



COMUNE DI MONTE SANT'ANGELO



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA

OGGETTO

Esecuzione di indagini geoelettriche e indagini radar a supporto della progettazione dell'intervento denominato "Realizzazione di un Acquedotto Rurale a servizio delle comunità agricole presenti sul territorio montano di Monte Sant'Angelo"

CUP: I76H19000090001 CIG: Z2C2F14F83

DATA: APRILE 2021

LOCALITÀ

MONTE SANT'ANGELO

COMMITTENTE

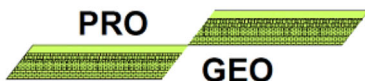
CONSORZIO DI BONIFICA MONTANA DEL GARGANO

Settore Tecnico

ELABORATO

ALLEGATO 4 PROSPEZIONE GEORADAR AREA VERTICE CORRISPONDENZA DOLINA

DITTA ESECUTRICE INDAGINI



Geologia e Geofisica
Prospezioni geofisiche in superficie e in foro
Indagini idrogeologiche e geotecniche

PRO-GEO s.a.s
di Alberto Angelo Raffaele Quarto & C.
Via M. R. Imbriani, 13 – 76121 Barletta
P. IVA: 05578650722
TEL.E FAX: 0883-390511
EMAIL: progeosas@alice.it
MOB. 3356098214
PEC: info@pec.progeosas.net



INDICE

1	PREMESSA	2
2	MISURE GPS	3
3	INDAGINE GEORADAR	4
3.1	<i>Metodologia Georadar</i>	4
3.2	<i>Strumentazione Georadar e metodi di acquisizione</i>	7
3.3	<i>Difficoltà interpretative</i>	7
3.4	<i>Elaborazione dei dati</i>	8
3.5	<i>Analisi dei risultati</i>	9
4	CONCLUSIONI	10
5	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	11

Fig. 1 Ubicazione area d'indagine (da CTR) - scala 1:15.000

Fig. 2 Ubicazione profili e anomalie radar - scala 1:500

Allegato Radargrammi

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “Pro-Geo s.a.s. di Alberto Quarto & C.” dal “CONSORZIO DI BONIFICA MONTANA DEL GARGANO”, è stata eseguita una prospezione geofisica propedeutica alla progettazione dell'intervento CIS CAPITANATA A1 – 8 – P - “*Realizzazione di un Acquedotto Rurale a servizio delle comunità agricole presenti sul territorio montano di Monte Sant'Angelo*”.

Scopo dell'indagine è stata la ricerca di eventuali cavità carsiche, a tal fine è stata effettuata una prospezione georadar. Di seguito ed in allegato, in scala 1:15.000, viene riportata l'ubicazione dell'area d'indagine.



Ubicazione area d'indagine

2 MISURE GPS

Tutte le misure effettuate sono state ubicate con sistema gps leica GS15, di seguito viene riportata la scheda tecnica.

Leica Viva GS15

PRESTAZIONI GNSS

Tecnologia GNSS	Leica SmartTrack	Tracciamento avanzato di quattro costellazioni
Numero di canali		120 (fino a 60 satelliti simultaneamente su due frequenze) / 500+ ¹
Tracciamento del segnale		GPS (L1, L2, L2C, L5), Glonass (L1, L2), BeiDou (B1, B2), Galileo (E1, E5a, E5b, Alt-BOC) QZSS (L1, L2, L5) ² , SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, CAGAN)

PRESTAZIONI DELLA MISURA E PRECISIONI³

Tecnologia RTK	Leica SmartCheck RTK Network Tempo di inizializzazione	Controllo continuo soluzioni RTK, affidabile 99.99% VRS, FKP, IMAX, MAC (RTCM SC 104) Tipicamente 4s
Differenza di codice	DGPS / RTCM	Tipicamente 25cm
Real-time cinematico	Baseline singola (< 30km) RTK Network	Orizzontale 8mm + 1ppm / Verticale 15mm + 1ppm Orizzontale 8mm + 0.5ppm / Verticale 15mm + 0.5ppm
Post elaborazione	Statico (fase), lunghe osservazioni Statico e Statico rapido (fase)	Orizzontale: 3mm + 0,1ppm / Verticale: 3,5mm + 0,4ppm Orizzontale 3mm + 0.5ppm / Verticale 5mm + 0.5ppm

COMUNICAZIONI

Porte di comunicazione	Lemo Bluetooth®	Collegamento USB e seriale RS232 Bluetooth® v2.00 + EDR, class 2
Protocolli di comunicazione	Formato Dati RTK Output NMEA	Leica, Leica 4G, CMR, CMR+, RTCM 2.2, 2.3, 3.0, 3.1, 3.2 MSM NMEA 0183 V 4.00 e proprietario Leica
Comunicazione dati integrata	Modem telefonico 3.5G Modem UHF	Completamente integrata, antenna interna o esterna Completamente integrata, riceve e trasmette, antenna esterna 403 - 470 MHz, potenza di uscita 1 W
Comunicazione dati esterna		GSM / GPRS / UMTS / CDMA e UHF / modem VHF

GENERALE

Interfaccia utente	Pulsanti e LED Web server	Tasto On/Off e tasto Funzione, 8 LED di indicazione stato Informazioni di stato complete e opzioni di configurazione
Registrazione dati	Memoria Flash Tipo dati e velocità di registrazione	SD Card removibile da 1 GB Dati grezzi GNSS Leica e dati RINEX fino a 20 Hz
Alimentazione	Alimentazione interna Alimentazione esterna Durata	2 batterie Li-Ion ricaricabili e removibili (2,6 Ah / 7.4 V) Nominale 12 V CC; intervallo ammesso 10,5 - 28 V CC 10 h ricezione dati RTK con radio UHF 9 h trasmissione dati RTK con radio UHF (1W) 7,5 h ricezione / trasmissione dati RTK con modem telefonico
Peso e Dimensioni	Peso Diametro x Altezza	1.34 kg (GS15) / 3.30 kg configurazione rover RTK con l'utilizzo di palina e zaino 196mm x 198mm
Protezione	Temperatura Caduta Protezione contro acqua, sabbia e polvere Vibrazioni Umidità Shock	da -40 a 65°C (da -40°F a 80°C) Stoccaggio Resistente a ribaltonamenti da palina di 2.0 m su superfici dure IP68 conforme a IEC60529 e MIL STD 810G Method 506.5 I, MIL STD 810G Method 510.5 I e MIL STD 810G Method 512.5 I Resiste alle forti vibrazioni (ISO9022-36-08 / MIL STD 810G 514.6 Cat.24) 100% (ISO9022-13-06 / ISO9022-12-04 / MIL STD 810G 507.5 I) 40g dai 15 ai 23 ms, conforme a MIL STD 810G Method 516.6 I

RICEVITORE GNSS LEICA GS15	Singola frequenza	Prestazione	Professionale	Unlimited ¹
SISTEMI GNSS SUPPORTATI				
GPS L2 / GPS L5 / GLONASS / Galileo / BeiDou	• / • / • / • / •	✓ / • / • / • / •	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / •	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓
PRESTAZIONI RTK				
DGPS/RTCM, RTK illimitato, RTK Network	•	✓	✓	✓
SmartLink (L-band)	•	•	•	✓
AGGIORNAMENTO POSIZIONE E REGISTRAZIONE DATI				
Aggiornamento posizione 5 Hz / 20 Hz	✓ / •	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Dati grezzi / registrazione dati RINEX	✓ / •	✓ / •	✓ / ✓	✓ / ✓
Output in formato NMEA	•	•	✓	✓
FUNZIONALITÀ OPZIONALI				
Opzione stazione di riferimento RTK	•	✓	✓	✓
			✓Standard	•Opzionale

1) La serie Unlimited comprende l'aggiornamento gratuito a 500+ canali.
2) Il supporto QZSS è incorporato e fornito attraverso un prossimo aggiornamento firmware.

Il marchio Bluetooth® è di proprietà di Bluetooth SIG, Inc.
Illustrazioni, descrizioni e specifiche tecniche non sono vincolanti. Tutti i diritti sono riservati.
Stampato in Svizzera - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2015.
774104it - 05.15 - INT

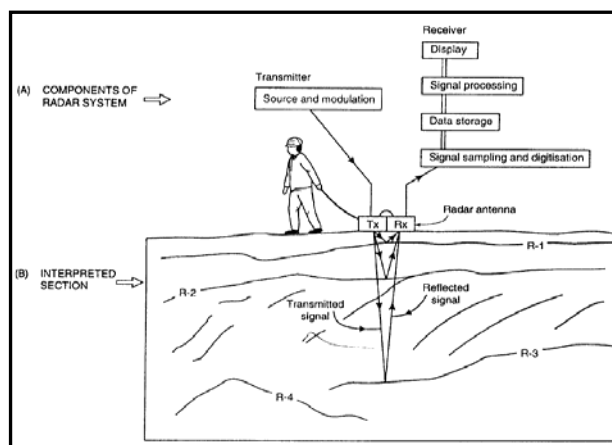
3) La precisione nelle misure, nella posizione planimetrica ed in quota sono legate a vari fattori tra i quali: il numero di satelliti, la loro geometria, tempo di osservazione, precisione delle effermeridi, condizioni ionosferiche, multipath ecc. Per i dati presenti si assumono condizioni da normali a favorevoli. Le costellazioni BeiDou e Galileo complete aumenteranno ulteriormente le prestazioni e precisione delle misure.

4) Può variare con la temperatura, con lo stato di conservazione delle batterie, con la potenza di trasmissione dell'apparato di comunicazione utilizzato.

3 INDAGINE GEORADAR

3.1 Metodologia Georadar

Il georadar (noto in campo internazionale con il termine anglosassone di Ground Penetrating o Probing Radar – GPR), operativamente, consiste nell'invio nel terreno di impulsi elettromagnetici ad alta frequenza (10-3000 MHz) e nella misura del tempo impiegato dal segnale emesso dall'antenna trasmittente a ritornare a quella ricevente, dopo essere stato riflesso e/o diffratto da eventuali discontinuità presenti nel materiale investigato (segunte figura). Il tempo di andata e ritorno (TWT), espresso in nanosecondi – ns, permette di misurare la distanza in tempi tra le antenne ed il “bersaglio”; tale distanza può essere trasformata in profondità (metri) nel sottosuolo qualora si possa misurare la velocità di propagazione degli impulsi nel mezzo investigato.



Schema indagine georadar

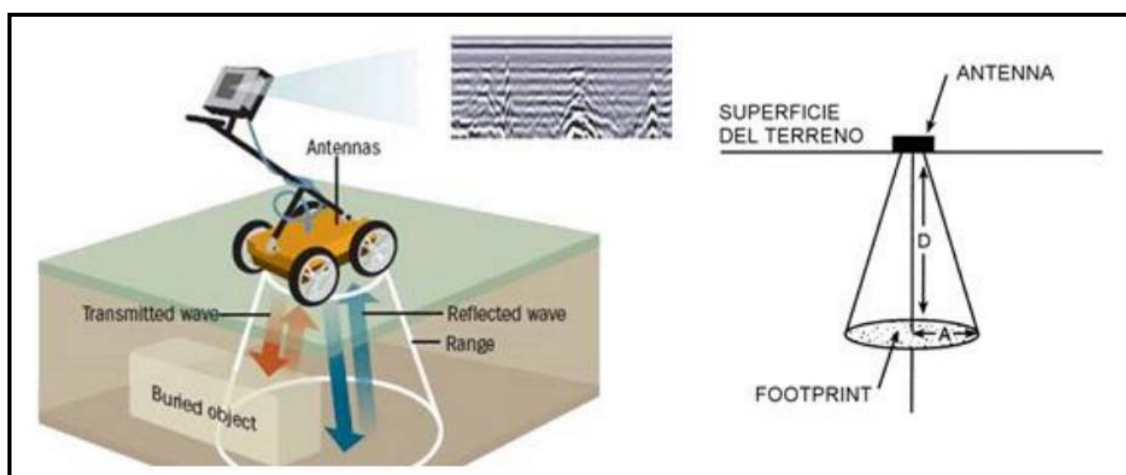
L'attenuazione di questi impulsi nel sottosuolo è correlata a due elementi: la presenza di umidità nel terreno e la frequenza scelta. Per quanto riguarda la presenza di umidità, un livello elevato di acqua nel terreno può rischiare di non far penetrare (o penetrare solo parzialmente) il segnale elettromagnetico, rendendo il terreno molto conduttivo.

La scelta della frequenza da utilizzare dipende dal fatto che il trasmettitore è collegato ad un'antenna (Tx) che produce un impulso elettromagnetico molto breve (dell'ordine di 1 – 10 ns). La durata dell'impulso prescelto è, a sua volta, legata alla frequenza dell'antenna utilizzata ed alla risoluzione verticale richiesta, ovvero la capacità di distinguere fra due strati o oggetti vicini tra di loro. In altre parole, più è alta la frequenza dell'antenna, più corto è l'impulso, il che si traduce in una bassa penetrazione del segnale (poiché l'attenuazione dipende anche dalla frequenza) ed in una più elevata risoluzione verticale.

La strumentazione GPR si presenta con due possibili configurazioni: la cosiddetta configurazione bistatica, nella quale l'antenna trasmittente è fisicamente separata da quella ricevente; e la configurazione monostatica nella quale l'antenna trasmittente e ricevente coincidono.

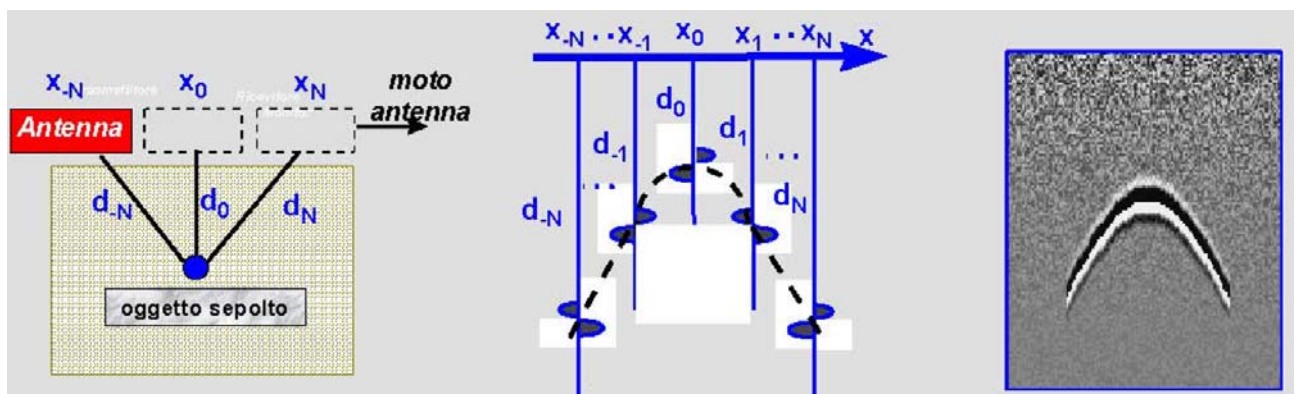
La rappresentazione grafica dei dati georadar è un passo fondamentale per la comprensione e l'interpretazione dei risultati. Tali risultati riportano radargrammi (o stratigrafie) del sottosuolo in scala di grigi ed i moderni software permettono una risoluzione visiva ed una definizione molto alta. Inoltre, se le acquisizioni hanno previsto profili paralleli all'interno di un grigliato, si possono ottenere e, quindi, visualizzare mappe (time slices) della zona investigata che rappresentano, a varie profondità, non solo le geometrie degli oggetti sepolti ma anche le dimensioni, utilizzando normalmente un algoritmo di involuppo medio, noto anche come average envelope amplitude.

Per interpretare correttamente un radargramma, è necessario sapere come la sezione è stata acquisita. L'impulso trasmesso dall'antenna radar non si propaga nel terreno o nel materiale in maniera puntuale come un laser, bensì si comporta come un cosiddetto cono di radiazione (seguinte figura), "illuminando" il bersaglio sepolto anche prima di trovarsi perpendicolarmente al di sopra del target stesso (come una lampada accesa nel buio di una stanza). Il diametro di questo cono aumenta all'aumentare della profondità d'indagine del segnale georadar. Inoltre, le sue dimensioni dipendono anche dalle condizioni della superficie di acquisizione e dalla frequenza delle antenne impiegate (per esempio, alte frequenze restringono il diametro del cono).



Cono di radiazione ellittico del GPR

La presenza nel sottosuolo di un vuoto o di un qualsiasi oggetto, con costante dielettrica differente dal mezzo inglobante, produce una caratteristica risposta elettromagnetica: l'iperbole di diffrazione. L'anomalia iperbolica deriva dalla riflessione del punto-sorgente (target sepolto) e si verifica, come abbiamo visto, perché l'energia è emessa sotto forma di cono che 'illumina' una porzione più ampia del target stesso. Di conseguenza, il segnale viene riflesso non solo dal bersaglio direttamente perpendicolare al di sotto delle antenne, ma anche poco prima e poco dopo, grazie anche alla trasmissione di onde oblique. Solo l'apice dell'iperbole corrisponde alla posizione reale della sorgente.



Generazione iperbole

La risoluzione massima orizzontale è circa l'impronta (footprint) del cono di radiazione (o area di illuminazione). Il tempo di andata e ritorno del segnale, e di conseguenza la stima delle profondità, può essere calcolato mediante la cosiddetta calibrazione delle code iperboliche derivanti da una anomalia. Importante sottolineare, però, che è possibile determinare la profondità di un target solo se la velocità di penetrazione del segnale nel materiale o nei materiali è noto.


Con l'eccezione dei materiali conduttori sepolti (ad esempio, il metallo, che ha un'alta conducibilità e permittività magnetica), le onde elettromagnetiche passano attraverso il target sepolto continuando la loro penetrazione e producendo differenti riflessioni a differenti profondità. In alcuni casi, tale effetto permette di stimare non solo la profondità della parte superiore (top) dell'oggetto ma anche le sue dimensioni verticali (ad esempio, in presenza di un tunnel sotterraneo, è possibile individuare non solo il top del tunnel, ma anche il fondo dello stesso).

3.2 Strumentazione Georadar e metodi di acquisizione

L'indagine georadar, è consistita nell'esecuzione di un profilo radar a 250 MHz, con la strumentazione "NOGGIN 250" (della Sensors & Software Inc.).

Tale frequenza risulta la più idonea a garantire sia una sufficiente penetrazione e sia una ottimale risoluzione, assicurando, in questo modo, una profondità di esplorazione fino a poco più di 2,5 metri.

NOGGIN® 250	
Size	25 x 16 x 9 in (63 x 41 x 23 cm)
Weight	16 lbs (7.3 kg)
Power	8 watts 12 V @ 0.7A DC
Performance Factor	>160 dB
Transducer Patented Dipole	125 - 375 MHz
Shielding Front to Back	>20dB
Noggin® to PC	115KB, RS232
Default Depth Windows (User Definable)	2.5, 5, 7.5, 10, 15m (50, 100, 150, 200, 300ns) ns
Acquisition Rate (depends on control system)	100,000 samples/s
PC & DVL Output	Digital image in .PCX Format
DVL Output	Digital (raw) 16 bit 2's complement*
Integrated GPS	Point mark or continuous recording us
Operating Temperature	-40 to 40°C
Environmental	IP66



Sistema radar a 250 MHz e relative specifiche tecniche

3.3 Difficoltà interpretative

L'indagine georadar in situazione stratigrafiche complesse risulta generalmente molto problematica.

Nel caso specifico le fonti di disturbo sono state rappresentate da:

1. Forte disomogeneità dei terreni di riporto presenti nel sottosuolo;
2. Disomogeneità litologica.

2.4 Elaborazione dei dati

L'indagine ha avuto lo scopo di individuare anomalie riconducibili ad eventuali vuoti carsici e, laddove possibile, sono stati esclusi i segnali generati da fonti di disturbo.

A tal fine è stato eseguito un profilo radar a 250 MHz lungo il tratto della condotta di progetto adiacente alla dolina. L'ubicazione del profilo eseguito è mostrato in figura 2 "Ubicazioni profili e anomalie radar".

Il radargramma acquisito è riportato in allegato, con riferimento alle profondità/distanze ottenute dalla conversione spazio/tempo, attraverso l'analisi dei segnali iperbolici. La velocità di propagazione di 9.3 cm/nanosecondo è stata ricavata dall'analisi effettuata. Il radargramma è stato visualizzati in finestra profonda di 3 metri.

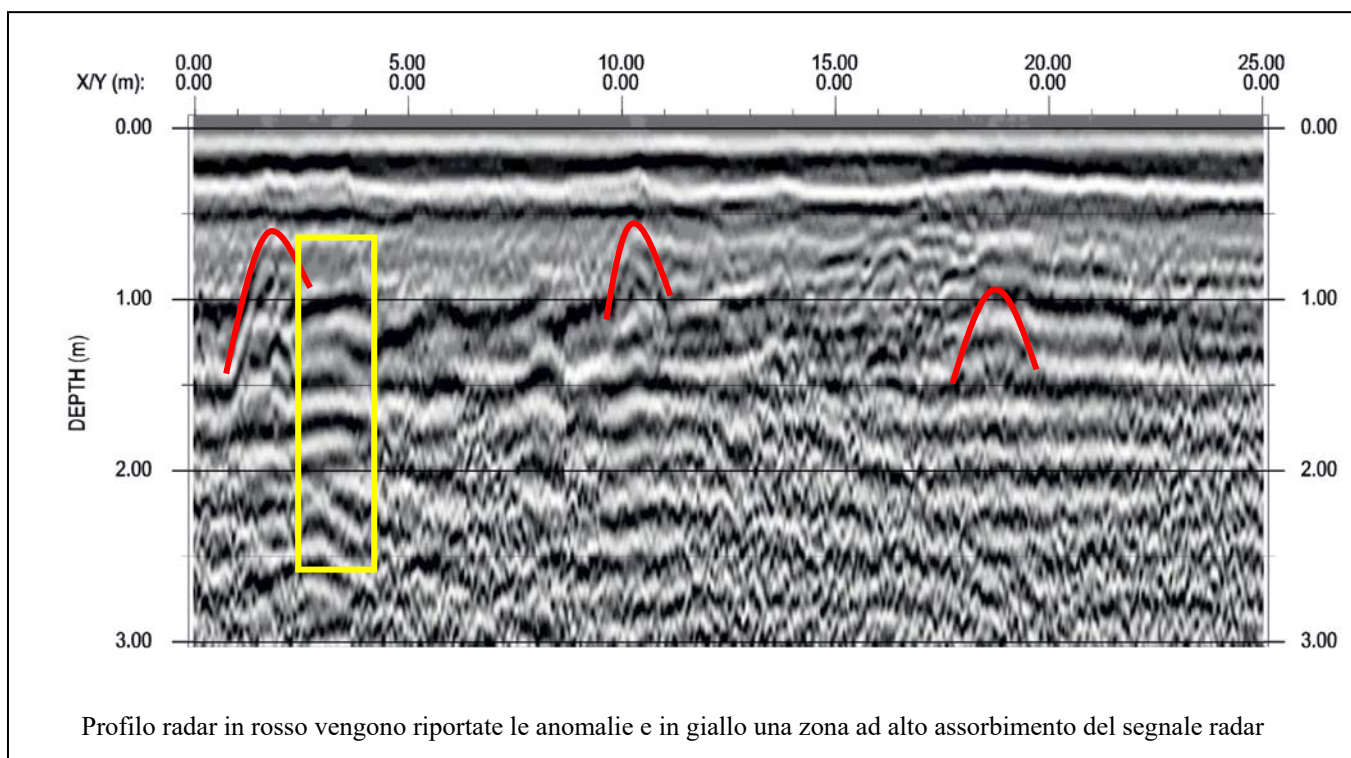
Il processing dei dati è stato effettuato con software "**GRADIX**" della **INTERPEX Ltd**; esso è consistito nelle seguenti operazioni:

- Allineamento delle tracce "drift removal";
- Livellamento delle tracce in funzione del tempo zero "Time zero shift";
- Filtraggio "Dewow";
- Filtraggio "Pass band";
- Mix tracce;
- Depth conversion.

3.5 Analisi dei risultati

L'analisi del radargramma ha messo in evidenza alcune anomalie radar che sono state, successivamente, riportate in pianta.

Come chiave di lettura vengono mostrati di seguito alcuni esempi di anomalie radar rinvenute.



Tutte le anomalie iperboliche risultano di piccola entità, queste è possibile associarle a pezzame calcareo presente nel terreno vegetale e/o a piccole fratture presenti nella roccia carbonatica. Mentre la zona riportata in giallo indica un assorbimento del segnale radar e potrebbe correlarsi ad una zona con una coltre di terreno vegetale di maggiore spessore. Infatti queste zone sono presenti alle progressive di 2-4 metri e alle progressive tra 40 e 52 metri quest'ultima zona risulta adiacente alla dolina.

4 CONCLUSIONI

L'analisi di tutti i **radargrammi** ha messo in evidenza una serie di anomalie radar di piccola entità e due zone di assorbimento del segnale radar. Queste sono riportate in pianta in scala 1:100 "Ubicazione profilo e anomalie radar". Tutte le anomalie rilevate non sono di entità tale che potrebbero far pensare a cavità carsiche importanti ma solo a fratturazioni e piccoli condotti carsici presenti nella roccia carbonatica. Quasi tutte le anomalie sono presenti tra le profondità di 0.8 e 1.5 metri.

Detto ciò si può concludere che l'esito dell'indagine rappresenta un valido ausilio per la programmazione delle opere ma, in ogni caso, è da considerarsi sempre orientativa in virtù della tipologia di indagine effettuata, che rientra comunque nel campo delle indagini "indirette".

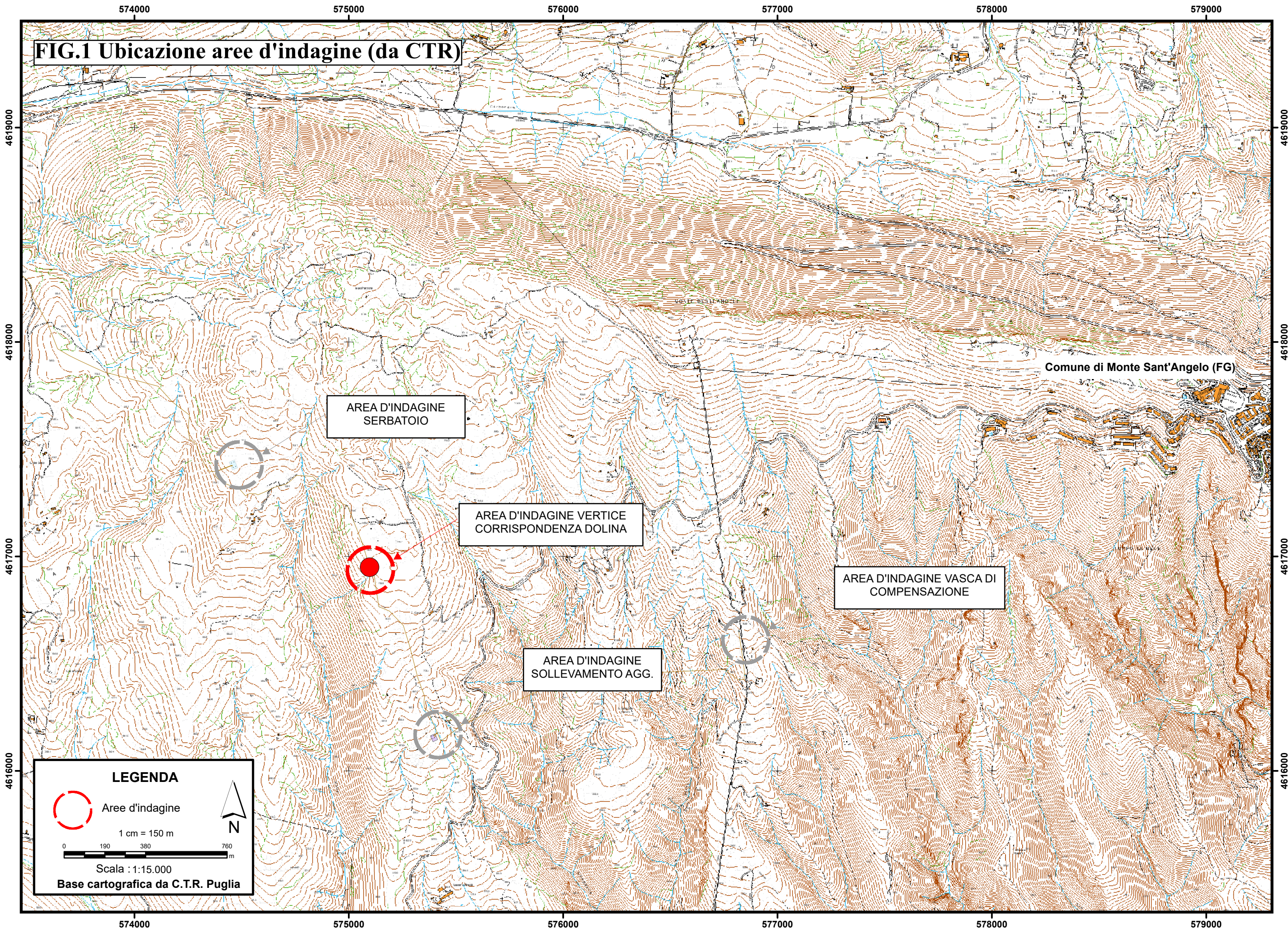
È bene che durante gli scavi si controlli la continuità litologica dell'ammasso roccioso.

5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Fasi di lavoro misure radar con strumentazione "Noggin 250 - frequenza di 250 MHz" della "Sensors & Software inc."



FIG.1 Ubicazione aree d'indagine (da CTR)

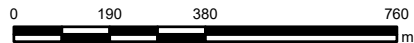


LEGENDA



Aree d'indagine

1 cm = 150 m



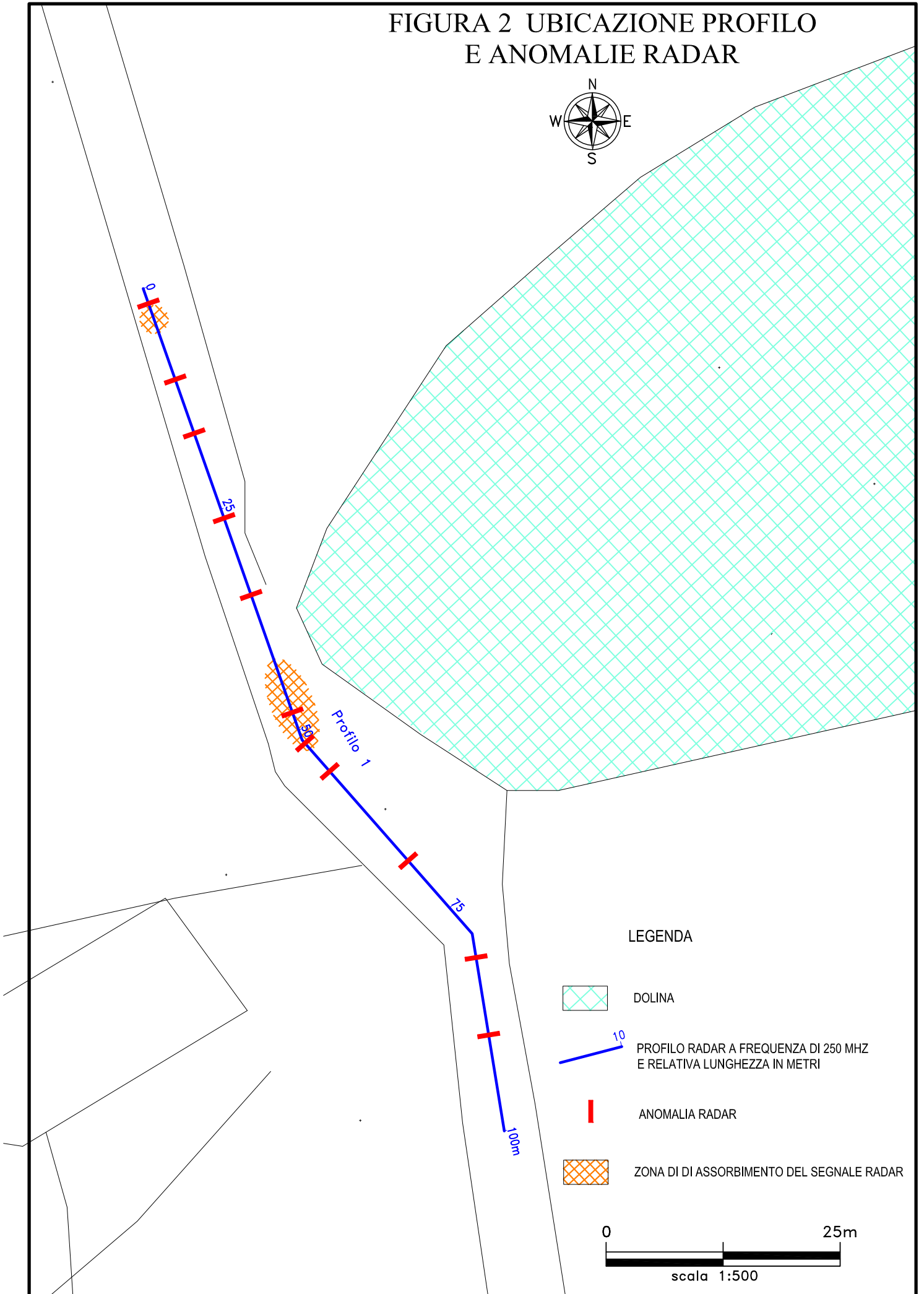
Scala : 1:15.000

Base cartografica da C.T.R. Puglia







N

FIGURA 2 UBICAZIONE PROFILO
E ANOMALIE RADAR

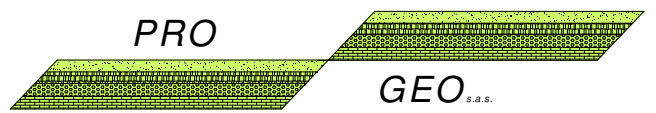


LEGENDA

-  DOLINA
-  PROFILO RADAR A FREQUENZA DI 250 MHZ
E RELATIVA LUNGHEZZA IN METRI
-  ANOMALIA RADAR
-  ZONA DI DI ASSORBIMENTO DEL SEGNALE RADAR

0 25m
scala 1:500

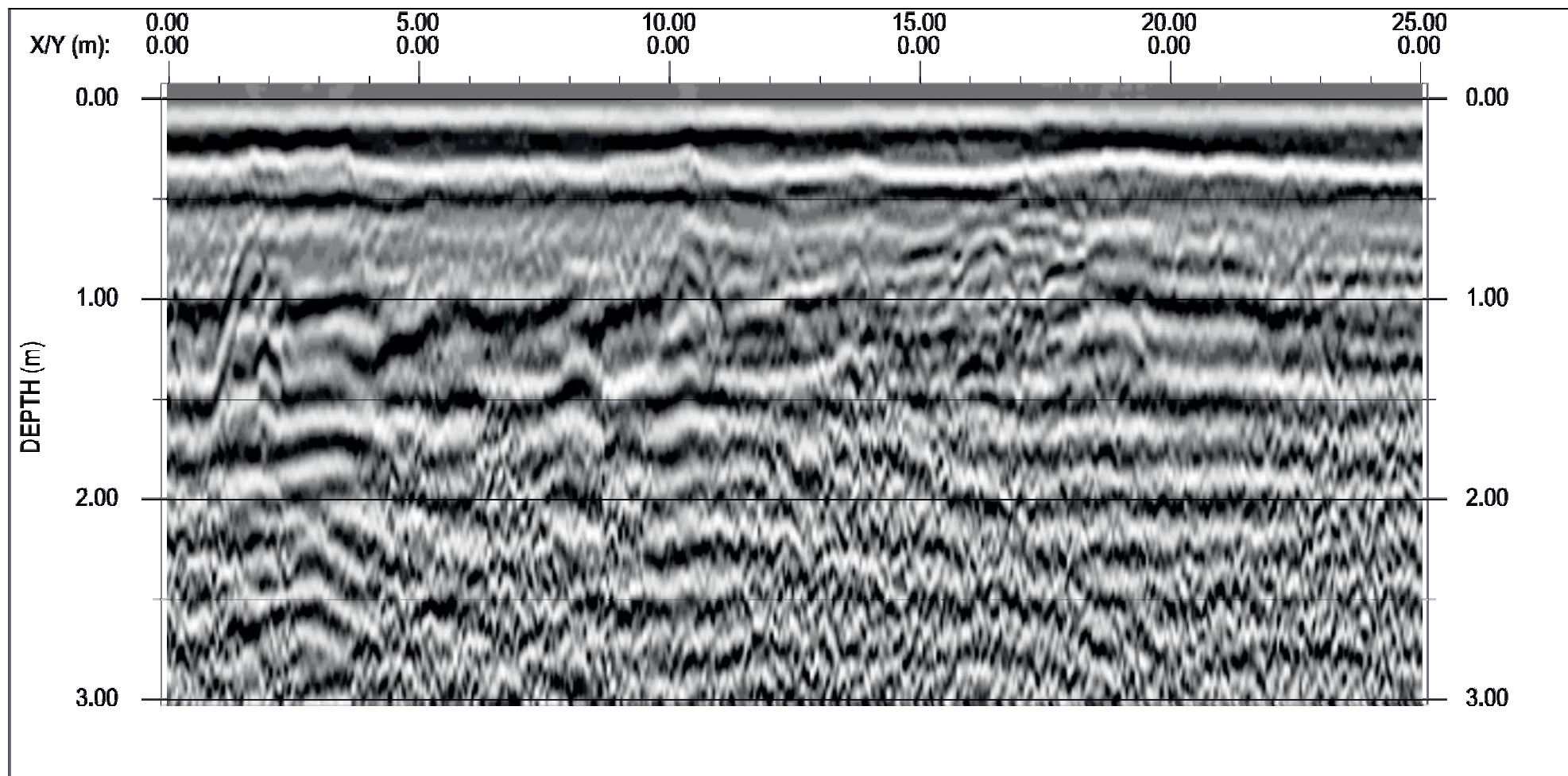
RADARGRAMMI



di Alberto Quarto

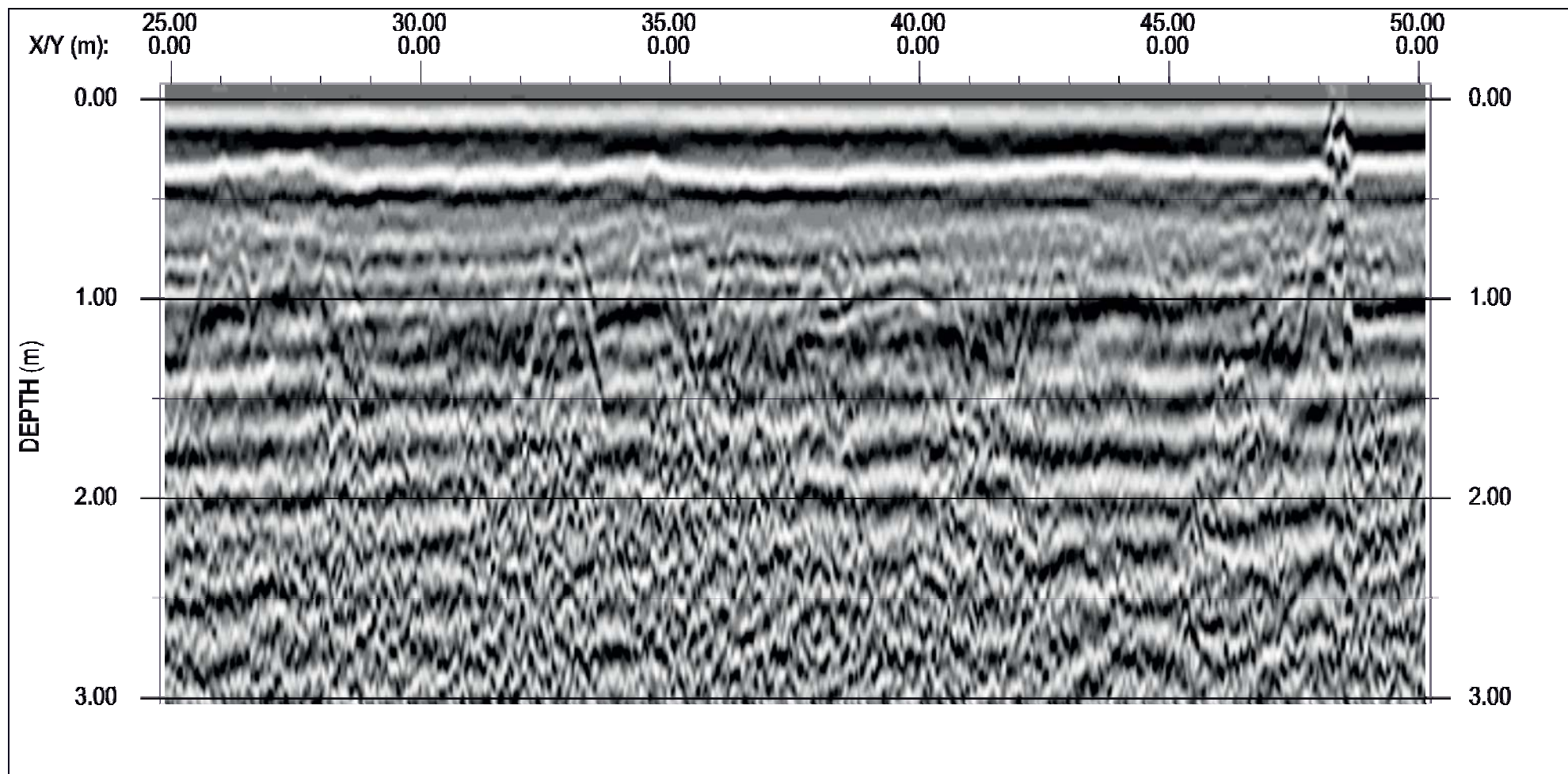
GEOLOGIA E GEOFISICA

PROFILO RADAR 1 (progressive da 0 a 25m)

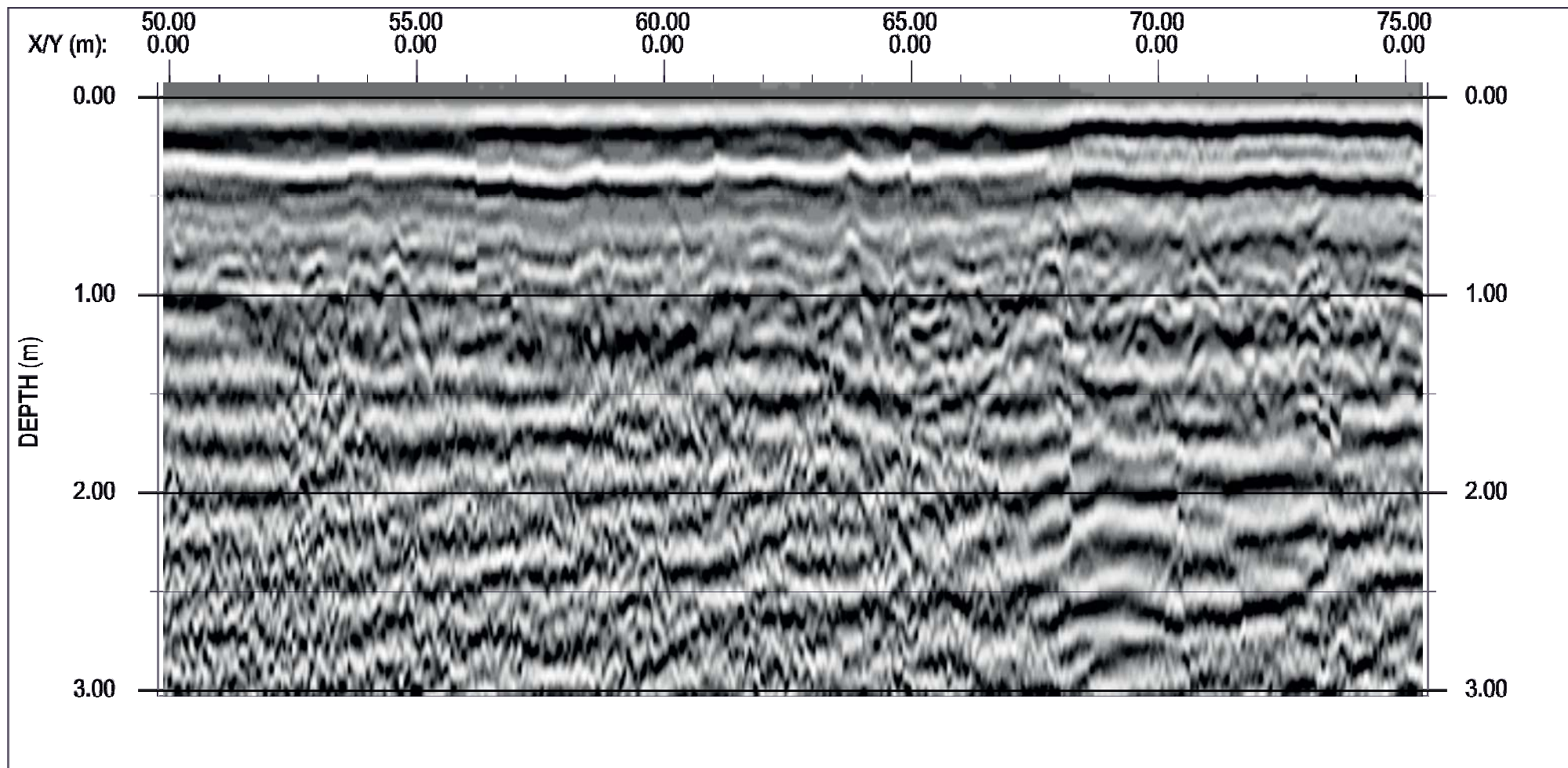


VERSION: 05 DEPTH CONVERSION] [LONG] [LINE1]
[GAIN: ACC - WINDOW 12 ns] [HORIZONTAL SCALE: 1:120.0]
[VERTICAL EXAGGERATION: 4.0:1] [14-MAY-21 08:32]

PROFILO RADAR 1 (progressive da 25 a 50m)



PROFILO RADAR 1 (progressive da 50 a 75m)



PROFILO RADAR 1 (progressive da 75 a 100m)

