

DESCRIZIONE INTERVENTO:

COMUNE DI CASARGO



ADEGUAMENTO RETE FOGNATURA INDOVERO E NARRO

COMMITTENTE:



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

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Silvia Maiocchi



Tel. + 39 0341 359.130
E-mail: s.maiocchi@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. Dennis Redolfi



Tel. + 39 0341 359.123
E-mail: d.redolfi@larioreti.it

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO:

NUMERO:

T1

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

SCALA:

COLLABORATORI:

ing. Gianandrea Libera

REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
GL	Dicembre 2020	DR	Dicembre 2020	MR	Dicembre 2020
REVISIONE N.	DESCRIZIONE:				DATA
Rev. 1	Recepimento risultati da relazione geologica				Gennaio 2021
Rev. 2	Modifica posizione stazione di sollevamento P1				Aprile 2021

NUMERO INTERVENTO:	PDA 2018-034	CODICE PROGETTO:	AB05	COMMESSA :	49726
--------------------	--------------	------------------	------	------------	-------

Indice

1	Premessa	2
2	Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici	3
2.1	Inquadramento territoriale	3
2.2	Inquadramento geologico e geotecnico	3
2.3	Analisi dei vincoli	5
3	Analisi della componente ambientale e paesaggistica	9
4	Analisi energetica	10
5	Stato di fatto	12
5.1	Rete di fognatura – Narro.....	12
5.2	Rete di fognatura – Indovero.....	12
5.3	Rete di acquedotto - Narro	14
5.4	Rete di acquedotto – Indovero.....	15
5.5	Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze	15
6	Opere in progetto.....	15
6.1	Generalità	15
6.2	Descrizione opere in progetto	16
7	Dimensionamenti e verifiche idrauliche.....	17
7.1	Rete fognaria nera	17
1.1.1.	Stima delle portate.....	18
1.1.2.	Stazioni di sollevamento	19
1.1.3.	Verifica idraulica condotte a gravità	25
7.2	Rete acquedotto	32
8	Verifiche statiche tubazioni.....	32
9	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza	45
10	Gestione delle terre da scavo	45
11	Disponibilità delle aree	46
12	Cronoprogramma delle fasi attuative	46
13	Cronoprogramma delle lavorazioni	47
14	Quadro economico	48

1 Premessa

La presente relazione descrive le opere relative al progetto definitivo di "Adeguamento rete fognatura Indovero e Narro" nel Comune di Casargo.

L'intervento, finalizzato alla separazione ed all'estensione delle reti di fognatura nelle frazioni di Indovero e Narro, si rende necessario al fine di dismettere n.6 scarichi di fognatura mista che allo stato attuale sversano lungo il versante su cui sorgono i due centri abitati. A tale scopo si prevede di separare la rete di fognatura mista esistente, dove essa risulta non ancora separata, e di collettare la rete di nera al collettore intercomunale esistente a valle degli abitati con recapito all'impianto di depurazione di Taceno.

Lungo parte delle aree interessate dalle opere sulla rete fognaria nella frazione di Indovero, si prevede la sostituzione della rete di acquedotto.

A monte del progetto sono stati effettuati una serie di sopralluoghi nella zona oggetto dell'intervento al fine di verificare i possibili tracciati della nuova condotta che ricadono su strade asfaltate, sentieri e zone boschive.

Il progetto definitivo fa seguito al progetto di fattibilità tecnica ed economica redatto nel dicembre 2019 e 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 Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici

Quanto segue è riportato nell'allegato "G1- Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici".

2.1 Inquadramento territoriale

Le frazioni di Narro e Indovero sorgono ad ovest rispetto al centro abitato di Casargo, lungo la strada che porta all'alpeggio di Giumello.

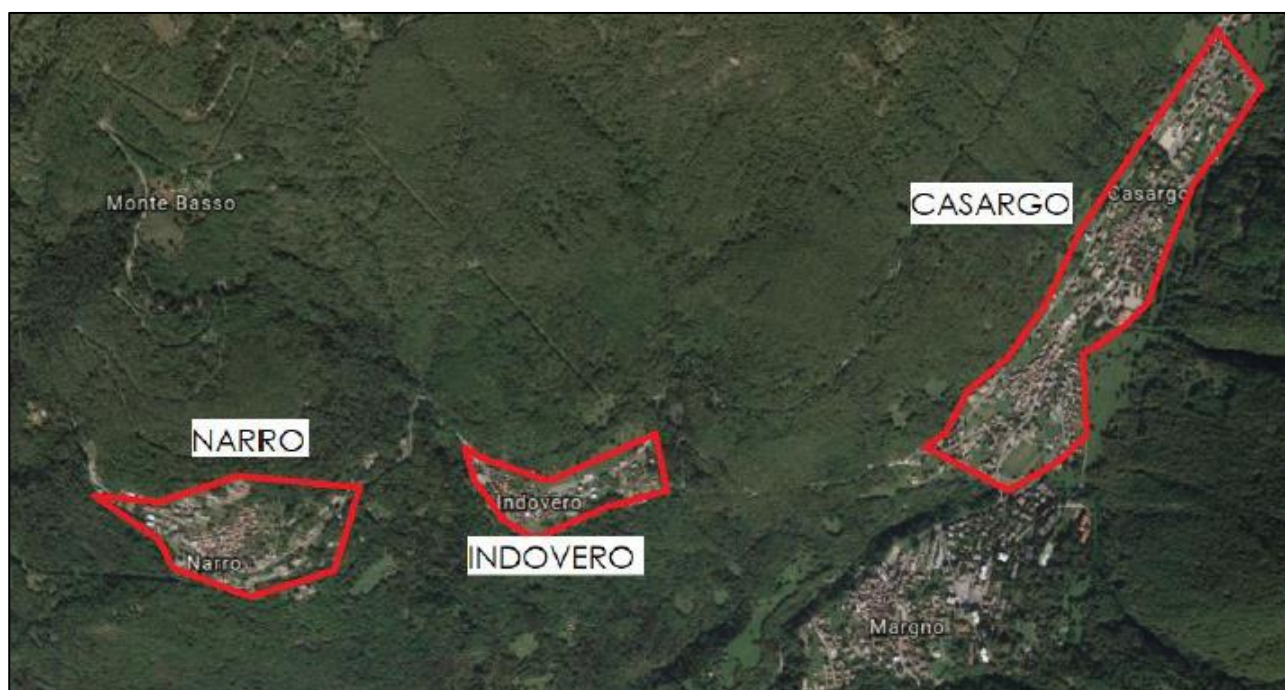


Figura 1: Inquadramento dell'area di intervento su foto satellitare

L'intervento si svilupperà lungo strade asfaltate (Strada Provinciale 66 e strade comunali) e lungo strade in acciottolato oltreché lungo aree verdi ed interesserà sia aree pubbliche che private.

Il versante è caratterizzato da pendenze significative e dalla presenza di tracce antropiche quali terrazzamenti, sentieri e mulattiere.

L'area di intervento è accessibile direttamente dal comune di Casargo percorrendo la Strada Provinciale 66 – via della Deputazione.

2.2 Inquadramento geologico e geotecnico

Dal punto di vista geologico, la zona oggetto di intervento ricade prevalentemente in aree classificate come di fattibilità 2 e 3c, ad eccezione delle aree in corrispondenza dei reticoli idrici per le quali la classe di fattibilità risulta essere la 4.

Legenda:

— AREA D'INTERVENTO

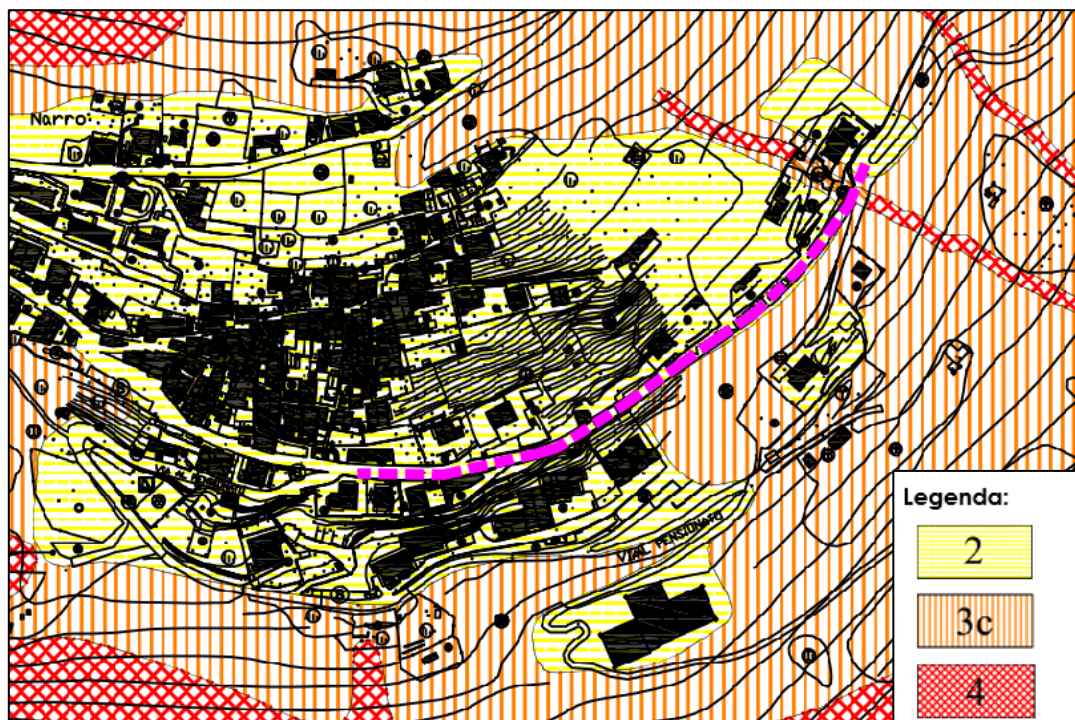


Figura 2: Estratto PGT – Studio Geologico: Carta della fattibilità – fraz. Narro

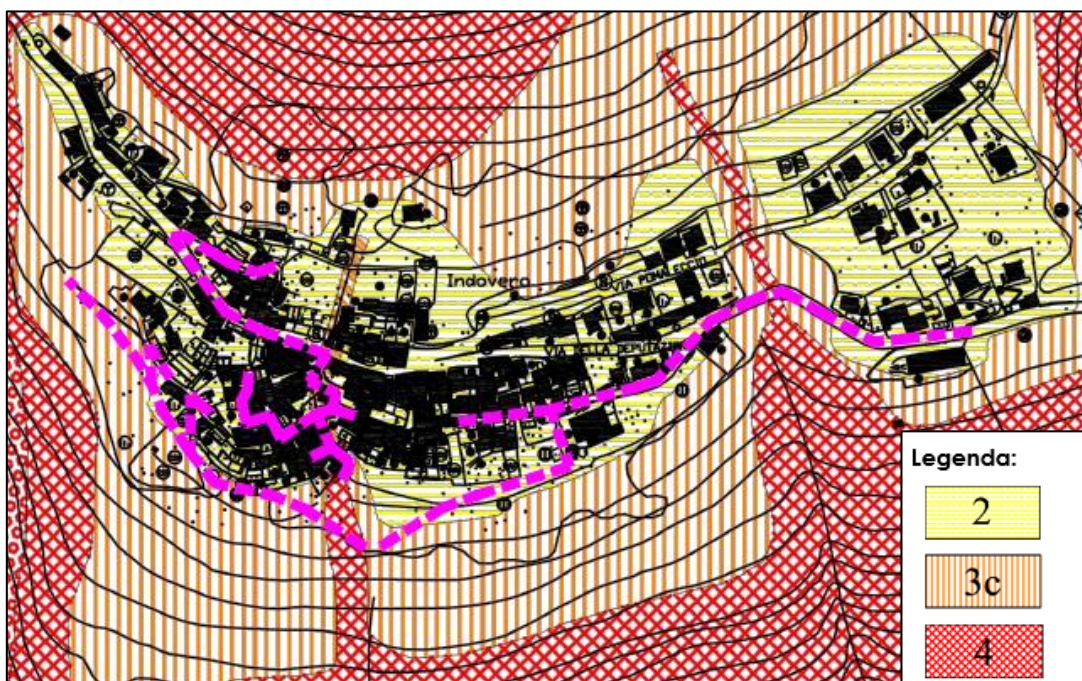


Figura 3: Estratto PGT – Studio Geologico: Carta della fattibilità – fraz. Indovero

In particolare, nello studio geologico si evidenzia quanto segue:

- **CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni:** la classe comprende le zone alle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagini e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti

assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

- **CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni:** la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici e opere di difesa. Nel dettaglio la classe 3c individua aree mediamente acclivi o poste alla base di versanti acclivi.
- **CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni:** L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Sono comprese in questa classe le aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali, le aree soggette a fenomeni di dissesto. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. È inoltre consentita la realizzazione di piste forestali.

2.3 Analisi dei vincoli

Come indicato negli estratti del PGT del comune di Casargo, riportati nella tavola di inquadramento G.1, l'area di intervento interessa solo minimamente le aree soggette a vincolo idrogeologico R.D. 3267/23 art. 7 (via della Deputazione all'incrocio con via F. Adamoli e area verde proseguendo ad ovest da via Cavalier Pasquini).

L'intervento ricade in fascia di rispetto fluviale in quanto le opere interesseranno la zona di rispetto di corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore, verrà pertanto richiesta la concessione al Comune di Casargo.

Di seguito si riportano gli estratti del PGT del comune di Casargo relativi alle tavole dei vincoli presenti rispettivamente nel Piano delle Regole e nello Studio Geologico.

Legenda:

— — — AREA D'INTERVENTO

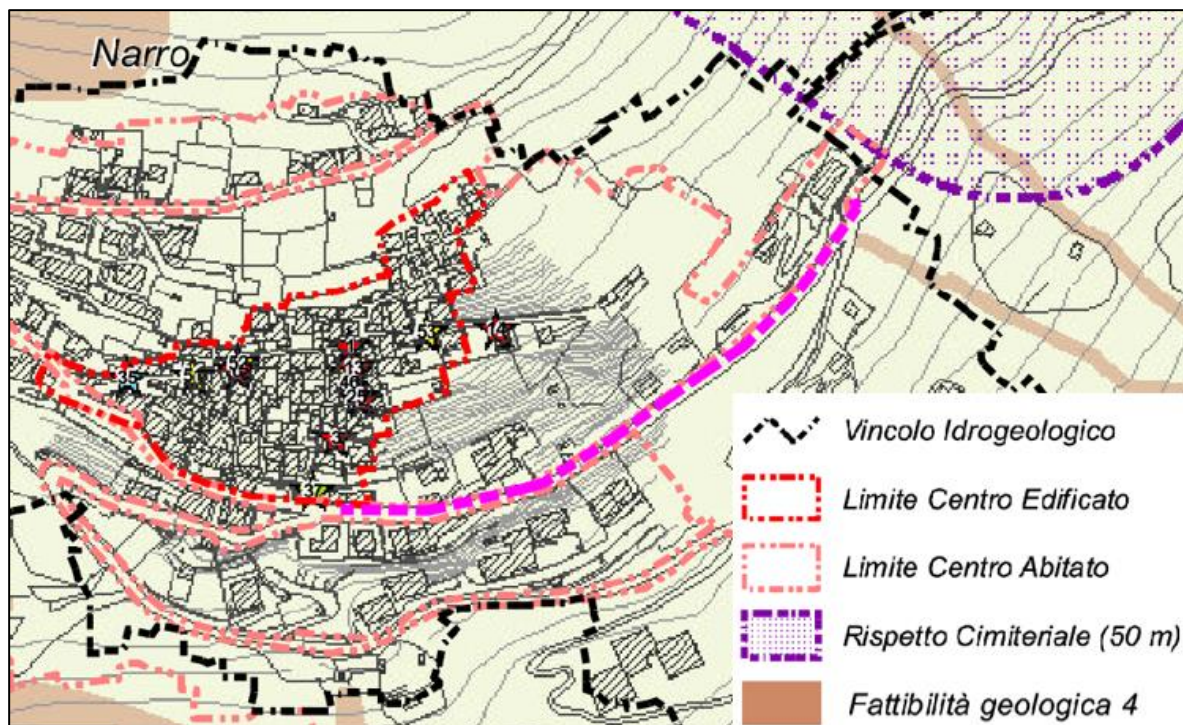


Figura 4: Estratto PGT – Piano delle Regole: Vincoli esistenti – fraz. Narro

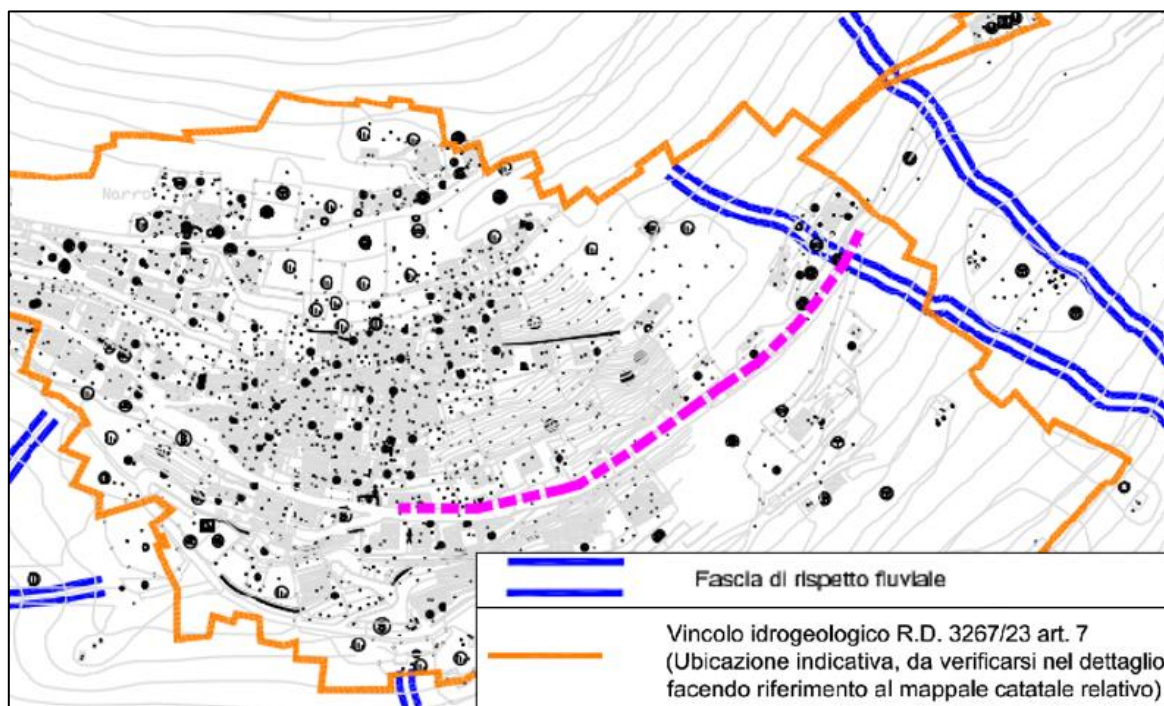


Figura 5: Estratto PGT – Studio Geologico: Carta dei vincoli – fraz. Narro

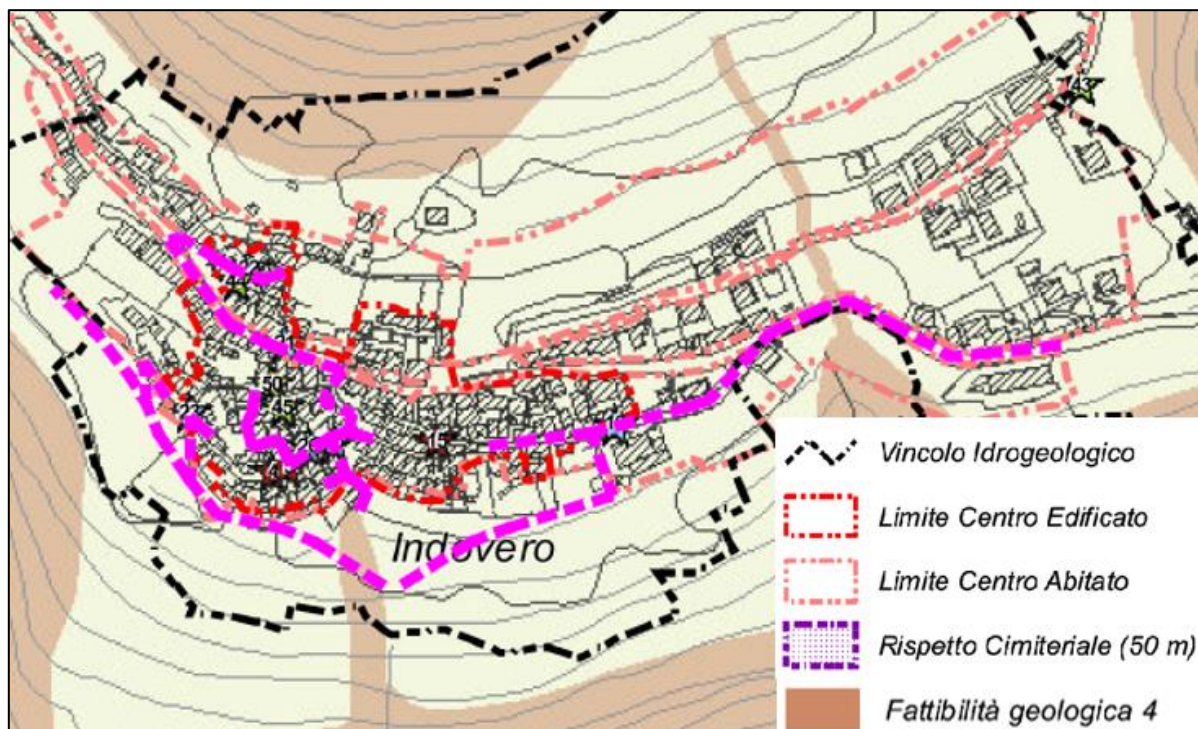


Figura 6: Estratto PGT – Piano delle Regole: Vincoli esistenti – fraz. Indovero

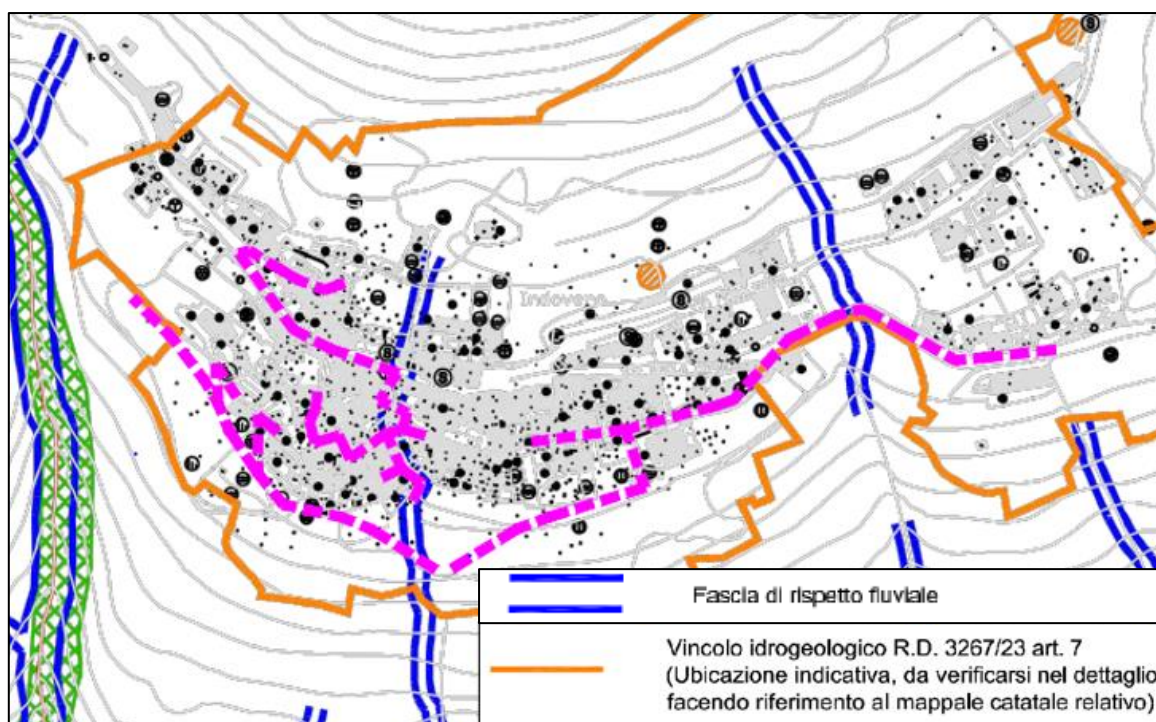


Figura 7: Estratto PGT – Studio Geologico: Carta dei vincoli – fraz. Indovero

Inoltre, come riportato nell'estratto del Piano di Indirizzo Forestale della Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera, l'area oggetto di intervento non ricade in ambiente boscato normato secondo l'art. 42 L.R. 31/2008.

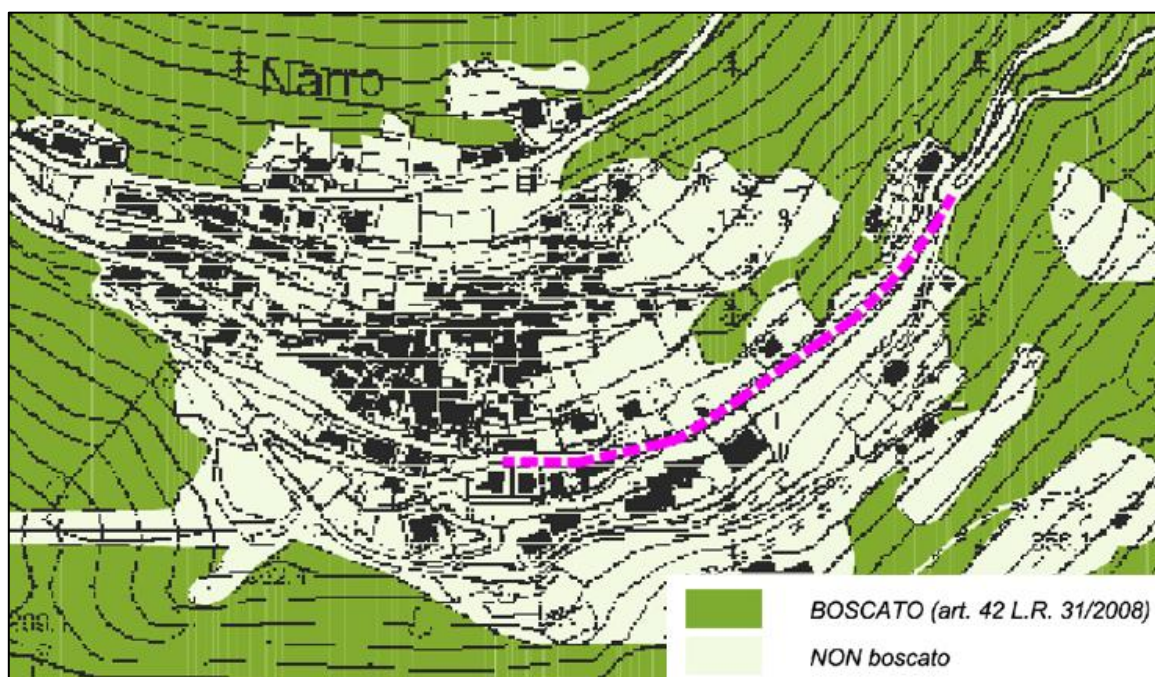


Figura 8: Estratto Piano di Indirizzo Forestale- fraz. Narro

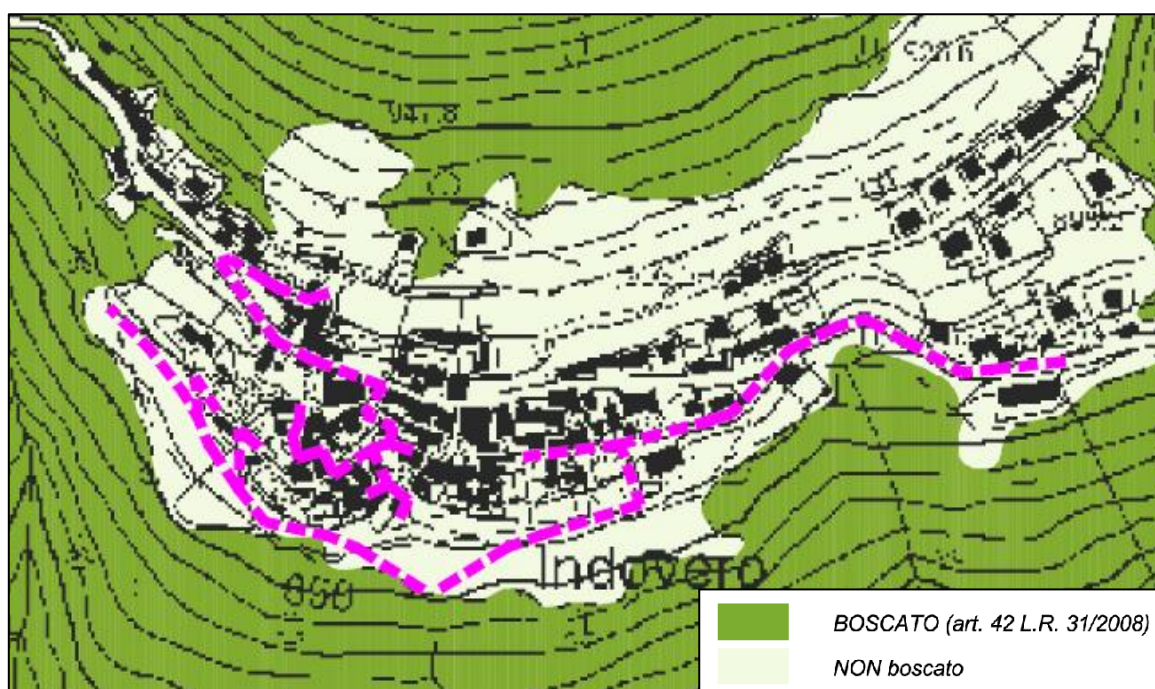


Figura 9: Estratto Piano di Indirizzo Forestale- fraz. Indovero

Analizzando l'impatto delle opere in progetto, è possibile affermare che non sussistono particolari problemi dal punto di vista ambientale e dal punto di vista visivo, infatti a lavori ultimati saranno ripristinati i luoghi a perfetta regola d'arte secondo lo stato esistente prima degli interventi.

Tutte le opere risulteranno completamente interrato (interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.P.R. 31/2017), ad esclusione dei vani di alloggiamento dei quadri elettrici delle stazioni di sollevamento in progetto (per i quali sarà necessaria autorizzazione paesaggistica).

3 Analisi della componente ambientale e paesaggistica

L'intervento in oggetto non altera in maniera significativa lo stato dei luoghi in quanto, a lavori ultimati, le opere risulteranno completamente interrato ad eccezione dei manufatti di alloggiamento dei quadri elettrici di alimentazione e controllo delle apparecchiature elettromeccaniche presenti nelle stazioni di sollevamento "Narro P1" ed "Indovero P2".

In particolare, i quadri elettrici e di controllo, verranno alloggiati all'interno di nicchie incassate nel muro presente sulla strada che porta al cimitero in prossimità della stazione di sollevamento "Narro P1" e delle nicchie incassate nel rivestimento del muro esistente in prossimità della stazione di sollevamento "Indovero - P2".

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

Dal punto di vista geologico, facendo riferimento alla "Relazione geologica-geotecnica" redatta dalla Dott.ssa Geol. Michela Pecchio, allegata al presente progetto, si ritiene che l'intervento sia compatibile con le caratteristiche dei terreni.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con riportati gli Enti da coinvolgere per eventuali pareri/autorizzazioni per le opere in progetto:

ENTE COMPETENTE	AUTORIZZAZIONE / PARERI
Comune di Casargo	Parere per posa nuovi tratti di fognatura e acquedotto.
Comune di Casargo	Parere per autorizzazione paesaggistica ai sensi dell'art. n. 142 del D.Lgs 42/2004 per la realizzazione manufatti di alloggiamento quadri elettrici
Comune di Casargo	Parere per autorizzazione posa tubazioni in fascia di rispetto fluviale (RIM)
Comune di Casargo	Parere per svincolo idrogeologico
ATS Brianza	Parere per posa nuovi tratti di fognatura e acquedotto.
Provincia di Lecco – Servizio Ambiente	Parere per autorizzazione allo scarico d'emergenza delle stazioni di sollevamento
Provincia di Lecco – Viabilità e Infrastrutture	Parere per posa di nuovi tratti di fognatura e acquedotto lungo la SP66
Soprintendenza Archeologica, Belle Arti e paesaggio per le province di Como, Lecco, Monza e Brianza, Pavia, Sondrio e Varese	- Parere per autorizzazione paesaggistica ai sensi dell'art. n. 142 del D.Lgs 42/2004 per la realizzazione manufatti di alloggiamento quadri elettrici - Parere ed eventuale autorizzazione Archeologica.

4 Analisi energetica

Nel progetto è prevista una fornitura elettrica a servizio delle nuove stazioni di sollevamento di fognatura previste: "Narro P1" ed "Indovero P2".

Narro P1:

Nella stazione di sollevamento verranno installate n°2 elettropompe centrifughe con potenza di circa 5,5 kW ciascuna.

Per le specifiche dell'impianto elettrico si rimanda agli elaborati di progetto "TE1 – Relazione Impianto elettrico" e "GE2.1 – Schemi elettrici SSF – Narro P1"

È prevista, nel dettaglio, l'esecuzione delle opere seguenti:

- Contatore ENEL (12 kW), da installare nel nuovo manufatto per contatore e quadri elettrici;
- Fornitura e posa in opera di nuova linea di alimentazione da contatore a quadro di distribuzione generale (QG);
- Fornitura, posa in opera e collegamento di Quadro elettrico di distribuzione (QG), come da schema elettrico allegato, da installare nel nuovo manufatto.

Nel quadro elettrico dovranno essere installati scaricatori per la limitazione delle sovratensioni, analizzatore di rete con contatore certificato MID, interruttori opportunamente dimensionati, a cui faranno capo le seguenti utenze:

- Quadro elettrico di comando pompe di sollevamento (QP)
- Quadro gestione e Telecontrollo (QTLC)
- Prese di servizio
- Misuratore di portata
- scorte per futuro utilizzo
- Fornitura, posa in opera e collegamento di Quadro elettrico di comando per pompe di sollevamento (QP), come da schema elettrico allegato, dimensionato per la potenza installata;
- Fornitura, posa in opera e collegamento di gruppo prese di servizio 3P+T 380V e 1P+T 230V.
- Fornitura e posa in opera delle linee trasmissione dati, segnali e misure tra strumenti e quadri elettrici e predisposizione per futuro quadro telecontrollo.
- Fornitura e posa in opera linee di alimentazione e cavi segnali da quadro QP a pompe MP1 e MP2.
- Fornitura e posa in opera linee di alimentazione per eventuali strumenti a bordo vasca.
- Fornitura e posa in opera di passerelle porta cavi, tubazioni, scatole di derivazione.
- Fornitura e posa in opera di cavi per segnali e misure da vasca d'accumulo fino a quadri elettrici e predisposizione per futuro quadro telecontrollo.
- Fornitura e posa in opera di sistema presa/spina/decontattore da installare in prossimità delle pompe.
- Fornitura, posa in opera e collegamento dell'impianto di terra, comprensivo di puntazze, cavi e collettore principale di terra. Collegamento del conduttore di protezione con gli altri collettori installati nell'impianto.
- Verifica e misura della resistenza di terra

Tabella riassuntiva:

Fornitura elettrica per stazione di sollevamento	12 Kw trifase (potenza disponibile)
Installazione n. 2 elettropompe centrifughe	5,5 Kw/cad

Indovero P2:

Nella stazione di sollevamento verranno installate n°2 elettropompe centrifughe con potenza di circa 2,4 kW ciascuna.

Per le specifiche dell'impianto elettrico si rimanda agli elaborati di progetto "TE2 – Relazione Impianto elettrico" e "GE2.2 – Schemi elettrici SSF – Narro P2"

È prevista, nel dettaglio, l'esecuzione delle opere seguenti:

- Contatore ENEL (6 kW), da installare nel nuovo manufatto per contatore e quadri elettrici;
- Fornitura e posa in opera di nuova linea di alimentazione da contatore a quadro di distribuzione generale (QG);
- Fornitura, posa in opera e collegamento di Quadro elettrico di distribuzione (QG), come da schema elettrico allegato, da installare nel nuovo manufatto.

Nel quadro elettrico dovranno essere installati scaricatori per la limitazione delle sovratensioni, analizzatore di rete con contatore certificato MID, interruttori opportunamente dimensionati, a cui faranno capo le seguenti utenze:

- Quadro elettrico di comando pompe di sollevamento (QP)
- Quadro gestione e Telecontrollo (QTLC)
- Prese di servizio
- Misuratore di portata
- scorte per futuro utilizzo
- Fornitura, posa in opera e collegamento di Quadro elettrico di comando per pompe di sollevamento (QP), come da schema elettrico allegato, dimensionato per la potenza installata;
- Fornitura, posa in opera e collegamento di gruppo prese di servizio 3P+T 380V e 1P+T 230V.
- Fornitura e posa in opera delle linee trasmissione dati, segnali e misure tra strumenti e quadri elettrici e predisposizione per futuro quadro telecontrollo.
- Fornitura e posa in opera linee di alimentazione e cavi segnali da quadro QP a pompe MP1 e MP2.
- Fornitura e posa in opera linee di alimentazione per eventuali strumenti a bordo vasca.
- Fornitura e posa in opera di passerelle porta cavi, tubazioni, scatole di derivazione.
- Fornitura e posa in opera di cavi per segnali e misure da vasca d'accumulo fino a quadri elettrici e predisposizione per futuro quadro telecontrollo.
- Fornitura e posa in opera di sistema presa/spina/decontattore da installare in prossimità delle pompe.
- Fornitura, posa in opera e collegamento dell'impianto di terra, comprensivo di puntazze, cavi e collettore principale di terra. Collegamento del conduttore di protezione con gli altri collettori installati nell'impianto.
- Verifica e misura della resistenza di terra

Tabella riassuntiva:

Fornitura elettrica per stazione di sollevamento	6 Kw trifase (potenza disponibile)
Installazione n. 2 elettropompe centrifughe	2,4 Kw/cad

5 Stato di fatto

5.1 Rete di fognatura – Narro

Quanto segue è riportato nell'allegato "G2.1 Stato di fatto – planimetrie: fognatura".

Il tratto di rete fognaria interessato dalle opere in progetto, che si sviluppa lungo strada provinciale 66 (Via della Deputazione), è una condotta di tipo misto (De 200/315 mm PVC) che attualmente sversa le acque reflue all'interno del valletto tombinato al di sotto della strada provinciale.

Di seguito si riporta la fotografia relativa al punto di scarico.



Figura 10: Scarico acque di tipo misto – Frazione Narro

Si evidenzia che, ad esclusione del tratto interessato dalle opere in progetto, la rete di Narro risulta completamente collettata verso la depurazione tramite un ramo del collettore intercomunale situato a valle dell'abitato.

5.2 Rete di fognatura – Indovero

La fognatura di Indovero è prevalentemente di tipo misto ed attualmente presenta n.5 punti di scarico di acque reflue direttamente sul versante ai piedi del centro abitato.

Solo una zona centrale dell'abitato (con reti già separate) risulta collegata al collettore intercomunale situato a valle dell'agglomerato, che si unisce con il ramo proveniente da Narro e ha come recapito l'impianto di depurazione di Taceno.

Di seguito si riportano le fotografie di n.5 scarichi rilevati durante i sopralluoghi delle aree, la numerazione dei punti di scarico fa riferimento a quella riportata nell'elaborato grafico "G2.1 Stato di fatto – planimetrie: fognatura".



Figura 11: Scarico n.1 acque di tipo misto – Frazione di Indovero



Figura 12: Scarico n.2 acque di tipo misto – Frazione di Indovero



Figura 13: Scarico n.3 acque di tipo misto – Frazione di Indovero



Figura 14: Scarico n.4 acque di tipo misto – Frazione di Indovero



Figura 15: Scarico n.5 acque di tipo misto – Frazione di Indovero

5.3 Rete di acquedotto - Narro

Quanto segue è riportato nell'allegato "G2.2 Stato di fatto – planimetrie: acquedotto".

La rete di acquedotto esistente a Narro lungo via della Deputazione, nel tratto interessato dall'intervento di fognatura, risulta essere in PEAD De 90 mm PN16 di recente realizzazione, pertanto, non presenta criticità.

5.4 Rete di acquedotto – Indovero

La rete idrica nella frazione di Indovero, lungo le vie interessate dai lavori di fognatura, presenta tubazioni vetuste e di diametro ridotto, pertanto, visto anche il ridotto traffico veicolare presente in zona, si prevede la sostituzione della rete con l'adeguamento dei diametri.

5.5 Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze

Nell'area di intervento sono presenti i seguenti sottoservizi potenzialmente interferenti e dei quali sono stati interpellati i relativi gestori:

- Linea elettrica (media e bassa tensione) – ENEL
- Linea Telefonica – TELECOM

Il tutto al fine di verificare, per quanto possibile, la consistenza e la posizione dei sottoservizi esistenti e quindi valutare le eventuali interferenze con le opere previste in progetto.

Nell'elaborato grafico "G2.3 Stato di fatto – planimetrie: sottoservizi" è riportato il tracciato indicativo dei sottoservizi derivante dal coordinamento con i vari enti.

La segnalazione esatta verrà eseguita in modo puntuale prima dell'inizio dei lavori direttamente in campo dagli enti competenti.

In sede di esecuzione dei lavori, 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.

Si precisa che nelle somme a disposizione del quadro economico sono previsti gli oneri necessari per lo spostamento dei sottoservizi che, in seguito agli assaggi in loco, dovessero risultare interferenti con le opere in progetto.

6 Opere in progetto

6.1 Generalità

Le scelte progettuali in seguito descritte derivano:

- dal rilievo topografico di superficie e geometrico dei manufatti e reti di fognatura ed acquedotto esistenti;
- dall'esame della realtà territoriale ed urbanistica delle aree interessate;
- dall'analisi idrologica e idraulica del bacino e della rete afferente all'collettore intercomunale.

La scelta dell'ubicazione delle nuove stazioni di sollevamento è stata dettata dalla necessità di avere a disposizione lo spazio sufficiente per la realizzazione della vasca di alloggiamento delle pompe e del vano valvole in un'area facilmente raggiungibile dagli operatori per gli interventi di pulizia e manutenzione compatibilmente con l'altimetria e le caratteristiche del territorio montano dove verranno realizzate le opere.

La scelta dei materiali costituenti tubazioni e manufatti è stata fatta tenendo presenti diversi fattori quali la durabilità nel tempo, la resistenza sia chimica che fisica ai fluidi trasportati, la resistenza meccanica ai carichi esterni, le condizioni urbanistiche ove si va ad intervenire.

Il materiale scelto per le tubazioni di fognatura a gravità è il PVC SN8, mentre per la rete fognaria in pressione e l'acquedotto si farà affidamento al PEAD PN16. I sottofondi e rinfianchi delle tubazioni

sono stati ipotizzati in relazione ai carichi statici (rinterri) cui saranno sottoposte le condotte, in modo da evitare qualsiasi pericolo di fessurazione o rottura.

6.2 Descrizione opere in progetto

Il presente progetto prevede la risoluzione di n.6 scarichi di fognatura mista, n.1 scarico a Narro e n.5 scarichi a Indovero, che allo stato attuale sversano lungo il versante su cui sorgono i due centri abitati. A tale scopo, come indicato in premessa, si prevede di separare la rete di fognatura mista esistente, dove essa risulta non ancora separata, e di collettare la rete di nera al collettore intercomunale esistente a valle degli abitati con recapito all'impianto di depurazione di Taceno.

Si prevede inoltre la sostituzione della rete di acquedotto esistente lungo le vie interessate dai lavori per la parte relativa alla frazione Indovero, mentre a Narro, lungo via della Deputazione, la rete di acquedotto è stata oggetto di recente intervento di sostituzione come indicato in precedenza e non presenta criticità.

Gli interventi proposti nel presente progetto sono riportati nelle planimetrie allegate "G3.1 Stato di progetto – planimetrie: fognatura" e "G3.2 Stato di progetto – planimetrie: acquedotto" ed in sintesi sono i seguenti:

FOGNATURA:

Narro:

1. Realizzazione di una nuova condotta a gravità in PVC SN8 200 mm per le acque reflue afferenti alla stazione di sollevamento "Narro – P1" in progetto per una lunghezza totale di circa 320 m;
2. Realizzazione di una nuova stazione di sollevamento in c.a. di dimensioni interne 150x150 cm, carrabile, e cameretta di manovra in c.a. di dimensioni interne 150x150 cm (allegato "G5.2 – Particolari stazione di sollevamento Narro – P1");
3. Realizzazione di una nuova condotta in pressione in PEAD PN16 De 90 mm per una lunghezza di circa 355 m;
4. Realizzazione del manufatto di alloggiamento del gruppo di misura dell'alimentazione elettrica, del quadro di comando delle pompe e del telecontrollo;

Indovero:

1. Realizzazione di una nuova condotta a gravità in PVC SN8 200 mm per le acque reflue lungo varie vie della frazione circa 1000 m;
2. Realizzazione di una nuova stazione di sollevamento in c.a. di dimensioni interne 150x150 cm, carrabile, e cameretta di manovra in c.a. di dimensioni interne 150x150 cm (allegato "G5.2 – Particolari stazione di sollevamento Indovero – P2");
3. Realizzazione di una nuova condotta in pressione in PEAD PN16 De 90 mm per una lunghezza di circa 190 m;
4. Realizzazione del manufatto di alloggiamento del gruppo di misura dell'alimentazione elettrica, del quadro di comando delle pompe e del telecontrollo;

ACQUEDOTTO:

1. Sostituzione rete di acquedotto nella frazione di Indovero, lungo alcune delle vie interessate dall'intervento di fognatura lungo: via della Deputazione (SP66), via Francesco Adamoli e via Pasquini, con una nuova condotta in PEAD De63 mm per una lunghezza di circa 470 m;

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

7 Dimensionamenti e verifiche idrauliche

7.1 Rete fognaria nera

Al fine dei calcoli idraulici, la rete in progetto è stata suddivisa in n. 5 tratti di seguito riportati:

- Tratto 1 - Narro: lungo via della Deputazione (SP 66), afferente alla stazione di sollevamento in progetto "Narro P1";
- Tratto 2 - Indovero: lungo via Pasquini e su sentieri/aree verdi, afferente al collettore intercomunale verso Taceno;
- Tratto 3 - Indovero: lungo via della Deputazione (SP 66), via Canevale, via Pasquini e via ai Mulini, afferente al collettore intercomunale verso Taceno;
- Tratto 4 - Indovero: lungo via Francesco Adamoli e su sentieri/aree verdi, afferente al collettore intercomunale verso Taceno;
- Tratto 5 - Indovero: lungo via della Deputazione (SP 66), afferente alla stazione di sollevamento in progetto "Indovero P2";

La suddivisione della fognatura in progetto fa riferimento alle seguenti immagini:

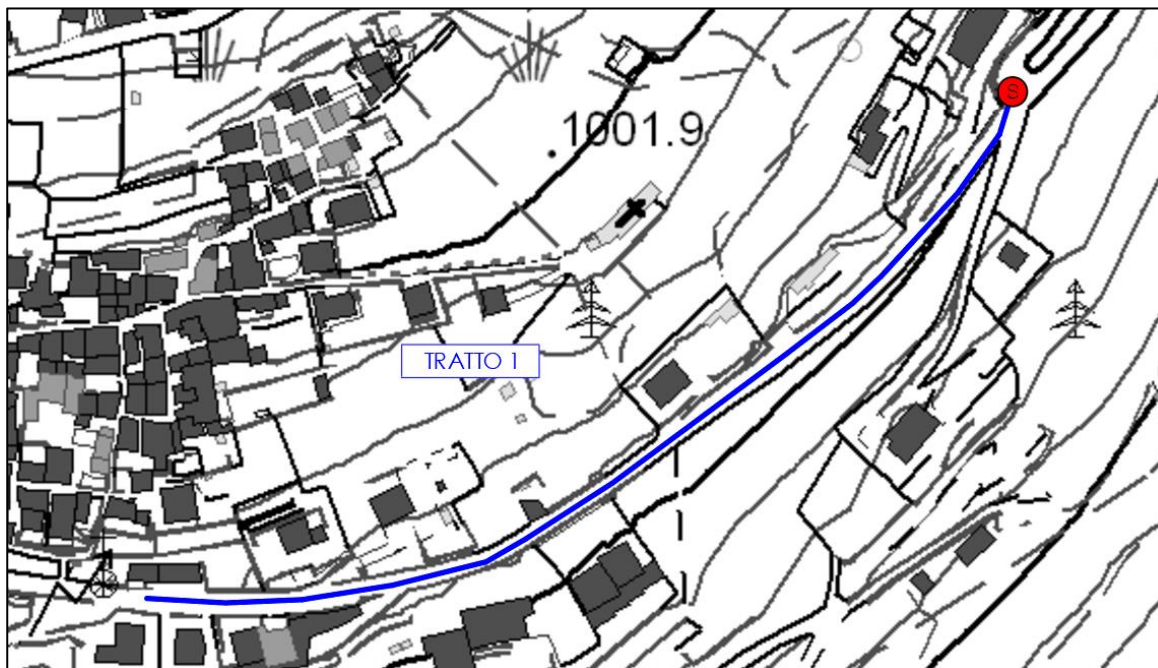


Figura 16: Suddivisione fognatura fraz. Narro

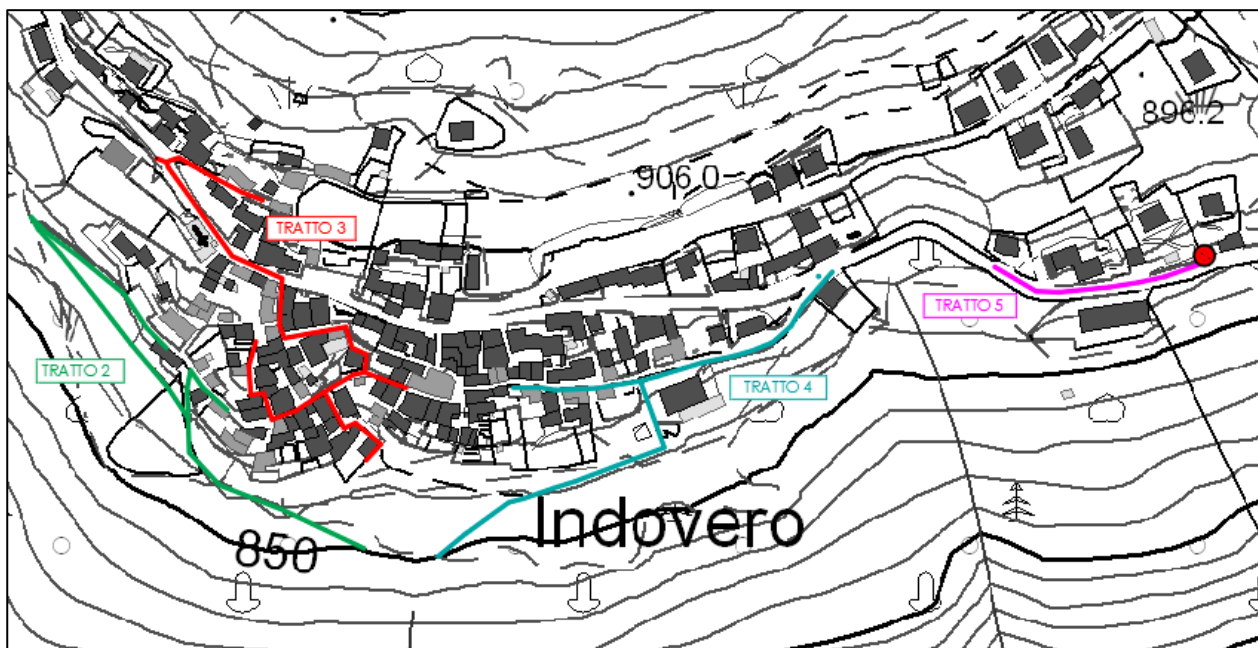


Figura 17: Suddivisione fognatura Indovero

1.1.1. Stima delle portate

Per la portata media nera proveniente dagli scarichi delle utenze è stata adottata la seguente espressione:

$$Q_N = \frac{\alpha \cdot D \cdot P}{86400} \text{ [l/s]}$$

dove:

- α = coefficiente d'afflusso in fognatura (considerato pari a 1);
- D = dotazione idrica pro-capite (220 l/s);
- P = popolazione equivalente servita.

La portata media del giorno di massimo consumo risulta:

$$Q_{N,max} = Q_N \cdot C_g$$

La portata di punta nel giorno di massimo consumo risulta:

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

Dove C_g e C_p rappresentano rispettivamente il coefficiente di punta giornaliera ed il coefficiente di punta oraria e sono individuati facendo affidamento alla seguente tabella:

Tipologia abitato	C_g	C_p
grandi agglomerati	1,2	1,3
medi agglomerati	1,5	2,5
piccoli agglomerati	2-3	4-6

Tabella 1: Coefficienti di punta giornaliera e oraria

Per il presente intervento si considera $C_g = 2$ e $C_p = 4$.

La popolazione servita dalla nuova rete di fognatura per le acque reflue è:

- TRATTO1 - Narro N1-P1: 60 A.E.
- TRATTO 2 - Indovero N27-N33: 50 A.E.

- TRATTO 3 – Indovero N11-E1: 140 A.E.
- TRATTO 4 – Indovero N34-N41: 120 A.E.
- TRATTO 5 - Indovero N43-P2: 80 A.E.

Si riporta di seguito il calcolo delle portate relative ai cinque tratti:

TRATTO1: Narro N1-P1

$$Q_N = (1 \cdot 220 \cdot 60)/86400 = 0,15 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,max} = 0,015 \cdot 2 = 0,31 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,p} = 0,31 \cdot 4 = \mathbf{1,22 \text{ l/s}}$$

TRATTO 2: Indovero N27-N33

$$Q_N = (1 \cdot 220 \cdot 50)/86400 = 0,13 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,max} = 0,13 \cdot 2 = 0,25 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,p} = 0,25 \cdot 4 = \mathbf{1,02 \text{ l/s}}$$

TRATTO 3: Indovero N11-E1

$$Q_N = (1 \cdot 220 \cdot 140)/86400 = 0,36 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,max} = 0,36 \cdot 2 = 0,71 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,p} = 0,71 \cdot 4 = \mathbf{2,85 \text{ l/s}}$$

TRATTO 4: Indovero N34-N41

$$Q_N = (1 \cdot 220 \cdot 120)/86400 = 0,31 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,max} = 0,31 \cdot 2 = 0,61 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,p} = 0,61 \cdot 4 = \mathbf{2,44 \text{ l/s}}$$

TRATTO 5: Indovero N43-P2

$$Q_N = (1 \cdot 220 \cdot 80)/86400 = 0,20 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,max} = 0,20 \cdot 1 = 0,41 \text{ l/s}$$

$$Q_{N,p} = 0,41 \cdot 4 = \mathbf{1,63 \text{ l/s}}$$

NOTA: si fa presente che la verifica idraulica delle condotte viene effettuata unicamente lungo i rami principali delle nuove reti posate, mentre per quanto riguarda le varie derivazioni laterali che presentano apporti molto contenuti in termini di portate scaricate, si considera accettabile impiegare condotte in PVC DN200 mm, diametro minimo per evitare frequenti problematiche di ostruzione.

1.1.2. Stazioni di sollevamento

Il dimensionamento delle vasche di pompaggio e delle tubazioni prementi prende in considerazione diversi criteri di buona progettazione:

- la portata da sollevare viene considerata superiore alla portata di punta delle acque reflue (almeno 1,5 volte);
- a garanzia del servizio, la stazione di sollevamento è articolata su due pompe generalmente in funzione alternativamente, con la possibilità, comunque, di un loro funzionamento in contemporanea per far fronte ad eventuali sovraccarichi idraulici; per lo stesso motivo, relativamente alle portate si deve, in generale, ammettere che ogni singola pompa possa sollevare l'intera portata;
- la determinazione delle perdite di carico nella condotta premente, una volta noto il diametro commerciale ed il tipo di tubazione, è ricavata con le consuete formule riportate nei testi di idraulica o nelle specifiche tecniche delle ditte fornitrici dei tubi;

- la prevalenza della pompa viene calcolata sommando la perdita di carico nella condotta premente al dislivello geodetico dovuto alla differenza di quota tra punto di partenza (livello di avvio pompe all'interno della vasca) e punto di arrivo;
- il tempo di detenzione del liquame all'interno della vasca dovrebbe essere tale da minimizzare la possibilità di sedimentazione e l'instaurarsi di fenomeni putrefattivi;
- la vasca deve essere tale da evitare la presenza di zone "morte", cioè non interessate dall'azione di richiamo delle pompe;
- il volume utile della vasca, cioè quello compreso fra il livello più alto di attacco e quello più basso di arresto, va tenuto al valore minimo necessario per ottenere un soddisfacente lavoro delle elettropompe nelle condizioni più sfavorevoli che generano il massimo numero di avviamenti orari;
- Il volume della vasca deve essere comunque in grado di garantire una capacità di accumulo del liquame non inferiore a 1 h, per far fronte ad eventuali interruzioni di energia elettrica.

Narro P1:

Quanto segue fa riferimento all'allegato "G5.1 Stato di progetto - Particolari stazioni di sollevamento: Narro – P1".

La stazione di sollevamento e la relativa cameretta di manovra verranno realizzate con elementi prefabbricati in c.a. aventi dimensioni interne rispettivamente pari a 1,50x1,50 m e 1,20x1,20 m. Gli elementi che compongono la stazione di sollevamento verranno opportunamente sigillati e rivestiti in modo tale da rendere la superficie impermeabile.

Facendo riferimento ai calcoli svolti nei capitoli precedenti, la portata massima in ingresso alla stazione di sollevamento è pari a:

$$Q_{N,p} = 1,22 \text{ l/s}$$

Considerando la condotta di mandata in PEAD 90 PN16 (diametro interno 73,6 mm). Per ottenere una velocità di scorrimento prossima ad 1 m/s al fine di evitare problemi di sedimentazione, la portata sollevata dalle pompe deve essere pari a circa $Q_{pompa} = 4,00 \text{ l/s}$.

Data la portata della pompa e lo schema della geometria della vasca (vedasi allegato "G5.1 Stato di progetto - Particolari stazioni di sollevamento: Narro – P1"), è possibile definire le dimensioni minime della vasca di sollevamento.

Il volume utile minimo della stazione di sollevamento, pari al volume compreso tra la quota di arresto e la quota di partenza della pompa, può essere empiricamente calcolato con la seguente formula:

$$V_{\min} = \frac{Q_{pompa}}{4z}$$

Dove:

Q_{pompa} espressa in $[m^3/h]$ è pari a 14,4 m^3/h .

z è il numero di accensioni in un'ora, considerato pari a 15.

Pertanto V_{\min} è pari a 0,24 mc.

La stazione di sollevamento ha le seguenti caratteristiche:

Larghezza: 1,50 m

Lunghezza: 1,50 m

Quota chiusini: 947,45 m slm

Profondità condotta in ingresso: - 1,00 m (946,45 m slm)

Profondità condotta di scarico d'emergenza: - 1,10 m (946,35 m slm)

Livello partenza pompe: -1,65 m (946,80 m slm)

Livello arresto pompe: -1,80 m (945,65 m slm)

Il volume utile compreso tra i livelli di partenza e arresto delle pompe risulta pertanto pari a $V_u = 0,45 \text{ mc} > V_{\min} = 0,24 \text{ mc}$. La verifica risulta dunque positiva

In caso di interruzione dell'energia elettrica la vasca deve avere una capacità di accumulo non inferiore ad 1 ora considerando la portata media del giorno di massimo consumo, ovvero $Q_{N,\max} = 0,31 \text{ l/s}$.

Il volume d'emergenza deve essere quindi non inferiore a 1,12 mc.

La differenza tra la quota di scorrimento della condotta di scarico d'emergenza e la quota di partenza delle pompe è pari a: $946,35 - 945,80 = 0,55 \text{ m}$; a cui corrisponde un volume d'emergenza $V_{em} = 1,24 \text{ mc}$ La verifica risulta dunque positiva

Il tempo di riempimento del volume utile nell'ora di punta sarà pari a:

$$V_u / Q_{N,p} = 0,45 \text{ m}^3 / 0,00122 \text{ m}^3/\text{s} = 369 \text{ s}$$

Il tempo di svuotamento del volume utile, considerando i nuovi afflussi pari alla portata di punta sarà pari a:

$$V_u / (Q_{pompa} - Q_{N,p}) = 0,45 \text{ m}^3 / (0,004 \text{ m}^3/\text{s} - 0,00122 \text{ m}^3/\text{s}) = 162 \text{ s}$$

Pertanto, l'intervallo tra gli avviamenti nell'ora di punta sarà pari a $329 + 162 = 531 \text{ s}$ pari a 8,8 minuti.

Il dislivello geodetico tra il livello di arresto delle pompe (945,55 m slm) ed il punto di recapito nella cameretta 10392 (970,50 m slm) è pari a 24,95 m.

Per il dimensionamento delle pompe di sollevamento si è applicata l'equazione del moto:

$$\Delta H = Y + J \cdot L + \sum P_c$$

dove:

ΔH perdite di carico globali [m];

Y dislivello geodetico [m];

J cadente piezometrica in funzione della portata circolante Q , del diametro D della condotta e dalle caratteristiche di scabrezza della tubazione K_s [m/m];

L lunghezza della tubazione [m];

$\sum P_c$ somma perdite di carico concentrate presenti lungo la condotta dovute a curve, gomiti, saracinesche, valvole e in generale a manufatti di misura e controllo inseriti nella condotta [m].

Il calcolo delle perdite di carico distribuite lungo le condotte 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, J è la perdita di carico (in m/m), L è la lunghezza della condotta in m, Q è la portata (in m³/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 (in m).

Si sono pertanto considerati:

- tubazione di mandata pompa singola DN80 mm in acciaio: lunghezza $L = 3$ m, $C = 120$ mm, diametro interno $D = 0,0831$ m, $Q = 0,004$ mc/s:

$$J1 = 0,00997 \text{ m/m}$$

$$\Delta1 = 0,00997 \times 3 = 0,030 \text{ m}$$

- tubazione in PEAD PE100 PN16 DE90 mm: lunghezza $L = 360$ m, $C = 150$ mm, diametro interno $D = 0,0736$ m, $Q = 0,004$ mc/s:

$$J2 = 0,0119 \text{ m/m}$$

$$\Delta2 = 0,0119 \times 360 = 4,29 \text{ m}$$

La perdita di carico distribuita totale è dunque pari a $\Delta1 + \Delta2 = 4,32$ m

Per quanto riguarda il calcolo delle perdite di carico concentrate si è invece fatto riferimento alla formula:

$$\Delta h = \alpha \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dove:

Δh perdita di carico per ciascun manufatto idraulico [m];

α coefficiente funzione del tipo di manufatto [-];

V velocità dell'acqua in condotta [m/s];

Per il coefficiente α si sono considerati i seguenti valori:

Tipo di perdita	α
Valvola di non ritorno	0,90
Saracinesca	0,30
Gomiti	0,30
Raccordo a T	0,40
Sbocco	1,00
Contatore	0,90

Per il tratto in acciaio DN80 mm ($v = 0,74$ m/s) si considerano: n°1 valvola di non ritorno, n° 3 gomiti, n° 1 saracinesca, n°1 raccordo a T.

Per il tratto in PEAD DE90 mm ($v = 0,94$ m/s) si considerano: n° 20 gomiti, n° 1 sbocco.

La perdita di carico concentrata totale è dunque pari a 0,41 m

Le perdite totale, pertanto, risultano pari a: $\Delta H_{TOT} = 4,32 + 0,41 = 4,73$ m

La prevalenza totale è data dalla somma tra la prevalenza geodetica e le perdite totali lungo la mandata ed è pari a: $24,5 + 4,73 = 29,23$ m.

Riassumendo, le pompe da installarsi dovranno dunque avere le seguenti caratteristiche:

Q = 4,00 l/s

H = 29,68 m

Indovero P2:

Quanto segue fa riferimento all'allegato "G5.2 Stato di progetto - Particolari stazioni di sollevamento: Indovero – P2".

La stazione di sollevamento e la relativa cameretta di manovra verranno realizzate con elementi prefabbricati in c.a. aventi dimensioni interne rispettivamente pari a 1,50x1,50 m e 1,20x1,20 m. Gli elementi che compongono la stazione di sollevamento verranno opportunamente sigillati e rivestiti in modo tale da rendere la superficie impermeabile.

Facendo riferimento ai calcoli svolti nei capitoli precedenti, la portata massima in ingresso alla stazione di sollevamento è pari a:

$Q_{N,p} = 1,63 \text{ l/s}$

Considerando la condotta di mandata in PEAD 90 PN16 (diametro interno 73,6 mm). Per ottenere una velocità di scorrimento prossima ad 1 m/s al fine di evitare problemi di sedimentazione, la portata sollevata dalle pompe deve essere pari a circa $Q_{pompa} = 4,00 \text{ l/s}$.

Data la portata della pompa e lo schema della geometria della vasca (vedasi allegato "G5.2 Stato di progetto - Particolari stazioni di sollevamento: Indovero – P2"), è possibile definire le dimensioni minime della vasca di sollevamento.

Il volume utile minimo della stazione di sollevamento, pari al volume compreso tra la quota di arresto e la quota di partenza della pompa, può essere empiricamente calcolato con la seguente formula:

$$V_{min} = \frac{Q_{pompa}}{4z}$$

Dove:

Q_{pompa} espressa in $[m^3/h]$ è pari a 14,40 m^3/h .

z è il numero di accensioni in un'ora, considerato pari a 15.

Pertanto, V_{min} è pari a 0,24 mc.

La stazione di sollevamento ha le seguenti caratteristiche:

Larghezza: 1,50 m

Lunghezza: 1,50 m

Quota chiusini: 861,00 m slm

Profondità condotta in ingresso: - 1,20 m (859,80 m slm)

Profondità condotta di scarico d'emergenza: - 1,30 m (859,70 m slm)

Livello partenza pompe: -2,00 m (859,00 m slm)

Livello arresto pompe: -2,20 m (858,80 m slm)

Il volume utile compreso tra i livelli di partenza e arresto delle pompe risulta pertanto pari a $V_u =$

0,45 mc $> V_{min} = 0,24$ mc. La verifica risulta dunque positiva

In caso di interruzione dell'energia elettrica la vasca deve avere una capacità di accumulo non inferiore ad 1 ora considerando la portata media del giorno di massimo consumo, ovvero $Q_{N,max} = 0,41 \text{ l/s}$.

Il volume d'emergenza deve essere quindi non inferiore a 1,48 mc.

La differenza tra la quota di scorrimento della condotta di scarico d'emergenza e la quota di partenza delle pompe è pari a: $859,70 - 859,00 = 0,70$ m; a cui corrisponde un volume d'emergenza $V_{em} = 1,58$ mc La verifica risulta dunque positiva

Il tempo di riempimento del volume utile nell'ora di punta sarà pari a:

$$V_u/Q_{N,p} = 0,45 \text{ m}^3 / 0,00163 \text{ m}^3/\text{s} = 276 \text{ s}$$

Il tempo di svuotamento del volume utile, considerando i nuovi afflussi pari alla portata di punta sarà pari a:

$$V_u/(Q_{pompa} - Q_{N,p}) = 0,45 \text{ m}^3/(0,004 \text{ m}^3/\text{s} - 0,00163 \text{ m}^3/\text{s}) = 190 \text{ s}$$

Pertanto, l'intervallo tra gli avviamenti nell'ora di punta sarà pari a 276+190=466 s pari a 7,8 minuti.

Il dislivello geodetico tra il livello di arresto delle pompe (858,80 m slm) ed il punto di recapito nella cameretta N34 (876,36 m slm) è pari a 17,56 m.

Per il dimensionamento delle pompe di sollevamento si è applicata l'equazione del moto:

$$\Delta H = Y + J \cdot L + \Sigma P_c$$

dove:

ΔH perdite di carico globali [m];

Y dislivello geodetico [m];

J cadente piezometrica in funzione della portata circolante Q , del diametro D della condotta e dalle caratteristiche di scabrezza della tubazione K_s [m/m];

L lunghezza della tubazione [m];

ΣP_c somma perdite di carico concentrate presenti lungo la condotta dovute a curve, gomiti, saracinesche, valvole e in generale a manufatti di misura e controllo inseriti nella condotta [m].

Il calcolo delle perdite di carico distribuite lungo le condotte 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, J è la perdita di carico (in m/m), L è la lunghezza della condotta in m, Q è la portata (in m³/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 (in m).

Si sono pertanto considerati:

- tubazione di mandata pompa singola DN80 mm in acciaio: lunghezza $L = 3$ m, $C = 120$ mm, diametro interno $D = 0,0831$ m, $Q = 0,004$ mc/s:
 $J_1 = 0,00997$ m/m
 $\Delta_1 = 0,00997 \times 3 = 0,030$ m
- tubazione in PEAD PE100 PN16 DE90 mm: lunghezza $L = 190$ m, $C = 150$ mm, diametro interno $D = 0,0736$ m, $Q = 0,004$ mc/s:
 $J_2 = 0,0119$ m/m
 $\Delta_2 = 0,0119 \times 190 = 2,26$ m

La perdita di carico distribuita totale è dunque pari a $\Delta_1 + \Delta_2 = 2,29$ m

Per quanto riguarda il calcolo delle perdite di carico concentrate si è invece fatto riferimento alla formula:

$$\Delta h = \alpha \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dove:

Δh perdita di carico per ciascun manufatto idraulico [m];

α coefficiente funzione del tipo di manufatto [-];

V velocità dell'acqua in condotta [m/s];

Per il coefficiente α si sono considerati i seguenti valori:

Tipo di perdita	α
Valvola di non ritorno	0,90
Saracinesca	0,30
Gomiti	0,30
Raccordo a T	0,40
Sbocco	1,00
Contatore	0,90

Per il tratto in acciaio DN80 mm ($v = 0,74$ m/s) si considerano: n°1 valvola di non ritorno, n° 3 gomiti, n° 1 saracinesca, n°1 raccordo a T.

Per il tratto in PEAD DE90 mm ($v = 1,18$ m/s) si considerano: n° 15 gomiti, n° 1 sbocco.

La perdita di carico concentrata totale è dunque pari a 0,34 m

Le perdite totale, pertanto, risultano pari a: $\Delta H_{TOT} = 2,29 + 0,34 = 2,64$ m

La prevalenza totale è data dalla somma tra la prevalenza geodetica e le perdite totali lungo la mandata ed è pari a: $17,56 + 2,64 = 20,20$ m.

Riassumendo, le pompe da installarsi dovranno dunque avere le seguenti caratteristiche:

Q = 4,00 l/s

H = 20,20 m

1.1.3. Verifica idraulica condotte a gravità

Per il calcolo idraulico dei condotti di fognatura si ammette che la portata in essi defluente si muova con moto uniforme.

Questa ipotesi, pur non essendo mai esattamente conforme alle reali condizioni di movimento, viene normalmente accettata per la sua semplicità, anche in conformità delle enormi semplificazioni proprie dello schema di funzionamento idraulico ammesso per la teoria sulla quale poggiano i calcoli di dimensionamento.

La formula più comunemente usata è quella di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove Q è la portata in m³/s, A è l'area della sezione bagnata in m², χ è un coefficiente che tiene conto della scabrezza della condotta, R è il raggio idraulico in metri, i è la pendenza di fondo del condotto.

Per il calcolo del coefficiente χ si è adottata l'espressione di Strickler:

$$\chi = K_s \times R^{1/6}$$

con $K_s = 100 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ utilizzato nel caso di condotti in materiale plastico e $K_s = 80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ nel caso di tubazioni in grès ceramico.

Si sono inoltre di norma assunti valori del grado di riempimento non superiori a 75 % per consentire un più agevole deflusso delle acque nei condotti anche in presenza di onde od increspature della superficie liquida.

Conformemente alla Circ. Min. LL.PP. n.11633 (Pres. Cons. Sup. - Serv. Tecn. Centr.) del 7.1.1974: "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto", si sono adottate caratteristiche delle tubazioni (diametro, pendenza, materiale) tali da contenere, ove possibile, le velocità entro i valori consigliati:

$$V_{\text{media}} \geq 0,5 \text{ m/s}; V_{\text{max}} \leq 5 \text{ m/s}$$

in modo da impedire il deposito di sostanze sedimentabili durante i periodi di magra e l'erosione della superficie interna delle tubazioni in occasione delle portate di punta.

La verifica è stata effettuata considerando le tratte più critiche ovvero quelle con pendenza massima e minima per ciascuna rete fognaria di nuova realizzazione.

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive con le verifiche sopraindicate, per il calcolo delle portate si fa riferimento ai capitoli precedenti.

NOTA: si fa presente che la verifica idraulica delle condotte viene effettuata unicamente lungo i rami principali delle nuove reti posate, mentre per quanto riguarda le varie derivazioni laterali che presentano apporti molto contenuti in termini di portate scaricate, si considera accettabile impiegare condotte in PVC DN200 mm, diametro minimo per evitare frequenti problematiche di ostruzione.

TRATTO 1: Narro N1-P1

Portata media: 0,31 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{med}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N1-N2	0,1882	0,073	100	0,31	0,0003	0,038	0,883	Verificato	Verificato
N2-N3	0,1882	0,074	100	0,31	0,0003	0,038	0,909	Verificato	Verificato
N3-N4	0,1882	0,079	100	0,31	0,0003	0,040	0,819	Verificato	Verificato
N4-N5	0,1882	0,070	100	0,31	0,0003	0,042	0,785	Verificato	Verificato
N5-N6	0,1882	0,070	100	0,31	0,0003	0,042	0,783	Verificato	Verificato
N6-N7	0,1882	0,053	100	0,31	0,0003	0,044	0,711	Verificato	Verificato
N7-N8	0,1882	0,061	100	0,31	0,0003	0,043	0,750	Verificato	Verificato
N8-N9	0,1882	0,066	100	0,31	0,0003	0,042	0,771	Verificato	Verificato
N9-P1	0,1882	0,033	100	0,31	0,0003	0,049	0,607	Verificato	Verificato

Portata massima: 1,22 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{max}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N1-N2	0,1882	0,073	100	1,22	0,0012	0,078	1,210	Verificato	Verificato
N2-N3	0,1882	0,074	100	1,22	0,0012	0,078	1,216	Verificato	Verificato
N3-N4	0,1882	0,079	100	1,22	0,0012	0,077	1,243	Verificato	Verificato
N4-N5	0,1882	0,070	100	1,22	0,0012	0,079	1,191	Verificato	Verificato
N5-N6	0,1882	0,070	100	1,22	0,0012	0,042	3,083	Verificato	Verificato
N6-N7	0,1882	0,053	100	1,22	0,0012	0,044	2,798	Verificato	Verificato
N7-N8	0,1882	0,061	100	1,22	0,0012	0,043	2,952	Verificato	Verificato
N8-N9	0,1882	0,066	100	1,22	0,0012	0,042	3,033	Verificato	Verificato
N9-P1	0,1882	0,033	100	1,22	0,0012	0,049	2,387	Verificato	Verificato

TRATTO 2: Indovero N27-N33

Portata media: 0,25 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{med}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N27-N28	0,1882	0,047	100	0,25	0,00025	0,041	0,641	Verificato	Verificato
N28-N29	0,1882	0,017	100	0,25	0,00025	0,052	0,447	Verificato	Non Verificato
N29-N30	0,1882	0,011	100	0,25	0,00025	0,057	0,392	Verificato	Non Verificato
N30-N31	0,1882	0,200	100	0,25	0,00025	0,029	1,059	Verificato	Verificato
N31-N32	0,1882	0,041	100	0,25	0,00025	0,042	0,632	Verificato	Verificato
N32-N33	0,1882	0,280	100	0,25	0,00025	0,027	1,189	Verificato	Verificato

Come si può notare nella tabella precedente, lungo la tratta N28-N30 la velocità risulta leggermente inferiore a valore limite di 0,5 m/s; tuttavia, la velocità che si verifica in condotta in tale tratta è considerata accettabile in quanto la discrepanza dal valore limite è limitata, inoltre, l'impiego di condotte con diametro inferiore aumenterebbe il rischio di intasamento delle stesse.

Portata massima: 1,02 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{max}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N27-N28	0,1882	0,047	100	1,02	0,00102	0,080	0,983	Verificato	Verificato
N28-N29	0,1882	0,017	100	1,02	0,00102	0,102	0,685	Verificato	Verificato
N29-N30	0,1882	0,011	100	1,02	0,00102	0,112	0,600	Verificato	Verificato
N30-N31	0,1882	0,200	100	1,02	0,00102	0,057	1,627	Verificato	Verificato
N31-N32	0,1882	0,041	100	1,02	0,00102	0,082	0,940	Verificato	Verificato
N32-N33	0,1882	0,280	100	1,02	0,00102	0,052	1,827	Verificato	Verificato

TRATTO 3: Indovero N11-E1

Portata media: 0,71 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{med}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N11-N12	0,1882	0,038	100	0,71	0,00071	0,071	0,817	Verificato	Verificato
N12-N13	0,1882	0,069	100	0,71	0,00071	0,061	1,006	Verificato	Verificato
N13-N14	0,1882	0,187	100	0,71	0,00071	0,049	1,422	Verificato	Verificato
N14-N15	0,1882	0,040	100	0,71	0,00071	0,070	0,832	Verificato	Verificato
N15-N16	0,1882	0,282	100	0,71	0,00071	0,044	1,640	Verificato	Verificato
N16-N17	0,1882	0,045	100	0,71	0,00071	0,068	0,869	Verificato	Verificato
N17-N18	0,1882	0,375	100	0,71	0,00071	0,041	1,811	Verificato	Verificato
N18-N19	0,1882	0,282	100	0,71	0,00071	0,044	1,639	Verificato	Verificato
N19-E1	0,1882	0,147	100	0,71	0,00071	0,051	1,309	Verificato	Verificato

Portata massima: 2,85 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{max}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N11-N12	0,1882	0,038	100	2,85	0,00285	0,137	1,242	Verificato	Verificato
N12-N13	0,1882	0,069	100	2,85	0,00285	0,119	1,531	Verificato	Verificato
N13-N14	0,1882	0,187	100	2,85	0,00285	0,094	2,168	Verificato	Verificato
N14-N15	0,1882	0,040	100	2,85	0,00285	0,135	1,264	Verificato	Verificato
N15-N16	0,1882	0,282	100	2,85	0,00285	0,085	2,501	Verificato	Verificato
N16-N17	0,1882	0,045	100	2,85	0,00285	0,131	1,322	Verificato	Verificato
N17-N18	0,1882	0,375	100	2,85	0,00285	0,079	2,763	Verificato	Verificato
N18-N19	0,1882	0,282	100	2,85	0,00285	0,085	2,501	Verificato	Verificato
N19-E1	0,1882	0,147	100	2,85	0,00285	0,099	1,995	Verificato	Verificato

TRATTO 4: Indovero N34-N41

Portata media: 0,61 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{med}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N34-N35	0,1882	0,044	100	0,61	0,00061	0,063	0,823	Verificato	Verificato
N35-N36	0,1882	0,045	100	0,61	0,00061	0,063	0,829	Verificato	Verificato
N36-N37	0,1882	0,008	100	0,61	0,00061	0,094	0,461	Verificato	Non Verificato
N37-N38	0,1882	0,421	100	0,61	0,00061	0,037	1,800	Verificato	Verificato
N38-N39	0,1882	0,021	100	0,61	0,00061	0,076	0,635	Verificato	Verificato
N39-N40	0,1882	0,024	100	0,61	0,00061	0,073	0,664	Verificato	Verificato
N40-N41	0,1882	0,224	100	0,61	0,00061	0,043	1,446	Verificato	Verificato

Come si può notare nella tabella precedente, lungo la tratta N36-N37 la velocità risulta leggermente inferiore a valore limite di 0,5 m/s; tuttavia, la velocità che si verifica in condotta in tale tratta è considerata accettabile in quanto la discrepanza dal valore limite è molto limitata e l'impiego di condotte con diametro inferiore aumenterebbe il rischio di intasamento delle stesse.

Portata massima: 2,44 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{max}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N34-N35	0,1882	0,044	100	2,44	0,00244	0,123	1,251	Verificato	Verificato
N35-N36	0,1882	0,045	100	2,44	0,00244	0,122	1,260	Verificato	Verificato
N36-N37	0,1882	0,008	100	2,44	0,00244	0,183	0,698	Verificato	Verificato
N37-N38	0,1882	0,421	100	2,44	0,00244	0,072	2,745	Verificato	Verificato
N38-N39	0,1882	0,021	100	2,44	0,00244	0,147	0,964	Verificato	Verificato
N39-N40	0,1882	0,024	100	2,44	0,00244	0,142	1,007	Verificato	Verificato
N40-N41	0,1882	0,224	100	2,44	0,00244	0,083	2,204	Verificato	Verificato

TRATTO 5: Indovero N43-P2

Portata media: 0,41 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{med}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N43-N44	0,1882	0,066	100	0,41	0,00041	0,048	0,836	Verificato	Verificato
N44-N45	0,1882	0,118	100	0,41	0,00041	0,042	1,025	Verificato	Verificato
N45-N46	0,1882	0,111	100	0,41	0,00041	0,043	1,003	Verificato	Verificato
N46-P2	0,1882	0,025	100	0,41	0,00041	0,060	0,598	Verificato	Verificato

Portata massima: 1,63 l/s

VERIFICHE IDRAULICHE - Q_{max}									
Tratto	Di	i	Ks	Q	Q	h/D	V	Verifiche	
	[m]	[m/m]	[m ^{1/3} /s]	[l/s]	[mc/s]	[-]	[m/s]	h/d < 75%	0,5 < V < 5
N43-N44	0,1882	0,066	100	1,63	0,00163	0,092	1,272	Verificato	Verificato
N44-N45	0,1882	0,118	100	1,63	0,00163	0,080	1,559	Verificato	Verificato
N45-N46	0,1882	0,111	100	1,63	0,00163	0,081	1,526	Verificato	Verificato
N46-P2	0,1882	0,025	100	1,63	0,00163	0,116	0,907	Verificato	Verificato

7.2 Rete acquedotto

Si prevede di sostituire le condotte esistenti in acciaio con una tubazione in PEAD De63 mm PN16 in modo tale da risolvere le problematiche legate alle vetustà delle condotte presenti e migliorare l'affidabilità della rete.

8 Verifiche statiche tubazioni

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 2 - 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 3 - 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	Ferroviario

Tabella 4 - 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 Figura 18 si riporta l'andamento dei carichi agenti su una tubazione in funzione della profondità

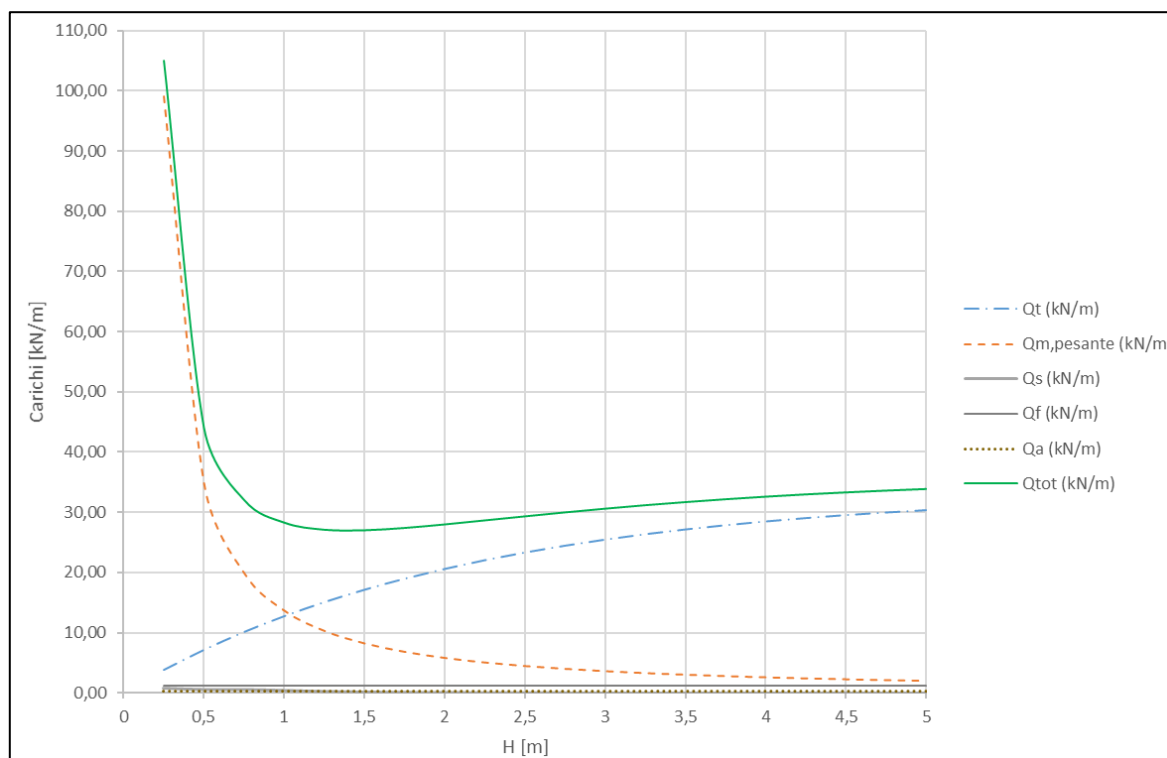


Figura 18: Andamento dei carichi agenti sulla tubazione in funzione della profondità

Verifica statica tubazioni

Per la verifica statica delle tubazioni flessibili si possono seguire le indicazioni riportate nella norma AWWA (American Water Works Association) C950/88 che si riferisce a "tubi a pressione in resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro", ma che può essere ragionevolmente estesa a tutti i materiali plastici e alle tubazioni flessibili in generale, quindi anche alle tubazioni in PVC previste nel presente progetto.

Le verifiche vengono effettuate considerando le caratteristiche di resistenza a lungo termine dei materiali utilizzati visto che i materiali plastici vanno incontro ad un decadimento nel tempo delle loro caratteristiche meccaniche.

Le operazioni da effettuarsi nell'ambito della verifica statica delle tubazioni flessibili sono le seguenti:

- valutazione e verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine
- valutazione e verifica della massima sollecitazione a flessione della sezione trasversale
- valutazione e verifica del carico critico di collasso

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 1

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 2

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 6.

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 5 - Fattore di ritardo d'inflessione

TIPO D'INSTALLAZIONE	ANGOLO EQUIVAL. 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 6 - 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 7 - Valori dei parametri K_a e Δa

Per tubazioni in PEad ed in PVC l'inflessione diametrale a lungo termine non deve superare il 5% del diametro iniziale della condotta. In base a quanto sopra e ai dati geometrici delle condotte, si calcola il carico dovuto al rinterro e i sovraccarichi dovuti al traffico veicolare sulle condotte. La verifica è soddisfatta se si ottiene $\Delta y/D$ minore del 5%.

Calcolo e verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine

La sollecitazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve essere superiore alla resistenza a flessione a lungo termine ridotta del fattore di sicurezza:

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

dove:

σ è la tensione dovuta alla deflessione diametrale [N/cm²];

σ_{lim} è la tensione limite ultima

D_f è un fattore di forma i cui valori sono stati parametrizzati in funzione dell'indice di rigidezza SN:

($SN = \frac{E_t I}{D_m^3}$ dove D_m rappresenta il diametro medio della condotta) della tubazione e delle

caratteristiche geotecniche del rinterro;

μ è un coefficiente di sicurezza, pari a 1.5;

INDICE DI RIGIDEZZA DELLA TUBAZIONE SN [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 8: Fattore di forma D_f

Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (Buckling)

La norma ANSI-AWWA C950/88 propone la seguente espressione per la valutazione della pressione ammissibile (definita anche "pressione ammissibile di Buckling"):

$$q_a = \frac{1}{FS} (32 R_w B' E_s \frac{E_t I}{D^3})^{1/2} \quad \text{dove:}$$

q_a è la pressione ammissibile di buckling [N/cm²]

FS è il fattore di progettazione, pari a 2.5

R_w è il fattore di spinta idrodinamica della falda eventualmente presente

$$R_w = 1 - 0.33(H_w / H) \quad \text{con } 0 < H_w < H$$

B' è il coefficiente empirico di supporto elastico fornito dalla relazione

$$B' = 1 / (1 + 4e^{-0.213H})$$

H è l'altezza di rinterro [cm]

H_w è l'altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione [cm]

Nel caso in cui la verifica inerente all'inflessione diametrale fornisca valori prossimi al limite massimo accettabile si dovrà utilizzare un fattore di progettazione $FS=3$ in luogo di 2.5.

La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile q_a con la risultante dei carichi esterni applicati.

In particolare, dovrà risultare:

$$\gamma_w + R_w \frac{W_c}{D} + \frac{W_l}{D} \leq q_a$$

Verifica statica tubazioni flessibili in pressione

Per la verifica statica delle tubazioni interrate flessibili si fa riferimento alla norma ANSI-AWWA C950/88.

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

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

Dove:

σ_c : tensione massima dovuta ai carichi combinati

P_w : pressione massima interna

μ : fattore di sicurezza pari a 1,5.

Questo modo di valutare la sollecitazione massima e la deformazione può condurre a stime leggermente in eccesso.

VERIFICA STATICA CONDOTTE IN PROGETTO

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive delle verifiche statiche eseguite per le condotte a gravità in progetto, in particolare sono state verificate le sezioni dove si hanno il ricoprimento minimo e massimo per ciascuna tipologia di condotta:

FOGNATURA A GRAVITÀ – PVC SN8 DE 200 mm:

- ricoprimento minimo: 0,80 m (profondità di scorrimento 1,00m)
- ricoprimento massimo: 1,40 m (profondità di scorrimento 1,60 m)

NOTA: a favore di sicurezza si considera che le condotte siano posate sempre su strade carrabili.

FOGNATURA IN PRESSIONE – PEAD PN16 DE 90 mm (pressione massima interna 2 bar):

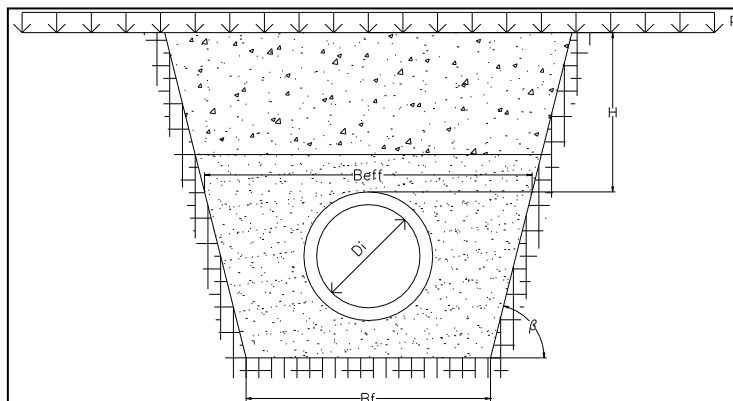
- ricoprimento minimo: 0,90 m (profondità di scorrimento 1,00m)
- ricoprimento massimo: 1,10 m (profondità di scorrimento 1,20 m)

ACQUEDOTTO – PEAD PN16 DE 63 mm (pressione massima interna 5 bar):

- ricoprimento minimo: 0,90 m (profondità di scorrimento 1,00m)
- ricoprimento massimo: 1,10 m (profondità di scorrimento 1,20 m)

NOTA: a favore di sicurezza si considera che le condotte siano posate sempre su strade carrabili.

Le tabelle fanno riferimento allo schema seguente:



FOGNATURA A GRAVITÀ: PVC SN8 DE 200 mm - RICOMPIMENTO MINIMO: 0,80 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PVC
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	188,2
	S _p	mm	5,9
	D _e	mm	200
	E _t	Mpa	1500
	σ _{res}	kN/m ²	25000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	0,8
	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	3,20
	Q _m	kN/m	18,34
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,21
	Q_{tot}	kN/m	21,75
	Δy	cm	0,69
	Δy/D _e	%	3,47
	Verifica inflessione diametro		VERIFICATO
	RG	N/m ²	3511
	D _f		6,5
	σ	N/cm ²	997,2
	Verifica flessione		VERIFICATO
	R _w		1,00
	B'		1,00
	q _a	N/cm ²	33,67
	q	N/cm ²	10,77
	Verifica instabilità equilibrio		VERIFICATO

FOGNATURA A GRAVITÀ: PVC SN8 DE 200 mm - RICOMPIMENTO MASSIMO: 1,40 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PVC
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	188,2
	S _p	mm	5,9
	D _e	mm	200
	E _t	Mpa	1500
	σ _{res}	kN/m ²	25000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	1,4
	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	5,60
	Q _m	kN/m	9,02
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,21
	Q_{tot}	kN/m	14,82
	Δy	cm	0,52
	Δy/D _e	%	2,61
	Verifica inflessione diametro		VERIFICATO
	RG	N/m ²	3511
	D _f		6,5
	σ	N/cm ²	750,6
	Verifica flessione		VERIFICATO
	R _w		1,00
	B'		1,00
	q _a	N/cm ²	33,67
	q	N/cm ²	7,31
	Verifica instabilità equilibrio		VERIFICATO

FOGNATURA IN PRESSIONE: PEAD PN16 DE 90 mm - RICOMPIMENTO MINIMO: 0,90 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	73,6
	S _p	mm	8,2
	D _e	mm	90
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	0,9
	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	1,62
	Q _m	kN/m	7,08
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,03
	Q_{tot}	kN/m	8,73
	Δy	cm	0,21
	RG	N/m ²	18888
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	324,8
	Verifica		VERIFICATO

FOGNATURA IN PRESSIONE: PEAD PN16 DE 90 mm - RICOMPIMENTO MASSIMO: 1,10 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	73,6
	S _p	mm	8,2
	D _e	mm	90
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	1,1
	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	1,98
	Q _m	kN/m	5,48
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,03
	Q_{tot}	kN/m	7,49
	Δy	cm	0,19
	RG	N/m ²	18888
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	300,8
	Verifica		VERIFICATO

ACQUEDOTTO: PEAD PN16 DE 63 mm - RICOMPIMENTO MINIMO: 0,90 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	51,4
	S _p	mm	5,8
	D _e	mm	63
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	0,9
	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	1,13
	Q _m	kN/m	4,95
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,02
	Q_{tot}	kN/m	6,10
	Δy	cm	0,15
	RG	N/m ²	19548
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	486,4
	Verifica		VERIFICATO

ACQUEDOTTO: PEAD PN16 DE 63 mm - RICOMPIMENTO MINIMO: 1,10 m

TUBAZIONE	Materiale tubazione		PEAD
	Tipo tubazione		FLESSIBILE
	D _i	mm	51,4
	S _p	mm	5,8
	D _e	mm	63
	E _t	Mpa	225
	σ _{res}	kN/m ²	10000
SCAVO	Tipo scavo		TRINCEA LARGA
	B _f	m	0,6
	H	m	1,1
	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	1,39
	Q _m	kN/m	3,83
	Q _s	kN/m	0,00
	Q _f	kN/m	0,00
	Q _a	kN/m	0,02
	Q_{tot}	kN/m	5,23
	Δy	cm	0,13
	RG	N/m ²	19548
	D _f		4,5
	σ	N/cm ²	462,4
	Verifica		VERIFICATO

9 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, le indicazioni sulla base dei dati forniti dai diversi enti gestori sono riportate nella tavola "G2.3 Stato di fatto – planimetrie: sottoservizi". Tali dati dovranno comunque sempre essere verificati e confermati in sede di installazione del cantiere da parte dell'Impresa Appaltatrice, mediante coordinamento diretto dei sottoservizi. Durante tutti i lavori di scavo dovrà essere adottata la massima prudenza usando ogni precauzione idonea ad evitare danneggiamenti dei sottoservizi e il rischio di gravi infortuni.

10 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.

In dettaglio, come deducibile dall'allegato "T5 – Computo metrico estimativo", sono previsti nel progetto i seguenti volumi di movimentazione terre:

Scavo mc 2400 circa, di cui:

- mc 800 circa riutilizzati per rinterro;
- mc 1600 circa trasportati a discarica.

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.

Pavimentazione bitumata rimossa:

- mc 150 (demolizione pavimentazione esistente) + mc 89 (scarifica per ripristini provvisori su SP66) + mc 200 (scarifica per ripristini definitivi) – totale mc 443.

11 Disponibilità delle aree

La definizione e l'identificazione della proprietà interessate dalle opere in progetto sono riportate negli elaborati "G7 – Piano Particolare: planimetria inquadramento catastale" e "T8 Piano Particolare".

Lungo le vie Francesco Adamoli, Cavalier Pasquini e via della Deputazione (strada verso il cimitero di Narro), l'area di intervento si colloca su strade accessibili e percorribili anche se a livello catastale non tutte risultano essere pubbliche intestate al comune di Casargo. Inoltre, lungo tali vie, sono già presenti sottoservizi pubblici e per tale motivo, su dette strade – private ma accessibili – non verrà avviata la procedura di servitù/esproprio delle aree ma unicamente una comunicazione informativa prima dell'inizio dei lavori.

La gestione e la manutenzione di tali reti resterà comunque in carico a Lario Reti Holding S.p.a.

Dalle indicazioni fornite dall'Amministrazione Comunale, il muro presente lungo la strada che porta al cimitero, dove è previsto l'alloggiamento dei quadri elettrici e di controllo della stazione di sollevamento "Narro P1", risulta di proprietà comunale. Si rimanda comunque alla sede della Conferenza dei Servizi per l'espressione di eventuali ulteriori osservazioni in merito.

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:

Approvazione progetto definitivo.....	6 mesi
Redazione e approvazione progetto esecutivo	3 mesi
Affidamento lavori.....	6 mesi
Esecuzione lavori.....	12 mesi (esclusa l'asfaltatura definitiva)
Collaudo/CRE.....	6 mesi

13 Cronoprogramma delle lavorazioni

FOGNATURA - NARRO																												
mesi	1				2				3				4															
settimane	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16												
giorni	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112												
Allestimento del cantiere (installazione recinzioni, cartellonistica di cantiere e segnaletica stradale, deposito del materiale in cantiere)																												
Scavo per formazione buche di assaggio																												
Scavo, fornitura e posa di tubazioni in PVC per fognatura a gravità																												
Scavo fornitura e posa di consotte in PEAD per fognatura in pressione																												
Rinterri																												
Allacciamenti utenze e collegamenti rete																												
Realizzazione stazione di sollevamento - "Narro P1"																												
Ripristini della pavimentazione																												
Sgombero area di cantiere																												

FOGNATURA - INDOVERO																																
mesi	5				6				7				8				9				10				11				12			
settimane	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
giorni	119	126	133	140	147	154	161	168	175	182	189	196	203	210	217	224	231	238	245	252	259	266	273	280	287	294	301	308	315	322	329	336
Allestimento del cantiere (installazione recinzioni, cartellonistica di cantiere e segnaletica stradale, deposito del materiale in cantiere)																																
Scavo per formazione buche di assaggio																																
Scavo, fornitura e posa di tubazioni in PVC																																
Scavo fornitura e posa di consotte in PEAD per fognatura in pressione																																
Rinterri																																
Allacciamenti utenze e collegamenti rete																																
Realizzazione stazione di sollevamento - "Indovero P2"																																
Ripristini della pavimentazione																																
Sgombero area di cantiere																																

ACQUEDOTTO - INDOVERO												
mesi	5				6				7			
settimane	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
giorni	119	126	133	140	147	154	161	168	175	182	189	196
Allestimento del cantiere (installazione recinzioni, cartellonistica di cantiere e segnaletica stradale, deposito del materiale in cantiere)												
Scavo per formazione buche di assaggio												
Scavo, fornitura e posa di tubazioni in PEAD												
Rinterri												
Allacciamenti utenze e collegamenti rete												
Ripristini della pavimentazione												
Sgombero area di cantiere												

ASFALTATURA DEFINITIVA*				
mesi	1			
settimane	1	2	3	4
giorni	7	14	21	28
Allestimento del cantiere (installazione recinzioni, cartellonistica di cantiere e segnaletica stradale, deposito del materiale in cantiere)				
Pavimentazioni stradali e finiture				
Sgombero area di cantiere				

*NB: SI FA PRESENTE CHE L'ASFALTATURA DEFINITIVA VERRA' ESEGUITA DOPO IL NECESSARIO PERIODO DI ASSESTAMENTO

14 Quadro economico

L'impegno di spesa globale del presente progetto, sommati gli importi a disposizione dell'amministrazione, ammonta a € **952.500,00** (novecentocinquantaduemilacinquecento/00) esclusa l'IVA di legge.

Si riporta separatamente il calcolo dell'IVA e l'importo complessivo di IVA pari a € 1.059.464,80.

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	768 893,75
a2	oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso (IVA esclusa) relativi alle opere di fognatura, acquedotto e pavimentazioni stradali	20 406,25
a3	importo a base di gara - opere elettriche (IVA esclusa)	15 484,78
a4	oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso (IVA esclusa) relativi alle opere elettriche	415,22
A	tot. opere a base d'appalto	805 200,00
	SOMME A DISPOSIZIONE	importi
b1	imprevisti	40 260,00
b2	relazione geologica/geotecnica	2 350,00
b3	valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi	10 000,00
b4	allacciamenti a rete elettrica	3 000,00
b5	spostamento sottoservizi	3 000,00
b7	convenzioni/servitù/acquisti proprietà private, comprese spese per procedure di espropri	5 000,00
b8	spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo	83 690,00
B	Totale somme a disposizione - IVA esclusa	147 300,00
IMP. TOTALE GENERALE - IVA ESCLUSA (A+B)		952 500,00

IVA, ESCLUSA DAL QUADRO ECONOMICO

c0	iva 10 % sui lavori (vedi voce A)	80 520,00
c1	iva 10 % su imprevisti (vedi voce b1)	4 026,00
c2	iva 22 % su relazione geologica/geotecnica (vedi voce b2)	517,00
c3	iva 22 % su valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi (vedi voce b3)	2 200,00
c4	iva 10% su allacciamenti a rete elettrica (vedi voce b4)	300,00
c6	iva 22% per spostamento sottoservizi	660,00
c7	iva 22 % su spese tecniche per procedure esproprio (vedi parte voce b7 - importo stimato € 1.500,00)	330,00
c8	iva 22% su spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo (vedi voce b8)	18 411,80
IMPORTO TOTALE IVA		106 964,80
IMPORTO TOTALE DI PROGETTO - IVA INCLUSA		1 059 464,80