

Serbatoi di stoccaggio con tetto galleggiante a doppio pontone. Un dispositivo per limitare le emissioni e contenere eventuali fuoriuscite accidentali di prodotto.

A. Falla¹, R. Nicosia¹, R. Acerboni², F. Boella², A. De Palma², P. Morucchio², V. Prete³

¹ VED - Vetrosesina Engineering Development

² Inail - Uot di Venezia

³ Inail - Uot di Alessandria

Sommario

Per rimuovere l'acqua piovana dal tetto galleggiante a doppio pontone di un serbatoio di stoccaggio, viene utilizzata una condotta articolata che scarica all'esterno del serbatoio stesso.

Qualora, la condotta non riuscisse ad eliminare l'acqua si potrebbero arrecare dei danni al tetto galleggiante ed al serbatoio stesso: per ovviare a tale evenienza sono previsti uno o più dreni d'emergenza che attraversano il tetto e scaricano direttamente all'interno del serbatoio.

Il dreno di emergenza più diffuso è costituito da un tronchetto di tubo che sporge oltre il foro di passaggio del tetto.

Essendo i dreni di emergenza comunicanti con l'atmosfera, sono fonti di emissione continua di eventuali vapori del prodotto stoccato nel serbatoio e talvolta veicolano spruzzi del prodotto stesso non stabilizzato sul tetto del serbatoio.

Per risolvere tali problematiche è stato studiato un dispositivo che offre le stesse funzionalità del dreno di emergenza classico, pari efficacia e, a garanzia dell'affidabilità, non presenta alcun meccanismo; contrastando anche l'emissione dei vapori in atmosfera, tramite una forte riduzione della sezione libera di passaggio e nel contempo impedisce lo spargimento degli spruzzi attraverso il foro stesso.

1. Introduzione

Il sistema maggiormente diffuso per lo stoccaggio di prodotti petroliferi, del greggio e dei suoi derivati, sono i serbatoi cilindrici atmosferici fuori terra.

L'appendice "C" delle API 650 riporta i requisiti minimi che devono avere i serbatoi di stoccaggio con tetto galleggiante a singolo e a doppio pontone esterno (*pontoon-type and double-deck-type external floating roofs* (figura 1). La capacità di stoccaggio di questi serbatoi può arrivare a 200.000 m³ e il loro diametro superare anche i 100 m.

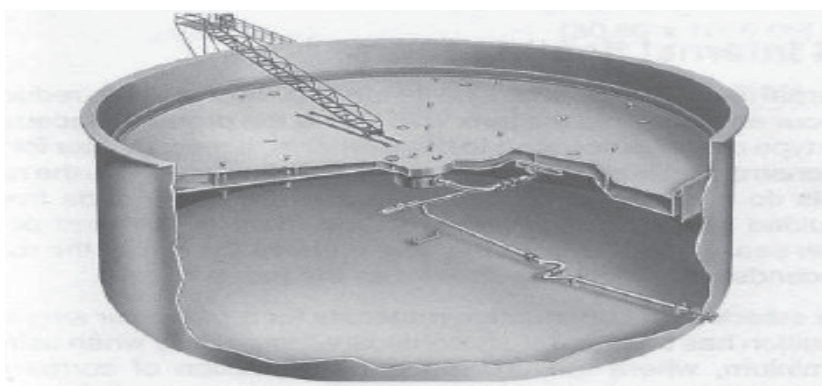


Figura 1. Double Deck Type Floating Roof [Bob. L & Bob. G, n.d, p.155]

Il presente studio riguarda solamente i serbatoi a tetto galleggiante a doppio pontone. La superficie orizzontale di un tetto galleggiante può superare anche il valore di 8000 m²; da questo ne consegue che, nel caso di precipitazione atmosferica, la quantità di acqua piovana che finisce sul tetto è elevata e non dovrà per nessun motivo rimanere su di esso, ma dovrà essere drenata.

Lo scarico dell'acqua piovana avviene tramite il dreno centrale collegato al braccio articolato che la scarica fuori dal tetto (figura 1).

Il tetto galleggiante a doppio pontone è inoltre corredato di tanti altri accessori per assicurare la funzionalità e garantire l'integrità durante il normale esercizio.

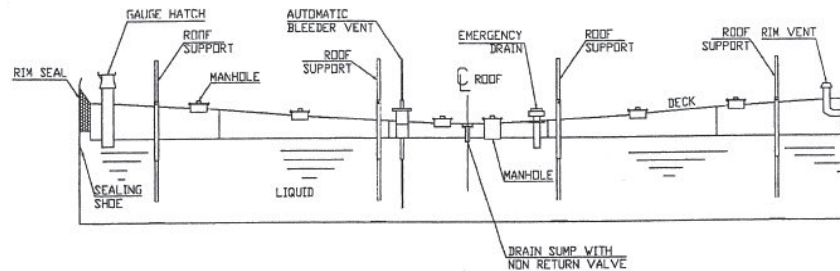


Figura 2. Double Deck Floating Roof Tank [EEMUA 2003, vol.1, p.15]

In figura 2 sono riportati i principali accessori a corredo del tetto e tra questi il “dreno di emergenza” o “troppo pieno”.

Il sistema di scarico dell'acqua piovana dal dreno collegato al braccio articolato del tetto è progettato per smaltire l'acqua in modo da non sovraccaricarlo in funzione della massima intensità delle precipitazioni prevedibili. L'acqua piovana fluisce verso il centro del tetto e il dreno è in grado di smaltirla senza che in prossimità di esso si raggiungano livelli apprezzabili, ma solo di pochi millimetri.

Nel caso in cui la condotta articolata non funzioni o risulti insufficiente a smaltire l'acqua piovana, il livello dell'acqua si innalzerebbe oltre misura e si potrebbero causare gravi danni al tetto flottante ed a tutto il serbatoio. Motivo di malfunzionamento del dreno potrebbe essere, ad esempio, l'occlusione totale o parziale di esso per il depositarsi di foglie portate dal vento e/o fucelli portati da volatili.

2. Lo stato attuale

Per prevenire tale evenienza, sul tetto del serbatoio sono praticati uno o più troppo pieno, che attraversano il tetto e scaricano direttamente all'interno del serbatoio l'acqua piovana, che quindi si andrà a miscelare con il liquido contenuto in esso. Tale pratica è ancora considerata efficace e sicura; il livello di troppo pieno viene fissato dal progettista e lo si realizza praticando attorno al foro di troppo pieno una barriera che una volta superata dal livello dell'acqua, eventualmente accumulatasi, si riversa nel serbatoio attraverso il foro di comunicazione (figure 3 e 5). Il sistema di troppo pieno più diffuso è un tronchetto di tubo che sporge oltre il foro di passaggio del tetto (figure 5 e 6). A completare il troppo pieno c'è una copertura (cappello) e una rete anti-nido (figure 3 e 5). Il livello del bordo del troppo pieno dovrà sempre essere più basso della quota che raggiunge il tetto galleggiante nella parte periferica più esterna.



Figura 3

Figura 4. (sezione della Fig.3)



Figura 5

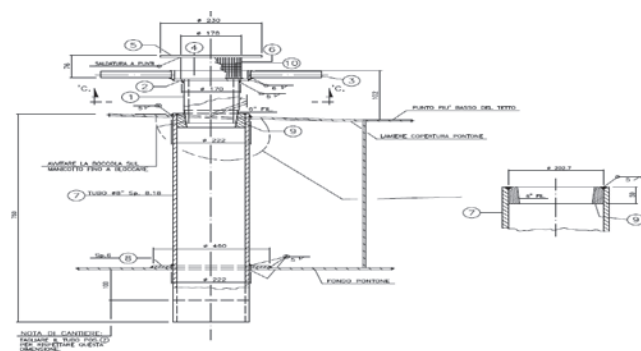


Figura 6. (sezione della Fig.5)

La differenza sostanziale tra le due soluzioni, (rispettivamente figure 3 e 4 e figure 5 e 6) consiste nel fatto che nelle prime la diga è saldata al tetto mentre nelle seconde vi è un collegamento filettato.

Essendo i troppo pieno comunicanti con l'atmosfera, questi sono fonti di emissione continua dei vapori che si producono all'interno del serbatoio e talvolta attraverso essi vengono emessi degli schizzi di liquido contenuto nel serbatoio sporcando la superficie del tetto; il fenomeno degli spruzzi sopra indicato è ricorrente nel caso di contenuto non stabilizzato e/o a seguito delle operazioni di riempimento del serbatoio.

Le API 650 prescrivono che sui tetti a doppio pontone devono essere presenti almeno tre dreni di emergenza con sezione di 4" e spessore schedula 80.

3. Contenimento delle emissioni dai dreni di emergenza

Per contrastare le emissioni in atmosfera è stato studiato un dispositivo che offre la stessa efficacia di funzionamento del "troppo pieno" come richiesto dalle API 650 ma che contrasta l'emissione dei vapori e impedisce lo spargimento del fluido attraverso il foro di "troppo pieno".

4. Descrizione del dispositivo

Il dispositivo è costituito da una sfera metallica cava, in grado di galleggiare nell'acqua e di peso noto, che poggia su un seggio anch'esso metallico. Il seggio è realizzato su una base metallica (flangia) che viene fissata sul tetto. L'asse del seggio coinciderà con l'asse del foro di "troppo pieno". Dalla flangia si dipartono un minimo di tre elementi verticali, angolarmente equi-spaziati, che hanno il compito di fare da gabbia alla sfera, consentendo solo piccoli movimenti laterali e una significativa corsa per le fluttuazioni verticali. Sulla base metallica, solitamente circolare, è applicata per saldatura la diga di troppo pieno, di altezza prestabilita. Il fissaggio al tetto potrà essere operato con, guarnizione, stucchi molecolari o, con raccordo filettato. La figura 7 mostra tutto quanto sopra descritto; le varianti di fissaggio offrono la possibilità dell'installazione anche su tetti esistenti.

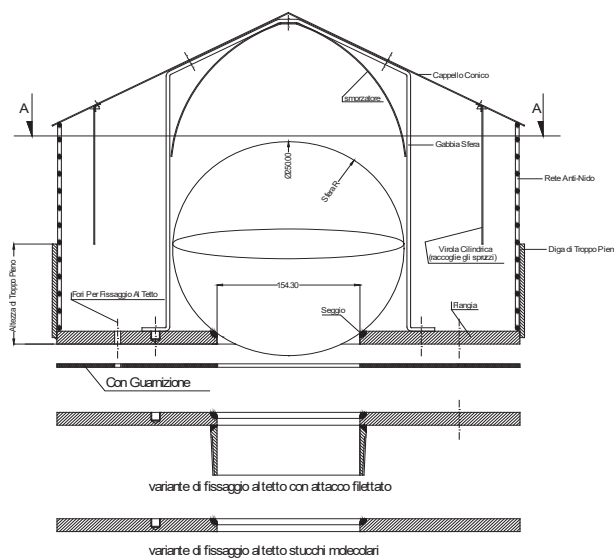


Figura 7

Fintantoché il livello dell'acqua non supera quello della diga di troppo pieno, la sfera, per gravità, poggia sul seggio e contrasta la fuori-uscita di vapori (emissioni) e fa da scudo ad eventuali schizzi provenienti dall'interno del serbatoio; il tipo di contatto tra sfera e seggio non è tale da assicurare una chiusura ermetica ma solo una fortissima riduzione della sezione libera di emissione verso l'atmosfera. Nel caso in cui il livello dell'acqua piovana sul tetto superasse quello della diga di troppo pieno, la sfera comincerebbe a galleggiare e l'acqua si riverserebbe direttamente all'interno del serbatoio. (figura 8)

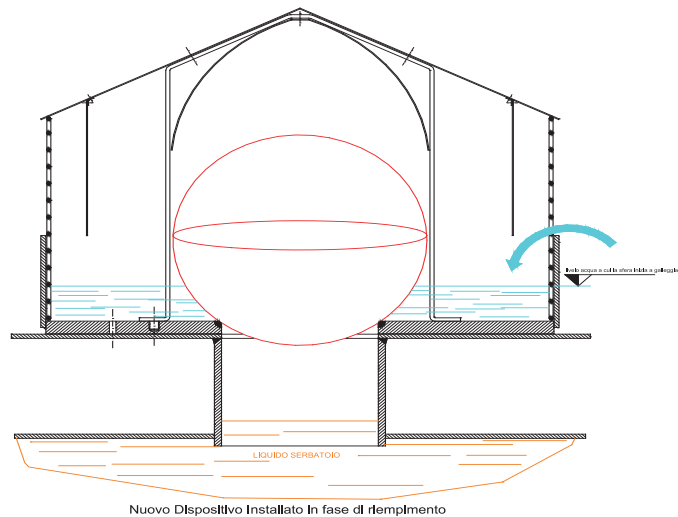


Figura 8

Nel momento in cui il troppo pieno non è più alimentato, la sfera torna ad adagiarsi sul seggio impedendo l'emissione dei vapori in atmosfera.

Per evitare che il fluido eventualmente schizzato vada sul tetto, il dispositivo è dotato di un cappello conico e di una virola ad esso fissata, geometricamente dimensionati per far ricadere il fluido schizzato all'interno della stessa diga e quindi riversarsi nel serbatoio attraverso il medesimo passaggio (figura 7). Per impedire che la sfera urti contro la struttura del cappello conico a seguito della proiezione di schizzi di fluido particolarmente energetici, il dispositivo è dotato di un ammortizzatore metallico funzionante per strisciamento e deformazione elastica (figura 7). A completamento del dispositivo viene installata una rete anti-nido (figure 7 e 9).

Per la progettazione del dispositivo è necessario conoscere una serie di parametri fisici e geometrici e più precisamente: diametro della sfera, peso della sfera, diametro del seggio al contatto con la sfera e altezza di troppo pieno.

L'assenza di meccanismi assicura il regolare funzionamento del dispositivo in quanto è eliminata ogni possibilità di blocco; si consiglia comunque la verifica periodica dello stato di conservazione della sfera. Nella configurazione più ricorrente la sfera ed il seggio sono in acciaio inox, ma è possibile anche l'impiego di altri materiali. Il dispositivo può essere installato agevolmente sui serbatoi esistenti con semplici operazioni a freddo.

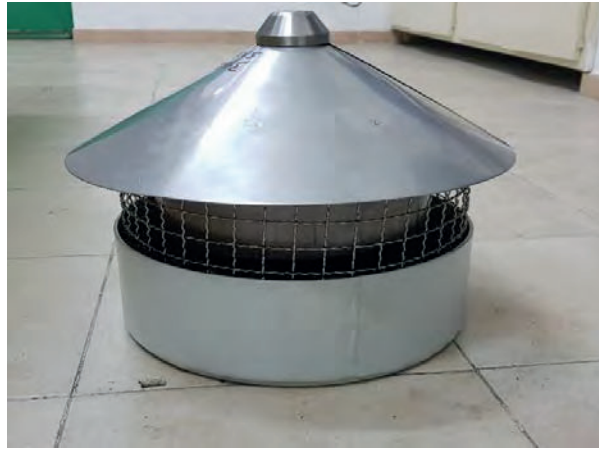


Figura 9

5. Prove di galleggiamento e ripetitività eseguite

Sono state eseguite una lunga serie di prove per verificare il galleggiamento della sfera, l'inizio di esso e la ripetitività del funzionamento. L'inizio del galleggiamento è avvenuto con regolarità prima del riempimento della diga. Si è constatato il regolare funzionamento e non si sono trovati elementi che possano rendere non sicuro il funzionamento del dispositivo.

6. Prove di funzionamento con idrocarburi e rilievo emissioni

Per quanto la riduzione delle emissioni con un dreno di emergenza come quello studiato, rispetto al classico dreno a tubo libero, appare ovvia, a conforto di tale ipotesi sono state eseguite una serie di prove con diversi fluidi contenenti più o meno sostanze volatili, con l'intento di poter quantizzare in assoluto le emissioni da un serbatoio che contiene prodotti petroliferi.

I fluidi impiegati per le prove sono stati, separatamente, gasolio, benzina e greggio.

Per le prove è stato costruito un apparato metallico "serbatoio" (figura 10), sul quale è stato praticato un dreno di simulazione, riempiendolo del prodotto da esaminare ad una quota di -550 mm dal bordo esterno. Il dispositivo è stato realizzato per la valutazione con dreno normale e con il dreno di studio.

Per il rilievo e la quantizzazione delle emissioni si è fatto ricorso alla tecnica della camera di accumulo basata sulla misura, tramite un opportuno analizzatore (FID - Flame Ionization Detector), della variazione di concentrazione dell'emissione all'interno della camera stessa (fig. 10).

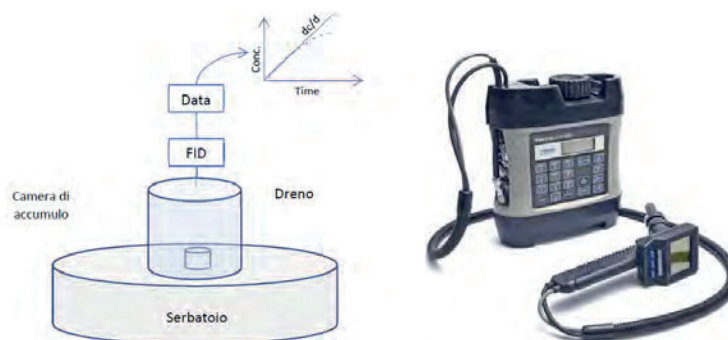


Figura 10

L'emissione dal dreno tende ad accumularsi all'interno della camera determinando un incremento della concentrazione dc/dt proporzionale al flusso di emissione Q . Tale proporzione dipende dal volume della camera, in particolare si potrà calcolare il flusso tramite la seguente equazione:

$$Q = A \times dc/dt$$

Dove:

Q = flusso di emissione in mg/s

A = Volume della camera di accumulo in m^3

dc/dt = velocità d'incremento della concentrazione all'interno della camera, espresso in $mg/m^3/s$

Il flusso di emissione Q è stato successivamente convertito in T/anno considerando un servizio convenzionale di 8.760 ore di esercizio.

Lo strumento utilizzato per misurare la concentrazione e determinare il dc/dt un analizzatore (FID - Flame Ionization Detector).

La misura di dc/dt viene ritenuta valida se sussistono le seguenti condizioni:

- i valori di concentrazione hanno un trend positivo (crescente);
- il valore di R^2 della retta calcolata mediante regressione lineare ha un valore maggiore di 0,8;
- sono stati registrati almeno 10 punti.

Per semplicità si riportano solamente i diagrammi ottenuti nella prova delle emissioni da greggio. (fig. 11 con dreno oggetto di studio) (fig.12 con dreno classico).

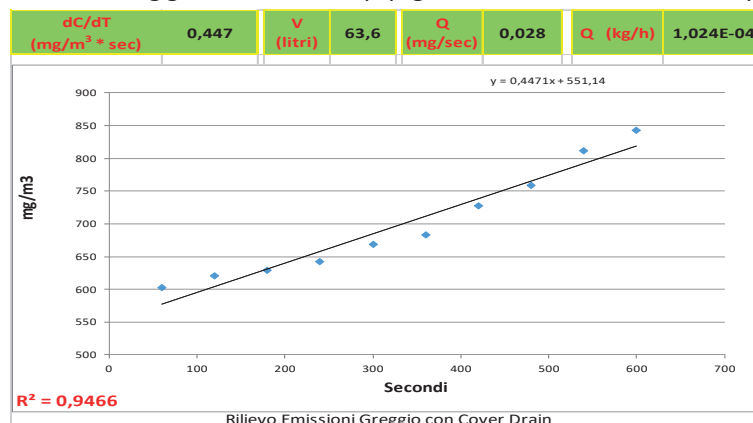


Figura 11

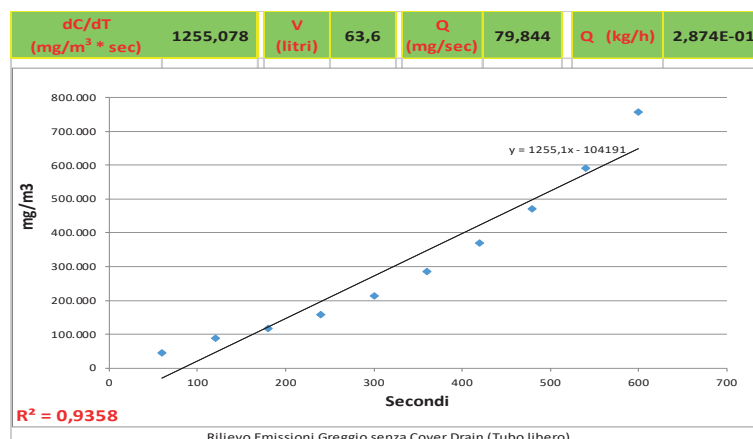


Figura 12

In tabella 1 vengono comunque riportati i risultati anche per gli altri prodotti; si rileva che per tutti i prodotti esaminati, impiegando il dreno in studio, l'abbattimento supera sempre il valore del 99%.

I valori ottenuti si riferiscono ad un dreno di sezione di 4", il minimo prescritto dalle API 650. In un serbatoio a tetto galleggiante a doppio pontone normalmente si trovano almeno tre dreni di emergenza con un passaggio corrispondente ad una sezione di 6".

Essendo la sezione di passaggio di un tubo di 6" all'incirca il doppio di quella di un tubo da 4", il valore evidenziato in rosso nella Tabella 1 va raddoppiato nel caso di dreno da 6". Pertanto, se si considera un serbatoio contenente greggio del tipo esaminato, e con tre dreni di emergenza da 6", l'emissione totale risulterebbe di circa 15 T/anno.

Dalle risultanze dei test eseguiti, utilizzando il "dreno di emergenza" oggetto di studio, l'emissione annua diventa praticamente trascurabile rispetto ai valori di un normale "dreno di emergenza".

Test N°	Fluido	Battente [cm]	Data	T [°C]	Cover Drain	dC/dT [mg/m ³ * sec]	Emissione [kg/h]	Emissione [ton/anno]	Abbattimento [%]
1	Gasolio	40	19/03/2021	20	NO	16,19478	0,004	0,0325	99,07%
2	Gasolio	40	19/03/2021	20	SI	0,150069	0,000	0,0003	
3	Greggio	40	29/03/2021	18	NO	1255,078	0,287	2,5180	99,96%
4	Greggio	40	29/03/2021	18	SI	0,447051	0,000	0,0009	
5	Benzina	40	22/04/2021	18	NO	459,9591	0,189	1,6549	99,94%
6	Benzina	40	22/04/2021	18	SI	0,468737	0,000	0,0009	

Tabella 1

7. Conclusioni

I dati storici indicano che si verificano incendi del bordo del serbatoio a una frequenza di circa 1-10 per 1000 anni di vita dei serbatoi [4]. In sostanza, in una azienda con 100 serbatoi, si possono prevedere da 1 a 10 incendi del bordo in un periodo di 10 anni.

L'associazione internazionale dei produttori Oil & Gas (International Association of Oil & Gas Producers - IOGP) ha studiato la frequenza degli incidenti dei serbatoi con tetto flottante [5] e ha concluso che ogni anno:

- 1 su 625 ha versamenti di liquido sul tetto flottante;
- 1 su 900 affonderà;
- 1 su 8300 svilupperà un incendio sull'intera sua superficie.

Le cause principali di questi incidenti sono:

- inclinazione del tetto;
- altezza di galleggiamento superiore alla norma;
- altezza di galleggiamento inferiore alla norma;
- alto livello di liquido nel pozzetto di drenaggio;
- idrocarburi nel pozzetto di drenaggio o sul tetto e malfunzionamento dello scarico del tetto con presenza di sostanze nel tetto.

Si ricorda che, i serbatoi di stoccaggio con tetto galleggiante a doppio pontone, sono per la maggior parte, installati in siti produttivi in attività a rischio incidente rilevante D.Lgs. 105/2015.

Pertanto un "dreno di emergenza" efficiente permette di garantire il funzionamento in sicurezza dei serbatoi a tetto flottante, risultando quindi fondamentale per migliorare la sicurezza e l'efficienza delle strutture di stoccaggio del petrolio

Il "dreno di emergenza" come quello in studio, rispetto ad un normale "dreno di emergenza", abbatte quasi completamente l'emissione annua dai serbatoi di stoccaggio.

Ringraziamenti:

Ing. Paolo Bragatto Inail Dit.

Ing. Nicola Altamura Inail Uo di Bari

8. Bibliografia

[1] API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage

[2] EEMUA 2003, vol.1, p.15

[3] Bob. L & Bob. G, n.d, p.155

[4] Risk Engineering Position Paper -01, Atmospheric Storage Tanks. Marsh & McLennan Companies, 2015.

[5] OGP Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-3, Storage incident frequencies. International Association of Oil & Gas Producers, 2010.