Posa di condotte interrate mediante trivellazione orizzontale controllata - TOC

Le indagini introspettive non distruttive del sottosuolo
Il georadar: principi fisici e funzionamento della tecnica
Presentazione di case history

Geol. Nicola Berardi
IGR Srl
Commissione Tecnica Permanente Indagini Conoscitive

26 Novembre 2020

Indice degli argomenti:

- Le indagini introspettive non distruttive del sottosuolo……3
- Il Georadar: principi fisici e funzionamento della tecnica……8
- Commissionare un'indagine GPR - Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017……16
- GPR – modalità e fasi operative……23
- La costituzione di un catasto delle reti del sottosuolo……34
- Case History……38

Le indagini introspettive non distruttive del sottosuolo

L'importanza di conoscere il sottosuolo

Si stima che circa il 30-40% dei sottoservizi nel sottosuolo è posizionato in modo errato sulle mappe o non è mappato

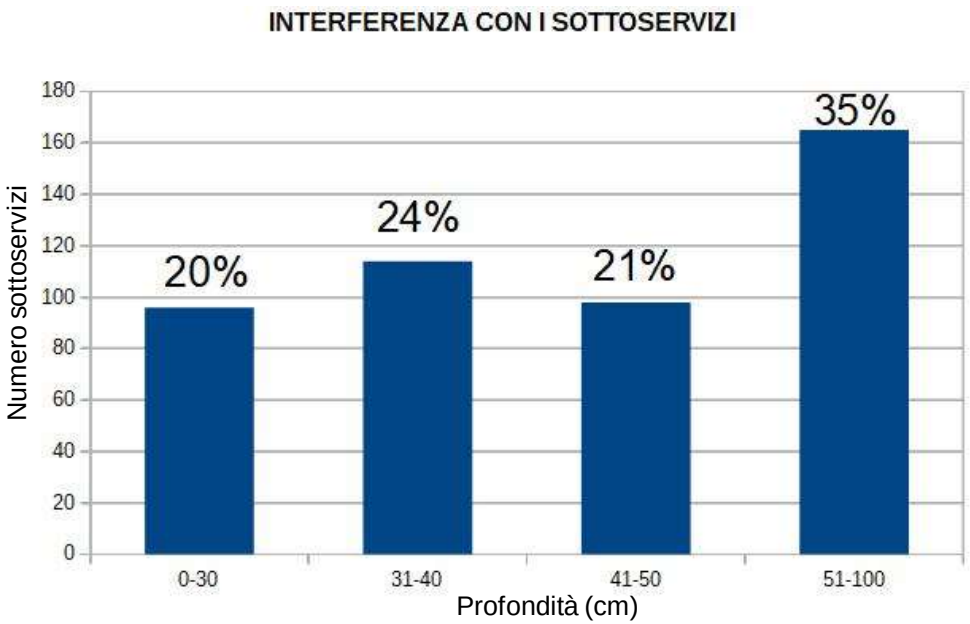
Una conoscenza errata, imprecisa o incompleta del sottosuolo crea problemi !!

L’importanza di conoscere il sottosuolo

I servizi sono spesso rilevati troppo tardi affinché ci sia conformità con la fase di progettazione o in modo accidentale con lavori invasivi, con conseguenti problemi di sicurezza o interruzione di servizi.

L’uso sistematico di indagini preventive diminuirebbe sensibilmente le rotture delle infrastrutture esistenti durante gli scavi per la posa di nuove reti

INTERFERENZE….



- ✓ 6.300 metri di indagine (*)
- ✓ 473 sottoservizi rilevati (tra dorsali principali e allacci)
- ✓ 1 sottoservizio ogni 13m
- ✓ 65% dei sottoservizi al di sopra di 50cm dal p.c.

(*) indagini georadar effettuate nei cantieri Open Fiber di Perugia

I dati riportati sono una gentile concessione di SIRTI SpA

OPERARE IN ZONE SENSIBILI

In aree «sensibili» un'indagine georadar risulta la soluzione ottimale, a volte l'unica possibile, per ottenere informazioni dettagliate sul sottosuolo senza causare disagi, interruzioni della circolazione pedonale, delle attività turistiche o del traffico

Roma – Piazza del Popolo

Città del Vaticano – Giardini Vaticani

Repubblica di San Marino – Mura medioevali

Perugia – Piazza IV Novembre

Spoleto (Pg) – Piazza del Duomo

Il Georadar: principi fisici e funzionamento della tecnica

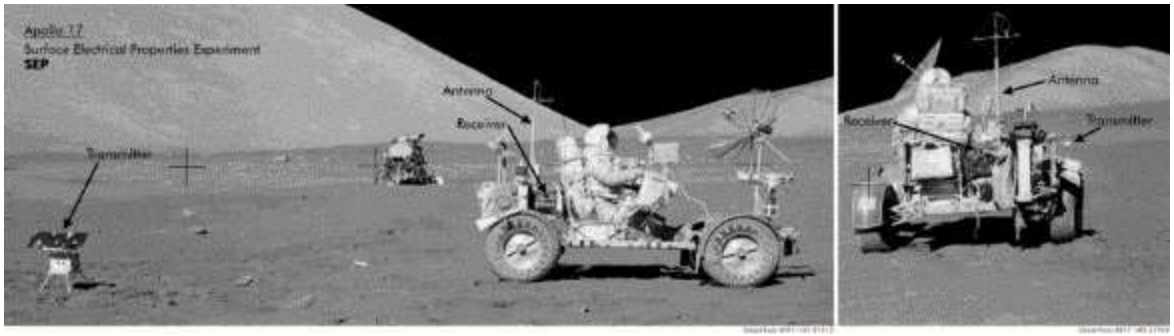
Un po' di storia del GPR

RADAR: RAdio Detection And Ranging … strumento in grado di rilevare la presenza di oggetti e misurare la distanza tra l'apparato e un oggetto

1904: primo brevetto mondiale nella tecnologia radar

1910: brevetto per l'utilizzo della tecnologia radar per localizzare oggetti sepolti

1972: la NASA invia un GPR sulla luna con la missione Apollo17



Da allora, il GPR fu sviluppato per applicazioni militari come la localizzazione di tunnel in Vietnam e nella zona smilitarizzata tra Corea del Nord e Sud
Da allora, società di servizi pubblici e di costruzione hanno iniziato ad interessarsi alla tecnologia con lo scopo di mappare tubi e linee di servizio al di sotto di strade urbane.
I primi sistemi GPR accessibili furono venduti a partire dagli anni '80.
Oggi, diverse aziende producono sistemi GPR, molte altre forniscono servizi di indagine e le università di tutto il mondo conducono ricerche nel campo dei sistemi GPR.

Elementi di un Sistema GPR moderno

Notebook da campo

Unità centrale

Batteria

Encoder

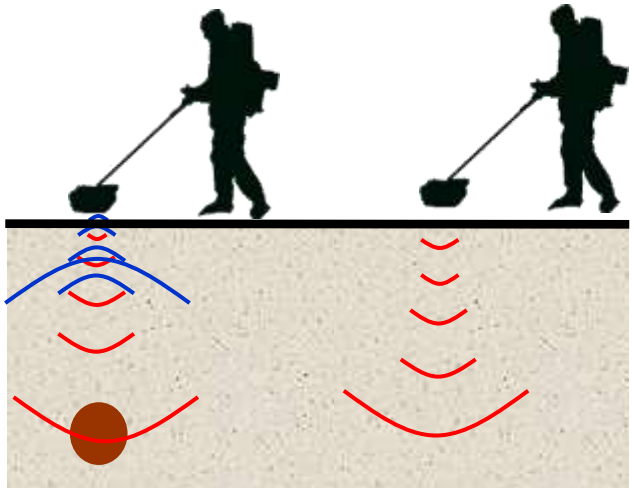
RX Antenna

TX Antenna

GPR – principi di funzionamento

E’ uno strumento sviluppato per l’indagine non invasiva del terreno in alta risoluzione.
E’ potenzialmente in grado di rilevare qualunque anomalia nel sottosuolo, indipendentemente dal materiale (metallo, cemento, muratura, pvc, polietilene, ecc.).

Il GPR utilizza brevi impulsi (1-2nsec) di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (25-3000MHz) inviati nel sottosuolo per ricevere echi riflessi dalle superfici di discontinuità di materiali a differente caratteristica dielettrica, presenti all’interno del mezzo indagato.



Il Georadar o GPR è in grado di rilevare un’anomalia presente nel sottosuolo attraverso il contrasto tra le proprietà elettriche del materiale quelle del terreno.

La tecnologia è la stesso che guida la rilevazione della posizione di aerei, navi o formazioni atmosferiche.

GPR – principi di funzionamento

PROFONDITA' di penetrazione e RISOLUZIONE di un segnale Georadar dipendono da:

- proprietà elettromagnetiche del terreno (o mezzo investigato)
- frequenza delle antenne usate
- caratteristiche dei bersagli

Esistono fattori non modificabili dall'operatore, in quanto proprietà fisiche dell'ambiente in cui stiamo realizzando un'indagine ed altri invece controllabili, essendo caratteristiche fisiche dello strumento che stiamo utilizzando.

FATTORI NON CONTROLLABILI

Alta CONDUCIBILITA' MATERIALE (capacità di far transitare corrente):

- Acqua (specialmente se salata)
- Terreni ferrosi e mineralizzati
- Terreni argillosi
- Inquinanti

↓

DIMINUZIONE DELLA PROFONDITA' DI PENETRAZIONE (AUMENTO DELL'ATTENUAZIONE)

FATTORI CONTROLLABILI

- VARIAZIONE FREQUENZA DELL'ANTENNA
- AUMENTO DELLA POTENZA DEL SEGNALE TRASMESSO
- AUMENTO DELLA SENSIBILITA' DEL RICEVITORE

↓

AUMENTO DELLA PROFONDITA' DI PENETRAZIONE

GPR – principi di funzionamento

La scelta dell'antenna deve essere un compromesso tra la risoluzione e la penetrazione necessaria ad identificare i target nel mezzo investigato

BASSA FREQUENZA

↓

MAGGIORE DIMENSIONE DELL'ANTENNA

↓

MAGGIORE LUNGHEZZA D'ONDA

↓

- MINORE RISOLUZIONE e SENSIBILITA'
- MAGGIORE PROFONDITA'
- MINORE SENSIBILITA' AL CLUTTER (eco indesiderato)

ALTA FREQUENZA

↓

MINORE DIMENSIONE DELL'ANTENNA

↓

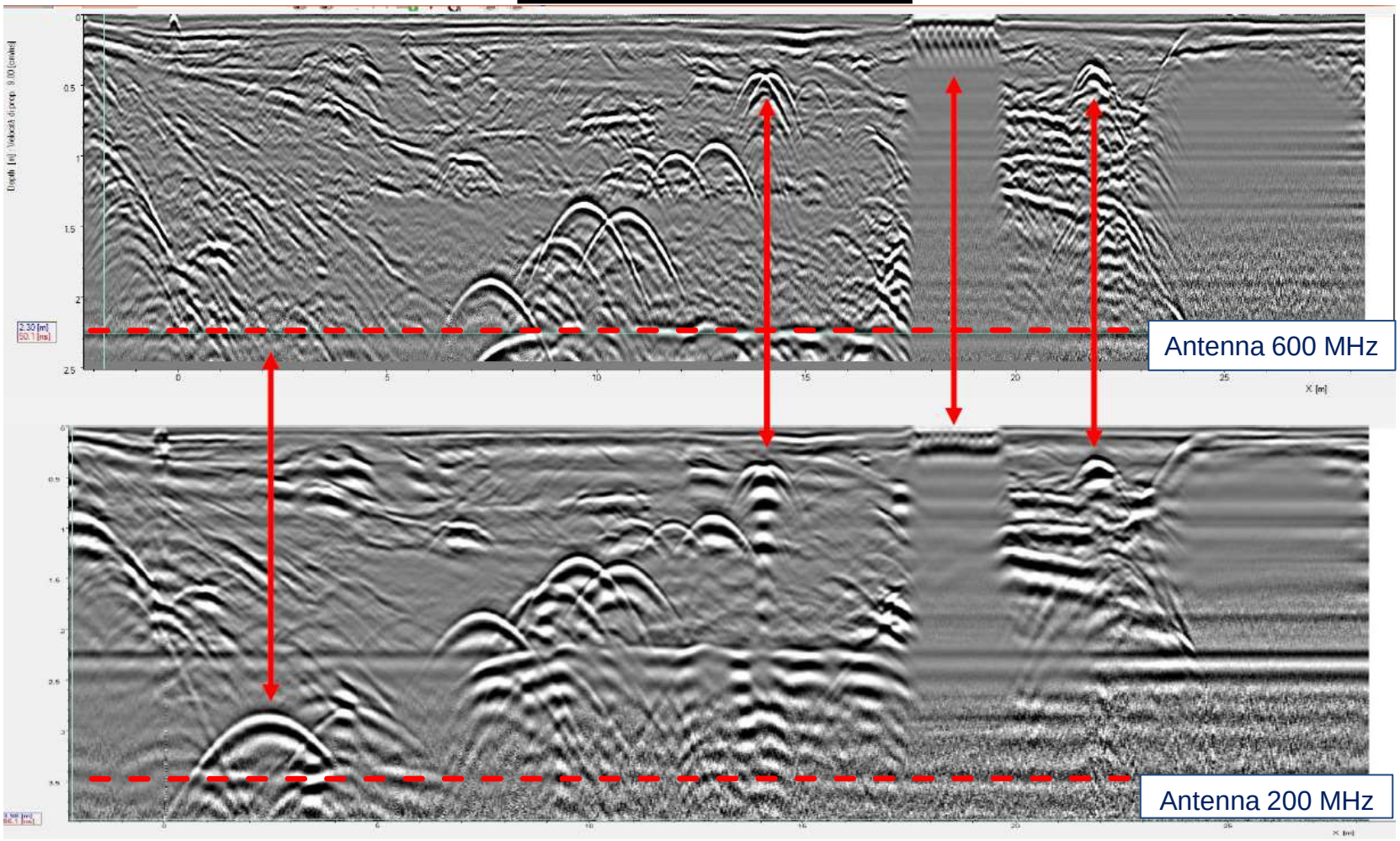
MINORE LUNGHEZZA D'ONDA

↓

- MAGGIORE RISOLUZIONE e SENSIBILITA'
- MINORE PROFONDITA'
- MAGGIORE SENSIBILITA' AL CLUTTER

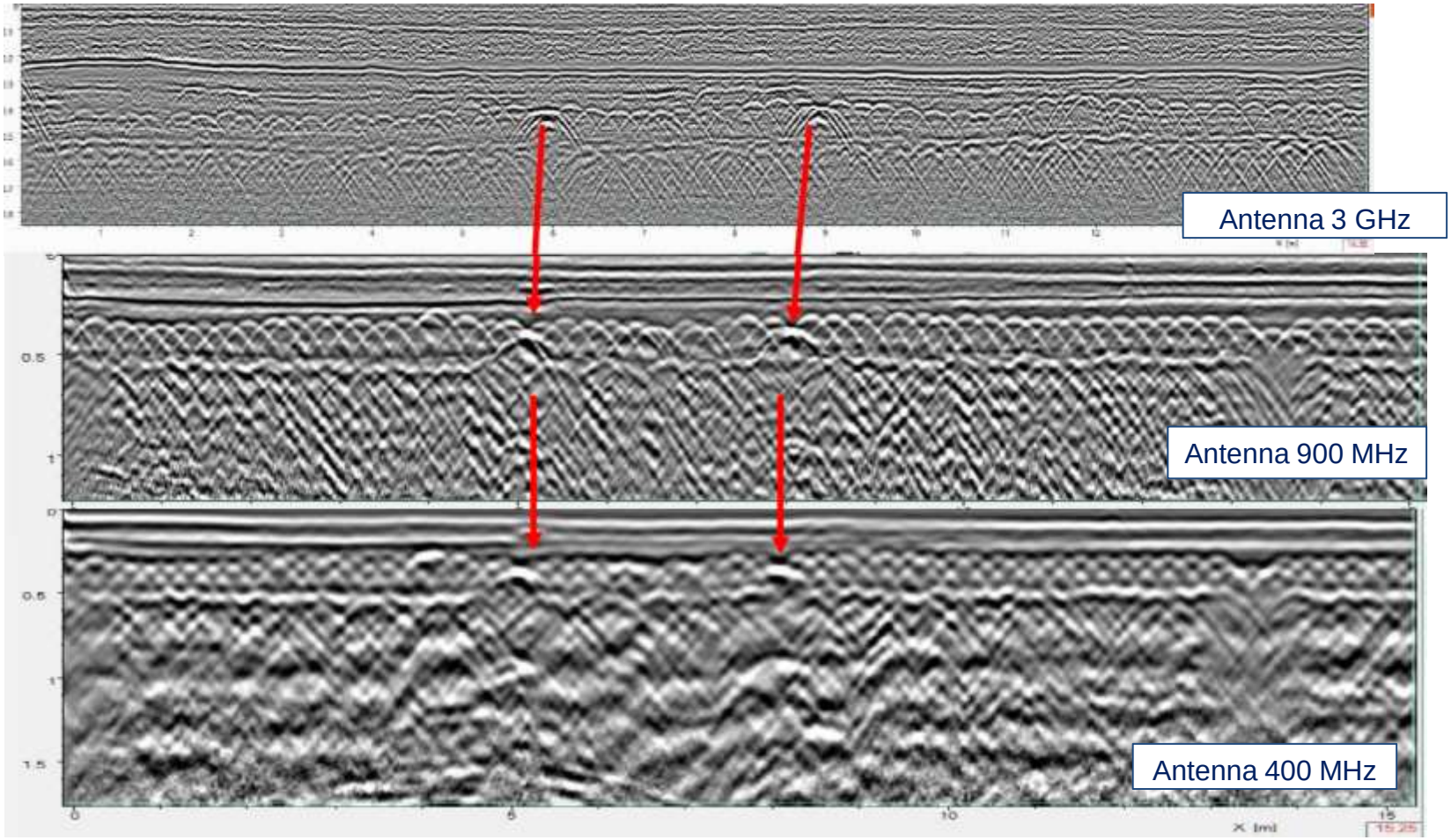
GPR – principi di funzionamento

Sezioni radar processate



GPR – principi di funzionamento

Sezioni radar processate



Commissionare un’indagine GPR - Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017

Commissionare un'indagine GPR

Perché è importante utilizzare la tecnologia GPR?

- ✓ GPR permette la caratterizzazione di oggetti nel sottosuolo di differenti materiali e posizionati in geometrie e distribuzioni complesse.
- ✓ GPR è la più avanzata e sofisticata metodologia di indagine non distruttiva dedicata alla ricerca di strutture interrate; è il miglior metodo di indagine aree urbane, industriali e sensibili dal punto di vista architettonico, culturale o ambientale.
- ✓ Riduce i tempi di lavoro e minimizza l'impatto sulle attività riducendo gli inconvenienti (deviazioni, restringimenti, rumore, ecc.) legati allo scavo.
- ✓ GPR permette l'ottimizzazione di scavi o test distruttivi e riduce tempi, costi e rischi associati (si scava nel posto giusto al primo colpo).
- ✓ GPR minimizza i rischi di danneggiamenti: molte delle rotture delle infrastrutture esistenti avviene durante gli scavi di posa di altre infrastrutture.
- ✓ GPR permette l'utilizzo di tecnologie per posa/manutenzione delle infrastrutture a basso "fattore di disturbo" (Tecnologie "No Dig", TOC/HDD, Minitrincea, Microtrincea e Pipe Bursting, ecc.).
- ✓ GPR completa l'ispezione superficiale con un'immagine economica, oggettiva, documentabile e precisa dell'area indagata.

Commissionare un'indagine GPR

Oggi, l'offerta di GPR sul mercato mondiale è abbastanza ampia, diversificata…. fin troppo!

E' importante che chi progetta o commissiona un'indagine georadar abbia le conoscenze minime che gli permettano di definire i requisiti minimi che una strumentazione deve avere in funzione delle proprie esigenze

Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017
Localizzazione e Mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo

Pubblicata nel 2017 (link per il download):
http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-26-1-2017

Rappresenta la modalità migliore e più semplice per approfondire le proprie conoscenze nell'ambito della mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo, un passo indispensabile per una corretta progettazione di qualsiasi intervento nel sottosuolo, oltre che per la stesura di un adeguato capitolato d'appalto.
Il documento fornisce dettagli descrittivi sui metodi utilizzati per localizzare e mappare le infrastrutture sotterranee in modo non distruttivo ed è applicabile sia ai sistemi urbani che a quelli extraurbani.

Il documento è stato redatto da una specifica commissione tecnica permanente istituita da IATT.
Lo scopo principale è quello di definire le prestazioni minime richieste (sia per quanto riguarda la strumentazione che le modalità operative), con riferimento ai vari livelli di qualità ed alle procedure e tecnologie da utilizzare, per la localizzazione e la mappatura delle infrastrutture sotterranee, in modo da garantire il massimo che la tecnologia oggi può offrire.
Particolarmente importante risulta la descrizione delle differenti strumentazioni di indagine, con particolare attenzione ai sistemi Georadar - GPR.

Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017
Localizzazione e Mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo

La prassi adotta un sistema di classificazione dei livelli di mappatura, secondo livelli di qualità:

- ✓ LQ-D (Livello di Qualità D): Classificazione dei sottoservizi sulla base della raccolta di archivi storici o informazioni ottenute attraverso interviste con gli addetti alle reti o chi ha posato le reti;
- ✓ LQ-C (Livello di Qualità C): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle verifiche effettuate sui dati raccolti dagli archivi storici, con una verifica sul sito in esame ed una conferma delle evidenze superficiali desumibili a vista e riportabili in cartografia attraverso misure topografiche;
- ✓ *LQ-B (Livello di Qualità B): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle indagini con strumentazione di rilievo geofisica. Questo livello è suddiviso in sottocategorie in relazione alle strumentazioni di indagine utilizzate ed alle procedure operative;*
- ✓ LQ-A (Livello di Qualità A): Classificazione dei sottoservizi sulla base delle evidenze conseguenti l'esposizione diretta dei sottoservizi o l'ispezione dei manufatti interrati.

La prassi indica nel dettaglio le procedure e i sistemi utilizzabili per l'ottenimento dei diversi livelli di qualità, analizzando le varie tecnologie e procedure in relazione al livello di precisione richiesto.

Vengono, inoltre, descritti i contenuti minimi degli elaborati da produrre come documentazione finale delle indagini eseguite: gli elaborati cartografici, sia digitali (CAD, GIS) che cartacei e la Relazione Tecnica in cui vanno descritte le strumentazioni utilizzate, le modalità di indagine, i risultati e le eventuali problematiche riscontrate nel corso delle indagini, oltre ad una serie di informazioni specifiche del lavoro in questione, sia di carattere generale che tecnico.

Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017
Localizzazione e Mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo

Per una rapida e chiara consultazione vengono utilizzate numerose tabelle riassuntive

La Tabella schematizza l'organizzazione dei Livelli di Qualità in relazione alle prestazioni minime

Tabella 1 – Classificazione dei livelli di qualità

Livello di Qualità	Sottolivello	Origine Dati	Range di errore sul piano orizzontale variabile a seconda delle diverse fasce di profondità					% massima di errore sulla profondità di indagine	Materiali
			(0 - 0,5) m	(0,5 - 1,0 m	(1,0 - 1,5) m	(1,5 - 2,0) m	(2,0 – 3,0) m		
LQ-D	---	Raccolta degli archivi storici disponibili, informazioni acquisite oralmente.	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	
LQ-C	---	Verifica da sopralluogo sul sito di indagine attraverso misure topografiche	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	Non Definita	
LQ-B	LQ-B-II	Servizi localizzati attraverso l'uso di sistemi georadar senza processazione dei dati, eventualmente combinato con l'uso di localizzatori elettromagnetici, per le verifiche sui servizi conduttori. Nelle aree ad alta densità di sottoservizi questo livello di qualità non è applicabile.	200 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	40%	
	LQ-B-I	Servizi localizzati attraverso l'uso di sistemi georadar con processazione dei dati e registrazione dei bersagli selezionati su database o file di log (registro) per successive elaborazioni. Nelle aree ad alta densità di sottoservizi si consiglia l'uso combinato dei localizzatori elettromagnetici per le verifiche sui servizi conduttori.	35 mm	75 mm	125 mm	250 mm	400 mm	15%	Materiali Isolanti *
			25 mm	35 mm	75 mm	125 mm	200 mm	10%	Materiali Conduttori **
LQ-A	---	Esposizione del servizio attraverso accesso diretto da pozzetti o attraverso scavo.	Legata all'accuratezza della strumentazione di misura impiegata						

Prassi di Riferimento UNI/PdR 26.1:2017
Localizzazione e Mappatura delle infrastrutture nel sottosuolo

La Tabella rappresenta la modalità di esecuzione delle indagini in riferimento al *Livello di Qualità B (LQ-B)*

Tipologia zone di indagine (*)	Livello di Qualità Raggiungibile	*Sistemi Georadar Distanza tipica tra due scansioni adiacenti longitudinali*	*Sistemi Georadar Distanza tipica tra due scansioni adiacenti trasversali (**)*	*Sistemi Elettromagnetici Distanza tra due scansioni adiacenti*
Incroci	LQ-B-I	Singola antenna: 0,5 m Array di antenne: Ingombro array	Singola antenna: 0,5 m Array di antenne: Ingombro array	2-5 m
Ambito urbano	LQ-B-I	Singola antenna: 0,5 m Array di antenne: Ingombro array	Singola antenna: 0,5 m Array di antenne: Ingombro array	2-5 m
Ambito extraurbano	LQ-B-I LQ-B-II	Singola antenna: 2,0 m Array di antenne: Ingombro array + 3,0m	Singola antenna: 10 m Array di antenne: Ingombro array + 20m	10-20 m

Una specifica sezione rappresenta i livelli di qualità minimi (obbligatori e opzionali) a seconda dell'applicazione e della finalità del lavoro (mappatura preventiva allo scavo, alla progettazione, ad attività di verifica, al catasto delle infrastrutture, ecc.).

TIPOLOGIA DI RILIEVO	LIVELLI DI QUALITA'			
	A	B	C	D
MAPPATURA dei sottoservizi preventiva allo scavo	0	X	0	X
MAPPATURA per la progettazione del tracciato di posa	0	X	X	X
MAPPATURA per attività di verifica/collaudo/*as built*	0	X	-	-
CATASTO delle infrastrutture del sottosuolo	0	X	X	X

Legenda

- : attività non richiesta

0: attività opzionale

X: attività obbligatoria

GPR – modalità e fasi operative

GPR – modalità e fasi operative

Mediante strumentazione GPR di moderna generazione ed adeguate procedure di acquisizione ed elaborazione dei dati è possibile eseguire, fondamentalmente, due tipologie di indagine:

- ✓ Detection / localizzazione di sottoservizi: individuazione e verifica di interferenze lungo un tracciato di progetto
- ✓ Mappatura delle reti: inquadramento cartografico di sottoservizi, strutture, reperti archeologici e cavità

Attività molto differenti, sia per modalità operative che per strumentazioni utilizzate

In entrambi i casi i risultati devono provenire dall'utilizzo combinato di differenti attività:

- Osservazione diretta
- Cercachiusini
- Localizzatore elettromagnetico (cercaservizi): individua tubi metallici e cavi in tensione ed è influenzato da rumore EM
- GPR

Cercachiusini

Cercaservizi

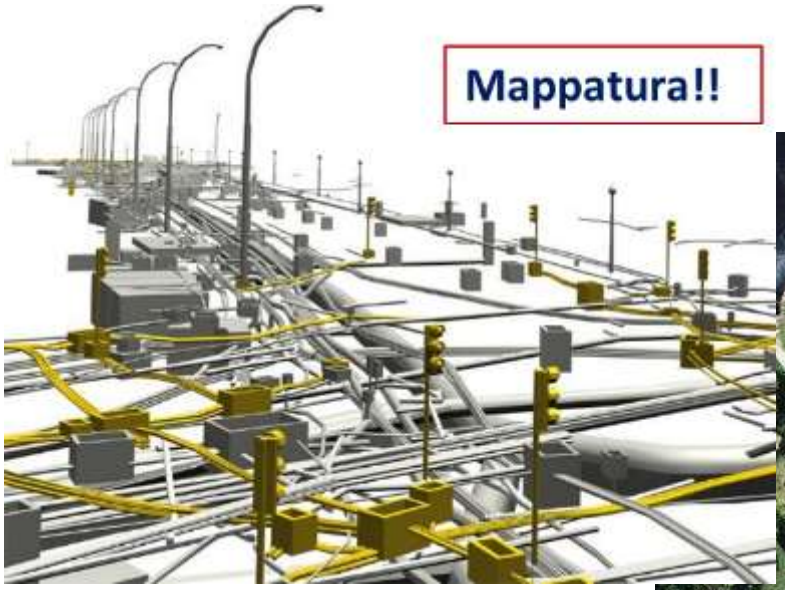
Localizzazione / Detezione in tempo reale

Per la localizzazione di servizi possono essere utilizzati GPR di ridotte dimensioni, agili, in alcuni casi anche mono frequenza (a seconda dello scopo dell'indagine).
Le frequenze utilizzate, di norma, variano tra 600 e 900MHz.
L'utilizzo è limitato all'ottimizzazione di scavi, saggi o preventivamente alla posa di cavidotti mediante la tecnica della Minitrincea.

IMPORTANTE
è una soluzione rapida ed efficace se lo scopo è evitare ostacoli (superficiali) lungo un tracciato definito e arealmente ristretto.
Chiaramente, non prevedendo alcuna post-processazione dei dati in ufficio, riduce di molto la percentuale di affidabilità dell'indagine

Mappatura delle Reti

Per la mappatura dei sottoservizi DEVONO essere utilizzate strumentazioni Multi Canale e Multi Frequenza con frequenza da 200 e 900MHz, in grado di fornire teoricamente una gamma d'investigazione fino a 3 m di profondità

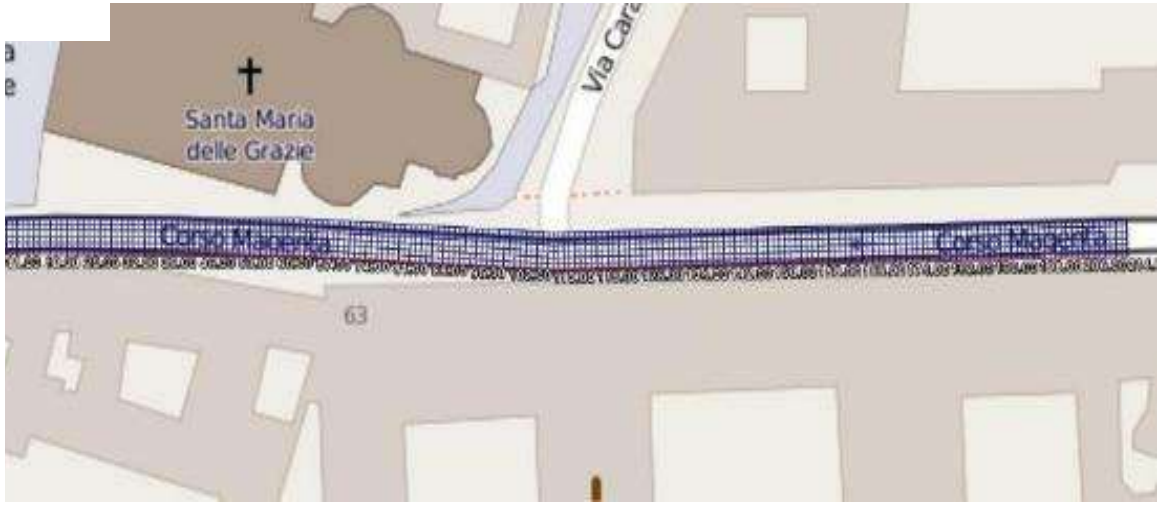


Mappatura delle Reti
Modalità e fasi operative

L'attività, di norma, si articola nelle seguenti fasi:

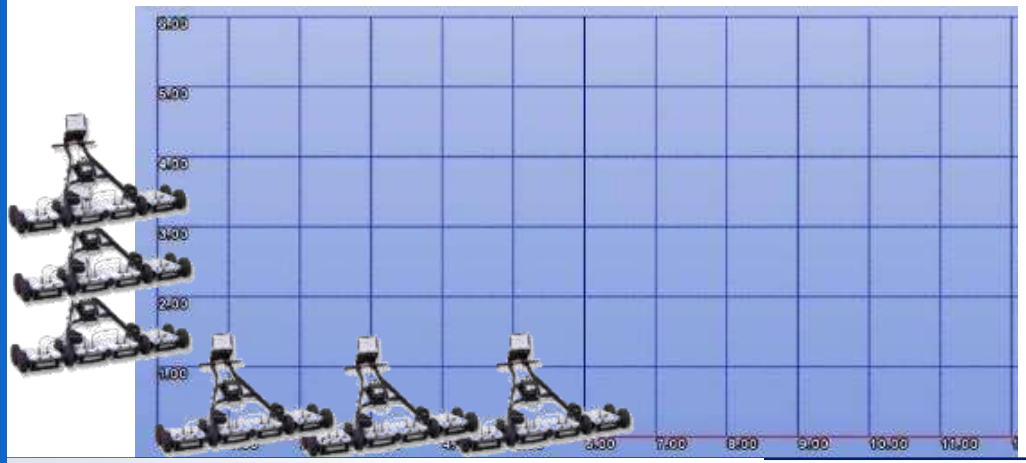
- Organizzazione logistica e preliminare (sopralluogo dell'area con ricevimento delle informazioni derivanti dagli elaborati di progetto, stesura del programma di indagini con il Committente)
- Acquisizione dati di campagna
- Elaborazione dati acquisiti

Mappatura Delle Reti
acquisizione dati



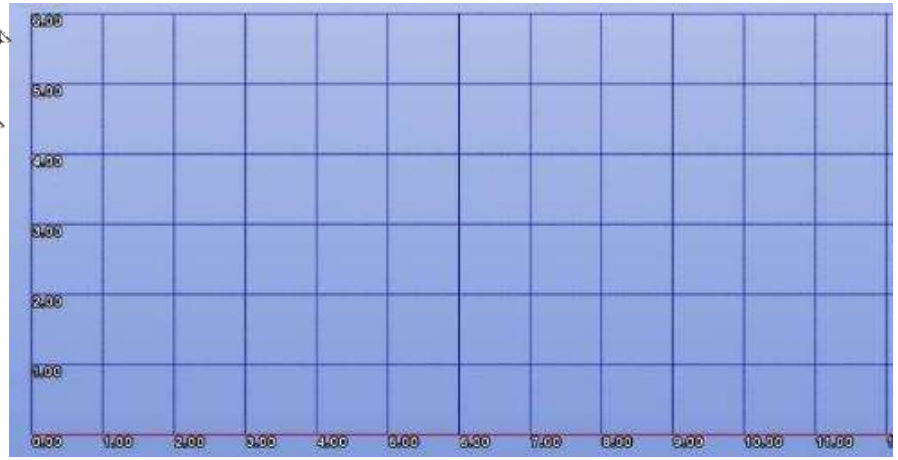
GPR «tradizionali»

Si eseguono scansioni Geo-referenziate rispetto ad un sistema di riferimento, con passate Trasversali e Longitudinali all'asse principale con adeguata spaziatura



Mappatura Delle Reti
acquisizione dati

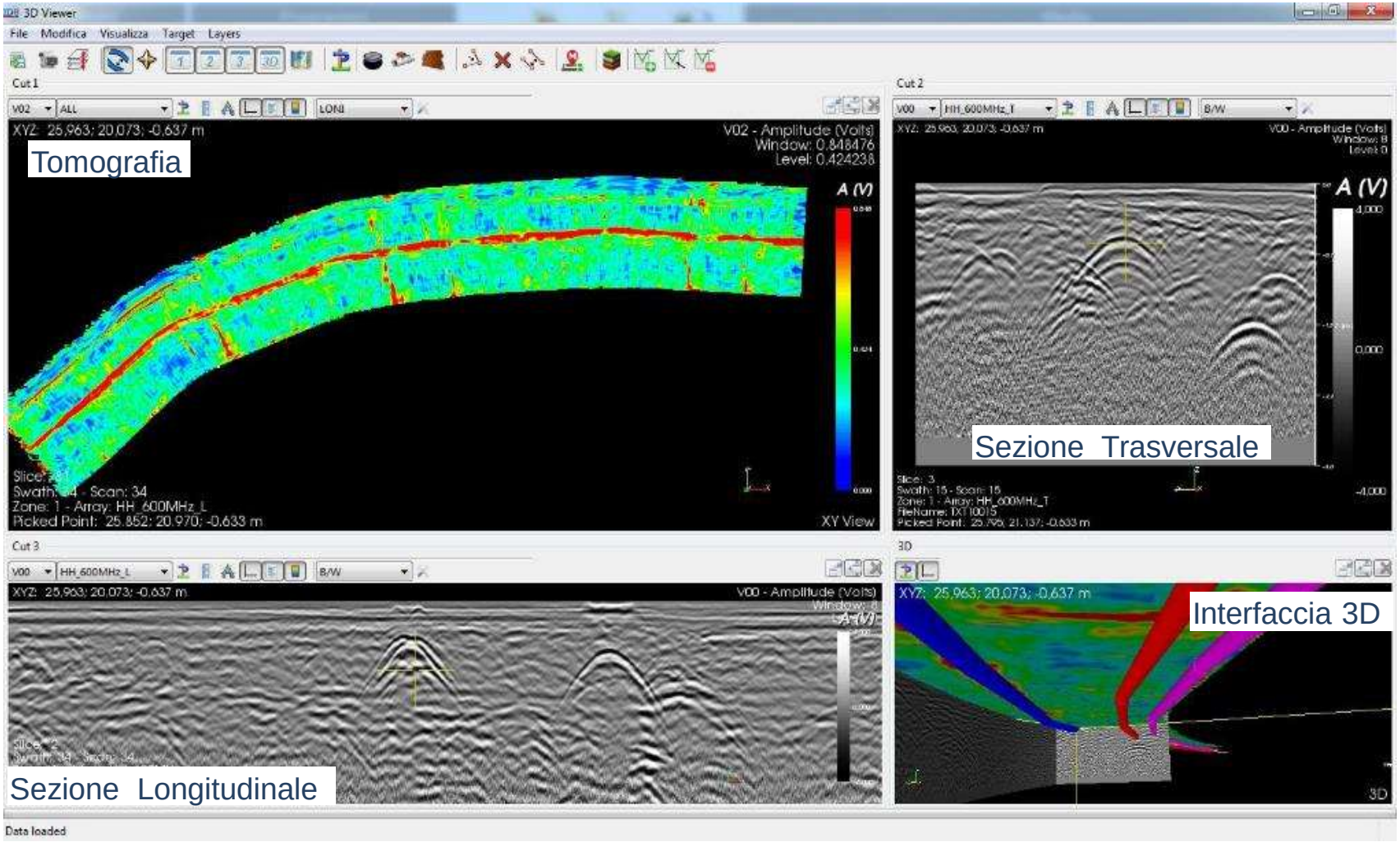
GPR «innovativi» ad array complesso (antenne con doppia polarizzazione)



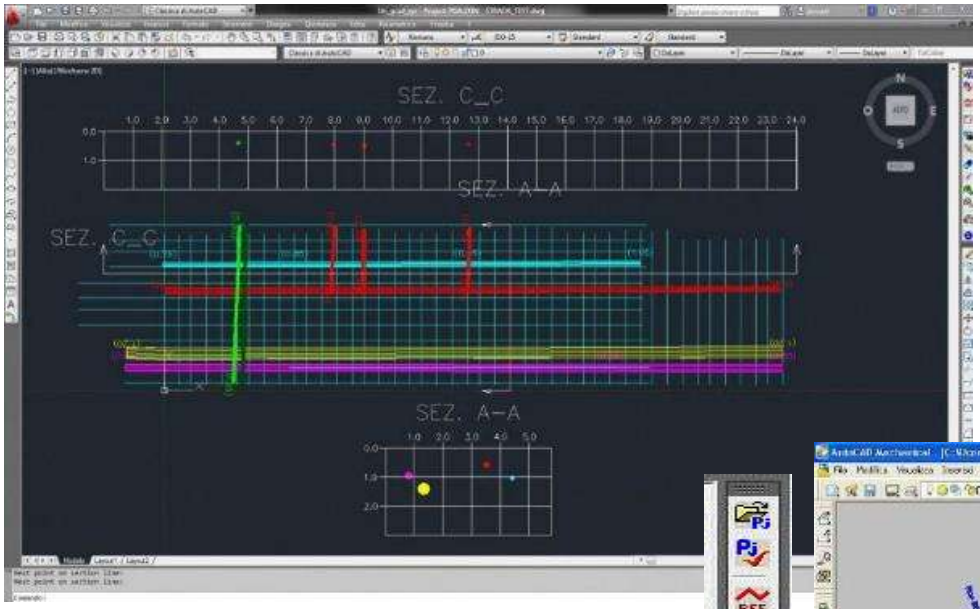
Si eseguono scansioni georeferenziate nella sola direzione longitudinale all'asse principale:

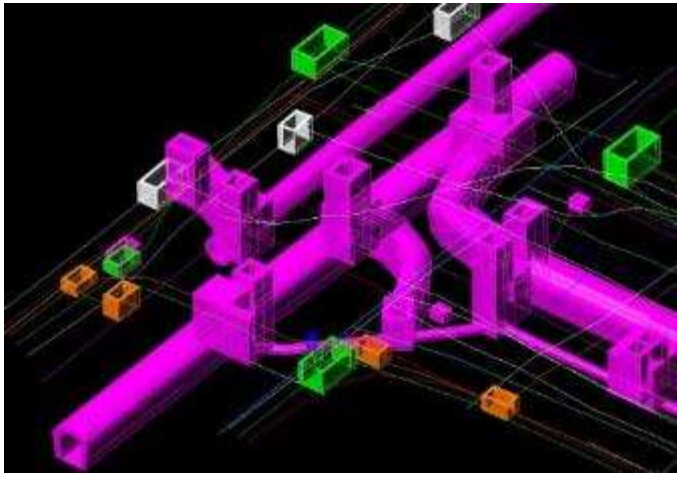
- ✓ Alta produttività
- ✓ Alta qualità dei dati (30-40 profili GPR per mq)

Mappatura Delle Reti
elaborazione ed interpretazione dei dati

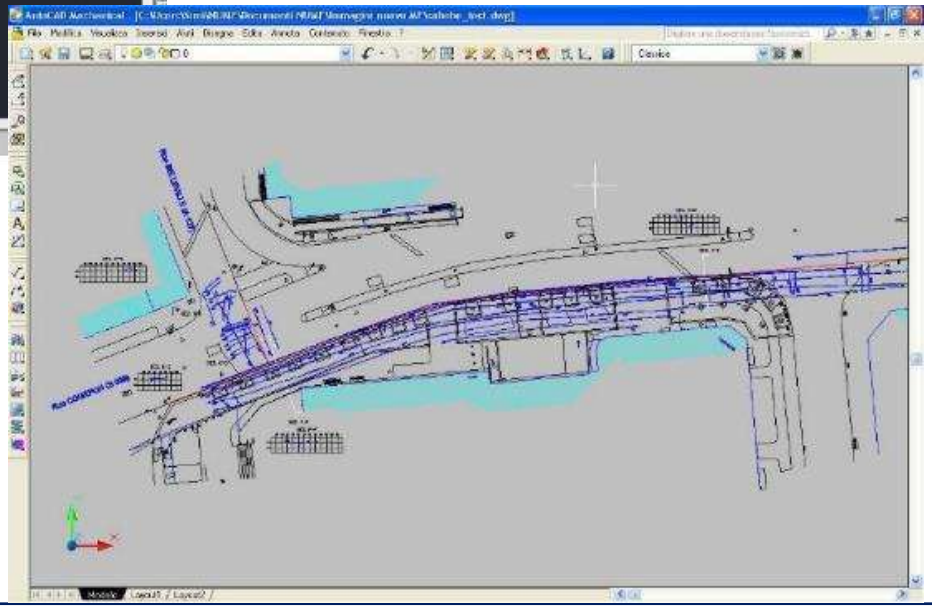


Mappatura Delle Reti
Esportazione dei Risultati in Ambiente Cad / GIS





Tool CAD dedicata



GPR – Principali applicazioni

«TRADIZIONALI»

Mappatura e Cartografia del Sottosuolo

- *Reti Tlc*
- *Gas*
- *Acqua*
- *Elettricità*
- *Fognatura*

Mappatura e tracciamento di singoli servizi

- *Reti Tlc*
- *Gas*
- *Acqua*
- *Elettricità*
- *Fognatura*

Indagini strutturali su pareti e pavimentazioni

Ingegneria, Analisi Forensi e sicurezza

Sottoservizi

GPR – Principali applicazioni

«INNOVATIVE»

- *Analisi Archeologiche e Ambientali*
  - *Georadar ad architettura complessa*
- *Monitoraggi per la ricerca di fratture, cavità o manufatti*
  - *Specifiche Antenne Georadar da foro*
- *Monitoraggio di ponti, massicciate stradali e ferroviarie*
  - *Specifiche Antenne Georadar e software*

Archeologia e beni culturali

Geologia e ambiente

Ingegneria Civile e Trasporti

La costituzione di un catasto delle reti del sottosuolo

CATASTO DELLE INFRASTRUTTURE - SINFI (Sistema Informativo Nazionale Federato delle Infrastrutture - Direttiva 2014/61/UE - D.lgs. 33/2016)

Il catasto è un registro delle infrastrutture: uno strumento di informazione geo-referenziato, basato su software GIS, che consentirebbe di pianificare e facilitare lo sviluppo delle reti, e aumentare trasparenza e efficienza delle infrastrutture nazionali, riducendone sensibilmente i costi

MECCANISMO DI MESSA IN OPERA E FUNZIONAMENTO

FASE 1

- Aggiornamento delle normative comunali che regolano scavi e riutilizzo delle infrastrutture esistenti con restituzione dei dati di As-Built in formato prestabilito
- Caricamento delle informazioni raccolte relativamente ai sottoservizi presenti nel territorio comunale

FASE 2 Adozione del catasto

- Caricamento delle informazioni relative a ciascun lavoro di scavo o riutilizzo delle infrastrutture esistenti
- Integrazione nel catasto delle informazioni reperite durante nuove attività di rilevamento o lavori di manutenzione

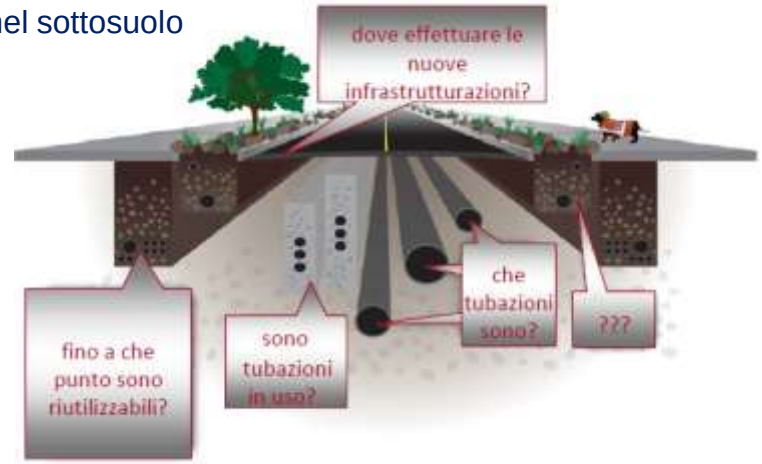
FASE 3 Gestione del catasto

- Redazione del PUGSS (Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo, strumento di pianificazione del sottosuolo previsto dalla Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 3/3/99
- Gestione automatizzata di tutte le pratiche e riduzione delle tempistiche di emissione permessi per scavo e riutilizzo infrastrutture esistenti
- Gestione delle tasse di occupazione suolo pubblico

La condivisione delle infrastrutture è il volano per realizzare nuove reti in modo efficiente, rapido ed economico

VANTAGGI

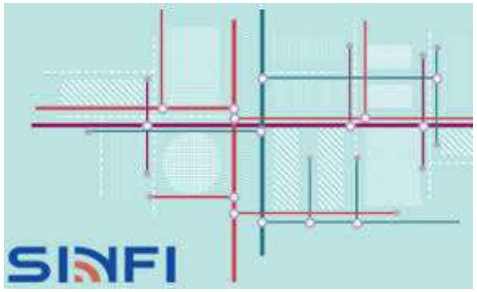
- ✓ Uniforma il modo di interagire con tutti gli enti pubblici coinvolti, per i necessari adempimenti burocratici (richiesta permessi, consegna As-Built, aggiornamento automatico del Catasto)
- ✓ Permette una corretta programmazione dei lavori
- ✓ Aumenta l'efficienza degli uffici e delle infrastrutture pubbliche per conseguire risparmi di spesa (riduzione dei costi e dei tempi di realizzazione degli interventi)
- ✓ Permette la condivisione delle banche dati con conseguente riduzione di oneri burocratici a carico dei cittadini e delle imprese
- ✓ Valorizza il patrimonio di infrastrutture esistenti e riutilizzabili nel sottosuolo
- ✓ Riduce l'impatto ambientale delle opere diminuendo gli scavi
- ✓ Crea le basi per nuovi servizi per le SMART CITIES



CATASTO DELLE INFRASTRUTTURE - SINFI

SINFI (Sistema Informativo Nazionale Federato delle Infrastrutture - Direttiva 2014/61/UE - D.lgs. 33/2016)
Il SINFI è lo strumento identificato per il coordinamento e trasparenza per la nuova strategia per la banda larga e Ultralarga:

- favorire la condivisione delle infrastrutture, mediante una gestione ordinata del sotto e sopra suolo e dei relativi interventi;
- unico contenitore che gestisca con efficienza e monitori tutti gli interventi.



I soggetti titolari e/o detentori delle informazioni, relative a infrastrutture fisiche e reti pubbliche di comunicazioni a livello comunale o regionale, hanno l'obbligo di fornire dette informazioni, costantemente aggiornate, al fine di alimentare un sistema unico regionale, che consenta l'aggregazione dei dati e l'integrazione tra i sistemi informativi e il SINFI

Case History

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Località varie

Mappatura del sottosuolo e rilievo di sottoservizi e strutture interrate presenti al di sotto della sede stradale in area urbana

Acquisizione dati radar sia con strumentazione tradizionale che con array di antenne

Tracciamento reti da parte dei gestori

Preparazione griglia di acquisizione dati radar: maglia di scansioni regolare e molto fitta

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Interpretazione sezioni radar acquisite

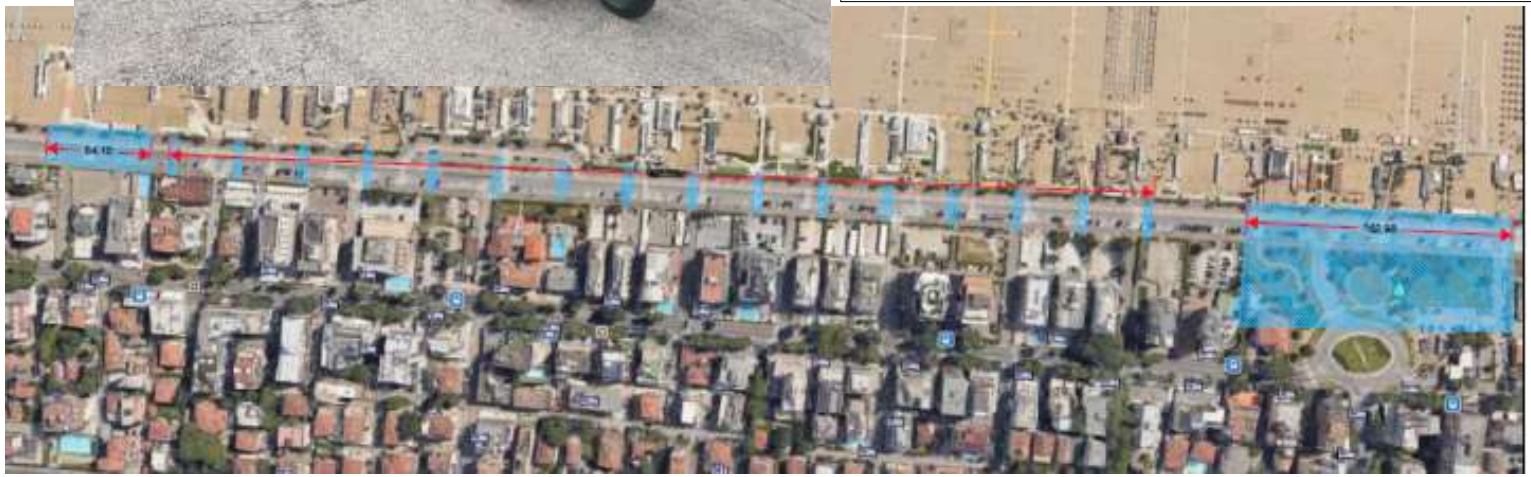
Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni fornite dai gestori delle reti è possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Rimini 2019

Mappatura del sottosuolo, rilievo sottoservizi e strutture interrate ai fini della progettazione di potenziamento e ricostruzione di collettori fognari

Acquisizione dati mediante sistema ad array complesso



MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Mappatura del sottosuolo, rilievo sottoservizi e strutture interrate ai fini della progettazione di potenziamento e ricostruzione di collettori fognari

Acquisizione dati mediante sistema ad array complesso

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Utilizzo di sistema 3D radar ad array complesso

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Attività di completamento alle indagini GPR, fondamentali per una corretta e completa mappatura

Censimento pozzetti

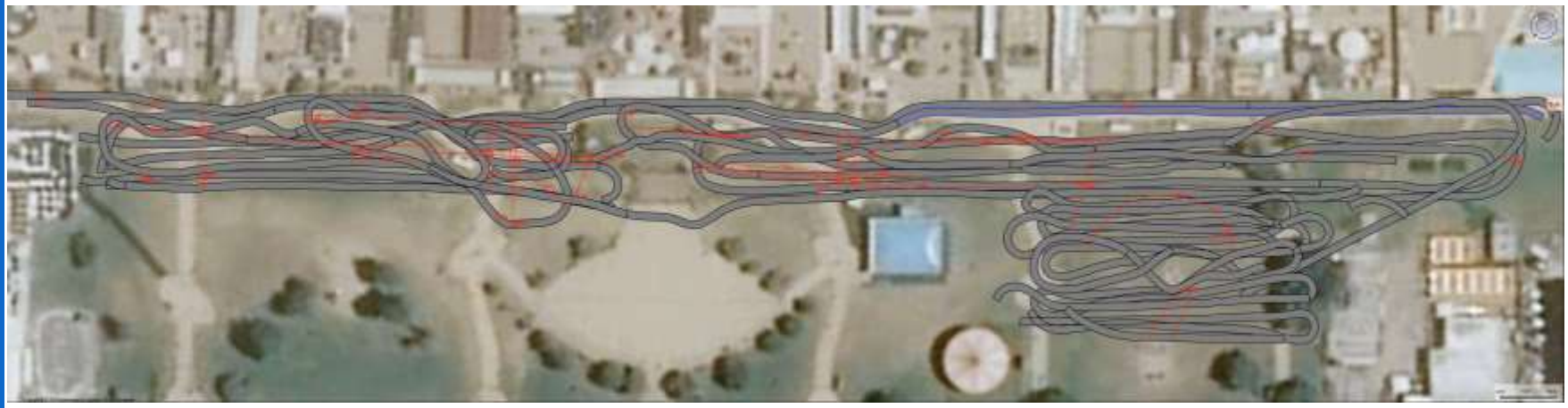
Ricerca pozzetti sepolti con cerca-chiusini

Rilievo GPS

Ricerca cavidotti con Localizzatore Elettromagnetico

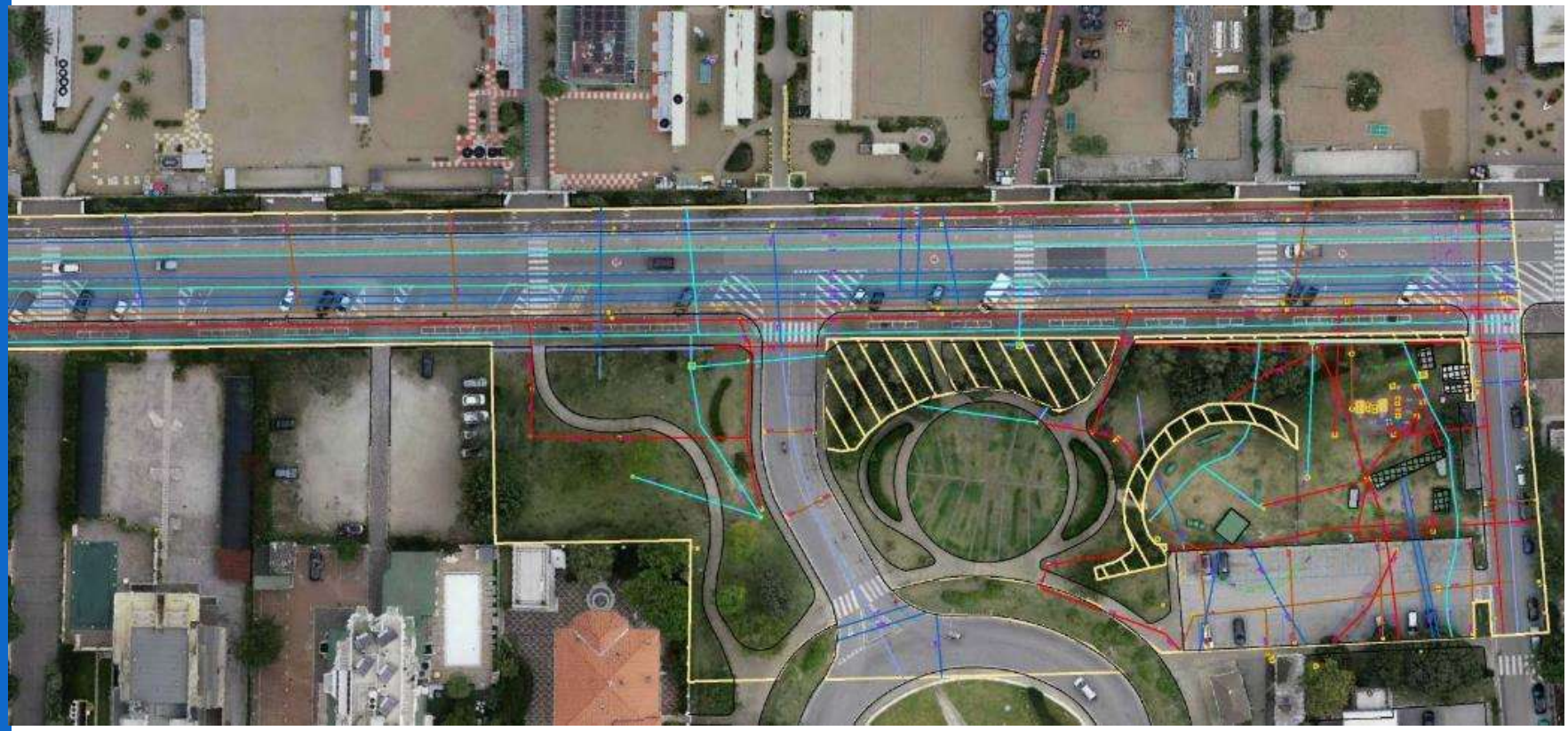
MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Visualizzazione tomografica dei dati per una rapida interpretazione



MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni ricavate dalle attività complementari è stato possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate. Come base cartografica sono state utilizzate immagini aeree in alta definizione acquisite con drone



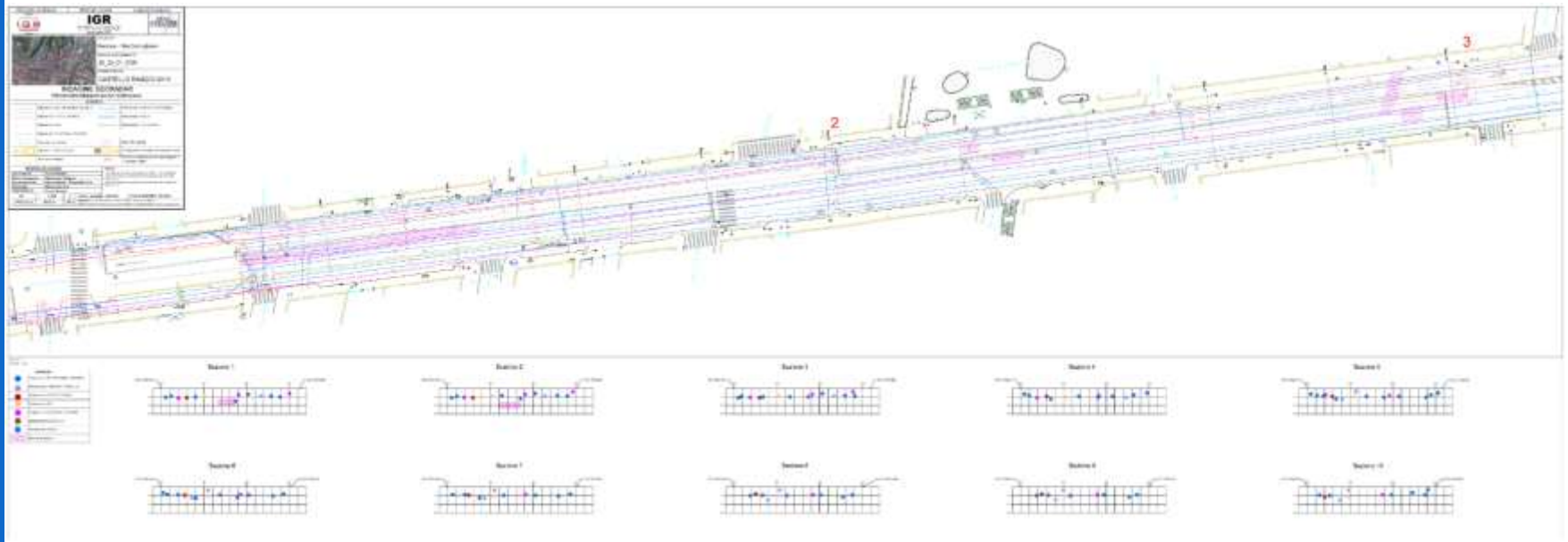
MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Rilievo sottoservizi e strutture interrate ai fini della definizione dello stato di fatto del sottosuolo di un'importante arteria viaria della città di Genova, Via Cornigliano. L'arteria è oggetto di una profonda serie di interventi che puntano alla riqualificazione urbana del quartiere; tali interventi prevedono, tra gli altri, la razionalizzazione dei sottoservizi, lo spostamento di alcuni e l'eliminazione di altri. Pertanto, è risultata fondamentale una mirata conoscenza di quanto presente, in modo da agevolare la progettazione e la successiva realizzazione della nuova sede stradale

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area urbana)

Cartografia finale delle indagini: integrando dati GPR con le informazioni ricavate dalle attività complementari è stato possibile assegnare la natura a gran parte delle anomalie rilevate



MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area industriale)

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

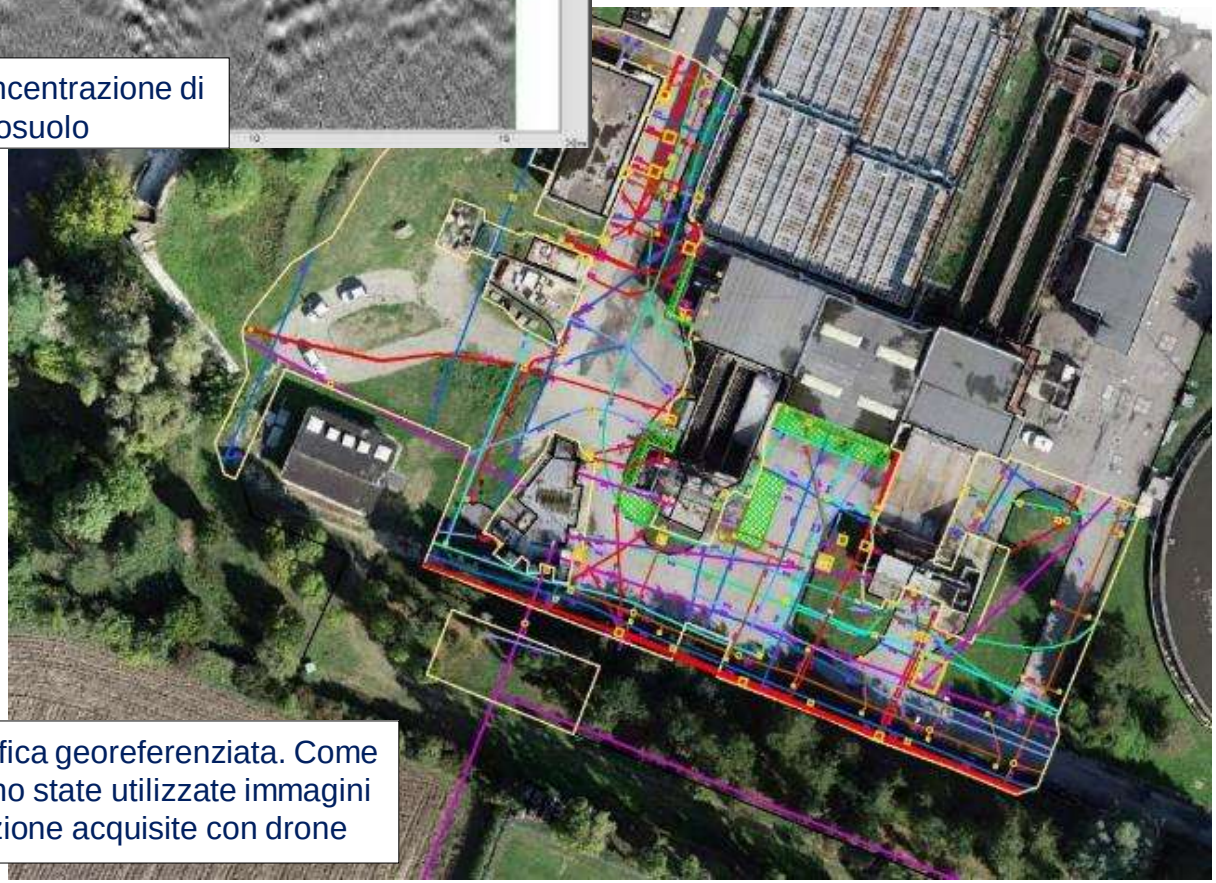
Bologna 2019

Mappatura del sottosuolo e rilievo dei sottoservizi e delle strutture interrate presenti nell'area di un Depuratore (circa 15.000 metri quadrati)

Acquisizione dati radar + censimento dei pozzetti

MAPPATURA RETI IN FASE DI PROGETTAZIONE (area industriale)

Interpretazione dati radar: alta concentrazione di anomalie e target nel sottosuolo

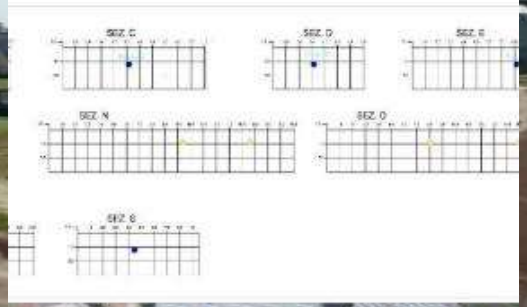


Restituzione cartografica georeferenziata. Come base cartografica sono state utilizzate immagini aeree in alta definizione acquisite con drone

GEORADAR IN FASE DI PROGETTAZIONE

EMPOLI (Fi) 2017

Nella prima fase di progettazione dell'ammodernamento dello Stadio di Empoli, è stata eseguita un'indagine georadar finalizzata a rintracciare il percorso di un vecchio canale interrato di cui si era a conoscenza ma per il quale non si avevano più notizie certe in merito alla posizione



Segnalazione dell'anomalia rilevata direttamente in sito

GEORADAR IN FASE DI PROGETTAZIONE

Mappatura del sottosuolo finalizzata al rilievo di anomalie interrate (cavità, manufatti, ordigni bellici inesplosi) in specifiche zone oggetto di future lavorazioni

Aeroporto G.B. Pastine Ciampino (RM) 2018

Aeroporto S. Francesco D'Assisi Perugia 2019

GEORADAR IN FASE DI PROGETTAZIONE

L'indagine ha permesso di segnalare, lungo i tracciati di progetto, tubazioni preesistenti e anomalie che potrebbero essere riconducibili a oggetti metallici, in modo da modificare il tracciato o approfondire con saggi solo nei punti segnalati.

ALLEGATO 1

TABELLA delle ANOMALIE RILEVATE

Codice	Tipologia Sottoservizio	Profondità estradosso (m)
01	Tubazione di incerta presenza	0.50
02	Tubazione / Cavidotto	0.50
03	Tubazione / Cavidotto	0.45
04	Tubazione / Cavidotto	0.25
05	Anomalia (probabile substrato di vecchie strutture)	0.30/0.35
06	Anomalia (probabile substrato di vecchie strutture)	0.50
07	Tubazione di incerta presenza	0.25/0.40
08	Tubazione / Cavidotto	0.70
09	Tubazione / Cavidotto	0.75
10	Tubazione / Cavidotto	0.75
11	Tubazione / Cavidotto	0.60/0.75
12	Tubazione / Cavidotto	0.60
13	Anomalia non definita	0.30
14	Tubazione di incerta presenza	0.80
15	Anomalia non definita	0.50
16	Anomalia (probabile substrato di vecchie strutture)	0.25
17	Tubazione / Cavidotto	0.45
18	Tubazione / Cavidotto	0.50
19	Tubazione / Cavidotto	0.35
20	Tubazione / Cavidotto	0.40/0.45
21	Tubazione / Cavidotto	0.30
22	Tubazione acqua	0.05
23	Cavi elettrici	0.02
24	Tubazione / Cavidotto	0.30
25	Tubazione di incerta presenza	0.40
26	Tubazione / Cavidotto	0.40
27	Tubazione / Cavidotto	0.20/0.25
28	Anomalia non definita	0.35
29	Cavi elettrici	0.75
30	Tubazione / Cavidotto	0.65
31	Anomalia non definita	0.30
32	Anomalia (probabile substrato di vecchie strutture)	0.45

INDAGINI INTEGRATE IN FASE DI PROGETTAZIONE

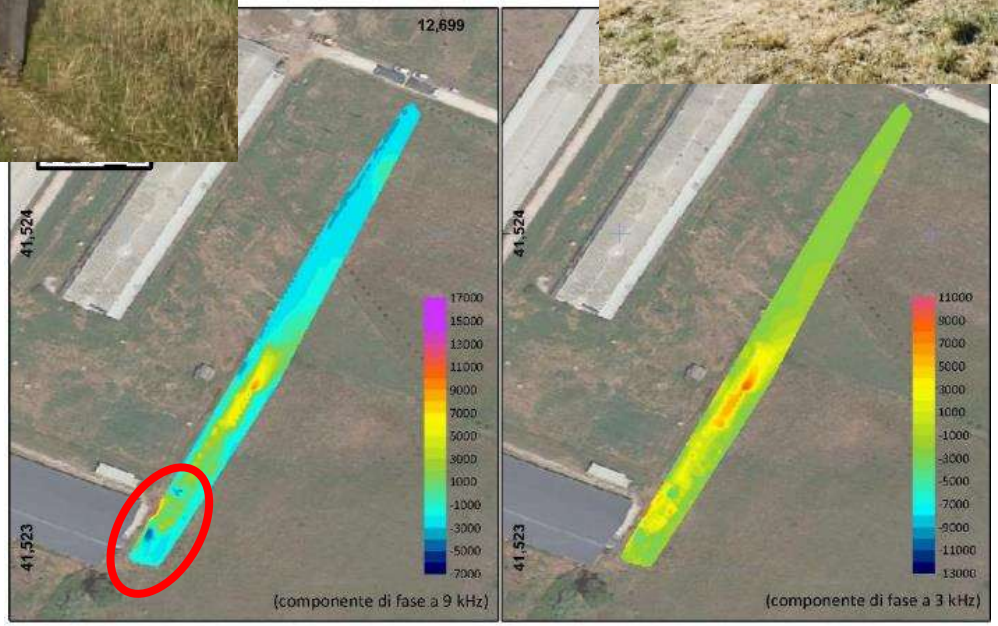
Aprilia (LT) 2020

Mappatura del sottosuolo finalizzata al rilievo di anomalie interrate (manufatti, ordigni bellici inesplosi) lungo il tracciato di progetto di un acquedotto.

Viste le condizioni morfologiche dell'area, e la lunghezza del tracciato (circa 3Km) si è optato per un'indagine con elettromagnetometro (indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza - FDEM), che ha permesso la copertura totale in una sola giornata. Tale metodologia, consente di ottenere, in modo speditivo, profili e mappe dei valori della variazione di fase e dell'intensità del campo elettromagnetico secondario rispetto ai valori del campo primario, valutando la variazione che un segnale subisce nell'attraversare mezzi a diversa conduttività

INDAGINI INTEGRATE IN FASE DI PROGETTAZIONE

Successivamente all'interpretazione dei dati EM si è proceduto ad un approfondimento con georadar, concentrato nelle sole aree in cui erano emerse anomalie, in modo da escludere la presenza di oggetti metallici



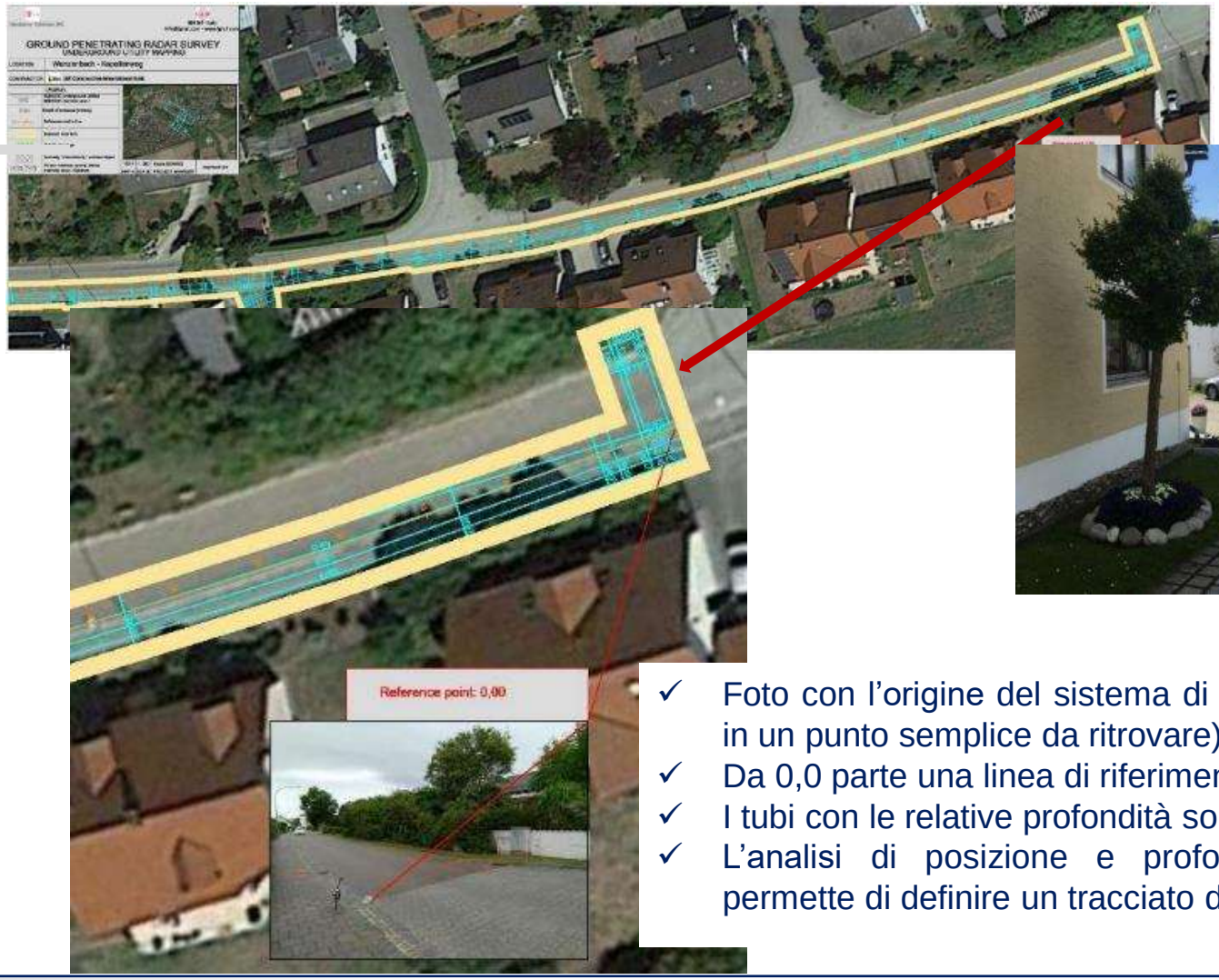
INDAGINI PRELIMINARI ALLA POSA DI UNA CONDOTTA IN TOC/HDD

Firenze 2015

La segnalazione di target in profondità permette all'operatore di variare la profondità di perforazione in modo da evitare di danneggiare il sottoservizio preesistente.
In aree urbane o industriali, con alta concentrazione di sottoservizi, è fondamentale eseguire un'indagine GPR in fase di progettazione, in modo da individuare il canale di posa più agevole.

INDAGINI PRELIMINARI A POSA CAVIDOTTO IN HDD

Germania 2016-18
Deutsche Telekom



- ✓ Foto con l'origine del sistema di riferimento 0,0 (fissato in un punto semplice da ritrovare);
- ✓ Da 0,0 parte una linea di riferimento graduata;
- ✓ I tubi con le relative profondità sono riportati in azzurro;
- ✓ L'analisi di posizione e profondità delle condotte, permette di definire un tracciato di perforazione sicuro.

INDAGINI PRELIMINARI ALLA POSA DI UN CAVIDOTTO IN MINITRINCEA

La segnalazione di un ostacolo (tubazione) superficiale permette all'operatore di variare la profondità di taglio in modo da evitare di danneggiare il sottoservizio preesistente.

In questo caso viene spesso utilizzata la metodologia di «Localizzazione / Detezione».
Avendo un tracciato di scavo ben definito ed una profondità di posa ridotta (di norma 0,35-0,5m), rappresenta un buon compromesso segnalare a terra con tracciante le tubazioni lungo il percorso

ATTENZIONE!!

Alta produttività ⟷ Maggiore approssimazione

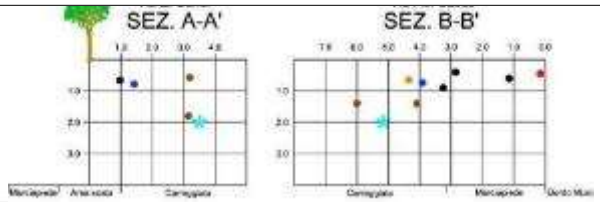
INDAGINI PRELIMINARI ALLA POSA DI UN CAVIDOTTO IN MINITRINCEA

POSSIBILE PROBLEMA

Sito mediamente complesso
Progettazione già eseguita
Tracciato già definito
Fresa per la minitrincea pronta

?

In aree ad alta concentrazione di sottoservizi, è fondamentale eseguire un'indagine GPR in fase di progettazione, in modo da avere la possibilità di modificare il tracciato di scavo



GPR e CATASTO DELLE INFRASTRUTTURE

Regione Lombardia 2011-2012

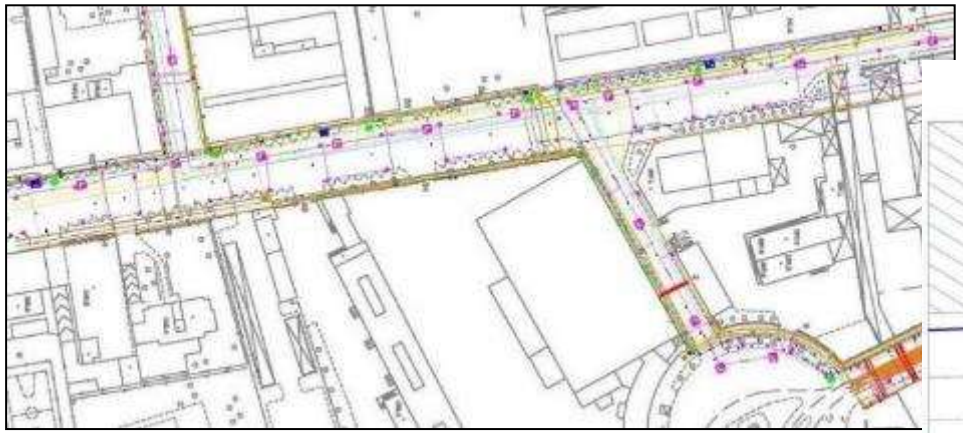
Sperimentazione su un'area di oltre 200.000mq, distribuiti nei comuni di Pero, Rho, Arese e Milano.
Scopo: creazione di un sistema WEB-GIS per una gestione integrata delle reti tecnologiche, continuamente aggiornabile (un vero e proprio "catasto delle reti") con il quale monitorare interventi e perdite, pianificare e progettare nuove linee.
Fasi Operative:

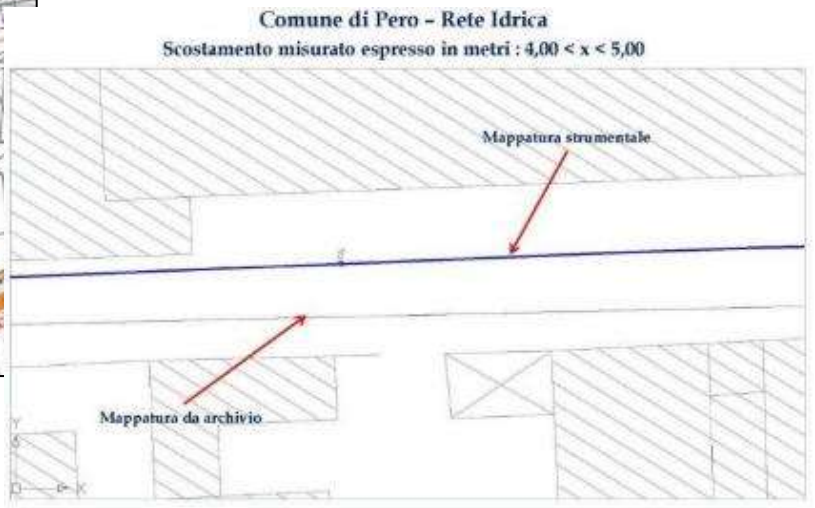
1. Acquisizione da archivi storici (raccolta e normalizzazione dei dati)
2. Georeferenziazione infrastrutture superficiali (pozzetti, caditoie, semafori, ecc..), assi viari e marciapiedi
3. Mappatura GPR: tra i differenti approcci è risultato vincente quello che prevedeva una strumentazione multicanale e multifrequenza ed una tecnica di acquisizione a media risoluzione

- Scansioni radar a maglia larga (10m)
- Georeferenziazione dei pozzetti
- Layout in 3D
- Costo contenuto
- Ideali per mappature estese di centri abitati

GPR e CATASTO DELLE INFRASTRUTTURE

Il dato è illustrabile sia in mappe 2D che in modalità 3D, permettendo di riconoscere la natura tridimensionale dell'indagine utile, in formato digitale, come elemento progettuale o di pianificazione urbanistica.





RISULTATI:

•Si è rilevato un frequente scostamento tra dato «storico» e dato «mappato», con numerosi casi in cui le differenze sono state METRICHE.

•La mappatura strumentale ha, inoltre, permesso di identificare infrastrutture non riconducibili a nessuna rete in particolare, spesso per mancanza di riferimenti superficiali. In ambito urbano si localizzano in questo modo un gran numero di sottoservizi spesso dismessi ed abbandonati, che potrebbero essere in alcun casi riutilizzabili e riattivabili mediante l'uso delle tecnologie trenchless.

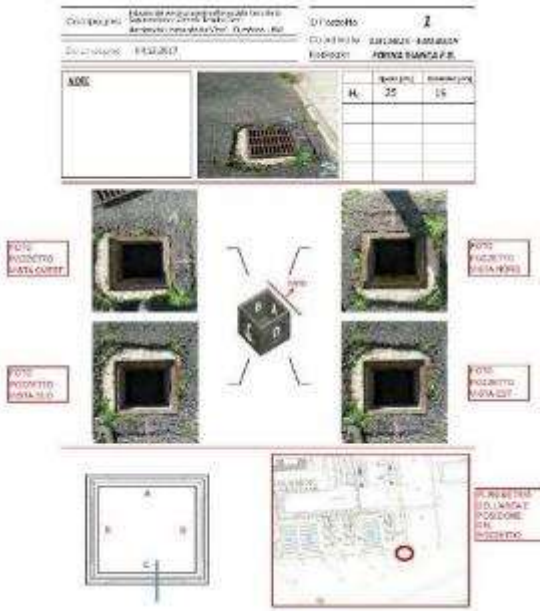
•In altri casi si sono identificate reti di cui nemmeno i proprietari erano a conoscenza.

CARATTERIZZAZIONE AREE INDUSTRIALI

Individuazione e mappatura di sottoservizi, gallerie, condotte, cavi presenti nell'area dei piazzali della Centrale di Cogenerazione e della Centrale Termica Ovest dell'Aeroporto di Fiumicino, finalizzata alla progettazione dell'ampliamento della centrale stessa e razionalizzazione delle reti esistenti

Centrale Termica Aeroporto Leonardo da Vinci – Fiumicino (RM) 2017

Acquisizione dati mediante GPR



Censimento pozzetti

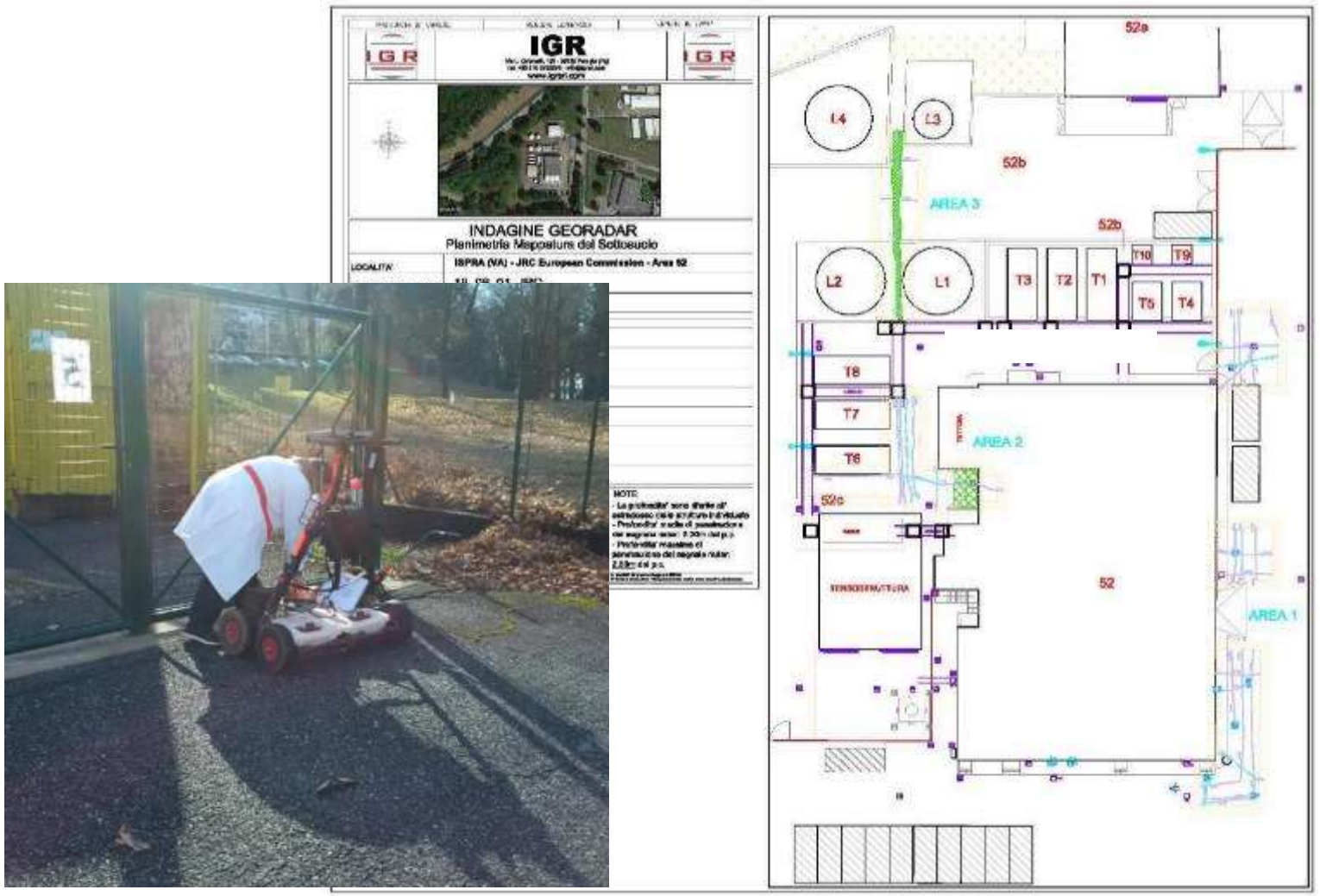
CARATTERIZZAZIONE AREE INDUSTRIALI

CARATTERIZZAZIONE AREE INDUSTRIALI

Joint Research Center European Commission – Ispra (Va) 2018

Campagna di indagini finalizzata alla mappatura delle reti e delle strutture interrate presenti all'interno di una Zona Controllata (con presenza di cisterne e tubazioni per il trasporto di materiali radioattivi) all'interno Centro di Ricerca Europeo di Ispra (Va), finalizzata allo smantellamento e bonifica del sito in esame.

CARATTERIZZAZIONE AREE INDUSTRIALI



MAPPATURA E TRACCIAMENTO DI UN SINGOLO CAVIDOTTO

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

Trentino Network 2010-2016

Autostrade per l'Italia 2015-2018

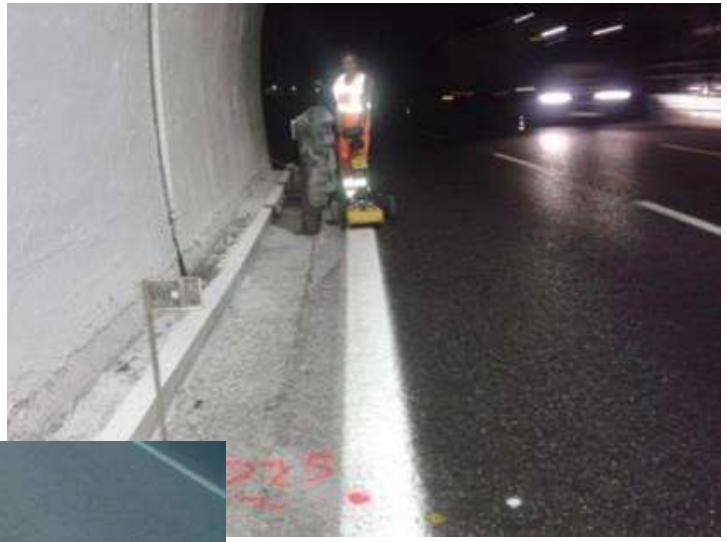
Fastweb 2016-2017

Monitoraggio di profondità di posa e posizione sul piano orizzontale della rete di dorsale in fibra ottica.
Esigenza nata dalla constatazione che in alcune tratte la rete, è molto più superficiale rispetto alla profondità di progetto, con conseguenti elevati rischi di danneggiamento.

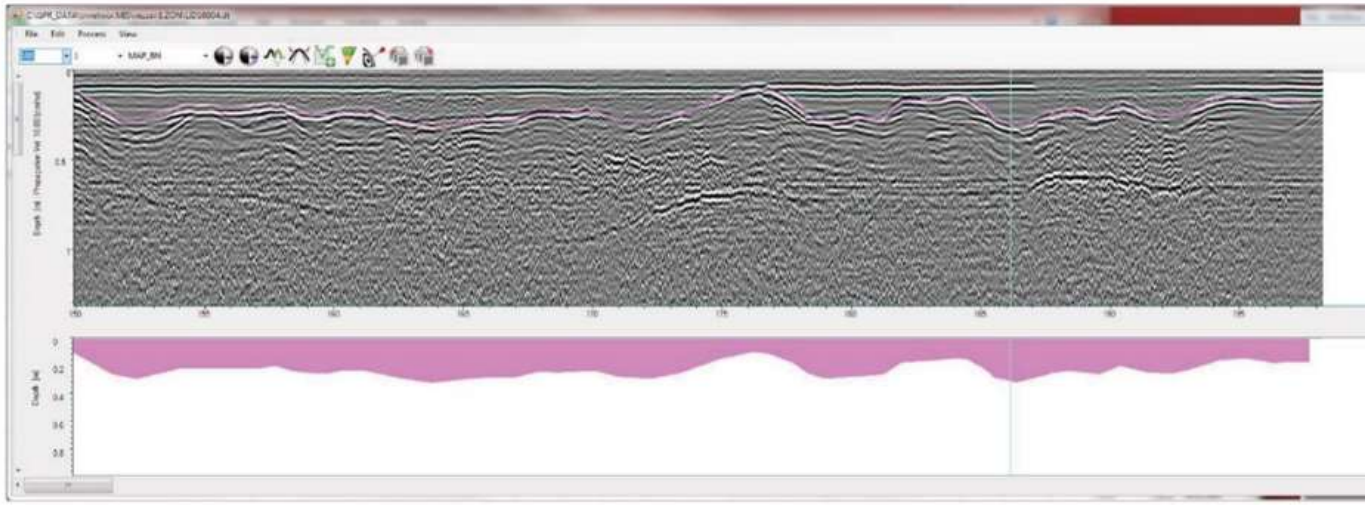
Antenna radar ad alta frequenza (1.600MHz), appositamente riadattata in modo da poter operare agevolmente su strada.
Una normale strumentazione radar per la mappatura del sottosuolo (frequenze comprese tra 200 e 900 MHz) non raggiunge il grado di dettaglio necessario (cavidotto di piccolo diametro - 5cm) per la valutazione di variazioni centimetriche nella profondità di posa rispetto ai 25-30cm di progetto.

MAPPATURA E TRACCIAMENTO DI UN SINGOLO CAVIDOTTO

Le acquisizioni sono state configurate tramite l'esecuzione di scansioni longitudinali che hanno cercato di seguire l'esatto tracciato della linea in fibra ottica.
Analoga attività è stata eseguita all'interno delle gallerie autostradali per rilevare posizione e profondità del tritubo F.O.



MAPPATURA E TRACCIAMENTO DI UN SINGOLO CAVIDOTTO

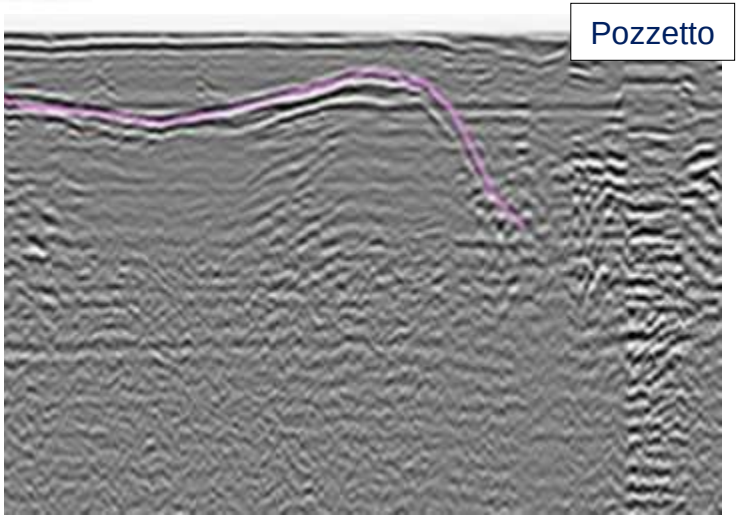


Sezione Radar tra le progressive 150 e 200: nell'intera sezione l'infrastruttura presenta un andamento molto irregolare, con tratti estremamente superficiali.

Risultati:

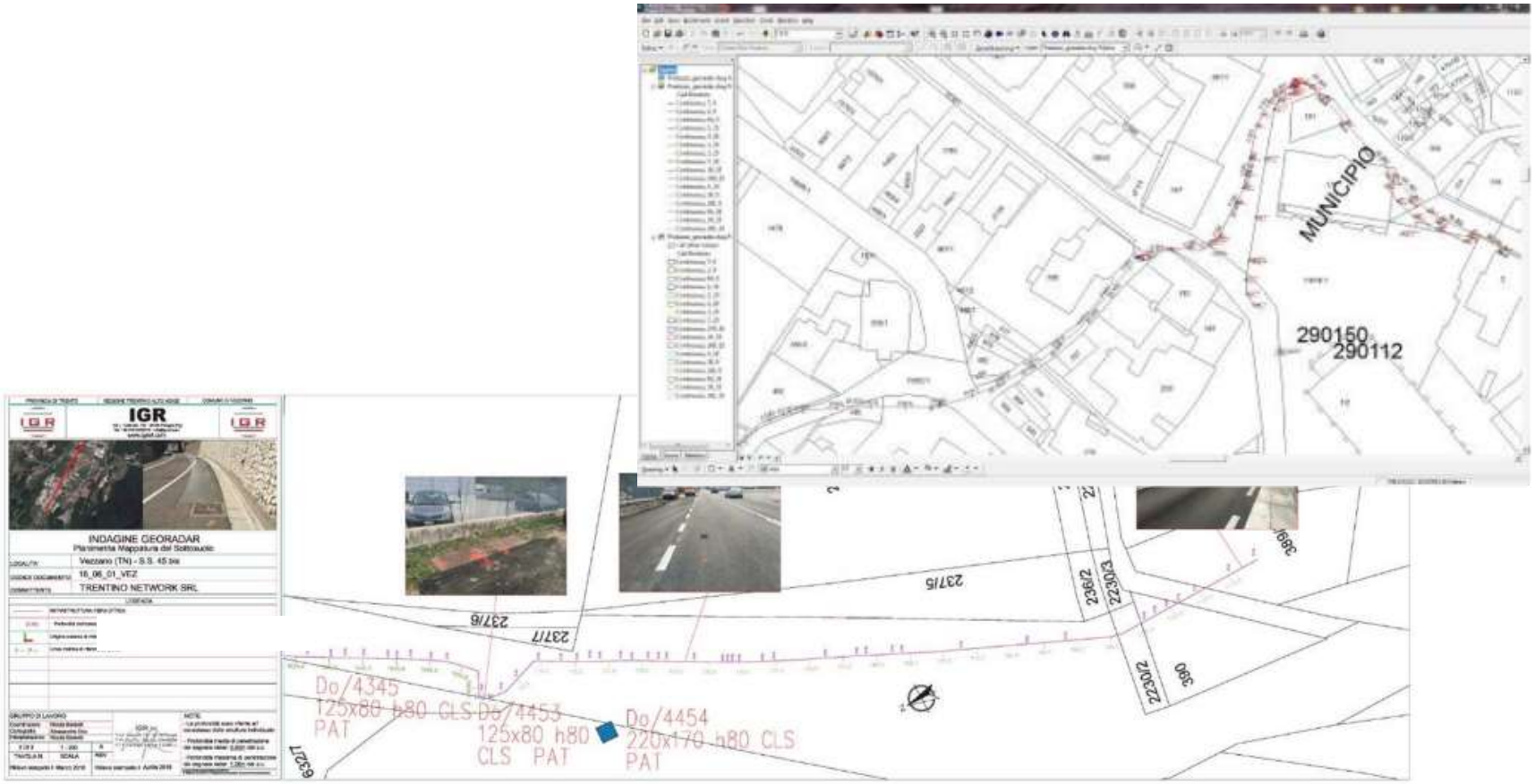
- ✓ Numerose zone con profondità "critiche" (5-10cm dal piano di calpestio)
- ✓ elevata irregolarità nell'andamento del cavidotto

Pozzetto



MAPPATURA E TRACCIAMENTO DI UN SINGOLO CAVIDOTTO

Il posizionamento cartografico finale del monitoraggio georadar, in un Database GIS, ha permesso una pianificazione territoriale a lunga scadenza volta alla progettazione e realizzazione di nuove infrastrutture, al risanamento delle vecchie, e non da ultimo, alla protezione della rete di fibra ottica da danneggiamenti e, quindi, alla minimizzazione di eventuali disservizi.



VALUTAZIONE SPESSORI DEL SOTTOFONDO STRADALE

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

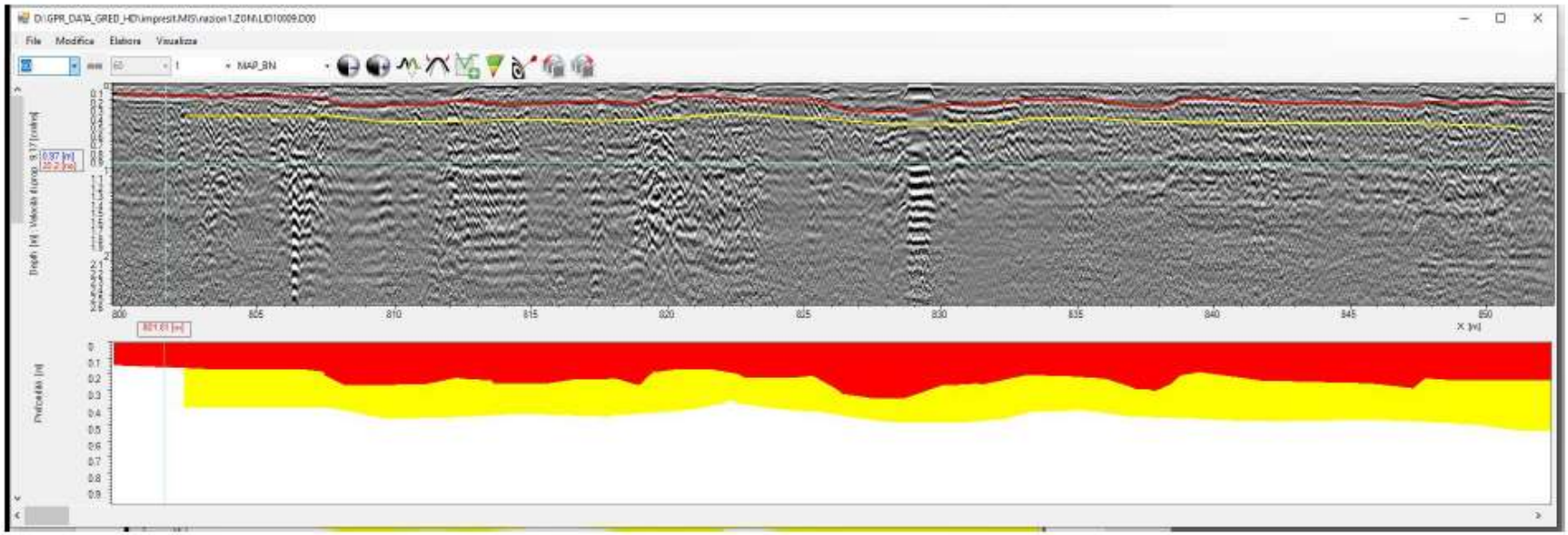
ROMA 2020

Progetto di Manutenzione Straordinaria di Via Nazionale (“Piano sanpietrini”)

Informazioni di progetto: «la piattaforma stradale è costituita da una pavimentazione in cubetti di porfido delle dimensioni medie circa 12x12 cm, allettati su uno strato di sabbia di circa 6 cm. Al di sotto dello strato di allettamento vi è una soletta in calcestruzzo armato di spessore circa 20 cm»

VALUTAZIONE SPESSORI DEL SOTTOFONDO STRADALE

PROGRESSIVA 800-850m



L’analisi delle sezioni radar ha manifestato una non omogeneità degli spessori del sottofondo, con valori variabili tra un minimo di circa 16cm fino ad un massimo di 34cm.

ANALISI ARCHEOLOGICHE

Provincia di Frosinone 2015

Campagna di indagine mediante Georadar; l'indagine è stata eseguita in un’area rurale adiacente il tracciato della SS628 / Via Leuciana, nel comune di Castrocielo .

Scopo dell’indagine è stato quello di rilevare e mappare manufatti, cavità e strutture di interesse archeologico presenti nel sottosuolo, lungo il tracciato di progetto di una bretella del nuovo metanodotto Busso-Paliano.

L’estensione totale dell’area indagata è stata di circa 3.600 mq.

Inquadramento dell'area

ANALISI ARCHEOLOGICHE

Acquisizione dei dati

E' stata impiegata una innovativa strumentazione georadar ad architettura complessa IDS STREAM X (soluzione ideale per la mappatura estesa di siti archeologici, strutture sotterranee, reti interrate e cavità):

- ✓ larghezza utile di oltre 2m
- ✓ alta velocità di acquisizione (1 ha/h nelle migliori condizioni)
- ✓ elevata risoluzione

L'acquisizione è stata referenziata mediante GPS direttamente collegato alla strumentazione radar.
Sono state eseguite una serie di scansioni parallele tra loro, in modo da coprire l'area in oggetto, tralasciando esclusivamente le zone in cui la presenza di rilevanti ostacoli ha impedito la movimentazione del carrello.

ANALISI ARCHEOLOGICHE

ANALISI ARCHEOLOGICHE

Elaborazione dei dati

I dati grezzi acquisiti in campagna sono stati trasformati attraverso l'applicazione di filtraggi ed amplificazioni che ottimizzano il segnale.

Ciò ne ha permesso l'interpretazione con l'individuazione e la stima delle profondità dei target attribuibili a manufatti.

Sono state eseguite analisi ed elaborazioni 2D (visualizzazione di sezioni radar) e 3D (tomografie che permettono di "affettare" l'area indagata a diverse profondità).

I target georeferenziati sono stati infine trasferiti in un programma CAD per essere integrati al rilievo cartografico.

Schermata del software di interpretazione dei dati

ANALISI ARCHEOLOGICHE

I risultati delle indagini sono illustrati nell'immagine allegata, nella quale sono evidenziate le posizioni dei manufatti individuati.
Le strutture cartografate, segnalano anomalie che in genere vanno ad indicare l'effettiva presenza di manufatti ma che potrebbero scaturire anche da fattori litologici o magnetici perturbanti locali.
La profondità massima di penetrazione del segnale elettromagnetico è stata di circa 3m dal piano campagna; al di sotto di tale quota si è osservato un notevole calo nella definizione del segnale.

1. Aree di ridotte dimensioni (<10mq): riconducibili a manufatti o zone oggetto di rimaneggiamento, quali tombe o fornaci.

2. Zone con anomalie ad andamento lineare: riconducibili a manufatti con andamento geometrico lineare, quali opere murarie o cunicoli.

3. Zone con anomalie ad andamento lineare e notevole ampiezza: riconducibili a tracciati viari o canalizzazioni.

ANALISI STORICHE

TODI (Pg) 2020

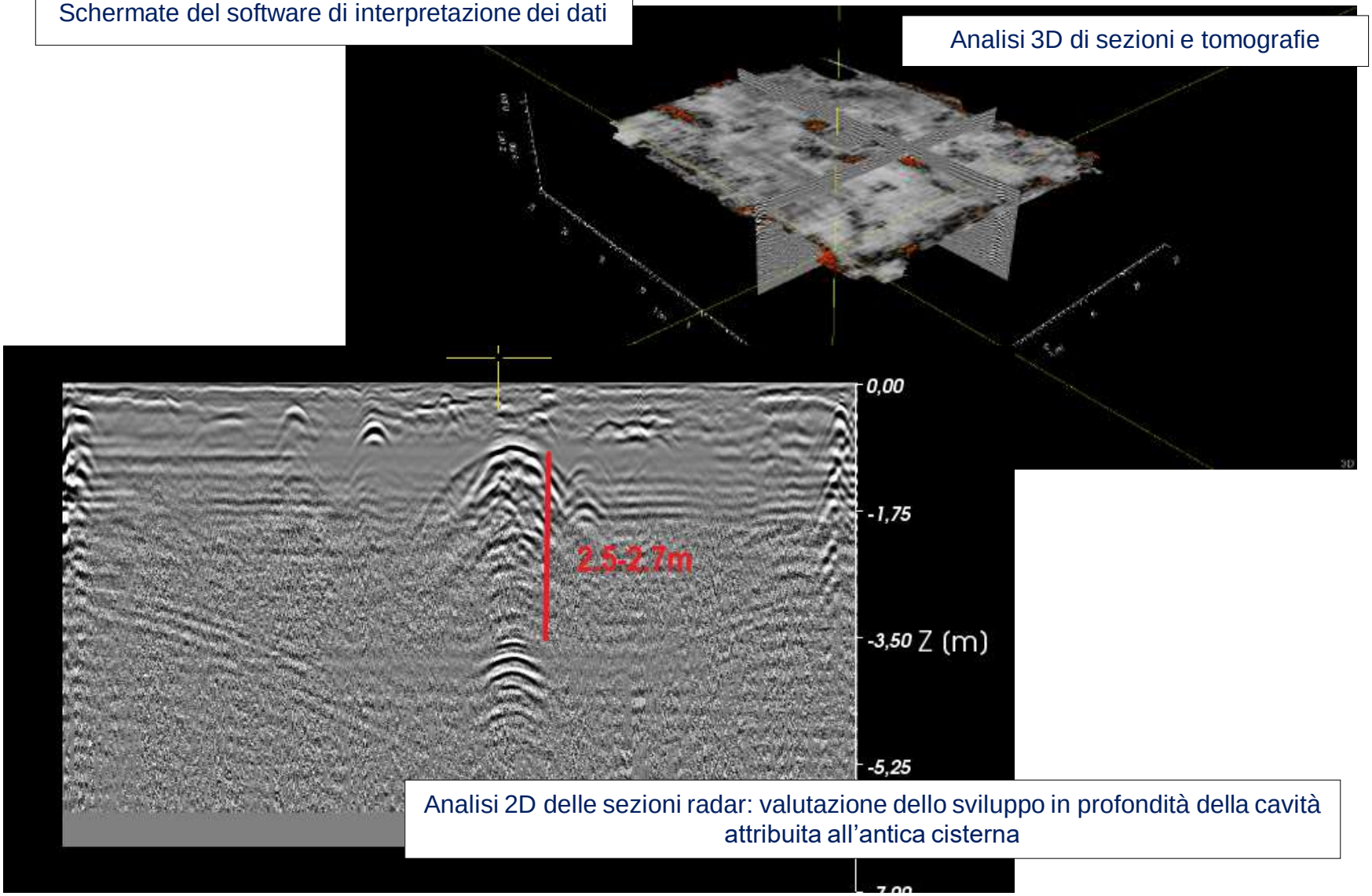
Campagna di indagine mediante Georadar nel chiostro centrale dell'Istituto Tecnico Agrario Ciuffelli-Einaudi di Todi (Pg); l'istituto occupa i locali di un Monastero risalente al 1200, più volte rimaneggiato e convertito ad altre funzioni nel corso dei secoli.

Scopo dell'indagine è stato quello di rilevare e mappare manufatti, cavità e cisterne risalenti all'originale funzione dell'edificio.

ANALISI STORICHE

Schermate del software di interpretazione dei dati

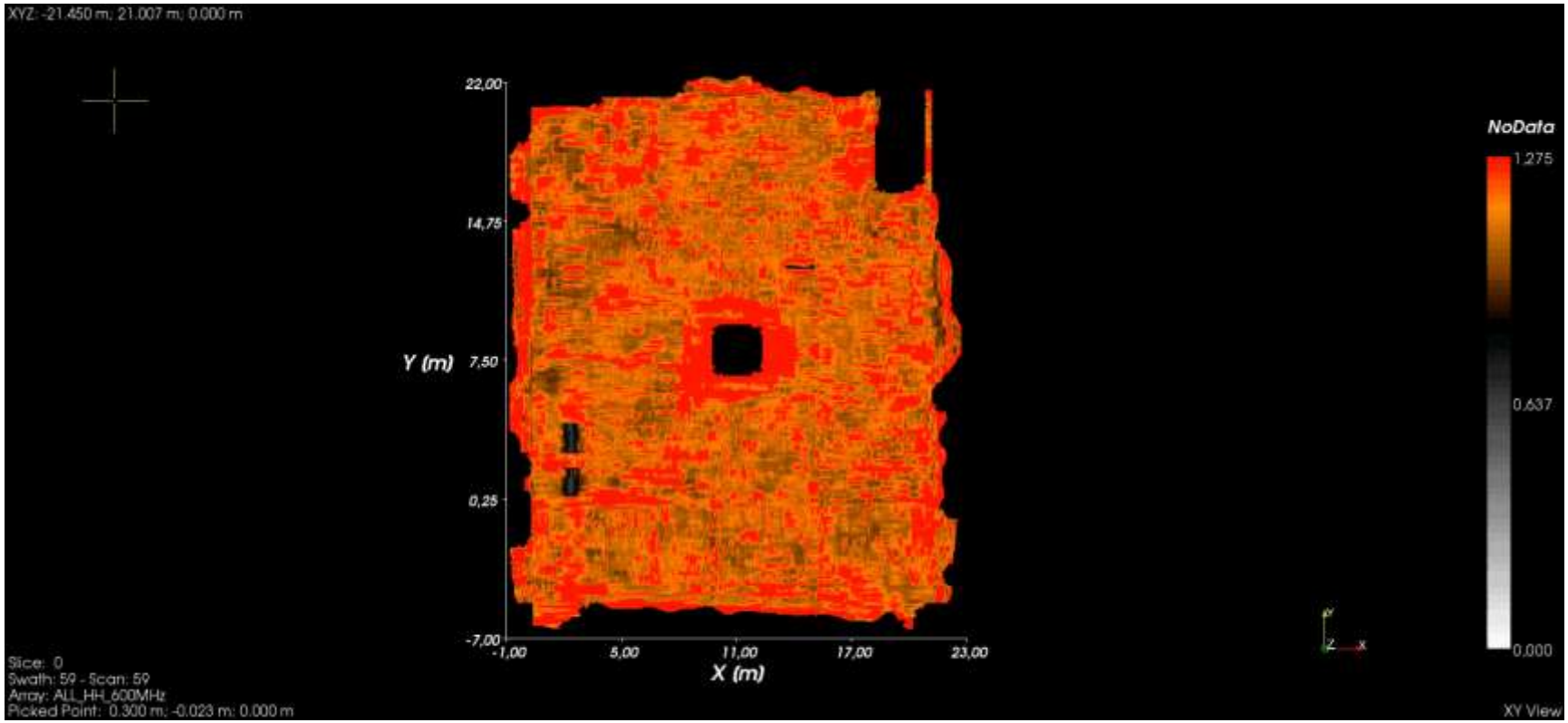
Analisi 3D di sezioni e tomografie



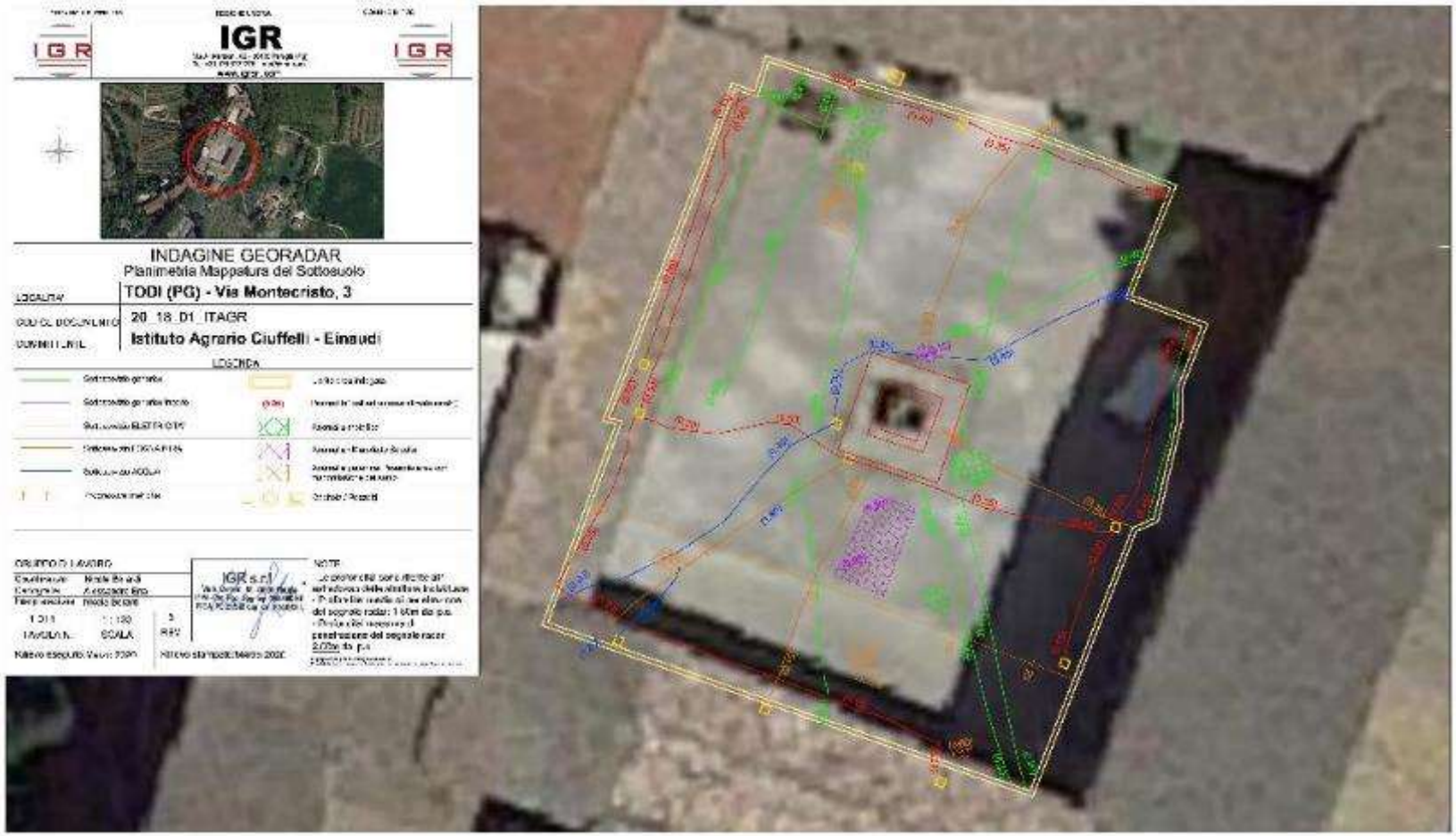
Analisi 2D delle sezioni radar: valutazione dello sviluppo in profondità della cavità attribuita all'antica cisterna

ANALISI STORICHE

Visualizzazione tomografica dei dati per evidenziare rapidamente le anomalie rilevate



ANALISI STORICHE

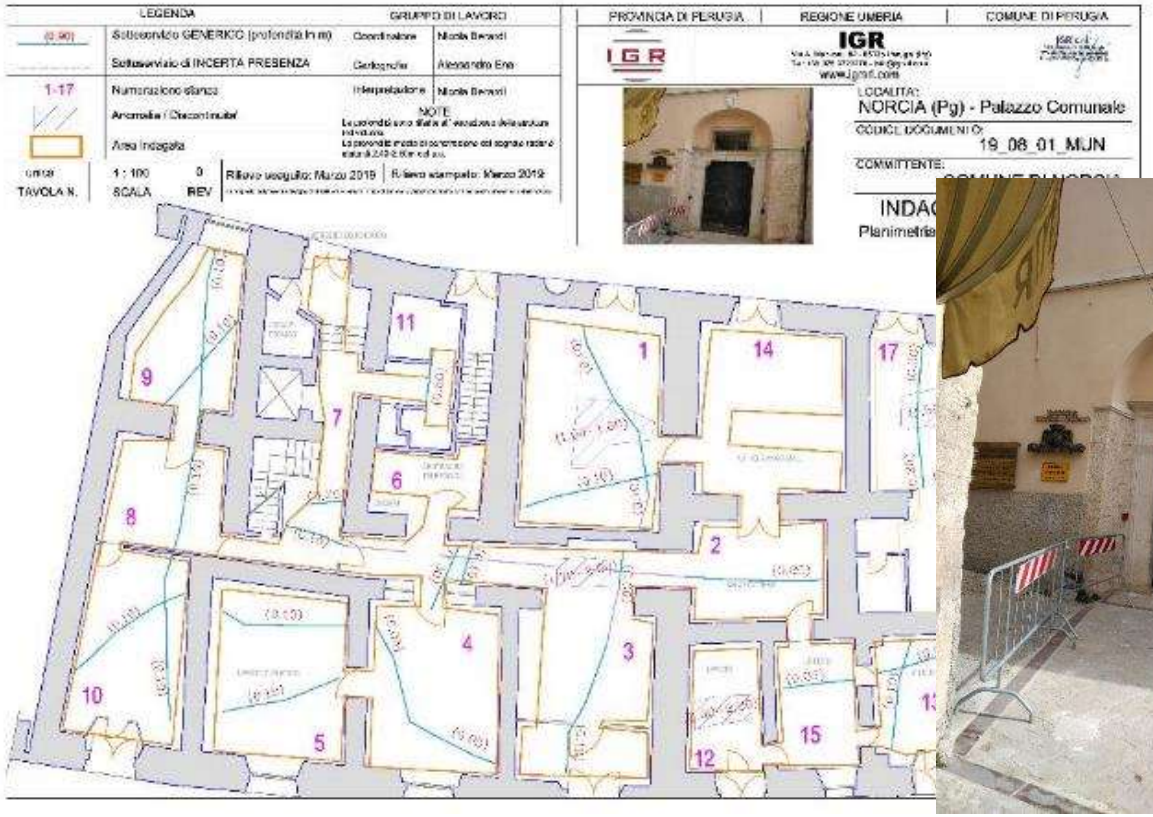


ANALISI ARCHEOLOGICHE - STRUTTURALI

NORCIA (Pg) 2019

Indagine GPR eseguita nelle stanze del piano terra del Palazzo Comunale di Norcia, gravemente danneggiato dagli eventi sismici del 2016.

Scopo dell'indagine è stata la rilevazione di eventuali cavità, cunicoli e strutture interrate che potessero rappresentare un problema da considerare in fase di progettazione della messa in sicurezza, ristrutturazione ed adeguamento sismico.



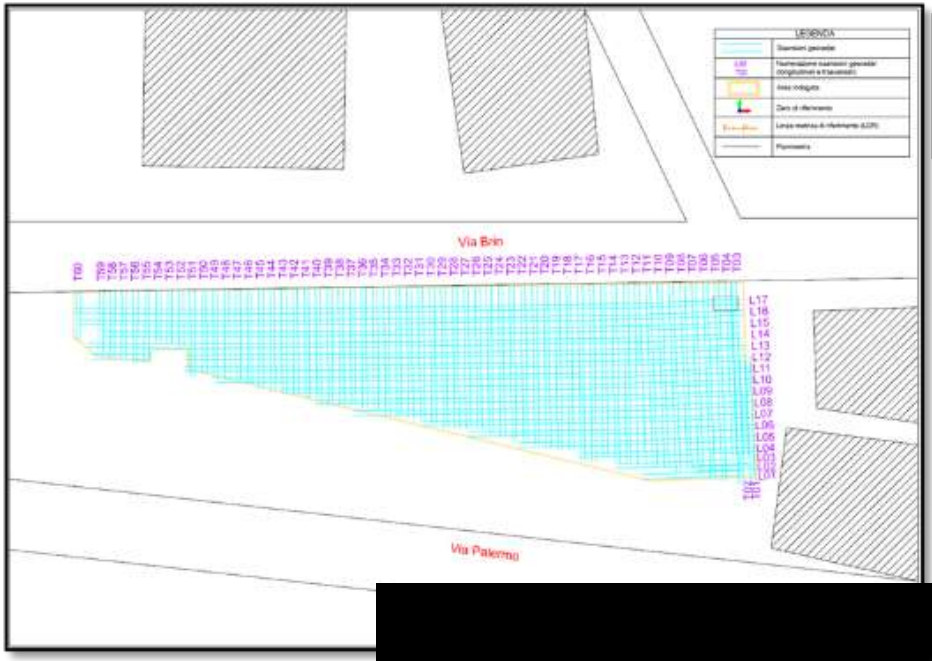
ANALISI AMBIENTALI

CARONIA (Me) 2020

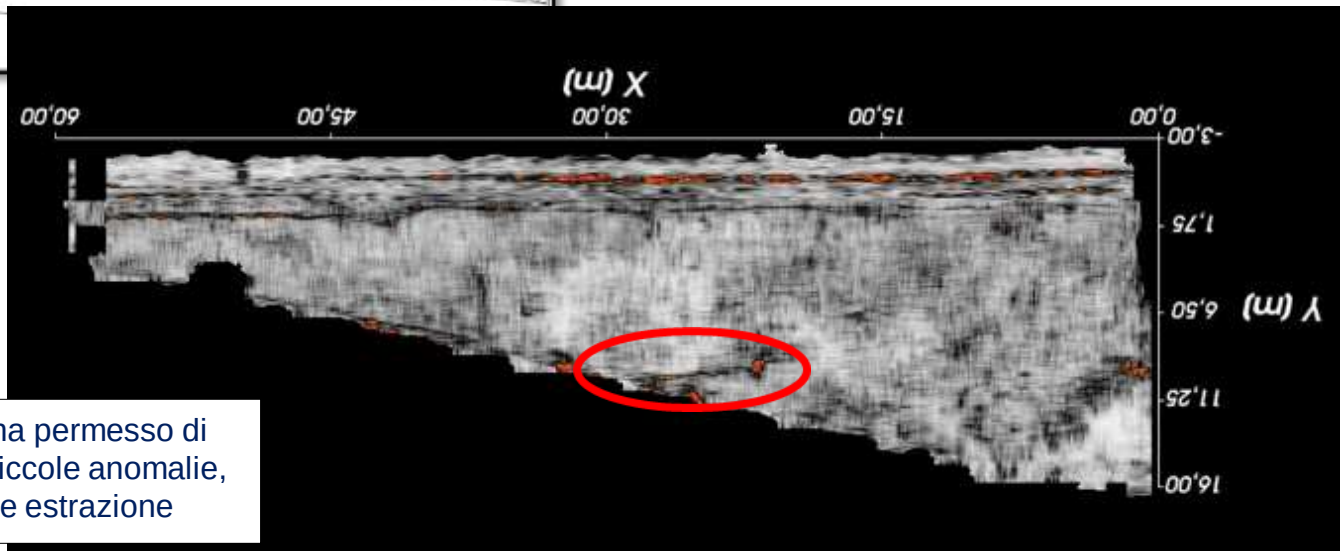
Campagna di indagine mediante Georadar finalizzata alla mappatura di sottoservizi, cisterne e strutture interrate presenti nell'area sede di un ex impianto di distribuzione carburanti, in vista della progettazione degli interventi di bonifica del sito.

L'estensione totale dell'area indagata è stata di circa 700 mq.

ANALISI AMBIENTALI



Copertura totale dell'area per evitare che oggetti di dimensioni ridotte (piccoli serbatoi, cisterne, ecc..), potessero essere trascurati



La tomografia rada ha permesso di mettere in evidenza piccole anomalie, altrimenti di difficile estrazione

Grazie per l'attenzione

Geol. Nicola Berardi
IGR Srl – n.berardi@igrsrl.com
Commissione Tecnica Permanente IATT Indagini Conoscitive