

**Dott.Ing.Graziano FALAPPA**  
Via Roma, n° 73 - 60035 JESI (AN)  
[falappag@live.com](mailto:falappag@live.com)  
[graziano.falappa@ingpec.eu](mailto:graziano.falappa@ingpec.eu)

## **VERIFICA DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLE CONDOTTE SUBLACUALI TOSCOLANO MADERNO – TORRI DEL BENACO**

### **SERVIZI DI RILIEVO ED ISPEZIONE (4° ANNO)**

#### **1. IL COLLETTORE FOGNARIO**

Il collettore in questione convoglia in pressione i reflui fognari ancora da trattare da Toscolano Maderno sulla sponda bresciana sino a Torri del Benaco sulla sponda veronese, in prossimità di Punta San Vigilio, attraversando completamente l'alto lago di Garda.

Una volta raggiunta la sponda veronese, i reflui fognari vengono convogliati in altrettanti collettori sublacuali in cui vengono fatte confluire anche le acque reflue raccolte via via lungo l'intera sponda veronese del lago sino a raggiungere il depuratore di Peschiera del Garda in grado di trattare le portate dell'intero lago.

Il collettore è stato realizzato tra anni 1984 e 1985 dal Raggruppamento d'Imprese Cimi-Montubi (capogruppo) e Geomar ed è costituito da 2 condotte sublacuali parallele in acciaio aventi un diametro di DN 400mm dello spessore di 13,5mm che si estendono per una lunghezza di circa 7,396 km secondo un tracciato di posa che raggiunge la profondità massima di -247m.

Nel giugno 1985, a lavori di posa già ultimati, è stata effettuata una prova idraulica di pressione con esito positivo su entrambe le condotte costituenti il collettore a valle della quale le condotte sono state messe in esercizio.

#### **2. ATTIVITA' SVOLTE SUL COLLETTORE**

Trattandosi di un collettore fognario che ha pressoché raggiunto il periodo finale della propria vita tecnica sulla base delle più accreditate norme di settore vigenti all'epoca della progettazione, al fine di prevenire eventuali rotture delle condotte sublacuali, ovvero di minimizzare i rischi di rottura, con l'obiettivo di mantenere in esercizio e in sicurezza il collettore più a lungo possibile, il Gestore Acque Bresciane ha svolto tutta una serie di attività che nel seguito vengono sintetizzate.

- 1) Nell'aprile 2013 è stata eseguita una video ispezione esterna dell'intero collettore, da parte della Ditta Video Production di Maderno, da cui non sono emerse anomalie degne di essere attenzionate.
- 2) Nel maggio 2016 sono state eseguite delle verifiche spessimetriche delle condotte subacquee in prossimità dei due approdi, estese sino alle profondità di -18m (Toscolano Maderno) e di -38m (Torri del Benaco), da parte della Ditta Ecologia Soluzione Ambientale di Reggio Emilia mediante l'intervento del Raggruppamento Subacquei ed Incursori "Teseo Tesei" di Ancona. Dalle verifiche

effettuate sono emersi spessori d'acciaio residui delle condotte sostanzialmente conformi a quelli nominali.

- 3) A partire dal mese di novembre 2016 l'Ing. Falappa di Jesi ha proceduto ad una catalogazione di tutti i dati tecnici esistenti agli atti del Gestore Acque Bresciane relativi alle condotte sublacuali oltre alla raccolta delle caratteristiche del tracciato e profilo "As-built" del collettore tratto dalla contabilità finale dei lavori. Nel contempo, sulla base dei dati rilevati, sono state eseguite sempre dall'Ing. Falappa specifiche analisi delle sollecitazioni (*Stress analysis*) agenti sulle condotte posate sul fondo del lago in base alle più accreditate norme internazionali DnV'81 "Rules for Submarine Pipeline Systems". Ciò ha consentito di individuare a livello numerico i tratti di collettore a maggiore criticità e pertanto da attenzionare con particolare cura sia a livello ispettivo sia di rilievi.

- 4) Nel maggio 2017 sono state eseguite ulteriori verifiche spessimetriche delle condotte subacquee in prossimità dell'approdo di Toscolano Maderno, da parte della Ditta Carmar Sub di Ancona.

Dalle verifiche effettuate sono emersi ancora una volta spessori d'acciaio residui delle condotte sostanzialmente conformi a quelli nominali.

Nel corso delle attività, coordinate dall'Ing. Falappa, sono state effettuate anche delle riprese video-fotografiche da cui è emersa la presenza sulle superfici esterne delle condotte di numerose formazioni conglomerate, inglobate all'interno di più estese zone di *macrofouling* e vegetazione acquatica.

Sono pertanto seguiti tutta una serie di specifici accertamenti e indagini subacquee da parte dei sommozzatori che hanno evidenziato -per la prima volta- la presenza di un fenomeno di biocorrosione delle tubazioni in acciaio dovuto a *pitting* e vaiolatura (sino alle profondità di -40m) sia in prossimità dell'approdo di Toscolano Maderno che in prossimità dell'approdo di Torri del Benaco, ancorché in quest'ultimo in misura nettamente inferiore.

Contestualmente sono stati anche raccolti da parte dei sommozzatori campioni di concrezioni prelevati sui due versanti. Essi sono stati sottoposti ad analisi per l'identificazione del fenomeno presso il Laboratorio di Analisi Industriali e Ambientali del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università degli Studi di Brescia (a cura della Dott. ssa R. Pedrazzani) e il Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Pavia (a cura del Prof. M. Setti).

- 5) Nel giugno 2017 sono stati eseguiti una prima serie di interventi di riparazione localizzati sulle condotte sublacuali in basso fondale (sino alle profondità di -40m) ottenuti mediante l'installazione subacquea di speciali giunti di clampaggio esterni delle condotte.

I lavori sono stati eseguiti da parte della Ditta Carmar Sub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa.

- 6) Nel giugno 2017 sono state quindi eseguite da parte della Ditta Carmar Sub delle ispezioni visive delle condotte estese sino alla profondità di -120m, sia lungo la scarpata di Toscolano Maderno che di Torri del Benaco, tramite veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*).

Lungo la scarpata di Toscolano Maderno sono stati individuati circa n. 20 punti critici con presenza di concrezioni significative con ragionevoli punti di vaiolatura, tendenti progressivamente a diminuire sino a scomparire all'aumentare della profondità.

L'estensione complessiva dei due tratti di collettore investigati con presenza di concrezioni è risultata essere pari a circa 548m.

- 7) Nel giugno 2017 è stata redatta dall'Ing. Falappa una analisi di rischio finalizzata all'accertamento dello stato di conservazione delle condotte sublacuali con cui è stato determinato il livello di rischio e la conseguente probabilità di accadimento di ogni possibile causa iniziatrice.

Quest'ultima definita come quell'evento che potrebbe minacciare l'integrità delle condotte subacquee e portare al rilascio del prodotto trasportato.

La relativa matrice di rischio (probabilità di accadimento / conseguenze) con cui viene stabilito se un determinato rischio è da ritenersi accettabile o inaccettabile è stata definita secondo le più accreditate norme e procedure internazionali (DnV-RP-F116, "*Integrity management of submarine pipeline systems*").

Dall'analisi eseguita è scaturito che solo il rischio di biocorrosione esterna risulta essere molto alto e quindi inaccettabile con la diretta conseguenza di dover eseguire misure mitigative atte a evitare possibili fuoriuscite del fluido trasportato.

In definitiva secondo le norme e le procedure internazionali è risultato che il Gestore dovrà attuare tutte le azioni e le misure mitigative per mantenere o ridurre il rischio ad un livello accettabile solo limitatamente al fenomeno della biocorrosione esterna.

- 8) Nel luglio 2017 è stato redatto dall'Ing. Falappa uno specifico Piano di Manutenzione, Ispezione e Intervento che fornisce al Gestore sia i minimi requisiti per l'ispezione e la manutenzione periodica capace di prevenire o ridurre eventuali danni e sia lo strumento per selezionare le procedure e i mezzi da usare in un eventuale intervento di riparazione di emergenza delle condotte stesse (*E.P.R.S.-Emergency Procedure Repair System*).
- 9) Nel settembre 2017, sulla base degli accertamenti tecnici eseguiti sino a -120m di profondità, è stato redatto dall'Ing. Falappa il progetto esecutivo degli interventi di riparazione in alto fondale localizzati sulle condotte sublacuali prevedendo anche i servizi di ispezioni periodiche. L'intervento è scaturito dai risultati degli accertamenti tecnici eseguiti nel giugno 2017 sino a -120m di profondità.

Successivamente i lavori sono stati affidati all'Impresa Drafinsub di Genova.

- 10) Nel dicembre 2018, sempre mediante veicolo filoguidato ROV, sono state eseguite da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, nuove ed ulteriori ispezioni e rilievi subacquei che hanno interessato l'intera lunghezza del collettore fognario e che hanno messo in luce in maniera inaspettata la presenza di un numero di formazioni conglomerate molto superiore rispetto a quelle precedentemente rilevate appena 18 mesi prima e, soprattutto, non solo distribuite su entrambi i versanti di Toscolano Maderno e di Torri del Benaco, ma estese anche a profondità ben maggiori, comprese tra circa -120m sino a circa -186m, andando così ad interessare dei tratti di collettore molto più estesi rispetto a quello iniziale preventivato.

Dall'analisi sono emersi, complessivamente, oltre n. 150 punti con presenza di significative concrezioni disposte sulle superfici esterne di entrambe le condotte sublacuali per una estensione di circa 1660 m. Nel corso delle attività subacquee sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi, analogamente a quanto riportato al punto 4).

Durante i lavori di ispezione subacquea sono stati immersi provini in acciaio di diversa composizione, realizzati presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università degli Studi di Brescia, al fine di studiarne la durabilità.

- 11) Nei mesi di febbraio-marzo 2019 sono stati eseguiti da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, gli interventi di riparazione veri e propri delle condotte in alto fondale che sono consistiti nella rimozione di tutte le bioconcrezioni, nella misura spessimetrica in corrispondenza di ogni cratere presente sull'acciaio, nell'applicazione sulle superfici metalliche nude di speciali resine epossipoliamiche bicomponenti e nella installazione di speciali giunti a collare.

Complessivamente gli interventi di riparazione eseguiti sulle condotte sublacuali in alto fondale fra i -40m e i -186m di profondità hanno portato alle seguenti risultanze:

- n. 44 clampe installate, di cui n. 27 sul versante di Toscolano Maderno e n.17 sul versante di Torri del Benaco;
- n. 78 punti riparati mediante applicazione di resina epossidica subacquea, di cui n.52 sul versante di Toscolano Maderno e n. 26 sul versante di Torri del Benaco;
- totale dei punti riparati: n. 122;
- sui restanti punti sono state asportate solo le bioconcrezioni superficiali in quanto il sottostante rivestimento esterno delle condotte non è risultato ancora attaccato e tantomeno sono stati accertati fenomeni di "pitting" in atto sull'acciaio;
- nel corso delle attività subacquee sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi, analogamente a quanto riportato al punto 4).

- 12) Nei mesi di febbraio-marzo 2020, sempre mediante veicolo filoguidato ROV, sono state eseguite da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, nuove ed ulteriori ispezioni e rilievi

subacquei che hanno interessato l'intera lunghezza del collettore fognario e che hanno messo in luce la presenza di un numero totale di formazioni originatesi lungo le due condotte a distanza di appena un anno dal precedente rilievo effettuato in concomitanza del 1° intervento di riparazione pari a n. 248 unità, distribuite pressoché casualmente su entrambe le condotte.

Il maggior numero delle neoformazioni (n. 244 su un totale di n. 248) è concentrato lungo il versante di Toscolano Maderno; solo n. 4 di esse sono state rilevate sul versante di Torri del Benaco.

Solo le prime due neoformazioni, poste lungo il versante di Toscolano Maderno, sono ubicate a profondità comprese tra circa -51,0m e -71,0m.

Ben n. 246 formazioni sono state invece rilevate nell'intervallo di profondità compreso tra -146,0m (circa) e -188,0m (circa), sia sul versante di Toscolano Maderno che su quello di Torri del Benaco.

Il tratto di collettore in cui sono state rilevate formazioni sul versante di Toscolano Maderno ha una estensione di circa 2.795m (dal PK 0+327 al PK 3+122) ed è sensibilmente più lungo rispetto al tratto in cui erano state riscontrate un anno prima. In ogni caso tra le prime due formazioni e le successive vi è un tratto di circa 469,5m di lunghezza del tutto privo di esse.

Il tratto di collettore in cui sono state rilevate formazioni sul versante di Torri del Benaco ha una estensione di appena 51,5m (dal PK 6+894 al PK 6+945,5) ed è ricompreso all'interno del tratto in cui erano state riscontrate e rimosse le concrezioni un anno prima.

- 13) Nei mesi di marzo-aprile 2021 sono stati eseguiti da parte della Drafinsub, sotto la direzione dell'Ing. Falappa, i nuovi interventi di riparazione delle condotte in alto fondale che sono consistiti nella rimozione di tutte le bioconcrezioni, nella misura spessimetrica in corrispondenza di ogni cratere presente sull'acciaio, nell'applicazione sulle superfici metalliche nude di speciali resine epossipoliamminiche bicomponenti e nella installazione di speciali giunti a collare.

L'intervento è stato preceduto da una nuova ispezione (3° anno) eseguita sempre mediante veicolo filoguidato ROV con cui sono state rilevate n. 251 concrezioni, sostanzialmente identiche a quelle rilevate un anno prima pari a 248 unità e con ciò dimostrando che nel corso degli ultimi 12 mesi il numero di formazioni è restato invariato.

Gli interventi di riparazione veri e propri, eseguiti in alto fondale fra i -40m e i -190m di profondità, hanno riguardato:

- n. 16 clampe installate sul solo versante di Toscolano Maderno;
- n. 75 punti riparati mediante applicazione di resina epossidica subacquea, tutti disposti sul versante di Toscolano Maderno;
- totale dei punti riparati: n. 91;
- sui restanti punti sono state asportate solo le bioconcrezioni superficiali in quanto il sottostante rivestimento esterno delle condotte non è risultato ancora attaccato e tantomeno sono stati accertati fenomeni di "pitting" in atto sull'acciaio;
- nel corso delle attività subacquee sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi, analogamente a quanto riportato al punto 4).

### **3. SERVIZI DI RILIEVO E ISPEZIONE (4° ANNO)**

Nell'ambito del Piano di Manutenzione, Ispezione ed Intervento di cui il Gestore Acque Bresciane si è dotato sin dal luglio 2017, e nell'ottica di mantenere in esercizio e in sicurezza le condotte sublacuali costituenti il collettore fognario, sono stati eseguiti ulteriori rilievi e ispezioni periodiche delle condotte (4° anno).

I suddetti servizi di rilievo e ispezione sono iniziati il giorno 26 aprile 2022 e sono proseguiti sino al giorno 2 maggio 2022, e quindi a distanza di circa 1 anno dalle precedenti ispezioni e intervento di riparazione sul collettore.

Il servizio di rilievo è consistito in:

- 1) Ispezioni subacquee in basso fondale (sino alla profondità massima di -40m) eseguite sia sul versante di Toscolano Maderno che di Torri del Benaco mediante sommozzatori che hanno effettuato tutta una serie di misure spessimetriche e verificata la presenza di bioconcrezioni, aggregati e vaiolature su ognuna delle due condotte.
- 2) Indagine visiva subacquea in alto fondale (oltre la profondità di -40m) che ha interessato l'intera lunghezza del collettore, eseguita mediante veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*).

Essi si sono svolti attraverso le seguenti fasi principali:

I) Operazioni in basso fondale

Le operazioni subacquee in basso fondale (profondità minore di -40m) sono state condotte su entrambi gli approdi da una squadra di sommozzatori che hanno operato secondo il metodo "Surface Supplied Diving".

Il diving team era così composto da: n. 1 x *Diving Supervisor*, n. 4 x *Divers*.

Mentre l'equipaggiamento è consistito in: *Air Diving Control Room flying case; Air Quad; Oxygen quad; Kirby Morgan KM27; Bailout bottles; Safety harness* e Ombelicali equipaggiati con manichetta dell'aria respirabile, cavo delle comunicazioni, linee pneumo, cavo per videocamera e luci.

I.1) Approdo di Toscolano Maderno:

Fra i vari controlli svolti, volti a verificare lo stato di conservazione delle due condotte, è stata eseguita l'indagine spessimetrica delle condotte per la tratta di collettore compresa fra -17,5m e -40,0m, individuando su di essa, n. 5 differenti sezioni che sono state indagate disposte secondo una scansione di circa 20m. È emerso che in tutte le sezioni delle condotte (sia Nord che Sud) sono stati misurati in media spessori d'acciaio superiori a quello nominale pari a 13,5mm, ad esclusione di una sola sezione della condotta Nord in cui è stato rilevato uno spessore di 10,1 mm, alla profondità di -39,5 m. Una volta rimosso l'aggregato la condotta è stata riparata con l'applicazione di resine epossidiche bicomponenti. Per l'esecuzione di questi rilievi è stato utilizzato uno strumento per misure NDT, *Cygnus Dive*, che consente di eseguire le misure di spessore senza la rimozione del rivestimento esterno.

Nel corso delle ispezioni visive è stata riscontrata la presenza di due aggregati che sono stati prelevati e inviati al Laboratorio di Analisi Industriali e Ambientali dell'Università di Brescia per le successive analisi e accertamenti.

I.2) Approdo di Torri del Benaco

In questo caso l'indagine spessimetrica delle condotte ha interessato la tratta di collettore compresa fra -9,0m e -39,5m ed ha riguardato n. 5 differenti sezioni da indagare disposte secondo una scansione di circa 20m.

In questo, in tutte le sezioni delle condotte (sia Nord che Sud) sono stati misurati in media spessori d'acciaio superiori a quello nominale.

Dalle ispezioni visive non è stata riscontrata la presenza di alcun aggregato sulle condotte.

II) Operazioni in alto fondale

Le operazioni in alto fondale sono consistite nell'esecuzione di una dettagliata indagine visiva che ha interessato l'intera lunghezza del collettore, eseguita utilizzando un veicolo filoguidato ROV (*Remote Operated Vehicle*), tesa ad accertare la presenza di bioconcrezioni o aggregati sulle superfici esterne delle condotte.

Dall'analisi delle immagini dello schermo ("Screenshot") è emerso quanto segue:

- i. Il numero totale degli aggregati formati lungo le due condotte a distanza di appena 1 anno dal precedente intervento ed aventi una certa significatività in termini di dimensioni areali è molto rilevante, pari a **n. 156 unità**, distribuiti pressoché casualmente su entrambe le condotte.
- ii. Il maggior numero degli aggregati in alto fondale (n. **128** unità su un totale di n. 156) è concentrato lungo il versante di **Toscolano Maderno**, mentre **n. 28** unità di essi sono stati rilevati sul versante di **Torri del Benaco**.

- iii. A questi vanno aggiunti i primi due aggregati, posti lungo il versante di Toscolano Maderno, ubicati a profondità inferiori a circa -40,0m, già rimossi.
- iv. Il tratto di collettore in cui sono stati rilevati aggregati sul versante di Toscolano Maderno ha una estensione di circa 3.180m (dal PK 0+420 al PK 3+600) ed è sensibilmente più lungo rispetto al tratto in cui erano stati riscontrati nei primi due interventi (1° e 3° anno). Escludendo n. 6 aggregati ubicati sino a -220m di profondità, il maggior numero di aggregati (n. 122) si estende dalla profondità di -53m sino a circa -196m.
- v. Il tratto di collettore in cui sono stati rilevati aggregati sul versante di Torri del Benaco, se si esclude un breve tratto di circa 20 m tra il PK 6+260 e il PK 6+280 ubicato alla profondità di circa -205m, ha una estensione di appena 346m (dal PK 6+890 al PK 7+236) in cui si raggiunge la profondità massima di circa -180m ed è ricompreso all'interno dei tratti in cui erano stati riscontrati nei primi due interventi (1° e 3° anno), ancorché in numero nettamente inferiore.

Nel corso delle operazioni sono state raccolte dai sommozzatori campioni degli aggregati che sono stati regolarmente consegnati alla Prof.ssa Roberta PEDRAZZANI del Laboratorio di Analisi Industriali e Ambientali del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università degli Studi di Brescia che proseguirà nello studio delle concrezioni accresciutesi sulle condotte, analizzando le popolazioni batteriche coinvolte nel fenomeno e la natura delle concrezioni medesime.

Nella tabella che segue viene riportata la sintesi di tutte le neoformazioni rilevate nel corso dell'indagine visiva, come risulta dall'analisi delle immagini dello schermo ("Screenshot").

Ogni neoformazione è stata identificata e localizzata in termini di profondità (PROF) e di coordinate geografiche, queste ultime sono espresse nel sistema di riferimento RDN2008 / TM32 (Rete dinamica nazionale 2008).

N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
1	AGGR_02	2022-04-27 13:14:38	45° 38.14742' N	10° 37.32815' E	58.8
2	AGGR_03	2022-04-27 13:15:26	45° 38.14795' N	10° 37.32759' E	64.3
3	AGGR_04	2022-04-27 13:17:07	45° 38.14580' N	10° 37.32986' E	73.6
4	AGGR_05	2022-04-27 13:18:05	45° 38.15060' N	10° 37.32479' E	79.6
5	AGGR_06	2022-04-27 13:19:12	45° 38.14770' N	10° 37.32786' E	83.9
6	AGGR_07	2022-04-27 13:19:56	45° 38.14630' N	10° 37.32933' E	87.2
7	AGGR_08	2022-04-27 13:21:41	45° 38.14530' N	10° 37.33038' E	95.1
8	AGGR_09	2022-04-27 13:21:42	45° 38.14555' N	10° 37.33012' E	95.1
9	AGGR_10	2022-04-27 13:23:17	45° 38.13699' N	10° 37.33915' E	105.4
10	AGGR_11	2022-04-27 13:23:52	45° 38.13451' N	10° 37.34177' E	108.1
11	AGGR_13	2022-04-27 13:24:54	45° 38.13599' N	10° 37.34021' E	112.6
12	AGGR_14	2022-04-27 13:25:15	45° 38.13572' N	10° 37.34049' E	112.9
13	AGGR_15	2022-04-27 13:25:39	45° 38.12856' N	10° 37.34816' E	114
14	AGGR_16	2022-04-27 13:25:42	45° 38.12836' N	10° 37.34838' E	113.9
15	AGGR_18	2022-04-27 13:29:12	45° 38.10287' N	10° 37.37609' E	117.6
16	AGGR_20	2022-04-27 13:38:27	45° 38.08548' N	10° 37.39491' E	131.9
17	AGGR_21	2022-04-27 13:39:07	45° 38.08513' N	10° 37.39527' E	132.9
18	AGGR_23	2022-04-27 13:50:59	45° 38.07633' N	10° 37.40455' E	141.1
19	AGGR_24	2022-04-27 13:51:32	45° 38.07570' N	10° 37.40522' E	141.7
20	AGGR_27	2022-04-27 13:53:16	45° 38.07130' N	10° 37.40986' E	141.9
21	AGGR_28	2022-04-27 13:59:01	45° 38.03392' N	10° 37.44930' E	144.7
22	AGGR_29	2022-04-27 14:00:26	45° 38.03069' N	10° 37.45271' E	145.2
23	AGGR_30	2022-04-27 14:00:48	45° 38.03461' N	10° 37.44858' E	145.3
24	AGGR_31	2022-04-27 14:01:18	45° 38.02781' N	10° 37.45575' E	145.5
25	AGGR_32	2022-04-27 14:01:48	45° 38.02902' N	10° 37.45447' E	145.6
26	AGGR_33	2022-04-27 14:02:38	45° 38.02527' N	10° 37.45843' E	145.6
27	AGGR_34	2022-04-27 14:09:53	45° 37.99841' N	10° 37.48677' E	149
28	AGGR_35	2022-04-27 14:10:06	45° 37.99846' N	10° 37.48672' E	149.1

N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
29	AGGR_36	2022-04-27 14:19:09	45° 37.94759' N	10° 37.54074' E	151.9
30	AGGR_38	2022-04-27 14:22:07	45° 37.93081' N	10° 37.55876' E	152.3
31	AGGR_39	2022-04-27 14:27:13	45° 37.90010' N	10° 37.59174' E	153.7
32	AGGR_40	2022-04-27 14:32:25	45° 37.87033' N	10° 37.62370' E	157.5
33	AGGR_41	2022-04-27 14:34:58	45° 37.86135' N	10° 37.63334' E	161.4
34	AGGR_42	2022-04-27 14:39:17	45° 37.84191' N	10° 37.65421' E	167.7
35	AGGR_43	2022-04-27 14:41:37	45° 37.82488' N	10° 37.67250' E	169.9
36	AGGR_44	2022-04-27 14:42:55	45° 37.81914' N	10° 37.67866' E	169.8
37	AGGR_45	2022-04-27 14:43:11	45° 37.81833' N	10° 37.67953' E	169.6
38	AGGR_46	2022-04-27 14:47:09	45° 37.79360' N	10° 37.70608' E	169.7
39	AGGR_47	2022-04-27 14:48:08	45° 37.79034' N	10° 37.70959' E	170.2
40	AGGR_48	2022-04-27 14:49:04	45° 37.78412' N	10° 37.71626' E	170.6
41	AGGR_49	2022-04-27 14:50:11	45° 37.77989' N	10° 37.72080' E	171.4
42	AGGR_50	2022-04-27 14:51:34	45° 37.77175' N	10° 37.72954' E	172.9
43	AGGR_51	2022-04-27 14:52:00	45° 37.76741' N	10° 37.73421' E	173
44	AGGR_52	2022-04-27 14:54:22	45° 37.75837' N	10° 37.74391' E	174
45	AGGR_53	2022-04-27 14:56:47	45° 37.75134' N	10° 37.75144' E	174.9
46	AGGR_54	2022-04-27 15:00:57	45° 37.73305' N	10° 37.77083' E	176.1
47	AGGR_55	2022-04-27 15:01:35	45° 37.73023' N	10° 37.77382' E	176.3
48	AGGR_56	2022-04-27 15:02:30	45° 37.72697' N	10° 37.77727' E	176.3
49	AGGR_58	2022-04-29 10:26:09	45° 35.21908' N	10° 40.42631' E	60.2
50	AGGR_59	2022-04-29 10:28:34	45° 35.22440' N	10° 40.41768' E	66
51	AGGR_60	2022-04-29 10:29:16	45° 35.22673' N	10° 40.41390' E	68.1
52	AGGR_61	2022-04-29 10:29:17	45° 35.22673' N	10° 40.41390' E	68.2
53	AGGR_62	2022-04-29 10:33:07	45° 35.24341' N	10° 40.38746' E	82.5
54	AGGR_63	2022-04-29 10:33:32	45° 35.24591' N	10° 40.38359' E	83.4
55	AGGR_64	2022-04-29 10:34:24	45° 35.24990' N	10° 40.37742' E	85.7
56	AGGR_65	2022-04-29 10:35:54	45° 35.25416' N	10° 40.37083' E	93.3



N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
57	AGGR_66	2022-04-29 10:39:15	45° 35.26679' N	10° 40.35129' E	106.1
58	AGGR_67	2022-04-29 10:41:48	45° 35.27649' N	10° 40.33629' E	114.6
59	AGGR_68	2022-04-29 10:42:07	45° 35.27864' N	10° 40.33297' E	115.1
60	AGGR_69	2022-04-29 10:42:34	45° 35.27880' N	10° 40.33272' E	116.6
61	AGGR_70	2022-04-29 10:43:13	45° 35.28076' N	10° 40.32969' E	118.2
62	AGGR_71	2022-04-29 10:45:22	45° 35.28656' N	10° 40.32072' E	125
63	AGGR_72	2022-04-29 10:47:26	45° 35.29706' N	10° 40.30448' E	132
64	AGGR_74	2022-04-29 10:52:05	45° 35.31378' N	10° 40.27549' E	146
65	AGGR_75	2022-04-29 10:52:25	45° 35.31459' N	10° 40.27402' E	147.2
66	AGGR_76	2022-04-29 10:52:26	45° 35.31459' N	10° 40.27402' E	147.4
67	AGGR_78	2022-04-29 11:00:05	45° 35.33048' N	10° 40.24525' E	175.6
68	AGGR_80	2022-04-29 11:01:25	45° 35.33234' N	10° 40.24189' E	179.6
69	AGGR_81	2022-04-29 11:44:33	45° 35.56190' N	10° 40.00236' E	203.9
70	AGGR_82	2022-04-29 11:45:06	45° 35.55943' N	10° 40.00394' E	204
71	AGGR_83	2022-04-29 11:49:08	45° 35.55543' N	10° 40.00649' E	205
72	AGGR_84	2022-04-29 11:54:57	45° 35.56719' N	10° 39.99899' E	206.7
73	AGGR_85	2022-04-29 13:54:48	45° 37.70566' N	10° 37.79986' E	167.3
74	AGGR_86	2022-04-29 13:57:44	45° 37.70049' N	10° 37.80534' E	167.8
75	AGGR_87	2022-04-29 13:59:27	45° 37.70105' N	10° 37.80475' E	168.7
76	AGGR_88	2022-04-29 14:02:50	45° 37.70261' N	10° 37.80310' E	169.3
77	AGGR_89	2022-04-29 14:03:03	45° 37.70321' N	10° 37.80245' E	168.9
78	AGGR_90	2022-04-29 14:04:04	45° 37.70311' N	10° 37.80257' E	168.9
79	AGGR_91	2022-04-29 14:09:11	45° 37.69100' N	10° 37.81540' E	169
80	AGGR_92	2022-04-29 14:10:24	45° 37.68787' N	10° 37.81872' E	170
81	AGGR_93	2022-04-29 14:10:52	45° 37.68693' N	10° 37.81971' E	169.9
82	AGGR_94	2022-04-29 14:11:45	45° 37.68694' N	10° 37.81970' E	169.4
83	AGGR_95	2022-04-29 14:12:14	45° 37.68510' N	10° 37.82165' E	170.6
84	AGGR_96	2022-04-29 14:12:39	45° 37.68303' N	10° 37.82384' E	170

N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
85	AGGR_97	2022-04-29 14:14:05	45° 37.67702' N	10° 37.83022' E	170.5
86	AGGR_98	2022-04-29 14:14:54	45° 37.67491' N	10° 37.83246' E	171.3
87	AGGR_99	2022-04-29 14:16:06	45° 37.67272' N	10° 37.83478' E	171.3
88	AGGR_100	2022-04-29 14:16:51	45° 37.67099' N	10° 37.83661' E	172.4
89	AGGR_101	2022-04-29 14:20:20	45° 37.65910' N	10° 37.84921' E	173.2
90	AGGR_102	2022-04-29 14:20:57	45° 37.65971' N	10° 37.84856' E	173
91	AGGR_103	2022-04-29 14:24:32	45° 37.64681' N	10° 37.86225' E	174.3
92	AGGR_104	2022-04-29 14:27:05	45° 37.63343' N	10° 37.87643' E	175.1
93	AGGR_105	2022-04-29 14:30:11	45° 37.62739' N	10° 37.88283' E	175.5
94	AGGR_106	2022-04-29 14:31:30	45° 37.62344' N	10° 37.88702' E	175.2
95	AGGR_107	2022-04-29 14:33:38	45° 37.61799' N	10° 37.89279' E	175.4
96	AGGR_109	2022-04-29 14:38:03	45° 37.60320' N	10° 37.90847' E	175.4
97	AGGR_110	2022-04-29 14:40:13	45° 37.59762' N	10° 37.91439' E	175.2
98	AGGR_111	2022-04-29 14:40:27	45° 37.59716' N	10° 37.91488' E	175
99	AGGR_112	2022-04-29 14:41:59	45° 37.59392' N	10° 37.91831' E	175.1
100	AGGR_113	2022-04-29 14:43:28	45° 37.59104' N	10° 37.92136' E	175.2
101	AGGR_114	2022-04-29 14:43:51	45° 37.59044' N	10° 37.92199' E	174.8
102	AGGR_115	2022-04-29 14:44:44	45° 37.58723' N	10° 37.92540' E	174.9
103	AGGR_116	2022-04-29 14:51:17	45° 37.57218' N	10° 37.94135' E	176.6
104	AGGR_117	2022-04-29 14:52:22	45° 37.56983' N	10° 37.94384' E	176.3
105	AGGR_118	2022-04-29 14:57:42	45° 37.57269' N	10° 37.94081' E	176.1
106	AGGR_119	2022-04-29 15:02:03	45° 37.55520' N	10° 37.95936' E	176.7
107	AGGR_120	2022-04-30 09:43:34	45° 37.55080' N	10° 37.96401' E	175.5
108	AGGR_121	2022-04-30 09:46:21	45° 37.54983' N	10° 37.96504' E	175.9
109	AGGR_122	2022-04-30 09:47:34	45° 37.55025' N	10° 37.96459' E	176.7
110	AGGR_123	2022-04-30 09:49:10	45° 37.55104' N	10° 37.96376' E	178.4
111	AGGR_124	2022-04-30 09:52:34	45° 37.54455' N	10° 37.97064' E	180.2
112	AGGR_125	2022-04-30 09:57:33	45° 37.52511' N	10° 37.99124' E	177.8

N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
113	AGGR_126	2022-04-30 10:06:31	45° 37.48422' N	10° 38.03459' E	172
114	AGGR_127	2022-04-30 10:09:34	45° 37.47131' N	10° 38.04827' E	169.6
115	AGGR_128	2022-04-30 10:10:30	45° 37.46599' N	10° 38.05391' E	168.6
116	AGGR_129	2022-04-30 10:11:17	45° 37.46200' N	10° 38.05814' E	167.2
117	AGGR_130	2022-04-30 10:14:22	45° 37.44836' N	10° 38.07260' E	165.3
118	AGGR_131	2022-04-30 10:15:01	45° 37.44602' N	10° 38.07509' E	164.7
119	AGGR_132	2022-04-30 10:16:02	45° 37.44024' N	10° 38.08121' E	163.9
120	AGGR_133	2022-04-30 10:16:58	45° 37.43549' N	10° 38.08625' E	163.2
121	AGGR_134	2022-04-30 10:18:26	45° 37.42924' N	10° 38.09288' E	163.7
122	AGGR_135	2022-04-30 10:22:32	45° 37.40970' N	10° 38.11359' E	163.3
123	AGGR_136	2022-04-30 10:25:36	45° 37.39708' N	10° 38.12696' E	163.3
124	AGGR_137	2022-04-30 10:27:01	45° 37.38877' N	10° 38.13577' E	163.1
125	AGGR_138	2022-04-30 10:28:03	45° 37.38570' N	10° 38.13902' E	162.5
126	AGGR_139	2022-04-30 10:29:42	45° 37.37732' N	10° 38.14790' E	162.1
127	AGGR_142	2022-04-30 10:36:26	45° 37.34028' N	10° 38.18717' E	163.6
128	AGGR_143	2022-04-30 10:37:13	45° 37.33629' N	10° 38.19140' E	163.6
129	AGGR_144	2022-04-30 10:41:52	45° 37.30903' N	10° 38.22029' E	161.7
130	AGGR_145	2022-04-30 10:43:13	45° 37.30216' N	10° 38.22758' E	162.2
131	AGGR_146	2022-04-30 10:46:43	45° 37.28577' N	10° 38.24495' E	162
132	AGGR_147	2022-04-30 10:46:58	45° 37.28372' N	10° 38.24713' E	161.1
133	AGGR_148	2022-04-30 10:48:06	45° 37.27683' N	10° 38.25443' E	160.1
134	AGGR_149	2022-04-30 10:48:29	45° 37.27573' N	10° 38.25559' E	160.6
135	AGGR_150	2022-04-30 10:48:43	45° 37.27483' N	10° 38.25654' E	161
136	AGGR_151	2022-04-30 10:49:24	45° 37.26927' N	10° 38.26244' E	160
137	AGGR_152	2022-04-30 10:49:34	45° 37.26843' N	10° 38.26334' E	159.6
138	AGGR_153	2022-04-30 10:52:40	45° 37.25351' N	10° 38.27915' E	158.8
139	AGGR_154	2022-04-30 10:52:59	45° 37.25125' N	10° 38.28154' E	159.3
140	AGGR_157	2022-04-30 11:09:28	45° 37.16714' N	10° 38.37065' E	165

N.	ID	Frame Video	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)
141	AGGR_158	2022-04-30 11:10:05	45° 37.16521' N	10° 38.37269' E	165
142	AGGR_159	2022-04-30 11:12:34	45° 37.15242' N	10° 38.38622' E	164.3
143	AGGR_160	2022-04-30 11:13:45	45° 37.14728' N	10° 38.39165' E	164.1
144	AGGR_161	2022-04-30 11:14:45	45° 37.14050' N	10° 38.39882' E	163.7
145	AGGR_162	2022-04-30 11:15:06	45° 37.14141' N	10° 38.39786' E	163.4
146	AGGR_163	2022-04-30 11:18:16	45° 37.12841' N	10° 38.41161' E	164.5
147	AGGR_164	2022-04-30 11:29:00	45° 37.07876' N	10° 38.46411' E	164.9
148	AGGR_165	2022-04-30 11:31:45	45° 37.06519' N	10° 38.47846' E	164.9
149	AGGR_166	2022-04-30 11:37:03	45° 37.04449' N	10° 38.50035' E	167.8
150	AGGR_167	2022-04-30 11:38:29	45° 37.03807' N	10° 38.50714' E	168.8
151	AGGR_168	2022-04-30 11:56:58	45° 36.95947' N	10° 38.59026' E	194
152	AGGR_169	2022-04-30 12:00:06	45° 36.94598' N	10° 38.60452' E	196.1
153	AGGR_170	2022-04-30 12:10:21	45° 36.91295' N	10° 38.63945' E	206.3
154	AGGR_171	2022-04-30 12:13:19	45° 36.90346' N	10° 38.64949' E	208.3
155	AGGR_173	2022-04-30 12:35:17	45° 36.83477' N	10° 38.72222' E	219.7
156	AGGR_174	2022-04-30 12:49:59	45° 36.77879' N	10° 38.78174' E	220

Dalla disamina dei risultati delle ispezioni video, sintetizzati nella tabella testé riportata, emerge quanto segue:

- a) Il numero totale delle formazioni originatesi lungo le due condotte a distanza di appena un anno dal precedente rilievo ed intervento ed aventi una certa significatività in termini di dimensioni areali è assai rilevante, pari a n. 156 unità, distribuite pressoché casualmente su entrambe le condotte.
- b) Il maggior numero delle neoformazioni (n. 128 su un totale di n. 156) è concentrato lungo il versante di Toscolano Maderno. Sul versante di Torri del Benaco v'è stato un forte incremento di neoformazioni, si è passati da n. 4 unità del precedente rilievo a n. 28 unità.
- c) Sul versante di Toscolano Maderno il tratto interessato dalle neoformazioni ha una estensione di circa 3.180m (dal PK 0+420 al PK 3+600) ed è sensibilmente più lungo rispetto al tratto in cui erano state riscontrate nel corso dei primi due interventi di riparazione (1° e 3° anno).

#### 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A seguito di tutte le attività ingegneristiche, analisi, ispezioni e rilievi di dettaglio, oltre a tutti gli interventi di riparazione eseguiti sinora sia in basso che in alto fondale sulle condotte sublacuali costituenti il collettore in questione che va Toscolano Maderno a Torri del Benaco, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- A partire dal mese di maggio 2017 è stato evidenziato un crescente fenomeno di formazione di bioconcrezioni e aggregati sulla superficie delle condotte che ha generato eventi di corrosione localizzati con generazione di “*pitting*” e vaiolature sull'acciaio.
- A seguito degli interventi di riparazione che sono stati eseguiti e portati a termine con successo sia in basso, sia in alto fondale, tutti i punti precedentemente interessati da corrosioni localizzate sono stati riparati e quindi le buone condizioni strutturali e di tenuta delle condotte sono state ripristinate.
- Sulla base delle risultanze dei più recenti rilievi effettuati nell'aprile 2022 è tuttavia evidente che la superficie delle condotte è sede di un'intensissima attività biologica che porta allo sviluppo di micro e macrofouling.
- L'insieme delle condizioni del sito (caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua del lago e dei sedimenti e loro gradiente verticale e orizzontale, caratteristiche del materiale costituente le condotte - acciaio e rivestimento -, caratteristiche del liquame trasportato nelle tubazioni - composizione e temperatura) è favorevole alla proliferazione di organismi di diversa natura (*micro* e *macrofouling*), alcuni dei quali trovano nelle superfici esterne delle condotte un ambiente idoneo alla crescita in ammassi macroscopici.
- Lo sviluppo di popolazioni di organismi può aver luogo anche in tempi molto ridotti, come dimostrato sia dalle campagne di rilevazione svolte negli anni 2018, 2019, 2020, 2021 e sia dal controllo effettuato nel 2022.
- Nell'arco temporale compreso tra il 2020 e 2021 il fenomeno sembrava essersi arrestato, mentre dopo il 2021 e sino al 2022 si è verificato un forte trend evolutivo.
- Tra gli organismi che aderiscono alle superfici delle condotte e le colonizzano sono stati diffusamente rinvenuti batteri responsabili della formazione di concrezioni minerali e, ciò che è più rilevante, di vaiolature che possono, a lungo andare, portare alla perforazione del manufatto.
- Alla luce delle risultanze dei più recenti rilievi, l'Analisi di Rischio eseguita secondo le più accreditate norme e procedure internazionali (DnV-RP-F116, “*Integrity management of submarine pipeline systems*”) impone al Gestore l'attuazione di tutte le azioni e le misure mitigative necessarie per mantenere o ridurre il rischio dovuto al fenomeno della biocorrosione ad un livello accettabile tenuto conto che la “corrosione esterna” è classificata a rischio molto alto. Ne consegue che al fine di poter mantenere in esercizio e in sicurezza le condotte sublacuali sino alla loro fine vita, è inevitabile da parte del Gestore la programmazione e la realizzazione nell'immediato futuro di un nuovo intervento straordinario di rimozione delle nuove formazioni in alto fondale e, qualora si evidenziassero fenomeni di biocorrosione, di riparazione di eventuali tratti interessati da vaiolatura o *pitting*.
- Alla luce dei risultati della ispezione 2022, è ipotizzabile che il nuovo intervento straordinario venga pianificato per la primavera 2023, dopo aver eseguito una nuova videoispezione a circa un anno da quella eseguita nel 2022.
- In ogni caso le condotte dovranno essere costantemente monitorate e ispezionate nel tempo in accordo al Piano di manutenzione, ispezione e intervento.
- Tenuto conto che il collettore si sta avvicinando progressivamente al termine della vita tecnica stimata in circa 40 anni (estesa a 50 anni sotto determinate condizioni), coerentemente con il ruolo di programmazione dei Piani di manutenzione da parte del Gestore, diviene inevitabile la previsione di una dismissione delle condotte esistenti per l'approssimarsi di tale termine, per evitare di dover sopportare anno per anno oneri gestionali significativi per garantire la funzionalità nel tempo del sistema.
- Anche nell'ipotesi di seguire scrupolosamente le più recenti normative internazionali di settore, tra cui la ISO/TS 12747 “*Pipeline transportation systems – Recommended practice for pipeline life extension*”, che forniscono le guide metodologiche da seguire per valutare la fattibilità tecnica di prolungare la vita di servizio di condotte subacquee, non si può garantire il mantenimento in vita del

collettore in questione, in totale sicurezza oltre la durata originaria, proprio in considerazione dell'intensità dei summenzionati fenomeni di *micro* e *macro fouling*. Ne deriva che non è assolutamente possibile compiere valutazioni sull'integrità attuale e futura delle condotte e garantirne la sicurezza così come previsto dalla ISO/TS 12747.

- La dismissione del collettore esistente Toscolano Maderno-Torri del Benaco è ulteriormente giustificata dalla complessità e soprattutto dalla pericolosità per le maestranze per la cantierizzazione di interventi di manutenzione straordinaria in alto fondale. La complessità e pericolosità di tali interventi è accentuata dal contesto lacuale, stante che i mezzi ed apparecchiature preposte ad operazioni in alto fondale vengono normalmente realizzati per interventi a mare, con dotazioni impiantistiche installate presso natanti appositamente progettati e che evidentemente non possono essere utilizzati in un lago.

Jesi, 30 Giugno 2022

Dott. Ing. Graziano Falappa