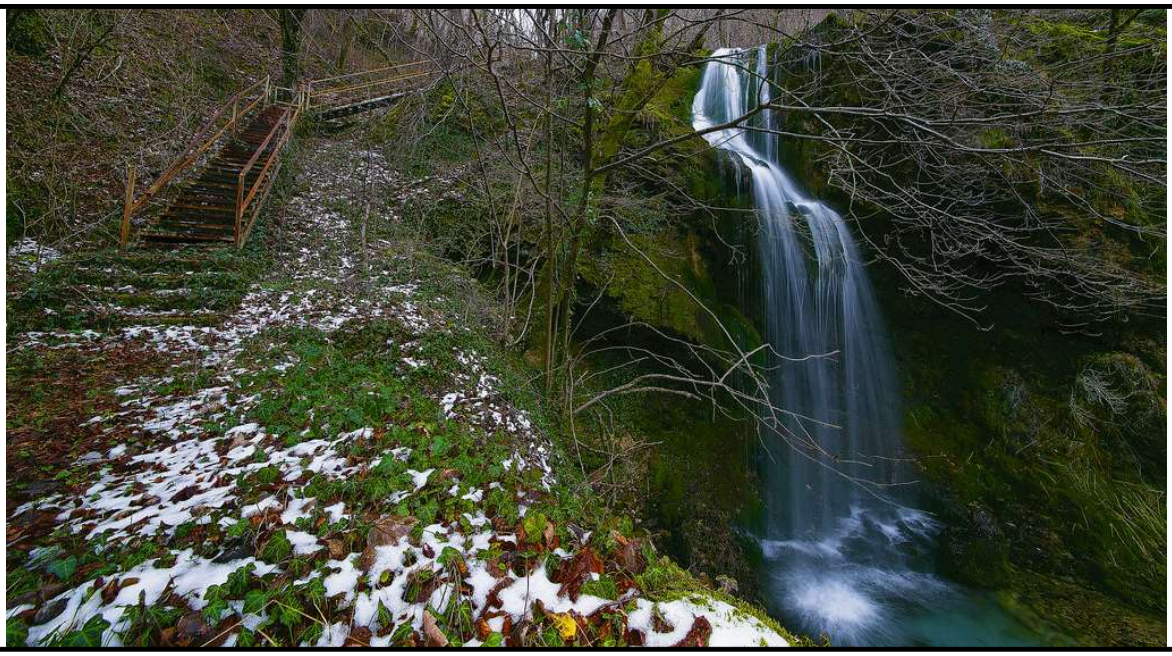
REGIONE ABRUZZO

ERSI Abruzzo

POTENZIAMENTO ED AMMODERNAMENTO DELLO SCHEMA ACQUEDOTTISTICO ALIMENTATO DALLE SORGENTI LIRI E VERRECCHIE E RISOLUZIONE DELLE ATTUALI PROBLEMATICHE DI TORBIDIT À

CIG: 8845368496 - CUP: D27I19000100001



PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

SCALA
-

FOGLIO
A4

IL PROGETTISTA RTP:

C.&S. Di Giuseppe Ingegneri Associati Srl
Via Cavour, n. 45 Palombaro (CH)
tel. 0871 - 895660
fax 0871 - 895218
E-mail: info@c-sdigiuseppe.com

Isola Boasso Studio di Ingegneria
13100 Vercelli, Corso M.Prestinari 86
tel. 0161 - 215214
fax 0161 - 215466
E-mail: info@isolaboasso.it

AI Ingegneria AI Studio
10138 Torino, Corso Ferrucci 112
tel. 011 - 5814511
fax 011 - 5683482
E-mail: posta@aigroup.it

DHI
16149 Genova, via Bombrini 11/12
tel. 0108481220
E-mail: dhi-italia@dhigroup.com

Dott. Geol. Domenico Pellicciotta

Dott.ssa Arche. Martina Pantaleo

FASE	LIVELLO	TIPO DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV.	CODIFICA
PD	01	01	00	0	879PD01010000_00

R.U.P.

Dott. Aurelio D'Amico

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	25/11/2022	EMISSIONE	E. Perucca	R. Isola	B. Giangiulio

1 PREMESSA 3
2 OPERE PREVISTE IN PROGETTO 6
2.1 OPERA DI PRESA 7
2.2 VASCA DI CARICO 8
2.3 CONDOTTA DI ADDUZIONE CHE COLLEGA LA VASCA DI CARICO CON IL SERBATOIO/POMPAGGIO 8
2.4 SERBATOIO 9
2.4.1 Volume di compenso giornaliero 10
2.4.2 Capacità di servizio antincendio 12
2.4.3 Capacità di riserva 13
2.4.4 Conclusioni 13
2.4.5 Caratteristiche costruttive 14
2.5 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO 14
2.6 IMPIANTO IDROELETTRICO 17
2.7 CONDOTTA DI ADDUZIONE 19
2.8 SEZIONI DI POSA E MANUFATTI DI LINEA 22

1 PREMESSA

L'intervento si prefigge come obiettivo generale il potenziamento ed ammodernamento dello schema acquedottistico lato Verrecchie alimentato dalla sorgente Liri e la contestuale risoluzione delle problematiche di torbidità e di inquinamento batteriologico delle acque riscontrate nello schema ad oggi in uso. Tale schema consta della sorgente sul fiume Liri, dell'adduttrice che – previo doppio sollevamento - porta al carico generale di Cappadocia e delle adduttrici che da quest'ultimo, attraverso il partitore in pressione Verrecchie, portano da una parte al carico generale di Roccacerro e dall'altra alla omonima sorgente/serbatoio Verrecchie.

Il sistema risulta essere energivoro, a causa del doppio sollevamento esistente che alimenta Cappadocia (e l'intero schema verso Verrecchie), e soprattutto non più rispondente ai requisiti minimi di efficienza, sicurezza ed affidabilità.

Le sorgenti Liri e Verrecchie soddisfano il fabbisogno dei comuni di Tagliacozzo e frazioni (circa 100 l/s), Sante Marie (circa 18 l/s), Carsoli e frazioni (circa 42 l/s), Rocca di Botte (circa 3 l/s), Oricola (circa 2,3 l/s), Pereto (circa 4l/s), Regione Lazio (9 comuni per circa 83 l/s). IN definitiva le portate attinte dalle due sorgenti e trasportate dai due relativi acquedotti tra loro interconnessi sono mediamente di 250 l/s.

Dall'esame dei dati ottenuti, dalle relazioni poste a base di gara e dagli studi avvallati dalla Regione Abruzzo nei primi anni '90, per le diverse sorgenti si possono trarre alcune considerazioni di carattere generale in merito al verificarsi di fenomeni di intorbidimento e di inquinamento batteriologico:

- Tutte le sorgenti ricevono, in varia misura, acque provenienti da falde idriche contenute nelle brecce calcaree mioceniche affioranti;
- Le cavernosità diffuse in seno alle brecce (condotti carsici di varie dimensioni e più o meno distanziati tra loro) consentono un notevole assorbimento delle acque superficiali ed un rapido deflusso sotterraneo delle stesse verso le sorgenti;
- Si riscontra una circolazione idrica sotterranea caratterizzata da differenti valori di velocità con la profondità. Le velocità sono maggiori nella parte sommitale della falda idrica. Sono ipotizzate, inoltre, le condizioni per una circolazione idrica relativamente superficiale, "sospesa" rispetto ai livelli della falda idrica di base;
- Le opere di presa delle sorgenti, ad eccezione di quella più recente di Riosonno, consistono in cunicoli più o meno lunghi ma poco approfonditi nell'ammasso roccioso. Con essi sono state captate sia le acque profonde sia quelle di infiltrazione diretta dalla superficie provenienti da zone poco distanti dall'emergenza. Queste ultime divengono particolarmente abbondanti a breve distanza di tempo dai più intensi apporti idrici in superficie;
- Le improvvise e forti escursioni di portata che caratterizzano tutte le sorgenti contribuiscono a testimoniare quanto detto in precedenza. Anche le particolari variazioni dei valori di temperature delle acque all'emergenza sembrano confermare la notevole influenza delle condizioni esterne sui caratteri della falda idrica;

- Le acque sorgive hanno quasi sempre una torbidità di fondo, i cui valori sono, però. Molto al di sotto dei valori minimi accettabili;
- In occasione di apporti idrici in superficie particolarmente abbondanti (piogge intense concentrate in uno o più giorni e /o scioglimento della neve), ai bruschi aumenti di portata (vedi punto 5) si accompagnano incrementi di torbidità. Questi ultimi possono raggiungere anche valori molto elevati;
- L'intorbidimento delle acque è dello stesso tipo in tutte le sorgenti ed è un evento dovuto solo a cause del tutto naturali; esso trova giustificazione nella capacità di trascinamento, da parte delle acque di piena, di materiali di varia granulometria (da fina a molto grossa) provenienti dalle piane alte e da siti più vicini all'emergenza. La sorgente del Liri è quella che più risente di tale fenomeno (bacino idrografico più ampio e quindi maggior numero di punti di provenienza);
- L'inquinamento batteriologico è risultato molto frequente alla sorgente del Liri, abbastanza raro alle altre sorgenti. Considerata la notevole vulnerabilità dell'acquifero i fenomeni di inquinamento possono essere imputati a:
- Presenza animali in prossimità delle opere di presa;
- Presenza animali nelle zone delle opere di presa;
- Presenza dell'uomo negli insediamenti turistici di Camporotondo e di Marsia.
- Le diverse fonti di inquinamento possono coesistere e, a seconda dei momenti, avere pesi differenti nel determinare il fenomeno. Le fonti a) e b) hanno carattere permanente; le fonti c) sono invece apparentemente temporanee, ma i loro effetti, nell'eventualità di casi di concertazione di residui inquinanti in superficie o in cavità nel sottosuolo, possono farsi sentire anche dopo mesi;
- I fenomeni di inquinamento batteriologico, anche notevoli, non sempre sono accompagnati da fenomeni di intorpidimento;
- L'abitato di Camporotondo, incluso nel sottobacino idrogeologico della sorgente Liri, costituisce sicuramente una potenziale minaccia di inquinamento per le acque di sottosuolo che alimentano la falda idrica emergente alla sorgente;
- L'abitato di Marsia, in condizioni "normali" di regime idraulico di sottosuolo, non interferisce con la falda idrica profonda della sorgente Verrecchie; può però diventare una minaccia di inquinamento in occasione di eventi meteorici di particolare intensità, quando cioè la circolazione idrica ipogea esistente in condizioni normali può essere radicalmente stravolta;
- Gran parte delle fonti di inquinamento batteriologico sono di fatto ineliminabili (es fauna stanziale, mandrie o greggi al pascolo); il pericolo degli abitati può essere ridotto o eliminato migliorando il sistema di raccolta e di smaltimento dei liquami.

Va comunque premesso che esistono alcune condizioni predisponenti di notevole peso nei riguardi del problema in generale, alle quali è praticamente impossibile porre rimedio.

È infatti impensabile qualsiasi intervento che possa ridurre l'intrinseca vulnerabilità dell'acquifero o che possa influire minimamente sugli effetti inquinanti prodotti dall'habitat biologico naturale. Come pure appare oggi del tutto improponibile l'idea di impedire l'accesso ai pascoli in alta quota alle greggi ed alle mandrie provenienti dai comuni circostanti

2 OPERE PREVISTE IN PROGETTO

Gli interventi principali di ammodernamento e riduzione della torbidità constano in:

- Adeguamento opera di presa sul torrente Liri al fine di adeguarla e ridurre la presenza di torbidità;
- Sistema di misura della torbidità in tempo reale;
- Vasca di carico, presso l'opera di presa, con alimentazione differenziata delle diverse opere di captazione, e possibilità di scarico diretto nel torrente Liri di eventuale derivazione momentaneamente caratterizzata da elevato livello di torbidità;
- Condotta di adduzione TR01 dalle sorgenti del Liri al nuovo serbatoio / impianto di sollevamento ubicati entrambi in località "Valle Nera", L=920 m, DN 600 in acciaio;
- Realizzazione di serbatoio da 30.000 mc in località "valle Nera" in prossimità del nuovo sollevamento, al fine di garantire una riserva d'acqua adeguata per garantire la continuità di servizio per almeno 48 ore anche in caso di elevata torbidità delle fonti di approvvigionamento;
- Realizzazione del nuovo sollevamento di "Valle Nera" portata complessiva 250 l/s, H geodetico 246 m;
- Condotta TR02 dall'impianto di sollevamento "Valle Nera" al partitore per il serbatoio esistente di Cappadocia, seguendo il tracciato esistente, L= 2000 m, DN 600 in acciaio;
- Condotta TR03 dal serbatoio di Cappadocia verso il serbatoio delle Verrecchie seguendo il tracciato esistete, L=4200 m, DN 600 in acciaio;
- Condotte di scarico dal nuovo serbatoio (DN 800) e condotta di scarico dal nuovo impianto di sollevamento (DN 250);
- Realizzazione di opere complementari agli acquedotti quali partitori in carico, pozzetti di sfiato e scarico, attraversamenti stradali e fossi.

La portata di dimensionamento delle opere e degli impianti sarà di 250 l/s.

Rispetto al progetto posto a base di gara, è' stata rivalutata l'ubicazione del serbatoio in progetto, collocandolo in località "valle nera" non solo per la vicinanza al sito ZSC cod. IT7110207 Monti Simbruini, ma anche per un'oggettiva difficoltà realizzativa che caratterizza il sito prescelto e posto a base gara a quota 1170 m s.l.m sul Monte Padiglione.

L'ottimizzazione prevista consente di eliminare il doppio sollevamento posto presso l'opera di presa e, nel contempo, garantire una soluzione ai problemi di torbidità grazie alla rifunzionalizzazione dell'opera di presa, insieme alla realizzazione del serbatoio che consentirà di garantire l'alimentazione delle reti a valle per 48 ore.

La soluzione prescelta infatti consegue dall'analisi dei primi dati di torbidità forniti dal gestore del Servizio idrico, dai quali si evince che i fenomeni di elevata torbidità si verificano poche volte all'anno e al massimo per una durata di 1 o 2 giorni. La realizzazione di un vero e proprio impianto di potabilizzazione che entrerebbe in funzione solo sporadicamente viene quindi in prima ipotesi

accantonata, anche alla luce degli elevati valori di intorbidimento registrati (20 ppm) per i quali le tecnologie disponibili di trattamento non sarebbero efficienti.

L'intervento, quindi, prevederà la realizzazione di una condotta a gravita TR01 dalla sorgente all'impianto di "valle Nera", sito dove verrà ubicato il serbatoio da 30.000 mc e la stazione di sollevamento generale del sistema. Da quest'ultima, la condotta TR02 per circa 2 km lungo il tracciato preesistente garantirà il collegamento con il serbatoio di Cappadocia, e in seguito con il tratto TR03 di poco più di 4 km, sempre seguendo il tracciato esistente, collegherà il serbatoio di Verrecchie. Si è scelto di adottare tracciati paralleli alla linea esistente in quanto si potrà sfruttare la stessa fascia di esproprio.

Alla luce della sismicità della zona di intervento, la progettazione di dettaglio considererà il comportamento sismico delle condotte interrate e delle strutture del serbatoio e del pompaggio, variabile in relazione a tipologia, caratteristiche geometriche e modalità di posa in opera, alle caratteristiche geotecniche e alla profondità degli strati superficiali del terreno di posa, all'intensità dell'evento sismico.

2.1 *Opera di presa*

Si prevede la totale ristrutturazione delle tre attuali opere di presa dalle sorgenti del Liri. Si prevede la dismissione delle idrovore e la realizzazione di opere di captazione totalmente a gravità.

Le opere di presa saranno dotate di sistemi di pretrattamento per evitare che corpi grossolani confluiscano nel sistema adduzione in progetto.

Si intende mantenere le tre prese funzionanti in completa autonomia e indipendenza.

Si prevede che la principale ***opera di presa*** sia composta da una traversa realizzata in calcestruzzo, costituita da un cunicolo filtrante (filtro) riempito con materiale ghiaioso di varia pezzatura, un cunicolo drenante ed un dissabbiatore.

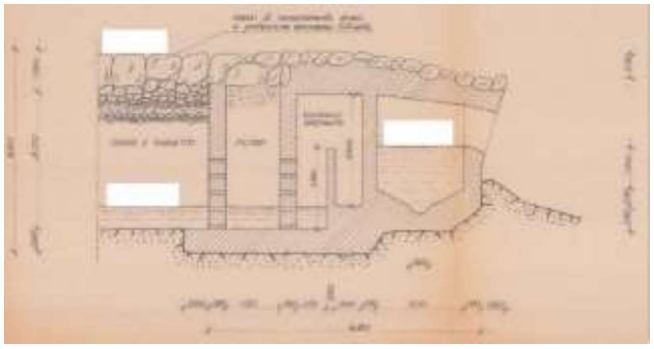


Figura 2-1 tipologico dell'opera di presa in progetto

A monte della traversa, si prevede la realizzazione della zona di filtrazione, costituita da un primo filtro con ghiaia di pezzatura grossolana ed un secondo filtro realizzato con ghiaia e ghiaietto più fine. Il manufatto di presa e l'ammasso filtrante sono ricoperti con massi di corazzamento dell'alveo per evitare l'asportazione dell'ammasso filtrante e ridurre l'impatto ambientale delle strutture in calcestruzzo. In destra idraulica, monte dalla traversa, è collocata una prima presa di superficie, che in caso di necessità permette alle acque superficiali di defluire all'interno di una condotta, insieme a quelle della seconda presa di superficie collocata all'interno del dissabbiatore. Il cunicolo filtrante

presenta delle fessure su tutta la sua lunghezza che consentono all'acqua filtrata di entrare nel cunicolo drenante e da qui proseguire verso il pozzetto di carico della condotta. Il dissabbiatore è invece collegato con le opere di presa di superficie collocate in prossimità della sponda sinistra idraulica ubicata oltre l'area filtrante a valle dello sbarramento.

Figura 2-2 immagine fotografica di un'opera di presa similare

2.2 *Vasca di carico*

Le tre opere di presa dalle sorgenti del Liri, tramite condotte di adduzione dedicate, confluiscono in una vasca di carico ubicata presso l'attuale stazione di pre-pompaggio.

La vasca di carico in progetto è a quota altimetrica poco inferiore rispetto alle sorgenti.

Ogni sorgente alimenta la vasca di carico in modo indipendente ed è dotata di un sistema di misura della torbidità in tempo reale. Tale accorgimento è finalizzato a potere escludere dal sistema di approvvigionamento idrico eventuali sorgenti caratterizzate, temporaneamente, da un'acqua di non adeguata qualità. Alcune fonti di approvvigionamento sono infatti più vulnerabili rispetto ai fenomeni di torbidità dovuti ad intensi fenomeni piovosi.

La vasca di carico è costituita da due distinti volumi. Il volume di monte è costituito da tre camere, ciascuna delle quali riceve la condotta di adduzione proveniente dalla sorgente sottesa. Ciascuna di queste tre camere presenta uno scarico diretto ed autonomo nel torrente Liri, presidiato da paratoia. Nel caso l'acqua della sorgente sottesa dalla camera sia contaminata è possibile, prima che si misceli con le altre sorgenti, scaricarla direttamente nel torrente Liri.

Ogni camera presenta una soglia a stramazzo regolabile che scarica la portata afferente dalla sorgente sottesa nella vasca di valle, all'interno della quale le portate delle tre sorgenti si uniscono.

La vasca di valle costituisce il bacino di carico del serbatoio in progetto o, in alternativa, della stazione di sollevamento.

2.3 *Condotta di adduzione che collega la vasca di carico con il serbatoio/pompaggio*

La condotta di adduzione a gravità, denominata TR01, sarà realizzata in acciaio DN 600 rivestito esternamente con polietilene e con resine epossidiche all'interno. Il tronco di condotta si estende per 920 m e sarà collocato prevalentemente al di sotto della viabilità esistente. Il profilo in progetto non presenta una orografia complessa ed è prevalentemente digradante gradualmente da quota 955 m s.l.m. a 910 m s.l.m.

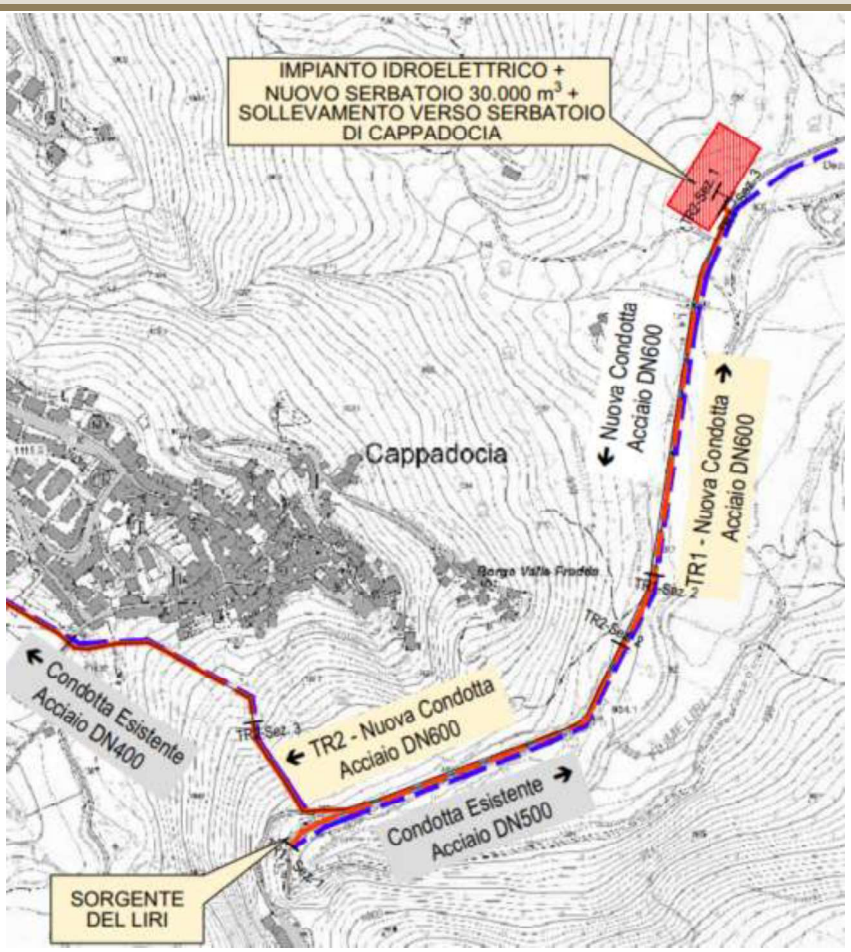


Figura 2-3 - Tracciato planimetrico TR01in rosso, in blu la condotta esistente.

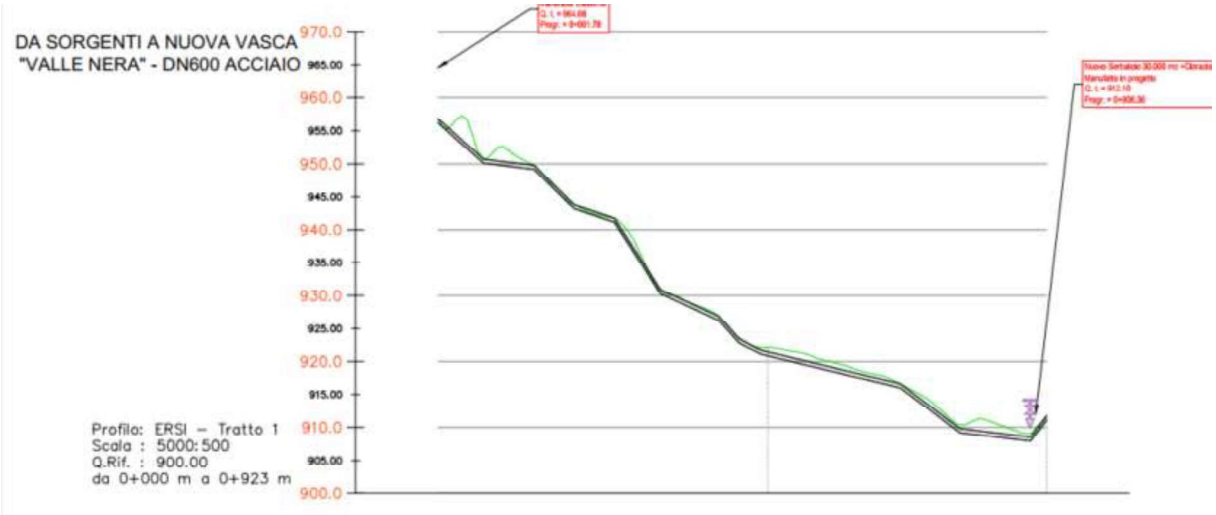


Figura 2-4 - Profilo altimetrico TR01.

2.4 *Serbatoio*

Come precedentemente scritto, rispetto al progetto posto a base di gara, è' stata rivalutata l'ubicazione del serbatoio in progetto, collocandolo in località "*valle nera*" non solo per la vicinanza al sito ZSC cod. IT7110207 Monti Simbruini, ma anche per un'oggettiva difficoltà realizzativa che caratterizza il sito prescelto e posto a base gara a quota 1170 m s.l.m sul Monte Padiglione.

L'ottimizzazione prevista consente di eliminare il doppio sollevamento posto presso l'opera di presa e, nel contempo, garantire una soluzione ai problemi di torbidità grazie alla rifunzionalizzazione dell'opera di presa, insieme alla realizzazione del serbatoio in oggetto che consentirà di garantire l'alimentazione delle reti a valle per 48 ore.

In linea generale, il volume di un serbatoio, necessario per soddisfare le esigenze di un bacino di utenza, è determinato in base a tre contributi:

- il volume di compenso giornaliero;
- la capacità di servizio antincendio;
- la capacità di riserva.

Queste tre componenti hanno peso differente in funzione delle caratteristiche del bacino, della curva di consumo, della tipologia delle fonti di approvvigionamento dell'acqua potabile.

I criteri di calcolo delle singole capacità sono brevemente indicati in seguito.

2.4.1 Volume di compenso giornaliero

È calcolato a partire dalla curva di richiesta nel giorno di massimo consumo, ipotizzando una strategia di approvvigionamento adatta alle caratteristiche del sistema di adduzione.

Tipicamente, nel caso di adduzione da sorgenti o prese d'acqua superficiali, come nel caso in oggetto, si ha un miglior sfruttamento degli stessi con derivazione a portata costante; il volume di compenso consente idealmente di accumulare l'acqua nelle ore di bassa richiesta per poi erogare la massima portata nelle ore di punta, senza ripercussioni sulla portata emunta.

Il calcolo richiede la stima della curva di massimo consumo, che risulta logicamente più affidabile se basata su dati rilevati, e la conoscenza del sistema di approvvigionamento della risorsa idrica.

Nel caso in oggetto, essendo il serbatoio posto a monte della condotta di adduzione la funzione di compenso assume un ruolo marginale. Tuttavia, in considerazione che la vasca in progetto alimenta il serbatoio esistente di Cappadocia, posto a monte dell'intero sistema acquedottistico gravitario ed avente un volume considerevole, pari a 4.000 m^3, è possibile, con una strategia gestionale volta all'utilizzo combinato dei due invasi, regolarizzare la portata derivata. Più specificatamente, attribuendo al serbatoio esistente di Cappadocia la sola funzione di compenso (ed eventualmente anti incendio come illustrato successivamente) e conseguentemente azzerandone la funzione di riserva totalmente trasferita al serbatoio in progetto, è possibile, almeno in parte, assorbire le punte orarie di portata. Tramite dunque il volume di compenso dell'invaso esistente di Cappadocia si consente al sistema di approvvigionamento, costituito dalle opere di derivazione e sollevamento, di lavorare con portate medie anziché di punta. In tal modo, il volume di compenso giornaliero consente di soddisfare le variazioni di domanda dell'utenza nell'arco del giorno senza che queste si ripercuotano sul sistema di approvvigionamento. La variazione della domanda nel giorno di massimo consumo, ovvero nel giorno in cui si raggiunge il massimo volume erogato giornaliero, ne costituisce quindi la base per il calcolo.

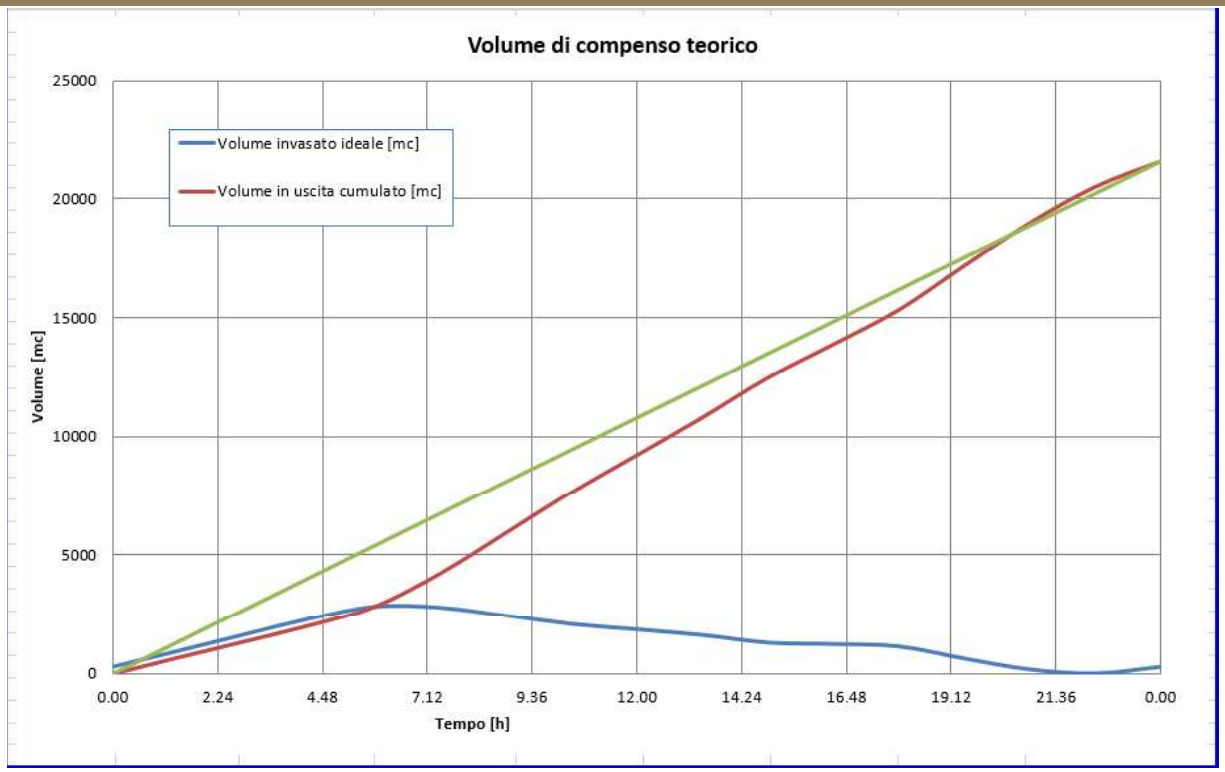
Per ragioni di buon funzionamento, di ottimizzazione della risorsa idrica, di minimizzazione dei costi d'impianto e manutenzione, si privilegia una legge di funzionamento del sistema di approvvigionamento a portata costante. Con questa ipotesi risulta particolarmente agevole il calcolo della capacità di compenso giornaliero.

Si è ipotizzato una derivazione costante che alimenti direttamente il volume di compenso ubicato presso il serbatoio esistente di Cappadocia. Tale legge è rappresentata da una linea retta, nel piano Volume cumulato / Tempo.

La capacità di compenso può essere ricavata per via grafica, o più accuratamente per via analitica, andando a disegnare la curva che corrisponde alla differenza tra volume cumulato di alimentazione e volume cumulato erogato. Tale curva, opportunamente riportata sulla scala dei volumi, individua istante per istante il volume invasato necessario per il soddisfacimento della richiesta idrica. In questa fase preliminare si è considerata una curva di consumo di letteratura. Nelle successive fasi progettuali verrà affinato il calcolo con l'utilizzo di curve di consumo sperimentali, relative espressamente al funzionamento del sistema acquedottistico in oggetto.

SERBATOIO DI CAPPADOCIA

portata media del giorno di massimo consumo (l/s)	250,0	PORTATE		VOLUMI IN INGRESSO		VOLUMI IN USCITA		VOLUME DI COMPENSO TEORICO PARI A 2839 mc
T [ore]	coefficienti orari della curva di consumo	Uscente [l/s]	Ingresso [l/s]	Parziale [mc]	Volume in ingresso cumulato [mc]	Parziale [mc]	Volume in uscita cumulato [mc]	Volume invasato ideale [mc]
0.00	0,00	0,00	250,00	0	0	0	0	280
1.30	0,51	126,28	250,00	1350	1350	682	682	948
3.00	0,49	123,06	250,00	1350	2700	665	1346	1634
4.30	0,50	125,57	250,00	1350	4050	678	2025	2305
6.00	0,60	151,18	250,00	1350	5400	816	2841	2839
7.30	1,03	258,68	250,00	1350	6750	1397	4238	2792
9.00	1,26	314,09	250,00	1350	8100	1696	5934	2446
10.30	1,27	318,40	250,00	1350	9450	1719	7653	2077
12.00	1,17	291,98	250,00	1350	10800	1577	9230	1850
13.30	1,18	293,86	250,00	1350	12150	1587	10817	1613
15.00	1,24	309,55	250,00	1350	13500	1672	12488	1292
16.30	1,04	261,06	250,00	1350	14850	1410	13898	1232
18.00	1,08	268,86	250,00	1350	16200	1452	15350	1130
19.30	1,38	343,77	250,00	1350	17550	1856	17206	624
21.00	1,34	334,49	250,00	1350	18900	1806	19012	168
22.30	1,12	281,02	250,00	1350	20250	1518	20530	0
23.59	0,79	198,15	250,00	1335	21585	1058	21588	277



Con l'approccio di calcolo descritto, si ricava il volume di compenso necessario pari a:

$$Vc = 2.839\ m^3$$

La vasca esistente di Cappadocia ha un volume disponibile di circa 4.000 m^3, quindi superiore rispetto a quello strettamente necessario per il compenso. È chiaro che non dispone più dell'attuale capacità di riserva.

Con il volume disponibile si potrebbe pertanto derivare anziché la portata di punta oraria la portata media del giorno di massimo consumo. Questa opzione funzionale è garantita dall'utilizzo combinato del serbatoio esistente di Cappadocia, destinato al compenso ed eventualmente anti incendio, con quello in progetto destinato all'intera riserva.

2.4.2 Capacità di servizio antincendio

Questa capacità viene è normalmente assicurata per far fronte alle necessità di servizio antincendio nel caso in cui non vi siano altre risorse facilmente reperibili (mare, laghi) in vicinanza.

Il volume necessario può essere valutato con la nota espressione di Conti, secondo la quale il volume V dipende dall'entità del bacino di utenza N (espresso in miglia di abitanti), ipotizzando di erogare per 5 ore una portata stimata sufficiente a scopo antincendio. Si ottiene così il valore della capacità richiesta complessiva per una popolazione N = 50 000 abitanti circa, che comprende sia la popolazione residente (circa 20.000 abitanti) che quella turistica.

$$V = 108\sqrt{N} = 763\ mc$$

Nel caso specifico occorre rilevare che il serbatoio in progetto essendo molto lontano dai centri abitati ove potrebbe esserci il rischio di incendi mal si adatta a questa funzione, pur disponendo del volume necessario. In realtà il serbatoio esistente di Cappadocia disponendo di un volume di 4.000 m^3, di cui circa 3.000 m^3 necessari per il compenso, come illustrato nel punto precedente, ha la

possibilità di assicurare anche questa funzione emergenziale. Sicuramente, essendo a monte di un sistema acquedottistico con funzionamento a gravità, meglio si adatta, rispetto al serbatoio in progetto, ad assolvere la funzione di *capacità di servizio antincendio.*

Occorre infine rilevare che tutte le aziende a rischio incendio sono dotate di una propria infrastruttura capace di fare fronte a questa tipologia di pericolo. Per questo motivo la capacità di servizio antincendio non è normalmente richiesta alla infrastruttura acquedottistica.

2.4.3 Capacità di riserva

Il volume di riserva normalmente è necessario per garantire la continuità di servizio nel caso si verifichi qualche problema sul sistema di approvvigionamento. Il volume di riserva è stabilito con criteri empirici valutando quale sia la possibilità di un'interruzione del servizio tale da compromettere l'approvvigionamento della risorsa idrica (es. mancata disponibilità della risorsa idrica).

Il volume di riserva è normalmente calcolato fissando il numero di ore per quali si vuole garantire la continuità di servizio nel caso si annulli la portata di approvvigionamento idrico in entrata nel serbatoio.

Il numero di ore di disservizio dipende dalla vulnerabilità specifica del sistema di approvvigionamento.

Nel caso specifico, la vulnerabilità del sistema di approvvigionamento dipende principalmente dal rischio di inquinamento od intorbidimento delle sorgenti del Liri per effetto di intensi eventi piovosi.

La capacità di riserva, nel caso in oggetto è determinata con l'obbiettivo di garantire una autonomia all'intero sistema acquedottistico di 48 ore, con azzeramento della portata derivata dalle sorgenti. Il tempo di 48 ore dipende dalla durata dei fenomeni di intorbidimento delle acque derivate dalle sorgenti del Liri. Storicamente si è constatato che i fenomeni di intorbidimento hanno una durata che non supera generalmente le 48 ore.

Considerando un consumo medio pro capite di circa 280 ab./giorno (comprensivo di una perdita fisiologica complessiva del 25%) la capacità di riserva, da attribuire interamente al serbatoio in progetto, per garantire per 48 ore la continuità di servizio ad una popolazione di punta di 50.000 abitanti, è pari a:

$$V_{riserva} = 30.000\ m^3$$

Si rileva che in realtà, per come è stato concepito il sistema di derivazione della risorsa idrica dalle sorgenti del Liri, la durata di autonomia del sistema potrebbe essere addirittura superiore alle 48 ore. Dato infatti che le tre derivazioni, come spiegato precedentemente, sono mantenute separate, con la possibilità, nei periodi i cui si verificano i fenomeni di intorbidimento, di differenziare gli emungimenti, scartando quelli che presentano una peggior qualità dell'acqua, è possibile, verosimilmente, che in realtà si disponga, per quanto ridotta, di una portata in ingresso nel serbatoio. In altri termini, nel caso in cui non si azzeri completamente la portata in ingresso nel serbatoio, la durata del periodo durante il quale il sistema acquedottistico garantisce all'utenza il normale funzionamento può superare abbondantemente le 48 ore

2.4.4 Conclusioni

Abbinando il volume dell'esistente invaso di Cappadocia (4.000 m^3) con quello del serbatoio in progetto (30.000 m^3), per un totale di 34.000 m^3, è possibile assicurare al sistema acquedottistico le tre funzioni di: *compenso, antincendio e riserva*. In particolare, il serbatoio esistente di Cappadocia, per effetto della favorevole posizione altimetrica, garantirà le funzioni di *compenso* ed *anti incendio*, mentre quello in progetto garantirà la funzione di *riserva*.

2.4.5 Caratteristiche costruttive

Le opere saranno realizzate in un'area libera da sottoservizi e solo parzialmente boscata.

Il serbatoio è parzialmente interrato al fine di ridurre l'impatto ambientale dell'opera.

La struttura delle pareti laterali è prevista in cemento armato. La platea sarà realizzata con un primo getto strutturale, sul quale si getterà una seconda soletta su igloo e maglia metallica elettrosaldata in modo da formare un'intercapedine. Le pendenze saranno tali da formare, allo stesso tempo, una corretta superficie di raccolta dei sedimenti interni ed un convogliamento delle eventuali perdite ad un punto di controllo.

La copertura sarà realizzata con una soletta alleggerita in CA gettato in opera su predalles, uno strato isolante in poliuretano espanso al di sopra del quale è previsto un tetto verde.

L'ispezione della vasca sarà garantita da una cabina situata sul tetto, tramite la quale si potrà accedere anche per la manutenzione periodica ed il campionamento delle acque.

L'alimentazione e la presa avverranno dalla camera valvole. La circolazione dell'acqua sarà garantita da appositi setti in CA aventi anche funzione strutturale.

La bocca di alimentazione sarà collocata al fondo del serbatoio, mentre la presa, così come lo scarico di fondo, sarà alloggiata in un apposito pozzetto ad una quota tale da non generare volumi non utilizzabili (volume morto). Le pendenze interne convoglieranno gli eventuali sedimenti verso il pozzetto dello scarico di fondo.

Sulla condotta di scarico di fondo è prevista una valvola ad apertura rapida, che potrà essere azionata periodicamente per breve tempo al fine di eliminare la gran parte dei sedimenti raccolti nel pozzetto.

Sarà installato uno sfioratore di troppo pieno a calice, la cui condotta di scarico andrà a scaricare in corso d'acqua superficiale.

Si rimanda per ulteriori dettagli costruttivi agli elaborati grafici allegati.

2.5 *Impianto di sollevamento*

La portata derivata dalle sorgenti del Liri può confluire nel serbatoio o direttamente alla stazione di sollevamento in progetto.

La stazione di sollevamento in progetto può quindi essere alimentata dal serbatoio, posto a quota altimetrica più bassa, o, in alternativa, dalla vasca di carico, posta a quota altimetrica superiore, in corrispondenza delle opere di captazione.

La stazione di sollevamento deve quindi garantire un funzionamento con possibilità che si instaurino prevalenze geodetiche differenti. Il serbatoio si trova ad una quota altimetrica circa 60 m. inferiore rispetto alla vasca di carico.

Nel caso in cui la stazione sia alimentata dal limitrofo serbatoio, si ha un funzionamento tradizionale con breve condotta di aspirazione. Nel caso invece di alimentazione dalla vasca di carico, posta in prossimità delle sorgenti, ad una quota altimetrica superiore di circa 60 m., le pompe dell'impianto si trasformano in gruppo di sovrappressione. In questo caso avranno un funzionamento sotto elevato battente, con una lunga condotta di aspirazione.

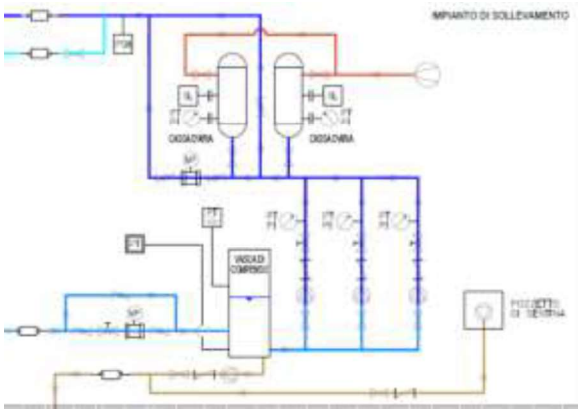


Figura 5 P&I stazione di sollevamento

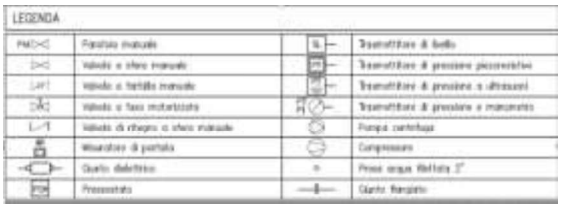


Figura 6 legenda P&I

Si prevede l'installazione di tre pompe ad asse orizzontale. Delle tre pompe installate una costituisce la riserva attiva. La massima portata può dunque essere sollevata mediante due sole pompe. Le pompe funzionano in alternanza a rotazione. Quindi anche la pompa di riserva viene sistematicamente utilizzata al fine di mantenerla in costante efficienza.

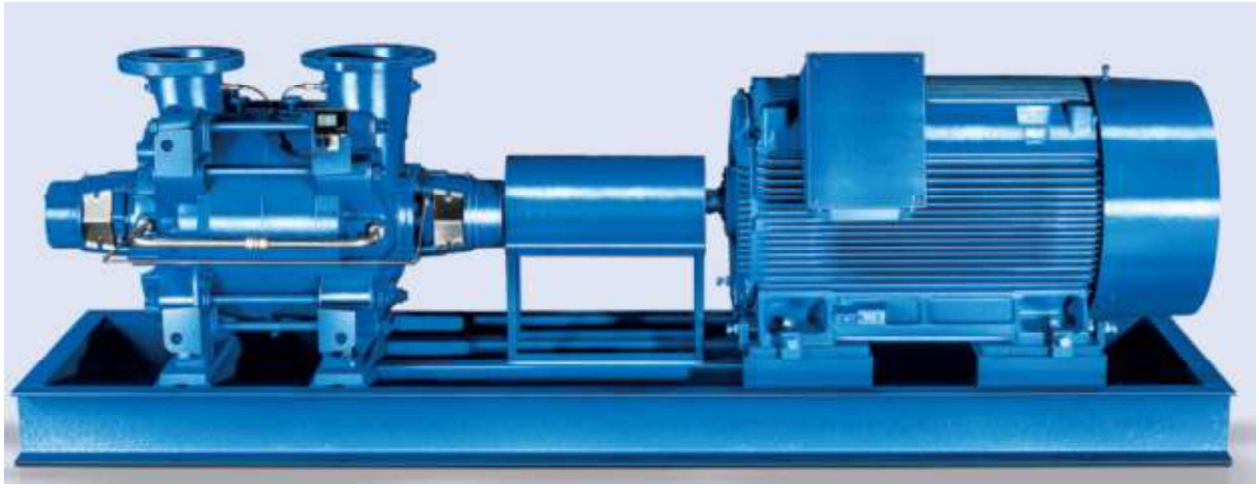
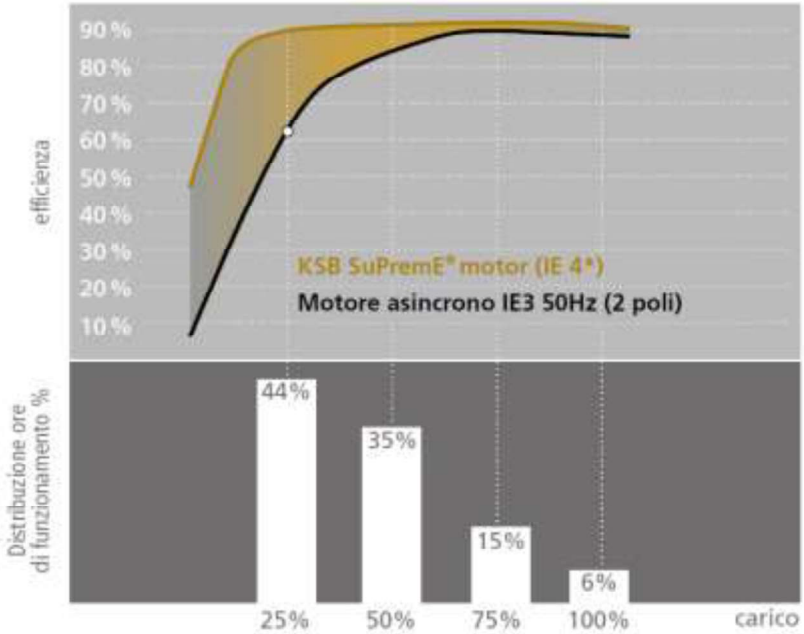


Figura 7 immagine della tipologia di pompa

Da un punto di vista elettromeccanico, sono stati previsti i dispositivi in grado di attenuare gli effetti dei transitori idraulici, quali ad esempio l'inserimento di inverter in grado, mediante una variazione di frequenza, di modificare il numero di giri delle pompe modulando, più gradualmente, le variazioni di portata nelle fasi di avvio dell'impianto. L'inverter consente di modificare la prevalenza delle pompe, secondo lo schema idraulico precedentemente descritto. L'utilizzo degli inverter consente di modulare la portata sollevata secondo le necessità del gestore, assecondando l'esigenza di flessibilità funzionale. Inoltre, gli inverter, riducendo l'energia di spunto, necessaria all'avvio delle pompe, consentono l'utilizzo di gruppi di continuità di potenza inferiore. La potenza del gruppo elettrogeno necessaria a fornire l'energia di spunto richiesta dall'avvio delle pompe, in mancanza di inverter, è

pari quasi al doppio della potenza assorbita dalle pompe in condizioni di normale funzionamento. **Un ulteriore aspetto di grande rilevanza riguarda la scelta delle macchine**. **Si prevede un pompaggio equipaggiato con motori sincroni di ultima generazione in classe IE4, capaci di contenere i consumi energetici.** L'installazione di tali motori, specificamente studiati per il funzionamento con inverter, permette di ottenere importanti risparmi energetici sia in condizioni di frequenza nominale (6% in meno), sia **in condizioni di frequenza ridotta. Queste sono infatti le condizioni in cui l'efficienza, contrariamente a quanto accade in un motore asincrono, non subisce una sostanziale variazione**. Come si può apprezzare in figura, il risparmio energetico sale dal 6% del funzionamento a pieno carico, fino al 44% del funzionamento al 25% del carico.



A monte delle pompe, appena a valle dello stacco della condotta di aspirazione, sono posizionate le valvole di sezionamento. A valle delle pompe, prima della immissione nella condotta di mandata, sono posizionate rispettivamente la valvola di non ritorno e la valvola di sezionamento. Ogni pompa può quindi essere messa fuori servizio senza interrompere la funzionalità del sistema.

L'impianto è dotato di due casse d'aria necessarie per limitare i fenomeni di depressione e sovrappressione (effetto comunemente detto di *colpo d'ariete*) generate sulla condotta premente di adduzione per effetto delle manovre di accessione e soprattutto spegnimento delle pompe. Si tratta di due casse d'aria poste in parallelo, connesse alla condotta di mandata delle pompe. Le casse d'aria sono dotate di compressore per mantenere il corretto rapporto aria/acqua all'interno della cassa.

La stazione di sollevamento dispone di un carroponte che consente la movimentazione di pompe e valvole. Le pompe ed il valvolame possono essere portate a piano terra tramite il carroponte. È previsto a piano terra uno spiazzo di carico, all'interno della stazione, che consente di caricare direttamente su automezzo il materiale elettromeccanico movimentato da carroponte.

La copertura dell'edificio è prevista con tetto piano verde.

I locali elettrici sono previsti a piano campagna. La stazione è dotata di gruppo di continuità.

L'accessibilità carrabile alla stazione avviene attraverso una strada sterrata che parte dalla strada provinciale.

La stazione è accessibile a qualsiasi automezzo. All'esterno della stazione è previsto un piazzale per consentire le manovre agli automezzi.

2.6 *Impianto idroelettrico*

A monte del serbatoio in progetto è prevista l'installazione di un *micro-impianto idroelettrico*. L'impianto idroelettrico serve per sfruttare il carico idraulico residuo dovuto al fatto che il serbatoio si trova ad una quota altimetrica inferiore di circa 60 m rispetto alla vasca di carico.

Quando la vasca di carico non alimenta direttamente la stazione di pompaggio e la portata derivata dalle sorgenti del Liri confluisce nel serbatoio in progetto, per evitare sprechi energetici, è previsto di recuperare il salto geodetico mediante in micro-impianto idroelettrico.

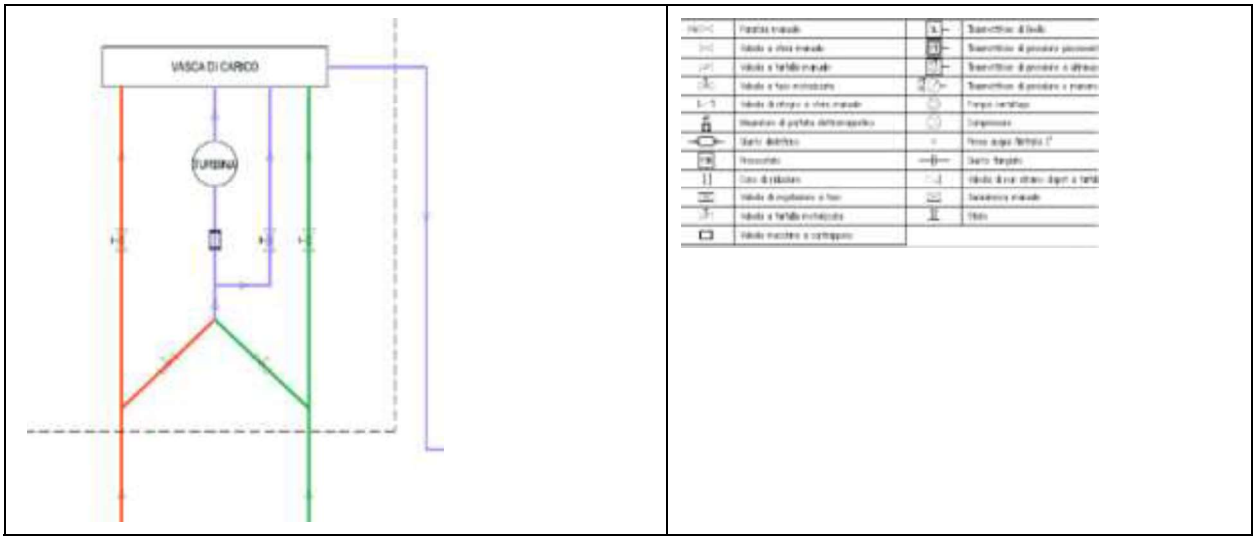
I dati funzionali della turbina a servizio della adduttrice di acque grezza derivata dalla sorgente del Liri sono i seguenti:

- Portata turbinata: Q = 0.25 m^3/s
- Prevalenza geodetica: H_{geod} = 60 m.
- Salto utile: H = 55 m.
- Potenza turbina: P = 105 kW

Le principali caratteristiche della turbina sono le seguenti:

- Tipologia turbina: Pelton
- Asse: verticale
- Portata massima: 0,25 m^3/s
- Velocità: 1000 rpm
- Diametro girante: 430 mm

Nella sottostante immagine è riportato il P&I dell'impianto idroelettrico previsto presso l'impianto in progetto.



L'impianto idroelettrico in oggetto è posto all'interno dell'area in cui è ubicato il serbatoio da 30.000 m^3.

L'impianto idroelettrico è posto a monte del serbatoio.

Poiché, dalla vasca a pelo libero che riceve l'acqua turbinata, , la portata defluisce a gravità nel serbatoio, la turbina presenta una girante posta a quota altimetrica superiore rispetto al pelo libero del

serbatoio. Più specificatamente la vasca che riceve l'acqua turbinata presenta un livello idrico che consente all'acqua di defluire a gravità nelle due vasche del serbatoio in progetto.

La turbina è posizionata sopra la vasca.

In copertura è prevista una botola che consente l'installazione e l'eventuale rimozione del blocco turbina da effettuarsi tramite auto gru.

Al piano più elevato è ubicata la sola turbina.

Appena sotto vi è la vasca a pelo libero delle acque turbinate.

A livello terreno sono ubicate tutte le valvole.

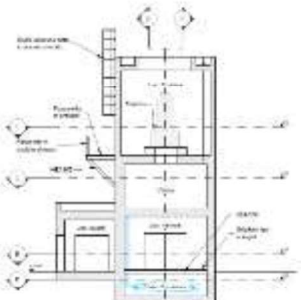


Figura 8 sezione trasversale edificio turbina

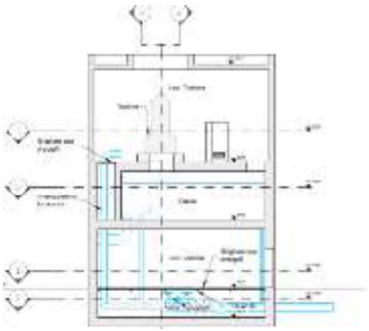


Figura 9 sezione longitudinale edificio turbina

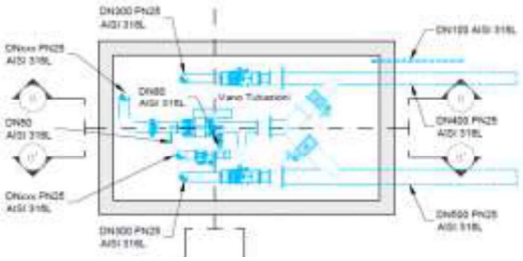


Figura 10 piping alla pianta del piano interrato

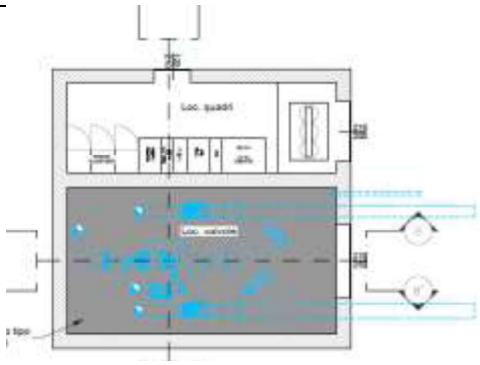


Figura 11 pianta piano terra

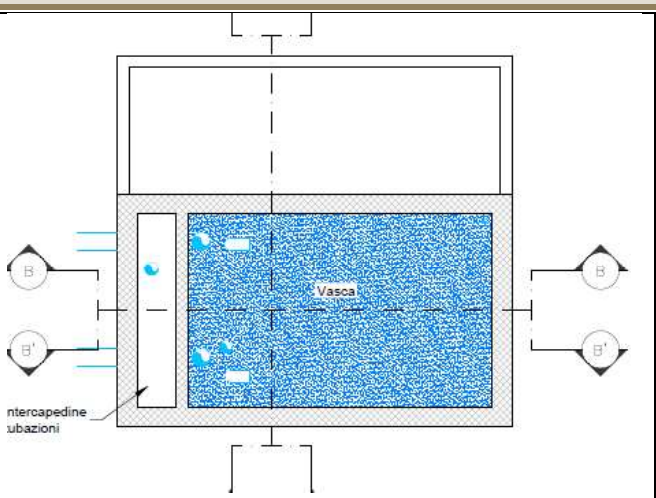


Figura 12 pianta a livello vasca a valle turbina

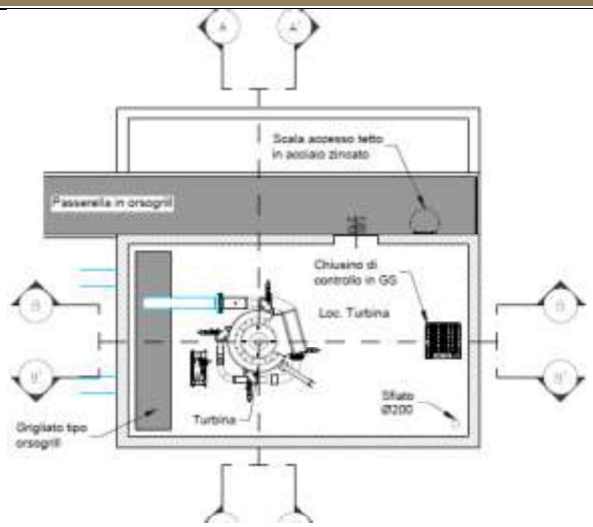


Figura 13 ultimo livello: pianta locale turbina

A piano terra sono previsti i locali elettrici a servizio dell'impianto idroelettrico.

A piano interrato sono installate le valvole che regolamentano il funzionamento dell'impianto.

Le valvole con relativo piping sono sormontate da un grigliato in acciaio inox che consente di camminare a livello di piano terra.

2.7 *Condotta di adduzione*

Dal pompaggio sopra descritto verrà realizzata la condotta di adduzione per il collegamento al serbatoio di Cappadocia, anch'essa in acciaio DN600 rivestito esternamente con polietilene e con resine epossidiche all'interno.

Si distingue il tratto denominato TR02 dal serbatoio in progetto fino a quello di Cappadocia e il tratto denominato TR03 da Cappadocia fino al serbatoio di Verrecchie.

Il tratto TR02 ha una lunghezza complessiva di 2000 m di cui il primo tratto di 900 m ripercorre a ritroso la viabilità in cui è posata la condotta TR01 e successivamente segue il tracciato della condotta esistente in modo da sfruttare la fascia di esproprio attuale lungo i pendii a tergo dell'abitato di Cappadocia. La condotta che oggi adduce le acque dalle sorgenti a Cappadocia e poi a Verrecchie è infatti ammalorata e verrà dismessa, mentendola in sede. L'unica variazione di tracciato rispetto all'esistente è nel tratto successivo all'interferenza con Via Principe Amedeo nel comune di Cappadocia. In un breve tratto la condotta verrà posata sotto strada in quanto non è possibile realizzare l'affiancamento per problematiche di interferenze e vicinanza con edifici esistenti.

Dal punto di vista altimetrico la condotta partendo da 910 m slm dovrà superare un dislivello geodetico di circa 250 m raggiungendo la quota di 1160 m slm con un profilo abbastanza regolare e gradualmente crescente che presenta un tratto di acclività importante che supera il 35% per m 300 immediatamente dopo la sorgente e prima dell'abitato di Cappadocia.

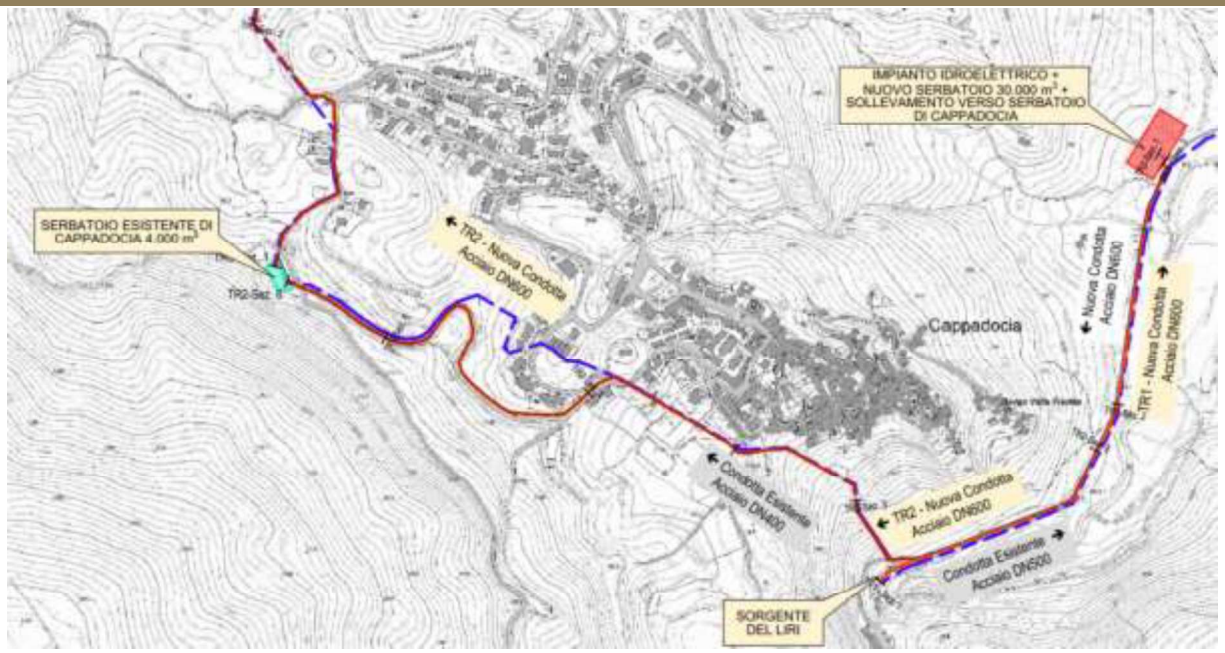


Figura 2-14 - Tracciato planimetrico TR02 in rosso. In blu la condotta esistente.

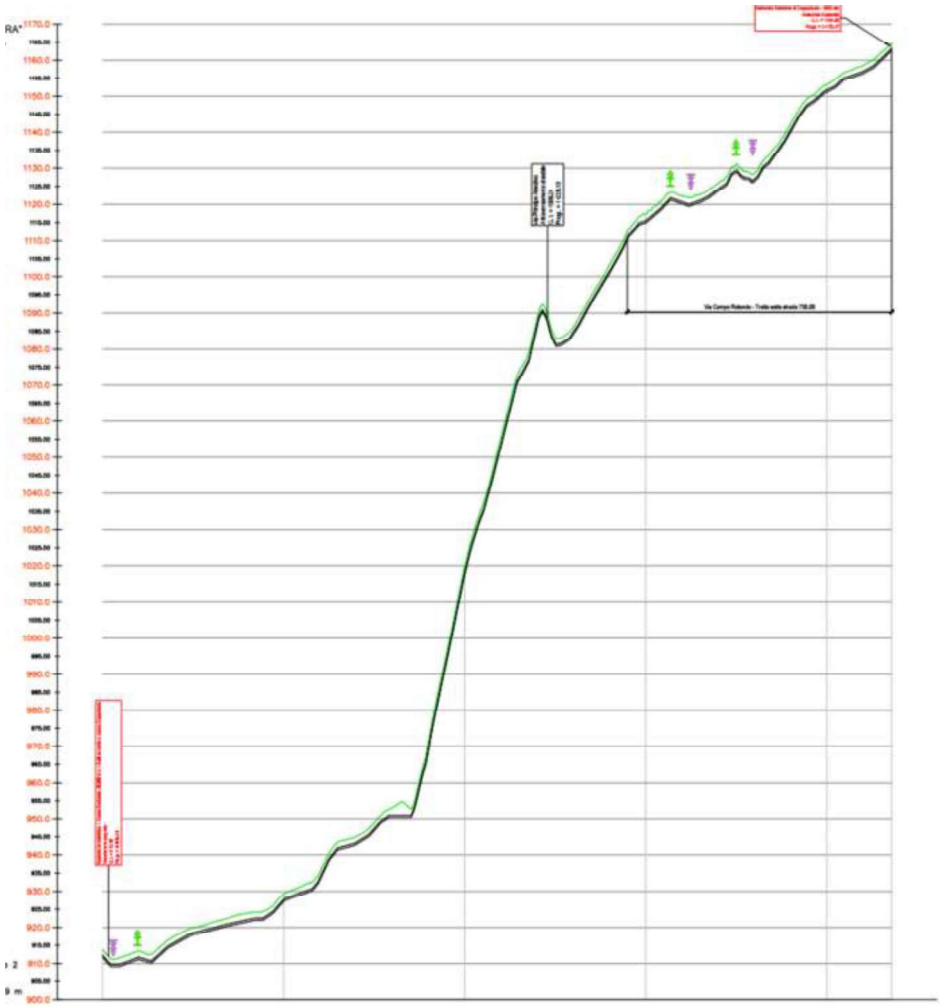


Figura 2-15 - Profilo altimetrico TR02.

Il tratto TR03 che da Cappadocia raggiunge il serbatoio di Verrecchie, di lunghezza 4200 m circa, presenta invece un profilo con maggiori variazioni altimetriche lungo il percorso, ma nel complesso digradante da quota 1106 m slm a quota 990 m slm.

Il percorso si sviluppa interamente in area montana e segue anche in questo caso la condotta esistente che verrà dismessa, ma mantenuta in sede, analogamente al tratto precedente TR02. Si rileva un attraversamento di strada comunale e due attraversamenti di viabilità secondarie brecciate.

Tutte le condotte verranno protette tramite sistema di protezione catodica a corrente impressa.

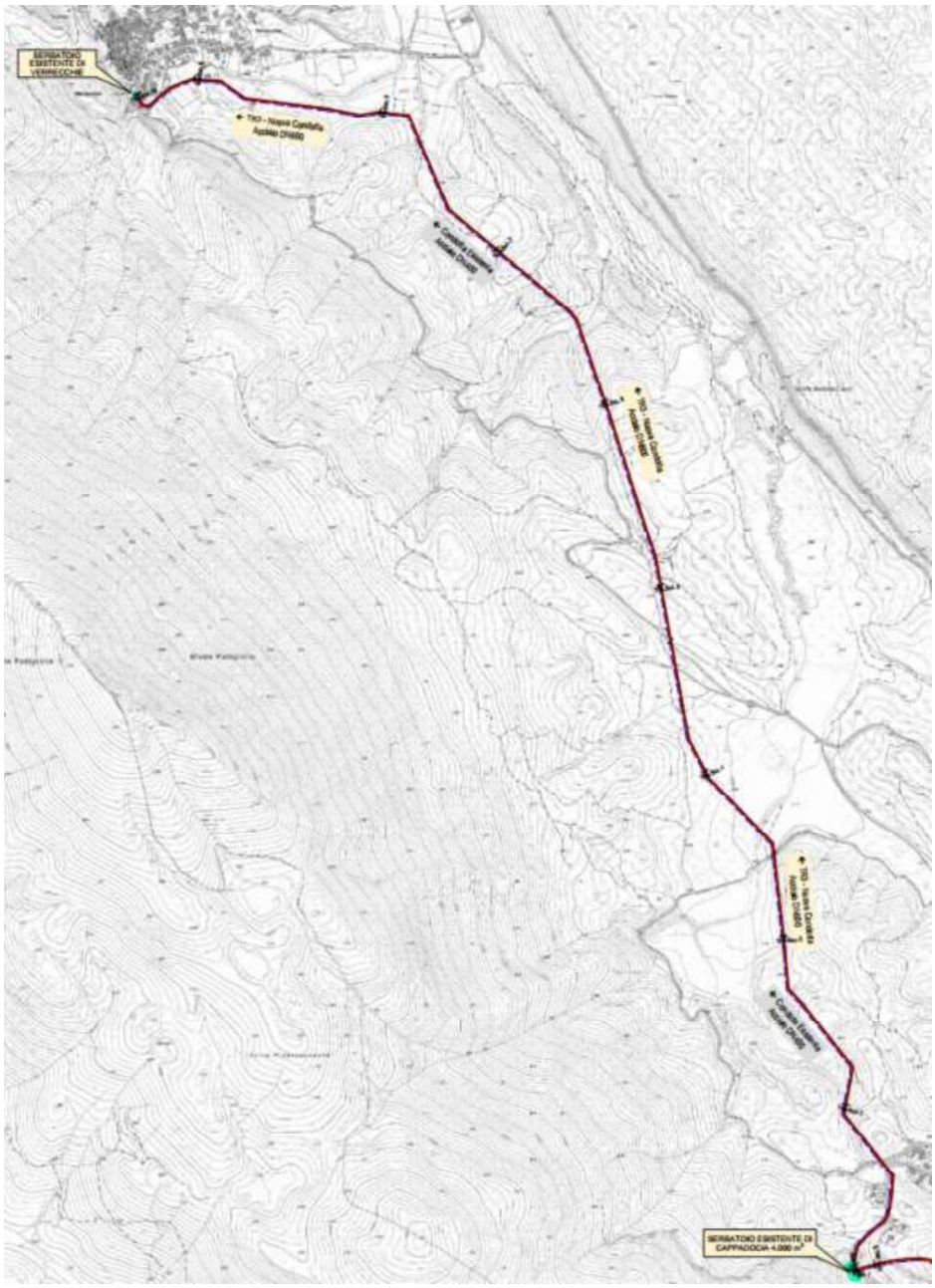


Figura 2-16 - Planiemtria del tracciato TR03 in rosso. In blu la condotta esistente.

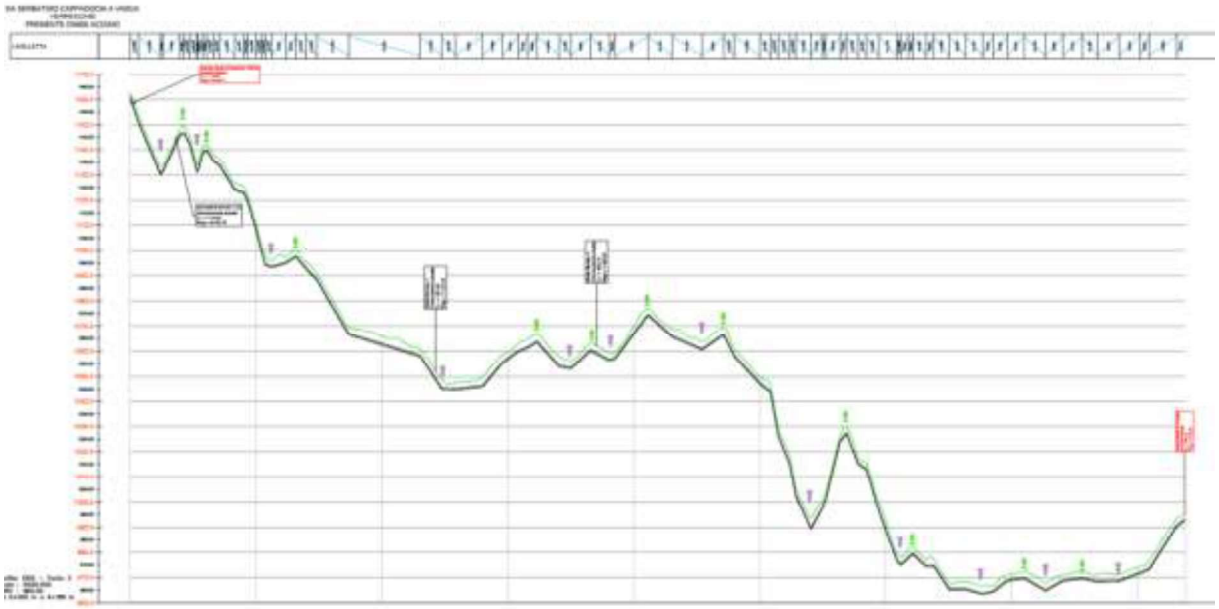


Figura 2-17 - Profilo altimetrico della condotta TR03.

2.8 *Sezioni di posa e manufatti di linea*

La condotta verrà posata di norma in trincea, scavata a sezione ristretta. La profondità di posa dovrà garantire che l'estradosso della tubazione sia ricoperta da almeno 1,5 m. La posa avverrà in affiancamento della condotta esistente, sfruttando la fascia di esproprio esistente.

Il rinterro avverrà di norma con il materiale di risulta proveniente dagli scavi, qualora sia compatibile ai sensi del D.Lgs 152/06.

Negli attraversamenti stradali verrà adottata una sezione di posa che possa garantire la tenuta ed evitare il cedimento e le deformazioni stradali.

La condotta verrà verificata allo scivolamento per i tratti più pendenti, valutando quindi la necessità di realizzazione di blocchi di ancoraggio.

La progettazione verrà completata tramite il posizionamento di sfiati e scarichi in funzione dell'orografia del tracciato. In particolare, in ogni punto basso del profilo verrà realizzato un pozzetto di scarico ai fini di garantire lo svuotamento della condotta. L'allontanamento delle acque verrà previsto con apposite condotte a gravità.

Nei punti più alti del profilo invece verranno realizzati i pozzetti di sfiato, adatti ad alloggiare le apparecchiature per lo smaltimento dell'aria contenuta nell'acqua oppure per quella rientrata nelle condotte a seguito di manovre.

Si riportano di seguito alcuni tipologici di manufatti a puro scopo descrittivo.

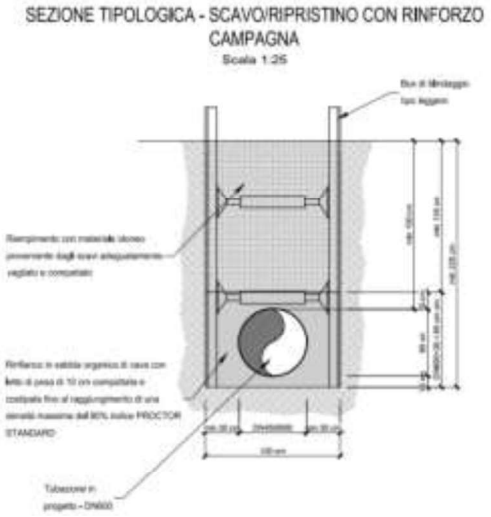


Figura 2-18 - Esempio di sezione tipo di posa.

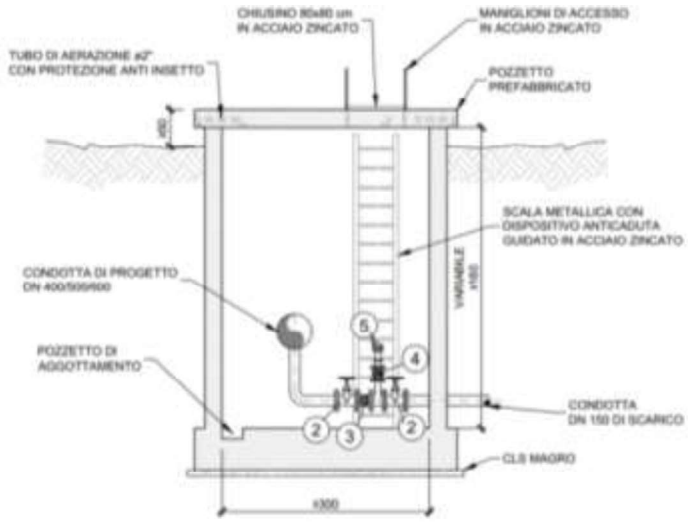


Figura 2-19 - camera di scarico tipo

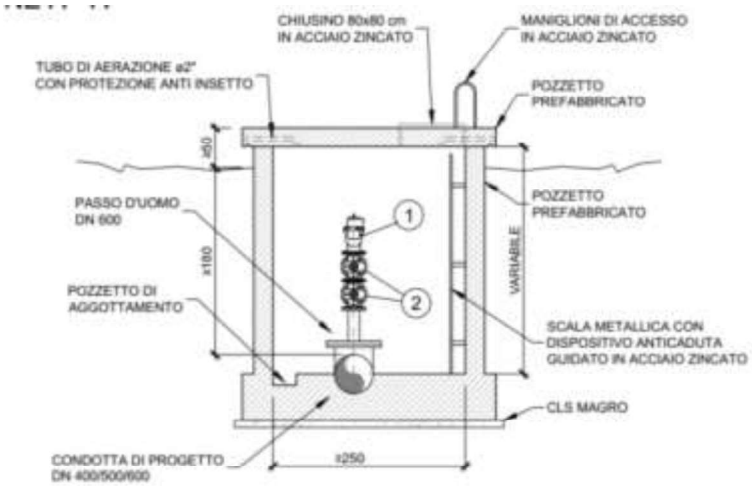


Figura 2-20 - Sfiato tipo in progetto.