



PROVINCIA FORLÌ - CESENA

Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale
COMUNI DI LONGIANO, GAMBETTOLA E GATTEO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO AUTOSTRADALE A14 "VALLE DEL RUBICONE" STRALCIO DI COMPLETAMENTO



PROSPEZIONI GEOFISICHE FINALIZZATE A RICERCA ARCHEOLOGICA **RAPPORTO LAVORI**

Data: Agosto 2018

Archivio 1935/2018

Impresa esecutrice:

GEOEXPLORATION

di Antonio Edoardo Bracci

Via Costiera 3/a - 47122 - FORLÌ

tel - fax 0543 782462 email: aebracci@gmail.com

Il Direttore Tecnico per l'impresa:

INDICE

I.	Premessa	Pag.	1
II.	Impiego delle prospezioni geofisiche nella ricerca archeologica	Pag.	2
	a) Metodo radar ad impulsi elettromagnetici G.P.R.	Pag.	2
	b) Indagine elettromagnetometrica	Pag.	8
III.	Programma dei rilievi svolti	Pag.	15
IV.	Esito delle indagini geofisiche	Pag.	16
V.	Conclusioni	Pag.	18

Nota aggiuntiva – sovrappasso ferroviario

Report fotografico

Appendici:	1a Planimetria con ubicazione linee georadar nel Tratto 1
	1b Planimetria con ubicazione anomalie georadar nel Tratto 1
	2 Planimetria con ubicazione linee ed anomalie georadar nel Tratto 2
	3 Planimetria con ubicazione linee ed anomalie georadar nel Tratto 3
	4 Planimetria con ubicazione linee ed anomalie georadar nel Tratto 4
	5 Planimetria con ubicazione linee ed anomalie georadar nel Tratto 5

Allegati:	1 Planimetria con ubicazione del tracciato stradale, picchetti di riferimento, tratti di rilievo georadar e allineamenti elettromagnetici
	2 Planimetria con ubicazione linee ed anomalie georadar nel Tratto 1
	3 Planimetria con risultanze elettromagnetiche
	4 Planimetria con ubicazione saggi di scavo per verifica anomalie geofisiche

Supporto digitale contenente il rapporto lavori, le appendici, gli allegati ed i radargrammi utilizzati per l'interpretazione dei dati e le registrazioni originali dell'elettromagnetometro

I. PREMESSA

Su incarico dell'**Amministrazione Provinciale di Forlì-Cesena** è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche con i metodi indiretti e non distruttivi, georadar ed elettromagnetometro finalizzate a ricerca archeologica lungo la nuova bretella di collegamento stradale in progetto tra la S.S. 9 "Emilia" in località San Giovanni in Compito e il casello autostradale A 14 "Valle del Rubicone" – Stralcio di completamento.

Nel particolare, l'opera viaria consiste in una strada provinciale extraurbana, che appunto dalla nuova rotatoria della "Via Emilia" S.S. n. 9 al Km 16+380, in località San Giovanni in Compito, in Comune di Savignano sul Rubicone e Longiano, percorrendo il territorio di Gambettola e Gatteo, arriverà fino alla rotatoria del casello autostradale A14 "Valle del Rubicone" per una lunghezza di complessivi km 3,5.

Il tratto da noi investigato (stralcio di completamento) si estende da circa 100 metri dopo la rotatoria Crocetta sulla Via Emilia fino alla rotatoria di Via Molino Vecchio e togliendo 100 ml in corrispondenza del sovrappasso ferroviario esistente, si sviluppa per una lunghezza di circa km 2,8. La larghezza della strada è mediamente di m 18.

L'indagine è stata condotta lungo il tracciato picchettato dai tecnici dello Studio Zenit di Forlì incaricati dalla Committente (vedi n. 14 picchetti riportati sulle planimetrie allegate), impiegando la tecnica maggiormente adeguata alle condizioni e tipologia di contatto dei trasduttori geofisici sulla superficie del terreno.

Quando l'antenna poteva essere tenuta in aderenza al terreno ed in tratti di rilievi di dettaglio è stato utilizzato il georadar, in caso contrario e per la maggior parte del tracciato è stato adottato il metodo elettromagnetico.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata nei mesi di luglio e fine agosto 2018 in accordo con i proprietari dei terreni, di mano in mano che le coltivazioni in atto venivano raccolte (prevalentemente e nell'ordine: grano, lattuga da seme, cece, erba medica, sorgo e barbabietole da zucchero).

I rilievi geofisici sono stati realizzati registrando allineamenti spazati mediamente 2 metri e disposti longitudinalmente o trasversalmente al nuovo tracciato stradale per un'estensione totale di ml 4.802 col georadar e ml 45.808 con l'elettromagnetometro coprendo abbondantemente tutta la superficie interessata dalla nuova sede viaria di circa mq 50.400.

La profondità d'indagine è stata predisposta per raggiungere 3-4 metri dal piano campagna.

Tutti gli allineamenti sono riportati sulle planimetrie fornite in appendice ed in allegato al presente rapporto lavori.

I risultati delle presenti prospezioni geofisiche serviranno per programmare eventuali interventi di scavo mirati nelle aree presunte archeologicamente fertili per la verifica delle anomalie riscontrate.

Durante la lettura dei radargrammi e dei dati elettromagnetici sarà controllata, lungo gli allineamenti realizzati, anche l'esistenza di eventi anomali riconducibili alla presenza di eventuali ordigni bellici interrati.

In questo rapporto lavori, segue una breve esposizione del metodo georadar ed elettromagnetico utilizzati, sono descritte le modalità esecutive delle prospezioni e nella parte finale, sono commentate le anomalie maggiormente significative riscontrate dalla lettura definitiva dei dati elaborati ed interpretati presso la nostra sede.

II. IMPIEGO DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE NELLA RICERCA ARCHEOLOGICA

Per far fronte al crescente interesse nel campo della ricerca archeologica, negli ultimi decenni le tecniche d'indagine geofisica, con l'avvento delle strumentazioni moderne e l'impiego di computer per l'elaborazione dei dati, sono state particolarmente affinate per poter individuare e mappare eventuali aree di scavo.

Le metodologie che recentemente hanno fornito i migliori risultati sono la prospezione radar, il rilevamento magnetico e l'indagine geoelettrica. Spesso il contesto geolitologico in cui si trova l'insediamento archeologico può richiedere l'impiego congiunto di almeno due dei suddetti metodi. Ribadendo che le tecniche geofisiche vengono applicate dalla superficie e che sono del tipo indiretto e non distruttivo, esse consentono di acquisire dati in modo continuo e velocemente. Per tali motivi è preferibile condurre le indagini in modo areale, intercettando quelle anomalie georadar, magnetiche o elettriche riconducibili a strutture sepolte da verificare mediante sondaggi diretti.

Senza entrare nei particolari e descrivere i vantaggi e svantaggi dei tre metodi di ricerca citati sopra, esponiamo brevemente il principio di funzionamento ed i preferiti campi di applicazione della tecnica georadar ed elettromagnetica, utilizzate nello studio in oggetto.

a) Metodo georadar ad impulsi elettromagnetici – G.P.R.

Introdotta in Italia da Antonio Edoardo Bracci nel 1983

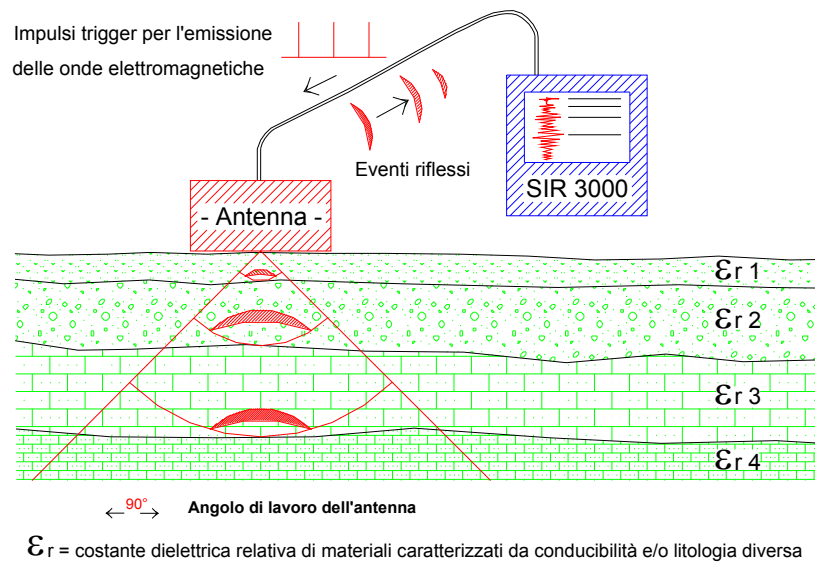
Il metodo è basato sul principio della propagazione di impulsi elettromagnetici nei materiali e sulla loro riflessione in corrispondenza delle superfici di discontinuità dovute a variazioni di permittività dielettrica.

Questo parametro è rappresentato generalmente tramite la costante dielettrica dei materiali. La velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è legata alla costante dielettrica dalla seguente relazione:

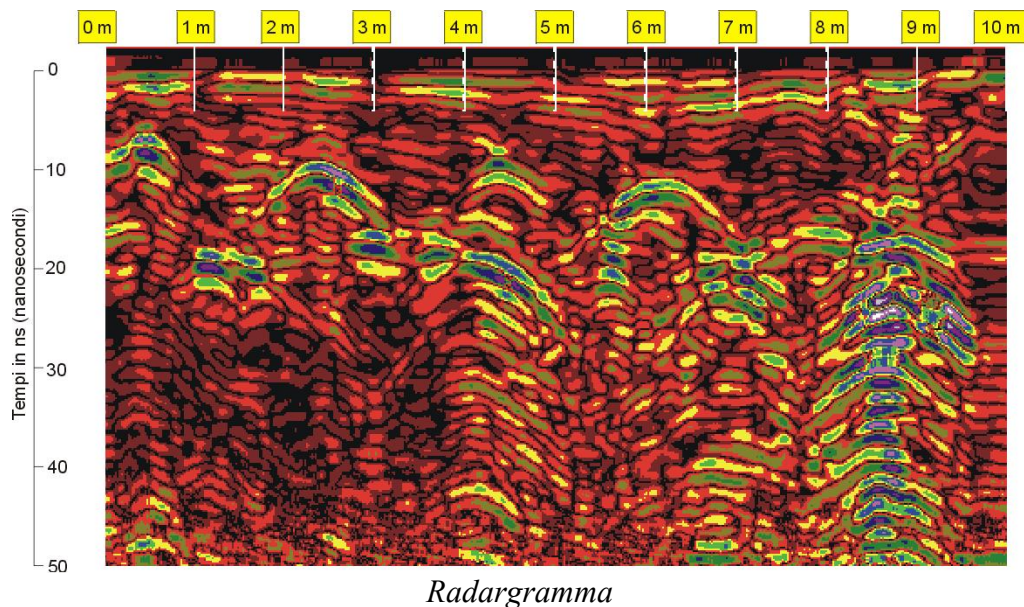
$$V = C / \sqrt{\epsilon_r}$$
, dove $C = 3 \times 10^8$ m/sec (velocità della luce nel vuoto) ed ϵ_r è la costante dielettrica relativa del materiale. La presenza di acqua o umidità nei materiali in esame, comporta un aumento della costante dielettrica relativa (vedi incremento della conduttività) e quindi una diminuzione della velocità degli impulsi elettromagnetici.

Il principio di funzionamento della strumentazione radar da noi utilizzata (GSSI – SIR3000) può essere sinteticamente descritto nel modo seguente: l'acquisizione dei dati avviene facendo scorrere un'antenna ricetrasmittente lentamente sulla superficie del terreno da investigare; nell'unità centrale sono generati dei segnali ad intervalli regolari che servono a sollecitare i circuiti elettronici dell'antenna trasmittente, da questa sono irradiati degli impulsi elettromagnetici che, propagandosi attraverso i materiali, vengono riflessi in corrispondenza delle interfacce di entità dielettriche diverse. Gli eventi riflessi sono captati dall'elemento ricevente e inviati nell'unità centrale (vedi Figura).

Principio di funzionamento del metodo georadar



L'apparecchiatura consente di visualizzare sudisplay a colori il radargramma registrato in tempo reale e simultaneamente memorizza i dati su disco rigido per la successiva elaborazione al computer con opportuno software. Lo scopo fondamentale del trattamento digitale dei dati al computer è quello di migliorarne l'aspetto tramite operazioni di filtraggio, normalizzazione, amplificazione, ecc. al fine di semplificare la lettura e l'interpretazione delle eventuali anomalie. Sull'asse orizzontale dei radargrammi sono visualizzate le progressive metriche della linea registrata mentre su quello verticale si trovano i tempi di percorso in andata e ritorno dei tragitti riflessi.



La risoluzione orizzontale dei segnali è inversamente proporzionale alla velocità di spostamento dell'antenna e la risoluzione verticale è direttamente proporzionale alla frequenza centrale degli impulsi emessi.

L'intensità degli eventi riflessi è tanto più forte quanto il contrasto fra le variazioni dielettriche è maggiore.

La profondità d'indagine non può essere stabilita a priori del rilievo ma dipende dalla natura dei mezzi attraversati, dallo stato fisico degli elementi che li compongono e da fattori ambientali e/o locali quali la temperatura, l'umidità, la presenza di cavità, ecc. Inoltre, l'obiettivo della prospezione e la profondità di penetrazione sono vincolati alla lunghezza d'onda degli impulsi: infatti se una struttura sepolta ha dimensioni molto piccole, essa viene rilevata soltanto con segnali di brevissima durata la cui elevata attenuazione a livello energetico ne limita però la penetrazione. In sintesi: antenne con frequenze alte consentono una buona risoluzione fino a modeste profondità mentre antenne con frequenze basse offrono un dettaglio relativamente inferiore, ma permettono una maggior estensione di misura dal piano campagna.

Le antenne maggiormente utilizzate per ricerche archeologiche sono elencate nella tabella.

Frequenza delle Antenne (MHz)	Penetrazione in un suolo medio ($V = 0,09 \text{ m/ns}$)	Risoluzione Verticale (metri)	Campi d'impiego
500	3 metri	0,1	Ricerca archeologica e di sottoservizi, indagini su strade e rivestimenti di gallerie
300	5 metri	0,2	Ricerca archeologica e di cavità su terreni e manufatti
100	8 metri	0,5	Ricerca archeologica, di grossi bersagli profondi e di cavità, indagini stratigrafiche

La ricostruzione della sezione radarstratigrafica (conversione tempi-profondità) viene effettuata applicando, ai tempi di riflessione, i valori delle velocità di propagazione relativi alle costanti dielettriche, dei materiali investigati, con l'eventuale supporto di tarature dirette.

La conoscenza della costante dielettrica relativa è utile per determinare il tipo di materiale investigato e del suo grado di saturazione.

Si fa presente che i radargrammi rendono evidenti i livelli riflettenti ed eventuali anomalie elettromagnetiche, dandone indicazioni quantitative e non qualitative.

La definizione di tali anomalie viene fornita nella fase d'interpretazione dei dati, in base alla tipologia (es. forma dell'oggetto che ha provocato la riflessione) e alla continuità planimetrica di echi identici o assimilabili.

Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati

I radargrammi sono stati registrati utilizzando un'apparecchiatura radar GSSI SIR 3000 (vedasi report fotografico in Appendice) con display a colori e memorizzazione dati su Hard Disk interno.

L'indagine è stata preceduta da prove preliminari, in siti diversi nella zona di studio, con antenne monostatiche aventi una frequenza centrale degli impulsi elettromagnetici di 270, 400 e 500 MHz per la scelta dei parametri ottimali di registrazione.

L'acquisizione dati, lungo tutte le linee spaziate 1-2 metri (riportate sulle planimetrie fornite in appendice ed Allegato 2) è stata eseguita utilizzando l'antenna da 400 MHz che offriva il miglior rapporto qualità dati/penetrazione, con misure ad ogni centimetro di progressiva metrica e 512 campioni/misura.

Le linee georadar sono state numerate con il numero corrispondente al relativo file d'identificazione inciso sul disco rigido dell'apparecchiatura.

Il numero delle Linee/File è indicato all'inizio (p.m. 0) del tracciato disegnato in planimetria.

Le progressive metriche sono state riportate sui radargrammi mediante dispositivo contametri montato su una ruota del carrello georadar.

I radargrammi sono stati parzialmente trattati con software installato sull'apparecchiatura di registrazione e analizzati in tempo reale sul video della strumentazione.

L'elaborazione dei radargrammi è avvenuta, tramite PC con software dedicato RADAN 7, mediante due fasi principali:

- *position correction* = correzione del tempo zero;
- *filtering* = filtraggio degli eventi di disturbo e background removal;

Successivamente si è proceduto all'analisi dei segnali georadar con individuazione e annotazione degli eventi anomali ed infine è avvenuta l'interpretazione dei risultati ottenuti per l'attribuzione delle tipologie dei segnali anomali alle presunte cause che li possono aver generati.

b) Indagine elettromagnetica

Richiami preliminari sulle metodologie elettromagnetiche

Il primo obiettivo che si prefigge una ricerca geofisica con elettromagnetometro è di ottenere alcune informazioni circa la distribuzione spaziale di alcune proprietà intrinseche di sezioni di sottosuolo.

Nel caso particolare si utilizza l'induzione elettromagnetica per giungere alla conducibilità e suscettività magnetica del terreno.

Dato che i valori di resistività dei terreni sono estremamente variabili, i metodi elettromagnetici vengono utilizzati al fine di determinare una mappa del sottosuolo che abbia come variabile la conducibilità e suscettività.

Esistono vari tipi di metodi elettromagnetici che si basano su diverse tecniche e riguardano la misura di una o più componenti del campo elettromagnetico. Nel caso dello strumento elettromagnetometro, ciò avviene utilizzando una fonte energizzante costituita da un solenoide (il trasmettitore elettromagnetico) percorso da una corrente variabile e da una bobina che ha le funzioni di ricevitore del campo elettromagnetico variabile indotto.

Per le leggi di Maxwell una sorgente di campo elettromagnetico variabile è in grado di generare una forza elettromotrice indotta (tale da opporsi alla causa che l'ha generata), che può produrre correnti secondarie in un materiale conduttivo interessato dalle variazioni del campo elettromagnetico (dette correnti di Foucault); queste correnti secondarie generano a loro volta un campo elettromagnetico variabile secondario.

Il segnale elettromagnetico, che lo strumento raccoglie tramite il ricevitore, è la somma vettoriale del campo elettromagnetico variabile primario e di quello secondario indotto che oscilla con la stessa frequenza del primario.

La presenza di una terza bobina ha la funzione di filtro in modo da eliminare principalmente il valore del campo primario. Il campo risultante sarà così assimilato a quello di origine indotta e verrà utilizzato come informazione per eseguire le determinazioni della conduttività.

La risposta elettromagnetica che si ottiene dipende dalla frequenza di oscillazione del campo primario, dalla $1/(\text{conducibilità apparente del terreno indagato})$ e dall'accoppiamento geometrico realizzato tra il trasmettitore ed il ricevitore.

In particolare, si può affermare che il segnale di ritorno aumenta d'intensità quando interessa porzioni di terreno a maggiore conduttività e che la profondità d'indagine diminuisce all'aumentare della frequenza del campo primario.

Le indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza (FEM) consentono di ottenere quindi, 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.

Il metodo di prospezione EM fa intervenire simultaneamente 3 processi fisici distinti:

1. il passaggio di corrente alternata in una bobina trasmittente genera un campo magnetico H_p (campo magnetico primario) variabile con il tempo;
2. il flusso del campo magnetico primario genera delle correnti indotte (correnti di *Foucault*) in tutti i conduttori sui quali esso agisce (suoli, rocce);
3. le correnti indotte generano un campo magnetico secondario H_s il quale insieme al campo primario che si propaga direttamente attraverso l'aria provoca il passaggio di corrente alternata in una bobina ricevente.

L'ampiezza delle correnti indotte in un corpo conduttore nel sottosuolo dipende da diversi fattori :

- proprietà elettriche del conduttore;
- dimensioni e dalla forma del conduttore;
- frequenza del campo primario;
- posizione del conduttore rispetto agli strumenti di indagine geofisica.

Si analizza quindi la variazione in ampiezza e fase che un segnale (onda sinusoidale) subisce nell'attraversare mezzi a diversa conducibilità.

E' importante ricordare che il valore della conducibilità elettrica che si ottiene da un elettromagnetometro è composta in quanto rappresenta l'effetto combinato dello spessore degli strati, della loro profondità e della loro conduttanza specifica: tali influenze diminuiscono all'aumentare della profondità.

In particolare molti terreni e rocce quando sono asciutte risultano poco conduttive; in rare occasioni possono essere presenti grandi quantità di minerali molto conduttivi (magnetite, pirite, grafite) che fanno aumentare di molto la conducibilità elettrica delle rocce e dei terreni, la quale può essere anche influenzata dalla presenza di acqua e dai seguenti parametri:

- porosità e permeabilità
- contenuto in acqua
- concentrazione di solidi disciolti nell'acqua sotterranea
- temperatura

Il valore della conducibilità elettrica di un dato terreno o roccia non è univoca poiché in esso possono variare uno o più dei suddetti parametri. Nelle zone inquinate ad esempio, i fluidi o liquidi possono fornire una grande quantità di elettroliti e di colloidali nella zona satura e insatura.

Pertanto la conducibilità elettrica del sottosuolo ne viene fortemente influenzata aumentando di n volte il valore originario; se le variazioni naturali della conducibilità del sottosuolo sono molto piccole, è possibile delimitare un pennacchio d'acqua inquinata anche se la sua conducibilità elettrica supera solo del 10-20% quello originario.

Qualora si tratti invece di inquinanti non polari (es. sostanze oleose non solubili in acqua), la conducibilità elettrica diminuisce solo in presenza di grandi quantità di composti.

E' da rilevare inoltre che il campo elettrico prodotto dalla strumentazione determina un campo magnetico secondario e la presenza di materiali magnetizzabili porta ad incrementare il valore naturale del sito.

Ciò che interessa in questo tipo di ricerche archeologiche superficiali e areali non è il valore assoluto della conducibilità elettrica e della suscettività di vari tipi di terreno, ma serve solo conoscere le sue variazioni locali.

I valori misurati infatti sono "apparenti" e quindi derivati dalla somma ed interferenza delle singole proprietà degli elementi costituenti il sito, da cui derivare e riconoscere le situazioni "anomale" cioè fuori dai range locali di "sito 0".

Normalmente, per dare un ordine di grandezza dei parametri ricavati, un terreno naturale, argilloso e sabbioso, presenta un range di conducibilità che oscilla tra 10 e 90 mS/m per cui valori oltre i 35 mS/m indicano la presenza di materiali conduttivi, se prossimi a zero si può essere in presenza di cavità (la conducibilità dell'aria è zero).

Nel campo magnetico viene abitualmente utilizzata l'unità di misura ppm (parti per milione), anch'essa è una unità relativa; il terreno naturale, privo di elementi magnetici, fornisce un campo prossimo allo 0 (sia in negativo che positivo) mentre la

presenza di questi porta ad avere campi con valori da qualche centinaia a migliaia di ppm.

E' base di queste anomalie, intese come variazioni dal campo di fondo naturale, che è possibile localizzare situazioni che richiedono ulteriori approfondimenti di valutazione visiva.

Tra le diverse soluzioni tecniche disponibili sono da evidenziare, per il loro utilizzo in geofisica ambientale, gli strumenti denominati Ground Conductivity Meters (GCM), commercializzati da Geonics Ltd (EM31), GSSI (GEM300) e Geophex Ltd (GEM-2). Tali dispositivi elettromagnetici in dominio di frequenza (di tipo Slingram) utilizzano due bobine di piccole dimensioni (Small-loop systems), una trasmittente ed una ricevente, affiancate secondo specifiche configurazioni e mantenute ad una distanza costante S (a seconda delle strumentazioni compresa tra 0,75 m e 100 m).

L'acquisizione prevede lo spostamento dello strumento lungo una serie di profili paralleli secondo una geometria prestabilita.

Le strumentazioni GCM consentono di ricavare, sotto opportune ipotesi, dalla componente in quadratura del campo magnetico secondario, misurato alla bobina ricevente, il valore della conducibilità apparente del volume di suolo indagato.

Strumentazione elettromagnetica utilizzata

Caratteristiche operative

Per la presente indagine si è utilizzata la strumentazione elettromagnetica PROFILER EMP-400 prodotta dalla GSSI (USA), un conducivimetro multifrequenza che rientra nella categoria delle strumentazioni elettromagnetiche in dominio di frequenza di tipo GCM.

Nella fotografia alla pagina seguente si vede l'apparecchiatura in un campo di grano appena trebbiato lungo il tracciato e la centralina del ricevitore GPS.

Il Profiler può utilizzare simultaneamente fino a 3 frequenze definite dall'utente, in un range compreso tra 1 kHz e 16 kHz, registrando le componenti in fase ed in quadratura del campo magnetico secondario, normalizzate rispetto al campo magnetico primario. Il sensore dello strumento è costituito da una bobina trasmittente e da una ricevente, poste ad una distanza pari a 1.219 m. Tale geometria, chiamata configurazione bistatica, contiene anche una terza bobina accoppiata bucking coil che rimuove

(avendo polarità opposta) il campo magnetico primario registrato alla bobina ricevente, d'intensità molto superiore a quello indotto.



*Elettromagnetometro GSSI PROFILER EMP-400 Multi-Frequency EM
provvisto di modulo per posizionamento GPS*

Le bobine riceventi registrano, tramite un convertitore A/D (analogico-digitale) a 16 bit, il segnale dovuto al campo magnetico indotto; dall'analisi di convoluzione tra il campo magnetico primario ed il secondario viene elaborato il loro rapporto ed espresso in ppm (parti per milione).

Estraendo la componente in fase e la componente in quadratura di fase, si ha:

$$\text{In fase: } \operatorname{Re}\left(\frac{H_s}{H_p}\right) \cdot 10^6 \text{ [ppm]}$$

$$\text{In quadratura: } \text{Im}\left(\frac{H_s}{H_p}\right) \cdot 10^6 \text{ [ppm]}$$

La componente in fase risulta sensibile ad oggetti metallici (fusti sepolti, tubazioni interrato ecc.). La componente in quadratura di fase è proporzionale alla conducibilità del mezzo indagato.

I conducivimetri LIN (a basso numero d'induzione) consentono, per un range di frequenze e di conducibilità determinato, di calcolare la conducibilità elettrica apparente del terreno indagato.

Il GEM-2 fornisce direttamente il valore della conducibilità apparente, calcolato con la formula:

$$\sigma_a = 360 \cdot \text{ppm}(Q) / f \text{ [mS/m]}$$

essendo ppm(Q) la componente in quadratura di fase ed f la frequenza [Hz].

Potenziati fonti di disturbo

Il Profiler EMP-400 fornisce valori relativi di conducibilità elettrica e suscettività magnetica a partire dal confronto tra due campi magnetici (campo primario e campo indotto). E' evidente, quindi, che la presenza di campi elettromagnetici nella zona del rilievo possono essere fonte di noise.

La misura elettromagnetica, in particolare, risulta fortemente condizionata da:

- elettrodotti;
- motori elettrici di grosse dimensioni;
- accumuli di rottami metallici ecc..

Profondità d'indagine

L'utilizzo di più frequenze consente d'individuare anomalie diverse prodotte da target di diversa natura. La profondità d'indagine è funzione della frequenza, della conducibilità del mezzo e della geometria e disposizione dell'anomalia da indagare.

Il Profiler EMP-400, con spaziatura pari a 1,219 m tra le bobine, ha una profondità massima di investigazione di circa 5-7 m, in base alle caratteristiche del mezzo investigato.

Acquisizione ed elaborazione dei dati

Il rilievo elettromagnetico è stato realizzato con strumentazione **Profiler** (GSSI, U.S.A.). L'acquisizione è stata eseguita con linee parallele ad interasse mediamente pari a 2 m. Il passo di acquisizione lungo le linee è stato in continuo.

Delle frequenze acquisite e comprese tra i 1000 ed i 16000 Hz, si è scelta la più significativa, e cioè la frequenza a 8000 Hz, in quanto fornisce le informazioni più dettagliate relativamente ai primi metri di sottosuolo.

I valori della componente in quadratura e in fase (convertite rispettivamente in conducibilità elettrica [millisiemens per metro – mS/m] e Suscettibilità magnetica [ppm]) dell'area, sono stati elaborati con un programma di *contouring* per la definizione di una mappa di variazione del parametro geofisico (correlato alle caratteristiche dei materiali presenti nel sottosuolo).

Le aree e le modalità di acquisizione sono indicate nella planimetria di Allegato 1, mentre la mappa della componente Conducibilità elettrica (mS/metro) è riportata nell'Allegato 3.

Modalità operative standard

1. l'operatore si posiziona sul primo punto di acquisizione (con coordinate $x = 0$, $y = 0$), attiva lo strumento e cammina con passo regolare lungo la prima linea di misura;
I dati georeferenziati vengono acquisiti secondo la seguente procedura:
2. si traccia un'area (possibilmente rettangolare) di acquisizione che, opportunamente referenziata rispetto ad un sistema di coordinate note, viene suddivisa in una serie regolare di linee di misura (in funzione del dettaglio richiesto);
3. l'operatore seleziona e visualizza attraverso il menu di setup i parametri dello strumento relativi all'acquisizione dell'area;
4. lo strumento esegue la misura il cui termine viene stabilito dall'operatore alla fine della linea;
5. dopo aver registrato i dati acquisiti sulla prima linea, l'operatore passa alla successiva e ripete le procedure di cui al punto 3).
6. al termine dell'acquisizione si ha come output una serie di punti a cui vengono attribuite le coordinate rispetto al sistema di riferimento locale, le componenti in quadratura, fase e conducibilità apparente per ogni frequenza indicata.

III. PROGRAMMA DEI RILIEVI SVOLTI

Il programma delle prospezioni e l'ubicazione delle linee registrate, è stato stabilito in accordo con l'Ing. Gianluca Rizzo della Committente e seguendo i criteri indicati dalle procedure delle soprintendenze archeologiche italiane.

Il tracciato di studio è riportato sulla planimetria dell'Allegato 1 ed è stato investigato prevalentemente con elettromagnetometro in quanto la superficie del terreno non consentiva il trascinamento a contatto dell'antenna georadar.

La prospezione georadar è stata eseguita lungo cinque tratti del tracciato stradale registrando linee longitudinali e trasversali spaziate 1-2 metri e disposte, dove possibile, in base agli ostacoli presenti in superficie.

In particolare, il georadar è stato utilizzato: nella prima parte del tracciato dove in superficie erano presenti materiali di riporto eterogeneo con metalli inclusi, attrezzature agricole e filari di frutteto che avrebbero creato interferenze col rilievo magnetometrico, in corrispondenza dello svincolo Ovest e per rilievi di dettaglio in zone risultate d'interesse dall'indagine condotta con l'elettromagnetometro.

Nei singoli tratti, sono state registrate le seguenti quantità di linee e rilievo:

1. Tratto 1 = 89 linee per ml 3.090 dal Picchetto 1 – vedi Appendice 1a
2. Tratto 2 = 2 linee per ml 350 nei pressi del Picchetto 2 – vedi Appendice 2
3. Tratto 3 = 12 linee per ml 632 fino al Picchetto 3 – vedi Appendice 3
4. Tratto 4 = 7 linee per ml 110 nei pressi del Picchetto 4 – vedi Appendice 4
5. Tratto 5 = 12 linee per ml 600 nei pressi del Picchetto 13 – vedi Appendice 5

Complessivamente sono stati acquisiti ml 4.802 di rilievo.

Il rilievo elettromagnetico è stato realizzato seguendo percorsi programmati in cantiere in base alle migliori e convenienti transitabilità superficiali a piedi.

Gli allineamenti spazati mediamente 2 metri sono stati registrati con modalità a zig-zag longitudinalmente e trasversalmente al tracciato stradale.

In totale sono stati acquisiti ml 45.808 di rilievo.

IV. ESITO DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Conseguentemente all'elaborazione dei dati, è stata eseguita l'interpretazione dei risultati con lo scopo d'individuare le zone con presenza di anomalie lungo le linee registrate e precisamente, in considerazione della finalità specifica preposta alle prospezioni, sono state evidenziate quelle situazioni che, a livello locale o esteso, si discostano in modo particolare dalla configurazione "tipo" ovvero accertabile normalmente in un terreno in assenza di materiale di presunto interesse archeologico e di ordigni bellici.

Le anomalie geofisiche vengono quindi definite da un lato dall'obiettivo della ricerca e dall'altro da una conoscenza delle condizioni dei mezzi investigati.

Prospezione georadar

La profondità massima dell'indagine georadar, utilizzando un valore medio di costante dielettrica dei terreni pari a 9 (corrispondente ad una velocità di propagazione degli impulsi radar di 0.01 m/nanosec.) e tenendo conto del tempo di registrazione di 50 nanosecondi, impostato durante le prove preliminari per definire anche la penetrazione degli impulsi elettromagnetici, è stata di circa m. 2.5 dal piano campagna.

Analizzando gli spettri d'ampiezza delle tracce riflesse, è stato notato un livello di assorbimento dell'energia immessa nel terreno, abbastanza contenuto, favorito dalla mancanza di acqua di falda alta e dalla natura prevalente sabbio-limosa dei terreni.

Gli eventi anomali riscontrati sono stati differenziati nelle seguenti tipologie principali:

1. eventi superficiali ascrivibili a irregolarità del piano campagna e conseguente mancanza di contatto fra terreno e trasduttore;
2. anomalie locali sub-superficiali riconducibili alla presenza di materiali detritici sparsi di riporto, piccole radici di alberi da frutta ed altre cause ignote che per il loro limitato ingombro e scarso segnale riflesso, non si ritengono interessanti ai fini della ricerca archeologica;
3. anomalie estese caratterizzate da eventi georadar di debole intensità. associabili prevalentemente a terreni molto rimaneggiati, grosse radici di alberi e/o con materiali inclusi eterodimensionali nella matrice limo-sabbiosa;
4. segnali riflessi di media intensità lungo tratti di breve estensione, riconducibili solitamente a differenziazioni litologiche e/o sospetta presenza di materiali non terrigeni.

Queste ultime tre tipologie di anomalie sono state riportate con apposita simbologia e presunta profondità in centimetri dal p.c., sui cinque elaborati forniti in appendice.

Una dettagliata e completa definizione delle cause che possono avere generato tali eventi anomali e le rispettive precise profondità, si potrà conseguire facendo ricorso a saggi di verifica diretta in particolare nel tratto iniziale del tracciato a Nord del Picchetto 1.

Prospezione elettromagnetica

La profondità massima dell'indagine elettromagnetica, utilizzando una frequenza media di 8000 Hz come è stata proposta nella tavola conclusiva dell'Allegato 3, è di circa 2 metri dal piano di calpestio.

Si nota una fondamentale uniformità di risultanze in termini di conduttività ad esclusione delle zone fortemente antropizzate, in modo particolare nei siti in cui erano presenti elementi “disturbatori” che alteravano il segnale elettromagnetico fino a diversi metri di distanza, tali cause macroscopicamente visibili sempre sull'Allegato 3 sono, ad esempio, i pali in calcestruzzo dell'energia elettrica, tutte le strade (asfaltate e non) i tombini metallici d'ispezione dei sottoservizi (sulle strade asfaltate), le recinzioni di confine ed anche oggetti metallici sparsi nella campagna.

In ogni caso le anomalie riscontrate non hanno messo in evidenza la presenza di “manufatti” e bersagli importanti da segnalare, ovvero in tutta l'area indagata non si sono riscontrate manifestazioni anomale di alterazione del campo elettromagnetico attribuibili a manufatti sepolti entro i primi 2 metri dalla superficie.

Sono state evidenziate invece delle anomalie sparse più o meno estese, attribuibili solitamente a colture differenti presenti attualmente o pregresse sulle zone d'indagine, per cui è riscontrabile che il campo elettromagnetico alterato in modo differenziale sia causato anche dalla rotazione delle colture agricole praticate.

Alcuni siti lungo il futuro tracciato stradale sono caratterizzati da valori di conducibilità relativamente alti, contraddistinti dal colore rosso.

In corrispondenza di alcune di tali zone, ritenute maggiormente significative (estratte dall'Allegato 3, riportate alle pagine seguenti e sull'Allegato 4) verrà consigliato di eseguire un saggio esplorativo per leggere direttamente la litologia dei terreni investigati ed individuare la natura di eventuali materiali inclusi.

V. CONCLUSIONI

Il georadar è stato utilizzato nella parte iniziale del percorso stradale e nei siti in cui la tecnica elettromagnetica ha evidenziato anomalie sospette o da accertare con maggior dettaglio locale.

L'estensione prevalente del tracciato è stata investigata con l'elettromagnetometro che ha il vantaggio di non richiedere il contatto dei sensori con la superficie del terreno durante l'acquisizione dati.

I risultati ottenuti con i due metodi integrati d'indagine geofisica sono rappresentati negli appositi elaborati grafici forniti in appendice ed allegati al presente rapporto lavori.

La campagna delle prospezioni ha consentito di acquisire informazioni interessanti ai fini della perimetrazione di alcune aree in relazione alle problematiche relative ad eventuale studio archeologico.

Viene subito anticipato che le anomalie georadar ed elettromagnetiche riscontrate in tutte le aree indagate non hanno comunque messo in evidenza la presenza di manufatti interrati e bersagli importanti da segnalare nei primi 2 metri di profondità dal piano campagna.

Gli eventi anomali (georadar ed elettromagnetici) di entità ritenuta relativamente significativa per la ricerca in oggetto, vengono riportati di seguito per la loro eventuale verifica mediante saggi locali diretti, finalizzati ad accertarne le cause e la reale profondità dalla superficie del terreno.

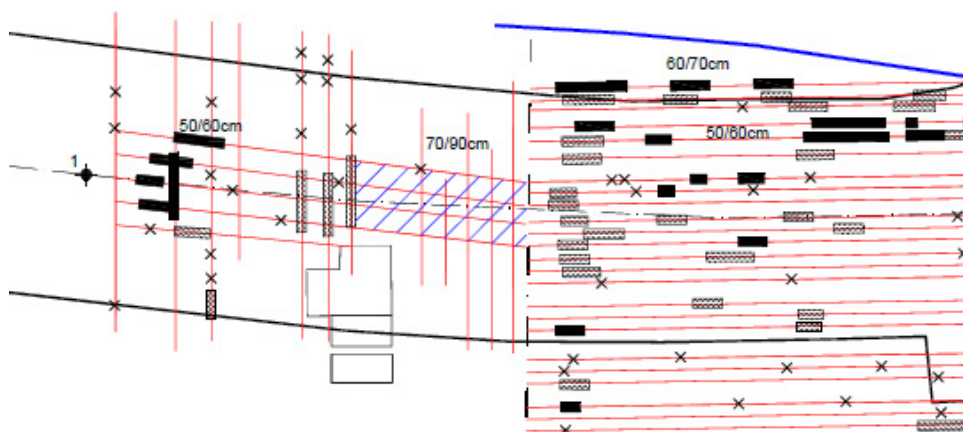
L'ubicazione delle trincee di scavo è disegnata, per una visione immediata, sulla planimetria che mostra il tracciato stradale in Allegato 4. In corrispondenza di ogni rettangolo che indica una trincea, è segnalata la relativa lunghezza, la larghezza e la profondità in metri.

I saggi sono stati classificati: primari (colore verde) e secondari (colore blu) in base all'entità degli eventi geofisici e da sospetti rumori che possono aver disturbato la propagazione dei segnali georadar ed elettromagnetici, come riportato nel dettaglio successivamente in ciascun tratto in cui è stato suddiviso il tracciato studiato.

Dal Picchetto 1 alla fine del frutteto e svincolo sul lato Ovest

Vedi Allegato 2 (che riporta le Appendici 1a ed 1b – Tratto 1) e Allegato 4

Il programma delle linee georadar registrate all'inizio di questo sito è stato molto ridimensionato dall'esistenza di materiali detritici vari depositati abbondantemente in superficie (vedi l'estratto di planimetria sottostante e foto in appendice), attrezzature agricole in sosta e capanne per il ricovero delle stesse.



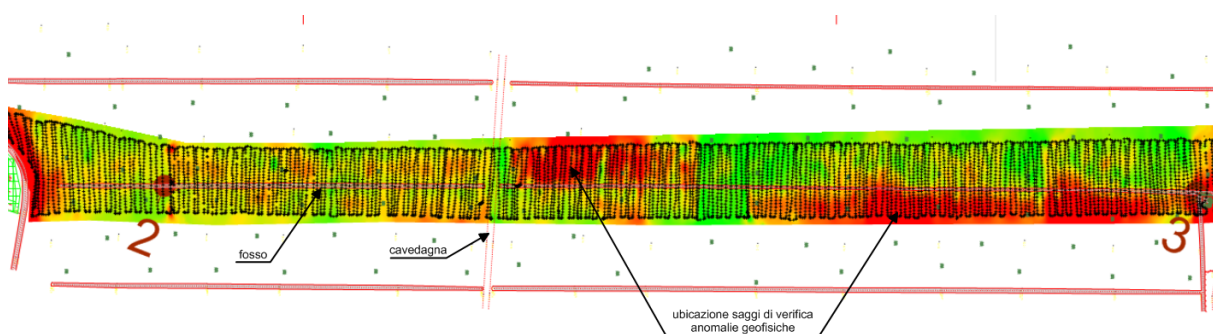
La debole e media intensità degli eventi riflessi georadar anomali, lungo brevi tratti delle linee registrate, non ha contribuito ad individuare evidenti allineamenti riconducibili alla presenza di strutture di importanti dimensioni nel sottosuolo.

Al fine di verificare le cause che hanno determinato alcune anomalie caratterizzate da segnali georadar riflessi di media intensità, si consiglia di eseguire un primo saggio esplorativo nei pressi del Picchetto di riferimento 1 – vedi rettangolo di colore verde sull'Allegato 4.

Secondariamente si può procedere ad effettuare uno scavo lungo le linee georadar n. 15, 16, 17, 18, 19 e 20 (vedi Allegato 2 e rettangolo di colore blu sempre sull'Allegato 4) dove sicuramente il reparto radicale degli alberi di caco esistenti, ha concorso a generare anomalie in parte di dubbia conformazione.

*Dalla fine del frutteto alla cavedagna dopo il Picchetto 2
Vedi Allegato 3 ed Appendice 2*

I valori di alta conduttività dopo la fine del frutteto, sono da attribuire al notevole rimaneggiamento dei terreni a Nord del fosso di confine esistente.
Il georadar non ha evidenziato eventi anomali importanti.



*Dalla cavedagna dopo il Picchetto 2 al Picchetto 3
Vedi Allegato 3, Appendice 3 e Allegato 4*

A circa 1/3 del tratto indagato fra il picchetto 2 e 3 esiste una stradina di campagna. Tra la cavedagna ed il Picchetto 3, dal rilievo elettromagnetico si notano due zone allungate con cromatismi tendenti al rosso per elevata conduttività (la prima sul lato Ovest del tracciato e la seconda sul lato Est); nel primo tratto anche il georadar ha rilevato due eventi riflessi di media intensità.

In tali zone è sospetta la presenza di laterizi più o meno profondi e probabilmente rimaneggiati; in ogni caso non ci si trova di fronte ad un manufatto “strutturato” ma si consiglia l’esecuzione di saggi di verifica di tipo primario sulla prima zona (rettangolo di colore verde sull’Allegato 4) e secondario nella seconda zona (rettangolo di colore blu sempre sull’Allegato 4).

Dal Picchetto 3 al Picchetto 4 – Vedi Allegato 3

Gli eventi anomali elettromagnetici locali sono associabili prevalentemente a disturbi causati dalla presenza di alberi da frutta e condutture aeree elettriche ad alta tensione e relativi pali di sostegno.

Dal Picchetto 4 al Picchetto 5 – Vedi Allegato 3 ed Appendice 4

La forte anomalia elettromagnetica individuata nei pressi del Picchetto 4 è stata verificata col georadar ed è risultata ascrivibile a due condutture (una elettrica ed una idrica) interrate sul lato Nord della cavedagna esistente

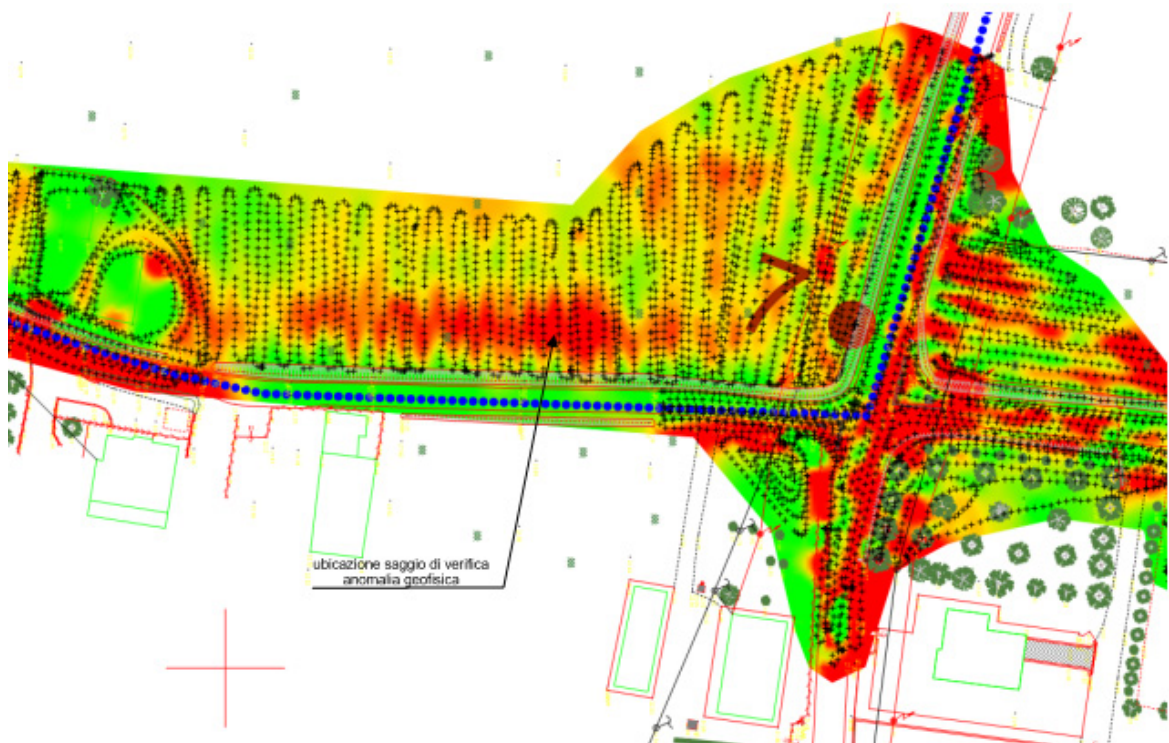
*Tratto da dopo il cavalcavia ferroviario (lato Nord) fino al Picchetto 7
Vedi Allegato 3 e Allegato 4*

Questo lungo tratto d'indagine si estende prevalentemente in sovrapposizione alla Via Gualdo da Via Roncadello fino alla rotatoria sulla Via S. Antonio.

Le numerose anomalie elettromagnetiche rilevate lungo questa porzione di tracciato sono decisamente attribuibili ai diversi elementi di disturbo presenti nella zona, ossia: intensa antropizzazione, asfalto stradale, tombini d'ispezione di sottoservizi, recinzioni metalliche di confine e reti aeree elettriche con relativi pali di sostegno.

Sull'Allegato 3 ed immagine seguente, si può osservare una piccola area con valori un pochino elevati di conduttività e sospetti, non essendo presenti in superficie gli elementi di disturbo citati sopra.

In corrispondenza di questa zona abbiamo indicato un saggio di verifica di tipo secondario, rappresentato dal rettangolo blu sull'Allegato 4.



Dal Picchetto 7 al Picchetto 10 – Vedi Allegato 3

Questa parte di tracciato comprende la seconda metà della rotatoria sulla Via S. Antonio, lo svincolo sulla Via Termine II e curvando giunge al Picchetto 10. Come nel tratto precedente, le numerose anomalie elettromagnetiche rilevate sono ascrivibili all'asfalto stradale, tombini di sottoservizi, recinzioni metalliche di confine e soprattutto reti aeree elettriche con relativi pali di sostegno.

Dal Picchetto 10 al Picchetto 11 – Vedi Allegato 3 e Allegato 4

Nella seconda parte di questo tratto sono emerse due aree contraddistinte da alti valori di conduttività.

Apparentemente e da quanto esistente in superficie, non se ne conosce la causa.

Anche qui comunque, non ci si trova in presenza di strutture interrato e si consiglia l'esecuzione di due saggi di verifica, uno di tipo primario ed il secondo secondario facoltativo.



Dal Picchetto 11 fino a dopo il Picchetto 14 in prossimità della rotatoria di Via Molino Vecchio. Vedi Allegato 3 ed Appendice 5

Il rilievo con elettromagnetometro non ha presentato anomalie di rilievo. Nel campo compreso tra il Picchetto 13 e la cavedagna successiva è stata eseguita anche la prospezione con georadar.

Quest'ultima ha segnalato numerose anomalie locali attribuibili alla presenza in superficie di numerosi detriti di riporto (calcinacci, residui edili, ecc. – vedi foto in appendice) molto probabilmente utilizzati per riempire una vecchia vasca usata per la raccolta d'acqua a scopo irriguo (vedi come altra vasca esistente prima del Picchetto n. 11).

In conclusione di questo incarico ricevuto dalla Provincia di Forlì-Cesena, al fine di verificare l'origine di alcune anomalie geofisiche di probabile interesse per lo studio archeologico dei terreni, la litologia ed il genere di inclusioni presenti, lungo il tracciato investigato, sono state consigliate n. 3 trincee di scavo di tipo primario e segnalate n. 4 trincee di tipo secondario, ubicate e aventi le dimensioni riportate sull'Allegato 4.

Durante la lettura dei radargrammi e l'analisi dei dati elettromagnetici, infine, non sono stati riscontrati eventi riflessi, lungo gli allineamenti registrati, che abbiano modificato la struttura dei terreni, riconducibili alla presenza di masse metalliche e ordigni bellici interrati di dimensioni captabili, fino alla profondità d'indagine raggiunta.

Nota aggiuntiva sovrappasso ferroviario

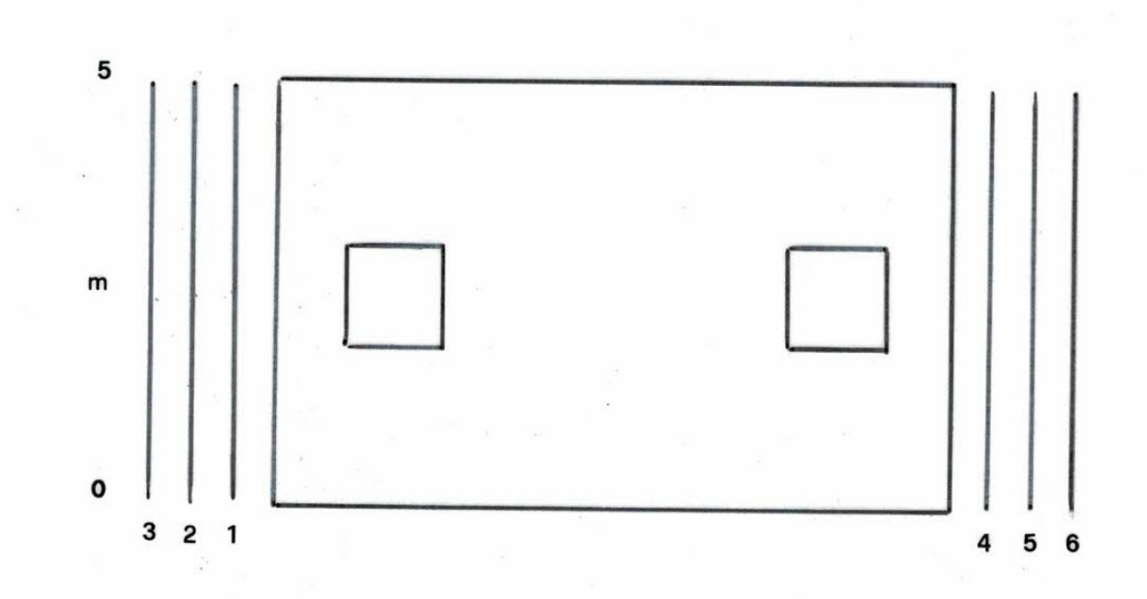
Dopo il completamento delle indagini fin qui descritte, l'Ing. Gianluca Rizzo – responsabile dell'esecuzione della Provincia di Forlì-Cesena, ci ha chiesto di condurre un rilievo geofisico di dettaglio presso le pile del sovrappasso ferroviario per accertare l'eventuale presenza di anomalie d'interesse archeologico in previsione dell'allargamento del ponte realizzabile ponendo in opera pali di fondazione ai lati delle pile esistenti.

Nella pagina seguente sono ripottate due fotografie della pila lato Sud ed uno schema delle linee georadar chieste ed eseguite.

In corrispondenza della pila situata a Nord dei binari, le tre linee parallele (Files n. 7, 8 e 9) sono state registrate solo sul lato Bologna causa la non praticabilità sul lato Rimini.



Pila lato Sud in primo piano



Schema planimetrico della fondazione della pila del sovrappasso ferroviario ed ubicazione delle linee georadar spaziate 50cm e lunghe 5m ciascuna, registrate con apparecchiatura SIR-3000 mediante antenna da 500 MHz trascinata a mano.

Dalla lettura dei radargrammi non è stata individuata nessuna anomalia da segnalare.

Il supporto digitale consegnato unitamente alla presente relazione, contiene oltre al rapporto lavori, le appendici e gli allegati forniti, la versione elaborata, utilizzata per l'interpretazione finale, di tutti i radargrammi e le registrazioni originali dell'elettromagnetometro.

Forlì, settembre 2018

GeoExploration di Bracci Antonio Edoardo
Prospezioni Geofisiche



(Il Titolare dell'Impresa)

Report fotografico



Picchetto 1



Picchetto 14



Georadar a fine linea 29 – Tratto 1



Georadar a fine linea 14 – Tratto 1



Georadar a inizio linea 57 – Tratto 2



Georadar su linea 68 – Tratto 3



Georadar su linea 71 - Tratto 4 Picchetto 4



Georadar su linea 44 – Tratto 5



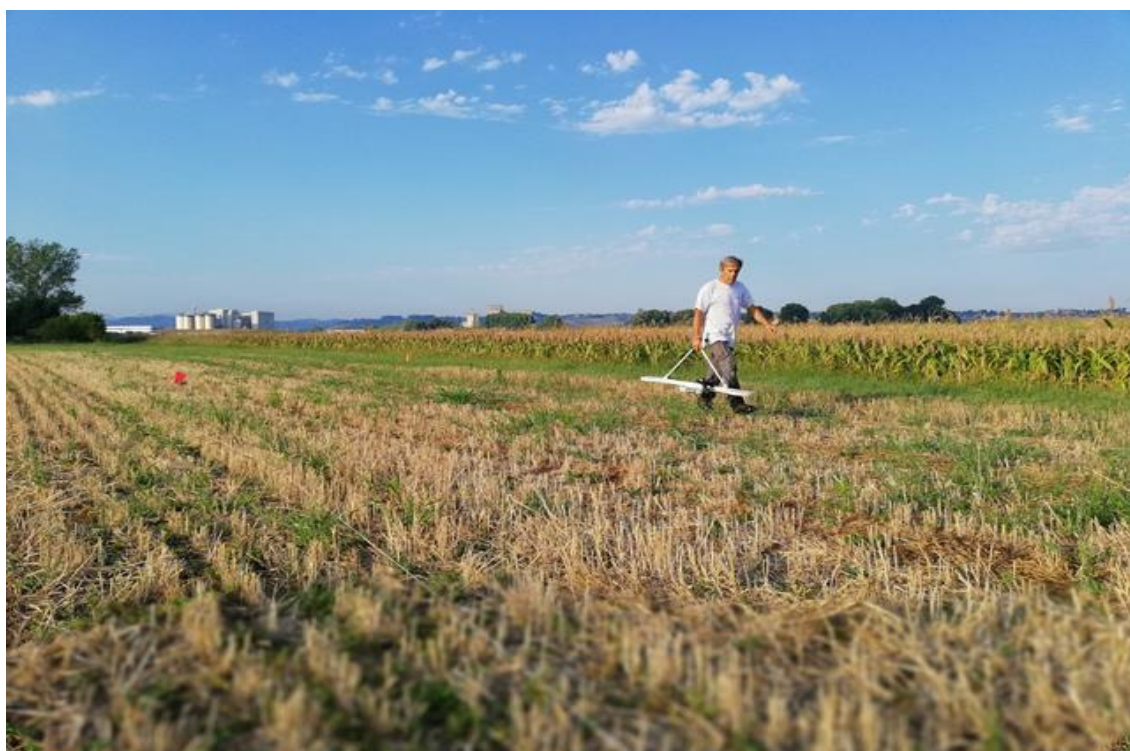
Detriti superficiali – Tratto 5



Detriti superficiali – Tratto 5



Rilievo con elettromagnetometro - Tratto 3



Rilievo con elettromagnetometro – Tratto prima del Picchetto 4



Rilievo con elettromagnetometro – Tratto dopo cavalcavia ferroviario



Rilievo con elettromagnetometro – Tratto prima del Picchetto 7



Rilievo con elettromagnetometro – Tratto dopo il Picchetto 9



Rilievo con elettromagnetometro - Tratto dopo il Picchetto 10



Rilievo con elettromagnetometro nei pressi del Picchetto 12






Rilievo con elettromagnetometro – Tratto prima del Picchetto 13

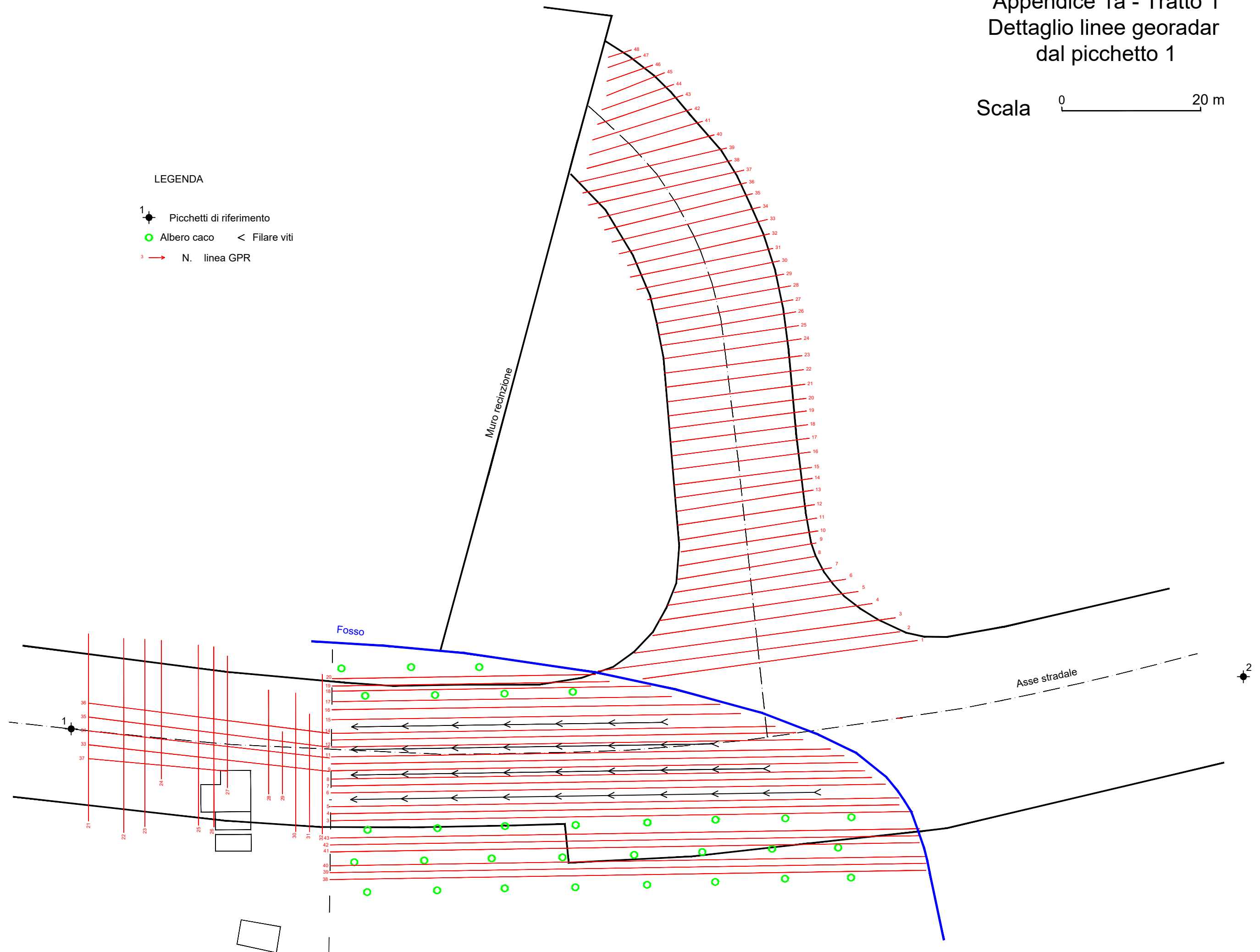
Appendici

Appendice 1a - Tratto 1 Dettaglio linee georadar dal picchetto 1

Scala 0 20 m

LEGENDA


- 1  Picchetti di riferimento
-  Albero caco < Filare viti
- 3  N. linea GPR



Appendice 1b - Tratto 1 Dettaglio linee georadar e anomalie dal picchetto 1


Scala 0 20 m

LEGENDA


1  Picchetti di riferimento

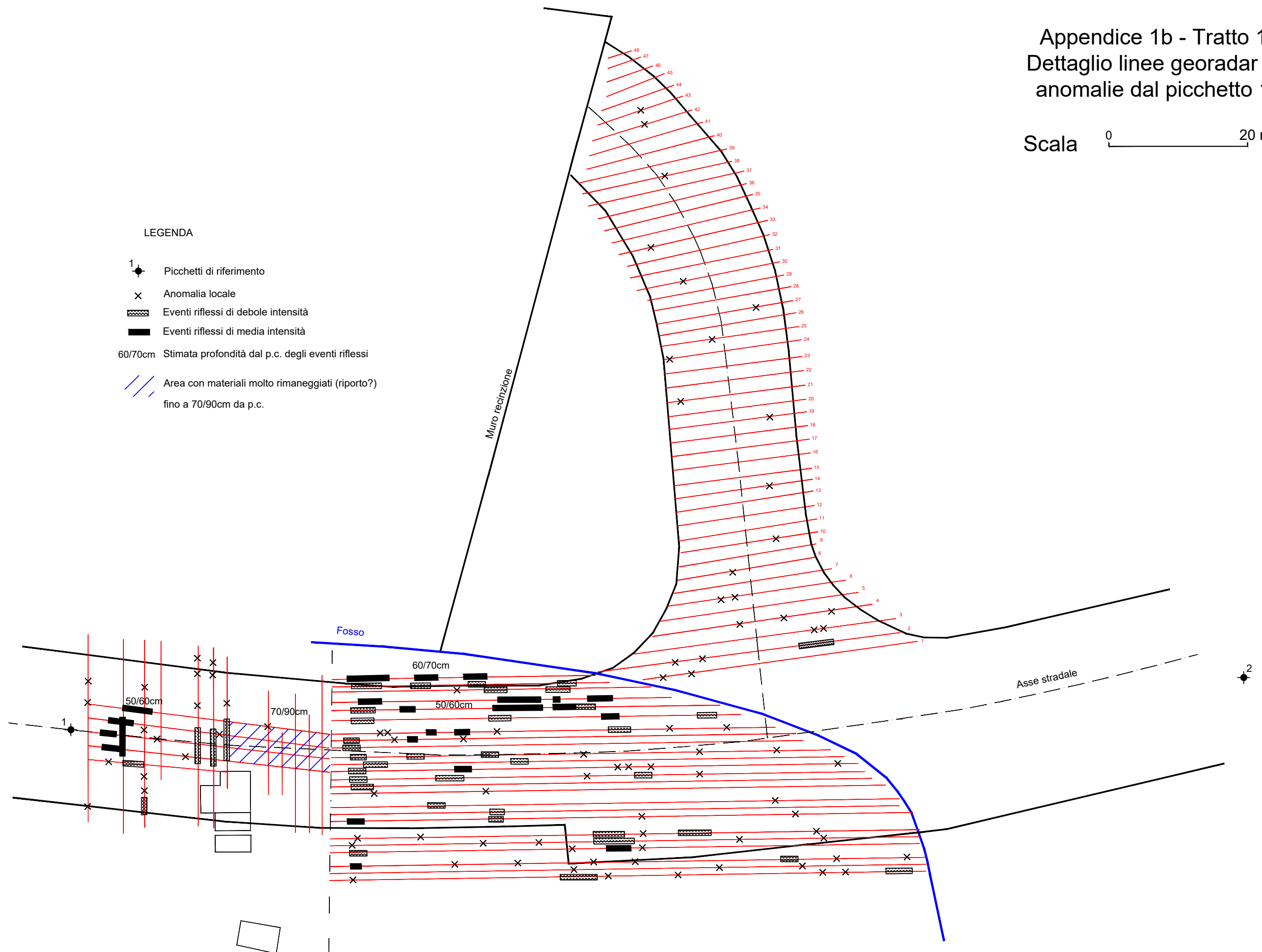
x Anomalia locale

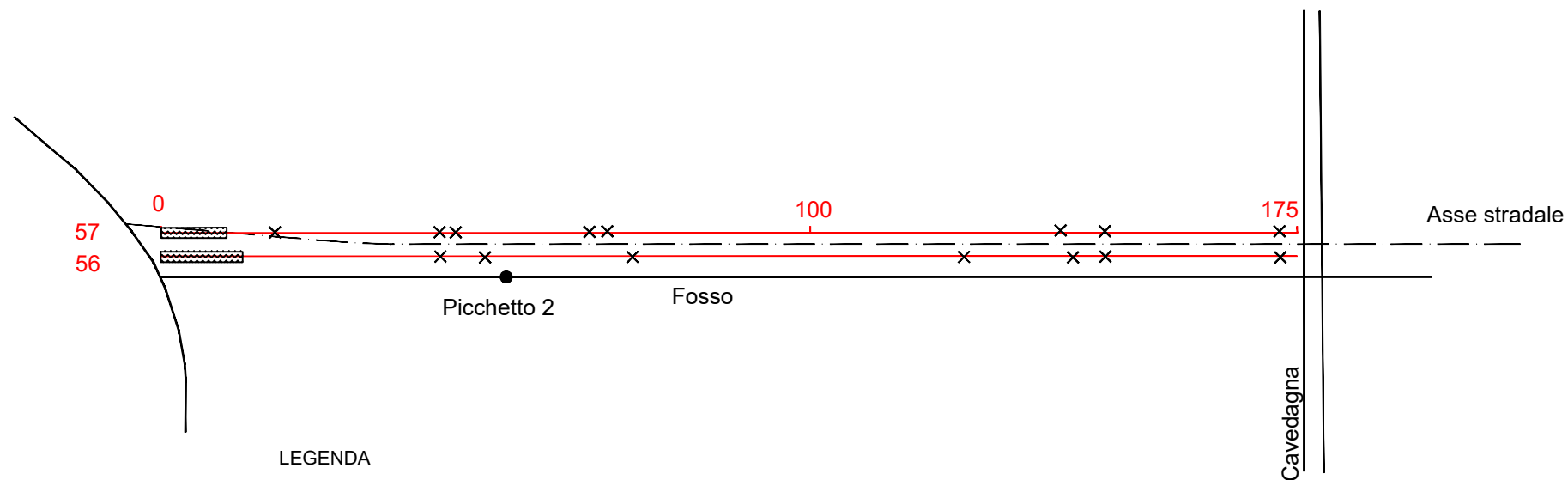
 Eventi riflessi di debole intensità

 Eventi riflessi di media intensità

60/70cm Stimata profondità dal p.c. degli eventi riflessi

 Area con materiali molto rimaneggiati (riporto?)
 fino a 70/90cm da p.c.



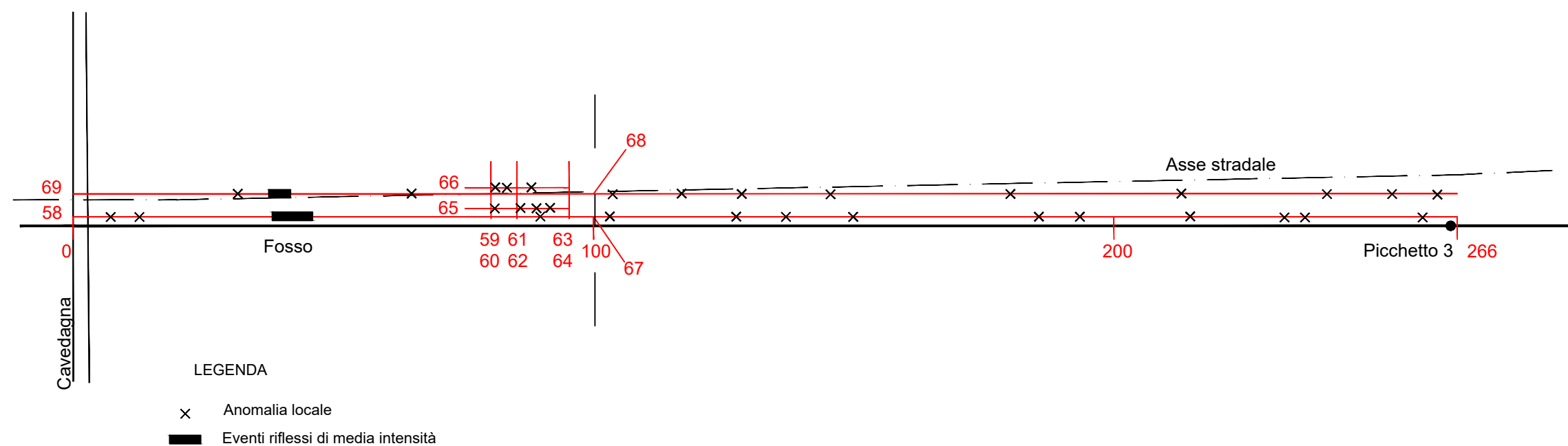


LEGENDA

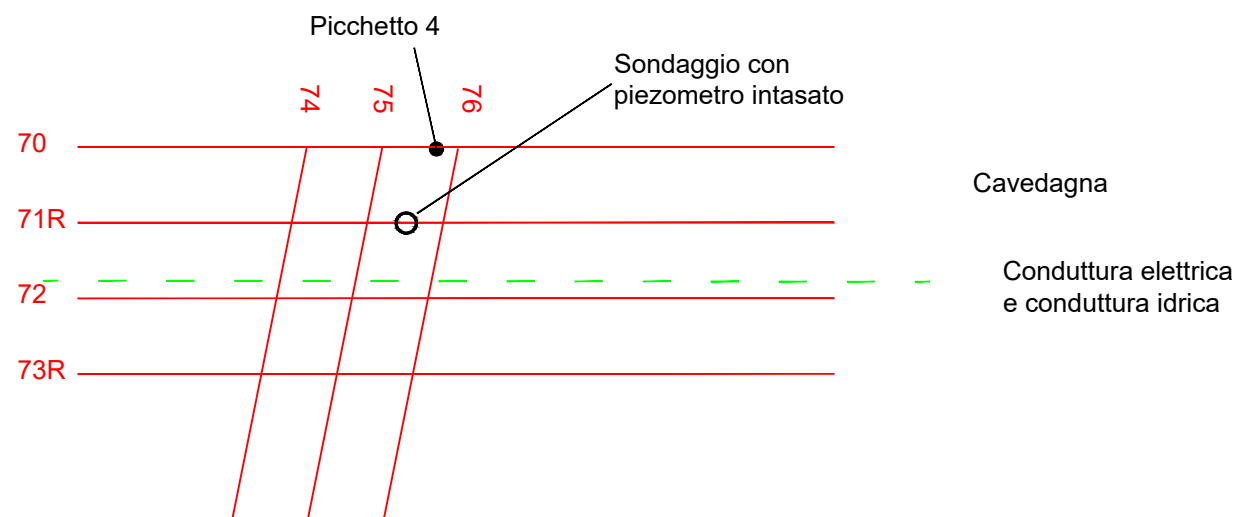
- x Anomalia locale
- Eventi riflessi di debole intensità

Appendice 2 - Tratto 2
Dettaglio linee georadar
nei pressi del picchetto 2

Scala 0 50 m

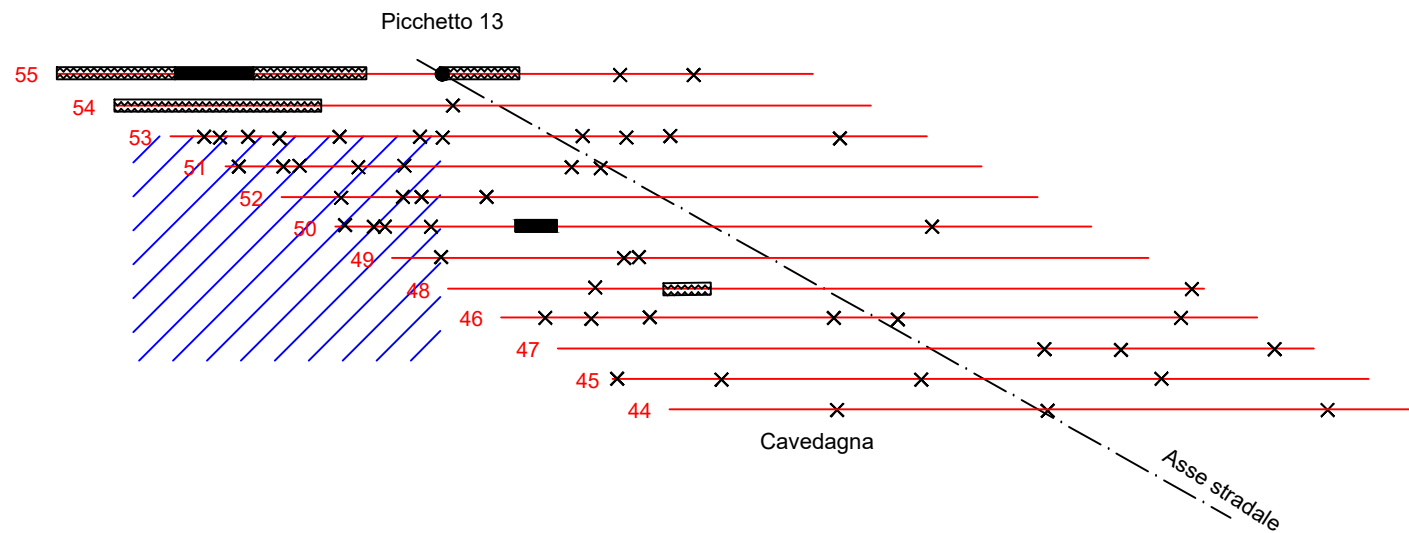


Appendice 3 - Tratto 3
Dettaglio linee georadar
nei pressi del picchetto 3



Appendice 4 - Tratto 4
Dettaglio linee georadar
nei pressi del picchetto 4

Scala $\overline{\hspace{10em}}$ 10 m



LEGENDA

- x Anomalia locale
- ~~~~~ Eventi riflessi di debole intensità
- Eventi riflessi di media intensità
- /// Area con presenza in superficie di molti detriti di riporto (calcinacci, residui edili, ecc.)

Appendice 5 - Tratto 5 Dettaglio linee georadar nei pressi del picchetto 13

Scala 0 20 m



PROVINCIA FORLÌ - CESENA
Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale
COMUNI DI LONGIANO, GAMBETTOLA E GATTEO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITÀ
SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO
AUTOSTRADALE A 14 "VALLE DEL RUBICONE"
STRALCIO DI COMPLETAMENTO



PROSPEZIONI GEOFISICHE
FINALIZZATE A RICERCA ARCHEOLOGICA
LINEE GEORADAR E INDAGINI ELETTROMAGNETICHE

Data: Agosto 2018

Archivio 1935/2018

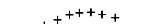
Allegato 1

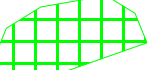
Impresa esecutrice:

GEOEXPLORATION
di Antonio Edoardo Bracci
Via Costiera 3/a - 47122 - FORLÌ
tel - fax 0543 782462 email: aebracci@gmail.com

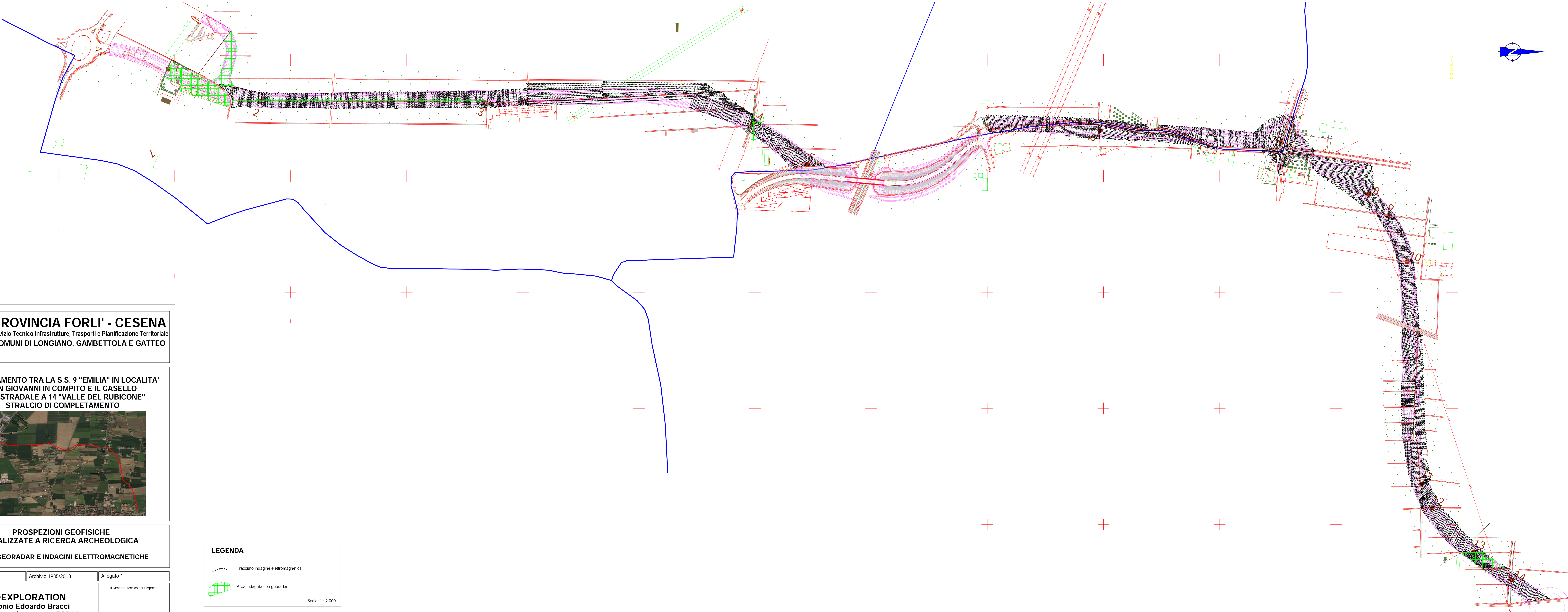
Il Direttore Tecnico per l'impresa:

LEGENDA

 Tracciato indagine elettromagnetica

 Area indagata con georadar

Scala 1 : 2.000





PROVINCIA FORLÌ - CESENA

Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale

COMUNI DI LONGIANO, GAMBETTOLA E GATTEO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO AUTOSTRADALE A 14 "VALLE DEL RUBICONE" STRALCIO DI COMPLETAMENTO



PROSPEZIONI GEOFISICHE FINALIZZATE A RICERCA ARCHEOLOGICA

RISULTANZE GEORADAR - TRATTO 1

Data: Agosto 2018 Archivio 1935/2018 Allegato 2

Impresa esecutrice:

Il Direttore Tecnico per l'impresa:

GEOEXPLORATION

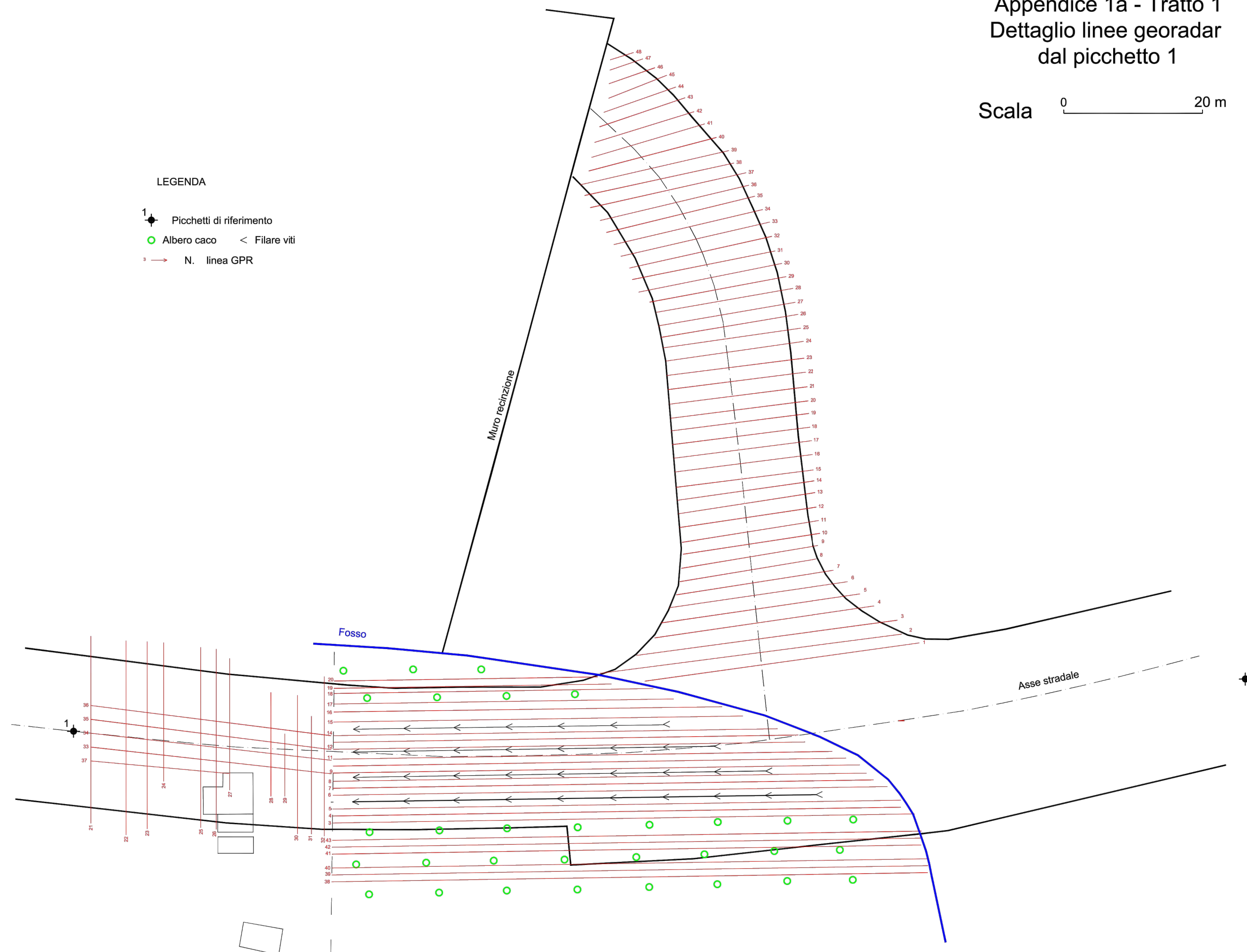
di Antonio Edoardo Bracci

Via Costiera 3/a - 47122 - FORLÌ

tel - fax 0543 782462 email: aebracci@gmail.com

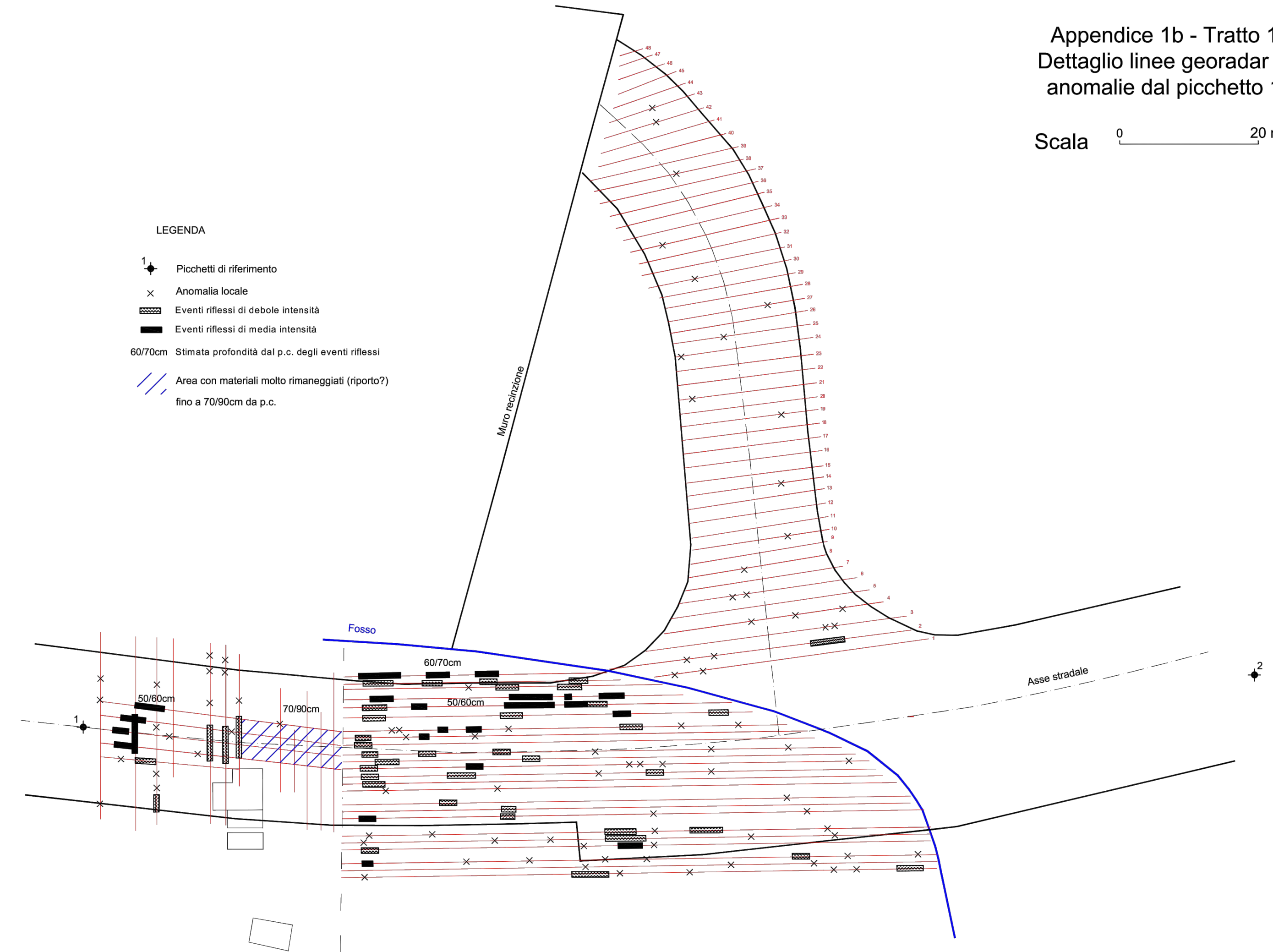
LEGENDA

- 1 ◆ Picchetti di riferimento
- Albero caco < Filare viti
- N. linea GPR



LEGENDA

- 1 ◆ Picchetti di riferimento
- × Anomalia locale
- ▨ Eventi riflessi di debole intensità
- ▬ Eventi riflessi di media intensità
- 60/70cm Stimata profondità dal p.c. degli eventi riflessi
- /// Area con materiali molto rimaneggiati (riporto?)
fino a 70/90cm da p.c.





PROVINCIA FORLÌ - CESENA
Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale
COMUNI DI LONGIANO, GAMBETTOLA E GATTEO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITÀ
SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO
AUTOSTRADALE A 14 "VALLE DEL RUBICONE"
STRALCIO DI COMPLETAMENTO



PROSPEZIONI GEOFISICHE
FINALIZZATE A RICERCA ARCHEOLOGICA

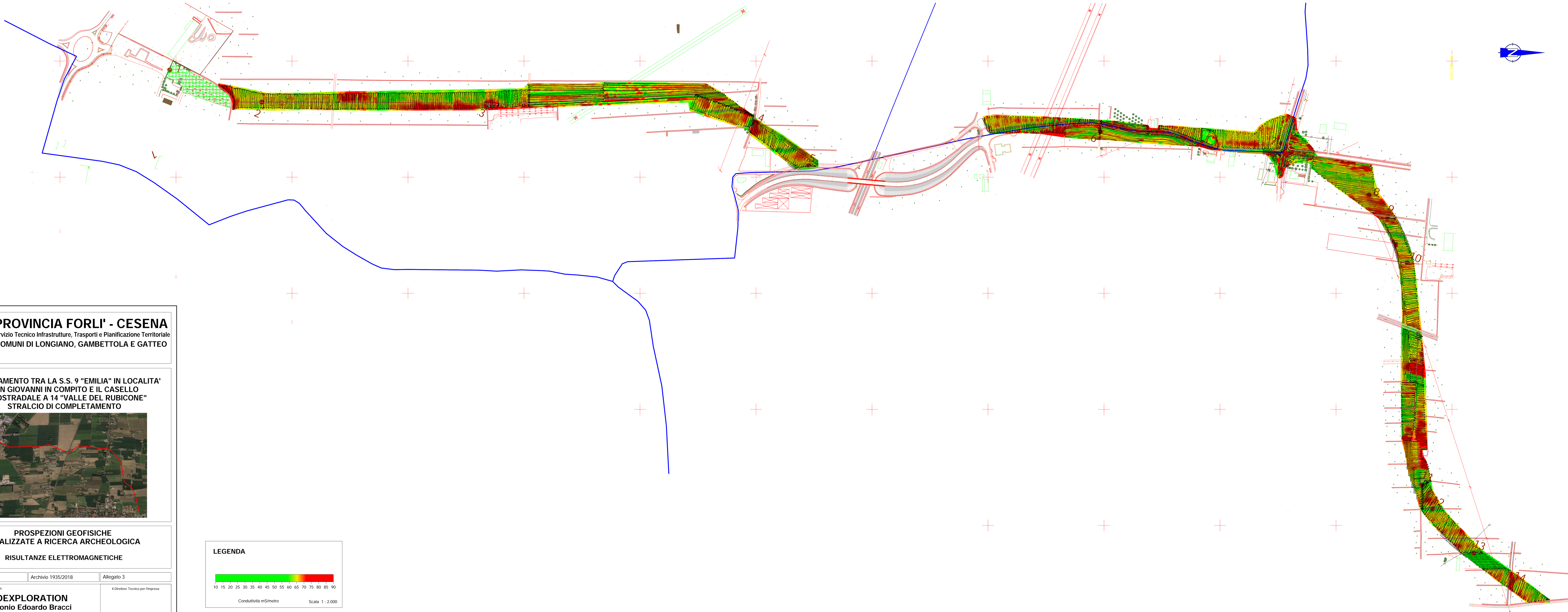
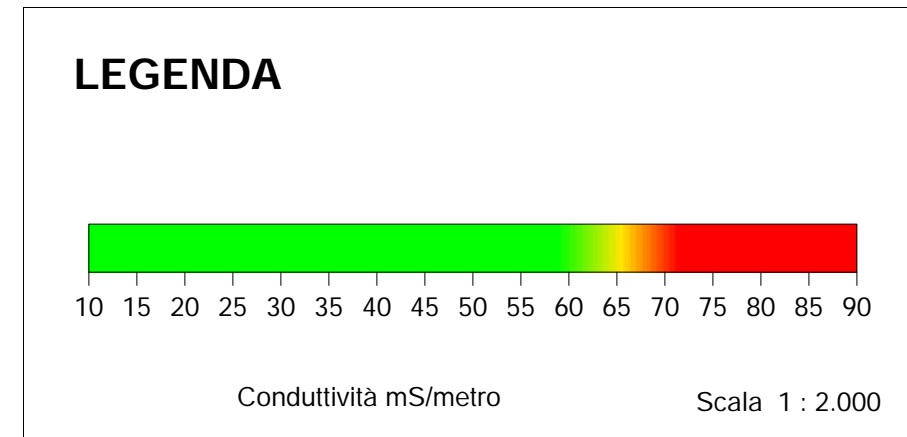
RISULTANZE ELETTROMAGNETICHE

Data: Agosto 2018	Archivio 1935/2018	Allegato 3
-------------------	--------------------	------------

Impresa esecutrice:

GEOEXPLORATION
di Antonio Edoardo Bracci
Via Costiera 3/a - 47122 - FORLÌ
tel - fax 0543 782462 email: aebracci@gmail.com

Il Direttore Tecnico per l'Impresa:





PROVINCIA FORLÌ - CESENA
Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale
COMUNI DI LONGIANO, GAMBETTOLA E GATTEO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITÀ
SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO
AUTOSTRADALE A 14 "VALLE DEL RUBICONE"
STRALCIO DI COMPLETAMENTO



PROSPEZIONI GEOFISICHE
FINALIZZATE A RICERCA ARCHEOLOGICA
UBICAZIONE SAGGI DI SCAVO CONSIGLIATI
PER VERIFICA ANOMALIE GEOFISICHE

Data: Agosto 2018

Archivio 1935/2018

Allegato 4

Impresa esecutrice:
GEOEXPLORATION
di Antonio Edoardo Bracci
Via Costiera 3/a - 47122 - FORLÌ
tel - fax 0543 782462 email: aebracci@gmail.com

Il Direttore Tecnico per l'impresa:

The main drawing is a detailed technical plan of a road project. It shows a proposed road alignment highlighted in pink, with various lane markings and cross-sections. The alignment starts from the left, passes through several intersections and curves, and ends on the right. Numbered points (1-14) are marked along the route, indicating specific locations of interest or proposed excavation sites. Existing infrastructure, including roads and buildings, is shown in red. A north arrow is located in the top right corner, pointing towards the top of the page.

LEGENDA

1

2

Trincea scavo primaria con dimensioni e profondità in metri

2

6

Trincea scavo secondaria con dimensioni e profondità in metri

Scala 1 : 2.000