

DESCRIZIONE INTERVENTO:

COMUNE DI CIVATE

COMUNE DI SUELLO



REALIZZAZIONE COLLETTORE INTERCOMUNALE DI ACQUEDOTTO AL SERVIZIO DEI COMUNI DI SUELLO E CESANA BRIANZA

COMMITTENTE:



Lario Reti Holding S.p.A.
GESTORE SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

ing. Roberto Serra Groppelli

Tel. + 39 0341 192743

E-mail: r.serragroppelli@larioreti.it

STUDIO DI PROGETTAZIONE:



LARIO RETI HOLDING

DIVISIONE INGEGNERIA - PROGETTAZIONE INVESTIMENTI

Lecco Via Fiandra 13, 23900 (LC)

Tel. + 39 0341 359.111

Pec: ingegneria@larioretipec.it

PROGETTISTA:

ing. Marco Rusconi

RUSCONI MARCO

LAUREA SPECIALISTICA - SEZIONE A
SETTORI: A - B - C

Tel. + 39 0341 359.111

E-mail: m.rusconi@larioreti.it

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

COLLABORATORI:

ing. Gianandrea Libera

ALLEGATO:

NUMERO:

T1

SCALA:

- RELAZIONE SPECIALISTICA, PRIME INDICAZIONI PER LA STESURA DEL PIANO DELLA SICUREZZA E QUADRO ECONOMICO

REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
GL	dicembre 2019	MR	dicembre 2019	RSG	dicembre 2019
REVISIONE N.	DESCRIZIONE:				DATA
NUMERO INTERVENTO:	PDA 2018-051	CODICE PROGETTO:	AB02	COMMESSA :	49623

Indice

1	Premessa	2
2	Stato di fatto	3
3	Analisi dei vincoli sul territorio.....	4
4	Analisi della componente ambientale e paesaggistica	5
5	Disponibilità delle aree	6
6	Opere in progetto	6
7	Dimensionamento delle nuove condotte.....	7
8	Verifica della velocità.....	9
9	Verifiche sulle Tubazioni	10
9.1	Interazioni Tubazioni – Terreni di posa	10
9.2	Verifica statica delle condotte	10
10	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza	17
11	Gestione delle terre da scavo	17
12	Cronoprogramma delle fasi attuative	18
13	Quadro economico	18

1 Premessa

La presente relazione descrive le opere relative al progetto definitivo di "Realizzazione collettore intercomunale di acquedotto al servizio dei comuni di Suello e Cesana Brianza" nei comuni di Civate, Suello e Cesana Brianza.

I comuni di Cesana Brianza e Suello presentano delle criticità dal punto di vista dell'approvvigionamento idrico dovute alla scarsità di risorse sul proprio territorio a cui sopperiscono con un prelievo considerevole dall'acquedotto Brianteo e da pozzi siti in comune di Pusiano.

Il progetto definitivo fa seguito allo studio di fattibilità redatto in nell'agosto 2014, e prevede la realizzazione di un'interconnessione della rete di adduzione tra i comuni di Civate e Suello finalizzata all'utilizzo dell'acqua eccedente della sorgente "Linate" in comune di Civate per alimentare parte delle reti idriche dei comuni di Suello e Cesana Brianza. Contestualmente si prevede la sostituzione della rete di distribuzione lungo le aree interessate dai lavori al fine di adeguare e potenziare l'erogazione idrica.

In particolare, il presente progetto riguarda unicamente la parte relativa ai comuni di Civate e Suello (che costituiva il primo lotto dello studio di fattibilità): in seguito alla realizzazione di tali opere verrà valutata l'opportunità di procedere con la progettazione del secondo lotto (sostituzione condotta di adduzione Cesana-Suello e adeguamento serbatoi), alla luce anche delle effettive portate disponibili e della modellazione delle reti di acquedotto in programma.

Il progetto risulta inserito nel programma degli interventi allegato alla delibera del C.d.A. dell'Ufficio d'Ambito di Lecco n.115 del 19/07/2018 e approvata dal Consiglio Provinciale di Lecco con delibera n.60 del 01/10/2018.

Il presente progetto viene redatto a cura dell'ufficio tecnico della società Lario Reti Holding S.p.a. in conformità con quanto previsto dalla vigente normativa in materia, ed in particolare secondo quanto indicato dal D.lgs. n°50/2016 e sue successive modifiche ed integrazioni.

2 Stato di fatto

L'intervento si colloca nei comuni di Civate, Suello.



Figura 1: Inquadramento dell'area di intervento su foto satellitare

Quanto segue è riportato nell'allegato "G2 – Planimetria acquedotto esistente".

Attualmente la sorgente "Linate" posta a quota 440 m in comune di Civate è utilizzata per l'alimentazione del serbatoio "Balandrana" che si trova a quota 386 m sempre nel comune di Civate. Quest'ultimo serve alla distribuzione idrica di alcune zone alte del paese e può alimentare un ulteriore serbatoio posto più valle denominato "Cerscera" (quota 320 m, comune di Civate), a servizio di utenze a quote inferiori. Nei periodi di minore portata da parte della sorgente Linate, il serbatoio Cerscera viene alimentato tramite un allacciamento all'acquedotto Brianteo (presa "Civate 4" e da qui, in caso di necessità, l'acqua viene rilanciata con un impianto di sollevamento al serbatoio di Balandrana tramite la stessa tubazione di distribuzione.

Il comune di Cesana Brianza possiede alcune sorgenti proprie in località Val Molina (quota 385m), che alimentano il serbatoio "Val Molina" a quota 362 m, costituito da alcuni manufatti distinti. Le sorgenti hanno una portata variabile e non sono sufficienti a soddisfare il fabbisogno idrico dell'intero comune, pertanto il serbatoio viene alimentato anche dall'acquedotto Brianteo (presa "Cesana 1", con impianto di sollevamento denominato "rilancio S. Francesco" e tubazione di adduzione dedicata), e da un pozzo di proprietà del confinante comune di Pusiano (che viene utilizzato solo in caso di particolari emergenze idriche del comune di Cesana Brianza). Un altro pozzo, posto in territorio comunale di Pusiano, ma di proprietà dei comuni di Cesana Brianza e Suello, risulta attualmente dismesso.

Il serbatoio Val Molina, oltre ad alimentare una parte del comune di Cesana Brianza, alimenta tramite una tubazione di adduzione anche il serbatoio dell'acquedotto comunale di Suello denominato "Val Ceppelline" a quota 325 m, da cui l'acqua viene distribuita alle utenze.

Una parte dei comuni di Cesana Brianza e Suello invece è servita direttamente dall'acquedotto Brianteo tramite le prese "Suello", "Cesana 2" e "Cesana 3".

In passato la sorgente Linate di Civate, tramite una tubazione in acciaio DN 80 mm posata tra la località Pozzo di Civate ed il serbatoio Val Ceppelline del comune di Suello, poteva alimentare anche tale serbatoio.

La condotta (attualmente collegata sulla rete di distribuzione dal serbatoio di Balandrana) è posata per il primo tratto (ml 1260 circa) su strada sterrata in comune di Civate, quindi in comune di Suello su strade asfaltate (ml 690 circa) e in proprietà private fino al serbatoio (ml 300 circa).

Attualmente tale condotta è utilizzata per la distribuzione idrica ad alcune utenze zona Pozzo-Prepicata di Civate e Bronocello di Suello, ed è quindi collegata alla rete di distribuzione del serbatoio Val Ceppelline di Suello tramite una valvola con funzione di riduzione pressione (strada per loc. Borima), in modo da poter eventualmente alimentare parte delle utenze di Suello (collegamento normalmente chiuso).

Allo stato attuale non sarebbe possibile l'alimentazione del serbatoio Val Ceppelline tramite tale tubazione, vista la presenza della valvola di riduzione pressione. Inoltre, esisterebbe alcun sistema di controllo del livello del bacino stesso o coordinamento con il livello del serbatoio Balandrana, pertanto, si potrebbe verificare lo sfioro dell'acqua dal troppo pieno, o l'alimentazione tramite l'acquedotto di Civate anche in caso di funzionamento del pompaggio di Cerscera (non conveniente in termini energetici).

3 Analisi dei vincoli sul territorio

COMUNE DI CIVATE:

Il vigente PGT del comune di Civate individua presso l'area oggetto di intervento i seguenti vincoli:

- vincolo paesaggistico - territorio contermini al lago per una fascia di 300 m (art. 142 comma 1 lett. b del D.Lgs 42/2004);
- vincolo paesaggistico – bosco (art. 142 comma 1 lett. g del D.Lgs 42/2004 come individuati dal Piano di Indirizzo Forestale);
- PLIS: Parco Locale di Interesse Sovracomunale "San Pietro al Monte e San Tomaso";
- vincolo idrogeologico (R.D.L. 3267/1923);
- classe di fattibilità geologica 4.

L'area di interesse risulta esterna alle aree di rispetto pozzi e sorgenti, alle aree di rispetto cimiteriale, alle aree di rispetto ferroviario ed alla fascia di 150 m dai fiumi.

COMUNE DI SUELLO:

Il vigente PGT del comune di Suello individua presso l'area oggetto di intervento i seguenti vincoli:

- vincolo paesistico – fiumi (art. 142 comma 1 lett. c del D.Lgs 42/2004);
- vincolo idrogeologico;
- aree boscate;
- PLIS: Parco Locale di Interesse Sovracomunale "San Pietro al Monte e San Tomaso";
- fascia di rispetto elettrodotti;
- classe di fattibilità geologica 4.

L'area di interesse risulta esterna alle aree a vincolo paesistico (art. 136 D.Lgs 42/2004), alle aree a vincolo paesistico laghi (art. 142 comma 1.b del D.lgs 42/2004) ed alle aree di rispetto cimiteriale.

Si rimanda alla tavola "G1 – Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici" per l'individuazione su cartografia dei suddetti vincoli.

4 Analisi della componente ambientale e paesaggistica

L'intervento in oggetto non altera in maniera significativa lo stato dei luoghi in quanto riguarda la posa di tubazioni e manufatti di acquedotto interrati e l'adeguamento delle opere elettromeccaniche interne a manufatti preesistenti pertanto non sarà necessario richiedere l'autorizzazione paesaggistica ai comuni.

Le aree interessate dai lavori ricadono in classe di fattibilità geologica 4, pertanto si provvederà alla stesura della relazione geologica, inoltre le opere ricadono su mulattiere di possibile valore storico, di conseguenza si provvederà alla valutazione archeologica preliminare.

Partendo dalla località Pozzo, l'acquedotto verrà posato inizialmente sull'ampio sentiero denominato "Antica strada per Suello", e raggiunto il confine comunale (loc. Boroncello) su strada asfaltata. Quindi attraverserà dei campi coltivati privati prima di arrivare sulla strada di accesso al serbatoio Val Ceppelline.

Tale percorso, nonostante le caratteristiche sopra riportate, secondo il PIF della Comunità Montana del Lario Orientale ricade in parte in area boscata (vedi figura 2).

Pertanto, è stata richiesta all'Ente una verifica preventiva dell'effettiva esistenza di tale vincolo, in modo da poter definire le necessarie pratiche autorizzative.

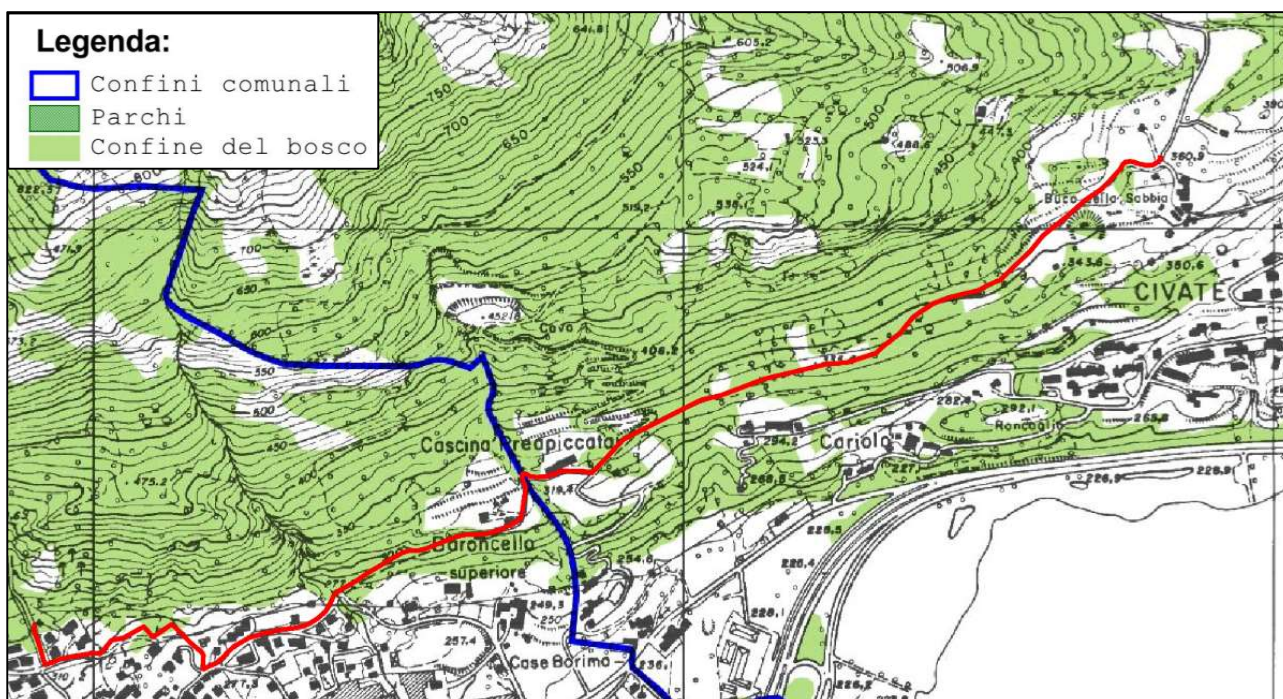


Figura 2: Estratto PIF della Comunità Montana

5 Disponibilità delle aree

L'area di intervento si colloca su strade pubbliche ed all'interno di aree private, pertanto è stato redatto apposito piano particellare (elaborato T6) con l'individuazione delle aree di servitù ed occupazione temporanea.

6 Opere in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova rete di adduzione per il serbatoio Val Ceppelline di Suello da utilizzarsi solamente in caso di portata in esubero per l'acquedotto di Civate dalla sorgente di Linate.

Contestualmente è prevista la sostituzione della rete di distribuzione presente nelle aree interessate dai lavori, in quanto trattasi di condotte in acciaio di vecchia data.

Quanto segue è riportato nell'allegato "G3 – Planimetria acquedotto in progetto".

1. Posa di una tubazione di adduzione tra la località Pozzo di Civate e il serbatoio Val Ceppelline, in PEAD PE100 PN16 DE 140 mm (circa 2370 ml);
2. Collegamento della nuova tubazione all'adduzione Linate-Balandrana in località Pozzo, tramite una valvola di sostegno pressione a monte che verrà installata, con i relativi organi di intercettazione e misura, all'interno di una nuova cameretta di manovra che verrà realizzata mediante elementi prefabbricati in c.a.
Si fa presente che sono attualmente in fase di realizzazione degli interventi di manutenzione e adeguamento della cameretta esistente in località Pozzo nella quale verrà realizzata la predisposizione per il collegamento della nuova rete di adduzione, pertanto lo schema relativo alla cameretta di nuova realizzazione è da considerarsi indicativo e sarà perfezionato in seguito agli interventi di cui sopra.
3. Sostituzione tubazioni di distribuzione in località Pozzo-Boroncello fino alla strada per loc. Borima attualmente in acciaio DN 80 mm, con tubazione in PEAD PE100 PN16 DE 110 mm, compreso il ricollegamento delle utenze servite (circa 1670 ml) e ripristinando il collegamento normalmente chiuso con valvola di riduzione pressione;
4. Sostituzione della tubazione di distribuzione in via Stefanoni di Suello con tubazione in PEAD PE100 PN16 DE 125 mm (circa 105 ml), compreso il ricollegamento delle utenze servite;
5. Sostituzione della tubazione di distribuzione dal serbatoio Val Ceppelline lungo la strada di accesso allo stesso, attualmente in acciaio DN 125 mm, con tubazione in PEAD PE100 PN16 DE 125 mm (circa 80 ml);
6. Sostituzione tubazione di distribuzione proveniente dall'acquedotto di Cesana Brianza lungo la strada di accesso al serbatoio Val Ceppelline, attualmente in acciaio DN 50 mm, con tubazione in PEAD PE100 PN16 DE 90 mm (circa 80 ml), compreso il ricollegamento delle utenze servite.

NOTA: All'interno del serbatoio Val Ceppelline si prevede il collegamento della nuova condotta di adduzione posata nel presente intervento, con l'adduzione esistente dal serbatoio Val Molina di modo che ci sia la possibilità di alimentare il serbatoio Val Molina con la sorgente Linate. Inoltre, è previsto l'adeguamento dell'alimentazione del serbatoio Balandrana di Civate con la sostituzione della valvola a galleggiante esistente con valvola automatica con controllo del livello costante. Tali opere non fanno parte del presente progetto e verranno realizzate in seguito.

Il funzionamento della nuova rete idrica sarà il seguente:

La richiesta idrica al serbatoio di Balandrana, causando un calo di pressione a monte della valvola di sostegno in località Pozzo, ne determina la chiusura. Al riempimento del serbatoio, la chiusura della valvola di controllo livello in esso installata causa invece l'aumento di pressione presso la valvola di sostegno pressione, determinandone l'apertura.

In questo modo si garantisce che la nuova adduzione sarà effettivamente in funzione solo in caso di esubero all'acquedotto di Civate, permettendo inoltre l'alimentazione di Val Ceppelline con la piezometrica della sorgente di Linate.

Allo stesso tempo, in caso di chiusura della valvola in località Pozzo, il serbatoio Val Ceppelline sarà alimentato automaticamente dal serbatoio Val Molina come allo stato attuale.

Nel momento in cui verranno sostituite le valvole di controllo esistenti con valvole automatiche con controllo del livello costante (interventi successivi al presente progetto), la portata in ingresso sarà modulata sulle effettive richieste idriche ai vari serbatoi provocando variazioni graduali della pressione nelle tubazioni e permettendo la chiusura/apertura anche parziale della valvola in località Pozzo.

Inoltre, con la realizzazione del collegamento della nuova condotta di adduzione posata nel presente intervento, con l'adduzione esistente dal serbatoio Val Molina (intervento successivo al presente progetto), sarà possibile alimentare quest'ultimo con acqua proveniente dalla sorgente Linate.

L'acqua addotta dalla sorgente Linate sarà sottoposta a disinfezione tramite gli impianti di dosaggio ipoclorito di sodio già esistenti in sito.

Non sono attualmente disponibili valori di portata effettiva della sorgente di Linate. Essa è variabile a seconda del periodo, e spesso accade che sia superiore al fabbisogno idrico dei serbatoi alimentati e venga sfiorata dai relativi manufatti di troppo pieno.

Non si è presa invece in considerazione l'ipotesi di una sostituzione della condotta nel tratto tra la sorgente di Linate e la località Pozzo, in quanto risulta posata in luoghi impervi e di difficile accesso.

Al termine dei lavori verranno ripristinati i luoghi a perfetta regola d'arte secondo lo stato esistente prima dei lavori.

7 Dimensionamento delle nuove condotte

I calcoli idraulici sono stati eseguiti utilizzando la formula di Hazen-Williams per le tubazioni in pressione:

$$\Delta = J L = \frac{10.675 Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}} L$$

Dove Δ è il dislivello piezometrico, Q è la portata espressa in [mc/s], C è il coefficiente di scabrezza (150 per i tubi in PE, 120 per i tubi in acciaio), D è il diametro interno della tubazione espresso in [m]. Non si sono considerate per semplicità le perdite di carico concentrate (valvole, curve, saracinesche), ma solo quelle distribuite, tenuto conto anche della notevole lunghezza della tubazione. Tale semplificazione è giustificata dal fatto che la lunghezza della condotta è maggiore di oltre mille volte il diametro.

Le portate medie ($Q_{m,effettiva}$) relative alle reti di distribuzione dei serbatoi sono state ricavate in base ai consumi idrici rilevati nelle vie servite (dati ottenuti dalle letture dei contatori delle utenze).

Tali valori sono stati incrementati del 20%, per tenere conto di eventuali espansioni future e dispersioni sulla rete (Q_m).

Da essi si sono ricavate le portate medie del giorno di massimo consumo:

$$Q_{m,max} = C_g \cdot Q_m$$

e le portate di punta del giorno di massimo consumo

$$Q_{p,max} = C_p \cdot Q_{m,max}$$

Dove C_g e C_p rappresentano rispettivamente il coefficiente di punta giornaliera ed il coefficiente di punta oraria e sono individuati facendo riferimento ai valori indicati da Regione Lombardia:

Classe demografica	C_g	C_p
< 50.000 ab.	1,50	1,50
50.000 ÷ 100.000 ab	1,40	1,40
100.000 ÷ 300.000 ab	1,30	1,35
> 300.000 ab	1,25	1,30

Tabella 1: Coefficienti di punta giornaliera ed oraria secondo Regione Lombardia

Per il presente intervento si considera $C_g = 1,5$ e $C_p = 1,5$.

La seguente tabella riassume i calcoli delle portate relative ai serbatoi coinvolti nel progetto:

Serbatoio	Consumo [mc/anno]	$Q_{m,effettiva}$ [mc/g]	$Q_m (Q_{m,eff.} + 20\%)$ [mc/g]	Q_m [l/s]	$Q_{m,max}$ [l/s]	$Q_{p,max}$ [l/s]
Val Molina	156572	428,96	514,76	5,96	8,94	13,41
Val Ceppelline	60855	166,73	200,07	2,32	3,47	5,21
Balandrana	46093	126,28	151,54	1,75	2,63	3,95

Tabella 2: Calcolo delle portate

Per il calcolo del diametro della nuova tubazione, si è considerato il seguente schema semplificato:

NODO	DESCRIZIONE	QUOTA (m s.l.m.)
L	Sorgente Linate	440
B	Serbatoio Balandrana	386
C	Serbatoio Val Ceppelline	325
M	Serbatoio Val Molina	362
P	Nuovo collegamento loc. Pozzo	360

Tabella 3: Quote dei nodi

RAMO	TUBAZIONE	LUNGHEZZA (m)	MATERIALE	DIAMETRO	DIAMETRO INT. (mm)
L - P	Tubazione esistente	270	ACCIAIO	DN 80	81,7
P - B	Tubazione esistente	215	PEAD PE 100	DE 140	114,6
P - C	Nuova tubazione	2370	PEAD PE 100	incognito	incognito
C - M	Tubazione esistente	610	ACCIAIO	DN100	106,3

Tabella 4: Dati condotte

Ai fini del dimensionamento della nuova adduttrice è stata considerato il seguente caso:

- Ramo P-B chiuso (nessuna richiesta idrica al serbatoio Balandrana): $Q_{P-B} = 0$ l/s;
- Nessuna richiesta al serbatoio Val Ceppelline;
- Richiesta idrica al serbatoio Val Molina: $Q = Q_{p,max} = 13,41$ l/s (si ricorda che è previsto un futuro intervento per il collegamento tra l'adduzione P - C relativa al presente progetto, con l'adduzione esistente M - C).

Con la configurazione soprariportata si ha che nei rami L-P, P-C e C-M è presente una portata:

$$Q = 13,41 \text{ l/s}$$

Mentre il dislivello geodetico tra la sorgente Linate ed il serbatoio Val Molina risulta pari a:

$$\Delta = \text{Quota L} - \text{Quota M} = 440 - 362 = 78 \text{ m}$$

Applicando la formula di Hazen-Williams e considerando i dati delle condotte riportati nella precedente tabella 4, si ottiene un diametro teorico per il ramo P – C di 112,71 mm.

Passando ai diametri commerciali, si prevede la posa di una condotta in **PEAD PE 100 PN16 DE 140 mm (diametro interno 114,6 mm) e PEAD PE 100 PN25 (diametro interno 101,6 mm)** nei tratti sottoposti a pressione maggiore. La condotta in PEAD PE 100 PN25 ha un diametro interno leggermente inferiore a quello teorico, tuttavia, si considera accettabile l'impiego di tale condotta.

Non si è considerata l'ipotesi di richiesta idrica unicamente dal serbatoio Val Ceppelline: in questo caso, visto il maggiore dislivello tra esso e la sorgente (e la minore lunghezza della tratta), il valore di portata massimo possibile risulterebbe sicuramente maggiore al fabbisogno.

Inoltre, la perdita di carico non consentirebbe l'alimentazione contemporanea dei serbatoi Val Ceppelline e Val Molina. L'installazione di valvole automatiche con controllo del livello costante presso i serbatoi (prevista in interventi futuri), che modulano la portata in ingresso ai vari impianti (e quindi la pressione sulla condotta di adduzione) sulla base delle effettive richieste idriche, permetterà in alcuni casi l'alimentazione simultanea degli stessi.

Infine, non è stato considerato nei calcoli l'apporto delle sorgenti e dell'acquedotto Brianteo presso il serbatoio: essendo la portata della sorgente di Linate molto variabile durante l'anno (e dovendo servire anche gli altri serbatoi), non si ritiene possibile l'alimentazione unicamente da essa, ma dovranno essere mantenute anche queste alimentazioni.

Per quanto riguarda le condotte di distribuzione da sostituire, si sono invece previste tubazioni in PEAD PE 100 PN 16 di diametri analoghi a quelli già presenti.

8 Verifica della velocità

Si verifica che la velocità in condotta sia compresa tra 0,5 e 2 m/s, in quanto non deve essere né troppo elevata, per evitare che le vibrazioni che ne conseguirebbero abbiano effetti dannosi per i giunti, né troppo bassa per motivi igienici (riscaldamento dell'acqua).

La verifica sulla velocità nella nuova adduttrice P – C viene fatta considerando due condizioni di funzionamento:

1. La condotta è attraversata dalla portata relativa al fabbisogno del serbatoio Val Molina:
 $Q_{P-C} = 13,41 \text{ l/s}$
2. La condotta è attraversata dalla portata relativa al fabbisogno del serbatoio Val Ceppelline:
 $Q_{P-C} = 5,21 \text{ l/s}$

	PORTATA [l/s]	MATERIALE	DIAMETRO INT. [mm]	VELOCITA' [m/s]	VERIFICA
1.	13,41	PEAD DE 140	114,6	1,31	verificato
2.	5,21	PEAD DE 140	114,6	0,51	verificato

Tabella 5: Verifica delle velocità in condotta

9 Verifiche sulle Tubazioni

9.1 Interazioni Tubazioni – Terreni di posa

Dal punto di vista dell'interazione tra i terreni attraversati e le tubazioni di progetto, si ritiene la portanza limite del terreno sufficiente a sostenere i carichi derivanti dal peso proprio delle tubazioni, dal peso del terreno di ricoprimento, dal carico indotto sulla tubazione e quindi sul terreno di fondazione e dalla presenza del liquido all'interno della tubazione.

Qualora in fase di progettazione esecutiva si valuti che le forti pendenze possano compromettere la stabilità dei tratti di condotta posati, si valuterà la necessità di predisporre degli opportuni sistemi di ancoraggio.

9.2 Verifica statica delle condotte

Analisi dei carichi sulle tubazioni

Una tubazione interrata risulta sottoposta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento, da eventuali sovraccarichi accidentali e dal peso dell'acqua contenuta, che tendono ad ovalizzare il tubo. Quest'ultima viene stabilizzata dalla reazione del terreno mobilitata dall'ovalizzazione della tubazione e dipende dal tipo di posa e dal tipo di rinfianco.

Per la determinazione dei carichi ovalizzanti agenti sulle tubazioni è necessario definire il tipo di scavo, ovvero *trincea stretta* o *trincea larga*, e il tipo di tubazione, ovvero *tubazione rigida* o *tubazione flessibile*.

Secondo la norma UNI 7517/76 se il coefficiente d'elasticità di una tubazione n è maggiore di 1 la tubazione è *flessibile*, viceversa la tubazione è *rigida*.

$$n = \frac{E_s}{E_t} \left(\frac{D - s}{2 \cdot s} \right)^3$$

dove:

E_s modulo elastico terreno;

E_t modulo elastico tubazione;

D diametro tubazione;

s spessore tubazione.

La definizione del tipo di scavo avviene secondo la norma UNI 7517/76 ed in particolare uno scavo si dice a *trincea stretta* quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

1. $B \leq 2D; H \geq 1.5B$
2. $2D \leq B \leq 3D; H \geq 3.5B$

Viceversa, lo scavo si definisce *trincea larga*.

dove:

B larghezza trincea sopra la generatrice superiore del tubo;

H altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo;

D diametro esterno della tubazione.

Carico dovuto al rinterro

Il calcolo del carico di rinterro varia a seconda dal tipo di tubazione e dal tipo di scavo ed è definito dalla norma UNI 7517. In particolare:

	TUBO RIGIDO		TUBO FLESSIBILE	
	Trincea stretta	Trincea larga	Trincea stretta	Trincea larga
k	$tg^2(45 - \Phi/2)$	/	$tg^2(45 - \Phi/2)$	/
C	$\frac{1 - e^{-2k(H/B)tg(\Phi)}}{2k tg(\Phi)}$	$0.1 + 0.85(H/D) + 0.33(H/D)^2$ per $H/D \leq 2.66$ $0.1 + 1.68(H/D)$ per $H/D > 2.66$	$\frac{1 - e^{-2k(H/B)tg(\Phi)}}{2k tg(\Phi)}$	$\frac{H}{D}$
Q_t [kN/m]	$C \cdot \gamma_t \cdot B^2$	$C \cdot \gamma_t \cdot D^2$	$C \cdot \gamma_t \cdot B \cdot D$	$C \cdot \gamma_t \cdot D^2$

Tabella 6 - Calcolo carico dovuto al rinterro

dove:

Φ angolo d'attrito terreno;

γ_t peso specifico terreno

B larghezza trincea sopra la generatrice superiore del tubo;

H altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo;

D diametro esterno della tubazione.

Le caratteristiche dei terreni vengono riassunte di seguito:

TIPO DI TERRENO RINFRANCO	Φ (°)	γ (kN/m ³)
Argilla umida comune	12	20
Terreno paludoso, torboso	12	17
Argilla plastica, argilla sabbiosa	14	18
Sabbia argillosa	15	18
Loess	18	21
Argilla fangosa	20	20
Marna, argilla povera	22	21
Fango, polvere di roccia	25	18
Sabbia non compressa	31	17
Misto di cava di sabbia e ghiaia	33	20
Misto di cava di ghiaia e ciottoli	37	19

Tabella 7 - Proprietà geotecniche terreno di rinfianco

Carico dovuto a sovraccarichi verticali mobili

Per il calcolo del carico dovuto a sovraccarichi veicolari mobili si fa riferimento alla normativa DIN 1072, secondo cui il traffico veicolare può essere suddiviso in due classi di carico:

1. HT autocarro pesante;
2. LT autocarro leggero.

I valori di carico per ruota dei veicoli sono riassunti nella seguente tabella:

CLASSE	CARICO PER RUOTA (kN)	TIPOLOGIA
HT60	100	Pesante
HT45	75	Pesante
HT38	62,5	Pesante
HT30	50	Pesante
HT26	35	Pesante
LT12	20	Leggero
LT6	10	Leggero
LT3	5	Leggero
TRENO	200	Ferroviano

Tabella 8 - Carico per ruota per ogni classe di veicolo

La pressione dinamica gravante su una condotta viene valutata secondo le seguenti relazioni:

Veicoli classe HT e ferroviario:

$$Q_m = 0.5281 \frac{P}{H^{1.0461}} \varphi D$$

Veicoli classe LT:

$$Q_m = 0.8743 \frac{P}{H^{1.5194}} \varphi D$$

Dove:

φ coefficiente di incremento valutato secondo le relazioni:

$$\varphi = 1 + \frac{0.3}{H} \text{ valido per carico stradale e autostradale;}$$

$$\varphi = 1 + \frac{0.6}{H} \text{ valido per carico ferroviario.}$$

H altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo

Carico dovuto a sovraccarichi distribuiti

Nel caso in cui sulla tubazione gravi un carico q distribuito su una superficie di estensione A la pressione q_s che agisce sul tubo vale:

$$q_s = \frac{q}{(u_1 + 2H)(u_2 + 2H)}$$

dove:

u_1 larghezza superficie su cui agisce q ;

u_2 lunghezza superficie su cui agisce q ;

H altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo.

Nota la pressione, si calcola il carico Q_s :

$$Q_s = q_s \beta D$$

dove:

β coefficiente di posa pari a 0.71 per posa in trincea stretta; 0.88 per posa in trincea larga;

D diametro esterno della tubazione.

Carico idrostatico dovuto alla presenza di falda

Nel caso in cui la tubazione sia posata sotto il livello della falda freatica, essa è sottoposta ad una pressione idrostatica, che si può assumere uniforme e uguale a quella che si esercita a livello delle reni della canalizzazione.

$$Q_f = \gamma_w \left(h + \frac{D}{2} \right) D$$

dove:

γ_w peso specifico dell'acqua;

h altezza della falda valutata rispetto all'estradosso delle tubazioni.

Carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nel tubo

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo riempito per tre quarti vale:

$$Q_a = 5788 d^2$$

dove:

d diametro interno della tubazione.

Carico totale

Il carico totale agente su una tubazione interrata è dato dalla somma di tutti i contributi di cui sopra:

$$Q_{TOT} = Q_t + Q_m + Q_s + Q_f + Q_a$$

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riporta l'andamento dei carichi agenti su una tubazione in funzione della profondità

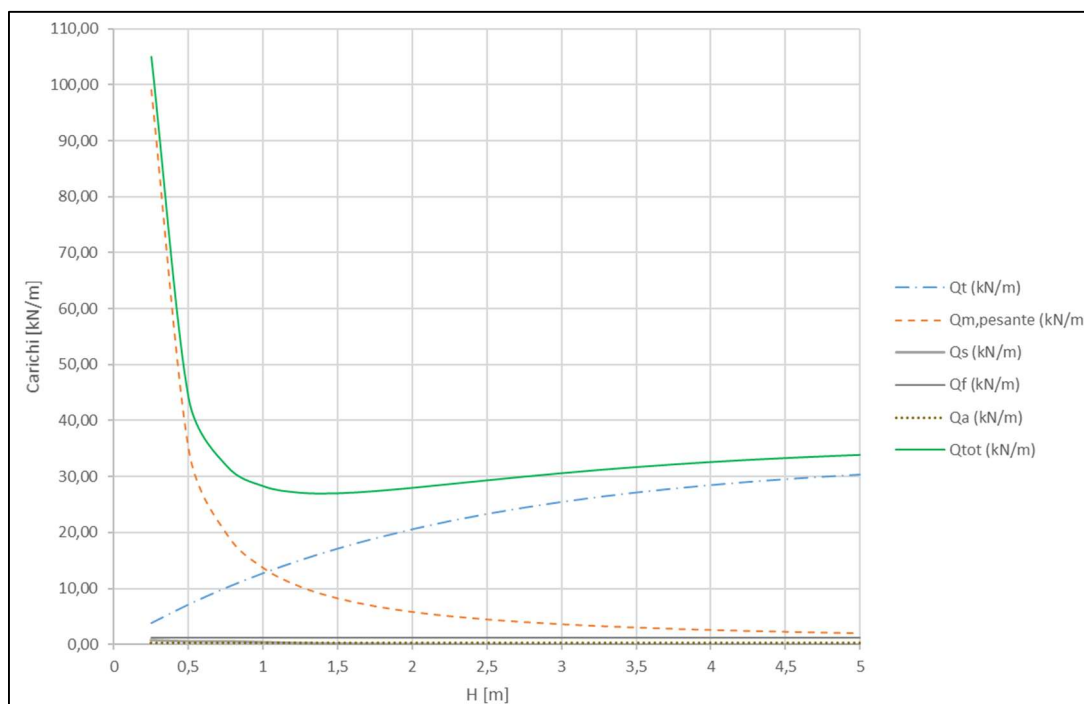


Figura 3: Andamento dei carichi agenti sulla tubazione in funzione della profondità

Calcolo e verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine

L'inflessione massima anticipata nella tubazione, con il 95% di probabilità, è fornita dalla seguente espressione:

$$\Delta y = \frac{(D_e W_c + W_L) K_x r^3}{E_t I + 0,061 K_a E_s r^3} + \Delta a$$

dove:

Δy è l'inflessione verticale del tubo [cm]

D_e è il fattore di ritardo d'inflessione (tiene conto del fatto che il terreno continua a costiparsi nel tempo) [adim.] – vedi tabella 9

W_c è il carico verticale del suolo per unità di lunghezza [N/cm]

W_L è il carico mobile sul tubo per unità di lunghezza [N/cm]

K_x è il coefficiente di inflessione che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo all'arco d'appoggio del tubo [adim.] – vedi tabella 10

r è il raggio medio del tubo, dato dall'espressione $(D-s)/2$ [cm]

E_t modulo elastico della tubazione [N/cm²]

I momento d'inerzia della tubazione [cm³]

$E_t I$ è il fattore di rigidità trasversale della tubazione [N*cm]

E_s è il modulo elastico del terreno [N/cm²]

$K_a, \Delta a$: sono parametri che permettono di passare dall'inflessione media (50% di probabilità) all'inflessione massima caratteristica (frattile di ordine 0,95 della distribuzione statica dell'inflessione) – vedi tabella 11.

TIPO DI RINTERRO E GRADO DI COSTIPAMENTO	D_e
Rinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato a elevato	2.0
Materiale scaricato alla rinfusa o grado di costipamento leggero	1.5

Tabella 9 - Fattore di ritardo d'inflessione

TIPO D'INSTALLAZIONE	ANGOLO EQUVAL. DI LETTO [GRADI]	COEFF. K_x
Fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor $\geq 95\%$) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso leggermente costipato (densità Proctor $\geq 70\%$)	180	0.083
Fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor $\geq 85\%$ e $< 95\%$) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso.	60	0.103
Fondo piatto con materiale di riempimento sciolto posato ai fianchi del tubo (non raccomandato)	0	0.110

Tabella 10 - Coefficienti d'inflessione

ALTEZZA H DEL RINTERRO [m]	Δa	K_a
H < 4.9m	0	0.75
H > 4.9m e materiale scaricato alla rinfusa e con leggero grado di costipamento	0.02 D	1.0
H > 4.9m e materiale con moderato grado di costipamento	0.01 D	1.0
H > 4.9m e materiale con elevato grado di costipamento	0.005 D	1.0

Tabella 11 - Valori dei parametri K_a e Δa

Verifica statica tubazioni

Per la verifica Statica di tubazioni interrate flessibili in pressione si fa riferimento alla norma ANSI-AWWA C950/88.

La sollecitazione massima risultante dagli effetti combinati della pressione interna e dell'inflessione diametrale non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del manufatto ridotto di un fattore di sicurezza:

$$\sigma = \frac{P_w D}{2s} + D_f E_t \left(\frac{\Delta y}{D} \right) \left(\frac{s}{D} \right) \leq \frac{\sigma_{lim}}{\mu}$$

Dove:

σ : tensione massima dovuta ai carichi combinati;

P_w : pressione massima interna (7,8 bar);

μ : fattore di sicurezza assunto pari a 1,5;

D_f : un fattore di forma – vedi tabella 12 - i cui valori sono stati parametrizzati in funzione dell'indice

di rigidità trasversale RG: $RG = \frac{E_t I}{D_m^3}$;

E_t : modulo elastico della tubazione [N/cm²]

INDICE DI RIGIDEZZA DELLA TUBAZIONE RG [N/m ²]	TIPO DI MATERIALE DI SOTTOFONDO E RINFIANCO E GRADO DI COSTIPAMENTO			
	GHIAIOSO		SABBIOSO	
	Da naturale a leggero	Da moderato a elevato	Da naturale a leggero	Da moderato a elevato
1150	5.5	7.0	6.0	8.0
2300	4.5	5.5	5.0	6.5
4600	3.8	4.5	4.0	5.5
9200	3.3	3.8	3.5	4.5

Tabella 12 - Fattore di forma D_f

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	114,6
	S _p	mm	12,7
	D _e	mm	140
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,8
	H	m	1
	H _f	m	0,15
	β	°	90
	Tipo terreno reinterro		Misto di cava di sabbia e ghiaia
	Tipo terreno rinfianco		Sabbia
	Classe rinfianco		Moderata compattazione
	E _{rinf}	MPa	6,9
STRADA	Tipo strada		Strade e autostrade
	Tipo veicolo		HT60
	Tipologia		Pesante
	Carico per ruota	kN	100
CARICO DISTRIBUITO	p	kN/m ²	0
FALDA	Presenza falda		No
	h	m	0
VERIFICA	Q _t	kN/m	2,80
	Q _m	kN/m	9,61
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,08
	Q_{tot}	kN/m	12,49
	Δy	cm	0,31
	RG	N/m ²	18618
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	630,8
	Verifica		VERIFICATO

Tabella 13: Verifica statica condotta di adduzione

NOTA: si prevede l'impiego di condotta in PEAD PE 100 PN25 DE 140 mm, per un tratto di rete di adduzione di lunghezza pari a circa 280 m in comune di Suello dove la condotta è sottoposta ad una pressione maggiore (quota piano campagna pari a circa 275 m slm) – vedi allegato "G2 – Planimetria Acquedotto in progetto".

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	90
	S _p	mm	10
	D _e	mm	110
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	1
	H _f	m	0,15
	β	°	90
	Tipo terreno reinterro		Misto di cava di sabbia e ghiaia
	Tipo terreno rinfianco		Sabbia
	Classe rinfianco		Moderata compattazione
	E _{rinf}	MPa	6,9
STRADA	Tipo strada		Strade e autostrade
	Tipo veicolo		HT60
	Tipologia		Pesante
	Carico per ruota	kN	100
CARICO DISTRIBUITO	p	kN/m ²	0
FALDA	Presenza falda		No
	h	m	0
VERIFICA	Q _t	kN/m	2,20
	Q _m	kN/m	7,55
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,05
	Q_{tot}	kN/m	9,80
	Δy	cm	0,24
	RG	N/m ²	18750
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	629,8
	Verifica		VERIFICATO

Tabella 14: Verifica statica condotta di distribuzione

10 Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza

Il Piano di sicurezza e coordinamento sarà redatto, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., durante la fase di progettazione esecutiva dell'opera.

In realtà la sua formazione interessa l'intera fase di progettazione in quanto incide sulle scelte progettuali di fondo e sulla loro quantificazione economica.

Durante la sua stesura definitiva dovranno essere valutate le diverse condizioni operative proprie del cantiere in modo da prevedere tutti i possibili rischi e le prevenzioni da attuare in ogni singola fase di lavorazione.

In particolare, soprattutto nei casi di cantieri mobili, occorrerà verificare la presenza, nelle immediate vicinanze dei lavori, di aree disponibili per il deposito dei materiali e per le lavorazioni che occorressero. Queste aree dovranno essere rese disponibili per tutta la durata del cantiere.

Per i lavori da effettuarsi su sede stradale, particolare attenzione sarà posta alla viabilità ed agli accorgimenti da considerare per lo svolgimento dei lavori in sicurezza. Saranno quindi date indicazioni sia relativamente alle possibili interferenze tra gli automezzi e l'area di cantiere, sia relativamente alle possibili alternative viabilistiche. Saranno inoltre indicate le procedure da adottare in occasione di particolari tratti impegnativi (*semaforizzazione, segnalazione con movieri, ecc.*).

Per quanto riguarda i sottoservizi esistenti, si fa presente che in fase di esecuzione dei lavori ci si interfacerà con gli enti gestori (telecom, gas ed enel) per verificarne la presenza. Pertanto, sarà necessario che venga adottata la massima prudenza, adottando ogni precauzione idonea ad evitare danneggiamenti dei sottoservizi e il rischio di gravi infortuni.

Saranno eseguiti degli scavi di assaggio al fine di rilevare correttamente la posizione dei sottoservizi sopra elencati e valutare la necessità di procedere allo spostamento degli stessi.

In sede di esecuzione dei lavori sarà necessario coordinare tempestivamente un sopralluogo con gli enti gestori prima dell'inizio delle lavorazioni e adottare la massima prudenza usando ogni precauzione idonea ad evitare danneggiamenti dei sottoservizi e il rischio di gravi infortuni.

11 Gestione delle terre da scavo

Le lavorazioni oggetto dell'appalto prevedono sia il disfacimento di pavimentazione bituminosa sia gli scavi per la posa di tubazioni e relativi manufatti di ispezione. Per quanto riguarda le terre da scavo, qualora durante l'esecuzione sia confermato che il terreno rimosso non contiene elementi inquinanti, il progetto esecutivo prevede che il terreno rimosso sia in parte riutilizzato per il rinterro degli scavi mentre la parte rimanente (*corrispondente al volume dei nuovi manufatti, tubazioni, rinfianchi, massicciata stradale, ecc.*) sia trasportata e conferita presso un impianto di trattamento autorizzato o in discarica secondo la normativa in materia di "Gestione dei materiali da scavo" alla luce del D.P.R. 120/2017. Per quanto riguarda la pavimentazione bituminata rimossa, la stessa verrà completamente conferita in appositi siti autorizzati. L'autorizzazione allo smaltimento verrà richiesta dall'Impresa Appaltante prima dell'inizio dei lavori.

12 Cronoprogramma delle fasi attuative

Il Cronoprogramma delle fasi attuative prevede l'indicazione dei tempi massimi di svolgimento delle varie attività di progettazione, approvazione, affidamento, esecuzione e collaudo.

Nel seguito viene riportata una tabella indicante le varie fasi:

Redazione progetto definitivo.....	Dicembre 2019
Approvazione progetto definitivo.....	Maggio 2019
Redazione e approvazione progetto esecutivo.....	Settembre 2020
Affidamento lavori.....	Dicembre 2020
Fine esecuzione dei lavori e collaudo.....	Settembre 2021

13 Quadro economico

L'impegno di spesa globale del presente progetto, sommati gli importi a disposizione dell'amministrazione, ammonta a **€ 820.000,00** (ottocentoventimila/00) esclusa l'IVA di legge.

Si riporta separatamente il calcolo dell'IVA e l'importo complessivo di IVA pari a € 912.241,00.

Il quadro economico riepilogativo risulta pertanto il seguente:

QUADRO ECONOMICO		
	OPERE A BASE D'APPALTO	importi
a1	importo a base di gara (IVA esclusa) - fognatura, acquedotto e pavimentazioni stradali	679 058,69
a2	oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso (IVA esclusa) relativi alle opere di fognatura, acquedotto e pavimentazioni stradali	14 941,31
A	tot. opere a base d'appalto	694 000,00
	SOMME A DISPOSIZIONE	importi
b1	imprevisti	34 700,00
b2	relazione geologica/geotecnica	2 500,00
b3	valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi	7 500,00
b4	convenzioni/servitù/acquisti proprietà private, comprese spese per procedure di espropri	3 250,00
b5	spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo	64 170,00
b6	procedure di gara e incentivi per funzioni tecniche	13 880,00
B	Totale somme a disposizione - IVA esclusa	126 000,00

IMP. TOTALE GENERALE - IVA ESCLUSA (A+B)	820 000,00
---	-------------------

IVA, ESCLUSA DAL QUADRO ECONOMICO

c0	iva 10 % sui lavori (vedi voce A)	69 400,00
c1	iva 10 % su imprevisti (vedi voce b1)	3 470,00
c2	iva 22 % su relazione geologica/geotecnica (vedi voce b2)	550,00
c3	iva 22 % su valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi (vedi voce b3)	1 650,00
c5	iva 22% su spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo (vedi voce b8)	14 117,40
c6	iva 22 % su procedure di gara e incentivi per funzioni tecniche (vedi voce b10)	3 053,60
IMPORTO TOTALE IVA		92 241,00

IMPORTO TOTALE DI PROGETTO - IVA INCLUSA	912 241,00
---	-------------------