0	02/2017	Emissione	Pesce	Pesce	Venturini
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

COMUNE DI GENOVA

OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO NOCE NEL TRATTO COMPRESO TRA LA SCUOLA D'INFANZIA DELIA REPETTO IN SALITA SUPERIORE DELLA NOCE ED IL POZZO CARENA MEDIANTE REALIZZAZIONE DI UNA GALLERIA BY-PASS

AREA TECNICA - DIREZIONE OPERE IDRAULICHE E SANITARIE

Dirigente **Ing. Stefano PINASCO**

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)

STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI

SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.r.l.

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO **Ing. Stefano PINASCO**

Staff tecnico

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
Ing. S. Venturini

STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI
Ing. D Cerlini - Ing. M. Ferrari

SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.r.l.
Ing. A.Galli

Oggetto della tavola

PARTE GENERALE

RELAZIONE GENERALE

Elaborato
TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

Scala

Data
Febbraio 2017

Progetto Esecutivo

Tavola N° PE.RG.01

Codice GULP	Codice Commessa Precedente	Revisione
12383	DSU100	0

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DEL COMUNE DI GENOVA E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

RELAZIONE GENERALE

I N D I C E

1. PREMESSA 3
2. ITER PROGETTUALE 5
3. LE PORTATE DI RIFERIMENTO E LE PROBLEMATICHE IDRAULICHE 6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 10
5. LE OPERE DEL BY PASS DEL RIO NOCE 15
   - 5.1. Pozzo P1 16
   - 5.2. Pozzo P2 19
   - 5.3. Pozzo P3 e pozzo di intercettazione del rio Noce 24
   - 5.4. Pozzetto P4 29
   - 5.5. Il microtunnelling 31
   - 5.6. Interventi sulla condotta esistente 36
6. SUBSIDENZE E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA 36
7. CANTIERIZZAZIONE 40
8. INTERFERENZE 43
9. TEMPI DI REALIZZAZIONE 44

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo del by pass del rio Noce, redatto sulla base del Progetto Definito prodotto da Genova Acque nel 2006. Si tratta di un intervento volto a captare, tramite una nuova tubazione Ø3000 (Ø2500 interno) le acque di tale rio in corrispondenza di Via in Salita Superiore del Noce, in prossimità della scuola dell'infanzia Delia Repetto per farle poi confluire, dopo un percorso di circa 375 m, all'interno di un manufatto scatolare che ne consentirà poi l'ingresso nel pozzo Carena esistente; da qui esse verranno convogliate all'interno della galleria del torrente Fereggiano attualmente in costruzione. Le opere comprese tra lo scatolare (incluso) e l'innesto nella galleria del Fereggiano non appartengono a questo progetto ma al Progetto Esecutivo "Scolmatore del torrente Bisagno in comune di Genova - Primo lotto: realizzazione delle opere per la messa in sicurezza idraulica del torrente Fereggiano (e rivi Rovare e Noce) - Secondo stralcio: Opere di presa sui rivi Noce e Rovare e gallerie di collegamento".

La planimetria di progetto è riportata nella seguente Figura 1.1.

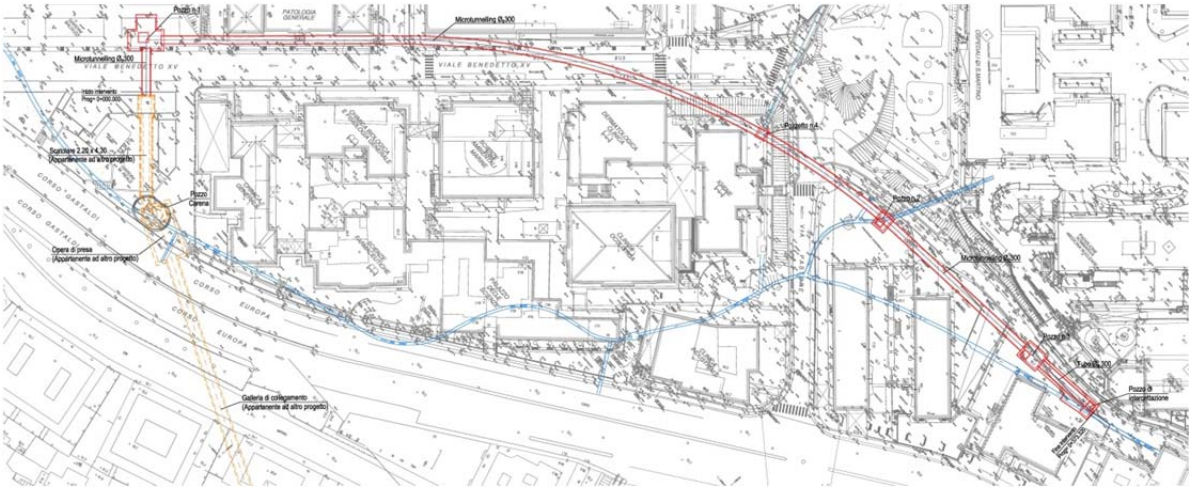

FIGURA 1.1 – PLANIMETRIA GENERALE

Il progetto è caratterizzato dalle seguenti opere principali:

- Il pozzo P1, in corrispondenza dei Giardini Balduzzi, da cui viene lanciato lo scavo con microtunnelling sia verso Via in Salita Superiore del Noce che verso il pozzo Carena, sottopassando Viale Benedetto XV;

- Il pozzo P2, posto in corrispondenza del parcheggio dei condomini con accesso da Via Pastore, tramite il quale vengono intercettate le acque provenienti dall'area dell'ospedale S. Martino;
- Il pozzo P3 ubicato in Via Salita Superiore del Noce e attraverso il quale verrà estratta la macchina per il microtunnelling;
- Il pozzo di intercettazione, posto poco a monte del precedente, attraverso il quale vengono captate le acque del Noce esistente e distribuite per la maggior parte nella nuova tubazione ed in minima parte nel vecchio condotto;
- Il tratto compreso tra il pozzo 3 ed il pozzo di intercettazione, che collega, con un tubo in c.a. prefabbricato posato all'interno di una trincea tra micropali, i due manufatti;
- Il primo tratto tra il pozzo P1 ed il pozzo Carena, realizzato in microtunnelling, per sottopassare, senza interferenza, Viale Benedetto XV; il successivo tratto, fino all'innesto nel pozzo Carena, verrà invece eseguito con un manufatto scatolare che non rientra nel presente progetto.
- Il pozzetto P4, posto all'interno del cortile del dipartimento di Igiene dell'Università di Genova, tramite il quale verranno intercettate e convogliate nel nuovo by pass le acque bianche provenienti dalla zona della Clinica Chirurgica e quelle dell'area universitaria a valle di Viale Benedetto XV.

Il progetto è poi completato con alcuni interventi localizzati di ripristino della condotta esistente in piccoli tratti a monte e a valle del pozzo di intercettazione del Noce.

Come detto, l'intervento ha una lunghezza complessiva di circa 375 m, di cui circa 360 m nel tratto compreso tra il pozzo P1 e l'opera di intercettazione e circa 15 m nel tratto tra il pozzo P1 e il manufatto scatolare prima del pozzo Carena e presenta un dislivello complessivo pari a 5,60 m, essendo la quota di scorrimento iniziale nel tubo in corrispondenza del pozzo 3 pari a 36,66 m, mentre quella finale, in corrispondenza dell'innesto nel manufatto scatolare, pari a 31,06 m, con una pendenza media dell'1,4 % circa, considerando anche il salto di quota presente nel pozzo 1.

2. ITER PROGETTUALE

Il rio Noce è un corso d'acqua che, scendendo dalla zona Nord-Est del territorio genovese, raccoglie le acque meteoriche dei bacini imbriferi in esso confluenti, compreso l'affluente Papigliano, per scaricarle nel rio Rovare e quindi in mare.
Il suo alveo, nella zona degli Ospedali di S. Martino, risulta intubato mediante un ovoide con volta in mattoni pieni e pareti in calcestruzzo o muratura in pietra, mentre il fondo è realizzato, in parte, con getto regolarizzato in cls e, in parte, è costituito dall'alveo naturale.
Per tale zona e per le successive zone vallive il condotto del rio Noce è utilizzato come fognatura comunale di tipo "misto", ricevente pertanto anche i contributi delle acque nere.
In questi anni, la vetustà del suddetto condotto e la sua tipologia costruttiva, hanno richiesto interventi di manutenzione ordinaria che sono consistiti per lo più nel rivestimento interno di alcuni tratti ammalorati con elementi policentrici in lamiera ondulata, zincata.
In particolare, lo stato di conservazione del condotto ovoidale nel tratto compreso tra la Scuola di infanzia "Delia Repetto" ed il Pozzo Carena è andato sempre più deteriorandosi e per questo motivo si sono avuti crolli in alcuni tratti della volta e/o delle pareti che ne hanno intasato ed ostruito il fondo impedendone un corretto funzionamento idraulico.
Tale situazione, associata agli eventi meteorici di questi ultimi anni che si sono sempre più moltiplicati come intensità e frequenza, ha creato condizioni di funzionamento in pressione, rigurgiti e fuori uscite d'acqua che hanno causato allagamenti e danni ad alcuni edifici con scantinati collegati idraulicamente al condotto scatolare del rio Noce, compresi in particolare i laboratori degli Ospedali S. Martino.
L'Amministrazione Comunale di Genova, considerato che i succitati disservizi sono inesorabilmente destinati a peggiorare nel tempo, ha ritenuto necessario, urgente ed indifferibile intervenire in modo radicale nel tratto interessato dai crolli e dalle ostruzioni succitate prevedendo la realizzazione di un condotto di by-pass del rio Noce.
In virtù della convenzione per le progettazioni di tipo idraulico stipulata tra il Comune di Genova e la AMGA S.p.A., il Comune aveva incaricato la stessa di redigere un progetto preliminare il cui scopo era stato quello di consentire un celere avvio del procedimento per la realizzazione dei lavori di sistemazione idraulica del tratto del rio Noce in oggetto.
Tale progetto è stato consegnato al Comune nel Dicembre 2012 ed è stato approvato nella Conferenza dei Servizi del 5 marzo 2004.

Successivamente, a valle di tale Conferenza, il Comune di Genova ha incaricato la medesima società della progettazione definitiva dell'intervento, la quale è stata consegnata nel novembre 2006.
Tuttavia, a causa della carenza di fondi, l'Amministrazione non è riuscita a completare l'iter approvativo del progetto che pertanto ha subito uno stop.
Ora il Comune di Genova sta realizzando gli interventi relativi alla galleria scolmatrice del torrente Bisagno, ed in particolare la progettazione esecutiva del secondo stralcio funzionale del 1° lotto relativo alle opere di presa dei rivi Rovare e Noce che risultano, sia dal punto di vista tecnico-costruttivo che funzionale, strettamente interdipendenti con le opere relative al by pass del rio Noce, per cui ha ritenuto opportuno sviluppare congiuntamente sia l'adeguamento/aggiornamento dei due progetti, sia la loro esecuzione.

3. LE PORTATE DI RIFERIMENTO E LE PROBLEMATICHE IDRAULICHE

Nella valutazione della portata complessiva duecentennale da assumersi a riferimento per la progettazione delle opere correlate alla messa in sicurezza idraulica del Rio Noce alla sezione di chiusura in corrispondenza del pozzo Carena ("bypass" di cui alla presente progettazione ed opera di presa per far confluire la portata all'interno dello scolmatore del T. Fereggiano – opere correlate al primo lotto, secondo stralcio dello scolmatore del T. Bisagno/Fereggiano) sono stati considerati i valori delle precedenti progettazioni.

Si richiama, in particolare, il progetto definitivo dello Scolmatore del Torrente Bisagno in Comune di Genova - Primo Lotto - sviluppato dallo scrivente raggruppamento nel 2013 per conto del Comune di Genova (PD 2013) e il precedente progetto definitivo dello Scolmatore del Torrente Bisagno del 2007 sviluppato, sempre dagli scriventi, per conto della Provincia di Genova (PD 2007).
Tali progetti, **approvati da tutti gli organi competenti**, prevedono, sulla base di una superficie complessiva del bacino alla sezione di chiusura delle opere all'esistente pozzo Carena pari a ca. 0.5 kmq, una portata di piena T200 di 23 mc/s.

Nell'ambito della presente progettazione si è inoltre tenuto conto della portata di dimensionamento stimata nell'ambito del progetto definitivo del 2006 sviluppato da Genova Acque S.p.A. per conto del Comune di Genova (nonché del precedente progetto preliminare del 2002 di AMGA per conto del Comune) che valutava, alla sezione di inizio intervento localizzata presso la scuola Delia Repetto in Salita Superiore della Noce, una portata T200 pari a 19 mc/s. Tale portata idrologica T200, applicata come unico parametro di dimensionamento per l'intera condotta, risulta opportunamente cautelativa, anche in con-

siderazione dei dati sopra richiamati e degli effettivi e progressivi contributi di immissione correlati all'interbacino posto a valle rispetto alla sezione di captazione.
Fra questi quali si richiamano, in particolare, i rami del reticolo secondario a valle della sezione di inizio intervento (scuola Delia Repetto) che vede, in aggiunta all'immissione in sinistra idraulica del rio Papigliano (immissione valle di via Pastore, che non potendo essere intercettata dal bypass, continuerà quindi a transitare all'interno dell'esistente Rio Noce per essere captato in altro appalto nel pozzo a vortice all'interno del pozzo Carena e da qui convogliato verso lo scolmatore del Fereggiano), l'immissione in destra del rio S. Martino (che verrà captato all'interno del bypass, in linea con quanto previsto anche dalle precedenti progettazioni).
In quest'ottica è anche da considerare la reale configurazione della rete di smaltimento meteorica dell'interbacino urbano compreso tra la captazione presso la scuola Delia Repetto e il pozzo Carena, oggetto di ricerca documentale e di indagine di campo nell'ambito dell'indagine conoscitiva di approfondimento effettuata a supporto della presente progettazione (2016).
Ciò considerato, tale valore di dimensionamento su base idrologica, che prescinde ovviamente dalle reale officiosità idraulica del corso d'acqua alla sezione di captazione, è stato tuttavia cautelativamente assunto a riferimento per il progetto dell'intero bypass dalla scuola Delia Repetto fino al collegamento con l'esistente pozzo Carena.
I valori di riferimento di 19 mc/s e 23 mc/s alle due sezioni di chiusura individuate, oltre che **congrui ai precedenti valutati - assunti a riferimento nelle precedenti progettazioni e consolidati nei relativi iter approvativi**, risultano quindi coerenti in relazione all'effettivo andamento delle reti secondaria e meteorica della zona interessata dal polo Universitario-Ospedaliero di S. Martino.

Sulla base del valore di riferimento per il dimensionamento delle opere sopra richiamato ed in merito ai criteri di funzionamento idraulico, nell'ambito della presente progettazione esecutiva sono stati invece effettuati, a sviluppo delle precendenti fasi progettuali, approfondimenti relativamente agli interventi che hanno evidenziato, in particolare, la necessità di alcune modifiche ed affinamenti da considerarsi per il corretto funzionamento idraulico del bypass. Tali approfondimenti sono riconducibili, in particolare, a modifiche relative al diametro interno della condotta, realizzata in larga parte con tecnologia del microtunnelling, ed alla livelletta della condotta stessa. Ciò al fine di garantire un comportamento compatibile, oltre che con il vigente Piano di Bacino e normativa correlata, con i criteri di buon funzionamento delle opere (parametri idraulici fondamentali: grado di riempimento, velocità, numero di Fruode), con le tecnologie costruttive disponibili oltre che, ovviamente, con i limiti di finanziamento.

In particolare la livelletta è stata omogeneizzata, per quanto possibile, al valore dell' 1% per garantire il rispetto dei vincoli esistenti (quota di innesto di valle in ingresso al pozzo Carena, captazione del rio S. Martino,…) e garantire un funzionamento idraulico compatibile di corrente veloce con idonee caratteristiche idrauliche (velocità 5.65 m/s, Froude =1.45). Le uniche variazioni di livelletta sono localizzate nel tratto iniziale d'intervento, tra pozzo di intercettazione presso la scuola Delia Repetto e pozzo 3, laddove è necessario procedere al collegamento con la condotta esistente (a tal fine in corrispondenza del pozzo 3 è stato previsto un salto idraulico), e nel tratto terminale prima dell'innesto nel pozzo Carena, in corrispondenza della quale la pendenza è stato ricalibrata per garantire idonee condizioni di imbocco al pozzo a vortice secondo lo schema già oggetto di approvazione da parte degli Enti competenti, incluso il Consiglio Superiore Lavori Pubblici. Il medesimo schema verrà sostanzialmente riproposto nella progettazione del manufatto di presa all'interno del pozzo Carena (pozzo a vortice) previsto nell'ambito dei già citati lavori di Primo Lotto – Secondo Stralcio del T. Bisagno/Fereggiano (opere al di fuori del presente appalto).

In relazione alle dimensioni della condotta è risultato necessario un incremento di diametro netto interno da 2.0 m previsti dal già citato progetto definivo (che da valutazioni di moto uniforme avrebbero determinato, per alcuni tratti gradi, di riempimento comunque superiori all'85% per la scabrezza considerata di 70 $m^{1/3}s^{-1}$ e la pendenza minima assunta nel 2006 all'1.8%) a 2.5 m considerati nell'ambito della presente progettazione esecutiva (gradi di riempimento di poco superiori al 65% con riferimento alla livelletta prevalente all'1% sopra richiamata).

In relazione all'inquadramento normativo dell'opera ai sensi della RL n.3 del 14 luglio 2011 - *Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua* - Bollettino Ufficiale n. 20, del 20/07/2011 - Testo coordinato con modifiche regolamento regionale n.1 del 16 marzo 2016 - e con particolare riferimento agli allegati 1 e 2 del Regolamento che disciplinano indirizzi tecnici e criteri da assumersi a riferimento per gli studi idraulici (in particolare franchi e scabrezze), si richiama, secondo quanto convenuto in occasione di incontri tenutisi dagli scriventi alla presenza del Comune di Genova e dalla Regione Liguria – Settore Difesa del Suolo di Genova, quanto riportato a seguire, già peraltro oggetto di specifica istanza da parte degli scriventi conformemente quanto convenuto in occasione dei predetti incontri. Posto infatti che:

- ✓ il bypass deriva in modo regolato (pozzetto di intercettazione presso la scuola Delia Repetto) parte delle portate del rio Noce, classificato come corso d'acqua significativo, convogliando parte delle portate del rio Noce al futuro pozzo a vortice ubicato presso l'esistente pozzo Carena, per immetterle, successivamente, in una galleria di

alimentazione della galleria principale dello scolmatore del rio Fereggiano ai fini del loro scarico definitivo a mare. In tale schema di derivazione viene comunque sempre garantita la continuità verso valle dei deflussi di magra, nonché la possibilità di messa fuori esercizio del bypass;

- ✓ le caratteristiche di scabrezza del bypass sono tipiche di un'opera idraulica artificiale, e sensibilmente differenti da quelle di un corso d'acqua naturale;
- ✓ il bypass, pur configurandosi come un'opera idraulica, non può essere inteso come opera "interferente" con il corso d'acqua (come può essere invece una tombinatura oppure una qualsivoglia sistemazione di sponda); esso, piuttosto, concorre a migliorare le condizioni idrauliche di deflusso del corso d'acqua cui si riferisce, derivandone parte della portata, migliorando perciò, intrinsecamente, le condizioni di deflusso nelle sezioni poste a valle dell'opera di presa;
- ✓ il suo regime idraulico non è strictu sensu dipendente dalle condizioni idrologiche del bacino del corso d'acqua dal quale si diparte, poiché esso viene interessato dalle portate in modo comunque regolato o regolabili dall'opera di presa;
- ✓ l'opera non può essere valutata nelle sue condizioni precedenti e successive all'intervento, in quanto non esistente prima dell'intervento stesso. Tale approccio appare applicabile, semmai, al corso d'acqua dal quale origina;

in relazione ai limiti normativi cui attenersi nella progettazione dello del presente intervento, si è di fatto convenuto tra i Soggetti sopra richiamati che il manufatto debba essere distinto, per funzione, caratteristiche idrauliche e modalità di funzionamento dalle "opere idrauliche " di cui al Regolamento sopra richiamato, dalle quali si distingue differisce in modo sostanziale.

Esso infatti - come peraltro avviene nei casi degli scolmatori di piena che non si sostituiscono al corso d'acqua, bensì concorrono a ridurne, anche sensibilmente, la portata di piena - non costituisce un'opera "interferente", ovvero condizionante in modo potenzialmente peggiorativo le condizioni di deflusso della corrente del corso d'acqua: è piuttosto un'opera dispositivo funzionale a migliorare le condizioni di deflusso dello stesso corso d'acqua. I parametri idraulici assunti per la progettazione ed in precedenza richiamati sono comparabili a quelli adottati per analoghe opere, alcune delle quali già approvate dagli organi competenti (C.S.LL.PP., Comitato Tecnico di Bacino dell'Autorità di Bacino Regionale, ecc…), attualmente in fase attuativa da parte del Comune stesso o della Regione Liguria (Scolmatore T. Fereggiano).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di progetto è stata studiata attraverso una nutrita documentazione bibliografica che comprende altri progetti eseguiti nelle medesime aree, oltre agli elaborati geologici allegati al Piano di Bacino Stralcio del Torrente Bisagno ed al PUC (Piano Urbanistico Comunale) di Genova.
Il modello geologico e geotecnico di riferimento è stato implementato da rilievi sul terreno e dalle risultanze delle campagne geognostiche condotte nelle medesime aree, per il by pass del Noce e per altri progetti, nell'arco di tempo compreso fra il 1999 ed il 2005 fino alla campagna del 2016, eseguita a specifico supporto della progettazione esecutiva. In particolare le indagini disponibili sono le seguenti:

- campagna del 1988 per il progetto Italastrade del deviatore del Fereggiano;
- campagna del 1999 per il progetto del garage interrato di Largo Benzi;
- campagna del 2002 per il progetto definitivo del by pass del Rio Noce;
- campagna del 2005 per il progetto del garage interrato di Largo Benzi;
- campagna del 2005 per il progetto definitivo dello scolmatore del torrente Bisagno;
- campagna del 2016 per la progettazione esecutiva del by pass del Rio Noce

Nel complesso sono disponibili stratigrafie di sondaggi, molti dei quali attrezzati con piezometri a tubo aperto o Casagrande, prove di laboratorio geotecnico su campioni di terreno rimaneggiato e indisturbato, prove in sito (prevalentemente SPT, Lugeon e Lefranc), tomografie elettriche a supporto della ricostruzione stratigrafica fra coppie di sondaggi e indagini geofisiche tipo Masw per la determinazione della velocità delle onde di taglio ai fini dell'individuazione della categoria di suolo di fondazione.
Dal punto di vista geologico il by pass del Rio Noce ricade nel foglio 213 Genova della Carta Geologica in scala 1:50.000 di cui uno stralcio, con buona congruenza con la documentazione del PAI e del PUC, è riportato in figura seguente.

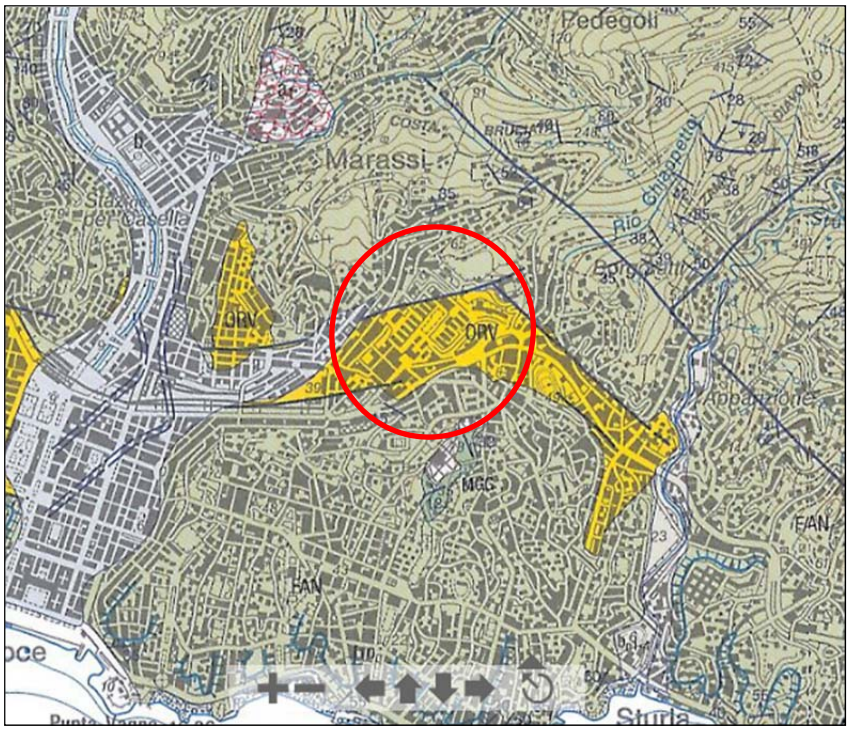

FIGURA 4.1 – STRALCIO CARTA GEOLOGICA 1:50.000 FOGLIO 213 GENOVA

In un contesto di diffuso affioramento della Formazione del Flysch di Monte Antola un sistema di faglie, con orientazione circa NE-SW e NW-SE, disegna una struttura tettonicamente ribassata (graben) all'interno della quale una successiva ingressione marina ha portato alla deposizione della Formazione delle Argille di Ortovero.

Il Flysch di Monte Antola (Campaniano superiore) è la formazione che affiora più estesamente nell'ambito del bacino del torrente Bisagno. Dal punto di vista deposizionale è rappresentato da una sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies probabilmente distale lungo superfici di fondale inclinate ed instabili. La sequenza litologica tipo è costituita da alternanze eteropiche di calcari e calcari marnosi, calcari arenacei fini, marne calcaree, livelli di argilliti emipelagiche talora scistose e, più raramente, strati a base arenacea (fotografie seguenti). Un ampio affioramento dell'Antola è osservabile alle spalle del supermercato COOP, poco oltre Largo Europa.

FIGURA 4.2 – FLYSH DI MONTE ANTOLA FOTOGRAFATO IN CORSO EUROPA (SX) E VIA BERGHINI (DX)

L'ordine di grandezza delle differenti litofacies in ambito cittadino vede una netta prevalenza della componente calcarea, calcareo marnosa o marnoso calcarea (70-80)%, limitati calcari arenacei (10 - 15%) ed argilliti complessivamente inferiori al 10% (Limoncelli e Marini, 1969 – Marini, 1981 e 2003).

I livelli calcarei e calcareo-marnosi si presentano in strati e banchi aventi spessori da submetrici a plurimetrici (spessore medio 1,0-1,50 m), generalmente compatti, mediamente fratturati esternamente alle zone di maggior disturbo tettonico. Gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico ed un elevato grado di alterazione.

Le Argille di Ortovero (Pliocene inferiore) sono un deposito marino costituito da prevalenti marne, argille marnose sovraconsolidate e molto consistenti o dure, siltiti ed arenarie fini; il colore prevalente quando non alterate è grigio o grigio azzurro. Più raramente si registra la presenza di sottili livelli di ghiaie o sabbie a giacitura lentiforme. Alla base della Formazione e al contatto con il Flysch dell'Antola alcuni sondaggi eseguiti hanno rilevato la presenza di livelli ghiaiosi e conglomeratici il cui spessore varia da pochi centimetri a qualche metro.

Le Argille di Ortovero affiorano in lembi isolati lungo la costa ligure tra Albenga e il levante genovese dove occupano una fascia, di larghezza variabile (massimo circa 1 km), disposta grosso modo est – ovest tra il centro città e Sturla. Difficilmente riscontrabili in affioramento in quanto confinate in aree densamente urbanizzate, e/o ricoperte da materiale detritico, alluvionale o di riporto, hanno colmato fosse tettoniche neogeniche (graben) delimitate da faglie sub parallele alla costa per larghezze e spessori molto variabili.

Con riferimento all'area d'interesse progettuale sono cartografate all'interno del graben di Terralba (localmente identificato anche come graben di San Martino) delimitate da fa-

glie dirette sub parallele alla costa, soggiacenti coperture colluviali o materiale di riporto di spessore variabile . Un affioramento può essere osservato in corrispondenza degli scavi dell'autosilo interrato di Largo Benzi.

Le indagini eseguite hanno messo in luce la diffusa presenza di materiale di riporto posto in opera per spianare e regolarizzare le superficie preliminarmente all'espansione del tessuto urbano. Litologicamente è rappresentato da una matrice limoso argillosa (probabilmente ed in buona parte derivante dalle Argille di Ortovero) inglobante una quantità variabile di ghiaia e sabbia con anche possibili clasti eterogenei. Viene generalmente riconosciuto per la presenza di elementi antropici quali cocci, elementi di laterizio, chiodi metallici e pezzi di calcestruzzo.

Dal punto di vista idrogeologico le permeabilità dei terreni è stata dedotta attraverso i risultati delle prove Lefranc in materiali sciolti e Lugeon in roccia. In tal senso il riporto mostra una permeabilità variabile in funzione della locale natura granulometrica; valori medi nell'ordine di k = 1x10-7 – 1x10-4 m/s, con punte fino a 1x10-8 m/s, confermano la presenza di uno scheletro solido ghiaioso – sabbioso. Le Argille di Ortovero sono sostanzialmente impermeabili con valori di k variabili fra 1x10-7 – 1x10-10 m/s. Infine per il Flysch di Monte Antola le prove forniscono valori di k stimati fra 1x10-7 e 5x10-7 (m/s).

I livelli piezometrici letti nell'ambito degli strumenti installati durante la campagna geognostica del 2016 si collocano qualche metro sopra o sotto il tetto del Flysch di Monte Antola; le misure disponibili evidenziano una falda contenuta all'interno del substrato flyschiode, che la trasmette anche ai depositi soprastanti, specie le Argille di Ortovero che colmano il graben tettonico sviluppatosi all'interno del flysch stesso.

Al di la di quello che risulta dalla cartografia geologica l'assetto stratigrafico, dedotto dall'insieme delle indagini geognostiche disponibili, risulta molto eterogeneo ed articolato. In sintesi le opere ricadono all'interno di un graben impostato nel Flysch di Monte Antola successivamente riempito dalle Argille di Ortovero. La successione stratigrafica si chiude con spessori da metrici a decametrici di materiale di riporto posti in opera a partire dalla fine del 1800.

L'assetto strutturale sopra descritto comporta, per effetto di superfici di passaggio fra i singoli termini litologici molto irregolari, influenzate da elementi stratigrafici e tettonici, una spiccata variabilità laterale e verticale anche su distanze modeste.

Dal punto di vista geomorfologico il bacino del Rio Noce è stato per lungo tempo uno dei meno conosciuti fra i rivi genovesi in quanto il suo percorso, e quello dei tributari, è quasi interamente tombato. La necessità di approfondimenti e studi si palesò in maniera prepotente nel 1977, quando un cedimento della struttura scatolare provoco rilevanti danni agli edifici universitari.

Originariamente il corso d'acqua era impostato su versanti con pendenza medio elevata nel settore settentrionale, dove affiorano i più competenti calcari di Monte Antola, e più dolci nel settore centrale e meridionale dove affiorano i depositi teneri ed erodibili delle Argille di Ortovero. Dal confronto tra le cartografie attuali e quelle di fine '800 si evince come il bacino del Noce abbia totalmente perso la forma originaria, evento questo in buona parte imputabile alla costruzione del complesso ospedaliero di S Martino e degli edifici universitari a lato di Viale Benedetto XV. I lavori, iniziati prima della Grande Guerra (1907) e sviluppati lungo tutto il novecento (gli ultimi padiglioni sono degli anni '80) hanno obliterato la forma valliva naturale con importanti riempimenti che hanno interessato anche i tributari laterali. In particolare la valle del Rio Noce venne tombata e colmata, probabilmente utilizzando materiale proveniente dagli scavi dei padiglioni ospedalieri stessi (quindi prevalentemente Argille di Ortovero) per spessori che raggiunsero i 14 m nella parte inferiore di Largo Benzi e 20 m lungo l'attuale asse di Corso Europa e giardini Reale, come peraltro confermato dalle indagini eseguite nel 2016.
Realizzati sulla nuova morfologia gli edifici universitari presentano piani seminterrati che mantengono la quota a livelli ribassati rispetto la viabilità circostante. La grande colmata, risalente ai primi del novecento, termina ad ovest con una scarpata che, percorsa da una viabilità pedonale, scende al piano ferroviario di Terralba, al tempo esistente e punto fermo topografico. Ad oggi solo la parte sommitale del Rio Noce è visibile, nei pressi del piazzale del civico 3 di Via Razeto, dove appare un alveo largo solo 60 cm compreso tra due muri.
Il documento che meglio permette di apprezzare la spiccata variabilità stratigrafica attesa, individuando i terreni previsti in corrispondenza della galleria, dei pozzi di lancio e recupero della fresa e dell'opera di intercettazione, è il profilo geologico. La galleria si sviluppa nel Flysch di Monte Antola passando più volte, tramite contatti laterali, alle Argille di Ortovero. Localmente viene interessato anche il materiale di riporto.
Il pozzo P2 sarà scavato nei materiali di riporto; il pozzo P1 si sviluppa per circa 18 m in materiale di riporto arrivando a lambire il tetto del substrato flyschiode dopo aver attraversato una sottile coltre di Argille di Ortovero; il pozzetto P4 sarà interamente scavato nelle stesse Argille di Ortovero mentre il pozzo P3 è previsto in materiale di riporto per la prima parte e successivamente in roccia.
I lavori di scavo della galleria si pongono in prossimità del tetto, e per un modesto tratto appena al di sotto, della piezometrica. Il fondo scavo dei pozzi si porterà al di sotto della piezometrica interessando le Argille di Ortovero (pozzi 1 e 4) il Flysch di Monte Antola (pozzo 3) o il riporto (pozzo 2) tutti materiali caratterizzati da una permeabilità modesta.

5. LE OPERE DEL BY PASS DEL RIO NOCE

L'intervento prevede la realizzazione del by pass del rio Noce tramite l'utilizzo del microtunnelling; esso è caratterizzato da uno sviluppo complessivo pari a circa 330 m, di cui 315 m nel tratto compreso tra il pozzo 1 ed il pozzo 3 e 15 m nel tratto che sottopassa Viale Benedetto XV verso il pozzo Carena. Nel primo tratto, i primi 130 m circa sono in rettilineo mentre i restanti 185 m circa sono caratterizzati da un raggio di curvatura di 250 m. Il tracciato è stato definito in modo da non passare mai al di sotto degli edifici esistenti che si affacciano lungo Viale Benedetto XV e Via Salita Superiore della Noce. Le coperture dal piano campagna all'asse della galleria variano da un minimo di 10 m ad un massimo di 15 m, pertanto il rapporto tra la copertura ed il diametro di scavo è compreso tra 3 e 5. Il tracciato risulta essere in curva solo sul piano orizzontale, non sono presenti curve sul piano verticale. L'adozione di una livelletta in curva deriva da una ottimizzazione del tracciato iniziale presente nel progetto definitivo del 2006, che era composto da due tratti rettilinei con cambio di direzione in corrispondenza dell'incrocio tra Viale Benedetto XV e Via Pastore, dove era previsto di realizzare un pozzo all'interno dei giardini dell'Istituto di Igiene per il riposizionamento della MTBM (Micro Tunnel Boring Machine). In merito al suddetto pozzo si è quindi eseguita una analisi degli spazi disponibili, della interferenza del cantiere con la viabilità e con i numerosi impianti presenti nell'area, concludendo che il pozzo era al limite della fattibilità. Si è quindi optato di eliminarlo adottando un tracciato in curva con i conseguenti benefici di ridurre sia l'interferenza del cantiere con le attività di superficie che il costo complessivo delle opere.
Il rivestimento del microtunnel sarà costituito da tubi in cls armato prefabbricati aventi lunghezza complessiva di 2.5 m ovvero comprensiva del collare metallico, al fine di evitare l'onere ed i costi di un trasporto eccezionale in ambiente urbano. Il diametro interno è di 2.5 m, mentre il diametro esterno è di 3.0 m per uno spessore di 0.25 m.
Lo scavo con il microtunnel verrà realizzato a partire dal pozzo 1, ubicato presso i Giardini Balduzzi, dapprima verso l'esistente pozzo Carena fino ai Giardini M. Reale, sottopassando ortogonalmente Viale Benedetto XV. Successivamente la MTBM verrà trasportata nuovamente al pozzo 1 per essere rilanciata in modo da procedere al di sotto di Viale Benedetto XV e di Via Salita Superiore della Noce fino al pozzo 3 di recupero finale della MTBM.
Oltre ai pozzi 1 e 3 appena citati, completano l'opera il pozzo di intercettazione, il pozzo 2 ed il pozzetto 4.

Il pozzo di intercettazione, ubicato in Via Salita Superiore del Noce, rappresenta l'opera con la quale viene captato il rio Noce e tramite la quale le portate vengono suddivise tra il nuovo by pass ed il condotto esistente.
Il pozzo 2 è ubicato in corrispondenza del parcheggio del condominio civico n. 2 in Via Salita Superiore del Noce e viene realizzato per intercettare le acque del rio S. Martino, provenienti dall'area dell'omonimo ospedale posto a monte e convogliarle all'interno del nuovo by pass.
Il pozzetto 4 è invece ubicato in corrispondenza dei giardini dell'Istituto di Igiene e serve per intercettare le acque bianche del condotto Ø400 proveniente dal Polo Chirurgico dell'ospedale e del condotto Ø600 che raccoglie le acque dell'area universitaria a valle di Viale Benedetto XV. Tale pozzetto è poi collegato con un condotto verticale al nuovo condotto del by pass realizzato con il microtunnelling, in modo far confluire in questo tali acque.

5.1. Pozzo P1

Il Pozzo P1 è ubicato in corrispondenza dei Giardini Balduzzi e costituisce il pozzo da cui viene lanciato lo scavo con microtunnelling sia del tratto con sviluppo di circa 320 m che, correndo inizialmente in parallelo a Viale Benedetto XV e poi piegando in destra con curva di raggio planimetrico R = 250 m, raggiunge il pozzo di uscita (Pozzo P3) in Via Salita Superiore del Noce, che del tratto con sviluppo di circa 16 m che sottopassa Viale Benedetto XV e quindi, tramite apposito manufatto scatolare realizzato in opera, raggiunge il Pozzo Carena.
In corrispondenza del Pozzo P1 i due tratti di condotta in microtunnelling risultano tra loro ortogonali e per questo motivo il Pozzo P1, dovendo ospitare gli allestimenti necessari per il lancio della fresa del microtunnelling, presenta sagoma in pianta a T rovesciata, con lato di lunghezza 12.40 m. La sua profondità rispetto al piano campagna risulta invece di quasi 20 m (fondo scavo a q.ta +29.00 m slm).
Per la realizzazione del pozzo si procede dapprima all'esecuzione di una serie di micropali posti a delimitazione del suo perimetro esterno ed aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro: D = 0.30 m;
- Interasse: i = 0.35 m;
- Lunghezza: L = 22 m (da -1.00 m a -23.00 m rispetto a P.C.);
- Armatura: tubi in acciaio DN = 219.1 mm e spessore SP = 12.5 mm.

I micropali sono collegati in testa da una trave di coronamento in C.A. di dimensioni B × H = 1.00 m × 0.50 m.
Ultimati i micropali e la trave, si procede allo scavo del pozzo per fasi successive; al termine di ogni fase intermedia di scavo viene posizionato il corrispondente telaio di contrasto costituito da profilati in acciaio tipo HEA400 (a q.ta -4.00 m, -6.00 m, -8.00 m, -10.00 m e -15.50 da P.C.) e HEM 400 (solo a q.ta -11.50 da P.C.), avente la funzione sia di collegamento dei micropali e quindi di collaborazione alla resistenza nei confronti delle spinte del terreno, sia di irrigidimento della cameretta di spinta avente una geometria irregolare, funzionanti da "puntoni".
Contemporaneamente all'avanzamento dello scavo si provvede alla regolarizzazione delle pareti dei micropali mediante la posa di uno strato di 10 cm di betoncino spruzzato.
Raggiunto il fondo scavo a -19.80 da P.C. (q.ta +29.00 m slm) si procede:

- alla posa del magrone di sottofondazione;
- alla posa delle armature del solettone di fondazione (spessore 1.00 m) ed all'esecuzione del relativo getto di calcestruzzo.

Raggiunta la maturazione del calcestruzzo del solettone di fondo si procede alla rimozione del telaio di contrasto più profondo (a q.ta -15.50 da P.C.), alla posa delle armature e delle casseforme delle pareti perimetrali del pozzo (muri reggispinta di spessore 1.00 m, muri di intestazione di spessore 0.70 m e muri di collegamento di spessore 0.50 m) e quindi al successivo getto di calcestruzzo.
Nel pozzo con questo grado di finitura vengono installate le attrezzature di spinta, di perforazione e di alimentazione e recupero idraulico dello smarino; il pozzo viene lasciato in tale configurazione fino al completamento del microtunneling nelle due direzioni.
Ultimate le operazioni di spinta dei due tratti di microtunneling e recuperata la fresa dai pozzi dedicati, tutti gli impianti posti all'interno del pozzo P1 vengono rimossi e si procede con la realizzazione della struttura definitiva, interamente realizzata in opera.
Tale struttura presenta pianta a sezione rettangolare di dimensioni interne B × L = 5.00 m × 9.80 m ed altezza interna H = 7.40 m.
Le tre pareti perimetrali accostate alle pareti perimetrali del pozzo già realizzate (muro reggispinta e muri di invito) svolgono essenzialmente la funzione di controparete di finitura e presentano quindi spessore di 0.30 m, mentre la quarta, rivolta verso la parte di pozzo di cui è previsto il riempimento fino all'estradosso del solettone di fondo, presenta spessore di 0.50 m.
La struttura definitiva risulta chiusa superiormente da una soletta di copertura avente quota di estradosso posta circa 10.50 m sotto il piano campagna e spessore 0.70 m, mentre l'accessibilità al pozzo (sia per le persone che per il calaggio dei materiali) è garantito da

un torrino di sezione interna netta pari a 3.00 m × 3.00 m, con pareti di spessore 0.30 m e chiuso superiormente da una piastra prefabbricata in C.A. rimovibile in caso di necessità e dotata di un foro per passo d'uomo coperto da un chiusino carrabile in ghisa (classe C250) di dimensioni 0.90 m × 0.90 m.

Il rinterro al di sopra delle strutture sino al piano campagna viene realizzato in misto stabilizzato onde evitare sensibili assestamenti nel tempo.

Nelle figure seguenti si riportano pianta e sezione degli interventi in oggetto.

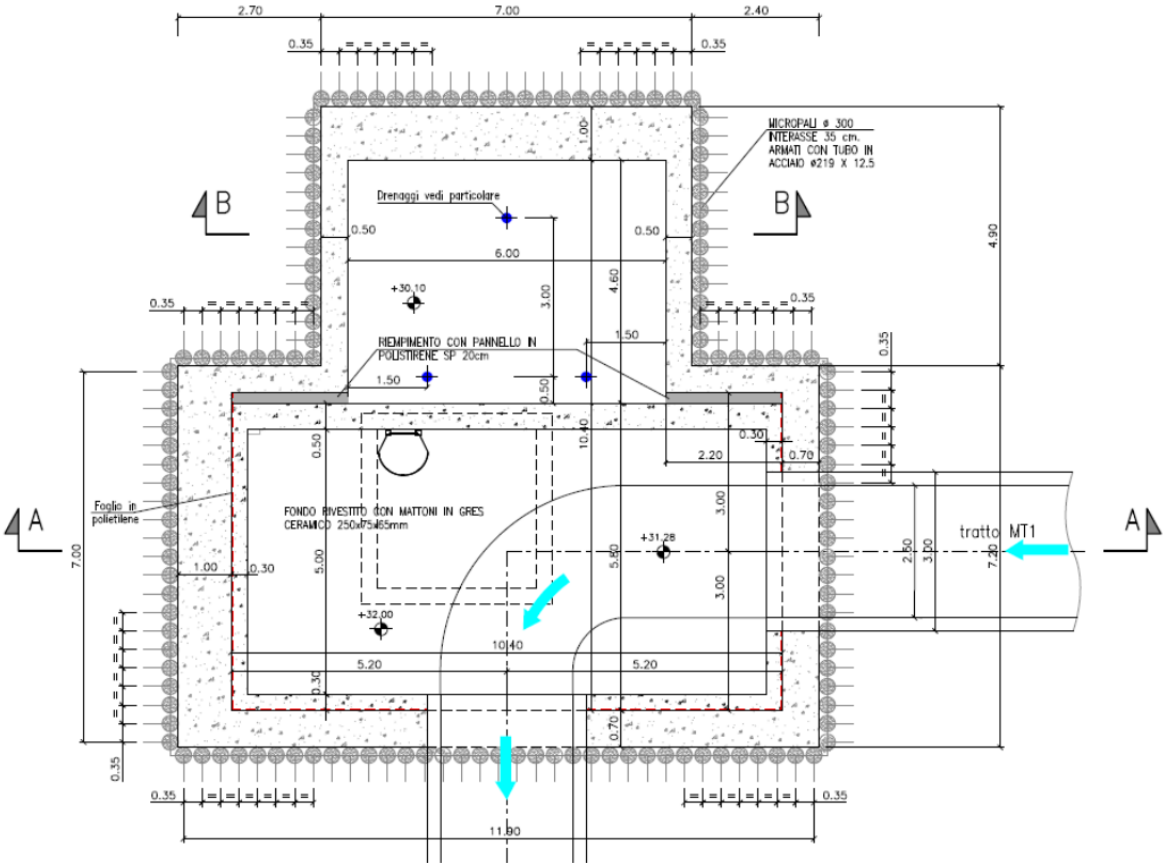

FIGURA 5.1 – POZZO P1 - PIANTA

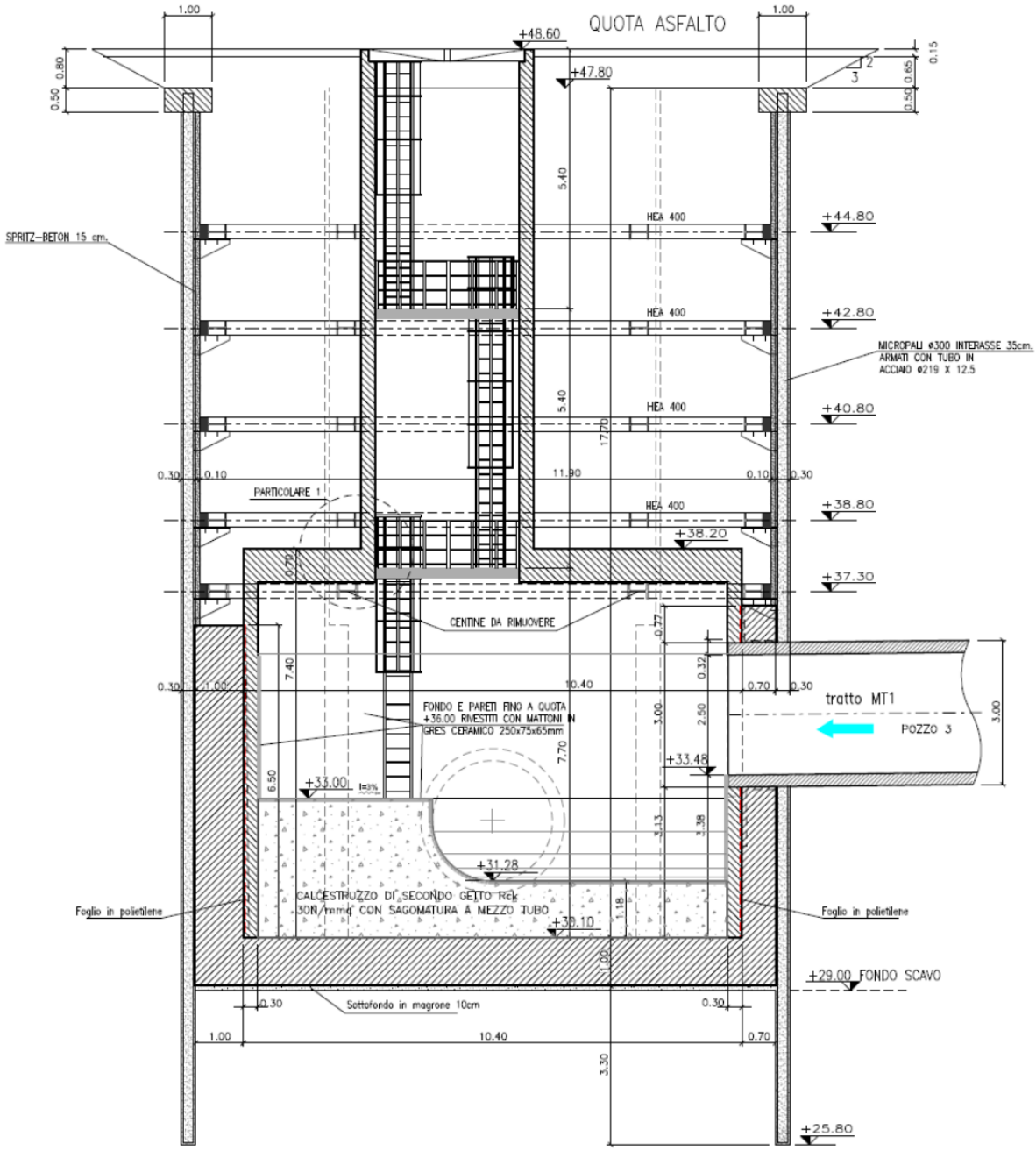

FIGURA 5.2 – POZZO P1 - SEZIONE

5.2. Pozzo P2

Il pozzo P2, necessario per permettere l'intercettazione dell'esistente collettore di acque bianche uscente dalla valletta di ponente dell'Ospedale San Martino, è ubicato lungo lo sviluppo del tratto di microtunneling compreso tra il pozzo di lancio (Pozzo P1) ed il

pozzo di uscita (Pozzo P3) in Via Salita Superiore del Noce intorno alla progressiva 0+280.

Esso presenta pianta di forma rettangolare di dimensioni nette interne B × L = 6.50 m × 5.50 m ed ha una profondità rispetto al piano campagna di 20.00 m (fondo scavo a q.ta +34.50 m slm).

Per la realizzazione del pozzo si procede dapprima all'esecuzione di una serie di micropali posti a delimitazione del suo perimetro esterno ed aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro: D = 0.30 m;
- Interasse: i = 0.35 m;
- Lunghezza: L = 28 m (da -0.70 m a -28.70 m rispetto a P.C.);
- Armatura: tubi in acciaio DN = 219.1 mm e spessore SP = 16 mm.

I micropali sono collegati in testa da una trave di coronamento in C.A. di dimensioni B × H = 1.00 m × 0.50 m.

Ultimati i micropali e la trave, si procede allo scavo del pozzo per fasi successive; al termine di ogni fase intermedia di scavo viene posizionato il corrispondente telaio di contrasto costituito da profilati in acciaio tipo HEA 400 (a q.ta -2.00 m, -5.00 m e -8.00 m da P.C.) e acciaio tipo HEM 400 (a q.ta -11.00 m, -14.00 m e -17.00 m da P.C.) avente la funzione sia di collegamento dei micro-pali e quindi di collaborazione alla resistenza nei confronti delle spinte del terreno, sia di irrigidimento del pozzo e funzionanti quindi da "puntoni". Il tutto mantenendo in esercizio il deflusso nella condotta esistente.

Contemporaneamente all'avanzamento dello scavo si provvede alla regolarizzazione delle pareti dei micropali mediante la posa di uno strato di 10 cm di betoncino spruzzato.

Raggiunto il fondo scavo a -20 m da P.C. (q.ta +34.50 m slm) si procede alla posa del magrone di sottofondazione ed alla realizzazione della soletta di fondo della struttura definitiva (spessore 0.50 m).

Terminata tale attività si procede alla rimozione del telaio di contrasto più profondo (-17.00 m da P.C.) ed al riempimento dello scavo con ghiaia per una altezza tale da permettere il successivo passaggio della fresa del microtunneling.

Nel pozzo, con questo grado di finitura, transiteranno infatti la fresa per il microtunneling e la tubazione prefabbricata. Terminata la spinta del condotto, si procede alla rimozione del materiale di riempimento e quindi, previa rimozione del telaio di contrasto posto a -14.00 m da P.C., alla realizzazione delle pareti perimetrali e della soletta di copertura (tutte di spessore 0.50 m) della struttura definitiva che presenta pianta a sezione rettangolare di dimensioni interne B × L = 5.00 m × 4.00 m ed altezza interna H = 7.40 m.

L'accessibilità al pozzo (sia per le persone che per il calaggio dei materiali) è garantito da un torrino di sezione interna netta pari a 2.00 m × 2.00 m, con pareti di spessore 0.25 m coperto superiormente da un chiusino carrabile in ghisa (classe C250) in quattro elementi. Il rinterro al di sopra delle strutture sino al piano campagna viene realizzato in misto stabilizzato onde evitare sensibili assestamenti nel tempo.
Nelle figure seguenti si riportano pianta e sezione degli interventi in oggetto.

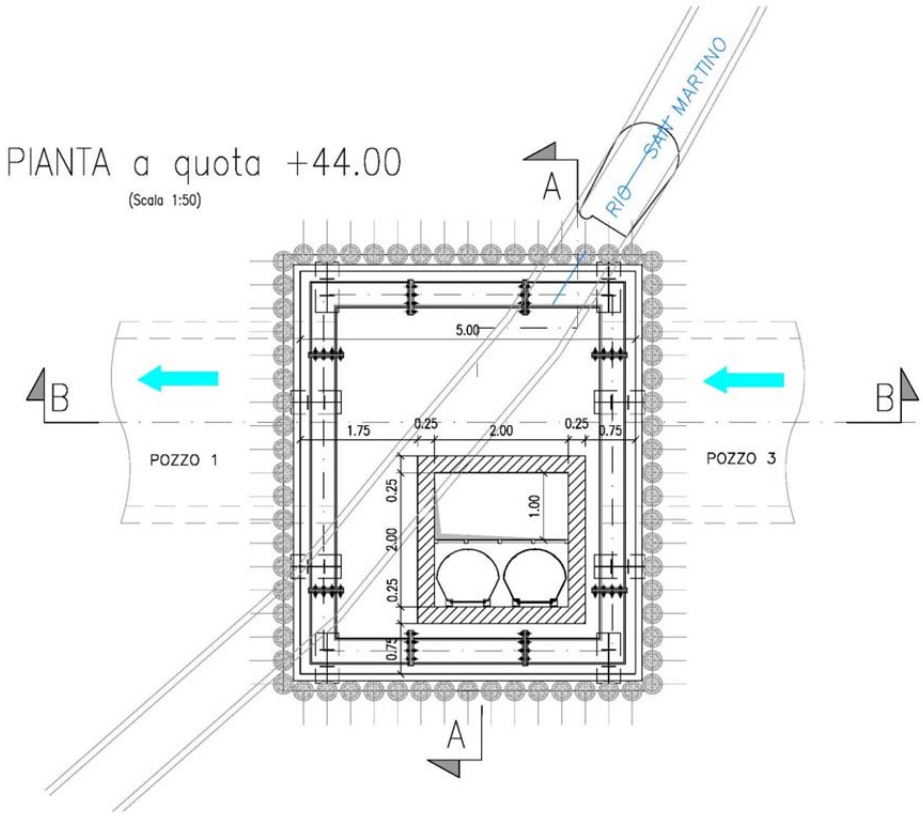

FIGURA 5.3 – POZZO P2 - PIANTA

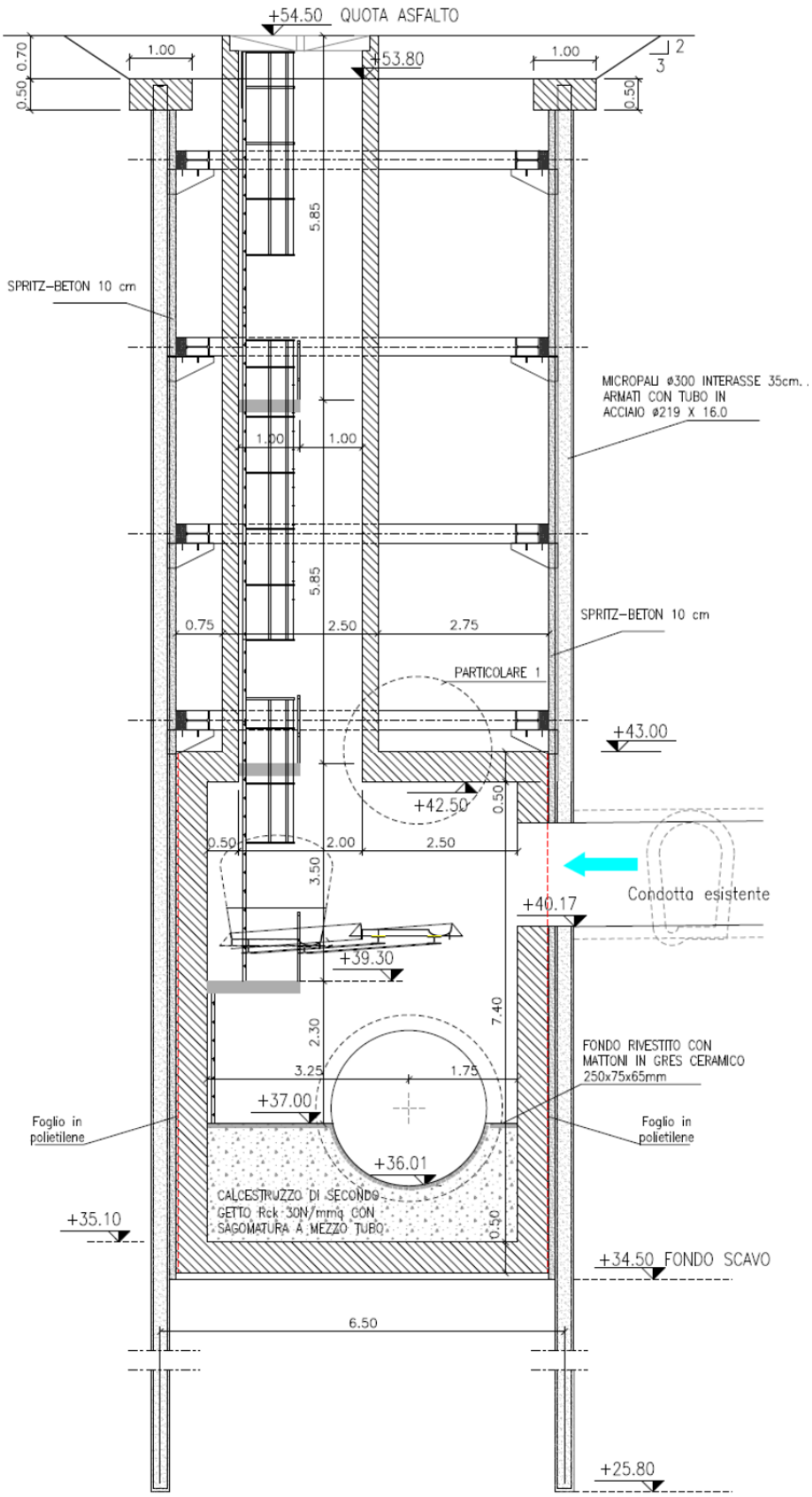

FIGURA 5.4 – POZZO P2 – SEZIONE A-A

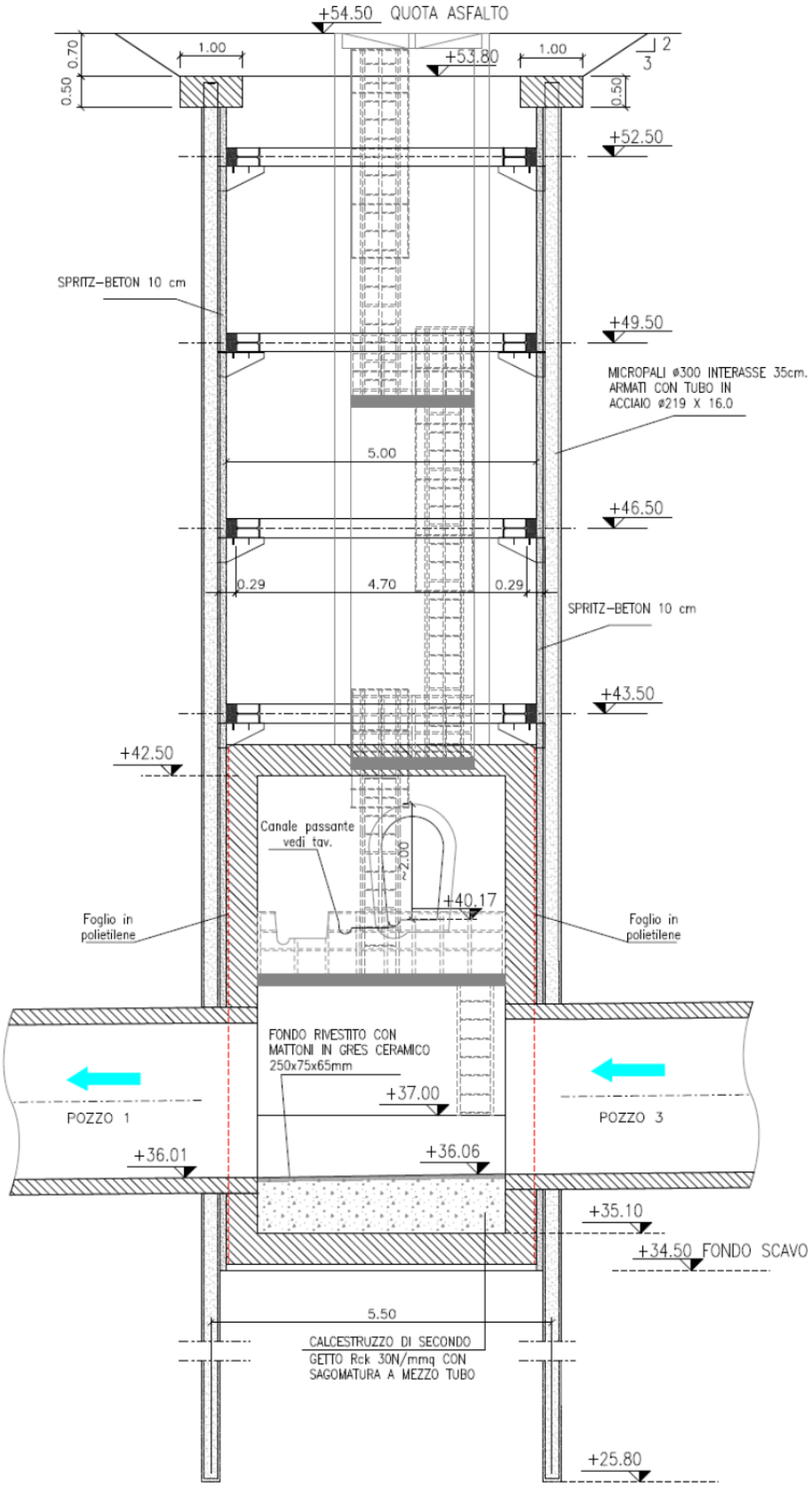

FIGURA 5.5 – POZZO P2 – SEZIONE B-B

5.3. Pozzo P3 e pozzo di intercettazione del rio Noce

Per consentire in ogni momento il mantenimento della circolazione stradale in Via in Salita Superiore del Noce, l'esecuzione delle paratie per la realizzazione delle opere di questo tratto viene divisa in due fasi, con la prima che mantiene la strada nel sedime attuale e permette di eseguire le opere di sostegno sul lato rivolto alla scuola, mentre nella seconda, una volta spostata la strada a ridosso dei fabbricati, si procederà a realizzarle sul lato ospedale. Grazie all'utilizzo di alcuni elementi prefabricati in c.a., la strada potrà essere mantenuta in quest'ultima posizione durante tutta l'esecuzione dei lavori, permettendo lo svolgimento di tutte le lavorazioni previste. Solo a completamento di queste, essa verrà riposizionata nella posizione originaria.

5.3.1. Pozzo P3

Il pozzo P3, pozzo di uscita della tubazione in microtunneling, è ubicato in via Salita Superiore del Noce e presenta pianta di forma rettangolare di dimensioni B × L = 7.00 m × 8.50 m. La sua profondità rispetto al piano campagna è di circa 13 m (fondo scavo a q.ta +35.00 m slm).
Esso svolge anche la funzione di camera di collegamento tra la tubazione realizzata con microtunneling ed il tratto di tubazione prefabbricata posata a cielo aperto nel tratto immediatamente a valle dell'opera di intercettazione.
Per la realizzazione del pozzo si procede dapprima all'esecuzione di una serie di micropali posti a delimitazione del suo perimetro esterno ed aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro: D = 0.30 m;
- Interasse: i = 0.35 m;
- Lunghezza: L = 15 m (da -0.70 m a -15.70 m rispetto a P.C.);
- Armatura: tubi in acciaio DN = 219.1 mm e spessore SP = 12.5 mm.

I micropali, che sotto al fondo scavo risultano intestati per circa 3 m nello strato III (Flysch di Monte Antola) vale a dire in materiale roccioso (calcari marnosi e marne calcaree), sono collegati in testa da una trave di coronamento in C.A. di dimensioni B × H = 1.00 m × 0.50 m.
Ultimati i micropali e la trave di coronamento, si procede allo scavo del pozzo per fasi successive: al termine di ogni fase intermedia di scavo viene posizionato il corrispondente telaio di contrasto costituito da profilati in acciaio tipo HEA 400 (rispettivamente a q.ta -2.00 m, -5.00 m e -8.00 m da P.C.) avente la funzione sia di collegamento dei micropali

e quindi di collaborazione alla resistenza nei confronti delle spinte del terreno, sia di irrigidimento del pozzo e funzionanti quindi da "puntoni".
Contemporaneamente all'avanzamento dello scavo si provvede alla regolarizzazione delle pareti dei micropali mediante la posa di uno strato di 10 cm di betoncino spruzzato.
Raggiunto il fondo scavo a -13.20 m da P.C. (q.ta +35.10 m slm) si procede alla posa del magrone di sottofondazione ed al riempimento dello scavo con ghiaia per una altezza tale da permettere il successivo arrivo della fresa del microtunneling.
Nel pozzo infatti, con questo grado di finitura, arrivano la fresa per il microtunneling e la tubazione prefabbricata.
Rimossa la fresa, si procede alla rimozione del telaio di contrasto posto a -8.00 m da P.C. (q.ta +40.30 m slm) ed alla realizzazione della struttura definitiva che presenta pianta a sezione rettangolare di dimensioni interne B × L = 5.50 m × 7.00 m ed altezza interna H = 9.30 m. La soletta di fondo presenta spessore 0.80 m, mentre le pareti perimetrali e la soletta di copertura presentano spessore di 0.50 m.
L'accessibilità al pozzo è garantito da un torrino di sezione interna netta pari a 2.00 m × 2.00 m, con pareti di spessore 0.25 m coperto superiormente da un chiusino carrabile in ghisa (classe D400) in quattro elementi.
Il rinterro al di sopra delle strutture sino al piano campagna viene realizzato in misto stabilizzato onde evitare sensibili assestamenti nel tempo.
Nelle figure seguenti si riportano pianta e sezione degli interventi in oggetto.

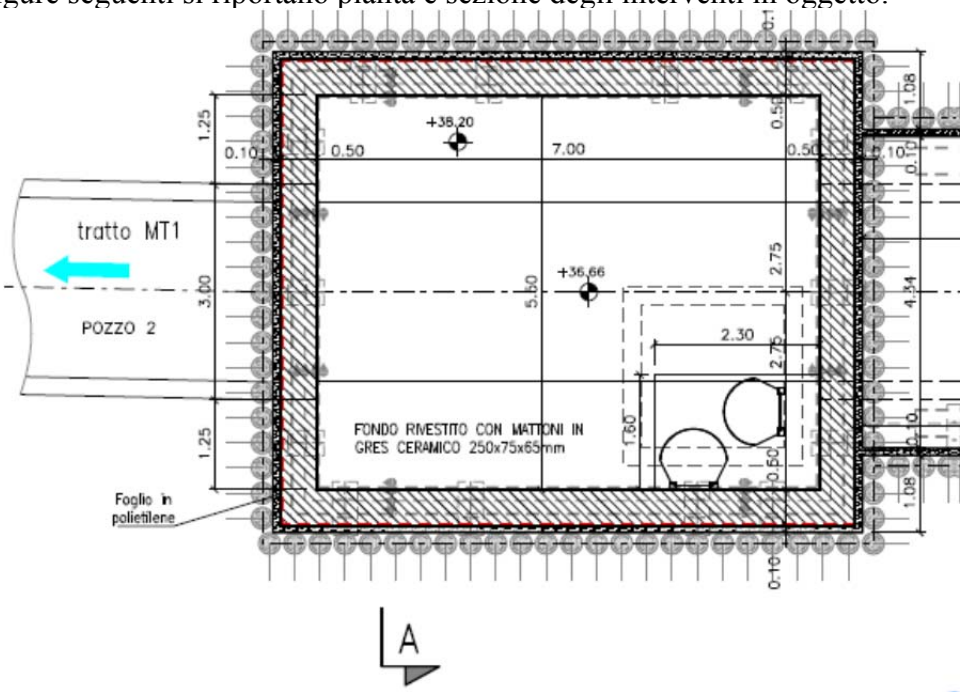

FIGURA 5.6 – POZZO P3 - PIANTA

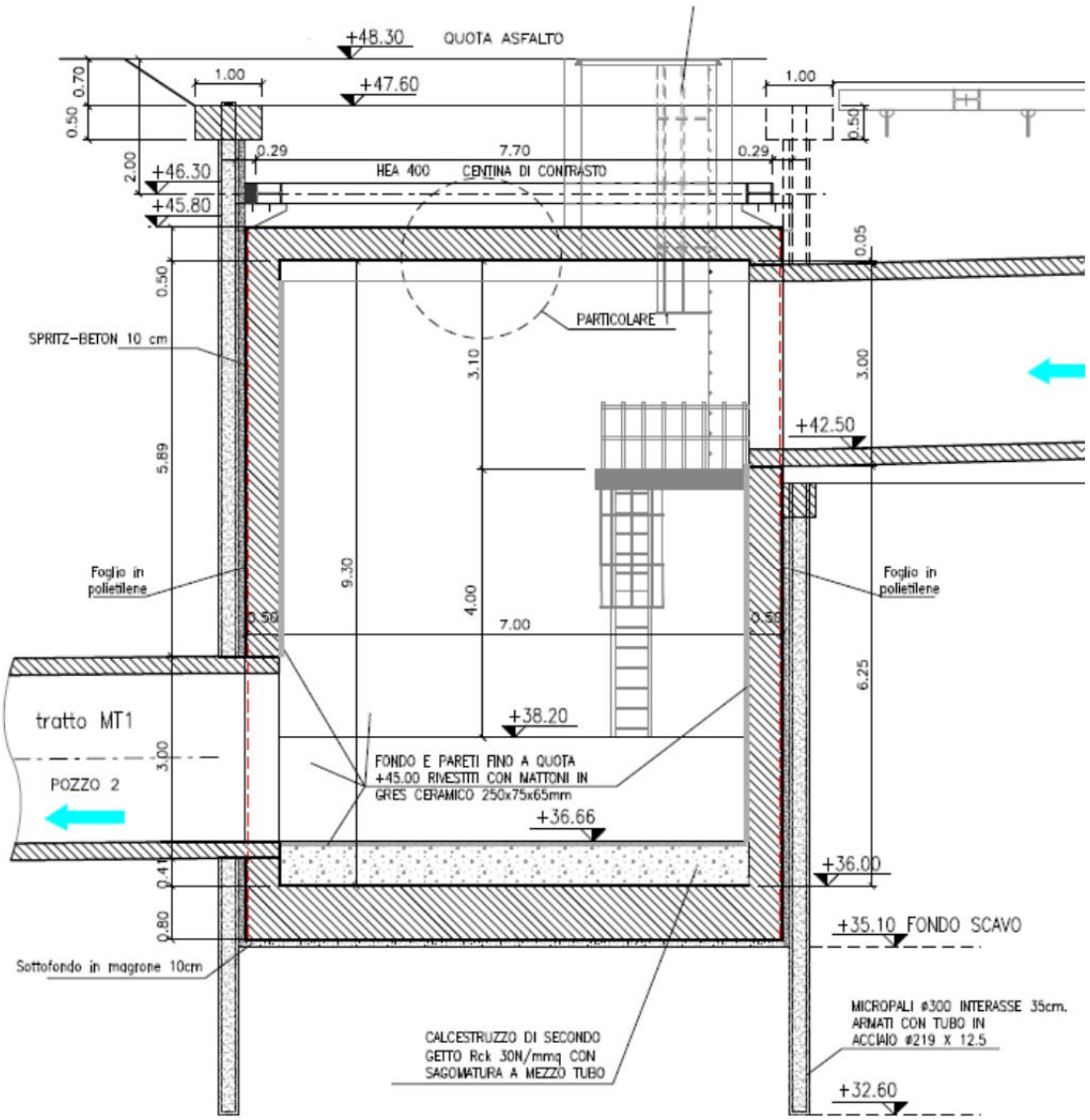

FIGURA 5.7 – POZZO P3 - SEZIONE

5.3.1. Pozzo di intercettazione del Noce

L'intercettazione del condotto interrato all'interno del quale scorre il Rio Noce e la realizzazione del tratto di tubazione prefabbricata posata a cielo aperto che raggiunge il pozzo P3 avviene per mezzo di un'apposita trincea avente impronta irregolare in pianta (larghezza compresa tra un minimo di 4.85 m ed un massimo di 6.45 m per una lunghezza totale di circa 23.50 m) e profondità rispetto al piano campagna variabile da 6.00 m a 6.30 m (fondo scavo a q.ta +42.00 m slm).

Per il sostegno dello scavo si procede dapprima all'esecuzione di una serie di micropali posti a delimitazione del suo perimetro esterno ed aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro: D = 0.30 m;
- Interasse: i = 0.35 m;
- Lunghezza: L = 9 m (da q.ta +47.60 a q.ta +m a -38.60 m slm);
- Armatura: tubi in acciaio DN = 219.1 mm e spessore SP = 12.5 mm.

I micropali, che si prolungano al di sotto del fondo scavo per circa 3.50 m di cui 1.50 m nello strato IIIsup (Flysch di Monte Antola) vale a dire in materiale roccioso (calcari marnosi e marne calcaree), sono collegati in testa da una trave di coronamento in C.A. di dimensioni B × H = 1.00 m × 0.50 m.

Ultimati i micropali e la trave di coronamento, si procede allo scavo del pozzo per fasi successive; al termine della prima fase di scavo vengono posizionati a q.ta +47.70 m slm (-0.60 m da P.C.) i puntoni costituiti da profili in acciaio tipo HEA 400 disposti a passo i = 4.00 m che riscontrano contro travi di ripartizione addossate ai micro-pali costituite anch'esse da profili HEA400. Il tutto mantenendo in esercizio il deflusso nella condotta esistente.

Contemporaneamente all'avanzamento dello scavo si provvede alla regolarizzazione delle pareti dei micropali mediante la posa di uno strato di 10 cm di betoncino spruzzato.

Raggiunto il fondo scavo a q.ta + 42.00 m slm si procede con le successive lavorazioni: nell'area del pozzo di intercettazione si demolisce il tratto di condotto esistente e si procede quindi alla realizzazione della struttura definitiva della cameretta di intercettazione che presenta pianta a sezione rettangolare di dimensioni interne B × L = 4.95 m × 3.80 m ed altezza interna H = 3.20 m. Tutte le membrature (soletta di fondo, pareti perimetrali e soletta di copertura) presentano spessore di 0.50 m, mentre l'accessibilità al pozzo è garantita da un torrino di sezione interna netta pari a 2.00 m × 2.00 m, con pareti di spessore 0.25 m coperto superiormente da un chiusino carrabile in ghisa (classe D400) in quattro elementi.

Nel tratto compreso tra la cameretta di intercettazione ed il pozzo P3 si procede invece con la posa a cielo aperto della tubazione prefabbricata (di caratteristiche geometriche e statiche del tutto equivalenti a quelle della tubazione utilizzata per il microtunneling), previa preparazione del letto di posa e successivo riempimento dell'intercapedine tra tubazione e paratie con calcestruzzo fluido.

Il rinterro al di sopra delle strutture sino al piano campagna viene realizzato in misto stabilizzato onde evitare sensibili assestamenti nel tempo.

Il tratto di tubazione esistente demolito viene invece ripristinato mediante posa di tubazioni prefabbricate autoportanti ovoidali di dimensioni interne B × H = 120 cm × 180 cm.

Nelle figure seguenti si riportano pianta e sezione degli interventi in oggetto.

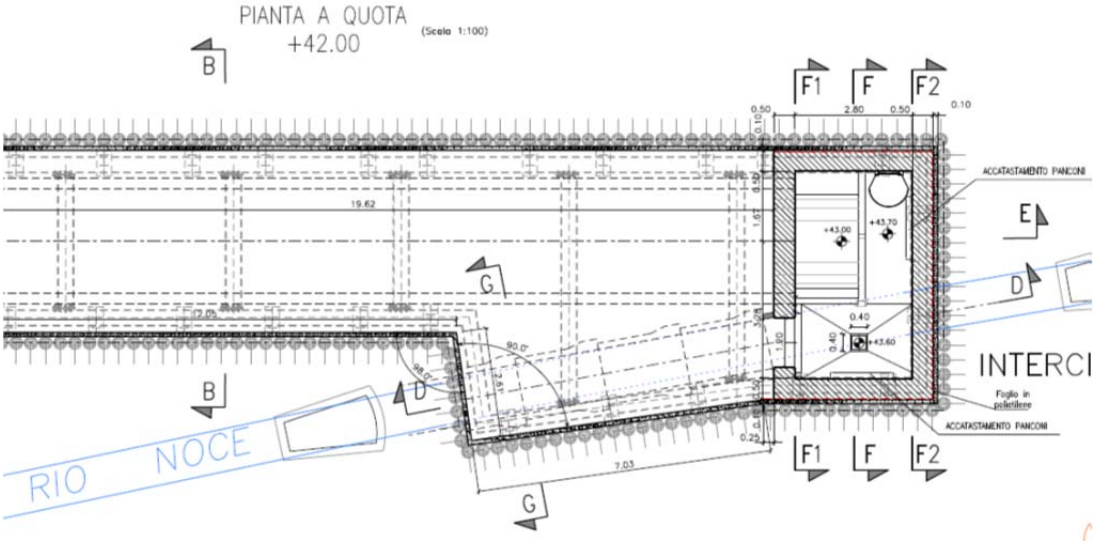

FIGURA 5.8 – POZZO DI INTERCETTAZIONE - PIANTA

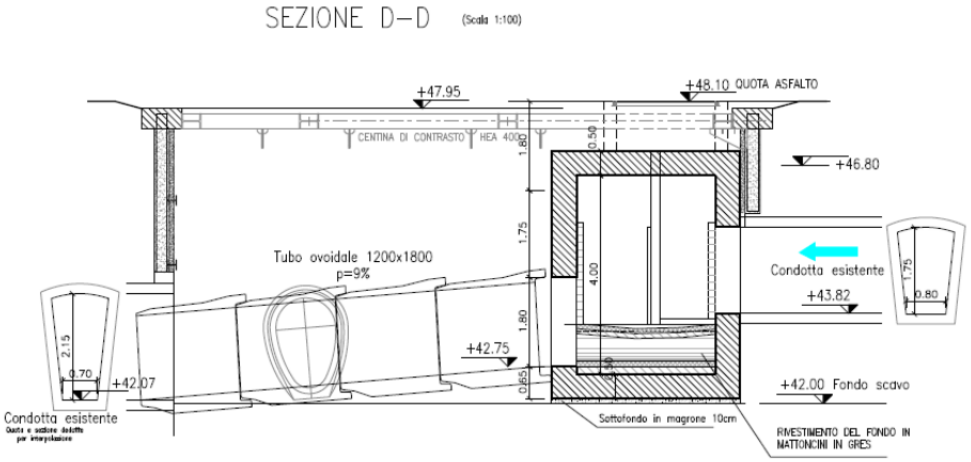

FIGURA 5.9 – POZZO DI INTERCETTAZIONE – SEZIONE D-D

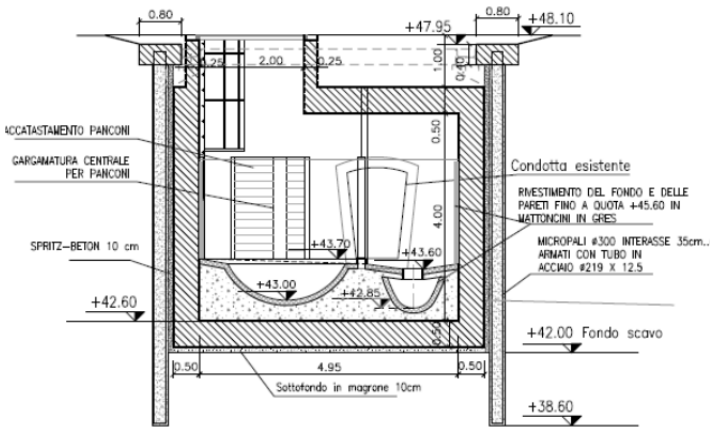

FIGURA 5.10 – POZZO DI INTERCETTAZIONE – SEZIONE F-F

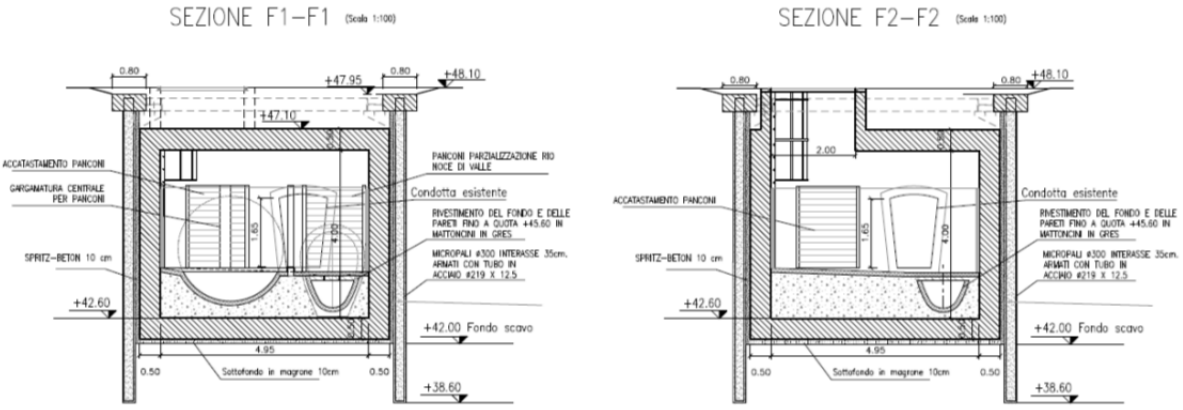

FIGURA 5.11 – POZZO DI INTERCETTAZIONE – SEZIONI F1-F1 E F2-F2

5.4. Pozzetto P4

Il pozzetto P4, necessario per intercettare le acque bianche provenienti dal Polo Chirurgico dell'Ospedale San Martino e dal tratto di valle di Viale Benedetto XVe convogliarle mediante successiva realizzazione di una tubazione verticale in acciaio Ø1219 nel sottostante by-pass, è ubicato lungo lo sviluppo del tratto di micro-tunneling compreso tra il pozzo di lancio (Pozzo P1) ed il pozzo di uscita (Pozzo P3) in Via Salita Superiore del Noce intorno alla progressiva 0+230.

Esso presenta pianta di forma pressoché rettangolare di dimensioni B × L = 3.40 m × 3.10 m ed ha una profondità di 5.50 m. Verrà realizzato in adiacenza al pozzetto esistente, mantenendone e sfruttandone uno dei 4 lati contro cui si chiuderanno le paratie in micropali.

Per il sostegno dello scavo si procede dapprima all'esecuzione di una serie di micropali posti a delimitazione della trincea di scavo ed aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro: D = 0.30 m;
- Interasse: i = 0.35 m;
- Lunghezza: L = 9 m (da q.ta +48.00 a q.ta +m a -39.00 m slm);
- Armatura: tubi in acciaio DN = 177.4 mm e spessore SP = 10 mm.

I micropali vengono realizzati a partire da un piazzale esistente posto a q.ta +48.10 m slm, vale a dire circa 6 m al di sotto del piano stradale circostante (+54.00 m slm), e sono collegati in testa da una trave di coronamento in C.A. di dimensioni B × H = 0.50 m × 0.50 m.

Contestualmente alla realizzazione dei suddetti micropali, si procede alla realizzazione della coronella di micropali posta inferiormente e necessaria per la successiva posa del tubo in acciaio Ø1219 di raccordo alla sottostante condotta in microtunneling. Questi micropali, che raggiungono q-ta +38.30 m slm, vengono realizzati sempre a partire dalla piazzola di lavoro a q.ta +48.10 m slm con attraversamento a vuoto per un tratto di circa 5.30 m.

Ultimati tutti i micropali e la trave di coronamento si procede allo scavo del pozzo in un'unica fase sino a raggiungere il fondo a q.ta +42.50 m slm, il tutto mantenendo in esercizio il deflusso della condotta esistente.

Si provvede quindi alla regolarizzazione delle pareti dei micropali mediante la posa di uno strato di 10 cm di betoncino spruzzato ed alla realizzazione della soletta di fondo del pozzetto definitivo, previa predisposizione di una dima in corrispondenza della posizione del tubo in acciaio Ø1219 di raccordo al microtunneling.

Si procede quindi allo scavo all'interno della coronella di micropali per fasi successive (approfondimento per ciascuna fase pari a 1.00 m) ed al contestuale inserimento del tubo in acciaio Ø1219 fino a raggiungere l'estradosso del microtunneling.

Completato l'innesto si procede alla realizzazione del pozzetto definitivo che presenta pianta a sezione rettangolare di dimensioni interne B × L = 2.30 m × 2.00 m ed altezza interna H = 4.70 m; la soletta di fondo presenta spessore 0.40 m, mentre pareti e soletta di copertura hanno spessore 0.30 m.

L'accessibilità al pozzetto è garantita da un passo d'uomo di dimensioni 0.90 m × 0.90 m, completato da un chiusino carrabile in ghisa (classe C250).

Nelle figure seguenti si riportano pianta e sezione degli interventi in oggetto.

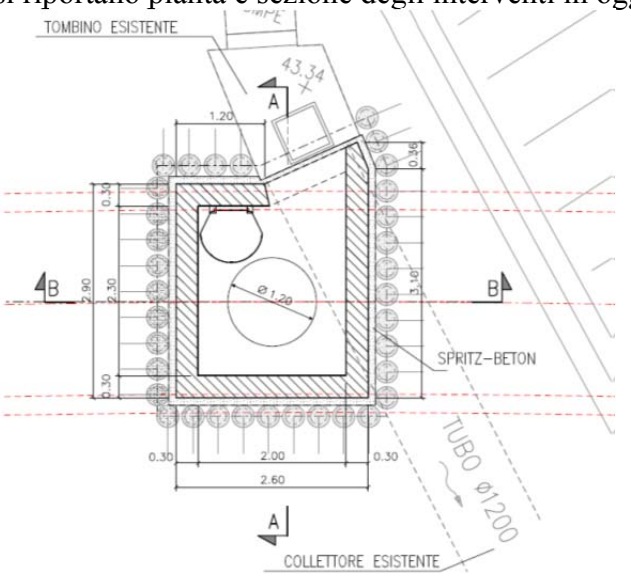

FIGURA 5.12 – POZZETTO P4 - PIANTA

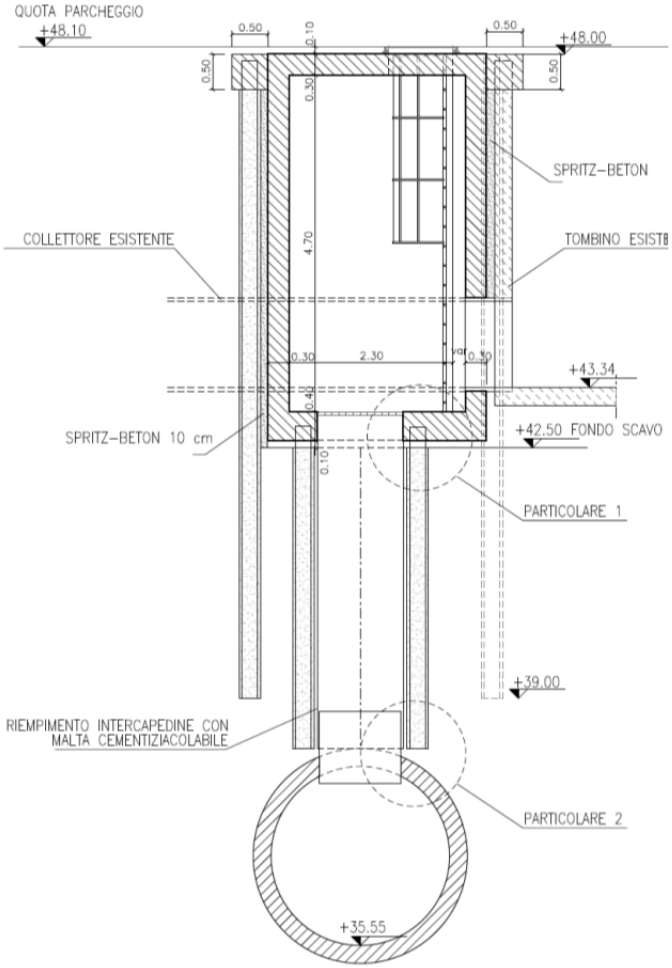

FIGURA 5.13 – POZZETTO P4 – SEZIONE

5.5. Il microtunnelling

La tecnica del microtunneling consiste nel far avanzare a spinta delle tubazioni rigide tra il pozzo di spinta ed il pozzo di arrivo all'interno di una micro galleria, che è realizzata con scavo a piena sezione tramite fresa MTBM (Micro Tunnel Boring Machine). La Figura 5.14 riporta uno schema del cantiere tipo in microtunneling, con le principali strumentazioni:

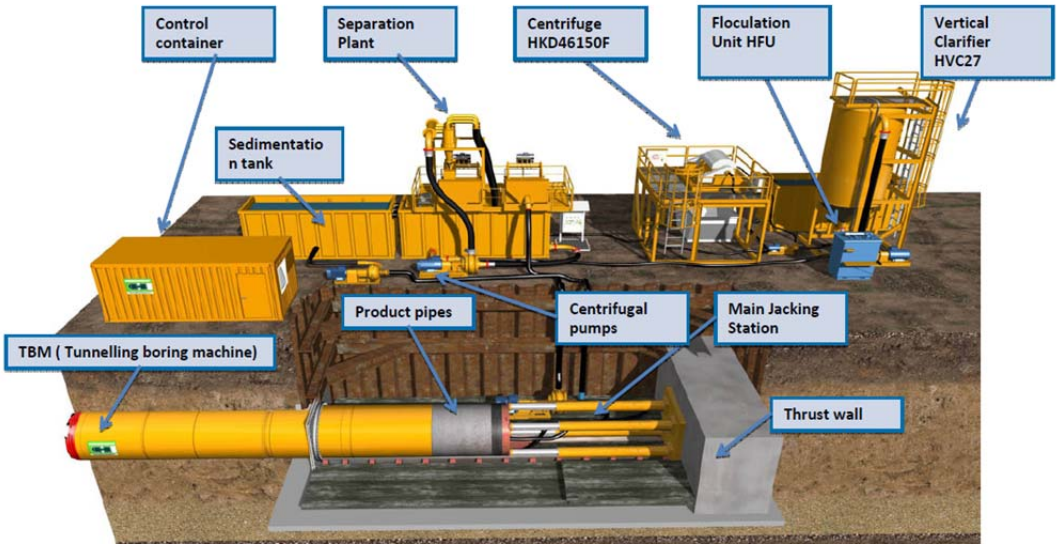

FIGURA 5.14 - SCHEMA DI CANTIERE DI MICROTUNNELING (DA HERRENKNECHT WEBSITE)

I tubi sono calati all'interno del pozzo di spinta, dove sono alloggiati su di una slitta che ne consente la spinta ad opera del sistema principale di spinta, costituito da un anello metallico di pari diametro delle tubazioni e dai pistoni di spinta. La reazione è data dal muro di spinta, dove sono ancorati i pistoni di spinta.

Il muro di ingresso della MTBM è di fatto una dima ed è caratterizzata dalla presenza di un anello metallico con guarnizione in gomma che evita la fuoriuscita del fluido bentonitico iniettato a tergo dei conci, si veda Figura 5.15.

FIGURA 5.15 - IMMAGINE DI UNA STAZIONE INTERMEDIA DI SPINTA (DA HERRENKNECHT WEBSITE)

L'azione del sistema principale di spinta è coadiuvata da delle stazioni di spinta intermedie, che vengono inserite all'interno del tracciato tra un tubo e l'altro. Queste stazioni sono costituite da un anello metallico sul quale sono montati i martinetti di spinta, si veda Figura 5.16, che alla fine dello scavo vengono smontati per poter essere utilizzati in altri pro-getti.

FIGURA 5.16 - IMMAGINE DI UNA STAZIONE INTERMEDIA DI SPINTA (DA HERRENKNECHT WEBSITE)

La MTBM che si è deciso di adottare ha uno scudo chiuso con sistema idraulico di scavo e di evacuazione dello smarino ("slurry shield").
La tecnica del microtunneling prevede che la MTBM sia guidata dall'esterno tramite un sistema computerizzato, che ne controlla la traiettoria con sistema laser. Le correzioni della traiettoria vengono realizzate agendo su dei martinetti idraulici, azionabili singolarmente, che agiscono sulla testa fresante.
Il fluido bentonitico di perforazione viene iniettato nella camera di scavo, al fine di sostenere il fronte con una adeguata pressione in rapporto allo stato tensionale esistente.
Una volta nella camera di scavo, il fluido bentonitico si arricchisce del materiale di scavo, la cui granulometria è opportunamente ridotta dalla particolare geometria a cono della camera di scavo, al fine di consentirne il trasporto in sospensione. La fuoriuscita di questo fluido dalla camera di scavo avviene attraverso un filtro costituito da aperture a sezione circolare di diametro prestabilito.
Il sistema idraulico di smarino manda il fluido all'interno di vasconi per la sedimentazione, il fluido qui stoccato viene aspirato da delle pompe che lo mandano al sistema di separazione, dove è separata la frazione granulare da quella fine, che viene mandata ad una filtro pressa. Il fluido alleggerito dalle particelle di terreno scavato viene nuovamente iniettato all'interno della camera di scavo dal sistema di mandata o alimentazione.

Al fine di ridurre le resistenze di attrito tra tubazioni e terreno viene iniettato con sistema automatico un fluido bentonitico a tergo dei conci, tramite le predisposizioni presenti nei tubi.

Sulla base delle caratteristiche dei terreni che si andranno a scavare e considerando lo stato dell'arte della tecnologia normalmente utilizzata nei cantieri di microtunneling, si prescrive di adottare uno scudo chiuso a smarino idraulico tipo serie AVN della Herrenknecht, che dovrà avere la possibilità di:

- controllare la pressione del fluido di scavo al fronte;
- accedere al fronte per interventi di manutenzione/sostituzione degli utensili si scavo.

La presenza del fluido in pressione nella camera di scavo consente di controllare la stabilità del fronte di scavo, andando così a minimizzare i cedimenti indotti in superficie e quindi le deformazioni delle strutture presenti.

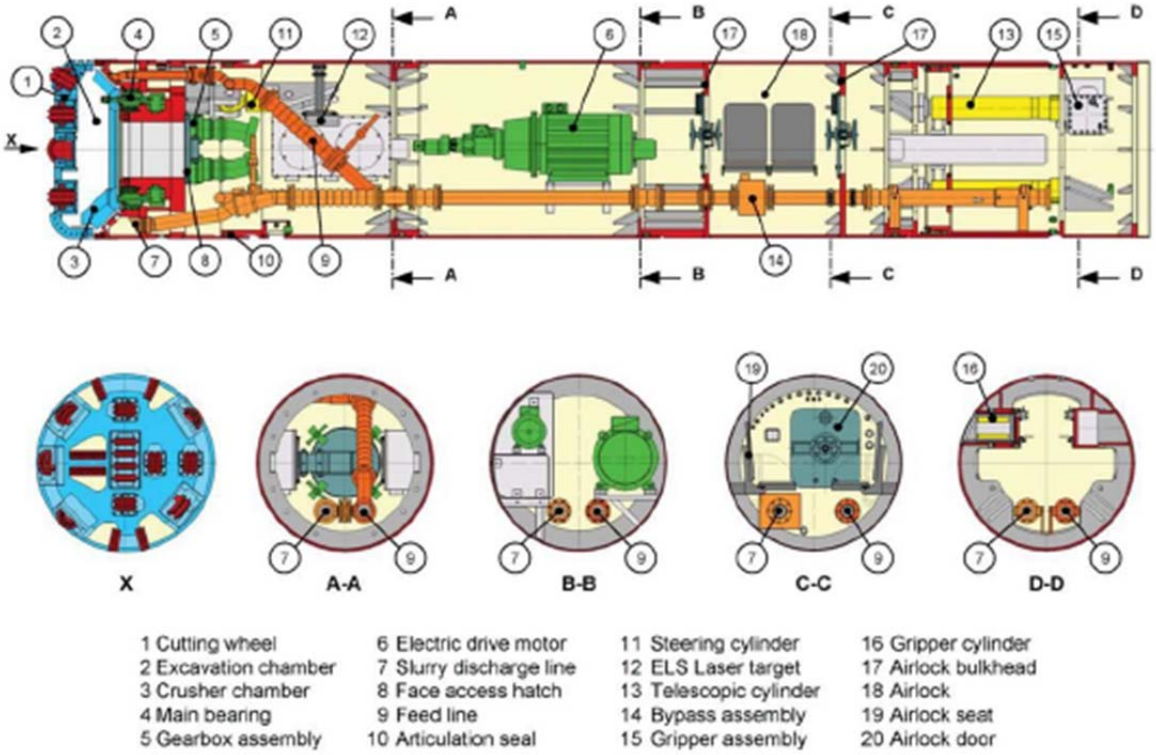

FIGURA 5.17 - SCHEMA DELLO SCUDO CHIUSO A SMARINO IDRAULICO TIPO SERIE AVN (DA HERRENKNECHT WEBSITE)

Si dovrà utilizzare una testa di scavo per terreni misti ovvero gli utensili di scavo saranno sia denti e picchi (scavo all'interno delle unità I e II) che dischi (scavo all'interno dell'unità IIIs).

Per quanto riguarda l'anello ripartitore della spinta, esso è comunemente costituito da legno di abete ed ha lo scopo di evitare il contatto diretto tra le superfici in cls di due conci adiacenti, garantendo grazie alla sua deformabilità intrinseca una migliore distribuzione della spinta in corrispondenza della interfaccia dei due tubi.
La necessità tuttavia di realizzare nel corso degli ultimi anni tracciati in microtunneling sempre più complessi ovvero con diametri e lunghezze maggiori ha portato ad un incremento delle spinte necessarie all'avanzamento delle tubazioni. Questo fatto risulta essere particolarmente critico nel caso di tracciato in curva a causa della formazione di una eccentricità nella applicazione delle forze che determina a parità di forza di spinta applicata delle tensioni maggiori per riduzione dell'area di contatto tra tubi adiacenti.
Tale fenomeno risulta essere tanto più accentuato quanto più il tracciato possiede dei raggi di curvatura stretti ovvero nell'ordine di qualche centinaio di metri.
Queste problematiche sono state risolte da uno speciale anello ripartitore della spinta, che permette di realizzare tracciati in microtunneling di elevata lunghezza e con raggi di curvatura stretti. Il nuovo anello è chiamato giunto idraulico in quanto è costituito da un tubo di materiale plastico riempito di acqua, che viene fissato sulla superficie delle tubazioni tramite appositi sostegni in polistirolo. La presenza di acqua all'interno del giunto garantisce una migliore distribuzione delle forze di spinta sull'intera superficie del tubo, andando così a ridurre l'eccentricità ed i momenti altrimenti presenti e garantendo quindi che i tubi non risultino fessurati.

FIGURA 5.18 - ANELLO RIPARTITORE DELLA SPINTA – IMMAGINE DEL GIUNTO IDRAULICO DELLA JACKCONTROL

Si è deciso di adottare per il progetto del by-pass di Genova il giunto idraulico tipo JC250 a doppio giro della Jackcontrol, che è capace di supportare una spinta massima di 16000 KN.

5.6. Interventi sulla condotta esistente

Il presente progetto prevede di intervenire per sistemare anche la condotta del Noce esistente a cavallo del pozzo di intercettazione. Già il progetto definitivo del 2006 contemplava dei lavori per un tratto di circa 20 m a valle di tale pozzo. Tuttavia, i rilievi eseguiti all'interno del manufatto esistente, entrando da un piccolo chiusino a monte dell'intervento, hanno suggerito di estendere il tratto interessato da ripristino anche da tale chiusino fino all'innesto nel nuovo pozzo di intercettazione, per una lunghezza complessiva di circa 47 m.
Esso prevede, una volta garantito l'accesso in sicurezza al condotto esistente dalla trincea scavata tra paratie, le seguenti lavorazioni:

- Getto di fondo con calcestruzzo Rck≥35 N/mmq;
- Pulitura pareti con idrolavaggio;
- Rasatura di spessore pari a 5 cm con malta reoplastica fibrorinforzata a ritiro compensato tipo Emaco Formula System S1 o similare, applicata al fondo e alle pareti.
- Fittonatura;
- Ancoraggio di pietre e mattoni non ancorati nelle murature esistenti.

6. SUBSIDENZE E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

La forte urbanizzazione dell'area all'interno della quale si colloca il cantiere del by pass del Noce ha portato a realizzare una serie di analisi della possibile interazione tra le opere di progetto e le strutture esistenti in termini sia di deformazioni sia di rumore e vibrazioni.
In merito allo scavo del microtunnel, si è provveduto a definire l'estensione del bacino di subsidenza, andando poi ad individuare quali sono gli edifici interferiti.
Il calcolo della estensione del bacino di subsidenza è stato effettuato per 11 sezioni trasversali all'asse del tracciato in corrispondenza di tutti gli edifici, che si affacciano sugli scavi su Viale Benedetto ed in Via Salita Superiore del Noce. La Figura 6.1 illustra l'interferenza tra la gaussiana ed un generico edificio, indicando con B l'estensione totale dell'edificio all'interno della gaussiana e con BH e BS rispettivamente l'estensione

dell'edificio nella parte di hogging e di sagging (il bacino di subsidenza ha una estensione pari a circa 3i dall'asse galleria, dove i rappresenta il punto di flesso, che separa la porzione centrale del bacino detta di "sagging" dalle due laterali dette di "hogging").

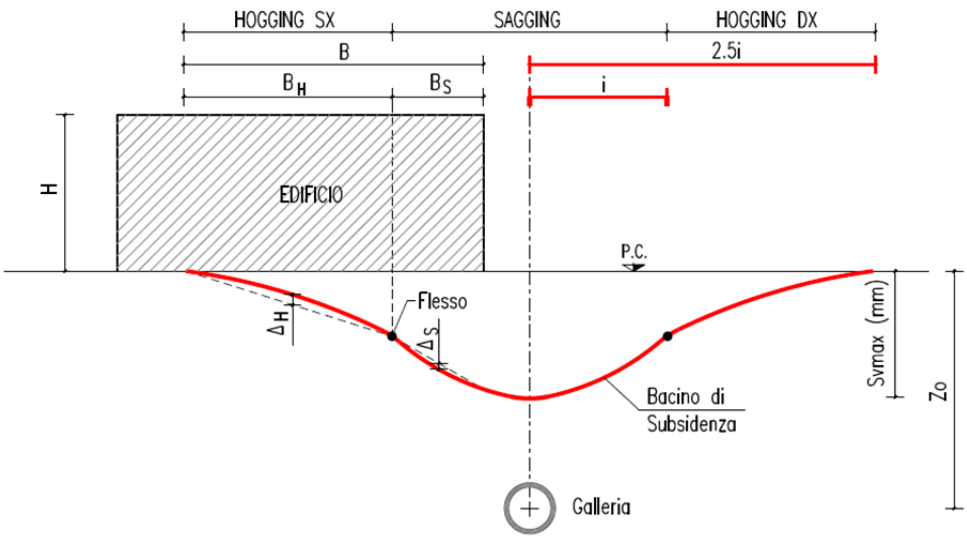

FIGURA 6.1 - MICROTUNNEL: ANALISI DELLE INTERFERENZE – INDIVIDUAZIONE DEGLI EDIFICI INTERFERITI - SCHEMA

Si è quindi proceduto a valutare la categoria di rischio di danno per ciascun edificio interferito secondo l'approccio cautelativo che non considera l'interazione terreno - struttura.

Inoltre si sono assunti i valori di volume perso VL in galleria in assenza di rivestimento e di sostegno del fronte di scavo tramite pressione indotta dalla fresa, al fine di simulare la condizione di massima subsidenza dovuta per esempio alla non corretta esecuzione dello scavo e/o di perdita del fluido di sostegno del fronte.

Ne deriva che il risultato delle analisi è conservativo in quanto sia il reale comportamento terreno – strutture che le modalità di scavo assicureranno spostamenti verticali ben inferiori a quelli di calcolo. Infatti la fresa dovrà avanzare con la opportuna pressione al fronte al fine di ridurre il volume perso VL e quindi gli spostamenti alla superficie.

Il risultato delle analisi è che le opere non saranno soggette a danni ricadendo all'interno delle classi di danno 0 e 1 ovvero a danno trascurabile, come riportato nella seguente tabella.

Settore bacino	Parametri analisi	Sezione (n°)								
		2	3	4	5		6	7	9	10
		Unità stratigrafica (n°)								
		I	IIIs	II	II		II	II	I	I
		Edificio								
		Patologia Generale	Patologia Generale	D.I.M.I/ D.I.S.E.M.	Clinica Dermatologica	D.I.M.I/ D.I.S.E.M.	Clinica Dermatologica	Igiene	Condominio civico n. 2	Condominio civico n. 5
Hogging sx	B* (m)	8	8	10	-	6	-	-	-	-
	Sv (mm)	14.0	2.6	4.7	-	1.9	-	-	-	-
	D/B*(%)	0.022	0.004	0.009	-	0.004	-	-	-	-
	ε_{lim} (%)	0.064	0.012	0.02	-	0.018	-	-	-	-
	C.D.	1	0	0	-	0	-	-	-	-
Sagging	B* (m)	4	4	3	-	-	4	3	-	1.5
	Sv (mm)	21.7	4.3	6.7	-	-	6.5	10.2	-	19.1
	D/B*(%)	0.012	0.002	0.002	-	-	0.002	0.008	-	0.002
	ε_{lim} (%)	0.022	0.004	0.005	-	-	0.005	0.013	-	0.009
	C.D.	0	0	0	-	-	0	0	-	0
Hogging dx	B* (m)	-	-	-	6.6	-	11	7.4	5	9
	Sv (mm)	-	-	-	1.94	-	4.4	6.6	3.2	15.2
	D/B*(%)	-	-	-	0.004	-	0.007	0.016	0.006	0.03
	ε_{lim} (%)	-	-	-	0.02	-	0.02	0.038	0.037	0.074
	C.D.	-	-	-	0	-	0	0	0	1

Legenda

B*: estensione porzione edificio in hogging/sagging

Sv: massimo cedimento verticale della porzione di edificio in hogging/sagging

D/B*: rapporto di inflessione porzione edificio in hogging/sagging

ε_{lim}: massima deformazione di trazione sperimentata dalla porzione edificio in hogging/sagging

C.D.: classe di rischio danno della porzione edificio in hogging/sagging

Una analisi analoga è stata effettuata per il bacino di subsidenza generato dai pozzi e dagli scavi, ottenendo per tutti gli edifici interferiti ancora una classe di danno 0, quindi danni trascurabili, come riportato nella seguente tabella.

Scavi (n°)	Edificio (n°)	S_v (mm)	B* (m)	E/G (-)	D/B* (%)	ε_{lim} (%)	C.D. (n°)
Pozzo 1	Patologia Generale	1	8	2.6	0.002	0.01	0
	Chimica Generale	1.5	16	2.6	0.002	0.007	0
Pozzo 2	Condominio civico n. 2	1.6	11	12.5	0.004	0.018	0
Pozzo 3	Condominio civico n. 27	3.7	11	12.5	0.014	0.017	0
	Vasche	2.7	9	2.6	0.011	0.028	0
Scavo presso pozzo 3	Condominio civico n. 27	1.4	6	12.5	0.011	0.025	0
	vasche	0.6	4	2.6	0.008	0.011	0

Legenda

S_v: massimo spostamento verticale in corrispondenza dell'edificio

B*: estensione edificio nel bacino subsidenza

E: modulo elastico dell'edificio

G: modulo di taglio dell'edificio

D/B*: rapporto di inflessione

ε_{lim}: massima deformazione di trazione sperimentata dall'edificio

C.D.: categoria di rischio danno dell'edificio

Sulla base dei risultati delle analisi e della prassi ingegneristica, basata sui risultati di molteplici opere realizzate, si è definito un piano di monitoraggio che ha per oggetto:

- il bacino di subsidenza del microtunnel;
- gli spostamenti e lo stato tensionale delle opere di sostegno dei pozzi e degli scavi;
- gli spostamenti e le deformazioni degli edifici;
- il rumore e le vibrazioni indotte dalle lavorazioni.

Esso ha la finalità sia di verificare l'attendibilità delle previsioni progettuali, sia la corretta esecuzione dei lavori che di fornire tutte le informazioni necessarie per adoperare delle azioni correttive nel caso di deviazioni importanti da quanto previsto.

Sono state definite le grandezze da monitorare dando indicazione in merito ai valori soglia di allerta e di allarme ai quali i dati misurati dovranno sempre rapportarsi per la verifica sia delle previsioni progettuali che della bontà della esecuzione dei lavori.
Si sono quindi indicate le necessarie azioni da adottare nel caso di raggiungimento del valore soglia di allerta e di allarme, al fine di ripristinare la situazione attesa.
Il monitoraggio avverrà per la gran parte della strumentazione in automatico ed in continuo con la necessità di integrazioni manuali locali.
In particolare, il bacino di subsidenza verrà monitorato tramite 20 mire topografiche disposte lungo l'asse della galleria con un interasse di 15 m, mentre il monitoraggio degli edifici interferiti avverrà tramite una apposita strumentazione costituita da stazioni totali automatiche robotizzate di acquisizione dati, da microprismi e da fessurimetri a corda vibrante.
Le tempistiche di monitoraggio sono state differenziate in funzione di una condizione di breve termine e di lungo termine.
In particolare la condizione di breve termine rappresenta il momento dello scavo del microtunnel e dei pozzi ed il volume significativo di terreno interessato, mentre la condizione di lungo termine inizia al termine degli scavi e dura fino alla fine del cantiere.
I dati raccolti dal sistema di monitoraggio saranno inseriti in automatico all'interno di un sito web, dove sarà possibile prendere visione dell'andamento delle misure di ciascuno strumento tramite documentazione fotografica, tabelle, grafici di sintesi e di comparazione. Il sito sarà organizzato in modo tale che tutti i soggetti coinvolti vi potranno accedere per la parte di loro competenza tramite un sistema di password.

7. CANTIERIZZAZIONE

Le opere previste nel presente progetto di by-pass del Rio Noce sono da realizzarsi in un contesto urbano che comporta difficoltà per mancanza di spazi e viabilità obbligata con traffico congestionato. Questi due aspetti si riflettono sulla definizione e progettazione delle aree di cantiere, che dovranno essere particolarmente oculate, e sulla viabilità dei mezzi di cantiere.
Come si evince dai disegni di cantierizzazione sono previste cinque aree di cantiere nelle aree già descrittive nel paragrafo 5 e rappresentate graficamente negli elaborati PE.DS.222, PE.DS.238, PE.DS.255 e PE.DS.266 . Si precisa che l'area di cantiere del Pozzo Carena sarà recintata, segnalata e messa in sicurezza in altro appalto presumibilmente prima dell'inizio delle lavorazioni relative al presente progetto. Tale area, quindi già attrezzata, servirà per poter estrarre la fresa per microtunnelling.

Le aree di cantiere saranno recintate con vari tipi di rete e delimitazioni esplicitate nella relazione di cantierizzazione. I cantieri saranno chiusi da cancello a doppio battente e sarà interdetto l'ingresso a terzi. Nei periodi di fermo cantiere saranno chiusi con lucchetto. Tutt'intorno verranno poste in opera barriere antirumore provvisorie che fungeranno anche da antipolvere.
Verrà posta in opera tutta la cartellonistica per la sicurezza del cantiere. Verrà posto in opera il cartello di cantiere secondo la normativa vigente riportante tutti i dati del cantiere. All'interno delle aree troveranno spazio tutti i baraccamenti descritti nella relazione di cantierizzazione, apprestamenti per il primo soccorso e l'antincendio. Verranno installati impianti di terra e contro le scariche atmosferiche. Inoltre le aree fungeranno da parcheggio mezzi di cantiere e deposito materiali.
Si precisa, infine, che dovrà essere garantita la continuità idraulica del Rio Noce e del S. Martino durante i lavori del Pozzo di intercettazione e del Pozzo 2 rispettivamente.

Aree di cantiere Pozzo Carena e Pozzo 1

Le aree di cantiere del Pozzo Carena e del Pozzo 1 si affacciano su Viale Benedetto XV e sono divise dalla stessa arteria stradale. Si fa presente che le lavorazioni in corrispondenza del cantiere pozzo Carena verranno eseguite in altro appalto, che probabilmente sarà precedente al presente progetto. Quindi all'inizio dei lavori si troverà una limitata area recintata, segnalata ed in perfetta sicurezza in corrispondenza del pozzetto intermedio tra Pozzo 1 e Pozzo Carena in eredità di altro appalto. Dal pozzetto intermedio in oggetto verrà estratta la fresa per microtunnelling.
Il tratto di strada verrà suddiviso in una parte pedonale e in una parte carrabile. Le due aree sono suddivise da new jersey in cemento armato e recinzione mobile zincata infissa su detto new jersey con rivestimento in rete in polietilene colorata. Sarà segnalata anche con luci fisse lampeggianti per la notte e i periodi di scarsa visibilità. Saranno posizionati, in entrambi i sensi di marcia, i cartelli previsti dal codice della strada. L'area di cantiere del pozzo 1 sarà allestita prima per la realizzazione dei micropali e poi per la esecuzione del microtunnel.

Aree di cantiere Pozzo 2

L'area di cantiere del Pozzo 2 si affaccia su strada comunale. Verrà posto adeguato new jersey in cemento armato e recinzione mobile zincata infissa su detto new jersey con rivestimento in rete in polietilene colorata. Il tratto sarà segnalato anche con luci fisse lampeggianti per la notte e i periodi di scarsa visibilità. Saranno posizionati, in entrambi i sensi di marcia, i cartelli previsti dal codice della strada.

Aree di cantiere Pozzo 3

L'area di cantiere del Pozzo 3 si affaccia su strada comunale. Dal punto di vista della cantierizzazione si distinguono due principali fasi: la fase in cui la viabilità esistente rimane invariata e la fase in cui entra in funzione la deviazione strada.

Nella prima fase sarà ricavato un percorso pedonale ed un percorso veicolare. Nell'area di cantiere si eseguiranno i micropali mentre il traffico stradale non subirà modifiche se non i segnali e le segnalazioni per presenza di cantiere. Il tratto sarà segnalato anche con luci fisse lampeggianti per la notte e i periodi di scarsa visibilità. Saranno posizionati i cartelli previsti dal codice della strada. Nella seconda fase verrà deviata la strada con deviazione del traffico veicolare e si andrà ad eseguire la re-stante parte della paratia di micropali. In entrambe le fasi verrà mantenuto l'accesso dei pedoni alla scuola e le aree di cantiere fungeranno da parcheggio mezzi di cantiere e de-posito materiali.

Aree di cantiere Pozzetto 4

L'area di cantiere del Pozzetto 4 si affaccia su strada comunale.

Verrà posto adeguato new jersey in cemento armato e recinzione mobile zincata infissa su detto new jersey con rivestimento in rete in polietilene colorata. Il tratto sarà segnalato anche con luci fisse lampeggianti per la notte e i periodi di scarsa visibilità. Saranno posizionati, in entrambi i sensi di marcia, i cartelli previsti dal codice della strada.

Smarino, viabilità, traffico e trasporti

Vista la ristrettezza degli spazi a disposizione è fondamentale l'aspetto dell'accumulo e del successivo trasporto a discarica del materiale scavato. Come evidenziato nella relazione relativa alle terre e rocce da scavo del presente progetto il materiale scavato di tipo argilloso e denominato di "riporto" non risulta idoneo al riutilizzo. Pertanto dovrà essere senz'altro smaltito in discariche autorizzate.

Una parte del materiale roccioso potrà essere sottoposto a verifica ed analisi, ed in caso positivo, riutilizzato previa lavorazione presso cava. Si sono individuate pertanto, nei singoli cantieri, delle apposite aree di accumulo del materiale roccioso scavato per l'apposita verifica ed analisi. Si prevede una giacenza media di due settimane atte ad ottenere il benestare di competenza. Superato questo temine temporaneo il materiale sarà portato a cava per riutilizzo, se ritenuto idoneo, viceversa sarà portato a discariche autorizzate. Per il materiale già ritenuto non idoneo in questa fase progettuale (argille, lini e di riporto) si individuano delle aree per deposito temporaneo "giornaliero" rimanendo inteso che lo

stesso dovrà essere portato a discarica immediatamente nel giro di qualche ora o al massimo di una giornata, escludendo i casi di fermo cantiere.
Da considerare l'impatto che avranno i trasporti di materiale in discarica sulla città.
Il materiale andrà innaffiato per evitare polvere, le ruote dei mezzi saranno lavate prima di uscire dal cantiere, il materiale sarà coperto con teli sull'autocarro. Saranno pulite periodicamente le strade che si dovessero sporcare. Per questo progetto per la movimentazione di materiale si prevedono n°1326 viaggi da distribuirsi sui 18 mesi previsti. Con una media quindi di 2,46 viaggi al giorno.

8. INTERFERENZE

A seguito della redazione del progetto preliminare degli interventi di Sistemazione idraulica del Rio Noce nel tratto compreso tra la scuola d'infanzia Delia Repetto in Salita Superiore Noce ed il pozzo carena all'incrocio tra Via Benedetto XV e Corso Europa, che prevedeva un tracciato delle opere sostanzialmente identico a quello del presente progetto esecutivo, ha avuto luogo, in data 15.06.2003, la Conferenza dei Servizi, alla quale sono stati convocati, tra gli altri, i referenti degli Enti gestori dei vari sottoservizi interessati;
A seguito di tale conferenza tutti gli enti hanno espresso parere positivo alla realizzazione delle opere, esplicitando le prescrizioni a cui attenersi. A seguito della redazione del progetto definitivo non è invece stata convocata nessuna conferenza dei servizi.
Successivamente, nell'ambito del Piano di indagine opere di presa Rovare, Noce e bypass Noce sono stati effettuati sopralluoghi che hanno confermato la presenza di reti aeree e sottoservizi potenzialmente interferenti e comunque attigui al tracciato delle opere.
E' stato quindi eseguito il rilievo di tutti i sottoservizi individuabili (pozzetti e linee Enel, Telecom, fibre ottiche, cavi sotterranei Terna, oltre che ovviamente reti bianche e nere, ecc…), con tracciamento delle linee sul posto basandosi anche, se disponibili, sulle planimetrie messe a diposizione degli Enti.
Le attività, finalizzate anche a dare risposta alle prescrizioni della conferenza dei servizi, si sono sviluppate mediante la presa di contatto con le varie aziende gestrici dei sottoservizi, con invio di lettere e concordamento di sopralluoghi e/o consegne elaborati, i sopralluoghi in sito degli operatori diverse volte in funzione della disponibilità delle aziende, i perditempi per accessi in proprietà private e/o chiuse, l'informatizzazione degli elaborati rilasciati dagli Enti e georeferenziazione sul rilievo, la stesura degli elaborati grafici.
Tali attività sono quindi confluite nel Piano di indagine opere di presa Rovare, Noce e bypass Noce, trasmesso all'Amministrazione con nota prot. n. VR/2122/CD del 16.06.2016.

Gli esiti di tale campagna di approfondimento sono riportati nell'elaborato PE.IN.01 - Relazione descrittiva delle interferenze, redatto in conformità alla normativa vigente ed in particolare al D.P.R. 207/2010, allo scopo di censire e di fornire le indicazioni riguardo le modalità di intervento necessarie per risolvere le interferenze nell'ambito del Progetto Esecutivo. Per approfondimenti in relazione alla corrispondenza intercorsa con gli Enti si rimanda all'allegato A del suddetto documento, mentre la rappresentazione planimetrica finale su cartografia georeferenziata di tutte le interferenze è disponibile nell'allegato elaborato "PE.IN.02 - Planimetria interferenze". Per quanto riguarda le opere in progetto si evidenziano, in particolare, l'interferenza della fognatura nera DN 300 e una condotta DN 300 di gas a bassa pressione in corrispondenza della zona di intercettazione del Rio Noce e la necessità di spostare la fognatura bianca DN 300 e una condotta d'acquedotto DN 150 sul lato Nord Ovest di via Benedetto XV, laddove è prevista deviazione a 90° del by-pass verso il Pozzo Carena. Il progetto di risoluzione di tali interferenze viene riportato in elaborato PE.IN.03 - Fascicolo progetto di risoluzione delle interferenze.

9. TEMPI DI REALIZZAZIONE

La durata complessiva dei lavori è stata stimata pari a 18 mesi. Il primo cantiere a dover essere installato è quello in corrispondenza del pozzo 1, dal quale deve essere lanciata poi la fresa sia verso il pozzo 3 che verso il pozzo Carena.
Una volta eseguite le paratie di micropali in tale pozzo, le relative attrezzature verranno spostate in Via Salita Superiore del Noce dove tale attività avverrà in due fasi per permettere la deviazione provvisoria dell'attuale viabilità.
Per quanto riguardo lo scavo del microtunnel, il primo tratto da realizzarsi è quello sotto Viale Benedetto XV verso il pozzo Carena, in modo da consentire l'estrazione della macchina dal pozzo realizzato nei lavori del Primo Lotto Secondo Stralcio e consentirne il tombamento e la chiusura, svincolando quindi i due cantieri in mano, probabilmente, a due appaltatori diversi. A questo punto la macchina verrà riposizionata nel pozzo 1 per essere poi indirizzata verso il pozzo 3; si valuta l'inizio di tale attività nell'undicesimo mese.
E' importante che sia predisposto il pozzo 2 per il transito della fresa con anticipo, prima del sua arrivo. Ecco che quindi si è ritenuto di avviare i relativi lavori verso la fine del nono mese, in modo da consentire la realizzazione delle paratie di sostegno, lo scavo al loro interno e la messa in opera di uno strato di opportuno spessore di ghiaia che permetterà il passaggio della macchina. Tali attività dovrebbero concludersi quando la fresa sarà a circa metà del suo percorso, quindi in presenza di un margine temporale di sicurezza.

La macchina verrà estratta dal pozzo 3 e quindi i relativi lavori di predisposizione sono stati tarati in modo da essere completati con circa un mese di anticipo sull'arrivo della fresa che dovrebbe avvenire all'inizio del quindicesimo mese.
A questo punto, terminato lo scavo con il microtunnel, si provvederà a smobilitare il cantiere del pozzo 1, a completare le opere del pozzo 3/pozzo di intercettazione e a realizzare il pozzetto 4 per il collegamento del collettore proveniente dal polo Chirurgico al nuovo by pass: tali attività dovrebbero protrarsi per poco meno di 4 mesi, in modo da concludere ogni lavorazione e restituire i sedimi occupati per la fine del diciottesimo mese.