

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  
PIAZZOLA SUL BRENTA (PD) - BRENDOLA (VI)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

ALLEGATO	<b>RELAZIONE</b>			SCALA
<b>A</b>	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA			
<b>COMMITTENTE</b> VENETO ACQUE S.p.A. Via Torino, 180 30172 Venezia - Mestre tel. 041-5322960 - fax 041-5329162 e-mail info@venetoacque.it	<b>PROGETTAZIONE</b> VENETO ACQUE S.p.A. UFFICIO TECNICO Ing. Marco ONOFRIO			
<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b> VENETO ACQUE S.p.A. Ing. Francesco TREVISAN				
Codice elaborato	Revisione	Motivo	Redazione	Data
VA0180AFAT00R0	00	PRIMA EMISSIONE	M.O.	Ottobre 2017

# INDICE

<b>1. PREMESSE</b> .....	<b>2</b>
1.1. MODELLO STRUTTURALE ACQUEDOTTI DEL VENETO (MOSAV): PRINCIPI E INDIRIZZI .....	3
1.2. INTERVENTI DI PROGETTO E OPERE COMPLEMENTARI .....	6
1.2.1. Generalità .....	6
1.2.2. Nodo di interconnessione A6 con sistema di produzione "Moracchino" .....	7
1.2.3. Nodo di interconnessione A5 con sistema di produzione "Bertesina e Abbadia-Polegge" .....	7
1.2.4. Nodo di interconnessione A4 con sistema di produzione "Vicenza- Caldogno" .....	8
1.2.5. Nodo di interconnessione A3-A2 sistema di produzione "Dueville- Camazzole" .....	8
1.2.6. Nodo di interconnessione A1 con sistema di produzione "Camazzole" .....	9
1.3. INDAGINI PRELIMINARI SVOLTE .....	9
1.4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....	10
1.5. STUDIO PRELIMINARE SULL'IMPATTO AMBIENTALE .....	10
1.6. INDAGINE PAESAGGISTICA .....	17
1.7. VERIFICA PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO .....	18
1.8. ANALISI DEL RISCHIO BELLICO .....	19
1.9. VALUTAZIONE SISMICA .....	19
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO</b> .....	<b>21</b>
2.1. SVILUPPO DELL'INTERVENTO DI PROGETTO .....	21
2.2. SCELTA DEI MATERIALI PER LE CONDOTTE.....	21
2.3. CRITERI DI SCELTA DEL TRACCIATO E DELLE PROFONDITÀ DI POSA .....	23
2.4. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO .....	24
2.5. CRITERI DI POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI .....	28
2.5.1. Generalità .....	28
2.5.2. Giunti antisfilamento .....	29
2.6. ATTRAVERSAMENTI .....	33
2.6.1. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante posa sifone.....	36
2.6.2. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante pressotrivella.....	37
2.6.3. Considerazioni sulla tecnica di attraversamento in subalveo mediante microtunneling.....	39
<b>3. PREVENTIVO DI SPESA</b> .....	<b>41</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 è stata sviluppata 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 di parte della prima direttrice d'intervento est-ovest, ovvero il collegamento tra il comune di Piazzola sul Brenta (PD) e il Comune di Brendola (VI) che, unitamente alla tratta Brendola (VI) – Centrale di Madonna di Lonigo (VI) (facente parte di un altro progetto), è finalizzata all'adduzione di portate di risorsa idropotabile dalle aree pedemontane del fiume Brenta ed è già prevista all'interno del Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto.

### **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 innovativi 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 raggiungibile 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.

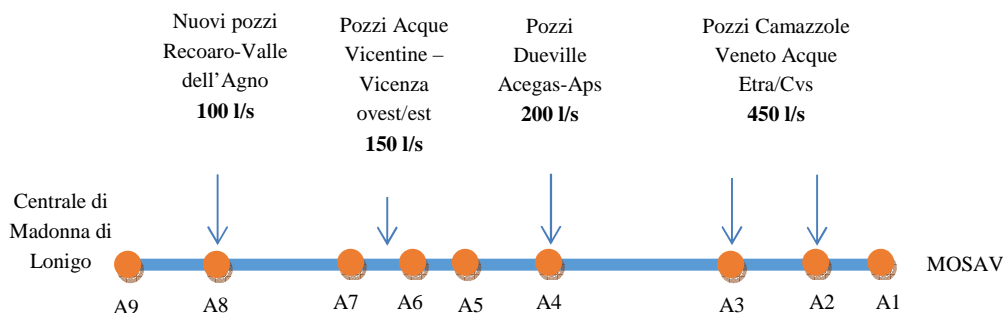
## 1.2. Interventi di progetto e opere complementari

### 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 di inquinamento da PFAS.

Per motivi legati alla funzionalità ed all'economicità realizzativa, tale dorsale è stata suddivisa in due tratte distinte: la prima, di lunghezza pari a circa 13.000 ml, che arriva alla Centrale di Madonna di Lonigo (Nodo A9) e parte dal Comune di Brendola (VI), in prossimità del pozzo di via Madonna dei Prati, dove verrà realizzato il collegamento con la condotta proveniente dalla Valle dell'Agno (Nodo A7); la seconda, di lunghezza pari a circa 32.000 ml e oggetto della presente relazione, che intercetta in Comune di Piazzola sul Brenta (PD) l'esistente condotta DN1200 proveniente da Carmignano di Brenta (Nodo A1) e la collega con il Comune di Brendola (VI), in corrispondenza del Nodo A7. Tali interventi si sviluppano lungo la dorsale che attraversa i comuni di Piazzola sul Brenta (Nodo A1), Gazzo, Camisano Vicentino, Torri di Quartesolo, Vicenza, Altavilla Vicentina, Montecchio Maggiore, Brendola (intersezione tra prima e seconda tratta, Nodo A7), Sarego, Montebello Vicentino e Lonigo (Nodo A9), e misurano complessivamente 45 Km.

Lungo il suo percorso tale condotta di grande diametro 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.



Si riepilogano di seguito schematicamente le caratteristiche di tali interventi, limitatamente a quelli d'interesse della tratta in esame (da Nodo A1 a Nodo A7), individuando i punti di forza e le criticità degli stessi.

### **1.2.2. Nodo di interconnessione A6 con sistema di produzione "Moracchino"**

Descrizione: Trattasi dell'interconnessione del sistema di produzione "Moracchino" con la grande condotta di gronda. Si prevede di intercettare la condotta DN400-500, già in fase di progettazione preliminare a cura di Acque Vicentine S.p.a, utile al potenziamento dell'alimentazione della rete di distribuzione della zona industriale ovest di Vicenza dal sistema Moracchino-centrale di Viale Trento ed in grado di aumentare la disponibilità di fornitura in zona industriale ovest di Vicenza di circa 60 l/s medi da poter dedicare all'alimentazione della condotta Piazzola-Madonna di Lonigo. Oltre al manufatto di interconnessione vi è la necessità di prolungare la condotta di potenziamento in fase di progettazione da parte di Acque Vicentine di circa 2.200 metri, in funzione del posizionamento definitivo della dorsale Piazzola sul B.-Madonna di Lonigo.

Lunghezza: 2.200 ml

Diametro: DN400

Fonti interessate: Sistema di produzione "Moracchino" per una portata da dedicare alla dorsale Piazzola sul B.-Amisano di circa 60 l/s.

Costi: € 1.100.000, per il calcolo dell'investimento necessario alla realizzazione della condotta DN 400 si è tenuto conto di un prezzo unitario di 400 €/ml, oltre al nodo di interconnessione.

Punti di forza: Realizzata la condotta di gronda di collegamento tra Piazzola sul Brenta e la Centrale di Madonna di Lonigo, tale interconnessione rappresenta una importante opportunità di interconnessione per immettere risorsa idropotabile di buona e garantita qualità nella rete acquedottistica regionale.

Criticità: La soluzione non presenta criticità.

### **1.2.3. Nodo di interconnessione A5 con sistema di produzione "Bertesina e Abbadia-Polegge"**

Descrizione: Trattasi dell'interconnessione del sistema di produzione "Bertesina e Abbadia-Polegge" con la grande condotta di gronda. Si prevede di intercettare la condotta intercomunale della Riviera Berica esistente gestita da Acque Vicentine S.p.a., la quale è in grado di riservare all'acquedotto regionale una portata di 80 l/s.

Lunghezza: - ml

Diametro: -



Fonti interessate: Sistema di produzione "Bertesina e Abbadia-Polegge" per una portata da dedicare alla dorsale Piazzola sul B.-Amisano di circa 80 l/s.

Costi: € 200.000, per la realizzazione del nodo di interconnessione.

Punti di forza: Realizzata la condotta di gronda di collegamento tra Piazzola sul Brenta e la Centrale di Madonna di Lonigo, tale interconnessione rappresenta una importante opportunità di interconnessione per immettere risorsa idropotabile di buona e garantita qualità nella rete acquedottistica regionale.

Criticità: La soluzione non presenta criticità.

#### **1.2.4. Nodo di interconnessione A4 con sistema di produzione "Vicenza-Caldogno"**

Descrizione: Trattasi dell'interconnessione del sistema di produzione "Vicenza-Caldogno", gestito da Acegas-Aps con la grande condotta di gronda di collegamento Piazzola sul B.-Madonna di Lonigo. Si prevede in particolare di intercettare la condotta DN1300 in acciaio previa riqualificazione di una diramazione acquedottistica di monte ed il potenziamento del campo pozzi esistente per 200 l/s, da riservare all'acquedotto regionale.

Lunghezza: 3.000 ml

Diametro: DN500-DN700

Fonti interessate: Sistema di produzione "Vicenza-Caldogno" per una portata da dedicare alla dorsale Piazzola sul B.-Amisano di 200 l/s.

Costi: € 3.800.000, per la riqualificazione e realizzazione del nodo di interconnessione.

Punti di forza: Realizzata la condotta di gronda di collegamento tra il nodo idraulico di Piazzola sul Brenta e la Centrale di Madonna di Lonigo, tale interconnessione rappresenta una importante opportunità di interconnessione per immettere risorsa idropotabile di buona e garantita qualità nella rete acquedottistica regionale.

Criticità: La soluzione non presenta particolari criticità.

#### **1.2.5. Nodo di interconnessione A3-A2 sistema di produzione "Dueville-Camazzone"**

Descrizione: La dorsale di collegamento Piazzola sul B.-Madonna di Lonigo incontra due importanti direttrici gestite da Etra-Acque Vicentine e Etra-CVS che possono essere intercettate e connesse al sistema per futuri sviluppi tutt'oggi non specificatamente approfonditi in relazione alla problematica delle sostanze PFAS.

Punti di forza: Realizzata la condotta di gronda di collegamento tra il nodo idraulico di Piazzola sul B. e la Centrale di Madonna di Lonigo, tale interconnessione rappresenta una importante opportunità di interconnessione per immettere risorsa idropotabile di buona e garantita qualità nella rete acquedottistica regionale.

### **1.2.6. Nodo di interconnessione A1 con sistema di produzione "Camazzole"**

Descrizione: Il nodo idraulico A1 rappresenta la testa della condotta di grande diametro DN1000 di collegamento tra Piazzola sul B. e Madonna di Lonigo. Esso rappresenta il collegamento con la rete del Modello strutturale degli acquedotti del Veneto già realizzata che a regime riceve una portata di 950 l/s proveniente dal Campo pozzi di Camazzole in Carmignano di Brenta. Con la realizzazione della dorsale Piazzola sul B.-Madonna di Lonigo è possibile che parte di tale risorsa venga convogliata verso la Centrale di Madonna di Lonigo in sostituzione delle risorse idropotabili compromesse.

Lunghezza: - ml

Diametro: -

Costi: € 200.000

Fonti interessate: Sistema di produzione "Camazzole" di Veneto Acque-Etra-CVS, per una portata da dedicare alla dorsale Piazzola sul B.-Amisano fino a 450 l/s.

Punti di forza: La condotta di gronda di collegamento tra il nodo idraulico di Piazzola sul Brenta e la Centrale di Madonna di Lonigo, può convogliare una portata fino a 450 l/s proveniente da un Campo Pozzi in fase di ultimazione.

Criticità: La soluzione non presenta particolari criticità.

### **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**

La porzione di pianura interessata dal tracciato della condotta di progetto, ha una netta individualità geografica e presenta situazioni stratigrafiche e geologiche tipiche.

E' suddivisa in due bacini, occidentale e orientale, dal complesso collinare Lessineo-Berico-Euganeo, in corrispondenza del quale affiora il substrato roccioso; il sottosuolo di ognuno dei due bacini è a sua volta differenziato in tre zone, che si succedono da monte verso valle, corrispondenti ad Alta e Media Pianura, separate dalla linea delle risorgive, e Bassa Pianura.

In linea generale, nell'ambito considerato si possono individuare situazioni litologiche e stratigrafiche tipiche che, seppure orientativamente, caratterizzano intere fasce di territorio. Queste ultime, che presentano caratteri abbastanza omogenei e la cui distribuzione è la logica conseguenza dei processi che hanno determinato la deposizione del materasso alluvionale quaternario, si susseguono da N a S sviluppandosi in direzione subparallela al limite dei rilievi e perpendicolarmente ai corsi d'acqua.

L'alta pianura, che si individua tra il margine delle Prealpi e la fascia delle risorgive, è costituita da alluvioni ghiaiose, di origine fluvioglaciale e fluviale, praticamente indifferenziate sino al substrato roccioso, depositate a formare grandi conoidi sovrapposti (Figura 1). Questi ultimi sono attribuibili a processi di alluvionamento dei corsi d'acqua, quando il loro regime era nettamente diverso da quello attuale e caratterizzato da portate molto più elevate e da un imponente trasporto solido conseguenti allo scioglimento dei ghiacciai e allo smantellamento degli apparati morenici (Postglaciale). L'improvvisa diminuzione di pendenza allo sbocco in pianura e la mancanza di un alveo stabile e ben definito consentivano ai fiumi di divagare ampiamente e di disperdere i materiali alluvionali su aree molto vaste. Il sottosuolo dell'alta pianura è, pertanto, costituito da materiali a granulometria prevalentemente grossolana (ghiaie e ghiaie sabbiose) per uno spessore accertato superiore ai 400m. Le ghiaie, di natura prevalentemente carbonatica, contengono percentuali di sabbia dell'ordine del 10÷30% e, generalmente, un'abbondante frazione di materiali più grossolani nonchè più rare e sottili intercalazioni limoso-argillose. I depositi ghiaiosi, localmente cementati, mostrano significativa continuità laterale e si estendono verso sud per una larghezza compresa tra 5 e 15km.

Verso meridione (Media Pianura) le ghiaie diminuiscono progressivamente; i livelli ghiaiosi presenti sino a 100÷150 m di profondità si esauriscono quasi completamente una decina di Km a valle delle risorgive, mentre quelli più profondi si spingono generalmente più a meridione.

Il progressivo assottigliamento delle ghiaie ed il conseguente passaggio da un materasso indifferenziato ad una alternanza litologicamente differenziata, avviene da monte a valle in modo relativamente rapido e nel complesso discretamente regolare. Alla graduale differenziazione e rastremazione degli orizzonti grossolani fa riscontro un rapido aumento dei materiali più fini, sabbiosi e limoso-argillosi, che inglobano i livelli ghiaiosi. Questa situazione

stratigrafica caratterizza, a grandi linee, il sottosuolo della media pianura lungo una fascia di larghezza intorno alla decina di chilometri

L'assetto geologico della pianura vicentina nell'ambito della quale si sviluppa il tracciato della condotta acquedottistica è strettamente legate alla dinamica fluvioglaciale 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. La media 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 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.

La progressiva differenziazione granulometrica da N a S appare evidente dal profilo riportato in Figura 2, ad andamento subparallelo ai corsi d'acqua (n.60 in Figura). Le ghiaie si rastremano in orizzonti distinti che si assottigliano rapidamente. Le conoidi ghiaiose più antiche e più profonde si spingono, nella parte centrale del territorio, fino ad oltre 50Km a valle dei rilievi prealpini.

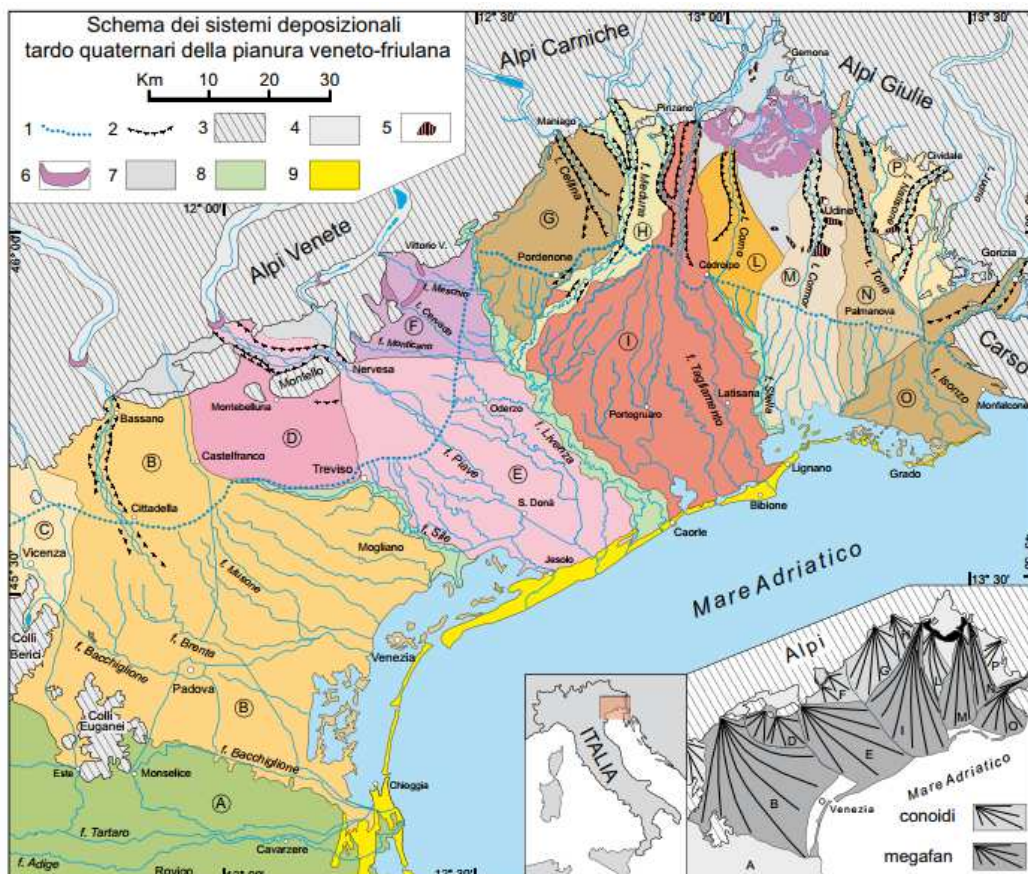


Figura 1 - Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana [fonte: Fontana et al., 2008].

Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato dei conoidi e megafan. Legenda: 1) limite superiore delle risorgive; 2) orlo di terrazzo fluviale; 3) aree montuose e collinari; 4) principali valli alpine; 5) terrazzi tettonici; 6) cordoni morenici; 7) depositi di interconoide e delle zone intermontane; 8) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 9) sistemi costieri e deltizi. Lettere: (A) pianura dell'Adige, (B) megafan del Brenta, (C) conoide dell'Astico, (D) megafan di Montebelluna, (E) megafan di Nervesa, (F) conoide del Monticano-Cervada-Meschio, (G) conoide del Cellina, (H) conoide del Meduna, (I) megafan del Tagliamento, (L) conoide del Corno, (M) megafan del Cormor, (N) megafan del Torre, (O) megafan dell'Isonzo, (P) conoide del Natisone.

Il profilo riportato in Figura 3 (n. 66) attraversa la Media Pianura in cui il sottosuolo è formato da orizzonti ghiaiosi e sabbiosi alternati a spessi letti limoso-argillosi. Al passaggio tra l'alta e la media pianura le ghiaie sono ancora predominanti mentre gli orizzonti argillosi assumono spessore maggiormente significativo all'altezza di Torri di Quartesolo.

Nel tratto di pianura a ovest di Vicenza, 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-Guà), talora anche risalendole per breve tratto, determinando la formazione di bacini

successivamente colmati da depositi prevalentemente argilloso-torbosi. A questi depositi si sono sovrapposte le alluvioni grossolane dei corsi d'acqua attuali che, in alcuni casi (es. Agno-Guà) 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.

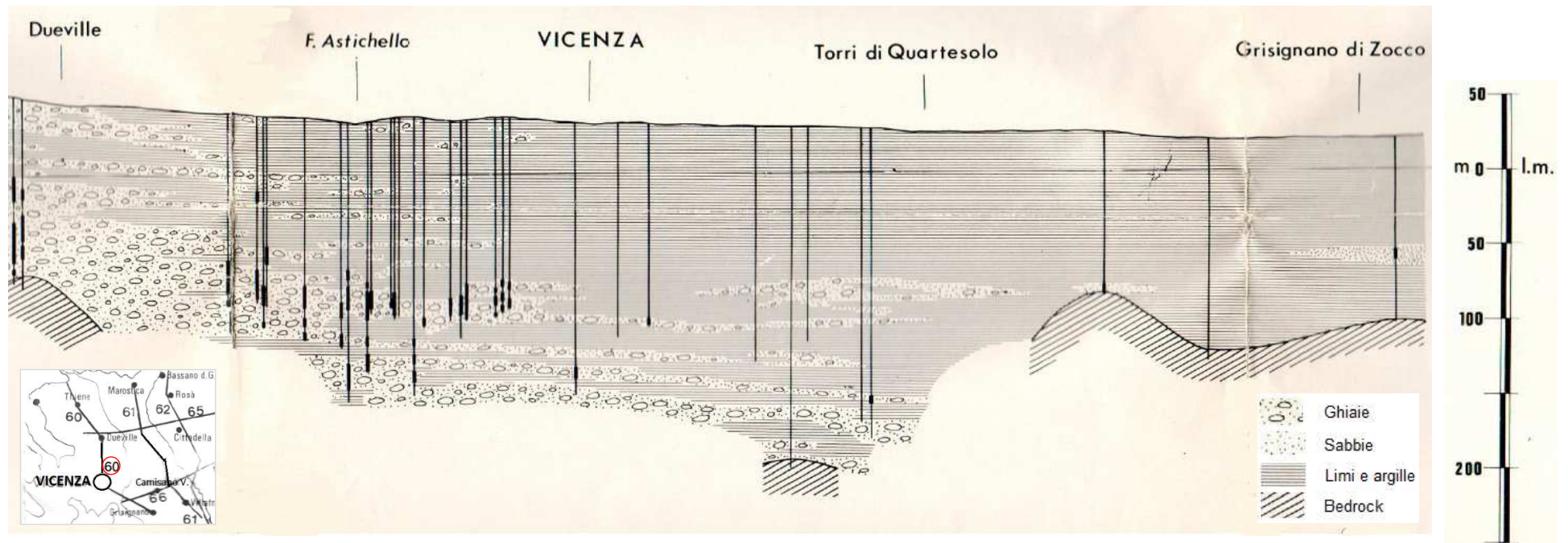


Figura 2 – Profilo N-S (n.60) attraverso i settori di alta e media pianura [fonte: IRSA, 1978]



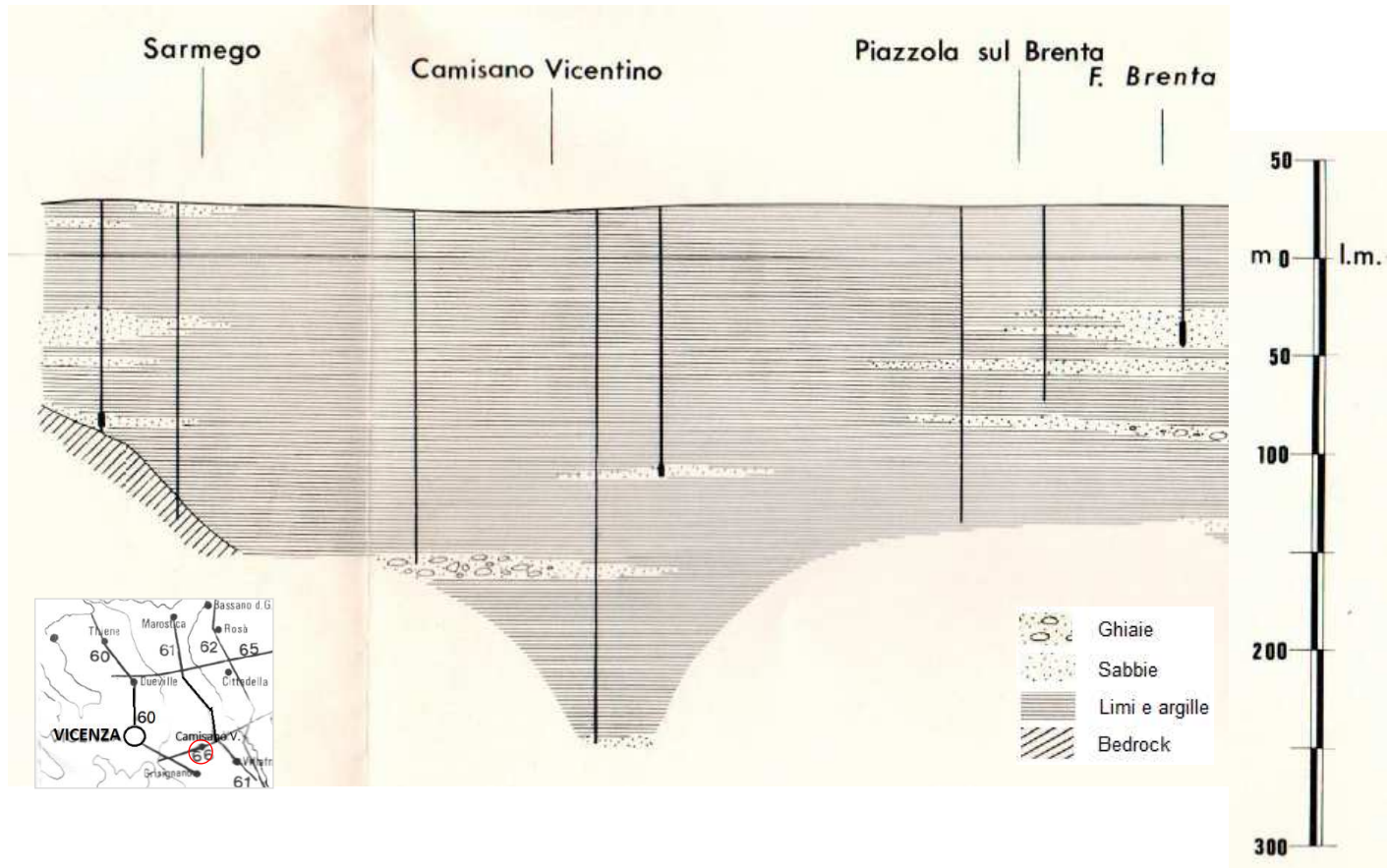
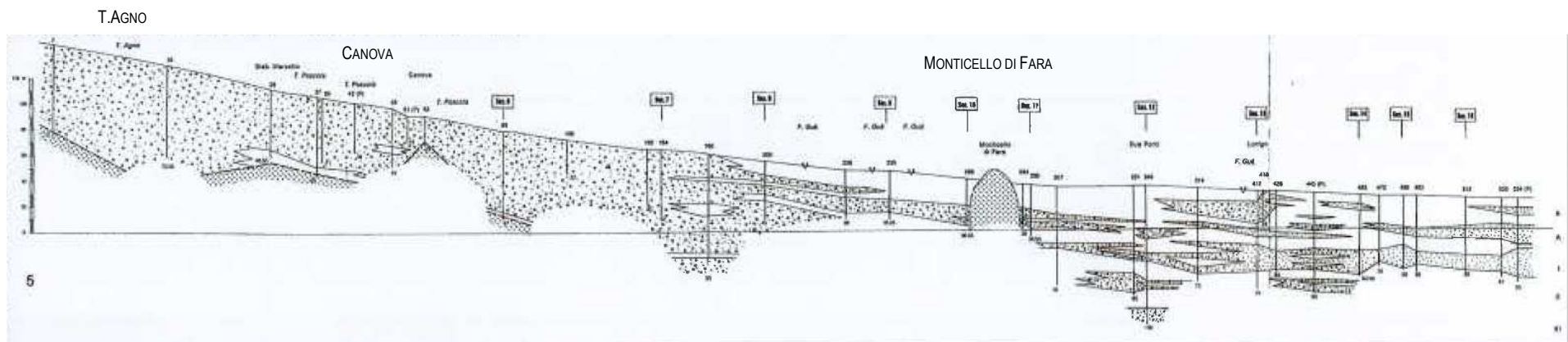


Figura 3 – Profilo W-E (n.66) attraverso il settore di media pianura [fonte: IRSA, 1978]





*Figura 4 - 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.

Lo Studio di prefattibilità ambientale conclude evidenziando come il progetto in argomento risulti fattibile, approfondendo l'analisi delle interferenze principali e adottando opportune misure di mitigazione per parte degli impatti attesi in fase di cantiere, e sottolineando altresì l'impatto positivo dell'intervento di progetto connesso alla risoluzione del problema dell'approvvigionamento potabile alle popolazioni interessate dagli effetti della contaminazione delle acque sotterranee da PFAS.

Lo Studio rileva infine la necessità di corredare il Progetto Definitivo dei seguenti elaborati:

1. Studio Preliminare Ambientale da redigere per l'espletamento della procedura di verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale - ai sensi dell'art.19 del D.lgs.152/2006 come modificato dal D.Lgs. n.104/2017 - del progetto. La fattispecie è, infatti, elencata in allegato II (parte II, D.Lgs. 152/06) - Progetti sottoposti alla Verifica di assoggettabilità di competenza statale, al punto 7. Progetti di infrastrutture, lett. d) acquedotti con una lunghezza superiore ai 20 km.
2. Relazione Paesaggistica ex DPCM 12.12.2005 in relazione all'obbligo di sottoporre all'ente competente il progetto delle opere da eseguire in quanto ricadenti 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.
3. Screening di Vinca, ai sensi della DGRV 1400/2017, finalizzato alla verifica delle eventuali incidenze a carico dei siti Natura 2000 intercettati dal tracciato della condotta.

## **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.

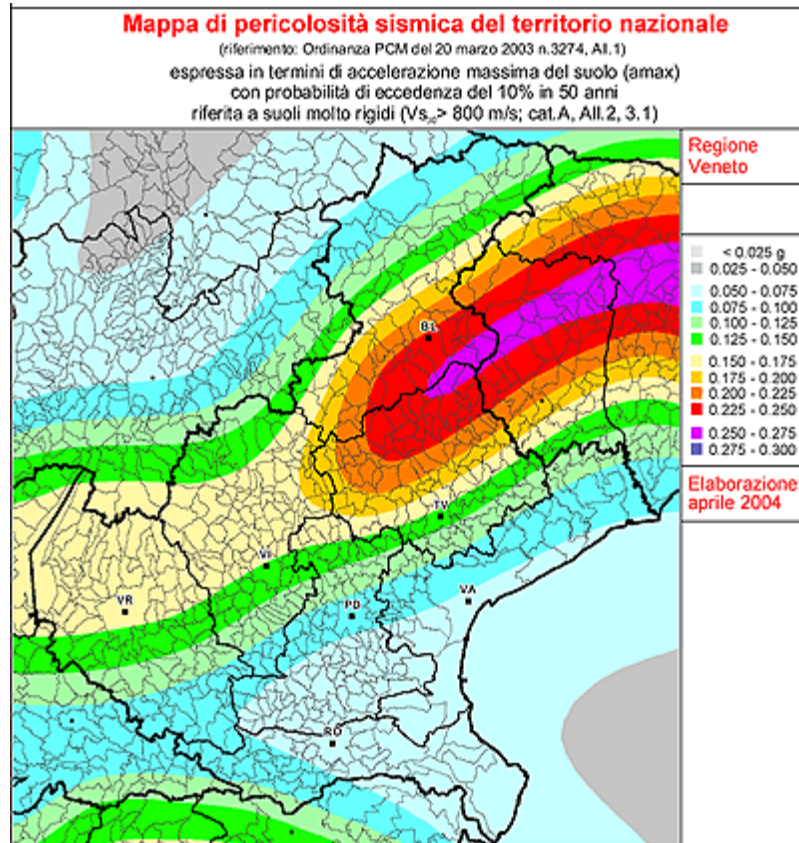


Figura 5

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 Piazzola sul Brenta (PD), e Brendola (VI), per una lunghezza complessiva di 32.000 ml circa, il cui tracciato si sviluppa all'interno dei comuni di Piazzola sul Brenta e Gazzo Padovano in provincia di Padova, Camisano Vicentino, Grumolo delle Abbadesse, Torri di Quartesolo, Vicenza, Arcugnano, Altavilla Vicentina, Montecchio Maggiore e Brendola in provincia di Vicenza.

### **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:

- Rispetto delle aree SIC-ZPS.  
In tal senso si è cercato d'individuare il tracciato che meglio soddisfa l'esigenza di mantenersi il più possibile esterno alle aree naturalistiche protette o comunque che ne limiti l'impatto con le stesse.
- Aggiramento di zone tutelate quali SIC e ZPS.  
Per quanto è stato possibile, si è cercato di mantenere il tracciato esterno alla zona protetta del fiume Brenta.
- 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, Geni Civili, 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 Piazzola sul Brenta (PD), staccandosi dall'esistente rete di collegamento tra il Campo Pozzi di Camazzole e la Centrale di Villa Augusta a Cadoneghe (PD), in un punto prossimo alla SP94 Contarina ed equidistante dalle laterali via Carbogna e via Pastorizia, circa 4 chilometri a nord del centro di Piazzola sul Brenta.





corrispondenza della prima curva e prosegue seguendo i confini della campagna e scendendo in direzione sud per altri 500,00m circa. A questo punto con una curvatura a 90° riprende la direzione ovest con andamento pressochè rettilineo e superando nell'ordine: la roggia Tergola, via dal Ponte, l'autostrada A31 Valdastico, via Guglielmo Marconi, il fiume Tesina e la FF.SS. Milano-Venezia.



A valle dell'attraversamento della ferrovia, subito a nord del centro di Torri di Quartesolo e dopo aver attraversato la roggia Brentesinella e via Moneghina Bassa, la condotta riprende un andamento rettilineo per circa 1.500m in direzione sud-ovest, attraversando in questo tragitto la Strada Statale 11 Padana Superiore, le rogge Settecà e Caveggiara e viale della Serenissima, superato il quale, adattandosi ai confini della campagna, riprende la direzione ovest seguendo l'andamento dell'autostrada A4 per i successivi 6.000,00 m, passando a sud del centro di Vicenza, intercettando strada Caperse, Strada Casale, Scolo Casale 2, il fiume Bacchiglione, strada delle Ca'Tosate, Fosso Longara, la pista ciclabile Casarotto, la Strada Provinciale 247 (viale Riviera Berica), strada della Poreglia, una zona collinare all'altezza della Strada Provinciale 19 – Dorsale dei Berici che viene superata con tecnologia microtunnelling



per una lunghezza di circa 850,00m, Strada di Gogna, scolo Vecchio Retrone, via Ponte Quarello e scolo Cordano. A questo punto, per evitare di attraversare la zona industriale di Vicenza e il centro abitato di Altavilla Vicentina, la condotta oltrepassa l'autostrada A4 per seguirne l'andamento dal lato sud, prevalentemente agricolo, per i successivi 4.500,00m, durante i quali se ne discosta solo in corrispondenza dello svincolo di Vicenza Ovest. Lungo questo percorso la condotta incrocia lo Scolo Vecchio Retrone, la Canaletta Vivicatrice, via Breganzola, viale Sant'Agostino, via Monte Grappa, Scolo Monte Grappa, scolo Riello, via IV Novembre e via Rio. Circa 500,00m a ovest di quest'ultimo attraversamento inizia una zona collinare che obbliga la condotta a riportarsi sul lato nord dell'autostrada A4, andando ad appoggiarsi alla prossima via Mazzini. Dopo circa 1.900,00 m, superate anche via Silvio Pellico e via Selva Bassa, la condotta attraversa per la terza e ultima volta l'autostrada A4.



Da qui il tracciato assume un andamento prevalente in direzione sud, appoggiandosi inizialmente a via Soastine. In corrispondenza dell'incrocio con via Meucci si porta al di fuori dell'area industrializzata, ricollocandosi in campagna e seguendone dove possibile i confini, passando così a est dell'area industriale e ad ovest della località Brendola, intersecando lo

Scolo Santa Bertilla e la Strada Provinciale 12 via B.Croce, che collega le due zone. La condotta va quindi ad appoggiarsi al Fiume Brendola e ne segue le curvature per 500,00 ml, dopodichè lo supera e scende fino al pozzo di via Madonna dei Prati, dove sarà realizzato il Nodo A7 d'interconnessione con la successiva tratta di collegamento con 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 e su sede stradale.

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 1200;
- posa della condotta su letto di pietrischetto, pezzatura 4÷12 mm, dello spessore di 25 cm opportunamente costipato e sistemato secondo le livellette di progetto;
- rinfianco con pietrischetto, pezzatura 4÷12 mm, ben costipato;
- rinterro fino a 20 cm sopra la generatrice superiore da effettuarsi ancora con pietrischetto;
- stesa del nastro monitor 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.

Le modalità di posa in sede stradale (bianca, comunale, provinciale) devono assicurare una distribuzione dei carichi dalla condotta al terreno che non dia luogo a tensioni concentrate sulla condotta stessa, la limitazione delle deformazioni della condotta e una sufficiente ripartizione dei carichi esterni accidentali sono le seguenti:

- larghezza al fondo dello scavo, da effettuarsi entro blindaggi del tipo a cassa chiusa o tipo Krings per la posa lungo le sedi stradali pari almeno a 2.00 m per tubazioni DN 1200;
- posa della condotta su letto di pietrischetto, pezzatura 4÷12 mm, dello spessore di 25 cm opportunamente costipato e sistemato secondo le livellette di progetto;
- rinfianco con pietrischetto, pezzatura 4÷12 mm, ben costipato;
- rinterro fino a 20 cm sopra la generatrice superiore da effettuarsi ancora con pietrischetto;
- rinterro parziale della trincea con il materiale di scavo opportunamente vagliato e costipato;
- stesa del nastro monitore a circa 1 metro sotto il piano stradale in corrispondenza dell'asse della tubazione;
- ripristini su strade comunali asfaltate mediante tout-venant (spessore 40 cm), stabilizzato (spessore 20 cm), binder (spessore 5+3 cm) con larghezza maggiorata di 0.50 m per ogni lato dello scavo, manto d'usura (spessore 3+1 cm) con larghezza complessiva pari all'intera carreggiata;
- ripristini su strade bianche mediante tout-venant (spessore 40 cm) e stabilizzato (spessore 15 cm).

### **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<sub>N</sub> = forza di attrito per metro tubo (in N) = K\*f\*(2W<sub>e</sub> + W<sub>p</sub> + W<sub>w</sub>)

Dove:

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

f = coefficiente di attrito terreno/tubo = α<sub>2</sub> tg(0.8φ)

W<sub>p</sub> = peso a metro del tubo vuoto (in N/m)

W<sub>w</sub> = peso a metro dell'acqua (in N/m)

W<sub>e</sub> = peso a metro del rinterro (in N/m) = γHD α<sub>1</sub>

γ = peso specifico del terreno (N/m<sup>3</sup>)

H = altezza di copertura (m)

D = diametro esterno del tubo (in m)

α<sub>1</sub> = 2/3 (collaudo con giunti scoperti)

φ = 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  $K^*f$  e scegliendo il valore minore rispetto a 0.3:

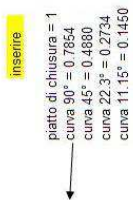
$$K^*f = \min (K^*2/3 \operatorname{tg}(0.8\varphi) ; 0.3)$$

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.



**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  
Fn= forza d'attrito per metro di tubo (kg)  
c= coefficiente di sicurezza  
Ø1= angolo di attrito terreno (rad)  
Ø2= angolo di attrito terreno (grad)  
Presenza di falda (1 se Sì, 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 giunto scoperto

D= diametro tubo (m)

H= altezza di copertura (m)

**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 (mg)	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 <sub>calcolo</sub> (m)	L <sub>prosp</sub> (m)	terreno sabbioso			
																						0.15	0.27		
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	0.33	manicotto PE	1.2	1431.55	0.15	10.3	16	0.15	0.27	
	curva 22°30'																						0.49	19.4	24
	curva 45°																						0.15	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	0.49	normale	1.2	2136.64	0.27	13.0	16	0.27	0.49	
	curva 22°30'																						0.79	23.2	24
	curva 45°																						0.15	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	0.33	manicotto PE	1.2	1431.55	0.15	13.7	16	0.15	0.27	
	curva 22°30'																						0.49	25.9	32
	curva 45°																						0.15	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	0.49	normale	1.2	2136.64	0.27	17.4	24	0.27	0.49	
	curva 22°30'																						0.79	31.0	32
	curva 45°																						0.15	49.9	56

D (mm)	Tipo di elemento	P (bar)	S (mg)	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 <sub>calcolo</sub> (m)	L <sub>prosp</sub> (m)	terreno sabbioso-ghiaioso			
																						0.15	0.27		
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	0.46	manicotto PE	1.2	2009.03	0.15	7.3	8	0.15	0.27	
	curva 22°30'																						0.49	13.8	16
	curva 45°																						0.15	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	0.69	normale	1.2	2988.56	0.27	9.3	16	0.27	0.49	
	curva 22°30'																						0.79	16.6	24
	curva 45°																						0.15	26.6	32
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	0.46	manicotto PE	1.2	2009.03	0.15	9.8	16	0.15	0.27	
	curva 22°30'																						0.49	18.5	24
	curva 45°																						0.15	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	0.69	normale	1.2	2988.56	0.27	12.4	16	0.27	0.49	
	curva 22°30'																						0.79	22.1	24
	curva 45°																						0.15	35.5	40

Tabella 1

## 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 3 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>
Strada Provinciale n.94 - Contarina	Pressotrivella
Roggia Contarina e via Grantorto	Sifone in acciaio - Cielo Aperto
Roggia Rezzonico	Sifone in acciaio
Strada Provinciale n.94d – Contarina Dir.	Pressotrivella
Roggia Fossetta - Rezzonico	Sifone in acciaio
Roggia Fossetta – Rezzonico e Fiume Ceresone	Sifone in acciaio
Roggia Schiesara	Sifone in acciaio
Roggia Riello	Sifone in acciaio
Strada Provinciale n.26 - Bassanese	Pressotrivella
Bocchetto Traverso	Sifone in acciaio
Via Riva	Cielo aperto
Roggia Riello - Cimitero	Sifone in acciaio
Roggia Puina S.Fermo	Sifone in acciaio
Roggia Puina	Sifone in acciaio
Via Capilane	Cielo aperto

Roggia Armendola	Sifone in acciaio
Roggia Capra	Sifone in acciaio
Scolo Tacchi	Sifone in acciaio
Via Palladio	Cielo aperto
Via Bosco di Sopra	Cielo aperto
Via Moneghina Bassa	Cielo aperto
Roggia Riale e via delle Monache	Sifone in acciaio - Cielo aperto
Roggia Moneghina Alta e via Altare	Sifone in acciaio - Cielo aperto
Roggia Tergola	Sifone in acciaio
Via dal Ponte	Cielo aperto
Autostrada A31 – Valdastico	Microtunnel
Via Guglielmo Marconi	Cielo aperto
Fiume Tesina	Microtunnel
Ferrovia MI-VE	Microtunnel
Roggia Bertesinella	Sifone in acciaio
Via Moneghina Bassa	Cielo aperto
Strada Statale 11 – Padana Superiore	Microtunnel
Roggia Settecà	Sifone in acciaio
Roggia Caveggiara	Sifone in acciaio
Viale della Serenissima	Pressotrivella
Strada delle Caperse	Cielo aperto
Strada di Casale	Cielo aperto
Scolo Casale 2	Sifone in acciaio
Fiume Bacchiglione	Microtunnel
Strada delle Ca'Tosate	Cielo aperto
Fosso Longara	Sifone in acciaio
Pista Ciclabile R.Casarotto	Cielo aperto
Strada Provinciale 247 – Riviera Berica	Pressotrivella
Strada della Poreglia	Cielo aperto
Strada Provinciale 19 – Dorsale dei Berici	Pressotrivella
Strada di Gogna	Cielo aperto
Scolo Vecchio Retrone	Sifone in acciaio
Ponte Quarello	Cielo aperto
Scolo Cordano	Sifone in acciaio

Autostrada A4 e Tangenziale Sud	Microtunnel
Affluenza Scolo Retrone Vecchio	Sifone in acciaio
Canaletta Vivicatrice	Sifone in acciaio
Via Breganzola	Cielo aperto
Viale Sant'Agostino	Cielo aperto
Via Monte Grappa e Fosso Montegrappa	Cielo aperto - Sifone in acciaio
Fosso Montegrappa	Sifone in acciaio
Scolo Riello	Sifone in acciaio
Via IV Novembre	Cielo aperto
Via IV Novembre	Cielo aperto
Via Rio	Cielo aperto
Scolo Riello	Sifone in acciaio
Scolo Riello	Sifone in acciaio
Scolo Riello	Sifone in acciaio
Autostrada A4	Microtunnel
Scolo Riello	Sifone in acciaio
Via Mazzini	Cielo aperto
Via S.Pellico	Cielo aperto
Via Selva Bassa	Cielo aperto
Autostrada A4 MI-VE e Scolo Riello	Microtunnel
Via Soastine	Cielo aperto
Via Meucci	Cielo aperto
Scolo Santa Bertilla	Sifone in acciaio
Scolo Santa Bertilla	Sifone in acciaio
Strada Provinciale n.12	Pressotrivella
Scolo Santa Bertilla	Sifone in acciaio
Fiume Brendola	Sifone in acciaio

**Tabella 2**

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  $\text{Cu-CuSO}_4$ , 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  $7.50 \div 10.50 \times 3.50$  m) lungo la trincea di posa appena prima del ciglio della strada con infissione di palancole tipo Larssen 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  $2.00 \div 4.00 \times 3.50$  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, rinfiango, 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 palancolato, 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 palancolato 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 palancolato 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 palancolato larssen, per una profondità superiore al fondo dello scavo;
- scavo all'interno del palancolato 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 microtunneling 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 microtunneling 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 palancolato 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 definitivo ammonta complessivamente a **41.800.000,00 euro** di cui: **35.100.000,00 euro** soggetti a ribasso d'asta per l'esecuzione delle lavorazioni a corpo, a misura e in economia, **1.200.000,00 euro** non soggette a ribasso d'asta per l'attuazione dei piani di sicurezza, **5.500.000,00 euro** per le somme a disposizione dell'amministrazione.

## QUADRO ECONOMICO

(al netto di I.V.A.)

### A. Lavori e forniture

A.1. - Tratto Piazzola - Brendola	€.	35.100.000,00		
		<b>Sommano (A.)</b>	€	<b>35.100.000,00</b>

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

B.1. - Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza	€.	1.200.000,00		
		<b>Sommano (B.)</b>	€	<b>1.200.000,00</b>

### C. Somme a disposizione dell'Amministrazione

C.1. - Lavori in economia previsti in progetto ed esclusi dall'appalto	€.	300.000,00		
C.2. - Allacciamento ai pubblici servizi (ENEL)	€.	30.000,00		
C.3. - Imprevisti	€.	462.000,00		
C.4.- Acquisizione delle aree, servitù, occupazioni e danni	€.	1.800.000,00		
C.5. - Spese tecniche	€.			
C.5.1. - Progettazione definitiva ed esecutiva e coord. Sicurezza in fase progettuale (compresa valutazione rischio bellico)		1.000.000,00		
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	€.	1.000.000,00		
C.5.4. - Attività archeologica di supporto al cantiere (assistenza allo scavo, indagini e saggi, relazione)		100.000,00		
C.5.5. - Spese per attività tecnico/amm.ve per supporto al RUP ed attività di verifica e validazione	€.	100.000,00		
C.5.6. - Incentivi di cui all'art.113 del D.Lgs.50/2016		363.000,00		
C.5.7. - Verifiche e collaudo tecnico/amministrativo	€.	130.000,00		
C.6 Spese per commissioni giudicatrici	€	30.000,00		
C.7 Spese per pubblicità (pubblicazione espropri, pubblicità procedure di gara)	€	45.000,00		
C.8 Prove ed indagini in corso d'opera	€	80.000,00		
		<b>Sommano (C.)</b>	€	<b>5.500.000,00</b>

**Totale (A.) + (B.) + (C.) € 41.800.000,00**