

Allegato Sub "A"

Monitoraggio delle opere

Le tubazioni sottomarine, costituenti l'intera opera d'arte, dovranno essere monitorate attraverso un sistema di monitoraggio a fibre ottiche.

Il piano di monitoraggio, completo di tutte le strumentazioni e le relative procedure di installazione, dovrà essere mirato all'analisi del profilo termico (per la individuazione di eventuali perdite) e del profilo tenso-deformativo (per la individuazione di eventuali anomalie strutturali) delle tubazioni.

A tal fine, sensori distribuiti di deformazione e di temperatura a fibre ottiche (*DTSS, Distributed Temperature and Strain Sensors*) dovranno essere inglobati definitivamente nel rivestimento in gunite delle tubazioni sotto monitoraggio (come da procedura di seguito dettagliata) cosicché l'intera opera d'arte possa essere ispezionata (dal momento dell'installazione e per tutto il suo ciclo di vita) da un unico punto di accesso, ubicato presso il nuovo impianto di sollevamento nell'area dell'impianto di San Giuseppe alle Paludi.

L'unità di acquisizione dei dati (tipo OSD1 della Optosensing) dovrà avere capacità di misura distribuita di deformazione e temperatura (con risoluzione spaziale di almeno 20 cm, risoluzione di campionamento di almeno 5 cm, deformazione minima misurabile inferiore a 2 $\mu\epsilon$ e variazione minima di temperatura misurabile inferiore ad 1 °C) e dovrà garantire la esatta identificazione e localizzazione dei punti di eventuale anomalia, onde assicurare un mirato e tempestivo intervento in caso di necessità.

Suddetta unità di misura dovrà essere controllabile in sito o da remoto e corredata di software per l'elaborazione e la visualizzazione dei dati. Il software dovrà generare file ASCII il cui formato dovrà essere caratterizzato da un header iniziale contenente i dati identificativi della stazione e dati diagnostici, a cui seguiranno i valori associati alle misure eseguite.

I dati relativi a ciascuna misura dovranno essere rappresentati su tre colonne relative, rispettivamente, a riferimento spaziale della misura, corrispettivo valore di deformazione e corrispettivo valore di temperatura.

La stazione dovrà consentire l'invio dei dati anche su un server FTP per la lettura e la gestione a distanza dei dati.

Procedura di installazione

I sensori distribuiti di deformazione e di temperatura in fibra ottica del sistema di monitoraggio dovranno essere inglobati definitivamente nel rivestimento in gunite delle tubazioni.

Le attività di posa in opera dei sensori in fibra ottica dovranno avere luogo direttamente sul pontone, contestualmente alle operazioni di assemblaggio e posa in opera delle tubazioni e, comunque, in maniera tale da non interferire con esse, ovvero da non rallentare le convenzionali procedure di posa in mare.

A tal fine ed a garanzia della massima precisione di installazione, suddette attività dovranno essere automatizzate attraverso l'impiego di un sistema robotizzato, eventualmente brevettato, (già, in precedenza, impiegato, in maniera comprovabile, in attività di posa in opera di fibra ottica su tubazioni, per misure di deformazione e di temperatura) assistito da operatori tecnici specializzati. La presenza di un brevetto sarà ritenuta qualificante ai fini della valutazione del sistema di posa in opera.

Il robot, muovendosi autonomamente lungo il tronco di tubazione in fase di assemblaggio a velocità tale da non interferire con i convenzionali tempi di assemblaggio e posa, dovrà provvedere all'espletamento, in serie, delle seguenti operazioni:

- Esecuzione di fresatura longitudinale in testa alle canne di tubazione ed ai relativi casseri metallici (installati a perdere durante le operazioni di assemblaggio delle tubazioni) per tutta la loro lunghezza; il solco praticato entro il rivestimento dovrà essere di larghezza non inferiore a 10 mm e di profondità tale che la quota sia inferiore a quella delle fresature radiali, praticate sulla gunite, previste per il varo;
- Stesura di primer epossidico (0,05 l/m) entro il solco praticato;
- Installazione del sensore di deformazione in fibra ottica e del sensore di temperatura in fibra ottica entro il solco praticato;
- Resinatura delle fibre ottiche entro il rivestimento mediante iniezione di resina epossidica o resina poliuretana (0,1 l/m, ovvero a riempimento del solco di 10 mm x 10 mm, per tutta la sua lunghezza) entro il solco praticato;
- Accelerazione della catalizzazione mediante un sistema a lampade a raggi UV (o similare) atto a garantire la completa catalizzazione.

Nella progressione, l'apparato robotizzato e il personale tecnico di supporto dovranno agire in uno spazio contenuto in n. 3 metri in direzione trasversale all'asse delle tubazioni, n. 2 metri in direzione longitudinale e n. 2 metri in altezza.

Dovrà essere reso disponibile, sul pontone, lo spazio necessario allo stoccaggio dei fusti di primer e di resina (per un totale di 25 litri e 50 litri al giorno, rispettivamente) necessari alla installazione dei sensori in fibra ottica, entro il rivestimento in gunite.

Terminata la procedura di installazione e resinatura dei sensori in fibra ottica entro il rivestimento di una canna di tubazione, il robot dovrà essere sollevato a mezzo di un verricello e riportato a fine corsa per procedere alla esecuzione della medesima procedura sulla canna di tubazione successiva, non appena questa sarà collocata in posizione di assemblaggio.

I cavi sensore dovranno essere installati in continuo, eccetto che in corrispondenza dei punti di giunzione fra canne di tubazione flangiate e/o corrispondenti a punti di curvatura della condotta, laddove n. 30 m di sensore di temperatura in fibra ottica e n. 30 m di sensore di deformazione in fibra ottica dovranno essere inglobati all'interno di Junction Box subacquee di collegamento, in acciaio inox AISI 316 (con tenuta fino a 10 bar e sistema di svuotamento con gas inerte per l'eliminazione dell'acqua marina), con collare di ancoraggio in acciaio inox AISI 316, funzionali alla successiva realizzazione (ed alla relativa protezione) del cavallotto di collegamento fra i sensori di temperatura e di deformazione relativi alle canne di tubazione adiacenti in corrispondenza di suddette flange e/o punti di curvatura. Tali junction box andranno posate direttamente sul rivestimento in gunite, contestualmente alle operazioni di posa in opera dei sensori e delle tubazioni, in prossimità di ciascuna estremità di canna di tubazione flangiata e/o afferente a punti di curvatura.

Ancora sul pontone e durante le fasi di assemblaggio delle tubazioni, in prossimità dell'estremità di ciascuna delle canne di tubazione terminale (sia DN 500 che DN 800) da posarsi in mare in corrispondenza del picchetto n. 57, andrà, invece, installata n.1 Junction Box subacnea di terminazione, in acciaio inox AISI 316 (con tenuta fino a 10 bar e sistema di svuotamento con gas inerte per l'eliminazione dell'acqua marina), con collare di ancoraggio in acciaio inox AISI 316, funzionale al contenimento ed alla protezione della giunzione (eseguita, contestualmente, con giuntatrice ad arco elettrico) fra il sensore di temperatura in fibra ottica ed

il sensore di deformazione in fibra ottica afferenti alla singola junction box di terminazione, in maniera da creare un percorso chiuso di misura.

Eseguita la posa in opera delle tubazioni sottomarine, sfruttando operatori subacquei specializzati, tecnici specializzati ed imbarcazione di supporto, dovranno avere luogo le procedure di collegamento fra i sensori relativi alle canne di tubazioni adiacenti in corrispondenza di flange e/o punti di curvatura.

Suddetta procedura di collegamento prevede l'espletamento delle seguenti fasi:

1. Apertura in immersione delle due junction box adiacenti;
2. Trasferimento in superficie dei sensori entro le stesse;
3. Inserimento della coppia di sensori relativi ad una delle due junction box entro tubo flessibile di raccordo in acciaio inox AISI 316 (lunghezza 2 m, Φ 25 mm) funzionale alla protezione del tratto di sensori in fibra ottica a cavallo delle flange e/o delle curve di accoppiamento;
4. Giunzioni ad arco elettrico fra gli omologhi sensori in fibra ottica relativi a junction box adiacenti;
5. Posizionamento, in immersione, del tubo di raccordo fra le due junction box adiacenti;
6. Riposizionamento, in immersione, dei sensori di collegamento entro le junction box di collegamento;
7. chiusura delle junction box;
8. svuotamento dell'acqua marina confluita nelle junction box sfruttando il sistema di svuotamento a gas inerziale.

Realizzato, così, il collegamento fra i sensori sulle tubazioni, dovranno essere poste in opera (entro dedicati cavidotti dal punto di interconnessione alla condotta sottomarina preesistente e fino al nuovo impianto di sollevamento nell'area di San Giuseppe alle Paludi) le linee di comunicazione in fibra ottica fra gli stessi sensori e l'unità di misura.

Questa dovrà essere installata (con sistema di isolamento e regolazione con scaricatore di terra e gruppo di continuità statico per l'autonomia di 2 ore) entro armadio rack 19" da pavimento, con porta frontale grigliata al 75%, dotata di maniglia con serratura a chiave e base aperta per garantire agevole ingresso per il passaggio dei cavi.

Eseguita la connessione fra i sensori, la linea di comunicazione e l'unità di misura, dovrà essere eseguita attività di collaudo (volta alla verifica della corretta installazione del sistema di monitoraggio), nonché l'esecuzione di una misurazione di zero, di riferimento rispetto alle successive misurazioni.