



COMMISSARIO DELEGATO

per i Primi Interventi Urgenti di Protezione Civile in Conseguenza della Contaminazione da sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS) delle Falde Idriche nei Territori delle Province di Vicenza, Verona e Padova  
DCM del 21.03.2018 / OCDPC n. 519 del 28.05.2018



veneto acque

MODELLO STRUTTURALE DEGLI ACQUEDOTTI DEL VENETO (MO.S.A.V.)

INTERVENTI FINALIZZATI ALLA SOSTITUZIONE DELLE FONTI IDROPOTABILI CONTAMINATE DA SOSTANZE PERFLUORO-ALCHILICHE (PFAS)

CONDOTTA DI ADDUZIONE PRIMARIA DN1000  
BRENDOLA (VI) - LONIGO (VI)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

ALLEGATO

**A**

**RELAZIONE**

SCALA

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

**COMMITTENTE**

VENETO ACQUE S.p.A.

Via Torino, 180  
30172 Venezia - Mestre  
tel. 041-5322960 - fax 041-5329162  
e-mail info@venetoacque.it

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

VENETO ACQUE S.p.A.

Ing. Francesco TREVISAN

**PROGETTAZIONE**

VENETO ACQUE S.p.A.

UFFICIO TECNICO  
Ing. Marco ONOFRIO

Codice elaborato

Revisione

Motivo

Redazione

Data

VAMSV100AFAT00RO

00

PRIMA EMISSIONE

M.O.

Settembre 2018

# INDICE

<b>1. PREMESSE</b> .....	<b>1-1</b>
1.1. MODELLO STRUTTURALE ACQUEDOTTI DEL VENETO (MoSAV): PRINCIPI E INDIRIZZI .....	1-4
1.2. INTERVENTI DI PROGETTO E OPERE COMPLEMENTARI.....	1-6
1.2.1. Generalità .....	1-6
1.2.2. Opere complementari .....	1-6
1.3. INDAGINI PRELIMINARI SVOLTE .....	1-7
1.4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....	1-7
1.5. STUDIO DI PREFATTIBILITÀ AMBIENTALE .....	1-9
1.6. INDAGINE PAESAGGISTICA .....	1-10
1.7. VERIFICA PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO.....	1-11
1.8. ANALISI DEL RISCHIO BELLICO .....	1-11
1.9. VALUTAZIONE SISMICA .....	1-11
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO</b> .....	<b>2-12</b>
2.1. SVILUPPO DELL'INTERVENTO DI PROGETTO .....	2-12
2.2. SCELTA DEI MATERIALI PER LE CONDOTTE .....	2-13
2.3. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO E DELLE PROFONDITÀ DI POSA.....	2-15
2.4. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO .....	2-16
2.5. CRITERI DI POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI.....	2-18
2.5.1. Generalità .....	2-18
2.5.2. Giunti antisfilamento.....	2-19
2.6. ATTRAVERSAMENTI.....	2-22
2.6.1. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante posa sifone.....	2-23
2.6.2. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante pressotrivella.....	2-24
2.6.3. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante microtunneling.....	2-26
<b>3. PREVENTIVO DI SPESA</b> .....	<b>3-28</b>

## **1. Premesse**

Con comunicazione prot. n. 37689/TRI del 29.05.2013 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e prot. n. 10774 del 10.05.2013 del Ministero della Salute, le strutture regionali per la Tutela dell'Ambiente e per la Sanità hanno appreso della presenza anomala di sostanze perfluoro – alchiliche (PFAS) in diversi corpi idrici superficiali ed in alcuni punti di erogazione pubblici delle acque potabili nella provincia di Vicenza ed in comuni limitrofi. Tali sostanze, ampiamente utilizzate in applicazioni civili ed industriali, sono principalmente diffuse nella forma di acido perfluorooctanoico (PFOA) e acido perfluorooctansulfonico (PFOS) e sono dotate di elevata resistenza nell'ambiente, potendo quindi essere trasportate a distanza dall'acqua, sia superficiale che sotterranea.

A seguito di tale informazione il Dipartimento ARPAV di Vicenza in collaborazione con le altre strutture dell'Agenzia della Regione hanno immediatamente avviato le attività d'indagine utili alla perimetrazione dell'inquinamento e alla ricerca delle fonti contaminanti, individuate in un'area all'interno del Comune di Trissino (VI).

Parallelamente, la Regione Veneto ha convocato un tavolo di confronto con tutti i soggetti aventi competenza sulla distribuzione delle acque potabili e sulla tutela della salute, invitando preliminarmente i Gestori del servizio idrico integrato interessati dal problema in oggetto, a porre in essere tutte le necessarie attività a tutela della risorsa distribuita.

Il principale acquifero sotterraneo sfruttato a scopo idropotabile e inquinato da PFAS risulta essere quello di Almisano, facente capo alla Centrale di Madonna di Lonigo (VI), che serve un bacino d'utenza acquedottistico formato dai comuni dei bassi colli Berici (VI), del Montagnanese (PD) e del Colognese (VR). Presso l'area della centrale sono attualmente installati dei filtri a carboni attivi in grado di trattenere in parte le sostanze contaminanti, ma che di contro hanno elevatissimi costi di gestione.

Ne deriva pertanto la necessità di prevedere l'approvvigionamento idropotabile della risorsa da zone diverse all'interno del territorio regionale mediante condotte adduttrici di adeguata dimensione e lunghezza che permettano d'interconnettere altre fonti idrico potabili con le reti acquedottistiche dei Comuni interessati.

In tale contesto la Regione del Veneto svolge le sue funzioni di pianificazione in materia acquedottistica in ottemperanza alle disposizioni della Legge Regionale 27.3.1998 n.5 ed in particolare al Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto (Mo.S.A.V.), la cui realizzazione è stata affidata a Veneto Acque S.p.A., per quanto attiene allo Schema del Veneto Centrale (S.A.Ve.C.).

Conseguentemente con D.G.R. n.385 del 28.3.2017 Veneto Acque è stata incaricata dalla Regione Veneto di svolgere il coordinamento tecnico per l'individuazione e la definizione delle priorità degli interventi volti alla progettazione e realizzazione delle opere d'interconnessione acquedottistica necessarie per l'approvvigionamento di acqua potabile di buona qualità alle aree attualmente soggette a inquinamento da sostanze PFAS.

Alla luce della pianificazione regionale vigente e a seguito di alcune valutazioni tecniche preliminari intervenute tra i Consigli di Bacino interessati, i Gestori del servizio idrico integrato e Veneto Acque S.p.A., sono state individuate tre direttrici principali d'intervento:

- A) Direttrice Est-Ovest con risorsa idrica da addurre alla disponibilità del prelievo di competenza regionale in Comune di Carmignano di Brenta, Località Camazzole, ovvero da altri prelievi disponibili, per consegnarla, mediante la realizzazione di una nuova condotta adduttrice già prevista all'interno del Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto, alla centrale idrica di Madonna di Lonigo in sostituzione dell'utilizzo della risorsa proveniente dal campo pozzi di Almisano;
- B) Direttrice sud-nord con risorsa idrica da addurre da risorse provenienti dalle disponibilità presenti e programmate, sia mediante realizzazione di nuovi tratti di condotte adduttrici, sia mediante l'utilizzo d'infrastrutture già presenti sul territorio, atte ad interconnettere la rete di distribuzione esistente rifornita dal campo pozzi di Almisano;
- C) Direttrice Ovest-est, con risorsa idrica da addurre da nuovi prelievi, mediante la realizzazione di una nuova condotta adduttrice fino alla centrale idrica di Madonna di Lonigo.

Ciascuna delle sopraccitate direttrici sono state sviluppate su molteplici interventi le cui finalità possono essere sia di carattere primario che secondario, ovvero vi possono essere all'interno di ciascuna direttrice degli interventi con diversa priorità di esecuzione.

Il presente progetto intende approfondire la fattibilità tecnico-economica del primo intervento facente parte della direttrice Est-Ovest, di collegamento tra la centrale di Madonna di Lonigo e Brendola, finalizzata all'adduzione di portate di risorsa idropotabile dalle fonti di Montecchio Maggiore e Recoaro.

Tenuto conto infatti dell'esistente interconnessione tra i due comuni di Montecchio Maggiore e Recoaro e la determinazione di Acque del Chiampo, gestore del servizio idrico integrato nelle aree in argomento, d'interconnettere le fonti di Montecchio Maggiore con quelle di Brendola, la realizzazione in via prioritaria del tratto di condotta di collegamento tra la Centrale di Madonna di Lonigo e Brendola consentirebbe l'adduzione alla Centrale di risorsa idrica "pulita" proveniente dalle zone pedemontane, non inquinate.

Tale condotta di collegamento, di lunghezza pari a circa 12.970 m e DN 1000, rappresenta quindi il primo intervento funzionale utile alla sostituzione delle fonti inquinate da PFAS, e gode di immediata attuabilità, in quanto:

1. Tale condotta, nella sua configurazione di stralcio funzionale della direttrice Est-Ovest (Piazzola sul Brenta – Centrale di Madonna di Lonigo) individuata quale intervento principale per la risoluzione della problematica PFAS dai Consigli di Bacino, dai Gestori del servizio idrico integrato e da Veneto Acque S.p.A., rientra nella pianificazione regionale vigente in quanto parte del Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto (Mo.S.A.V.);
2. Il costo dell'intervento, pari a 14.300.000,00 €, trova capienza immediata nella quota parte residua del mutuo che Veneto Acque S.p.A. ha acceso con la Banca Europea degli Investimenti.

## **1.1. Modello Strutturale Acquedotti del Veneto (MoSAV): principi e indirizzi**

Oltre al risparmio idrico, al riuso di acque depurate per usi non potabili e alla difesa della qualità dell'acqua all'origine, i criteri fondamentali dell'azione regionale in campo acquedottistico sono:

- interconnessione, ovvero affidabilità dei sistemi di produzione e adduzione, uso coordinato e ottimizzato delle risorse disponibili, riduzione delle necessità di riserva in stand-by (che producono costi fissi e vincoli ambientali)
- applicazione della direttiva quadro comunitaria per la politica dell'acqua, che prevede anzitutto un piano di azione sulle falde anche con interventi di ricarica artificiale (in alternativa agli invasi e all'uso intensivo di acque superficiali)
- finanziamento pubblico di segmenti di opere strategiche che facciano da catalizzatore di interventi più ampi a cura degli attuali enti gestori o anche di nuovi concessionari

L'approvvigionamento di acqua potabile in vaste zone del Veneto soffre di scarsa qualità dell'acqua, di bassa affidabilità del servizio e di elevati costi di produzione e di adduzione.

Tali criticità possono essere affrontate con innovatori criteri di composizione acquedottistica basata sulla convenienza dell'accorpamento gestionale, della produzione e dell'adduzione dell'acqua in grande scala.

La Regione Veneto con propria legge 5/98, in applicazione della legge Galli 36/94, ha promosso lo studio dell'assetto acquedottistico ottimale del Veneto, o meglio di una struttura tecnica, che poi è stata chiamata "Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto".

Il Modello Strutturale propone la trasformazione degli acquedotti esistenti frammentati o dispersi nel territorio in un sistema territoriale affidabile ed efficiente di distribuzione idrica.

Propone altresì l'integrazione o sostituzione delle fonti a rischio, in particolare quelle dell'Adige e del Po, notoriamente vulnerabili agli inquinamenti, con altre di qualità garantita (acque sotterranee pedemontane e/o ipolimniche lacuali) e di perennità assoluta.

I benefici del Modello Strutturale in questione appaiono evidenti:

- un rilevante risparmio energetico non solo grazie alla scelta ottimale delle condotte, ma anche per effetto della favorevole altimetria dei percorsi nord-sud;
- un sostanziale miglioramento qualitativo dell'acqua distribuita grazie alla quasi completa eliminazione delle acque grezze fluviali trattate con sostanze chimiche.

Le caratteristiche strutturali peculiari del sistema acquedottistico rappresentato dal Modello in esame sono essenzialmente le seguenti:

- l'interconnessione generalizzata dei suoi componenti, ossia non solo delle linee di adduzione, ma anche delle fonti e delle riserve idriche;
- l'estensione del controllo produttivo ai corpi idrici sotterranei alimentanti le fonti; ciò anche in applicazione della "direttiva quadro comunitaria" per la politica dell'acqua, che prevede un piano di azione sulle falde anche con interventi di ricarica artificiale;
- la possibilità di costruire il sistema in questione a tappe successive, dato che esso si presta pienamente ad essere frazionato in lotti, ciascuno portatore di pieno beneficio funzionale aggiungibile a quello dei lotti precedenti;
- la messa in parallelo di grandi sistemi idrici già esistenti, in particolare di quello di Padova (3000 l/s) con quello di Venezia (3000÷4000 l/s, ambedue con possibili ampi superi di producibilità;
- la possibilità di risolvere il problema acquedottistico delle aree sfavorite, a mezzo di integrazioni sostanziali con acqua di buona qualità ottenibile a minore costo.

Il Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto, giusto l'art. 14 della L.R. 27.3.1998, n. 5, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Del. n. 1688 del 16.6.2000.

## **1.2. Interventi di progetto e opere complementari**

### **1.2.1. Generalità**

Gli interventi legati alla direttrice Est-Ovest consentono di addurre portate di risorsa idropotabile dalle risorgive di Camazzole in Comune di Carmignano di Brenta fino alla Centrale di Madonna di Lonigo, che oggi raccoglie l'acqua dei pozzi di Almisano, compromessi dalla problematica delle sostanze PFAS.

Tali interventi si sviluppano lungo la dorsale che attraversa i comuni di Piazzola sul Brenta, Gazzo, Camisano Vicentino, Torri di Quartesolo, Vicenza, Altavilla Vicentina, Montecchio Maggiore, Brendola, Sarego, Montebello Vicentino e Lonigo, e misurano complessivamente 45 Km.

Lungo il suo percorso tale condotta di diametro DN 1000 incontra importanti collegamenti acquedottistici che provengono da centrali di produzione posizionate lungo il corridoio pedemontano veneto, dotato di risorse sotterranee idriche di buona qualità non compromesse e pertanto intercettabili per contribuire alla distribuzione sul territorio veneto di acqua potabile di ottima qualità.

Tra i nodi idraulici suddetti, il più prossimo alla Centrale di Madonna di Lonigo risulta essere quello in Comune di Brendola nei pressi di via Madonna dei Prati, d'interconnessione con la condotta proveniente dalla Valle dell'Agno, adduttrice di portate di risorsa idropotabile dalle fonti pedemontane di Montecchio Maggiore e Recoaro.

Il primo tratto acquedottistico funzionale, individuato a fronte della più rapida efficacia e della immediata disponibilità finanziaria, risulta quindi essere il tratto di collegamento tra la Centrale di Madonna di Lonigo e il Comune di Brendola (VI), di lunghezza pari a circa 12.970,00 m e DN 1000.

### **1.2.2. Opere complementari**

A fronte del Coordinamento tecnico svolto da Veneto Acque e sulla base degli interventi già individuati dai Gestori del SII, Acque del Chiampo ha avviato, parallelamente all'intervento di cui al presente progetto, la progettazione preliminare del collegamento acquedottistico tra Montecchio Maggiore e Brendola con una condotta del DN400, per uno sviluppo di circa 5 Km, per sostituire le portate estratte dal pozzo Madonna dei Prati di circa 20 l/s, oggi dotato di filtri GAC. La condotta consortile della Valle dell'Agno del DN500 diparte dalle sorgenti della

“Montagna spaccata” e prosegue in direzione nord-sud verso Valdagno, Cornedo Vicentino, Brogliano, Trissino e Montecchio Maggiore; in particolare a valle di Trissino, dopo il collegamento con Cà di Nove ad Arzignano, la condotta riduce il proprio diametro ad un DN400. Poiché la zona di Valdagno e Recoaro è una importante e primaria area di captazione di risorsa idropotabile di ottima qualità, risulta possibile, attraverso la perforazione di un nuovo pozzo nell’intorno di tali aree, trasportare circa 100 l/s attraverso la condotta esistente.

La nuova condotta del DN 400 pertanto non solo si collega al pozzo Madonna dei Prati per sostituire l’acqua da esso prelevata con acqua non contaminata proveniente dalla Valle dell’Agnò, ma scendendo in direzione nord-sud, interseca e si collega con la condotta del DN 1000 di cui al presente progetto per convogliare un contributo di risorsa proveniente dalla medesima Valle dell’Agnò. Trattasi di portate dell’ordine dei 100 l/s che consentono di dare l’immediata funzionalità al collegamento Brendola-Lonigo con effetti positivi immediati nella Centrale di Lonigo.

### **1.3. Indagini preliminari svolte**

Preliminarmente alla progettazione di fattibilità tecnico-economica sono state svolte delle indagini al fine di disporre di tutti gli elementi che possono condizionare la progettazione stessa.

Le indagini hanno inizialmente previsto una serie di dettagliati sopralluoghi nelle singole aree d’intervento, l’analisi della cartografia tecnica regionale per le indicazioni planoaltimetriche e l’acquisizione della documentazione descrittiva e grafica delle strutture acquedottistiche esistenti.

### **1.4. Inquadramento geologico e idrogeologico**

L’assetto geologico della pianura vicentina antistante il conoide del torrente Agno-Gua, compresa l’autostrada Milano-Venezia e i rilievi dei monti Berici, nell’ambito della quale si sviluppa il tracciato dalla condotta acquedottistica, è strettamente legate alla dinamica fluvio-glaciale e fluviale quaternaria.

I litotipi affioranti nell’area in oggetto risultano esclusivamente di origine continentale e sono rappresentati da una successione di terreni a granulometria progressivamente più fine procedendo da N verso S che poggiano sul bedrock terziario dislocato da motivi tettonici a carattere prevalentemente distensivo.

La differenziazione dei vari tipi litologici può essere ricondotta ai processi di sedimentazione e all'evoluzione del territorio: i sedimenti più grossolani, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con percentuali di matrice fine (limi ed argille) del 5÷15%, rappresentano gli ambienti a più alta energia idrodinamica (fascia intravalliva e area prossimale del conoide). Lo sbocco della valle dell'Agno in pianura corrisponde alla zona di transizione in cui il complesso indifferenziato ghiaioso si diversifica interdigitandosi entro orizzonti coesivi; il passaggio litologico avviene con una certa gradualità, con progressiva diminuzione della frazione grossolana.

L'uniformità del materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso è interrotta da orizzonti discontinui e/o lenti più o meno estese di terreni a differente granulometria (Figura 3.15) che conferiscono ai depositi caratteri di eterogeneità e di anisotropia.

Localmente queste diverse unità litologiche si alternano ripetutamente nel sottosuolo, mostrando rapporti reciproci relativamente complessi. Si tratta, infatti, di corpi sedimentari lenticolari caratterizzati da limiti prevalentemente eteropici e da notevole disomogeneità litologica.

Verso sud, l'assetto stratigrafico è contraddistinto da marcata eterogeneità verticale e orizzontale; le caratteristiche granulometriche dei depositi alluvionali di bassa pianura evidenziano una distribuzione dei litotipi complessa, variabile da zona a zona, con improvvisi incrementi o riduzioni della frazione dominante.

L'architettura sedimentaria dell'area è con buona probabilità ascrivibile alle fasi finali di costruzione del conoide atesino, formato dai depositi fluvioglaciali trasportati a valle dai torrenti di ablazione. Il conoide, che costituisce un'unità morfologica di tipo complesso allungata in senso approssimativamente NW-SE, si estende infatti dal limite esterno dell'anfiteatro morenico del Garda (Chiusa di Ceraino) sino a Cerea e Legnago e, verso est, sino ai Monti Berici (Bosellini et al., 1967).

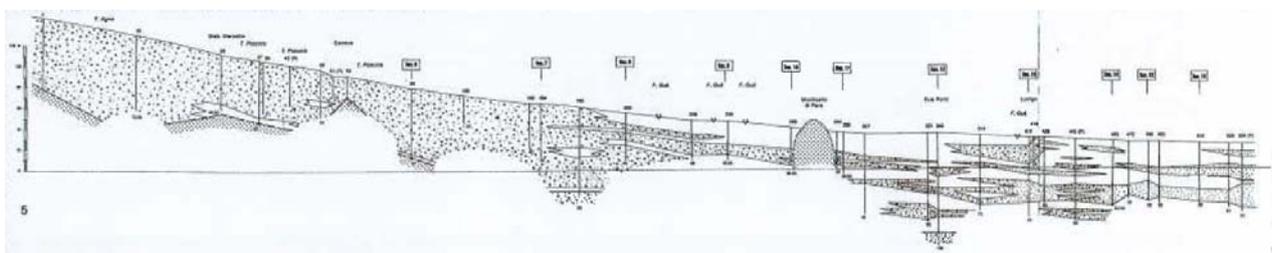
Il conoide ha sbarrato lo sbocco delle valli lessinee (comprese quelle del Chiampo e dell'Agno-Gua), talora anche risalendole per breve tratto, determinando la formazione di bacini successivamente colmati da depositi prevalentemente argillosoturbosi.

A questi depositi si sono sovrapposte le alluvioni grossolane dei corsi d'acqua attuali che, in alcuni casi (es. Agno-Gua) poterono espandersi sopra l'antica barriera costituita dalle alluvioni fluvioglaciali dell'Adige.

Lo spessore delle alluvioni è condizionato dalla morfologia del substrato roccioso ed è approssimativamente compreso tra 60÷70m in prossimità dei rilievi prealpini e oltre 200m in pianura. I litotipi prequaternari affiorano sui rilievi collinari dei Lessini e dei Berici che delimitano la piana alluvionale e in corrispondenza del Monticello di Fara.

Come si evince dalla sezione riportata in Figura 4, la piana intravalliva è caratterizzata da un materasso alluvionale a matrice prevalentemente ghiaioso-sabbiosa che dalla valle dell'Agno si estende, verso sud, fino al limite superiore della media pianura. In gran parte di quest'area, in corrispondenza dell'asse vallivo, la copertura alluvionale ha uno spessore superiore a 100m. La porzione sommitale del substrato roccioso, segnalata in alcune perforazioni, è di natura marnoso-argillosa.

I depositi alluvionali presentano granulometria molto grossolana, di natura prevalentemente calcarea, con matrice sabbiosa, e sono raramente accompagnati da sottili intercalazioni lentiformi limo-argillose sempre subordinate.



**Figura 1 - Sezione stratigrafica longitudinale tra Valle dell'Agno e pianura antistante. La comparsa dei depositi coesivi (in bianco) si verifica in corrispondenza dello sbocco in pianura della valle [fonte:Antonelli et al. 1993]**

## 1.5. Studio di Prefattibilità Ambientale

Come indicato nel D.Lgs. 50/2016, del presente studio di fattibilità fa parte una relazione di Prefattibilità Ambientale (Allegato B), redatta conformemente all'impostazione della procedura prevista dall'art.20 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n.207, che compete alla parte del Regolamento in vigore fino alla pubblicazione degli atti attuativi del decreto legislativo ancora mancanti.

Ai sensi della normativa richiamata, lo studio di Prefattibilità Ambientale è finalizzato a ricercare le condizioni che consentano un miglioramento della qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale interessato.

L'analisi comprende:

- a) La verifica, anche in relazione all'acquisizione dei necessari pareri amministrativi, di compatibilità dell'intervento con le prescrizioni di eventuali piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici sia a carattere generale che settoriale;

- b) Lo studio sui prevedibili effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulle componenti ambientali e sulla salute dei cittadini;
- c) L'illustrazione, in funzione della minimizzazione dell'impatto ambientale, delle ragioni della scelta del sito e della soluzione progettuale prescelta nonché delle possibili alternative localizzative e tipologiche;
- d) La determinazione delle misure di compensazione ambientale e degli eventuali interventi di ripristino, di qualificazione e di miglioramento ambientale e paesaggistico, con la stima dei relativi costi da inserire nei piani finanziari dei lavori;
- e) L'indicazione delle norme di tutela ambientale che si applicano all'intervento e degli eventuali limiti posti dalla normativa di settore per l'esercizio di impianti, nonché l'indicazione dei criteri tecnici che si intendono adottare per assicurarne il rispetto.

La relazione conclude evidenziando l'assenza di impatti negativi non mitigabili dei lavori sulle componenti ambientali considerate. Pertanto, il progetto risulta fattibile approfondendo l'analisi delle interferenze principali e adottando opportune misure di mitigazione per parte degli impatti attesi in fase di cantiere.

## **1.6. Indagine paesaggistica**

Come meglio approfondito all'interno della relazione di Prefattibilità Ambientale, essendo trascurabile l'incidenza vedutistica delle opere in fase di esercizio, né evidenziandosi interferenze con beni culturali o paesaggistici vincolati, ad eccezione delle fasce fluviali, o con emergenze naturalistiche di pregio, i potenziali effetti sul paesaggio sono ascrivibili essenzialmente alla fase di cantiere.

L'esecuzione dei lavori rappresenta un momento di alterazione del paesaggio locale. La possibilità di una buona sistemazione definitiva e di mitigazione degli impatti è legata al controllo degli aspetti che possono determinare impatti negativi, quali sbancamenti, movimenti di terra, uso di acqua. Gli interventi sono in ogni caso definiti in modo da correlarsi e integrarsi con le caratteristiche orografiche e morfologiche dei luoghi; la realizzazione della condotta, pur comportando movimenti di terra, non determina modifiche del naturale andamento topografico e morfologico che sarà ricostruito per tratti successivi di modesta entità.

Il progetto definitivo dell'opera sarà corredato di adeguata Relazione Paesaggistica ex DPCM 12.12.2005 in relazione all'obbligo di sottoporlo all'ente competente in quanto ricadente in

aree soggette a tutela ope legis affinché ne sia accertata la compatibilità paesaggistica e rilasciata l'autorizzazione ai sensi del D.Lgs. 42/04 e smi.

### **1.7. Verifica preventiva dell'interesse archeologico**

Lo studio di valutazione preventiva dell'interesse archeologico oggetto della presente relazione (Allegato 0C), è stato redatto in ottemperanza alla normativa vigente, in particolare all'art. 25 del D.Lgs 18 aprile 2016 n. 50 (Codice dei Contratti), in attuazione di quanto previsto dal D.Lgs 22 gennaio 2004 (Codice dei Beni Culturali).

Il documento ha la finalità di raccogliere tutte le informazioni disponibili per valutare il grado di probabilità che l'opera in progetto impatti siti di interesse archeologico, la cui presenza potrebbe condizionare la realizzazione dell'opera.

Lo studio consentirà alle Soprintendenze competenti (S.A.B.A.P. per l'area Metropolitana di Venezia e le province di Belluno, Padova e Treviso e S.A.B.A.P. per le province di Verona, Vicenza e Rovigo) di valutare l'opportunità di procedere a ulteriori accertamenti, previsti al comma 8 del citato art. 25, e ai progettisti di proporre eventuali modifiche al progetto.

### **1.8. Analisi del rischio bellico**

Trattandosi di cantiere temporaneo o mobile che prevede attività di scavo, le successive fasi progettuali dovranno essere oggetto di valutazione dei rischi da possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi da parte del Coordinatore della Sicurezza in Fase di Progettazione, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 come modificato dalla Legge 177/2012. Le risultanze della suddetta valutazione determineranno la necessità di effettuare la bonifica sistematica su tutto o parte del tracciato individuato.

### **1.9. Valutazione sismica**

In base all'Ordinanza 3274/03 del Presidente del Consiglio dei Ministri, le strutture acquedottistiche sono classificate come opere strategiche, il cui funzionamento dovrebbe essere garantito anche a seguito di un evento sismico.

Come evidenziato dalla seguente mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, le aree in cui si sviluppa il presente progetto rientrano parzialmente nella cosiddetta zona 3 a bassa sismicità, ovvero i comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

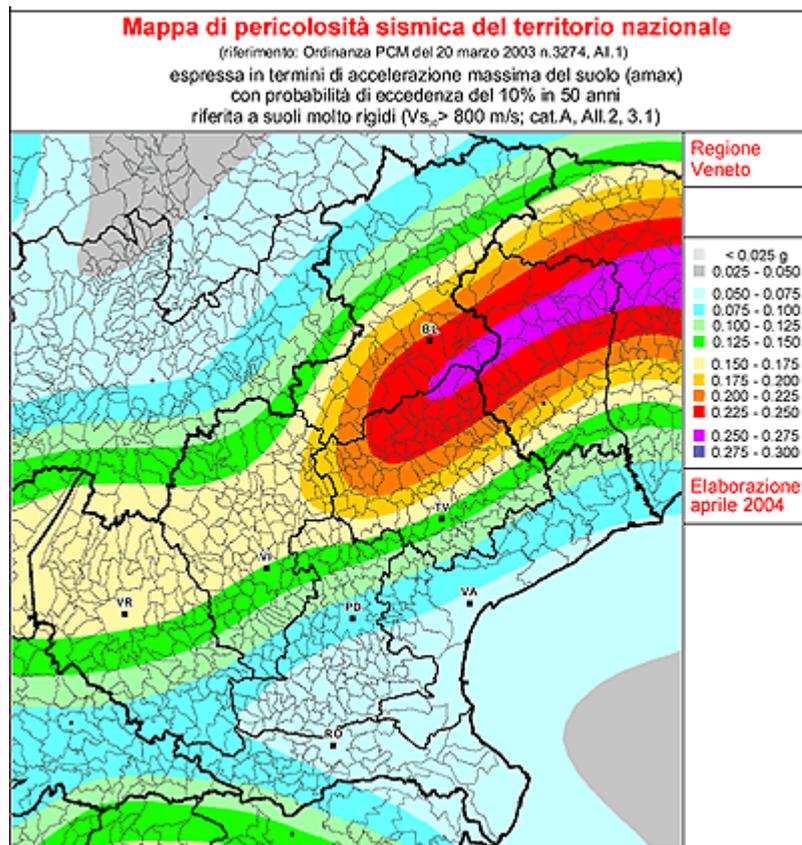


Figura 2

Si ritiene necessario, in fase di progettazione esecutiva, sviluppare un'adeguata valutazione sismica dell'opera, che tenga in considerazione la tipologia di giunto utilizzato, la natura dei terreni di posa, l'accelerazione massima (PGA) e la velocità massima (PGV) del suolo, al fine di quantificare le possibili deformazioni assiali e rotazionali ed il rischio di sfilamento del tubo.

## 2. Descrizione delle opere di progetto

### 2.1. Sviluppo dell'intervento di progetto

Le opere in progetto riguardano la posa di una condotta DN 1000 di collegamento fra il Comune di Brendola (VI), e la Centrale di Madonna di Lonigo (VI), per una lunghezza complessiva di 12.970 m circa, il cui tracciato si sviluppa all'interno dei comuni di Brendola, Sarego, Montebello Vicentino e Lonigo (VI).

## 2.2. Scelta dei materiali per le condotte

La scelta del materiale delle tubazioni (ghisa sferoidale per tutti i tratti in linea, acciaio per alcuni attraversamenti) è stata effettuata in sede di progettazione preliminare dello Schema del Veneto Centrale (S.A.Ve.C.), redatta dalla Regione e approvata dalla Giunta regionale con delibera n.3418 del 29.11.2002 e con parere della C.T.R.A. n.3109 del 19.09.2002. Il progetto in argomento, pur non facendo parte del S.A.Ve.C, ne rappresenta di fatto una diramazione e, come lo Schema, rientra nel Modello Strutturale degli Acquedotti. Per omogeneità e continuità, si ritiene pertanto di condividere in questa sede le precedenti determinazioni in relazione ai materiali utilizzati, riassumendo di seguito le considerazioni che, in quella sede, hanno portato alla preferenza della ghisa sferoidale.

La scelta del materiale da impiegare per le condotte assume una fondamentale importanza per una tipologia di progetto in cui l'affidabilità, il risparmio energetico e la durata nel tempo costituiscono le prerogative principali da garantire.

I diametri delle condotte previste nel progetto sono grandi, DN 1000 mm; le pressioni di esercizio sono di medio valore, fra 3 e 6 atmosfere, con possibilità di sovrappressioni istantanee di moto vario rilevanti, data la lunghezza della tratta.

In tali condizioni i materiali di tipo ferroso si prestano meglio di quelli plastici e cementizi.

L'attenzione viene rivolta quindi ai due materiali ferrosi come acciaio e ghisa sferoidale le cui caratteristiche peculiari ben si adattano a quelle del presente progetto.

L'acciaio è un materiale resistente e tenace che permette una facile lavorazione di carpenteria; ha peraltro il problema della protezione dalla corrosione nel tempo.

Esso verrà sicuramente usato in corrispondenza dei punti singolari della condotta come gli attraversamenti senza scavo di fiumi, canali, strade e per creare percorsi particolarmente complicati dal punto di vista planimetrico e costruttivo.

Su tronchi limitati è infatti più agevole e sicuro il controllo e il ripristino, in fase di costruzione della correttezza del rivestimento, in corso di esercizio del mantenimento dell'efficienza della protezione.

La ghisa sferoidale, invece, è un materiale metallico di elevata resistenza e durabilità che, a differenza dell'acciaio, non ha bisogno di particolari protezioni dalla corrosione come quelle attive catodiche od a corrente impressa.

Già in fase di produzione infatti ogni tubo viene rivestito con uno strato di zinco esternamente (o zinco alluminio) e con uno strato di cemento internamente, che preservano la parte resistente metallica dalle aggressioni elettrochimiche.

Per terreni particolarmente aggressivi è possibile aggiungere, sempre in fabbrica, un ulteriore rivestimento esterno aderente applicato per estrusione in polietilene o in poliuretano.

La giunzione fra tubo e tubo avviene con un ringrosso a bicchiere e con una guarnizione in gomma (elastomero idoneo al contatto con acqua potabile), evitando quindi quelle azioni di saldatura che nel caso dell'acciaio danneggiano l'integrità dei rivestimenti protettivi applicati in fabbrica.

Con la giunzione delle tubazioni realizzata per mezzo di giunti di tipo "a bicchiere" la tenuta è garantita dalla compressione radiale della guarnizione in elastomero.

Il rivestimento interno in malta cementizia posata per centrifugazione favorisce lo scorrimento, diminuisce le perdite di carico e garantisce nel tempo le prestazioni idrauliche.

In aggiunta la malta cementizia non agisce solo come semplice barriera, ma partecipa chimicamente alla protezione attraverso fenomeni passivi: durante il riempimento della condotta, l'acqua imbibisce poco a poco la malta di cemento arricchendosi di elementi alcalini.

Essa diventa così non corrosiva in prossimità della parete metallica.

La tecnologia odierna (norma UNI EN 545) permette la costruzione di condotte in ghisa sferoidale di ottima qualità e resistenza anche per condotte di grosso diametro (fino a 1500-2000 mm).

La condotta costituita dal materiale composito ghisa sferoidale e rivestimenti interni ed esterni solidali e applicati in fabbrica garantisce una vita utile del manufatto superiore ai 50 anni, elemento questo di interesse fondamentale per la natura stessa della rete progettata.

Nel presente progetto di fattibilità si prevede dunque di utilizzare, per tutti i tratti in linea, tubazioni in ghisa sferoidale.

Il costo di una condotta in linea di ghisa di diametro 1000 mm, comprensivo di tutti gli oneri, è equivalente a quello di una condotta in acciaio protetto; ma la ghisa sferoidale offre alcuni vantaggi che sono giudicati decisivi nel presente progetto:

- il rivestimento protettivo passivo è applicato e controllato direttamente in fabbrica e può essere tarato sulla effettiva aggressività dei terreni, senza necessità di protezioni attive da gestire nel tempo;

- il rivestimento cementizio interno continuo permette di mantenere le caratteristiche organolettiche dell'acqua che, per la configurazione e la dimensione della rete, potrebbe stazionare per lungo tempo nelle tubazioni;
- la dimensione e i tempi di cantiere di posa sono ridotti rispetto a quelli per la posa di tubi saldati in acciaio, per merito della lunghezza minore delle barre (6-8 m) e del tipo di giunto a bicchiere;
- la vita utile della condotta, senza necessità di interventi straordinari, è superiore a quella dell'acciaio e può superare ampiamente i 50 anni.

### **2.3. Criteri di scelta del tracciato e delle profondità di posa**

La scelta del tracciato è stata fatta sulla base delle considerazioni tecniche di seguito riportate:

- Limitazione di curve e manufatti.

Si è operato nel senso di ridurre al minimo necessario curve e manufatti complessi sia allo scopo di limitare al minimo le perdite di carico indotte che di evitare complicazioni in sede di costruzione dell'opera, salvaguardandone comunque la lunghezza complessiva.

- Posa della tubazione in adiacenza a elementi del territorio già consolidati e costituenti di fatto vincolo di inedificabilità quali canali e strade.

In assenza di strade di particolare rilevanza lungo il tracciato si è comunque cercato di sfruttare per quanto possibile il parallelismo a strade già esistenti.

- Disponibilità di spazi sufficienti per la posa di tubazioni di grande diametro.

La scelta del tracciato, già in sede di progetto, è stata condizionata principalmente dalla necessità di disporre di spazi sufficienti per agevolare la posa di tubazioni di rilevante diametro.

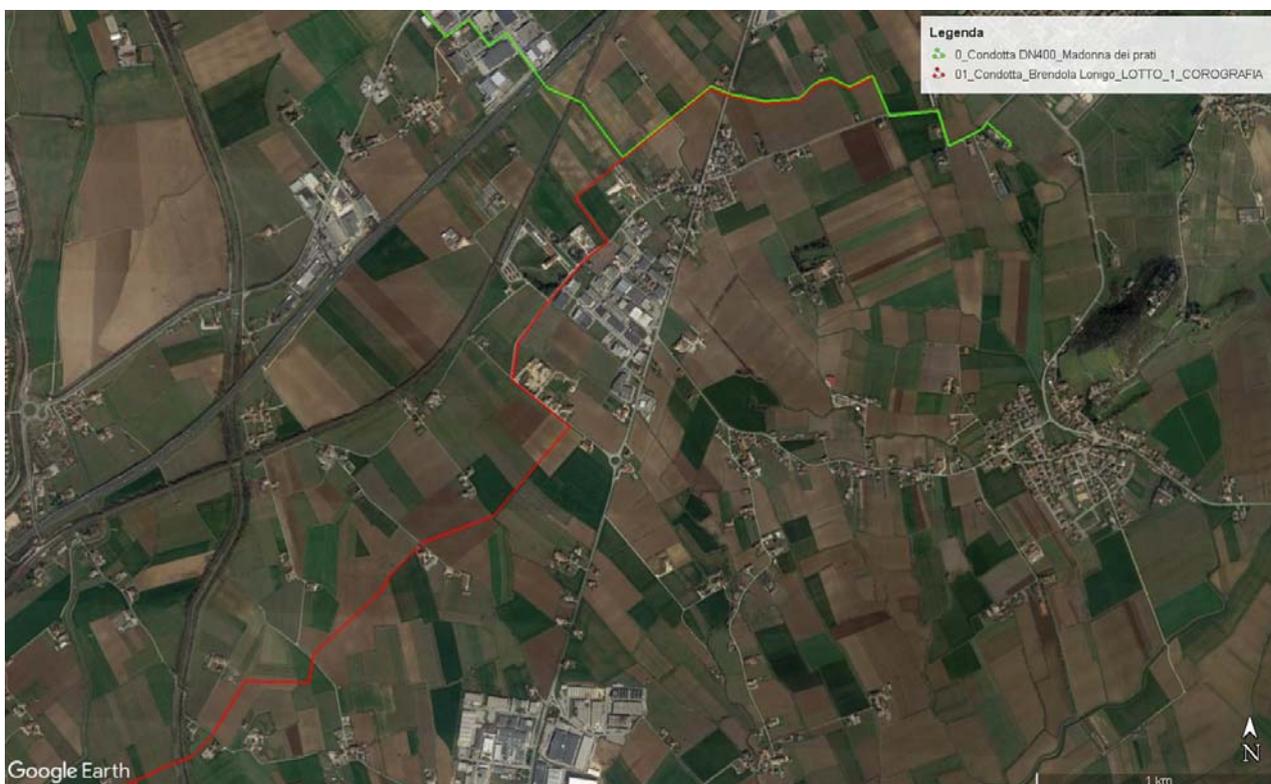
- Indicazioni preliminari degli enti locali e titolari di attraversamenti (Comuni, Consorzi di Bonifica...).

In particolare si è tenuto conto delle imposizioni in termini di regolamenti attuativi in merito alla sicurezza dei corpi idrici.

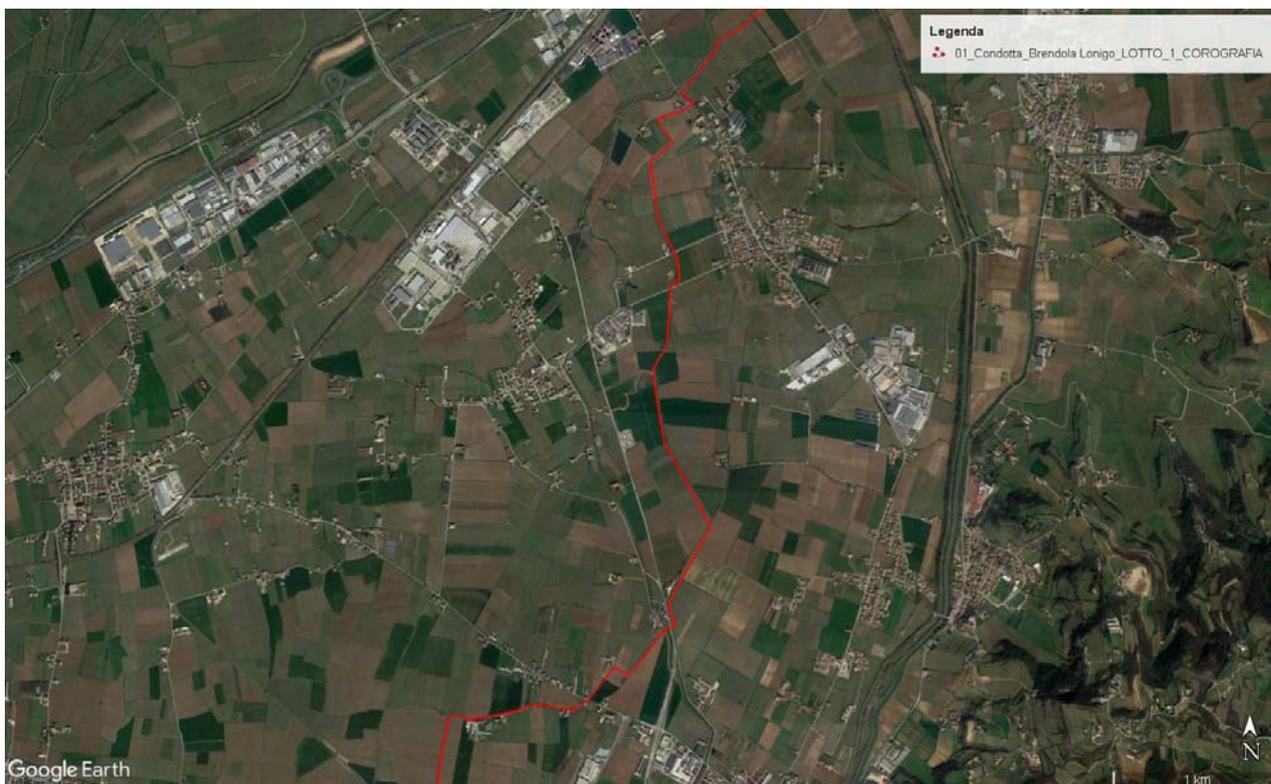
## 2.4. Descrizione del tracciato

La condotta DN 1000 inizia in Comune di Brendola (PD), in prossimità del fiume Brendola a nord di via Madonna dei Prati, dove è prevista la realizzazione del nodo d'interconnessione con la condotta DN 400 che prosegue per andare ad interconnettersi al pozzo Madonna dei Prati.

Per il primo tratto di lunghezza pari a circa 1.300,00 m la condotta corre in direzione est-ovest seguendo lo stesso tracciato delle condotte DN400 e DN250 di cui al successivo punto 2.2., fino ad attraversare la Strada Statale n.500. Le tre condotte corrono in parallelo in direzione sud-ovest per ulteriori 500 metri circa. Successivamente le condotte si diramano ed il DN1000 prosegue ancora in direzione sud-ovest affiancandosi, con due curve a 90°, prima a via Q.Sella per 750,00 m e poi a via Giolitti per altri 300,00 m, seguendo sostanzialmente l'andamento della Statale 500. A questo punto il tracciato devia di 90° in per proseguire nuovamente in direzione sud-ovest e per i successivi 2.400,00 m prosegue in campagna, allontanandosi dalla Statale e attraversando alcune viabilità secondarie tra cui Strada Cavallara e via Frigon, fino a raggiungere il Fiume Guà.



Superato quest'ultimo con tecnologia microtunnelling, rientra in comune di Sarego e prosegue per ulteriori 1.500,00 ml in campagna in direzione sud-ovest, senza incontrare alcun ostacolo, fino a raggiungere la S.P.18 della Favorita. Attraversata la strada il tracciato segue per circa 550,00 ml i confini comunali con andamento a zig-zag e devia in direzione sud ponendosi in affiancamento alla Roggia Pozzuola. Dopo circa 600,00 ml incontra via Misanello, che segna l'ingresso in comune di Lonigo. Dopo altri 200,00 ml passa anche via Casette e prosegue sempre verso sud in parallelismo alla Roggia Pozzuola, ma sulla riva opposta, per altri 1.500,00 m, fino all'immissione della stessa nella Roggia del Rio Comparolo. Quindi la condotta si pone in affiancamento a questa Roggia in direzione sud per raggiungere dopo 200,00 m via Marona che l'accompagna, in parallelismo, a raggiungere la SP17. 150,00 m più a sud devia di 90° verso ovest ed attraversa in unica soluzione la SP17 e via Due Ponti.



Da qui corre per 450,00 m in campagna, in direzione sud-ovest, per affiancarsi ad una laterale di via San Vettore che segue, anche dopo aver superato l'incrocio con via Rio Comparolo, per i successivi 900,00 m, fin quando devia ulteriormente di 90° in direzione sud. Ancora 900,00 m di campagna e un secondo attraversamento di via San Vettore, subito al di là della quale viene raggiunta la Centrale di Madonna di Lonigo.



## 2.5. Criteri di posa in opera delle tubazioni

### 2.5.1. Generalità

Le modalità di posa della condotta, vista la tipologia di terreni e le aree attraversate, avviene essenzialmente in campagna.

La modalità di posa in campagna deve assicurare un adeguato ricoprimento della condotta (1.2-1.7 m) per evitare che le operazioni legate alle coltivazioni agricole, come l'aratura e soprattutto la ripuntatura, possano danneggiarla.

La posa avviene in trincea a pareti verticali debitamente blindata secondo le seguenti procedure:

- rimozione preliminare dello strato vegetale (humus);
- larghezza al fondo dello scavo, da effettuarsi entro blindaggi del tipo a cassa chiusa o tipo Krings, pari almeno a 2,00 m per tubazioni DN 1000;
- posa della condotta su letto di pietrischetto (pezzatura 4÷12 mm) o sabbia, dello spessore di 25 cm opportunamente costipato e sistemato secondo le livellette di progetto;

- rinfilanco con pietrischetto (pezzatura 4÷12 mm) o sabbia, ben costipato;
- rinterro fino a 20 cm sopra la generatrice superiore da effettuarsi ancora con pietrischetto o sabbia;
- stesa del nastro monitore a circa 1 metro sotto il piano campagna in corrispondenza dell'asse della tubazione;
- rinterro dello scavo, fino a 30 cm dal piano campagna, con il materiale di scavo opportunamente vagliato e costipato secondo le indicazioni della D.L.;
- ripristino dello strato superficiale con riposizionamento del terreno vegetale precedentemente rimosso.

In alternativa potrà essere considerato lo scavo a natural declivio, purchè le caratteristiche del terreno lo consentano e vengano sempre rispettate le condizioni di sicurezza.

### 2.5.2. Giunti antisfilamento

L'antisfilamento dei giunti a bicchiere è una tecnica alternativa ai blocchi di ancoraggio in calcestruzzo per compensare gli effetti della spinta idraulica.

Esso è normalmente utilizzato per rendere più rapida la messa in opera delle tubazioni, evitare la realizzazione di complesse ed onerose opere civili il cui dimensionamento è fortemente condizionato dalle puntuali caratteristiche meccaniche del terreno.

Questa tecnica consiste nel rendere non sfilabili i giunti su una lunghezza sufficiente da una parte e dall'altra di una curva al fine di utilizzare le forze di attrito terreno/tubo per equilibrare la forza di spinta idraulica.

Il calcolo della lunghezza da rendere non sfilabile è indipendente dal sistema di antisfilamento utilizzato e viene determinata con l'applicazione del metodo Alabama, qui di seguito descritto, che pone l'equilibrio delle forze in gioco.

$$L = \frac{PS}{F_n} \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} * c$$

dove:

L = lunghezza da rendere non sfilabile (in m)

P = pressione di collaudo in cantiere (in Pa)

S = sezione trasversale (in m<sup>2</sup>)

θ = angolo della curva (in radianti)

c = coefficiente di sicurezza (1.2)

$F_N =$  forza di attrito per metro tubo (in N) =  $K \cdot f \cdot (2W_e + W_p + W_w)$

Dove:

$K =$  coefficiente ripartizione pressioni del rinterro attorno al tubo (funzione del compattamento) = 1.1 ÷ 1.5

$f =$  coefficiente di attrito terreno/tubo =  $\alpha_2 \cdot \text{tg}(0.8\varphi)$

$W_p =$  peso a metro del tubo vuoto (in N/m)

$W_w =$  peso a metro dell'acqua (in N/m)

$W_e =$  peso a metro del rinterro (in N/m) =  $\gamma H D \alpha_1$

$\gamma =$  peso specifico del terreno (N/m<sup>3</sup>)

$H =$  altezza di copertura (m)

$D =$  diametro esterno del tubo (in m)

$\alpha_1 =$  2/3 (collaudo con giunti scoperti)

$\varphi =$  angolo d'attrito del terreno di ricoprimento (rad)

$\alpha_2 =$  1 per tubo rivestito in zinco + strato di vernice

$\alpha_2 =$  2/3 per tubo rivestito in polietilene o in poliuretano aderente

Nel caso dell'utilizzo di rivestimento con manicotto in PE bisogna considerare la seguente relazione per la determinazione di  $K \cdot f$  e scegliendo il valore minore rispetto a 0.3:

$K \cdot f = \min (K \cdot 2/3 \cdot \text{tg}(0.8\varphi) ; 0.3)$

Dall'applicazione del metodo illustrato si ottengono le lunghezze di progetto da prevedere per le tratte antisfilamento. Nella tabella che segue vengono riportate, per le tubazioni con tutti i tipi di rivestimento esterno (rivestimento classico zinco 200gr/mq + vernice epossidica/bituminosa; classico + manicotto non aderente in Pebd), il calcolo delle lunghezze antisfilamento in funzione delle diverse pressioni e del tipo di curva.

Si tenga conto che la pressione di collaudo è generalmente pari a 7,5 bar, pressione utilizzata per la definizione in sede definitiva delle lunghezze antisfilamento.

Tabella 3-1

**CALCOLO LUNGHEZZE ANTISFILAMENTO PER TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE  
METODO ALABAMA**

L= lunghezza da rendere non sfilabile (m)  
P= pressione di collaudo in cantiere (bar)  
S= sezione trasversale (m<sup>2</sup>)  
J= coefficiente in funzione della curva  
Fr= forza d'attrito per metro di tubo (kg)  
c= coefficiente di sicurezza  
O1= angolo di attrito terreno (rad)  
O1= angolo di attrito terreno (grad)  
Presenza di falda (1 se SI, 0 se NO)

W= peso specifico terreno (kg/m<sup>3</sup>)  
Wp= peso a metro tubo vuoto (kg/m)  
Wa= peso a metro dell'acqua (kg/m)  
We= peso a metro del riporto (kg/m)

f= coefficiente di attrito terreno/tubo (rad)  
alfa2= coefficiente attrito terra-tubo (1 tubo normale, 0.67 con manicotto PE)  
K= coefficiente ripartizione pressioni intorno al tubo (1,1-1,5 asseconda il compattamento)

alfa1 = 2/3 per collaudo a quinto scoperto  
D= diametro tubo (m)  
H= altezza di copertura (m)

inserire

piatto di chiusura = 1  
curva 90° = 0.7854  
curva 45° = 0.4880  
curva 22.3° = 0.2734  
curva 11.15° = 0.1450

**CALCOLO LUNGHEZZA ANTISFILAMENTO PER TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE con diversi tipi di rivestimento esterno (DIAM.1200 mm)**

D (mm)	Tipo di elemento	P (bar)	S (m <sup>2</sup> )	H (m)	alfa 1	alfa 2	K	W (kg/mc)	Wp (kg/m)	Wa (kg/m)	We (kg/m)	falda	fi (grad)	f (rad)	K+f	rivestimento esterno	c	Fn (kg)	J	L-calcolo (m)	L-prog (m)	terreno sabbioso				
																						0.15	0.15			
1200	curva 11°15'	7.5	1.13	1.2	0.67	0.67	1.1	2000	506	0	1929.6	si	30	0.52	0.30	manicotto PE	1.2	1431.55	0.15	10.3	16	0.15	10.3			
	curva 22°30'																							0.27	19.4	24
	curva 45°																							0.49	34.7	40
1200	curva 11°15'	7.5	1.13	1.2	0.67	1	1.1	2000	506	0	1929.6	si	30	0.52	0.44	normale	1.2	2136.64	0.27	13.0	16	0.27	13.0			
	curva 22°30'																							0.49	23.2	24
	curva 45°																							0.79	37.4	40
1200	curva 11°15'	10	1.13	1.2	0.67	0.67	1.1	2000	506	0	1929.6	si	30	0.52	0.30	manicotto PE	1.2	1431.55	0.15	13.7	16	0.15	13.7			
	curva 22°30'																							0.27	25.9	32
	curva 45°																							0.49	46.2	48
1200	curva 11°15'	10	1.13	1.2	0.67	1	1.1	2000	506	0	1929.6	si	30	0.52	0.44	normale	1.2	2136.64	0.27	17.4	24	0.27	17.4			
	curva 22°30'																							0.49	31.0	32
	curva 45°																							0.79	49.9	56
1200	curva 11°15'	7.5	1.13	1.2	0.67	0.67	1.1	2000	506	0	1929.6	si	40	0.70	0.42	manicotto PE	1.2	2009.03	0.15	7.3	8	0.15	7.3			
	curva 22°30'																							0.27	13.8	16
	curva 45°																							0.49	24.7	32
1200	curva 11°15'	7.5	1.13	1.2	0.67	1	1.1	2000	506	0	1929.6	si	40	0.70	0.62	normale	1.2	2998.56	0.15	4.9	8	0.15	4.9			
	curva 22°30'																							0.27	9.3	16
	curva 45°																							0.49	16.6	24
1200	curva 11°15'	10	1.13	1.2	0.67	0.67	1.1	2000	506	0	1929.6	si	40	0.70	0.42	manicotto PE	1.2	2009.03	0.15	9.8	16	0.15	9.8			
	curva 22°30'																							0.27	18.5	24
	curva 45°																							0.49	32.9	40
1200	curva 11°15'	10	1.13	1.2	0.67	1	1.1	2000	506	0	1929.6	si	40	0.70	0.62	normale	1.2	2998.56	0.15	6.6	8	0.15	6.6			
	curva 22°30'																							0.27	12.4	16
	curva 45°																							0.49	22.1	24
1200	curva 11°15'	10	1.13	1.2	0.67	1	1.1	2000	506	0	1929.6	si	40	0.70	0.62	normale	1.2	2998.56	0.15	35.5	40	0.15	35.5			
	curva 22°30'																							0.27	49.9	56
	curva 45°																							0.49	79.9	104

## 2.6. Attraversamenti

Durante la fase di posa delle condotte ci si trova di fronte al problema di superare alcuni ostacoli particolari che la normale posa in trincea non permette di affrontare.

Questi ostacoli sono rappresentati dai grandi fiumi, canali, scoli, rilevati ferroviari e stradali.

La tecnologia odierna permette l'uso di tecniche costruttive innovative che assicurano:

- rapidità esecutiva dell'opera;
- sicurezza di svolgimento delle lavorazioni;
- rispetto dei tempi e dei preventivi di spesa programmati;
- assenza di imprevisti e danni alle strutture già esistenti (sia fabbricati che sottoservizi);
- minimo disturbo del cantiere alle attività di superficie sia sociali che economiche.

Nella tabella 1 che segue vengono riassunti tutti gli attraversamenti da parte della condotta di progetto DN 1000 e la tipologia di attraversamento.

<b>ATTRAVERSAMENTO</b>	<b>TIPOLOGIA</b>
Via Madonna dei Prati (laterale)	Cielo aperto
Strada Statale 500 – via Cavour	Microtunnel
Via Q. Sella (laterale)	Cielo aperto
Via Q. Sella	Cielo aperto
Via G. Giolitti	Cielo aperto
Strada Cavallara – Località Cason	Cielo aperto
Contrada Frigon	Cielo aperto
Contrada Frigon	Cielo aperto
Fiume Guà	Microtunnel
S.P. n.18 – Della Favorita	Microtunnel o Pressotrivellazione
Via Misanello	Cielo aperto
Roggia Pozzuola	Sifone in acciaio
Via Casette	Cielo aperto
Roggia del Rio Comparolo	Sifone in acciaio
Via Marona di Sopra	Cielo aperto

S.P. n.17 – Di Almisano	Microtunnel o Pressotrivellazione
Rio Acquetta	Sifone in acciaio
Via Due Ponti	Cielo aperto
Via S. Vettore	Cielo aperto
Strada del Basegan	Cielo aperto
Via S. Vettore	Cielo aperto

**Tabella 1**

Le tecnologie normalmente in uso differiscono a seconda della tipologia di attraversamento e della sua importanza nell'ambito della costruzione dell'opera e vengono presentate qui di seguito assieme alle principali caratteristiche operative.

### **2.6.1. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante posa sifone**

Nei punti in cui il tracciato della condotta interseca piccoli scoli o rii di modesta profondità, risulta necessario passare con la tubazione al di sotto dell'alveo del corso d'acqua ad una profondità tale (1,5 m minimo di copertura dell'estradosso superiore) da garantire la protezione della condotta dalle erosioni dovute al flusso dell'acqua ed impedire lo scalzamento della condotta stessa.

In questi casi, vista la modesta entità della portata fluente, si scava trasversalmente alla sua sezione una trincea per permettere la posa di un sifone in acciaio costruito fuori opera che colleghi le due sponde opposte del corso d'acqua.

Naturalmente bisogna prevedere la possibilità di intercettare la portata fluente nel corso d'acqua e by-passarla all'esterno della zona di scavo attraverso un adeguato sistema di pompe e condotte.

Successivamente il sifone posato verrà interrato e sarà ripristinata la continuità del corso d'acqua fra monte e valle della zona di attraversamento.

Il sistema di by-pass della portata dell'alveo deve essere dimensionato in modo da smaltire un valore medio della stessa.

Naturalmente è preferibile scegliere un periodo, per l'esecuzione dei lavori, in cui l'alveo sia in condizioni di magra; ma nel caso si verificasse un evento pluviometrico eccezionale deve essere prevista la possibilità di lasciare defluire liberamente la portata di piena nell'alveo,

allagando provvisoriamente il cantiere e la trincea di posa in subalveo, nell'attesa dell'esaurimento dell'evento stesso.

Il sifone, se di dimensioni importanti, è realizzato in subalveo con tubazione in acciaio L 275, DN 1000, spessore minimo 12,5 mm (sec. UNI EN 10224/04), rivestimento esterno in Pead triplo strato applicato per estrusione (sec. UNI EN 9099 o DIN 30670), rivestimento interno malta cementizia idonea al contatto con acqua potabile (sec. DIN 2614/90), saldato fuori opera secondo la forma e le dimensioni di progetto.

Nelle zone di saldatura è necessario operare una ripresa del rivestimento esterno con manicotto tipo "Raychem" e di quello interno mediante ripresa della malta cementizia.

La parte inferiore orizzontale del sifone verrà incamiciata con tubo in acciaio L 275, DN = 1200 mm, con lo scopo di proteggere il sifone stesso da operazioni di scavo per la manutenzione dell'alveo.

Si prevede, in genere, di proteggere le sponde dell'alveo per una fascia di almeno 10 m in asse con la condotta, mediante l'infissione al piede delle sponde di pali in legno di diametro 20 cm, lunghezza 3 m, interasse 1 m e la posa di geotessuto di adeguate caratteristiche meccaniche e pietrame sciolto.

Per il sifone e per il tubo camicia in attraversamento è previsto un impianto di protezione catodica, mediante anodo sacrificale, in grado di garantire, in ogni punto della struttura, un valore minimo assoluto di protezione di  $-0.85$  V verso terra, misurato rispetto all'elettrodo di riferimento standard Cu-CuSO<sub>4</sub>, di cui sarà dotato il posto di protezione catodica (P.P.C.) ed ogni cassetta di misura (nella quale verrà previsto un voltmetro interruttore) con protezione stagna, morsetti, cavi di collegamento alla tubazione e all'elettrodo di riferimento.

L'attraversamento dovrà essere opportunamente segnalato a mezzo di paline.

### **2.6.2. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante pressotrivella**

Questa soluzione, che consente la posa del tubo per brevi tratti senza scavo a cielo aperto, è di rapida esecuzione rispetto ad altre.

Le fasi costruttive dell'opera di attraversamento possono essere così schematizzate:

- sbancamento, pulizia delle aree e allestimento viabilità e recinzioni;
- creazione del pozzo di spinta (perimetro in pianta rettangolare 7.50÷10.50 x 3.50 m) lungo la trincea di posa appena prima del ciglio della strada con infissione di palancole tipo

- Larsen di lunghezza adeguata alla profondità di scavo ed impianto di well-point per il prosciugamento della falda;
- creazione del pozzo di arrivo (perimetro in pianta rettangolare 2.00÷4.00 x 3.50 m) lungo la trincea di posa appena dopo il ciglio della strada con infissione di palancole tipo larsen di lunghezza adeguata alla profondità di scavo ed impianto di well-point per il prosciugamento della falda;
  - infissione nel terreno di tubo di rivestimento in acciaio a testata aperta L 275 UNI EN 10224/04, DN 1200, sp. 16,0 mm, L = 6 m (lunghezza barre), mediante spinta con un battente pneumatico che agisce direttamente sull'estremità della condotta. La perforazione avviene dal pozzo di spinta dove viene posizionata la prima barra alla quale è applicata posteriormente un battipalo orizzontale, inclusa la rimozione del materiale all'interno della condotta mediante un getto d'acqua o di aria in pressione;
  - posa della condotta in acciaio L 275, DN 1000, spessore minimo 12,5 mm (sec. UNI EN 10224/04), rivestimento esterno in Pead triplo strato applicato per estrusione (sec. UNI EN 9099 o DIN 30670), rivestimento interno malta cementizia idonea al contatto con acqua potabile (sec. DIN 2614/90), all'interno del tubo camicia in acciaio DN 1200, mediante infilaggio con distanziatori;
  - saldatura alla condotta in acciaio di cui al p.to precedente di giunto dielettrico DN 1000 da ambo le parti;
  - posa della condotta in ghisa sferoidale DN 1000, prima e dopo la strada, opportunamente raccordata ai giunti dielettrici, e posata all'interno dell'usuale pacchetto (letto di 25 cm, rinfiacco, ricoprimento di 20 cm) in pietrischetto pezzatura 4÷12 mm o sabbia.
  - eventuale realizzazione di camerette in c.a. per alloggiamento apparecchiature e montaggio delle stesse apparecchiature;
  - impianto di protezione catodica, per la condotta e per il tubo camicia in attraversamento, mediante anodo sacrificale, contro le correnti vaganti in grado di garantire, in ogni punto della struttura, un valore minimo assoluto di protezione di  $-0.85$  V verso terra, misurato rispetto all'elettrodo di riferimento standard Cu-CuSO<sub>4</sub>, di cui sarà dotato il posto di protezione catodica (P.P.C.) ed ogni cassetta di misura (nella quale verrà previsto un voltmetro interruttore) con protezione stagna, morsetti, cavi di collegamento alla tubazione e all'elettrodo di riferimento.
  - smontaggio del cantiere con rimozione di tutte le attrezzature compreso il palancoleto, sistemazione e pulizia dell'area.

- segnalazione dell'attraversamento a mezzo di paline.

### **2.6.3. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante microtunneling**

Nel caso in cui sia necessario realizzare attraversamenti di strade importanti e molto trafficate per le quali l'interruzione del flusso provocherebbe forti disagi per il traffico, o quando si debbano superare rilevati stradali, autostradali, ferroviari o corsi d'acqua anche imponenti, si rendono utili le tecnologie di attraversamento senza scavo a cielo aperto (no dig).

La peculiarità delle tecnologie no dig con fronte di scavo "chiuso", è quella di scongiurare fenomeni di franamento del fronte di scavo e conseguenti gravi problemi alle infrastrutture attraversate.

I sistemi senza scavo sono contraddistinti da un elevato grado di meccanizzazione e richiedono pertanto un impiego di mano d'opera sostanzialmente inferiore rispetto alla posa convenzionale.

La costruzione di microgallerie (microtunnel) garantisce un rendimento qualitativo di alto valore.

A ciò concorre il fatto che i tubi per la posa con microtunnelling presentano delle tolleranze estremamente basse.

Si tratta di prodotti di qualità particolarmente sicuri e durevoli, dal momento che devono affrontare le specifiche esigenze e i carichi dettati dalla spinta.

Le tecniche di comando delle macchine garantiscono inoltre una più elevata precisione di posa rispetto alla costruzione di canalizzazioni convenzionale.

La costruzione con microtunnelling presenta inoltre vantaggi dal punto di vista della sicurezza e dell'ecologia, in quanto ha un impatto assai minore rispetto ad uno scavo tradizionale a cielo aperto sia per quanto concerne i volumi di terreno movimentati che per quanto concerne i costi sociali conseguenti all'interruzione dell'infrastruttura attraversata.

I microtunnel proposti nel presente progetto sono realizzati con il sistema di avanzamento di tubi a scudo, che prevede l'avanzamento dei tubi contemporaneo alla rimozione del terreno tramite una testa a rotazione oraria e antioraria azionata direttamente.

La rimozione del terreno di scavo avviene mediante un circuito idraulico costituito da:

- Una pompa di alimentazione, installata al livello del terreno;
- Una pompa aspirante nella fossa di spinta;

- Un gruppo di separazione del materiale estratto dal fluido di trasporto;
- Come fluido di trasporto viene normalmente utilizzata l'acqua ma, nel caso di attraversamenti di notevole lunghezza al fine di limitare l'attrito laterale in fase di spinta, viene impiegata una sospensione di bentonite eventualmente additivata con polimeri che garantisce una maggior lubrificazione del foro.

La dimensione del cantiere di spinta è di circa 1000-1500 mq, mentre il cantiere della fossa di arrivo è di circa 500-1000 mq.

Le modalità costruttive consistono essenzialmente in:

- sbancamento superficiale di livellazione delle aree di cantiere;
- infissione di palancoato larssen per la realizzazione del pozzetto di spinta del microtunneling o, in alternativa, realizzazione di pozzetto di spinta permanente in conglomerato cementizio armato con tecnica "autoaffondante";
- infissione di palancoato larssen per la realizzazione del pozzetto di arrivo del microtunneling o, in alternativa, realizzazione di pozzetto di arrivo permanente in conglomerato cementizio armato con tecnica "autoaffondante";
- aggettamento puntuale della falda, attorno al palancoato larssen, per una profondità superiore al fondo dello scavo;
- scavo all'interno del palancoato per la realizzazione del pozzo di spinta e di quello di arrivo della perforazione;
- costruzione del muro reggispinga in calcestruzzo all'interno del pozzo di spinta, sul lato opposto a quello di perforazione;
- perforazione in microtunneling rettilinea o con curvatura verticale per la posa di tubo camicia in calcestruzzo per microtunnelling DN 1400, sp. 160 mm, L = 2,98 m;
- Posa della condotta in acciaio L 275, DN 1000, spessore minimo 12,5 mm (sec. UNI EN 10224/04), rivestimento esterno in Pead triplo strato applicato per estrusione (sec. UNI EN 9099 o DIN 30670), rivestimento interno malta cementizia idonea al contatto con acqua potabile (sec. DIN 2614/90), all'interno del tubo camicia per microtunnelling DN 1400, mediante infilaggio con distanziatori, e successiva connessione con le apparecchiature contenute nei pozzetti di estremità. L'intercapedine così costituita è in grado di convogliare nel pozzetto di estremità la portata derivante da un'eventuale rottura della condotta.
- realizzazione dei pozzetti di alloggiamento delle apparecchiature e montaggio delle stesse;

- estrazione del palancoolato larssen attorno ai pozzettoni di estremità per un suo successivo riutilizzo;
- connessione della condotta di attraversamento con quella in ghisa sferoidale;
- ripristini, sistemazioni esterne finali e recinzione delle aree occupate dai pozzetti, oggetto di esproprio permanente, con cancello carrabile per l'accesso alle stesse;
- segnalazione dell'attraversamento a mezzo di paline.

### 3. Preventivo di spesa

L'importo complessivo previsto per la realizzazione del progetto ammonta complessivamente a **14.300.000,00 euro** di cui: **11.900.000,00 euro** soggetti a ribasso d'asta per lavori e forniture, **300.000,00 euro** non soggette a ribasso d'asta per l'attuazione dei piani di sicurezza, **2.100.000,00 euro** per le somme a disposizione dell'amministrazione.

## QUADRO ECONOMICO

(al netto di I.V.A.)

### A. - Lavori e forniture

A.1. - Tratto Brendola (nodo A7A) - Centrale di Lonigo	€ 11.900.000,00		
	<b>Sommano (A.)</b>	<b>€</b>	<b>11.900.000,00</b>

### B. - Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza

B.1. - Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza	€ 300.000,00		
	<b>Sommano (B.)</b>	<b>€</b>	<b>300.000,00</b>

### C. - Somme a disposizione dell'Amministrazione

C.1. - Lavori in economia previsti in progetto ed esclusi dall'appalto	€ 150.000,00		
C.2. - Allacciamenti ai pubblici servizi (ENEL)	€ 15.000,00		
C.3. - Imprevisti	€ 176.000,00		
C.4. - Acquisizione aree, servitù, occupazioni e danni	€ 500.000,00		
C.5. - Spese tecniche			
C.5.1. - Progettazione definitiva ed esecutiva e coord. sicurezza in fase progettuale (compresa valutazione rischio bellico)	€ 380.000,00		
C.5.2. - Rilievi topografici - Indagini ed accertamenti geologici	€ 60.000,00		
C.5.3. - Direzione Lavori e contabilità - Coordinamento per la sicurezza in fase esecutiva	€ 380.000,00		
C.5.4. - Attività archeologiche di supporto al cantiere (assistenza allo scavo, indagini e saggi, relazione)	€ 40.000,00		
C.5.5. - Spese per attività tecnico/amm.ve per supporto al RUP ed attività di verifica e validazione	€ 40.000,00		
C.5.6. - Incentivi di cui all'art. 113 del D.Lgs. 50/2016	€ 254.000,00		
C.5.7. - Verifiche e collaudo tecnico/amministrativo	€ 50.000,00		
C.6. - Spese per commissioni giudicatrici	€ 10.000,00		
C.7. - Spese per pubblicità (pubblicazioni espropri, pubblicità procedure di gara)	€ 15.000,00		
C.8. - Prove ed indagini in corso d'opera	€ 30.000,00		
	<b>Sommano (C.)</b>	<b>€</b>	<b>2.100.000,00</b>

**Totale (A.) + (B.) + (C.) € 14.300.000,00**