



ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA

Corso di formazione Aziendale per  
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

# Programmazione Ispezione Manutenzione serbatoi

# PANORAMA NORMATIVO

## NUOVE COSTRUZIONI

### NORME INTERNAZIONALI

**API 650 (edizione più recente: 12° edizione - 2014, con addendum 1 - 2014 e addendum 2 - 2016): “Welded Steel Tanks Oil”**

**API 620 (edizione più recente: 12° edizione – 2013): “Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks”.**

**E’ da segnalare che nel 2010 è stata pubblicata anche la revisione della normativa UNI EN 14015 che cita così:**

**“Specifiche per la progettazione e la fabbricazione di serbatoi di acciaio, costruiti in sito, verticali, cilindrici, a fondo piatto, sopra suolo, saldati, per liquidi a temperatura ambiente e superiore”.**

## Campi di applicazione API 650 - API 620

### API 650

serbatoi a pressione atmosferica e temperatura di esercizio non superiore a 90°C (200 °F)

Appendice F: requisiti supplementari per serbatoi con pressione non superiore a 2,5 psi (18 Kpa-0,175 Kg/cm<sup>2</sup>)

Appendice M: requisiti supplementari per serbatoi con temperatura di esercizio fino a 260°C (500°F)

### API 620

serbatoi a pressione fino a 15 psi (1,05 Kg/cm<sup>2</sup>)

Nelle Appendici, criteri per progettare serbatoi per gas liquefatti fino a temperatura -167°C

Di solito:

- fino a 5 psi: serbatoi a tetto fisso (a duomo)
- oltre 5 psi fino a 15 psi: sferoidi, sfere nodulari, etc)

Esempi: greggi leggeri instabili, naphte leggere, pentani, prodotti petrolchimici volativi

## Normative API per la costruzione dei serbatoi atmosferici

- Specifiche API
  - Spec 12 A
- Specification for Oil Storage Tanks with Riveted Shells
  - Spec 12 B
- Specification for Bolted tanks for Storage of Production Liquids
  - Spec 12 D
- Specification for Field Welded Tanks for Storage of Production Liquids
  - Spec 12 E (out of print)
- Specification for Wodden Production Tanks

# Altre normative API di interesse per la costruzione dei serbatoi atmosferici

API RP 651-4th edition 2014  
Cathodic Protection of Aboveground Storage Tanks

API RP 652- 4th edition 2014  
Lining of Aboveground Petroleum Storage tank Bottoms

STD 2000-7th edition 2014  
Venting Atmospheric and Low pressure Storage tanks: Nonrefrigerated  
and refrigerated



### Altre Normative internazionali per la costruzione dei serbatoi atmosferici

BS 2654: Manufacture of Vertical Steel Welded Non refrigerated Storage Tanks with Butt welded Shells for the petroleum Industry

DIN 4119 PART 1-2: Aboveground Cylindrical Flat Bottomed Tank Installations of Metallic Material

CODRES: Code Francais de Construction des reservoirs Cylindriques Verticaux en Acier

## PANORAMA NORMATIVO

### GESTIONE ATTIVITA' ISPETTIVE E MANUTENTIVE

#### NORME INTERNAZIONALI

**API 653 (revisione più recente: 5° edizione - 2014, con addendum 1 – Aprile 2018): “Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction”**

#### ALTRE RACCOMANDAZIONI API

**API RP 575-2014 : “Inspection of Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks”**

## PANORAMA NORMATIVO

### GESTIONE ATTIVITA' ISPETTIVE E MANUTENTIVE

**EEMUA Publication n. 159 (revisione più recente: 5°  
edizione - 2018) “User’s Guide to the Inspection, Maintenance  
and Repair of Above Ground Vertical Cylindrical Steel  
Storage Tanks”**

## Tipologie di ispezioni

**SIA API 653 CHE EEMUA 159 PREVEDONO LE SEGUENTI  
TIPOLOGIE DI ISPEZIONE:**

- ISPEZIONE DI ROUTINE ( a cura del personale operativo)**
- ISPEZIONE VISIVA A ESTERNO**
- ISPEZIONE SPESSIMETRICA DA ESTERNO**
- ISPEZIONE DA INTERNO**

Le modalità previste per la determinazione delle frequenze di queste ispezioni sono differenti (argomento che sarà affrontato in seguito)

## Ispezione Visiva

**L'affidabilità dell'ispezione visiva è legata principalmente a due fattori:**

- a) l'esperienza e la qualificazione del personale addetto;**
- b) le condizioni di pulizia delle superfici da indagare e di illuminamento all'interno del componente**

L'ispezione visiva deve coinvolgere tutti gli elementi costituenti il serbatoio. E' ovvio che grande rilevanza sia data alla valutazione delle condizioni del fondo e del mantello e del tetto per l'importanza che un buono stato di conservazione di questi elementi assume dal punto di vista della affidabilità al servizio dell'involucro. Tuttavia, la verifica di tutti quegli accessori che possono compromettere la futura funzionalità del componente è altrettanto significativa (ad esempio, organi di respirazione, drenaggi del fondo e del tetto, guarnizioni di tenuta, serpentini di riscaldamento, scale basculanti, etc).

**CHECK LIST  
ORIENTAMENTO ALLA SCELTA DI  
CONTROLLI STRUMENTALI**

## API 653: ORGANIZZAZIONE DI ISPEZIONE DEL PROPRIETARIO O DELL'UTILIZZATORE

**ISPETTORE AUTORIZZATO (AUTHORIZED PIPING INSPECTOR):** DIPENDENTE DELL'AGENZIA DI ISPEZIONE AUTORIZZATA CHE E' QUALIFICATO E CERTIFICATO PER SVOLGERE LE FUNZIONI PREVISTE IN API 653 SECONDO I REQUISITI DI CUI IN APPENDICE D  
IN PARTICOLARE:

- E' RESPONSABILE DI TUTTE LE ISPEZIONI, DA ESTERNO E DA INTERNO, TRANNE QUELLE DA ESTERNO DI MONITORAGGIO A CURA PERSONALE DEL SITO
- E' RESPONSABILE DELLE ATTIVITA' MANUENTIVE, IN ALTERNATIVA O CON IL SUPPORTO DI UN STORAGE TANK ENGINEER

UN ADDETTO AI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI (**EXAMINER**) NON DEVE ESSERE NECESSARIAMENTE UN ISPETTORE AUTORIZZATO.

EGLI ESEGUE I CONTROLLI MA NON PUO' VALUTARNE I RISULTATI IN ACCORDO A API 653, COMPITO CHE SPETTA SOLO ALL'ISPETTORE AUTORIZZATO.

PER I CONTROLLI STRUMENTALI E' RICHIESTA LA CERTIFICAZIONE IN ACCORDO A ASNT, PROCEDURA SNT-TC-1A

## API 653

# CERTIFICAZIONE ISPETTORE AUTORIZZATO

### REQUISITI:

**A) SUPERAMENTO ESAME SCRITTO PRESSO CENTRI API**

**B) REQUISITI DI ISTRUZIONE/ESPERIENZA:**

- laurea in ingegneria o scienze tecnologiche e almeno 1 anno di esperienza in supervisione o esecuzione attività ispettive secondo API 653
- diploma universitario di almeno 2 anni in ingegneria o scienze tecnologiche (laurea breve) e almeno 2 anni di esperienza in progettazione, costruzione, riparazione, ispezione o esercizio di linee, dei quali almeno 1 anno di esperienza in supervisione o esecuzione attività ispettive secondo API653
- diploma scuola tecnica e almeno 3 anni di esperienza in progettazione, costruzione, riparazione, ispezione o esercizio di linee, dei quali almeno 1 anno di esperienza in supervisione o esecuzione attività ispettive secondo API 653
- almeno 5 anni di esperienza in progettazione, costruzione, riparazione, ispezione o esercizio di linee, dei quali almeno 1 anno di esperienza in supervisione o esecuzione attività ispettive secondo API 653

## API 653

# CERTIFICAZIONE ISPETTORE

### **RICERTIFICAZIONE**

**RICHIESTA ALLO SCADERE DEI 3 ANNI DALL'EMISSIONE PRIMO CERTIFICATO**

**ALLA SCADENZA E' RICHIESTO ESAME SCRITTO SE L'ISPETTORE NON HA OPERATO CON CONTINUITA' IN QUESTA MANSIONE NEGLI ULTIMI 3 ANNI**

**OPERARE CON CONTINUITA' VUOL DIRE AVER SPESO ALMENO IL 20% DEL TEMPO LAVORATIVO IN ATTIVITA' DI SUPERVISIONE O DI ESECUZIONE ATTIVITA' ISPETTIVE (ANCHE REGISTRAZIONE DI DATI, REVISIONE DOCUMENTI, NDT) O A SUPPORTO ATTIVITA' INGEGNERISTICHE SECONDO API 653.**

**IN ALTERNATIVA, AVER ISPEZIONATO O AVER SUPERVISIONATO LE ATTIVITA' ISPETTIVE O AVER DATO SUPPORTO INGEGNERISTICO ALLE ATTIVITA' MANUTENTIVE DI ALMENO 75 SERBATOI NEI 3 ANNI**

**OGNI 6 ANNI, L'ISPETTORE DOVRA' DIMOSTRARE DI ESSERE AGGIORNATO SULLE REVISIONI AVVENUTE DI API 653 NEL PERIODO INTERCORSO DALLA SUA CERTIFICAZIONE**

## Tipologie di ispezioni

**SIA API 653 CHE EEMUA 159 PREVEDONO LE SEGUENTI  
TIPOLOGIE DI ISPEZIONE:**

- ISPEZIONE DI ROUTINE ( a cura del personale operativo)**
- ISPEZIONE VISIVA A ESTERNO**
- ISPEZIONE SPESSIMETRICA DA ESTERNO**
- ISPEZIONE DA INTERNO**

Le modalità previste per la determinazione delle frequenze di queste ispezioni sono differenti

## Programma delle ispezioni

- ◆ ***INTERVALLI FISSI***, eventualmente differenziati per tipologia di prodotto, serbatoio, ispezione o condizioni climatiche
- ◆ ***INTERVALLI FLESSIBILI*** in base ad un **approccio di tipo deterministico**, basato sulla vita residua del serbatoio
- ◆ ***INTERVALLI FLESSIBILI*** in base ad un **approccio di tipo probabilistico**, basato sulla valutazione del rischio (metodologia RBI)

# Programma delle ispezioni

- ◆ API 653 propone 2 differenti tipi di approccio:
  - deterministico
  - probabilistico (RBI secondo API 580-API 581)
  
- ◆ EEMUA 159 propone 2 differenti tipi di approccio:
  - intervalli fissi
  - probabilistico secondo valutazione originale di tipo qualitativo

# Programma delle ispezioni

## INTERVALLI FISSI

### B.3 INSPECTION FREQUENCIES

GROUP	SERVICE CONDITIONS	INSPECTION FREQUENCY							
		EXTERNAL ROUTINE VISUAL (months)	EXTERNAL Detailed visual including ultrasonic thickness measurements of shell and roof (years)			INTERNAL Detailed visual including ultrasonic thickness measurements of bottom and shell (years)			
			CLIMATE CODE (*see below*)						
			A	B	C	A	B	C	
1	Slops, corrosive or aggressive chemicals, raw water, brine (not internally protected)	3	1	1	1	3	3	3	
1A	Same as Group 1 except where internally protected as in Appendix C.5.3	3	5	5	7	7	7	7	
2	Refrigerated Storage	See Appendix F							
3	Crude Oil	3	5	5	7	8	8	10	
4	Fuel oil, gas oil, lube oil, diesel oil, caustic soda, inert or non-aggressive chemicals, air foam liquid	3	5	8	10	12	16	20	
5	Jet A1 (fully internally protected)	3	10	10	15	15	15	20	
6	Light products, kerosine, gasoline, cracked distillates, treated water (not internally protected)	3	3	5	7	8	10	12	
7	Heated and insulated tanks.  Note: External UT measurements only around bottom of shell and at selected locations around roof periphery.	3	3	3	5	6	6	6	

**Climate codes:**

- A = Warm and humid, e.g. tropical and subtropical areas
- B = Temperate climate with frequent rain and wind
- C = Warm and dry, e.g. desert locations

**Table B.3-1 Inspection Frequencies**

## Programma delle ispezioni secondo API 653

***INTERVALLI FLESSIBILI*** in base ad un **approccio di tipo deterministico**, basato sulla vita residua del serbatoio

**API 653** adotta un approccio di tipo **deterministico**, basato sulla valutazione della vita residua del **fondo**, per la determinazione delle cadenze delle ispezioni da interno, del **mantello**, per quelle delle ispezioni da esterno, visiva e spessimetrica.

Ovvero, utilizzando il rateo di corrosione calcolato sulla base dell'attuale ispezione, si determina il periodo di tempo necessario a raggiungere un valore minimo di spessore che è predefinito nel caso del fondo, mentre è calcolato come il minimo ammissibile ai fini della stabilità al peso del fluido stoccato nel caso del mantello.

Nella valutazione si tiene conto degli interventi manutentivi effettuati, individuando lo spessore residuo minimo sulla base delle riparazioni effettuate e/o modificando o azzerando i ratei di corrosione, ad esempio, nel caso di verniciatura o di messa in opera di sistemi di protezione catodica.

## Programma delle ispezioni

### ISPEZIONI DA ESTERNO SECONDO API 653

**ISPEZIONE VISIVA ROUTINARIA DA ESTERNO (A CURA PERSONALE DEPOSITO):  
MAX 1 MESE**

**ISPEZIONE VISIVA DA ESTERNO (A CURA DI PERSONALE ESPERTO): RCA/4N, MAX 5  
ANNI**

**ISPEZIONE SPESSIMETRICA DA ESTERNO (A CURA DI PERSONALE ESPERTO):  
RCA/2N, MAX 15 ANNI**

**DOVE:**

**RCA: DIFFERENZA TRA SPESSORE MISURATO SU MANTELLO E SPESSORE MINIMO  
DI CALCOLO**

**N: RATEO CORROSIONE MISURATO SUL MANTELLO**

## Programma delle ispezioni

- API 653
- METODO DETERMINISTICO
- METODO PROBABILISTICO
- Metodo deterministico
- $MRT = (\text{minimo di } RT_{bc} \text{ o } RT_{ip}) - Or (StPr + UPr)$
- L'incognita è  $Or$ , ovvero periodo di esercizio in anni (dopo l'ultima ispezione completa)
- $Or = ((\text{minimo di } RT_{bc} \text{ o } RT_{ip}) - MRT) / (StPr + UPr)$
- Dove:
- MRT (Minimum Remaining Thickness): spessore minimo residuo al termine del periodo di esercizio  $Or$
- $Or$ : periodo di esercizio in anni (dopo l'ultima ispezione completa)
- $RT_{bc}$  (Remaining Thickness from bottom side corrosion): spessore minimo residuo per effetto corrosione lato fondazione, dopo riparazione
- $RT_{ip}$  (Remaining Thickness from internal corrosion): spessore minimo residuo per effetto corrosione lato prodotto, dopo riparazione
- $StPr$ : massimo rateo di corrosione (non soggetta a riparazione) lato prodotto
- $UPr$ : massimo rateo di corrosione lato fondazione

## Programma delle ispezioni

- **DETERMINAZIONE RATEI DI CORROSIONE**
- Non si distingue tra corrosione generalizzata e puntiforme (pitting)
- StPr: massimo rateo di corrosione (non soggetta a riparazione) lato prodotto
- StPr=0 per superfici verniciate se l'efficienza stimata è superiore o uguale a Or
- UPr: massimo rateo di corrosione lato fondazione
- Upr=0 se esiste sistema di protezione catodica efficiente
- Se impiegato MFL (Magnetic Flux Leakage) e non esiste protezione catodica, lo spessore impiegato per determinare UPr sarà il minore tra:
  - - livello di sensibilità adottato per il controllo MFL (minimo spessore residuo individuabile nell'area ispezionata)
  - - minimo spessore in area corrosa non soggetta a riparazione
- **LA VALUTAZIONE DI MRT DEVE ESSERE EFFETTUATA, LADDOVE APPLICABILE SU:**
  - **PARTE CENTRALE FONDO**
  - **ZONA CRITICA**
  - **TRINCARINO**

## Programma delle ispezioni

- A) MRT 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
- B) MRT per lamiera centrali:
  - 2,54 mm per serbatoi che non dispongono di sistemi per rilevazione e contenimento perdite
  - 1,25 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

## Programma delle ispezioni

- C) MRT per 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

### • ESEMPIO

#### • DATI DI INGRESSO

- Spessori originali fondo: 10,0 mm (trincarino), 6,35 mm (parte centrale), fondo non verniciato
- Rateo di corrosione lato prodotto: 0,1 mm/anno
- Rateo di corrosione lato fondazione: 0,1 m/anno
- Spessore residuo minimo: 8,0 mm (trincarino), 5,0 mm (parte centrale)
- Spessore 1° virola: 20 mm
- Spessore minimo di calcolo 1° virola: 14 mm
- Spessore minimo accettabile per trincarino: 5,59 mm
- Spessore minimo accettabile per parte centrale fondo : 2,54 mm
- Spessore minimo accettabile per zona critica (minore di 50% spessore di calcolo 1° virola (50% di 14 mm) e 50% spessore trincarino (50% di 10 mm): 5 mm

#### CALCOLI

- Rateo complessivo: 0,2 mm/anno
- Trincarino:  $(8,0-5,59)/0,2 = 12$  anni
- Parte centrale:  $(5,0-2,54)/0,2 = 12$  anni
- Area critica:  $(8,0-5,0)/0,2 = 15$  anni
- **PROSSIMA ISPEZIONE COMPLETA : 12 ANNI**

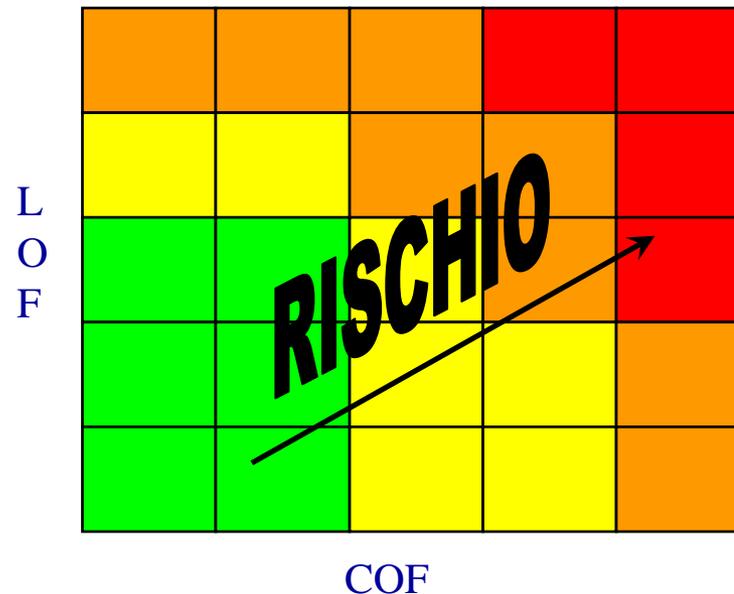
## Programma delle ispezioni

RISCHIO =

Probabilità  
dell'evento iniziale  
LOF

X

Conseguenza  
finale  
COF



## Programma delle ispezioni

**API 581 "Risk - Based Inspection - Based Resource Document, Appendix O  
Above Ground Storage Tanks (revisione più recente: revisione 6 - Giugno 2006)**

R.B.I. - Risk Based Inspection

API 581

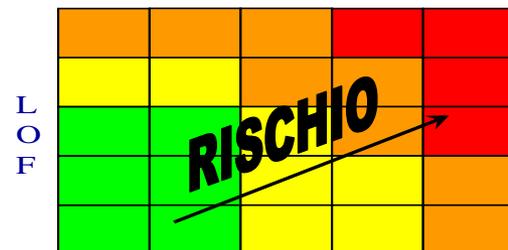


### API - RISK BASED INSPECTION METODOLOGIA



**FORMA NUMERICA:**  
valutazione dell'impatto  
ambientale e quindi finanziario  
[\$/anno]

**FORMA QUALITATIVA:**  
definizione del rischio  
mediante categorie



Istituto Italiano della Saldatura

COF

14

ENTE MORALE

# Programma delle ispezioni

## ANALISI DELLA PROBABILITA'

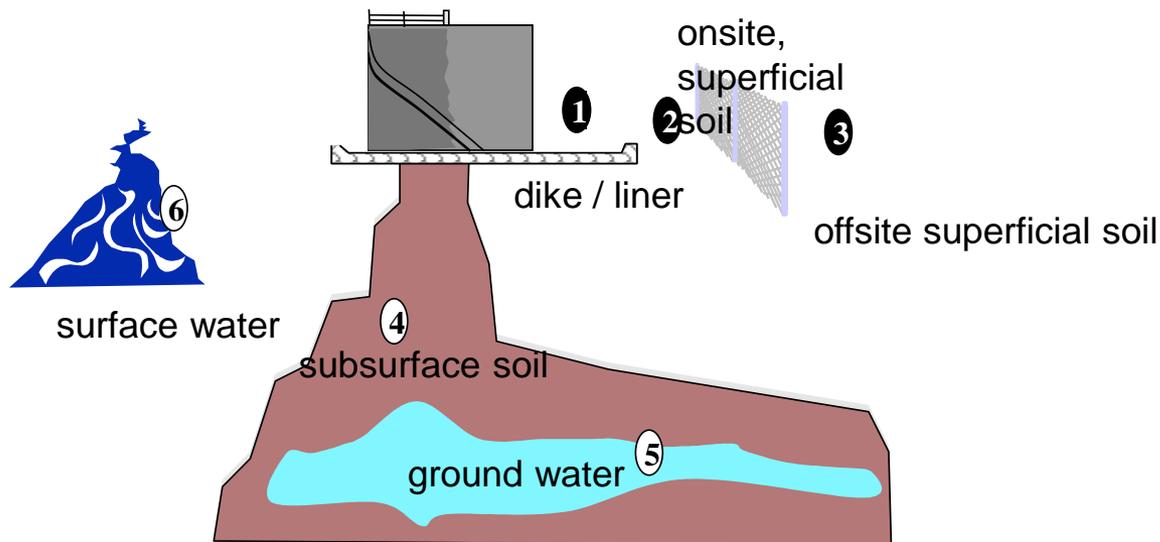
Analisi diversificata per

- a) componente (fondo, mantello, tetto)
- b) tipo di danneggiamento (corrosione interna, corrosione esterna, collasso strutturale)
- c) tipologia di evento (piccola perdita, rottura)

## ANALISI DELLA CONSEGUENZA

### POSSIBILI SCENARI ANALIZZATI

EMISSIONI DI PRODOTTO  
NELL'AMBIENTE



## R.B.I. - Risk Based Inspection

- Metodo basato sulla modifica delle frequenze generiche di accadimento dell'evento (*Survey 1983-1993*)

Failure Scenario (Hole Size)	Relative Comparison (GFF Relative Ratio)	Total Comparison (Floor & Shells)	Frequency (per year)
<b>Floor:</b>	<b>100%</b>	<b>86.78%</b>	$7.22 \times 10^{-3}$
Floor – Leak ( $\leq 0.5$ in.)	99.72%	86.54%	$7.2 \times 10^{-3}$
Floor – Rapid Failure	0.28%	0.24%	$2.0 \times 10^{-5}$
<b>Welded Shell:</b>	<b>100.00%</b>	<b>1.20%</b>	$1.00 \times 10^{-4}$
Shell (Welded) – Leak ( $\geq 0.125$ in.)	99.90%	1.20%	$1.0 \times 10^{-4}$
Shell (Welded) – Rapid Failure			
– Tanks maintained to API 653	0.10%	0.00%	$1.0 \times 10^{-7}$
Shell (Welded) – Rapid Failure			
– Tanks NOT maintained to API 653 <sup>2</sup>	(3.85%)		$4.0 \times 10^{-6}$
<b>Riveted Shell:</b>	<b>100.00%</b>	<b>12.02%</b>	$1.00 \times 10^{-3}$
Shell (Riveted) – Leak ( $\geq 0.125$ in.)	100.00%	12.02%	$1.0 \times 10^{-3}$
Shell (Riveted) – Rapid Failure <sup>3</sup>	0.00%	0.00%	0
<b>Floor + Welded Shell + Riveted Shell Failures:</b>		<b>100%</b>	$8.32 \times 10^{-3}$

## R.B.I. - Risk Based Inspection

## L.O.F. – Likelihood of failure

$$LoF_{Leak} = 7.2 \times 10^{-3} / Year \times \frac{DF_{ar/t}}{MF_{GFF, Leak}} \times MF_{Liner}$$

- DF (DAMAGE FACTOR) O FATTORE DI DANNO
- MF<sub>GFF</sub> (CORRECTION FACTOR) O FATTORE DI SCALA
- MF<sub>LINER</sub> (MODIFICATION FACTOR) O FATTORE LINER

### FATTORE DI DANNO - DF

NUMERO ADIMENSIONALE che valuta la GRAVITA' DEL DANNEGGIAMENTO del componente in esame

- ETA' DEL COMPONENTE
- RATEO DI CORROSIONE (misurato con i risultati di due ispezioni successive o stimato da dati bibliografici)
- SPESSORE INIZIALE DEL COMPONENTE
- NUMERO E GRADO DI EFFIACACIA DELLE ISPEZIONI CONDOTTE SUL COMPONENTE

# Programmazione Ispezione di serbatoi

ISPEZIONE FONDI SERBATOI		
GRADO EFFICACIA	LATO FONDAZIONE	LATO PRODOTTO
A	a) Controllo con sistema magnetico a flusso disperso con verifiche delle zone segnalate come corrose mediante controllo ultrasonoro su almeno il 90% della superficie del fondo  b) Sulla base dei risultati del controllo di cui in a), eventuale controllo strumentale delle saldature di composizione dei fondi e del materiale base adiacente (particolari non controllabili con sistema a flusso magnetico disperso)	a) preliminarare sabbiatura di tutta la superficie del fondo ("COMMERCIAL BLASTING") b) Ispezione visiva sul 100% della superficie in condizioni di illuminazione adeguate c) Misura delle dimensioni dei crateri di corrosione (diametro, profondità) mediante calibri e loro localizzazione su mappa d) Esecuzione controllo vacuum-box su tratti saldature di composizione fondo che, visivamente, appaiano danneggiate e) Su superfici verniciate: <ul style="list-style-type: none"> <li>- controllo con sponge test (ricerca microdifetti) sul 100% della superficie</li> <li>- prove di aderenza dello strato protettivo</li> </ul>
B	a) controllo con sistema magnetico a flusso disperso con verifiche delle zone segnalate come corrose mediante controllo ultrasonoro su almeno il 50% della superficie del fondo	a) preliminarare sabbiatura di tutta la superficie del fondo ("BRUSH BLASING") b) Ispezione visiva sul 100% della superficie in condizioni di illuminazione adeguate c) Misura delle dimensioni dei crateri di corrosione (diametro, profondità) mediante calibri e loro localizzazione su mappa d) Su superfici verniciate: <ul style="list-style-type: none"> <li>- controllo con sponge test (ricerca microdifetti) su almeno il 75% della superficie</li> <li>- prove di aderenza dello strato protettivo</li> </ul>

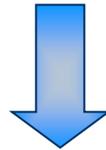
# Programmazione Ispezione di serbatoi

ISPEZIONE MANTELLI SERBATOI		
GRADO	LATO ESTERNO	LATO PRODOTTO
EFFICACIA		
A	SERBATOI NON COIBENTATI	<p>a) Ispezione visiva con individuazione aree corrose e misura delle loro dimensioni mediante calibri (area, profondità media e massima) e loro localizzazione su mappa</p> <p>b) Controllo ultrasonoro in continuo su aree in cui si sospetti la presenza di corrosione e controllo ultrasonoro per confermare lo spessore attuale delle lamiere costituenti le virole</p>
	a) Ispezione visiva estesa almeno al 95% della superficie esterna, supportata dalla misura della profondità delle eventuali zone corrose mediante calibro o controllo spessimetrico	
	SERBATOI COIBENTATI	
	<p>a) ispezione visiva di almeno il 95% della superficie coibentata</p> <p>b) Rimozione della coibentazione in almeno il 90% delle zone ritenute sospette alla precedente ispezione di cui in OPPURE</p> <p>a) Senza rimuovere il coibente, esecuzione di indagini strumentali (tipo Eddy Current</p> <p>b) su almeno il 90% delle zone ritenute sospette alla precedente ispezione di cui in a)</p> <p>c) Ispezione visiva delle zone sospette e misura zone corrose con calibri o rilievi di spessore</p>	
B	SERBATOI NON COIBENTATI	<p>a) Rilievi di spessore a punti dalla superficie esterna su zone del mantello individuate come probabilmente corrose ad una precedente ispezione da interno sullo stesso serbatoio o su serbatoi analoghi per tipo di servizio</p> <p>b) Ispezione visiva da interno mediante telecamera supportata da rilievi di spessore a punti</p>
	a) Ispezione visiva estesa almeno al 50% della superficie esterna, supportata dalla misura della profondità delle eventuali zone corrose mediante calibro o controllo spessimetrico	
	SERBATOI COIBENTATI	
	<p>a) Ispezione visiva di almeno il 95% della superficie coibentata</p> <p>b) Rimozione della coibentazione in almeno il 30% delle zone ritenute sospette alla precedente ispezione di cui in a)</p> <p>OPPURE</p> <p>Senza rimuovere il coibente, esecuzione di indagini strumentali (tipo Eddy Current) su almeno il 30% delle zone ritenute sospette alla precedente ispezione di cui in a)</p> <p>c) Ispezione visiva delle zone sospette e misura zone corrose con calibri o rilievi di spessore</p>	

## R.B.I. - Risk Based Inspection

### Analisi della probabilità - Mantello

Il **FATTORE DI DANNO DF** calcolato per ogni *singola virola*



La data dell'ispezione del mantello sarà funzione della virola con il maggior fattore di danno e pertanto dalla virola più corrosa.

## R.B.I. - Risk Based Inspection

### Analisi della conseguenza (C.O.F. – Consequence of failure)

**COF - Consequence of failure (\$/event)**

**COF = COSTI DI BONIFICA AMBIENTALE +  
SANZIONI AMMINISTRATIVE +  
COSTI PER FUORI SERVIZIO +  
COSTI DI RIPARAZIONE**

# R.B.I. - Risk Based Inspection

## Analisi della conseguenza (C.O.F. – Consequence of failure)

### COF - Consequence of failure (\$/event)

#### COSTI DI BONIFICA AMBIENTALE

Table 45: Release Rates for Small Bottom Leak (bbl/hr) – Without RPB and  $\leq 0.125$  in. hole

Soil Type	Hydraulic Conductivity of Soil (cm/sec)	Gasoline	Diesel Oil Light Fuel Oil	Heavy Fuel Oil Crude Oil
Coarse Sand	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-2}$	5	2	0.15
Fine Sand	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$	1	0.5	0.03
Very Fine Sand	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-5}$	0.08	0.03	0.002
Silt	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$	0.006	0.003	0.0002
Sandy Clay	$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-7}$	0.001	0.0005	0.00003
Clay	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-8}$	0.0002	0.00008	0.000005

## R.B.I. - Risk Based Inspection

## Analisi della conseguenza (C.O.F. – Consequence of failure)

### COF - Consequence of failure (\$/event)

#### SANZIONI AMMINISTRATIVE

#### COSTI PER FUORI SERVIZIO

Downtime Cost = Fuori servizio (gg) \* \$ Cost/day

Outage days (tempo di fuori servizio del serbatoio danneggiato)

- svuotamento
- pulizia
- preparazione per l'ispezione
- riparazione
- ripristino del servizio

#### REPAIR COST

I costi di riparazione suggeriti dalla procedura possono essere corretti con dati statistici del sito.

Repair	Typical Cost	Typical Downtime
Minor bottom repirs	\$5,000	1-3 days
Bottom replacement	\$15 -\$20/ sq. ft	3 - 6 weeks
Hydro-test	--	1 week
Install liner	\$40,000	1 week

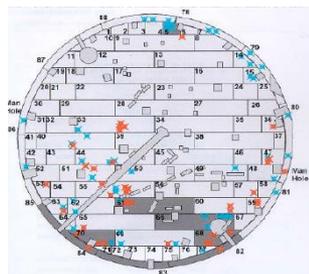
## R.B.I. - Risk Based Inspection Impostazione dell'analisi

### RACCOLTA DOCUMENTAZIONE:

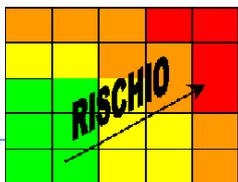
- Disegni di progetto
- Relazioni di calcolo
- Verbali di calibrazione
- Verbali ispezione e manutenzione
- Rapporti di sicurezza
- Manuale operativo
- Definizione dei costi unitari

### SOPRALLUOGO IN CAMPO:

- Ricostruzione dati mancanti
- Verifica dei dati raccolti
- Verifica generale stato di conservazione esterno



### ANALISI RBI



PROGRAMMA DI  
ISPEZIONE O  
PRIORITÀ DI  
INTERVENTO



## R.B.I. - Risk Based Inspection

### Determinazione qualitative del rischio

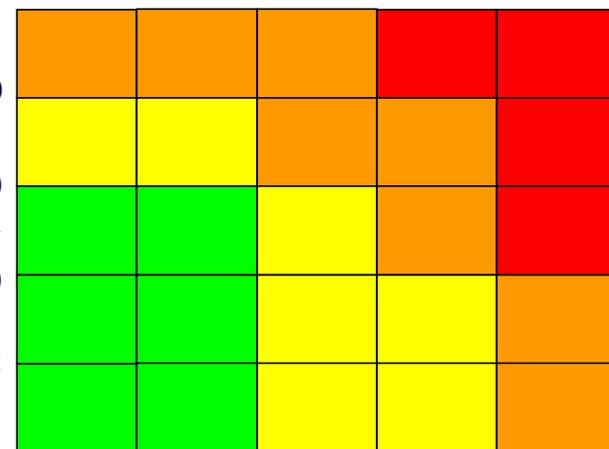
La categoria di probabilità (rappresentazione qualitativa) è definita in base al valore del fattore di danno DF:

- DF ≤ 2 : Categoria 1
- 2 < DF ≤ 20 Categoria 2
- 20 < DF ≤ 100 Categoria 3
- 100 < DF ≤ 1000 Categoria 4
- DF > 1000 Categoria 5

Fattore Danno DF

Categoria LOF

LOF



COF

Categoria COF

Costi

Weigheted Cof (\$)	CoF Category
<10,000	A
100,000	B
1,000,000	C
10,000,000	D
<10,000,000	E

## R.B.I. - Risk Based Inspection

### Risultato Qualitativo

Target

LOF

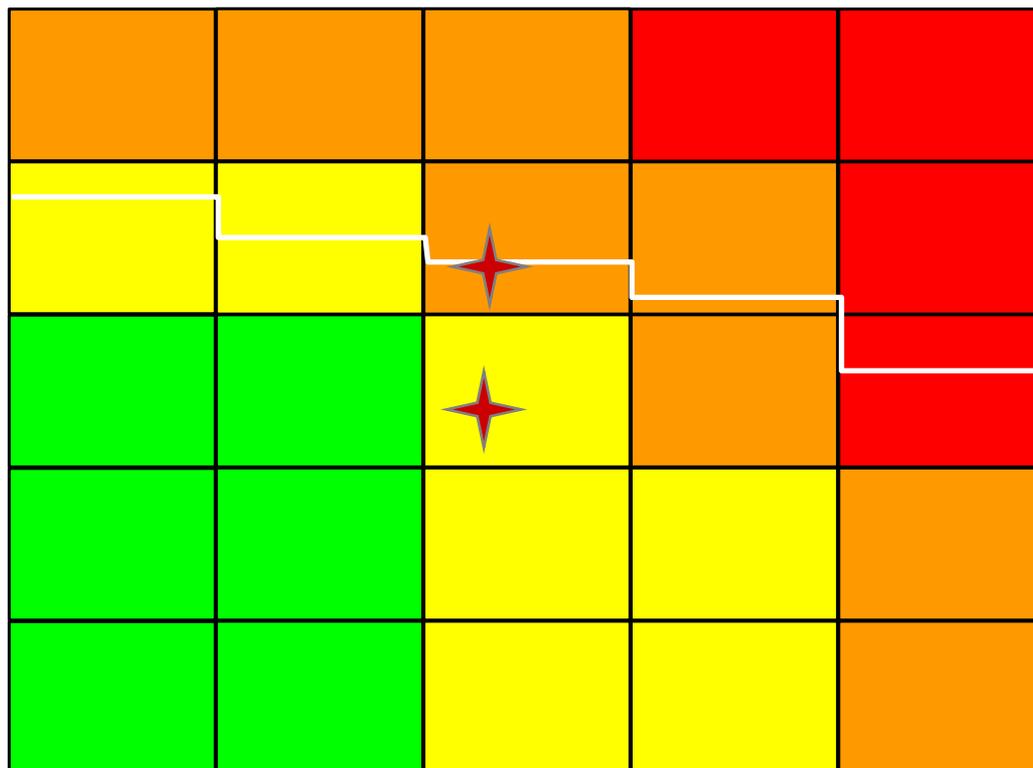
5

4

3

2

1



A

B

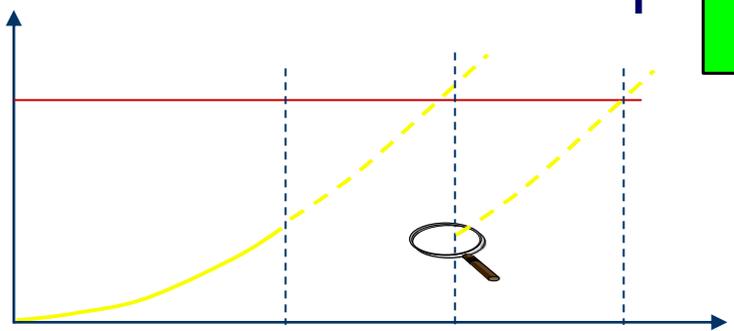
C

D

E

COF

RISCHIO



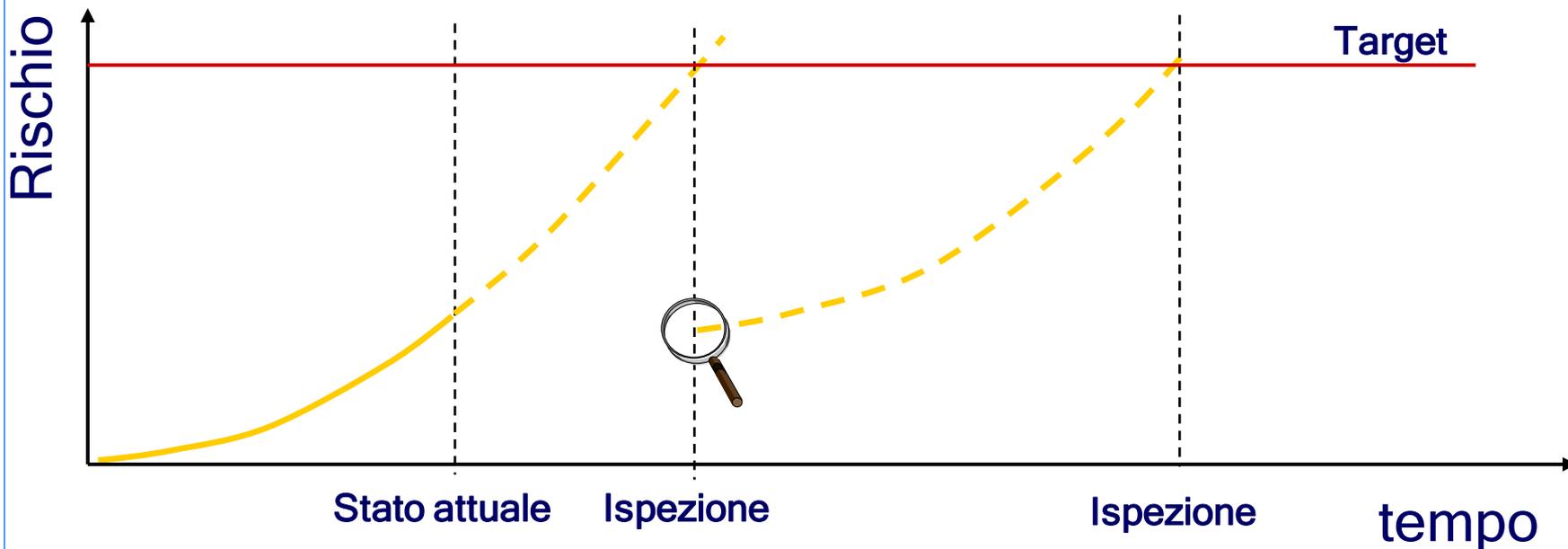
Stato attuale

Ispezione

tempo

## API - RISK BASED INSPECTION METODO E SCOPI

- Per i serbatoi il risultato fondamentale è definire “quando” eseguire l’ispezione



# PROGRAMMAZIONE DELLE ISPEZIONI

## LIMITAZIONI TEMPORALI ALLE ISPEZIONI DA INTERNO SECONDO API 653

### 1° ISPEZIONE DA INTERNO

PER SERBATOI DI NUOVA COSTRUZIONE O PER SERBATOI ESISTENTI NEI QUALI SIA STATO MONTATO UN NUOVO FONDO LA PROSSIMA ISPEZIONE DA INTERNO ENTRO LA DATA DEFINITA SECONDO UNA DELLE DUE SEGUENTI ALTERNATIVE:

1) Max 10 anni, a meno che il serbatoio non sia dotato di particolari sistemi per la prevenzione e l'individuazione di perdite, il contenimento perdite, la mitigazione della corrosione in questo caso ai 10 anni si sommano i seguenti punteggi:

- 1) Lining in FRP applicato in conformità a API 652: 5 anni
- 2) Verniciatura del fondo applicata in conformità a API 652: 2 anni
- 3) Protezione catodica installata, manutenzionata e ispezionata secondo API 651: 5 anni
- 4) Doppio fondo con sistema rilevazione perdite secondo API 650: 10 anni
- 5) Sovrasspessore di corrosione del fondo maggiore di 3,81 mm: attuale sovrasspessore - 3,81 mm/0,381 mm/anno)

Esempio: serbatoio dotato di doppio fondo su cui è stato applicato lining di FRP

Prossima ispezione: 10 anni + 10 anni (doppio fondo) + 5 anni (lining FRP) = 25 anni

2) Applicando una valutazione RBI secondo API 580-API 581:

- max 20 anni per serbatoi non dotati di doppio fondo
- max 30 anni per serbatoi dotati di doppio fondo

# PROGRAMMAZIONE DELLE ISPEZIONI

## ISPEZIONI DA INTERNO SECONDO API 653

### 1° ISPEZIONE DA INTERNO

Se e' applicato metodo RBI, il limite massimo di anni puo' essere ignorato per serbatoi che stoccano i seguenti prodotti:

- prodotti che solidificano a temperature inferiori a 43°C (ad esempio, bitume, paraffina, residuo, fondo vacuum, etc)
- prodotti che non sono identificati o regolamentati per legge come sostanze pericolose
- prodotti che sono stati valutati come non pericolosi per l'ambiente e per l'uomo da parte del proprietario/esercente del serbatoio

**NOTA:** nel caso di serbatoi nei quali sia stato montato un nuovo fondo, la valutazione della prossima ispezione da interno puo' essere ricondotta al caso di ispezioni da interno successive, applicando anche il solo metodo deterministico (quindi max 20 anni per serbatoi non dotati di doppio fondo, max 30 anni per serbatoi dotati di doppio fondo) purchè:

- i dati ispettivi necessari per la valutazione siano ricavati dalle condizioni del fondo sostituito;
- si stimi che il rateo di corrosione per il nuovo fondo non sarà superiore a quello calcolato per il vecchio fondo

## PROGRAMMAZIONE DELLE ISPEZIONI

### ISPEZIONI DA INTERNO SECONDO API 653

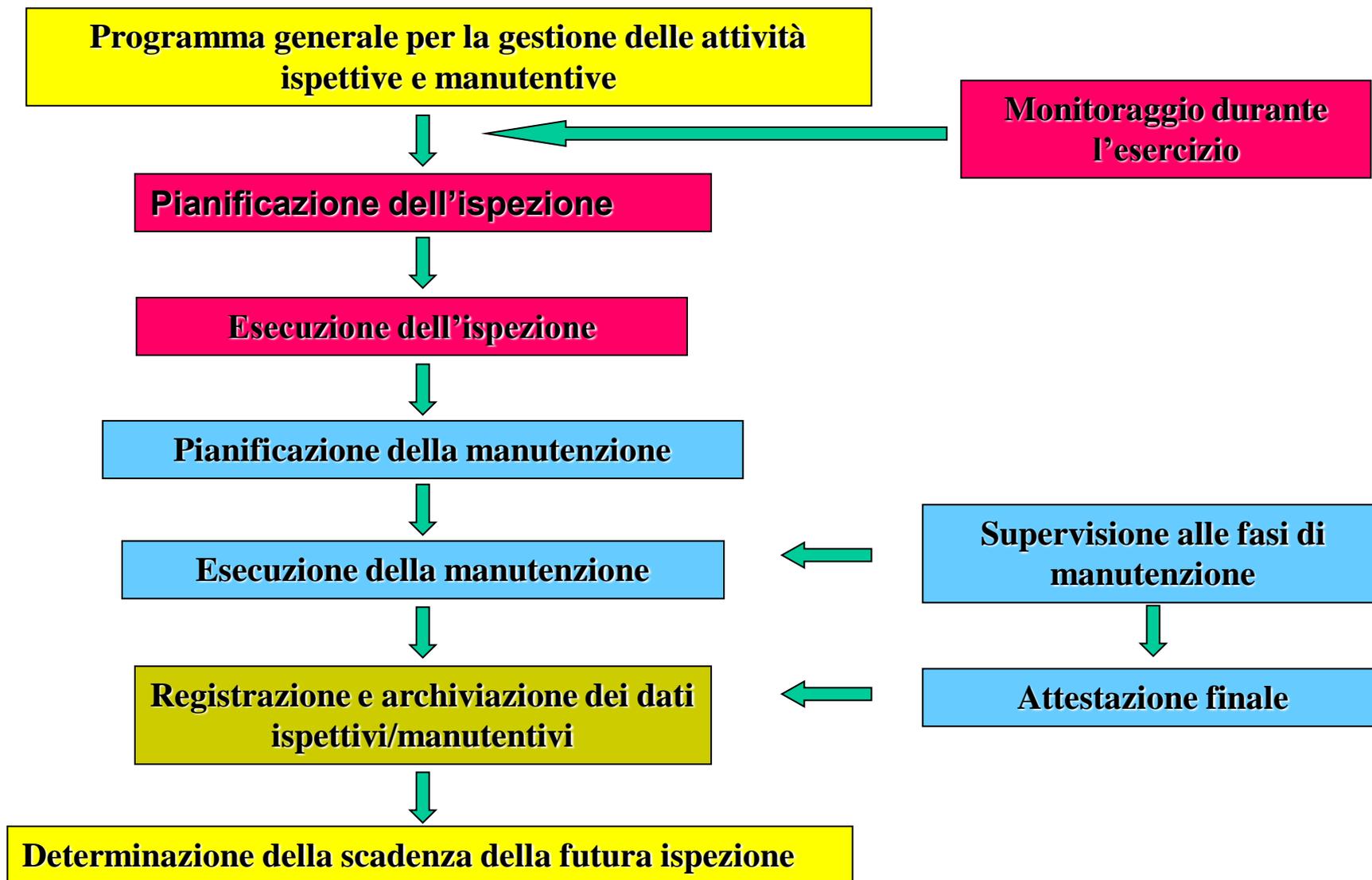
#### ISPEZIONI DA INTERNO SUCCESSIVE

- 1) METODO DETERMINISTICO BASATO SU RATEO CORROSIONE FONDO  
In questo caso:
  - max 20 anni per serbatoi non dotati di doppio fondo
  - max 30 anni per serbatoi dotati di doppio fondo
- 2) METODO PROBABILISTICO (API 580-API 581)  
In questo caso non e' stabilito limite massimo.  
Due condizioni:
  - a) lo studio RBI deve essere revisionato non oltre 10 anni;
  - b) se per la determinazione dei ratei di corrosione si utilizzano i risultati delle precedenti ispezioni, la loro efficacia deve essere stata alta o media; in pratica, non possono essere utilizzati ratei di corrosione calcolati sulla base di rilievi spessimetrici presi su un campione troppo limitato

# Programmazione Ispezione di serbatoi

N° Serbatoio	Diametro	Altezza	Capacita' geometrica [mc]	TIPO	PRODOTTO	Anno di costruzione	2007				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
							I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim								
2	16	11,6	2.332	TF	BLU	1953	DEP											
							IIS				VE				SE	CO		
4	16	11,6	2.332	TF	G agr	1953	DEP											
							IIS						SE		CO			
5	16	11,6	2.332	G	JP1	1953	DEP											
							IIS											CO
6	8	11,6	583	G	G agr	1953	DEP											
							IIS								SE		CO	
7	16	11,6	2.332	G	BLU	1953	DEP											
							IIS	SE									CO	
8	8	11,6	583	TF	P	1953	DEP											
							IIS	VE						SE		CO		
9	16	11,6	2.332	G	G	1953	DEP											
							IIS							SE		CO		
10	8	11,6	583	TF	P	1953	DEP											
							IIS	VE								SE		CO

## Sviluppo delle attività



## Pianificazione dell'ispezione

### DATI STORICI PRECEDENTI ATTIVITÀ ISPETTIVE E MANUTENTIVE

Risultati ispezioni  
precedenti

Interventi di  
manutenzione  
effettuati

Ratei di  
corrosione  
ipotizzati

### RISULTATI ISPEZIONE E CONTROLLI SVOLTI DURANTE L'ESERCIZIO DEL SERBATOIO

Ispezioni routinarie a cura  
dell'esercizio

Risultati ispezione  
esterna (visiva e spessori)

Tecniche di monitoraggio  
( emissione acustica, gas  
traccianti, etc..)

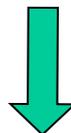
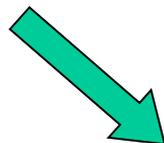
### SCELTE PREVENTIVE DELLA COMMITTENTE

Realizzazione doppio  
fondo

Cambiamento della  
tipologia del tetto

Variazioni d'uso

Adeguamenti di legge



### Piano dell'ispezione

Tipo, estensione e localizzazione delle indagini da effettuarsi.

## Esecuzione dell'ispezione

### ISPEZIONE TRADIZIONALE

- ispezione visiva
- rilievi di spessore



### SUPPLEMENTI DI INDAGINE PROPOSTI

- ripetizione parziale o totale della ispezione visiva del fondo previa sua pulizia.
- pulizia aree particolari
- esecuzione controlli particolari



### VALUTAZIONE INGEGNERISTICA ACCETTABILITA' DEI DANNEGGIAMENTI RILEVATI SECONDO:

- API 650 – API 653
- EEMUA 159
- PROCEDURE DELLA COMMITTENTE

## Esecuzione dell'ispezione

### ELABORAZIONE RAPPORTO ISPETTIVO FINALE

- risultati ispezione visiva (eventuali check list )
- schemi per la localizzazione dei danneggiamenti rilevati, con indicazione delle loro dimensioni
- documentazione fotografica dei principali danneggiamenti rilevati
- verbali rilievi spessimetrici
- verbali altri controlli non distruttivi eseguiti



### INTERVENTI DI RIPRISTINO PROPOSTI

- Tipo di intervento
- localizzazione/estensione
- suggerimenti su modalità esecutive
- individuazione delle priorità d'intervento

#### Rif. a:

- API 650 – API 653
- EEMUA 159
- procedure della Committente

## Pianificazione della manutenzione

### Ispezione

Interventi proposti dall'ispezione

### Manutenzione

Interventi predefiniti dalla Committente ad esempio:

- doppio fondo
- adeguamenti a standards interni
- variazione d'uso

### Sicurezza

Interventi previsti per adeguamenti richiesti da disposizioni legislative e/o regolamenti locali, ad esempio:

- adeguamento impianto antincendio
- verniciatura esterna

### Programmazione

Budget disponibile

**LISTA LAVORI DA ESEGUIRSI**

## Pianificazione della ispezione



### ***LISTA LAVORI DA ESEGUIRSI***

- **MANUTENZIONE MECCANICA**
- **VERNICIATURA**
- **ALTRI LAVORI**

#### **PUNTI DA DEFINIRE:**

- **tipo, estensione e localizzazione degli interventi di manutenzione meccanica**
- **tipo ed estensione dei controlli previsti a carico delle Imprese**
- **documentazione preliminare e finale richiesta alle Imprese**
- **individuazione delle norme / codici e delle specifiche interne della Committente da rispettare in ambito contrattuale**

## Esecuzione della manutenzione



# Registrazione e archiviazione dei dati ispettivi e manutentivi

### DATI DA REGISTRARE E ARCHIVIARE:

- Rapporti ispezione
- Scheda interventi di manutenzione meccanica e di verniciatura effettuati
- Book finale delle imprese appaltatrici
  - manutenzione meccanica
  - verniciatura
  - altro
- Rapporti visite ispettive e verifiche effettuate
- Eventuale attestazione finale a cura Ente terzo

# Determinazione della scadenza della futura ispezione

- **Individuazione della scadenza temporale della futura ispezione completa (da interno e da esterno) del serbatoio**
- **Raccomandazioni in merito a tipo, estensione e localizzazione delle indagini da effettuarsi**
- **Eventuali indicazioni in merito a controlli e monitoraggi da effettuarsi nel corso dell'esercizio**



**PROGRAMMA GENERALE  
PER LA GESTIONE  
DELLE ATTIVITÀ  
ISPETTIVE E MANUTENTIVE**