

**Paper n°9****RINNOVAMENTO CON TECNOLOGIA C.I.P.P. "IBRIDA" DELLA CONDOTTA  
ADDUTTRICE DN 1200 DELL'ACQUEDOTTO DI VENEZIA**

*Dott. Ing. Domenico Viola*  
*Direttore Tecnico*  
*Idroambiente srl*

Come direttore tecnico di Idroambiente il rinnovamento della condotta principale dell'acquedotto di Venezia ha rappresentato una delle sfide più interessanti della mia carriera fino ad oggi. Quando ci siamo trovati di fronte a questa imponente tubazione DN1200, che collega il campo pozzi di Quinto di Treviso al nodo idrico di Gazzera, sapevamo di dover affrontare un caso complesso che richiedeva soluzioni non convenzionali.

**IL CONTESTO INFRASTRUTTURALE E TERRITORIALE**

Veritas spa gestisce il Sistema Idrico Integrato del territorio della Città Metropolitana di Venezia e di alcuni comuni del Trevigiano. La complessa rete acquedottistica è composta da circa 5.800km di condotte adduttrici e distributrici con 365.000 contatori di utenza al servizio di circa 800.000 abitanti residenti, ai quali si aggiungono i fluttuanti legati al turismo. Considerando i picchi turistici che caratterizzano Venezia, nei periodi di alta stagione la rete si trova a servire una popolazione che può superare il milione di persone, con punte di consumo che mettono alla prova l'intero sistema. Il sistema è alimentato prevalentemente da pozzi artesiani profondi, ai quali si aggiungono nr.4 potabilizzatori utilizzati principalmente per le punte di consumo.

Idroambiente da anni realizza la manutenzione su pozzi ad uso potabile e nello specifico per Veritas ha realizzato la manutenzione straordinaria e il ritubaggio interno (con nuova camicia in acciaio inox 316L) del pozzo denominato nr. 6 a Quinto di Treviso.

Questa diversificazione delle fonti rappresenta un elemento strategico fondamentale per garantire continuità e qualità del servizio, ma richiede una gestione attenta e integrata dell'intero sistema di distribuzione.

Il campo pozzi di Quinto di Treviso, con una portata fino a 1 mc/s, alimenta tramite una condotta di adduzione di diametro 1200mm il centro idrico di Gazzera, un nodo cruciale per l'intero sistema. Su questo nodo convergono le condotte di adduzione provenienti dai campi pozzi di Sant'Ambrogio, Canove e del Savec, il sistema che mette in rete gli acquedotti del Veneto centrale per diversificare le attuali fonti di approvvigionamento e ridistribuire gli esuberanti a Mestre.

La realizzazione del sistema SAVEC (Sistema Acquedottistico del Veneto Centrale) ha rappresentato una svolta fondamentale nella gestione della rete idrica regionale, introducendo un grado di flessibilità e sicurezza precedentemente impossibile. Questo sistema, entrato in funzione nel 2018, permette non solo di ottimizzare l'utilizzo delle risorse idriche disponibili, ma anche di pianificare interventi di manutenzione complessi sulle infrastrutture esistenti senza compromettere la continuità del servizio.

**LA CONDOTTA: CARATTERISTICHE E PROBLEMATICHE**

La tubazione su cui siamo intervenuti, realizzata nel 1958, è posta a circa 2 metri di profondità rispetto al piano campagna e percorre circa 16 km attraverso le aree prevalentemente agricole dei comuni di Zero Branco, Mogliano Veneto, Scorzè e Venezia. È realizzata in cemento, composta da elementi lunghi 3,5 m, posati su selle in cemento armato, con giunto a bicchiere e guarnizioni.

Questa tipologia costruttiva, molto comune nelle grandi adduttrici degli anni '50, presenta caratteristiche peculiari che richiedono approcci specializzati in caso di manutenzione. Il cemento armato garantisce ottima resistenza strutturale, ma il sistema di giunzione rappresenta il punto debole, soprattutto nel lungo periodo.

Nel corso di alcune ispezioni preliminari, Veritas ha valutato attentamente lo stato di conservazione della condotta. Il calcestruzzo degli elementi tubolari risultava ancora in buone condizioni, senza significativi problemi di corrosione dell'armatura o perdita di resistenza meccanica. Questo aspetto è stato determinante nella scelta della

strategia di intervento, confermando la possibilità di un approccio conservativo invece di una sostituzione completa.

Di contro, il progressivo deterioramento delle guarnizioni ha causato una serie di perdite idriche in corrispondenza dei giunti, che inizialmente Veritas riparava con un sistema a morse "anti-fuga" in acciaio inossidabile. Queste morse, sebbene efficaci sul singolo giunto, rappresentavano una soluzione molto invasiva considerando il numero crescente di punti critici.

Vista la complessità degli interventi richiesti per la riparazione di una singola perdita e il progressivo aumento del numero delle stesse, Veritas ha deciso di procedere al risanamento dei giunti della condotta in maniera sistematica per lotti successivi, in base alle priorità. Questa strategia ha permesso di pianificare gli interventi in modo da minimizzare l'impatto sul servizio e ottimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili.

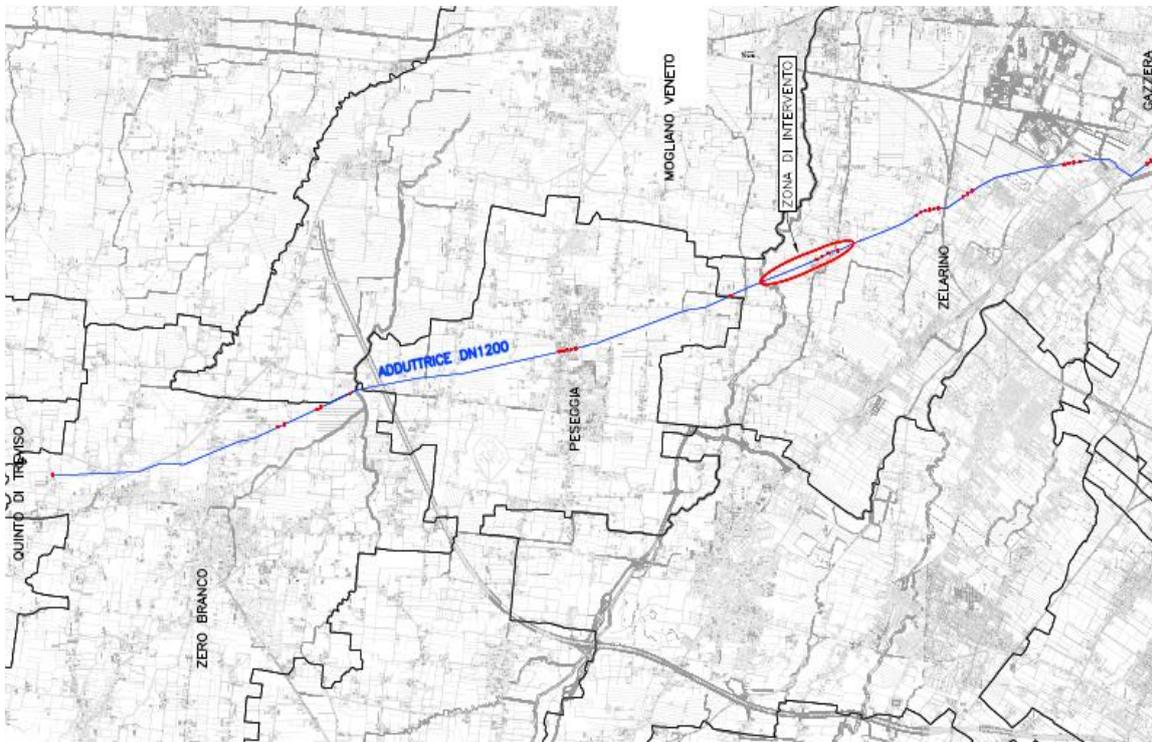


Figura 1: area di intervento.

### EVOLUZIONE DELL'APPROCCIO MANUTENTIVO

Dopo un primo lotto di intervento di circa 450 m, realizzato con l'applicazione delle morse "anti-fuga" su tutti i giunti, Veritas ha condotto un'analisi approfondita dei costi-benefici, considerando aspetti economici, ambientali e sociali. La tecnica di riparazione puntuale comportava diversi svantaggi significativi:

1. Elevato impatto ambientale, dovendo di fatto riscavare quasi l'intera condotta;
2. Notevoli disagi per le proprietà private attraversate e per la viabilità locale;
3. Lunghi tempi di esecuzione e costi operativi considerevoli;
4. Rischio di danneggiare la struttura della condotta durante gli scavi ripetuti.

Essendosi create le condizioni per poter chiudere temporaneamente il flusso nella condotta grazie all'utilizzo di fonti alternative attraverso il sistema SAVEC, Veritas ha scelto di adottare un approccio completamente diverso per i lotti successivi: la tecnica del relining NO-DIG (senza scavo).

I vantaggi di questa metodologia sono molteplici:

- Riduzione drastica dell'impatto ambientale;
- Diminuzione delle interferenze con proprietà private e viabilità;
- Tempi di esecuzione significativamente ridotti;
- Miglioramento dell'integrità strutturale della condotta esistente;

- Miglioramento delle caratteristiche idrauliche della condotta risanata;
- Estensione notevole della vita utile dell'infrastruttura.

### IL PROGETTO DI RISANAMENTO CIPP

Grazie a un finanziamento del MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) con il Fondo di Sviluppo e Coesione, è stato progettato e realizzato un secondo lotto di risanamento che comprende un tratto di circa 1,1 km nel comune di Venezia in località Zelarino, dall'attraversamento del fiume Dese fino a via Boscariola. La scelta di questo tratto non è stata casuale. Si trattava di un segmento particolarmente problematico, caratterizzato da:

- Elevata frequenza di perdite dai giunti;
- Presenza di curve significative sia planimetriche che altimetriche;
- Un attraversamento complesso di un canale di bonifica mediante sifone;
- Una posizione strategica all'interno della rete di adduzione.

Viste le buone condizioni degli elementi in cemento e le peculiarità costruttive, la tecnica scelta per il risanamento è stata quella del relining C.I.P.P. (Cured In Place Pipe). Questa metodologia consiste nell'inserimento all'interno della condotta esistente di una guaina flessibile impregnata di resina che, una volta polimerizzata, forma un nuovo tubo perfettamente aderente all'interno di quello vecchio.

La tratta scelta da Veritas per il risanamento CIPP presentava diverse criticità tecniche. Durante le videoispezioni preliminari, abbiamo identificato una curva che si è rivelata essere di ben 30 gradi, ben oltre quanto inizialmente ipotizzato.

La tecnica CIPP inizialmente considerata da Veritas prevedeva l'inserimento di una guaina in fibra di vetro con catalisi mediante raggi UV resistente alla pressione ed idonea al trasporto di acqua potabile. Questa metodologia, sebbene efficace in molti contesti, presentava limitazioni significative nel caso specifico, in particolare per quanto riguardava la lunghezza massima di installazione (circa 150 metri) e la capacità di adattarsi a curve pronunciate.

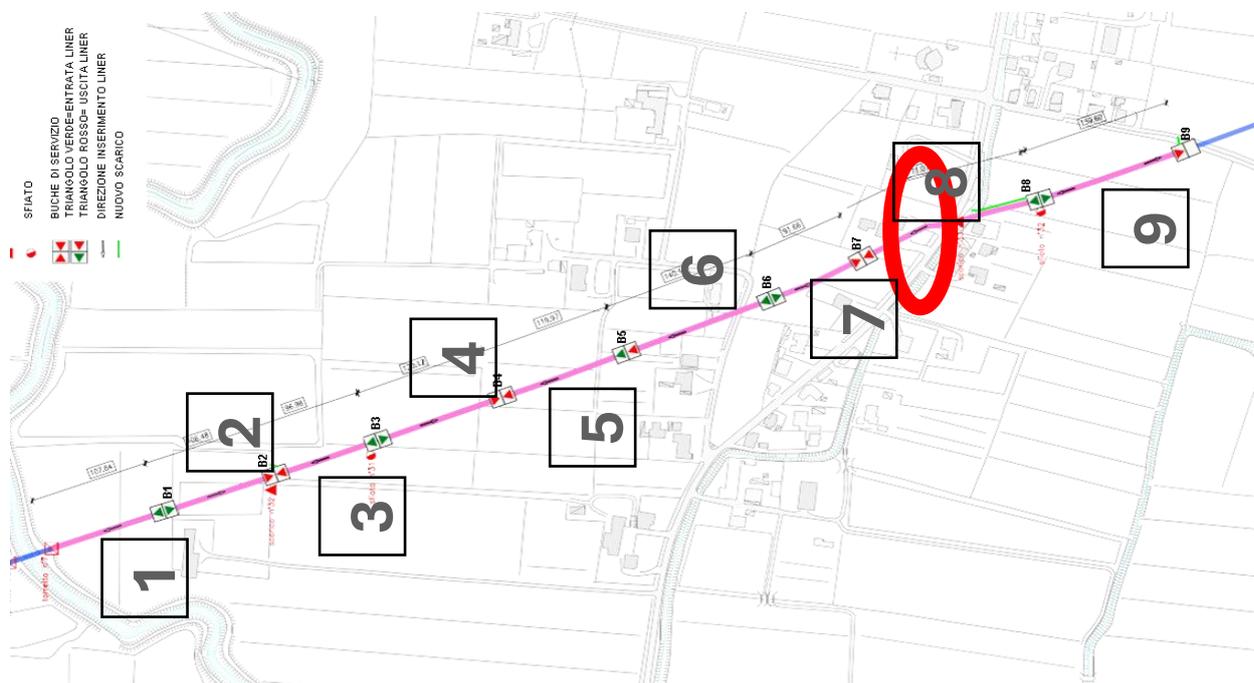


Figura 2: suddivisione degli inserimenti secondo il progetto a base di gara, nel cerchio in rosso la presenza di una curva pari a 30°.

### LA NOSTRA SOLUZIONE: IL SISTEMA CIPP IBRIDO

Idroambiente, dopo aver eseguito approfondite videoispezioni conoscitive e aver analizzato nel dettaglio le caratteristiche geometriche della condotta, ha proposto a Veritas una soluzione innovativa: una tecnica CIPP

"ibrida" che fondeva in un unico sistema le due metodologie di installazione CIPP più diffuse nel settore, ovvero la tecnica ad UV e quella ad ARIA.

Questo approccio, sviluppato grazie alla nostra esperienza pluriennale nel settore del risanamento di grandi condotte, non era mai stato applicato prima in Italia su una condotta di queste dimensioni e con queste caratteristiche specifiche.

Il sistema CIPP ibrido necessita di due installazioni sequenziali per ogni singola tratta:

1. **Prima fase - Installazione liner UV:** viene inserita una guaina in fibra di vetro impregnata con resina foto-indurente. Una volta posizionata la guaina, un treno di lampade UV viene fatto passare all'interno a velocità controllata, provocando la polimerizzazione della resina. Questo primo liner conferisce al sistema eccellenti caratteristiche meccaniche e resistenza strutturale.
2. **Seconda fase - Installazione liner ARIA:** viene inserita mediante inversione (tecnica che prevede il rivoltamento della guaina durante l'avanzamento) una seconda guaina costituita da un coating in polietilene e un feltro in poliesteri impregnato di resina epossidica. La polimerizzazione avviene mediante circolazione di vapore a temperatura controllata. Questo secondo liner garantisce impermeabilità totale e resistenza chimica, oltre a fornire una superficie interna estremamente liscia che migliora le caratteristiche idrauliche della condotta.

La combinazione delle due guaine dà vita a un liner finale che unisce i vantaggi di entrambe le tecnologie:

- Resistenza a pressioni fino a 10 bar;
- Idoneità per acqua potabile (certificazione per contatto con alimenti);
- Elevata resistenza chimica e meccanica;
- Superficie interna con bassissima scabrezza;
- Eccellente adattabilità a curve e irregolarità geometriche;
- Vita utile stimata superiore ai 50 anni.

#### OTTIMIZZAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

Uno dei principali vantaggi della nostra soluzione è stata la possibilità di eseguire installazioni fino a 300 metri di lunghezza, contro i 150 metri della tecnica a base di gara. Questo ci ha permesso di riprogettare completamente la suddivisione delle tratte del lotto di intervento, riducendo significativamente il numero di accessi necessari. Il progetto iniziale prevedeva nr.9 inserimenti con relative buche di accesso, mentre con la nostra soluzione siamo riusciti a ridurli a nr.5 (vedasi tabella 1).

Tratta	Nr. inserimenti	Progetto (lunghezza in m)	Nr. inserimenti	Proposta Idroambiente (lunghezza in m)
Torretta 7 – B1	1	108	1	215
B1 - B2	2	107	2	227
B2 – B3	3	97		
B3 – B4	4	120	3	250
B4 – B5	5	120		
B5 – B6	6	130	4	263
B6 – B7	7	92		
B7 – B8	8	171	5	160
B8 – B9	9	160		

Tabella 1: accorpamento degli inserimenti eseguiti con la nuova tecnica proposta da Idroambiente.

Questo accorpamento ha portato benefici significativi:

- Diminuzione di nr.4 buche da creare (B1, B3, B5 e B7);
- Semplificazione logistica e operativa del cantiere;
- Riduzione dell'impatto su proprietà private;
- Miglioramento della continuità idraulica del risanamento;
- Diminuzione del numero di pezzi speciali da installare;
- Significativa riduzione dei tempi di esecuzione.

### ASPETTI TECNICI E PRESTAZIONALI DEI MATERIALI

I materiali utilizzati per il sistema ibrido sono stati selezionati dopo un'accurata analisi delle caratteristiche richieste e delle condizioni operative. Il sistema completo, di spessore finale 10mm, includeva:

- Per il liner UV: guaina in fili di vetro impregnata con resina poliesteri fotosensibile;
- Per il liner ARIA: feltro in poliesteri impregnato di resina epossidica con coating in polietilene.

Le prestazioni meccaniche del sistema combinato sono state certificate da laboratori indipendenti (certificazione DiBt) e hanno evidenziato caratteristiche eccezionali:

- Modulo di flessione a breve termine: 19.000 N/mm<sup>2</sup>;
- Modulo di flessione a lungo termine: 14.500 N/mm<sup>2</sup>;
- Sforzo a trazione: 300 N/mm<sup>2</sup>;
- Resistenza alla pressione interna: 10 bar;
- Coefficiente di scabrezza:  $n=0,009 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (Manning), migliorando le caratteristiche idrauliche della condotta originale.

### ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

La fase esecutiva dell'intervento ha richiesto una pianificazione meticolosa e un coordinamento preciso tra le diverse squadre operative. Prima di procedere con l'installazione dei liner, abbiamo eseguito una serie di operazioni preparatorie:

1. **Pulizia della condotta:** Utilizzando sistemi idrodinamici ad alta pressione, abbiamo rimosso completamente incrostazioni, depositi e residui che si erano accumulati in svariati anni di esercizio.
2. **Videoispezione dettagliata:** Abbiamo mappato l'intera tratta, identificando e catalogando tutte le particolarità geometriche, i giunti, le derivazioni e le irregolarità che avrebbero potuto influenzare l'installazione.
3. **Preparazione degli scavi di accesso:** Le cinque buche di accesso sono state realizzate con dimensioni ottimizzate per consentire l'inserimento dei liner e l'installazione delle attrezzature necessarie.

L'installazione vera e propria dei liner è stata eseguita seguendo una sequenza precisa:

1. **Inserimento del liner UV:** Dopo il posizionamento della guaina in fibra di vetro impregnata di resina, abbiamo utilizzato un sistema di lampade UV montate su un carrello robotizzato per la polimerizzazione controllata, monitorando in tempo reale temperatura e pressione per garantire una catalisi ottimale.
2. **Controllo qualità intermedio:** Prima di procedere con la seconda fase, abbiamo effettuato un'ispezione completa del primo liner per verificare la corretta posa e l'assenza di difetti.
3. **Installazione del liner ARIA:** Mediante il processo di inversione, abbiamo inserito la seconda guaina, che è stata poi polimerizzata utilizzando vapore a temperatura controllata, con un ciclo termico ottimizzato per garantire la completa reticolazione della resina epossidica.
4. **Installazione dei pezzi speciali di collegamento:** Nei punti di giunzione tra le diverse tratte, abbiamo installato elementi flangiati speciali, progettati specificamente per garantire continuità e tenuta idraulica.
5. **Collaudo finale:** Prima della rimessa in esercizio, abbiamo sottoposto tutta la condotta risanata a test di pressione e tenuta, verificando l'assenza totale di perdite e la resistenza alle sollecitazioni operative.



Figura 3: a sx l'inserimento della guaina polimerizzata tramite raggi UV, a dx l'inversione del liner ad aria con riscaldamento a vapore.

## RISULTATI E CONSIDERAZIONI FINALI

Il risultato finale dell'intervento è stato estremamente soddisfacente sotto tutti i punti di vista:

- **Risoluzione delle perdite:** Il sistema ha garantito una tenuta idraulica perfetta, eliminando completamente le perdite che caratterizzavano la condotta originale.
- **Miglioramento delle prestazioni idrauliche:** Grazie alla riduzione della scabrezza interna, il nuovo sistema ha migliorato l'efficienza idraulica della condotta, riducendo le perdite di carico.
- **Estensione della vita utile:** L'intervento ha prolungato significativamente la vita utile dell'infrastruttura, che è ora stimata in 50 anni, equivalente a quella di una condotta completamente nuova.
- **Sostenibilità ambientale:** L'approccio no-dig ha permesso di ridurre drasticamente l'impatto ambientale dell'intervento, limitando gli scavi, il consumo di materiali e l'emissione di CO<sub>2</sub> legata al trasporto e alla produzione di nuove tubazioni.
- **Efficienza economica:** Il costo complessivo dell'intervento è risultato significativamente inferiore rispetto a un'ipotetica sostituzione completa della condotta, con un rapporto costi-benefici estremamente favorevole per la stazione appaltante.

La condotta rinnovata è ora pronta a continuare il suo compito essenziale di trasportare un metro cubo d'acqua al secondo verso la città di Venezia, garantendo sicurezza e continuità del servizio idrico per le prossime generazioni. Questo progetto, eseguito nel 2023, rappresenta un caso di come, con l'utilizzo di tecnologie no-dig avanzate e approcci innovativi, sia possibile rinnovare infrastrutture critiche riducendo al minimo l'impatto ambientale e i disagi per la popolazione. La nostra esperienza con la condotta veneziana costituisce un modello di intervento che potrà essere replicato in situazioni analoghe, contribuendo a modernizzare il patrimonio infrastrutturale del nostro paese in modo efficiente e sostenibile.

L'integrazione di diverse tecnologie in un unico sistema ibrido rappresenta inoltre un significativo passo avanti nell'evoluzione delle metodologie di risanamento delle grandi condotte, aprendo nuove possibilità per interventi complessi su infrastrutture strategiche.

## REFERENZE

1. **Veritas S.p.A.**  
*Gestione del Sistema Idrico Integrato della Città Metropolitana di Venezia.*  
Documenti tecnici interni, rapporti di manutenzione e piani strategici per la rete acquedottistica.
2. **Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)**  
*Finanziamenti del Fondo di Sviluppo e Coesione per interventi infrastrutturali.*  
Bandi e linee guida per progetti di risanamento idrico.
3. **SAVEC (Sistema Acquedottistico del Veneto Centrale)**  
*Documentazione tecnica del sistema integrato per la gestione delle risorse idriche nel Veneto centrale.*  
Rapporti operativi e studi di fattibilità (2018).
4. **Deutsches Institut für Bautechnik (DiBt)**  
*Certificazioni di conformità per materiali utilizzati nel risanamento CIPP.*  
Standard tecnici per resistenza meccanica e idoneità al contatto con acqua potabile.
5. **Linee guida tecniche per il relining no-dig**  
*Standard europei e nazionali per l'applicazione di tecnologie CIPP (es. UNI EN ISO 11295, UNI EN ISO 11298).*  
Normative relative a materiali, installazione e collaudo.
6. **Idroambiente srl**  
*Relazioni tecniche interne e casi studio su interventi di risanamento ibrido CIPP.*  
Documentazione progettuale e rapporti di collaudo (2023).