

# Mappare il sottosuolo

**Renzo Chirulli**  
ingegnere

La conoscenza dei sottoservizi preesistenti ed in genere degli oggetti interrati è spesso caratterizzata da un elevato livello di approssimazione. Alla difficoltà di costruire una base informativa precisa e puntuale si sommano rischi, molto concreti, di danneggiamenti a persone e cose ogni qualvolta si apre un cantiere. Vediamo le tecnologie maggiormente in uso per ricostruire la mappa del sottosuolo.

## Fattori di rischio

È opportuno chiarire cosa si intenda per rischio, o meglio ancora quali sono i fattori di rischio che si configurano ogni qual volta si interviene nel sottosuolo; questi sono in particolare:

- 1) danneggiamento di sottoservizi e strutture già presenti nel sottosuolo, dal quale può scaturire il:
- 2) danneggiamento alle persone, alle cose e all'ambiente per l'insorgenza di condizioni pericolose (deflagrazioni, correnti elettriche, sversamenti di sostanze inquinanti o tossiche, ecc.)
- 3) esposizione del personale di cantiere ad ambienti nocivi
- 4) danneggiamento o distruzione di reperti archeologici

Questi fattori di rischio sussistono indipendentemente dalla modalità esecutiva impiegata Open-Cut (ovvero tradizionali scavi a cielo aperto) o No-Dig (ovvero limitato o nullo ricorso agli scavi a cielo aperto), e la probabilità che tali rischi si concretizzino in danni ed incidenti è inversamente proporzionale alla quantità e qualità di informazioni di cui si dispone sul sottosuolo nel quale si va ad operare.

Oggi, a discapito degli elevati livelli di sicurezza che certe normative in vigore vorrebbero garantire (specie in tema di sicurezza sul lavoro), l'approccio con il sottosuolo, ed in particolare la conoscenza di ciò che esiste nel sottosuolo a livello di sottoservizi preesistenti ed altre strutture, ed in generale, di oggetti interrati, è ancora dominato da metodiche e modalità estremamente approssimative ed empiriche.

1. La detezione e la mappatura dei sottoservizi e delle strutture interrate esistenti nel sottosuolo urbano sono operazioni che richiedono strumenti d'indagine dedicati a tale utilizzo

Una delle attività fondamentali e propedeutiche a tutte le operazioni di tipo No-Dig è la mappatura del sottosuolo, intesa come quel complesso integrato di indagini finalizzate alla definizione dei caratteri morfologici, geometrici, strut-

turali e geologico-geotecnici del sottosuolo.

Questo tipo di base informativa è fondamentale affinché un progetto di tipo No-Dig possa diventare esecutivo, potendo conseguire obiettivi di sicurezza (abbattimento del rischio), efficienza tecnica ed economica.



### La base informativa

La base informativa fondamentale è limitata molto spesso alle sole cartografie degli enti gestori o a sommari rilievi di superficie, con il risultato che si verificano spesso incidenti causati ad esempio da escavatori al lavoro che tranciano o dan-

neggiano accidentalmente cavi e tubi presenti nel sottosuolo. Di quanto poi accada, o possa accadere ad eventuali reperti archeologici o ipogei presenti nel sottosuolo, ne resta spesso una traccia ancora più labile, proprio perché non esiste alcun controllo preliminare alle operazioni

esecutive, che aiuti a determinare, con maggiore certezza, cosa c'è in sostanza nel sottosuolo.

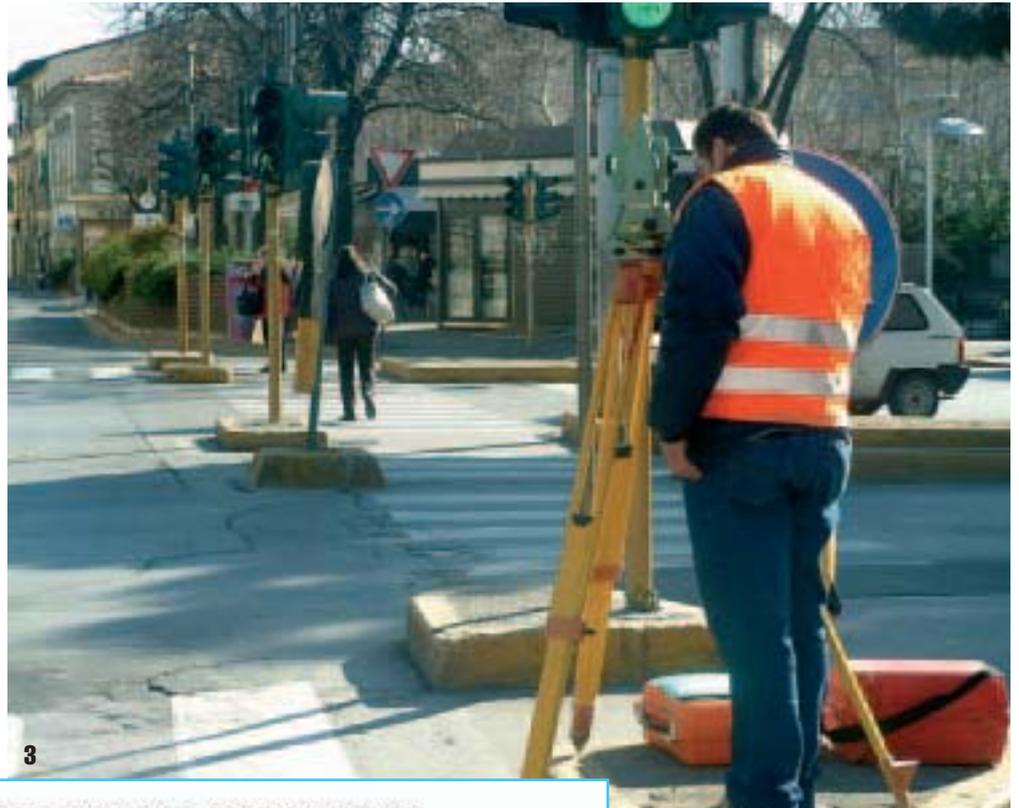
Questo tipo di approccio se è insoddisfacente e rischioso operando a cielo aperto (quindi con scavi in modo tradizionale) lo è ancora di più quando si opera con



2. Un sistema radar RIS2k/MF per la detezone e mappatura di servizi interrati (per gentile concessione della IDS Spa)

3. Case history 1,  
Firenze:  
una fase  
dei rilievi  
di superficie

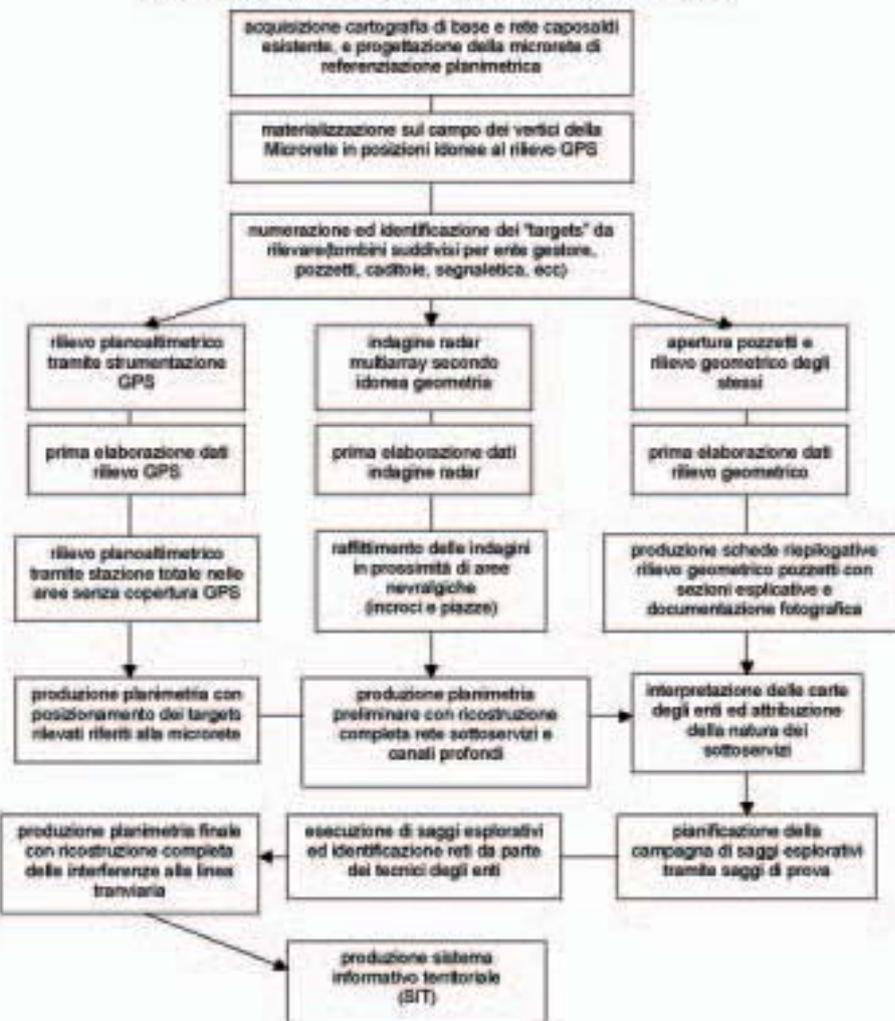
4. Case history 1,  
Firenze:  
flow chart  
del progetto  
d'indagine



3

4

## 1° CASE HISTORY - FLOW CHART - INDAGINE FIRENZE



modalità di tipo No-Dig poiché in tal caso è di fatto impedita qualsiasi possibilità di “vedere” direttamente cosa c’è nel sottosuolo.

Questo è particolarmente critico quando si tratta di effettuare nuove installazioni di tubazioni o cavi interrati, ad esempio mediante directional drilling (perforazione orizzontale controllata). Quando si opera ad esempio in area urbana, l’interferenza con reti interrate preesistenti è una certezza. Sarebbe impensabile in questi casi basare la progettazione esecutiva, ed ancor meno l’esecuzione, su informazioni approssimative o incomplete. Purtroppo non sempre questa consapevolezza ha caratterizzato l’operato anche di importanti stazioni appaltanti, con il risultato che non solo si sono verificati incidenti spesso molto gravi, ma che tutto ciò ha ingenerato l’idea erronea che tali incidenti fossero conseguenti a limiti intrinseci delle tecnologie No-Dig. Ovviamente nulla di più errato.

Per questo motivo negli ultimi dieci anni è stato dato un forte impulso allo sviluppo di tecnologie che fossero in grado di localizza-

re e quindi mappare gli “oggetti” presenti nel sottosuolo, come sottoservizi, strutture interrante, ipogei, reperti archeologici, ordigni inesplosi, ecc.

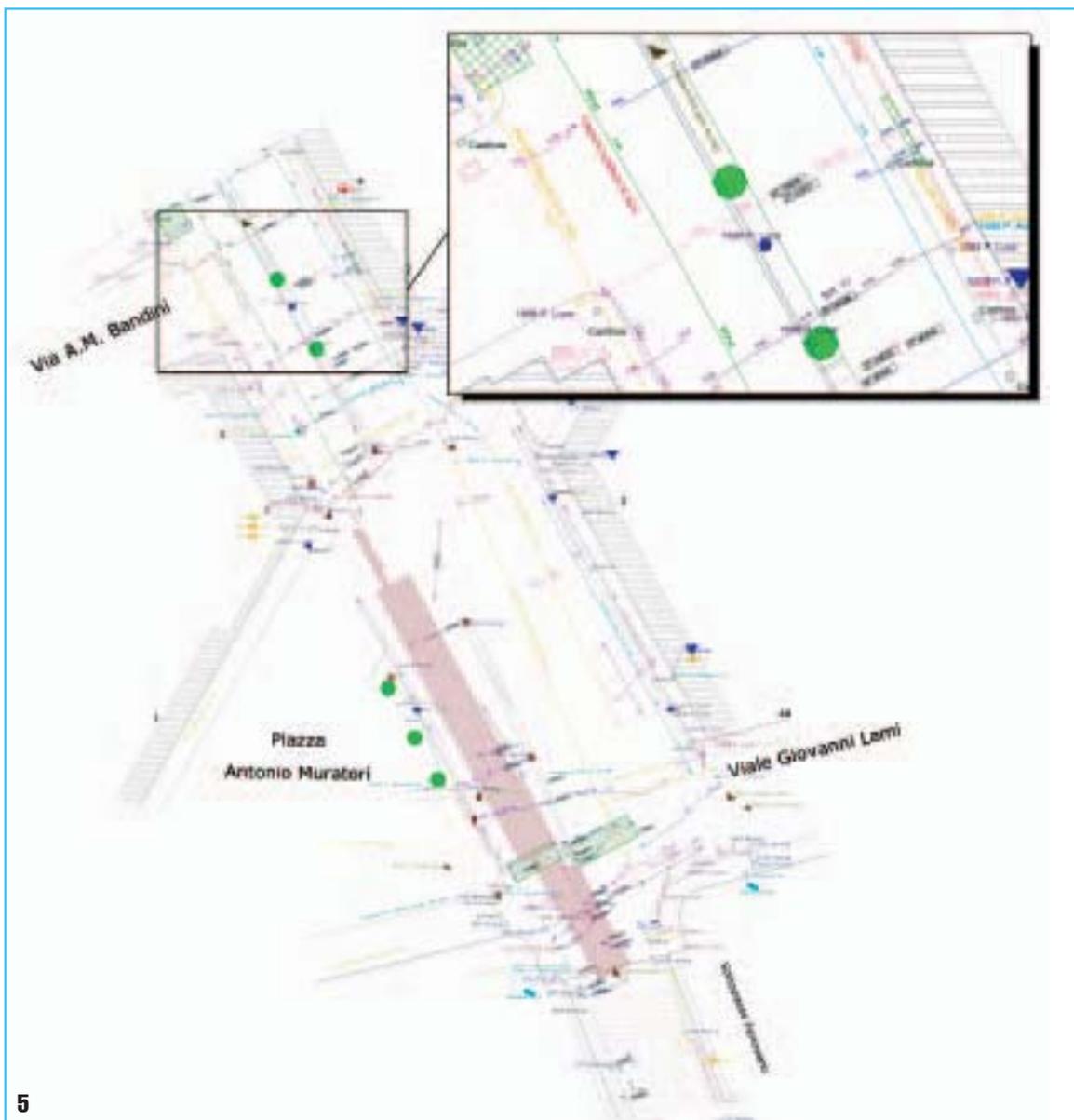
La localizzazione di tubazioni interrate è un’operazione relativamente semplice, che può essere realizzata con successo sfruttando diversi principi fisici e quindi diverse tecnologie, spesso affatto equivalenti in termini di performance. La maggior parte di queste metodiche non sono però in grado di localizzare altro genere di oggetti interrati come ad esempio gallerie, cunicoli in muratura, strutture murarie, ecc. A questo si aggiunge il fatto che la mappatura estensiva rappresenta un’atti-

vità complessa in cui la localizzazione rappresenta solamente lo step iniziale, a cui occorre poi aggiungere sicuramente la referenziazione delle informazioni relative alla posizione delle tubazioni localizzate, il trattamento di una mole massiccia di dati posizionali e geometrici, ed altre problematiche tipicamente cartografiche che i sistemi di localizzazione più semplici (come i localizzatori elettromagnetici o sonici) non sono in grado di risolvere. Ed infatti la tecnologia d’indagine che ha restituito i risultati più incoraggianti, e che oggi può considerarsi matura ed affidabile, è sicuramente quella del radar ed in particolare dei sistemi radar per la ricerca servizi e la map-

patura del sottosuolo altrimenti noti come sistemi RIS (Radar per l’Introspezione del Sottosuolo).

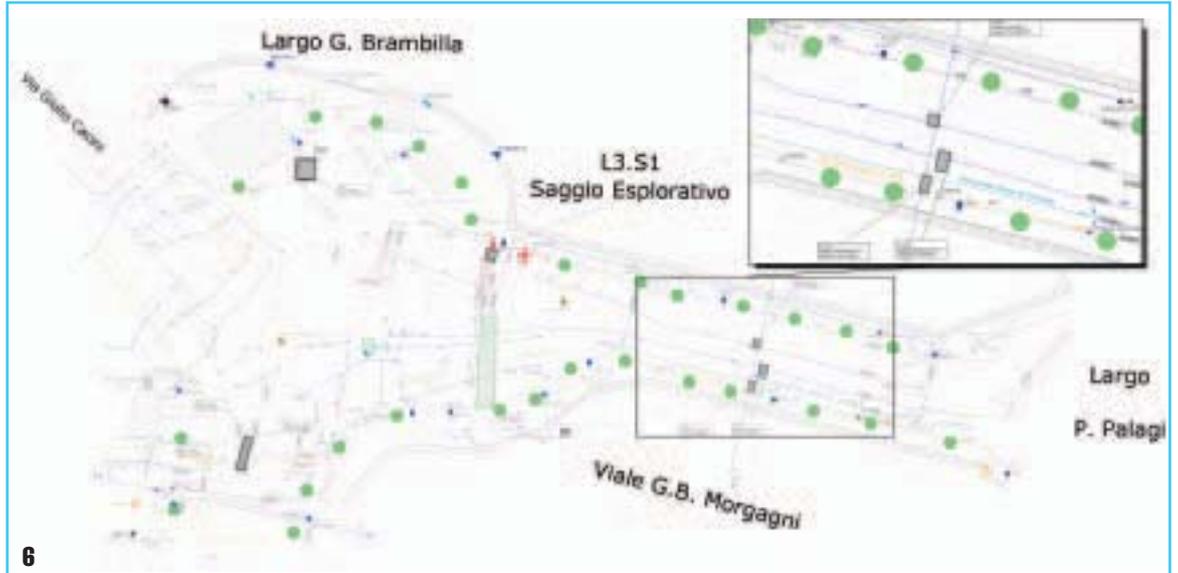
## Tecnologie radar

Sebbene il principio di funzionamento di questi sistemi fosse ben noto già da molti anni, è solo nella seconda metà degli Anni ’90 che il radar per la ricerca servizi ha conosciuto un sostanziale e positivo sviluppo, proprio in Italia, alimentato in particolar modo dall’intensa attività di cablaggio che in quegli anni veniva promossa dalle aziende di telecomunicazione. La tecnologia dei radar per la ricerca servizi ed in particolare del RIS (sviluppato dall’italiana IDS



5. Case history 1, Firenze: esempio cartografia finale

### 6. Case history 1, Firenze: esempio cartografia finale



Ingegneria dei Sistemi Spa - laboratorio di ricerca riconosciuto dal MURST), è fondata oltre che, ovviamente, sul principio base di funzionamento dei sistemi GPR (ground probing radar), che è lo stesso principio su cui si fonda il funzionamento dei sistemi georadar (radar per prospezioni geognostiche), anche sul principio della ridondanza delle informazioni raccolte e della differente qualità delle stesse. Questo principio viene implementato attraverso l'utilizzo di sistemi do-

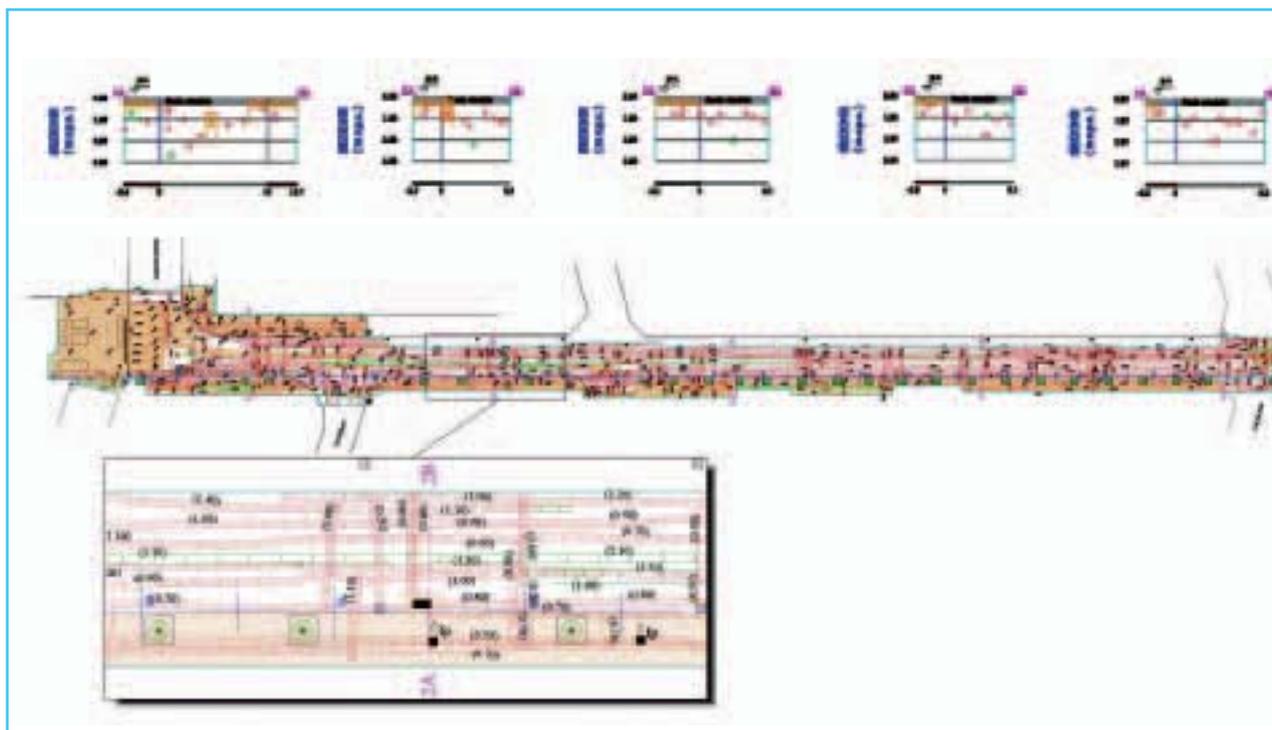
tati di trasduttori (antenne) che vengono fatti operare in batteria (le così dette "serie" o "array") in diverse frequenze, ed in differenti modalità (monostatica, bistatica e crosspolare). Per i dettagli relativi a questa interessante tecnologia si rimanda a pubblicazioni più specifiche sull'argomento (come il Volume 2 del manuale "Progetto No-Dig", edito dalla Casa Editrice La Fiaccola).

Ciò che è invece rilevante sottolineare è che grazie allo sviluppo di questo genere di siste-

mi, è oggi possibile realizzare in maniera efficiente ed affidabile, mappature estensive del sottosuolo urbano, entro una fascia di profondità contenuta entro i 2-2,5 metri, basate su una rilevazione strumentale affidabile relativamente alla presenza, posizione e geometria degli oggetti interrati presenti nel sottosuolo.

Con i sistemi di post elaborazione di cui tali apparati sono dotati, è inoltre possibile riportare in maniera automatica tutte le informazioni posizionali tri-

### 6. Case history 2, Cattolica: esempio cartografia finale



dimensionali raccolte, in un supporto CAD referenziato cartograficamente, potendo in più integrare le informazioni raccolte strumentalmente con quelle raccolte attraverso i rilievi di superficie e le cartografie degli enti gestori.

Il risultato che si ottiene è una mappatura tridimensionale completa dalla quale è possibile estrarre oltre alle planimetrie anche sezioni trasversali e longitudinali o, nelle applicazioni più spinte, viste assonometriche o prospettiche delle reti ed in generale degli oggetti interrati presenti in una data area indagata.

La conoscenza del sottosuolo urbano è diventata un'esigenza che naturalmente non si lega unicamente alle applicazioni di tipo No-Dig, ma è in relazione alla conoscenza delle reti esistenti, alla loro articolazione e stato (in relazione a problemi di gestione), nonché, più in generale, alla gestione del sottosuolo in se, inteso come dimensione aggiuntiva dell'ambiente urbano.

Su questa istanza anche nel nostro paese è nata l'esigenza di normare questo delicato settore. E ciò è avvenuto a più riprese

prima con dispositivi normativi generali (come la direttiva dell'allora Ministero del LLPP sulla "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici" pubblicata ormai il 3/3/1999 - GU n. 58 dell'11 marzo 1999), e poi con leggi e norme via via più dettagliate, come talune recenti leggi regionali (come la LR 26 del 12/12/2003 della Regione Lombardia), o la recentissima norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) n. 306-8 del luglio 2004, dal titolo "Impiego del radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari ad opere di posa di servizi ed infrastrutture sotterranee", nella quale vengono esposte sia le caratteristiche degli apparati dedicati a questo impiego, sia le modalità con le quali utilizzare tali apparati ([www.ceiweb.it](http://www.ceiweb.it)).

Il risultato è che oggi grazie alla disponibilità di tali mezzi tecnici, a patto che il loro utilizzo rientri nell'ambito di una metodologia integrata e razionale finalizzata alla minimizzazione del rischio ed all'ottenimento di una completa caratterizzazione di quanto individuabile nel sottosuolo (Volume 2 del manuale

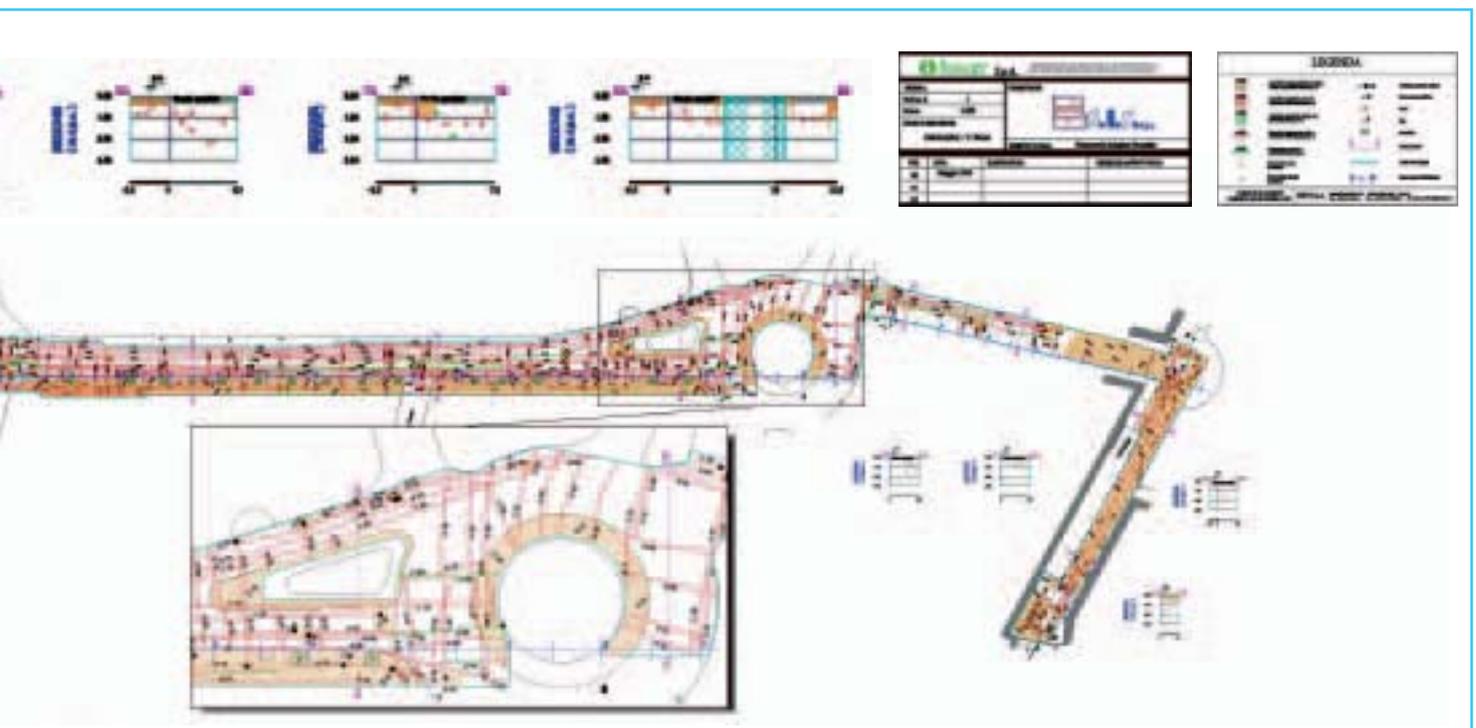
"Progetto No-Dig", edito dalla Casa Editrice La Fiaccola), è pensabile e realizzabile che si proceda in maniera economica ed estensiva alla mappatura del sottosuolo sia propedeuticamente alla realizzazione di interventi sulle reti interrato (in modalità No-Dig o anche Open-Cut) sia per la realizzazione di quella base informativa territoriale che attiene alla dimensione sotterranea delle città.

A questo proposito i case history illustrati nel seguito di questo articolo sono particolarmente significativi.

**1° CASE HISTORY**

**Rilievi ed indagini per la ricostruzione delle reti tecnologiche interessate dalla costruzione delle linee 2 e 3 della tramvia della Città di Firenze, giugno 2005**

Committente: Comune di Firenze  
 Direzione Nuove Infrastrutture  
 Esecutore delle indagini radar: Novatech Consulting Srl - Aci Sant'antonio (CT)



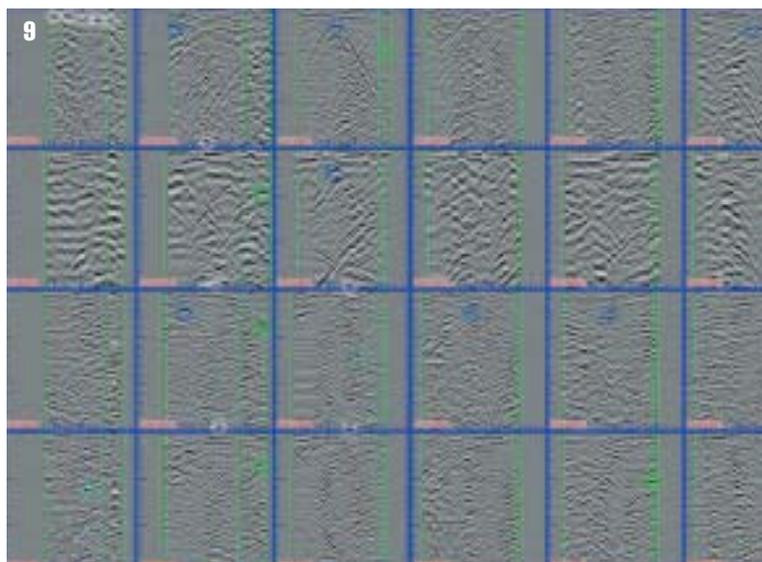
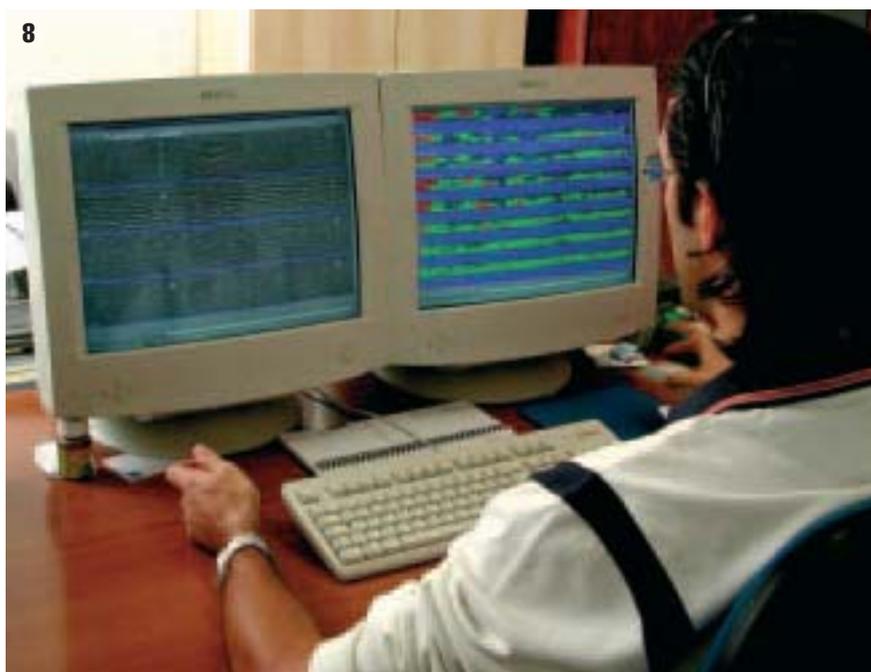
8. Case history 2, Cattolica: una fase della post elaborazione

9. Case history 2, Cattolica: radargrammi

Questo lavoro, per la parte d'indagine radar e di rilievo di superficie, ha riguardato la mappatura dei sottoservizi e strutture interrato presenti al di sotto delle strade lungo le quali è in progetto la realizzazione delle linee tranviarie 2 e 3, della città di Firenze.

Questa mappatura costituisce l'informazione base che permetterà al gruppo di progettazione di ottimizzare l'entità e l'impegno tecnico-economico destinato allo spostamento e/o approfondimento dei sottoservizi presenti lungo la futura sede tranviaria.

Il risultato finale del presente lavoro, attualmente in completamento (almeno per quelle fasi successive alla realizzazione delle indagini radar e di superficie), sarà di ot-



tenere un database completo implementato in un Sistema Informativo Territoriale (SIT) che dia informazioni immediate e di facile lettura circa la presenza di sottoservizi, strutture interrato ed ipogei, esistenti lungo l'area di posa delle fondazioni delle linee tranviarie, nonché la posizione plano-altimetrica di impianti ed infrastrutture presenti in superficie quali spartitraffico, alberi, aiuole, segnaletica stradale, ecc.

Le indagini radar hanno interessato sedi stradali per uno sviluppo lineare complessivo di circa 15.000 metri, con ampiezze massime di carreggiata indagata pari a 47 metri.

La superficie indagata è stata coperta con una maglia di scansione composta da linee longitudinali distanziate mediamente di 3 metri, e linee trasversali distanziate mediamente di 10 metri, con infittimento di detta maglia nelle aree più critiche.

In totale lo sviluppo complessivo delle linee di scansione è stato pari a 154.000 m.

Tra acquisizione dei dati sul campo e restituzione cartografica, incluse le indagini di superficie, il tempo di esecuzione complessivamente richiesto è stato di circa 5 mesi.

## 2° CASE HISTORY

### Mappatura di sottoservizi, manufatti e strutture presenti nel sottosuolo della città di Cattolica, giugno 2002

Committente: S.I.S. SpA - Società di Gestione del Servizio Idrico  
Esecutore delle indagini radar: IMET Spa - Perugia

Il lavoro è stato svolto nella città di Cattolica, lungo via Fiume. La superficie d'indagine, complessivamente coperta, è stata di circa 5.900 metri quadrati.

Scopo del lavoro era la mappatura estensiva e completa di sottoservizi e strutture interrato esistenti ai fini di una futura progettazione di nuovi impianti di servizio della committente.

Per l'effettuazione delle indagini radar è stato impiegato un sistema a multi antenna e multi frequenza modello RIS2K/MF con trasduttori da 200 e da 600 Mhz.

L'acquisizione dati su campo, per la copertura di 5.900 m<sup>2</sup>, ha richiesto circa 4 giorni, mentre la successiva post elaborazione circa 8 giorni, con una produttività giornaliera media pari a circa 500 m<sup>2</sup> giorno. ■