



Comune di Bologna



Sostenibilità  
è Bologna



**PUMS**  
BOLOGNA  
METROPOLITANA

RTI Progettisti:



## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA PRIMA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (LINEA ROSSA)



Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione

Intervento finanziato con risorse  
FSC 2014-2020 – Piano operativo della Città  
metropolitana di Bologna  
Delibera CIPE n.75/2017



## Risoluzione interferenze sottoservizi

### Relazione sulle principali interferenze, ipotesi di risoluzione e preventivi di risoluzione

COMUNE DI BOLOGNA  
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ING. BARBARA BARALDI

GEOM. AGNESE FERRO

RESPONSABILE DI COMMESSA

ING. PAOLO MARCHETTI

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. SANTI CAMINITI

Gruppo di Progettazione:

Ing. Alessandro Piazza (Coordinatore Tecnico)  
Ing. Santi Caminiti (Progetto sistemi tranviari)  
Ing. Andrea Spinosa (Studi Trasportistici)  
Arch. Sebastiano Fulci De Sarno (Prog. Architettonico e Inser. Urbanistico)  
Ing. Sergio Di Nicola (Sovrastruttura Tranviaria)  
Ing. Jeremie Weiss (Impianti Tecnologici)  
Ing. Maurizio Falzea (Progettazione Funzionale Depositi)  
Ing. Pietro Caminiti (Viabilità Interferente)  
Ing. Stefano Tortella (Opere Strutturali)  
Ing. Andrea Carlucci (Esperto Impianti Eletto-ferroviari)  
Ing. Domenico D'Apollonio (Impianti di Trazione Elettrica)  
Ing. Francesco Azzarone (Impianti Meccanici)  
Arch. Sergio Moscheo (Prime Disposizioni per la Sicurezza)  
Ing. Boris. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)  
Prof. Matteo Mattioli (Valutazione impatto ambientale e impatto acustico)

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381	SF	SOT	RT001	B	—	B381-SF-SOT-RT001B.pdf

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Dic. 2018	EMISSIONE	P. CAMINITI	A. MOSCHEO	S. CAMINITI
B	Giugno 2019	REVISIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	P. CAMINITI	A. MOSCHEO	S. CAMINITI
C					

## Sommario

1. PREMESSA .....	2
2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	3
3. PRINCIPALI INTERFERENZE E MODALITÀ TIPOLOGICHE DI RISOLUZIONE .....	5
3.1 GRUPPO HERA – FOGNATURE .....	5
3.2 GRUPPO HERA – ACQUEDOTTI .....	6
3.3 GRUPPO HERA – GASDOTTI .....	9
3.4 GRUPPO HERA – TELERISCALDAMENTO .....	12
3.5 ENEL – BASSA E MEDIA TENSIONE .....	14
3.6 ENEL SOLE – ILLUMINAZIONE PUBBLICA .....	16
3.7 INFRASTRUTTURE TELEFONICHE .....	17
3.8 COMUNE DI BOLOGNA – INFRASTRUTTURA GENERICA TRITUBI.....	18
3.9 TERNA – ALTA TENSIONE .....	18
4. INDICAZIONI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO .....	19
4.1 MAPPATURA DEI SOTTOSERVIZI ESISTENTI.....	19
4.2 INDAGINI DIRETTE ED INDIRETTE .....	20
4.2.1 <i>Rilievo georadar per l'individuazione di sottoservizi</i> .....	20
4.2.2 <i>Rilievo geometrico di tombini, pozzetti e caditoie</i> .....	22
4.2.3 <i>videoispezioni di tratte di condotte comprese tra pozzetti contigui.</i> <i>videoispezioni in orizzontale</i> .....	24
5. QUANTIFICAZIONE DEGLI IMPORTI PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE.....	26

## 1. PREMESSA

---

La costruzione di una linea tranviaria in un contesto urbano consolidato deve misurarsi con diverse problematiche che possono essere di tipo tecnico, sociale, ambientale, gestionale ecc.: si pensi all'integrazione con la rete dei trasporti pubblici, all'inserimento ambientale, alla necessità di realizzare importanti interventi strutturali quali ponti, gallerie, sottopassi. Ma il problema principale da affrontare quando si comincia a costruire una tranvia moderna è l'eliminazione di ogni interferenza con le reti dei sottoservizi, intervento che non può essere improvvisato risolvendo i problemi che si incontrano di volta in volta durante la realizzazione della sede tranviaria; ciò è evidente se si pensa ai possibili ritardi legati al reperimento di pezzi speciali e all'intervento di squadre specializzate.

Alcune infrastrutture impiantistiche non possono essere modificate solo in corrispondenza del sedime tranviario ma necessitano uno spostamento più radicale e pertanto una riprogettazione: è il caso delle fognature che per un corretto funzionamento devono seguire opportune pendenze, e delle reti telefoniche in fibra ottica, il cui spostamento può interessare grandi quantità di cavo che possono superare anche il chilometro. E' opportuno arrivare alla fase di costruzione vera e propria della tranvia già preparati, per quanto possibile, sul tema dei sottoservizi eseguendo una mappatura il più dettagliata possibile sulle varie reti insistenti nelle aree interessate dalla costruzione della tranvia.

Alla luce di quanto esposto è opportuno, nonostante il progetto in questione sia ancora alla fase di studio di fattibilità tecnico-economica, approfondire il problema delle interferenze tra sede tranviaria e sottoservizi.

I passi da effettuare in questa fase progettuale sono essenzialmente due:

- reperimento di tutto il materiale cartografico possibile da parte degli Enti Gestori delle reti dei sottoservizi e incontri con i tecnici degli stessi per eventuali aggiornamenti non riportati sulle carte;

- sopralluoghi lungo la futura sede tramviaria, volti ad individuare problematiche legate alla presenza, fuori terra, di manufatti che denunciano la presenza di sottoservizi importanti.

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

---

L'oggetto del presente appalto è la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) della prima linea tranviaria di Bologna (Linea Rossa), il cui percorso trae origine dal capolinea ovest situato a Borgo Panigale e si sviluppa lungo l'asse delle vie Marco Emilio Lepido e Aurelio Saffi fino al centro storico di Bologna; da qui prosegue verso nord in direzione della Stazione Bologna Centrale FS, del "Fiera District", del quartiere Pilastro, per giungere all'altro capolinea nei pressi del Polo Funzionale CAAB.

Il tracciato, lungo poco più di 15 km., a doppio binario, inizia a Borgo Panigale, nei pressi della connessione di Via Marco Emilio Lepido con la S.P. 568 "Persicetana" e si sviluppa quindi lungo un percorso sostanzialmente rettilineo su Via M.E. Lepido, Via Emilia Ponente, Via Aurelio Saffi ed un primo tratto di via San Felice.

Da via San Felice a Piazza XX Settembre si propongono due alternative di tracciato che investono il passaggio nella zona più centrale della città.

Alternativa 1: La ridotta sezione stradale di Via San Felice obbliga a proseguire disponendo i due binari su tracciati diversi, in dir. Est ancora su Via San Felice e in direzione opposta prima su Via delle Lame e poi su di Via Riva di Reno.

Quindi i due binari si ricongiungono e proseguono su via Ugo Bassi, fino a portarsi, con una curva a sinistra di 90° nei pressi di Piazza del Nettuno, su via Indipendenza, che viene percorsa interamente fino oltre Piazza XX Settembre.

Alternativa 2: questa seconda alternativa si sviluppa su Via Guglielmo Marconi, Via Giovanni Amendola e Viale Pietro Pietramellara.

Il binario dir. Est svolta a sinistra su Via G. Marconi alla fine di Via San Felice, mentre quello in dir. Ovest lascia Via G. Marconi svoltando a destra su Via Riva di Reno per percorrerla fino allo sbocco su Via San Felice.

Superata viale Pietramellara, il tracciato prosegue su Via Giacomo Matteotti, sovrapassando il fascio ferroviario nei pressi della stazione centrale, fino a raggiungere Piazza dell'Unità, svoltare a destra su Via della Liberazione e procedere poi su Viale Aldo Moro.

Da qui sono state ipotizzate due alternative di tracciato per raggiungere via San Donato, che si ricongiungono poco prima del sottopasso ferroviario della linea di cintura.

Alternativa 1: con l'intento di incrementare l'area di abitato servita senza invadere Piazza G. Spadolini, in corrispondenza dell'ingresso del Polo fieristico su Viale A. Moro, il tracciato viene fatto deviare sulla destra, lungo via Serena per raggiungere l'ampio Viale della Repubblica e procedere su tale arteria fino a svoltare a sinistra su Via San Donato.

Alternativa 2: nell'alternativa 2 invece il tracciato prosegue lungo viale Aldo Moro per poi girare sulla sinistra e occupare Viale delle Fiere in corrispondenza della rotatoria collocata all'intersezione delle suddette strade con via Garavaglia.

Dopo un primo tratto lungo viale della fiera di ca. 400 m, il tracciato devia sulla destra per occupare Via Edoardo Ferravilla al termine della quale, con una svolta a sinistra si immette su Via San Donato riprendendo il tracciato dell'alternativa "1" poco prima dei sottopassi in corrispondenza della linea ferroviaria.

Superata questa interferenza, il tracciato si sviluppa lungo via S. Donato, oltrepassando lo svincolo con la Tangenziale, in direzione nord.

Per raggiungere il capolinea est, sono previste le ultime due alternative di tracciato: la prima opta per un percorso che dall'intersezione con via Pirandello entra all'interno della zona del quartiere Pilastro; l'altra che rasenta a nord l'agglomerato abitativo fino a via Giuseppe Fanin.

Alternativa 1: in questa alternativa il tracciato lascia Via San Donato all'altezza di Via Luigi Pirandello, per percorrere un tratto di tale strada e quindi seguire il percorso più appropriato nelle strade del quartiere (Via Casini, via Frati, via Sighinolfi), raggiungere Via Larga e, percorrendo quest'ultima e via Arriguzzi, riconnettersi a Viale G. Fanin e raggiungere il capolinea.

Alternativa 2: il tracciato prosegue su viale della Fiera fino alla Rotonda Luchino Visconti, per poi inserirsi nei Viali Tito Carnacini e Giuseppe Fanin.

### 3. PRINCIPALI INTERFERENZE E MODALITÀ TIPOLOGICHE DI RISOLUZIONE

---

Per il progetto di fattibilità tecnico economica della linea Rossa di Bologna è stata utilizzata, come base cartografica dei servizi a rete presenti nel territorio interessato dal tracciato tranviario, quella fornita dal Comune di Bologna sulla piattaforma Invento. Invento è un'applicazione web con la quale il Comune di Bologna ha creato un catasto delle infrastrutture, soprattutto per quanto riguarda il sottosuolo, aggiornato nel tempo.

Dall'analisi del materiale fornito e dai primi contatti informali susseguitosi con diversi enti gestori si è constatata la presenza delle seguenti infrastrutture a rete principali:

- Fognature, acquedotti, gasdotti e teleriscaldamento – gestori gruppo HERA S.p.A.
- Elettrici bassa e media tensione – gestore Enel S.p.A.
- Elettrici Alta Tensione – gestore Terna S.p.A.
- Telecomunicazioni – gestori vari (Tim, Wind, Lepida, Fastweb...)
- Illuminazione pubblica – gestore Enel Sole srl
- Tritubo Comune di Bologna – infrastruttura comunale in uso a diversi gestori (Wind, Fastweb, Autostrade TLC, Alacom, ePlanet, Edison Tel., MedTel, GTS, Eurostrada, Hermes Europe Railtel)

Nelle successive fasi autorizzative e di progetto andranno coinvolti i diversi Enti Gestori al fine di riscontrare le informazioni riportate nelle planimetrie di stato di fatto del presente progetto di fattibilità, recuperare ulteriori informazioni utili alla progettazione della risoluzione delle interferenze (ad esempio consistenza delle infrastrutture telefoniche in termini sia di tubazioni che di cavi in rame e in fibra), confrontarsi sulle metodologie da adottare per la progettazione e futura esecuzione degli interventi, sia per quanto riguarda le opere civili tradizionali sia per quanto riguarda le opere specialistiche.

#### 3.1 GRUPPO HERA – FOGNATURE

Dal punto di vista metodologico, il progetto di spostamento delle fognature in fase definitiva sarà redatto non sulla base di analisi sui volumi di pioggia e di acque nere che interessano le zone in

esame ma sul principio di equivalenza delle portate tra i collettori di nuova realizzazione e quelli esistenti da dismettere. Nei casi in cui l'Ente Gestore, di concerto con il Comune di Bologna, rileverà l'insufficienza idraulica di determinati collettori esistenti interferenti in condizioni di pioggia intensa, si provvederà a sostituire gli stessi con condotte caratterizzate da maggiore portata di deflusso disponibile, le cui dimensioni verranno concordate con l'Ente stesso.

Per applicare il principio di equivalenza delle portate sarà utilizzata la formula di Chezy per il calcolo delle portate, ipotizzando un riempimento  $h$  pari all'80% della luce disponibile nella condotta.

$$Q = \chi * A_b * \sqrt{R * i} = k_s * R^{1/6} * A_b * \sqrt{R * i}$$

### Specifiche tecniche di posa

Per i collettori fognari la tecnica di posa più usata è lo scavo a cielo aperto. I collettori fognari possono essere realizzati con una ampia gamma di materiali: materiali metallici, plastici e cementizi. L'impiego delle tubazioni di acciaio nel campo delle fognature è molto limitato dati i notevoli problemi legati ai fenomeni di corrosione del materiale.

In generale, essendo il lavoro in oggetto particolarmente invasivo per il contesto urbano, nella scelta dei materiali da adottare si privilegeranno i materiali plastici (PVC o PEHD spiralato), ove possibile, al fine di ridurre al minimo le tempistiche di posa in opera delle condotte di nuova realizzazione.

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031A).

### 3.2 GRUPPO HERA – ACQUEDOTTI

In linea generale, la risoluzione delle interferenze delle condotte dell'acquedotto con la sede tranviaria verrà effettuata provvedendo all'abbassamento della condotta a quota compatibile e l'utilizzo di un tubo camicia in PVC o acciaio di adeguato diametro, per consentire le eventuali future operazioni di manutenzione e/o sostituzione delle tubazioni. I materiali utilizzati per le

tubazioni potranno essere, a seconda dei casi e concordandoli con l'Ente Gestore, la ghisa sferoidale, l'acciaio e il PEHD per condotte idriche.

### Specifiche tecniche di posa

Nella costruzione delle condotte idriche devono essere rispettate le prescrizioni di cui al D.M. 12/12/1985 sulle "Norme tecniche relative alle tubazioni" ed alla relativa Circolare Min. LL.PP. 20/03/86, n. 27291. La tecnica più diffusa per la posa in opera delle condotte realizzate con tubazioni di piccolo e medio diametro prevede la realizzazione entro trincee appositamente scavate e successivamente rinterrate. Situazioni singolari possono richiedere la posa delle tubazioni entro gallerie o in cunicolo. La posa è sempre preceduta da accurati rilievi topografici per la materializzazione del tracciato sul terreno, appoggiati a capisaldi, quotati con precisione, di riferimento durante tutte le operazioni di posa e le successive operazioni di collaudo.

Le condotte interrato sono poste in opera entro scavi continui di larghezza L al fondo scavo e pareti verticali o sub-verticali, a seconda della profondità e della consistenza del terreno.

-  $DN < 0,80 \text{ m} \rightarrow L = DN + 0,50 \text{ m}$

-  $DN > 0,80 \text{ m} \rightarrow L = DN + 0,80 \div 1,00 \text{ m}$

dove:

- DN è il diametro nominale della condotta in [m];

- L<sub>min</sub> è il valore minimo di  $L = 0,60 \div 0,70 \text{ m}$ .

La larghezza dello scavo dipende oltre che dalle dimensioni del tubo anche dagli spazi minimi per le operazioni di assemblaggio delle tubazioni per evitare che gli addetti camminino sulla generatrice superiore delle tubazioni. Le operazioni di scavo vengono realizzate con mezzi meccanici e richiedono la regolarizzazione del fondo differenziata in relazione alla natura dei suoli e della tipologia delle tubazioni da porre in opera.

Lo scavo di trincee in terreni sciolti, a grana fine ed ad elevato contenuto sabbioso, richiede, per assicurare la continuità dell'appoggio delle tubazioni, solo la regolarizzazione del fondo. La generatrice superiore delle tubazioni deve risultare, in opera, a profondità dal piano campagna tale da:

- non risentire dell'azione dei carichi mobili delle lavorazioni agrarie tipiche della zona;
- limitare il riscaldamento dell'acqua;
- impedire il congelamento nel periodo invernale.

Ricoprimenti minimi sulla generatrice superiore pari a 1,20÷1,50 m soddisfano la prima condizione e limitano le variazioni termiche annuali dell'acqua nell'ordine di 2÷3 °C, anche in presenza di lunghi acquedotti. Realizzata la condotta per uno sviluppo di qualche centinaio di metri, si esegue il rinterro della trincea con materiale sciolto selezionato e ben compattato, riscalzando i tubi, lateralmente e superiormente, fino ad uno spessore di 10 cm sulla generatrice superiore. Successivamente, si completa il rinterro fino al piano campagna, utilizzando il materiale proveniente dagli scavi, se idoneo, oppure materiale proveniente da cave di prestito, posto in opera per strati successivi con forte compattazione.

Per diametri superiori al DN 600 sia il sottofondo che il riempimento vengono realizzati con magrone di calcestruzzo, opportunamente calato nella trincea di scavo e vibrato mentre all'interno della tubazione vengono posti in opera opportuni puntellamenti. Contestualmente, in corrispondenza delle deviazioni planimetriche ed altimetriche e dei pezzi speciali, ove si manifestano spinte che vanno contrastate per evitare lo sfilamento dei giunti contigui o la presenza di sforzi anomali sugli stessi, si eseguono blocchi di ancoraggio e murature di contrasto. Nei tratti a forte pendenza è necessaria la realizzazione di murature per l'ancoraggio delle tubazioni al fine di evitare lo scorrimento di queste verso il basso.

Riguardo alle specifiche relative alle operazioni di giunzione delle condotte si possono evidenziare le seguenti considerazioni:

- Condotte di acciaio - La giunzione in campo dei tubi deve essere eseguita normalmente mediante saldatura per fusione. Collegamenti mediante flange, filettatura e giunti speciali di accertata idoneità devono essere limitati al minimo. L'inserimento nella condotta di valvole, raccordi ed altri pezzi speciali deve essere eseguito mediante saldatura per fusione o mediante flange, filettature e giunti speciali a condizione che siano soddisfatte le esigenze di resistenza e di tenuta.

- Condotte di ghisa - La giunzione dei tubi di ghisa deve essere di norma del tipo a bicchiere e coda liscia a serraggio meccanico con interposizione di guarnizione atta a resistere all'azione chimica del gas e del terreno. Sono ammesse anche le giunzioni flangiate.
- Condotte di polietilene - La giunzione dei tubi di polietilene deve essere eseguita normalmente mediante saldatura di testa o a tasca per fusione ovvero mediante appositi raccordi "elettrosaldabili". Sono ammesse anche le giunzioni flangiate o a serraggio meccanico.

Tutti gli allacci esistenti ed interessati dal passaggio della linea tranviaria, verranno ripristinati; in previsione verranno conteggiati due nuovi allacci per ogni numero civico.

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031A).

### 3.3 GRUPPO HERA – GASDOTTI

Premettendo che la cartografia di base utilizzata per la mappatura dei sottoservizi in una prima fase era carente di informazioni sulle condotte gas, in una seconda fase l'Ente Gestore ha fornito le cartografie dello stato di fatto dei gasdotti di bassa e media pressione, che sono stati rappresentati nelle planimetrie facenti parte del corpo progettuale.

Le reti e gli impianti di derivazione di utenza per gas metano sono classificati, in base al D.M. 16/04/2008, come:

- 1a specie Impianti con pressione di esercizio  $P_e > 24$  bar
- 2a specie Impianti con pressione di esercizio  $12 \text{ bar} < P_e < 24 \text{ bar}$
- 3a specie Impianti con pressione di esercizio  $5 \text{ bar} < P_e < 12 \text{ bar}$
- 4a specie Impianti con pressione di esercizio  $1,5 \text{ bar} < P_e < 5 \text{ bar}$
- 5a specie Impianti con pressione di esercizio  $0,5 \text{ bar} < P_e < 1,5 \text{ bar}$
- 6a specie Impianti con pressione di esercizio  $0,04 \text{ bar} < P_e < 0,5 \text{ bar}$
- 7a specie Impianti con pressione di esercizio  $P_e < 0,04 \text{ bar}$

e secondo i seguenti gruppi:

- Condotte di 1a, 2a , 3a specie = condotte di Alta Pressione (AP)
- Condotte di 4a, 5a , 6a specie = condotte di Media Pressione (MP)
- Condotte di 7a specie = condotte di Bassa Pressione (BP)

Per le intersezioni trasversali di MP e AP si prevede in generale, l'abbassamento con contestuale sostituzione dell'intera traversa, con tubazione in acciaio di analogo o maggiore diametro e l'incamiciatura della nuova tubazione con guaine anch'esse in acciaio.

Per le interferenze trasversali di BP viene sempre previsto l'abbassamento con contestuale sostituzione della tubazione per l'intera traversa, sostituzione che verrà effettuata con tubi in polietilene di analogo o maggiore diametro, incamiciati in guaine in acciaio.

Tutte le condotte longitudinali interferenti con la sede tranviaria, verranno opportunamente spostate ai margini della stessa e sostituite con condotte, di opportuno diametro, per la BP in polietilene e per la MP e la AP in acciaio.

### Specifiche tecniche di posa

La movimentazione, la posa e manutenzione delle tubazioni del gas comprendono di norma le seguenti operazioni:

- prelevamento dei tubi dalle cataste, loro sfilamento a piè d'opera e loro allineamento lungo lo scavo;
- saldatura dei tubi di acciaio e di polietilene, giunzione dei tubi di ghisa;
- inserimento di raccorderia e di accessori;
- eventuale costruzione di pezzi speciali;
- rivestimento delle giunzioni, degli accessori e dei tratti danneggiati di tubazioni di acciaio;
- posa in opera delle tubazioni sul fondo dello scavo opportunamente predisposto;

- posa di rete di segnalazione e di appositi localizzatori, per segnalare la posizione delle tubazioni;
- costruzione di opere di protezione in genere, quali cunicoli di calcestruzzo;
- esecuzione di attraversamenti stradali, ferroviari e di corsi d'acqua su ponti o subalvei e relativi intubamenti;
- posa in opera di cassette di derivazione o di controllo per la protezione elettrica delle tubazioni di acciaio;
- stesura, posa e protezione di cavi per impianti di protezione catodica e di messa a terra;
- esecuzione delle prove di isolamento elettrico sulle tubazioni di acciaio;
- eventuali controlli non distruttivi e distruttivi su campioni delle saldature in genere;
- esecuzione delle prove di tenuta;
- collegamento degli allacciamenti alle tubazioni stradali;
- posa in opera di tubazioni non interrate (come sottocolonne, colonne montanti, diramazioni di utenza) e relative zanche di sostegno;
- posa in opera di mensole unificate, raccorderia, piani di appoggio, basamenti metallici per attacco e sostegno di contatori gas;
- posa in opera di armadi o sportelli di vetroresina o di acciaio.

Il Decreto ministeriale 24/11/1984 riporta le norme per la corretta posa delle condotte del gas. Le tubazioni devono essere di regola interrate; la profondità minima di interrimento, in funzione della Specie e del tipo di materiale della condotta, non deve essere di norma inferiore ai valori indicati nella tabella ministeriale. In casi particolari le tubazioni possono essere interrate a profondità minori o anche essere poste fuori terra. In terreni di campagna, in corrispondenza di ondulazioni, fossi di scolo, cunette e simili, è consentita, per brevi tratti, una profondità di interrimento minore del normale, ma mai inferiore a 0,50 m. Nel caso di attraversamento di terreni rocciosi, è consentita una riduzione della profondità di interrimento normale fino ad un minimo di 0,40 m. Nei casi in cui le condotte poste in sede stradale non possano essere interrate alle profondità minime indicate, è consentita una profondità minore, purché si provveda alla

protezione della condotta mediante cunicolo o struttura tubolare che la contenga, o mediante sovrastante piastra in cemento armato o altro manufatto, in modo tale da garantire condizioni di sicurezza equivalenti a quelle ottenibili nelle condizioni di normale interrimento indicate. Qualora le condizioni di posa siano tali da non consentire la completa osservanza di quanto sopra indicato, è ammessa per le condotte di 7a Specie e per diametri esterni fino a 263 mm compresi, la posa senza protezioni esterne purché vengano utilizzati raccordi, pezzi speciali e tubi di acciaio aventi spessore maggiore di almeno il 20% rispetto a quello minimo e profondità minima di interrimento non inferiore a 0,30 m. Nei tratti di condotta posti in zone non soggette a traffico veicolare a distanza maggiore di 0,50 m dal bordo della carreggiata, la profondità di interrimento senza protezioni può essere ridotta fino ad un minimo di 0,40 m. Nei casi particolari in cui la condotta debba essere collocata fuori terra (ad esempio: attraversamenti di corsi d'acqua o di terreni instabili), essa deve essere opportunamente sollevata dalla superficie del terreno e munita, in quanto necessario, di curve, giunti di dilatazione o ancoraggi. Non è ammessa la posa di tubazioni di polietilene fuori terra.

Altre prescrizioni del DM 24-11-84 riguardano le distanze, le pressioni, la natura del terreno e i manufatti di protezione.

### 3.4 GRUPPO HERA – TELERISCALDAMENTO

Per le infrastrutture di teleriscaldamento rilevate, l'interferenza di tipo trasversale con la nuova sede tranviaria verrà risolta con l'abbassamento con contestuale sostituzione dell'intera traversa, con tubazione in acciaio di analogo o maggiore diametro e l'incamiciatura della nuova tubazione con guaine anch'esse in acciaio.

I riferimenti normativi per i materiali da utilizzare per le condotte in acciaio e relative apparecchiature sono richiamati di seguito:

- UNI EN 253: sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti interrate di acqua calda. Assemblaggio di tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo esterno di polietilene.

- UNI EN 448: sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti interrate di acqua calda. Assemblaggio di raccordi per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo esterno di polietilene.
- UNI EN 488: sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti interrate di acqua calda. Assemblaggio di valvole per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo esterno di polietilene.
- UNI EN 489: sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti interrate di acqua calda. Assemblaggio-giunzione per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo esterno di polietilene.
- UNI 8863:1987+A1:1989: tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7/1.
- UNI EN 10224:2003: tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento dei liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano – Condizioni tecniche di fornitura.
- D.M. 6 aprile 2004, N° 174: regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.

### Specifiche tecniche di posa

Prima di essere assemblati i tubi devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle estremità ed al rivestimento, per accertare che nel trasporto o nelle operazioni di carico e scarico non siano stati deteriorati. I tubi devono anche essere puliti all'interno per eliminare ogni materia che vi si fosse eventualmente introdotta.

Ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse del tubo non presenti punti di flesso, e che non vi siano contropendenze in corrispondenza di punti senza scarichi o sfiati.

In particolare il fondo dello scavo verrà in ogni caso regolarizzato disponendo uno strato di sabbia. La rinalzata e la copertura dei tubi, almeno per i primi 30 cm di altezza, deve essere eseguita con sabbia di cava vagliata.

La sezione deve essere abbastanza larga e profonda per permettere la posa dei materiali rispettando una distanza minima tra i tubi di almeno 200 mm e una distanza tra guaina esterna e pareti dello scavo di 200 mm. È necessario mantenere sempre il livello minimo di profondità di posa, la distanza minima tra livello del terreno e punto più alto della guaina esterna (estradosso) di almeno 500 mm anche nei tratti di derivazione dalla linea principale che, per effetto dei tee, subiscono un rialzo.

Se localmente non fosse possibile rispettare tale valore, la tubazione dovrà essere protetta con lastre di cemento o altri sistemi concordati con l'Ente Gestore.

Per poter eseguire le operazioni di saldatura e ripristino isolamento, in corrispondenza delle testate o delle zone di dilatazione, lo scavo dovrà essere adeguatamente allargato per consentire agli operatori di lavorare e muoversi senza difficoltà, creando se necessario apposite nicchie di dimensioni adeguate.

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031A).

### 3.5 ENEL – BASSA E MEDIA TENSIONE

La rete è costituita da tubazioni interrate in pvc diam. 160 mm con linee in cavo Al sez. 150 mmq per la bassa tensione e sez. 185 mmq e 240 mmq per la media tensione; si è riscontrata anche la presenza di alcuni cavi posati in trincea.

Per le tutte linee il cui tracciato è trasversale a quello della linea tranviaria si è previsto lo spostamento, in quanto dai rilievi effettuati la profondità di posa non è risultata superiore ad 1 mt e quindi le stesse interferiscono con l'ingombro del pacchetto di armamento della sede tranviaria. E' stata prevista la predisposizione di una nuova tubazione in adiacenza all'esistente ma ad una profondità di 1,30 mt dal piano stradale, con la fornitura e posa di nuovi cavi in sostituzione degli esistenti.

Saranno posate tubazioni in PEHD corrugate diam. 160 mm conformi alla normativa CEI EN 61386-24 (un tubo in più rispetto a quanto rilevato) entro un bauletto in cls che dovrà avere le



seguenti dimensioni: (bxh), 60x40 cm per tre tubi, 80x40 cm per quattro tubi, 60x60 cm per sei tubi e 98x60 cm per nove e dieci fori.

Ai due lati della sede tranviaria (s'intende l'ingombro dell'area interessata dallo scavo per la costruzione del pacchetto di armamento) saranno realizzate due "buche" necessarie per la realizzazione dei giunti con la linea esistente: si tratta di buche delle dimensioni in pianta di 1,50x1,50 mt per giunti di cavi BT e 1,50x3,00 per giunti di cavi MT, con profondità di 2,00 mt per entrambe, nelle quali dovrà essere predisposto un letto di sabbia di circa 10 cm. Non appena sarà stata posata la nuova linea i tecnici dell'Ente provvederanno alla temporanea sospensione del servizio per la tratta interessata, taglieranno i cavi esistenti, forniranno e poseranno i cavi e realizzeranno i giunti fra vecchio e nuovo riattivando la linea. Inoltre le opere specialistiche di fornitura e posa di nuovi quadri elettrici sono sempre a carico dell'ente gestore.

La procedura è analoga sia per i cavi BT che per i cavi MT, tanto per le interferenze trasversali quanto per quelle longitudinali.

### Specifiche tecniche di posa

La posa sotterranea dei cavi deve essere effettuata, (salvo particolari condizioni) in conformità alla modalità N della Norma CEI 11-17 V1 (Edizione 2003). In particolare, per quanto concerne la coesistenza tra cavi di energia ed altre canalizzazioni, opere e strutture interrato, occorre fare riferimento, in fase di esecuzione dei lavori, oltre alle norme sopraccitate, alle prescrizioni contenute nel DM 24/11/84 del Ministero dell'Interno. I cavi devono essere infilati in cavidotti che normalmente sono in PVC diam. 160 mm; si è riscontrata anche la presenza di alcuni cavi posati in trincea.

Negli ambienti con possibilità di raccolta di acqua o all'esterno degli edifici, i tubi non devono costituire una via di convogliamento di acqua ai quadri o alle apparecchiature elettriche. Il completamento dei cavidotti prevede l'utilizzazione di raccorderia, cassette (condulet) di derivazione e rompitratte, manicotti di giunzione, nippoli, riduzioni a bicchiere e a nippolo, dadi e controdadi, giunti di bloccaggio e/o di drenaggio.

I cavidotti sono posati ad una profondità di 60 cm con percorso vicino e parallelo alle strutture, con sostegni ad intervalli tali da evitare la flessione dei tubi e comunque distanziati per una lunghezza non superiore a 2,5 m. La larghezza dello scavo dipende dal numero e diametro dei cavidotti.

I cavi devono essere posati in modo da essere protetti da danneggiamenti in condizioni normali d'esercizio. Le linee in cavo direttamente interrate devono presentare una resistenza meccanica adattata alla natura del letto di posa.

In assenza di tubo protettivo, la profondità di interramento deve essere:

- almeno pari a 0,6 m per i cavi a bassa tensione;
- almeno pari a 0,8 m per i cavi a media tensione.

Laddove le profondità di interramento non possono essere rispettate, vanno prese misure protettive supplementari, in particolare contro i danni meccanici.

Le distanze tra i cavi di rete e le altre linee (elettriche e non elettriche) devono essere dimensionate in modo da escludere qualsiasi interferenza reciproca e da poter eseguire i lavori su una linea senza perturbazione grave delle altre.

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031A).

### 3.6 ENEL SOLE – ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Per quanto riguarda l'illuminazione pubblica il progetto di fattibilità tecnico economica della Linea Rossa prevede un nuovo impianto nelle strade interessate dal tracciato tranviario. Pertanto, nel caso in cui sia previsto un impianto di illuminazione ex-novo in alcune aree, le linee esistenti in tali aree verranno considerate non interferenti, bensì da dismettere. In caso di interferenze non risolte con il progetto di illuminazione pubblica, queste verranno risolte nel progetto di spostamento dei sottoservizi, concordando le modalità di risoluzione con l'Ente Gestore e il Comune di Bologna.

### 3.7 INFRASTRUTTURE TELEFONICHE

Vengono considerate interferenti le linee telefoniche dal tracciato trasversale a quello della linea tranviaria che, dai rilievi effettuati, risultano a quota inferiore ad 1 ml. In tal caso si prevede la predisposizione di una nuova tubazione in adiacenza all'esistente ma il cui estradosso sarà ad una profondità maggiore o uguale a 1,0 mt dal piano stradale, per poi procedere con la fornitura e posa di nuovi cavi in sostituzione degli esistenti.

Le nuove infrastrutture verranno realizzate mediante la posa di tubazioni in pvc rigido diam. 125 mm con resistenza allo schiacciamento 200 Kg/dm o in alcuni casi con tubazioni in PEHD corrugate diam. 125 conformi alla normativa CEI EN 61386-24 per il rame e tritubo in PEHD PN 12,5 diam. 50 mm o diam. 63 mm per la fibra in base alle indicazioni fornite dall'ente ed alla tipologia di cavo da posare (se cavo Cu o F.O.) tra pozzetti e/o camerette esistenti, ove possibile, oppure tra nuovi pozzetti dim 125x80x80 cm o nuove camerette a due vie, a tre vie o ad angolo. Non appena sarà stata posata la nuova linea l'impresa provvederà alla temporanea sospensione del servizio per la tratta interessata, taglieranno i cavi esistenti e realizzeranno i giunti con i nuovi cavi, riattivando quindi la linea.

La procedura è analoga, tanto per le interferenze trasversali quanto per quelle longitudinali alla linea tranviaria, per le quali è previsto lo spostamento lungo un nuovo tracciato parallelo al precedente ma al di fuori dell'ingombro della tranvia.

Si precisa che dalle cartografie, messe a disposizione dal Comune di Bologna sulla piattaforma Invento, si riscontra che solo gli Enti Gestori TIM e Lepida sono in possesso di proprie infrastrutture mentre gli altri Enti usufruiscono dell'infrastruttura a tritubi del Comune di Bologna, descritta al paragrafo successivo. Inoltre, mentre per Lepida viene indicata la consistenza civile ma non impiantistica dell'infrastruttura, per TIM si riscontra la sola posizione approssimativa delle infrastrutture senza indicazioni su consistenze civili e/o impiantistiche.

Sarà quindi necessario verificare, interpellando i diversi Enti Gestori:

1. assenza di ulteriori infrastrutture proprie nelle aree oggetto di intervento (in particolare per Wind, Fastweb e Vodafone);

2. le reali consistenze civili e impiantistiche delle infrastrutture, al fine di valutare in maniera quanto più precisa i costi degli interventi di spostamento.

### 3.8 COMUNE DI BOLOGNA – INFRASTRUTTURA GENERICA TRITUBI

Il Comune di Bologna è proprietario di una fitta rete infrastrutturale di tritubi che cede in concessione a diversi Enti Gestori di telecomunicazioni. Dove possibile, nelle planimetrie di stato di fatto dei sottoservizi, sono stati indicati gli Enti che “occupano” l’infrastruttura comunale, ma tali informazioni dovranno essere aggiornate a seguito dei contatti con gli stessi enti.

Le nuove tubazioni predisposte per questi sottoservizi saranno tritubi in PEHD PN 12,5 diam. 50 mm che nel caso di interferenze trasversali verranno protetti con un bauletto in cls di opportuna dimensione a seconda del numero di tritubi da posare.

Sarà necessario, come per il caso dei telefonici al paragrafo precedente, concertare con gli Enti Gestori le reali consistenze e potenziali dei cavi di fibra contenuti nell’infrastruttura, al fine di valutare in maniera quanto più precisa i costi degli interventi di spostamento.

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031A).

### 3.9 TERNA – ALTA TENSIONE

Lungo il tracciato previsto della linea tranviaria in oggetto sono presenti numerose infrastrutture elettriche di Alta Tensione in gestione a TERNA S.p.A., aeree ed interrate. Le prime non dovrebbero rappresentare un’interferenza con la sede tranviaria essendo, ad una prima valutazione preliminare, a quota compatibile con la linea di contatto tranviaria; quelle interrate, di contro, potrebbero essere interferenti e quindi sarebbe necessario prevederne lo spostamento.

Dopo la presentazione del presente progetto di fattibilità tecnico economica il Committente inizierà i necessari contatti con l’Ente Gestore per valutare le eventuali interferenze e le metodologie/programmazioni di risoluzioni.

Come da esperienze passate con questo Ente Gestore, nel caso in cui i cavi siano semplicemente sottomessi alla sede tranviaria e non interferenti si potrà valutare di realizzare una polifora di predisposizione per eventuali interventi di sostituzione/manutenzione alla linea, con caratteristiche da concordare con l'Ente; di contro, nel caso di interferenza fisica, sarà necessario progettare e realizzare l'intervento di spostamento (normalmente TERNA richiede di condurre queste attività in house).

Le principali interferenze riscontrate possono essere desunte dagli elaborati grafici facenti parte del presente progetto di fattibilità tecnico economica (B381-SF-SOT-PF001\_031).

#### 4. INDICAZIONI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO

---

##### 4.1 MAPPATURA DEI SOTTOSERVIZI ESISTENTI

In fase di progetto definitivo bisognerà procedere dunque alla verifica ed all'approfondimento di quanto prodotto nella presente progettazione mediante una serie di attività e di indagini integrative sulle reti esistenti:

- integrazione rilievo plano altimetrico delle aree interessate;
- indagini georadar a maglia fitta (strisciate longitudinali e trasversali);
- rilievo dei pozzetti;
- eventuali video ispezioni delle condotte fognarie.

La attribuzione dei sottoservizi individuati mediante le indagini indirette (restituzione grafica del georadar) avverrà incrociando i risultati delle stesse con i dati forniti dagli Enti Gestori, con il rilievo planoaltimetrico dei pozzetti esistenti, con le informazioni che scaturiranno dall'apertura dei pozzetti e dal loro rilievo e con gli eventuali saggi e/o sondaggi che verranno effettuati.

Pertanto, la procedura esecutiva delle indagini può essere sintetizzata come segue:

1. individuazione del tracciato e di tutte le intersezioni con la relativa toponomastica stradale;
2. acquisizione di documentazione su supporto cartaceo e/o informatico presso i singoli Enti;

3. individuazione delle competenze specifiche dei singoli Enti, con particolare riferimento alla titolarità degli stessi sia nell'acquisizione delle informazioni non contenute nella documentazione consegnata (memoria storica) che rispetto all'eventuale apertura dei pozzetti;
4. omogeneizzazione dei dati precedenti mediante interpretazione delle risultanze delle indagini e dei dati di base forniti dagli enti con restituzione su planimetrie e sezioni realizzate sul rilievo topografico effettuato ad hoc;
5. approfondimenti e verifiche della restituzione di cui al precedente punto 4:
  - a. verifica sul campo della veridicità dei dati di base di cui ai punti 1, 2, 3 e 4;
  - b. apertura di pozzetti a campione, secondo le indicazioni del Progettista, con rilievo geometrico delle camerette e delle reti passanti per consentire la individuazione e la attribuzione certa di sottoservizi altrimenti non identificabili (ad es. tratti di fognatura particolarmente profondi e quindi non rilevabili con le indagini effettuate).
  - c. approfondimento delle intersezioni più significative.
6. Restituzione grafica in formato digitale di planimetrie e sezioni (nelle scale opportune) eseguita dal Progettista con il supporto dell'Impresa incaricata delle indagini, contenente l'individuazione plano-altimetrica delle linee dei sottoservizi con la distinzione delle singole condotte e dei vettori di scorrimento dei fluidi (acque bianche, acque nere, distribuzione rete idrica, gas, etc..), e delle polifore e/o singoli cavi di trasmissione dati e/o energia elettrica.

Il prodotto finale rappresenterà lo stato di fatto del progetto definitivo di spostamento dei sottoservizi.

## 4.2 INDAGINI DIRETTE ED INDIRECTE

### 4.2.1 RILIEVO GEORADAR PER L'INDIVIDUAZIONE DI SOTTOSERVIZI

Il Rilievo georadar in oggetto avrà lo scopo di individuare le anomalie relative ai sottoservizi presenti al di sotto del manto stradale e quindi, tramite l'interpretazione dei radargrammi di

output, la ricostruzione della rete dei sottoservizi. Verrà inoltre segnalata la presenza di eventuali condotte interrato sino alla profondità di circa 4 mt dal p.c..

#### Sequenza delle operazioni:

- programmazione dell'indagine sulla base dei dati geologici ed idrogeologici dell'area in esame;
- configurazione dell'apparecchiatura in base alle caratteristiche locali per l'ottimizzazione del segnale (in termini di migliore rapporto profondità/risoluzione);
- acquisizione dei dati attraverso l'esecuzione di "strisciate" radar con disposizione geometrica secondo una maglia reticolare;
- elaborazione dei radargrammi grezzi acquisiti attraverso software di moderna concezione con possibilità di applicazione di filtri mono-bidimensionali;
- restituzione dei dati tramite relazione contenente planimetria, riferita ad elementi fisici del territorio, con localizzazione dei sottoservizi ed interpretazioni grafiche dei radargrammi elaborati.

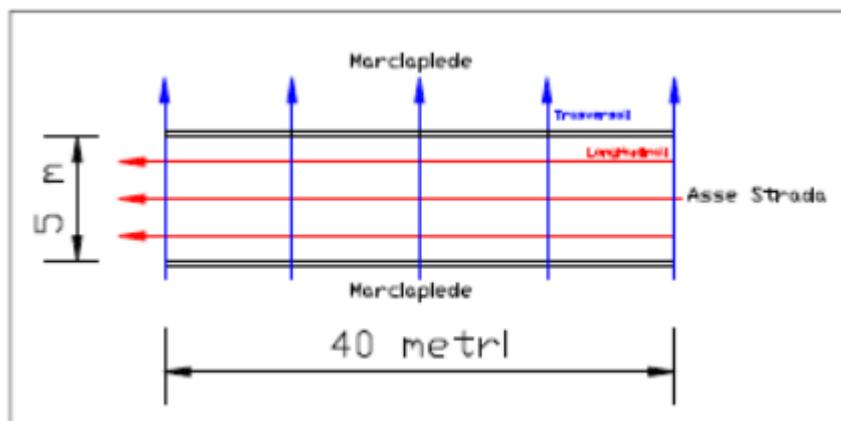


Figura 1 - Sottoservizi longitudinali all'asse stradale

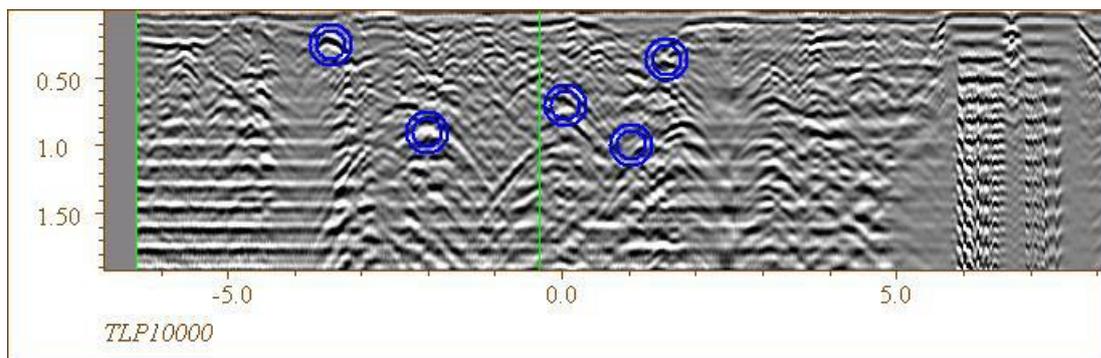


Figura 2 - Esempio di interpretazione dei radargrammi

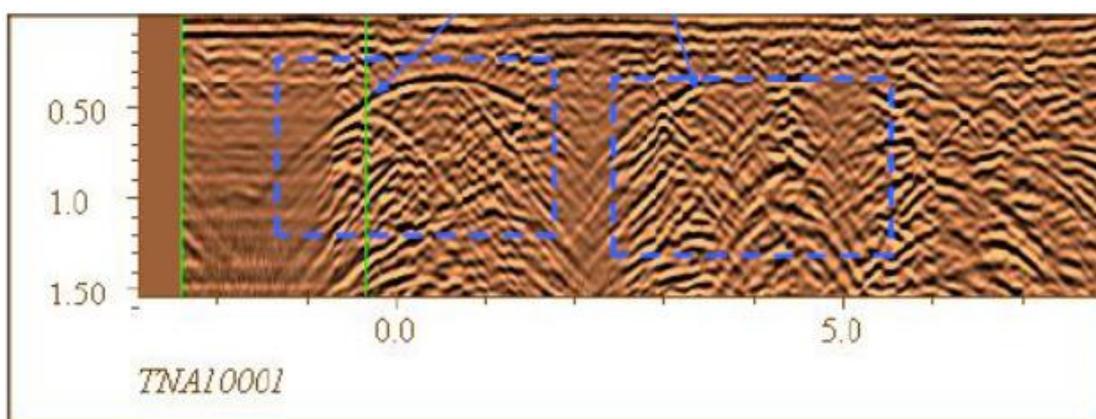


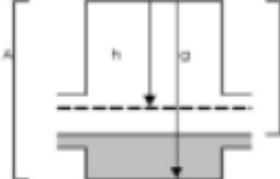
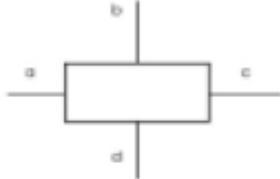
Figura 3 - Esempio di interpretazione di radargrammi acquisiti in area urbana

#### 4.2.2 RILIEVO GEOMETRICO DI TOMBINI, POZZETTI E CADITOIE

Il Rilievo geometrico di tombini, pozzetti e caditoie per la verifica della tipologia costruttiva e per la ricostruzione delle derivazioni laterali e verifica dello stato d'uso, verrà effettuata previa apertura da parte degli operatori dei coperchi degli stessi, tramite l'ausilio di attrezzatura idonea. Il rilievo geometrico permetterà di conoscere una serie di informazioni, fondamentali all'identificazione dello stesso. Tali informazioni, corredate da relativa documentazione fotografica permetteranno di produrre delle monografie riepilogative.



Opera:	
Comune:	
Pozzetto n°:	
Quota chiusa:	

Dimensioni interne
Pozzetto in cm.

A	profondità	quota assoluta					MIAT
a							
b							
c							
d							
e							
f							
g							
h							
i							

NOTE:

UBICAZIONE PLANIMETRICA

Figura 4 - Esempio di scheda di acquisizione

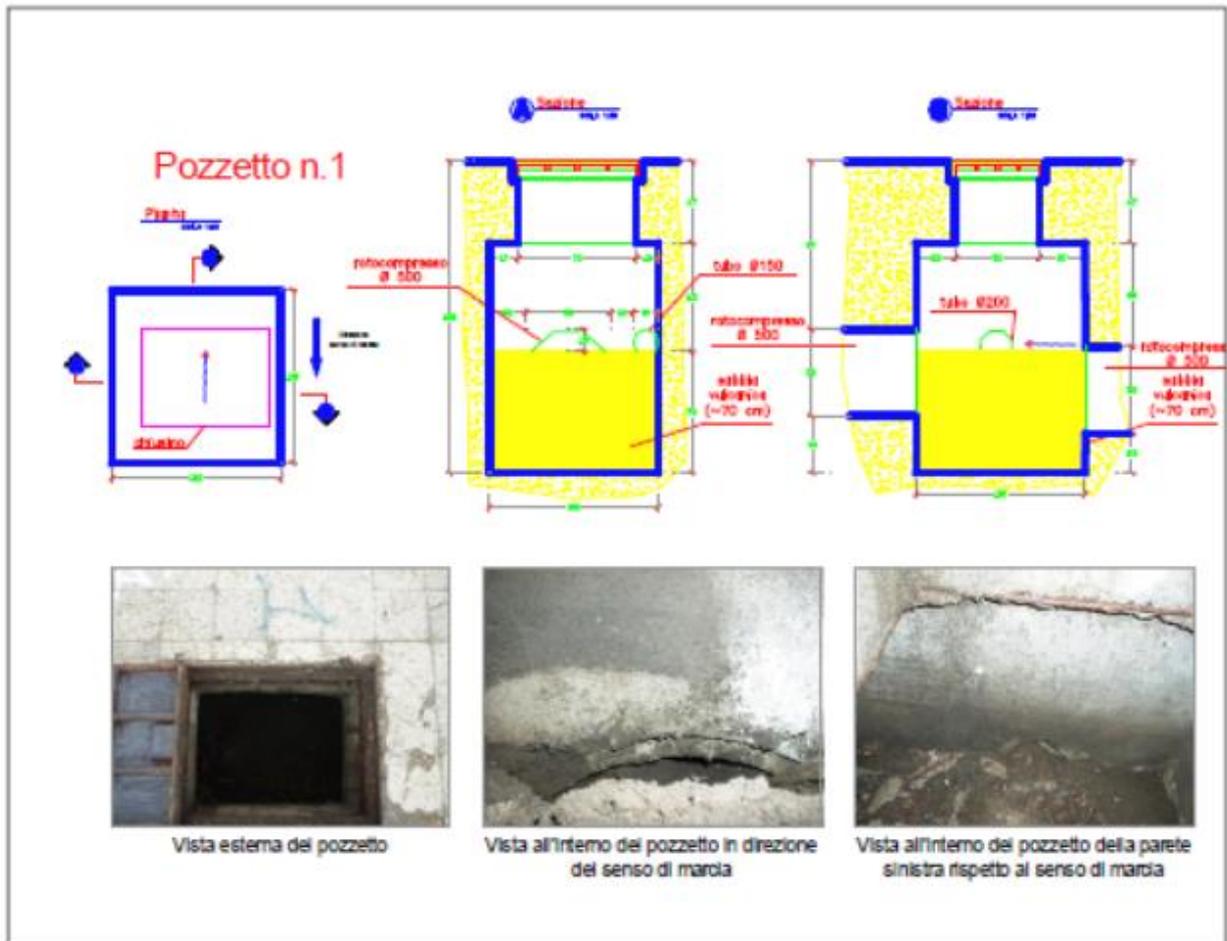


Figura 5 - Esempio di restituzione finale delle monografie

#### 4.2.3 VIDEOISPEZIONI DI TRATTE DI CONDOTTE COMPRESSE TRA POZZETTI CONTIGUI. VIDEOISPEZIONI IN ORIZZONTALE

Scopo delle videoispezioni è la verifica diretta dello stato manutentivo di condutture in genere, nonché la verifica della posizione e delle dimensioni delle eventuali anomalie riscontrate.

#### Strumentazione e metodologia

L'esecuzione della Videoispezione in oggetto verrà eseguita tramite sistema autonomo costituito da robot computerizzato antideflagrante dotato di telecamera con testa rotante per ispezione di tubazioni fognarie con diametro minimo pari a 150 mm.

L'ispezione verrà gestita da una regia di manovra interfacciata ad un computer per la registrazione del percorso e della lunghezza dei tratti ispezionati al fine di localizzare esattamente eventuali anomalie presenti nelle condutture.

Preliminarmente alla videoispezione, se necessario, verrà eseguita la pulizia della condotta fognaria con autospurgo a risucchio, al fine di rendere la condotta libera da eventuali ostacoli al passaggio del mezzo.

## Documentazione

I filmati acquisiti verranno elaborati tramite software in ambiente Windows per l'acquisizione delle immagini e successivamente verranno prodotti i seguenti elaborati:

- relazione tecnica sulle registrazioni video effettuate all'interno della condotta completa di immagini a colori delle eventuali anomalie riscontrate;
- planimetria, riferita ad elementi fisici del territorio, con localizzazione dei tratti ispezionati;
- copia su dvd delle registrazioni video eseguite.



## 5. QUANTIFICAZIONE DEGLI IMPORTI PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

Nonostante la mappatura dei sottoservizi sia ancora ad una fase preliminare, con un dettaglio qualitativamente ridotto, sulla scorta di esperienze similari maturate dal Progettista si può stimare un importo pari a **36.344.200 €** per lo spostamento delle interferenze con i sottoservizi. Tale valore risulta congruo per le diverse soluzioni di tracciato ipotizzate, presentando le stesse uno stato di fatto delle infrastrutture sotterranee interferenti similare.