

Paper n° 21

La posa di un collettore fognario mediante perforazione orizzontale a spinta: aspetti legati alla sicurezza e alle interferenze con viabilità e sottoservizi. Il collettore consortile al di sotto della SP n. 32 in arrivo al depuratore di Carimate (CO)

Fabio Tagliabue¹, Andrea Moggi¹ e Giacomo Galimberti²

¹ Como Acqua srl, viale Innocenzo XI 50, Como (CO)

² WISE Engineering srl, via A. De Gasperi 85, Rho (MI)

Abstract

L'utilizzo di tecniche no-dig per la posa di nuovi collettori e tubazioni afferenti al Servizio Idrico Integrato consente di ridurre notevolmente l'impatto ambientale del cantiere e di garantire maggiore sicurezza ai lavoratori e agli utenti della viabilità interferita dai lavori di realizzazione delle opere rispetto al ricorso a tecniche di scavo tradizionali.

Tuttavia, per minimizzare i disagi sul traffico e al contempo migliorare le condizioni complessive di sicurezza dei lavoratori è necessario accompagnare la progettazione della soluzione no-dig con il progetto e lo studio approfondito dei manufatti, della cantierizzazione e delle interferenze, soprattutto in caso di presenza di sottoservizi, reticolo idrico superficiale ed esigenze di collegamento a collettori esistenti, con mantenimento sempre in funzione della rete preesistente.

Nel caso in esame è stato possibile posare a spinta al di sotto di una strada provinciale ad elevata intensità di traffico un nuovo tratto di circa 140 m di collettore consortile DN 1200 mm in sostituzione della vecchia tubazione non più idonea, a profondità di oltre 5,0 m senza criticità e disagi, né per la fase di infissione, né per le importanti opere propedeutiche e di collegamento necessarie. La spinta è stata eseguita al di sotto di due corsi d'acqua, tubazioni del gas e edifici privati.

Le camere di fognatura di raccordo sono state realizzate, previo studio di dettaglio delle condizioni statiche e di conservazione del tubo da sostituire, nonché del funzionamento idraulico, mediante manufatti gettati in opera costruiti attorno al collettore esistente da dismettere, mantenuto sempre in funzione durante l'intero periodo di esecuzione dei lavori, garantendo agli operatori per l'intera attività di spinta e realizzazione delle camerette la completa separazione dalla rete fognaria in funzione, minimizzando così il rischio di allagamento e atmosfera tossica in luogo confinato (DPR 177/2011).

1. INTRODUZIONE

L'utilizzo di tecniche no-dig per la posa di nuovi collettori e tubazioni afferenti al Servizio Idrico Integrato consente di ridurre notevolmente l'impatto ambientale del cantiere e di garantire maggiore sicurezza ai lavoratori e agli utenti della viabilità interferita dai lavori di realizzazione delle opere rispetto al ricorso a tecniche di scavo tradizionali.

Le tecnologie trenchless sono utilizzabili in alternativa alle tecniche di scavo e posa tradizionale, e sono particolarmente indicate in tutte le situazioni in cui è indispensabile operare riducendo al minimo l'impatto sui cittadini dovuto alla cantierizzazione, che ha effetti negativi sia dal punto di vista sociale (con disagi dovuti ad esempio all'aumento del traffico, all'intralcio alle attività commerciali e all'interruzione della viabilità), sia sull'ambiente, con emissioni di inquinanti, produzione di polveri e rumore. I casi tipici sono gli attraversamenti di infrastrutture o elementi naturali (quali strade, ferrovie, corsi d'acqua), i centri storici, sovente con spazi ridotti, i fiancheggiamenti di strade urbane a traffico elevato o sezione modesta, il risanamento di servizi interrati non più idonei e la riabilitazione dall'interno di vecchie canalizzazioni. Secondo i dati raccolti e gli studi condotti dall'Italian Association for Trenchless Technology con l'Università La Sapienza di Roma per il settore delle Telecomunicazioni, e con l'Università Politecnica delle Marche per il Servizio Idrico Integrato, le tecnologie no-dig riducono i costi sociali / ambientali dell'80% e i consumi energetici di circa il 56% rispetto agli interventi con scavo tradizionale (IATT, 2024).

L'INAIL nelle linee guida sulla riduzione del rischio nelle attività di scavo consiglia l'adozione delle tecniche no-dig di posa in opera delle reti di servizi, al fine di diminuire i rischi connessi alle operazioni di scavo, poiché vengono pressoché eliminati gli infortuni per seppellimento o caduta nello scavo, tra i più ricorrenti e con esito nefasto tra quelli che possono occorrere nei cantieri di edilizia e infrastrutture (Marena G. et Al, 2016).

Lo studio “La sicurezza nel settore delle costruzioni Analisi dei dati e confronti internazionali” del Centro Studi Consiglio Nazionale degli Ingegneri (2009), indica che considerando l’anno 2005 circa il 22% degli infortuni mortali del settore delle costruzioni è ascrivibile a incidente stradale. Il dato non tiene conto di “infortuni in itinere” ed è quindi riferito esclusivamente a operatori già sul luogo di lavoro (CNI, 2009).

L’elevata incidenza di infortuni mortali legati a situazioni legate alla viabilità fa comprendere quanto sia importante ridurre il più possibile le interferenze con le strade e quindi l’opportunità di ricorrere preferibilmente a soluzioni trenchless per attraversamenti stradali.

Pur risultando impossibile condurre un confronto quantitativo univoco tra tecniche di scavo e posa tradizionali e tecniche no-dig, data l’elevata variabilità delle condizioni di lavoro e la molteplicità delle soluzioni trenchless disponibili, nella tabella seguente sono riportati i vantaggi e svantaggi principali delle une e delle altre (Caruso E. et Al, 2005)

Tabella 1. Vantaggi e svantaggi delle tecniche no-dig

		TRADIZIONALE	NO-DIG
1	Impianto di cantiere	☹	☹
2	Scavo	☹☹☹	☹☹☹
3	Trasporto a rifiuto	☹☹☹	☹☹☹
4	Smaltimento rifiuti speciali	☹	☹
5	Ripristino	☹☹☹	☹☹☹
6	Fornitura della tubazione	☹	☹
7	Installazione tubazione	☹	☹☹☹
8	Prove	☹	☹
9	Durata dei lavori	☹	☹☹
10	Costi per la sicurezza	☹	☹☹
11	Costi per l’interruzione di altri servizi	☹	☹
12	Costi per la rottura di altri servizi	☹	☹
13	Costi dovuti al tempo di percorrenza	☹☹☹	☹
14	Costi ambientali inquinamento da polveri e gas	☹☹☹	☹
15	Costi dovuti a incidenti e malattie	☹☹	☹

2. CASO STUDIO

Viene qui presentato il lavoro eseguito mediante infissione a spinta (Chirulli, 2016) per la realizzazione di un nuovo tratto di collettore consortile DN 1200 in gestione a Como Acqua, in sostituzione della tubazione esistente ammalorata, non più idonea.

Il tratto di collettore sostituito è prossimo al depuratore di competenza (in comune di Carimate, in Provincia di Como) e pertanto interessato sempre da flusso importante di refluo. Le elevate portate, unite alla localizzazione al di sotto di un’importante viabilità e alla morfologia dei luoghi, non consentivano un agevole ripristino dall’interno, poiché tale intervento avrebbe richiesto l’impiego di sollevamenti e opere di bypass di grande importanza e onerosità. In sede di progetto si è pertanto scelto, a garanzia del mantenimento senza soluzione di continuità del funzionamento della rete esistente per l’intero periodo di intervento, una tecnica di posa no-dig in grado di minimizzare i disagi sulla viabilità e gli infortuni ed anche consentire un incremento di diametro rispetto l’esistente (da DN 1000 mm a DN 1200) e pertanto una maggiore capacità di trasporto del collettore.

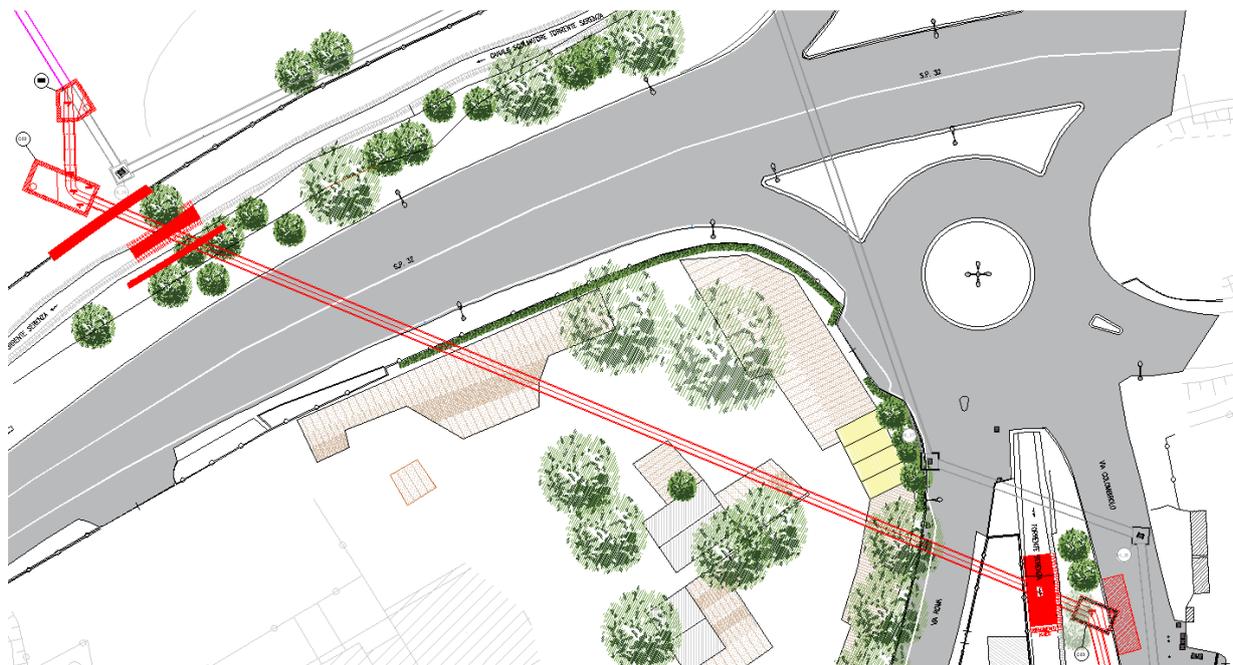


Figura 1. Planimetria di progetto con tracciato del collettore nel tratto in spingitubo

Il collettore esistente in calcestruzzo DN 1000 mm è risultato ammalorato, con gravi fessurazioni in volta, come mostrato dalle videoispezioni riportate nella figura seguente. Dalle fotografie si può apprezzare anche l'elevato livello idrico in condotta, seppur la videoispezione sia stata eseguita in tempo asciutto ed al di fuori dell'ora di massimo afflusso.



Figura 2. Videoispezioni effettuate in condotta

Il tratto di condotta da sostituire (circa 140 m) corre in attraversamento ad una strada provinciale ad elevatissimo volume di traffico (SP32), in corrispondenza di una rotatoria ed in presenza di numerose interferenze con sottoservizi ed è posto a una profondità media di 5 m dal piano campagna:

- a. rete elettrica – ENEL;
- b. rete telefonica – TIM;
- c. rete acquedottistica COMOACQUA;
- d. rete fognaria mista COMOACQUA;
- e. rete gas LERETI;
- f. rete gas SNAM (2 tubazioni).

La tubazione sottopassa inoltre un corso d'acqua del reticolo idrico minore (il torrente Serenza) e il canale scolmatore dello stesso verso il torrente Seveso. La presenza del corso d'acqua ha con ogni probabilità condizionato le quote di posa del collettore esistente, posto a maggiore profondità rispetto ad analoghi collettori nello stesso territorio.

Tra le varie interferenze, la più gravosa in termini di quote e posizione è risultata essere la tubazione media pressione DN 200 mm di SNAM rete gas, posta a soli 70cm dalla nuova condotta in progetto e localizzata in prossimità dello scolmatore del torrente. Tale situazione ha richiesto un intervento propedeutico, con appalto dedicato, di messa in protezione a cura con tubo guaina a cura del gestore SNAM RETE GAS S.P.A..

Nella figura seguente è riportata la sezione trasversale dell'interferenza con le quote assoluta e la distanza dalla tubazione, secondo il picchettamento e il rilievo di dettaglio eseguito congiuntamente con i tecnici SNAM rete gas.

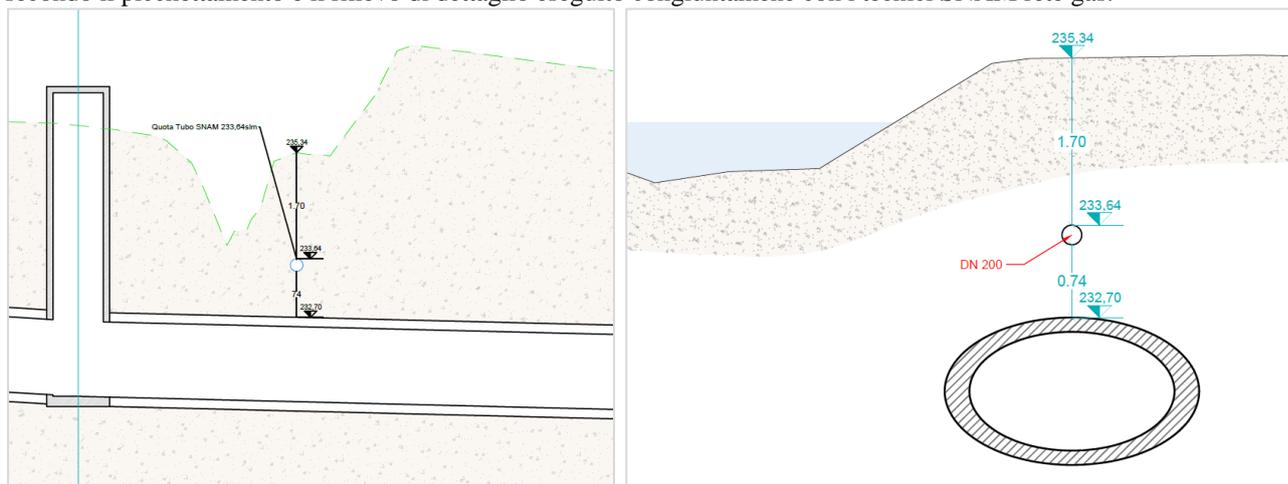


Figura 3. Posizionamento interferenza nuova condotta fognatura e tubazione gas

Il nuovo tracciato individuato si sviluppa inoltre al di sotto di alcune proprietà private con interessamento anche degli ingombri di n. 2 capannoni retrattili in acciaio.

I dimensionamenti del collettore sono stati eseguiti mediante modellazione numerica: le simulazioni sono state effettuate con il codice di calcolo Infoworks ICM a partire dall'analisi dell'interno collettore consortile e quindi verificando la configurazione stato di fatto e di progetto per il tratto oggetto di intervento. Sono state considerate la portata di 0,58 mc/s (la massima in tempo secco) e la portata di 2,4 m³/s per simulare anche il comportamento in tempo di pioggia.

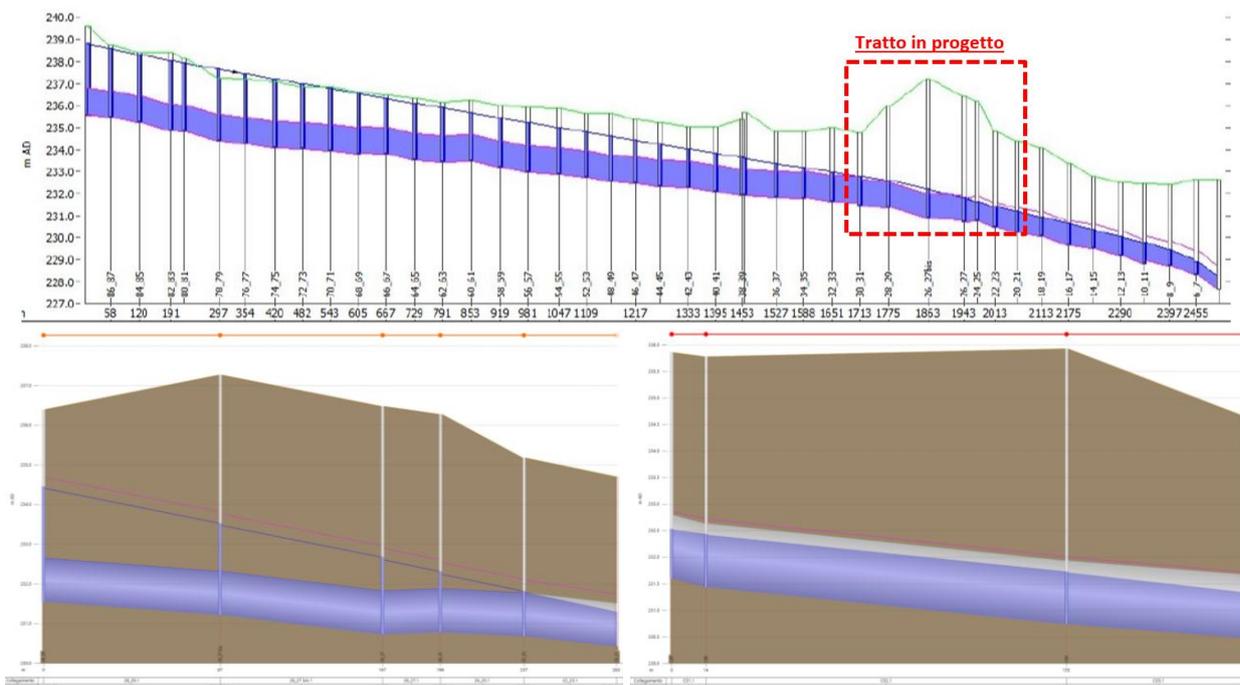


Figura 4. Profilo complessivo del collettore (immagine superiore) e confronto stato di fatto e progetto del tratto di intervento secondo le simulazioni numeriche Infoworks ICM (immagini inferiori)

Durante la progettazione sono state svolte accurate indagini geologiche e geostatiche (piezometro, sondaggi sismici verticali, carotaggi continui, prove penetrometriche dinamiche DPSH, scavi di assaggio), al fine di definire il modello geologico e geotecnico del primo sottosuolo dell'area indagata, in accordo anche alle indicazioni della UNI/PdR 26.2:2017 (UNI, 2017).

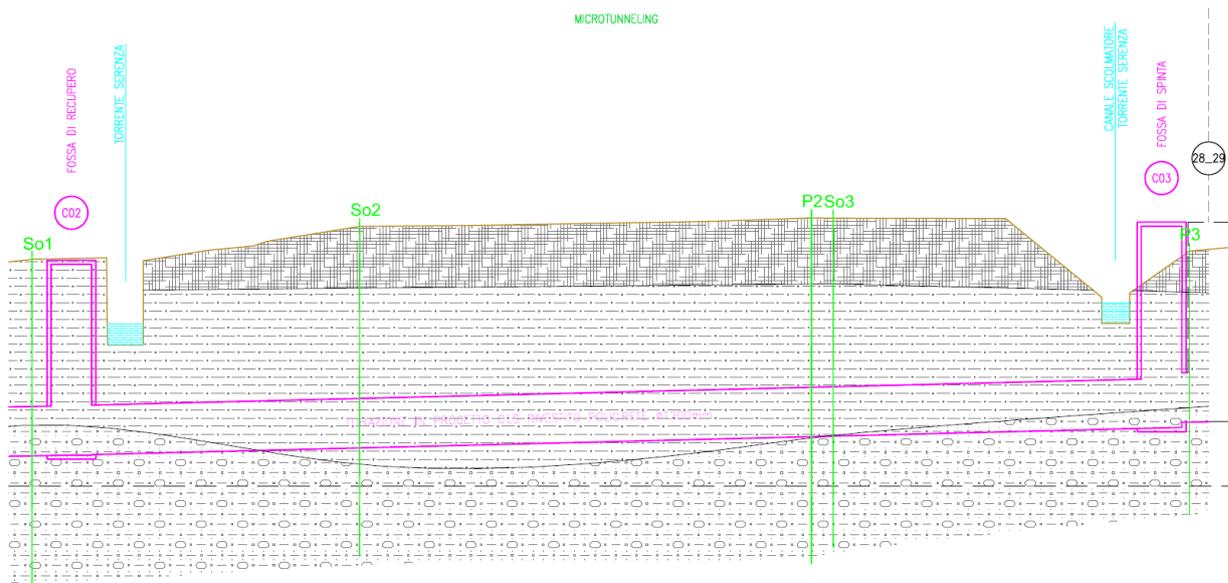


Figura 5. Sezioni litostratigrafiche

In fase esecutiva per la posa delle tubazioni DN 1200 mm si è adottata la tecnica di spinta con scudo direzionale aperto, (UNI, 2017) dopo aver considerato la lunghezza del tratto previsto, l'assenza di falda (verificata tramite apposito piezometro poco prima della consegna dei lavori), e la geologia del sottosuolo, costituito da terreno limoso sabbioso con rari livelli ghiaiosi. La pendenza di posa di progetto è pari a circa lo 0,5%.

La fattibilità della soluzione proposta è stata accuratamente valutata, considerando i vincoli geologici, idrogeologici, di spazio realizzativo, viabilità e sicurezza nei cantieri e con riferimento alle interferenze limitrofe (edifici, sottoservizi e soprasservizi presenti).

L'avanzamento è stato eseguito mediante la spinta di martinetti idraulici e da un anello con spessori di spinta mobili posti davanti ai martinetti. Il tracciato plano-altimetrico è stato guidato da un sistema laser, che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali scostamenti dalla traiettoria di progetto e di applicare conseguentemente le necessarie correzioni. Le pendenze di progetto sono state inoltre controllate tramite livellazione topografica di precisione da parte della Direzione Lavori e gestore Como Acqua circa una volta alla settimana.

La fase di spinta è durata circa 2,5 mesi, con infissione media, considerando il maltempo, di un concio al giorno (lunghezza 3 m).

L'unità di perforazione è costituita da uno scudo aperto (rostro) sagomato a becco di flauto.

Lo scavo avviene da parte dell'operatore direttamente all'interno dello scudo mediante opportuni sistemi di escavazione, in corrispondenza del fronte d'avanzamento. Lo scudo in acciaio orientabile a mezzo di piccoli pistoncini di guida consente di correggere in tempo reale qualsiasi deviazione plano altimetrica rilevata dal raggio laser posto all'interno della camera di spinta.

La procedura che permette l'infissione/avanzamento è la seguente:

1. spinta dello scudo (e di tutti i tubi che lo seguono) nel terreno per un avanzamento legato e limitato dalla forza di spinta necessaria alla reciproca compenetrazione;
2. al fine di non sovrasolleccitare le tubazioni in c.a. ovvero la parete di spinta è previsto l'inserimento di n. 1 stazione intermedia alla progressiva di circa 50 metri;
3. successiva asportazione con utensili manuali (quali martelli demolitori) da parte dell'operatore della sola quantità di terreno compenetrato e quindi presente all'interno dello scudo, lasciando il fronte nelle condizioni di stabilità geotecnica date dalla coesione, dall'angolo di attrito del terreno, circa coincidente con l'angolo di inclinazione

della profilo frontale, sagomato a becco di flauto, dello scudo di perforazione e dell'effetto arco che si genera intrinsecamente nel terreno sovrastante;

4. trasporto in superficie con carrello del materiale asportato;
5. rimozione dello scudo di perforazione una volta raggiunta la cameretta di arrivo.



Figura 6. Fasi di spinta del collettore (visibili i martinetti, la scala di sicurezza con gabbia)

La posa tramite infissione a spinta elimina i rischi legati al franamento delle pareti di scavo della trincea, seppellimento e caduta dall'alto, tuttavia permangono i rischi legati alla cantierizzazione, in particolare relativi alla presenza di traffico e interferenza con la viabilità e vengono inoltre introdotti rischi specifici connessi a lavori in luoghi confinati o sospetti di inquinamento (secondo il DPR 177/2011), che è pertanto necessario analizzare, individuando e adottando le relative procedure di minimizzazione e i dispositivi di sicurezza.

Per la gestione dei rischi legati all'interferenza con la viabilità e costruzione dei manufatti in cemento armato (casseratura, posa armature, getto in opera e scasseratura) si è scelto di ricorrere alla prefabbricazione, realizzando off-site i manufatti di spinta e arrivo, tramite l'impiego di camerette autoaffondanti eseguite da aziende specializzate, da posarsi con idonea autogrù e scavo all'interno con apposita benna a mordente, che riduce l'impatto e l'ingombro dello scavo, soprattutto per la cameretta di spinta (via Colombirolo) dove lo spazio è ridotto, in quanto è necessario mantenere sempre attiva una corsia della viabilità secondaria (Via Colombirolo) per il passaggio di autotreni ed autoarticolati.

Cameretta autoaffondante per spinta (lato valle)

Le misure esterne in pianta sono mt. 5.95x3.60 x h utile 3.86 / h esterna 4.71 all'interno è stato realizzato il getto della platea ed il muro di controspinta spessore cm 80, portando le misure utile interne in pianta a 4.55x3.00 necessarie per la spinta da realizzarsi verso monte.

Cameretta autoaffondante per arrivo (lato monte)

Le misure esterne in pianta sono 5.10x3.00 x h utile 3.76 / h esterna 4.61 mentre le misure interne tolto lo spessore di cm. 30 dei muri sono di 4.50x2.50 all'interno è stata realizzata una platea.

Nella figura seguente è riportata la sezione della cameretta di spinta realizzata con manufatto prefabbricato autoaffondante.

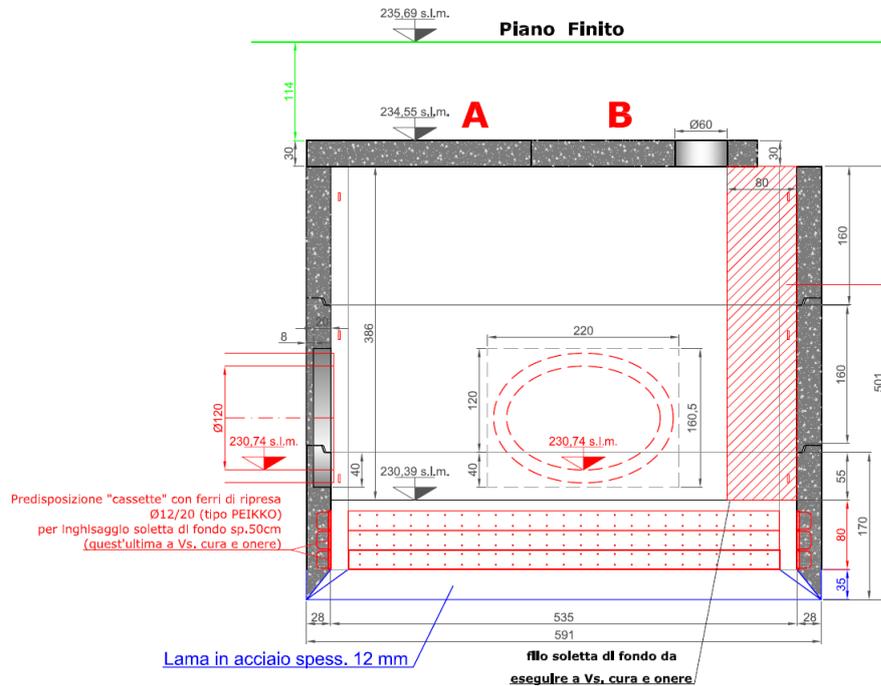


Figura 7. Pozzo di spinta autoaffondante

Per la gestione dei rischi legati al lavoro in spazi confinati si è previsto di attrezzare il condotto con illuminazione a basso voltaggio e ventilazione spinta da apparato posto al di fuori del pozzo di spinta, che a mezzo di tubi in pvc convoglia al "fronte" aria pulita garantendo areazione continua.

Gli addetti all'interno del tunnel, dotati di imbragature, sono muniti di rilevatore multi-gas, tenore di ossigeno e sensore "uomo a terra", inoltre, sono approntati sistemi di recupero e sollevamento di eventuale operatore infortunato. La squadra di lavoro è composta ai sensi del DPR 177/2011 da soggetti idonei. Le lavorazioni sono sempre state svolte con la supervisione di un preposto al di fuori della tubazione, con sistema di comunicazione con gli operai all'interno del condotto.

Il PSC e il POS hanno previsto apposite procedure per l'esecuzione di lavoro in luogo confinato e in corso di esecuzione è stata verificata l'applicazione e la funzionalità dei dispositivi. I contratti di subappalto per lavoro in luoghi confinati sono stati certificati dalla Fondazione Marco Biagi e Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

Nella figura seguente sono riportati gli apprestamenti di sicurezza (dispositivo multigas per controllo atmosfera interna, barella e autorespiratori di emergenza "scappa scappa" modello Drager Oxyboxs K25).

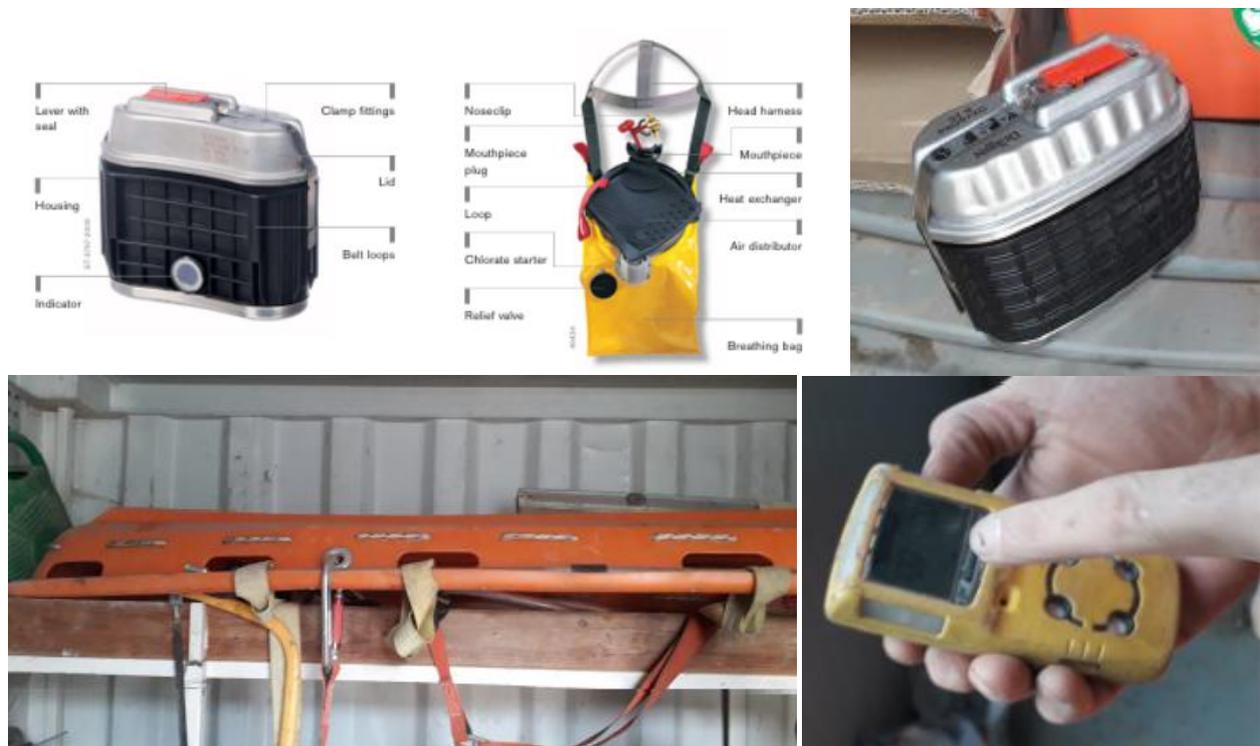


Figura 8. Dispositivi di sicurezza per luoghi confinati

Per la realizzazione del collegamento tra le camerette autoaffondanti di spinta e recupero con il collettore esistente sono state studiate le sequenze di costruzione, sigillando e sostenendo con autogrù la tubazione sino a completare la cameretta, tagliando con filo diamantato il tubo e rimuovendo la parte demolita con contestuale messa in funzione del tratto sostituito. Le camerette di raccordo sono state eseguite con calcestruzzo armato gettato in opera, attorno alla tubazione esistente, garantendo il funzionamento continuo senza interruzioni del condotto e al contempo la sicurezza degli operatori, poiché in tal modo il tratto in corso di realizzazione è stato sempre mantenuto separato dal resto della rete.

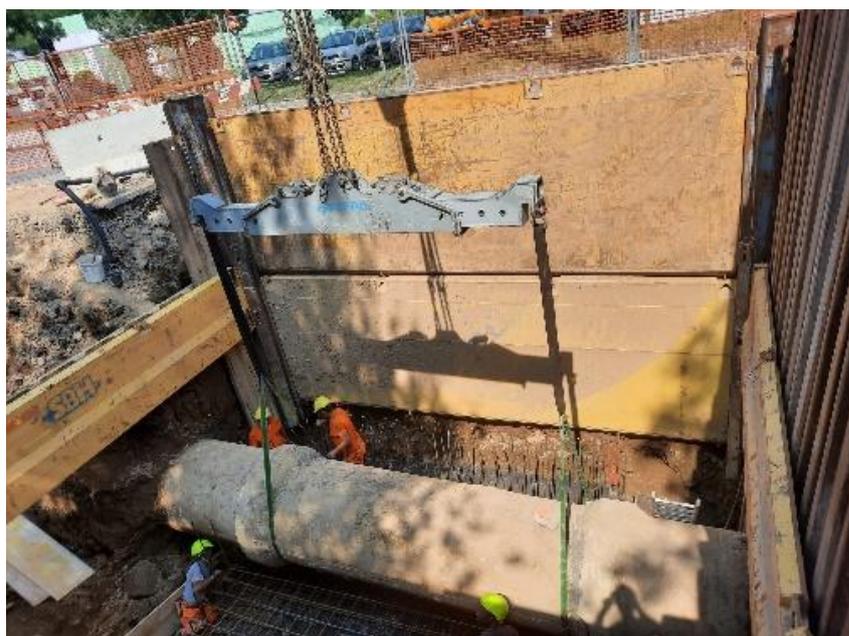


Figura 9. Sistema di blindaggio a cassa chiusa con palancole e sostegno tubazione esistente con autogrù



Figura 10. Cameretta di monte di raccordo con tubazione esistente (fase di taglio con filo diamantato)

6. CONCLUSIONI

Il caso presentato mostra i notevoli vantaggi che possono essere raggiunti in termini di sicurezza adottando tecniche di posa no-dig rispetto ad interventi tradizionali. Tramite l'infissione a spinta della tubazione, con scudo direzionale aperto, è stato possibile realizzare un nuovo tratto di fognatura DN 1200 mm in calcestruzzo, in sostituzione dell'esistente ammalorato, senza interrompere la strada provinciale attraversata, caratterizzata da elevatissimo volume di traffico, e superare le interferenze con i numerosi sottoservizi, edifici e corsi d'acqua presenti.

La posa con tecniche trenchless ha consentito di eliminare i rischi di franamento del fronte di scavo della trincea e di caduta dall'alto all'interno della stessa.

Altri fattori di rischio per la sicurezza degli operatori, quali rischio investimento da traffico stradale, esecuzione difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e annegamento per connessione alla rete esistente sono stati gestiti e minimizzati con soluzioni specificamente studiate per il cantiere, ricorrendo a manufatti realizzati off-site per camera di spinta e recupero e costruendo invece con calcestruzzo gettato in opera le camerette di raccordo, previo studio di dettaglio delle portate del refluo, delle opere provvisorie e delle fasi di cantierizzazione.

I vantaggi conseguiti tramite l'infissione a spinta sono stati pertanto:

- posa in attraversamento della strada provinciale senza interruzione della viabilità e senza disagi al traffico stradale;
- eliminazione rischi connessi a franamento della trincea di posa, caduta negli scavi e movimentazione elementi pesanti di blindaggio scavi;
- eliminazione rischio infortuni per investimento e incidenti stradali;
- impatto ambientale ridotto del cantiere;
- gestione più rapida della risoluzione delle interferenze (previa esecuzione di indagini approfondite e tracciamenti in fase di progettazione).

Al contempo l'adozione di tali tecniche può comportare nuovi rischi specifici connessi con le lavorazioni in luogo confinato o sospetti di inquinamento (DPR 177/2011), da affrontare tramite l'adozione di procedure, attrezzature e misure appositamente studiate, oltre all'impiego di imprese e personale qualificato secondo le richieste di legge. Le tecniche no-dig più opportune da utilizzare devono essere individuate tramite indagini approfondite in sede di progetto.

Per minimizzare i disagi sul traffico e al contempo migliorare le condizioni complessive di sicurezza dei lavoratori è quindi necessario accompagnare la progettazione della soluzione no-dig con il progetto e lo studio approfondito dei manufatti, della cantierizzazione e delle interferenze, soprattutto in caso di presenza di sottoservizi, reticolo idrico superficiale ed esigenze di collegamento a collettori esistenti. Le tecnologie trenchless presentano grandi vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali di posa, ma al fine di svilupparne al meglio le potenzialità è necessario studiare la cantierizzazione

complessiva e progettare, con attenzione alla minimizzazione dell'impatto del cantiere, anche tutte le opere complementari, ricorrendo se possibile anche alla prefabbricazione, al fine di contrarre i tempi di realizzazione dei manufatti.

7. REFERENZE

Caruso E., Geri F., Pino G., Venga S. (2005). Utilizzo di tecnologie “no-dig” per la riduzione dell'impatto ambientale in ambito urbano durante interventi di controllo, manutenzione e sostituzione dei servizi interrati, *Qualità dell'Ambiente Urbano II Rapporto APAT*, pp. 851-870

Chirulli R. (2016). Manuale di ingegneria no-dig, pp 122-149

CNI Centro Studi Consiglio Nazionale degli Ingegneri (2009). La sicurezza nel settore delle costruzioni, Analisi dei dati e confronti internazionali , pp. 29-72.

IATT (2024). Trenchless Technologies. Guida per l'impiego delle Tecnologie a basso impatto ambientale, pp. 1-168.

Marena G., Nappi F., Reguzzoni P., Rimoldi B., Sinopoli S., Tamigio G. (2016). Riduzione del rischio nelle attività di scavo. Guida per datori di lavoro, responsabili tecnici e committenti, INAIL Direzione Regionale per la Lombardia, pp. 71-79.

UNI (2017). UNI/PdR 26.2:2017 Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrate a basso impatto ambientale - Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali, pp 1-148.