

# TECNICHE DI REALIZZAZIONE DI SOTTOSERVIZI

## CONTENUTI

---

### 1. SOTTOSERVIZI: TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE

- 1.1. Introduzione
- 1.2. Infrastrutture per alloggiamento di sottoservizi
- 1.3. Gallerie tecnologiche
- 1.4. Cunicoli non praticabili e canalette
- 1.5. Tubi di protezione
- 1.6. Cavidotti e Polifore

### 2. SPECIFICHE TECNICHE DI POSA

- 2.1. Tubazioni Idriche
- 2.2. Tubazioni fognarie
- 2.3. Tubazioni del calore
- 2.4. Tubazioni del gas
- 2.5. Cavi elettrici e cavi di TLC

### 3. TECNOLOGIE DI REALIZZAZIONE DELLE LINEE

- 3.1. Scavo a cielo aperto
- 3.2. Tecniche "NO-DIG": generalità
- 3.3. Criteri per gli interventi di manutenzione
- 3.4. Segnaletica e rintracciabilità dei sottoservizi

### 4. SICUREZZA

- 4.1. Scavo a cielo aperto e cantieri stradali
- 4.3. Sicurezza con le tecniche "No-Dig"
- 4.4. Sicurezza nelle gallerie tecnologiche

## 1. SOTTOSERVIZI: TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE

*Il presente documento è stato redatto sulla base del “Manuale per la posa razionale delle reti tecnologiche nel sottosuolo”, realizzato a cura della Regione Lombardia, Direzione Generale Reti e Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile, del quale presenta ampi stralci.*

### 1.1. Introduzione

Da alcuni anni il legislatore nazionale ha iniziato a porsi il problema dello sfruttamento razionale del sottosuolo, soprattutto in ambito urbano. Tale esigenza deriva dal proliferare di “nuovi” servizi (in primo luogo fibre ottiche per il trasferimento dei dati, teleriscaldamento, centralizzazione e coordinamento semaforico, controlli automatici del traffico mediante telecamere, ecc.) che, accanto ai servizi “classici” (reti di distribuzione di gas, acqua, luce, elettricità), hanno progressivamente saturato lo spazio nel sottosuolo che, per la prima volta, evidenzia caratteristiche tipiche e i limiti di una “risorsa esauribile”. Le infrastrutture, efficienti da un punto di vista individuale, presentano una crescente disfunzione dell’insieme, dovuta ad una disordinata e incontrollabile collocazione delle stesse nel sottosuolo. Ogni rete ha seguito l’evoluzione tecnologica di prodotto mentre le metodologie di gestione della posa sono rimaste ad uno stadio molto arretrato, generando guasti e disservizi che coinvolgono anche l’utente. La mancanza di un’esatta conoscenza della collocazione topografica e della geometria delle reti operanti nel sottosuolo provoca spesso fenomeni di interferenza e di disturbo fra le varie infrastrutture e di inefficienza nell’uso dello spazio disponibile. Le reti esistenti necessitano, infatti, di continue manutenzioni, di ammodernamenti e di ampliamenti, per poter assicurare la funzionalità e prevenire i rischi che si possono verificare. Vanno costantemente ispezionate e, qualora lo necessitano, risanate. Gli interventi, necessari per riparare i guasti che si generano lungo le canalizzazioni esistenti, hanno notevoli costi sociali che derivano dalla sommatoria dei disagi e dei disservizi diretti e indiretti che la città subisce a causa dell’apertura di cantieri stradali. Essi rappresentano uno spreco economico (congestione, ritardi, disservizi, danni alla strada, rifacimento di opere presenti, ...), un danno ambientale (rumori, emissioni in atmosfera, ...) e sociale (disagi, incidenti, ...).

Per limitare questi costi sociali devono essere superati i seguenti aspetti critici:

- la frammentazione delle responsabilità,
- l’incertezza sui ruoli e sulle competenze delle diverse amministrazioni,
- l’inadeguatezza manageriale,
- la mancanza di pianificazione
- la mancanza di standard di intervento condivisi ed applicati,
- i rischi, gli sprechi, le diseconomie, le perdite di risorse naturali (acqua, energia, ecc.)

Simili criticità possono essere eliminate attraverso la conoscenza dettagliata degli interventi di manutenzione necessari ai sottoservizi presenti nel suolo pubblico. È necessario un quadro di riferimento affidabile e ad una mappa aggiornata delle reti presenti e, più in generale, di tutte le realtà nascoste nel sottosuolo (sotterranei, catacombe, acquedotti, cave, cripte, cunicoli, fogne, cisterne, rifugi, cavità naturali, zone di sepoltura, cantieri sotterranei, tunnel metropolitani e ferroviari vecchi e nuovi, tracciati e condutture per impiantistica e servizi, camminamenti e fortificazioni militari antiche e recenti, costruzioni ora sotterranee). Le nuove norme impongono la conoscenza globale di ogni rete collocata per poter pianificare gli interventi di manutenzione e le necessità di innovazione. L’obiettivo del legislatore e del pianificatore è quello di liberare la città dagli scavi e perseguire obiettivi di sostenibilità e di qualità della vita urbana.

Le reti svolgono un servizio di pubblica utilità che deve rispondere alle necessità dei cittadini e non a semplici logiche aziendali. La legge regionale stabilisce che tutti i comuni devono pianificare l'uso del sottosuolo stradale e governare lo sviluppo delle infrastrutture per l'alloggiamento dei sottosistemi a rete. Il concetto di servizio per la città è stato maggiormente precisato dalla nuova legge regionale 11/03/2005, n. 12 "Legge per il Governo del Territorio", che prevede l'elaborazione da parte dei Comuni del "Piano dei Servizi" ... *al fine di assicurare una dotazione globale di aree per attrezzature pubbliche e di interesse pubblico o generale, le eventuali aree per l'edilizia residenziale pubblica e le dotazioni a verde, i corridoi ecologici e il sistema del verde di connessione tra territorio rurale e quello edificato e una loro razionale distribuzione sul territorio comunale, a supporto delle funzioni insediate e previste.* Il Piano dei Servizi (art. 9 comma 8) è integrato, per quanto riguarda l'infrastrutturazione del sottosuolo, con le disposizioni del PUGSS, (art. 38 della l.r. 12/12/2003, n°26). Le norme previste dal Regolamento n. 3/05 si applicano per l'alloggiamento nel sottosuolo dei servizi di rete di seguito elencati:

- a) acquedotti;
- b) condutture fognarie per la raccolta delle acque meteoriche e reflue urbane;
- c) elettrodotti in cavo, compresi quelli destinati all'alimentazione dei servizi stradali;
- d) reti di trasporto e distribuzione per le telecomunicazioni e i cablaggi di servizi particolari;
- e) condotte per il teleriscaldamento;
- f) condutture per la distribuzione del gas.

Sono escluse dall'applicazione del Regolamento le adduttrici/alimentatrici primarie delle reti idriche, i collettori primari delle fognature, le condotte primarie per il trasporto del gas e dei fluidi infiammabili, le linee elettriche in alta tensione, nonché le strutture destinate alla concentrazione di diversi servizi, quali centrali telefoniche, cabine elettriche e similari, tutti appartenenti a un unico insediamento produttivo. Tutte le infrastrutture devono essere dimensionate in funzione dei previsti o prevedibili piani di sviluppo e devono corrispondere alle norme tecniche UNI - CEI di settore. Il ricorso alle strutture più complesse deve essere previsto in corrispondenza degli incroci o di aree contraddistinte da elevata concentrazione di servizi di rete. Nelle aree già edificate o in assenza di specifica previsione nel PUGSS, la scelta tra le possibili soluzioni è effettuata dal Comune in base alle caratteristiche delle aree stesse, alla eventuale presenza di beni di carattere storico architettonico, alle dimensioni e alla potenzialità dei servizi di rete da alloggiare.

## **1.2. Infrastrutture per alloggiamento di sottoservizi**

L'infrastrutturazione attraverso l'uso di Strutture Sotterranee Polifunzionali (SSP: gallerie tecnologiche, cunicoli, canalette) è definita dalla L.R. 26/03 titolo IV, art. 34 comma 3, come manufatto sotterraneo, conforme alle Norme Tecniche UNI-CEI vigenti destinato ad accogliere tutti i servizi di rete compatibili in condizioni di sicurezza. Essa dovrà assicurare il tempestivo libero accesso agli impianti per gli interventi legati alle esigenze di continuità di servizio (articolo 34, comma 3). Si definiscono strutture sotterranee polifunzionali (SSP) tutti quei manufatti sotterranei, definiti dalla L.R. 26/03 titolo IV, art. 34 c. 3, conformi alle norme tecniche UNI-CEI vigenti destinati ad accogliere tutti i servizi di rete compatibili in condizioni di sicurezza; possono essere percorribili (gallerie tecnologiche) e non percorribili (cunicoli e canalette). L'infrastruttura è considerata opera di pubblica utilità ed assimilata, ad ogni effetto, alle opere di urbanizzazione primaria (art. 34 c 4). L'autorizzazione comporta automaticamente la dichiarazione di pubblica utilità, indifferibilità e urgenza dell'opera (art 39 c. 2).

L'utilizzo delle suddette infrastrutture è finalizzato a:

- organizzare il sottosuolo di una città, raccogliendo organicamente le reti di distribuzione dei servizi primari (energia elettrica, riscaldamento, impianti idrici, telecomunicazioni), rispettando

le logiche tecnologiche e i fattori di sicurezza. Questa scelta porta ad eliminare la caotica situazione oggi esistente nel sottosuolo, a migliorare l'organizzazione tecnico – spaziale dei servizi e a realizzare un sistema che può essere controllato continuamente, mediante il monitoraggio costante della rete sotterranea;

- diminuire i tempi per la manutenzione e l'ampliamento delle reti cittadine, riducendo di conseguenza i disagi provocati da cantieri in corso;
- realizzare un "tessuto connettivo" nel sottosuolo cittadino, nel quale accanto alle reti dei servizi primari, possono facilmente essere canalizzati nuovi servizi, quali: impianti di diffusione sonora, impianti televisivi a circuito chiuso, impianti di rilevazione sismica, impianti per il controllo di parametri ambientali;
- trasformare le attuali reti di tipo “passivo”, prive di controlli inerenti la sicurezza, in reti “attive”, dotate di sensori elettronici e televisivi opportunamente dislocati in grado di fornire costantemente un quadro completo della situazione. Tutto ciò facilita l'ispezione e permette di avere una visione d'insieme dell'intero sistema.

La struttura polivalente necessita di un unico scavo con tempi e modalità definite e, salvo incidenti, per un lungo lasso di tempo non sono necessari interventi di manutenzione. Essa rappresenta la soluzione ottimale per le aree di nuova urbanizzazione, nonché per le zone edificate, in occasione di significativi interventi di riqualificazione urbana e rifacimento delle strutture viarie che richiedono o rendono opportuno riallocare gli alloggiamenti destinati ai servizi di rete. Diventa invece problematica quando si è in presenza di vecchie infrastrutture stradali e in particolare di “strade storiche”.

Questo tipo di infrastrutture deve rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere realizzate, in particolare per le aree ad elevato indice di urbanizzazione, con tecnologie improntate alla mancata o contenuta effrazione della sede stradale e delle relative o annesse pertinenze;
- b) essere dimensionate in funzione delle esigenze di sviluppo riferibili a un orizzonte temporale non inferiore a dieci anni;
- c) essere provviste di derivazioni o dispositivi funzionali alla realizzazione degli allacciamenti con gli immobili produttivi commerciali e residenziali di pertinenza, coerentemente con le normative tecniche UNI – CEI.

Le barriere che ne frenano la diffusione sono di tipo economico, a causa dell' elevato costo iniziale, e tecnico, in relazione alle difficoltà nelle intersezioni (soprattutto fognarie, con quote di scorrimento obbligate) e alla incompatibilità (per motivi di sicurezza) con alcuni servizi (es.: gas).

L'infrastrutturazione del sottosuolo si attua mediante un'organizzazione gerarchica dei manufatti, definita sulla base della importanza della infrastruttura rispetto alle funzioni che svolge per la città (dorsale, distribuzione e servizio). Infatti, si possono distinguere i seguenti livelli:

- assi principali (dorsali di attraversamento e di collegamento) a cui si aggancia la maglia di distribuzione, da cui si dipartono i sistemi di allacciamento all'utenza. Gli assi principali effettuano i raccordi su grande distanza ed hanno funzione di collegamento sovracomunale;
- maglie di distribuzione che hanno la funzione di smistare i diversi servizi all'interno delle aree urbane. Le strutture possono essere praticabili o meno, in funzione delle aree urbanistiche interessate.
- reti di allacciamento che hanno la funzione di unire il sistema di distribuzione all'utenza civile e produttiva.

### 1.3. Gallerie tecnologiche

La galleria tecnologica è una struttura percorribile da uomini ed eventualmente da mezzi per un alloggiamento multiplo di servizi che risponda ai criteri di affidabilità e di resistenza rispetto a problemi di assestamento dei suoli e a fenomeni sismici. È un'opera multifunzionale in quanto è in grado di alloggiare e veicolare in un unico ambiente ispezionabile, cablaggi per il trasporto di energia elettrica e telecomunicazioni, acqua, e dati ed è attrezzata con un sistema automatizzato centralizzato per gli aspetti gestionali, manutentivi e di sicurezza. Le infrastrutture tipo gallerie devono essere utilizzate, di norma, per le aree di nuova urbanizzazione, nonché per le zone edificate, in occasione di significativi interventi di riqualificazione urbana che richiedono o rendono opportuno riallocare gli alloggiamenti destinati ai servizi di rete.

Devono corrispondere ai seguenti requisiti:

- d) essere realizzate, in particolare per le aree ad elevato indice di urbanizzazione, con tecnologie improntate alla mancata o contenuta effrazione della sede stradale e delle relative o annesse pertinenze;
- e) essere dimensionate in funzione delle esigenze di sviluppo riferibili a un orizzonte temporale non inferiore a dieci anni, considerate altresì le disposizioni sui sistemi di telecomunicazione di cui alla legge 31/07/1997, n. 249 (Istituzione dell'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni e norme sui sistemi delle telecomunicazioni e radiotelevisivo) e al decreto del Presidente della Repubblica 19/09/1997, n. 318 (Regolamento per l'attuazione di direttive comunitarie nel settore delle telecomunicazioni), quali ipotesi per nuovi possibili interventi sui manufatti stradali;
- f) essere provviste di derivazioni o dispositivi funzionali alla realizzazione degli allacciamenti con gli immobili produttivi commerciali e residenziali di pertinenza, coerentemente con le normative tecniche UNI - CEI;
- g) possedere, al netto dei volumi destinati ai diversi servizi di rete e alle correlate opere e sottoservizi, e sempre in coerenza con le normative tecniche UNI - CEI, dimensioni non inferiori a metri 2 di altezza e cm 70 di larghezza in termini di spazio libero di passaggio, utile anche per eventuali emergenze.

Le modalità di manutenzione e di posa devono essere indirizzate alla minimizzazione dei costi sociali e pertanto devono basarsi sui seguenti criteri:

- pianificazione degli interventi di gestori diversi e coordinamento nello svolgimento delle installazioni di tratti di reti in comune;
- utilizzazione di tecnologie a ridotta effrazione della superficie: scavo a foro cieco (tecniche no-dig);
- recupero di preesistenze (trenchless technologies); da cui la necessità di una archivio cartografico, anche delle reti dismesse, che potrebbero essere riutilizzate per la messa in opera di nuove reti utilizzando tracciati ed infrastrutture esistenti;
- tecniche innovative di introspezione delle reti nel sottosuolo, quali ricerche con georadar o ad ultrasuoni.

La progettazione deve essere effettuata tenendo conto:

- delle sollecitazioni esterne
- della necessità di accessori di fissaggio e supporto
- delle dimensioni dei passaggi interni e delle altezze che dovranno essere adeguati alle prestazioni richieste
- degli alloggiamenti dedicati per componenti particolari
- dei possibili pericoli che si possono creare all'interno, tra cui problemi di incendi e di allagamento per perdite idriche interne oppure infiltrazioni esterne.

L'infrastruttura principale è generalmente rettangolare; tuttavia esistono soluzioni geometriche diverse.

Tenendo conto delle dimensioni libere minime di 0,7 m di larghezza e 2,0 m di altezza si può arrivare a dimensionare gallerie di 2 m di larghezza per 2÷3 di altezza. I servizi vengono collocati nelle due pareti mentre nel centro viene lasciato un corridoio per il transito degli operatori addetti alla posa e alla manutenzione (generalmente 70 cm). Gli spazi sono scelti in modo da rendere compatibile la presenza delle diverse reti. L'alloggiamento prevede le seguenti utenze: reti elettriche B.T. e M.T. (distribuzione di energia; illuminazione pubblica), telefoniche, idriche, telecontrollo, segnalazioni. Le condotte del gas non sono compatibili con questa infrastruttura. I servizi disposti su supporti, in un ambiente protetto dall'acqua, dagli schiacciamenti, isolati gli uni dagli altri, sono meno soggetti al danneggiamento e all'usura e l'azione di manutenzione è facilitata. La galleria polifunzionale viene il più delle volte realizzata tramite montaggio di elementi prefabbricati. Tuttavia quando le dimensioni delle struttura che si vuole costruire sono talmente grandi da non trovarsi in commercio elementi prefabbricati idonei, si deve ricorrere alla posa in opera del cemento armato, con inevitabile aumento dei costi. Esistono sul mercato diversi canali già accessoriati per reti tecnologiche in materiali plastici, come il PP (Polipropilene) e il PEAD (Polietilene alta densità) e in calcestruzzo vibrocompresso armato (CAV).

Con il calcestruzzo vibrocompresso vengono commercializzati soprattutto collettori scolorari preformati prefabbricati a sezione rettangolare e/o quadrata armata, di lunghezza non inferiore a mt 1,75, con incastro a bicchiere. I collettori hanno sezioni interne rettangolari e/o quadrate e rispondono alla normativa contenuta nelle DIN 4263, UNI 8520/2, UNI 8981, esenti da fori passanti. I collettori, inoltre, sono calcolati in modo da sopportare i carichi stradali propri della strada.

Le dimensioni disponibili sono le seguenti:

<b>Dim (mm)</b>	<b>L (mm)</b>	<b>S2 (mm)</b>
1000x1200	2400	180
1000x1600	2250	180
1250x2500	2000	180
1500x2000	2000	180
1700x2200	2000	180
2000x2000	2000	180
2000x2500	1750	180

**I canali in PEAD sono a sezione circolare** e presentano, rispetto a quelli in CAV, maggiori vantaggi di leggerezza e maneggevolezza. Sono saldabili anche fuori dallo scavo e movimentabili con mezzi leggeri. I tubi che costituiscono la struttura di questi canali, generalmente commercializzati in barre di lunghezza pari a 13,00 m, sono a parete strutturata del tipo spiralato; hanno una sezione altamente resistente allo schiacciamento e assimilabile al “doppio T”. Sono disponibili in diversi diametri, con configurazioni interne personalizzabili per i servizi ospitati e predisposti per ampliamenti futuri. Le staffe di sostegno delle tubazioni sono regolabili per consentire, in ogni momento, la più idonea collocazione dei tubi. I canali possono essere corredati da diversi servizi accessori quali impianti antincendio automatici; sistemi di allarme per fuga gas o acqua; impianto di illuminazione; infrastrutture per il contenimento di cavi in fibra ottica per la trasmissione di servizi a larga banda (TV cavo, telecontrollo, trasmissione dati ad alta velocità, ecc.). Esistono anche canali prodotti con polimeri bianchi per rendere maggiormente luminoso l'interno della struttura.

Le sezioni circolari, pur essendo molto rigide, mantengono il comportamento elastico tipico del Polietilene ad Alta Densità. Le produzioni standard comprendono rigidzze fino a 8kN/m<sup>2</sup> misurate secondo Norme CEN (RS 0).



Le sezioni in commercio presentano i seguenti diametri:

<b>DN (interno) mm</b>	<b>DE (esterno) mm</b>
1600	1792
1800	2016
2000	2240
2500	2800

I **manufatti di accesso** alla galleria tecnologica devono essere realizzati e collocati lontani dalla sede stradale in modo da non costituire intralcio alla viabilità durante le operazioni di manutenzione. Si devono realizzare, inoltre, aperture atte a consentire l'inserimento e l'estrazione dei componenti più voluminosi (come, per esempio, tubazioni rigide).

#### **1.4. Cunicoli non praticabili e canalette**

Il cunicolo tecnologico è un'infrastruttura atta a contenere più servizi tecnologici, simile alla galleria ma con dimensioni minori. È una struttura dotata di chiusura mobile carrabile disposta sul piano di calpestio, facilmente ispezionabile ma non percorribile dagli operatori. Può essere realizzata con i medesimi materiali della galleria. Le dimensioni esterne, nel caso di struttura rettangolare, vanno da 130 x 90h fino a 190 x 110h. Oggi esistono sul mercato cunicoli di distribuzione di servizi primari costituiti da elementi prefabbricati in C.A.V. con soletta di copertura, aventi spessori ed armatura tali da assolvere la funzione statica per carichi derivanti da impiego sotto strade di 1° categoria. I prefabbricati presentano lunghezze non inferiori a 2 metri; platea di fondo sagomata e pendenza verso il centro pari al 2‰; pareti laterali predisposte con vani a frattura prestabilita per l'innesto di future diramazioni e sono muniti di punti d'aggancio per la movimentazione ed il collocamento in opera. Lo spessore minimo generalmente non è inferiore a cm 16. Entrambe le pareti sono dotate di 4 + 4 boccole filettate, annegate nel calcestruzzo in fase di getto, per l'ancoraggio della carpenteria metallica a sostegno delle canalizzazioni.

La realizzazione dell'infrastruttura prevede pertanto:

- lo scavo,
- il trasporto a rifiuto del materiale di risulta,
- la formazione del magrone di fondazione,
- il collocamento in opera del cunicolo con l'esecuzione delle giunzioni di sigillatura, comprese le opere di protezione antinfortunistiche in attesa del posizionamento delle solette di copertura.

In fase progettuale, la scelta del percorso deve tenere in considerazione la presenza di alberature per evitare interferenze con l'apparato radicale e quindi optare per la coesistenza tra il sistema arboreo ed il manufatto. I cunicoli possono essere anche realizzati in opera in calcestruzzo o in muratura.

##### *1) Cunicolo di cls realizzato in opera su canaletta sagomata in lamiera o in materiale plastica.*

Questo tipo di cunicolo è costituito da una platea di calcestruzzo su cui viene posata la tubazione, e da un voltino in calcestruzzo sostenuto da una canaletta sagomata in lamiera dello spessore minimo di 1,5 mm o in materia plastica dello spessore, variabile in relazione ai diametri, da un minimo di 1,3 mm ad un massimo di 2,5 mm. La canaletta sagomata deve essere tenuta distanziata dalla tubazione, in modo da assicurare una opportuna intercapedine. Nel cunicolo realizzato su canaletta in lamiera, analogamente a quanto previsto per i tubi di protezione, tale intercapedine viene ottenuta mediante apposizione sulla tubazione di corone di distanziatori isolanti a collare. In cunicolo realizzato su canaletta in materia plastica, l'intercapedine viene ottenuta mediante idonea sagomatura della canaletta stessa e mediante posizionamento sulla platea di tasselli isolanti in materia plastica, posti ad una

distanza non superiore ad 1 m l'uno dall'altro. Il cunicolo deve essere suddiviso in tratte della lunghezza massima di 150 m mediante la realizzazione di opportuni setti di separazione. Ciascuna tratta di cunicolo deve disporre almeno di una canalizzazione di sfiato analogamente a quanto previsto per il tubo di protezione.

## 2) *Cunicolo in muratura*

Questo tipo di cunicolo può essere adottato in alternativa al precedente. Esso è costituito da una platea in calcestruzzo e da due muretti di contenimento che possono essere realizzati sia in calcestruzzo che in mattoni forti. In quest'ultimo caso, l'intervento del cunicolo deve essere intonacato con malta di cemento onde assicurare un'adeguata tenuta al manufatto. La copertura deve essere realizzata con lastre in calcestruzzo armato a 350 kg/m<sup>3</sup> e sigillata con malta di cemento. La condotta deve essere messa in opera su un letto di sabbia e successivamente l'intero cunicolo riempito con un misto di sabbia e ghiaia con argilla espansa in granuli o altro materiale equivalente. Anche per questo tipo di cunicolo devono essere previsti setti di separazione a distanza non superiore a 150 m e ciascuna tratta deve disporre di almeno una tubazione di sfiato.

Le canalette sono le infrastrutture di allacciamento dei servizi all'utenza e rappresentano il livello di infrastrutturazione inferiore. Sono di dimensione limitata e si sviluppano per brevi tratti. Le dimensioni e le modalità di posa e di allacciamento sono scelte in base alle caratteristiche urbane e di uso delle strutture civili e lavorative presenti.

## 1.5. Tubi di protezione

Negli attraversamenti di ferrovie e di strade di grande comunicazione (autostrade, strade S.S. o S.P.), intercapedini e altri servizi, le tubazioni (del gas, dell'acqua, del refluo in pressione) devono essere protette con tubi di acciaio o di P.V.C. di opportuno diametro. Le tubazioni dovranno essere posate nei tubi di protezione con distanziatori isolanti in plastica, e messe in opera in modo da garantire che non si verifichino contatti tra la tubazione e il tubo di protezione. L'intercapedine fra condotta e tubo di protezione nella parte inferiore non deve essere minore di 2 cm e nella parte superiore deve essere compresa tra 6 e 14 cm. La condotta deve essere tenuta centrata da una corona di tasselli di legno opportunamente trattati con sostanze conservative, oppure con tasselli realizzati con materiale plastico o da collari di distanziatori isolanti di materiale plastico. I distanziatori devono essere posti in opera a distanza non superiore a 2 m e, nel caso di distanziatori in legno, ogni corona deve essere formata da almeno 4 tasselli. Il tubo di protezione deve essere chiuso alle estremità con fasce di neoprene od altro materiale equivalente tenuto in posto da fasce metalliche, oppure con fasce termorestringenti di polietilene od altro materiale equivalente, con un sigillo di calcestruzzo. Per le condotte del metano, il tubo di protezione deve avere, ad almeno una delle due estremità, un tubo di sfiato di diametro non inferiore a 30 mm, posizionato in modo da evitare la formazione di sacche di gas.

## 1.6. Cavidotti e Polifore

La Polifora è un manufatto in calcestruzzo costituito da più fori per l'alloggiamento delle canalizzazioni in PEAD destinate alla posa di cavi dell'energia elettrica e/o telecomunicazioni (cavidotti). La polifora può presentare un solo foro grande (per contenere tutti i cavidotti sostenuti da una staffa a "U" in Fe 360) oppure più fori (uno per ogni tubo).

La realizzazione dell'infrastruttura prevede pertanto:

- lo scavo,
- il trasporto a rifiuto del materiale di risulta,



- la formazione del magrone di fondazione,
- il collocamento delle tubazioni fissate e distanziate tramite staffe
- il getto del calcestruzzo in cui annegare le tubazioni;
- il rinterro e la pavimentazione.

Esistono in commercio collari distanziatori per cavidotti che permettono di:

- preservare l'integrità del cavo;
- facilitare l'inserimento dei cavi nelle condutture;
- posizionare mazzi di cavi ausiliari in modo uniforme nella sezione della condotta, evitando attorcigliamenti.

Le infrastrutture tipo polifore devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) essere realizzate, in via prioritaria, con tecnologie improntate al contenimento dell'effrazione della sede stradale e delle relative o annesse pertinenze;
- b) essere provviste di dispositivi o derivazioni funzionali alla realizzazione degli allacciamenti con gli edifici circostanti, coerentemente con le norme tecniche UNI - CEI;
- c) essere completate, ove allocate in prossimità di marciapiedi, entro tempi compatibili con le esigenze delle attività commerciali o produttive locali;
- d) essere strutturate, in dipendenza dei potenziali servizi veicolabili, come cunicoli dotati di plotte scoperchiabili, abbinata a polifore;
- e) essere realizzate, ove si debba ricorrere al tradizionale scavo aperto, con criteri improntati al massimo contenimento dei disagi alla viabilità ciclo-pedonale e veicolare. A tale fine, così come indicato dalle «Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle strade urbane» del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR), ai fini delle presenti disposizioni per i marciapiedi a servizio delle aree urbanizzate, deve essere considerata una larghezza minima di quattro metri sia per le strade di quartiere che, possibilmente, per quelle di scorrimento.

Date le sue caratteristiche e le ridotte dimensioni dei tubi che accolgono le reti energetiche e di telecomunicazioni, la polifora si presenta come struttura non percorribile dal personale. Tuttavia la disponibilità di canalizzazioni multiple e la presenza delle camerette intermedie interrato disposte ogni 50 metri, facilitano gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

## 2. SPECIFICHE TECNICHE DI POSA

### 2.1. Tubazioni Idriche

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, correlate a vincoli di natura topografica (valico) o ad insufficienza di carico piezometrico sul suolo (pressione sul piano campagna inferiore a 2÷3 m), richiedono 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÷0,70 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 roccia, da eseguirsi con martello demolitore o, al limite, con esplosivo, richiede sempre, indipendentemente dal materiale delle tubazioni, la regolarizzazione del fondo tramite la formazione del letto di posa realizzato o con il materiale di scavo, opportunamente vagliato, ovvero con sabbia di cava o di fiume. La presenza dell'elemento di transizione (il letto) tra tubazione e fondo scavo di roccia, assicura la continuità dell'appoggio e, nel caso di condotte metalliche, impedisce la scalfittura dei rivestimenti, bituminosi o plastici, protettivi. Il letto di posa è necessario anche per trincee scavate in materiali alluvionali o detritici grossolani.

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, ricalzando i tubi, lateralmente e superiormente, fino ad uno spessore di 20 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. Il rinterro dovrà risultare leggermente emergente sul piano campagna per compensare eventuali successivi assestamenti. Nel caso in cui lo scavo interessi attraversamenti stradali, occorre ripristinare l'originaria pavimentazione (sottofondo, binder e tappetino di usura ). 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 i seguenti punti:

- 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.

## 2.2. Tubazioni fognarie

Anche 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. Le rare applicazioni sono limitate a brevi condotte di mandata di impianti elevatori.

I tubi in ghisa presentano una limitata resistenza alla corrosione; pertanto in ambienti di posa particolarmente aggressivi le tubazioni vengono interrate avvolte con guaine di polietilene. La resistenza all'urto ed all'abrasione è condizionata dalla resistenza del rivestimento interno dei tubi di ghisa sferoidale realizzato con malta cementizia. Le caratteristiche idrauliche delle tubazioni di ghisa sferoidale, legate al rivestimento cementizio interno, sono buone. Il giunto è a bicchiere con tenuta garantita da guarnizione di gomma. La posa in opera è condizionata dal peso elevato delle tubazioni. Il tubo, rigido, non richiede particolari prescrizioni per il letto di posa e per il rinfiacco.

I tubi di calcestruzzo prefabbricati a sezione policentrica ovoidale e mistilinea vengono realizzati con getto di calcestruzzo entro forme verticali vibranti. Per i tubi realizzati con getto in opera, si utilizzano casseforme metalliche sagomate secondo le sezioni tipiche adottate nelle reti di fognatura. I cementi impiegati sono di vario tipo, portland, ferrici, pozzolanici, d'alto forno, con resistenza caratteristica a 28 giorni pari a 325 kg/cm<sup>2</sup>. Per ambienti di posa molto aggressivi è necessario prescrivere cementi idonei. La resistenza dei calcestruzzi all'aggressione da parte di sostanze acide ed alcaline è modesta così come la resistenza all'urto e all'abrasione. Per tale ragione le canalizzazioni di calcestruzzo di regola sono realizzate con tubi rivestiti nella zona inferiore a contatto con i liquami con fondello e

mattonelle di gres. L'utilizzo diffuso dei tubi di calcestruzzo nel campo delle fognature è dovuto, oltre al basso costo, al fatto che gli effetti dell'aggressività da parte dell'ambiente di posa si manifestano in tempi lunghi, dato il notevole spessore delle tubazioni, malgrado l'elevato peso che, associato alla limitata lunghezza dei tubi, 1,0-2,0 m, ne rendono lente le operazioni di posa.

I tubi CPC (materiale composito Polimeri e Cemento), caratterizzati da elevata compattezza, presentano una buona resistenza nei confronti degli ordinari agenti aggressivi, acidi ed alcalini, del terreno di posa e delle acque di fogna. Analogamente ai tubi di calcestruzzo sussiste il rischio di aggressione da parte dell'acido solforico. La resistenza delle tubazioni agli urti, data la intrinseca fragilità del prodotto, è molto bassa. La resistenza all'abrasione, di contro, è notevole data la già richiamata elevata compattezza. La tecnologia di produzione delle tubazioni di CPC assicura una superficie interna liscia e poco porosa.

I diametri dei tubi di calcestruzzo variano da 500 mm a 3500 mm. Dato il notevole peso, la lunghezza è limitata e, per i diametri maggiori, non supera i 3 m. Il tipo di giunto caratteristico delle tubazioni di calcestruzzo è il giunto a bicchiere, ottenuto durante la fase di costruzione del tubo, con guarnizione di gomma sintetica. L'estremo interessato dal bicchiere viene opportunamente rinforzato sia con aumento dello spessore sia con rinforzo dell'armatura. I pezzi speciali delle tubazioni C.A.O. e C.A.P. (Cemento Armato Ordinario e Cemento Armato Precompresso), di norma in acciaio, sono realizzati per saldatura di elementi ottenuti da canne dritte o da fogli di lamiera opportunamente tagliati, sagomati e saldati.

La posa in opera delle tubazioni di gres ceramico è condizionata dalla fragilità del materiale e dalla delicatezza del giunto di poliuretano. È sempre necessaria la realizzazione del letto di posa delle tubazioni ottenuto con sabbia o con aridi granulari. Le prestazioni idrauliche, data la superficie interna del tubo liscia, sarebbero elevate se non risultassero condizionate dall'elevata frequenza di giunti che, in genere ostativo per la celerità di posa, torna a tutto vantaggio in presenza di tracciati tortuosi che si sviluppano entro strade strette. Il giunto è a bicchiere con tenuta idraulica garantita da guarnizione prefabbricata e solidale al tubo realizzata con resina poliuretana.

Le tubazioni in PVC trovano ampia applicazione nella realizzazione di fognature, sia miste che separate. Nel campo delle fognature il giunto usuale è a bicchiere con tenuta assicurata da guarnizioni elastomeriche. Data la flessibilità delle tubazioni, queste non sono in grado di sostenere da sole i carichi verticali del rinterro e veicolari. Per evitare deflessioni elevate, l'Istituto Italiano Plastici (IIP) raccomanda la posa su letto e con rinfianco realizzati con materiale arido compattato. È pratica corrente avvolgere completamente le condotte di PVC con getto di calcestruzzo sia in presenza di carichi esterni notevoli, sia quando si è in presenza di falda.

Le tubazioni in PEAD, benché simili alle tubazioni di PVC, sono raramente utilizzate nelle fognature. Il materiale ha un marcato comportamento viscoelastico e le deformazioni, sotto carico costante, aumentano con il tempo. La resistenza chimica del PEAD, notevole a temperatura ambiente, dipende dallo stato di sollecitazione e diminuisce in presenza di elevati allungamenti (stress corrosion). L'effetto combinato dell'invecchiamento e della stress corrosion è la causa della comparsa di fessurazioni sulla calotta e sul fondo delle tubazioni. Il PEAD, a volte, viene mangiato dai ratti.

Le tubazioni in PRVF (Poliestere Rinforzato con Fibre di Vetro) presentano una resistenza chimica notevole anche ad elevate temperature. La resistenza all'urto ed all'abrasione è molto elevata. Le caratteristiche idrauliche del tubo di PRVF sono quelle di tubo liscio.

### 2.3. Tubazioni del calore

La tubazione del calore può essere posata:

- in cunicolo ispezionabile costituito da un elemento prefabbricato in cemento armato, con funzione di copertura, appoggiato ad una soletta di fondo, gettata in opera coi muretti laterali di sostegno;
- in cunicolo non ispezionabile, costituito da elementi prefabbricati in cemento armato, di dimensioni tali da contenere due tubi coibentati;
- in guaina, con giunto a manicotto dotato di guarnizioni, generalmente per tubazioni fino a DN 250.

Tutte le soluzioni devono prevedere un sistema di impermeabilizzazione ed essere in grado di sopportare i carichi esterni. Le pendenze di cunicoli e guaine devono essere almeno del 2% per permettere un buon drenaggio in caso di infiltrazioni d'acqua.

Per gli spostamenti longitudinali e trasversali dei tubi, dovuti alle dilatazioni termiche, è necessario prevedere supporti di vario tipo:

- ad attrito per piccole tubazioni;
- con rulli semplici o doppi;
- con pattini di teflon o grafite;
- a scorrimento per evitare carichi di punta in prossimità dei giunti di dilatazione.

Dopo l'elettrosaldatura delle barre della tubazione di servizio e la sua verniciatura con vernici antiruggine, si può procedere al controllo della qualità delle saldature (es. radiografia) e quindi all'applicazione della lana minerale sotto forma di coppelle preformate o di materassino e alla fasciatura esterna. Successivamente si può procedere alla copertura del cunicolo o all'infilaggio delle tubazioni entro le guaine. Le tubazioni di tipo precoibentato, in acciaio, in ghisa sferoidale, in vetroresina o in materiale plastico possono essere posate direttamente nello scavo. La profondità della posa deve essere tale da assicurare una distanza pari a 600 mm circa tra livello del terreno e punto più alto del rivestimento esterno del tubo. Dove non è possibile rispettare tale valore, la tubazione viene protetta con lastre di cemento o con sistemi analoghi. È opportuno che le due tubazioni (andata e ritorno) vengano posate alla stessa profondità, così da semplificare l'esecuzione degli allacciamenti. Il fondo dello scavo viene livellato con uno strato di sabbia fine, di circa 150 mm, debitamente costipata. Dopo la posa, i tubi devono essere coperti con sabbia priva di pietre fino a raggiungere uno spessore di 300 mm al di sopra del tubo.

## **2.4. Tubazioni del gas**

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

- a) prelevamento dei tubi dalle cataste, loro sfilamento a piè d'opera e loro allineamento lungo lo scavo;
- b) saldatura dei tubi di acciaio e di polietilene, giunzione dei tubi di ghisa;
- c) inserimento di raccorderia e di accessori;
- d) eventuale costruzione di pezzi speciali;
- e) rivestimento delle giunzioni, degli accessori e dei tratti danneggiati di tubazioni di acciaio;
- f) posa in opera delle tubazioni sul fondo dello scavo opportunamente predisposto;
- g) posa di rete di segnalazione e di appositi localizzatori, per segnalare la posizione delle tubazioni;
- h) costruzione di opere di protezione in genere, quali cunicoli di calcestruzzo;
- i) esecuzione di attraversamenti stradali, ferroviari e di corsi d'acqua su ponti o subalvei e relativi intubamenti;

- j) posa in opera di cassette di derivazione o di controllo per la protezione elettrica delle tubazioni di acciaio;
- k) stesura, posa e protezione di cavi per impianti di protezione catodica e di messa a terra;
- l) esecuzione delle prove di isolamento elettrico sulle tubazioni di acciaio;
- m) eventuali controlli non distruttivi e distruttivi su campioni delle saldature in genere;
- n) esecuzione delle prove di tenuta;
- o) collegamento degli allacciamenti alle tubazioni stradali;
- p) posa in opera di tubazioni non interrate (come sottocolonne, colonne montanti, diramazioni di utenza) e relative zanche di sostegno;
- q) posa in opera di mensole unificate, raccorderia, piani di appoggio, basamenti metallici per attacco e sostegno di contatori gas;
- r) 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 sopra riportata. 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. Anche nel caso in cui, come disposto dal DM 24-11-84, l'Amministrazione Locale dovesse prevedere, in un eventuale Regolamento del Sottosuolo, la possibilità di posare le condotte ad una profondità inferiore a 0,50 m, una profondità di interrimento minore della normale è consentita purché si provveda alla protezione della condotta con speciali strutture, analoghe a quelle di cui al paragrafo precedente. 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.

Nella posa di condotte di 4° e 5° Specie in parallelismo con fabbricati isolati o gruppi di fabbricati si devono osservare, in relazione alle condizioni di posa indicate nel seguito, le seguenti distanze di sicurezza:

- Categoria di posa A : 2 m;
- Categoria di posa B e C : 1 m;
- Categoria di posa D: nessuna prescrizione.



Per le tubazioni di acciaio con diametro non superiore a DN 40 ( $De = 48,3$  mm) destinate all'alimentazione dei fabbricati, in derivazione dalle condotte principali, non vengono prescritte distanze di sicurezza a condizione che i tubi non entrino nel fabbricato ed il loro spessore sia calcolato in base alla pressione massima di esercizio aumentata del 25%.

Ai fini dell'applicazione delle distanze fissate sono contemplate le seguenti condizioni di posa delle tubazioni:

- Categoria A - Tronchi posati in terreno con manto superficiale impermeabile, intendendo tali le pavimentazioni di asfalto, in lastroni di pietra e di cemento ed ogni altra copertura naturale o artificiale simile. Si considerano rientranti in questa categoria anche quei terreni nei quali all'atto dello scavo di posa si riscontri in profondità una permeabilità nettamente superiore a quella degli strati superficiali.
- Categoria B - Tronchi posati in terreno sprovvisto di manto superficiale impermeabile, purché tale condizione sussista per una striscia larga almeno due metri e coassiale alla tubazione. Si considerano rientranti in questa categoria anche quei terreni nei quali, all'atto dello scavo di posa, si riscontri in profondità una permeabilità inferiore o praticamente equivalente a quella degli strati superficiali.
- Categoria C - Tronchi della Categoria A nei quali si provveda al drenaggio del gas costituendo al di sopra della tubazione, e lungo l'asse di questa, una zona di permeabilità notevole e comunque superiore a quella del terreno circostante, proporzionata al diametro della condotta, mediante ghiaia, mattoni forati, spezzoni di tubi e simili, e collocando in tale zona dispositivi di sfiato verso l'esterno alla distanza massima di 150 m l'uno dall'altro e protetti contro l'intasamento. Ogni tronco drenato della lunghezza massima di 150 m deve essere chiuso alle due estremità da un setto impermeabile di terreno compatto che costituisca interruzione del drenaggio; tanto da un lato quanto dall'altro dell'interruzione deve essere previsto uno sfiato.
- Categoria D - Tronchi contenuti in tubi o manufatti speciali chiusi in muratura o cemento, lungo i quali devono essere disposti diaframmi a distanza opportuna e dispositivi di sfiato verso l'esterno. Detti dispositivi di sfiato devono essere costruiti con tubi di diametro interno non inferiore a 30 mm e posti alla distanza massima di 150 m l'uno dall'altro, protetti contro l'intasamento.

Non sono previste distanze minime di sicurezza per la posa di condotte di 6° e 7° Specie.

## 2.5. Cavi elettrici e cavi di TLC

La posa sotterranea dei cavi deve esser 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 possono essere in PVC serie pesante, in acciaio non legato FE33 serie normale secondo le tabelle UNI 3824 (del tipo senza saldatura) o in acciaio zincato a caldo esternamente ed internamente secondo le tabelle UNI 5745 (con verifica dell'aderenza degli strati di zincatura). Le tubazioni possono avere diametro da 1/2" a 3" . La calza esterna di rivestimento deve essere in neoprene o materiale plastico liscio, aderente alla parete, di tipo autoestingente, antinvecchiante, resistente all'abrasione, all'usura e alla resistenza ai solventi, alla salsedine e oli, e dovrà resistere a sollecitazioni termiche da  $-15$  °C a  $+70$  °C. Il coefficiente di riempimento massimo ammesso da parte dei cavi non deve superare il 50 %. Il raggio di curvatura non deve essere di norma inferiore a 8 diametri. 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, nipli, riduzioni a bicchiere e a nipplo, 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. Al fine di consentire un'agevole posa dei cavi è prevista la posa di pozzetti in CLS provvisti di chiusini in ghisa sferoidale posizionati lungo la tubazione (ad una distanza reciproca massima di 30 metri nei tratti rettilinei), nei cambi di direzione e in corrispondenza delle derivazioni ai centri luminosi. I pozzetti dovranno avere dimensioni tali da permettere l'infilaggio dei cavi rispettando il raggio minimo di curvatura ammesso (almeno 12 volte il diametro del cavo). Le dimensioni dei pozzetti dipendono dalle sezioni di cavo utilizzate.

I cavi devono essere posati in modo da essere protetti da danneggiamenti in condizioni normali d'esercizio. Per quanto possibile, i cavi ad alta tensione vanno posati in modo da risultare separati da quelli a bassa tensione e dai cavi di comando e a corrente debole. Le linee in cavo direttamente interrato devono presentare una resistenza meccanica adattata alla natura del letto di posa.

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

- a. almeno pari a 0,4 m per i cavi a corrente debole;
- b. almeno pari a 0,6 m per i cavi a bassa tensione;
- c. almeno pari a 0,8 m per i cavi ad alta tensione.

Laddove le profondità di interramento non possono essere rispettate, vanno prese misure protettive supplementari, in particolare contro i danni meccanici. La protezione dei cavi a corrente forte deve essere ricoperta in ogni caso da uno strato di terreno almeno pari a 0,4 m. I tubi di protezione metallici devono essere messi a terra. I cavi a bassa tensione posati in superficie negli impianti a corrente forte non devono avere involucri conduttori. L'inserimento di conduttori a bassa tensione di segnalazione, di misurazione e di comando, all'interno dei cavi ad alta tensione è ammesso a condizione che essi presentino una isolamento sufficiente e non esercitino nessuna importante funzione di protezione o di sicurezza. 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.

### 3. TECNOLOGIE DI REALIZZAZIONE DELLE LINEE

#### 3.1 Scavo a cielo aperto

Le tecniche tradizionali di posa delle tubazioni prevedono l'esecuzione di scavi a sezione obbligata; si tratta di scavi eseguiti a diverse profondità, in terreno di qualsiasi natura e consistenza (compresa la roccia demolibile), con i normali mezzi di scavo, in presenza di acqua o meno, per posa tubazioni, interventi su tubazioni esistenti, per costruzione manufatti o simili. Possono interessare percorrenze in terreno naturale, zone urbane o extraurbane, su suolo pubblico o privato, e comportare oneri particolari dovuti alla rottura del manto stradale, all'esistenza di servizi sotterranei e al traffico veicolare. Una volta posata la tubazione si esegue il rinterro, ovvero l'insieme delle operazioni relative al riempimento degli scavi con materiale idoneo. Successivamente si procede al ripristino delle pavimentazioni, ovvero all'insieme delle operazioni necessarie per riportare, dopo gli scavi e i rinterri, la sede stradale e la relativa pavimentazione nelle condizioni in cui si trovava prima dell'inizio dei lavori.

Gli scavi per la posa o manutenzione di tubazioni comprendono di norma le seguenti operazioni:

- a) l'individuazione dei servizi sotterranei esistenti anche mediante assaggi;
- b) l'eventuale rimozione di masselli, cordoli, pavimentazioni, ecc.;
- c) l'eventuale apertura della pista per l'accesso e/o l'esecuzione dei lavori;
- d) l'eventuale sgombero della striscia di terreno sulla quale dovranno essere interrati le tubazioni;
- e) l'eventuale scavo per l'esecuzione di attraversamenti, pozzetti, camerette, ecc.;
- f) l'esecuzione delle sbadacchiature e delle opere provvisorie necessarie.

Prima dell'esecuzione dello scavo si devono individuare sul terreno tutti i servizi che possono essere interessati dallo scavo ed eseguire poi il tracciato dello stesso, sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che i servizi individuati risultino il meno possibile interessati dallo scavo. Non si deve in alcun caso manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo. Il taglio delle pavimentazioni bitumate deve essere eseguito con adeguata attrezzatura tagliasfalto, prima di iniziare qualsiasi opera di demolizione, in modo da evitare sbrecciamenti e danni alla pavimentazione. Il disfacimento delle pavimentazioni bitumate può essere eseguito con martelli demolitori di tipo idraulico o pneumatico o direttamente con escavatore. La pavimentazione demolita non deve avere, di norma, una larghezza superiore a 20 cm totali rispetto a quella dello scavo. Per evitare franamenti delle pareti dello scavo per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti, si deve provvedere, se necessario, ad effettuare idonee opere provvisorie a sostegno delle pareti dello scavo. Il sostegno delle pareti deve essere realizzato ogni qualvolta lo scavo ha profondità maggiore o uguale a 2 m. Deve inoltre essere realizzato quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti e alle specifiche condizioni esistenti, per profondità di scavo maggiori di 1,5 m. Gli scavi aperti devono essere protetti con appositi sbarramenti e segnalati.

Si deve provvedere alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, eventualmente scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi; analogamente, si deve provvedere alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fuggatori, scoline, ecc.; il tutto senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori. In ogni caso i tubi destinati alla costruzione delle reti dei sottoservizi non devono essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura anche provvisoria di fossati. Per la posa dei cavidotti si ricorre alle tecniche di microtrincea/minitrincea.

Minitrincea: è una tecnica utilizzata per la posa di cavidotti su strade periferiche o lungo le provinciali. Consiste in:

- esecuzione di fresatura stradale con larghezza di 15 cm e profondità massima di 40 cm;
- posa dei cavidotti;
- riempimento con miscela cementizia.

Microtrincea: è una tecnica utilizzata per eseguire cablaggi provvisori e garantire l'attivazione di clienti con esigenze di urgenza. Prevede l'esecuzione di una microfresatura sull'asfalto per posare direttamente un particolare cavo di fibra ottica.

Entrambe le tecniche presentano il vantaggio di una rapida esecuzione e di uno scavo limitato alla fresatura. Gli svantaggi consistono nel fatto che la fresatura non si omogeneizza con il resto dell'asfalto e che sono eseguibili solo su tratti extraurbani o in terreno privato.

### **3.2. Tecniche "NO-DIG": generalità**

Le difficoltà connesse alla realizzazione di cunicoli di servizi e la sensibilizzazione verso le tematiche riguardanti la protezione dell'ambiente urbano, hanno focalizzato l'interesse su tecnologie innovative di derivazione americana che si sono sviluppate parallelamente alle tecniche tradizionali e che da queste differiscono per il limitato utilizzo di scavi a cielo aperto. Queste tecnologie vengono sinteticamente indicate con il termine "NO-DIG" o "TRENCHLESS" (letteralmente "senza scavo") e sebbene siano nate per l'esigenza di attraversamenti di ferrovie e canali, oggi possono essere di aiuto nel mitigare gli impatti dovuti alle inevitabili fasi di posa dei sottoservizi nelle aree urbane: attraverso una attenta progettazione, basata sull'analisi preventiva delle interferenze dell'intervento con le canalizzazioni preesistenti e con l'ambiente circostante, consentono la corretta installazione dei sottoservizi, garantendo, nel contempo, un giusto rapporto tra lavori e ambiente cittadino e il rispetto dei tempi di esecuzione.

Sostanzialmente rispetto alle tecniche tradizionali che richiedono lo scavo di tutto il tracciato della condotta da installare o riparare, la tecnologia NO-DIG richiede solo lo scavo di due pozzetti in corrispondenza dell'inizio e della fine del tracciato su cui si deve intervenire. Le tecniche, pur differenziandosi notevolmente tra di loro per impiego, strumentazione adottata e metodi, presentano caratteristiche comuni che consentono di raggrupparle nelle seguenti macro-categorie:

- Tecniche non invasive per la ricerca e la mappatura dei servizi esistenti;
- Tecniche per nuove installazioni;
- Tecniche per riabilitazione di canalizzazioni esistenti;
- Tecniche trenchless con riuso di infrastrutture esistenti.

Le tecnologie NO-DIG, soprattutto se applicate in ambito urbano, costituiscono una valida alternativa alle tecniche tradizionali per risolvere il problema del giusto equilibrio tra la necessità della realizzazione di servizi interrati e il rispetto dell'ambiente. Il confronto economico con le tecniche tradizionali deve essere fatto di volta in volta, calato sulle singole situazioni puntuali, tenendo anche conto dei costi indiretti, che ricadono sulla società e a cui l'Amministrazione dovrebbe porre la giusta attenzione.

In molte situazioni e contesti realizzativi quali:

- attraversamenti stradali, ferroviari, di corsi d'acqua, ecc.,
- centri storici,
- fiancheggiamenti di strade urbane a traffico elevato o sezione modesta,
- risanamento dei servizi interrati,

- riabilitazione senza asportazioni delle vecchie canalizzazioni, risultano nettamente vantaggiose, soprattutto se si è nella impossibilità tecnico-economica di dotarsi di un cunicolo intelligente.

Infatti, nelle situazioni sopra elencate è necessario operare cercando di ridurre il disagio dei cittadini dovuto alla cantierizzazione, che ha un impatto negativo sia dal punto di vista sociale (aumento del traffico, intralcio delle attività commerciali, ecc) sia sull'ambiente (emissioni di inquinanti, produzione di polveri, ecc.). Un campo di applicazione molto interessante è rappresentato dal ripristino delle condotte in cemento amianto, largamente usate in Italia (migliaia di Km) per l'irrigazione e talvolta anche per l'adduzione e distribuzione di acqua potabile: soprattutto in presenza di acque aggressive, le fibre di amianto costituenti le tubazioni, potrebbero andare in sospensione ed essere inalate con l'irrigazione o ingerite con la distribuzione idropotabile. L'attuale legislazione, pur muovendosi nella stessa direzione delle tecnologie innovative (riuso, recupero, ripristino, mantenimento, minor impatto, ecc.) non è ancora sufficientemente incisiva da permettere la loro affermazione. Tuttavia la quantificazione dei danni ambientali, soprattutto da parte delle Amministrazioni, avrà sempre più peso nella valutazione e scelta delle alternative progettuali, ed è auspicabile che il divario economico tra tecniche tradizionali e NO-DIG diminuisca fino a rendere più vantaggiose queste ultime.

### 3.3. Criteri per gli interventi di manutenzione

Gli interventi di manutenzione dei sottoservizi arrecano disagi nella città quando le tubazioni non sono alloggiare in infrastrutture tecnologiche sotterranee. In assenza di gallerie o cunicoli praticabili le modalità di manutenzione devono essere indirizzate alla minimizzazione dei costi sociali, a partire dall'adozione di tutte le tecnologie disponibili che sono alternative allo scavo "a cielo aperto":

- no-dig technologies: tecnologie a ridotta effrazione della superficie (scavo "a foro cieco");
- trenchless technologies: recupero di preesistenze e reti dismesse.

Ove si debba necessariamente ricorrere al tradizionale scavo "a cielo aperto" è opportuno che il Gestore adotti tutti gli accorgimenti orientati a contenere i disagi alla viabilità ciclopedonale e veicolare e in particolare:

- utilizzare le tecniche innovative di introspezione delle reti nel sottosuolo (quali ricerche con georadar o a ultrasuoni) per localizzare in modo puntuale, rapido e non invasivo i guasti o le rotture;
- accertare preventivamente l'eventuale presenza di altri servizi interrati in corrispondenza del luogo interessato dai lavori. Ciò consentirà di ridurre il rischio di intercettare le tubazioni di altri Gestori e provocare danni;
- utilizzare le moderne tecnologie improntate al contenimento dell'effrazione della sede stradale e delle relative o annesse pertinenze;
- completare i lavori, qualora eseguiti in prossimità di marciapiedi, entro tempi compatibili con le esigenze delle attività commerciali o produttive locali.

I suddetti criteri operativi di intervento devono essere prescritti dall'Amministrazione Comunale cui spetta l'importante compito di sviluppare una programmazione coordinata di tutti gli interventi di posa e di manutenzione; l'obiettivo principale deve essere quello di ridurre il numero di cantieri stradali e disincentivare la continua rottura delle strade.

In base al DPCM 3.3.99:

- i Comuni devono svolgere le funzioni di coordinamento in materia di realizzazione delle opere relative alle reti di servizi, con esclusione degli allacciamenti agli utenti [art. 10, c. 1];
- a tale scopo tutti i soggetti interessati (Comuni, enti e aziende), devono promuovere un'efficace pianificazione con una verifica della copertura finanziaria degli interventi previsti, su base

possibilmente triennale, mediante incontri sistematici per realizzare le necessarie sinergie e conseguire risultati razionali e coerenti con un uso ottimale del sottosuolo, nell'ambito del piano di sviluppo urbano [art. 10, c. 3,].

Una efficace pianificazione da parte del Comune si deve articolare nelle seguenti fasi:

- ogni Gestore è tenuto a presentare all'Amministrazione Comunale (entro definiti margini di anticipo) il programma dei lavori di adeguamento e manutenzione degli impianti che intende svolgere nei mesi successivi;
- il Comune procede ad indirizzare ed armonizzare gli interventi programmati dai Gestori (eventualmente tramite conferenza dei servizi) in un unico piano di sviluppo coordinato che deve essere sottoscritto da tutti i Gestori interessati;
- una volta chiuso il procedimento il Comune non deve rilasciare autorizzazioni per interventi non compresi nel programma approvato, ad eccezione dei casi di emergenza dovuti a rotture improvvise e singoli allacciamenti;
- il programma per ogni singolo intervento deve riportare (oltre le caratteristiche tecnico-esecutive) i tempi di svolgimento articolati: scavi, posa manufatti, rinterrati, ripristini provvisori, ripristini definitivi;
- per ogni strada esposta ad interventi nel sottosuolo l'intervallo di tempo tra la concessione di un'autorizzazione e l'altra deve essere di almeno due anni (fatte salve eventuali deroghe che potranno essere concesse esclusivamente per i casi eccezionali e non programmabili);
- nel caso di richiesta da parte di un Gestore di una manomissione del suolo che interessi longitudinalmente lunghi tratti di strade o intere vie, il Comune deve promuovere una conferenza di servizi per coinvolgere anche gli altri Gestori e valutare la necessità di predisporre alloggiamenti per più sottoservizi.

Per gestire e controllare l'apertura dei cantieri stradali può rivelarsi utile anche l'imposizione di oneri economici che facciano leva su vari parametri da studiare quali:

- superficie del cantiere,
- caratteristiche geometriche della strada (numero corsie, pendenze, curve, etc.);
- traffico (intensità, tipologia, distribuzione oraria);
- pregio della pavimentazione;
- disagio sociale arrecato alla città e agli esercizi commerciali;
- flusso dei servizi pubblici;
- durata dei lavori.

#### **3.4. Segnaletica e rintracciabilità dei sottoservizi**

La rintracciabilità dei sottoservizi si definisce su due livelli:

I) la rintracciabilità su base cartografica si avvale della disponibilità di un SIT funzionale ed aggiornato; il Laboratorio Sottosuolo sta operando in questa direzione nel tentativo di creare una piattaforma di conoscenze omogenee e accessibile a tutti i soggetti interessati (Regione, Province, Comuni, Gestori);

II) la rintracciabilità sul campo si avvale di diversi strumenti quali:

- tecniche investigative del sottosuolo;
- redazione di schede tecniche relative agli interventi effettuati;
- segnaletica di superficie e non.

#### **→ Tecniche investigative del sottosuolo**

Tra le tecniche innovative di introspezione del sottosuolo vale ricordare quella del Georadar, che consente di rilevare i sottoservizi in modo non invasivo.



### → Schede degli interventi effettuati

Ogni Gestore deve fornire preventivamente alla ultimazione dei lavori il rilievo esatto dell'intero tracciato delle tubazioni, corredato di idonea documentazione fotografica e di coordinate rispetto a punti fissi facilmente individuabili in loco, di ogni vertice o punto di discontinuità, necessario per individuare in dettaglio l'intero percorso. A tal fine è opportuno che ogni Comune disponga di appositi moduli (predisposti secondo un modello standard) sui quali i Gestori, al termine di qualsiasi intervento nel sottosuolo urbano, potranno restituire sia l'asbuilt della rete oggetto di intervento, sia un rilievo delle altre infrastrutture emerse all'interno del cantiere stesso. Le informazioni così raccolte, una volta inserite nel sistema cartografico, diventano punti certi di sviluppo della conoscenza del sottosuolo.

### → Segnaletica di superficie e non

La segnalazione della presenza dei sottoservizi può essere effettuato con:

- nastri monitori da posizionare a varie quote all'interno della trincea,
- reti di segnalazione di tubazioni interrato,
- targhe e cartelli verticali,
- targhette in ghisa a livello di pavimentazione stradale.

### *Nastri monitori*

Prima del completamento del rinterro deve essere steso apposito nastro di segnalazione, indicante la presenza della condotta sottostante. Il nastro deve essere steso ad una distanza compresa fra 40 e 50 cm dalla generatrice superiore del tubo per profondità comprese fra 60 e 110 cm, mentre per profondità inferiori alla tubazione, la distanza tra il nastro e la generatrice superiore del tubo dovrà essere stabilita in maniera da consentire l'interruzione tempestiva di eventuali successivi lavori di scavo prima che la condotta possa essere danneggiata. I nastri di segnalazione vengono stampati in modo da poter garantire l'indelebilità delle scritte nel corso degli anni, anche sotto l'azione di acidi, alcali ed organismi presenti nel terreno. Il materiale utilizzato è in genere il polietilene a bassa densità. Sono disponibili nelle versioni standard con spessori da 40 a 150 micron, altezze da 40 a 200 mm, e scritte usuali:

- Attenzione tubo acqua (blu),
- Attenzione Tubo gas (giallo),
- Attenzione cavi elettrici (rosso),
- Attenzione cavi fognature (blu/bianco),
- Attenzione cavi fibre ottiche (rosso),
- Attenzione cavi telefonici (giallo),
- Attenzione tubo teleriscaldamento (rosso).

Ne esistono di due tipi:

- Nastri da interro segnalatori: idonei per la segnalazione di tubature o cavi interrati.
- Nastri da interro rilevatore: sono dotati di fili Inox o fili di Rame o bandina d'Alluminio e sono idonei per la rilevazione di tubature interrato di polietilene o di altri materiali non metallici. Permettono la rilevazione dei percorsi e delle profondità delle tubazioni con apparecchiature a generazioni di impulsi.

### *Reti di segnalazione di condotte interrato*

Le reti di segnalazione sono realizzate accoppiando reti in polietilene HDPE espansa orientato di colore giallo, blu, rosso o verde con i nastri di segnalazione, anche con interposizione di fili inox per la rilevazione di tubazioni plastiche. Le reti hanno uno scopo protettivo. Sono disponibili con altezze standard di 250, 300 e 95 500 mm, in rotoli di lunghezza pari a 250 metri.

Ne esistono di due tipi:

- Reti con Nastro Segnalatore: evitano, segnalandone la presenza, possibili danni alle tubazioni;
- Reti con Nastro Rilevatore: sono idonee per la rilevazione di tubature interrato di polietilene o di altri materiali non metallici. Permettono la rilevazione dei percorsi e delle profondità delle tubazioni con apparecchiature a generazioni di impulsi.

### *Targhette e cartelli*

Altri dispositivi di segnalazione di tratta sono costituiti da TARGHE e CARTELLI da applicare su muro, su palo o su cancellate. Le targhe sono realizzate in materiale plastico e presentano dimensioni standard:

- 100 x 140 mm (acqua e gas)
- 140 x 200 mm (acqua e gas)
- 200 x 250 mm (idranti)

con colorazioni e diciture in accordo alle norme DIN. Sono inoltre personalizzabili con tasselli intercambiabili indicanti il gestore della rete ed eventuali recapiti telefonici.

## 4. SICUREZZA

### 4.1. Scavo a cielo aperto e cantieri stradali

La posa e la manutenzione dei sottoservizi con le tecniche tradizionali richiede l'esecuzione di scavi a cielo aperto (in particolare di scavi a sezione obbligata con notevole sviluppo longitudinale) e, quindi, l'apertura di cantieri stradali. Il cantiere può essere definito come il complesso di impianti, attrezzature, aree di manovra, magazzini, uffici ed eventuali alloggiamenti, necessario per la realizzazione di un intervento infrastrutturale. È un'opera provvisoria, la cui vita è pari alla durata dei lavori. Il cantiere, pur essendo un organismo destinato ad avere un limite di durata nel tempo relativamente breve, comportando un'attività molto intensa e dinamica, deve possedere tutti i requisiti di una buona distribuzione operativa. La sua organizzazione dipende strettamente dall'ubicazione, dall'area a disposizione, dal tipo e dall'entità dell'intervento edilizio e dalle tecniche costruttive previste. Il cantiere si configura come un sistema complesso che richiede una puntuale pianificazione e gestione per garantire un razionale e conveniente processo produttivo e assicurare le condizioni per la salute e la sicurezza dei lavoratori impegnati. Il cantiere deve rispondere ad esigenze di:

- Funzionalità ed efficienza: la programmazione interna deve essere predisposta in modo da ottimizzare la gestione del personale impiegato e i tempi;
- Sicurezza: l'organizzazione del cantiere deve essere realizzata tenendo conto dei fattori di possibile rischio all'interno del cantiere.

La corretta impostazione del cantiere ha grande importanza ai fini della sicurezza e della razionale esecuzione dei lavori. L'impianto del cantiere deve essere basato su alcuni criteri generali concernenti la dislocazione delle zone di lavoro, la sistemazione dell'area e i percorsi interni che risultano applicabili anche nel caso di cantieri per l'infrastrutturazione del sottosuolo. I piani di base sono due:

1. organizzazione del cantiere: fase di organizzazione dello spazio fisico del cantiere;
2. programmazione di lavori: fase in cui viene stabilita la successione temporale delle fasi di lavoro.

Per quanto riguarda la fase di organizzazione del cantiere gli obiettivi di progettazione riguardano:

- La distribuzione degli elementi costitutivi: una volta che è nota l'area del cantiere bisogna distribuire i componenti del cantiere secondo criteri di massima redditività ed operatività;
- La scelta dei mezzi: note le condizioni dell'ambiente e territorio circostante e la natura del lavoro si crea un parco macchine seguendo gli stessi criteri di redditività ed operatività del punto precedente;
- La scelta dei processi operativi: si cerca di individuare le migliori tecniche di lavoro;
- Il coordinamento tra operatività e caratteristiche dell'opera.

La fase di programmazione dei lavori è strettamente correlata alla fase di organizzazione del cantiere. Infatti, per coordinare l'impiego delle risorse disponibili e quindi per programmare l'utilizzo degli uomini, dei mezzi e dei tempi di lavoro, è necessario conoscere i fattori strategici dell'organizzazione e della logistica del cantiere. Per la fase di programmazione dei lavori di un cantiere, un fattore strategico di cui tenere conto sono i tempi contrattuali. Lo sforzo di analisi nella fase di pianificazione deve tendere ad inserire, in modo fisiologico e sostenibile, il cantiere grande e piccolo nella città, nel quartiere e nella strada contenendo al massimo i disturbi e le diseconomie. Il tema del "cantiere stradale" è strettamente correlato ad un discorso di costi sociali in quanto la gestione dei lavori stradali ha chiaramente implicazioni dirette sui costi che la collettività deve sostenere. L'apertura casuale di cantieri ripetuti e scoordinati tra i gestori, per effettuare interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria o per eseguire gli allacciamenti degli utenti alle reti, genera disagi diffusi alla città, di seguito sinteticamente schematizzati:

### **4.3. Sicurezza con le tecniche “No-Dig”**

Una delle soluzioni suggerite dal DPCM 3/3/99 per minimizzare il problema dei lavori sul sedime stradale è rappresentata dall'uso di tecniche innovative senza scavo (No-Dig). Si tratta di tecniche che si sono affermate da pochi decenni in altri paesi europei e negli Stati Uniti che puntano a limitare al massimo gli scavi a cielo aperto evitando intralci e ostacoli alla mobilità pedonale e veicolare. La tecnica senza scavo necessita di una conoscenza dettagliata delle reti nel sottosuolo e della loro topografia di posa. Per gli interventi con tecniche no-dig, le Aziende devono possedere una specifica certificazione che le abiliti ad operare. L'utilizzo di tecniche “no dig” migliorano la prevenzione e realizzano una notevole riduzione, se non l'eliminazione, del rischio più grave: il seppellimento nello scavo. Questa tecnica permette di evitare i problemi tipici dei cantieri nei centri abitati e storici delle città; consente infatti di limitare gran parte dei disagi e di superare agevolmente le difficoltà di tipo geologico, idrogeologico e quelle connesse alla presenza di infrastrutture viarie (ferrovie, strade, ponti, canalizzazioni). Queste nuove tecnologie permettono anche di prolungare la vita delle tubazioni già in opera con operazioni di manutenzione in-situ, senza dover smantellare quanto si trova al di sopra di questi servizi interrati.

### **4.4. Sicurezza nelle gallerie tecnologiche**

Le gallerie ed i cunicoli devono permettere uno svolgimento sicuro dei lavori di manutenzione:

- devono disporre, in particolare, di una buona qualità dell'aria ed essere protetti contro il pericolo di esplosione e di inondazione;
- devono poter essere abbandonati nelle due direzioni. I percorsi di fuga devono essere contrassegnati in prossimità del suolo in modo chiaramente visibile;
- devono essere suddivise in tronchi di lunghezza idonea mediante mezzi tagliafuoco.

L'attivazione di queste tipologie di strutture polivalenti prevede inoltre un monitoraggio in continuo dei parametri relativi alla sicurezza e un monitoraggio della funzionalità dei servizi. Ciò consente di effettuare la programmazione degli interventi di manutenzione per prevenire danni e disservizi. La centrale di supervisione multifunzione deve effettuare un monitoraggio continuo 24 ore su 24 per i seguenti parametri:

- parametri relativi alla sicurezza quali l'accesso alla struttura sotterranea polifunzionale, la presenza di acqua, di gas pericolosi per le persone o le attrezzature, la presenza di fuoco e rilevamento di fenomeni sismici; parametri caratteristici dei servizi presenti, quali la rilevazione di tutti i dati relativi al funzionamento dei sottoservizi alloggiati;
- auto-diagnosi della struttura in termini di ventilazione, infiltrazioni, umidità, manomissioni dolose.

La gestione della struttura riceverà le diverse informazioni e, sulla base dell'elaborazione dei dati, potrà attivare automaticamente le procedure di informazione e di allarme, secondo piani predisposti. In tempo reale, si potrà rilevare il guasto e quindi intervenire o, quanto meno, prendere le precauzioni del caso per non interrompere il servizio.