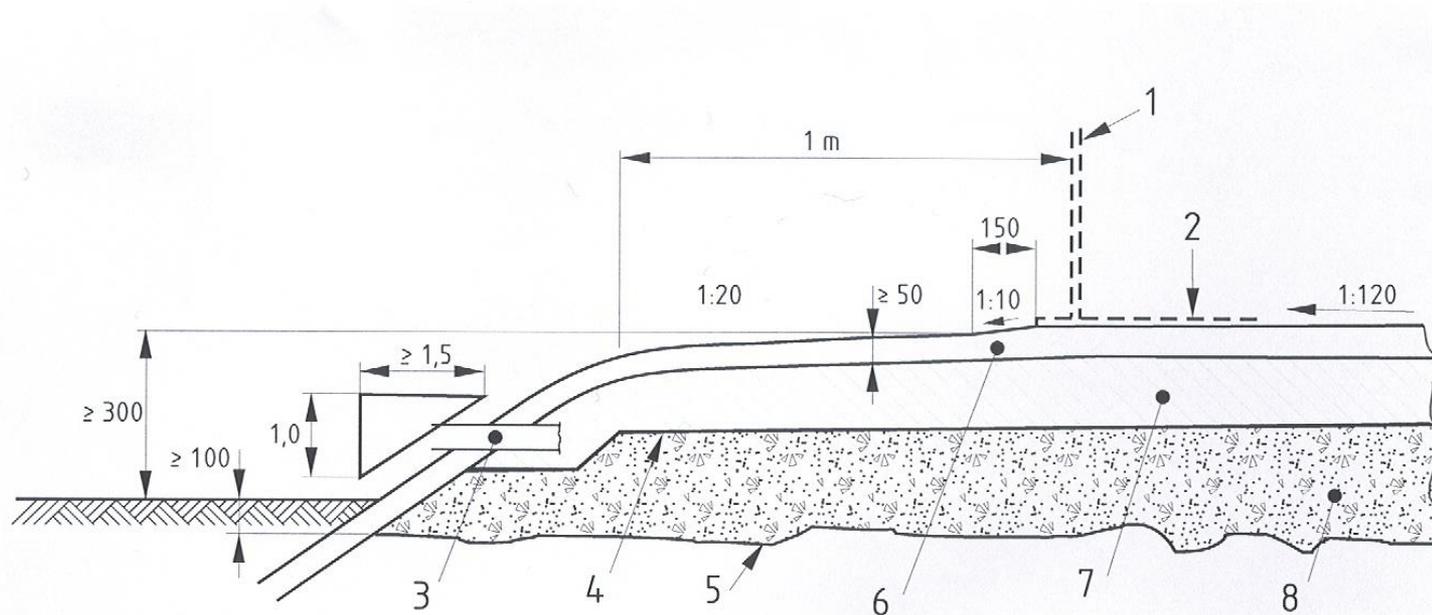
### Basamento in c.a.

Soluzione molto costosa (applicabile per diametri piccoli, fino a circa 10 m)

Talvolta su palificazione

## Tipologia fondazioni

### Basamento tradizionale



Key

1	Tank shell	3	Drain pipe	5	Geotextile	7	Compacted sand
2	Tank bottom	4	Membrane	6	Bitumen sand mix	8	Compacted crushed rock

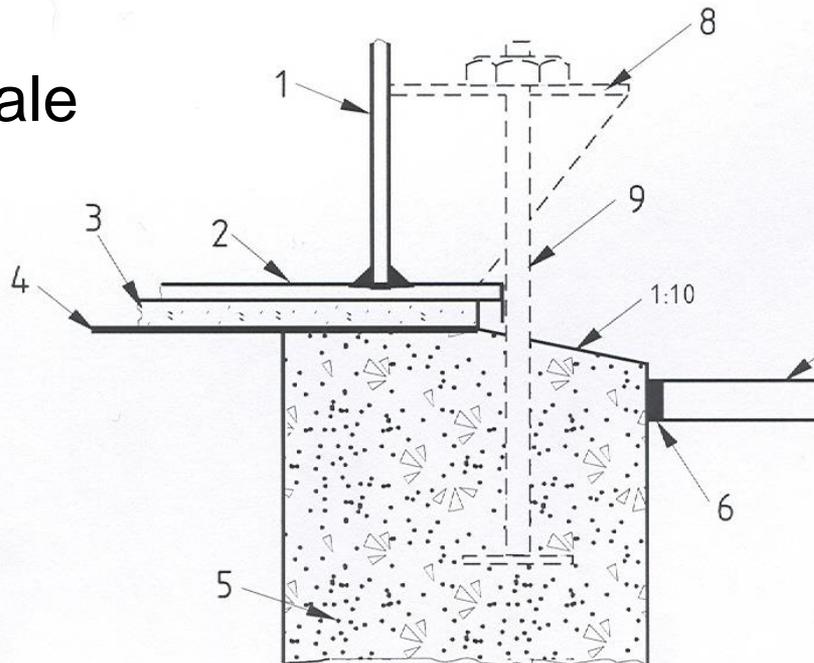
Figure I.1 — Typical tank pad foundation

# Tipologia di danneggiamenti

## Tipologia fondazioni

Anello in c.a.

Basamento tradizionale



### Key

1	Tank shell	4	Membrane
2	Tank bottom	5	Foundation ring
3	50 mm sand/bitumen	6	Auxiliary seal

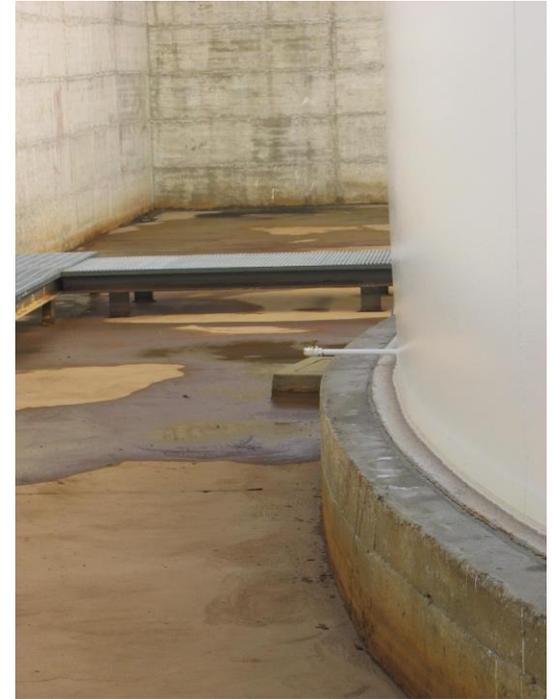
Figure I.2 — Typical concrete ring beam foundation

# Tipologia di danneggiamenti

## Tipologie di fondazioni



Fondazione in terrapieno con manto bituminoso



Anello in c.a.



Fondazione a più strati

Fondazione in cemento a spiovente



# Tipologia di danneggiamenti

## Fondazioni

### Esempi di danneggiamenti riscontrabili



**Sgretolamento  
manto  
bituminoso**



**Vegetazione  
al bordo  
fondazione**

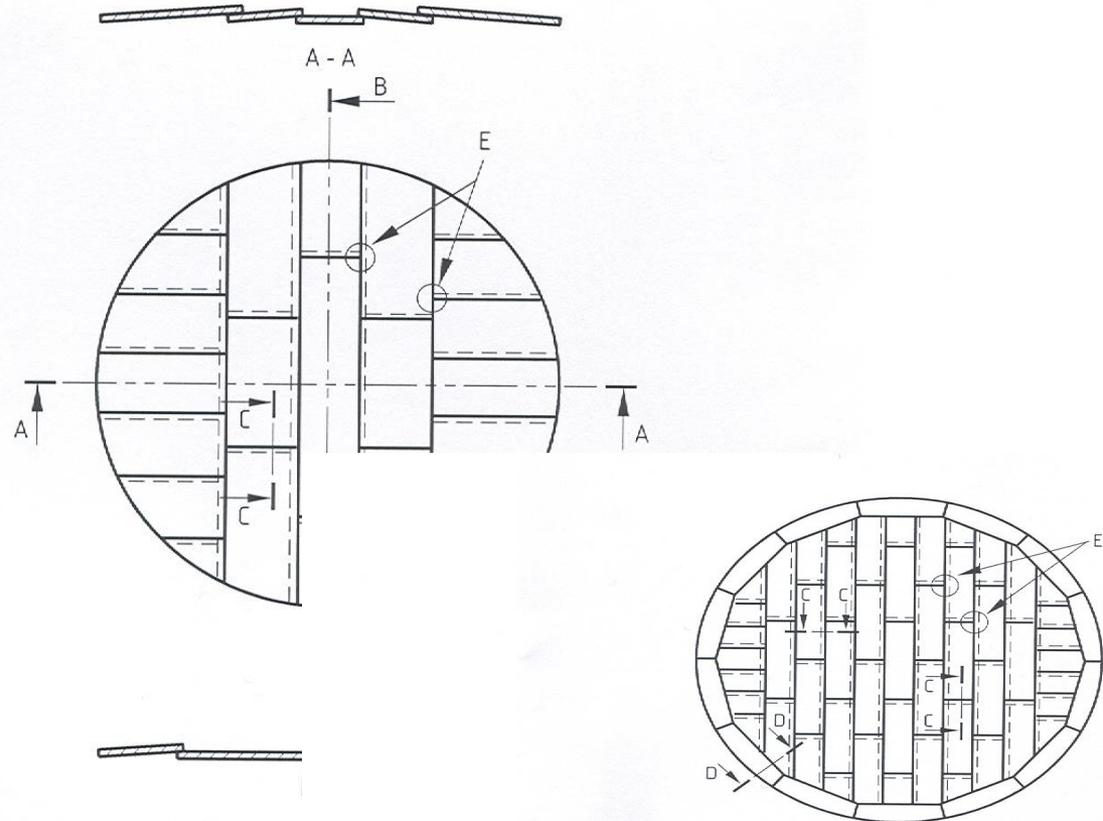


**Solco nel  
manto  
cementizio**



**Crepa nel  
manto  
cementizio**

## Fondo

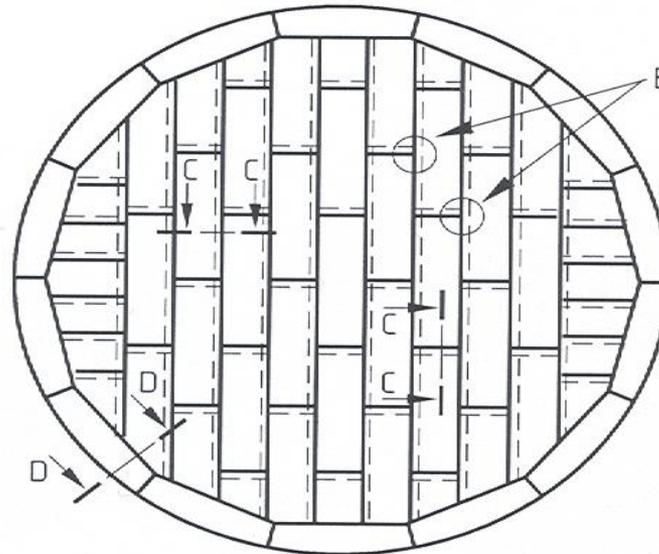


a) with bottom plates at the perimeter

b) with annular plates at the perimeter

Figure 3 — Typical bottom layouts of tanks (continued)

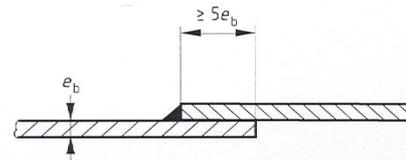
## Fondo



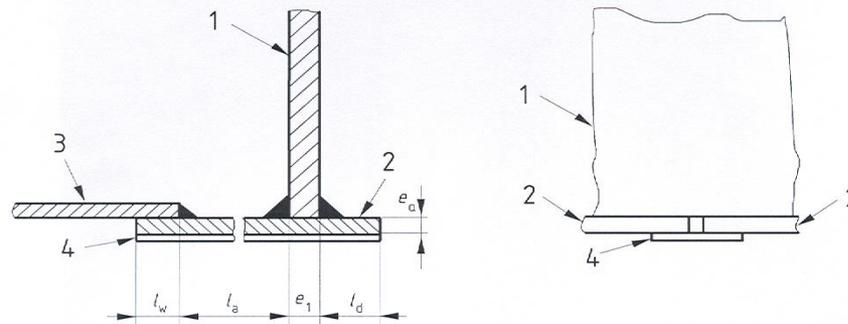
b) with annular plates at the perimeter

Figure 3 — Typical bottom layouts of tanks (continued)

## FONDO: Spessori minimi di costruzione



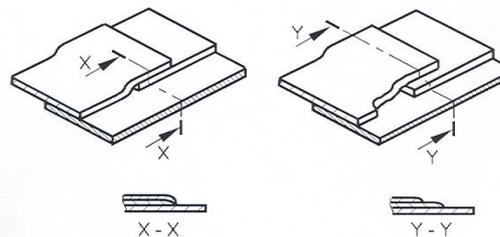
c) Section C-C, Overlap of bottom plates



**Key**

- 1. Shell plate
- 2. Annular plate
- 3. Bottom plate
- 4. Backing strip

d) Section D-D, Annular plates



e) View E, Typical cross joints in bottom plates where three thicknesses coincide

## Tipologia di danneggiamenti

### FONDO:

### Spessori minimi di costruzione

- **Lamiere fondo:**

- 6,35 mm (larghezza lamiera 1800 mm)
- Proiezione esterna minima 25 mm (se non è previsto trincarino)

- **Anello periferico di trincarino:**

- Obbligatorio per serbatoi per i quali la sollecitazione massima sulla 1° viola è superiore a 160 MPA (in esercizio), a 172 MPA (collaudo idraulico)
- Spessore minimo trincarino : vedere tabella
- Larghezza minima anello interno (distanza tra superficie interna mantello e saldature telo centrale): 600 mm
- Larghezza minima anello esterno: 50 mm

SPESSORE 1° VIOLA t (mm)	SOLLECITAZIONE MINIMA SU 1° VIOLA (MPA)			
	< 190	< 210	< 230	< 250
t ≤ 19	6,0	6,0	7,0	9,0
19 < t ≤ 25	6,0	7,0	10,0	11,0
25 < t ≤ 32	6,0	9,0	12,0	14,0
32 < t ≤ 38	8,0	11,0	14,0	17,0
38 < t ≤ 45	9,0	13,0	16,0	19,0

## FONDO:

### Spessori minimi di costruzione

#### REQUISITI UNI EN 14015

- **Lamiere fondo:**
  - 6,0 mm (saldature a sovrapposizione), 5,0 mm (saldature testa a testa) (per fondi in acciaio inossidabile, rispettivamente, 5,0 mm e 3,0 mm)
  - Proiezione esterna minima 25 mm (se non è previsto trincarino)
- **Anello periferico di trincarino:**
  - Obbligatorio per serbatoi di diametro  $D > 12,5$  m
  - Spessore minimo trincarino  $ea$ :  $3,0 + \text{spessore } 1^\circ \text{ virola} / 3$ , minimo 6,0 mm (ad esclusione sovrasspessore di corrosione)
  - Larghezza minima anello interno  $la$  (distanza tra lamiera telo centrale e superficie interna mantello): maggiore di  $240 / \sqrt{H} \times ea$ , ( $H =$  massima altezza di riempimento), minimo 500 mm
  - Larghezza anello esterno  $ld$  (distanza tra bordo esterno anello e superficie esterna mantello): 50 mm minimo, 100 mm massimo
  - Distanza minima tra saldature verticali  $1^\circ$  virola mantello e saldature unione settori trincarino: 10 volte lo spessore della  $1^\circ$  virola

### Fondo

### Pendenza

#### Fondo a monta convessa (CONE-UP)

##### Pozzetto/i di drenaggio in periferia del serbatoio

Soluzione più comune anche se la capacità di drenaggio dell'acqua è inferiore Assorbe meglio i cedimenti differenziali del fondo (minori rischi di deformazione lamiera)  
Minor facilità di innesco di corrosioni lato fondazione

#### Fondo a monta concava (CONE-DOWN)

##### Pozzetto di drenaggio al centro del serbatoio

Soluzione preferibile quando il serbatoio è adibito allo stoccaggio di prodotti finiti, dove si richiede che l'acqua sia drenata rapidamente  
Assorbe meno i cedimenti differenziali del fondo  
Maggiore facilità di innesco di corrosioni lato fondazione, in quanto in periferia è più facile la presenza di un meato tra fondo e fondazione dove l'umidità può permeare  
Soluzione non valida nel caso di serbatoi che stoccano prodotti a temperatura elevata (favorita la corrosione lato fondazione)

Pendenza tipica prevista a progetto  
1:120 (API 650) – 1:100 (EN 14015)

## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

### Danneggiamenti riscontrabili

#### DANNEGGIAMENTI TIPICI

corrosione anello

deformazioni anello

#### CAUSE

Formazione di canalette a seguito assestamenti della fondazione

Assenza o danneggiamenti sigillatura

presenza di vegetazione al bordo anello

#### ALTRO

presenza di zeppe

## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

### Danneggiamenti riscontrabili

### formazione di canalette per cedimenti fondazione



## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo Danneggiamenti riscontrabili sigillatura fondazione-fondo



**Formazione vegetazione per  
rottura sigillatura**



**Materiale  
sigillatura  
inadeguato**

**Ossidazioni al  
bordo  
scossalina**



## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

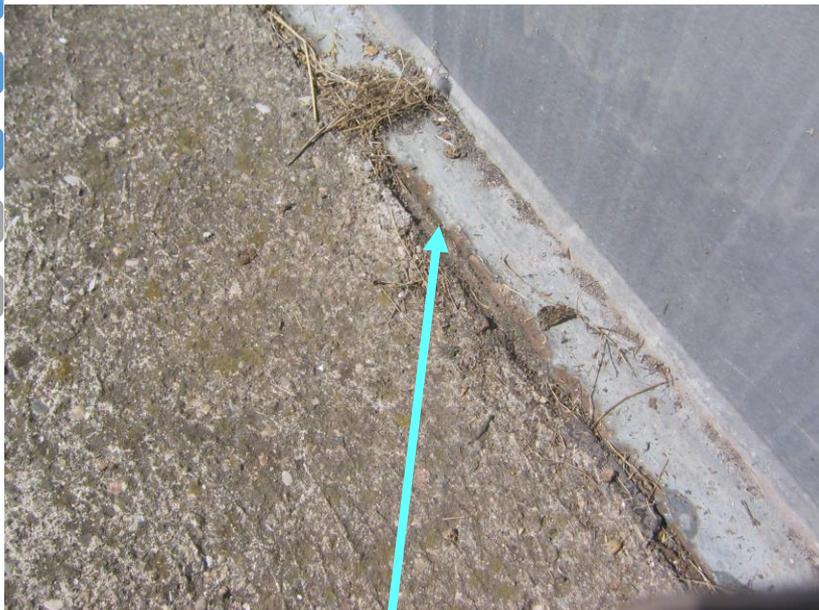
### Danneggiamenti riscontrabili vegetazione al bordo dell'anello esterno



## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

### Danneggiamenti riscontrabili corrosione anello esterno



**Ossidazione al bordo anello**

### Sfogliatura completa del bordo anello



## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

### Danneggiamenti riscontrabili corrosione anello esterno



**Corrosione generalizzata  
anello**

**Corrosione anello e parte  
inferiore mantello**



## Tipologia di danneggiamenti

### Anello esterno del fondo

### Danneggiamenti riscontrabili

### presenza di zeppe



**Zeppa  
ossidata**



**Zeppa  
inglobata**



**tondini**

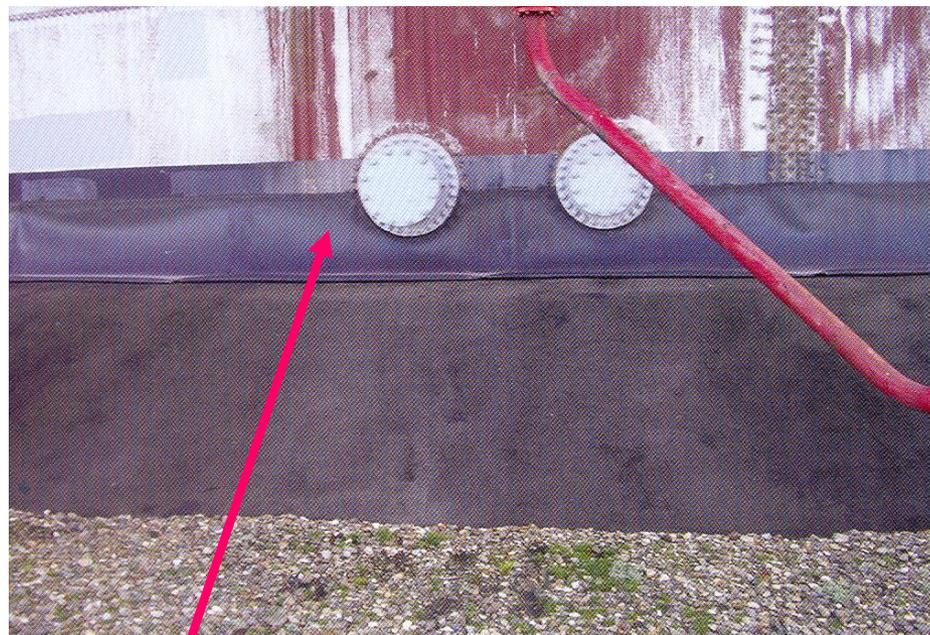
# Tipologia di danneggiamenti

## Anello esterno del fondo

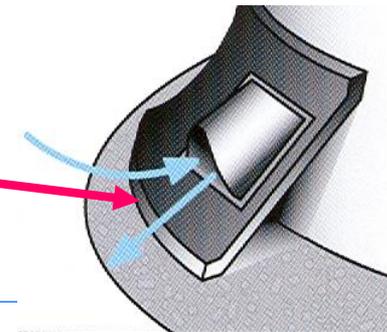
## Metodi per proteggere anello esterno



scossalina



Nuova tipologia  
scossalina



## Anello Esterno

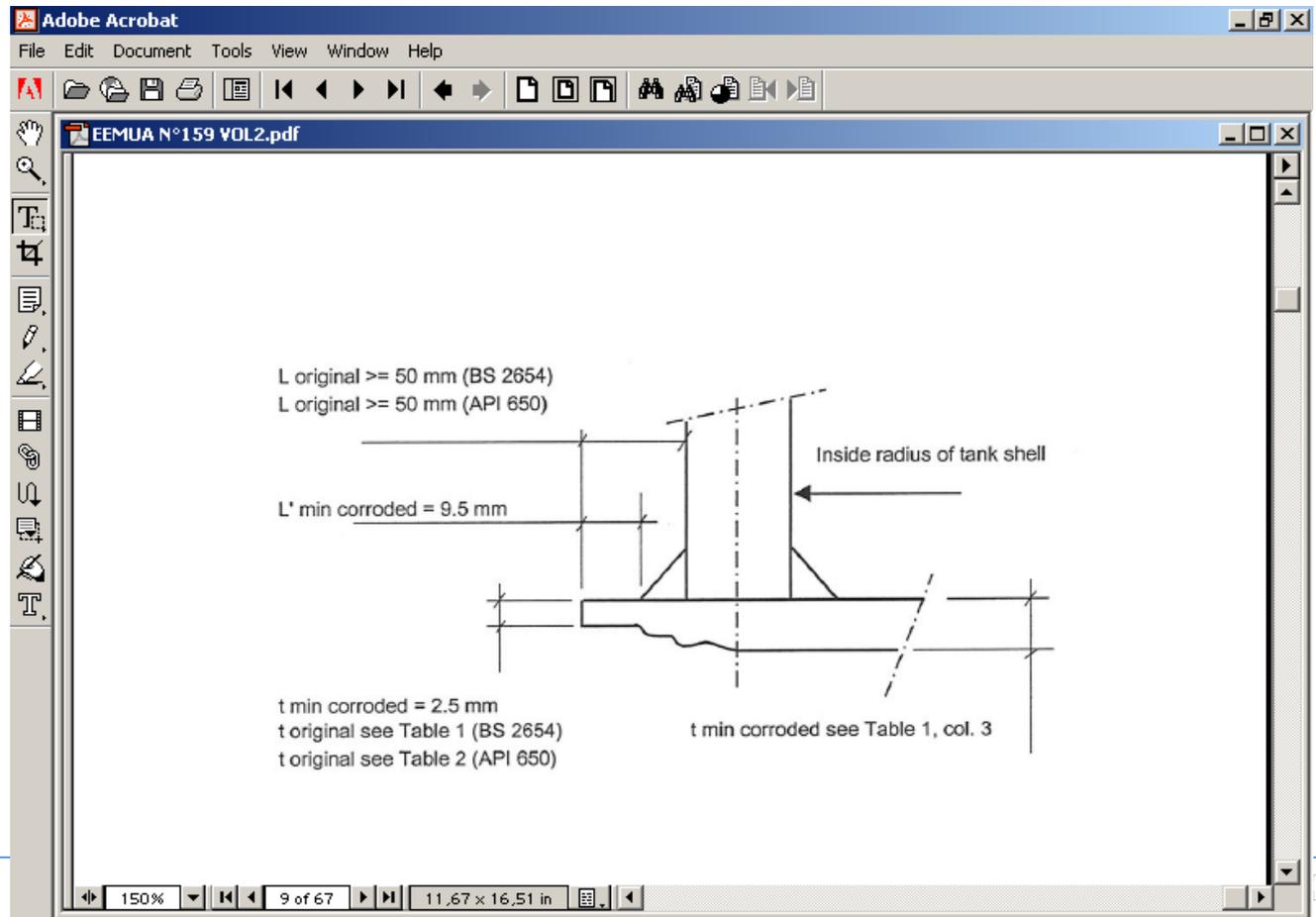
### CRITERI DI ACCETTABILITA' API 653 PUNTO 4.4.5.7

#### LARGHEZZA

Originale tipico 50 mm (2")  
richiesto: 9,5 mm (3/8")  
da bordo saldatura

#### SPESSORE

Minimo richiesto: 2,5 mm (0,1")  
al bordo saldatura



## Fondo

### Corrosione interna (lato prodotto)

#### CAUSE

#### 1) presenza di sostanze aggressive o contaminanti nel prodotto stoccato

Presenza di sali acidi, idrogeno solforato, etc

Ad esempio, nei serbatoi adibiti allo stoccaggio di greggio si verifica una corrosione selettiva che interessa in particolare le saldature di unione lamiera, gli attacchi al fondo dei pozzetti di drenaggio, etc)

#### 2) ingresso e accumulo di acqua nel serbatoio

Originale nel prodotto stoccato, dovuta a condensazione vapori o infiltratasi attraverso la guarnizione di tenuta (serbatoi TG)

#### 3) presenza di batteri (MIC Microbiologically Induced Corrosion)

Batteri presenti nel prodotto immesso nel serbatoio, più facilmente nell'acqua in esso contenuta. La crescita dei batteri può avvenire in punti localizzati del fondo anche in assenza di ossigeno libero ma per innescare questo tipo di corrosione sono necessarie particolari condizioni ambientali (PH, temperatura, presenza di elementi nutrienti, etc); più accentuato in zone di ristagno (tratti morti)

Meccanismo di corrosione ancora non ben conosciuto

Rateo di corrosione molto più elevato rispetto ad altri meccanismi (problemi nel caso che la periodicità delle ispezioni sia basata sui meccanismi di corrosione tradizionali)

Rimedi: uso di battericidi, analisi chimica dei prodotti (in particolare acqua), verniciatura

## Fondo

### Corrosione interna (lato prodotto)

#### Tipologia di corrosione

##### 1) corrosione generalizzata (a chiazze)

in aree dove ristagna l'acqua

- su fondi a monta convessa (cone up), in periferia
- su fondi a monta concava (cone down), al centro
- in presenza di ostacoli sul fondo (ad esempio, piastre appoggio puntoni tetto, supporti tubazioni, etc)
- in presenza di avvallamenti sul fondo

##### 2) Corrosione localizzata/pitting

- presenza di sali acidi , di idrogeno solforato (riduce PH)
- presenza di batteri che favoriscono la formazione di idrogeno solforato nel prodotto (riducono i solfati)
- concentrazione localizzata di ossigeno sotto depositi/fondami

##### 3) corrosione selettiva

- interessa principalmente il bordo delle saldature (ZTA)

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

### Condizioni generali di ispezione



**Fondo non  
verniciato,  
ossidazione  
generalizzata**



**Fondo verniciato,  
con protezione in  
buone condizioni**



**Fondo con  
pezze saldate**

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

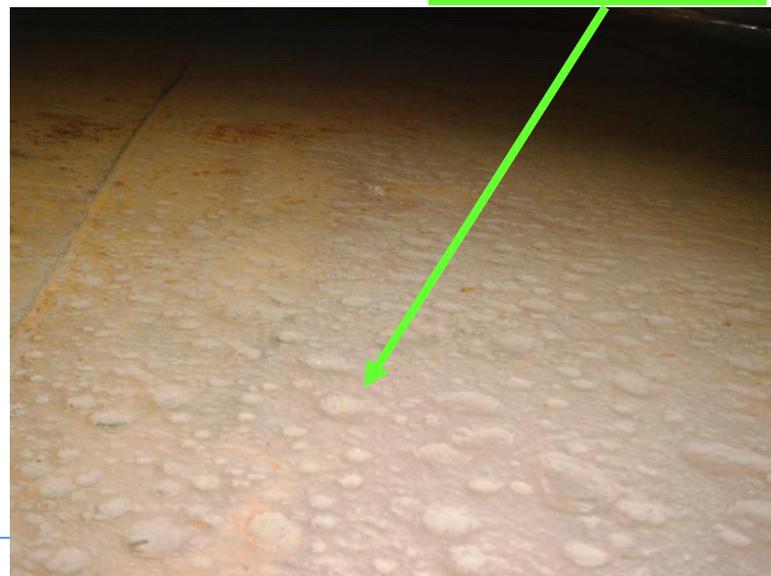
### Corrosione superficie fondo lato prodotto



Ossidazione  
generalizzata

Corrosione  
generalizzata  
attiva

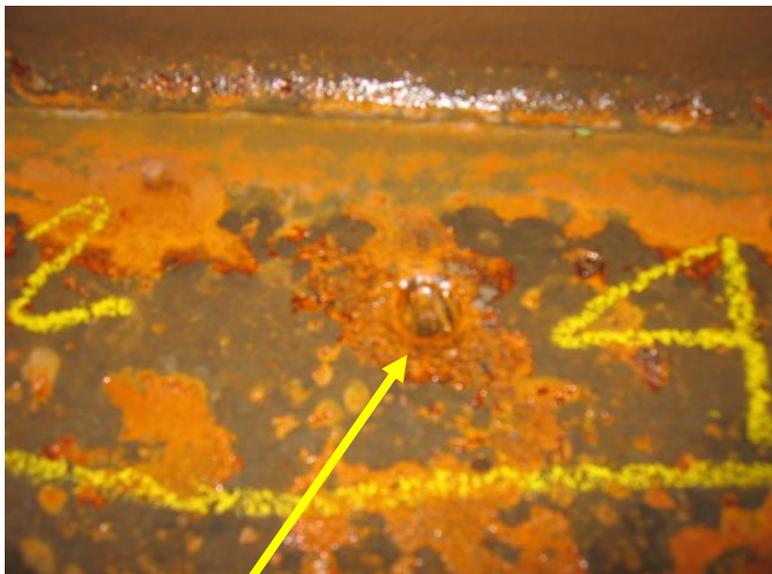
Corrosione  
generalizzata  
passiva



# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

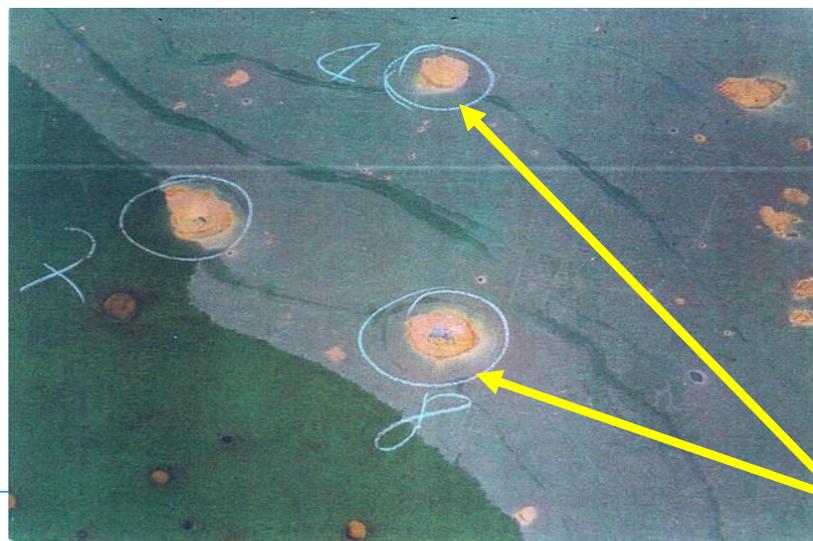
### Corrosione superficie fondo lato prodotto



**Corrosione localizzata su superfici ossidate**



**Corrosioni localizzate su superfici sabbiolate**

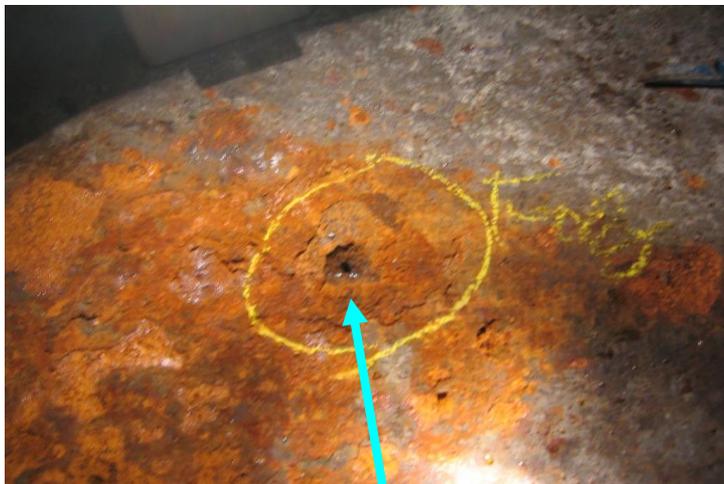


**Corrosioni localizzate su superfici verniciate**

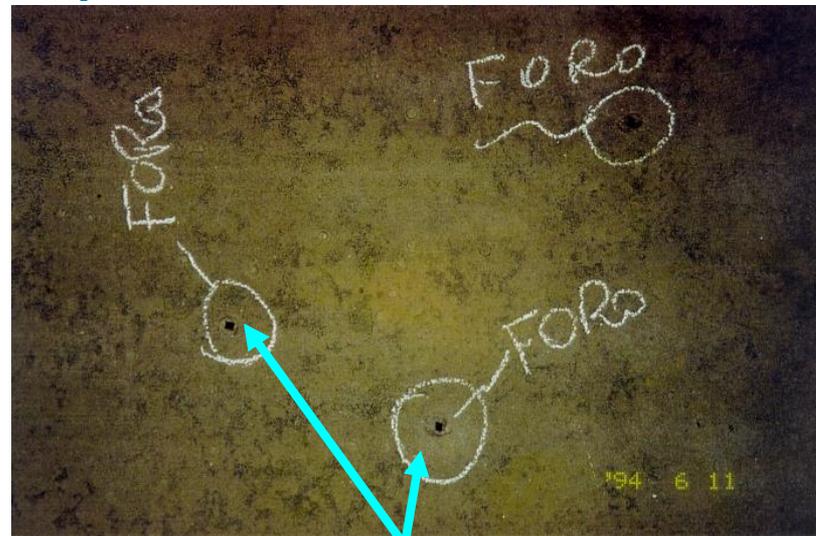
# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

### Corrosioni passanti su superficie fondo lato prodotto



**Corrosione passante su superficie ossidata**



**Corrosioni passanti su superficie sabbiata**



**Corrosione passante vicino pozzetto**



**Corrosione passante su superficie verniciata**

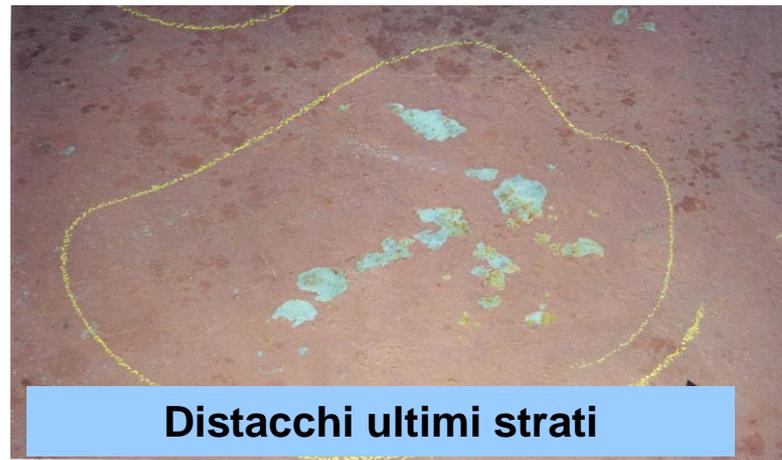
# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

### Danneggiamento verniciatura



**Verniciatura nuova**



**Distacchi ultimi strati**



**Bolle con distacchi**



**Bolle con distacchi**

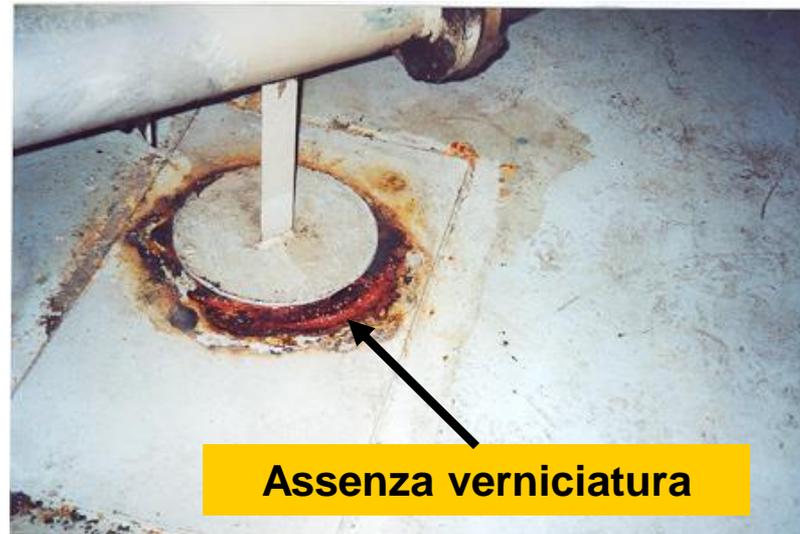
# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

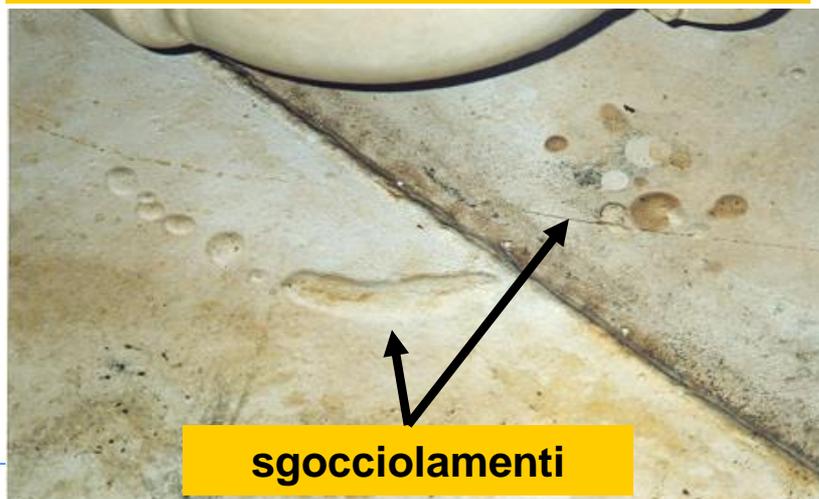
### Danneggiamento verniciatura



**Distacchi diffusi con corrosione**



**Assenza verniciatura**



**sgocciolamenti**



**Riporti in resina**

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

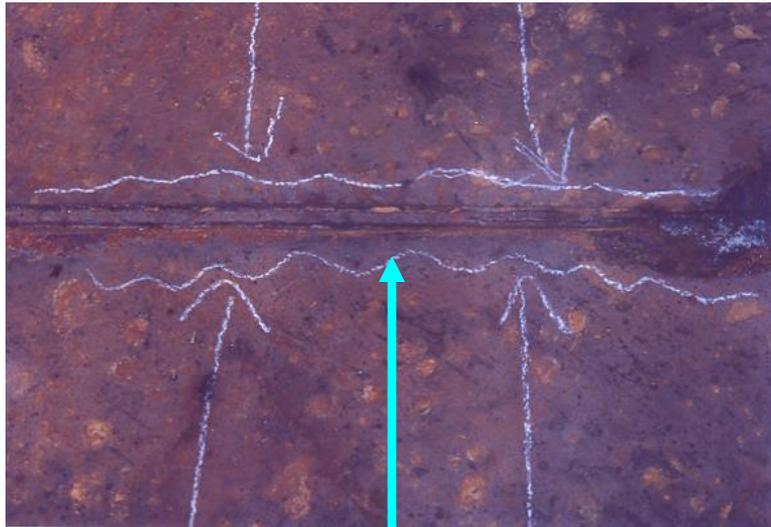
### Saldature fondo



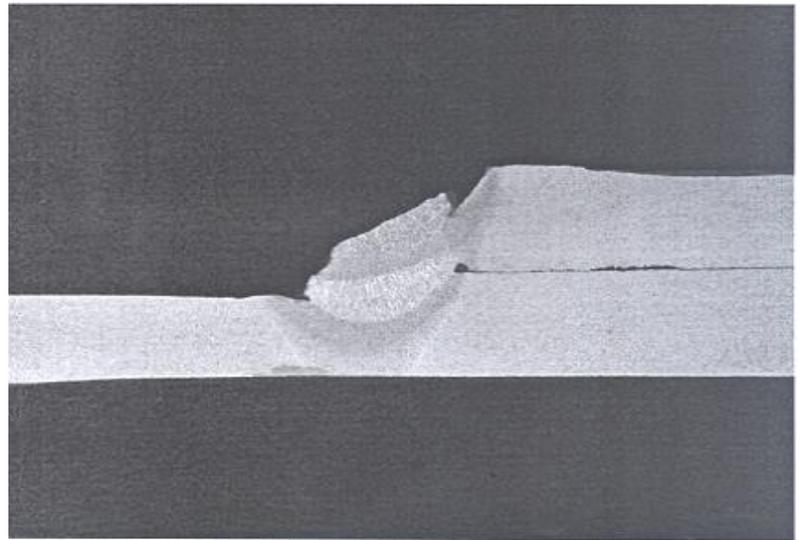
**Trafilamenti da incrocio saldature**



**Trafilamenti da pezza saldata**



**Corrosione a canaletta**



**Sezione macrografica corrosione a canaletta**

## Tipologia di danneggiamenti

### Fondo

### Corrosione interna lato prodotto

### Fattori da prendere in considerazione

Fonti: EEMUA 159-API 581

- Presenza di acqua nel prodotto stoccato
- Temperatura del prodotto stoccato: al di sopra di 75°-80°C aumenta il rischio corrosione
- Presenza di serpentine vapore: l'eventuale perdita di vapore è negativa
- Frequenza dei drenaggi: una elevata frequenza (ad esempio, settimanale o ad ogni carico, riduce la presenza di acqua e quindi il rischio corrosione
- Presenza verniciatura e sue condizioni (mediamente, si considera una efficienza di 10 anni, in condizioni ottimali 15 anni)
- Presenza di liner in fibre di vetro

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

## Corrosione interna lato prodotto

## Ratei di corrosione tipici

Stored Product	Tank						
	Bottom	Shell		Roof			
	Plates <sup>1</sup>	Liquid Exposed Area	Vapour Space Area <sup>2</sup>	Fixed roof		Floating roof	
			Plates	Supporting Structure	Plates	Pontoon/Rim Area	
<b>Crude</b>							
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
<b>Intermediate Feed</b>							
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)
<b>Fuel oil</b>							
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	–	–
<b>Mogas</b>							
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
<b>Slops and aggressive Products</b>							
	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
<b>Chemicals</b>							
<i>Acids with pH &lt; 5<sup>3</sup></i>							
<i>Neutral liquids 5 &lt; pH &lt; 8</i>							
Acetone, Acrylate,	0.1–0.3	0.05–0.25	0.1–0.3	0.1–0.3	0.1–0.3		
Alcohol, Methanol,	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		
<i>Caustic products pH &gt; 8</i>							
	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

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

<sup>1</sup> No bottom coating or internal lining applied.

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

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

Estratto da  
EEMUA 159

## Tipologia di danneggiamenti

### Fondo

#### Corrosione esterna lato fondazione

#### Fattori da prendere in considerazione

Fonti: EEMUA 159-API 581

- Condizioni drenaggio esterno (quantità di acqua che si può raccogliere nell'intorno del trincarino)
- Vicinanza con sorgenti elettriche (ad esempio, ferrovia, sottostazioni elettriche)
- Presenza protezione catodica (conforme o non conforme a API 651)
- Presenza di barriera protettiva (liner o altro)
- Lamiere la cui superficie presenta scaglie di ossido
- Temperatura prodotto stoccato. Temperature elevate favoriscono l'introduzione di umidità da esterno; inoltre, la differenza di temperatura tra interno e esterno induce la formazione di pitting per differenza di potenziale (in particolare, al centro del serbatoio)

## Tipologia di danneggiamenti

### Fondo

#### Corrosione esterna lato fondazione

#### Fattori da prendere in considerazione

Fonti: EEMUA 159-API 581

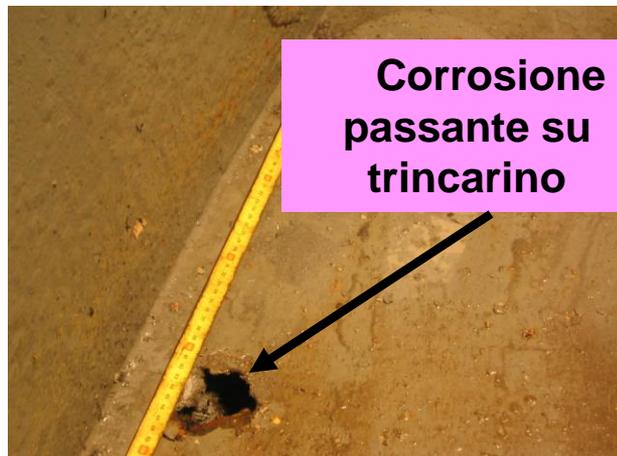
- Resistività elettrica del suolo su cui poggia il serbatoio (valori di resistività (ohm-cm) bassi (inferiori a 1000) indicano un suolo corrosivo o molto corrosivo) (metodo di misura ASTM G57)
- Tipo di fondazione: in ordine decrescente di criticità:
  - a) suolo con alta concentrazione di Sali (ad esempio, sabbia marina)
  - b) pietrisco
  - c) suolo naturale
  - d) sabbia da costruzione
  - e) asfalto continuo
  - f) cemento
  - g) sabbia oleosa
  - h) sabbia ad alta resistività (bassi cloruri)

La presenza di anello in cemento o di base continua in cemento ovviamente riduce il rischio di corrosione

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

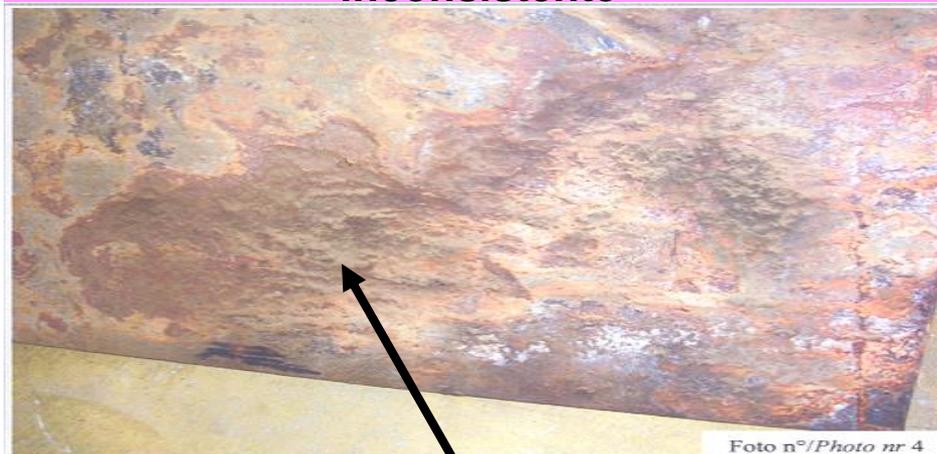
### Corrosioni su superficie fondo lato fondazione



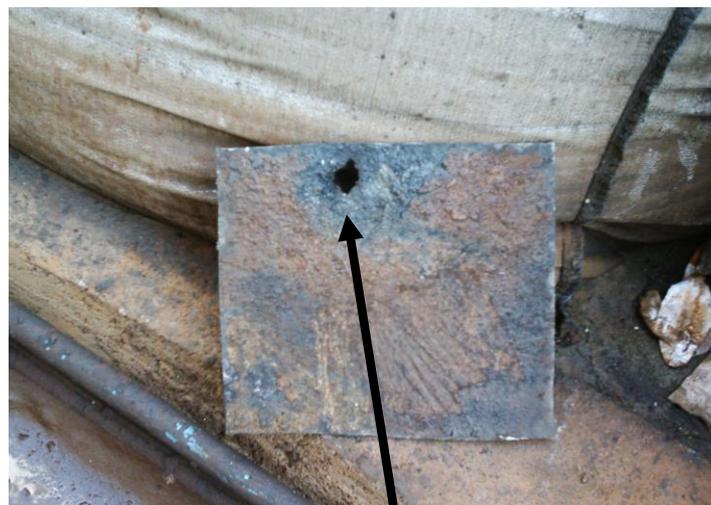
**Corrosione  
passante su  
trincarino**



**Corrosione passante su lamiera  
inconsistente**



Saggio 1 – particolare lato superiore



**Spezzone lamiera con  
corrosione passante**

**Chiazza corrosione**

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

### Piastre appoggio puntoni fondo



**Piastra non saldata in continuo**



**Infiltrazioni su tratti non saldati**



**Infiltrazioni su tratti non saldati**



**Posizione anomala piastra appoggio puntone**

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

### Assenza piastre fondo



**Assenza piastre sotto supporti**



**Assenza piastre sotto supporti  
dreno articolato**

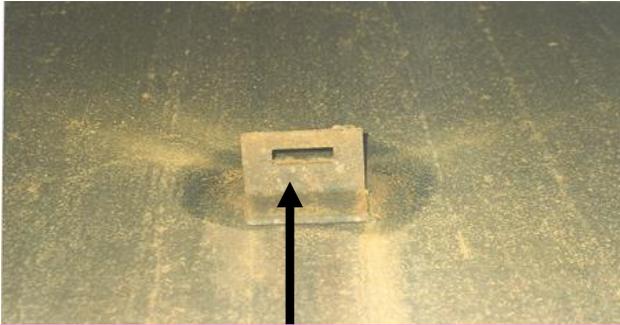


**Assenza piastra sotto asta  
valvola sfiato tetto**

# Tipologia di danneggiamenti

## Fondo

## Altri situazioni



Ristagno prodotto sotto  
residuo

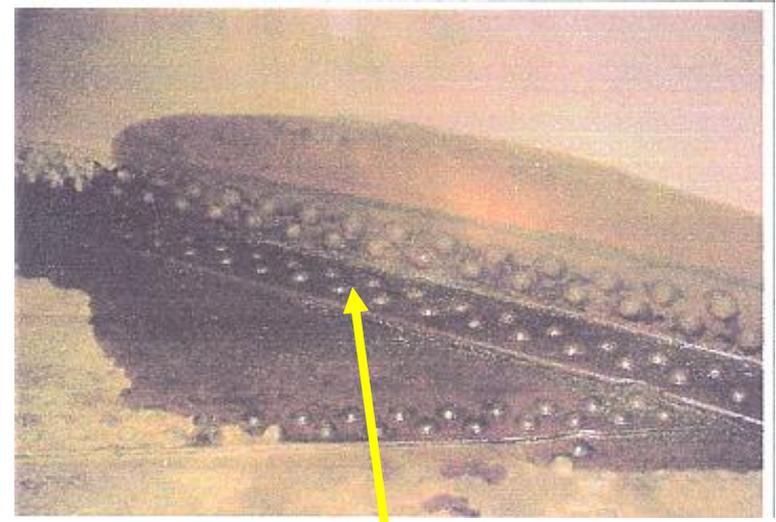


Riporto saldatura su cratere

## FONDI CHIODATI



Ossidazioni su chiodature



Trafilamenti giunti chiodati

# Tipologia di danneggiamenti

## Accessori fondo

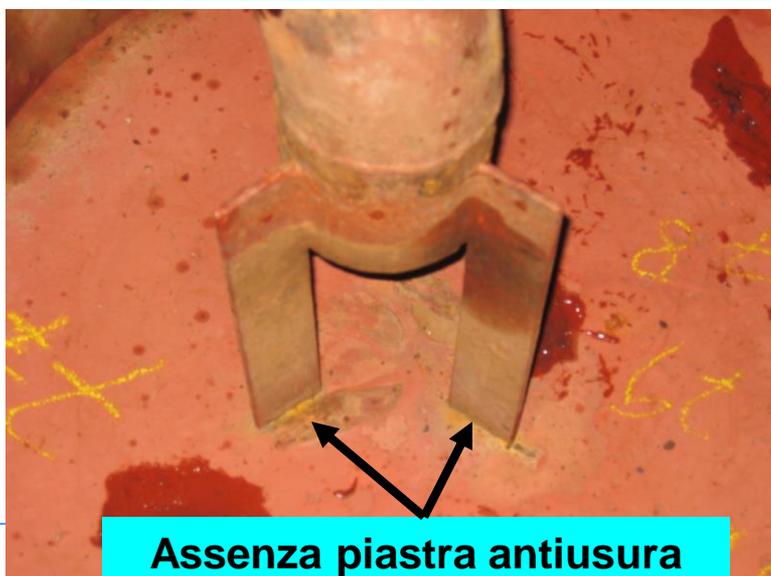
### Pozzetti di drenaggio fondo



**Pozzetto periferico verniciato**



**Pozzetto periferico non verniciato**



**Assenza piastra antiusura**



**Pozzetto periferico verniciato**

# Tipologia di danneggiamenti

## Accessori fondo

### Pozzetti di drenaggio fondo

#### Scarico esterno con tubazione



#### Pozzetto con nicchia



#### Scarico esterno a nicchia



#### Tipico nicchia

## Tipologia di danneggiamenti

### Accessori fondo

### Serpentini-Anodi sacrificali



Tipico serpentini di riscaldamento



Tipico serpentini di riscaldamento

Vernice  
danneggiata



Anodi sacrificali

### FONDO: DETERMINAZIONE SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

- **FONDO**
- **A) per lamiere centrali:**
  - 2,54 mm per serbatoi che non dispongono di sistemi per rilevazione e contenimento perdite
  - 1,27 mm per serbatoi che dispongono di sistemi per rilevazione e contenimento perdite e per serbatoi il cui fondo sia protetto con lining rinforzato di spessore superiore a 1,25 mm applicato secondo API RP 652
- **B) per la zona critica (fascia lamiera o anello periferico di 75 mm a partire da superficie interna mantello):**
  - il minore tra (ma non meno di 2,54 mm):
  - 50% spessore originale fondo in quella zona
  - 50% t min (spessore di calcolo) della 1° virola

## FONDO: DETERMINAZIONE SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

- **TRINCARINO**
- Per serbatoi progettati secondo API 650, non considerando carichi sismici, lo spessore minimo trincarino dovrà risultare maggiore dei valori di seguito riportati.
- I dati presentati valgono qualora non vi siano cedimenti della fondazione; in questo caso, infatti, le sollecitazioni sull'anello risultano localmente maggiori
- A) Per serbatoi con prodotto di peso specifico inferiore a 1,0, non considerando aspetti sismici, lo spessore non dovrà risultare inferiori ai valori di cui alla tabella sottostante (più sovrasspessore corrosione)
- DA TABELLA 4.5 API 653

SPESSORE 1° VIROLA t (mm)	SOLLECITAZIONI SU 1° VIROLA (MPA) $2,34 \times D \times (H-1) / t$			
	< 167	< 190	< 205	< 223
t ≤ 19	4,32	5,08	5,84	7,62
19 < t ≤ 25	4,32	5,59	7,87	9,65
25 < t ≤ 32	4,32	6,60	9,65	12,19
32 < t ≤ 38	5,59	8,64	11,94	14,99
t > 38	6,86	10,16	13,46	17,27

## FONDO: DETERMINAZIONE SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

- **TRINCARINO**
- B) Per serbatoi con prodotto di peso specifico superiore o uguale a 1,0, non considerando aspetti sismici, lo spessore non dovrà risultare inferiori ai valori di cui alla tabella sottostante (più sovrasspessore corrosione)
- DA TABELLA 5.1 API 650

SPESSORE 1° VIROLA t (mm)	SOLLECITAZIONI SU 1° VIROLA (MPA)			
	< 190	< 210	< 230	< 250
t ≤ 19	6,0	6,0	7,0	9,0
19 < t ≤ 25	6,0	7,0	10,0	11,0
25 < t ≤ 32	6,0	9,0	12,0	14,0
32 < t ≤ 38	8,0	11,0	14,0	17,0
38 < t ≤ 45	9,0	13,0	16,0	19,0

Per serbatoi progettati secondo BS 2654: spessore minimo trincarino superiore al 50% dello spessore originale

## Fondazioni

Gli assestamenti del terreno possono provocare:

### A) sul mantello

1. assestamento uniforme (uniform settlement)
2. inclinazione rigida del mantello (planar tilt)
3. assestamenti differenziali (differential settlement – out of plane settlement)

### B) Sul fondo

1. cedimento localizzato sul bordo del fondo (vicino al mantello)
2. cedimento localizzato sul bordo del fondo (lontano dal mantello)
3. cedimento differenziale tra periferia e parte centrale del fondo del serbatoio
4. cedimenti combinati fondo-mantello

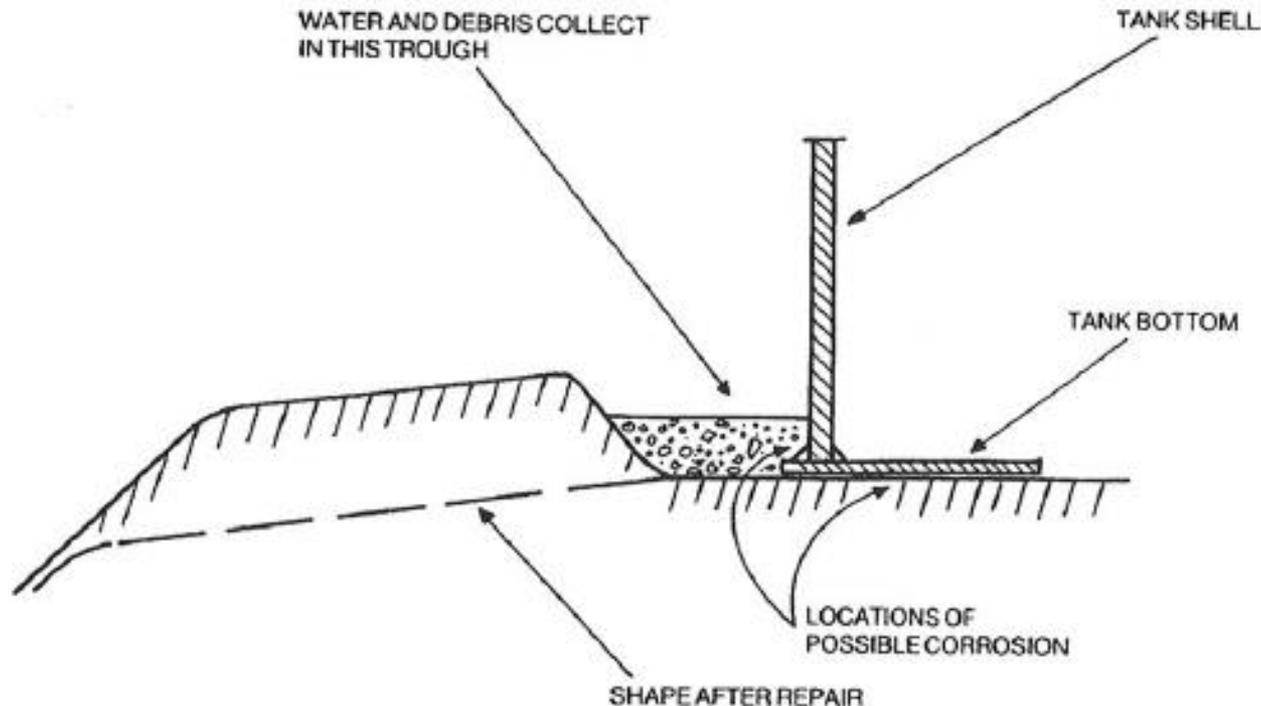
-

## Principali problemi derivanti da assestamenti/cedimenti

- rotture saldature (in particolare attacco fondo-mantello)
  - corrosione lamiera fondo lato fondazione)
- sollecitazioni su attacco tubazioni e relativi supporti
  - malfunzionamenti dei tetti TG

# Assestamento uniforme su tutta la circonferenza (Uniform settlement)

- Usualmente non critico, in quanto il cedimento è di solito lento e progressivo
- Quando il cedimento diventa eccessivo possono insorgere problemi:
  - per l'attacco delle tubazioni al serbatoio e i relativi supporti
  - per infossamento del serbatoio sotto il livello della fondazione, con conseguente ristagno di acqua e di detriti nella canaletta e conseguente corrosione del fondo

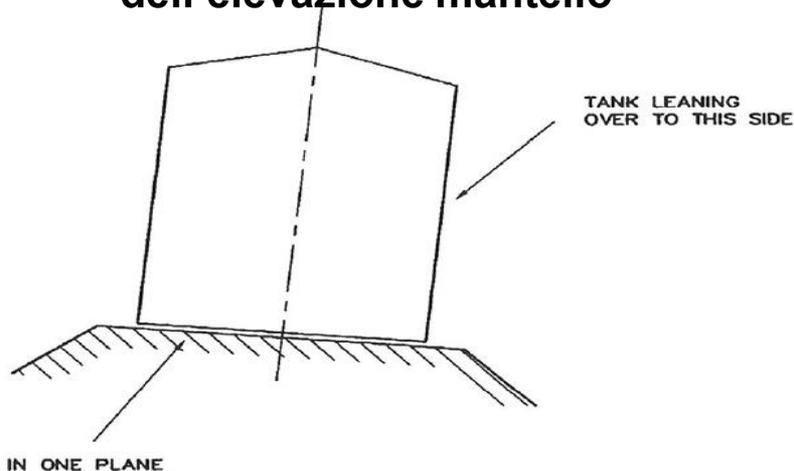


## Tipologia di danneggiamenti

### Cedimenti fondazioni

### Inclinazione rigida del mantello (planar tilt)

Il fondo rimane su di un piano  
Andamento sinusoidale  
dell'elevazione mantello



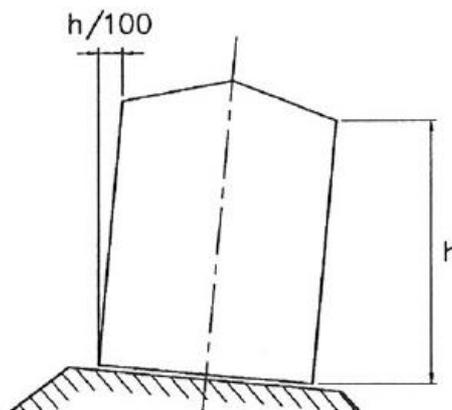
### Valore massimo accettabile fuori verticalità

EEMUA 159: Max  $1/100 h$  serbatoio  
API 653:  $1/100 h$  serbatoio, max 5"  
(127 mm)

**Effetto inclinazione**  
Ovalizzazione parte superiore  
mantello

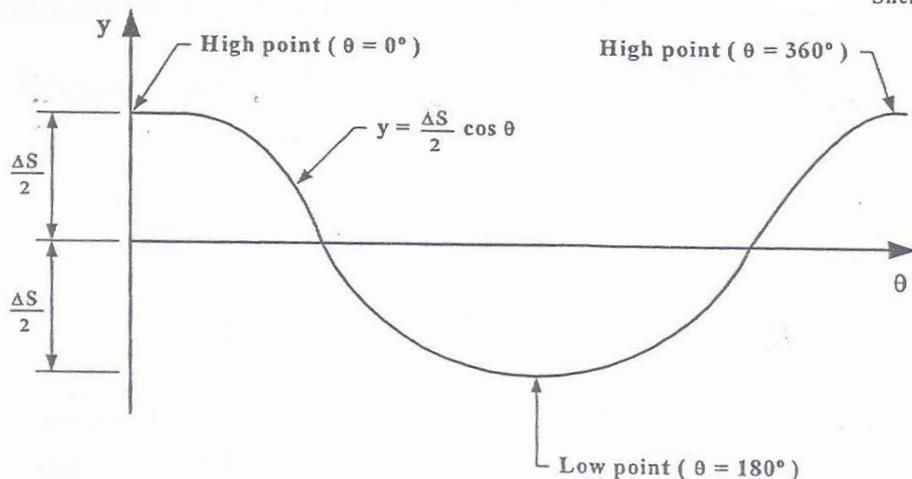
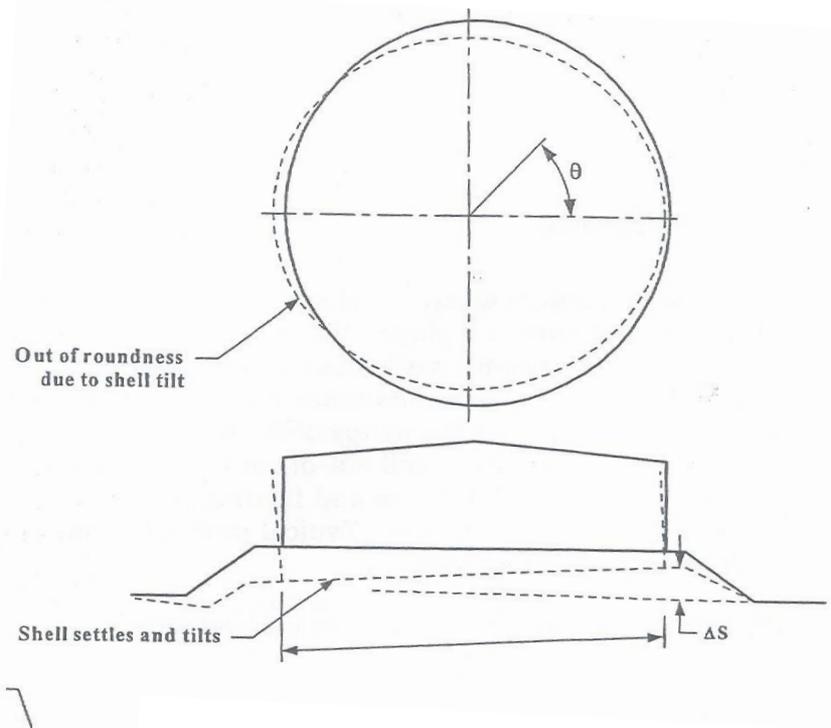
### Conseguenze

- 1) aumento del livello del liquido stoccato da un lato con conseguente incremento delle sollecitazioni
- 2) malfunzionamento guarnizione TG
- 3) sollecitazioni locali su attacco tubazioni al mantello
- 4) Deformazioni su irrigidenti mantello



# Tipologia di danneggiamenti

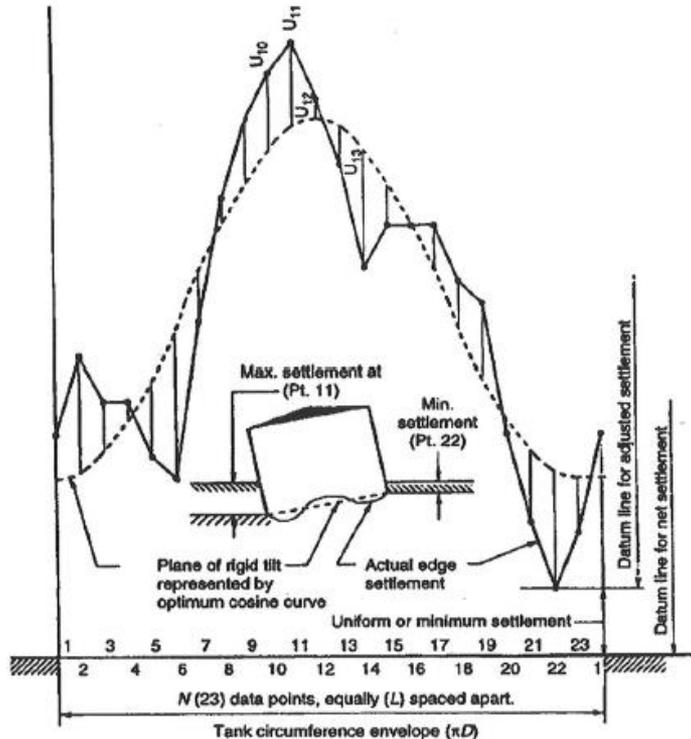
## Cedimenti fondazioni Inclinazione rigida del mantello (planar tilt)



# Tipologia di danneggiamenti

## Cedimenti differenziali

- Sono i cedimenti più pericolosi in quanto localizzati.
- inducono sollecitazioni locali sul mantello (deformazioni) e su attacco fondo-mantello)
- si può modificare rotondità mantello con conseguente cattivo funzionamento guarnizione tenuta per serbatoi TG e emissione vapori
- Minori sono i problemi per serbatoi TF



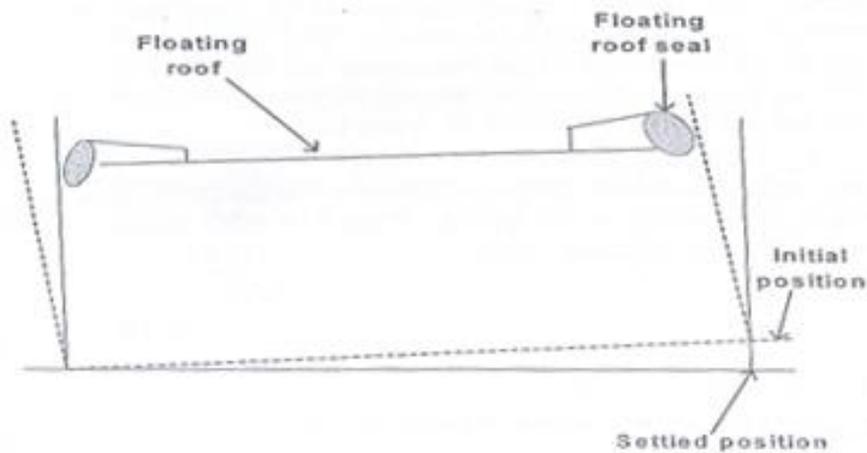
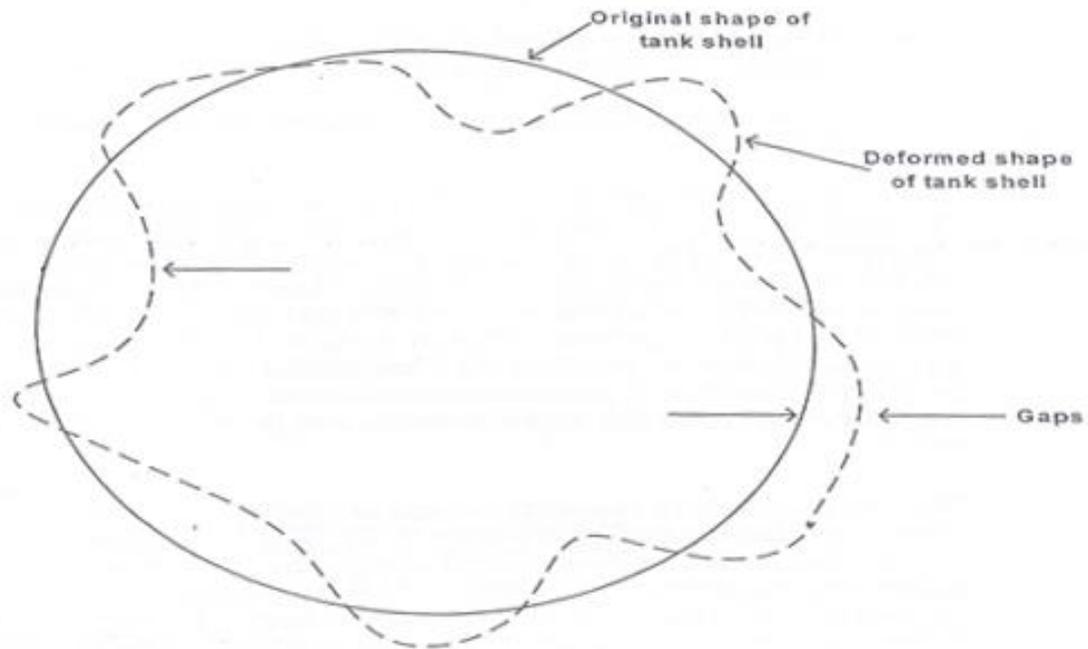
**La curva sinusoidale rappresenta le condizioni tipiche per un serbatoio soggetto a sola inclinazione rigida (tilt settlement)**

**La differenza tra la curva reale dei cedimenti locali, misurata su un certo numero di punti lungo la circonferenza, e la curva sinusoidale, deve essere inferiore ad un certo limite funzione dell'entità del fuori rotondità accettabile**

# Tipologia di danneggiamenti

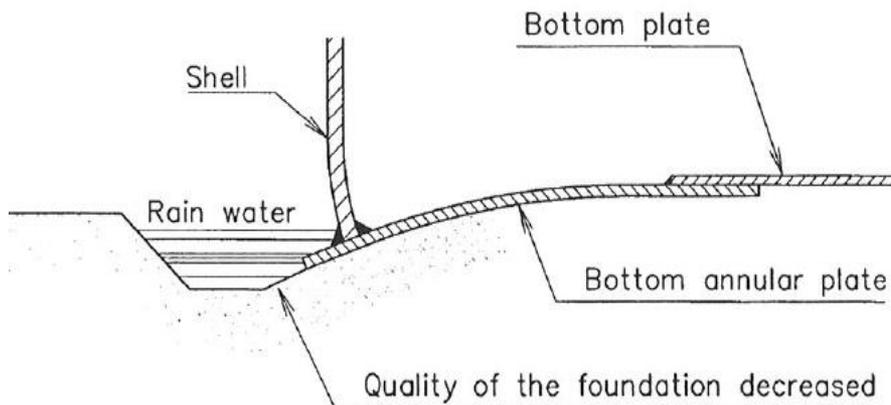
## Cedimenti fondazioni

## Cedimenti differenziali



**Figure III-8**  
**Effects of Differential Shell Settlement**

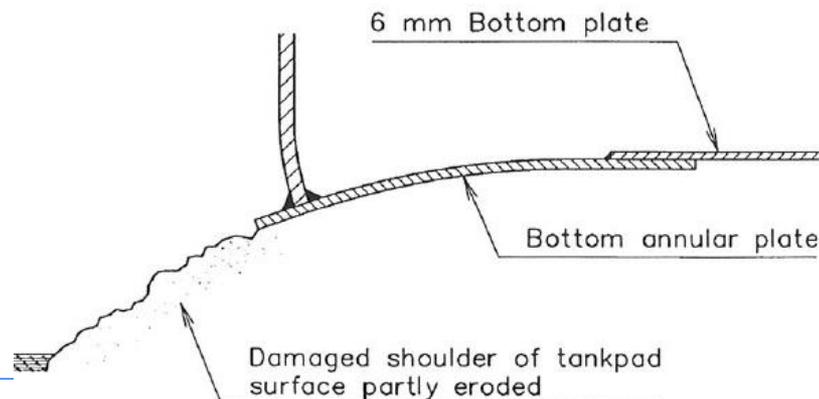
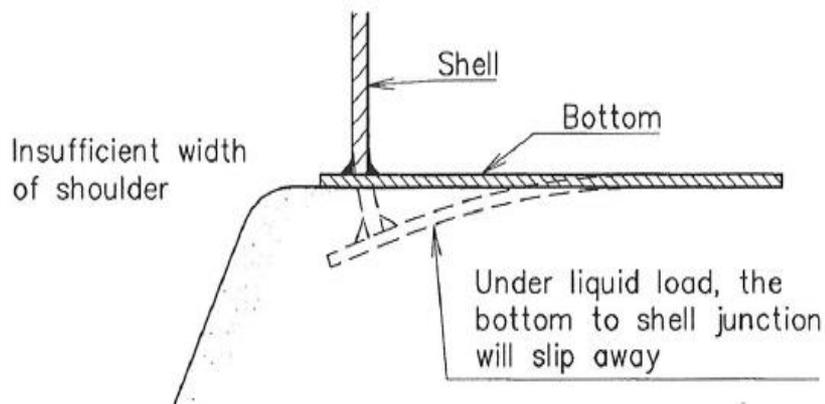
## Cause dei cedimenti del bordo del fondo



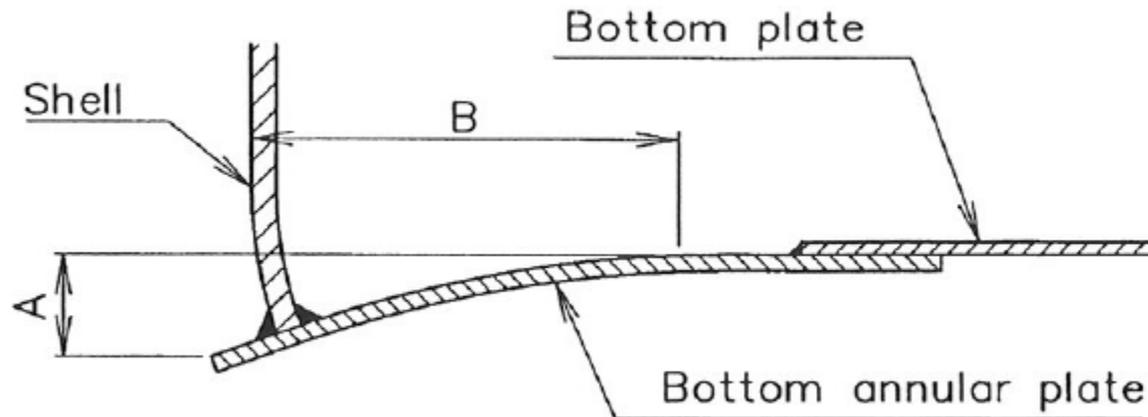
**Difetto di compattazione della platea sotto il mantello**

**Spalla della platea di larghezza insufficiente**

**Progressiva erosione della platea**



## Cedimenti del bordo del fondo



Il cedimento del mantello determina la deformazione della lamiera del fondo vicino alla saldatura fondo-mantello

$$\text{EEMUA: } A/B < 0,17$$

Il massimo valore di cedimento si raggiunge quando l'altezza  $A$  è pari a 125 mm su una larghezza  $B$  di 750 mm

Particolare attenzione si deve porre quando il cedimento interessa una piccola porzione della periferia, a causa delle elevate sollecitazioni locali che si vengono a determinare sulla saldatura fondo-mantello (rischio rotture)

# Tipologia di danneggiamenti

## Cedimenti fondo in prossimità del mantello

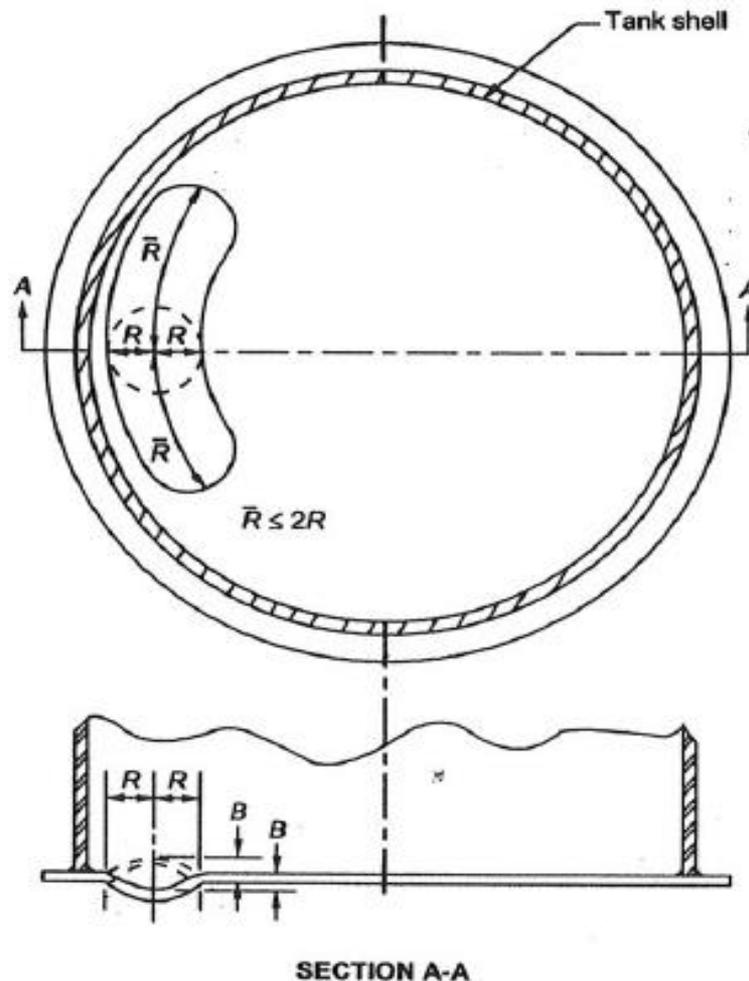
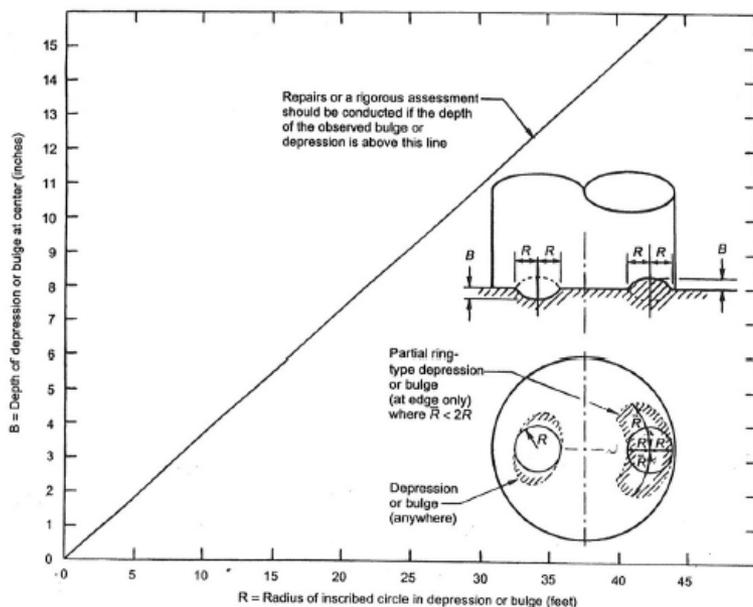
API 653

$$B_{max} = 0,37R$$

$B_{max}$  in inch

R in ft

### Rappresentazione grafica



R: raggio del cerchio inscritto nella zona ceduta

B: profondità zona ceduta

## Cedimenti fondo lontano dal mantello

### API 653

L'accettabilità del cedimento dipende dalle sollecitazioni locali indotte nelle lamiere del fondo, dal tipo di saldature a sovrapposizione (passata unica o multipass) e dalla presenza di vuoti sotto le lamiere

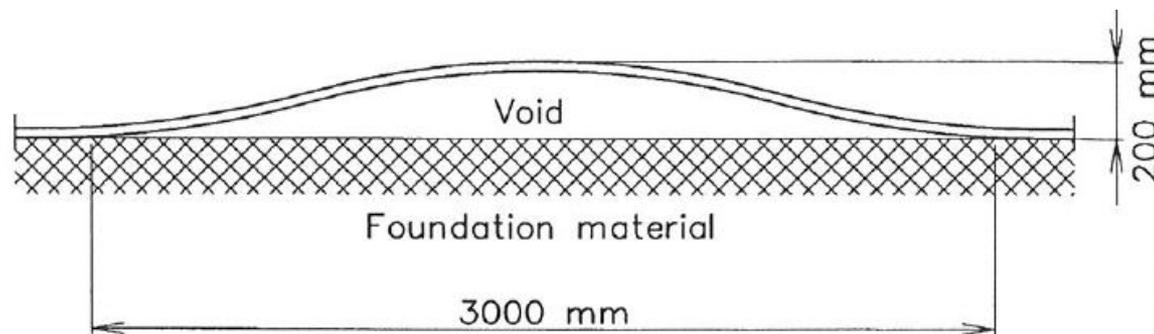
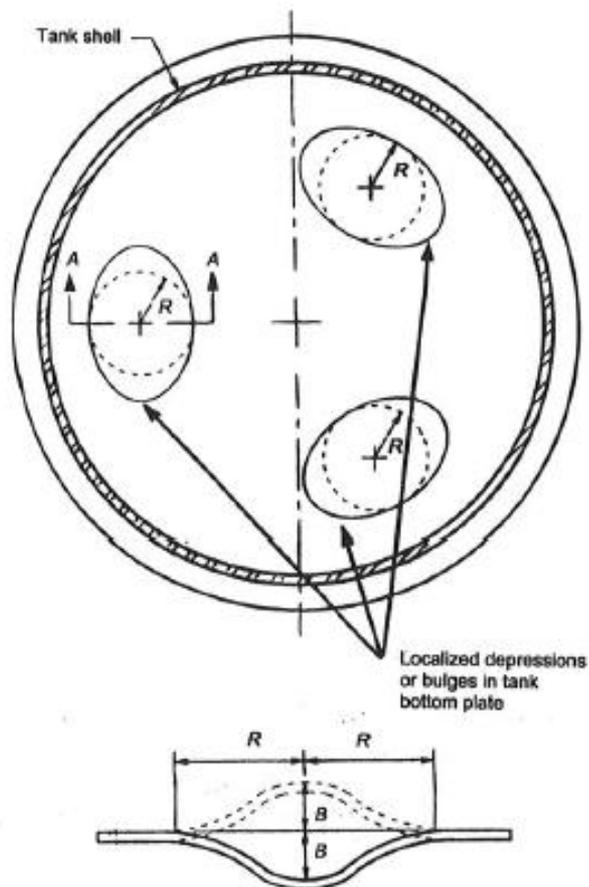
La formula  $B_{max}=0,37R$

può essere impiegata nel caso di saldature a passata unica

### EEMUA 159

$B_{max}/D=1/15=0,67$

da applicarsi quando sotto la zona deformata c'è il vuoto



## Cedimento differenziale tra periferia e parte centrale del fondo del serbatoio

Per effetto dei carichi impressi dal fluido stoccato (distribuzione dei carichi verticali), la parte centrale del serbatoio cede spesso di circa un 30% in più rispetto alla periferia

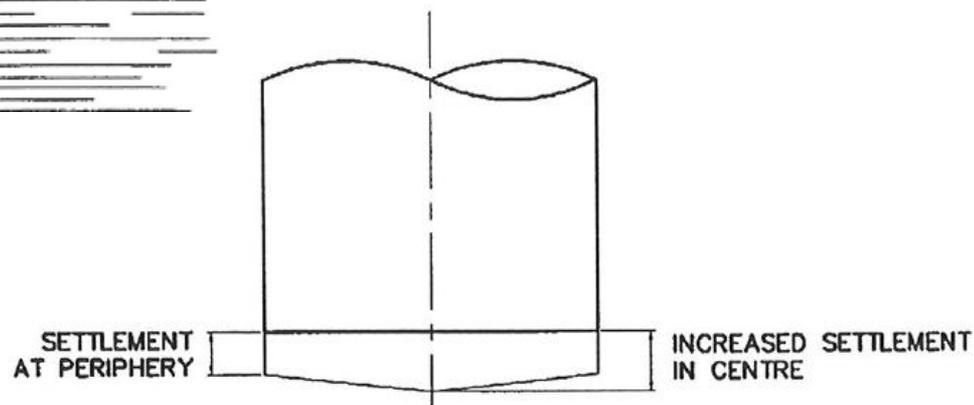
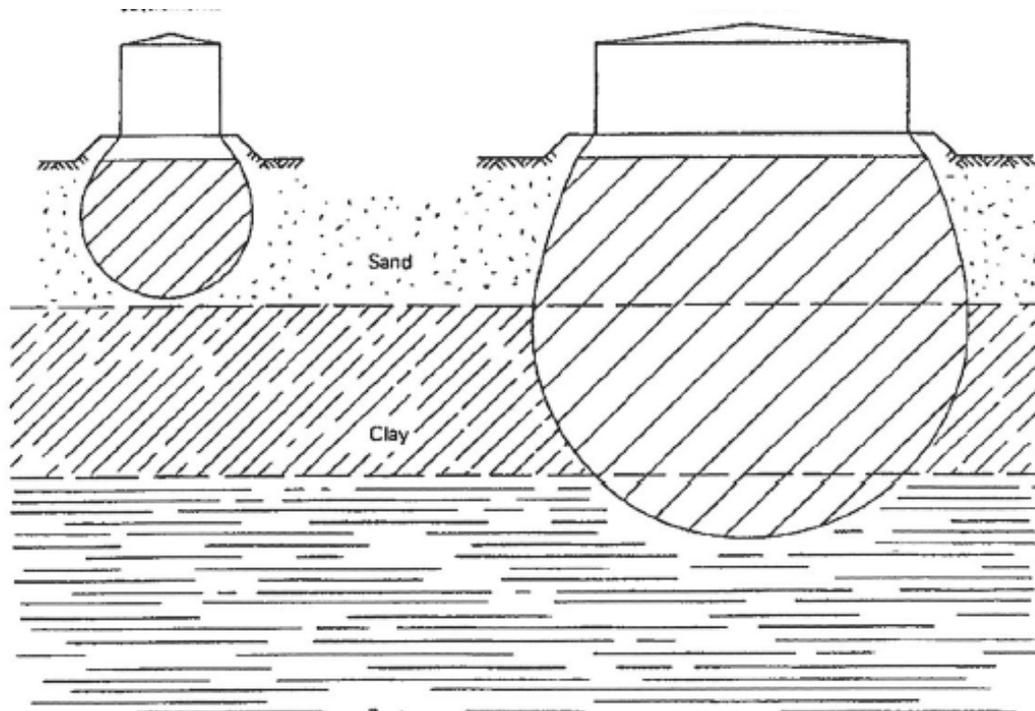
L'accettabilità di tali cedimenti dipende dalle dimensioni del serbatoio e dal tipo e dall'entità iniziale della monta (concava o convessa) del fondo

Pertanto, qualora in fase di progettazione si prevedano cedimenti accentuati della platea sottostante (ad esempio, perché il serbatoio è di diametro elevato), è buona pratica scegliere la soluzione di una monta convessa del fondo (CONE-UP) per consentirne l'appiattimento sotto l'azione del peso del fluido e ridurre così le sollecitazioni sulle lamiere del fondo e la saldatura fondo-mantello (di solito, pendenza 1/120, max 300 mm al centro)

In presenza di una monta concava (CONE-DOWN), il rischio è che le lamiere della parte centrale del fondo, cedendo, vadano a contatto con l'acqua di falda (corrosione lato fondazione)

## Tipologia di danneggiamenti

### Cedimento differenziale del fondo tra periferia e parte centrale del serbatoio



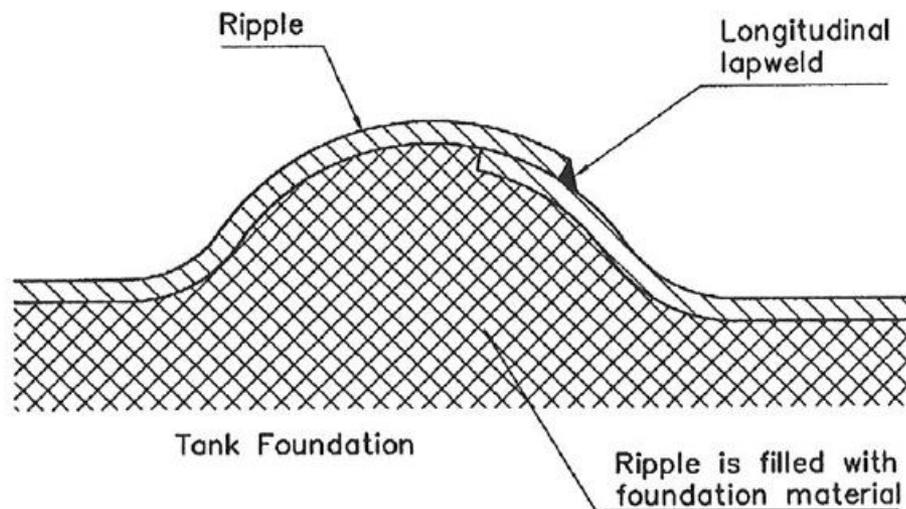
## Tipologia di danneggiamenti

### Cedimenti combinati fondo-mantello

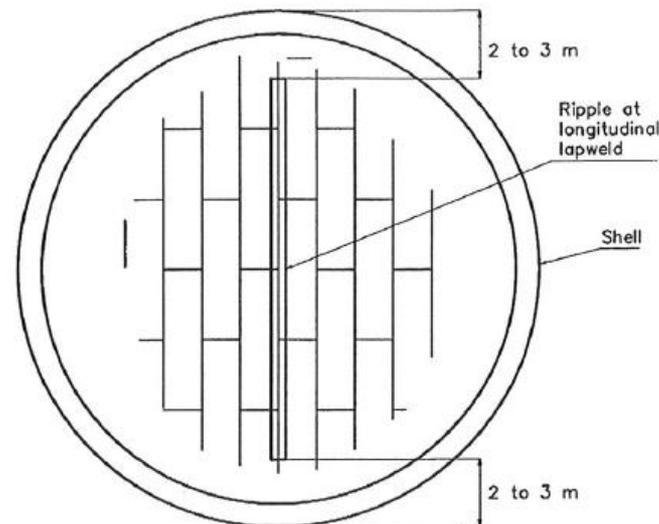
### Corrugamenti longitudinali sul fondo a seguito cedimento differenziale tra periferia e parte centrale del serbatoio

Per effetto dell'appiattimento del fondo a monta convessa l'eccessiva lunghezza delle lamiere nella direzione diametrale può essere compensata con la formazione di ondulazioni/corrugamenti delle lamiere nel senso della loro lunghezza

Tali ondulazioni determinano un irrigidimento, con rischio di rotture delle saldature



### Tipica posizione dei corrugamenti

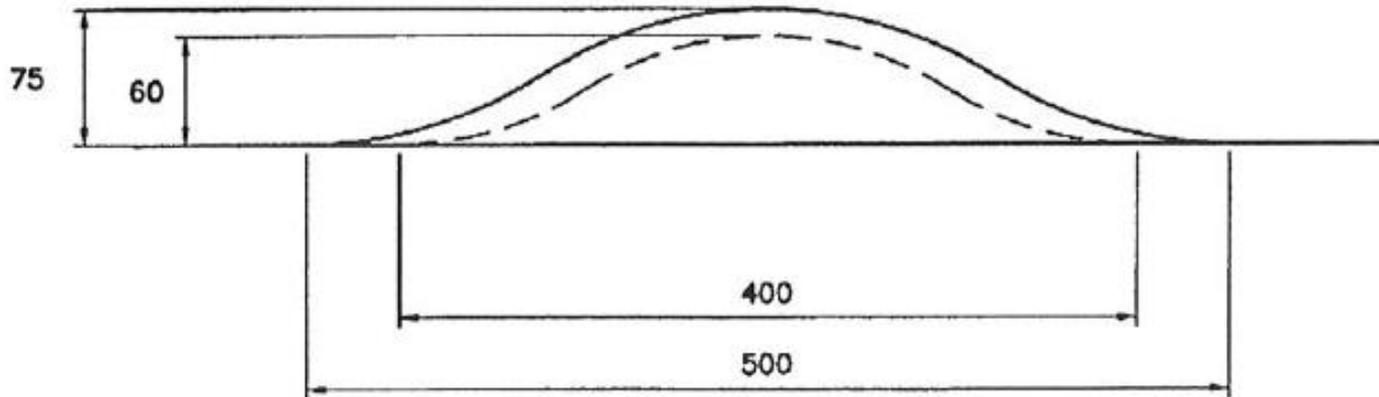


## Tipologia di danneggiamenti

### Cedimenti del fondo

### Corrugamenti longitudinali sul fondo a seguito cedimento differenziale tra periferia e parte centrale del serbatoio

Criteri per valutare l'accettabilità dei corrugamenti



- 1) altezza/larghezza minore o uguale a 0,15  
(ad esempio, se altezza=75 mm, larghezza non inferiore a 500 mm)
- 2) non ci devono essere creste acute

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO

#### TIPI DI CORROSIONI

Dovuta generalmente all'azione delle condizioni atmosferiche in presenza di danneggiamenti della protezione superficiale

Localizzata in zone dove può ristagnare l'acqua piovana (ad esempio, attacchi scale e altri accessori)

Alla base 1° virola, frequente la corrosione esterna per assestamento serbatoio e conseguente infossamento

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA ESTERNO

### Corrosione alla base prima virola per cedimento fondazione



**Corrosione attiva**



**perforazioni**



**perforazioni**



**Corrosione pregressa  
parzialmente non  
attiva**

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO

### Corrosione ultima virola su serbatoi a tetto galleggiante



tipico corrosione ultima virola  
all'attacco piano calpestio



Corrosion  
e su pezza  
saldata



Corrosio  
ne su  
pezza  
saldata

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO

### Corrosione ultima virola su serbatoi a tetto galleggiante

**Corrosione  
sotto profilato  
di attacco  
passerella  
accesso scala  
basculante**



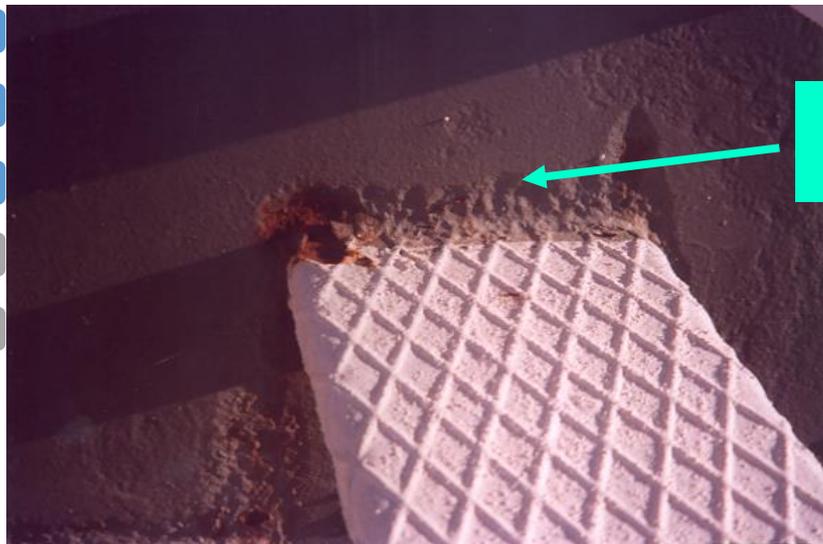
**Corrosione passante sotto profilato  
di attacco passerella accesso scala  
basculante**

**Riparazione  
provvisoria**

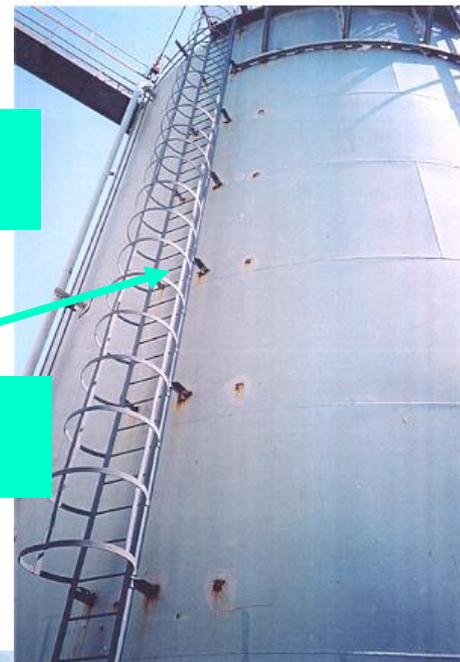


## MANTELLO DA ESTERNO

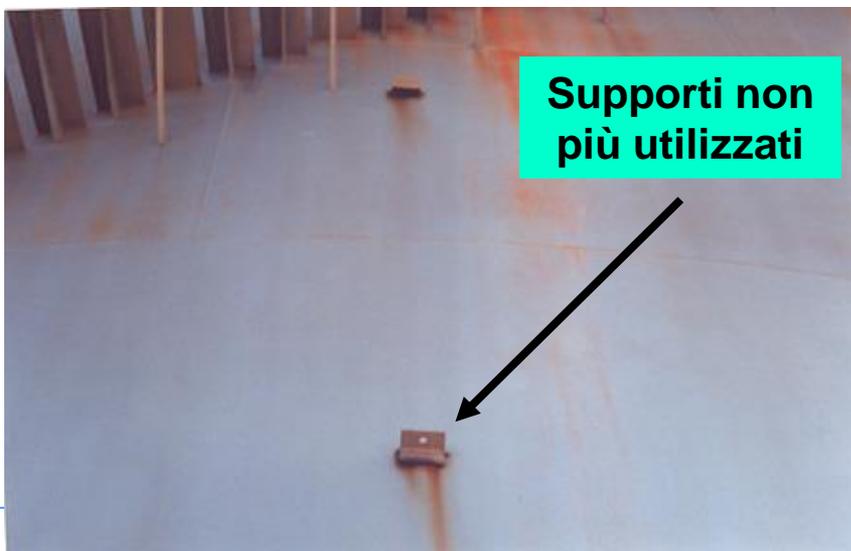
### Corrosione in corrispondenza attacchi al mantello



Corrosione attacchi scala  
elicoidale



Attacchi scala alla  
marinara



Supporti non  
più utilizzati



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO

#### Corrosione su irrigidenti

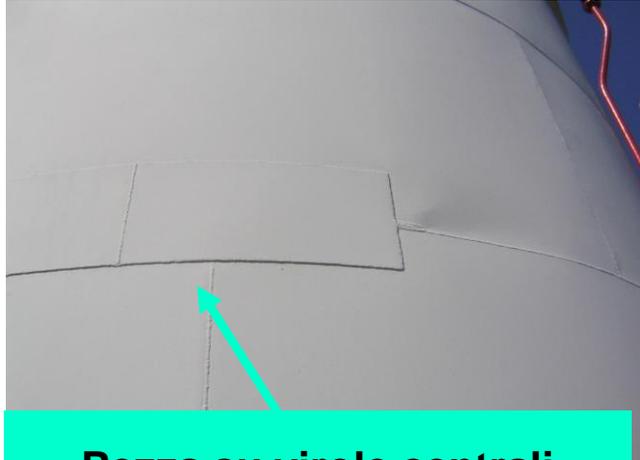


**Intradosso anello irrigidimento**

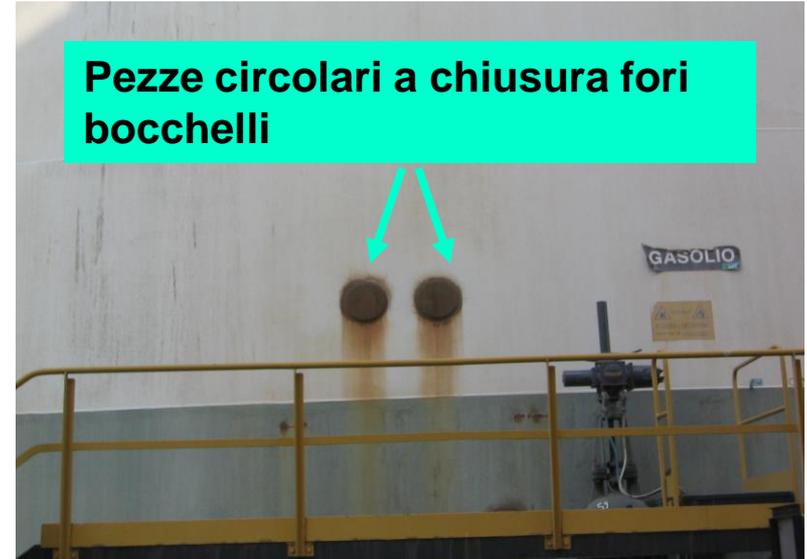
# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA ESTERNO

### Pezze e inserti



**Pezza su virole centrali**



**Pezze circolari a chiusura fori bocchelli**



**Pezza alla base 1° virola**



**Inserto alla base 1° virola**

### MANTELLO DA ESTERNO

#### SERBATOI COIBENTATI

- CAUSE PRINCIPALI CORROSIONE SOTTO COIBENTE:
- 1) TIPO COIBENTE: schiume fenoliche e poliuretaniche nel tempo rilasciano prodotti acidi che a contatto con umidità penetrata all'interno possono formare ambienti fortemente aggressivi (composti alogenati ritardanti fiamma che contengono cloruri)
- Coibentazioni in lana minerale sono meno aggressive (spesso addizionate con inibitori di corrosione e prodotti repellenti acqua)
- 2) CONDIZIONI DELLA COIBENTAZIONE: una cattiva qualità costruttiva o una scadente manutenzione favoriscono l'infiltrazione e la ritenzione di acqua piovana e di umidità
- LOCALIZZAZIONE TIPICA CORROSIONE
- Parte bassa mantello (evitare di coibentare i primi 150 mm della 1° virola)
- Attacchi accessori a mantello/tetto
- Precauzioni: applicare ciclo completo verniciatura prima di coibentare (spesso primer non è sufficiente)

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELO DA ESTERNO SERBATOI COIBENTATI



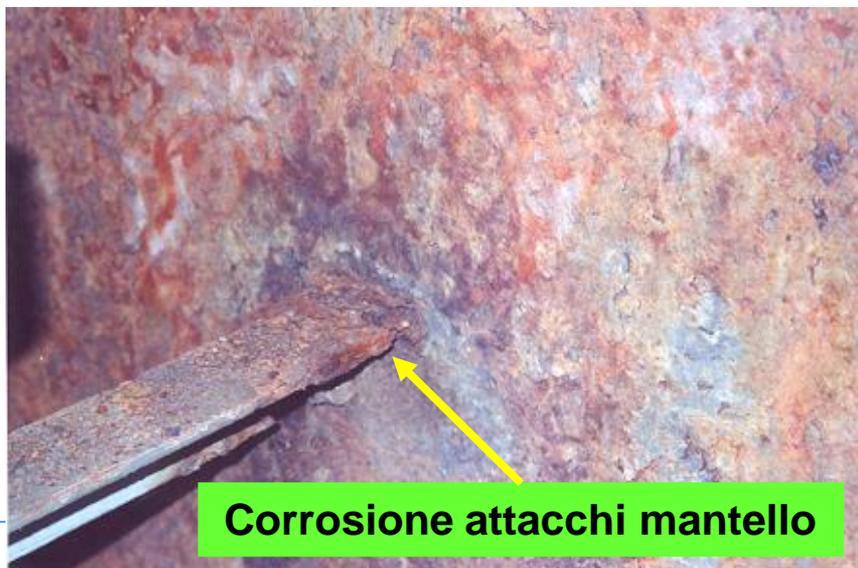
Schiuma  
poliuretanic

Lana di  
roccia



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO SERBATOI COIBENTATI

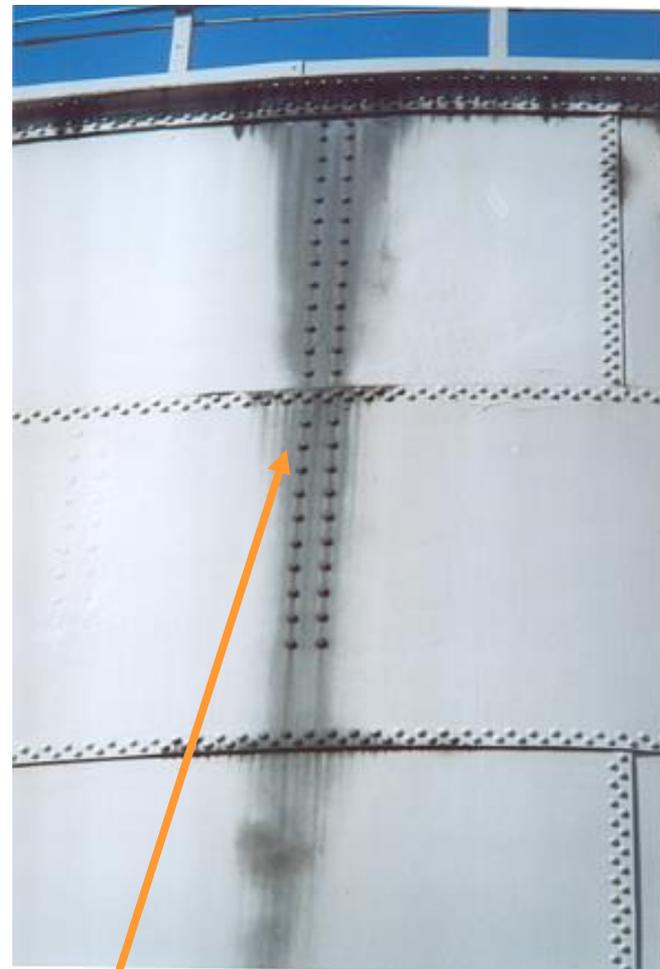


## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA ESTERNO SERBATOI CHIODATI



**Ossidazione generalizzata**



**Trafilamenti da chiodature**

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

### TIPI DI CORROSIONI

**CORROSIONE IN FASE LIQUIDA**

**CORROSIONE IN FASE VAPORE**

### TIPI DI DANNEGGIAMENTI

**CORROSIONE GENERALIZZATA**

**CORROSIONE LOCALIZZATA / PITTING**

**CORROSIONE A CANALETTA SU SALDATURE**

### MANTELLO DA INTERNO

### TIPI DI CORROSIONI

## PRINCIPALI FATTORI CHE DETERMINANO CORROSIONE INTERNA MANTELLI

### 1) PRODOTTO STOCCATO

In ordine decrescente di aggressività

- Slop
- Prodotti leggeri
- Greggio
- Gasoli
- Jet/AVIO

### -2) TEMPERATURA PRODOTTO

-da 40°C in su maggior rischio (anche corrosione fase vapore)

### -3) PRESENZA SERPENTINI RISCALDAMENTO

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

#### TIPI DI CORROSIONI

La corrosione interna dei mantelli è tipica su serbatoi che contengono prodotti leggeri (benzine, nafte, solventi e altri prodotti di densità inferiore a 50API), in presenza di umidità e ossigeno.

I prodotti leggeri assorbono ossigeno che poi viene ceduto all'acqua dando origine ai fenomeni corrosivi.

Prodotti pesanti (densità maggiori di 50 API) difficilmente danno luogo a corrosione in quanto assorbono meno l'ossigeno (bassa solubilità)

Trascinamenti caustici, presenza di zolfo e di sali acidi nel prodotto stoccato possono incrementare la velocità di corrosione

Particolarmente critico è lo stoccaggio di benzina ecologica in quanto MTBE è molto avido di acqua e perché viene a mancare l'effetto lubrificante del piombo

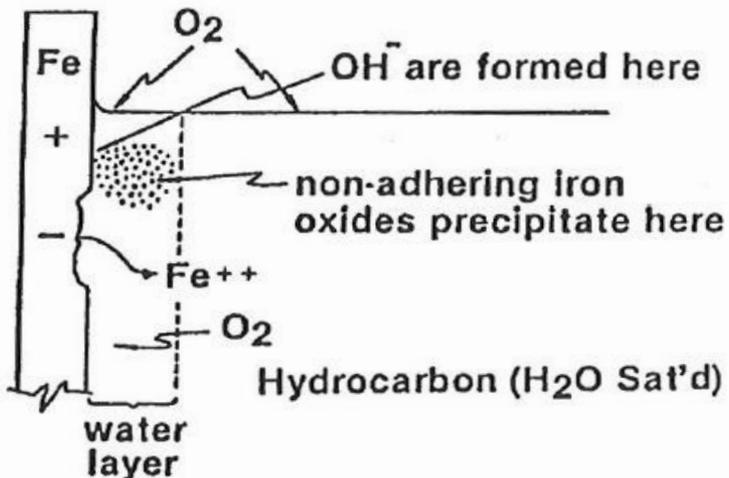
In questi casi la zona del mantello più soggetta a corrosione è quella di bagnasciuga

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO TIPI DI CORROSIONI

Nei serbatoi che contengono prodotti leggeri, la corrosione è facilitata dalla rottura dello strato di ossido presente sulle lamiere a causa di sbalzi termici o di cicli successivi di condizioni di asciutto-bagnato, etc

Particolarmente critica è la situazione sui tetti galleggianti dove il movimento della guarnizione favorisce la rottura degli strati di ossido (con rischio anche di malfunzionamenti della guarnizione stessa)



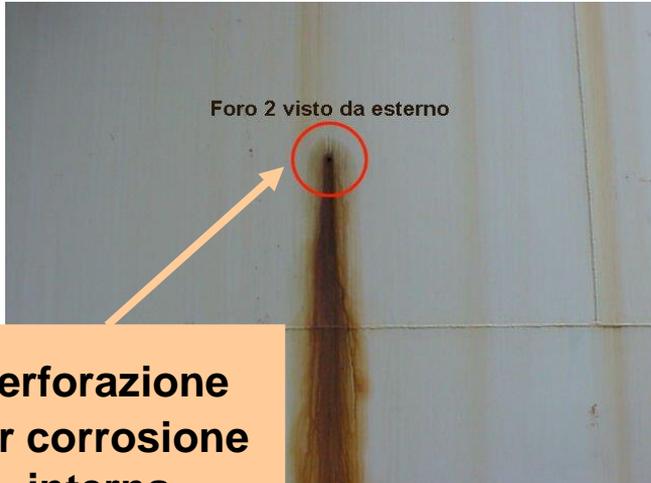
Mechanism of shell-side corrosion  
 in gasoline and light-products storage  
 tanks<sup>o</sup>

Minori rischi di corrosione si riscontrano nei serbatoi che stoccano greggio  
 Di solito corrosione alla base 1° virola (300-450 mm) per presenza acqua salmastra, melme, etc

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA ESTERNO

### Perforazioni per corrosione interna



**Perforazione  
per corrosione  
interna**



**Perforazione per  
corrosione interna**

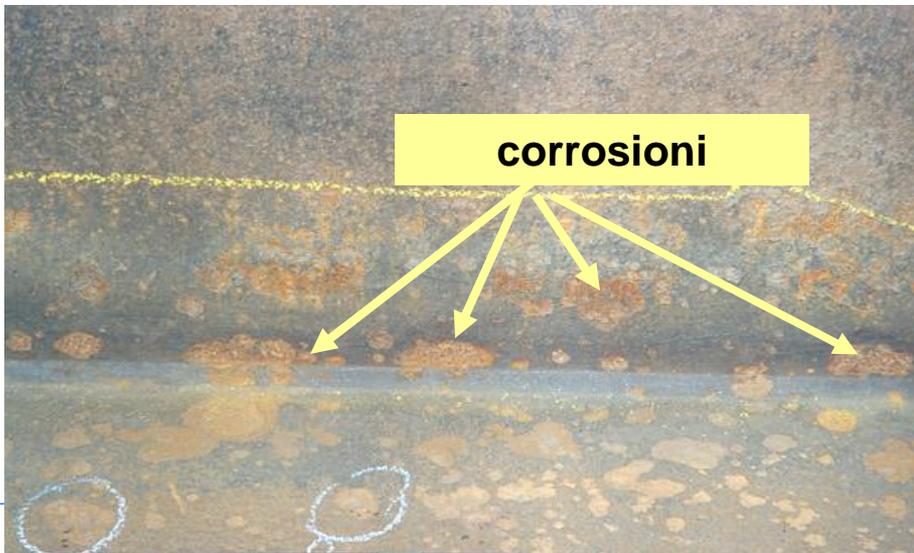


**Trafilamenti da  
saldature portina**

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA INTERNO

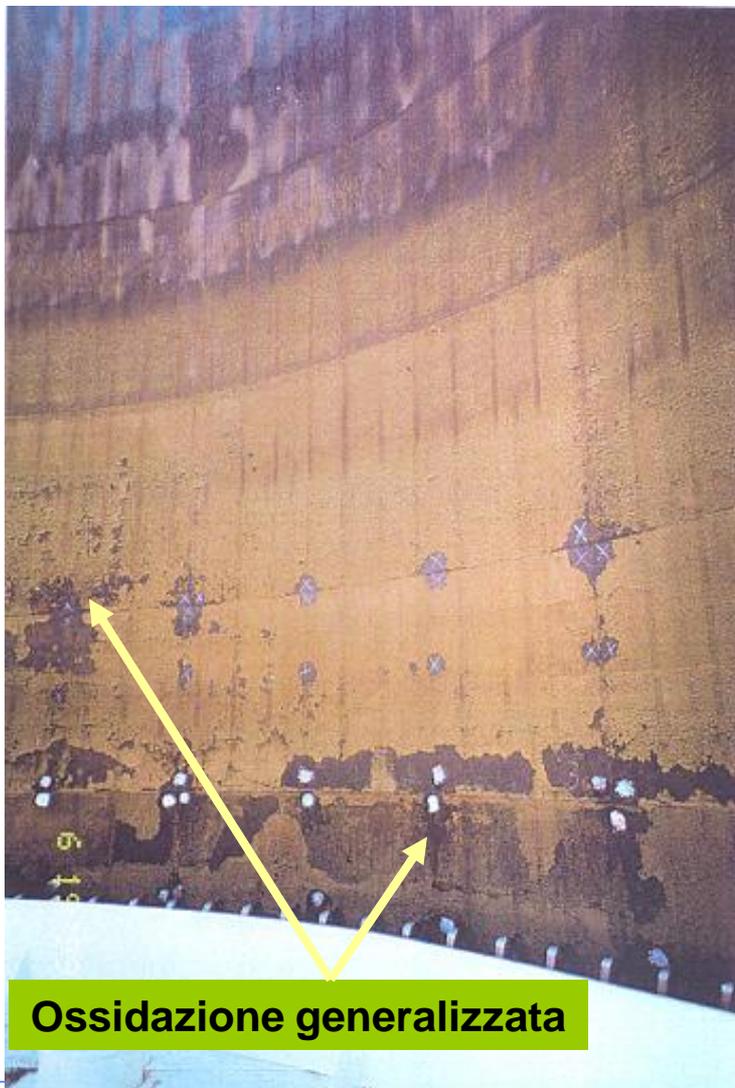
### Parte inferiore 1° virola e saldatura fondo-mantello



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

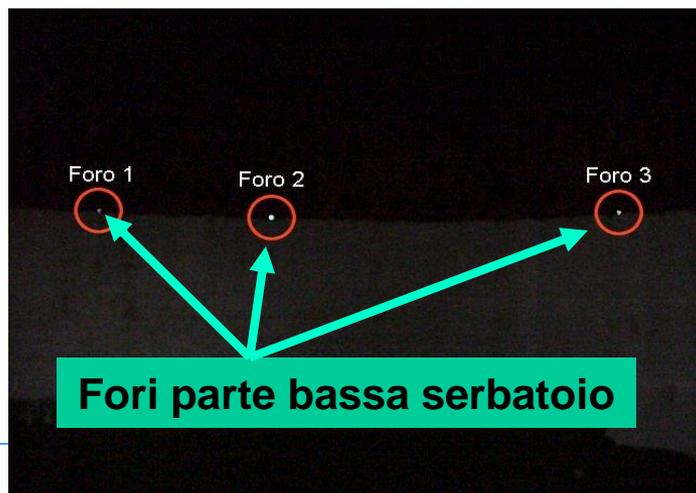
#### Ossidazione/corrosione generalizzata su virole mantello



# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA INTERNO

### Corrosione in zona bagnasciuga



## MANTELLO DA INTERNO

### Corrosione localizzate



**Corrosione localizzata  
attiva**

**Corrosione localizzata  
passiva**



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

#### Superfici verniciate



Verniciatura in discreto stato di conservazione



Verniciatura con sintomi di invecchiamento



sporcamenti



Strisciamenti guarnizione

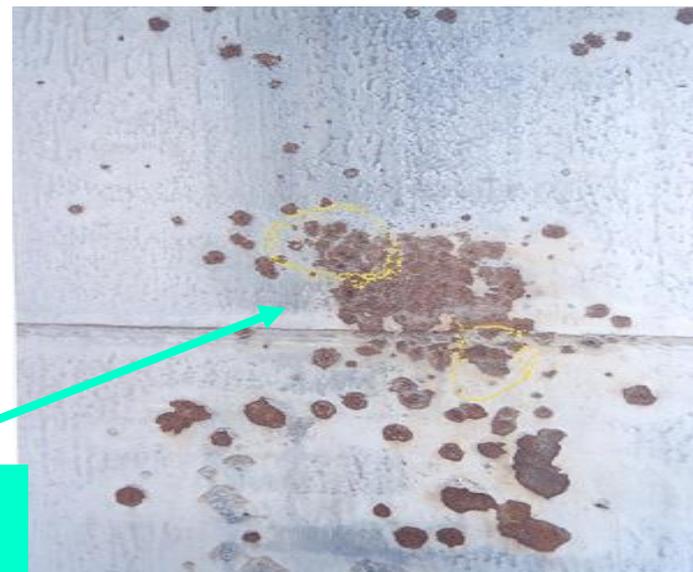
# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA INTERNO

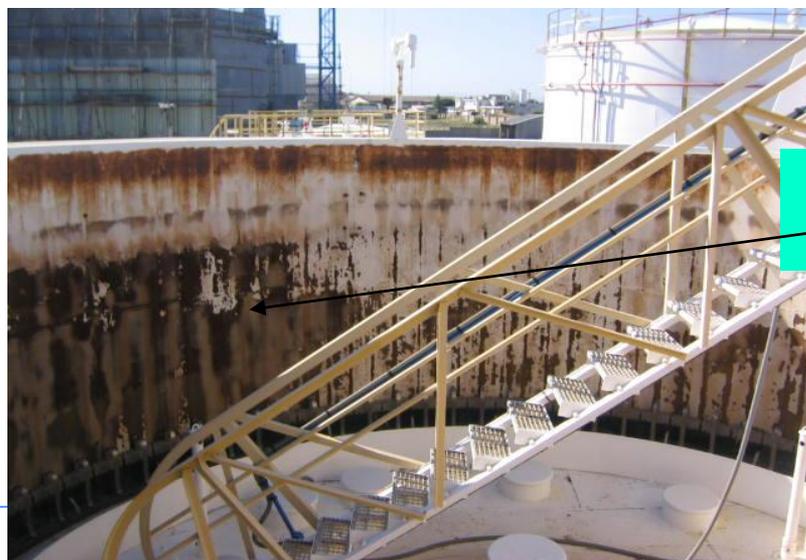
### Superfici verniciate



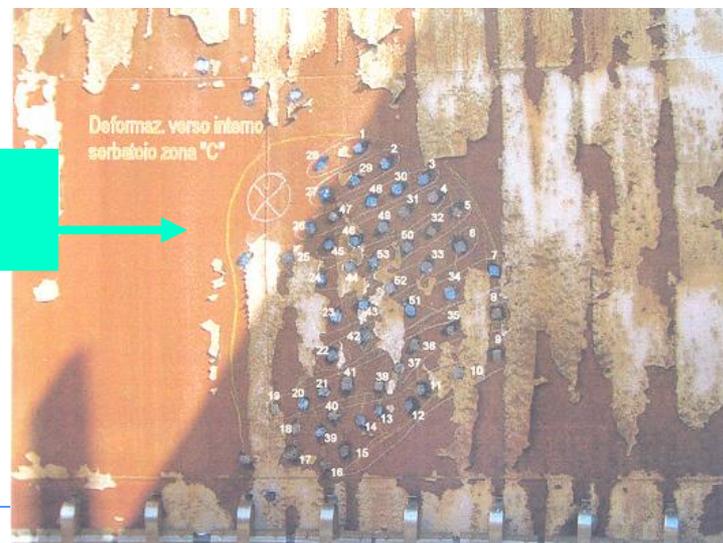
Distacchi  
iniziali



Chiazze  
iniziali di  
corrosione



corrosione  
diffusa



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

### TIPI DI CORROSIONI

#### Corrosione “a canaletta” su serbatoi a tetto galleggiante

Corrosione preferenziale in corrispondenza saldature che si comportano in modo anodico rispetto al restante materiale base delle virole (tipicamente, sulle saldature rateo di corrosione doppio rispetto alle lamiere adiacenti)

Rilevabile solo con ispezione visiva o indagine ultrasonora da esterno a bordo saldature

Corrosione a canaletta più critica in corrispondenza saldature verticali in quanto più sollecitate

Corrosione saldatura d'angolo fondo-mantello  
Per EEMUA 159 l'altezza di gola residua deve essere almeno il 50% di quella originale, con minimo 3 mm

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA INTERNO

### Parte inferiore 1° viola e saldatura fondo-mantello



**Corrosione localizzata saldatura  
protetta da vernice**



**Corrosione al margine saldatura**

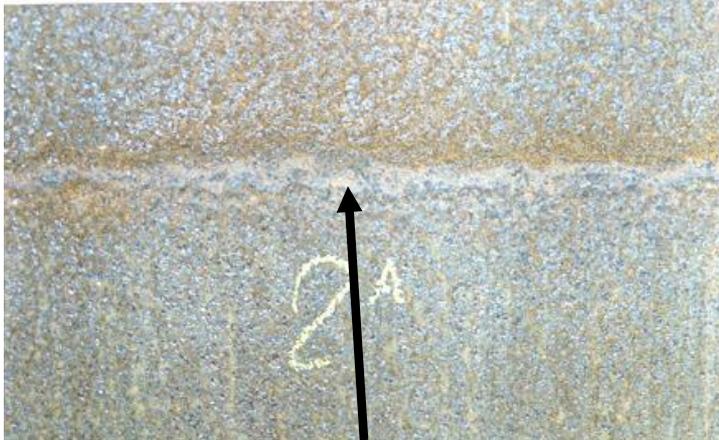


**Rottura saldatura**

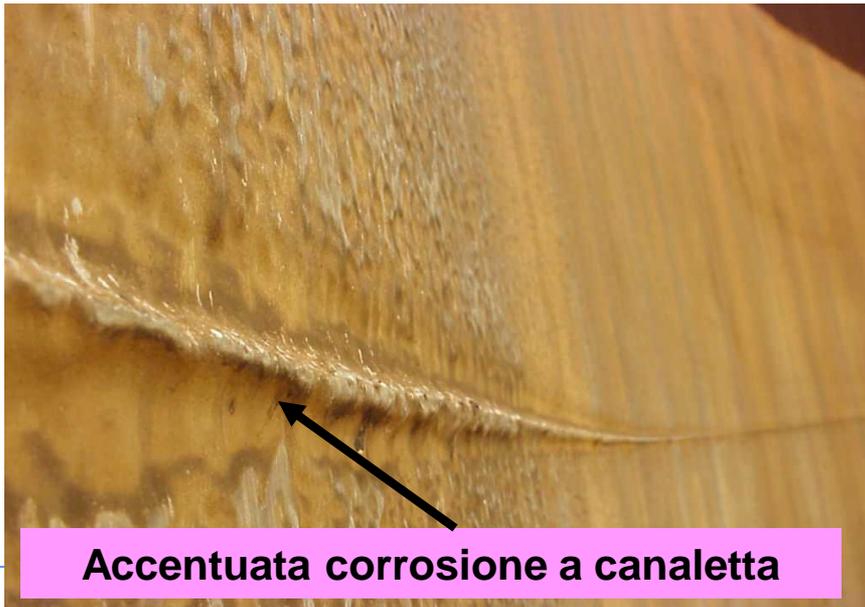
## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

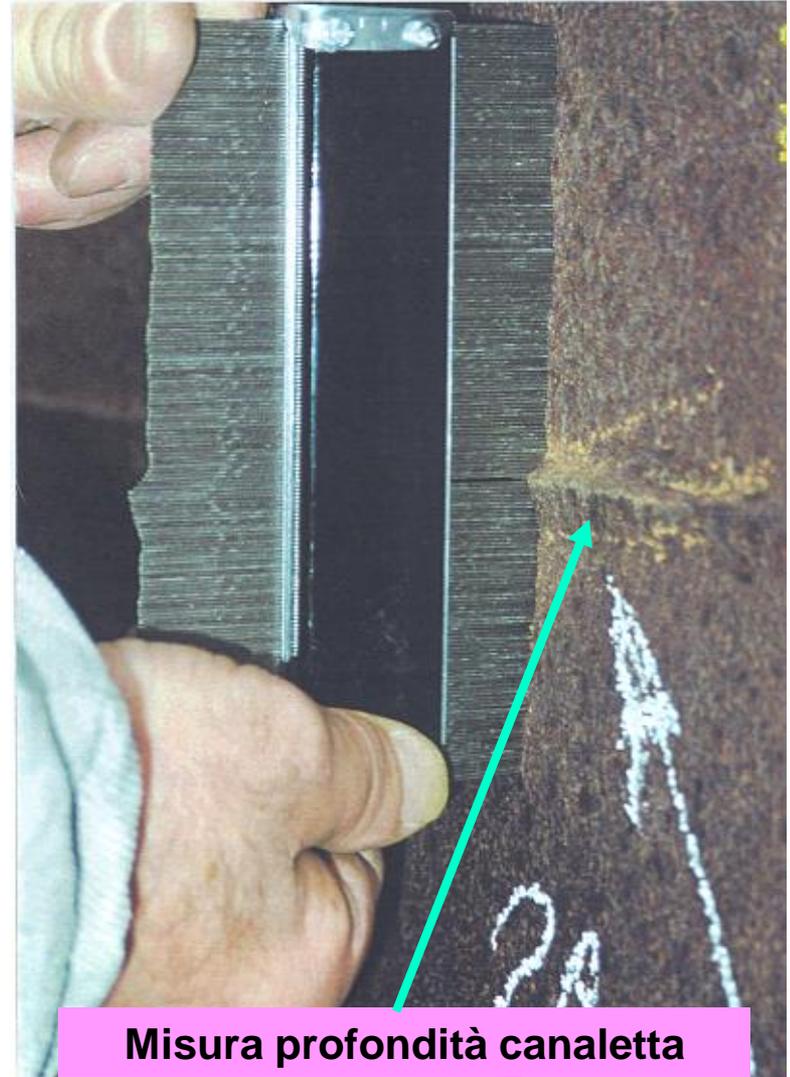
### corrosione "a canaletta" su serbatoi a tetto galleggiante



Scomparsa sovravello saldatura



Accentuata corrosione a canaletta



Misura profondità canaletta

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

corrosione in fase gassosa parte superiore  
su serbatoi a tetto fisso



**Vedere anche corrosione su  
superficie interna tetti fissi  
(lamiere e strutture di  
sostegno)**

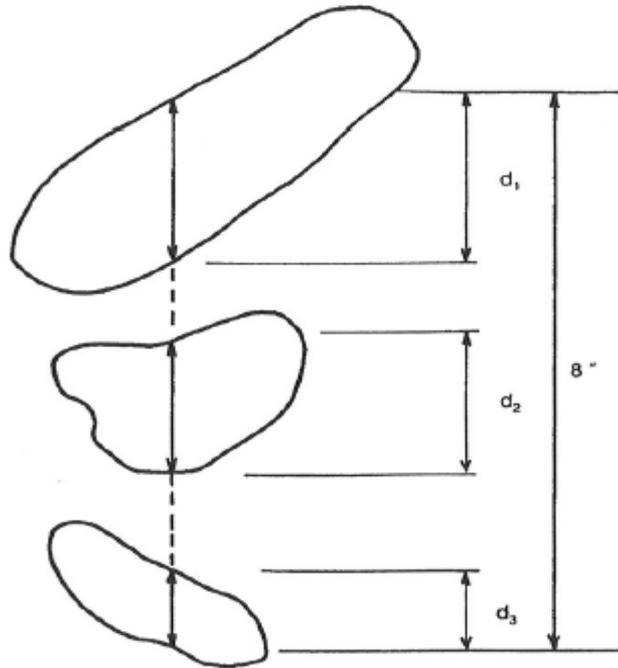




## MANTELLO

## CALCOLO SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

### MANTELLO SALDATO



$$d_1 + d_2 + d_3 \leq 2$$

(Note.— The dimensions in the figure are in inches; where 8 in = 200 mm and 2 in = 50 mm)

**Nel calcolo dello spessore minimo vengono trascurati i pitting purchè lungo ogni direttrice verticale la somma delle loro lunghezze non ecceda 50 mm (2") su 200 mm (8")**

**MANTELLO****CALCOLO SPESSORE MINIMO ACCETTABILE****MANTELLO SALDATO**

FORMULE VALIDE PER SERBATOI DI DIAMETRO INFERIORE O  
UGUALE A 61 m (200ft)

$$t_{min} = \frac{2.6 (H-1)DG}{SE}$$

$$t_{min} = \frac{2.6 (HDG)}{SE}$$

Calcolo spessore minimo su  
intera virola

Calcolo spessore minimo su  
parte di virola (ad esempio, in  
corrispondenza area corrosa)

**COMUNQUE  $t_{min} \geq 2,54$  mm**

D: diametro serbatoio in ft

H: distanza della base di ogni singola virola o della zona corrosa, dalla  
massima altezza di riempimento, in ft

S: sollecitazione massima ammissibile, in lbf/in<sup>2</sup>

G: massima densità prodotto stoccato

E: efficienza saldatura

**MANTELLO****CALCOLO SPESSORE MINIMO ACCETTABILE**

Nel sistema internazionale

$$t_{\min} = \frac{4,9 D (H-0,3) G}{SE} \quad \text{intera virola}$$

$$t_{\min} = \frac{4,9 D H G}{SE} \quad \text{zona corrosa}$$

D: diametro serbatoio in m

H: distanza dal fondo fila lamiera (o della zona corrosa) a massima altezza riempimento in m

G: peso specifico prodotto

S: sollecitazione massima ammissibile in MPa

E: efficienza saldature (sempre 1 se area corrosa lontana da saldature)

Calcolo S

- prime due virole: il minore tra 0,8 Y (snervamento) e 0,429 T (rottura)

- altre virole: il minore tra 0,88 Y (snervamento) e 0,472 T (rottura)

Se Y e T non noti, usare Y=207 MPa (30.000 lb/inch<sup>2</sup>), T= 345 MPa(50.000 lb/inch<sup>2</sup>)

## MANTELLO

## CALCOLO SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

Table 4-2—Joint Efficiencies for Welded Joints

Standard	Edition & Year	Type of Joint	Joint Efficiency $E$	Applicability or Limits
API 650	7th & Later	Butt	1.00	Basic Standard
	(1980 – Present)	Butt	0.85	Appendix A –Spot RT
		Butt	0.70	Appendix A –No RT
	1st – 6th	Butt	0.85	Basic Standard
API 12C	(1961 – 1978)	Butt	1.00	Appendices D&G
	14th & 15th	Butt	0.85	
	(1957 – 1958)			
	3rd – 13th	Lap <sup>a</sup>	0.75	$\frac{3}{8}$ in. max. $t$
	(1940 – 1956)	Butt <sup>c</sup>	0.85	
	1st & 2nd	Lap <sup>a</sup>	0.70	$\frac{7}{16}$ in. max. $t$
	(1936 – 1939)	Lap <sup>b,d</sup>	$0.50 + k/5$	$\frac{1}{4}$ in. max. $t$
	Butt <sup>c</sup>	0.85		
Unknown		Lap <sup>a</sup>	0.70	$\frac{7}{16}$ in. max. $t$
		Lap <sup>b</sup>	$0.50 + k/5$	$\frac{1}{4}$ in. max. $t$
		Butt <sup>c</sup>	0.70	
		Lap <sup>d</sup>	0.35	

## MANTELLO SALDATO

DA API 653  
 Efficienza giunti saldati

### MANTELLO

### CALCOLO SPESSORE MINIMO ACCETTABILE

### MANTELLO SALDATO

Criterio di accettabilità per chiazza di corrosione

$$t_1 \geq t_{\min}$$

$$t_2 \geq 60\% t_{\min}$$

LA VERIFICA TIENE CONTO SOLO DELLE SOLLECITAZIONI  
DOVUTE AL PESO DEL FLUIDO STOCCATO

NON TIENE CONTO DI ALTRE SOLLECITAZIONI

AD ESEMPIO:

VENTO

SISMA

CONDIZIONI DI VUOTO

CARICHI INDOTTI DA ASSESTAMENTI

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO

### DEFORMAZIONI

Con il termine deformazioni si includono i seguenti fenomeni:

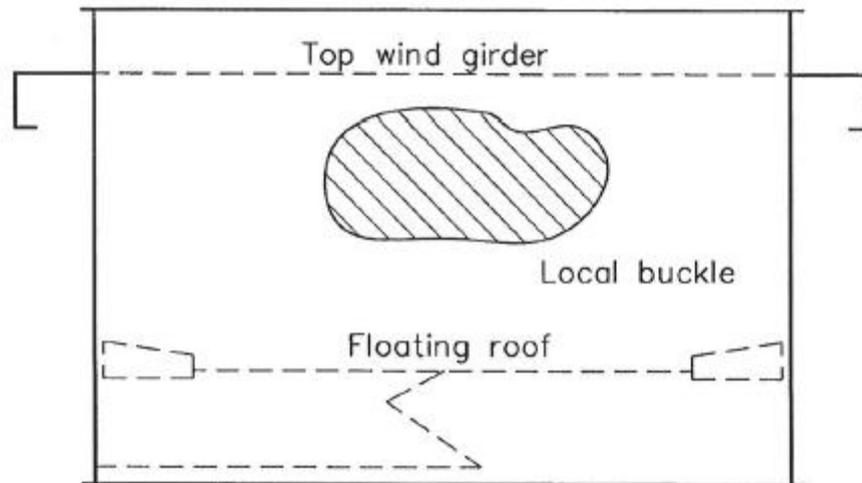
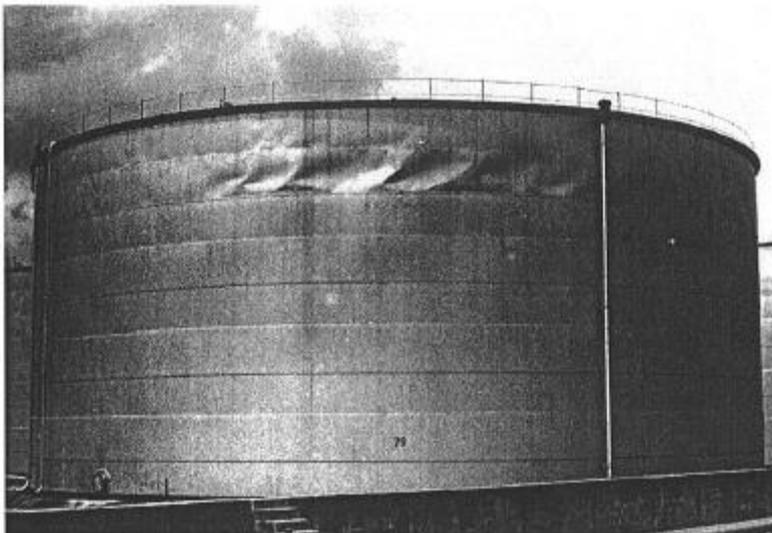
- fuori rotondità (out of roundness)
- zone deformate (buckled areas)
- zone appiattite (flat spots)
- Imbozzature orizzontali sulle saldature (peaking)
- Imbozzature verticali sulle saldature (banding)

Le cause delle deformazioni possono essere imputabili a uno o più dei seguenti fattori:

- 1) Velocità del vento anomale (cicloni)
- 2) assottigliamento per corrosione delle virole (in particolare, quelle superiori originalmente più sottili)
- 3) Assestamenti del terreno
- 4) Deformazioni locali dovute a modalità costruttive non adeguate o a interventi di riparazione poco curati
- 5) Assottigliamento per corrosione degli anelli di irrigidimento
- 6) Rottura delle saldature di attacco degli anelli di irrigidimento
- 7) Malfunzionamento valvole di sfiato su tetti fissi con conseguente condizione di sottovuoto all'interno del serbatoio

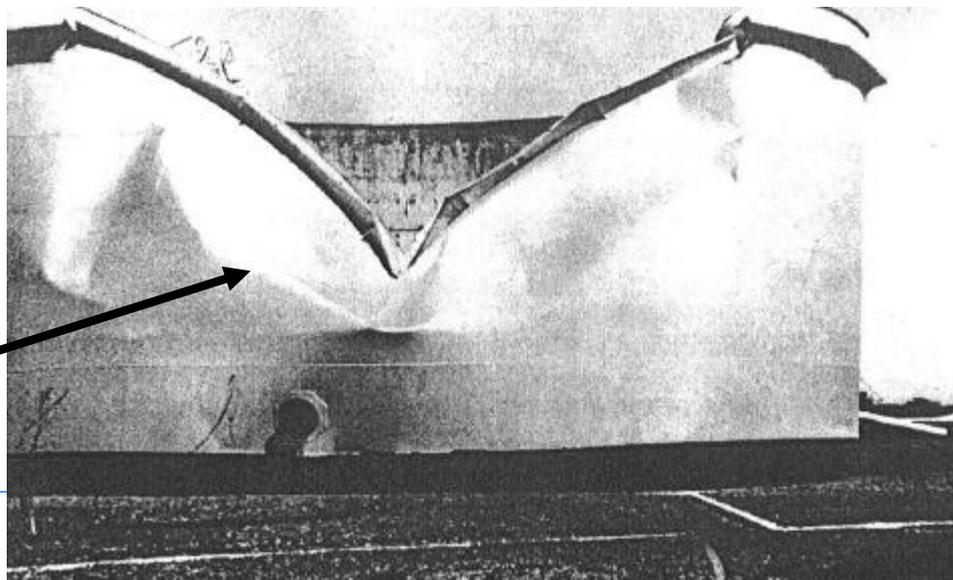
# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DEFORMAZIONI



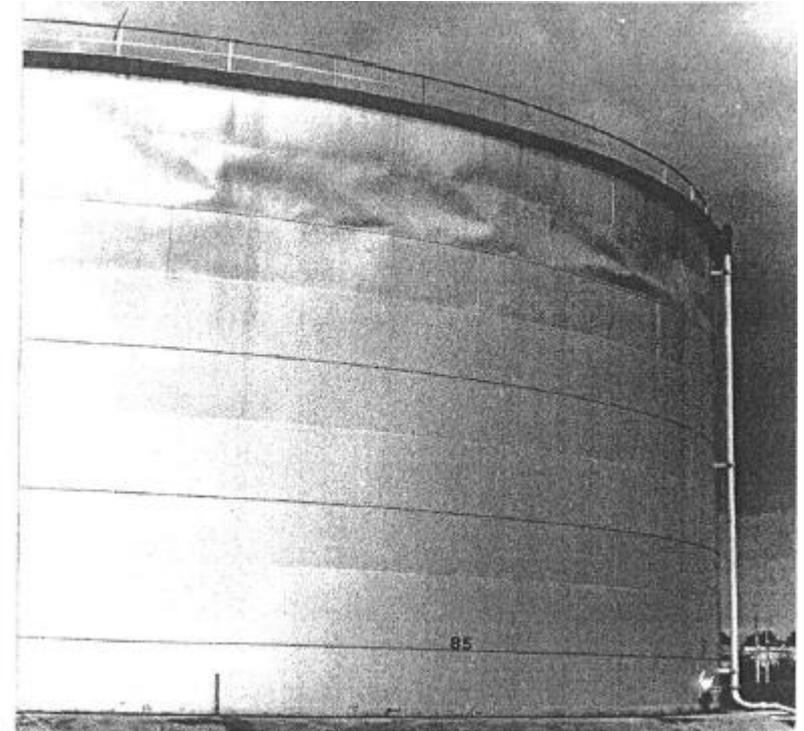
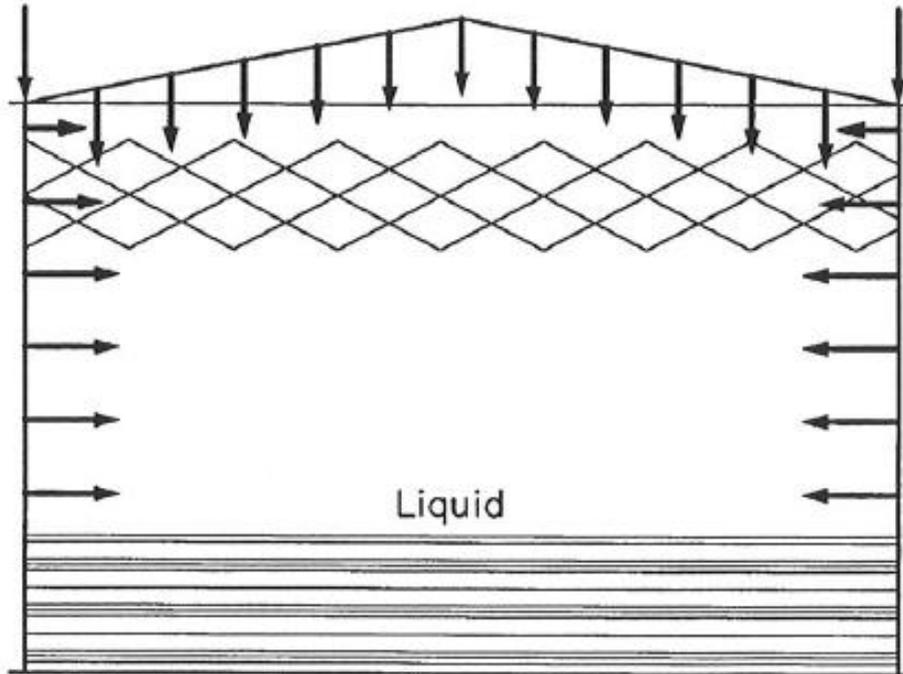
Deformazioni indotte da  
eccessiva velocità del vento  
DA EEMUA 159

Collasso serbatoio TG vuoto  
causato dal vento  
DA EEMUA 159



# Tipologia di danneggiamenti

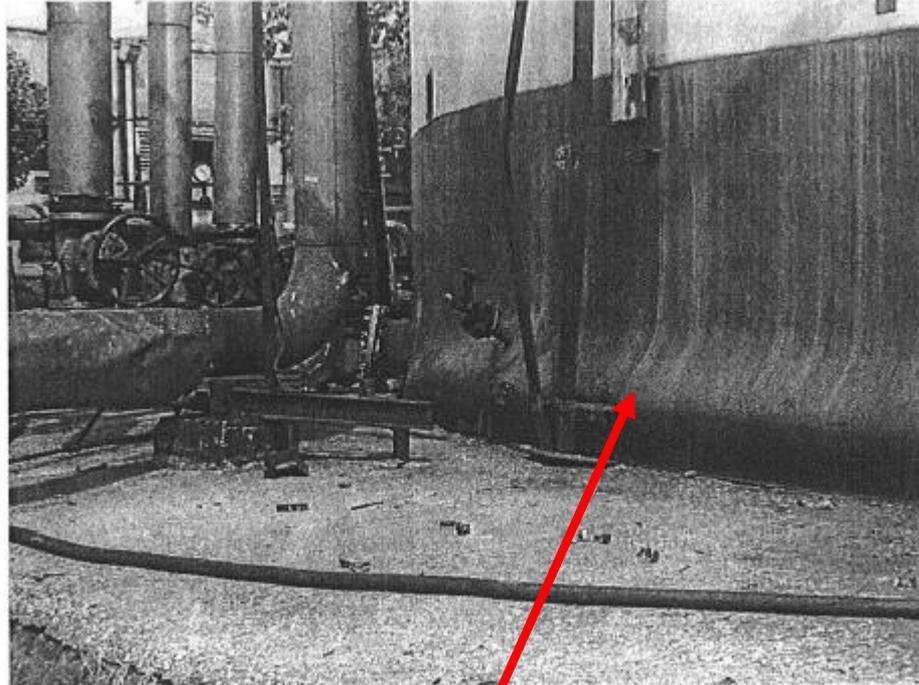
## MANTELLO DEFORMAZIONI



Deformazione tetto fisso per sottovuoto  
sopra livello liquido stoccato  
(favorita anche da corrosione virole superiori)  
DA EEMUA 159

## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DEFORMAZIONI

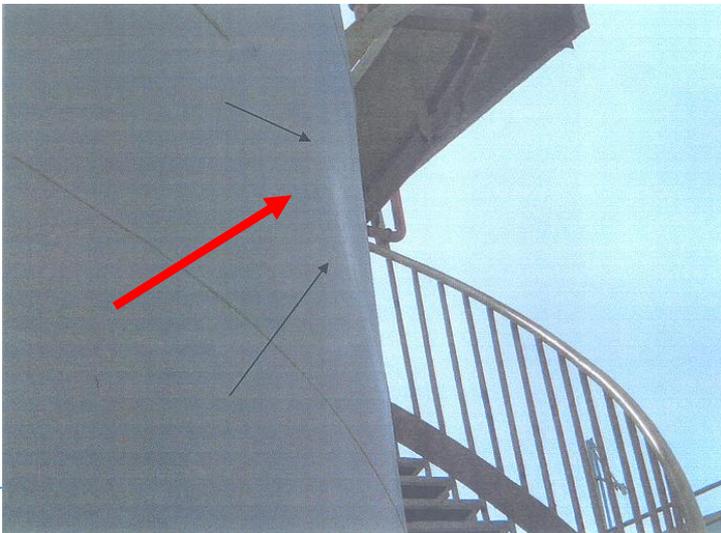


Deformazione a zampa di elefante alla base serbatoio  
Non uniforme distribuzione del carico assiale  
Ad esempio, nel caso di terremoti, per spostamenti repentini del  
fluido stoccato  
DA EEMUA 159

# Tipologia di danneggiamenti

## MANTELLO DA ESTERNO

### Deformazioni



## Tipologia di danneggiamenti

### MANTELLO DA INTERNO

### difetti originali di costruzione



Tratti di saldatura non completati

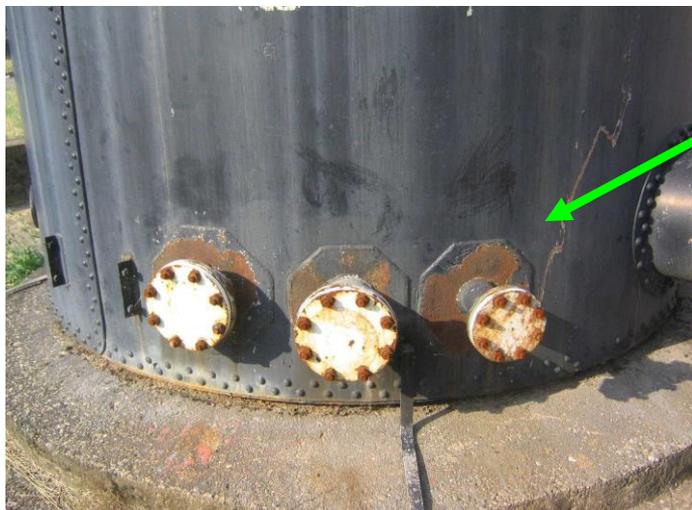


Sfogliature in lamiera

## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

#### Passi d'uomo e bocchelli



Ossidazioni  
corrosioni



Saldatura irregolare

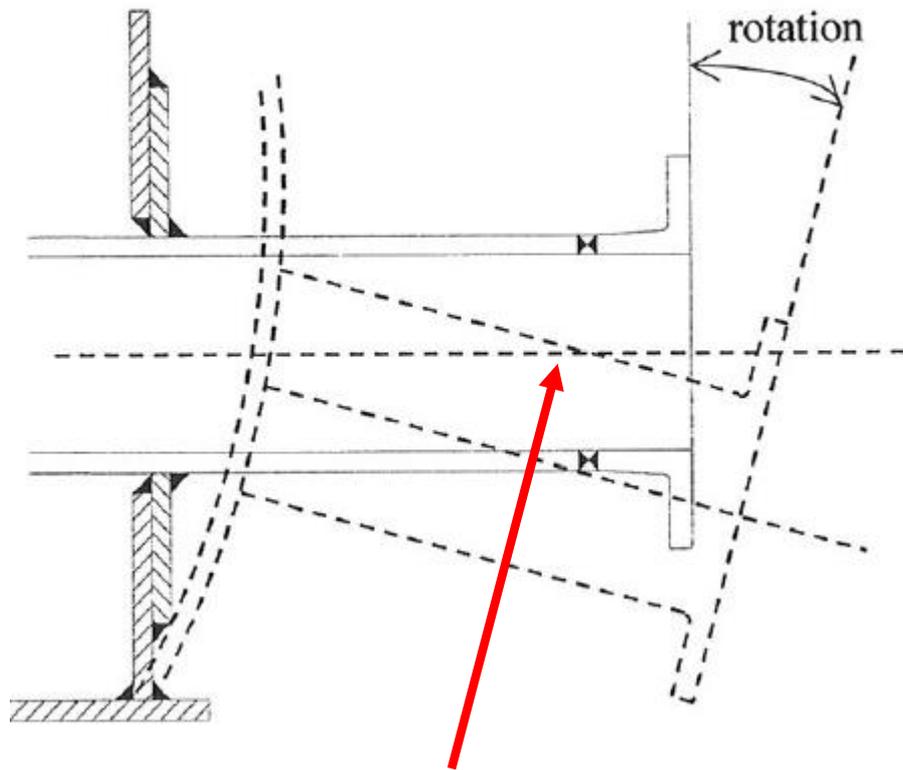


Assenza saldatura

## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

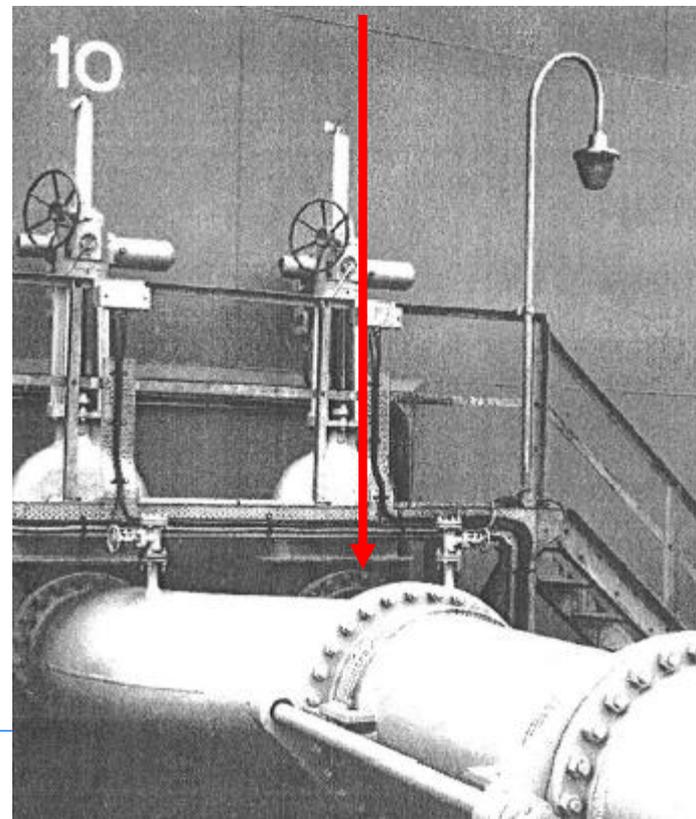
#### Passi d'uomo e bocchelli



Rotazione accoppiamento flangiato  
bocchello a causa deformazione del  
mantello indotta in fase caricamento  
prodotto

DA EEMUA 159

Assestamento differenziale tra  
serbatoio e piping ad esso  
collegato  
Momento flettente aggiuntivo su  
piping  
DA EEMUA 159



## ACCESSORI DEL MANTELLO

### Scale elicoidali – Scale alla marinara

Mediamente 1 scala elicoidale ogni 60 m di circonferenza del serbatoio  
Oltre le 2 scale elicoidali, si contano anche le scale alla marinara

Disposizione ballatoio in funzione altezza serbatoio

Fino a 9 m: nessun ballatoio

Da 9 a 16 m: 1 ballatoio a  $H/2$

Da 16 a 20 m: 2 ballatoi a  $H/3$

Oltre 20 m: 3 ballatoi a  $H/4$

Larghezza scala: min 800 mm

Passo gradini:  $2a+p=630$  mm (a:alzata, p: larghezza, es: a=200 mm, p=230 mm)

Scala alla marinara

Guardiacorpo D 800 mm, da iniziare non più di 2,2 m da terra

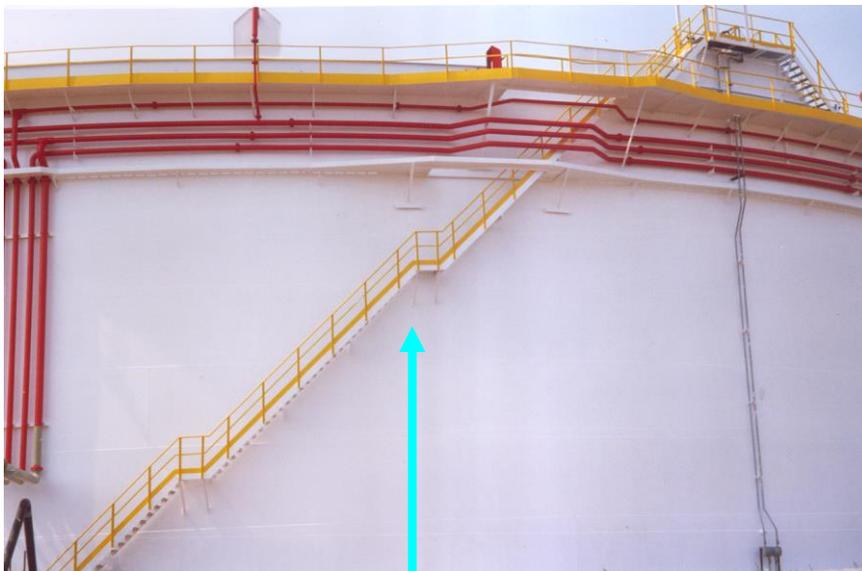
Ballatoi intermedi ogni 9 m di scala

Pioli tondi diam 20 mm

Catenella sicurezza in sommità diam 6 mm

## ACCESSORI DEL MANTELLO

### Scala elicoidale



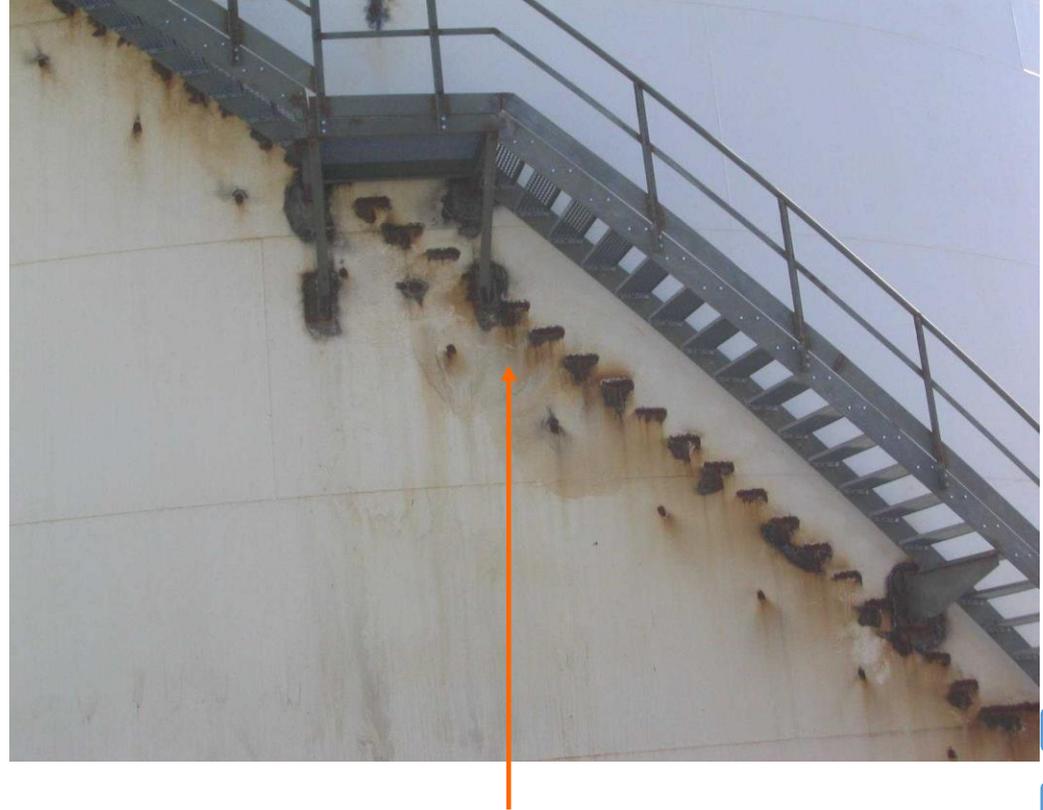
**Scala elicoidale di recente  
montaggio, conforme agli  
standard attuali**

## ACCESSORI DEL MANTELLO

### Scala elicoidale



**Scala collegata a passerella  
attraversamento bacino**



**Residui vecchia scala smontata**

# Tipologia di danneggiamenti

## ACCESSORI DEL MANTELLO

### Scala elicoidale



**Gradini saldati al mantello**



**Scala sorretta da puntoni saldati direttamente al mantello**

**Ostacoli sul percorso**



**Ringhiera non conforme manca battipiede e cosciali**



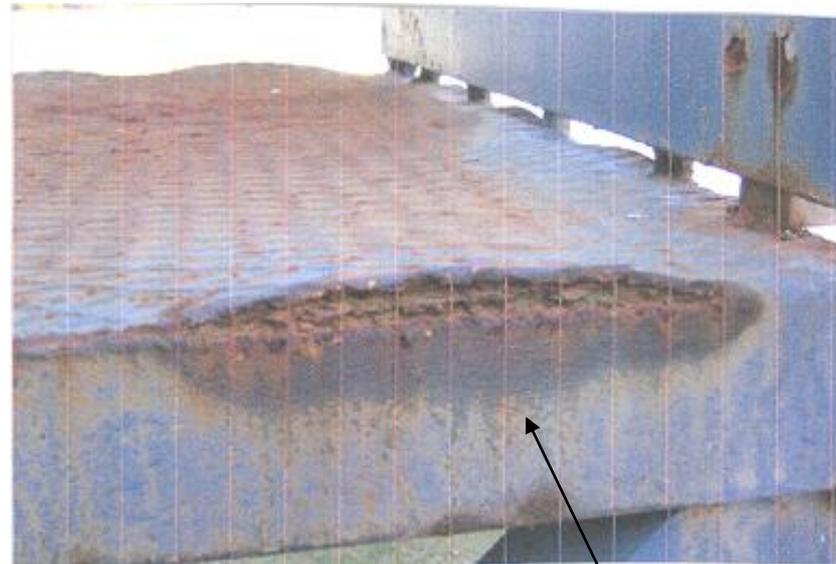
## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

#### Scala elicoidale



**Corrosione  
generalizzata**



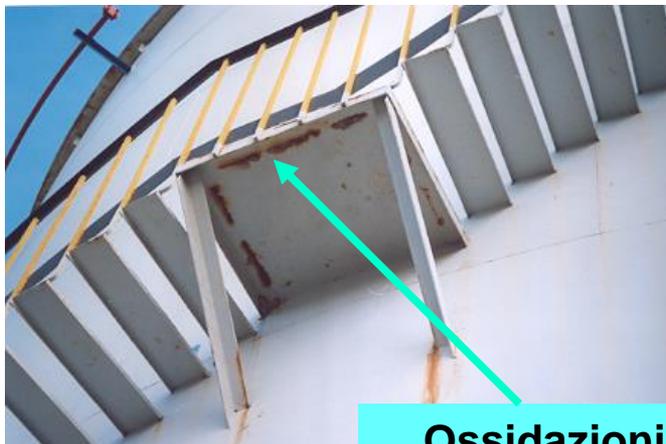
**Ossidazione  
stratiforme tra  
piano calpestio  
e struttura  
scala**



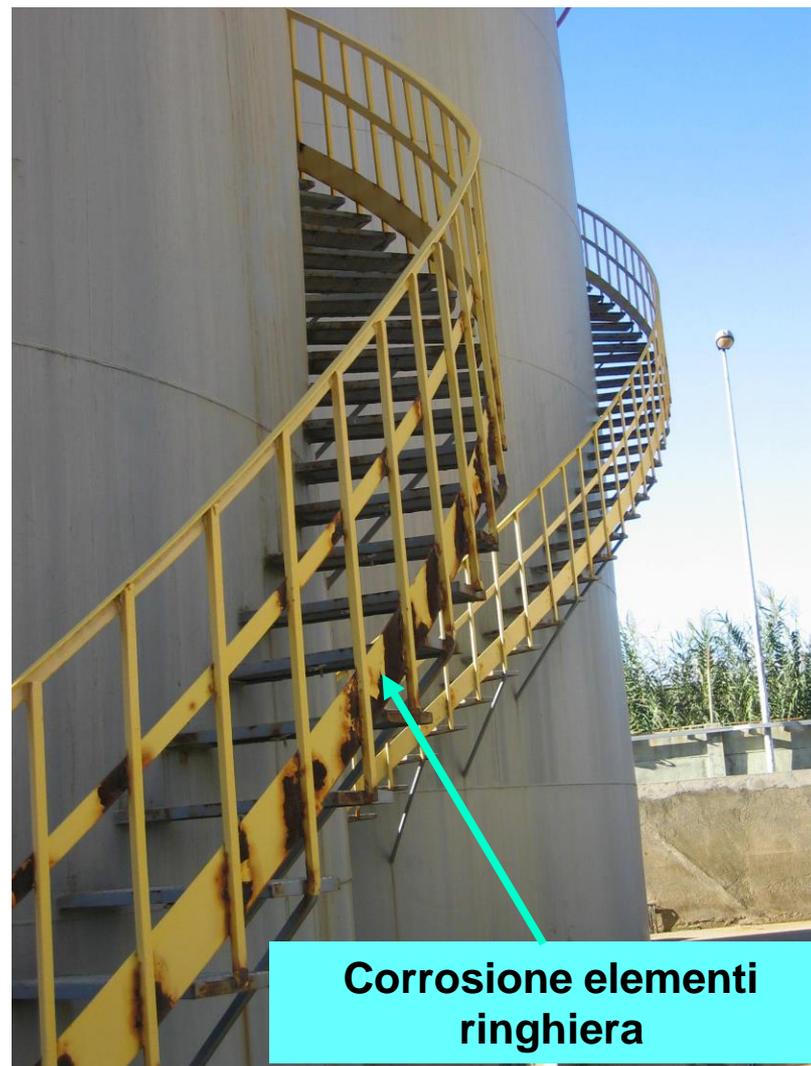
## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

#### Scala elicoidale



**Ossidazioni piano calpestio ballatoio**



**Corrosione elementi ringhiera**



**Distacco eccessivo tra scala e mantello**

## ACCESSORI DEL MANTELLO

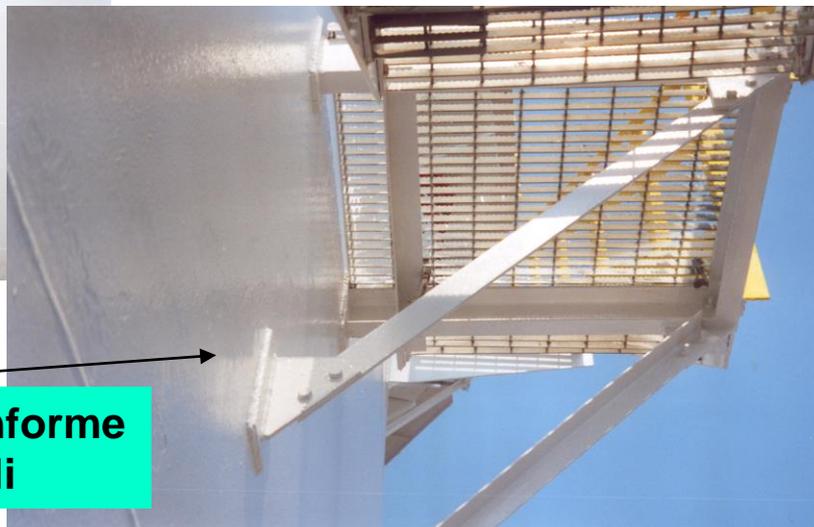
### Scala alla marinara



**Scala di tipi recente, conforme agli standard attuali**



**Scala di vecchio tipo supporti direttamente saldati al mantello**



## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

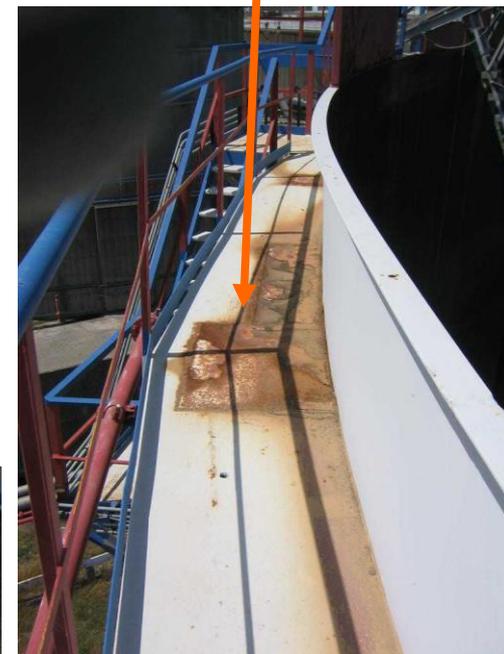
#### Passerella di coronamento per serbatoi a tetto galleggiante



**Passerella ripristinata di recente**



**Corrosione generalizzata**



**Pustole di corrosione**

## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

#### Passerella di coronamento per serbatoi a tetto galleggiante



**Corrosione in corrispondenza supporti antincendio**



**Corrosione intradosso piano calpestio**



**Pezza saldata su piano calpestio**

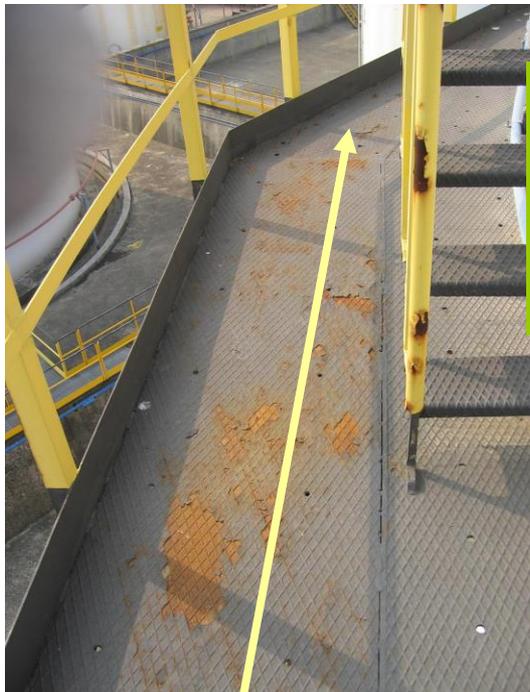


**inserto**

# Tipologia di danneggiamenti

## ACCESSORI DEL MANTELLO

### Piattaforma di accesso alla scala basculante per serbatoi a tetto galleggiante



Assenza slargo su passerella coronamento in corrispondenza piattaforma



slargo su passerella coronamento in corrispondenza piattaforma

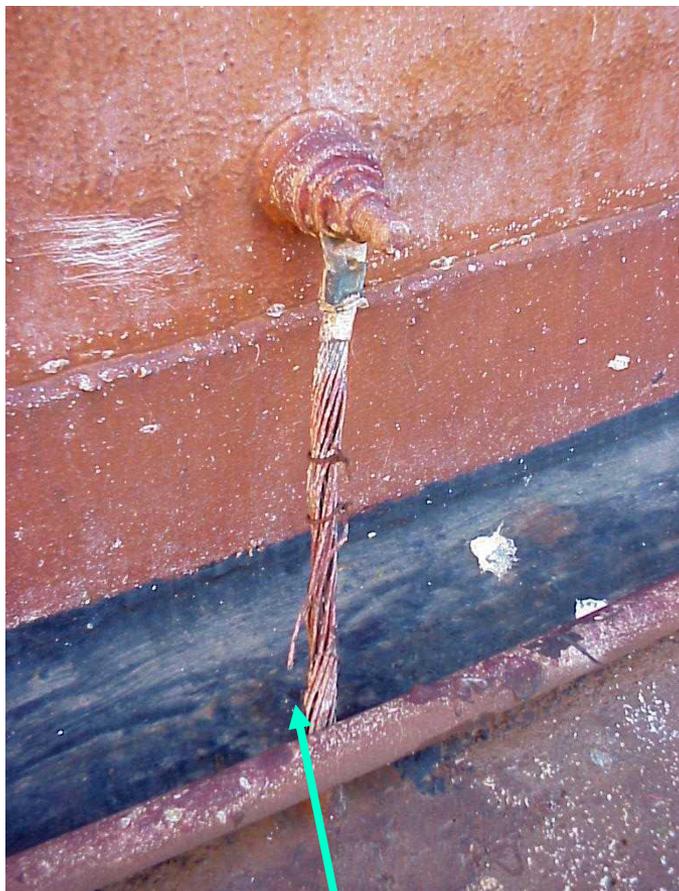
Piattaforme esterne



## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI DEL MANTELLO

#### Messe a terra - Sistemi misurazione livello-stadia



**Treccia danneggiata**



**Stadia divelta**



**Messa a terra  
staccata**

## TETTI GALLEGGIANTI

### Serbatoi a tetto galleggiante

#### Serbatoi a singolo pontone

tetto calcolato per (fluido stoccato di densità 0,7):

- a) per reggere 250 mm di acqua stagnante, calcolata su tutta la superficie del tetto e con il drenaggio principale fuori uso
- b) per galleggiare anche con 2 cassoni adiacenti bucati, con un foro anche sul telo centrale e con il drenaggio principale fuori uso

#### Serbatoi a doppio pontone

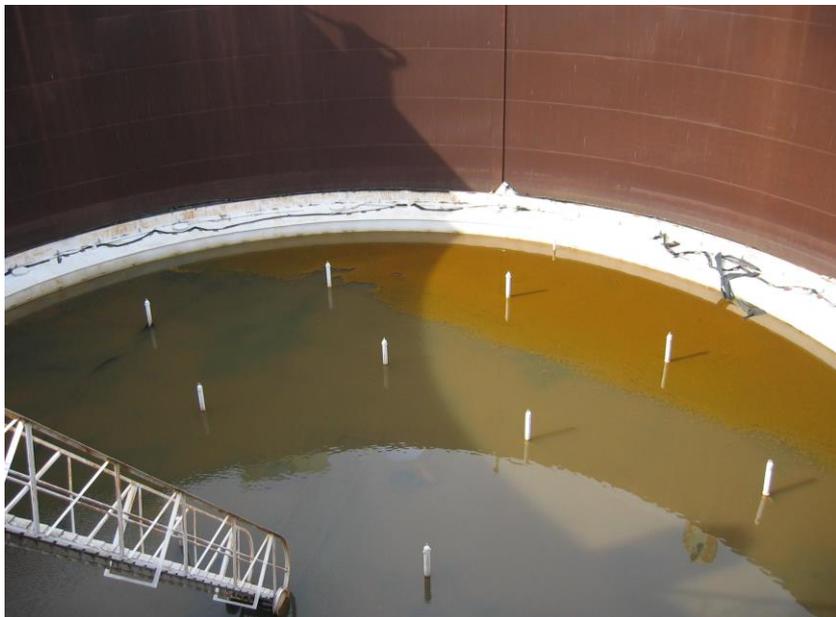
tetto calcolato per (fluido stoccato di densità 0,7):

- a) per reggere 250 mm di acqua stagnante, calcolata su tutta la superficie del tetto e con il drenaggio principale fuori uso
- b) per galleggiare anche con 2 scomparti adiacenti bucati e con il drenaggio principale fuori uso

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO

#### Allagamenti



**Allagamento parziale del telo centrale**

**Allagamento completo del telo centrale**



### TETTO GALLEGGIANTE

### TIPOLOGIA CORROSIONI

#### DA ESTERNO

#### FATTORI DI INFLUENZA:

- condizioni ambientali
- stato di conservazione della verniciatura
- coibentazione

#### LOCALIZZAZIONE TIPICA

- avvallamenti su lamiera telo centrale
- attacco pareti verticali cassoni di galleggiamento, lato telo centrale, per ristagno di acqua
- fascia periferica tra virolina e guarnizione di tenuta causa scarso drenaggio alla base virolina e ristagni sotto profilato guarnizione
- alla base supporti saldati sul tetto, per ristagno umidità e detriti
- alla base vents e tenute a causa vapori di prodotto emessi (raramente)

#### DA INTERNO

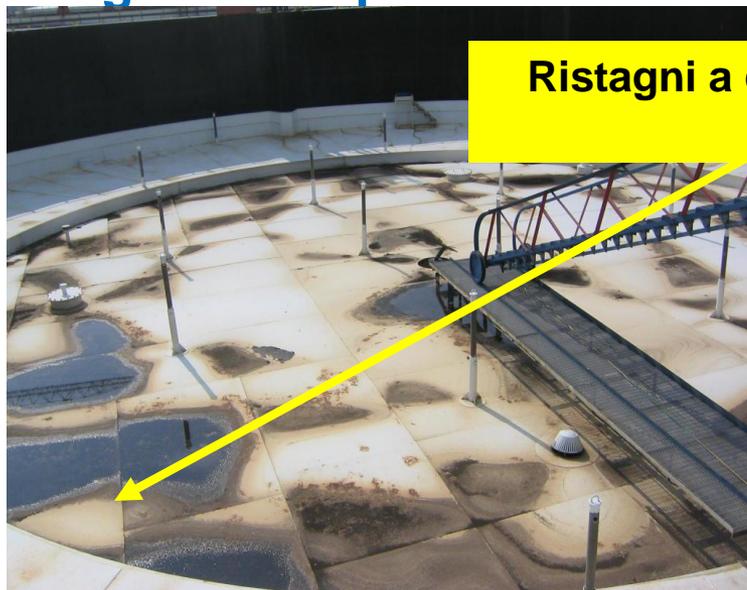
Corrosione accentuata poco frequente in quanto le lamiere del sottotetto sono a contatto con prodotto

Più frequente sulle pareti verticali dei cassoni lato mantello esposte ai vapori

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO

#### Ristagno di acqua-detriti



**Ristagni a chiazze su avvallamenti lamiera**



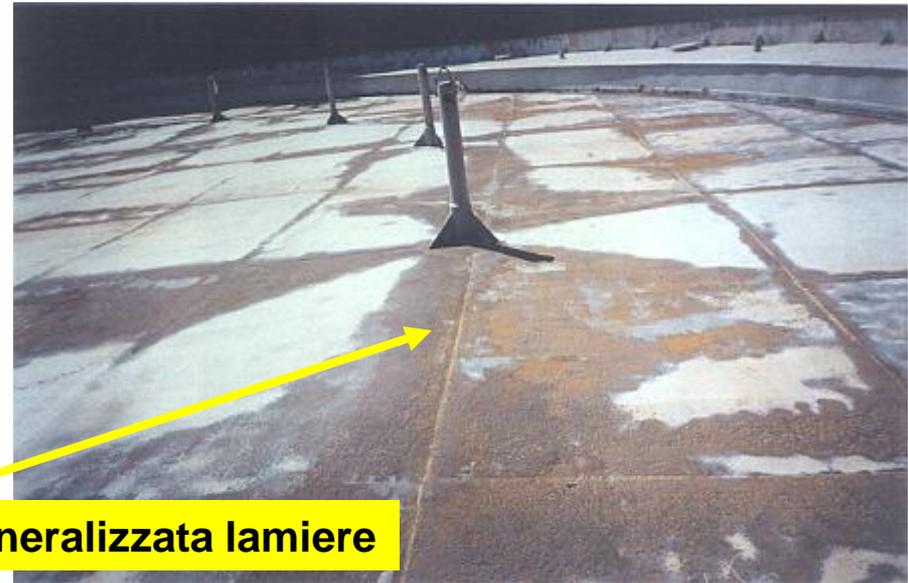
**Ristagno zona centrale per inefficienza drenaggio**



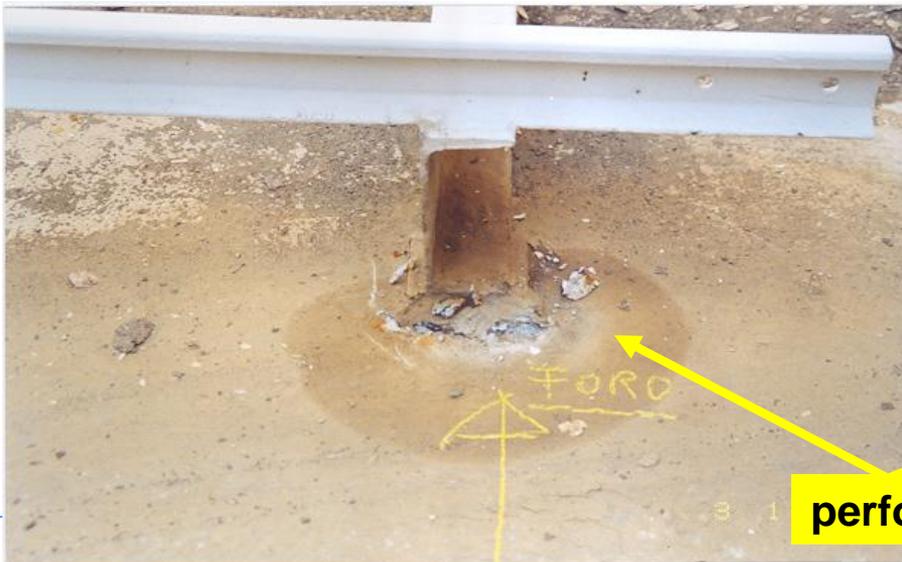
**Ciclo di verniciatura non corretto**

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO corrosione lamiera telo centrale



Ossidazione generalizzata lamiera



perforazioni

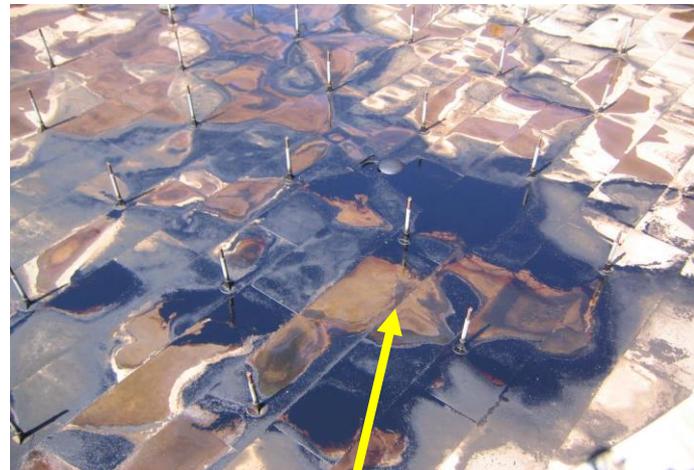
## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO

#### spandimenti -trafilamenti di prodotto su telo centrale



**Spandimenti di prodotto**



**Trafilamenti prodotto causa perforazione lamiera**



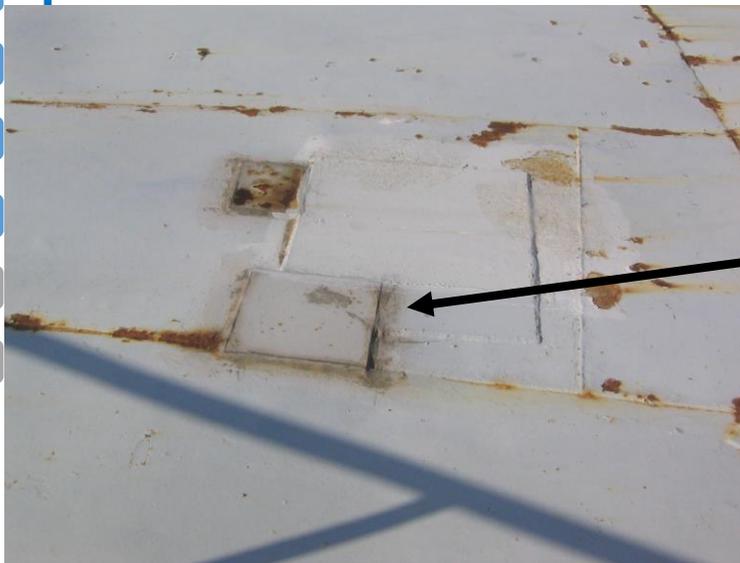
**Tamponamento temporaneo di un trafilemento**



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO

#### riparazioni su lamiera telo centrale



Pezze  
saldate



Riparazione  
temporanea  
su forature

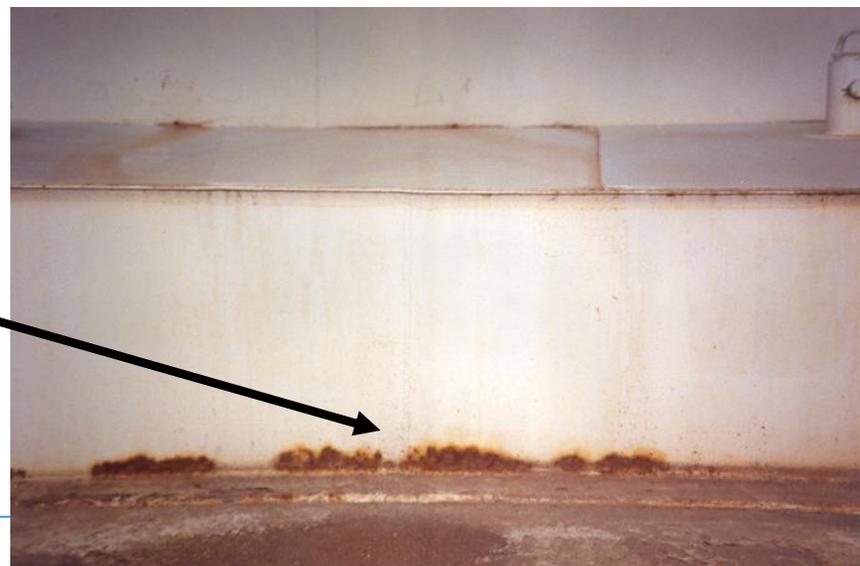


## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO corrosione lamiera cassoni di galleggiamento



**Corrosione alla base della  
parete verticale dei  
cassoni di galleggiamento**



## Tipologia di danneggiamenti

# TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

## corrosione lamiere cassoni di galleggiamento

Ossidazione generalizzata

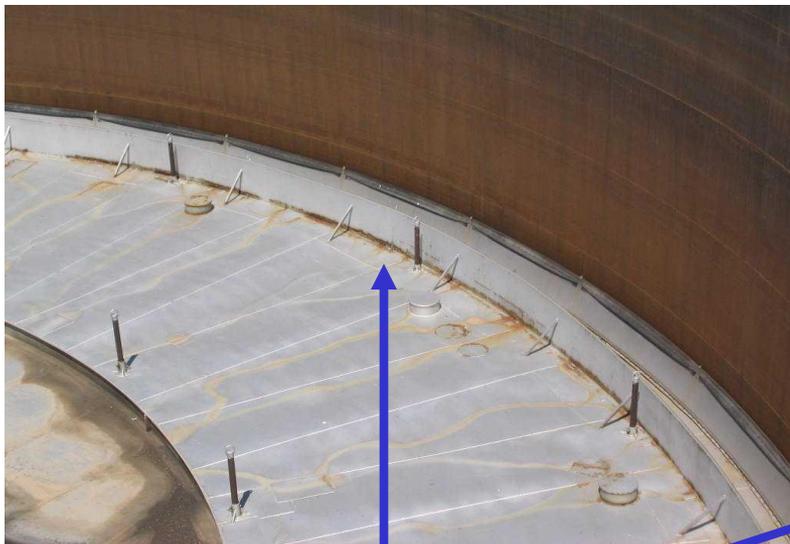


Corrosioni/perforazioni su  
copertura cassoni



## TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

### corrosione lamiera cassoni di galleggiamento



**Corrosioni lamiera  
copertura cassoni alla  
base violina  
paraschiuma**



**Perforazione cassoni in adiacenza  
alla violina paraschiuma**



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

lamiere cassoni di galleggiamento

corona periferica tra guarnizione e virolina paraschiuma



Sporcamento di prodotto



Detriti provenienti  
da corrosione  
mantello



Ristagni di acqua

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

lamiere cassoni di galleggiamento

corona periferica tra guarnizione e violina paraschiuma



**Corrosione generalizzata non attiva**

**Corrosione generalizzata attiva**

## Tipologia di danneggiamenti

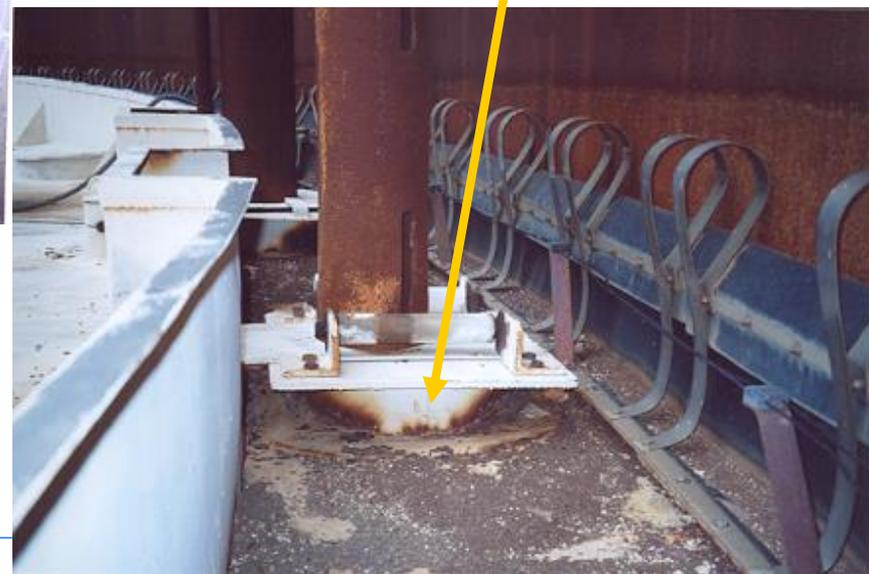
### TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

lamiere cassoni di galleggiamento

corona periferica tra guarnizione e violina paraschiuma



**Corrosione accentuata in zona  
slargo tubo guida-tubo di calma**



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE A SINGOLO PONTONE DA ESTERNO

lamiere cassoni di galleggiamento

corona periferica tra guarnizione e violina paraschiuma



**perforazioni**

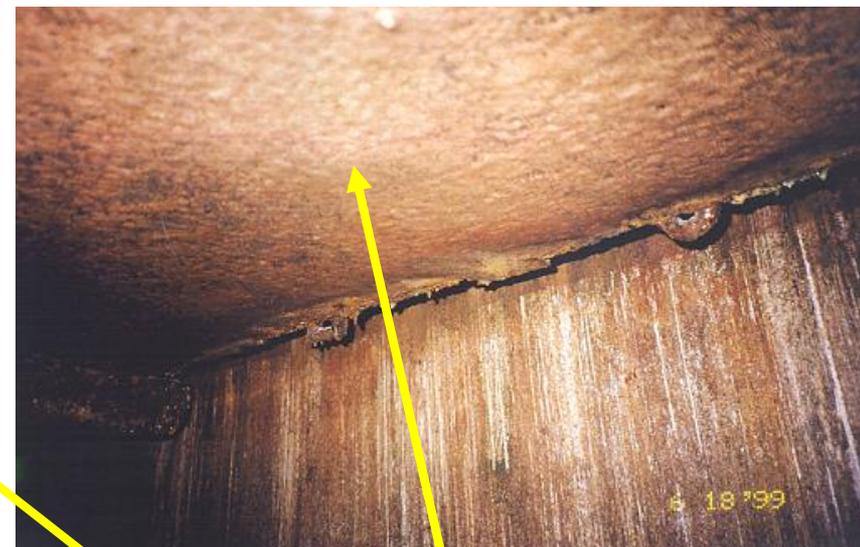


**Corrosione in corrispondenza  
attacco guarnizione di tenuta**

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO

#### lamiere sottotetto



**Sottotetto non verniciato  
ossidazione diffusa**

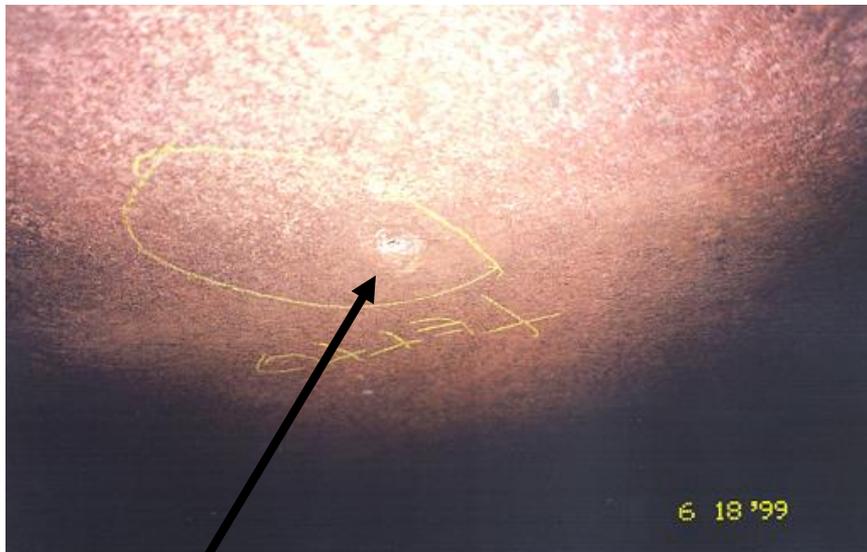


**Sottotetto verniciato  
distacchi diffusi della protezione**

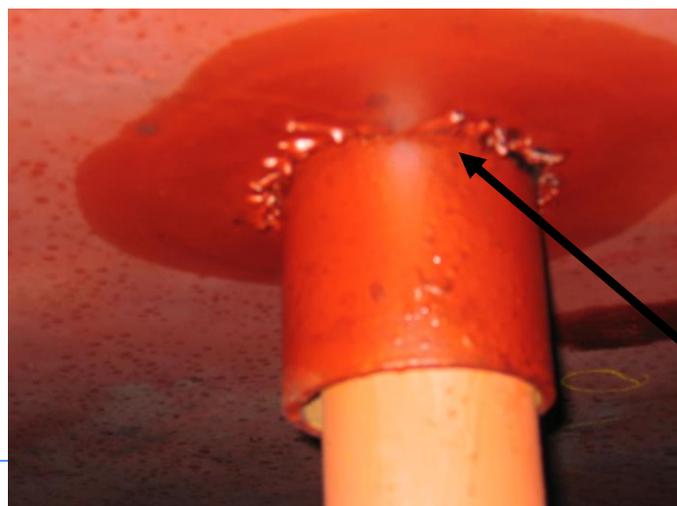
## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO

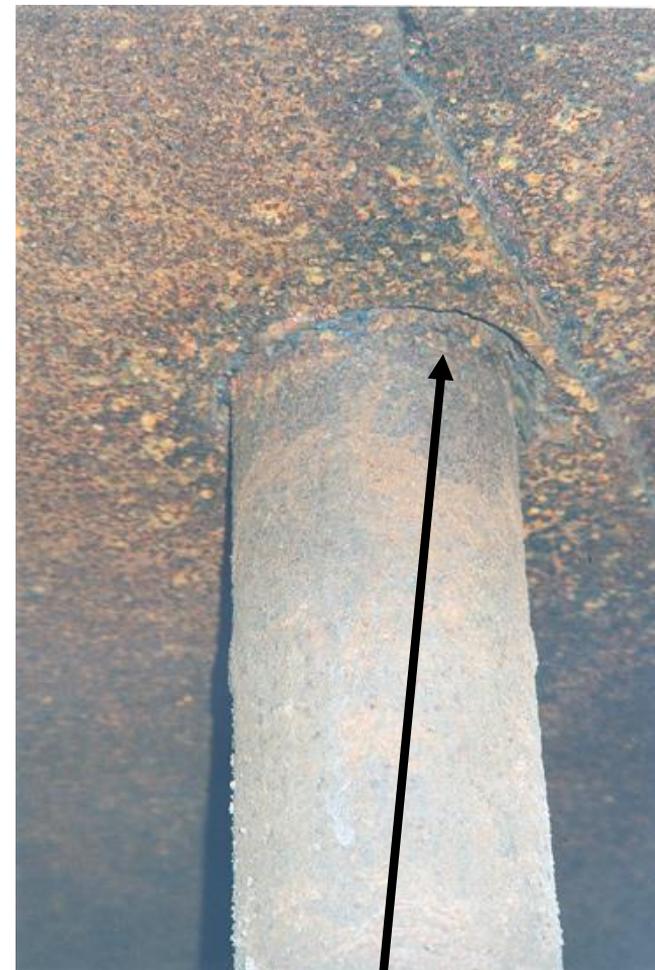
#### lamiera sottotetto



**Perforazione  
lamiera per  
corrosione  
esterna**

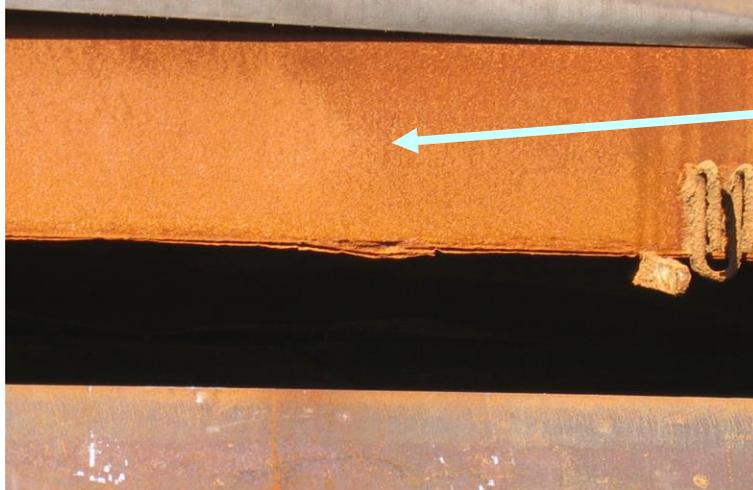


**Tipici penetrazioni non  
saldate lato sottotetto**

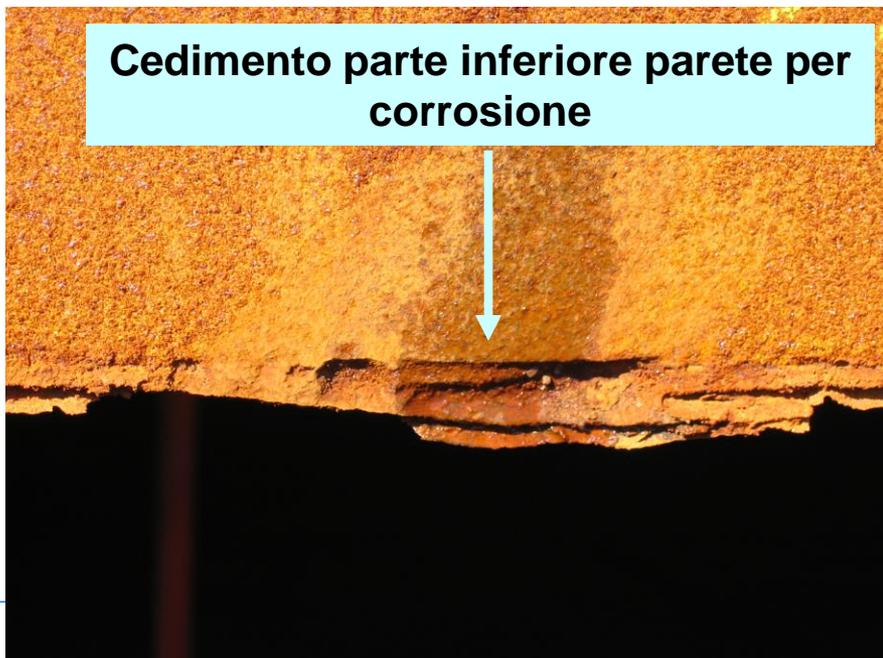


## TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO

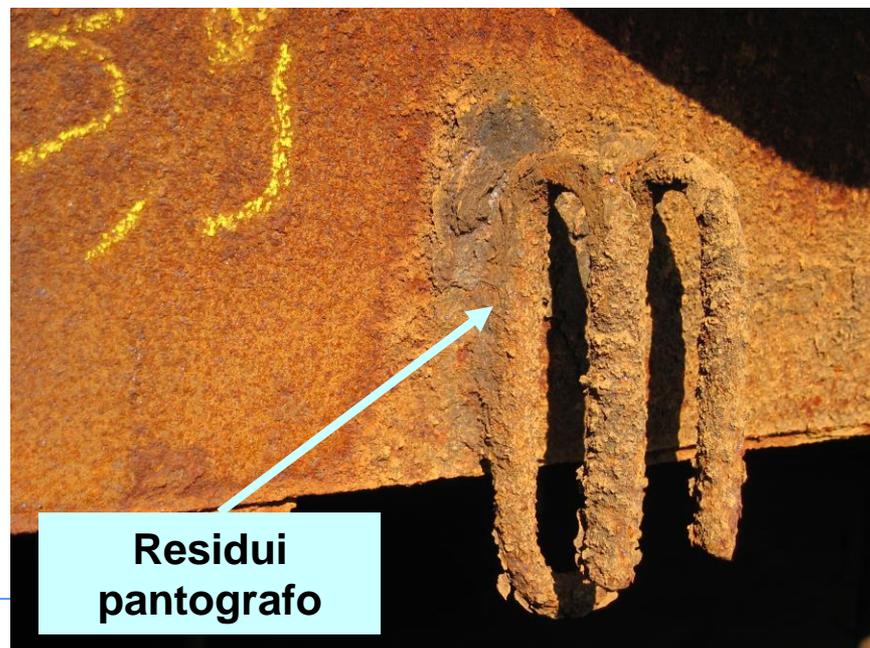
### parete verticale lato mantello dei cassoni di galleggiamento



Ossidazione  
generalizzata parete  
verticale



Cedimento parte inferiore parete per  
corrosione



Residui  
pantografo

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE

#### interno cassoni di galleggiamento

Ossidazione generalizzata



Ossidazione localizzata



Assottigliamento  
irrigidimenti interni



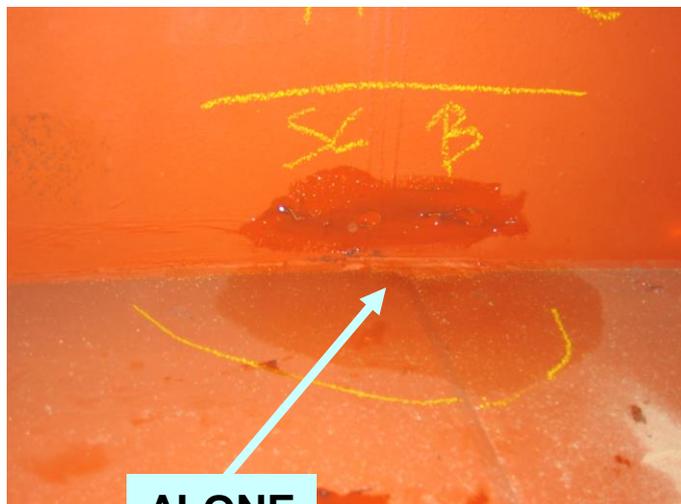
Perforazioni per corrosione  
parete lato prodotto



# Tipologia di danneggiamenti

## TETTO GALLEGGIANTE

### interno cassoni di galleggiamento



**ALONE**



**Trafilamento da  
saldatura**



**Trafilamento da saldatura**



**Trafilamento da saldatura**

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE

#### interno cassoni di galleggiamento



Trafilamenti di prodotto



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO GALLEGGIANTE

#### interno cassoni di galleggiamento



Trafilamento da saldatura penetrazione



Rottura fazzoletti



Tratto saldatura mancante



## TETTO GALLEGGIANTE

### Criteri di accettabilità

#### API 653

Zone del telo centrale o dei cassoni interessate da rotture, perforazioni o impuntature devono essere riparate o sostituite

Zone interessate da assottigliamenti tali da determinare uno spessore medio residuo inferiore a 2,28 mm (0,09") su un'area di 650 cm<sup>2</sup> (100 inches<sup>2</sup>) devono essere riparate o sostituite

Zone interessate da pitting devono essere oggetto di valutazione per accertare che le corrosioni non diventino passanti prima della prossima ispezione

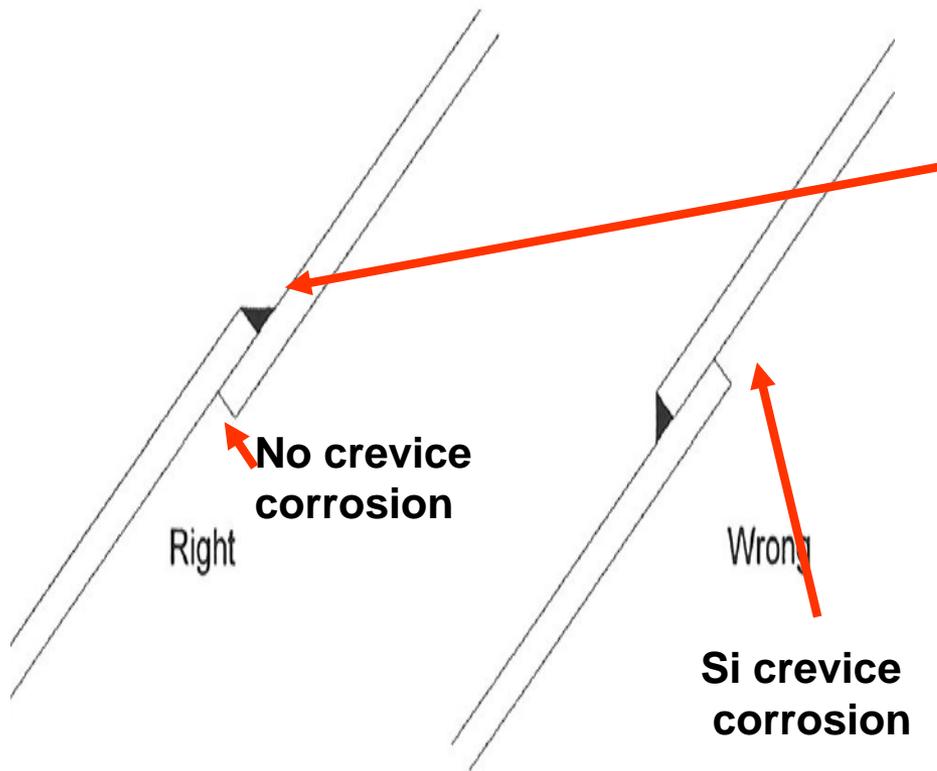
#### Criteri previsti in altre specifiche

Lamiere centrali tetto, lamiere inferiori pontone (fondo cassoni o lamiere inferiori doppio pontone) pareti verticali cassoni: spessore medio residuo inferiore a 3 mm in un'area 500x500 mm

Lamiera superiore pontone (TG doppio pontone): spessore medio residuo inferiore a 2 mm in un'area 500x500 mm

## TETTO FISSO DA INTERNO

### Lamiere di copertura-disposizione saldature



**Saldatura d'angolo esterna  
di unione lamiere copertura tetto  
Sovrapposizione corretta per  
evitare crevice corrosion da interno  
su interstizio causa accumulo  
umidità e detriti**

# Tipologia di danneggiamenti

## TETTO FISSO DA INTERNO

### TIPOLOGIE DI ATTACCO TETTO - MANTELLO

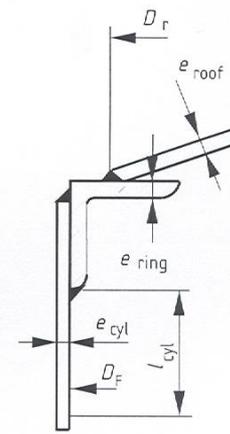
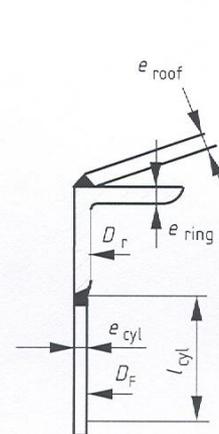
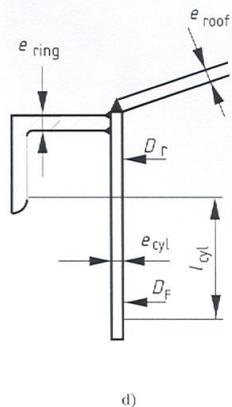
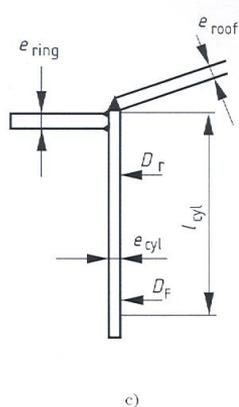
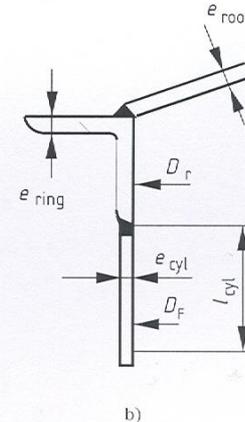
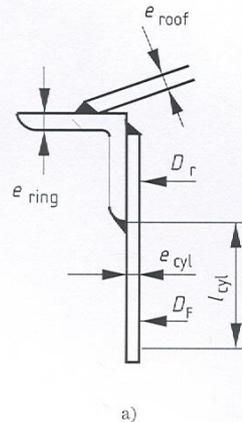
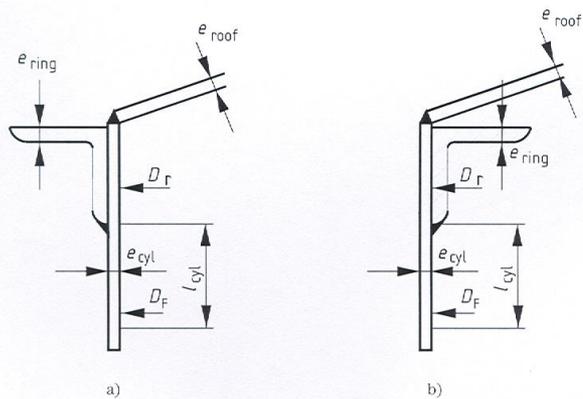
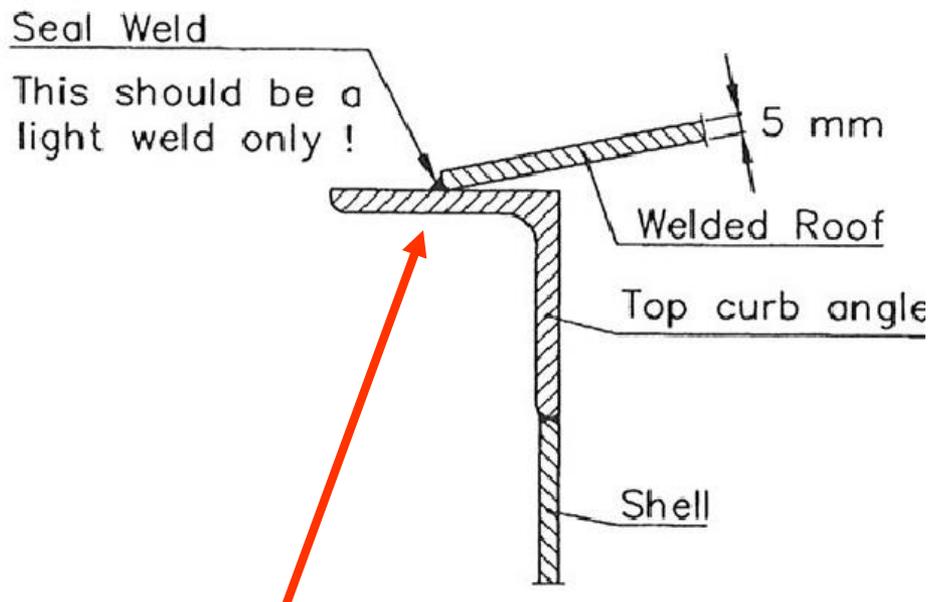


Figure K.4 — Roof to upper course junctions: roof welded to the upper course

## TETTO FISSO DA INTERNO

### Saldatura di sigillo (frangible joint)



Saldatura di attacco tetto a angolare di sommità e non a mantello (saldatura di sigillo-frangible joint)

Se il giunto è frangibile, a seguito sovrappressione interna, inizia a deformarsi l'anello di coronamento e poi si rompe la saldatura

#### EN 14015

Il giunto di sigillo viene calcolato in modo che la pressione di progetto per la rottura del tetto sia più di 2 volte inferiore alla pressione di progetto di rottura della saldatura fondo-mantello

#### API 650

Dimensione cordone saldatura non superiore a 5 mm  
Pendenza del tetto all'attacco con il mantello non superiore a 1:6  
La sezione resistente a compressione nella zona giunto deve essere inferiore ad un certo valore

### TETTO FISSO

#### TIPOLOGIA CORROSIONI DA ESTERNO

##### FATTORI DI INFLUENZA:

- condizioni ambientali
- stato di conservazione della verniciatura
- coibentazione

##### LOCALIZZAZIONE TIPICA

- avvallamenti su lamiera
- alla base supporti saldati sul tetto e alla base parapetto perimetrale per ristagno umidità e detriti
- alla base vents a causa vapori di prodotto emessi (raramente)

#### DA INTERNO

In zona vapori (parte superiore serbatoio, lamiera e capriate), per azione combinata acqua condensata su superfici, aria entrata da organi di respirazione e H<sub>2</sub>S libero (ad esempio, in serbatoi di raffineria in presenza di inquinanti solforati acidi (Visbreaking-Desolforazione)

Danneggiamento più frequente in climi umidi

Nei serbatoi polmonati, corrosione minima

Corrosione sia localizzata che generalizzata

Crevice corrosion in corrispondenza profilati capriate

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA ESTERNO

#### Lamiere telo di copertura

**Discoloramenti vernice**



**Ossidazioni sparse**



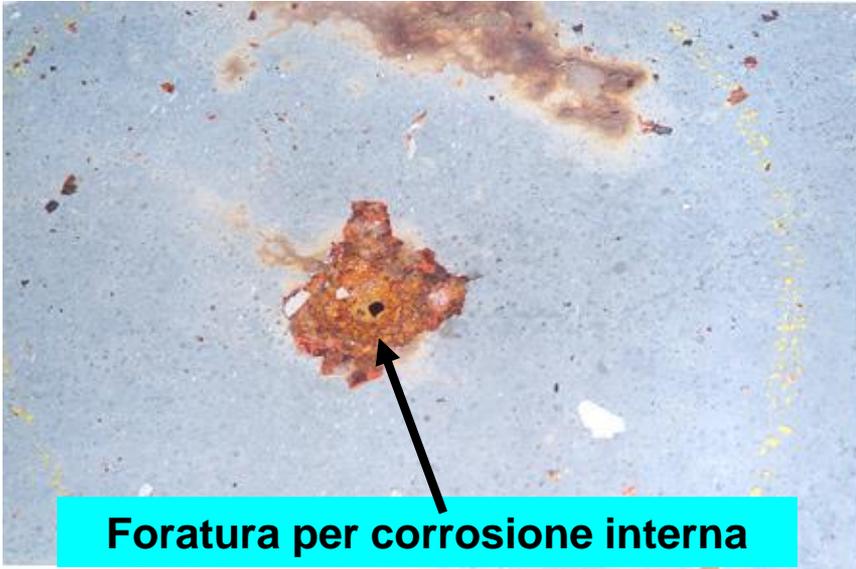
**Corrosioni sparse**



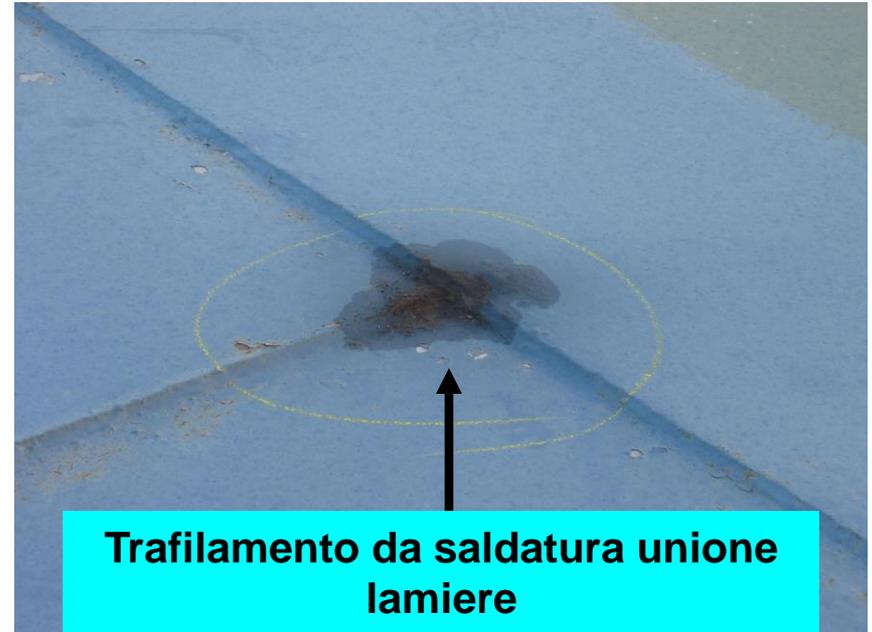
## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA ESTERNO

#### Lamiere telo di copertura



**Foratura per corrosione interna**



**Trafilamento da saldatura unione  
lamiere**

**Sporcamento  
prodotto  
in zona presa  
campione**



## Tipologia di danneggiamenti

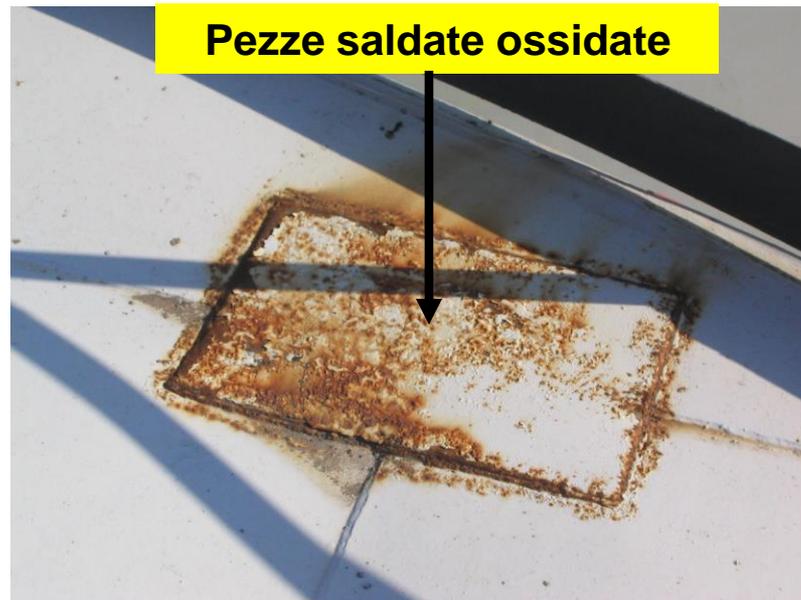
### TETTO FISSO DA ESTERNO

#### Lamiere telo di copertura

**Pezze saldate non verniciate**



**Pezze saldate ossidate**



**Tipico assenza  
piastre  
antiusura sotto  
supporti  
antincendio**

## Tipologia di danneggiamenti

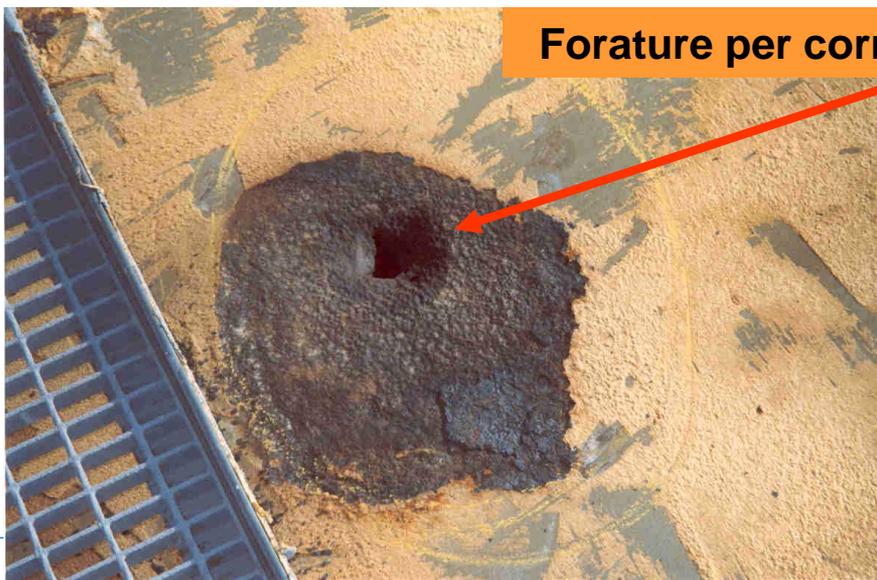
### TETTO FISSO DA ESTERNO

#### Tetti coibentati con schiuma poliuretanaica



**Tipico tetto  
coibentato con  
schiuma  
poliuretanaica**

**Forature per corrosione sottocoibente**



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA ESTERNO

Tetti coibentati con lana di roccia e copertura in lamierino



Tipico corretta sigillatura  
bordo tetto

Tipico corretta sigillatura  
attacchi



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA ESTERNO

#### Tetti chiodati

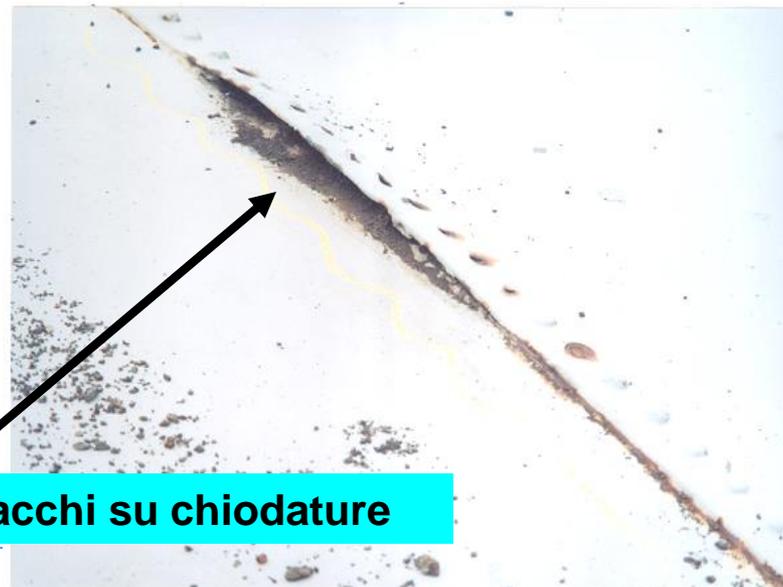
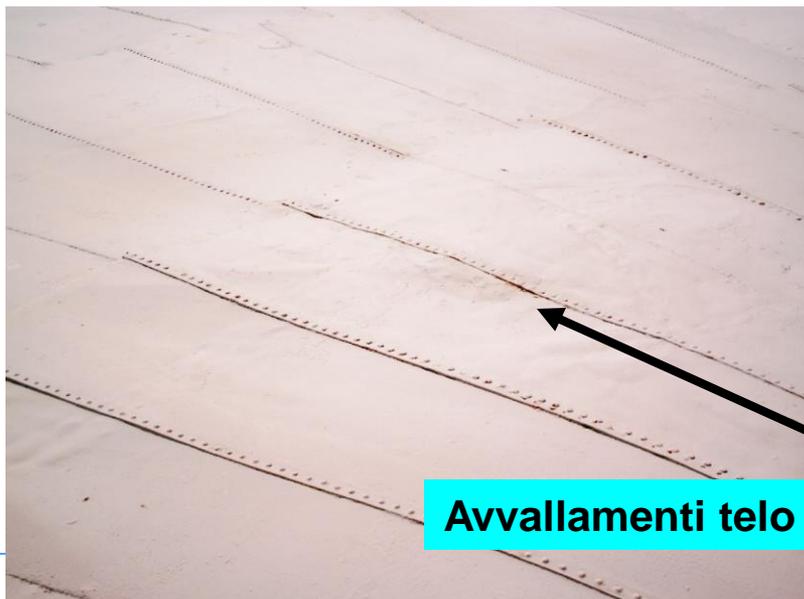
Ossidazione-corrosione diffusa



Pezze saldate su giunti chiodati



Avvallamenti telo con distacchi su chiodature



# Tipologia di danneggiamenti

## TETTO FISSO DA ESTERNO

### Tetti con strutture di sostegno esterne



← **Tipico tetto  
con strutture di  
sostegno esterne**

**Assottigliamento profilati**



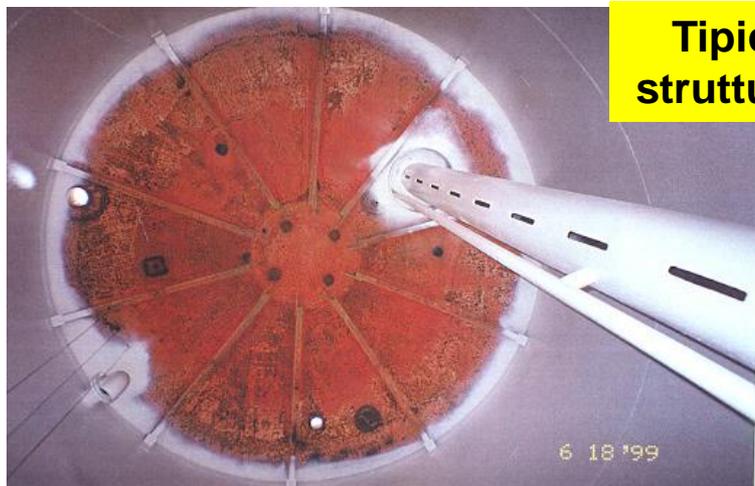
**perforazioni**



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA INTERNO

#### Lamiere di copertura e strutture di sostegno



Tipici sottotetto e  
strutture di sostegno



Vista strutture di  
sostegno senza  
copertura



Particolare  
monaco centrale

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA INTERNO

#### Lamiere di copertura e strutture di sostegno



**Leggera ossidazione strutture**



**Ossidazione generalizzata lamiere copertura e strutture**



**Corrosione parte alta mantello e tetto**

## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA INTERNO

#### Lamiere di copertura e strutture di sostegno

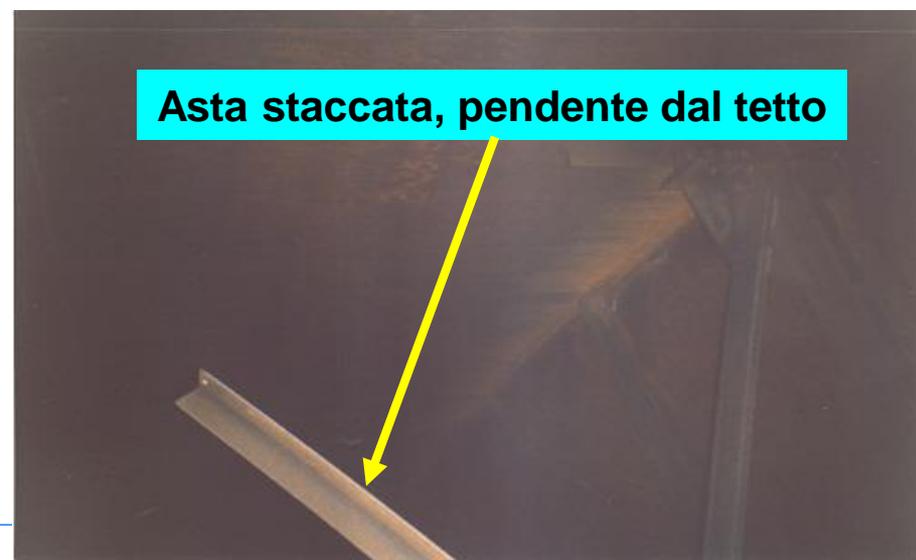
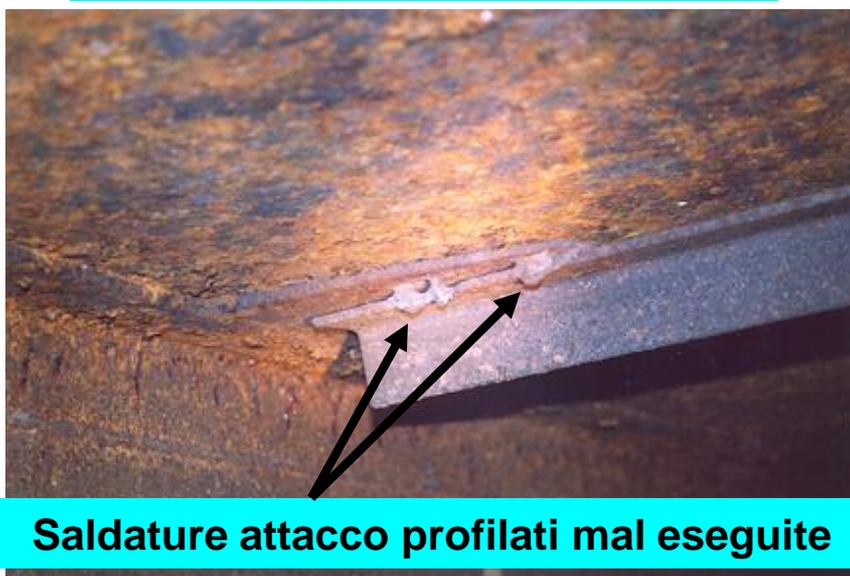
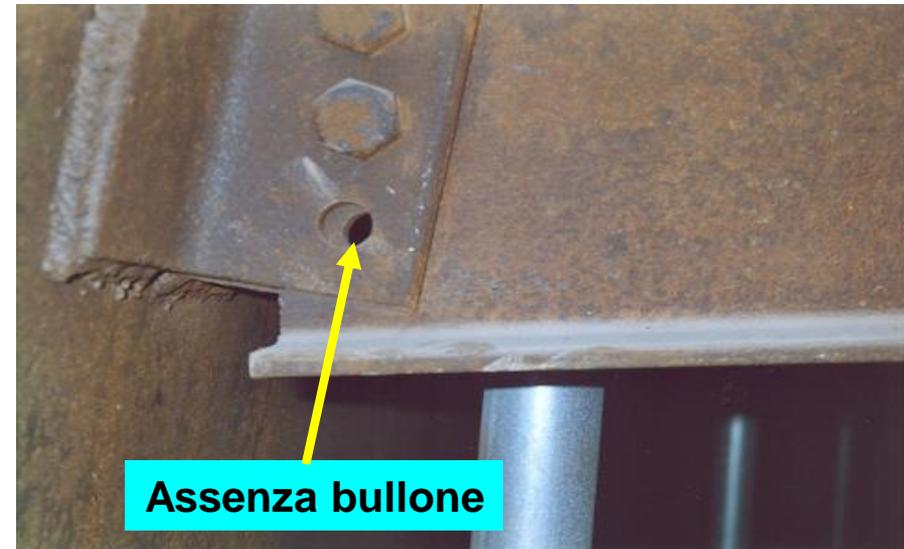
#### Corrosione lamiere sottotetto e strutture



## Tipologia di danneggiamenti

### TETTO FISSO DA INTERNO

#### Lamiere di copertura e strutture di sostegno



## TETTO FISSO

### Criteri di accettabilità

#### API 653

Le strutture di supporto del tetto fisso (colonne, capriate, etc) devono risultare in buone condizioni.

In particolare, elementi interessati da deformazioni (ad esempio, fuori verticalità colonne), da corrosioni o da altri danneggiamenti devono essere riparati o sostituiti

Particolare attenzione deve essere posta alla verifica della presenza di eventuali assottigliamenti sulle superficie interna delle colonne (mediante spessimetria)

Zone interessate da assottigliamenti tali da determinare uno spessore medio residuo inferiore a 2,3 mm (0,09") su un'area di 650 cm<sup>2</sup> (100 inches<sup>2</sup>) devono essere riparate o sostituite

#### Criteri previsti in altre specifiche

Lamiere tetto: spessore medio residuo inferiore a 2 mm in un'area 500x500 mm

Strutture di sostegno tetto: assottigliamenti superiori al 25% dello spessore originale

## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI TETTO PASSI D'UOMO



**Corrosione alla base colletti  
passi d'uomo**

Numero e diametro passi d'uomo  
funzione diametro serbatoio

Ad esempio:

Per  $D < 6$  m: 1 PDU 24"

D 6-35 m: 2 PDU 24"

D 36-60 m: 2 PDU 30"

D 61-80 m: 3 PDU 30"

D > 80 m: 4 PDU 30"



## Tipologia di danneggiamenti

### ACCESSORI TETTO PRESE CAMPIONE



**Preso campione di vecchia tipologia**



**Preso campione tipo LUPI**

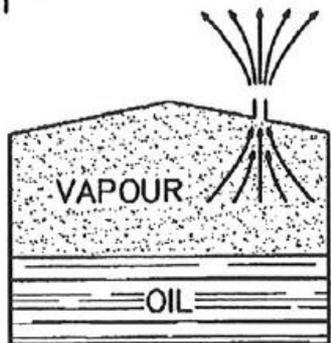
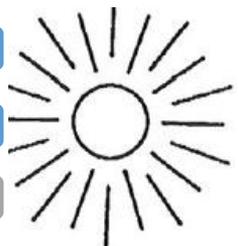


**Corrosione non attiva  
alla base bocchello presa campione**

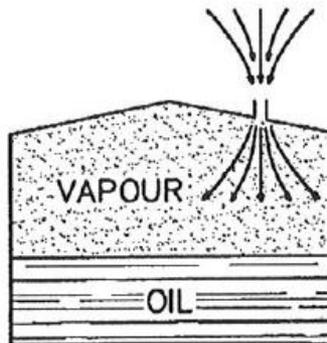
## VALVOLE DI SFIATO

### TETTO FISSO

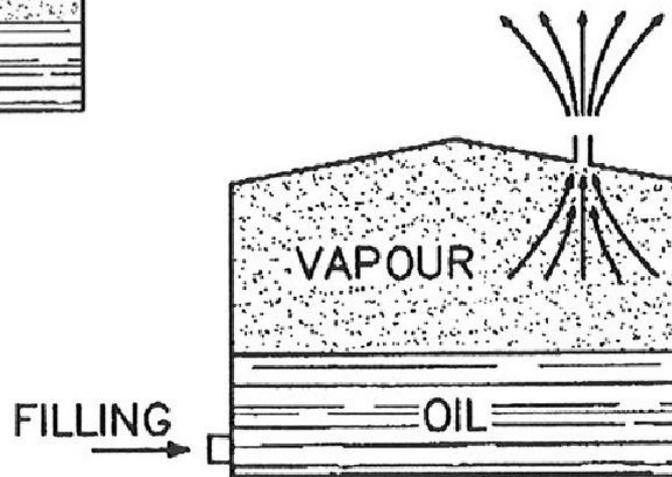
## FUNZIONI VALVOLE SFIATO IN TETTI FISSI



**Respirazione serbatoio durante le operazioni di carico e scarico del serbatoio**



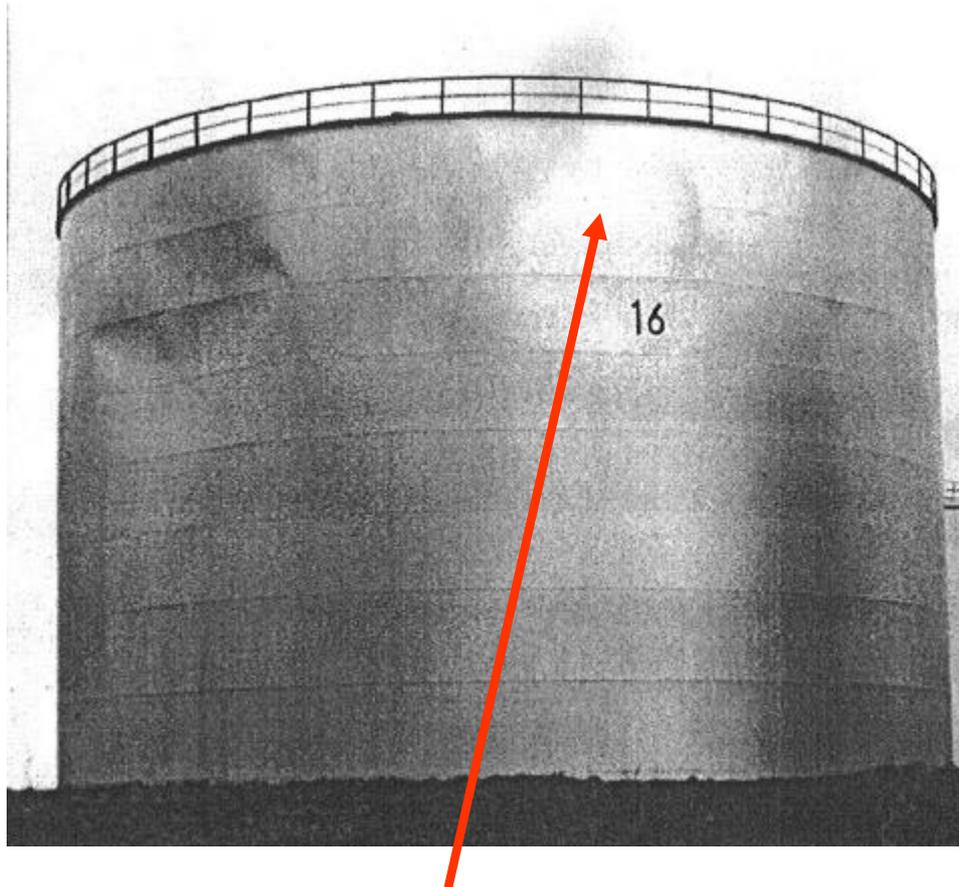
**Respirazione serbatoio per effetto sbalzi termici tra notte e giorno**



## VALVOLE DI SFIATO

## TETTO FISSO

### FUNZIONI VALVOLE SFIATO IN TETTI FISSI



#### DIMENSIONAMENTO VALVOLE DI SFIATO

API 2000

BS2654 APPENDIX F

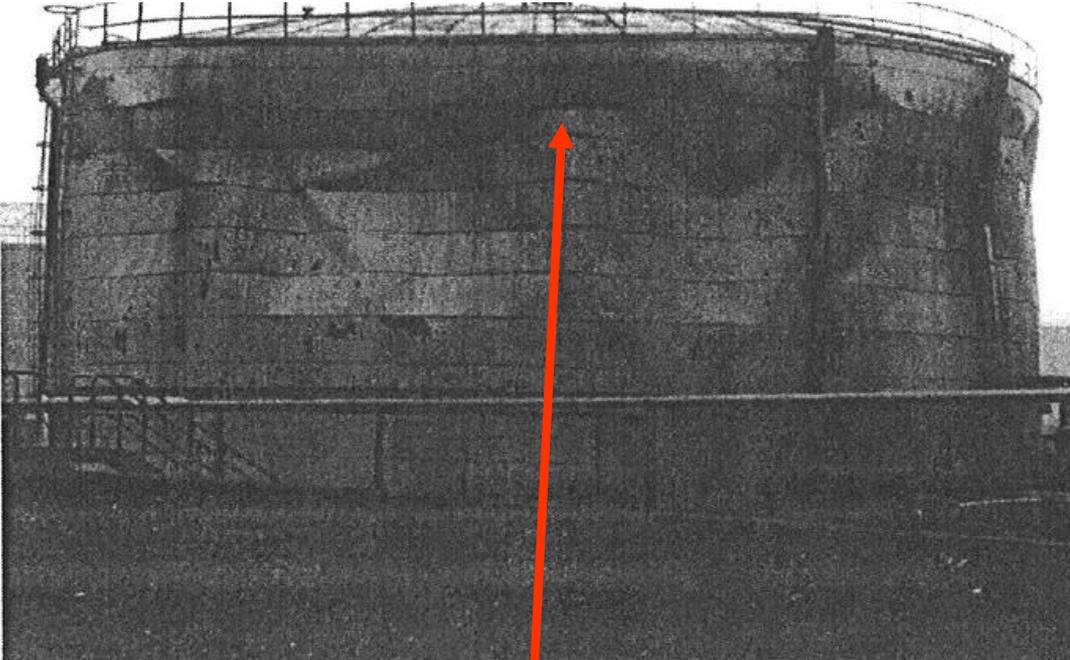
- Velocità di carico/scarico prodotto
- Bruschi sbalzi di temperatura (soprattutto aree tropicali-cicloniche)

Ventilazione inadeguata  
deformazioni mantello e tetto  
DA EEMUA 159

### VALVOLE DI SFIATO

### TETTO FISSO

## VERIFICHE SU VALVOLE SFIATO IN TETTI FISSI

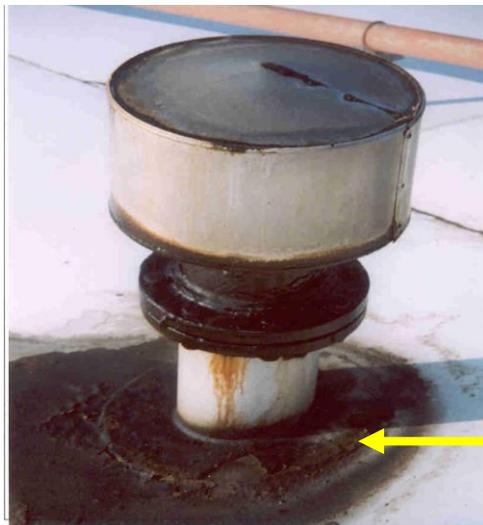


Verificare che lo sfiato non sia otturato da detriti o altro materiale estraneo  
Le retine antinidificazione devono avere mesh di almeno 6 mm (BS 2654)  
Mesh più fini (ad esempio per scopi antifiamma, sono assolutamente sconsigliabili)

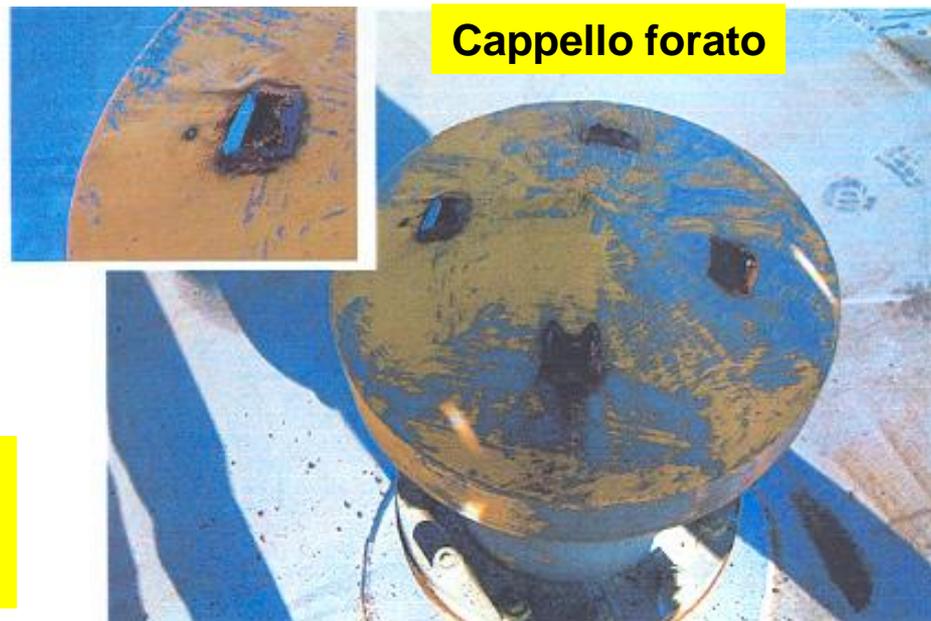
Ventilazione impedita per formazione di ghiaccio sulle retine  
Collasso del serbatoio  
DA EEMUA 159

# Tipologia di danneggiamenti

## VALVOLE DI SFIATO TETTO FISSO



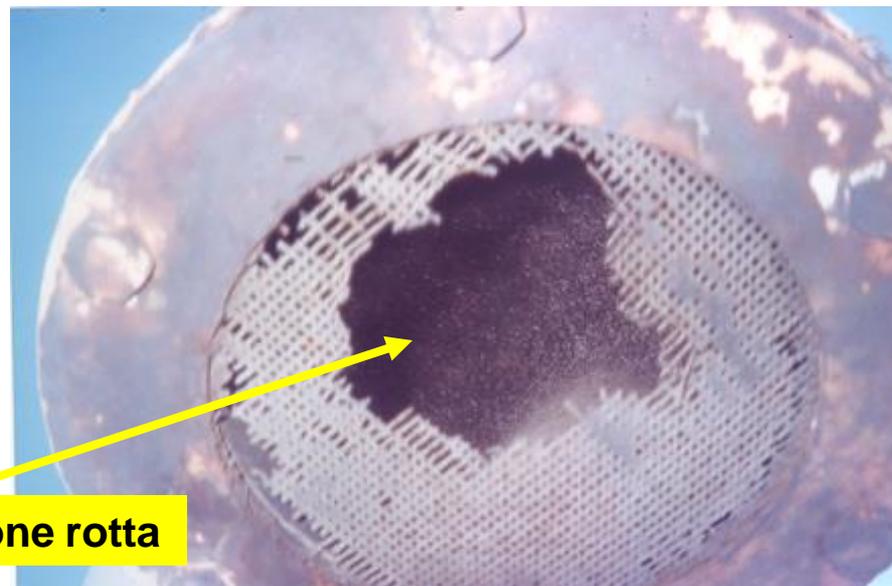
**Residui di  
prodotto  
fuoriuscito**



**Cappello forato**



**Retina di protezione rotta**





## Tipologia di danneggiamenti

- VALVOLE DI SFIATO
- TETTO GALLEGGIANTE
- RIM-VENT



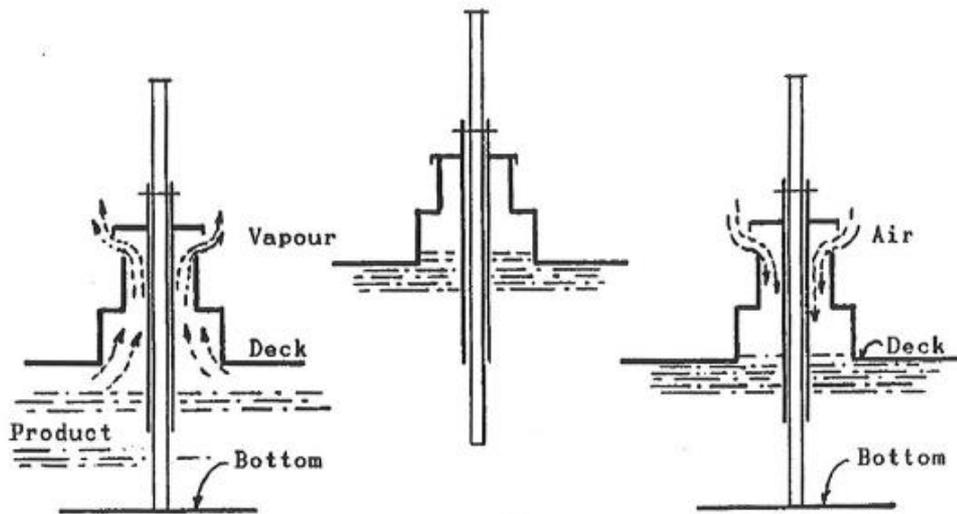
**Corrosione alla base colpetto bocchello**

**Cappello deformato**



**VALVOLE DI SFIATO  
TETTO GALLEGGIANTE**

**TIPI E FUNZIONI VALVOLE SFIATO IN TETTI GALLEGGIANTI**



DA EEMUA 159

Roof on Supports  
Tank being Filled

Roof Floating

Roof on Supports  
Tank being Emptied

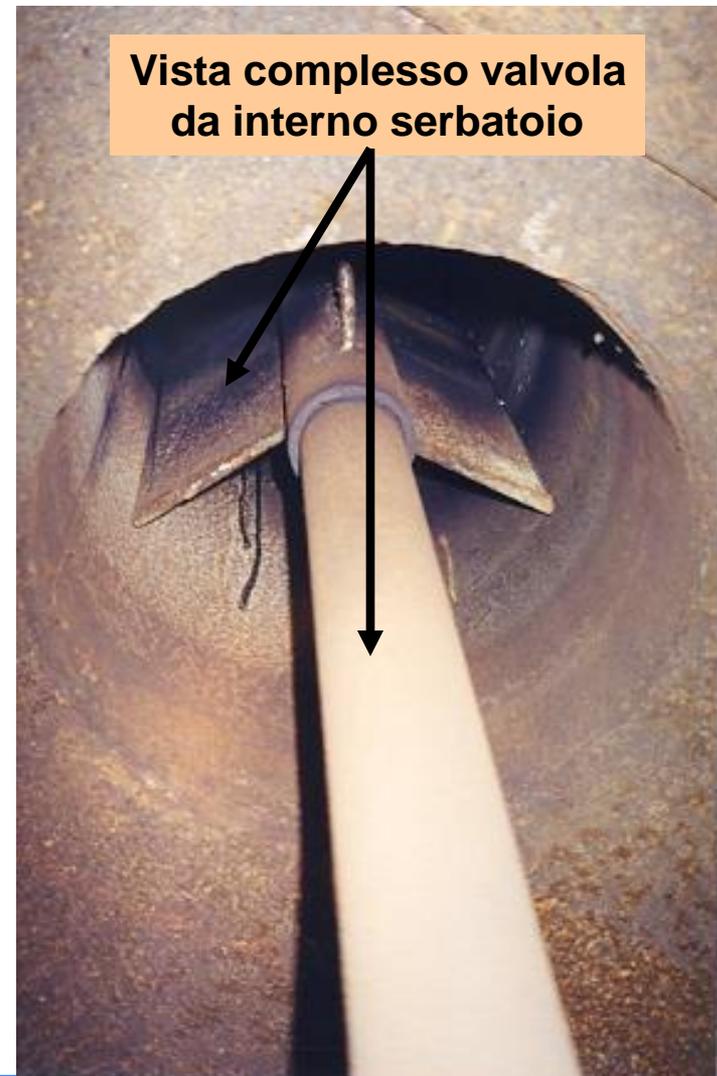
**BLEEDER VENT**

Ventilazione nel corso operazioni di carico/scarico serbatoio  
Eventuali modifiche sulla lunghezza dei puntoni di sostegno del tetto  
determineranno una simile modifica nell'asta della valvola



## Tipologia di danneggiamenti

### VALVOLE DI SFIATO TETTO GALLEGGIANTE BLEEDER-VENT



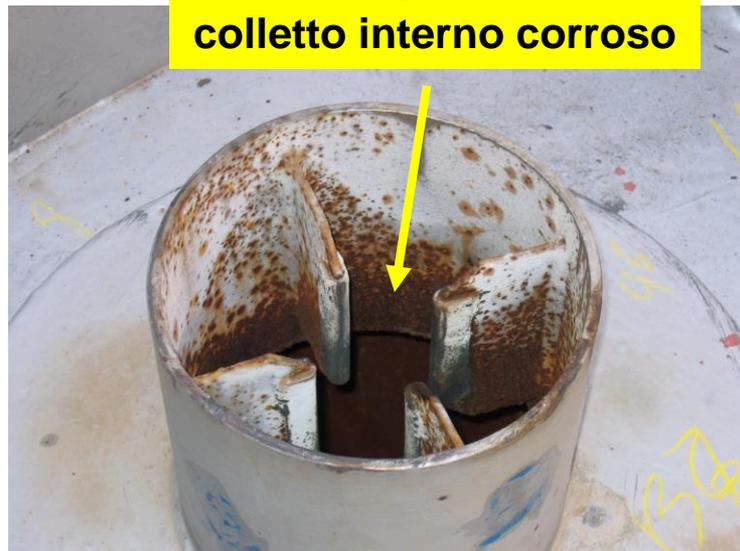
# Tipologia di danneggiamenti

## VALVOLE DI SFIATO TETTO GALLEGGIANTE BLEEDER-VENT

**Alette di scorrimento senza  
materiale antiscintilla**



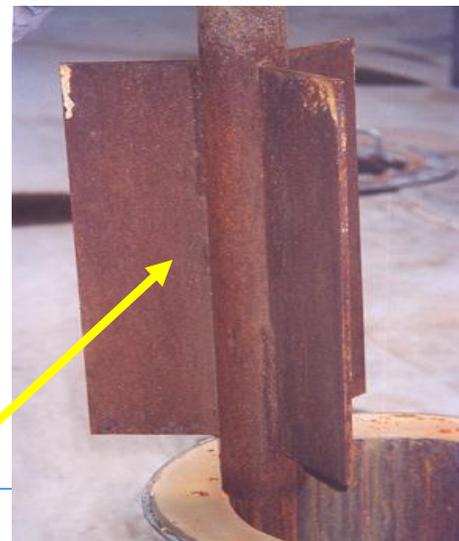
**Presenza materiale  
antiscintilla  
colletto interno corrosivo**



**Alette di scorrimento con  
protezione antiscintilla  
imbullonata**



**Alette  
scorrimento  
saldate a asta**



## Tipologia di danneggiamenti

### PUNTONI DI SOSTEGNO TETTO GALLEGGIANTE DA ESTERNO SERBATOIO



**Danneggiamento verniciatura  
con ossidazioni su camicia**



**Corrosione  
passiva alla  
base camicia  
puntone**



**Distacco alette  
rinforzo per  
corrosione**



## Tipologia di danneggiamenti

### PUNTONI DI SOSTEGNO TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO SERBATOIO



Vista generale

Assenza  
sigillatura  
mediante  
saldatura  
penetrazione  
camicia a  
sottotetto



## Tipologia di danneggiamenti

### PUNTONI DI SOSTEGNO TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO SERBATOIO

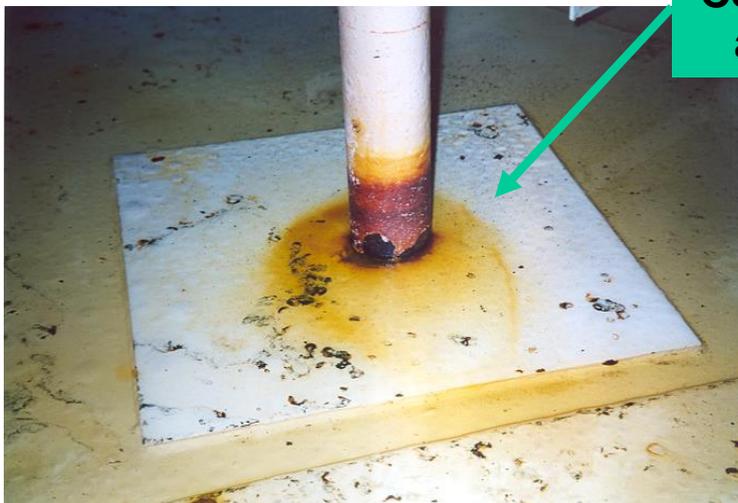


**Corrosione alla base puntone**



## Tipologia di danneggiamenti

### PUNTONI DI SOSTEGNO TETTO GALLEGGIANTE DA INTERNO SERBATOIO



Corrosione su piastra  
appoggio puntone



Supporto in teflon  
sovrapposto a piastra  
appoggio puntone



Gabbia di protezione

## Tipologia di danneggiamenti

# SCALA BASCULANTE TETTO GALLEGGIANTE

Tipici di scala basculante



## Tipologia di danneggiamenti

# SCALA BASCULANTE TETTO GALLEGGIANTE

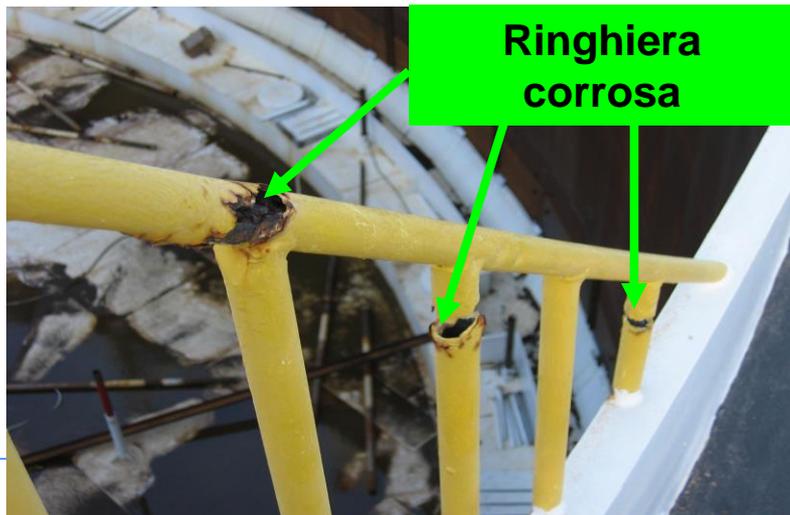


Allentamento  
bullone di  
collegamento  
attacco scala



Accesso  
scala di  
vecchio tipo

Ringhiera e gradini di vecchia tipologia

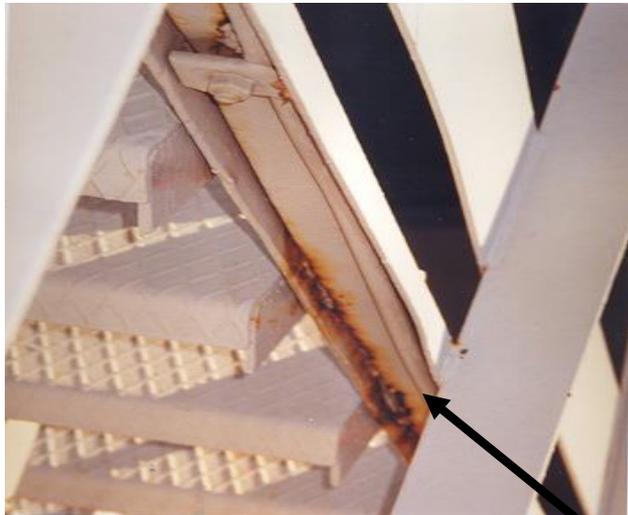


Ringhiera  
corrosa



## Tipologia di danneggiamenti

# SCALA BASCULANTE TETTO GALLEGGIANTE



Ossidazione  
stratificata tra  
profilati scala



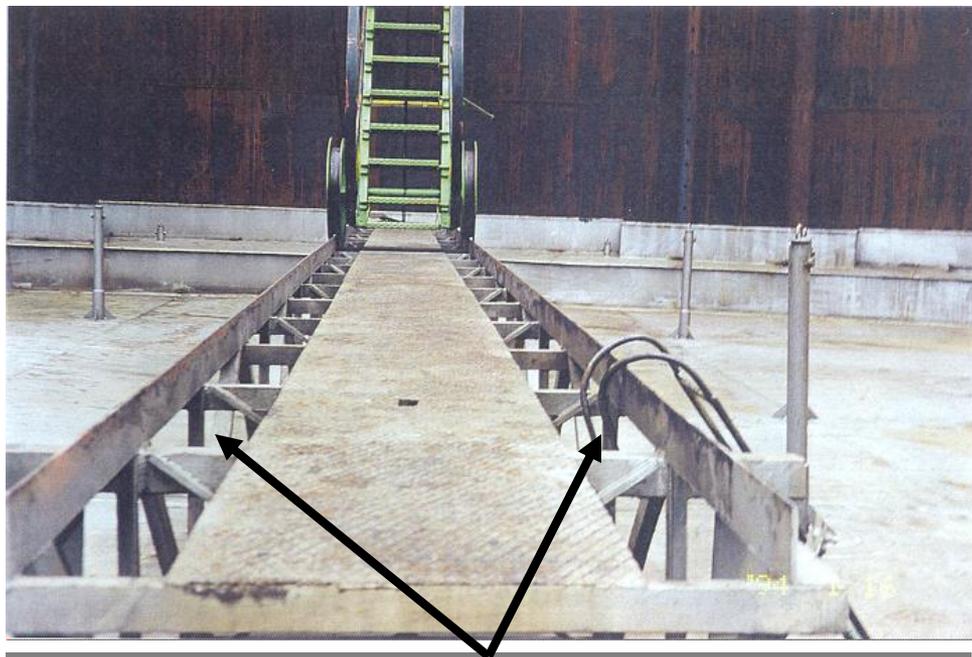
Assenza  
materiale  
antiscintilla  
su ruote

## Tipologia di danneggiamenti

# BINARIO SCALA BASCULANTE TETTO GALLEGGIANTE



**Disallineamento scala-binario**



**Piano calpestio passerella non completo**

## Tipologia di danneggiamenti

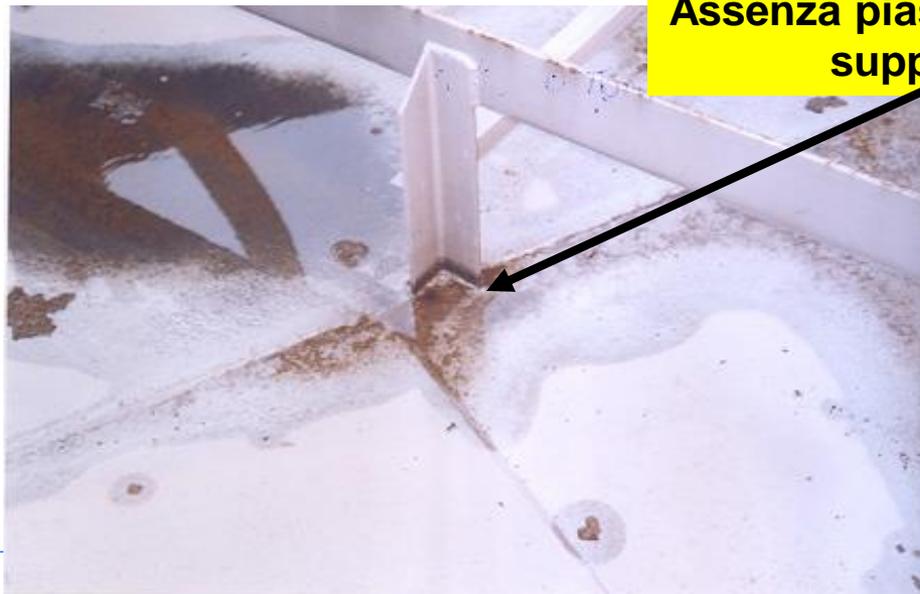
# BINARIO SCALA BASCULANTE TETTO GALLEGGIANTE



**Supporti  
binario  
corrosi**



**Rotaia binario non  
completamente saldata**



**Assenza piastre antiusura sotto  
supporti binario**





# Tipologia di danneggiamenti

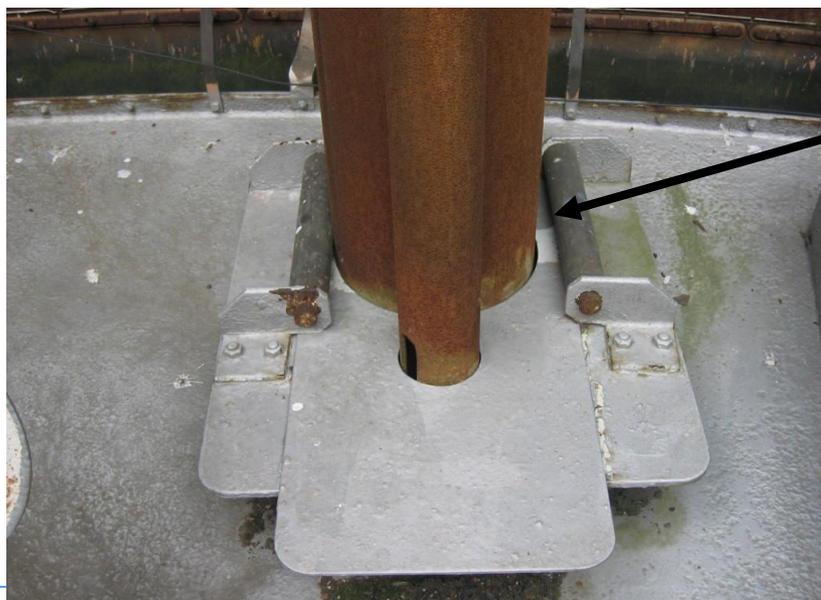
## TUBI GUIDA E DI CALMA



Tipico tubo di calma  
tubo guida



Tipico tubo  
di calma  
tubo  
termosonda



Distacco rulli  
scorrimento



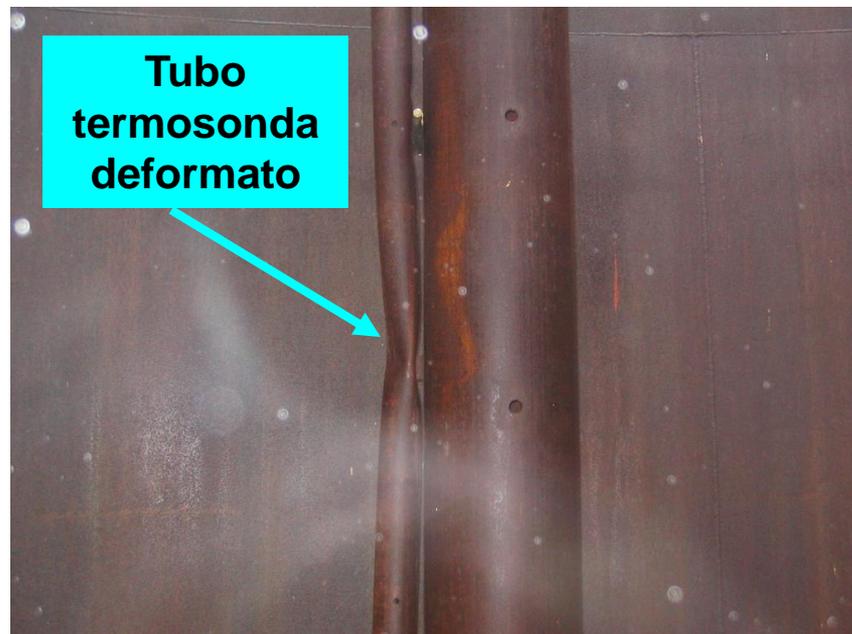
Ossidazione  
generalizzata

## TUBI GUIDA E DI CALMA

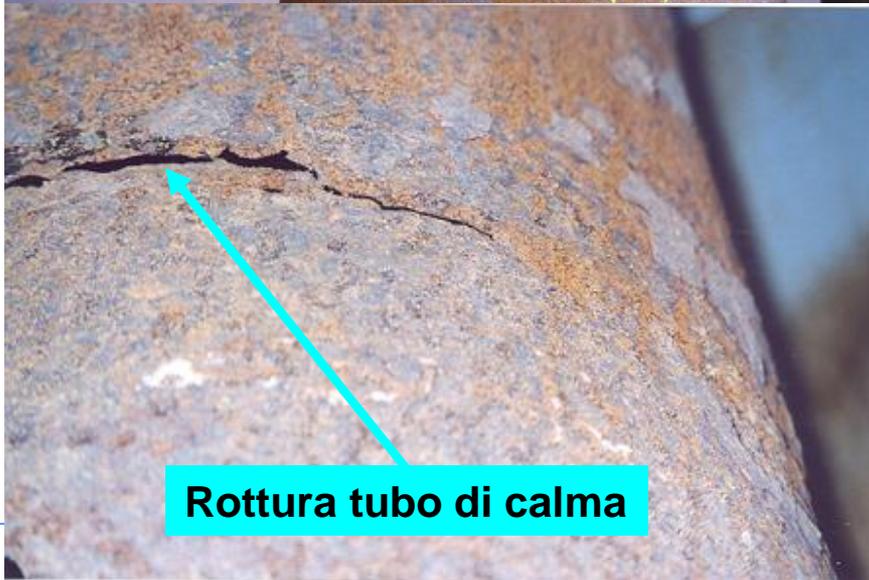
Deformazione tubo di calma



Tubo termosonda deformato



Rottura tubo di calma



Deformazione piastra di base a seguito rottura tubo di calma



### GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

#### FUNZIONI GUARNIZIONE DI TENUTA

Ridurre l'emissione di vapori verso l'esterno  
Ridurre le perdite di prodotto stoccato  
Mantenere la purezza del prodotto stoccato (si riduce introduzione da esterno acqua piovana e detriti)  
Mantenere la centratura del tetto garantendone il corretto movimento

La guarnizione di tenuta deve essere progettata:

- a) per resistere agli sfregamenti sulla superficie del mantello
- b) per resistere all'aggressione chimica el fluido stoccato
- c) per compensare le irregolarità del mantello (di costruzione e dovute all'esercizio) e la sua eventuale non perfetta rotondità

Guarnizione primaria: a contatto con il prodotto stoccato

Guarnizione secondaria: a contatto con atmosfera

(riduce immissione acqua e detriti ma riduce anche capacità serbatoio)

## Tipologia di danneggiamenti

### GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

Il materiale plastico costituente la guarnizione deve:

-resistere all'aggressione chimica del prodotto stoccato (guarnizione primaria)

-resistere all'azione raggi ultravioletti ed essere flame retardant (guarnizione secondaria)

-Nel gap tra guarnizione primaria e secondaria si ipotizza che non vi sia rischio di esplosione (ambiente saturo di vapore prodotto al di sopra limite di esplosività); pertanto, il materiale costituente la guarnizione non deve necessariamente essere flame retardant

TIPICI MATERIALI PLASTICI PIU' ADEGUATI. TEFLON (PTFE)-VITON (FPM) , MENO ADATTI POLIESTERE-POLIAMMIDE (DA EEMUA 159)

Material / Reinforcement (See Notes and Abbreviations)	Resistance against		Flame retardant?
	Hydrocarbons	UV light	
Viton® (FPM) / nylon (PA)	Very good	Very good	Yes
Teflon® (PTFE) / glass	Very good	Very good	Yes
Neoprene (CR) / calcium silicate	Reasonable	Good	No
Polyurethane (EU) / nylon (PA) or polyester (TPE-E)	Good	Good	No <sup>1</sup>
PVC-nitrile (PVC-NBR) / nylon (PA) or polyester (TPE-E) or glass	Good	Reasonable	No <sup>2</sup>
Nitrile (NBR) / Nylon (PA) or polyester (TPE-E)	Reasonable	Poor	No

#### Notes and Abbreviations

<sup>1</sup> Not water resistant

<sup>2</sup> Nitrile without PVC is poor under UV exposure; the addition of PVC will improve UV resistance, but PVC will nevertheless become brittle with time.

CR chloroprene rubber

EU urethane rubber based on polyesters (sometimes abbreviated AU)

FPM fluoro-rubbers (formerly designated FKM)

NBR butadiene acrylonitrile copolymer (nitrile rubber)

PA polyamide

PTFE polytetrafluoroethylene

PVC polyvinyl chloride

TPE-E thermoplastic polyetherester elastomer

## GUARNIZIONE DI TENUTA

## TETTI GALLEGGIANTI

### TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA

DI TIPO METALLICO (PANTOGRAFI, MOLLE, ETC) –  
**MECHANICAL SHOE SEAL**

LIQUID MOUNTED SEAL (LIQUID-FOAM FILLED SEAL )

VAPOUR MOUNTED SEAL

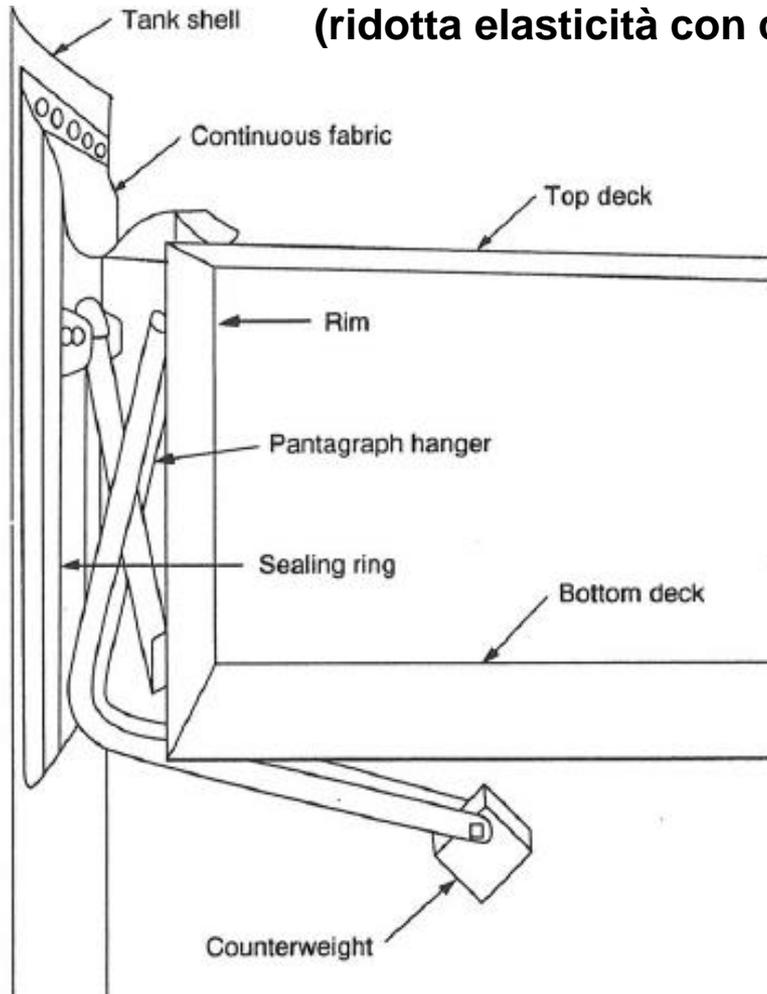
### TIPI DI GUARNIZIONE SECONDARIA

SHOE MOUNTED

RIM MOUNTED

## GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

**TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA  
DI TIPO METALLICO (PANTOGRAFI, MOLLE ,ETC)  
ossidazioni su parti metalliche, indurimento parte in gomma  
(ridotta elasticità con conseguenti lacerazioni e perdite)**



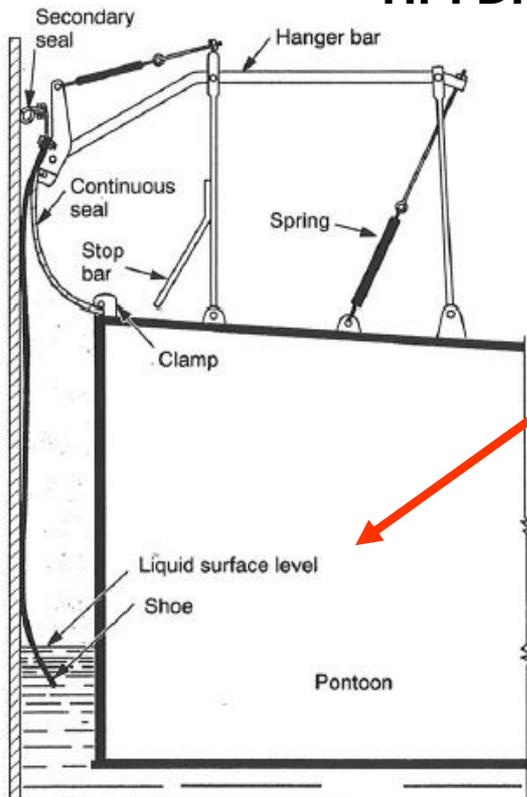
### GUARNIZIONE A PANTOGRAFO

La guarnizione a pantografo può essere usata sia come solo primaria o in combinazione con una guarnizione secondaria  
Molto impiegata per greggi e fluidi aggressivi

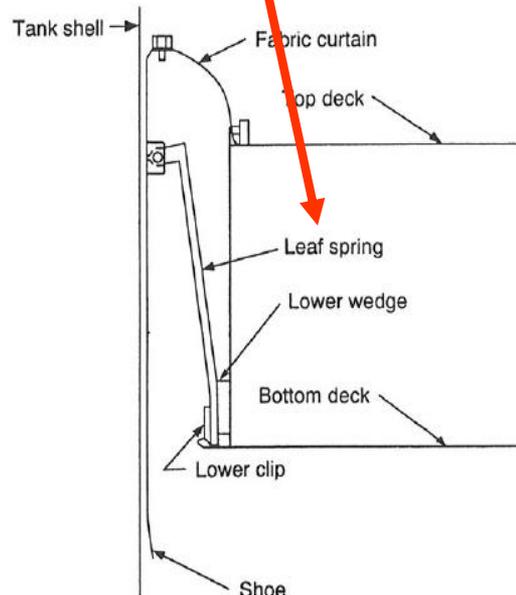
# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

## TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA

DA API 575



**GUARNIZIONI  
DI TIPO METALLICO A  
MOLLE**

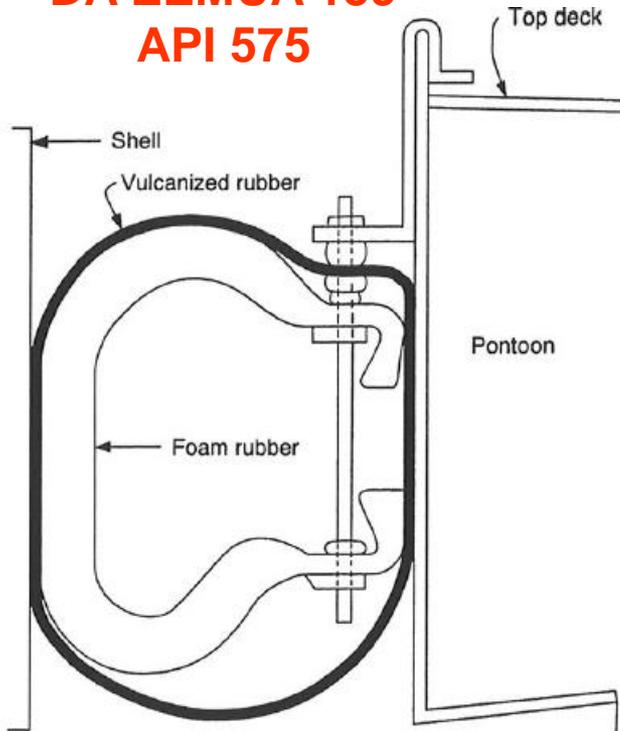


**le guarnizioni a molle devono essere  
sempre combinate con una guarnizione  
secondaria**

## GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

### TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA

**DA EEMUA 159  
API 575**



**GUARNIZIONE  
LIQUID MOUNTED FOAM  
SEAL**

#### LIQUID MOUNTED SEAL (LIQUID-FOAM FILLED SEAL)

tubolare riempito di liquido-gas-schiuma

Schiuma assorbe vapori prodotto con conseguenti problemi per gas free; non adatta su mantelli chiodati

Liquido-gas: se presenza perforazioni, perdono funzionalità

liquido: la migliore per ridurre perdite

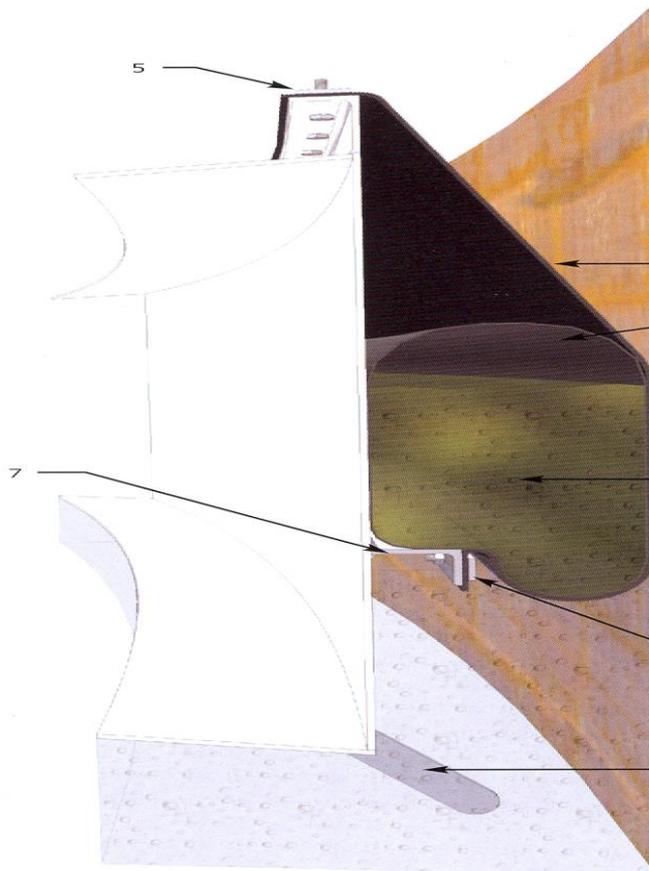
Per garantire tenuta, la parte inferiore del tubolare deve essere immersa nel fluido stoccato

**Questo tipo di guarnizione richiede:**

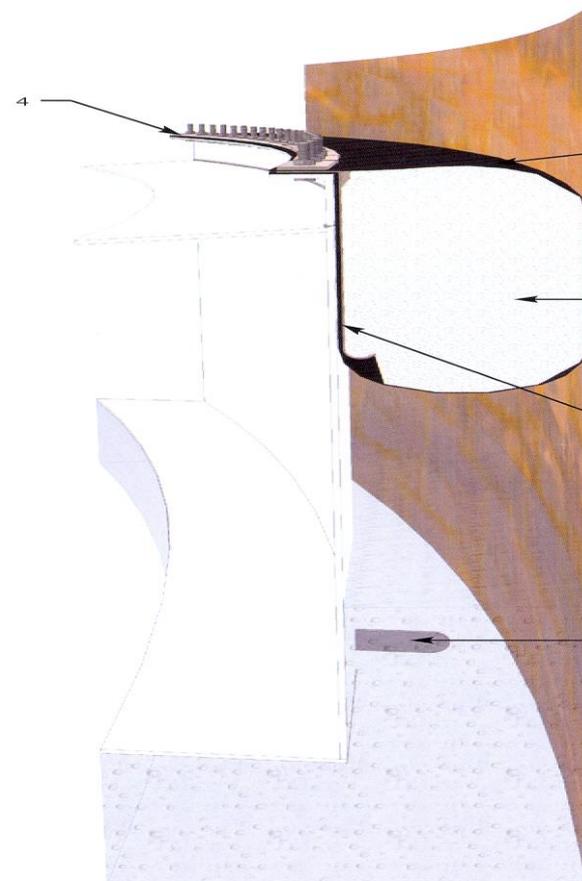
- Buona rotondità del mantello
- Saldature mantello rasate o, comunque, a profilo dolce
- Frequenti controlli su tenuta del tubolare
- Durante i lavori a caldo è necessario drenare il liquido dal tubolare (sicurezza)

## GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGianti

### TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA



**GUARNIZIONE  
LIQUID MOUNTED LIQUID SEAL**



**GUARNIZIONE  
LIQUID MOUNTED FOAM SEAL**

# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

## TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA

### LIQUID MOUNTED SEAL

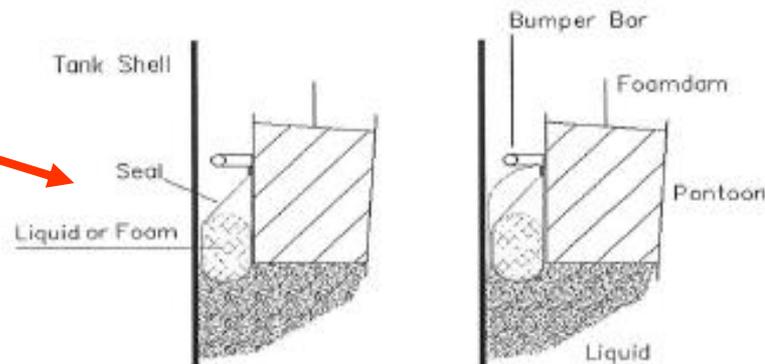


Figure 12.3.1-2 Typical Liquid-Mounted Foam Seals

**VAPOUR MOUNTED SEAL**  
Introdotta di recente (1985)  
rispetto alle altre due  
Non adatta su mantelli  
chiodati

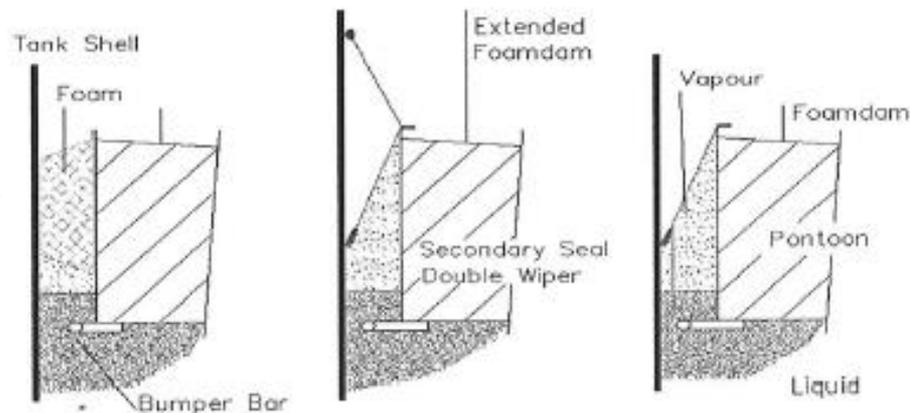
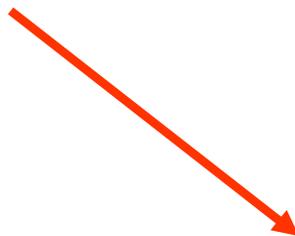
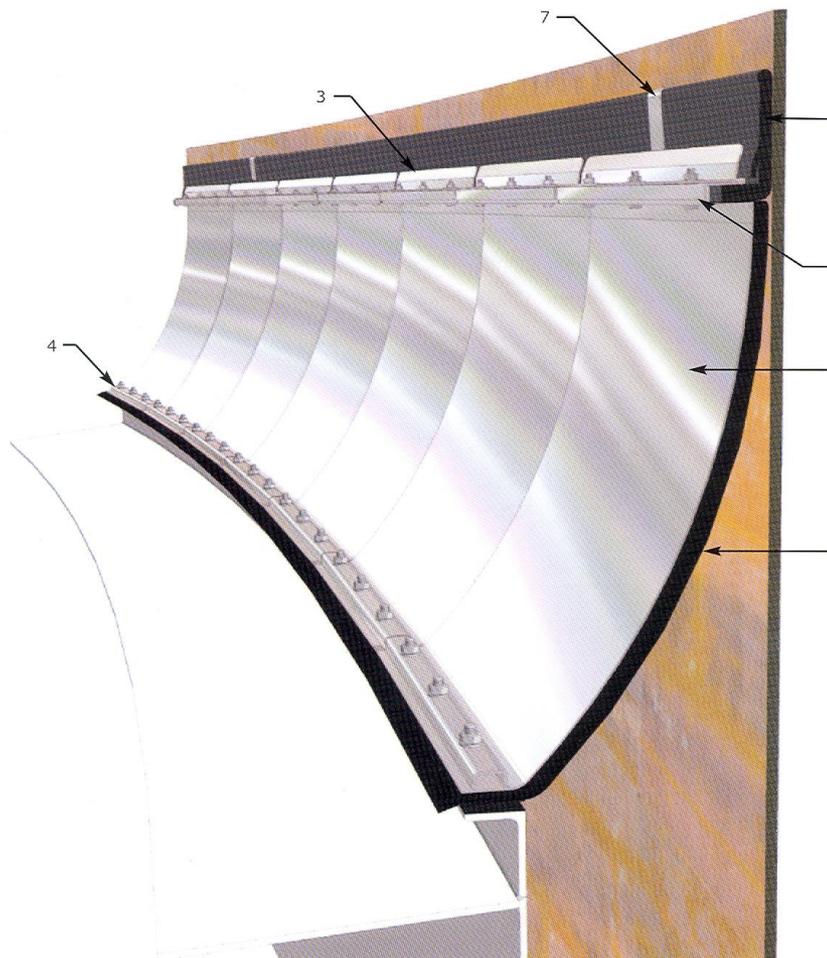


Figure 12.3.1-3 Typical Vapour-Mounted Seals

# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

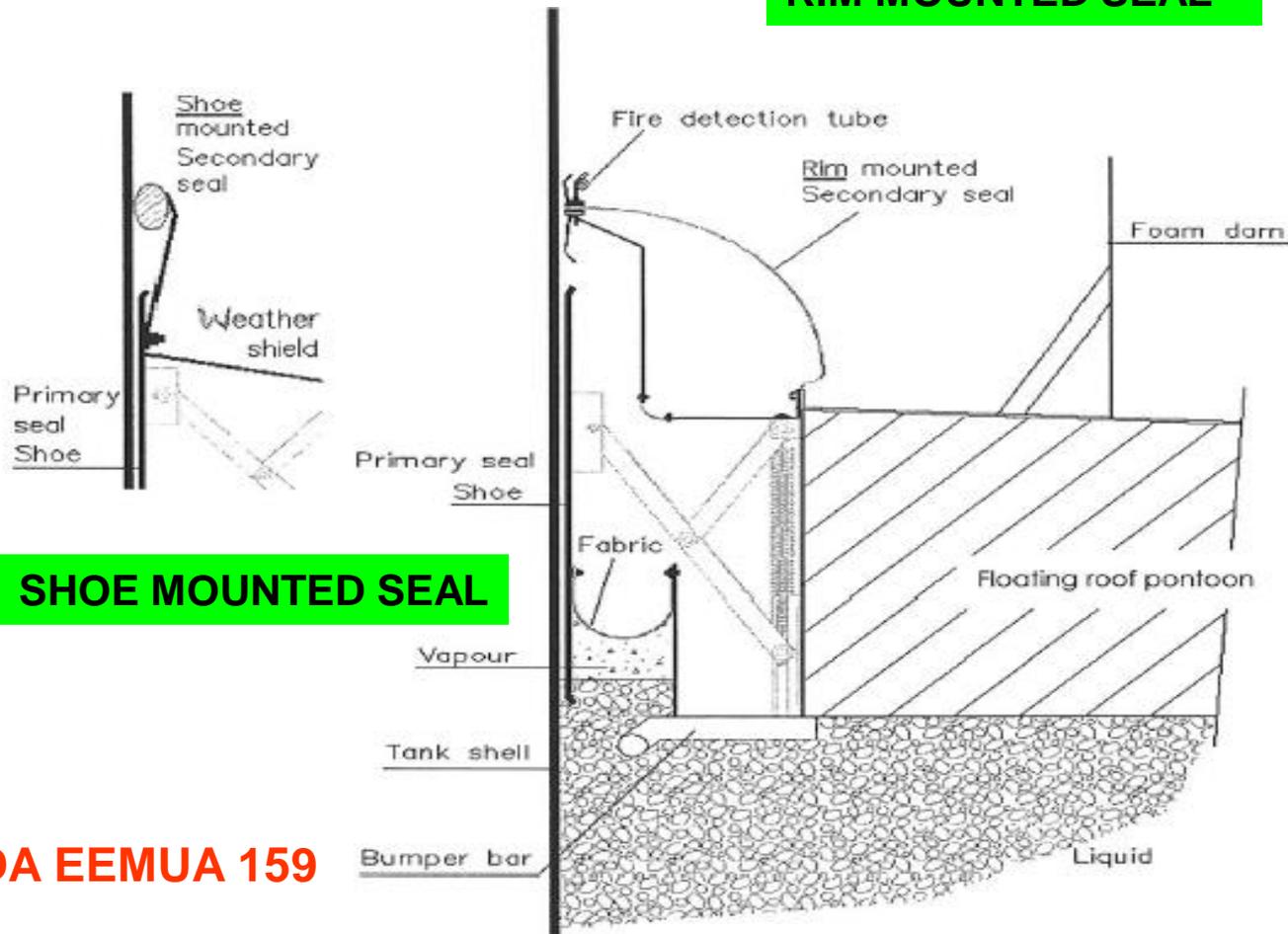
## TIPI DI GUARNIZIONE SECONDARIA



# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

## TIPI DI GUARNIZIONE PRIMARIA+SECONDARIA

### RIM MOUNTED SEAL



### SHOE MOUNTED SEAL

**RIM MOUNTED**  
Copre l'intero spazio anulare e, pertanto, risulta più efficace rispetto alla tipologia shoe mounted

DA EEMUA 159



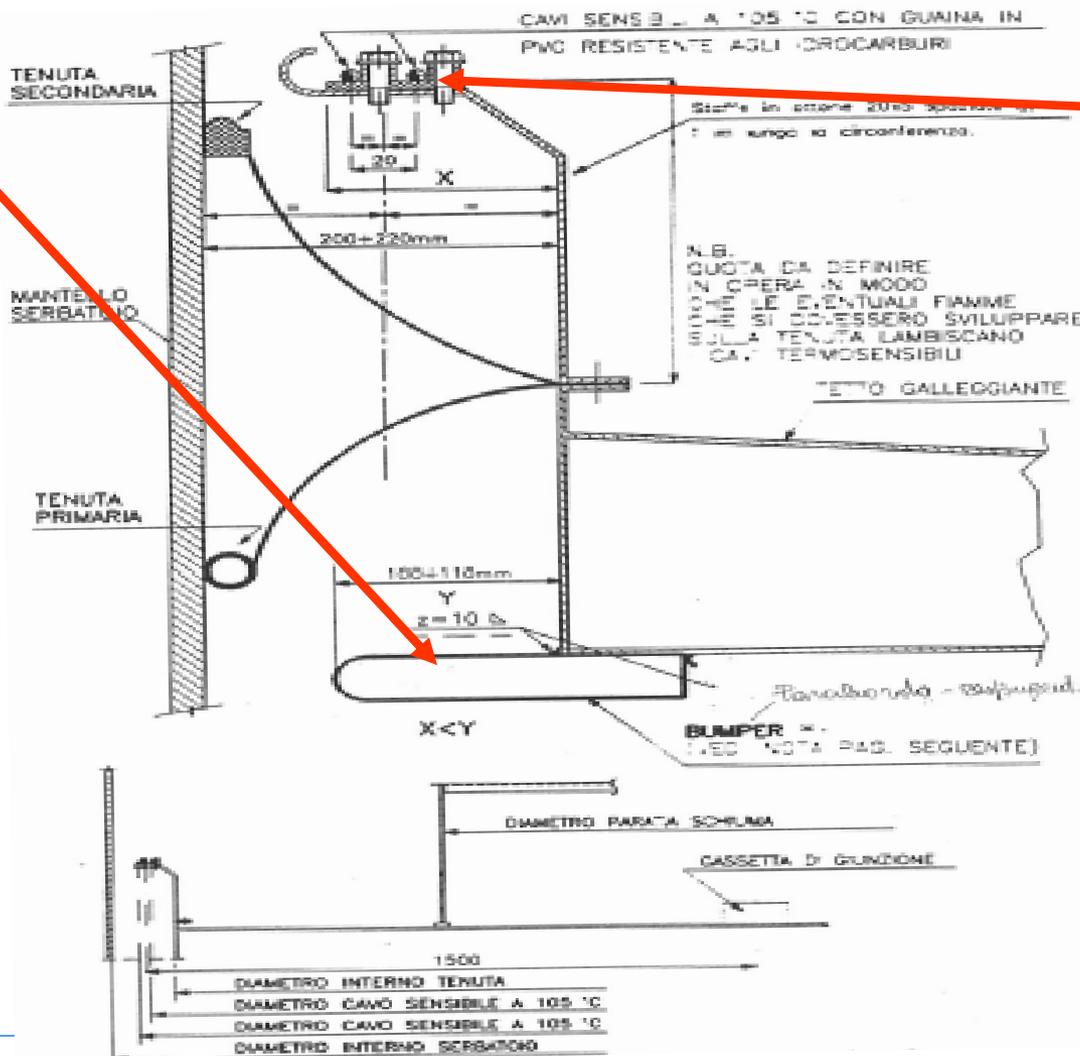
# Tipologia di danneggiamenti

## GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

### BUMPERS-CAVO TERMOSENSIBILE

#### BUMPERS

Lunghezza  
100-110 mm  
da filo  
cassone  
Spaziatura su  
cfr funzione  
D serbatoio  
D < 20 m: non  
oltre 30 m  
D 20-35 m:  
non oltre 35  
m  
D > 35 m: non  
oltre 45 m



#### CAVO TERMOSENSIBILE

2 cavi con guaina in PVC montati sopra tenuta secondaria Supportati su staffe spaziate circa 1 m una dall'altra e a 200-220 mm max da superficie interna mantello

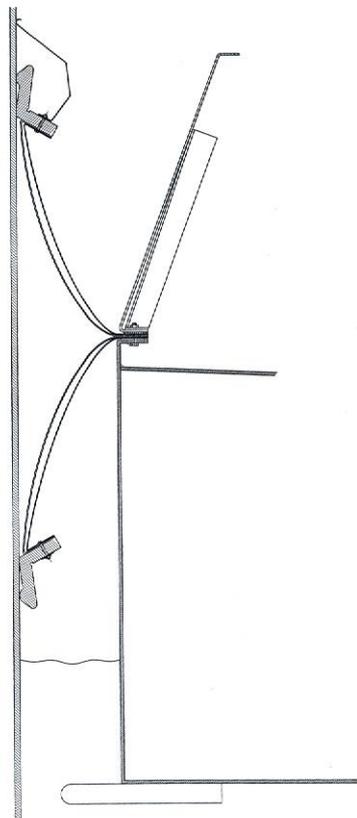
**GUARNIZIONE DI TENUTA**  
**TETTI GALLEGGIANTI**

**BUMPERS**



# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI

## VIROLINA PARASCHIUMA INCORPORATA



### VANTAGGI

- Si evita corrosione alla base virolina tradizionale
- Minor quantitativo schiuma da utilizzare

## Tipologia di danneggiamenti

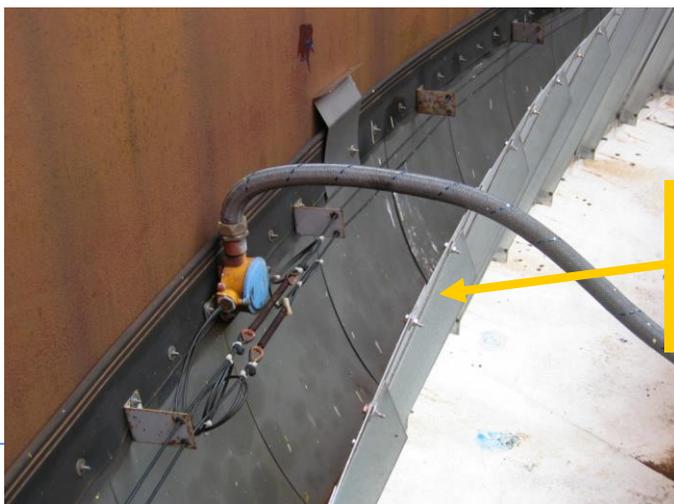
### GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI



**Tipico  
guarnizione**



**Guarnizione con tegoli di protezione**

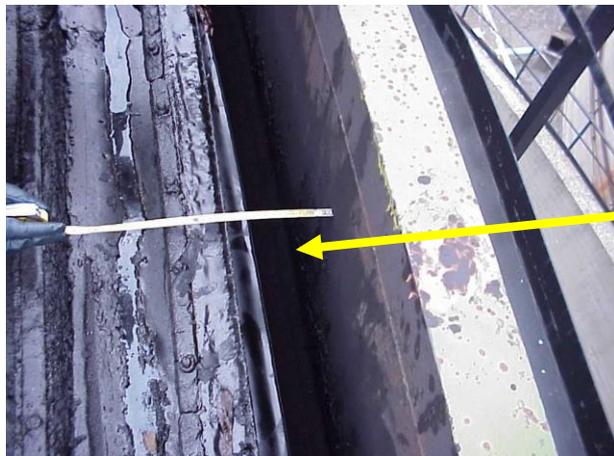


**Guarnizione  
con virolina  
incorporata**

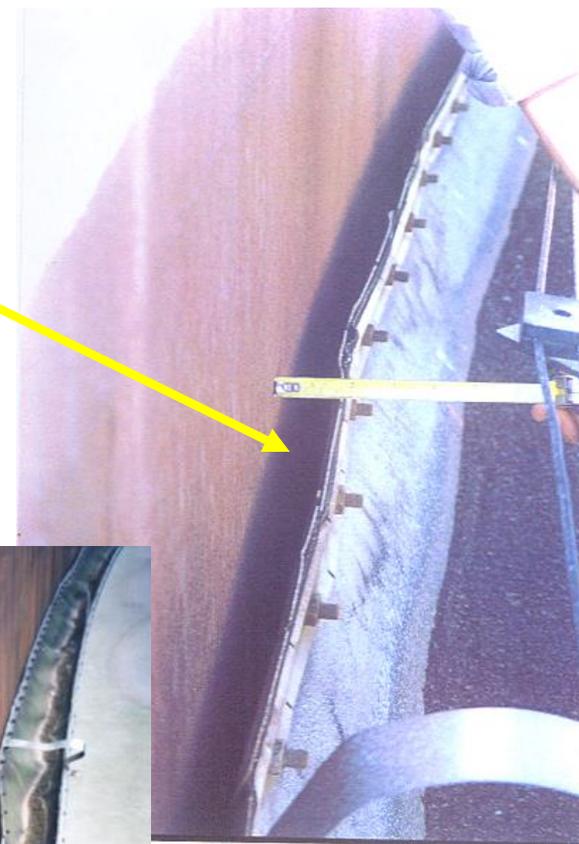


## Tipologia di danneggiamenti

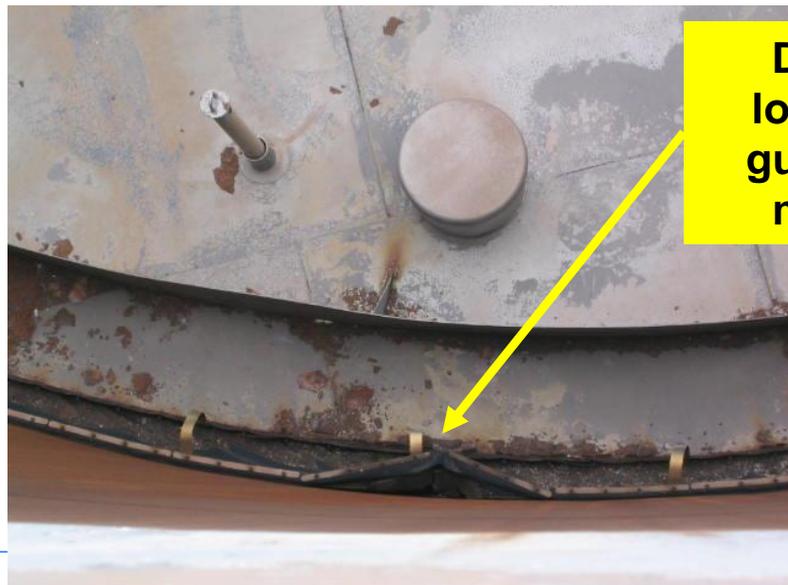
# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI



**Distacco esteso  
guarnizione  
mantello**

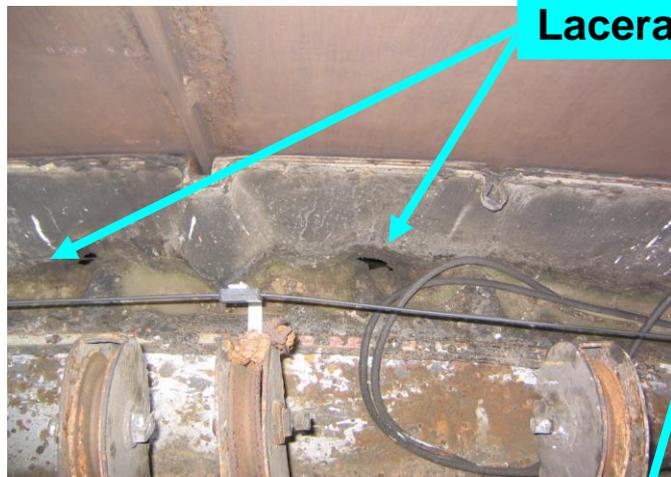


**Distacco  
localizzato  
guarnizione  
mantello**

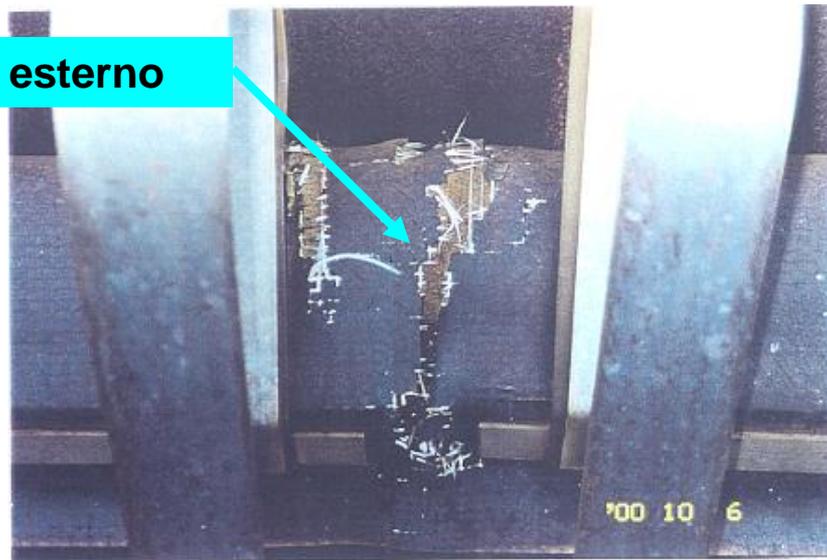


## Tipologia di danneggiamenti

### GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI



Lacerazioni telo esterno



Danneggiamento  
telo interno

## Tipologia di danneggiamenti

# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI



Posizione cavi  
termosensibili  
non corretta

Distacco  
elementi  
guarnizione



Pantografo  
ossidato

## Tipologia di danneggiamenti

# GUARNIZIONE DI TENUTA TETTI GALLEGGIANTI



**Residui vecchi  
pantografi**



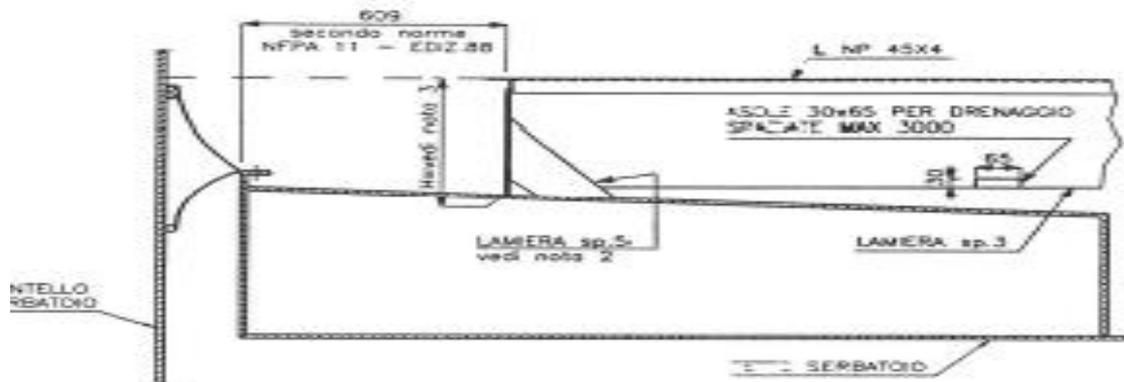
**Bumpers di forma  
adeguata**



**Bumpers di forma non  
adeguata**

# Tipologia di danneggiamenti

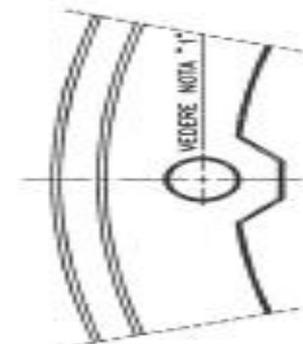
## VIROLINA DI CONTENIMENTO SCHIUMA TETTI GALLEGGIANTI



EN 14015

Distanza dal mantello:  
circa 1 m

Altezza virolina:  
Circa 200 mm più alta  
rispetto alla sommità  
guarnizione di tenuta



**NOTE:**

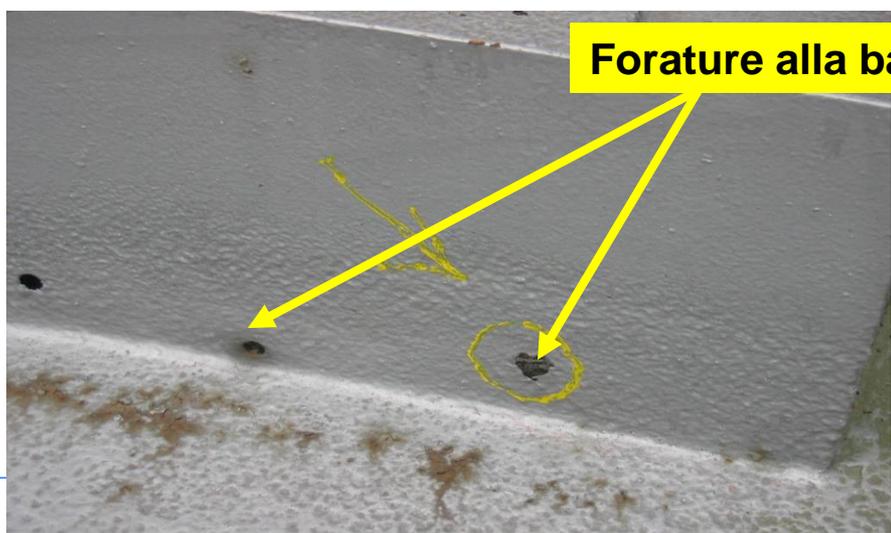
- 1) Evitare al montaggio di far compiere a  $\alpha$  paratia un percorso sinuoso attorno al tubo guida, al tubo di scuma, etc...
- 2) I rinforzi vanno posizionati con un passo di 2500mm misurato sulla circonferenza
- 3) H variabile in funzione della tenuta montata ed in modo da assicurare la copertura della stessa

## Tipologia di danneggiamenti

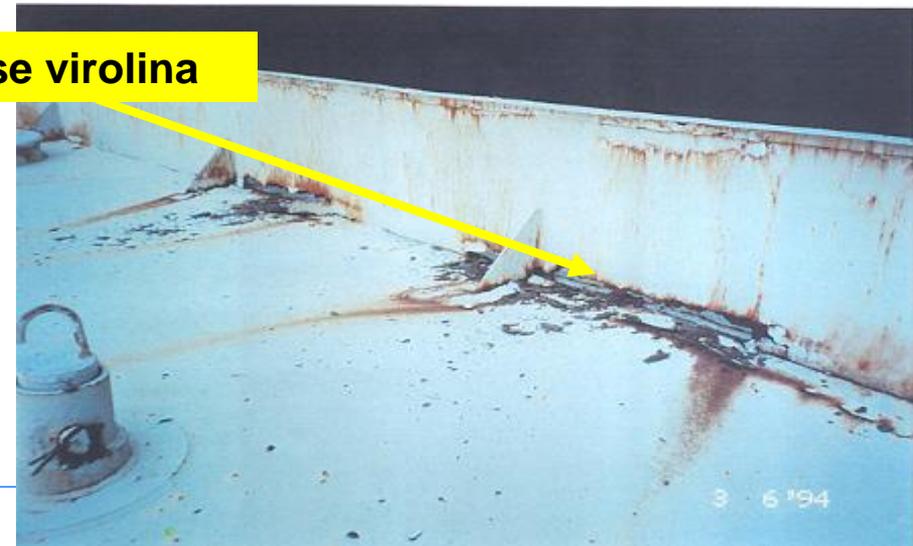
### VIROLINA DI CONTENIMENTO SCHIUMA TETTI GALLEGGIANTI



**Corrosioni alla base virolina**



**Forature alla base virolina**



# DRENAGGIO ARTICOLATO TETTI GALLEGGIANTI

## Tipi di drenaggio del tetto

### Drenaggio articolato

Problematiche: rischio danneggiamento snodi con ingresso prodotto all'interno del tubo

### Drenaggio con tubo flessibile

Problematiche: rischio rottura tubo flessibile per strisciamenti e urti

Drenaggio con tubazione dotata di snodi flessibili (pivot) (DA EEMUA 159)

EN 14015

DIAMETRI MINIMI TUBAZIONE DRENO ARTICOLATO

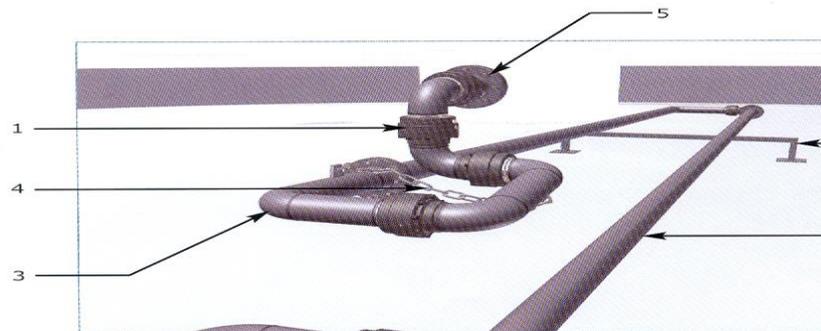
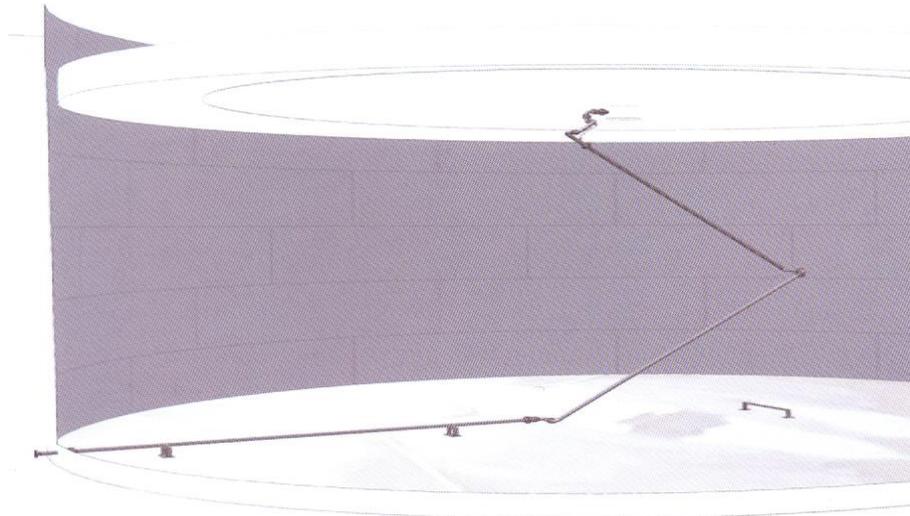
Per D tetto <30 m, d tubazione minimo 75 mm (3")

Per D tetto tra 30 e 60 m, d tubazione minimo 100 mm (4")

Per D tetto >60 m, d tubazione minimo 150 mm (6")

## DRENAGGIO ARTICOLATO TETTI GALLEGGIANTI

Drenaggio articolato a snodi  
Problematiche: rischio danneggiamento snodi con  
ingresso prodotto all'interno del tubo

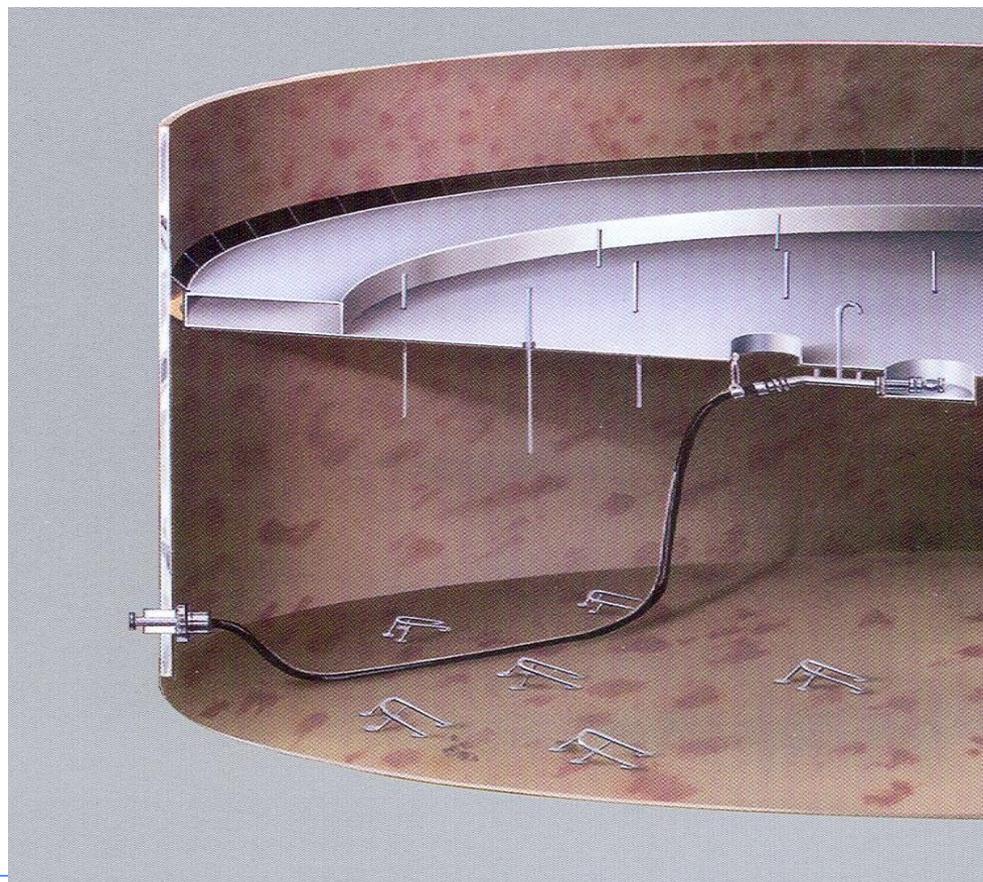


## DRENAGGIO ARTICOLATO

## TETTI GALLEGGIANTI

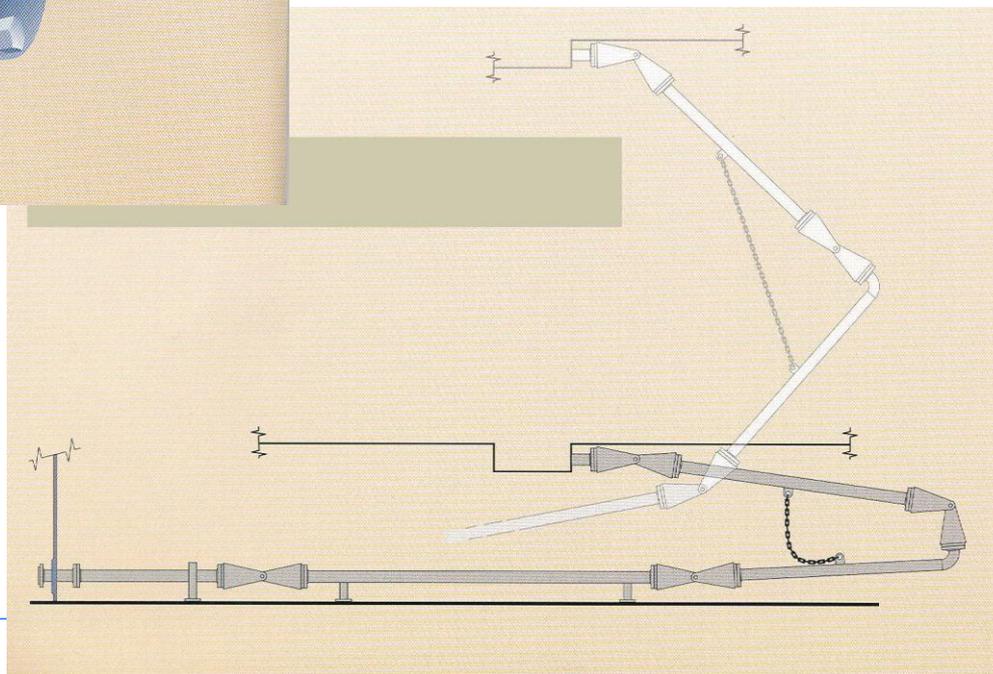
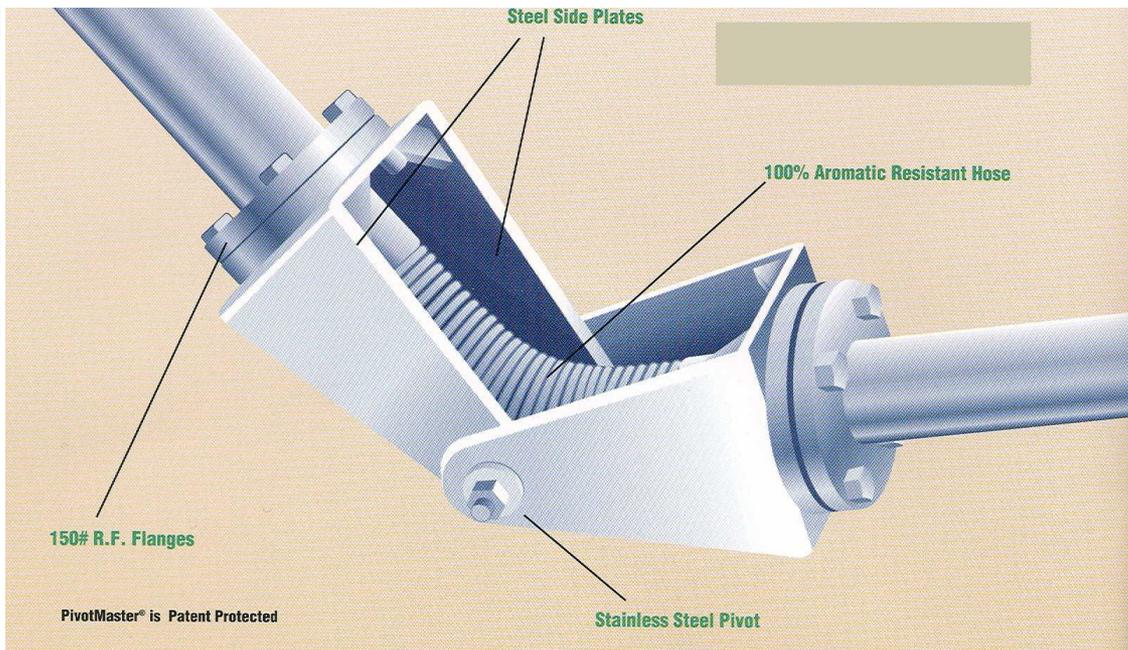
### Drenaggio articolato flessibile

**Problematiche: rischio danneggiamento tubo flessibile che si attorciglia sui puntoni (necessità gabbie di protezione)**



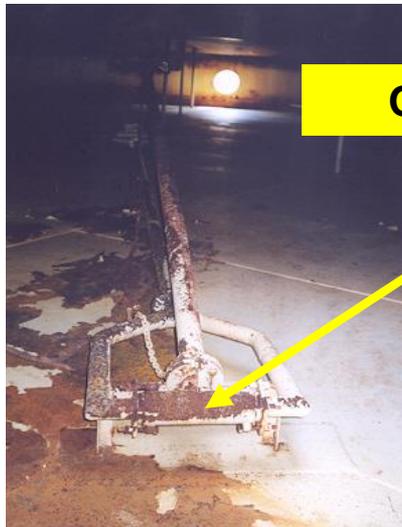
## DRENAGGIO ARTICOLATO TETTI GALLEGGIANTI

### Nuovo tipo di drenaggio a pivot

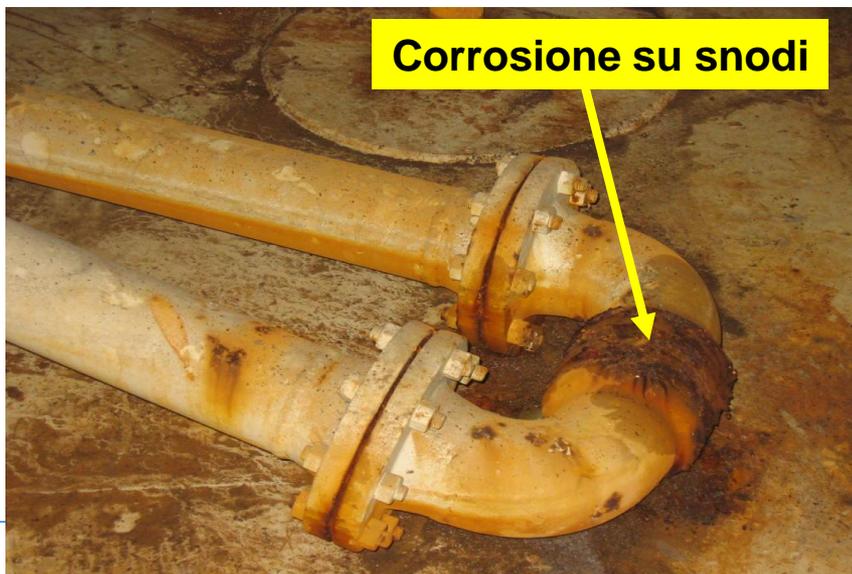
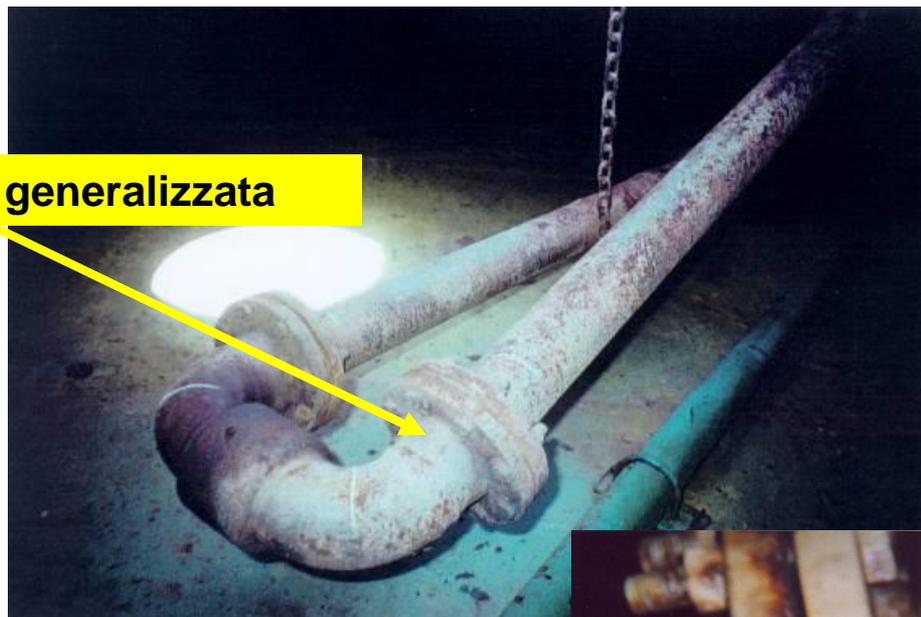


# Tipologia di danneggiamenti

## DRENAGGIO ARTICOLATO TETTI GALLEGGIANTI



Ossidazione generalizzata



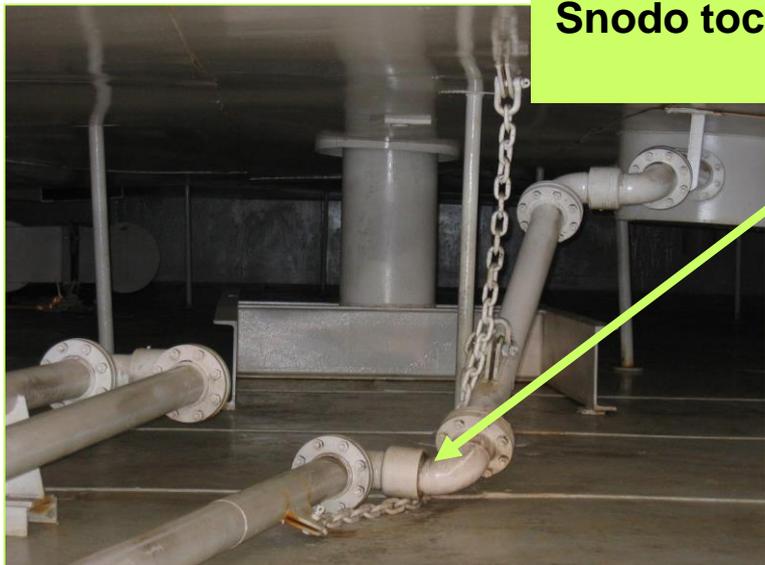
Corrosione su snodi



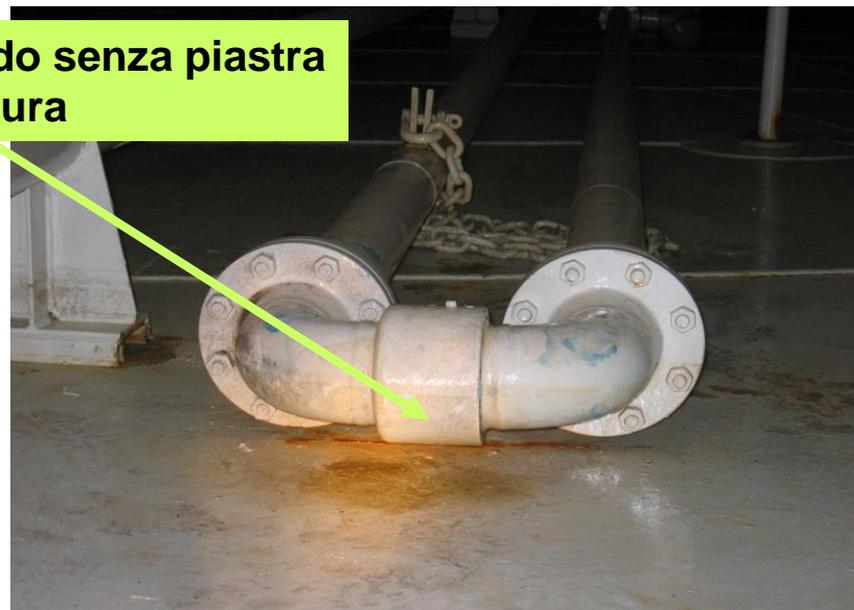
Corrosione su  
collegamenti  
flangiati

## Tipologia di danneggiamenti

### DRENAGGIO ARTICOLATO TETTI GALLEGGIANTI



**Snodo tocca il fondo senza piastra antiusura**

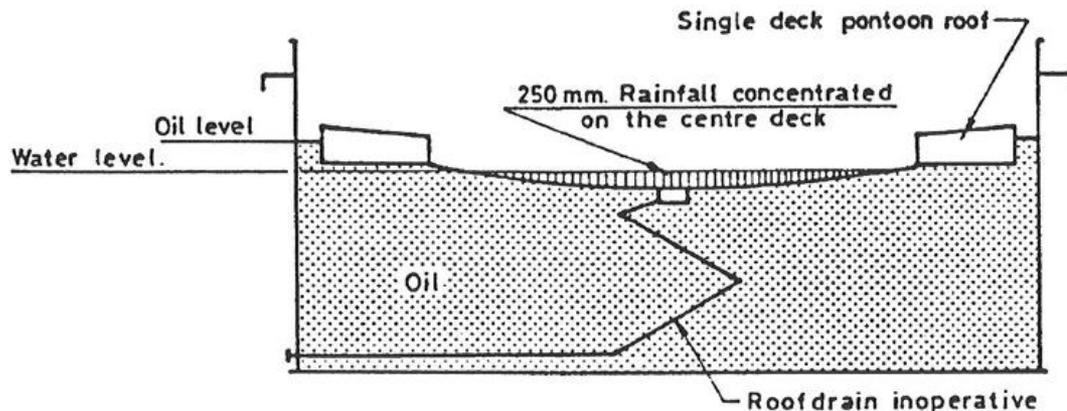


**Rottura flessibile**



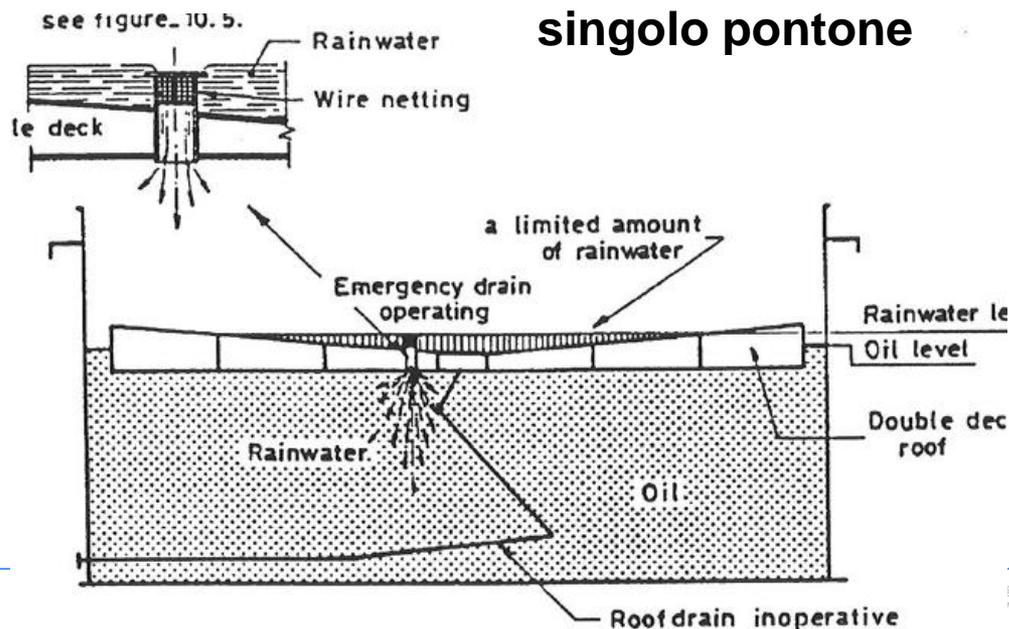
**Assenza piastre antiusura  
in corrispondenza  
supporti tubazione**

# DRENAGGIO DI EMERGENZA TETTI GALLEGGIANTI



**DA EEMUA 159**  
Sconsigliato dreno di emergenza su TG a singolo pontone in quanto livello prodotto sempre superiore a livello centro tetto  
In alternativa.  
**EN 14015**  
Non montare su TG a singolo pontone

**DA EEMUA 159**  
Tetto a doppio pontone  
Dreno di emergenza necessario in quanto livello prodotto sempre inferiore a livello centro tetto



## Tipologia di danneggiamenti

### POZZETTO DI DRENAGGIO TETTI GALLEGGIANTI



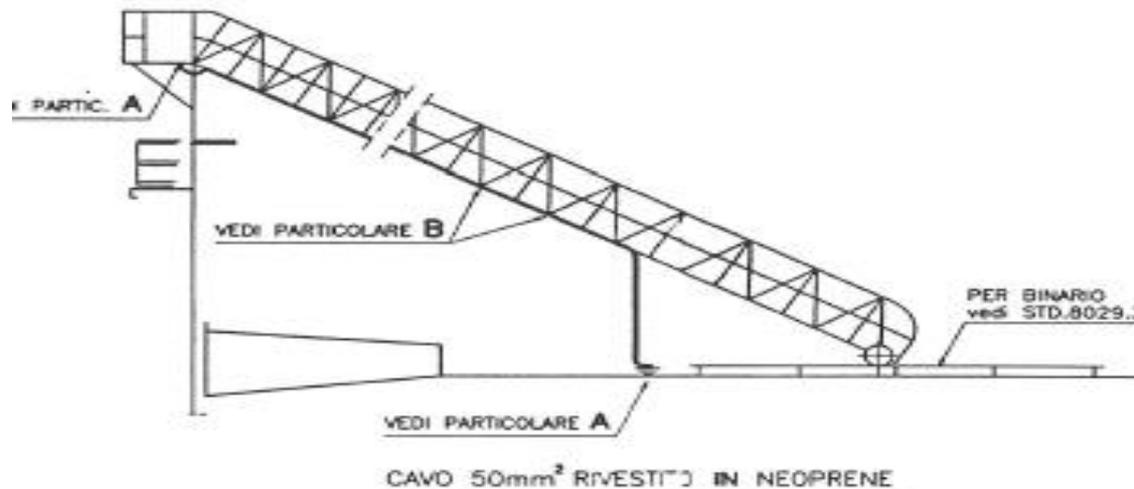
**Tipico grigliato  
copertura pozzetto**

**Tipico intasamento pozzetto  
vista valvola di non ritorno**



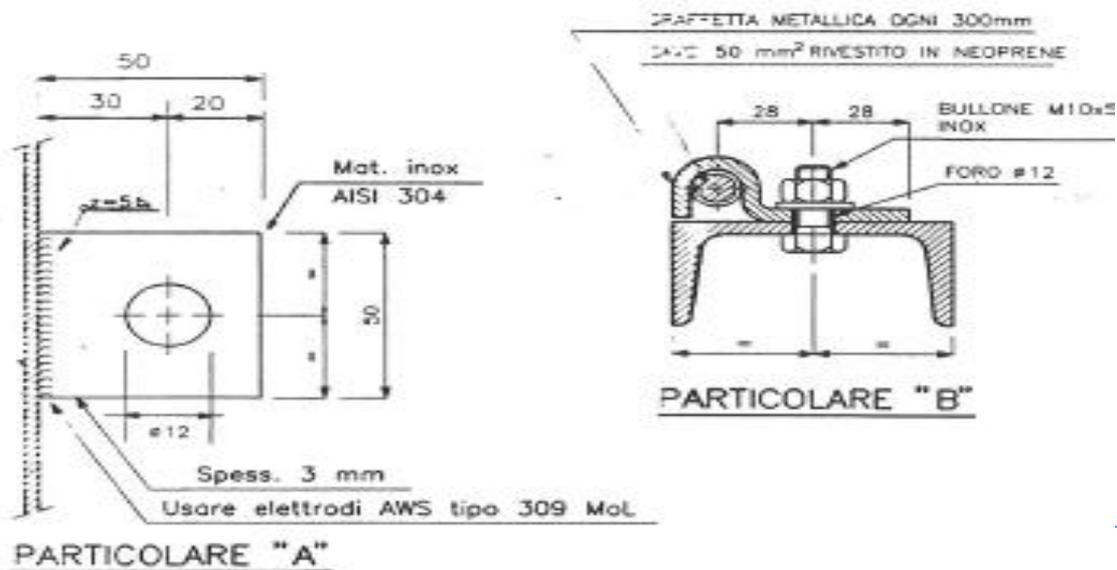
# Tipologia di danneggiamenti

## MESSA A TERRA TETTO TETTI GALLEGGIANTI



### EN 14015

Per  $D \leq 20$  m,  
almeno 2 cavi  
Oltre  
Almeno 4 cavi

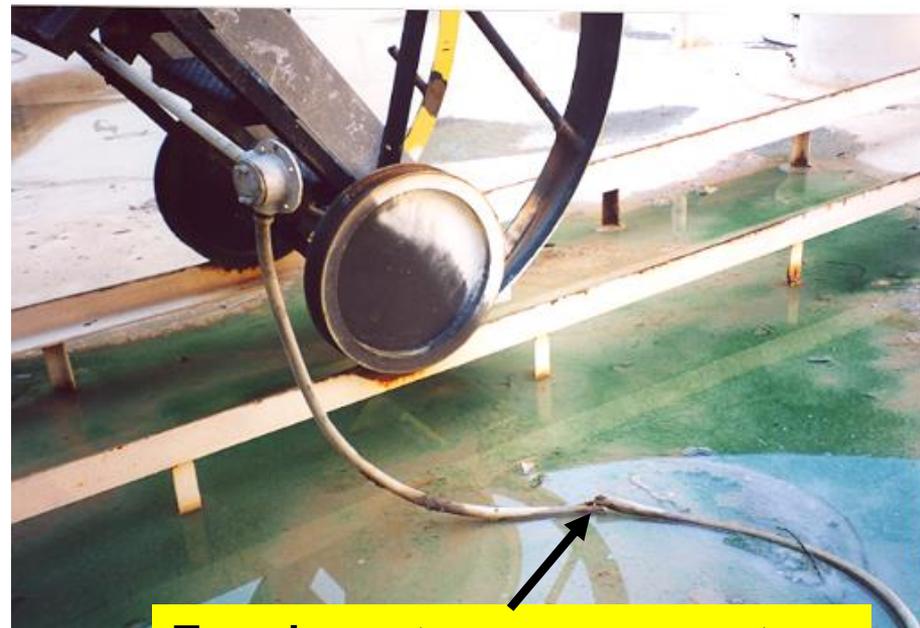


## Tipologia di danneggiamenti

### MESSA A TERRA TETTO TETTI GALLEGGIANTI



**Collegamento messa a terra su  
lamiera tetto  
con morsetto in acciaio inox**



**Tranciamento cavo messa a terra**



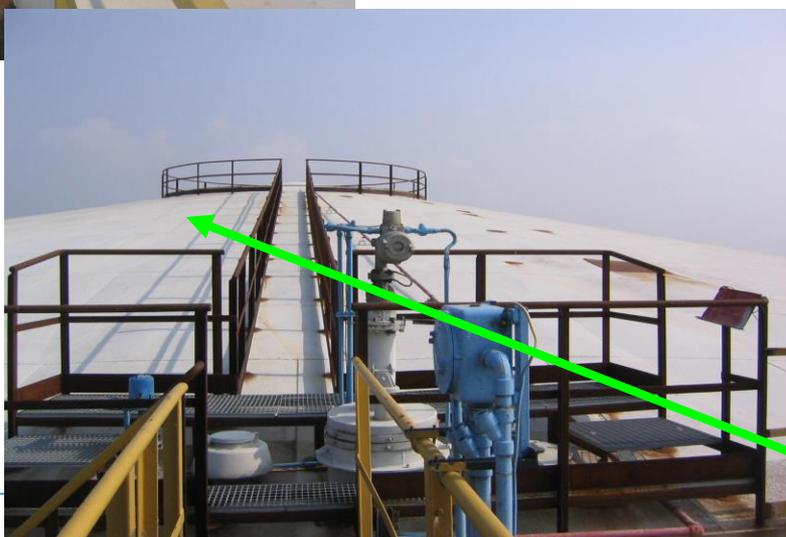
## Tipologia di danneggiamenti

### PASSERELLE DI CAMMINAMENTO TETTI FISSI

Tipico passerella radiale di accesso in  
sommità tetto



Calpestio in lamiera  
striata direttamente  
saldato a lamiere  
copertura tetto



Passerella di accesso in  
sommità montata per  
evitare calpestio  
copertura corrosa

# Tipologia di danneggiamenti

## IMPIANTI ANTINCENDIO

### Tubazioni

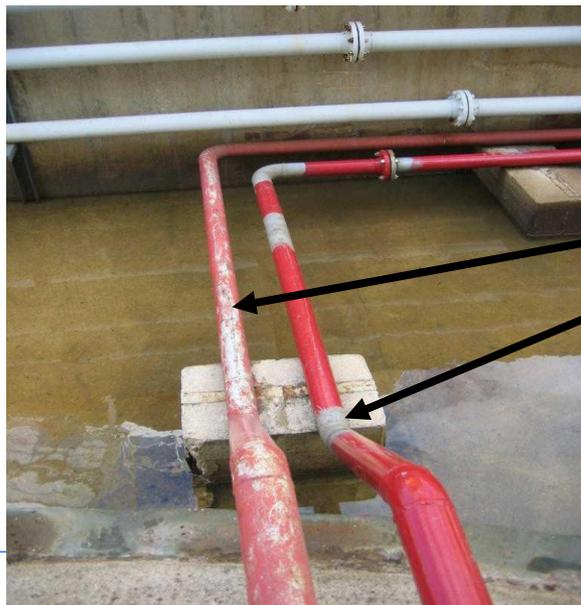
**Discoloramenti vernice**



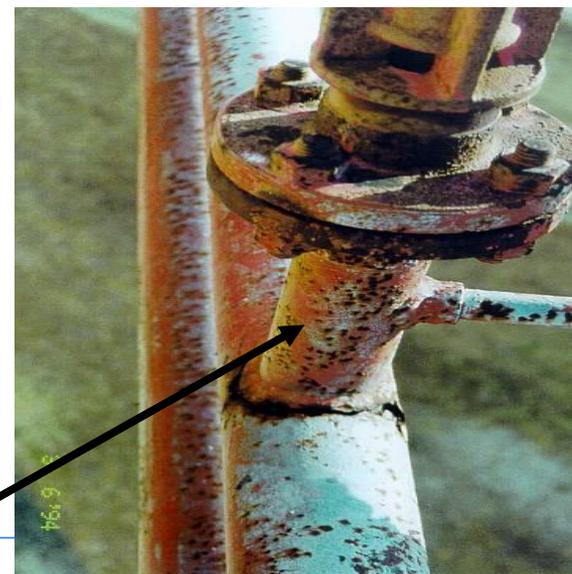
**Ossidazione generalizzata**



**Vernice  
discolorita e  
ripristini locali**



**Corrosione  
su stacchi**

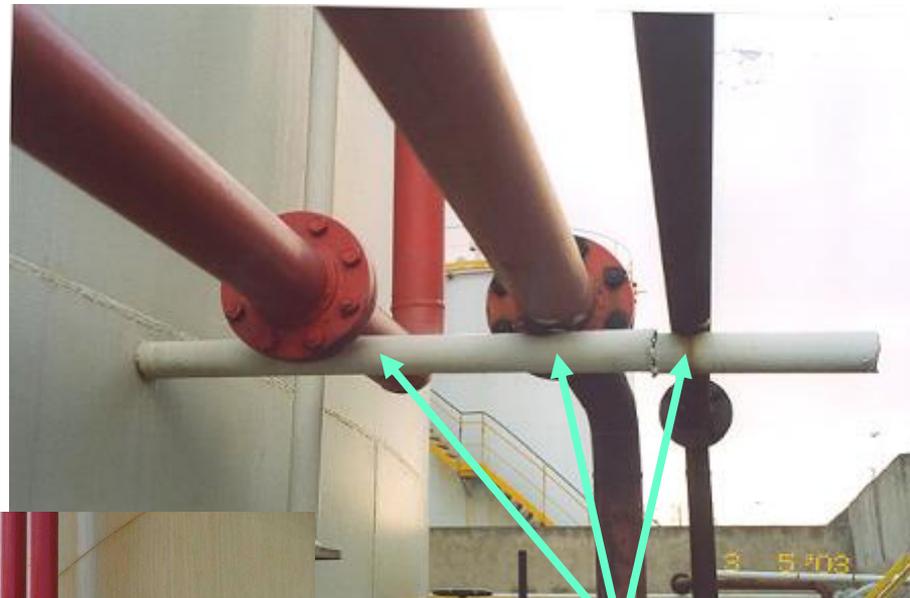


## IMPIANTI ANTINCENDIO

### Tubazioni



**perdita**



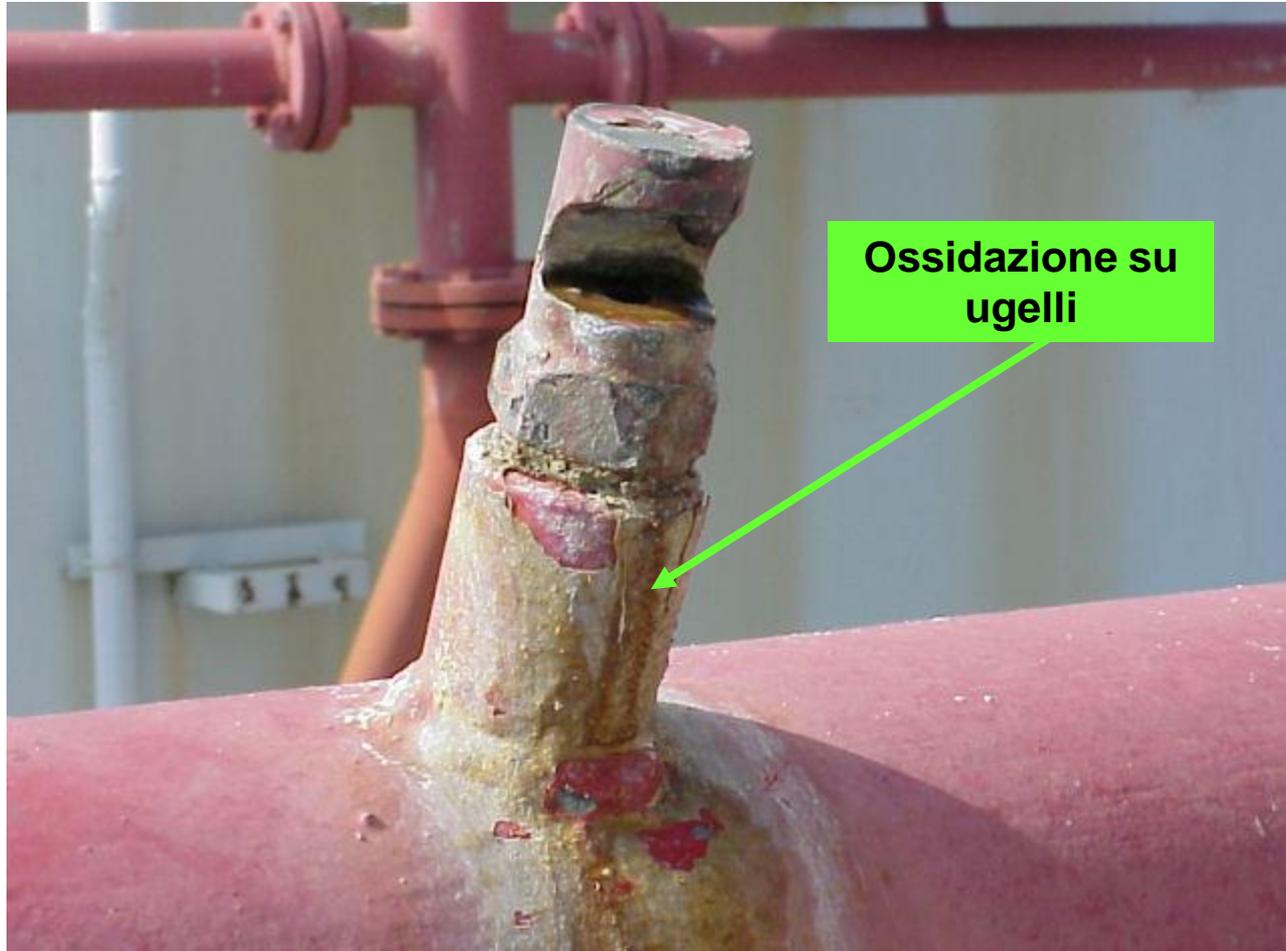
**Appoggio tubazioni  
non adeguato**

**Assenza piastre di  
interposizione tra  
supporti e  
superficie  
mantello**



## IMPIANTI ANTINCENDIO

### Ugelli sistema raffreddamento



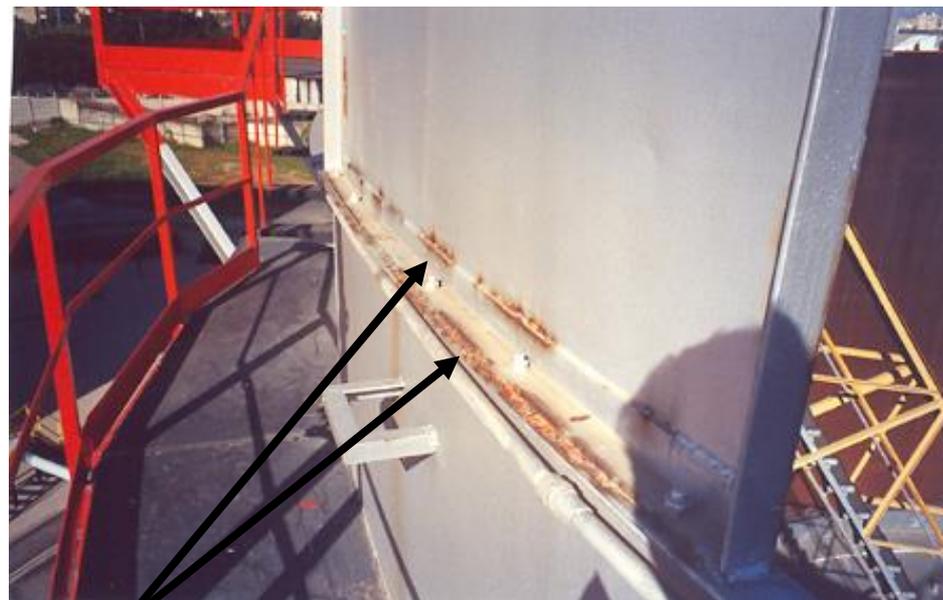
# Tipologia di danneggiamenti

## IMPIANTI ANTINCENDIO

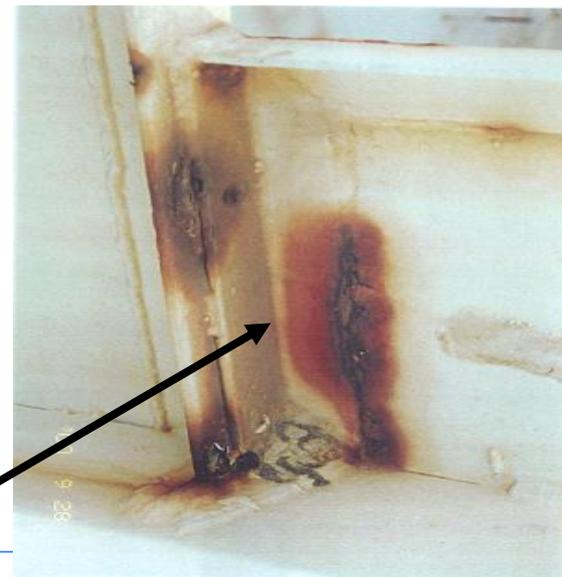
### Scudi versatori- Tetti galleggianti



**Corrosione tra lamiera scudo e telaio**



**Corrosione tra lamiera scudo e telaio con coinvolgimento anello coronamento**

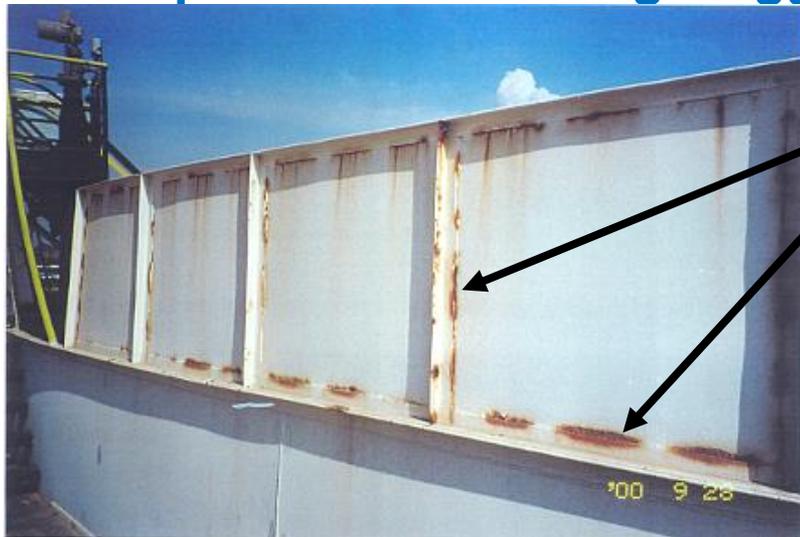


**Particolare corrosione**

## Tipologia di danneggiamenti

### IMPIANTI ANTINCENDIO

#### Schermi parafiamma- Tetti galleggianti



**Corrosione tra lamiere  
schermo e telaio**



**Vista schermo lato  
interno serbatoio**

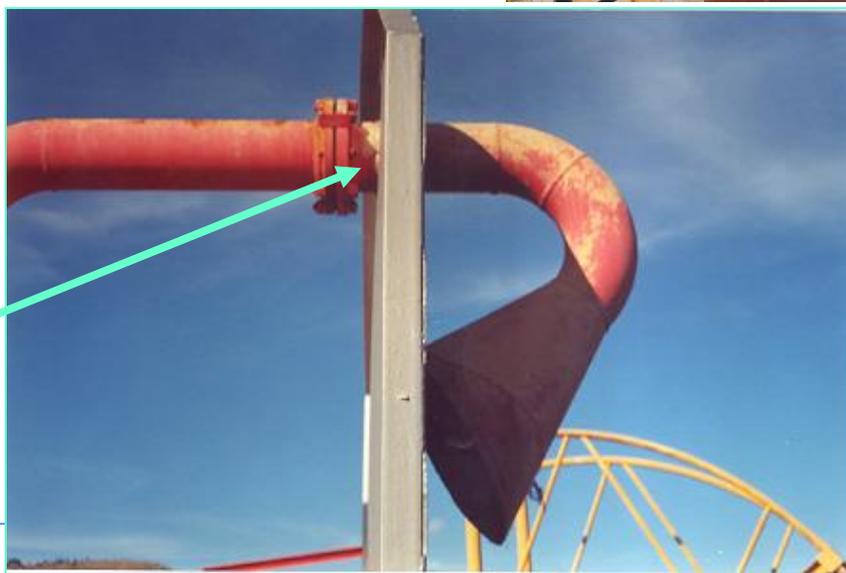
## IMPIANTI ANTINCENDIO

### Versatori- Tetti galleggianti

Versatori di vecchia tipologia



Attraversamento  
non corretto  
tubo-scudo



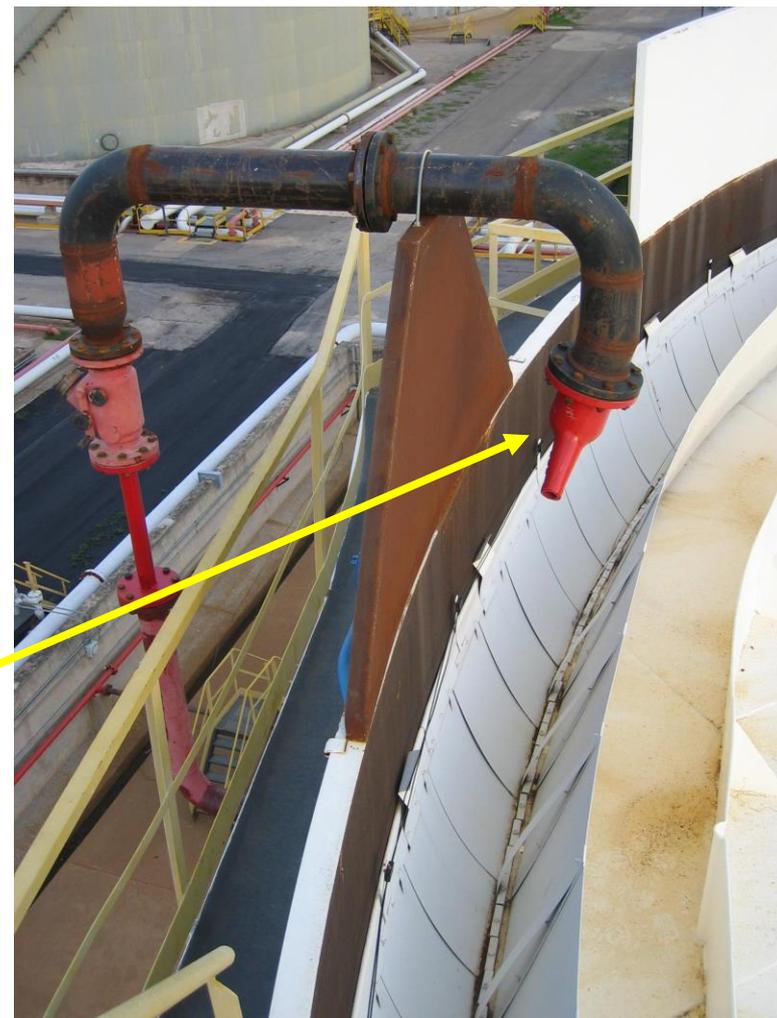
## Tipologia di danneggiamenti

### IMPIANTI ANTINCENDIO

### Versatori-Tetti galleggianti



**Versatore di tipo  
dinamico**



## Tipologia di danneggiamenti

### IMPIANTI ANTINCENDIO

#### Impianto schiuma per tetti fissi



**Barilotti schiuma montati in sommità al  
mantello**

