

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

L 5 8

D

b

0 0 6

I G

- -

R 0

SARONNO CITY HUB

Progetto Definitivo

INDAGINI CON GEORADAR

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	mag 2023	prima emissione		

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Luca Erba

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
PROCURATORE
Ing. Roberto Riva

Progettista



PROVINCIA DELLA PROVINCIA DI LECCO
DOTT. ING.
ERBA LUCA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 639

Collaborazione

REDATTO

CONTROLLATO

APPROVATO

DATA

CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE

AGG.



SERMA S.r.l.
MISURE AMBIENTALI

FOTOGRAMMETRIA – CARTOGRAFIA – TOPOGRAFIA
SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI – CATASTO

I-20017 RHO (MI) Via Magenta 77 int. 4/C tel.02.93502760 fax 02.9303265 e-mail info@serma.it www.serma.it
Capitale Sociale € 26.000,00 – CCIAA n. 1030336 – Reg. Soc. Milano n. 192377 F. 27 – C.F e P.I. 04658320157



Comune di Saronno (VA)

Deposito Ferrovie Nord

*Indagine Georadar finalizzata
all'individuazione di anomalie correlabili,
utili allo studio dell'andamento della rete di sottoservizi*

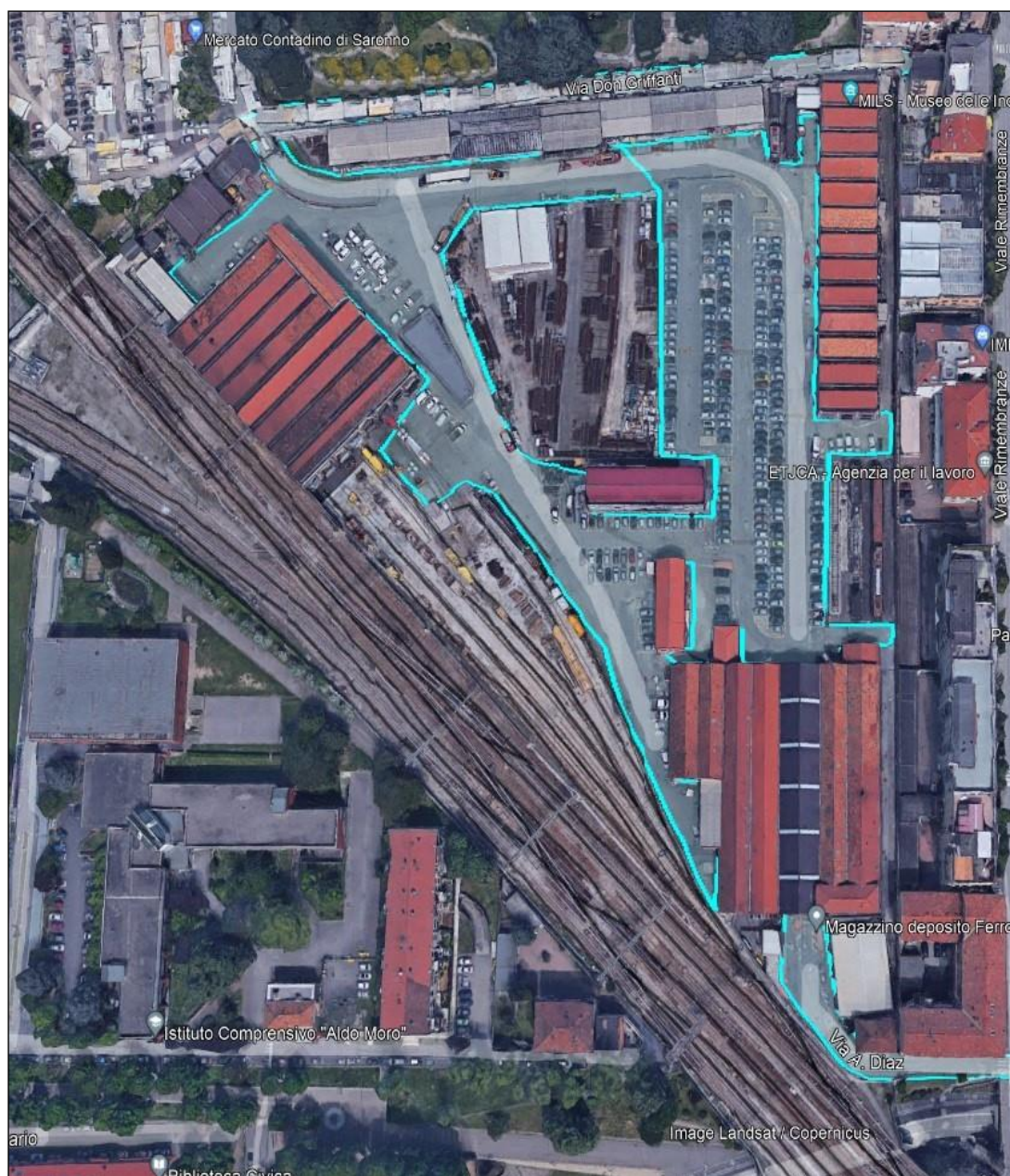


Dicembre 2022

1 PREMESSA

Nel mese di Dicembre 2022 è stata eseguita per conto di NORD_ING, un'indagine geofisica mediante l'applicazione di metodologia Georadar, presso l'intero deposito delle Ferrovie Nord di Saronno (VA). L'indagine ha interessato anche le vie adiacenti il deposito: via Don Grifanti a Nord e Via Diaz a Sud.

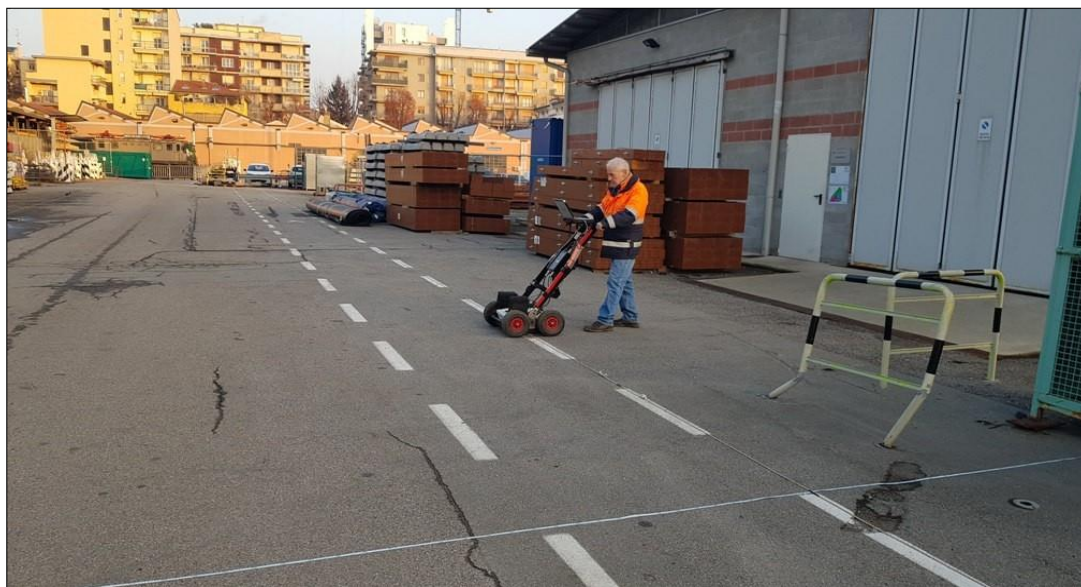
Lo scopo dell'indagine era la ricerca delle anomalie georadar utili alla ricostruzione della rete di sottoservizi presente nel sottosuolo potenzialmente interferenti con gli interventi di riqualificazione dell'area. E' stata indagata l'intera superficie, perimetrata in azzurro e visibile nell'immagine aerea sottostante.



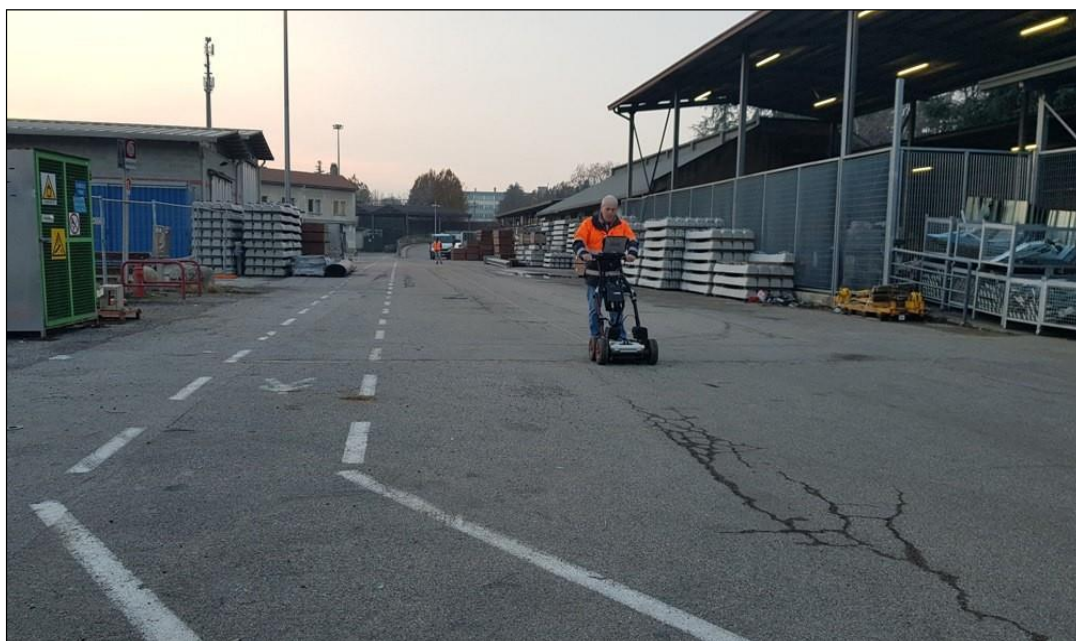
La squadra di acquisizione, composta da due tecnici specializzati, ha operato su 2 fronti:

- acquisizione di sezioni Georadar, sia longitudinali, sia trasversali, con lo scopo di indagare tutta la superficie d'interesse, costruendo una matrice di sezioni, (maglia 2 metri x 2 metri), visibile in allegato 1.
- rilievo finale mediante Radiodetection (rilevatore elettromagnetico di cavidotti e tubazioni interrate).

Sono state eseguite in totale 746 sezioni, utilizzando un Georadar IDS Hi mod dotato di un'antenna avente duplice frequenza di 250 e 600 Mhz, idonea ad indagare i primi metri da piano campagna.



Acquisizione delle sezioni georadar trasversali (sopra) e longitudinali (sotto)





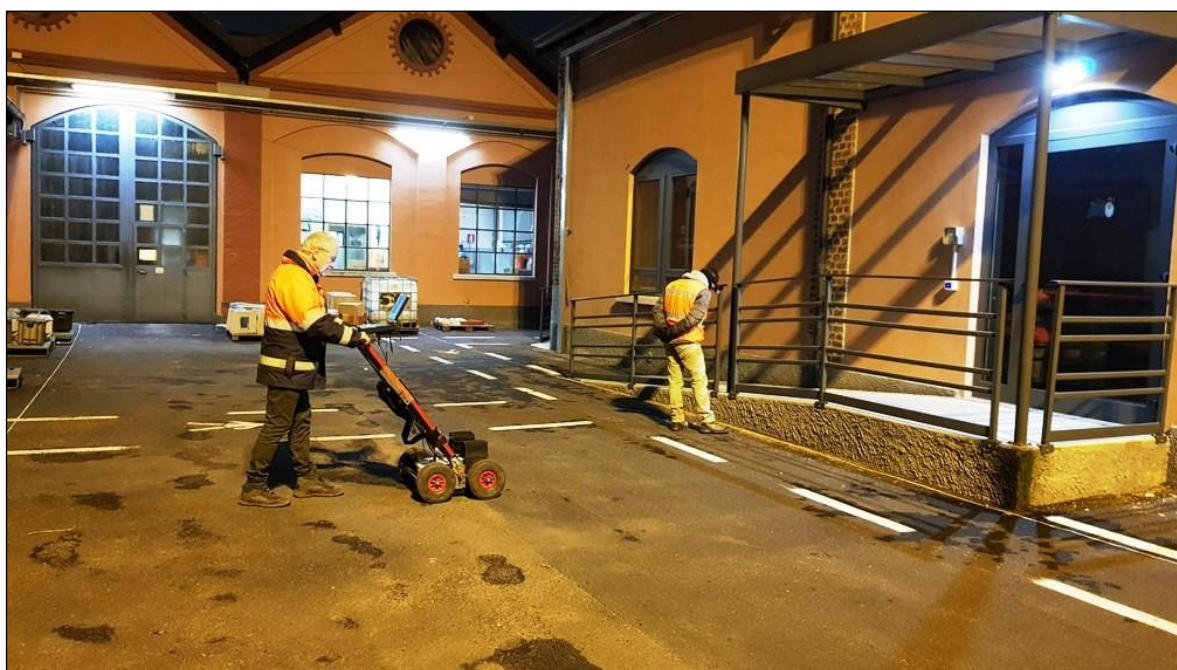
Primo piano di un “radargramma” visibile sul laptop del Georadar



Indagine su una porzione dell’area adibita a parcheggio



Acquisizione radargrammi presso via Don Griffanti



Acquisizione radargrammi in orari notturni con parcheggi parzialmente sgombri



*Completamento delle indagini mediante utilizzo di Radiodetection
(Rilevatore elettromagnetico di sottoservizi e cavidotti in tensione)*



2 METODOLOGIA RADAR

Il Radar (Ground Probing Radar) ad impulso elettromagnetico è un sistema elettronico, complesso e tecnologicamente avanzato, in grado di indagare i terreni e i materiali con notevole dettaglio, utilizzando la riflessione d'onde elettromagnetiche appositamente prodotte.

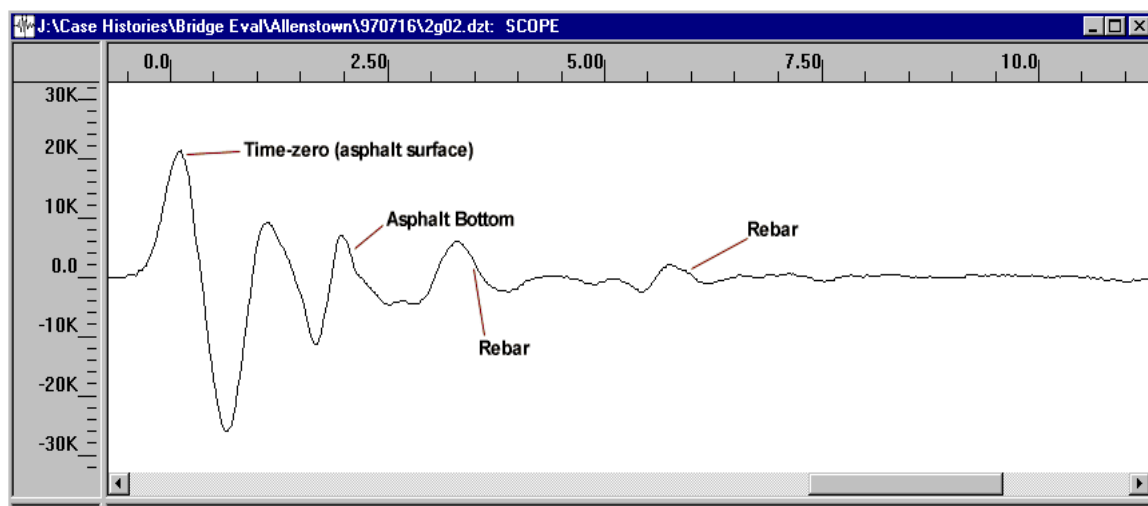
Il risultato delle analisi è costituito da sezioni verticali che illustrano visivamente gli andamenti delle discontinuità presenti nel sottosuolo, permettendo così di individuare la presenza di materiali metallici, fondazioni in cemento, tubazioni, cavi, cavità, perdite di liquidi e disomogeneità di varia natura.

Il radar è costituito da un trasmettitore d'impulsi elettromagnetici a larga banda e da un ricevitore, e il suo funzionamento è sintetizzabile nella rapida successione di

trasmissione d'impulsi elettromagnetici e ricezione d'onde elettromagnetiche riflesse.

Il terreno è energizzato da un trasduttore (antenna), predisposto anche per ricevere i segnali riflessi dai corpi sepolti, ed il segnale riflesso è campionato numericamente a 16 bit ed immagazzinato su Hard-disk.

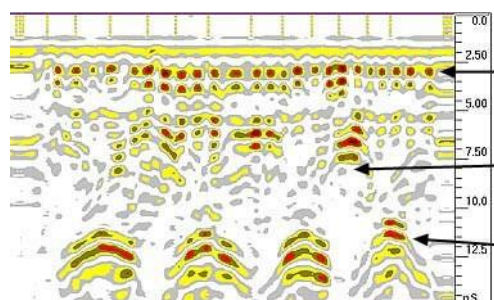
Il segnale inviato all'antenna dall'apparato trasmittente è costituito da un impulso della durata di pochi nanosecondi e il tempo di ascolto del sistema è variabile a scelta dell'operatore (10-1000 nanosecondi), in funzione della profondità che si vuole esplorare e dell'antenna utilizzata.



L'energia dell'impulso trasmesso è distribuita su uno spettro di frequenza molto ampio. Quando quest'impulso è applicato all'antenna, solo la parte di energia, definibile dalla banda passante dell'antenna, è trasmessa realmente.

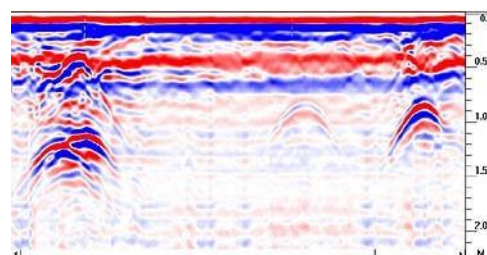
Le caratteristiche dell'antenna (frequenza centrale e larghezza di banda) determinano quindi il tipo di energizzazione applicata al terreno e la forma reale dell'impulso trasmesso. Sono disponibili antenne a frequenza centrale da 80 Mhz fino a 1000 Mhz.

La scelta dell'antenna da utilizzare viene fatta in funzione essenzialmente delle dimensioni e della profondità degli oggetti riflettenti, dell'obiettivo dell'indagine, nonché dei parametri elettrici del terreno (conducibilità e permeabilità magnetica). L'impulso inviato nel terreno si propagherà con una velocità pari a quella tipica del campo elettromagnetico nel mezzo in questione; il valore di velocità dipende essenzialmente dalla costante dielettrica del mezzo attraversato. L'energia ceduta durante il percorso sarà minima nell'aria ed in mezzi dielettricamente molto resistenti, viceversa si avrà una notevole attenuazione in mezzi dielettricamente poco resistenti quali i materiali conduttivi in genere. Risulterà riflettente un corpo le cui dimensioni siano comparabili o maggiori della lunghezza dell'onda elettromagnetica nel mezzo in cui il corpo è immerso.



L'energia dell'impulso riflesso sarà direttamente proporzionale al contrasto di valore dei parametri fisici fra il corpo sepolto ed il terreno che lo contiene, nonché alla presenza di una ben precisa superficie di contrasto. Parte dell'energia trasmessa dall'antenna verrà quindi riflessa dai corpi sepolti, o dalle discontinuità geologiche eventualmente presenti, e verrà ricevuta dall'antenna e registrata.

La profondità della sezione esplorata dipende innanzitutto dalla frequenza d'impulso immessa nel terreno ed inoltre dalla durata del tempo di ascolto degli "echi" (riflessioni) restituiti dagli strati del sottosuolo. Un tempo di ascolto maggiore offre una maggior profondità della sezione investigata. La profondità di investigazione dipende, tuttavia, anche dalla natura del terreno, ossia dalla sua costante dielettrica.



L'energia ceduta dall'onda elettromagnetica dipende dalla conducibilità del mezzo in cui viaggia, perciò, in mezzi conduttivi si avrà un forte assorbimento dell'onda elettromagnetica ed una scarsa penetrazione.

In pratica, l'utilizzo del radar si esplica nel muovere l'antenna ricetrasmittente sull'oggetto da indagare, lungo profili ben determinati. Il sistema di acquisizione digitale viene invece tenuto su un carrello attrezzato ed è collegato all'antenna mediante un cavo di comunicazione.

La strumentazione utilizzata comprende:

- UNITA' PRINCIPALE IDS – HI MOD
- ANTENNA 250 / 600 MHz



Il software attualmente permette le seguenti elaborazioni:

- Rimozione del segnale di background (Filtro orizzontale)
- Rimozione del rumore
- Filtro verticale sul profilo (passa basso, alto e banda)

La tecnologia di prospezione radar offre, una serie di vantaggi.

Il primo di questi è indubbiamente la rapidità della prospezione. Immediatamente dopo la fase di acquisizione, come descritto sopra, è possibile valutare la natura e struttura del sottosuolo; cosa questa molto difficile con altri metodi di prospezione geofisica.

Altri vantaggi risiedono nella tipologia "non distruttiva" dell'indagine. Il terreno non viene attraversato da alcun tipo di scavo o perforazione.

Questo è quanto mai importante in particolari ricerche archeologiche oppure in aree edificate o industrializzate, e consente di evitare pericoli connessi alla perforazione di serbatoi interrati, di tubature di vario genere ecc.

L'indagine mediante georadar assume rilevante importanza ogniqualvolta è necessaria una metodologia "non distruttiva" in aree soggette a vincoli ambientali o storico-culturali.



La tecnica inoltre è applicabile in qualunque direzione, è quindi possibile lavorare anche verso l'alto (controlli su gallerie) o in orizzontale (fronti di scavo, pilastri, cunicoli sotterranei ecc.).

Oltre all'accennata rapidità di esecuzione e visualizzazione in tempo reale delle immagini delle sezioni di terreno, offre il non trascurabile vantaggio di poter controllare direttamente mediante scavi o controlli sul posto, le cause delle anomalie che si vanno evidenziando, senza quindi essere costretti a ritornare per una seconda volta.

3 RILEVATORE Elettromagnetico di tubazioni

Il ricevitore RD400 SL (rilevatore EM), è uno strumento in grado di operare in modalità *“passiva”*, ossia sfrutta per il suo funzionamento i segnali presenti nel sottosuolo e convogliati dalle tubazioni o generate dai cavi stessi. Questi segnali provengono principalmente da cavi che generano onde elettromagnetiche con frequenze di 50 Hz (come i cavi elettrici) e vengono indotti per adiacenza di linee attive. Il ricevitore operando in modalità passiva, è anche in grado di ricevere e localizzare linee che convogliano onde radio vaganti, presenti nel terreno.

Il ricevitore RD400 utilizza un sistema di rilevamento a doppie antenne orizzontali che permettono di evitare interferenze. Per avere una risposta perfettamente simmetrica, ogni antenna è costituita da due bobine opposte avvolte simmetricamente su un nucleo di ferrite.

Prestazioni ricevitore RD400

Canale	Frequenza	Sensibilità
Power	30 Hz-500 Hz	100 mA
Power +	30 Hz-500 Hz	20 mA
Radio	14 kHz-26 kHz	20 uA
8 kHz	8192 Hz	100 uA
33kHz	32768 Hz	30 uA

Gamma dinamica 80 dB



4 RISULTATI

In **allegato 1**, in scala 1 : 500 sono state ubicate tutte le sezioni georadar acquisite sull'area di lavoro. In prossimità di ciascuna sezione radar è indicato il suo nome. La direzione, il verso e la lunghezza sono riportati con una freccia di colore verde.

In **allegato 2**, in scala 1 : 500 sono ubicate le anomalie georadar, suddivise per tipologia:

- Punto arancio: anomalia georadar ad iperbole, primaria, di forte intensità, associata a probabile cavidotto o sottoservizio. I sottoservizi sono intersecati ortogonalmente dall'antenna del georadar.
- Punto viola: anomalia georadar ad iperbole, secondaria, di media intensità, associata a probabile sottoservizio o cavidotto. I sottoservizi sono intersecati ortogonalmente dall'antenna del georadar.
- Punto rosa: anomalia georadar ad iperbole, di debole intensità, associata a un possibile sottoservizio o cavidotto. I sottoservizi sono intersecati ortogonalmente dall'antenna del georadar.
- Polilinea azzurra: anomalia georadar superficiale, associata al metallo di tombini, sigilli e chiusini.
- Polilinea blu: anomalia georadar superficiale, associata alla presenza di armature o reti metalliche nel sottosuolo, con parziale schermatura del segnale georadar.

In **allegato 3**, in scala 1:500 è riportata la mappa di riflettività relativa complessiva, relativa all'energia riflessa dai materiali da piano campagna alla profondità di circa 2.5 metri. La mappa riporta un valore proporzionale all'energia elettromagnetica riflessa dai materiali sottostanti. Utilizzando una rappresentazione a diversi livelli, il colore illustra l'intensità dell'energia riflessa. Se il terreno è omogeneo allora non vi sarà energia riflessa e la mappa risulterà di colore nero o blu. Se sono presenti discontinuità o anomalie il colore rappresentato tenderà al verde, magenta, ed infine al giallo.

I valori di riflettività sono normalizzati relativamente al valore complessivo delle riflettività che rappresentano e consentono di identificare anomalie con facilità e indipendentemente dalle scelte fatte in fase di acquisizione; forniscono informazioni qualitative e non quantitative ma arealmente precise e utili in fase di interpretazione.

In **allegato 4**, in scala 1 : 500, sono visibili i risultati delle indagini, ovvero sono riassunte tutte le informazioni descritte negli allegati precedenti.

- Polilinea Rossa: correlazione di anomalie georadar ed elettromagnetiche associata a probabile linea elettrica in tensione / cavidotto.
- Polilinea Azzurra: correlazione di anomalie georadar ed elettromagnetiche associata a probabili reti antincendio.
- Polilinea Verde: correlazione di anomalie georadar ed elettromagnetiche associata a probabile gasdotto.
- Polilinea Viola: correlazione di anomalie georadar ed elettromagnetiche associata a probabili reti di raccolta acqua meteoriche.
- Polilinea Marrone: correlazione di anomalie georadar ed elettromagnetiche associata a probabile rete Fognaria.
- Polilinea tratteggiata Arancio: correlazione di anomalie georadar associate a possibili sottoservizi eterogenei oppure a spezzoni relitti.
- Poligono Giallo: aree armate (reti elettrosaldate nei massetti) con parziale schermatura del segnale Georadar.

In conclusione l'indagine ha permesso di identificare un elevato numero di anomalie associate ad altrettanti numerosi sottoservizi. La densità dei sottoservizi presenti sull'area indagata è notevole.

L'indagine ha permesso d'indagare i terreni fino ad una profondità di circa 2.5 metri dal piano di calpestio; la cospicua presenza di riporti, frazioni limose ed argillose (forti conduttivi) nei terreni non consente maggiore penetrazione delle onde elettromagnetiche.

Le indagini geofisiche, come tutte le indagini indirette sono indagini a carattere probabilistico.

Per Serma S.r.l.

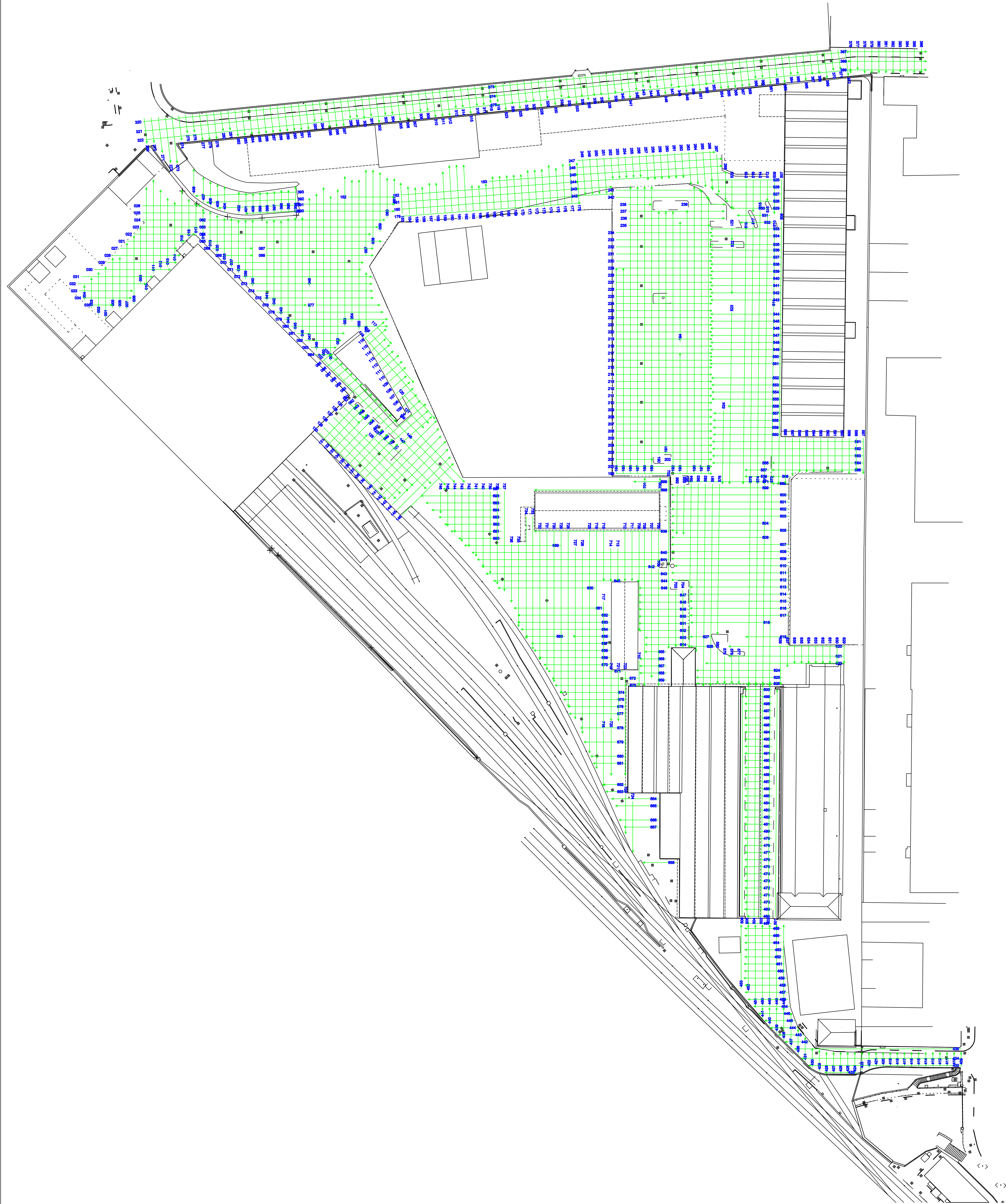


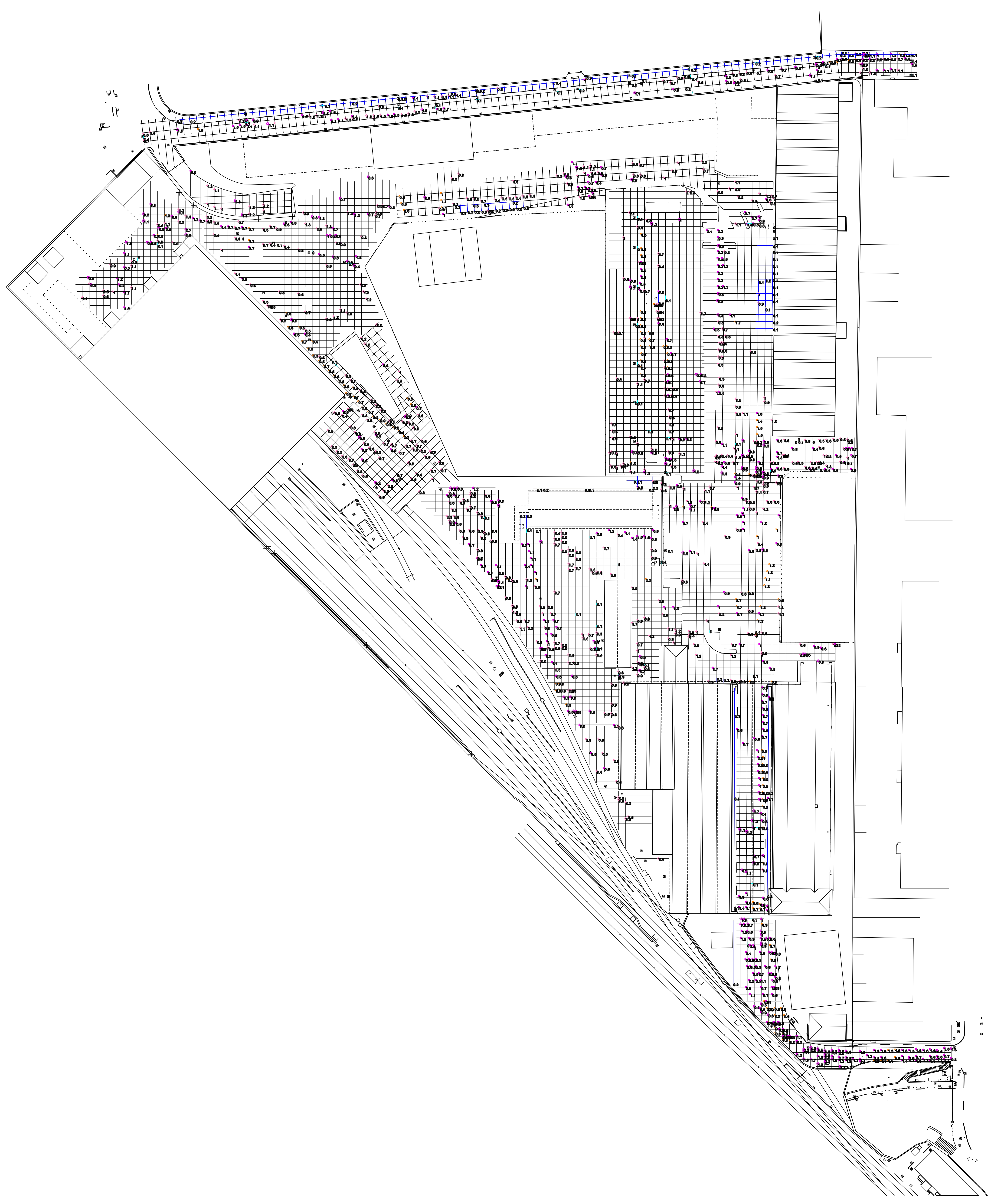
Indice

1 PREMESSA	pag. 2
2 METODOLOGIA RADAR	pag. 7
3 RILEVATORE (E.M.) DI TUBAZIONI.....	pag. 11
4 RISULTATI	pag. 12

ALLEGATI

1	UBICAZIONE DELLE SEZIONI GEORADAR
2	UBICAZIONE DELLE ANOMALIE GEORADAR
3	MAPPA DI RIFLETTIVITA' RELATIVA
4	RISULTATI DELLE INDAGINI





LEGENDA

○

Anomalia ad iperbole, di forte intensità, associata a probabile sottoservizio

✱

Anomalia ad iperbole, di media intensità, associata a probabile sottoservizio

◇

Anomalia ad iperbole, di debole intensità, associata a probabile sottoservizio

Riflessione imputabile a tombinatura o sigillo metallico superficiale

Riflessione imputabile alla presenza di armature o reti elettrosaldate con parziale schermatura del segnale

0.7 =

profondità in metri

INDAGINE GEORADAR

DEPOSITO FERROVIE NORD - SARONNO


Dicembre 2022

Ricerca sottoservizi interrati

UBICAZIONE DELLE SEZIONI

Antenna 250 - 600 MHz

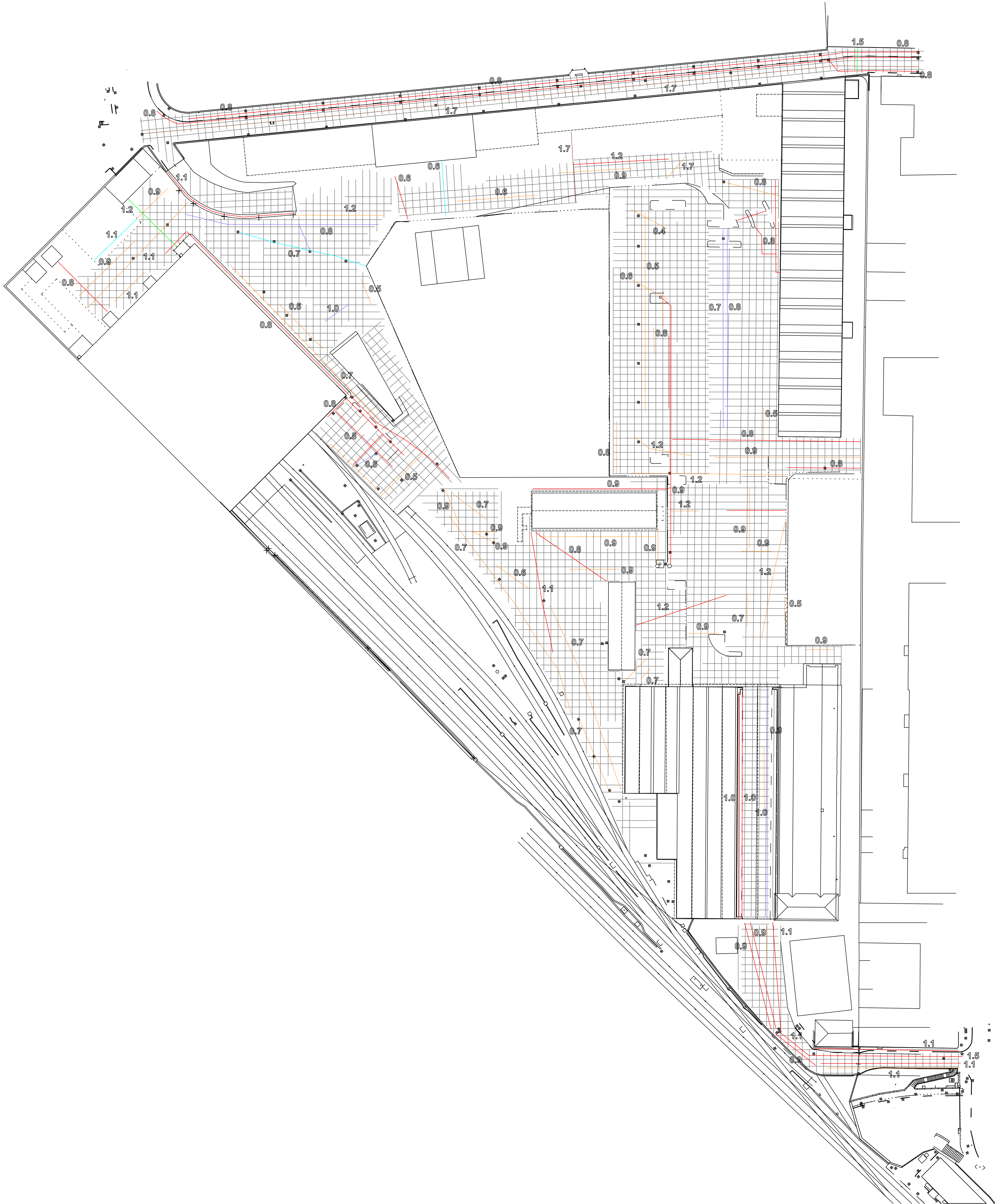
Alt.21:500

SERVA s.r.l.

MISURE AMBIENTALI



INDAGINE GEORADAR	
DEPOSITO FERROVIE NORD - SARONNO	
Dicembre 2022	
Ricerca sottoservizi interrati	
MAPPA DI RIFLETTIVITA' RELATIVA	
Al.3	1:500



LEGENDA

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile cavidotto

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile rete fognaria

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile reti antincendio

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile sottoservizi eterogenei oppure a spezzoni relitti

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile gasdotto

Correlazione di Anomalie Georadar associata a probabile rete di raccolta acque meteoriche

Aree armate con schermatura parziale del segnale georadar

0.7 = profondità in metri

INDAGINE GEORADAR

DEPOSITO FERROVIE NORD - SARONNO

Dicembre 2022

Ricerca sottoservizi interrati

RISULTATI DELLE INDAGINI

All.4

1:500

SERVA S.r.l.
MISURE AMBIENTALI