



**Possibili azioni di contenimento delle molestie olfattive legate all'attività
di deposito di oli minerali presente sul territorio del Comune di San
Dorligo della Valle/Občina Dolina**

25 Settembre 2019

Nel presente documento sono riportati dati ed informazioni forniti su richiesta dal gestore.
La diffusione del documento è pertanto subordinata all'autorizzazione del gestore

Sommario

1. PREMESSA.....	7
2. PERDITE PER EVAPORAZIONE DAI SERBATOI DI STOCCAGGIO DI PETROLIO GREGGIO....	9
2.1 Tipologie di serbatoi.....	9
2.1.1 Serbatoi a tetto galleggiante esterno (EFRT)	9
2.1.2 Serbatoi a tetto galleggiante interno (IFRT).....	10
2.2 Fonti di emissione.....	11
2.2.1 Tenute perimetrali	11
2.2.1.1 Pattino metallico	12
2.2.1.2 Guarnizione tubolare resiliente	12
2.2.1.3 Guarnizioni a spazzola.....	13
2.2.2 Accessori del tetto galleggiante	13
2.2.2.1 Passi d'uomo	13
2.2.2.2 Indicatore di livello a galleggiante	14
2.2.2.3 Pozzetto di ispezione	14
2.2.2.4 Torrino di ventilazione	14
2.2.2.5 Scarichi.....	15
2.2.2.6 Gambe	15
2.2.2.7 Guide	16
2.2.2.8 Dispositivi rompivuoto	16
2.3 Meccanismi di perdita	17
2.3.1 Generalità.....	17
2.3.1.1 Ebollizione	17
2.3.1.2 Respirazione	18
2.3.1.3 Incrostazione (Clingage).....	18
2.3.1.4 Convezione.....	18
2.3.1.5 Desorbimento	18
2.3.1.6 Diffusione.....	19
2.3.1.7 Espulsione	19
2.3.1.8 Permeazione.....	19
2.3.1.9 Moti di risalita.....	19
2.3.2 Meccanismi di emissione per i serbatoi a tetto galleggiante	19
2.3.3 Metodologia AP42 per la stima delle emissioni per i serbatoi a tetto galleggiante.....	20
2.3.3.1 Perdite in condizioni di lavoro.....	20
2.3.3.2 Perdite stazionarie	20
2.3.3.2.1 Fattore di perdita della tenuta perimetrale	21
2.3.3.2.2 Fattore di perdita degli accessori del tetto.....	23
2.3.3.2.3 Fattore di perdita per tipologia di prodotto stoccato.....	24
2.3.3.2.4 Fattore di perdita per adesione.....	24
2.4 Considerazioni conclusive sulle perdite per evaporazione	25
2.4.1 Serbatoi a tetto aperto (EFRT).....	25
3. INQUADRAMENTO GENERALE DEL SISTEMA	27
3.1 L'oleodotto transalpino.....	27
3.1.1 Il terminale marino.....	27
3.1.2 Il parco serbatoi di S. Dorligo della valle.....	28
3.1.3 La rete di tubazioni	29
3.2 Serbatoi di stoccaggio	31
3.2.1 Tipologia costruttiva	31
3.2.2 Stato di conservazione	36
3.2.3 Stima delle emissioni di COV dal parco serbatoi nello stato di fatto.....	36
3.3 Sistema di abbattimento degli odori	39
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	42
4.1 Premessa.....	42
4.2 Misure atte a contenere l'adesione del petrolio alle pareti del serbatoio	42
4.3 Misure atte a contenere le emissioni fugitive da accessori del tetto galleggiante	43

4.4	Procedure gestionali di verifica periodica dell'efficienza dei sistemi di riduzione delle emissioni	43
4.5	Proposta per un proseguimento dell'indagine	44
5.	BIBLIOGRAFIA	45

Indice delle figure

Figura 1 Serbatoio a tetto galleggiante esterno	10
Figura 2 Serbatoio a tetto galleggiante interno	11
Figura 3 - Mechanical-shoe primary seal with a rim-mounted secondary seal	12
Figura 4 - Liquid-mounted resilient-filled (liquid-filled) primary seal with a rim mounted secondary seal	12
Figura 5 - Liquid-mounted resilient-filled (foam-filled) primary seal with a rim mounted secondary seal	12
Figura 6 - Vapor-mounted resilient-filled (foam-filled) primary seal with a rim-mounted secondary seal	12
Figura 7 - Guarnizioni a spazzola	13
Figura 8 Passo d'umo	14
Figura 9 Indicatore di livello a galleggiante	14
Figura 10 Pozzetto d'ispezione e campionamento	14
Figura 11 Torrino di ventilazione	15
Figura 12 Scarichi	15
Figura 13 Gambe	16
Figura 14 Guida non perforata	16
Figura 15 Guida perforata	16
Figura 16 Dispositivo rompivuoto	17
Figura 17 Meccanismo di perdita per convezione indotta dal vento in un serbatoio a tetto galleggiante esterno dotato di guarnizione resiliente piena a contatto di vapore	18
Figura 18 Valori del fattore di perdita F_R in funzione della velocità del vento per diversi sistemi di tenuta e per diverse tipologie di serbatoio	23
Figura 19 IL sistema TAL	30
Figura 20 Tenuta primaria	33
Figura 21 Tenuta secondaria – Viste e sezioni	34
Figura 22 Parco serbatoi di San Dorligo della Valle	35
Figura 23. Sistema di abbattimento degli odori	40
Figura 24 Odour Emission Mitigation System – Tank model	41
Figura 25 Figura 24 Odour Emission Mitigation System – Condizioni di prova	41

Indice delle tabelle

Tabella 1 Fattore di perdita F_R per un serbatoio a tetto galleggiante esterno per guarnizioni con gioco normale (lb-mole/yr) ___	21
Tabella 2 Fattore di perdita F_R per un serbatoio a tetto galleggiante interno per guarnizioni con gioco normale (lb-mole/yr) ___	22
Tabella 3 Fattore di perdita degli accessori F_F per serbatoi a tetto galleggiante esterno (lb-mole/yr) _____	24
Tabella 4 Fattore di perdita degli accessori F_F per serbatoi a tetto galleggiante interno (lb-mole/yr) _____	24
Tabella 5 Valori di K_C _____	24
Tabella 6 Valori di C _____	25
Tabella 7 Dati caratteristici dei serbatoi _____	32
Tabella 8 Dati meteo della stazione di Muggia (SI) _____	36
Tabella 9 Dati meteo della stazione di Muggia (Sistema tecnico americano) _____	37
Tabella 10 Stima dell'emissione annua di COV per ciascuna tipologia di serbatoio (kg) _____	37
Tabella 11 Stima delle emissioni annue dal parco serbatoi _____	38

1. Premessa

Sul territorio comunale di San Dorligo della Valle dal 1967 è presente il parco serbatoi SIOT-TAL. La funzione dei 32 serbatoi è quella di stoccare il petrolio greggio che tramite Oleodotto Transalpino, raggiunge le raffinerie del centro Europa.

Dal punto di vista geografico, il territorio è caratterizzato dalla presenza, a settentrione, dell'altipiano carsico. Per quanto riguarda i regimi anemologici, in particolar modo nel periodo invernale sono relativamente frequenti i venti da nord-est, che favoriscono la dispersione degli inquinanti verso il mare, mentre in presenza di venti occidentali o nel periodo estivo con le brezze, l'entroterra si trova sotto vento alle emissioni del parco serbatoi. C'è comunque da tenere in considerazione la notevole vicinanza dei serbatoi alle aree residenziali, situazione che amplifica sicuramente le interferenze tra l'area industriale e quelle residenziali.

Nel corso degli anni, a memoria dei residenti ad iniziare da circa quindici anni fa, la popolazione di San Dorligo ha ripetutamente lamentato la presenza di odori molesti collegati all'attività di scarico delle petroliere, ma soprattutto di stoccaggio e movimentazione del petrolio nel parco serbatoi. A seguito di tali ripetute lamentele, nel periodo 2008 – 2009 ARPA FVG ha condotto delle indagini sulla qualità dell'aria nel territorio comunale, con particolare attenzione agli insediamenti abitativi di Mattonaia e Lacotisce, limitrofi al parco serbatoi, dove il fenomeno delle molestie olfattive veniva avvertito con maggiore intensità. Le indagini svolte hanno riguardato la presenza di PM10, benzo(a)pirene, benzene, toluene e composti organici volatili (COV) in aria ambiente. La prima condizione indagata nel lavoro svolto è stato il rispetto dei limiti allora vigenti per gli inquinanti monitorati, così da poter escludere la presenza di una situazione di pericolo per la salute delle persone. I dati raccolti hanno comunque messo in evidenza, in corrispondenza di alcuni episodi di molestia olfattiva segnalata, la presenza di COV di prevalente origine idrocarburica, mentre l'analisi del rapporto tra il benzene e il toluene misurati ha portato ad escludere che il contributo principale fosse dovuto al traffico veicolare. Nella relazione prodotta per il Comune di San Dorligo della Valle veniva consigliato alla SIOT di adottare soluzioni tecniche da adottare al fine di ridurre le emissioni di composti odorigeni soprattutto nelle fasi di movimentazione del greggio dai serbatoi e di attivare un sistema di monitoraggio ambientale in tempo reale al fine di valutare l'efficacia degli interventi impiantistici messi in atto.

Successivamente ad una valutazione da parte della ditta del rapporto di costi – benefici di diversi sistemi di abbattimento degli odori effettuata tramite dei test con la collaborazione di Arco Solutions, spin-off dell'Università degli studi di Trieste, SIOT a partire dal 2014 ha progressivamente provveduto ad implementare su circa metà dei serbatoi del parco un sistema di abbattimento degli odori. Tale sistema di abbattimento consiste nell'installazione di una serie di nebulizzatori di acqua sul bordo esterno del tetto mobile del serbatoio. L'erogazione dell'acqua crea un anello di gocce nebulizzate che si abbassa insieme al tetto mano a mano che il serbatoio viene svuotato.

Negli anni, inoltre, SIOT ha riservato ai greggi meno odorigeni la porzione del parco più prossima a Mattonaia, il territorio storicamente maggiormente impattato dagli episodi di molestia olfattive e più vicino in linea d'aria ai serbatoi.

L'evoluzione nella tipologia dei greggi che arrivano al deposito e presumibilmente anche nella gestione della dislocazione degli stessi nel parco serbatoi, ha portato negli ultimi anni ad una progressiva modifica anche nella collocazione sul territorio delle segnalazioni di molestia. Diverse lamentele arrivano ora infatti anche dalle aree più ad est del territorio comunale, quali ad esempio Dolina e Crogole.

Nel 2017 il Comune di San Dorligo della Valle ha convocato un tavolo tecnico per affrontare la problematica. Il tavolo tecnico, in accordo con la procedura sviluppata da ARPA FVG, è stato

esteso a tutti i portatori di interessi; alle attività hanno quindi partecipato anche il Comune di Muggia, la Regione FVG, Arpa FVG, l'Azienda Sanitaria, l'Autorità Portuale, la Capitaneria di Porto, il Comune di Muggia, SIOT – TAL e inizialmente Wartsila Italia S.p.A. e la Commissione Ambiente del Comune di San Dorligo della Valle in veste anche di referente dei cittadini.

Nel periodo precedente alla convocazione del tavolo, la commissione ambiente del Comune di San Dorligo della Valle aveva distribuito alcuni questionari per monitorare l'andamento degli episodi di molestia olfattiva. Il primo passo del tavolo tecnico è stato quindi quello di analizzare i questionari, che sono stati compilati quotidianamente da 23 persone per 3 mesi. Il quadro emerso ha confermato che per diversi recettori le ore di disturbo segnalate superano, in alcuni casi anche di molto, il 2% delle ore di un anno indicato nel D.G.R. Lombardia IX/3018 del 2012 come livello di attenzione per una probabile presenza di molestia olfattiva. Il disturbo è percepito come intenso e presente con maggior frequenza nelle ore antimeridiane, in accordo con la presenza di regimi di brezza. Un dato importante emerso dai questionari è l'esasperazione delle persone che subiscono la pressione osmogena ormai da molto tempo e con frequenza elevata.

La costituzione del gruppo di lavoro che ha condotto l'attività descritta nel presente elaborato costituisce il passo successivo all'approfondimento dello stato di fatto della pressione osmogena sul territorio. Al fine di poter mitigare l'impatto, infatti, è necessario migliorare la conoscenza dell'impianto e della sua gestione così da poter individuare eventuali elementi migliorabili. A tale scopo il gruppo di lavoro è stato costituito ricercando, all'interno del Sistema Nazionale delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e del mondo accademico (Università degli Studi di Trieste), professionalità di comprovata esperienza in ambito impiantistico e nell'attività petrolchimica.

Accanto ad una ricerca finalizzata ad ampliare le conoscenze riguardo alle tecniche impiantistiche utilizzabili ed utilizzate per impianti simili, sono stati fondamentali i momenti di confronto con SIOT e i sopralluoghi effettuati nel parco serbatoi, che hanno permesso di visionare lo stato di fatto dell'impianto.

In attuazione di questo progetto, il Comune di San Dorligo della Valle con le delibere di giunta n. 55/g del 24.4.2019, n. 66/g del 15.5.2019 e n. 76/g del 19.6.2019, ha costituito formalmente il gruppo di lavoro composto da:

- ing. Franco Sturzi – ARPA FVG
 - ing. Marco Boscolo – Università degli Studi di Trieste
 - dott. Roberto Giua – ARPA Puglia
 - ing. Annamaria Manfrin – ARPA FVG
 - dott. Alessandra Pillon – ARPA FVG
 - ing. Marco Ziron – ARPA Veneto
-

2. Perdite per evaporazione dai serbatoi di stoccaggio di petrolio greggio

2.1 Tipologie di serbatoi

Per lo stoccaggio di petrolio greggio nei parchi serbatoi di dimensioni analoghe a quelli in esame si impiegano dei serbatoi cilindrici ad asse verticale a tetto flottante esterno o interno. Di seguito tali categorie di serbatoi vengono sinteticamente analizzate unitamente alle problematiche emissive cui danno luogo.

2.1.1 Serbatoi a tetto galleggiante esterno (EFRT)

Un serbatoio di questo tipo consiste tipicamente in un cilindro ad asse verticale con mantello in acciaio dotato di un tetto in grado di galleggiare sul liquido stoccato che rende impossibile, almeno nelle normali condizioni operative, l'instaurarsi di un'atmosfera potenzialmente esplosiva nel volume compreso tra la superficie libera del liquido stoccato e l'intradosso del tetto, problema che affligge i serbatoi a tetto fisso.

Il tetto galleggiante (Figura 1) si compone essenzialmente di un ponte galleggiante, di svariati sistemi sia di sicurezza che di controllo che funzionali nonché di un sistema di tenuta perimetrale. L'intera struttura, sia del tetto galleggiante che del serbatoio, è realizzata con lamiere di acciaio saldate.

Il sistema di tenuta perimetrale è solidale al tetto galleggiante (*deck*) e striscia lungo le pareti interne del mantello con lo scopo di ridurre le perdite per evaporazione del liquido stoccato.

Tale configurazione permette di limitare le perdite per evaporazione a quanto fuoriesce dal sistema di tenuta perimetrale e dalle dotazioni di bordo del ponte (*standing storage loss*) nonché ai residui liquidi che si depositano sulle pareti interne del serbatoio quando il tetto scende (*withdrawal loss*).

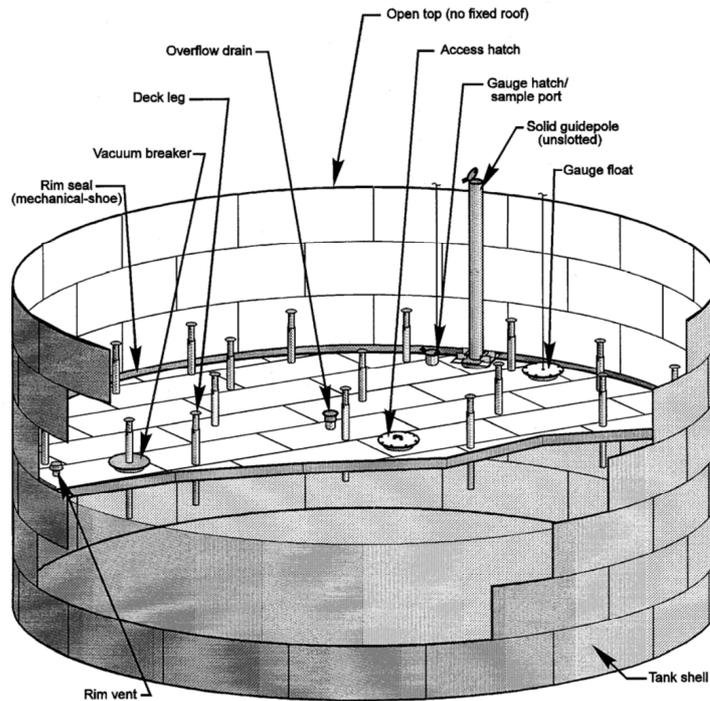


Figura 1 Serbatoio a tetto galleggiante esterno

2.1.2 Serbatoi a tetto galleggiante interno (IFRT)

Un serbatoio a tetto galleggiante interno (*Internal Floating Roof Tank*) è dotato sia di un tetto fisso che di un tetto galleggiante disposto al di sotto di questo. Esistono due distinte tipologie di serbatoi a tetto galleggiante interno: serbatoi nei quali il tetto fisso (esterno) è supportato da una o più colonne e serbatoi nei quali il tetto fisso è del tipo autoportante e poggia unicamente sul mantello esterno. I serbatoi di nuova costruzione possono essere di entrambi i tipi mentre nella riconversione di serbatoi a tetto galleggiante esterno bisogna necessariamente optare per il tetto autoportante. Una configurazione tipica di questo tipo di serbatoi è riportata in Figura 2.

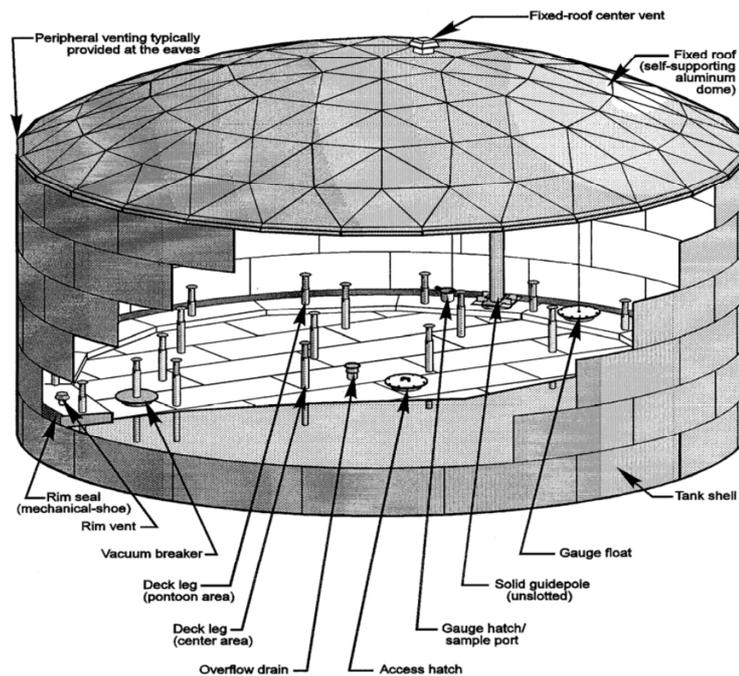


Figura 2 Serbatoio a tetto galleggiante interno

2.2 Fonti di emissione

Una fonte di emissione può definirsi come l'elemento costitutivo di un serbatoio da cui si originano perdite evaporative o emissioni in atmosfera. Per ciascuna delle tipologie di serbatoio in precedenza considerate, le fonti di emissione possono così riassumersi:

1. Serbatoi a tetto galleggiante esterno (EFRT)
 - a. Guarnizioni di tenuta perimetrali
 - b. Accessori e dotazioni di sicurezza
 - c. Residui di petrolio adeso al mantello
2. Serbatoi a tetto galleggiante interno (IFRT)
 - a. Guarnizioni di tenuta perimetrali
 - b. Accessori e dotazioni di sicurezza
 - c. Giunzioni chiodate
 - d. Residui di petrolio adeso al mantello

Di seguito tali elementi vengono brevemente descritti.

2.2.1 Tenute perimetrali

I sistemi di tenuta perimetrale possono consistere in una tenuta singola o doppia. In questo secondo caso, la tenuta più bassa è detta *primaria* mentre quella superiore viene chiamata *secondaria*. In Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 si riportano le configurazioni tipiche per un sistema di tenuta a doppia guarnizione per un serbatoio in lamiera saldata.

Si distinguono essenzialmente tre tipi di tenute:

- a pattino metallico (*mechanical shoe* o *metallic shoe*)
- tubolare resiliente (*resilient filled*)
- a spazzola flessibile (*flexible wiper*)

2.2.1.1

Pattino metallico

Le **tenute a pattino metallico** garantiscono, se dotate di pantografo e contrappeso, una pressione inalterata nel tempo e costante del pattino contro il fasciame ma risultano scarsamente efficaci in presenza di accentuate irregolarità dello stesso, riconducibili alla deformazione delle lamiere durante la saldatura o a cordoni di saldatura eccessivamente sporgenti.

2.2.1.2

Guarnizione tubolare resiliente

La **guarnizione tubolare resiliente** può essere montata a diretto contatto del liquido (*liquid mounted*) o separata da questo e quindi a contatto con i vapori che da esso si liberano (*vapour mounted*).

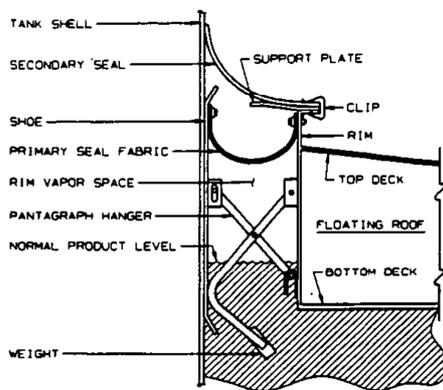


Figura 3 - Mechanical-shoe primary seal with a rim-mounted secondary seal

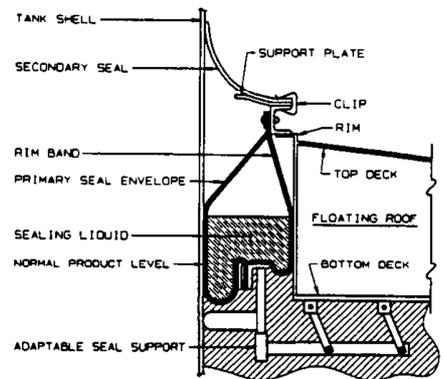


Figura 4 - Liquid-mounted resilient-filled (liquid-filled) primary seal with a rim mounted secondary seal

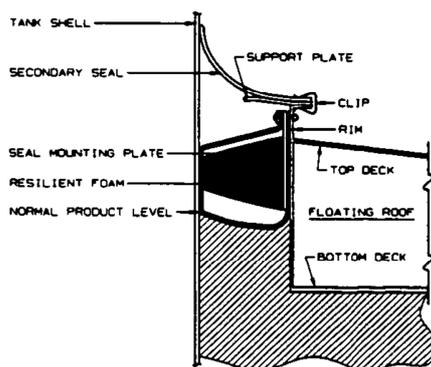


Figura 5 - Liquid-mounted resilient-filled (foam-filled) primary seal with a rim mounted secondary seal

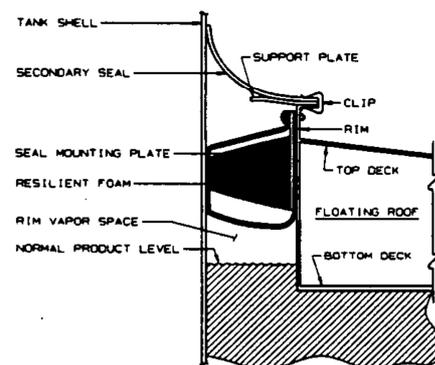


Figura 6 - Vapour-mounted resilient-filled (foam-filled) primary seal with a rim-mounted secondary seal

La guarnizione tubolare può essere riempita con liquido, schiuma o gas che espandendosi all'interno dell'involucro la mantiene aderente al mantello del serbatoio.

2.2.1.3 **Guarnizioni a spazzola**

Le **guarnizioni a spazzola** (Figura 7) sono costituite da una lama anulare continua in materiale flessibile fissata ad una staffa di montaggio posizionata sul bordo del tetto galleggiante che si estende fino al contatto del fasciame

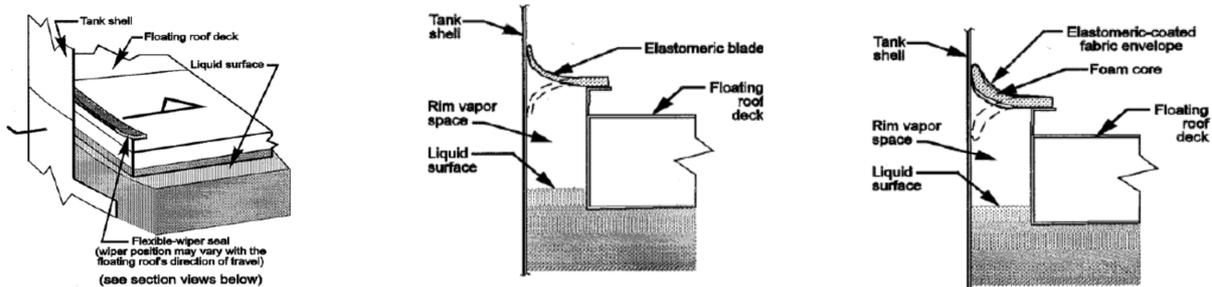


Figura 7 - Guarnizioni a spazzola

Relativamente alle guarnizioni secondarie si distingue tra guarnizioni a contatto del pattino e guarnizioni montate sul perimetro del tetto galleggiante con ovvio significato dei termini. Le prime sono efficaci nel controllo delle emissioni provenienti dallo spazio compreso tra il pattino e il mantello del serbatoio ma non sono in grado di intercettare quelle emissioni che attraversano il tessuto della guarnizione primaria. In quest'ottica le guarnizioni montate sul perimetro del tetto sono più efficaci in quanto coprono l'intera superficie compresa tra tetto galleggiante e mantello del serbatoio.

Degli schermi protettivi contro gli agenti atmosferici sono talvolta usati nel caso di guarnizioni tubolari per proteggere il tessuto della guarnizione primaria dalle intemperie, dall'imbrattamento e dalla luce solare. Tali ripari sono in genere del tipo a foglia e presentano numerosi giunti radiali per consentire le dilatazioni termiche del tetto e l'adattamento alle irregolarità del mantello. Tali accorgimenti risultano meno efficaci rispetto alle guarnizioni secondarie montate sul perimetro del tetto principalmente a causa dei giunti radiali non sigillati.

2.2.2 **Accessori del tetto galleggiante**

Numerosi sono gli accessori che oltrepassano il tetto galleggiante o sono ad esso assicurati, con finalità di alloggiamento dei componenti di supporto strutturale o per consentire l'esecuzione delle funzioni connesse alla loro operatività. Va rilevato che tali accessori differiscono tra di loro a seconda del tipo di tetto (esterno o interno) cui sono destinati. Nel caso di tetto esterno si osserva un rilevante sviluppo verticale per evitare l'ingresso di acqua piovana eventualmente depositatasi sul tetto stesso, mentre nel caso di tetto interno lo sviluppo verticale è più contenuto per evitare problemi di interferenza con la copertura fissa. Gli accessori diventano sorgenti di perdite per evaporazione quando comportano l'interruzione della continuità del tetto galleggiante. I più comuni di essi vengono di seguito sommariamente descritti.

2.2.2.1 **Passi d'uomo**

Il passo d'uomo consiste in un'apertura praticata sul ponte dotata di rialzo periferico con una larghezza sufficiente a consentire il passaggio dei lavoratori e delle relative attrezzature durante la costruzione o per i servizi manutentivi. Esso è dotato di coperchio a tenuta per la riduzione delle perdite per evaporazione.

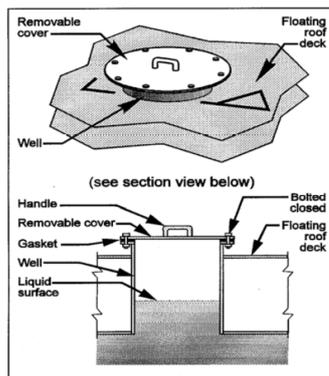


Figura 8 Passo d'umo

2.2.2.2 Indicatore di livello a galleggiante

Viene adottato per indicare il livello del liquido all'interno del serbatoio. È dotato di coperchio a tenuta per la sostituzione del galleggiante attraverso il quale passa un cavo di segnalazione.

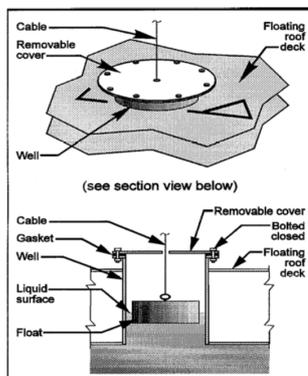


Figura 9 Indicatore di livello a galleggiante

2.2.2.3 Pozzetto di ispezione

Il pozzetto d'ispezione consiste in un condotto tubolare dotato di coperchio ad autochiusura e consente il prelievo di campioni o la misura in manuale del livello nel serbatoio. In genere è ricavata in corrispondenza della piattaforma di controllo e campionamento installata alla sommità del serbatoio. Al coperchio può essere assicurata una fune metallica che ne consente l'apertura dall'alto.

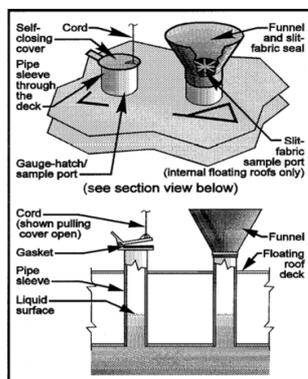


Figura 10 Pozzetto d'ispezione e campionamento

2.2.2.4 Torino di ventilazione

Vengono impiegati in presenza di sistemi di tenuta che implicano un volume di raccolta dei vapori (come nel caso di tenute a pattino meccanico) al fin di scaricarne le sovrappressioni o prevenire le condizioni di vuoto.

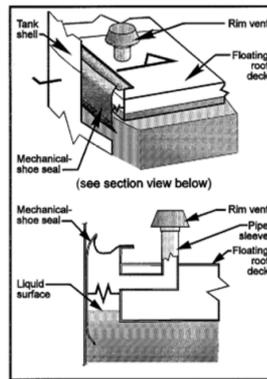


Figura 11 Torrino di ventilazione

2.2.2.5 Scarichi

Si distinguono scarichi aperti e scarichi chiusi. I primi connettono la superficie esterna del tetto con il volume interno del serbatoio e consentono all'acqua piovana raccolta sul tetto di riversarsi nel liquido sottostante. Si distingue tra scarichi di fondo (praticati sull'estradosso del tetto) e scarichi di troppo pieno (rialzati rispetto a quest'ultimo). Gli scarichi chiusi trasferiscono l'acqua piovana dal tetto ad una tubazione di scarico estensibile che attraversa il serbatoio e recapita direttamente all'esterno di questo, senza che l'acqua venga in contatto con il liquido stoccato. Gli scarichi aperti danno luogo a perdite per evaporazione mentre quelli chiusi ne sono esenti.

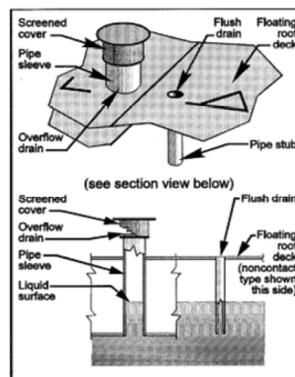


Figura 12 Scarichi

2.2.2.6 Gambe

Le gambe vengono impiegate per mantenere il tetto sollevato ad una certa distanza dal fondo per evitare il danneggiamento degli accessori e per consentire le operazioni di pulizia e di eventuale riparazione. Le gambe, in genere di lunghezza variabile, penetrano all'interno del tetto attraverso degli alloggiamenti appositamente realizzati ai quali vengono assicurate per mezzo di spine opportunamente disposte.

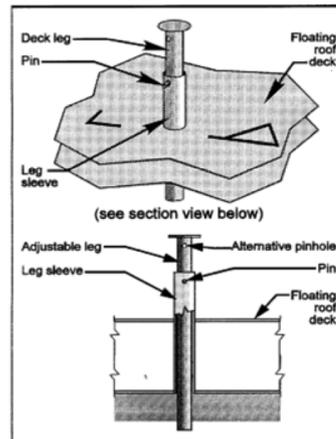


Figura 13 Gambe

2.2.2.7 Guide

Le guide sono dei dispositivi che vengono impiegate per prevenire movimenti indesiderati del tetto che potrebbero minarne l'integrità. Consistono in una tubazione cava fissata sia alla base che alla sommità del serbatoio che penetra nel tetto galleggiante attraverso un orifizio appositamente conformato. In alcuni casi sulla superficie della guida vengono praticati dei fori per permettere l'ingresso al liquido stoccato e consentire quindi il prelievo di campioni significativi.

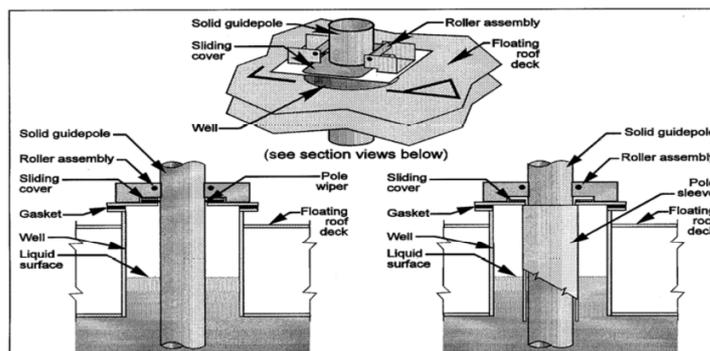


Figura 14 Guida non perforata

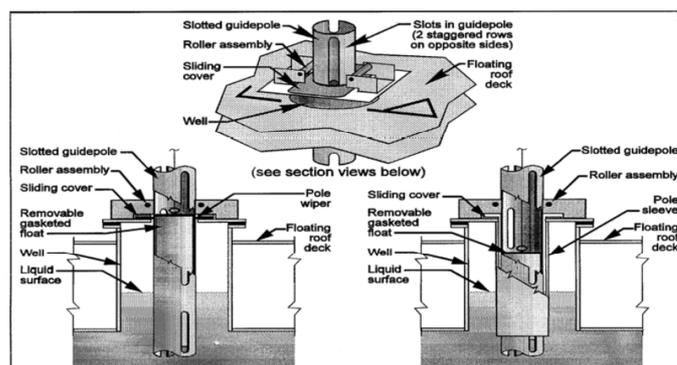


Figura 15 Guida perforata

2.2.2.8 Dispositivi rompivuoto

Servono a mantenere all'interno del serbatoio la pressione atmosferica dopo che le gambe del tetto abbiano toccato il fondo del serbatoio durante le operazioni di svuotamento. Simili ad una gamba, consistono in un alloggiamento al cui interno è ospitata un'asta in grado di aprire autonomamente il coperchio del dispositivo mettendo il liquido stoccato in diretto contatto con l'atmosfera.

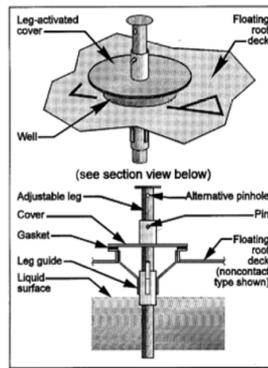


Figura 16 Dispositivo rompivuoto

2.3 Meccanismi di perdita

2.3.1 Generalità

Il meccanismo di perdita di un serbatoio può definirsi come un processo fisico o chimico che è alla base di una perdita di liquido stoccato. Per le sorgenti in precedenza individuate, si identificano diversi meccanismi:

- Ebollizione
- Respirazione
- Incrostazione
- Convezione
- Desorbimento
- Diffusione
- Espulsione
- Permeazione
- Moti di risalita

In genere una sorgente coinvolge simultaneamente diversi meccanismi di perdita, ragion per cui può risultare difficile determinarne l'effettivo contributo quando ci si trova ad interpretare problemi di questo tipo. Per meglio comprendere i processi che stanno alla base delle perdite per evaporazione può risultare utile eseguirne una classificazione.

Le operazioni su un serbatoio di stoccaggio si possono distinguere in due grandi categorie:

- Stoccaggio in condizioni di stazionarietà
- Stoccaggio in condizioni di lavoro.

In condizioni di stazionarietà, il serbatoio non è interessato da flussi di liquido né in uscita né in entrata; viceversa, durante le condizioni di lavoro, il quantitativo di liquido stoccato varia, tanto in più quanto in meno. Le sorgenti di perdita e i meccanismi coinvolti nei due stati non sono gli stessi. Di seguito ciascuno dei meccanismi in precedenza richiamati viene sinteticamente descritto.

2.3.1.1 Ebollizione

L'ebollizione interviene quando la tensione di vapore del liquido stoccato è maggiore o uguale alla pressione atmosferica e comporta un rapido rilascio di vapore dalla superficie liquida.

Malgrado l'ebollizione rappresenti in astratto un possibile meccanismo di perdita, i serbatoi di stoccaggio atmosferici non vengono impiegati per il deposito di prodotti instabili, ragion per cui anche i metodi di previsione delle emissioni basati sui fattori di emissione EPA AP42 non sono impiegabili in un simile contesto.

2.3.1.2 **Respirazione**

La *respirazione* è il processo in cui i vapori contenuti fuoriescono dal serbatoio a causa di un aumento della tensione di vapore del liquido stoccato conseguente ad un aumento della temperatura dello stesso oppure ad una diminuzione della pressione atmosferica.

2.3.1.3 **Incrostazione (Clingage)**

L'incrostazione del serbatoio consegue alla tendenza del liquido stoccato ad aderire ad una superficie dopo esserne venuto in contatto.

Tipicamente il fenomeno interviene quando il petrolio viene prelevato dal serbatoio, provocando un abbassamento del tetto galleggiante. In tale circostanza il liquido stoccato aderisce alla superficie interna del fasciame e la sua porzione volatile evapora rapidamente dando luogo ad una perdita evaporativa, mentre quella più pesante, composta per lo più da paraffine, rimane adesa alle pareti.

2.3.1.4 **Convezione**

La *convezione* è il processo in cui i vapori del liquido stoccato vengono messi in movimento da differenze di temperatura e/o pressione.

La convezione può per esempio intervenire nelle circostanze del sistema di tenuta di un serbatoio a tetto galleggiante esterno (Figura 17). Quando il vento soffia sopra il tetto galleggiante, al di sopra del sistema di tenuta si genera un gradiente di pressione con aumento della pressione sul lato sottovento e diminuzione dal lato opposto. In conseguenza di ciò, in corrispondenza del lato sottovento l'aria tende a fluire in basso, oltrepassa la tenuta e si insinua all'interno della camera di vapore da dove esce con meccanismo analogo in corrispondenza del lato opposto, ormai satura di vapori, dando luogo ad una perdita per evaporazione.

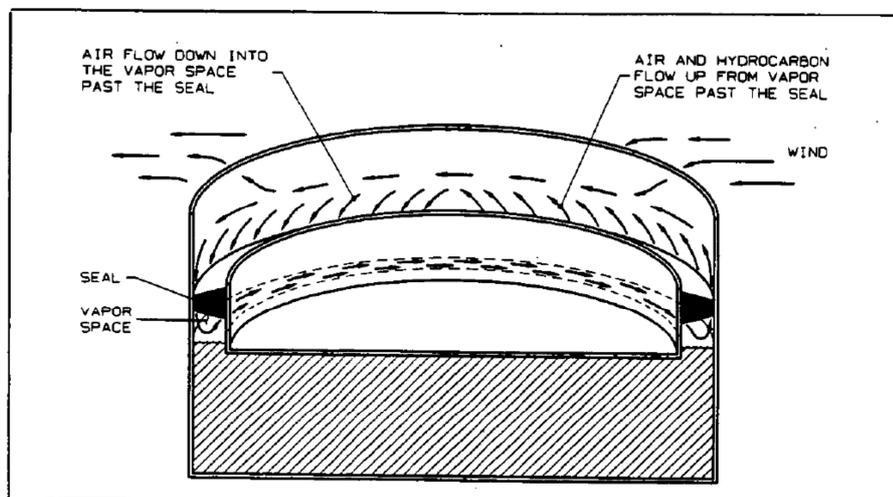


Figura 17 Meccanismo di perdita per convezione indotta dal vento in un serbatoio a tetto galleggiante esterno dotato di guarnizione resiliente piena a contatto di vapore

2.3.1.5 **Desorbimento**

Il *desorbimento* è il processo in cui i gas fuoriescono dalla soluzione in cui sono dissolti a causa di un incremento della temperatura del liquido o in conseguenza di una diminuzione della pressione atmosferica.

Il desorbimento può intervenire, per esempio, in corrispondenza della camera di tenuta attorno ad un tetto galleggiante in cui sia contenuto del petrolio con dei gas dissolti, quale ad esempio l'idrogeno solforato. All'aumento della temperatura del petrolio o al diminuire della

pressione barometrica, la quantità di gas che può esservi dissolto diminuisce, dando luogo ad una perdita per evaporazione.

2.3.1.6 Diffusione

La *diffusione* di vapore è il processo in base al quale dei composti allo stato di vapore tendono a distribuirsi equamente all'interno di uno spazio confinato.

Il fenomeno interviene per esempio attraverso gli interstizi di una tenuta a pattino meccanico, associato al fenomeno della convezione.

2.3.1.7 Espulsione

L'*espulsione* è il processo in cui i vapori vengono espulsi da un volume confinato e fisso quando questo viene riempito di liquido.

Il fenomeno interviene per esempio quando un serbatoio a tetto galleggiante viene rimesso in servizio dopo uno svuotamento completo che abbia comportato la deposizione (*landing*) del tetto sulle gambe. All'aumentare del livello di liquido e fintanto che il tetto non inizia a galleggiare, il volume a disposizione del vapore diminuisce progressivamente, comportandone l'espulsione che è alla base della perdita evaporativa.

2.3.1.8 Permeazione

La *permeazione* è il fenomeno in cui il vapore si diffonde all'interno di una matrice solida a causa di una differenza di concentrazione all'interno della stessa.

La permeazione può interessare ad esempio l'involucro esterno di una guarnizione primaria resiliente piena. Il materiale dell'involucro consiste normalmente in una membrana tessile rivestita (per esempio tessuto in fibra di nylon rivestito con uno strato di poliuretano) che può risultare permeabile ai vapori. Poiché al di sotto della guarnizione si riscontra in genere una concentrazione di vapore superiore, i vapori tendono a permeare il materiale dando luogo ad una perdita per evaporazione.

2.3.1.9 Moti di risalita

I *moti di risalita* intervengono quando un liquido tende a risalire delle cavità a seguito delle forze di tensione superficiali.

Il fenomeno può riguardare per esempio una tenuta resiliente a contatto di liquido, il cui involucro è normalmente in intimo contatto sia con la superficie interna del fasciame che con il liquido stoccato, ragion per cui è verosimile che si verifichi presenza di liquido nella regione di contatto tra guarnizione e fasciame, che è la necessaria premessa per l'instaurarsi di moti di risalita.

In presenza di liquidi caratterizzati da forze di tensione superficiali elevate, nell'area di contatto guarnizione-mantello si possono perciò instaurare dei moti di risalita che danno luogo a delle perdite per evaporazione.

2.3.2 Meccanismi di emissione per i serbatoi a tetto galleggiante

Come osservato in precedenza, le emissioni complessivamente ascrivibili a un serbatoio a tetto galleggiante sono la somma delle perdite stazionarie e di quelle in condizioni di lavoro, in particolare durante l'abbassamento del tetto. In tal caso, parte del liquido stoccato rimane adeso alla superficie interna del fasciame e successivamente evapora. Nel caso di serbatoi a tetto galleggiante interno poi, qualora il tetto fisso sia supportato da una o più colonne, parte del liquido aderisce anche a queste ultime.

Le perdite stazionarie includono sia le perdite dalle tenute perimetrali che quelle indotte dagli accessori del tetto e, limitatamente ai tetti galleggianti interni, anche le perdite attraverso le

giunzioni nel caso di serbatoi chiodati. Altri meccanismi di perdita influenti sono rappresentati dalle variazioni di pressione e di temperatura.

Malgrado le perdite attraverso i sistemi di tenuta siano riconducibili a molteplici e complessi meccanismi, si può tuttavia affermare che per i serbatoi a tetto galleggiante esterno (EFRT) risulti acclarata la dipendenza del fenomeno dal vento, contrariamente ai serbatoi a tetto flottante interno (IFRT), dove analogo comportamento non è stato riscontrato.

Emissioni possono derivare anche per permeazione della guarnizione di tenuta o per capillarità, ma entrambi i fenomeni possono evitarsi con una scelta oculata dei materiali. I risultati sperimentali reperibili in letteratura dimostrano inoltre che le perdite per respirazione, desorbimento e capillarità sono trascurabili rispetto a quelle legate all'azione del vento.

2.3.3 Metodologia AP42 per la stima delle emissioni per i serbatoi a tetto galleggiante

La metodologia AP42 prevede di determinare la perdita totale L_T come somma delle perdite stazionarie L_S e di lavoro L_W secondo la relazione:

$$L_T = L_W + L_S$$

2.3.3.1 Perdite in condizioni di lavoro

La perdita per in condizioni di lavoro, L_W , viene calcolata in base alla relazione

$$L_W = (0.943) \cdot \left(\frac{Q \cdot C \cdot W_L}{D} \right) \cdot \left[1 + \left[\frac{N_C \cdot F_C}{D} \right] \right]$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- Q volume totale annuo movimentato (associabile agli aumenti del livello di liquido nel serbatoio) (bbl/yr)
- C Fattore di imbrattamento (bbl/1000 ft²)
- W_L densità del liquido stoccato (lb/gal)
- D Diametro del serbatoio (ft)
- N_C Numero di colonne (solo per IFRT)
- F_C diametro esterno delle colonne (ft)

Emerge una dipendenza dalle condizioni operative secondo cui è esercito il serbatoio. Esperienze su scala industriale dimostrano che tale perdita è spesso molto piccola, *tranne nei casi di prelievi molto elevati che comportino frequenti ricambi del liquido (superiori a 10 volumi per anno), oppure in presenza di liquidi caratterizzati da elevati fattori di imbrattamento, come nei casi di petroli con elevata viscosità.*

2.3.3.2 Perdite stazionarie

Le perdite stazionarie L_S , vengono calcolate in base alla relazione:

$$L_S = (F_R \cdot D + F_F + F_D) \cdot (P^* \cdot M_V \cdot K_C)$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- F_R Fattore di perdita della tenuta perimetrale (lb-mole/yr)
- D Diametro del serbatoio (ft)
- F_F Fattore di perdita totale dagli accessori del tetto (lb-mole/yr)
- F_D Fattore di perdita delle giunzioni del tetto (lb-mole/yr)
- P* Funzione della tensione di vapore (adimensionale)
- M_V Peso molecolare del liquido stoccato (lb/lb-mole)
- K_C Fattore di prodotto (adimensionale)

L'equazione è il prodotto di due fattori, dei quali il primo ($F_R \cdot D + F_F + F_D$) dipende unicamente dalle modalità di costruzione del serbatoio (ad esempio dal sistema di tenuta perimetrale, dal tipo di accessori del tetto, dal tipo di giunzione delle lamiere, ecc), mentre il secondo ($P^* \cdot M_V \cdot K_C$) consegue dalle proprietà del liquido stoccato (tensione di vapore, peso molecolare, tipologia di liquido, ecc.).

La funzione tensione di vapore è definita in base alla seguente relazione:

$$P^* = \frac{\left[\frac{P}{P_A}\right]}{\left[1 + \left[1 - \frac{P}{P_A}\right]^{0.5}\right]^2}$$

Dove la tensione di vapore, P, è determinata alle effettive condizioni di temperatura del liquido stoccato, T_B .

2.3.3.2.1 Fattore di perdita della tenuta perimetrale

Per i serbatoi a **tetto galleggiante esterno (EFRT)**, il fattore di perdita della tenuta perimetrale, F_R , dipende dal tipo di costruzione del serbatoio, dal sistema di tenuta, dal suo gioco e dalla velocità media del vento. In Figura 18 il fattore F_R è diagrammato in funzione della velocità del vento per diversi sistemi di tenuta mentre in Tabella 1 si riporta lo stesso fattore per valori di velocità del vento pari a 5, 10 e 15 mi/hr per le diverse tipologie di tenute considerate. L'efficacia del sistema di tenuta può essere ovviamente desunta comparando il fattore di perdita F_R relativo a sistemi di tenuta diversi assoggettati alle medesime condizioni di ventosità.

Relativamente ai **tetti galleggianti interni (IFRT)**, non emerge una dipendenza del fattore di perdita dalla ventosità media della zona. In Tabella 2 si riporta il fattore di perdita relativo a diversi sistemi di tenuta e in condizioni di gioco della guarnizione standard.

Dal confronto tra i fattori di perdita relativi alle due tipologie di serbatoi con tetto galleggiante interno ed esterno emerge che a parità di sistema di tenuta, il tetto interno garantisce dei valori in genere più bassi rispetto a quelli caratteristici del tetto esterno. Tale aspetto è tanto più evidente nel caso di sistemi di tenuta senza guarnizione secondaria, per i quali la ventosità gioca un ruolo significativo nel meccanismo di perdita per evaporazione

Tabella 1 Fattore di perdita F_R per un serbatoio a tetto galleggiante **esterno** per guarnizioni con gioco normale (lb-mole/yr)

TANK TYPE AND SEAL TYPE	WIND SPEED, V (mi/hr)		
	5	10	15
WELDED TANK			
1. Mechanical-Shoe Seal			
a. Primary Only	13.4	37.9	69.7
b. Shoe-Mounted Secondary	5.52	12.7	20.6
c. Rim-Mounted Secondary	1.00	2.00	3.00
2. Liquid-Mounted Resilient-Filled Seal			
a. Primary Only	5.50	11.0	16.5
b. Weather Shield	3.41	6.35	9.15
c. Rim-Mounted Secondary	1.33	1.76	2.07
3. Vapor-Mounted Resilient-Filled Seal			
a. Primary Only	48.6	239.	608.
b. Weather Shield	31.0	143.	348.
c. Rim-Mounted Secondary	13.1	79.6	228.
RIVETED TANKS			
4. Mechanical-Shoe Seal			
a. Primary Only	14.5	41.1	75.5
b. Shoe-Mounted Secondary	9.66	22.2	36.1
c. Rim-Mounted Secondary	2.63	7.96	15.2

Tabella 2 Fattore di perdita F_R per un serbatoio a tetto galleggiante **interno** per guarnizioni con gioco normale (lb-mole/yr)

TANK TYPE AND SEAL TYPE	F_R (lb-mole/ft yr)
WELDED TANK	
1. Mechanical-Shoe Seal	
a. Primary Only	3.0
b. Rim-Mounted Secondary	1.6
2. Liquid-Mounted Resilient-Filled Seal	
a. Primary Only	3.0
b. Rim-Mounted Secondary	1.6
3. Vapor-Mounted Resilient-Filled Seal	
a. Primary Only	6.7
b. Rim-Mounted Secondary	2.5
4. Flexible-Wiper Seal	
a. Primary Only	6.7
b. Rim-Mounted Secondary	2.5

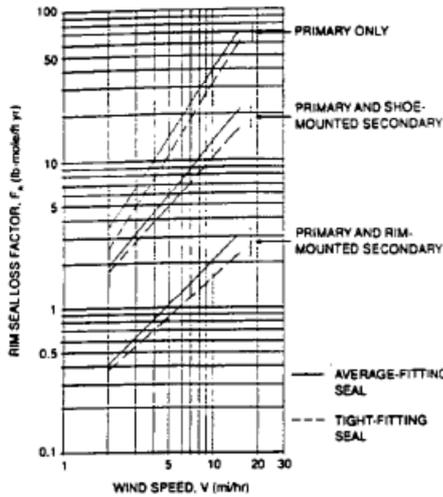


Figure 29- EFRT Rim Seal Loss Factor, F_R , Versus Wind Speed For a Welded Tank With a Mechanical-Shoe Seal

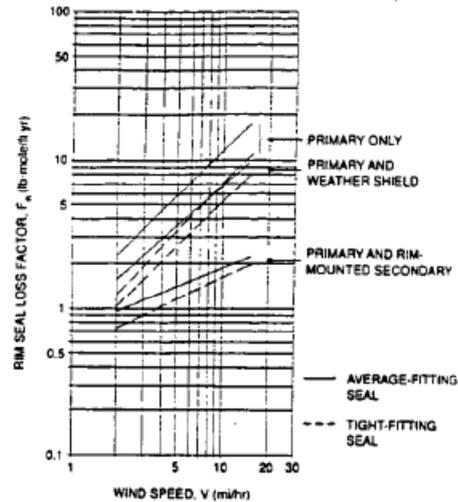


Figure 30- EFRT Rim Seal Loss Factor, F_R , Versus Wind Speed For a Welded Tank With a Liquid-Mounted Resilient-Filled Seal

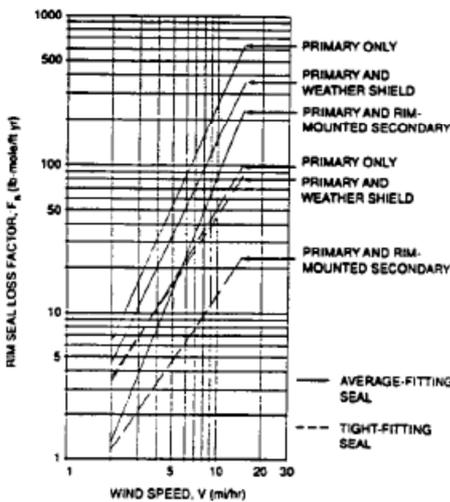


Figure 31- EFRT Rim Seal Loss Factor, F_R , Versus Wind Speed For a Welded Tank With a Vapor-Mounted Resilient-Filled Seal

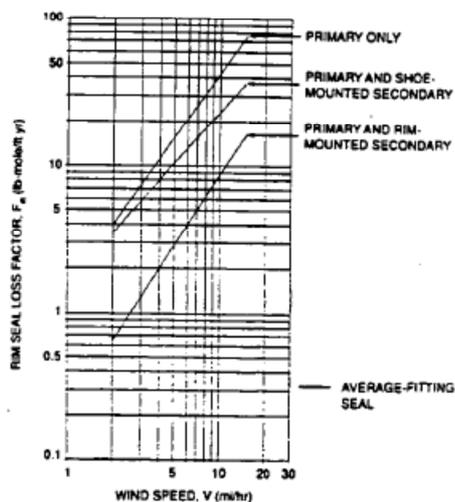


Figure 32- EFRT Rim Seal Loss Factor, F_R , Versus Wind Speed For a Riveted Tank With A Mechanical-Shoe Seal

Figura 18 Valori del fattore di perdita F_R in funzione della velocità del vento per diversi sistemi di tenuta e per diverse tipologie di serbatoio

2.3.3.2.2

Fattore di perdita degli accessori del tetto

Anche in questo caso il fattore di perdita risente del tipo di serbatoio. Per i serbatoi con **tetto galleggiante esterno (EFRT)**, il fattore di perdita degli accessori, F_R , dipende dal tipo di dotazione, dai suoi dettagli costruttivi e dalla velocità del vento (Tabella 3).

Nel caso di serbatoi a **tetto flottante interno**, emerge una dipendenza unicamente dal tipo di accessorio e dalle sue modalità costruttive. In questo secondo caso non c'è una dipendenza dalla velocità del vento (Tabella 4).

Il confronto tra i fattori di perdita relativi alle due diverse categorie considerate evidenzia valori di emissione generalmente inferiori nel caso di serbatoi a tetto interno.

Tabella 3 Fattore di perdita degli accessori F_F per serbatoi a tetto galleggiante esterno (lb-mole/yr)

ROOF FITTING TYPE AND CONSTRUCTION DETAILS	WIND SPEED, V (mi/hr)		
	5	10	15
1. ACCESS HATCH Bolted Cover, Gasketed	0	0	0
2. RIM VENT Weighted Actuation, Gasketed	1.21	1.71	2.21
3. GAUGE-HATCH/SAMPLE WELL Weighted Actuation, Gasketed	1.65	2.35	3.05
4. VACUUM BREAKER Weighted Actuation, Gasketed	2.05	2.90	3.75
5. ROOF LEG Adjustable, Pontoon Area	2.50	3.50	4.50
6. GAUGE-FLOAT WELL Unbolted Cover, Ungasketed	31.8	61.3	90.8
7. OVERFLOW ROOF DRAIN Open	66.6	176	310
8. UNSLOTTED GUIDE-POLE WELL Sliding Cover, Ungasketed	324	640	952
9. SLOTTED GUIDE-POLE/SAMPLE WELL Sliding Cover, Ungasketed	2,140	4,910	7,990

Tabella 4 Fattore di perdita degli accessori F_F per serbatoi a tetto galleggiante interno (lb-mole/yr)

ROOF FITTING TYPE AND CONSTRUCTION DETAILS	F_F (lb-mole/yr)
1. VACUUM BREAKER Weighted Actuation, Gasketed	0.7
2. STUB DRAIN	1.2
3. ACCESS HATCH Bolted Cover, Gasketed	1.6
4. ROOF LEG Adjustable	7.9
5. GAUGE-FLOAT WELL Unbolted Cover, Ungasketed	28.0
6. COLUMN WELL Pipe Column, Sliding Cover, Ungasketed	32.0
7. UNSLOTTED GUIDE-POLE WELL Sliding Cover, Ungasketed	32.0
8. SLOTTED GUIDE-POLE/SAMPLE WELL Sliding Cover, Ungasketed	57.0
9. LADDER WELL Sliding Cover, Ungasketed	76.0

2.3.3.2.3

Fattore di perdita per tipologia di prodotto stoccato

IL fattore di perdita per tipo di prodotto F_C , tiene conto degli effetti che le diverse tipologie di liquidi che possono essere stoccati inducono sulle perdite per evaporazione dai serbatoi in condizioni di lavoro. In Tabella 5 si riportano i valori di F_C per tre diverse tipologie di liquidi.

Tabella 5 Valori di K_C

Tipo di liquido	K_C (adimensionale)
petrolio greggio	0.40
Prodotti di raffinazione del petrolio	1.00
Prodotti petrolchimici non miscelati	1.00

2.3.3.2.4

Fattore di perdita per adesione

IL fattore di perdita per adesione, C , tiene conto del quantitativo di liquido che rimane adeso alle pareti e a qualunque supporto fisso durante lo svuotamento del serbatoio. In Tabella 6 se ne

riportano i valori per differenti tipi di liquido e per differenti tipologie di finitura superficiale delle superfici.

Tabella 6 Valori di C

Tipo di liquido	Condizioni della parete interna		
	Ruggine leggera	Ruggine spessa	Rivestimento in malta cementizia
Benzina	0.0015	0.0075	0.15
Prodotti petrolchimici non miscelati	0.0015	0.0075	0.15
Petrolio greggio	0.0060	0.030	0.60

2.4 Considerazioni conclusive sulle perdite per evaporazione

Le seguenti considerazioni fanno riferimento ai risultati a cui è pervenuta la campagna di sperimentazione citata in bibliografia [1]. Si distingue tra serbatoi a tetto aperto e chiuso

2.4.1 Serbatoi a tetto aperto (EFRT)

- **Sistema di tenuta.** Le perdite per un serbatoio a tetto aperto dipendono fortemente dal sistema di tenuta perimetrale.
- **Tipi di guarnizione primaria.** Guarnizioni primarie resilienti a contatto di vapore presentano delle perdite significativamente superiori rispetto a guarnizioni analoghe ma a contatto di liquido o a guarnizioni primarie a pattino meccanico.
- **Fessurazioni della guarnizione primaria.** Fessurazioni della guarnizione primaria contenute (dell'ordine di $1 \text{ in}^2/\text{ft dia}$) non danno luogo a significativi incrementi delle perdite evaporative nel caso di guarnizioni primarie piene resilienti a contatto di liquido o di guarnizioni primarie a pattino meccanico. Le guarnizioni piene resilienti a contatto di vapore al contrario sono più sensibili a fessurazioni anche piccole.
- **Tenuta secondarie.** Le guarnizioni montate sul perimetro del ponte risultano molto efficaci nel contenere le perdite per evaporazione. Le guarnizioni secondarie montate sul pattino vengono impiegate unicamente su guarnizioni primarie a pattino meccanico. Esse risultano efficaci nel ridurre le perdite provenienti dalle fessure presenti tra il pattino ed il fasciame, ma non tanto quanto le tenute montate sul bordo del ponte, in quanto non garantiscono il controllo delle perdite provenienti dal tessuto della guarnizione primaria. Le schermature contro le intemperie contribuiscono al contenimento delle emissioni, ma non tanto quanto le guarnizioni secondarie montate sul perimetro del tetto.
- **Fessurazioni della tenuta secondaria.** Modeste fessurazioni della tenuta secondaria (dell'ordine di $1 \text{ in}^2/\text{ft dia}$) non si traducono in un significativo incremento di perdite per evaporazione. Le guarnizioni secondarie sono efficaci nel contenimento delle perdite anche quando la guarnizione primaria presenta delle fessurazioni accentuate (dell'ordine di $3 \text{ in}^2/\text{ft dia}$).
- **Accessori del ponte.** Nel caso di tetto esterno galleggiante, le sue dotazioni possono rappresentare una parte significativa della perdita totale, specialmente quando si impiega una guarnizione secondaria montata sul perimetro del tetto per ridurre le perdite del sistema di tenuta. La perdita per evaporazione indotta da una guida perforata impiegata come pozzetto di

campionamento è significativamente superiore rispetto a quella caratteristica di qualunque altra dotazione del tetto.

- **Velocità del vento.** Le perdite per evaporazione dimostrano un'accentuata dipendenza dalla velocità media del vento. Per guarnizioni primarie a contatto di vapore le più alte perdite registrate risentono del meccanismo di perdita circonferenziale per convezione.
-

3. Inquadramento generale del sistema

3.1 L'oleodotto transalpino¹

L'Oleodotto Transalpino [4] è un'infrastruttura di trasporto del petrolio greggio che collega il porto di Trieste alle raffinerie del centro Europa. Esso è gestito dal Gruppo TAL che è composto da tre Società con sedi in Italia, Austria e Germania:

- Società Italiana per l'Oleodotto Transalpino S.p.a. (S.I.O.T.)
- Transalpine Ölleitung in Österreich Ges.m.b.H.
- Deutsche Transalpine Oelleitung G.m.b.H.

I suoi azionisti sono alcune delle majors del settore petrolifero a livello mondiale: OMV, Shell, Rosneft, ENI, C-BLUE LIMITED (Gunvor), BP, Exxon Mobil, Mero, Phillips 66/Jet Tankstellen e Total.

Il ruolo che da quarantacinque anni il Gruppo TAL svolge nell'approvvigionamento energetico è di primaria importanza per l'economia europea: il petrolio che viene trasportato nell'oleodotto ricopre infatti il 40 % del fabbisogno petrolifero della Germania (il 100% della Baviera e del Baden-Württemberg), il 90 % dell'Austria e il 50% della Repubblica Ceca.

L'oleodotto transalpino, partendo da Trieste attraversa il territorio italiano percorrendo la Regione Friuli Venezia Giulia e, dopo aver valicato le Alpi, prosegue il suo percorso in Austria per raggiungere Ingolstadt in Germania da dove si snoda in due direzioni terminando ad ovest nei pressi di Karlsruhe e ad est con l'impianto di Neustadt, per una lunghezza complessiva di 753 chilometri. L'oleodotto è collegato ad altri impianti analoghi: attraverso una sua diramazione in Austria rifornisce l'oleodotto AWP (Adria Wien Pipeline) che alimenta la raffineria di Schwechat nei pressi di Vienna mentre una seconda diramazione in Germania permette di raggiungere le raffinerie ceche di Kralupy e Litvinov a nord di Praga.

3.1.1 Il terminale marino

Il Terminale Marino, ubicato nella baia di Muggia all'interno del Golfo di Trieste (lat. 45° 36' 45" N; long. 13° 46' 36" E), è adibito alle operazioni di scarica del petrolio greggio il quale viene immesso nelle linee di trasferimento che collegano l'impianto portuale con il Parco Serbatoi di San Dorligo della Valle.

Il terminale, composto da due pontili a doppio attracco collegati alla costa per mezzo di un pontile che si dirama dal vecchio molo di San Sabba, è in grado di ricevere quattro navi contemporaneamente.

Il pontile numero 1 ha una lunghezza di 476 metri ed è adibito alle petroliere con un dislocamento massimo di 144.000 tonnellate metriche.

Il pontile numero 2 ha una lunghezza di 490 metri e può ricevere petroliere con un dislocamento massimo di 280.000 tonnellate metriche.

Ognuno dei quattro ormeggi ha un collegamento diretto con il Parco Serbatoi, che dista circa 5 chilometri, mediante quattro tubazioni che vi trasferiscono il greggio utilizzando le pompe delle petroliere.

L'orientamento dei pontili è quello Est-Nord/Est (in direzione Bora) e la distanza rispettiva tra due assi è di 250 metri.

¹ Le informazioni riportate nel presente paragrafo sono integralmente tratte dal sito web <https://www.tal-oil.com>

Il tutto è monitorato 24 ore su 24 da una sala controllo tecnologicamente avanzata in cui gli operatori altamente specializzati supervisionano tutte le operazioni dall'ingresso della petroliera in rada alla scarica e trasferimento del greggio nelle tubazioni fino al momento in cui la nave lascia il porto.

Il progetto OSR (Oil Spill Response) consiste in un nuovo piano antinquinamento volto ad intervenire nel caso di un ipotetico sversamento a mare del petrolio in ambito portuale che ne consente un recupero immediato.

Questo sistema di contenimento prevede che lo specchio acqueo venga circuito e chiuso tramite due tipologie di intervento, il primo, costituito da una barriera effervescente è di rapidissimo spiegamento, tale da circuire una nave di 280 metri di lunghezza in circa 3 minuti. Il secondo, più consistente e flessibile, è costituito da 2100 m di panne galleggianti gonfiabili poste all'interno dei container posizionati su quattro pontoni.

A completamento dei due sistemi, sotto ai pontili, è installata una barriera antinquinamento permanente.

Il sistema denominato ODS (Oil Detection System) è volto a garantire il controllo remoto dello specchio acqueo e in particolare al rilevamento di eventuali perdite, permettendo di individuare in tempo reale tracce di idrocarburi in mare grazie a termocamere e proiettori a luce ultravioletta, anche con scarsa visibilità.

Completano il sistema di sicurezza il radar meteorologico in grado di individuare eventuali turbolenze atmosferiche fino a una distanza di 30 miglia, il thunderstorm detector che nello stesso raggio verifica l'attività elettrica dell'atmosfera per segnalare la presenza di cellule temporalesche e il vessel traffic system che controlla l'intero bacino, monitorando rotta, velocità e distanza di tutte le imbarcazioni presenti.

Inoltre un simulatore denominato Optimoor valuta la qualità e il quantitativo degli ormeggi delle singole navi prima del loro arrivo in banchina, e infine il mareografo segnala in tempo reale qual è il livello del mare corretto, in relazione alle condizioni meteorologiche atmosferiche, in modo da permettere l'ormeggio più sicuro possibile per la petroliera in ingresso presso il terminale.

Con una media annuale di 420 navi sbarcate e 35 milioni di tonnellate di greggio movimentate, provenienti prevalentemente dal Nord Africa, Medio Oriente, Nigeria, Russia, etc. il Terminale Marino Siot rappresenta il 75% dei traffici del Porto di Trieste, facendone il principale scalo petrolifero italiano.

3.1.2 Il parco serbatoi di S. Dorligo della valle

Il Parco Serbatoi, adibito alle operazioni di stoccaggio e movimentazione del petrolio greggio proveniente dal Terminale Marino mediante quattro linee di trasferimento, occupa la parte Sud/Est della Zona Industriale di Trieste, ricadente nel territorio del Comune di San Dorligo della Valle.

Il deposito è composto da 32 serbatoi, dotati di tetto galleggiante a doppio pontone e a doppia guarnizione di tenuta, che hanno una capacità totale di oltre 2 milioni di metri cubi. Vi possono essere stoccate contemporaneamente diverse qualità di petrolio greggio.

Ogni serbatoio è corredato di tutti i dispositivi necessari a garantire la sicurezza d'esercizio, d'ispezione e di manutenzione.

La Sala Controllo di Trieste, ubicata presso il Parco Serbatoi e dotata delle più moderne tecnologie oggi disponibili, gestisce le operazioni dell'oleodotto, supervisionando l'intero impianto 24 ore su 24 tramite un sofisticato sistema di controllo denominato SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Le operazioni di trasferimento del greggio dai pontili al Parco Serbatoi vengono gestite attraverso il TMS (Tankfarm Management System), un sistema che permette sia l'esecuzione dei comandi sulle apparecchiature in campo (pompe, valvole, ecc.) che la completa gestione dei dati, delle segnalazioni e degli allarmi provenienti dalle stesse, nonché la registrazione ed archiviazione di tutti i parametri tecnici.

Si tratta di un sistema che interfaccia segnalazioni provenienti dai dispositivi sul campo con calcolatori che provvedono all'elaborazione, memorizzazione e rappresentazione dei dati ed è integrato da sottosistemi dedicati a svolgere particolari funzioni come la lettura e sorveglianza dei livelli di greggio nei serbatoi, supervisione del sistema antincendio e registrazione contabile delle quantità di greggio movimentate.

L'operatività dell'oleodotto da Trieste ad Ingolstadt è supervisionata dal sistema denominato C94, un moderno programma di controllo digitale, in grado di acquisire più di 25000 dati al secondo, che gestisce i processi di automazione nelle stazioni di linea (di pompaggio, di valvola, di sfioro e di consegna), raccogliendo valori di misura, segnalazioni e comandi, registrando dati ed effettuando procedure di controllo e di sicurezza. In particolare, oltre alle funzioni di comando e sorveglianza dell'impianto, il sistema C94 facilita l'ottimizzazione di processi e l'individuazione di valori per il riconoscimento e la localizzazione di eventuali perdite, generando la relativa segnalazione di allarme.

All'interno del Parco Serbatoi si trova anche la prima stazione di pompaggio che immette il greggio nell'oleodotto con 4 pompe da 3000 kW.

3.1.3 La rete di tubazioni

Il sistema TAL (Figura 19) è suddiviso in tre tratte. La prima di queste, denominata **TAL-IG**, è costituita da una tubazione da 40" che collega il Parco Serbatoi di San Dorligo della Valle (in Provincia di Trieste) al Parco Serbatoi di Lenting (frazione di Ingolstadt) per una lunghezza complessiva di 465 km con 6 stazioni di pompaggio intermedie (3 in Italia: Reana, Cavazzo e Paluzza; 2 in Austria: Kienburg e Gruben; una in Germania: Steinhöring).

L'oleodotto percorre per 145 km il territorio italiano (Regione Friuli Venezia Giulia), partendo dal deposito costiero di San Dorligo della Valle, compie un largo giro attorno a Trieste e prosegue lungo l'altipiano Carsico parallelamente al confine con la Slovenia prima di raggiungere la provincia di Gorizia.

Passa ad est di Monfalcone, attraversa il fiume Isonzo con un passaggio aereo su piloni e poi continua il suo percorso verso nord vicino ai Comuni di Manzano, Remanzacco e Tricesimo, in provincia di Udine.

In prossimità di Osoppo attraversa il fiume Tagliamento, costeggia l'autostrada, dirigendosi verso il lago di Cavazzo per poi riattraversare il fiume una seconda volta. Supera la città di Tolmezzo per scendere nella valle del torrente But.

Dopo averlo attraversato una decina di volte, passando a ovest di Paluzza e di Timau, imbocca la galleria di 7 chilometri del Monte Croce Carnico per valicare il confine con l'Austria.

ImagelIn territorio austriaco attraversa dapprima la valle del Gail e il Gailbergsattel, quindi prosegue per la valle del fiume Drava nei pressi di Lienz e percorrendo la valle dell'Isel ed il traforo dei Tauri, arriva alla galleria di Felbertauern dove raggiunge la massima altitudine di 1572 metri.

Dopo aver incrociato la valle Salzach a Mittersill, il tracciato prosegue sul Passo Thurn a sud-ovest di Kitzbühel ed attraversando la galleria di Hahnenkamm si scende a Going per raggiungere il confine austro-tedesco a Kufstein/Kiefersfelden.

In territorio bavarese, l'oleodotto si snoda lungo la valle dell'Inn proseguendo ad ovest di Rosenheim e Wasserburg e dirigendosi verso nord fino ai centri di raffinazione di Vohburg e di Ingolstadt.

TAL-IG rifornisce le seguenti raffinerie:

- Raffineria OMV di Schwechat nei pressi di Vienna (collegandosi al sistema di Adria-Wien Pipeline a Würmlach)
- Raffineria OMV di Burghausen (tramite il deposito OMV a Steinhöring)
- Raffinerie ceche di Kralupy e Litvinov (tramite il sistema MERO di Vohburg)
- Raffineria Bayernoil di Vohburg
- Raffineria Gunvor di Ingolstadt

La seconda tratta di tubazione è denominata **TAL-NE** e adotta tubi da 26". Essa collega il Parco Serbatoi di Lenting e la raffineria Gunvor di Ingolstadt alla raffineria Bayernoil di Neustadt (Baviera) per una lunghezza complessiva di 22 km.

Da ultimo la tratta **TAL-OR** da 26" collega il Parco Serbatoi di Lenting alla raffineria MiRO di Karlsruhe (Baden-Württemberg) per una lunghezza complessiva di 266 km con 3 stazioni di pompaggio (Ingolstadt, Ehringen e Hohenhaslach).

Di seguito si riportano i principali dati caratteristici del sistema TAL.

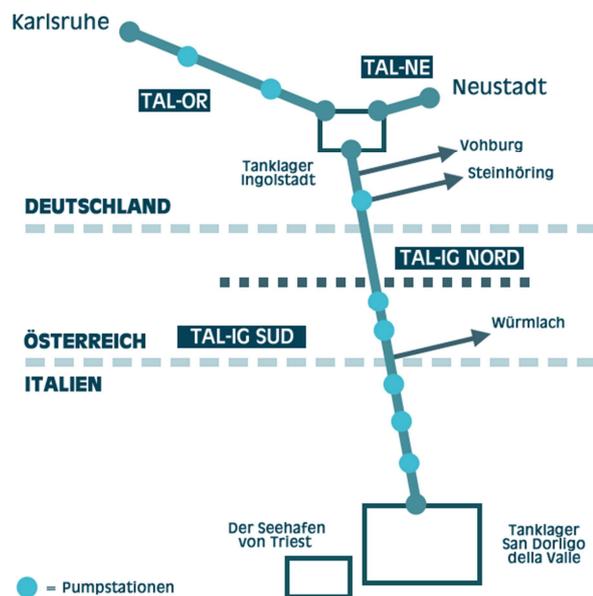


Figura 19 IL sistema TAL

- Paesi attraversati: 3 (Italia, Austria e Germania)
- Paesi riforniti: 3 (Germania, Austria e Repubblica Ceca)
- TAL copre il 40% del fabbisogno energetico della Germania (il 100% della Baviera e del Baden-Württemberg), il 90 % dell'Austria e il 50% della Repubblica Ceca.
- Per trasportare la stessa quantità di greggio che viene movimentata tramite l'oleodotto transalpino servirebbero in media 10000 camion cisterna al giorno.
- Lunghezza totale dell'oleodotto: 753 km
- Tratta TAL-IG (Italia – Austria - Germania): 465 km
- Tratta TAL-OR (Germania): 266 km
- Tratta TAL-NE (Germania): 22 km
- Massima altitudine del tracciato: 1572 m
- Tunnel attraversati: 5 (per una lunghezza complessiva di 22 km)

- Impianti portuali: 2 pontili con 2 ormeggi ciascuno in grado di ricevere petroliere con un dislocamento massimo di 280.000 tonnellate
- Pescaggio massimo: 16,5 m
- Numero di navi sbarcate nel 2017: 502
- Petrolio greggio scaricato nel 2017: 42.4 milioni di tonnellate di greggio
- Linee di trasferimento del greggio dal Terminale Marino al Parco Serbatoi: 4
- Depositi di stoccaggio: 2 (San Dorligo della Valle e Lenting)
- Numero di serbatoi: 32 con capienza 2.030.000 mc nel Parco Serbatoi di San Dorligo della Valle e 7 con capienza 318.000 mc nel Parco Serbatoi di Lenting
- Stazioni di pompaggio: 10
- Portata massima: 7500m³/h
- Stazioni di valvola: 46
- Stazioni di sfioro: 15
- Punti di consegna: 6
- Raffinerie rifornite: 8
- Capacità annuale di trasporto: ca. 45 milioni di tonnellate
- Fatturato 2017: € 140 milioni
- Numero di dipendenti della TAL Group: 221
- Numero di persone impiegate nell'indotto: 700

3.2 **Serbatoi di stoccaggio**

3.2.1 **Tipologia costruttiva**

I serbatoi impiegati a S. Dorligo della Valle sono del tipo a tetto galleggiante esterno (EFRT) a fondo singolo. Essi consistono in un recipiente cilindrico aperto in acciaio saldato, ad asse verticale, dotato di un tetto in grado di galleggiare sul pelo libero del liquido stoccato. Il tetto flottante è costituito da un pontone doppio, da diversi dispositivi sia di sicurezza che di comando e controllo nonché da un sistema di tenuta basato su una *tenuta primaria* (Figura 20) del tipo a pattino metallico con pantografo e contrappeso a contatto di vapore, e una *tenuta secondaria* (Figura 21) montata sul perimetro del pontone.

Tale configurazione permette di ricondurre le perdite per evaporazione a quanto fuoriesce dal sistema di tenuta perimetrale e dalle dotazioni di bordo del ponte (*standing storage loss*) nonché ai residui liquidi che, depositatisi sulle pareti interne del serbatoio quando il tetto scende (*withdrawal loss*), sono destinati ad evaporare in un periodo di tempo più o meno breve.

Gli accessori del ponte sono quelli ordinariamente impiegati in contesti simili: fra di essi ricordiamo le gambe di appoggio ad altezza variabile, le guide forate, i passi d'uomo per l'accesso al pontone, i dispositivi anti affondamento, i drenaggi delle acque meteoriche, ecc..

Si evidenziano due serbatoi da 100.000 m³, 14 da 80.000 m³, 13 da 50.000 m³ e tre da 20.000 m³ per una capacità totale di stoccaggio di 2.030.000 m³. In

Tabella 7 si riportano i principali dati caratteristici di ciascun serbatoio mentre in Figura 22 si riporta il layout del deposito.

Tabella 7 Dati caratteristici dei serbatoi

TANK	BUILDER	DOUBLE SEAL	DRAINAGE PIPES	YEAR	DIAM. [m]	CAPACITY [m ³]	Altezza [m]
63	MARALDI	es	4	1973	83	100.000	18,5
61	MARALDI	yes	4	1973	83	100.000	18,5
42	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
43	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
05	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
55	MARALDI	yes	2	1975	78	80.000	16,7
03	MARALDI	yes	2	1971	78	80.000	16,7
01	MARALDI	yes	2	1971	78	80.000	16,7
41	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
44	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
12	MARALDI	yes	4	1973	78	80.000	16,7
04	CB	yes	3	1972	78	80.000	16,7
02	MARALDI	yes	2	1971	78	80.000	16,7
54	MARALDI	yes	4	1975	78	80.000	16,7
64	MARALDI	yes	4	1996	78	80.000	16,7
65	MARALDI	yes	4	1996	78	80.000	16,7
35	NP	yes	1	1967	61	50.000	17,1
33	NP	yes	1	1967	61	50.000	17,1
25	CB	yes	1	1967	61	50.000	17,1
34	NP	yes	1	1967	61	50.000	17,1
21	CB	yes	1	1967	61	50.000	17,1
22	CB	yes	1	1967	61	50.000	17,1
32	NP	yes	1	1967	61	50.000	17,1
23	NP	yes	1	1967	61	50.000	17,1
31	NP	yes	2	1967	61	50.000	17,1
52	NP	yes	2	1967	61	50.000	17,1
51	CB	yes	2	1967	61	50.000	17,1
53	NP	yes	2	1967	61	50.000	17,1
24	CB	yes	2	1967	61	50.000	17,1
ST1	MARALDI	yes	2	1994	40	20.000	15,9
ST2	MARALDI	yes	2	1994	40	20.000	15,9
ST3	MARALDI	yes	2	1994	40	20.000	15,9
CV	BADONI			1967	27	10.000	17,2
PZ	BADONI			1967	27	10.000	17,2
Totale						2.050.000	

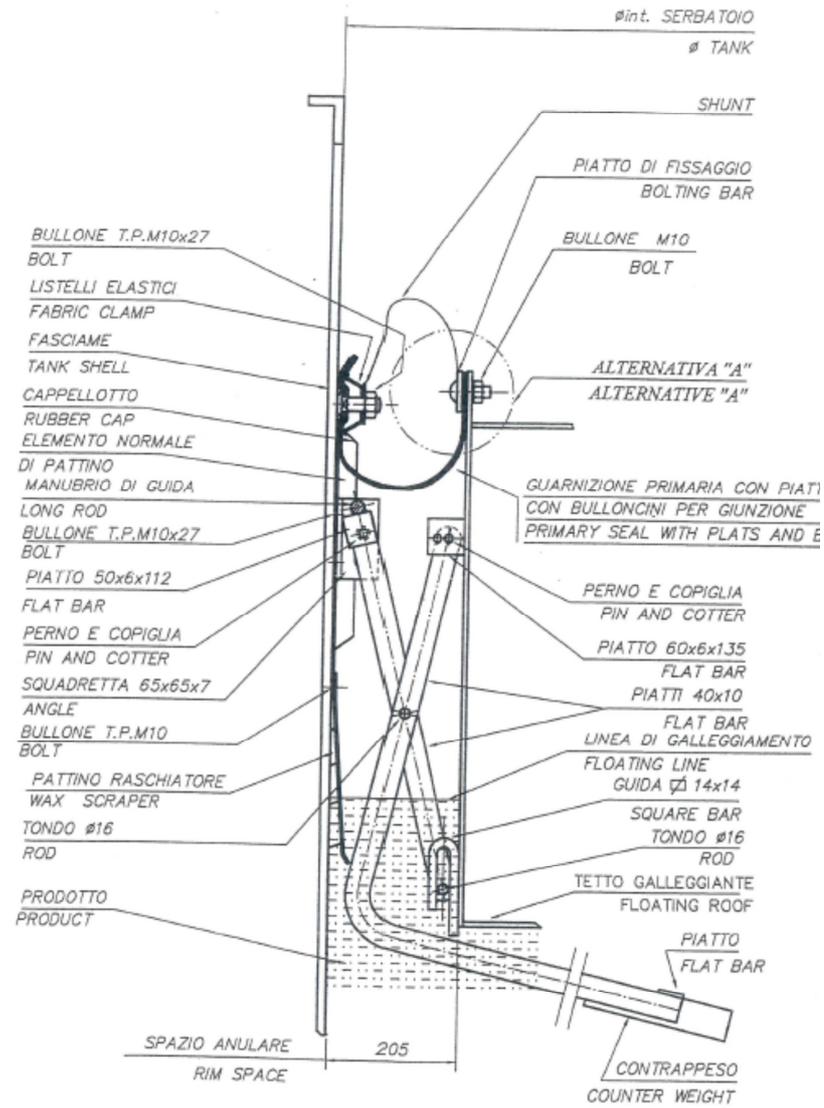


Figura 20 Tenuta primaria

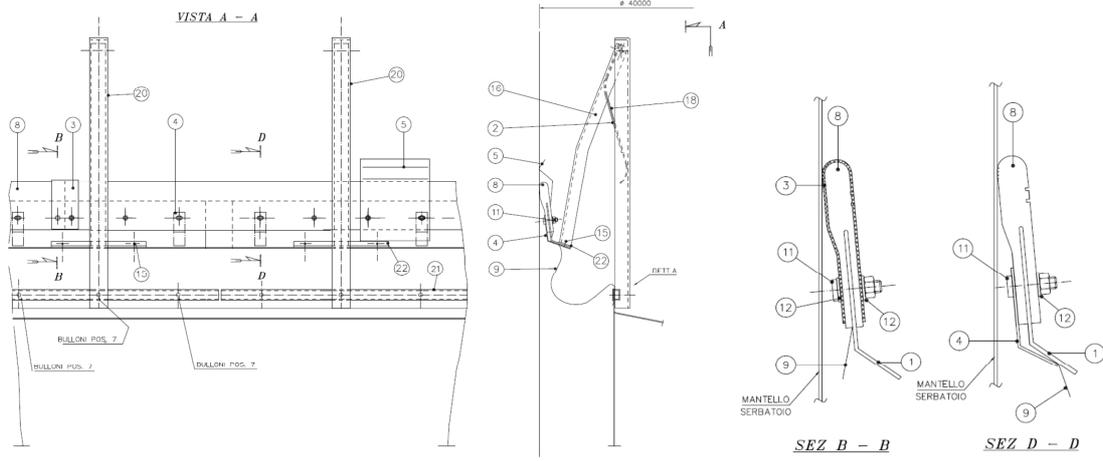


Figura 21 Tenuta secondaria – Viste e sezioni

3.2.2 Stato di conservazione

Esternamente i serbatoi appaiono rivestiti da uno strato di vernice opaca di colore grigio molto chiaro, per lo più in buono stato di conservazione e solo occasionalmente affetto da tracce di ruggine per lo più localizzate.

Relativamente allo stato interno del mantello, i tre serbatoi che sono stati oggetto di osservazione ravvicinata hanno evidenziato diffuse tracce di ruggine e presenza di *pitting* rilevabile ad occhio nudo. Le pareti sono inoltre interessate da un deposito compatto ed occasionalmente spesso (soprattutto in corrispondenza dei cordoni di saldatura) di materiale scuro, verosimilmente paraffine contenute nel petrolio.

3.2.3 Stima delle emissioni di COV dal parco serbatoi nello stato di fatto

La stima delle emissioni di COV nello stato di fatto è stata eseguita in base alla metodologia EPA basata sui fattori di emissione, implementata per mezzo del software Tanks 4, Version 4.09D.

Per i dati climatici si è fatto riferimento ai dati disponibili nel data base dell'Osmer per la stazione meteo di Muggia per il periodo 01/01/2006 – 31/12/2018 (Tabella 9). Le medie sono state calcolate usando dati medi giornalieri.

Tabella 8 Dati meteo della stazione di Muggia (SI)

mese	T MIN	T MED	T MAX	V MED	RG Giorno	P
	°C	°C	°C	m/s	kJ/m2/giorno	hPa
gennaio	5,15	7,51	9,90	4,48	4590,36	1014,99
febbraio	5,08	7,63	10,10	5,17	7394,85	1013,03
marzo	7,95	10,74	13,73	4,66	12487,06	1012,65
aprile	11,65	14,82	18,19	3,82	18072,58	1013,38
maggio	15,42	18,75	22,04	3,78	21765,65	1013,18
giugno	19,30	22,80	26,10	3,84	24387,10	1013,27
luglio	21,31	24,98	28,44	4,05	25228,31	1013,28
agosto	21,36	24,91	28,38	4,11	22421,70	1014,14
settembre	17,92	21,07	24,22	4,55	15465,42	1012,15
ottobre	13,85	16,62	19,46	4,64	9958,25	1013,24
novembre	10,28	12,64	15,14	4,38	5310,76	1014,61
dicembre	5,96	8,45	11,06	4,27	4253,49	1011,09
media anno	12,93582	15,90949	18,89622	4,311978	14277,96	1013,25

Tabella 9 Dati meteo della stazione di Muggia (Sistema tecnico americano)

mese	T MIN	T MED	T MAX	V MED	RG Giorno	P
	°F	°F	°F	mi/h	BTU/ft.ft.day	psia
gennaio	41,28	45,52	49,81	10,02	404,20	14,72
febbraio	41,15	45,73	50,17	11,56	651,15	14,69
marzo	46,32	51,34	56,72	10,42	1099,55	14,69
aprile	52,97	58,67	64,75	8,55	1591,38	14,70
maggio	59,75	65,76	71,68	8,46	1916,58	14,69
giugno	66,74	73,03	78,97	8,59	2147,41	14,70
luglio	70,36	76,97	83,19	9,06	2221,48	14,70
agosto	70,44	76,84	83,08	9,19	1974,35	14,71
settembre	64,25	69,92	75,60	10,18	1361,81	14,68
ottobre	56,93	61,91	67,02	10,38	876,88	14,70
novembre	50,50	54,75	59,25	9,80	467,64	14,72
dicembre	42,72	47,21	51,91	9,55	374,54	14,66
media anno	55,28	60,64	66,01	9,66	1257,25	14,70

Il turnover è stato stimato ipotizzando un peso specifico medio del petrolio movimentato pari a 800 kg/m^3 a cui corrisponde un quantitativo in volume pari a $45/0.8=56,25 \text{ Mm}^3$. Tale quantitativo è stato ulteriormente incrementato del 25 % per tenere conto dei travasi interni, pervenendo a un volume complessivamente movimentato di $56,25 \times 1,25 = 70,3 \text{ Mm}^3/\text{yr}$, dato che è stato considerato per determinare il *turnover* medio su base annua in base alla relazione:

$$TO = \frac{70 \times 10^6}{2,030 \times 10^6} = 34,6$$

che in prima ipotesi è stato attribuito a ciascuno dei serbatoi presenti nel comprensorio. I risultati dei calcoli sono riportati in Tabella 1.

Si evidenzia un'emissione totale annua di circa 240 t/anno, con assoluta prevalenza delle *emissioni in condizioni di lavoro*, ossia conseguenti all'evaporazione del greggio adeso alle pareti in conseguenza dello svuotamento dei serbatoi.

Tabella 10 Stima dell'emissione annua di COV per ciascuna tipologia di serbatoio (kg)

		100	80	50	20
Dimensioni del serbatoio					
Diametro	m	83	78	61	40
Volume	m3	1.000.000	80.000	50.000	40.000
Turnover		34,6	34,6	34,6	34,6
Caratteristiche del mantello					
Condizioni interne		Dense Rust			
Colore esterno		Light Gray			
Condizioni esterne		Good			
Caratteristiche del tetto					
tipo		Double Deck			
fitting Category		Typical			
Tipo di costruzione e sistema di tenuta					
Construction		Welded			

		100	80	50	20
Primary Seal		Mechanical Shoe			
Secondary Seal		Rim-mounted			
Contenuto del serbatoio					
Categoria chimica del liquido		Crude Oil			
Singolo componente o multicomponente		Multiple			
Nome della miscela		Crude Oil (RVP 5)			
Tensione di vapore		3,1656			
Peso molecolare		50			
Dati meteorologici della località (Muggia)					
Temperatura media annua	°F	60,64			
Temperatura massima media	°F	66,01			
Temperatura minima media	°F	55,28			
Velocità media del vento	mph	9,66			
Pressione atmosferica	psia	14,7			
Rim Loss	kg	706	663	519	340
Withdrawal Loss	kg	7.281	6.198	4.954	3.022
Deck Fitting Loss	kg	1.502	1.490	1.422	1.374
Totale	kg	8.932	7.804	6.382	4.263

Tabella 11 Stima delle emissioni annue dal parco serbatoi

TANK	BUILDER	DOUBLE SEAL	CONSTRUCTION YEAR	DIAM. [m]	CAPACITY [m ³]	Altezza [m]	Standing loss [kg/y]	Withdrawal Loss	Total loss
63	MARALDI	yes	1973	83	100.000	18,5	2.207	7.281	9.489
61	MARALDI	yes	1973	83	100.000	18,5	2.207	7.281	9.489
42	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
43	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
05	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
55	MARALDI	yes	1975	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
03	MARALDI	yes	1971	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
01	MARALDI	yes	1971	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
41	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352

44	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
12	MARALDI	yes	1973	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
04	CB	yes	1972	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
02	MARALDI	yes	1971	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
54	MARALDI	yes	1975	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
64	MARALDI	yes	1996	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
65	MARALDI	yes	1996	78	80.000	16,7	2.153	6.198	8.352
35	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
33	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
25	CB	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
34	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
21	CB	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
22	CB	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
32	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
23	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
31	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
52	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
51	CB	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
53	NP	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
24	CB	yes	1967	61	50.000	17,1	1.941	4.954	6.894
ST1	MARALDI	yes	1994	40	20.000	15,9	1.714	3.022	4.736
ST2	MARALDI	yes	1994	40	20.000	15,9	1.714	3.022	4.736
ST3	MARALDI	yes	1994	40	20.000	15,9	1.714	3.022	4.736
CV	BADONI		1967	27	10.000	17,2			
PZ	BADONI		1967	27	10.000	17,2			
Totale					2.050.000	64.931	174.802	239.733	

3.3 *Sistema di abbattimento degli odori*

Su circa la metà dei serbatoi presenti nel parco di San Dorligo della Valle è stato installato un *Sistema di abbattimento degli odori* che si avvale di una cortina di nebulizzatori di acqua installati sul pontone galleggiante in corrispondenza del sistema di tenuta secondaria. I nebulizzatori sono disposti in modo da dirigere il loro getto verso la parete, creando nella zona di influenza una nebbia finalizzata all'intercettazione delle emissioni odorose.



Figura 23. Sistema di abbattimento degli odori

Benché i risultati delle sperimentazioni di laboratorio condotte su un modello (Figura 24 e Figura 25) abbiano dimostrato l'attitudine del sistema a mitigare le emissioni odorigene, successivamente all'installazione sui serbatoi non sono state condotte delle verifiche *in situ*.

Considerato che nel caso specifico i test di laboratorio hanno necessariamente trascurato alcuni parametri influenti quali ad esempio la velocità del vento e l'irraggiamento solare o ancora il comportamento del sistema di tenuta in relazione alle irregolarità che possono caratterizzare il mantello dei serbatoi, si ritiene che i risultati sperimentali ottenuti, pur incoraggianti, non siano direttamente estensibili al caso reale e che l'entità della mitigazione sia da valutarsi con misure in campo.

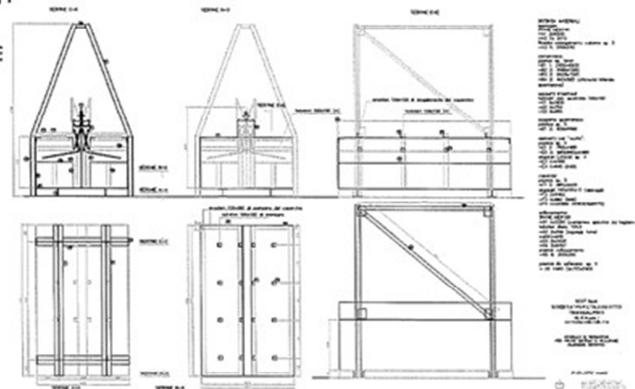
In considerazione di quanto sopra esposto, nella stima delle emissioni di COV non si è tenuto conto dell'influenza del sistema di mitigazione delle emissioni odorigene, ragion per cui i risultati quantitativi cui si è pervenuti sono passibili di affinazione.

Designed by TESS srl, the tank model:

- implements **seals and nebulization systems at full scale**;
- It has a movable metal surface that can partially be immersed in crude oil, forming a film, and later exposed to the air, emitting VOCs and odours;
- It thus **simulates the CPC film formation, exposure and related emissions**;
- It can be positioned in a warehouse/closed-garage, in order to reduce environmental influences on measurements (delta T, direct wind etc);
- around 9 mc CPC crude



The tank model



Realized by CMG srl, Trieste

Positioned in a warehouse/garage in the SIOT tankfarm in San Dorligo della Valle (TS)

Internal presentation Nov.2012

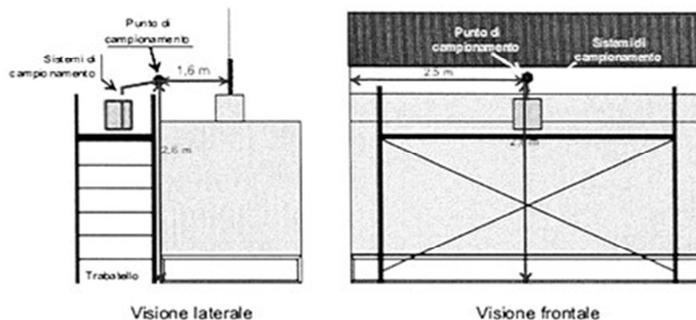
Figura 24 Odour Emission Mitigation System – Tank model

Extraction of the metal sheet at 1m/h for 1 h, CPC exposed during last 20 min

VOCs were measured continuously by PID

Air was sampled in nalophan bag during last 30 min and analyzed by dynamic olfactometry (EN 13725:2004) within 24 hours

Volatile chemicals (hydrocarbons or sulfur compounds) were sampled on trains of Tenax and Carboxen traps, and analyzed within the day by GC-MS at DSCF



Meteo data
(T, P, RH)

Figura 25 Figura 24 Odour Emission Mitigation System – Condizioni di prova

4. Considerazioni conclusive

4.1 Premessa

Le proposte operative che vengono di seguito delineate si motivano con la considerazione che le emissioni di odorigeni in esame sono associate alle emissioni di VOC - almeno per i tipi di greggio con maggiore contenuto di zolfo - e che, perciò, l'abbattimento dei composti organici volatili è passibile di comportare una diminuzione del disagio da odori con effetti più o meno marcati in virtù della soglia olfattiva delle diverse sostanze volatili coinvolte.

Bisogna infatti ricordare che, essendo la soglia olfattiva di talune sostanze estremamente bassa, al drastico contenimento in termini di concentrazione delle relative emissioni può non corrispondere un risultato altrettanto soddisfacente in termini di disagio olfattivo percepito.

In quanto si qui esaminato si è avuto modo di evidenziare come le emissioni fuggitive di VOC da un serbatoio a tetto flottante varino a seconda che questi si trovi in condizioni di prelievo (*withdrawal loss*) o risulti inattivo (*standing loss*).

Tra i fattori influenti che si sono evidenziati si ricordano le condizioni meteo della località, il tipo di tenuta, la presenza sul ponte di accessori di varia natura, la finitura superficiale interna ed esterna del fasciame e il numero di cicli di riempimento annuo cui è sottoposto il serbatoio.

Nell'indagine esperita si è avuto altresì modo di evidenziare che l'elevato numero di cicli di riempimento-svuotamento cui è sottoposto il parco nel suo insieme costituisce una peculiarità del sito che comporta un deciso prevalere delle perdite in condizioni di prelievo sulle perdite in condizioni di stazionarietà.

Alla luce di quanto in precedenza osservato, si ritiene che qualunque intervento finalizzato al contenimento delle emissioni di COV non possa prescindere dal drastico contenimento delle emissioni fuggitive durante le operazioni di prelievo e debba prevedere delle modalità di verifica *in situ* della validità delle iniziative intraprese.

Nel suo complesso lo studio rappresenta una parte di un quadro più complesso che attiene alla necessità di prevedere per i depositi petroliferi RIR, alla luce del principio di miglioramento continuo previsto nell'allegato B del D.Lgs 105/2015, aggiornamenti degli standard costruttivi che possono implicare ad esempio la realizzazione di doppi fondi, il potenziamento dei sistemi di raffreddamento, la motorizzazione e protezione al fuoco delle valvole radice dei serbatoi, la ridondanza dei sistemi di blocco contro il sovrariempimento et cetera.

4.2 Misure atte a contenere l'adesione del petrolio alle pareti del serbatoio

Nelle attuali condizioni di esercizio, il petrolio che aderisce alle pareti a seguito della discesa del tetto flottante durante lo svuotamento del serbatoio ha modo di permanervi per un tempo sufficiente all'evaporazione dell'intero quantitativo depositatosi, essendo in ciò contrastato solo dall'azione mitigatrice del sistema di nebulizzazione che, essendo circoscritta, ha un effetto di abbattimento verosimilmente limitato.

Poiché l'entità della bagnatura delle pareti interne dipende fortemente dalla finitura superficiale delle stesse, si ritiene che un intervento mirato a modificarne la bagnabilità con un rivestimento adatto possa ridurre in modo significativo le emissioni fuggitive di COV ad esso riconducibili.

Bisogna ricordare infatti che le pareti interne dei serbatoi nello stato di fatto sono caratterizzate dalla presenza di ruggine più o meno marcata sulla quale il petrolio aderisce in maniera decisa, come si è avuto modo di evidenziare al paragrafo 2.3.3.2.4 di pag. 24.

Pur nelle more di un necessario approfondimento, si può sin d'ora prospettare che un intervento di questo tipo comporterebbe problematiche di diversa natura, tra le quali:

- Individuazione di un prodotto specifico resistente agli agenti aggressivi contenuti nel petrolio e che offra ragionevoli aspettative di durata nel tempo;
- Necessità di sostituire il sistema di tenuta a pattino metallico attualmente adottato con un sistema in grado di non dar luogo ad abrasioni;
- Valutazione delle problematiche in termini di sicurezza e affidabilità di esercizio implicate da un diverso sistema di tenuta;
- Necessità di eseguire un trattamento di pulizia e sabbiatura delle pareti;
- Considerazione dell'eventuale smussatura dei cordoni di saldatura in rilievo.

In relazione all'intrusività di tali operazioni, si può sin d'ora presumere che l'esecuzione delle stesse comporti il fuori servizio prolungato del serbatoio, per un tempo verosimilmente non inferiore a sei mesi.

Inoltre, prima di un eventuale estensione della soluzione individuata a tutti i serbatoi del parco, risulta doveroso validare le soluzioni individuate sia sotto il profilo funzionale che prestazionale, dando luogo ad una campagna di sperimentazione *in situ* adeguata.

4.3 Misure atte a contenere le emissioni fuggitive da accessori del tetto galleggiante

Un contributo alle emissioni di un serbatoio a tetto galleggiante sono le emissioni fuggitive derivanti dagli accessori presenti sul tetto quali tubi di calma e guida, gambe di appoggio e punti di campionamento.

Le gambe di appoggio pur essendo zone di emissione molto localizzate, possono essere presenti in gran numero (oltre cento) nei serbatoi con un diametro di 70 m

I fori dei tubi di calma e guida (se presenti) sono punti favorevoli all'emissione di sostanze organiche volatili.

Le tecnologie per limitare tali emissioni sono già ampiamente utilizzate a livello industriale e consistono, per i tubi di calma e guida, nell'installazione di guaine spiralate, e per le gambe di appoggio, nell'installazione di guaine a tenuta.

Per i tubi di calma e guida è possibile applicare in testa una flangia a tenuta, e alla base una gonna a tenuta sulla parete del tetto galleggiante.

Sia le guaine spiralate che le guaine a tenuta devono essere realizzate in materiali idonei a zone con possibile presenza di sostanze infiammabili, e compatibili con il prodotto contenuto nel serbatoio.

Qualora fossero presenti punti di campionamento, è opportuno optare per tecnologie a ciclo chiuso.

4.4 Procedure gestionali di verifica periodica dell'efficienza dei sistemi di riduzione delle emissioni

Una volta individuati i sistemi di riduzione delle emissioni, sia atti a ridurre le adesioni di prodotto alle pareti che a ridurre le emissioni dagli accessori del tetto galleggiante, è opportuno sia messo in atto un'attività periodica di verifica degli stessi al fine di approntare interventi manutentivi che ne conservino nel tempo l'efficienza.

L'attività sperimentale riportata al capitolo 4.5 potrà essere utile a definire gli strumenti gestionali (procedure di ispezione e manutenzione) e gli strumenti analitici (sistemi di rilevazione delle emissioni) più adatti alla verifica nel tempo dell'efficienza dei sistemi implementati.

In conclusione, il piano operativo che si propone viene di seguito presentato.

4.5 Proposta per un proseguimento dell'indagine

1. Formulazione di una proposta di intervento per l'esecuzione di un rivestimento interno del fasciame da applicarsi in via sperimentale su uno dei serbatoi da 50.000 m³;
 - 1.1. Individuazione di un prodotto specifico resistente agli agenti aggressivi contenuti nel petrolio e che offra ragionevoli aspettative di durata nel tempo;
 - 1.2. Individuazione di un sistema di tenuta che non dia luogo ad abrasioni;
 - 1.3. Valutazione delle problematiche in termini di sicurezza e affidabilità di esercizio implicate da un diverso sistema di tenuta;
 - 1.4. Definizione dell'intervento sotto il profilo tecnico;
 2. Individuazione delle caratteristiche tecniche di un sistema di misura delle concentrazioni medie di COV da installarsi sul serbatoio oggetto di intervento
 - 2.1. Tipologia di strumentazione da impiegare
 - 2.2. Metodologie di campionamento ed analisi
 3. Esecuzione di una campagna di misure nello stato di fatto mirata a delineare le prestazioni del serbatoio e del sistema di attenuazione delle emissioni odorigene
 4. Realizzazione dell'intervento
 5. Esecuzione di una campagna di misure dopo l'intervento
 6. Validazione dei risultati prima di un'eventuale estensione all'intero parco serbatoi.
-

5. Bibliografia

- [1] Oyce J. Laverman: "Evaporative Loss From Storage Tanks", The Fourth Oil Loss Control Conference, London, October 30-31, 1991
- [2] European Commission "BAT on Emission From Storage", July 2006
- [3] EPA "AP42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors", Section 7.1 Liquid Storage Tanks.
- [4] <https://www.tal-oil.com>
- [5] "Odour Emission Mitigation System" - TAL - POST CoCo MEETING – Neaples – 16 January 2015.
- [6] B. Smithers, J. McKay, G. Van Ophem, K. Van Parijs: "VOC emissions from external floating roof tanks: comparison of remote measurements by laser with calculation methods" © CONCAWE, Brussels, January 1995.
- [7] Air Permits Division - Texas Commission on Environmental Quality: "Short-term Emissions from Floating Roof Storage Tanks" APDG6419v1, Released 02/18, Short-term Emissions from Floating Roof Tanks
- [8] API standard 620, Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks, American Petroleum Institute, 1996.
- [9] Long, B. and Garner, B.: "Guide To Storage Tanks and Equipment", Professional Engineering, 2004.
- [10] API Standard 650, Welded Steel Tanks For Oil Storage, American Petroleum Institute,
- [11] Strategies For Today's Environmental Partnership, 1998.
- [12] Hirokawa, Y. et al.: "Study On Damage Of A Floating Roof-Type Oil Storage Tank Due To Thermal Stress", Applied Mathematical Modeling, 232, 803–807, 2012.
- [13] Shabani, R. et al.: "Importance Of The Flexural And Membrane Stiffnesses In Large Deflection Analysis of Floating Roofs", Applied Mathematical Modeling, 34, 9, 2426–2436, 2010.
- [14] Mohamed ElSamanody, Ashraf Ghorab: "Design and Study of Floating Roofs for Oil Storage Tanks", Mechanics and Mechanical Engineering, Vol. 21, No. 1 (2017) 117–136, Lodz University of Technology

San Dorligo della Valle, 25 Settembre 2019

f.to ing. Franco Sturzi
 f.to ing. Marco Boscolo
 f.to dott. Roberto Giua
 f.to ing. Annamaria Manfrin
 f.to dott. Alessandra Pillon
 f.to ing. Marco Ziron