

# PREVENIRE LE PERDITE DALLE TUBAZIONI NELL'INDUSTRIA CHIMICA

Jasper Schmeits<sup>1</sup>, Thijs Lanckriet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TAUW Group B.V., Innovation manager, jasper.schmeits.tauw.com

<sup>2</sup>Fluves N.V., Project Manager, thijs@fluves.com.

## Sommario

Le perdite dalle tubazioni di acque reflue in pressione sono una delle principali cause di malfunzionamento delle reti fognarie. Nelle aree pubbliche, le condotte vengono monitorate attentamente per individuare eventuali perdite. Tuttavia, il monitoraggio delle condotte interrato nei siti industriali è spesso meno puntuale, il che può portare a situazioni rischiose. Fuoriuscite di acque reflue possono causare contaminazioni dei terreni, ridurre la qualità delle acque sotterranee e compromettere la produzione di acqua potabile. Prevenire è meglio che curare, ed è anche più economico. Per questo motivo, è bene assicurarsi che le tubature siano controllate in tempo.

**Parole chiave:** *industria chimica, condotte interrate, perdite, tecnologia, prevenzione, contaminazione del suolo*

## PREVENTING LEAKS IN PIPING IN THE CHEMICAL INDUSTRY

### Abstract

Leaks are one of the main causes of failure in pressurized wastewater piping. In public areas, wastewater pipes are closely monitored for leaks. However, monitoring of underground pipes at industrial sites often lags behind, which can lead to hazardous situations. Leaking wastewater can cause soil contamination, reduce the quality of groundwater and affect the production of drinking water. Prevention is better than cure, and also cheaper. So, make sure your piping is checked on time.

**Keyword:** *chemical industry, underground pipelines, leakages, technology, prevention, soil contamination.*

## 1. Introduzione

La sostituzione di cavi e tubazioni nelle aree pubbliche è abbastanza comune oggi. Le condotte a volte devono essere sostituite a causa del materiale di cui sono costituite, come ad esempio nel caso della ghisa lamellare o del cemento amianto. Anche vecchie tubazioni con olio vengono sostituite con tubi in materiale plastico resistente, mentre molti altri devono essere sostituiti perché hanno raggiunto il proprio termine di durata (Figura 1).

Parallelamente alla sostituzione delle vecchie tubazioni, occorre prestare attenzione alle transizioni energetiche e chimiche. Devono essere presi in considerazione diversi fattori, tra cui:

- Qual è la durata dei nuovi tubi modulari in ghisa?
- Si sceglieranno gas rinnovabili (*green gas*), in modo che i tubi possano essere riutilizzati per trasportare idrogeno o altro?

- La tendenza verso soluzioni “100% elettriche” renderà obsoleti questi tubi del gas?
- Come possiamo adattare i sistemi esistenti e quelli nuovi per rendere i processi chimici sostenibili?
- Come possiamo prevenire le perdite di acque reflue?

Nei Paesi Bassi, le esigenze di sostituzione comprendono sia sforzi di ricerca ed individuazione delle tubazioni, riparazione e sostituzione. Queste attività vengono eseguite principalmente in aree pubbliche. Nei siti industriali, la sostituzione delle tubazioni spesso non riceve sufficiente attenzione. Per gli impianti chimici è in corso una transizione da tubazioni interrate a condotte fuori terra, tuttavia, al giorno d'oggi, molte reti industriali interrate sono ancora in esercizio, determinando situazioni potenzialmente rischiose. Ad esempio, perdite da reti fognarie interrate in pressione sono una delle cause di guasto più frequenti, con importan-

IdA



\* Per contatti: Ekkersrijt 4008, postbus 1680, 5602BR Eindhoven.  
Tel. +316.53794217; E-mail jasper.schmeits@tauw.com

Ricevuto il 4-6-2023; Accettazione il 6-7-2023.



**Figura 1.** Esempio di perdita da una tubazione di acqua di raffreddamento.

ti conseguenze sulla qualità dei terreni e delle acque sotterranee.

Un bell'esempio di progetto di verifica di condotte interrate, che avrebbe potuto avere conseguenze ancora peggiori, riguarda l'individuazione di una perdita in una tubazione industriale raffreddata ad olio in un sito industriale a Maastricht, nei Paesi Bassi, che aveva comportato lo sversamento di una grande quantità di prodotto. Un altro progetto è consistito nella ricerca di una perdita da una linea di raffreddamento in Germania, responsabile della fuoriuscita di 2,5 m<sup>3</sup> di acqua di raffreddamento all'ora, che avrebbe potuto compromettere le fondamenta delle tubazioni. Queste esperienze dimostrano come ogni progetto e ogni situazione sia unica, sebbene, tutti questi incidenti possano essere ricondotti allo stesso principio di base: i materiali hanno una durata definita e devono essere sostituiti dopo un certo periodo.

La frequenza di sostituzione dipende da fattori quali:

- tipo di materiale;
- utilizzo del tubo (tipi di fluidi, gas, acidità, temperatura, variazioni di condizioni di esercizio, ecc.);
- tipo di terreno;
- soggiacenza della falda;
- effetto di acque salmastre;
- profondità di installazione.

L'esistenza di un legame fra questi fattori ed il verificarsi di perdite è molto probabile. Questo è il tipo di valutazione che a grandi linee l'industria chimica dovrebbe fare: quali sono gli elementi essenziali da comprendere per identificare i rischi più significativi? Le tubazioni più a rischio sono quelle che devono essere trattate per prime. L'esperienza dimostra che qualsiasi investimento nella prevenzione delle perdite viene più

che ripagato, poiché affrontare le conseguenze di una perdita spesso costa molte volte di più dei costi di investimento per rilevare e prevenire sversamenti futuri.

## 2. Tecnologie innovative per l'individuazione di perdite dalle tubazioni

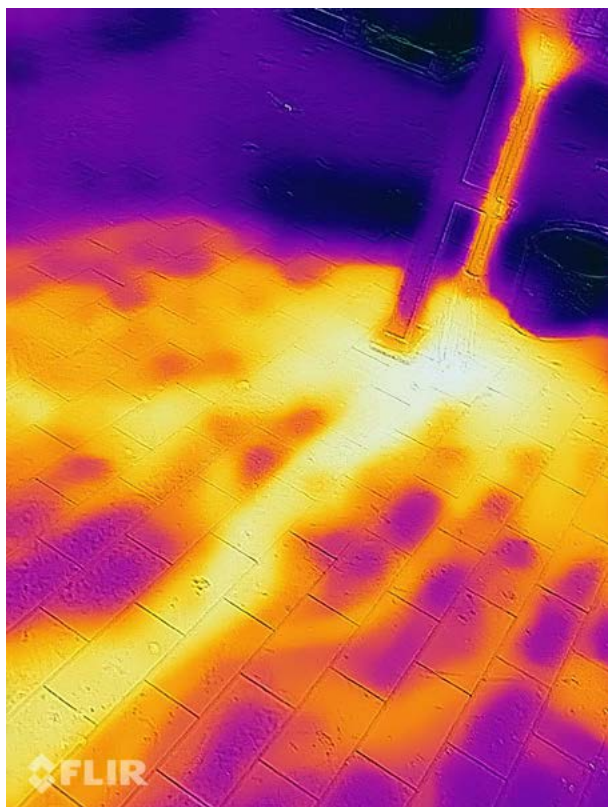
Il gruppo TAUW è una società europea di consulenza e ingegneria con sedi nei Paesi Bassi, Belgio, Germania, Francia, Spagna e Italia, con una forte posizione nella consulenza ambientale e nello sviluppo sostenibile degli ambienti di vita. Fra le diverse attività, l'azienda si dedica spesso alla ricerca di perdite nelle tubazioni interrate, con l'ausilio di tecnologie digitali di ispezione, quali sistemi di telecamere e droni. Questi ultimi consentono di mappare l'intera tubazione in modalità 3D. Da oltre due decenni e per molti progetti, TAUW impiega sistemi di telecamere per rilevare eventuali porzioni ammalorate delle reti fognarie; negli ultimi anni, l'uso di questi sistemi è diventato di più facile applicazione grazie all'ulteriore sviluppo delle tecnologie e delle tecniche di elaborazione delle immagini (come il sistema Elios 3 di Flyability). Inoltre, grazie alla partnership con l'Università di Leiden e l'Università tecnica di Delft, è stato sviluppato un sistema di telecamere migliorato per rilevare anche le fessurazioni più piccole. Questa nuova tecnologia combina l'ispezione multi sensore con il "deep learning", una tecnica di *machine learning* in cui si espongono reti neurali artificiali a grandi quantità di dati, in modo che possano automaticamente apprendere.

L'apprendimento può essere assistito, semi-assistito o completamente automatizzato e auspicabilmente sarà a breve disponibile sul mercato. Maggiori informazioni sono disponibili sul sito del progetto SewerSense, valutazione multi sensore delle condizioni delle reti fognarie (Sewer sense, 2023; Scholten et al., 2019).

Sono state sviluppate anche altre tecnologie, basate su misure di conducibilità elettrica e prove acustiche combinate con sistemi a fibre ottiche, mentre in alcuni casi sono adatte anche misure termografiche (Figura 2). I sistemi di monitoraggio che consentono misurazioni frequenti con attivazione tempestiva di allarmi in caso di problemi possono essere utilizzati anche su base permanente.

### 2.1 Un esempio di tecnologia per l'individuazione di perdite

Un buon esempio di tecnologia in grado di rilevare le perdite nelle condutture interrate esistenti è il sistema DALI – Distributed Acoustics for Leakage and Intrusions (DALI, 2023), molto adatto per l'adeguamento di tubazioni per utilities varie, vapore, petrolio e gas.



**Figura 2.** Esempio di utilizzo della termografia per il rilevamento di perdite. Questa immagine mostra una perdita sulla superficie di un pavimento in cemento con una semplice termocamera FLIR. I colori giallo/arancio corrispondono a temperature più elevate, mentre i colori blu/scuri sono più freddi. La tubazione in alto a destra trasporta liquido caldo e ha una perdita in basso, che emette liquido (caldo). La tubazione in alto a destra trasporta liquido caldo e ha una perdita in basso, che emette liquido (caldo) sul pavimento e si distribuisce nell'angolo in basso a sinistra. Questo tipo di immagini termiche mostra cose che non si possono vedere con gli occhi e permette di capire cosa sta succedendo, anche quando le tubature si trovano sottoterra o nei muri.

Questa tecnologia combina l'uso di un cavo in fibra ottica inserito all'interno del tubo e un sistema, all'esterno del tubo, di registrazione delle vibrazioni acustiche distribuite lungo la lunghezza del cavo in fibra ottica. In questo modo il sistema si può installare in tubazioni esistenti senza nuovi scavi e rilevare le perdite a distanza senza preoccuparsi del posizionamento relativo del sistema rispetto al punto in cui la tubazione è danneggiata.

### 2.1.1 Ampliamento delle applicazioni del rilevamento in fibra ottica

Il rilevamento distribuito in fibra ottica (o DFOS, Soga e Luo, 2018) è stato applicato con successo nell'industria petrolifera e del gas per molti anni. Negli ultimi anni, le prestazioni dei sistemi DFOS e il relativo know-how sono aumentati, mentre i prezzi dell'hardware DFOS sono diminuiti. Questo ha por-

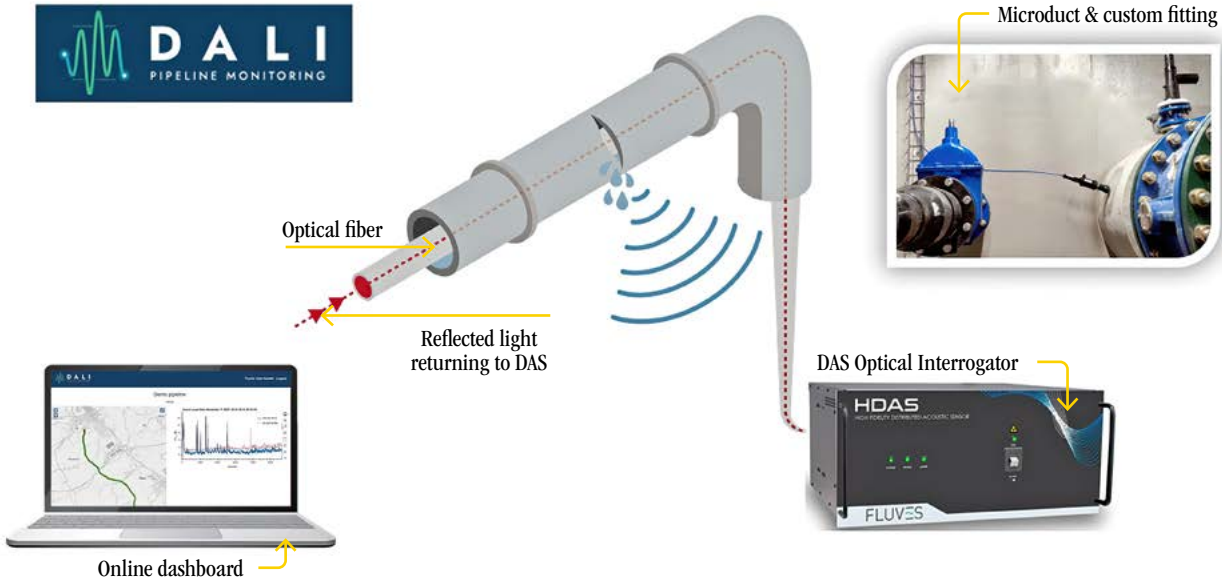
tato ad ampliare le applicazioni del monitoraggio di tubazioni e reti basate sulla fibra ottica, includendo nuovi mercati, come l'industria chimica e manifatturiera (per monitorare il rischio di corrosione al di sotto dello strato di isolamento di tubazioni coibentate, serbatoi e impianti criogenici) ed il settore dei servizi pubblici (acqua potabile, acque reflue, teleriscaldamento, ecc.). Per il settore dei servizi di pubblica utilità, e in particolare per quello dell'acqua potabile, si pongono ulteriori sfide rispetto agli oleodotti e ai gasdotti, quali:

- Tubazioni potenzialmente molto vecchie (fino a 100 anni), le cui condizioni e persino il cui tracciato non sono del tutto noti all'inizio del progetto.
- La presenza e l'uso di tubi di materiali diversi (cemento, acciaio, ghisa, cemento-amianto, PVC, polietilene e molti altri).
- Linee posate in aree fortemente urbanizzate, sotto strade, ferrovie, canali e altre infrastrutture.

### 2.1.2 Individuare le perdite nelle tubazioni dell'acqua

Per le tubazioni interrate, come quelle dell'acqua potabile, l'installazione di una fibra esterna è antieconomica a causa della presenza di altre infrastrutture al di sopra della linea. Per questo motivo, è stato sviluppato un sistema di monitoraggio delle condotte basato sull'impiego di un cavo in fibra ottica installato all'interno della condotta: il sistema DALI. Il sistema è stato sviluppato congiuntamente da Fluves (<https://www.fluves.com>), una società di ingegneria specializzata nel monitoraggio con fibre ottiche, e da Vigotec (<https://www.vigotec.be>), produttore e distributore di sistemi di tubazioni e materie plastiche ingegnerizzate. Il sistema DALI si compone dei seguenti elementi (Figura 3):

1. Un cavo in fibra ottica installato all'interno della tubazione. Il cavo è alloggiato all'interno di una guaina resistente, certificata sicura per l'impiego e il contatto con acqua potabile. È stato sviluppato, inoltre, un sistema di installazione innovativo che consente di inserire il cavo all'interno di tubazioni in pressione e in esercizio.
2. Un sistema DAS (*Distributed Acoustic Sensing*), che registra le vibrazioni acustiche lungo la fibra, con una risoluzione spaziale di 10 m.
3. Un software avanzato per l'elaborazione dei segnali e l'apprendimento automatico, che analizza le misure acustiche grezze alla ricerca di eventi degni di nota, come perdite o intrusioni di terzi (TPI). Il software DALI viene eseguito su un server periferico che si trova insieme al sistema DAS e trasmette i suoi risultati al cloud o all'intranet dell'operatore.



**Figura 3.** Una panoramica del sistema DALI. Il cavo in fibra ottica viene inserito nella condotta (l'immagine in alto a destra mostra un esempio di cavo blu inserito attraverso un raccordo personalizzato nella condotta) e in cima alla fibra viene installato l'interrogatore ottico DAS. Questo sensore DAS è in grado di effettuare una misurazione che rileva la luce riflessa che ritorna al sensore DAS ed è in grado di individuare una perdita attraverso un cruscotto online.

- Un cruscotto online, che visualizza lo stato della condotta in tempo reale, mostra la posizione e la cronologia degli allarmi e invia notifiche di allarme via e-mail o SMS.

### 2.1.3 Possibili impieghi

Previo collaudo, il sistema DALI può essere installato su infrastrutture esistenti con un sistema innovativo che consente di inserire il cavo in fibra ottica senza dover porre fuori servizio la tubazione. Sono possibili diverse tipologie di impiego:

- Monitoraggio permanente, in cui cavo in fibra ottica e sensore DAS vengono installati permanentemente sulla tubazione per un monitoraggio in continuo, 24 ore su 24 e 7 giorni su 7. Questa soluzione è particolarmente indicata per condotte di grandi dimensioni e di importanza critica.
- Monitoraggio semipermanente, in cui il cavo in fibra ottica rimane permanentemente all'interno della tubazione mentre il sensore DAS (il componente più costoso) viene collegato periodicamente (ad esempio ogni trimestre) o in base alle esigenze (ad esempio al sospetto di perdite) per effettuare valutazioni periodiche delle condizioni della tubazione.
- Monitoraggio una tantum, in cui un cavo in fibra ottica di lunghezza limitata (fino a 2000 m circa) viene installato nella tubazione e collegato a un sensore DAS. La sessione di misura dura qualche ora allo scopo di localizzare eventuali perdite, dopodiché il cavo viene recuperato. Questa soluzione è particolarmente indicata per le condotte dell'acqua di piccole dimensioni e in ambiti residenziali.

### 3. Il giusto metodo di misurazione e soluzione

La chiave è capire qual è il problema specifico e quali tecnologie, o combinazioni di tecnologie, possono essere utilizzate per risolverlo. È essenziale seguire gli sviluppi tecnologici del mercato per capire quali tecnologie vengono sviluppate e in quale situazione una determinata tecnologia è applicabile o meno. Si possono confrontare i vari sistemi e effettuare valutazioni realistiche della fattibilità e dell'impatto di ciascuna opzione. ■

### Riferimenti bibliografici

- DALI (2023) <https://www.dalimonitoring.com/en>
- Scholten L., Knobbe A., Clemens F., Lopez J.A., Chacon-Hurtado J., Meijer D. (2019) SewerSense, presentazione a TISCA user meeting (29 maggio 2019), [www.utwente.nl/en/tiscali/downloads/nl-tiscaday-20190529-1150hrs-sewer-sense-project.pdf](http://www.utwente.nl/en/tiscali/downloads/nl-tiscaday-20190529-1150hrs-sewer-sense-project.pdf)
- SewerSense (2023) Multi-sensor condition assessment for sewer asset management [ps://www.nwo.nl/en/projects/15343](https://www.nwo.nl/en/projects/15343)
- Soga, K., Luo, L. (2018) Distributed fiber optics sensors for civil engineering infrastructure sensing. *J. Struct. Integr. Maint.*, 3, 1–21.

### Ringraziamenti

Questo articolo è stato redatto a partire dal contributo presentato a Remtech Europe 2022, che si è svolto il 19-23 settembre 2022 a Ferrara. L'edizione 2023 del convegno si terrà il 18-22 settembre 2023 a Ferrara. Per maggiori informazioni e dettagli <https://www.remtechexpo.com/en/remtech-europe>



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2023 è sostenuta da:

