

COMUNE DI BOLOGNA
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL POLO DINAMICO
Via Zacconi, Bologna



PROGETTO DEFINITIVO

IMPORTO DI PROGETTO:	€ 8.500.000,00
PROPRIETÀ:	CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA
Responsabile Unico del Procedimento:	ing. M. Biagetti
Progettista generale ed architettonico	arch. M. D'Oria
Elaborazioni grafiche	ing. F. Casadei
Collaboratori	ing. L. Prandstraller, geom. A. Bolognesi, geom. R. Marchesini
Progetto strutturale	S.A.P. Studio Associato di Progettazione ing. F. Malaguti, ing. P. Parma
Progetto impianti e antincendio	ing. S. Dalmonte

oggetto:

RELAZIONE INDAGINI PREVENTIVE
VINCOLO ARCHEOLOGICO

tavola n°:

A - REL 03

Cod. PBM: 2018EDSCON05

Data: Luglio 2019

Rev: 01/2019

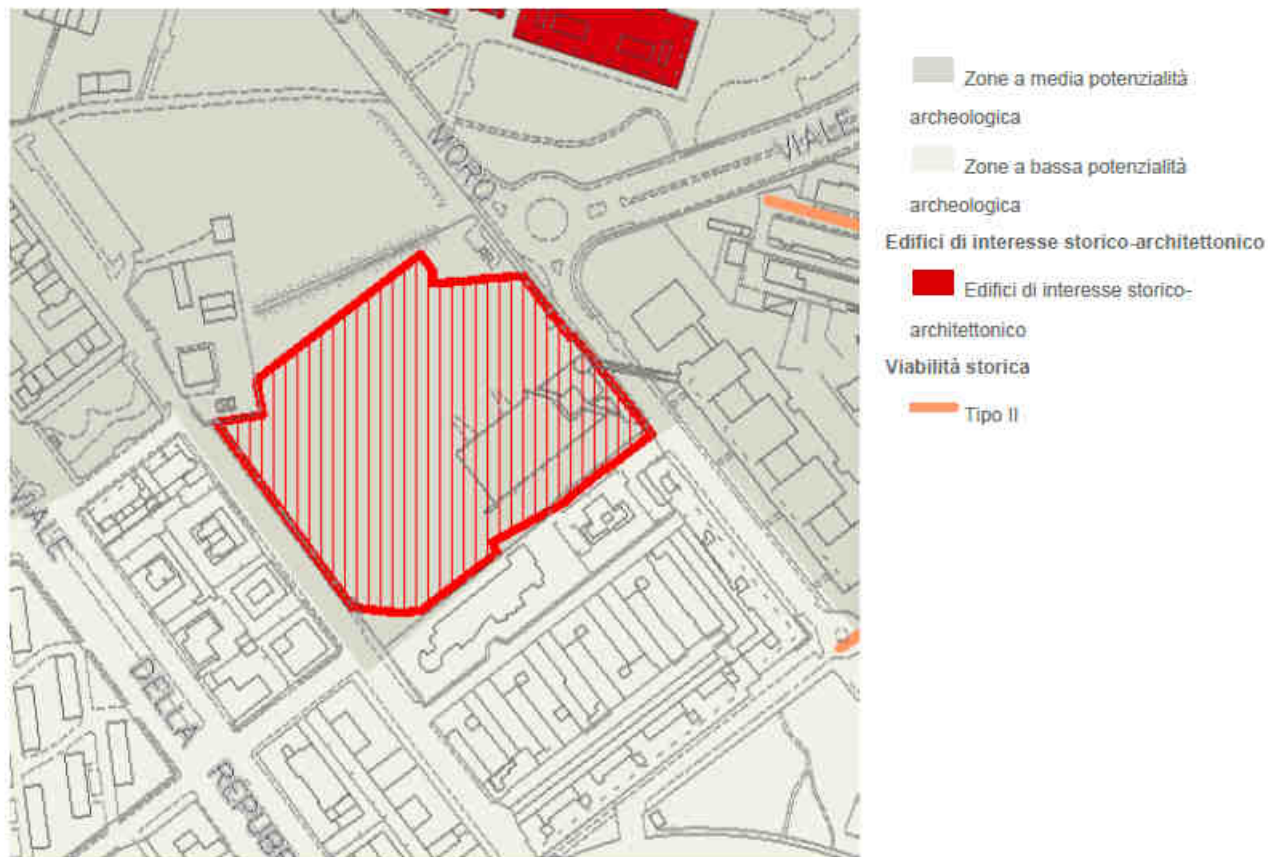
PROGETTO ARCHITETTONICO

CITTA' METROPOLITANA di BOLOGNA – Via Zamboni. 13 – 4016 Bologna – Tel. 051/6598111

In base alle leggi vigenti dei diritti d'autore è vietata la copia o la riproduzione, anche parziale, di questo elaborato senza esplicita preventiva autorizzazione, ogni diritto è espressamente riservato ed esclusivo.

L'area interessata al nuovo edificio rientra in "zona a media potenzialità archeologica". L'area non risulta soggetta a vincolo archeologico o paesaggistico da parte della Soprintendenza (D.Lgs 42/2004).

Tavola dei vincoli - Tutele Testimonianze storiche ed archeologiche



Come previsto peraltro anche dal D.Lgs. 50/16 art. 25 "Codice dei contratti pubblici", ai fini dell'applicazione dell'art. 28 c. 4 D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali", si considera parte integrante del progetto, la presente relazione, redatta con le risultanze preliminari delle indagini geologiche e di una campagna di verifiche con georadar preventivamente effettuata prima dell'inizio della progettazione.

Nel luglio 2018 sono state eseguite infatti, sull'area oggetto dell'intervento, delle rilevazioni con georadar per l'accertamento della presenza nel sottosuolo di strutture antropiche e/o presenza di elementi che potessero ricondursi ad ordigni bellici.

I risultati sono esplicitati nell'allegata relazione redatta dal Dr. Sandro Veronese di Rovigo.

Successivamente sono state eseguite le prove geologiche per la caratterizzazione dei terreni ai fini strutturali (vedi relazioni geologiche) ed alcune indagini di approfondimento finalizzate soprattutto al rilievo dei sottoservizi nell'area.

I risultati di questi ultimi approfondimenti sono stati riassunti nell'allegato elaborato grafico : TAVOLA A-02. Si veda anche la TAVOLA A-13 riportante le sezioni di scavo e di rinterro¹.

Con questi approfondimenti si è potuto meglio chiarire le anomalie segnalate dal Dr. Veronese nella sua relazione: il sottoservizio disposto lungo la recinzione è costituito da una condotta idrica ed elettrica relative all'impianto di irrigazione da tempo in disuso. Le altre anomalie sono riconducibili a condotte fognarie delle acque bianche tuttora attive. Le profondità rilevate corrispondono grossomodo alle profondità indicate dal georadar.

Si precisa che le attività di scavo che riguarderanno le fondazioni (platea) si attesteranno ad una profondità di circa 80/100 cm dall'attuale piano di campagna.

Ulteriori approfondimenti verranno effettuati in conformità di eventuali richieste specifiche da parte della Soprintendenza competente prima dell'avvio dei lavori.

¹ VEDI PROGETTO ARCHITETTONICO

INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA GEORADAR DEL NUOVO POLO
DINAMICO (BOLOGNA)

Committente : CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

Luglio 2018

Studio di Geofisica e Geologia

dr. Sandro Veronese v. A. de Polzer 18 45100 Rovigo tel. 0425 29133

1. PREMESSA

Su richiesta della Città Metropolitana di Bologna (Area Servizi Territoriali Metropolitan) lo Scrittore dr. Sandro Veronese geologo-geofisico libero professionista con studio a Rovigo in via A. de Polzer 18, ha realizzato l'indagine georadar di un'area ubicata all'interno del Nuovo Polo Dinamico. L'indagine aveva come finalità l'accertamento della presenza nel sottosuolo di strutture antropiche.

2. IL METODO GEORADAR

2.1 Cenni teorici

Un metodo particolarmente efficace, rapido e non invasivo per ottenere informazioni sul sottosuolo, sulla sua struttura e su quanto in esso contenuto è rappresentato dalla metodologia georadar, nota internazionalmente col nome di Ground Penetrating Radar (G.P.R). Questo tipo di prospezione geofisica permette di ricavare una descrizione continua del sottosuolo.

Il sistema geofisico in questione si avvale per l'esplorazione del sottosuolo di onde elettromagnetiche di frequenza compresa tra alcune decine di Mhz e qualche Ghz, inviate nel terreno per mezzo di una antenna trasmittente; una antenna ricevente raccoglie i segnali riflessi da "oggetti" presenti nel sottosuolo, quali ad esempio le strutture di origine antropica (tubazioni, condotte e strutture archeologiche), cavità naturali ed artificiali, stratificazioni caratterizzanti taluni litotipi, e superfici di separazione tra mezzi a differente comportamento elettromagnetico

Precisato che nelle applicazioni come quella in esame, la funzione trasmittente e ricevente è assicurata da due antenne alloggiata una vicina all'altra, i segnali dopo una adeguata amplificazione ed elaborazione sono immagazzinati nella memoria del computer che con l'uso di un programma dedicato, controlla tutta la fase di acquisizione dei dati. Dal punto di vista operativo l'indagine georadar comporta il trascinamento dell'antenna lungo prefissati profili, ottenendo in questo modo una rappresentazione della sezione verticale del sottosuolo (radargramma) relativa al profilo lungo il quale è stato trainato il trasduttore. L'impiego di particolari programmi permette di ottenere, attraverso la elaborazione delle sezioni verticali, le sezioni nel piano x,y (slice). In altre parole è possibile vedere l'andamento areale delle eventuali anomalie radar in funzione della profondità.

Infine il tipo di risultato ottenibile o in altre parole la qualità delle informazioni, dipende da fattori sperimentali (tipo di strumentazione e densità delle misure) e naturali.

Tra i primi occorre sottolineare il ruolo estremamente importante giocato dal tipo di strumentazione usato, non tutti i georadar in commercio presentano le stesse caratteristiche, ma sono soprattutto le caratteristiche della antenna a rivelarsi determinanti nella prospezione georadar. Di estrema importanza è il valore della frequenza centrale da cui dipendono la profondità di investigazione e il grado di risoluzione (la dimensione minima che deve avere un oggetto perché possa essere individuato). Per inciso in questa indagine è stato utilizzato il SIR 3000, un radar costruito dalla G.S.S.I. (unanimente considerata la ditta leader a livello mondiale) ed è stata impiegata l'antenna a frequenza centrale di 500 MHZ.

Tra i fattori naturali un ruolo estremamente importante è giocato dalla natura geologica del suolo e dell'immediato sottosuolo. Costante dielettrica del terreno e conduttività elettrica intervengono la prima nella determinazione della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica, la seconda nella determinazione della profondità effettivamente investigabile. Non è questa la sede per una dettagliata disamina delle modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche nei mezzi parzialmente conduttori quali possono essere considerati i terreni, sarà sufficiente sottolineare come la velocità del segnale elettromagnetico diminuisca passando dall'aria, dove viaggia praticamente alla velocità della luce (30 cm /nanosecondo), al sottosuolo dove la velocità si riduce a valori compresi tra un terzo ed un quinto in relazione al valore della costante dielettrica; maggiore è questa minore è la velocità.

Per quanto concerne la profondità investigabile, questa dipende da quanto rapidamente l'onda si degrada a causa dell'assorbimento della energia elettromagnetica da parte del terreno. Nei terreni sabbiosi secchi l'assorbimento di energia è inferiore a quello che caratterizza i terreni argillosi umidi; ne consegue che nei terreni sabbiosi la profondità di esplorazione risulta di gran lunga superiore a quella nei terreni argillosi dove lo spessore realmente investigabile è limitato ad un metro o poco più in relazione alla frequenza dell'antenna. A questo riguardo va sottolineato come le antenne a bassa frequenza risultino più penetranti di quelle a media ed elevata frequenza. Riassumendo la profondità di investigazione, vale a dire la massima profondità da cui può giungere un eco (riflessione) generato da una struttura, eco distinguibile dal rumore di fondo, dipende principalmente dal tipo di terreno nel quale la struttura è sepolta e dalla frequenza centrale del segnale emesso dall'antenna.

2.2 Risultati

Le misure sono state realizzate il 10 luglio, impiegando il georadar Sir 3000 prodotto dalla GSSI (figura 2) equipaggiato con una antenna da 500 Mhz. Questa antenna è caratterizzata da un buon potere risolutore (vede oggetti di dimensioni di 5/10 cm) ed è in grado di esplorare il sottosuolo fino alla profondità di 2 m. (dati della Ditta G.S.S.I). Occorre però precisare che lo spessore effettivamente esplorabile dipende oltre che dalle caratteristiche dall'antenna, anche dal tipo di suolo. Le registrazioni (136 profili per complessivi 4428 m), sono state effettuate lungo profili distanti 1 (un) metro secondo due direzioni ortogonali parallele all'asse maggiore e minore dell'area, infine lungo ciascun profilo i dati sono stati acquisiti ad intervalli regolari di 2,5 cm. Per la elaborazione e l'analisi dei dati è stato impiegato il programma Reflexw versione 8, i risultati sono stati graficati sotto forma di sezioni nel piano verticale (radargramma) e di "slices", vale a dire di sezioni nel piano X,Y a differenti profondità. Con una subroutine del programma Reflexw la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica, la cui conoscenza è indispensabile per valutare la profondità delle strutture archeologiche, è stata calcolata in 9 cm/nsec. Si veda la figura.

Si precisa infine che sui dati sperimentali è stata applicata una procedura di elaborazione caratterizzata da:

- a) analisi in frequenza delle tracce registrate,
- b) applicazione di filtri passa-banda per l'eliminazione del disturbo in bassa ed alta frequenza,
- c) sottrazione della traccia media.



Figura 1 E' riportata l'area oggetto dell'indagine georadar.



Figura 2 Georadar SIR 3000 utilizzato. (immagine di repertorio)

Per la comprensione delle sezioni radar o radargramma qui di seguito riportati, si precisa che sull'asse orizzontale è riportata la lunghezza del profilo, mentre sull'asse verticale di destra è indicata la profondità. Come si è avuto modo di scrivere il georadar non misura la profondità degli echi prodotti da oggetti nel sottosuolo, misura invece il tempo di andata e ritorno del segnale elettromagnetico. Pertanto se si vuole ricavare la profondità dell'oggetto bisogna conoscere la velocità con cui il segnale elettromagnetico si propaga nel sottosuolo; questa velocità che dipende dal tipo di terreno e dal grado di umidità, viene ricavata col procedimento denominato "best fit". In altre parole si cerca l'iperbole che meglio approssima quella prodotta dall'oggetto. Nel caso in esame l'iperbole che meglio approssima quella prodotta dall'oggetto corrisponde ad una velocità di 9 cm/nsec. Questo valore è quindi stato utilizzato nelle varie sezioni radar per ricavare la profondità dei vari echi (anomalie radar)

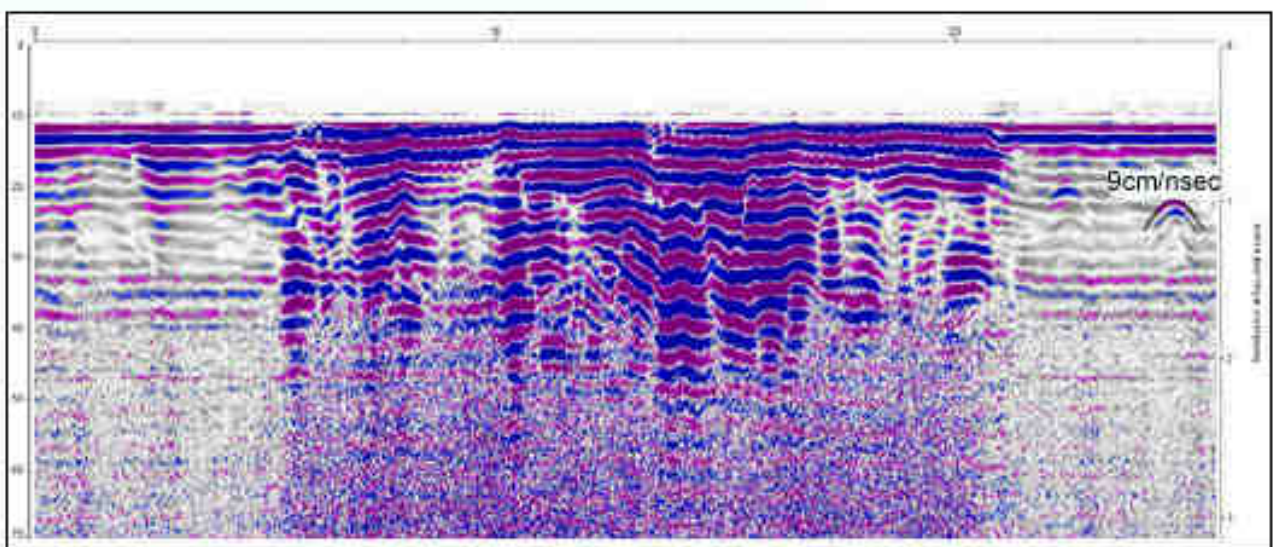


Figura 3 La parabola disegnata in nero che meglio si approssimano come forma quella prodotta da un oggetto nel sottosuolo è stata ricavata con una velocità dell'onda elettromagnetica pari a 9cm/nsec.

Sono qui di seguito riportate alcune sezioni radar a titolo esplicativo.

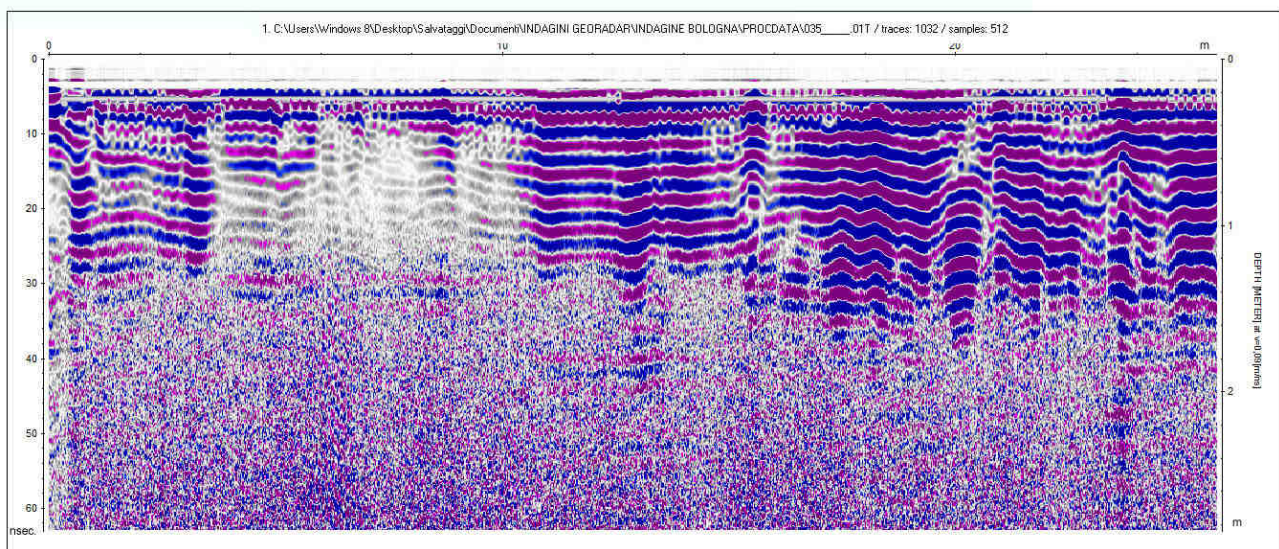


Figura 4 Nella sezione radar realizzata parallelamente all'asse minore dell'area si notano nella parte superiore prossima alla superficie gli echi prodotti dalla rete elettrosaldata di lato 20 cm.

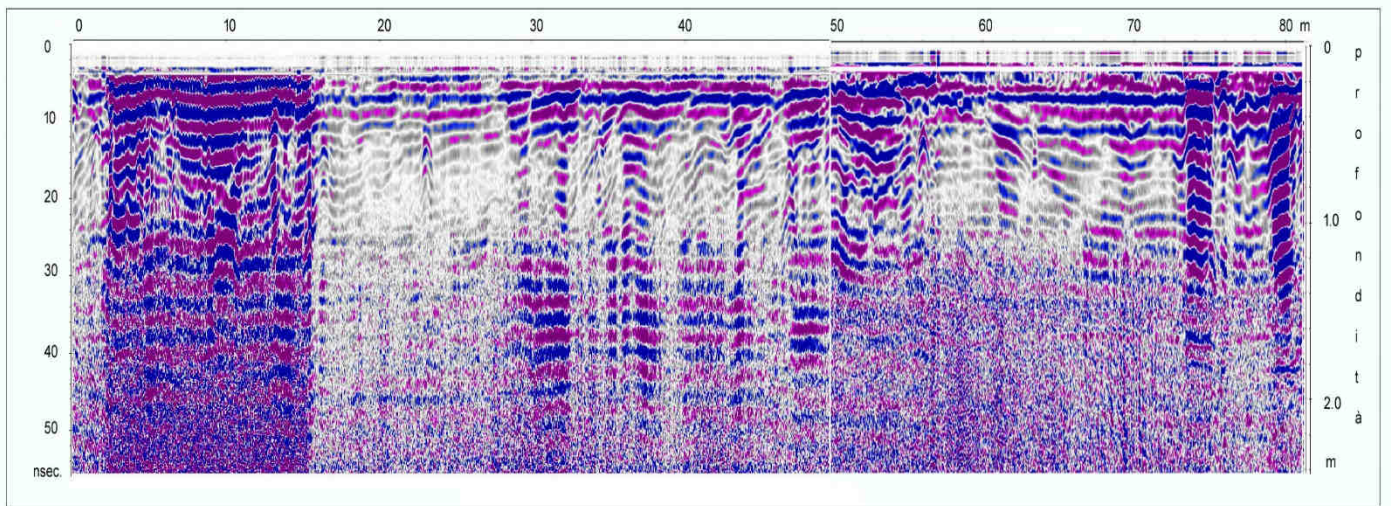
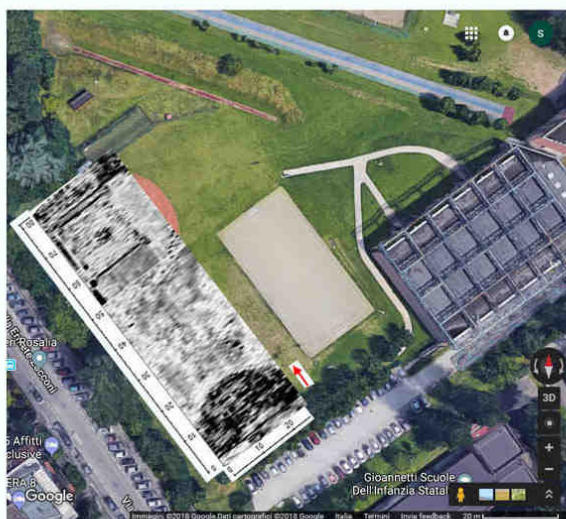
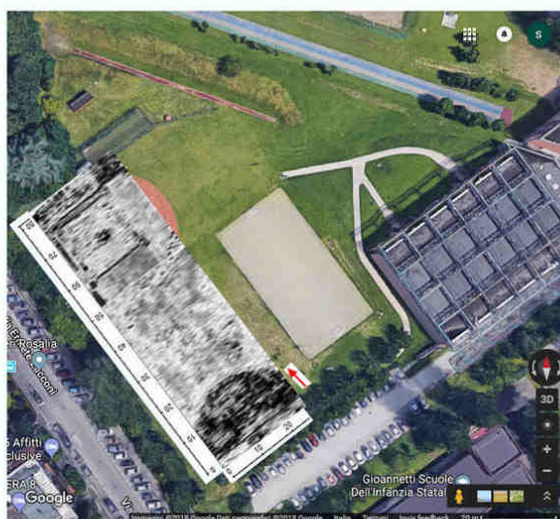


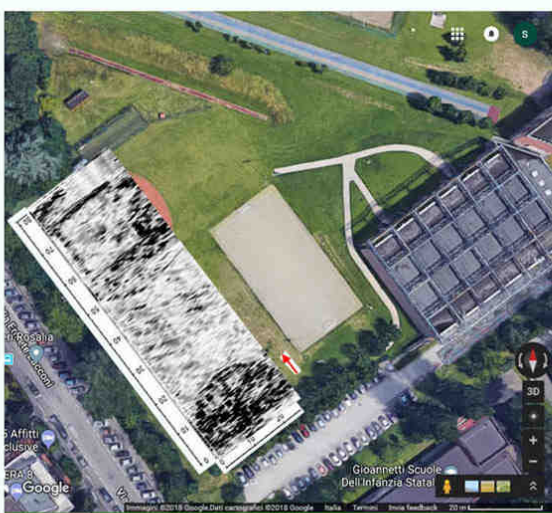
Figura 5 Profilo radar realizzato parallelamente all'asse maggiore dell'area



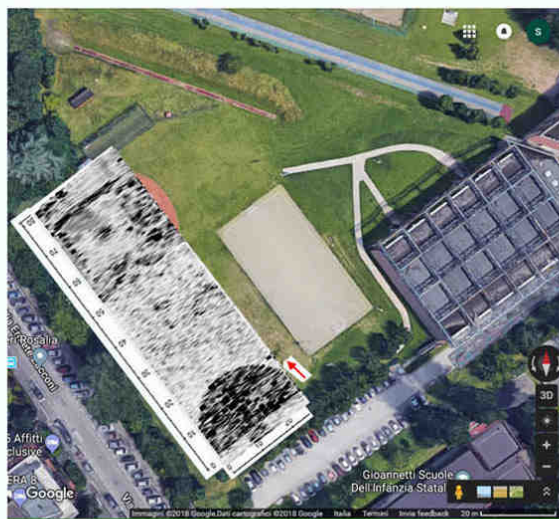
profondità 10 cm



profondità 30 cm



profondità 60 cm



profondità 100 cm

Figura 6 Nelle “maps slices” sezioni parallele al piano relative a profondità diverse ricavate elaborando le registrazioni radar realizzate trainando l’antenna secondo la direzione indicata dalla freccia rossa, parallelamente cioè all’asse lungo dell’area sono chiaramente riconoscibili il campo da baseball e il semicerchio.

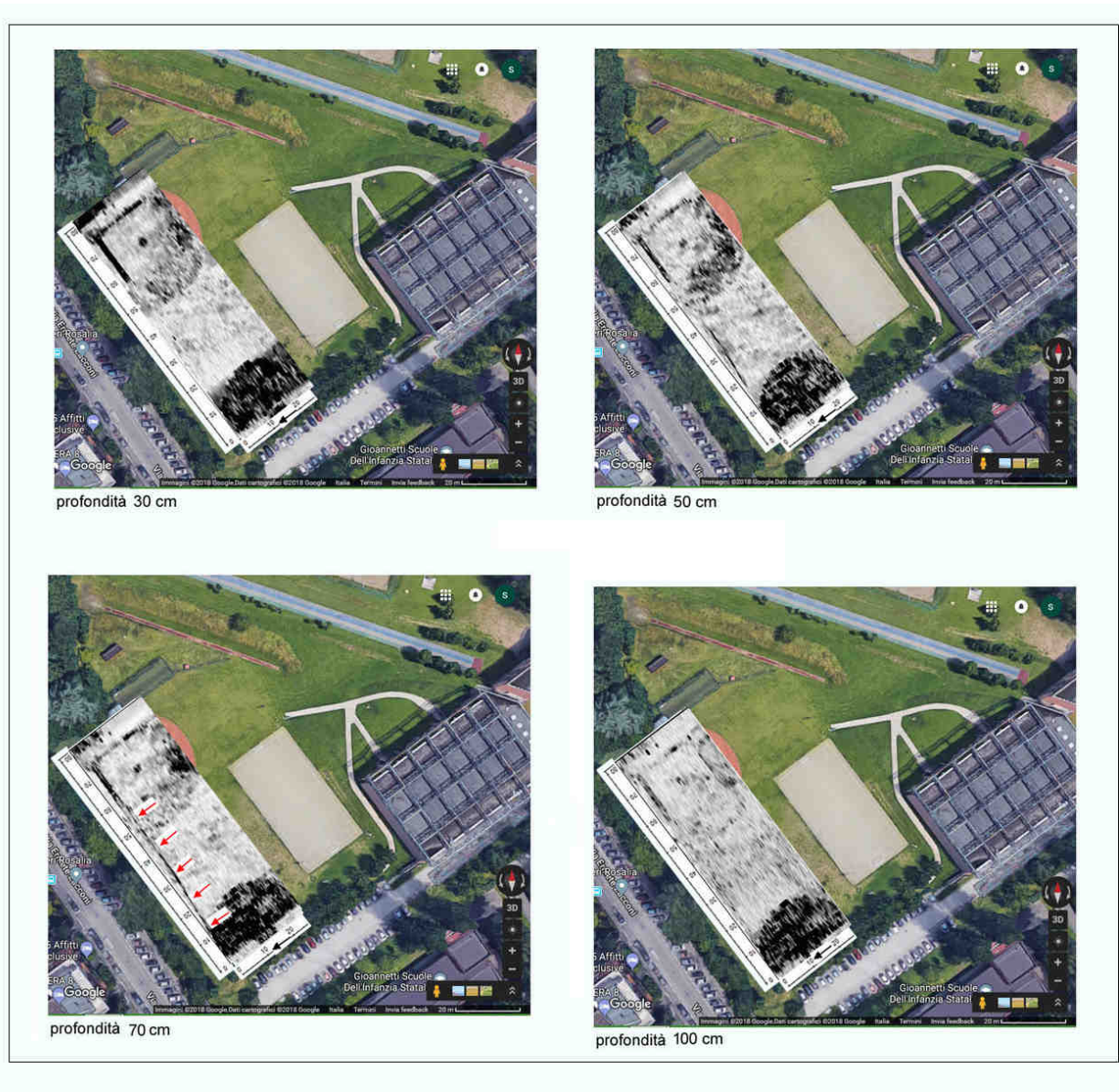
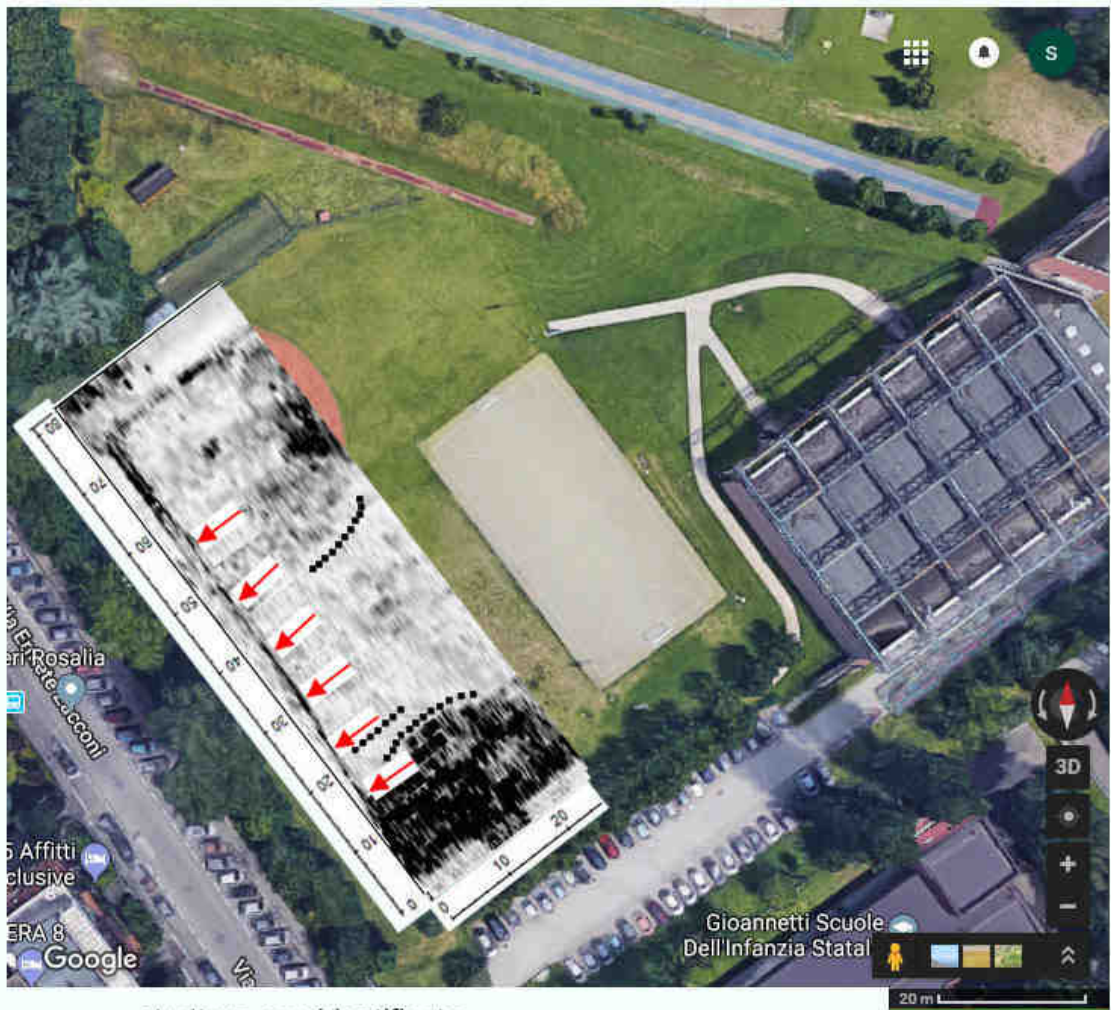


Figura 7 Nelle “maps slices” sezioni parallele al piano relative a profondità diverse ricavate elaborando le registrazioni radar realizzate trainando l’antenna secondo la direzione indicata dalla freccia nera sono chiaramente riconoscibili il campo da baseball, il semicerchio e un sottoservizio indicato con le frecce rosse. E’ appena il caso di sottolineare come il sottoservizio sia stato individuato realizzando i profili radar parallelamente all’asse minore dell’area, mentre nelle mappe di figura 6 ottenute con profili paralleli all’asse maggiore, il sottoservizio non è riconoscibile.

In definitiva dall'analisi delle registrazioni radar e delle maps slices di figura 6 e 7 si ricavano i seguenti risultati:

- a) Lo spessore di sottosuolo teoricamente esplorato è stimato in 2,0 m. Gli echi o anomalie radar più profondi sono stati rinvenuti ad una profondità di poco superiore al metro. Al di sotto di questa profondità non sono state registrate anomalie, la qual cosa può essere spiegata con la assenza di strutture, oppure con una natura prevalentemente argillosa del terreno che limita la penetrazione del segnale elettromagnetico dell'antenna. In base all'esperienza di chi scrive, si può ragionevolmente affermare che l'impiego di una antenna a frequenza diversa da quella dell'antenna utilizzata in questa indagine, non avrebbe aumentato in maniera significativa lo spessore di sottosuolo investigato, ma avrebbe
- b) Nella rappresentazione slice di figura 8 qui sotto riportata si scorgono: il campo da baseball, il semicerchio, un sottoservizio indicato con frecce rosse e due strutture non identificate. Il sottoservizio si trova alla profondità di 0,6 / 0,7 m. Sono presenti inoltre due strutture "non meglio identificate"; in realtà queste strutture che si trovano ad una profondità variabile tra 0,4 e 0,6 m, non compaiono nelle maps slices di figura 6 e 7, ma sono state individuate mediante l'analisi visiva comparata delle registrazioni radar realizzate secondo l'asse corto e l'asse lungo dell'area.
- c) Infine una considerazione metodologica si impone, è sempre consigliabile realizzare, come nel caso in questione, le registrazioni radar secondo due direzioni tra loro ortogonali. Questo assicura che le strutture presenti nel sottosuolo sono individuate a prescindere dalla loro orientazione nell'area.



..... struttura non identificata

→ la freccia indica il sottoservizio individuato in prossimità della rete

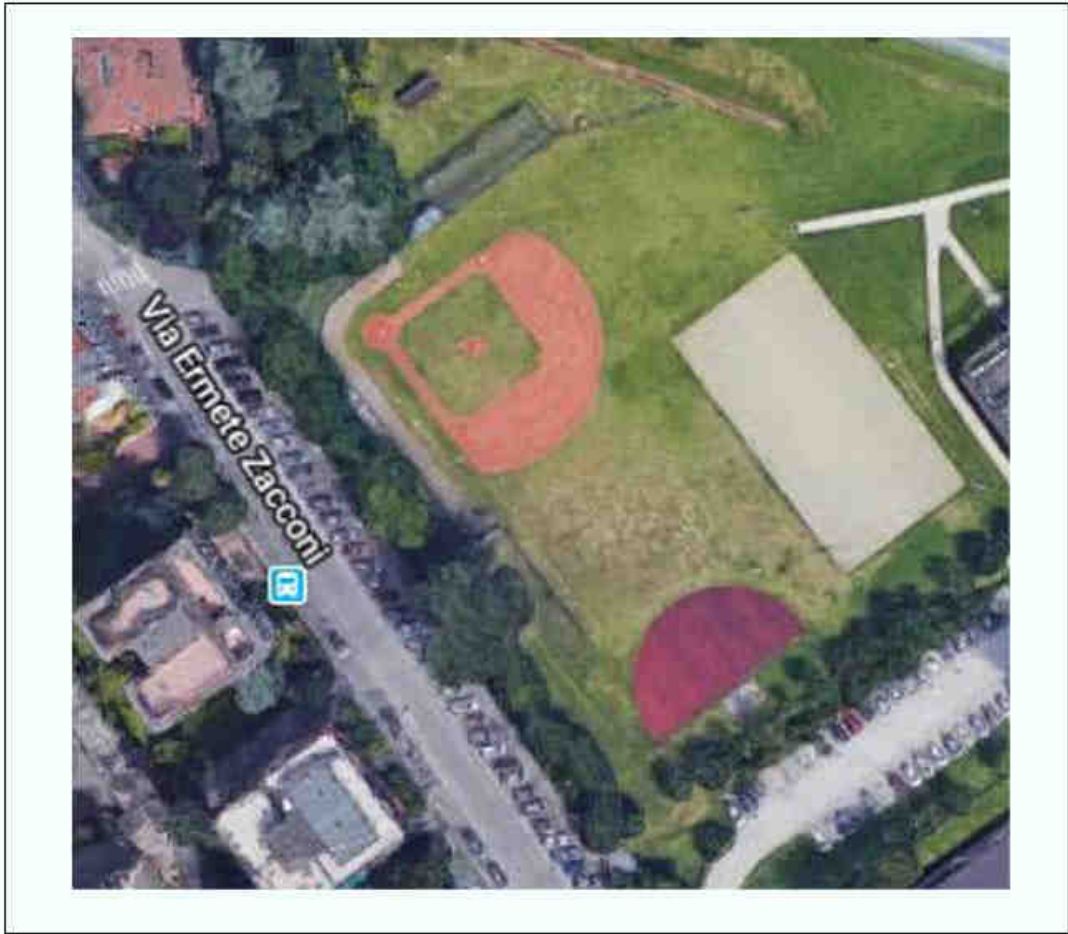


Figura 9 L'area investigata con chiaramente visibili il campo da baseball e il semicerchio.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Mentre si rimanda al capitolo 2 per quanto concerne la metodologia usata e i risultati conseguiti, sarà in queste considerazioni conclusive, sufficiente sottolineare:

- a) L'indagine è stata realizzata impiegando il georadar SIR 3000 e l'antenna a frequenza centrale di 500 Mhz. La scelta dell'antenna con frequenza centrale di 500 Mhz è un buon compromesso tra dimensioni minime dell'oggetto affinché sia localizzabile e spessore di terreno esplorabile. In tutto sono stati realizzati 136 profili per complessivi 4428 m.
- b) Lo spessore di sottosuolo indagato è risultato di circa 2,0 m. Gli echi radar più profondi sono stati captati ad una profondità di poco superiore al metro.
- c) Il risultato più interessante è sicuramente rappresentato dalla individuazione di un sottoservizio disposto in prossimità della recinzione alla profondità compresa tra 0,6 e 0,7 m. Oltre al sottoservizio, sono stati individuati due andamenti anomali di difficile interpretazione, si tratta comunque di strutture, forse resti di una condotta o una canaletta sepolti alla profondità di 0,4/0,5 m.
- d) In fase di scavo si suggerisce di fare attenzione al sottoservizio e alle due strutture non identificate.

Rovigo 18/07/2018

Dr. Sandro Veronese



INDICE

1. PREMESSA.....	pag.2
2. IL METODO GEORADAR.....	pag. 2
2.1 Cenni Teorici	pag. 2
2.2 Risultati.....	pag. 3
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	pag.9