

INDAGINI GEOFISICHE PER L'INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE ARCHEOLOGICHE PRESSO LE SORGENTI AQUA VIRGO (ROMA)

IL DIRETTORE

DOTT.SSA COSTANZA MILIANI

IL RESPONSABILE SCIENTIFICO

DR GIOVANNI LEUCCI

SETTEMBRE 2022



PREMESSA

Con riferimento al progetto HHU-AQ.VIRG.S. con responsabile la Dott.ssa Maria Elisa Amadasi (call E-RIHS di accesso a MOLAB del 02/12/2021 chiusa il 28/02/2022 e con notifica per l'accesso alla user del 06/06/2022) si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'indagine geofisica.

Le indagini sono state realizzate mediante metodologie non distruttive con apparecchiature in dotazione al Laboratorio di Geofisica Applicata ai Beni Archeologici e Monumentali della sede del CNR-ISPC di Napoli.

Allo scopo di individuare strutture di interesse archeologico eventualmente presenti all'interno dell'area indagata, è stata impiegata la metodologia di indagine geofisica denominata georadar. E' stato inoltre utilizzato una stazione GPS (differenziale) per la georeferenziazione dei risultati.

E' stato impiegato il GPR Impulsato Sir 3000 dotato di antenna da 270MHz.

Le indagini geofisiche sono state effettuate in data 06/09/2022, sotto il coordinamento del Dott. Vincenzo Di Fiore. Le indagini sul campo sono state realizzate dal Dr Vincenzo Di Fiore, dalla Dott.ssa Daniela Tarallo, dal Dott. Michele Punzo. Le elaborazioni dei dati geofisici sono a cura del Dr. Giovanni Leucci.

1. PROSPEZIONI GEORADAR

La strumentazione georadar (GPR) utilizzata è un impulsato Sir 3000, in dotazione al Laboratorio di Geofisica per l'Archeologia ed i Beni Monumentali della sede ISPC di Napoli.

Il georadar è una tecnica di indagine indiretta e non invasiva che consente l'individuazione di anomalie elettromagnetiche sepolte a diversa profondità. Il sistema impulsato utilizzato per queste indagini è equipaggiato con un antenna con frequenza centrale nominale da 270 MHz.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il software GPRSLICE. La fase di elaborazione ed interpretazione dati è principalmente basata sull'individuazione di riflettori, sul calcolo della loro posizione in profondità e delle loro dimensioni. Essa è generalmente preceduta da una di filtraggio durante il quale una serie di filtri applicato ai dati consente il miglioramento del rapporto segnale/rumore. Successivamente, tenendo in considerazione gli scopi dell'indagine, ogni profilo viene trattato in modo da mettere in maggior risalto le informazioni richieste.

In caso quindi di indagini finalizzate all'individuazione di target di piccole dimensioni, i dati verranno filtrati in modo da rimuovere le riflessioni a profondità costante evidenziando



principalmente le variazioni laterali del segnale. Una volta ottenuta la sezione radar relativa ad ogni profilo, viene effettuata la sua conversione dalla scala verticale dei tempi alla scala delle profondità. Quest'ultima fase richiede la stima della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche che può essere effettuata utilizzando uno dei metodi sopra elencati. Nel caso in studio è stato utilizzato il metodo denominato "riflessione da un punto sorgente".

L'elaborazione dei dati GPR è stata molto complessa ed i passi del "processing" sono di seguito elencati:

1) rimozione della traccia media: questo tipo di filtro permette la rimozione della banda orizzontale visibile nelle sezioni radar, che può rappresentare riflessioni da oggetti che si mantengono a distanza costante dall'antenna. L'algoritmo, basandosi su un semplice processo aritmetico, che somma tutte le ampiezze delle riflessioni generate allo stesso tempo lungo il profilo e divide per il numero delle tracce sommate, permette di rimuovere la traccia media e di esaltare, così, gli eventi non orizzontali presenti nelle sezioni radar;

2) normalizzazione dell'ampiezza (declipping): per eliminare locali saturazioni nell'ampiezza delle tracce. Si sceglie un fattore di scala (0.6 nel nostro caso) per il quale saranno moltiplicati tutti i valori dell'ampiezza: una procedura di interpolazione che utilizza un polinomio di terzo ordine permetterà la ricostruzione delle forme d'onda saturate.

3) migrazione: una tecnica che permette di eliminare distorsioni introdotte nei dati registrati. una sezione GPR non contiene informazioni unidirezionali a causa del lobo conico di radiazione dell'energia per cui alcune riflessioni presenti possono essere generate anche da oggetti posti lateralmente rispetto alla posizione dell'antenna. Questo carattere multidirezionale della registrazione delle riflessioni GPR si manifesta nella generazione di iperboli che possono causare seri problemi nell'interpretazione. La migrazione risolve questo problema di immagine riportando l'energia al suo vero punto di riflessione.

4) filtro passa basso: consente di eliminare la componente di rumore ad alta frequenza (effetto nebbia) presente nelle sezioni radar.

La planimetria dei profili ha consentito di correlare spazialmente, in modo 3D, le anomalie presenti su ciascuna sezione utilizzando l'analisi dell'ampiezza degli eventi riflessi entro assegnati intervalli di tempo e costruendo le isosuperfici di ampiezza.

La planimetria dei profili ha consentito di correlare spazialmente, in modo 3d, le anomalie

presenti su ciascuna sezione utilizzando l'analisi dell'ampiezza degli eventi riflessi entro assegnati intervalli di tempo (time slices) (Fig. A).

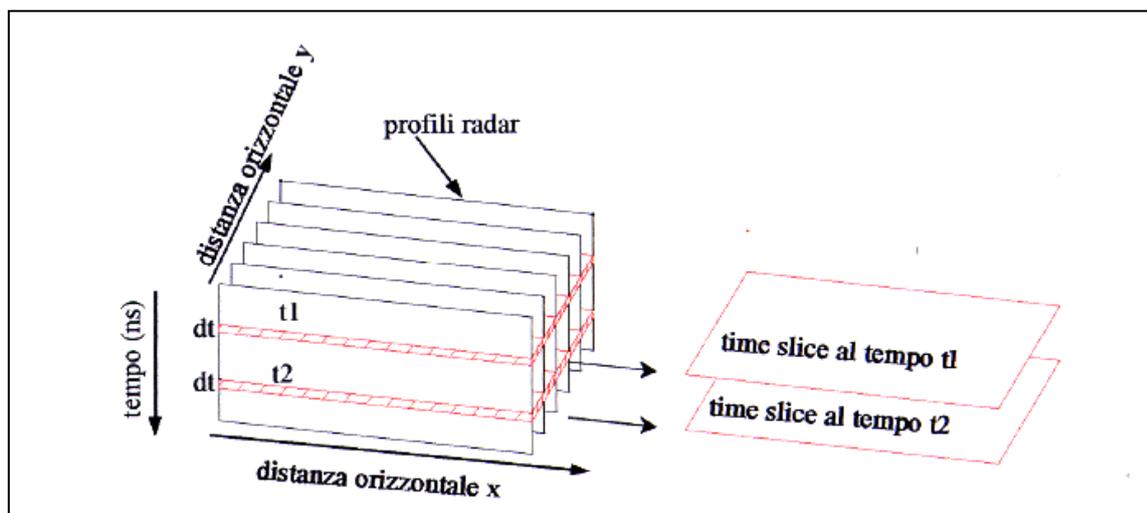


Figura A: schema di costruzione delle time slices; l'ampiezza visualizzata nelle time slices rappresenta la media dei quadrati delle ampiezze degli eventi riflessi nella finestra temporale dt

Come è noto, l'ampiezza degli eventi riflessi è direttamente correlabile con il contrasto tra le caratteristiche elettriche dei mezzi presenti nel sottosuolo, pertanto la visualizzazione tridimensionale, per intervalli di ampiezza, della distribuzione degli eventi riflessi consente la localizzazione spaziale delle strutture che determinano le riflessioni stesse. Ogni time slice corrisponde ad uno strato di terreno la cui profondità ed il cui spessore dipendono, oltre che dai valori assunti per il tempo, dalla velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel sottosuolo.

Il tipo di analisi precedentemente descritto applicato alle aree in studio ha dato risultati soddisfacenti. Il colore blu indica debole ampiezza del segnale riflesso (sottosuolo costituito da materiale sostanzialmente omogeneo); i colori dal celeste al rosso più intenso indicano ampiezze via via crescenti del segnale riflesso e quindi presenza di discontinuità elettromagnetiche significative. Le variazioni di ampiezza (quindi di colore) in una stessa slice sono indice di variazioni orizzontali nelle caratteristiche elettromagnetiche del terreno. I dati sono stati raccolti come di prassi lungo linee parallele fra loro, equi distanziate. Il passo di misura è stato dell'ordine di 1.5 cm (automaticamente dettato dall'odometro di cui è dotato il



sistema), mentre il passo interlinea è stato scelto dell'ordine di 2.0 m.

1.1 RISULTATI

Le misure georadar sono state eseguite in un'area (Fig. 1). Sono stati acquisiti 54 profili per uno sviluppo complessivo di 1411m. Tutti i profili sono stati acquisiti con 512 campioni/traccia; gli altri parametri di acquisizione sono stati ottimizzati in loco e tenuti costanti per tutti i profili di ciascun rilievo.

Per tentare di eliminare una componente di rumore dovuta alla irregolarità del terreno e consentire la interpretazione, sia pure parziale, dei dati stessi, è stata realizzata un'elaborazione i cui passi sono sopra elencati.

Le caratteristiche elettromagnetiche dei materiali presenti nel sottosuolo hanno influenzato la profondità di indagine che è risultata essere di circa 3.5 m avendo stimato una velocità media di propagazione dell'onda elettromagnetica pari a 0.114m/ns.

L'analisi delle sezioni radar (Figg. 2, ..., 14) ha messo in evidenza:

un evento riflesso indicato con A (che si ripete in tutti i profili acquisiti) posto alla profondità compresa tra 0.6 e 1.0m circa. Tale evento per forma e dimensione (compresa tra 1.5 e 2m) potrebbe essere legato alla presenza di una struttura di interesse archeologico (canale);

un evento riflesso indicato con B (presente in alcuni profili) posto alla profondità compresa tra 1.0 e 1.9m circa. Tale evento potrebbe essere legato alla presenza di una struttura di interesse archeologico.

La planimetria dei profili ha consentito l'analisi attraverso le depth slices (Fig. 15).

Già a pochi metri di profondità (0.6-1.0m) si distingue chiaramente un'anomalia continua (indicata con A), riferibile, a probabile canale. Mentre sempre in Fig. 15 con B viene indicata la probabile presenza strutture murarie.

In Fig. 16 le slices più significative sono state sovrapposte all'immagine da google earth dell'area indagata.

La visualizzazione 3D tramite le isosuperfici di ampiezza (Fig. 17) individua meglio (in modo 3D) le probabili strutture di interesse archeologico.



2. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'area indagata i risultati hanno consentito di individuare anomalie riferibili a probabili strutture di interesse archeologico sepolti a diversi metri di profondità (fino a circa 3.2 m) e coperti da materiali poco coerenti (terra e pietre). Chiaramente sarà importante l'interpretazione archeologica in base alle conoscenze archeologiche dell'area indagata.

number of profiles=54 total survey length=1411 m

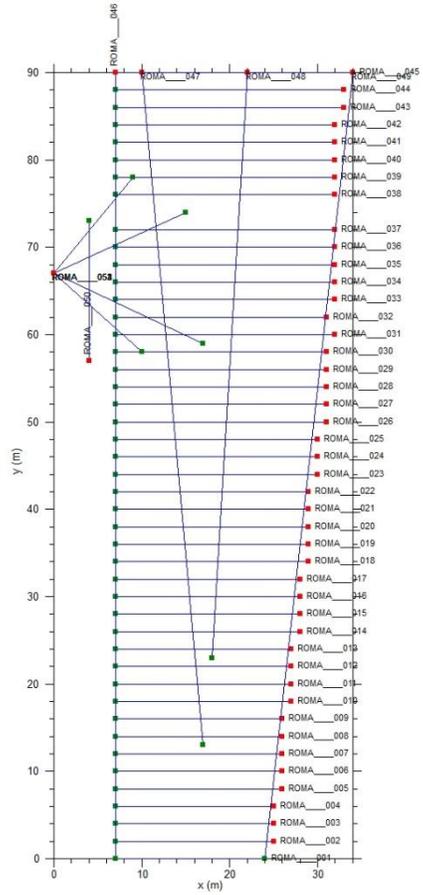


Fig. 1: ubicazione dei profili georadar

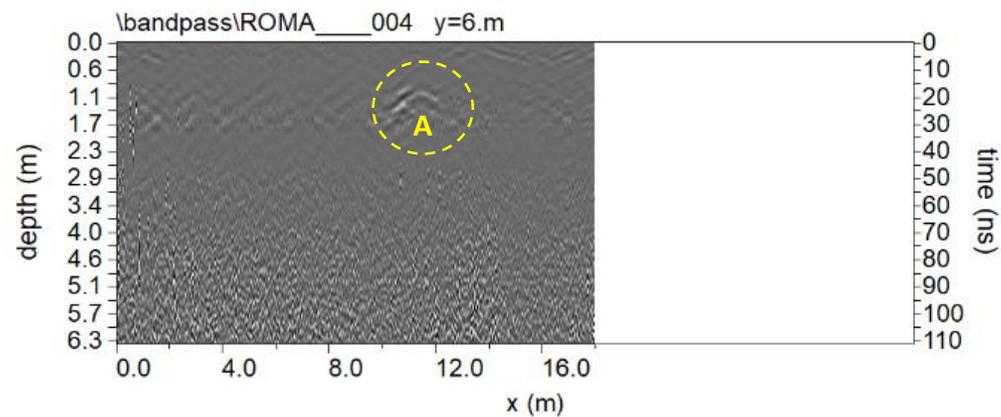
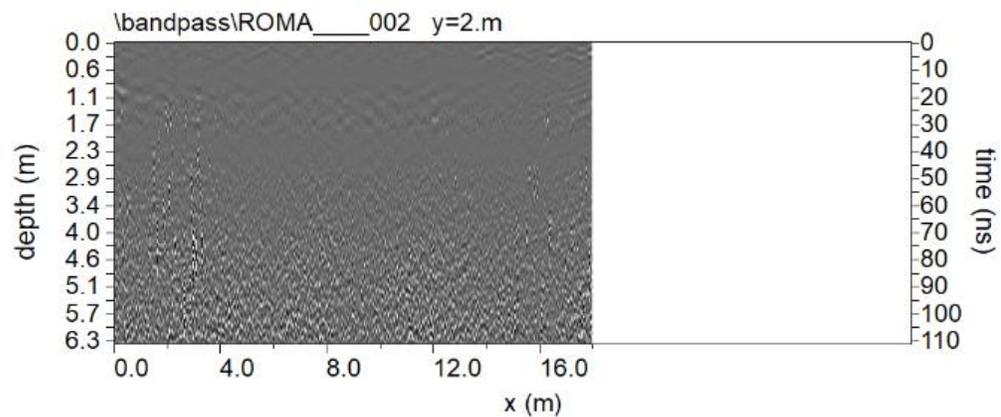
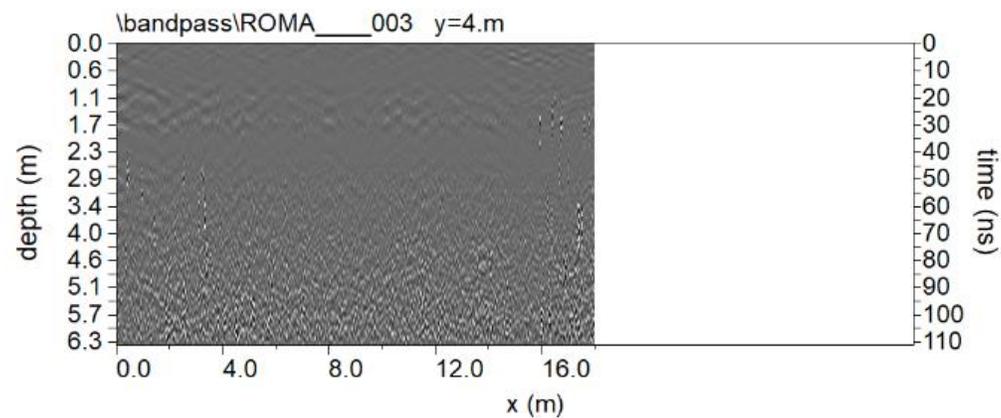
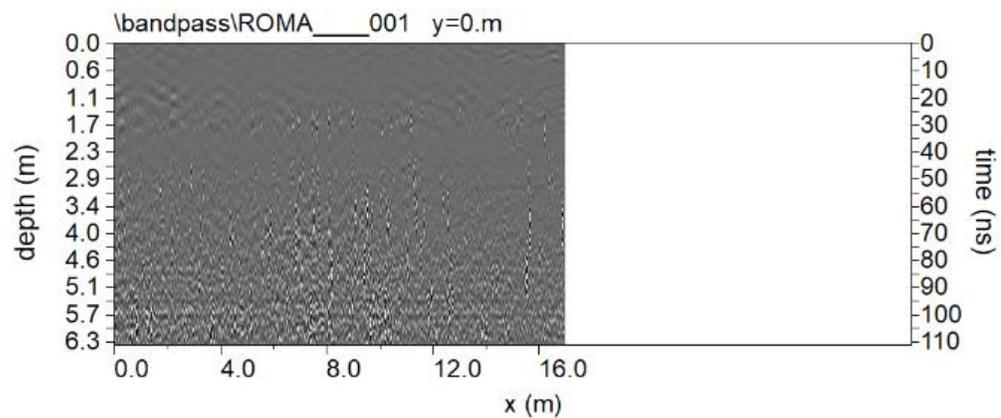


Fig. 2: sezioni radar processate relative ai profili 1,..., 4; A: probabile struttura

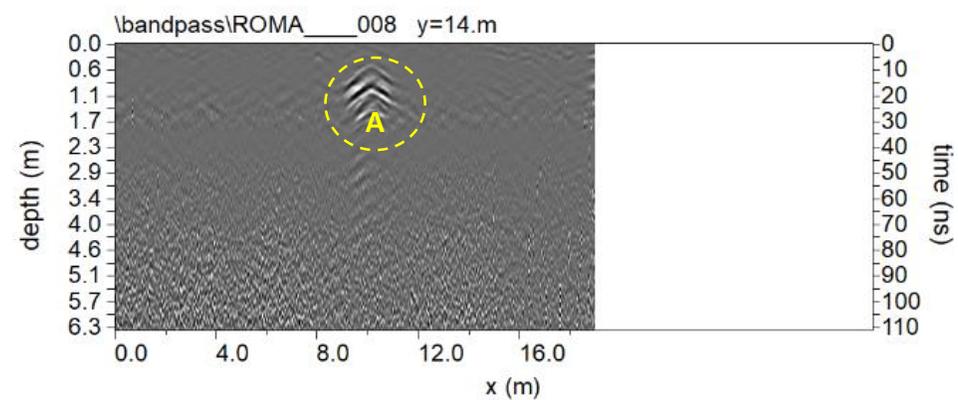
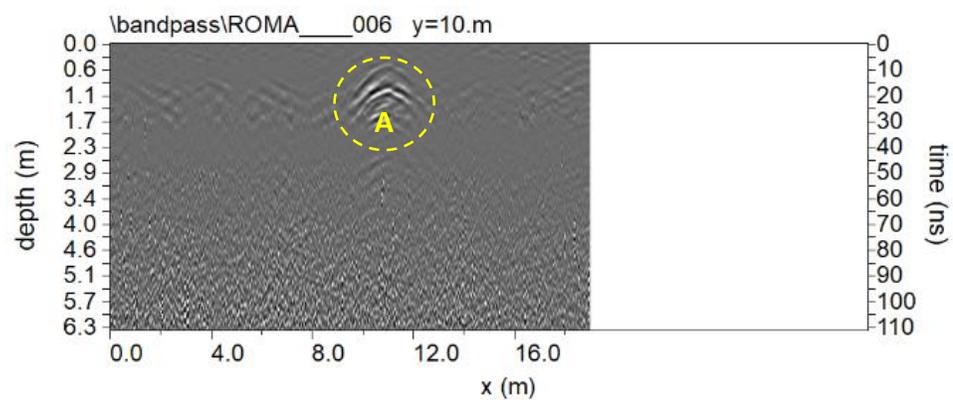
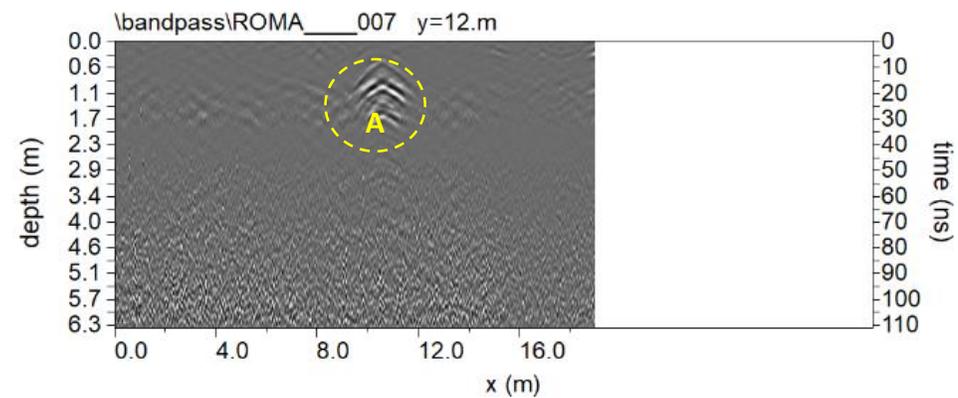
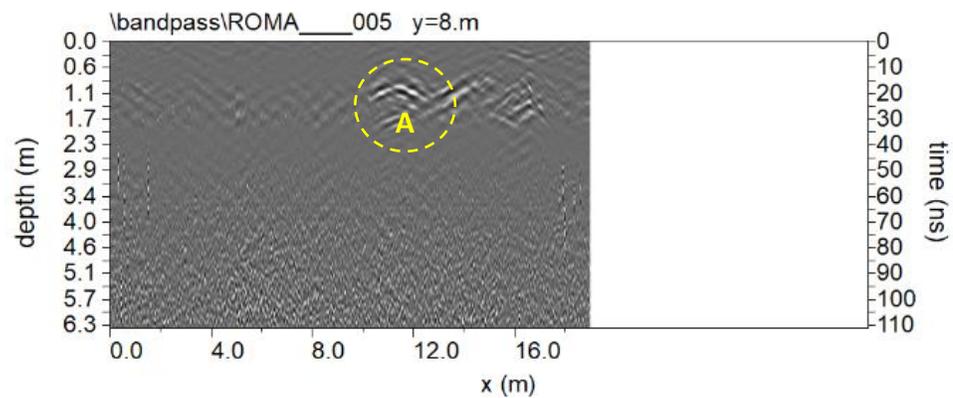


Fig. 3: sezioni radar processate relative ai profili 5,..., 8; A: probabile struttura

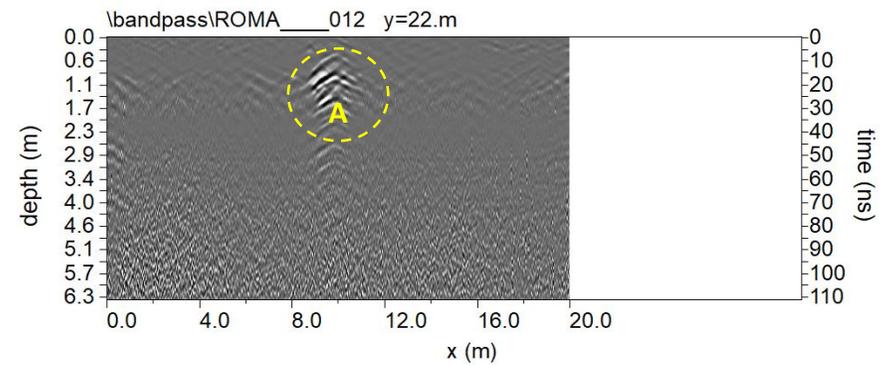
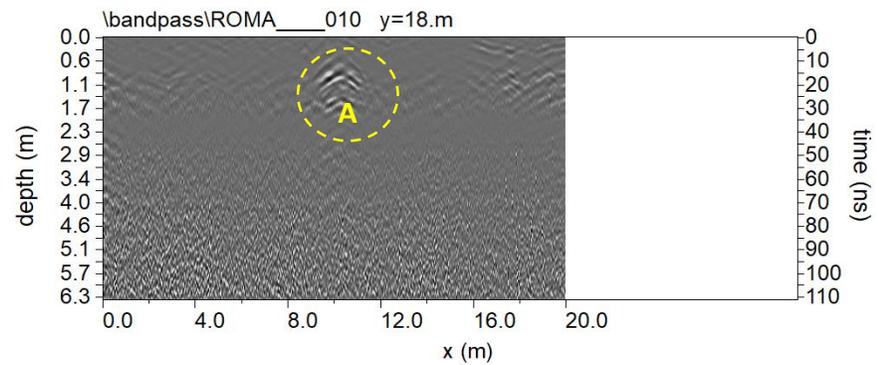
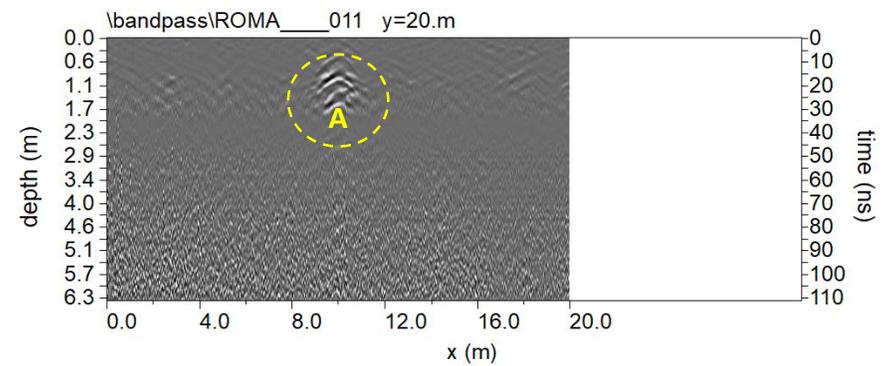
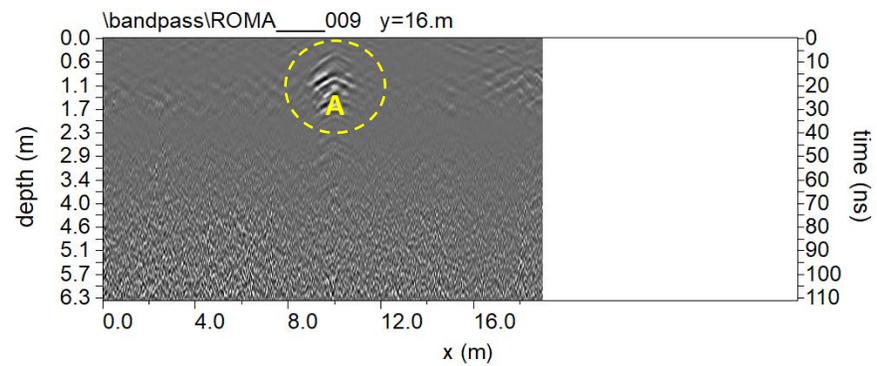


Fig. 4: sezioni radar processate relative ai profili 9,..., 12; A: probabile struttura

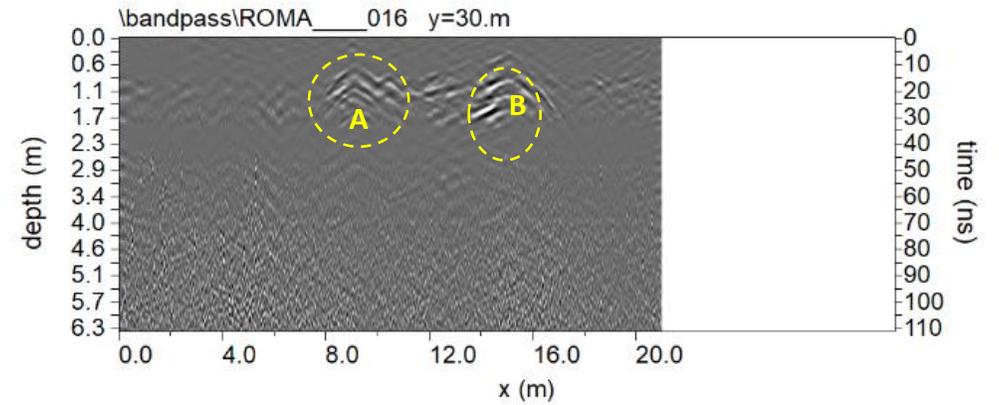
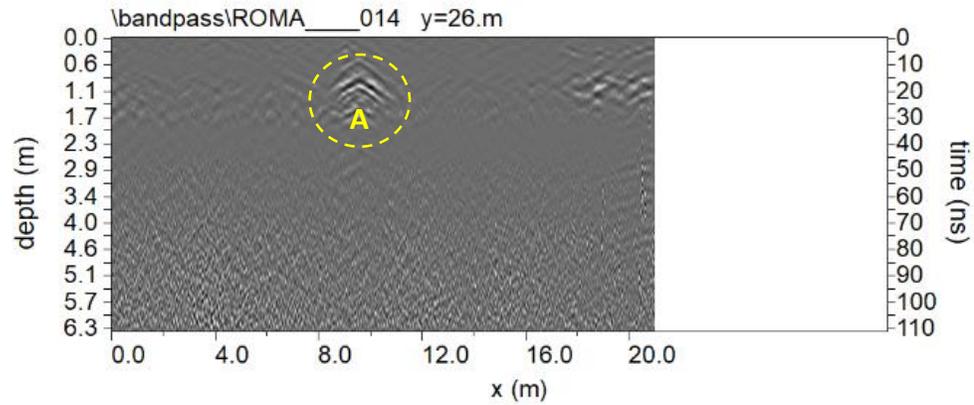
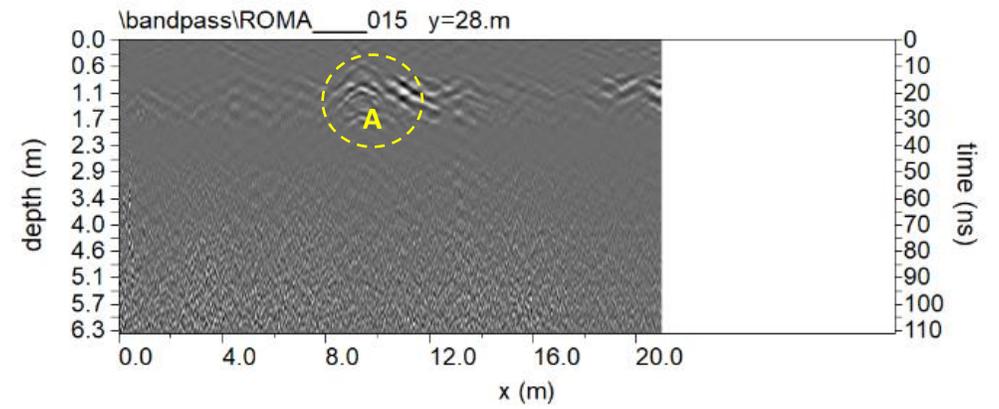
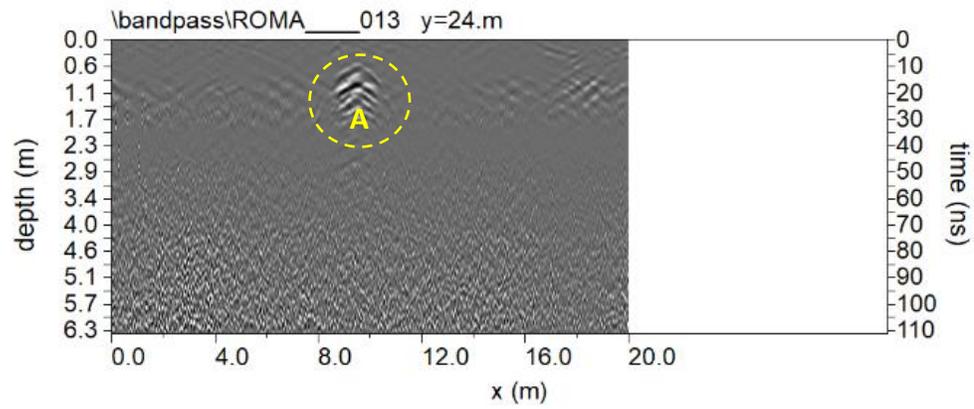


Fig. 5: sezioni radar processate relative ai profili 13,.., 16; A e B: probabili strutture

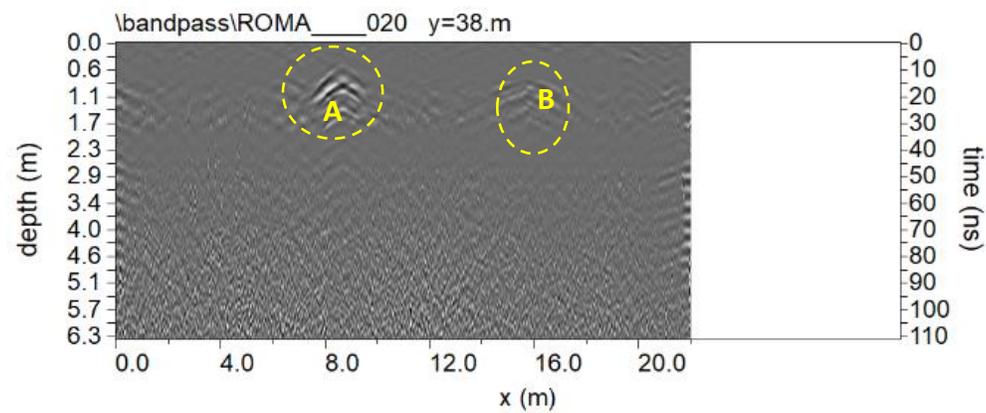
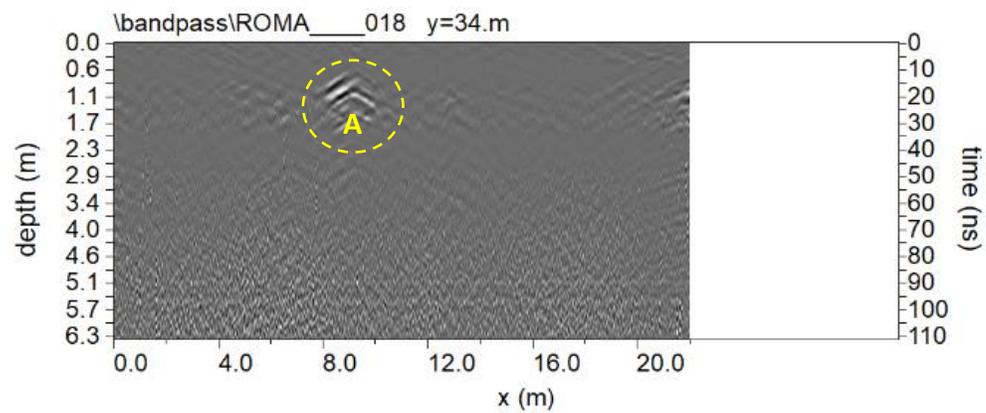
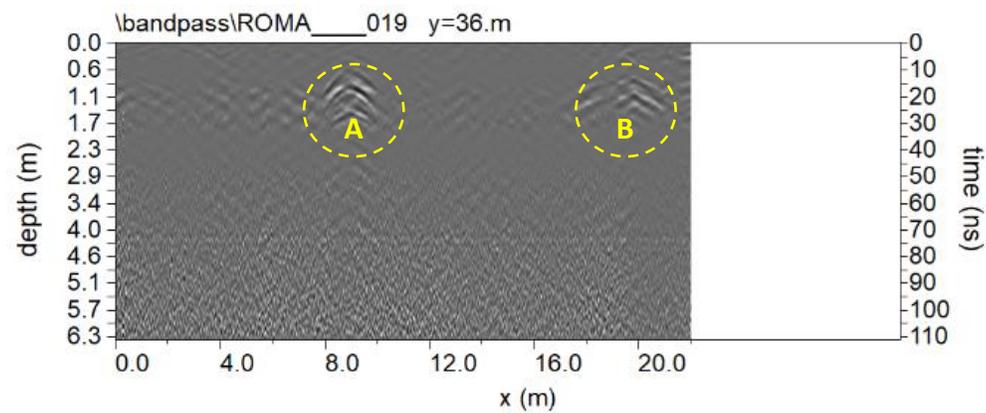
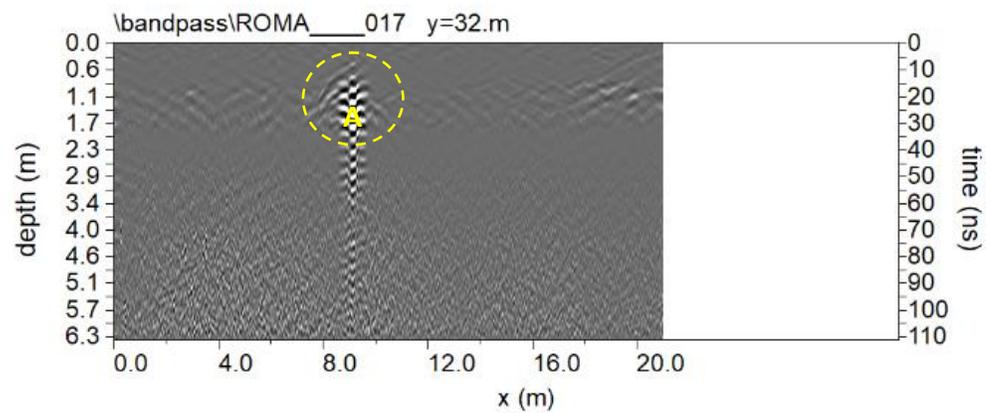


Fig. 6: sezioni radar processate relative ai profili 17,..., 20; A e B: probabili strutture

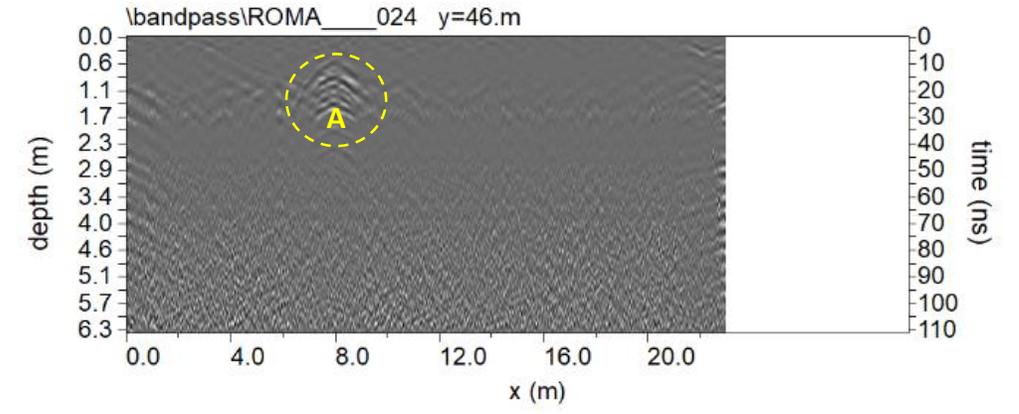
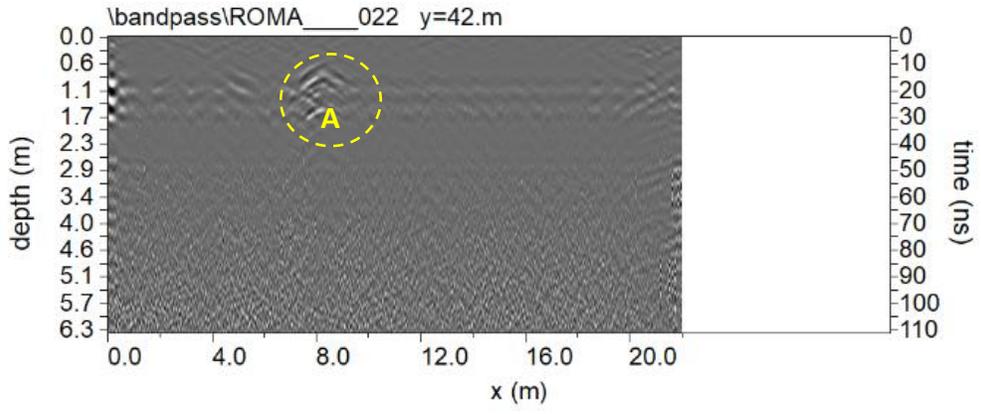
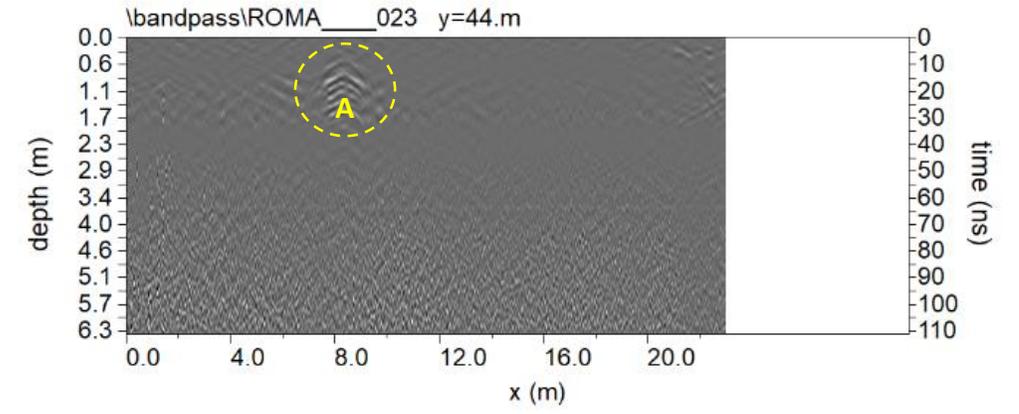
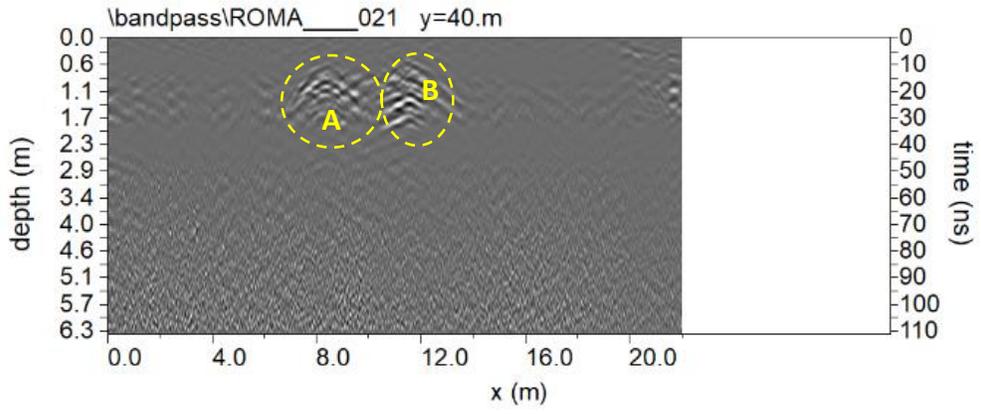


Fig. 7: sezioni radar processate relative ai profili 21,..., 24; A e B: probabili strutture

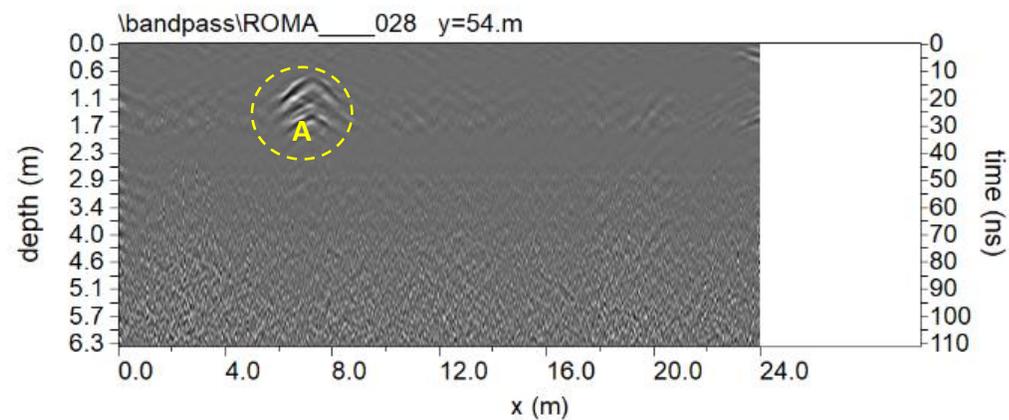
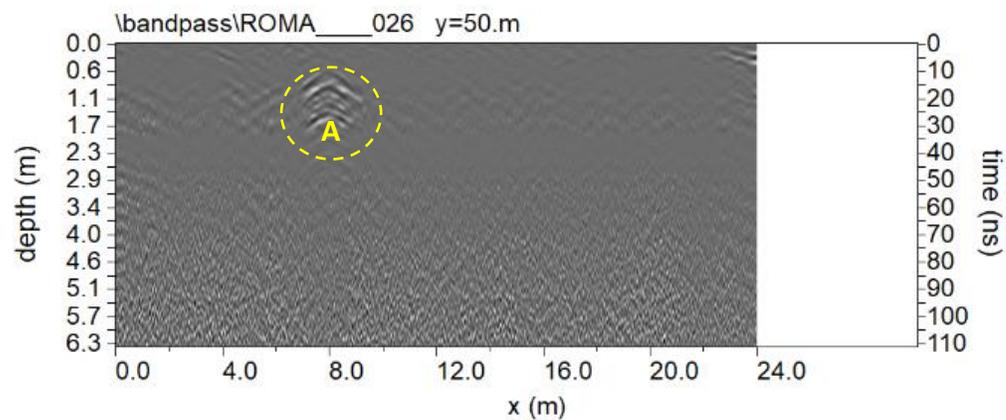
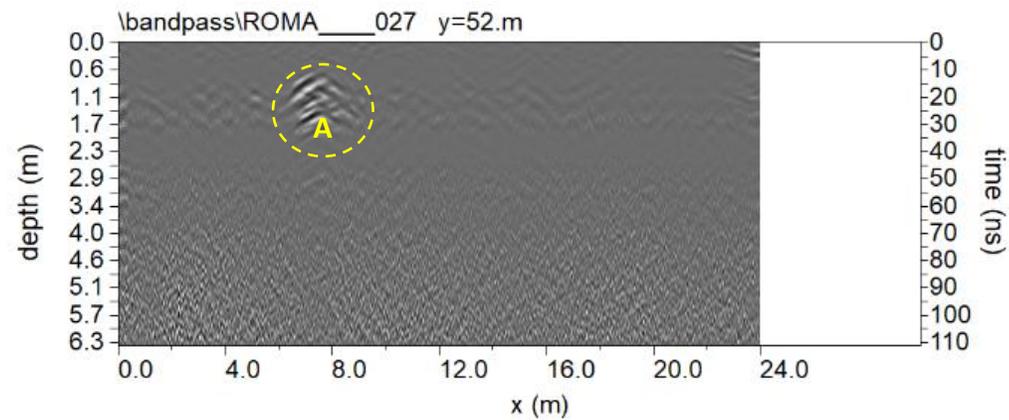
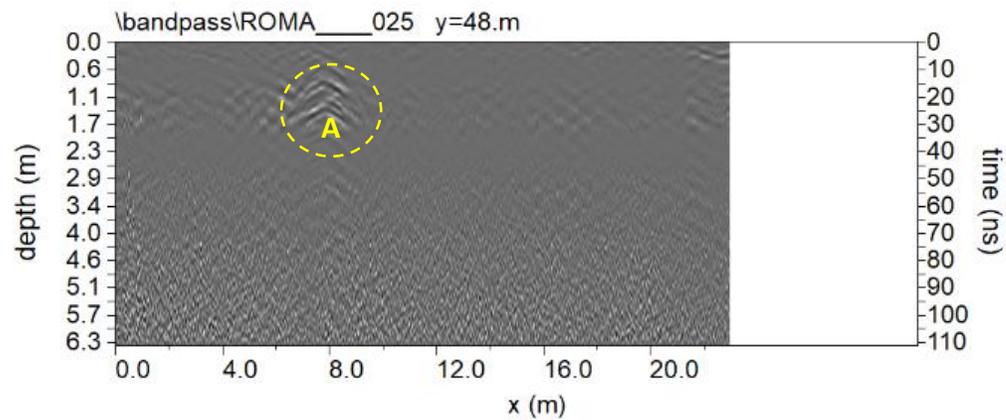


Fig. 8: sezioni radar processate relative ai profili 25,.., 28; A: probabile struttura

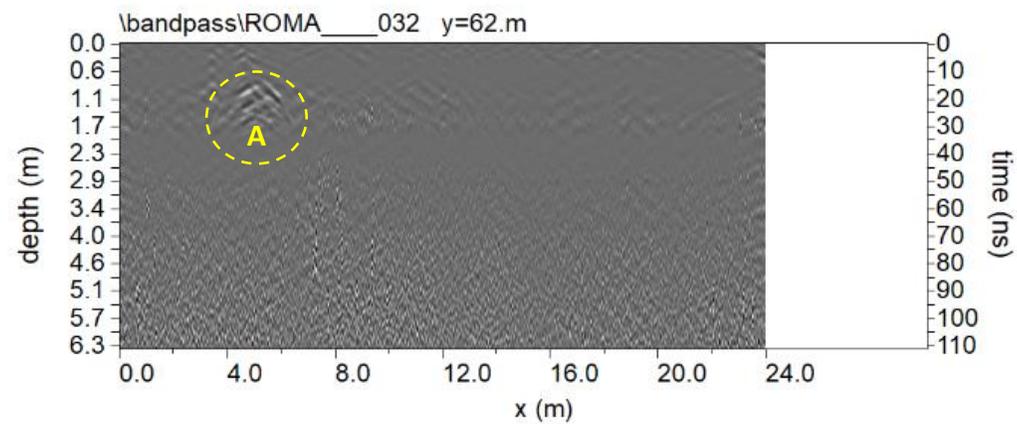
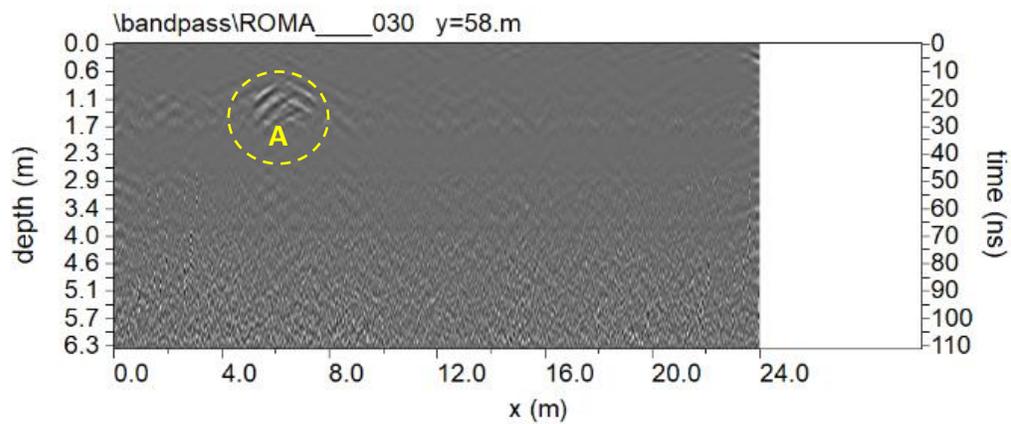
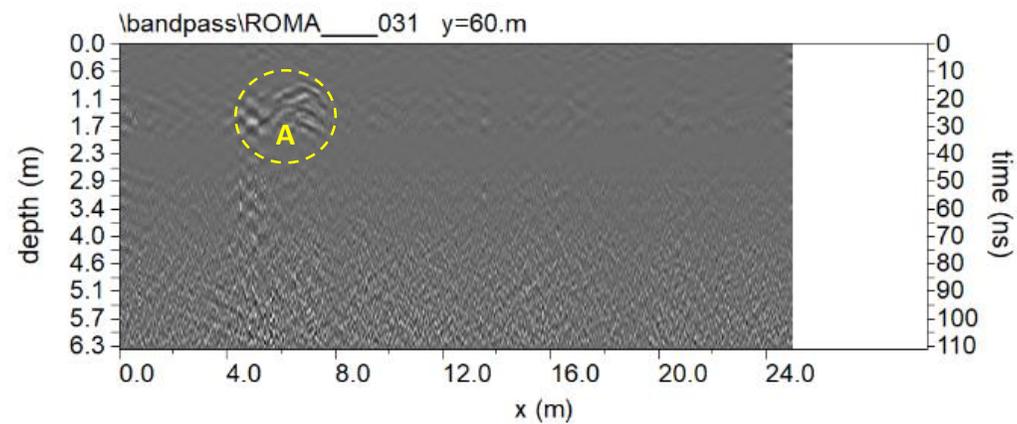
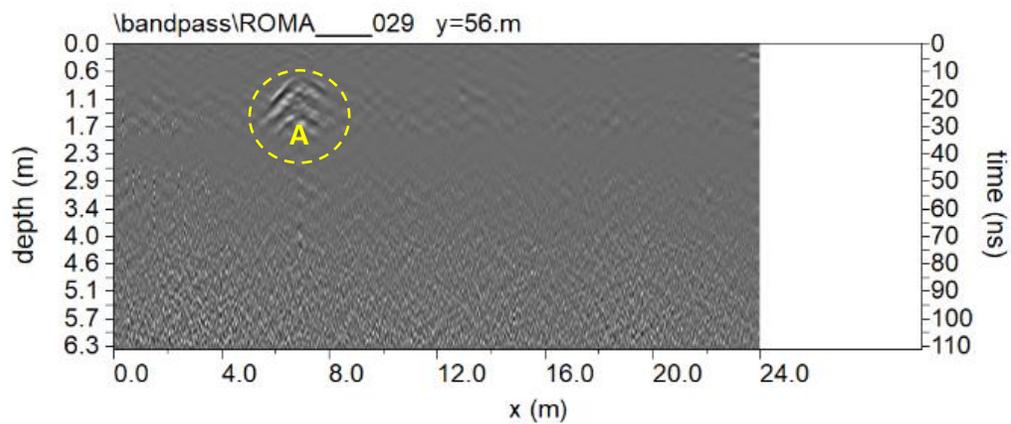


Fig. 9: sezioni radar processate relative ai profili 29,..., 32; A: probabile struttura

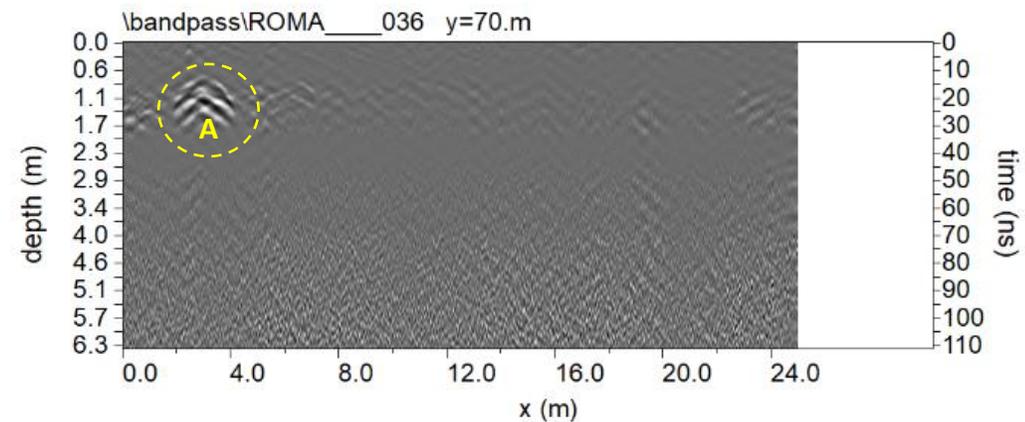
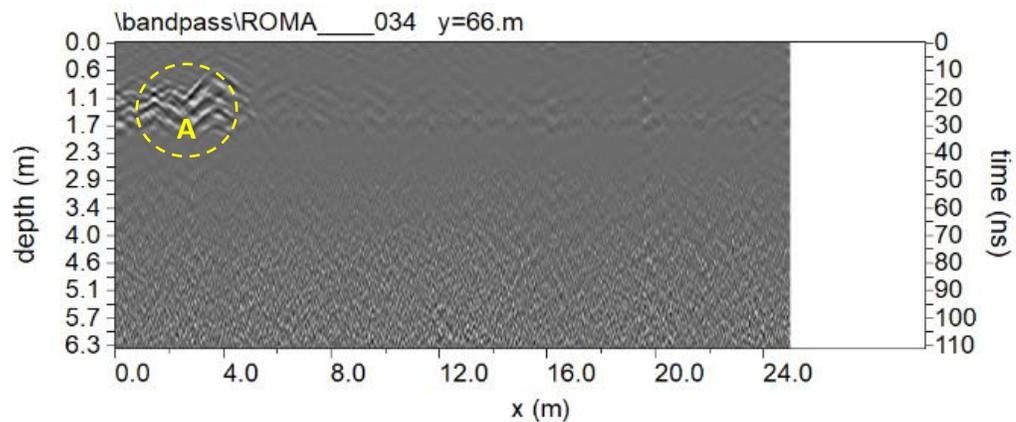
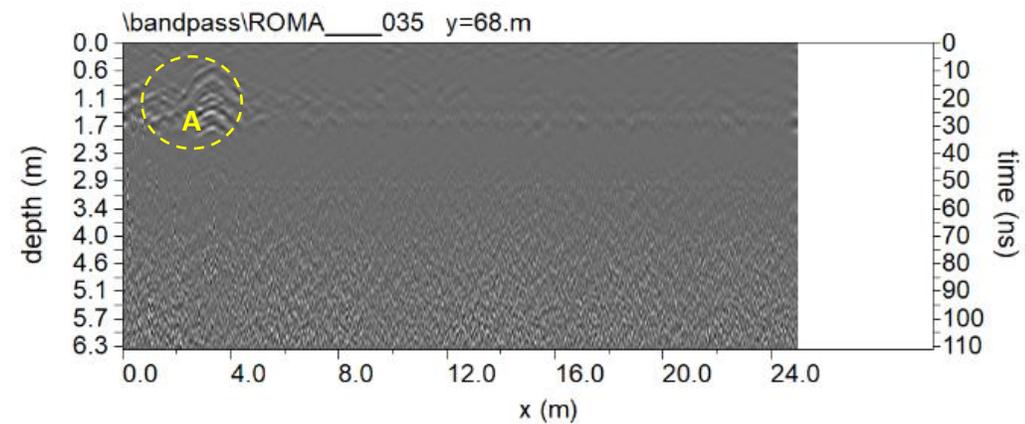
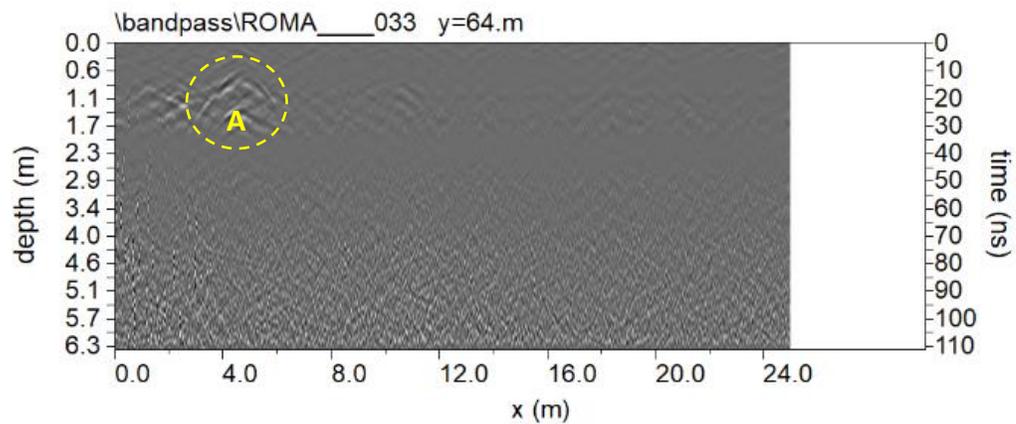


Fig. 10: sezioni radar processate relative ai profili 33,..., 36; A: probabile struttura

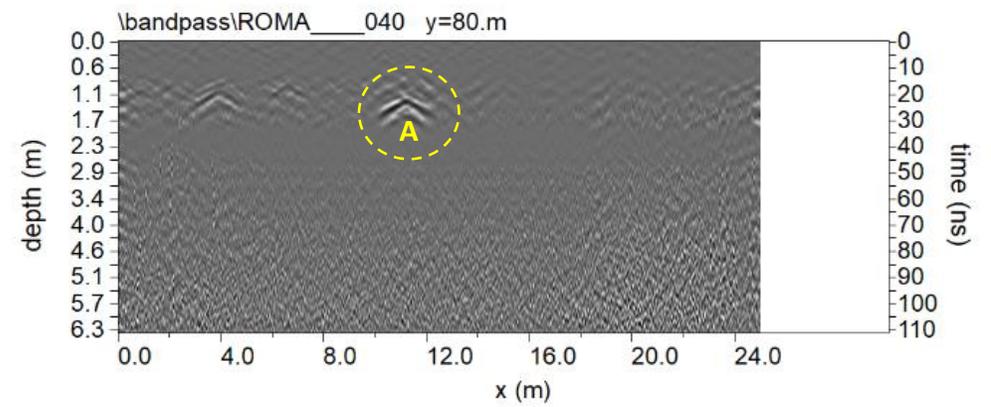
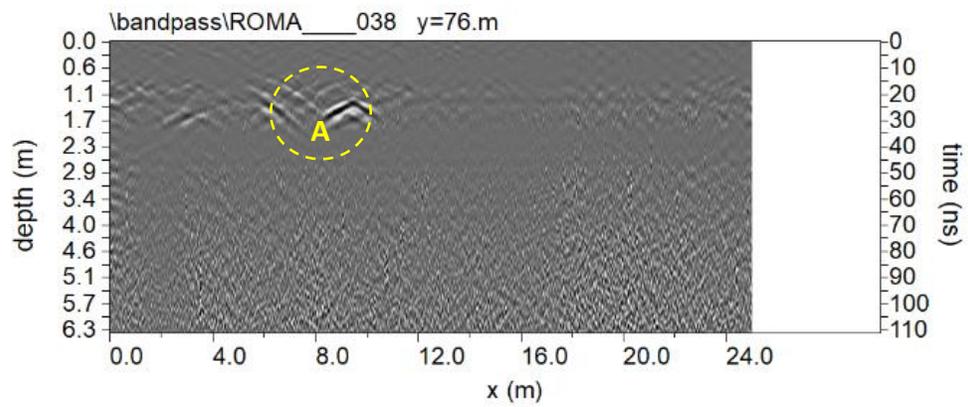
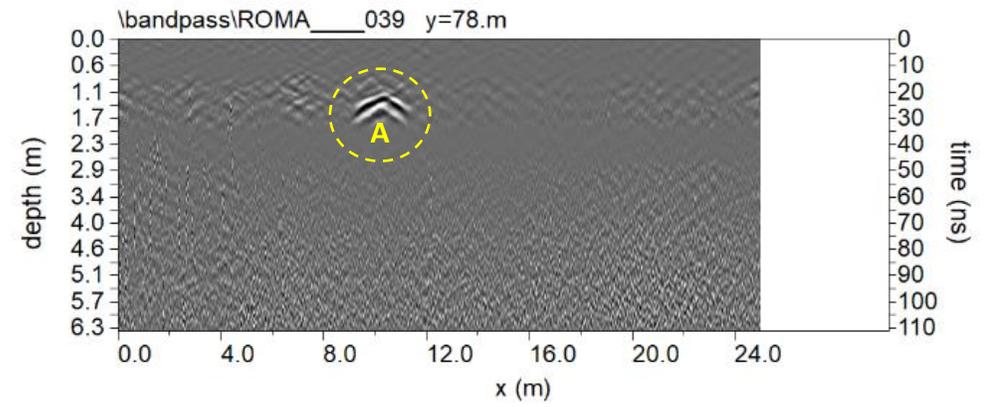
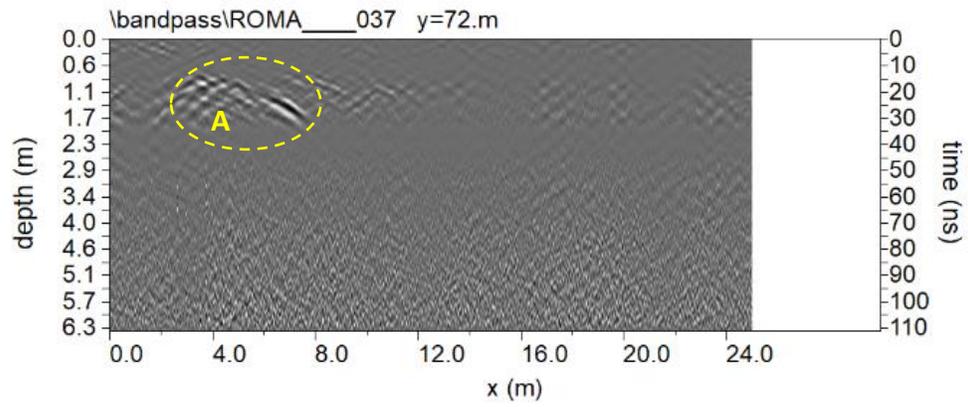


Fig. 12: sezioni radar processate relative ai profili 37,..., 40; A: probabile struttura

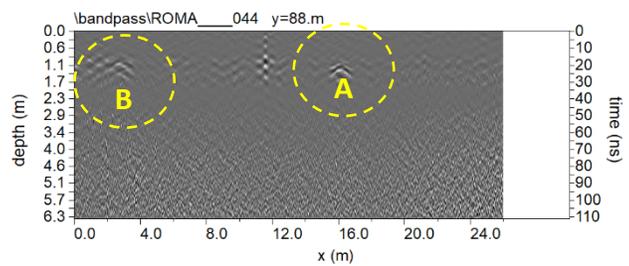
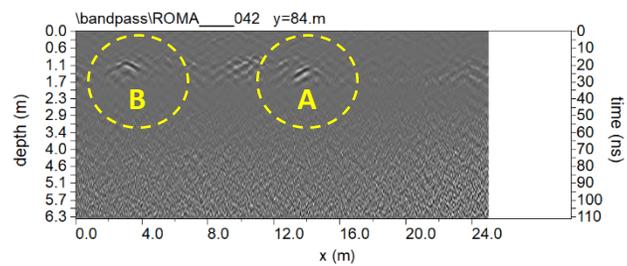
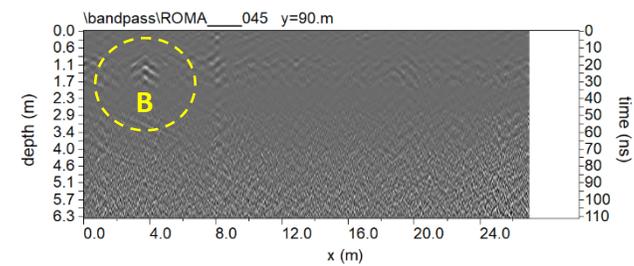
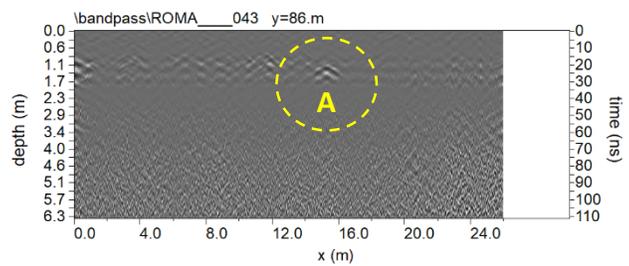
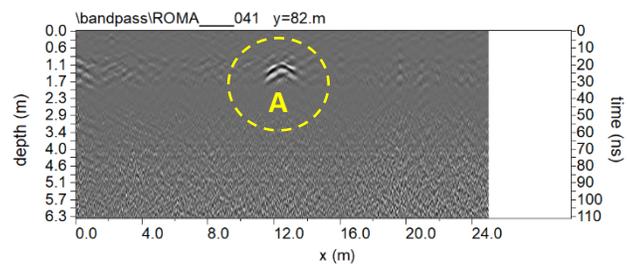


Fig. 12: sezioni radar processate relative ai profili 41,..., 45; A e B: probabili strutture

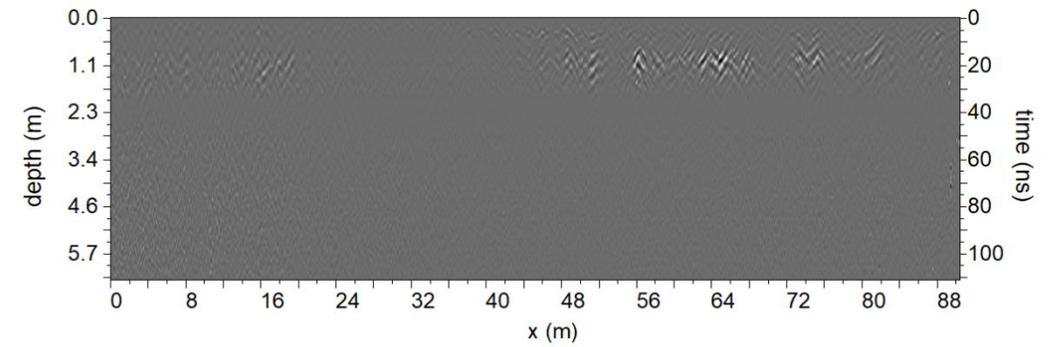
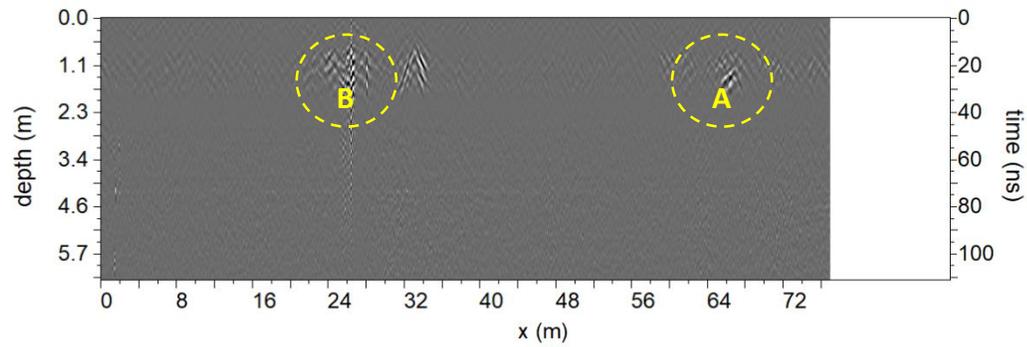
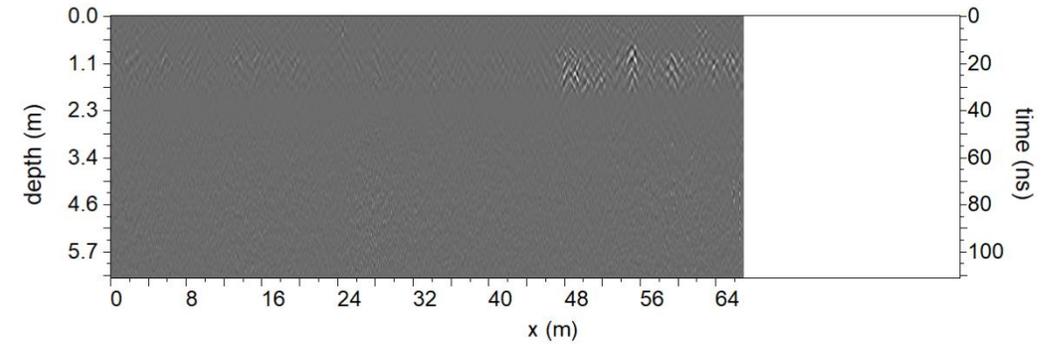
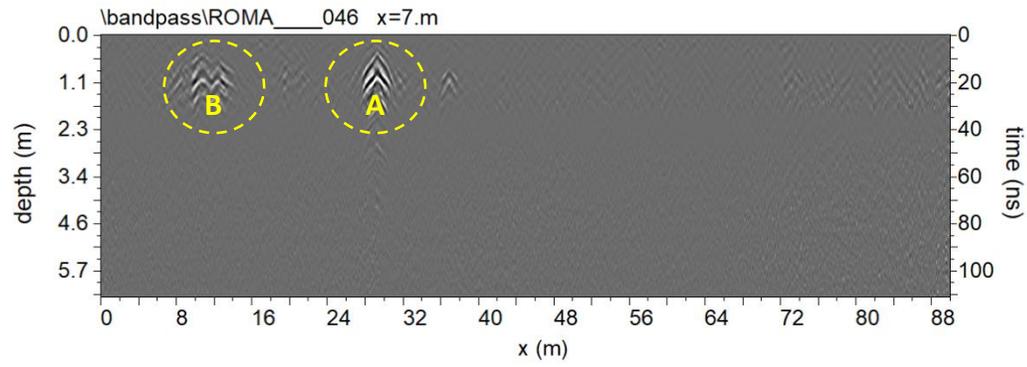


Fig. 13: sezioni radar processate relative ai profili 46,.., 49; A e B: probabili strutture

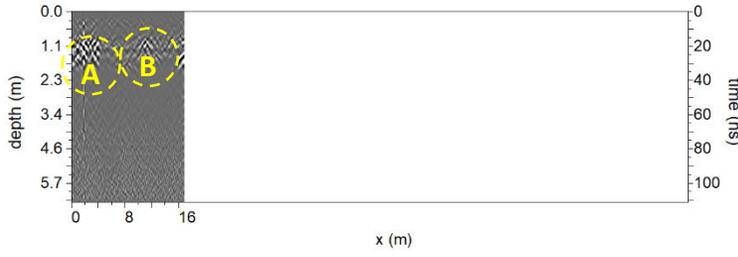
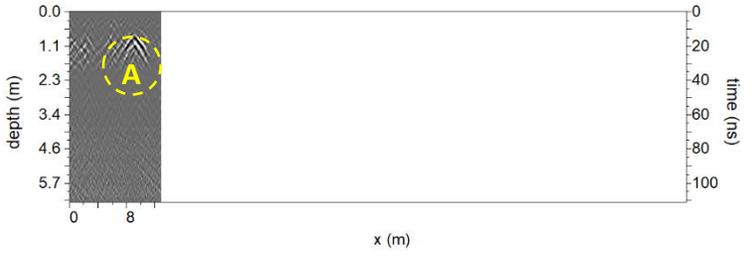
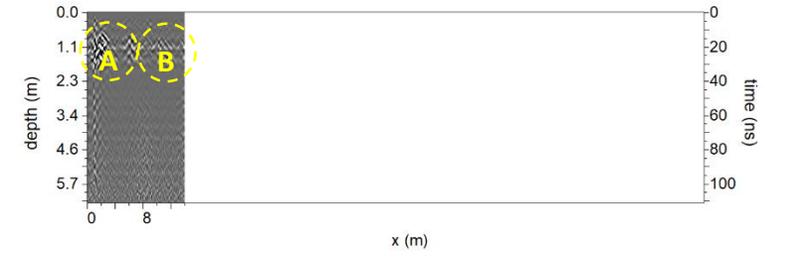
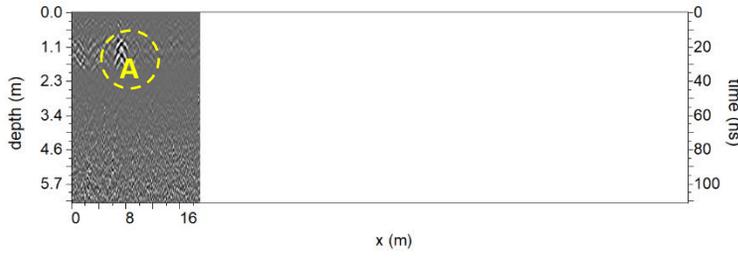
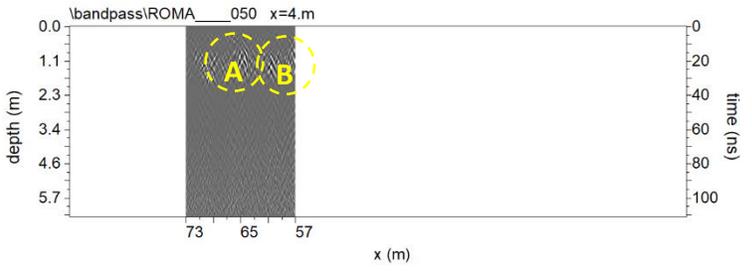


Fig. 14: sezioni radar processate relative ai profili 50,..., 54; A e B: probabili strutture

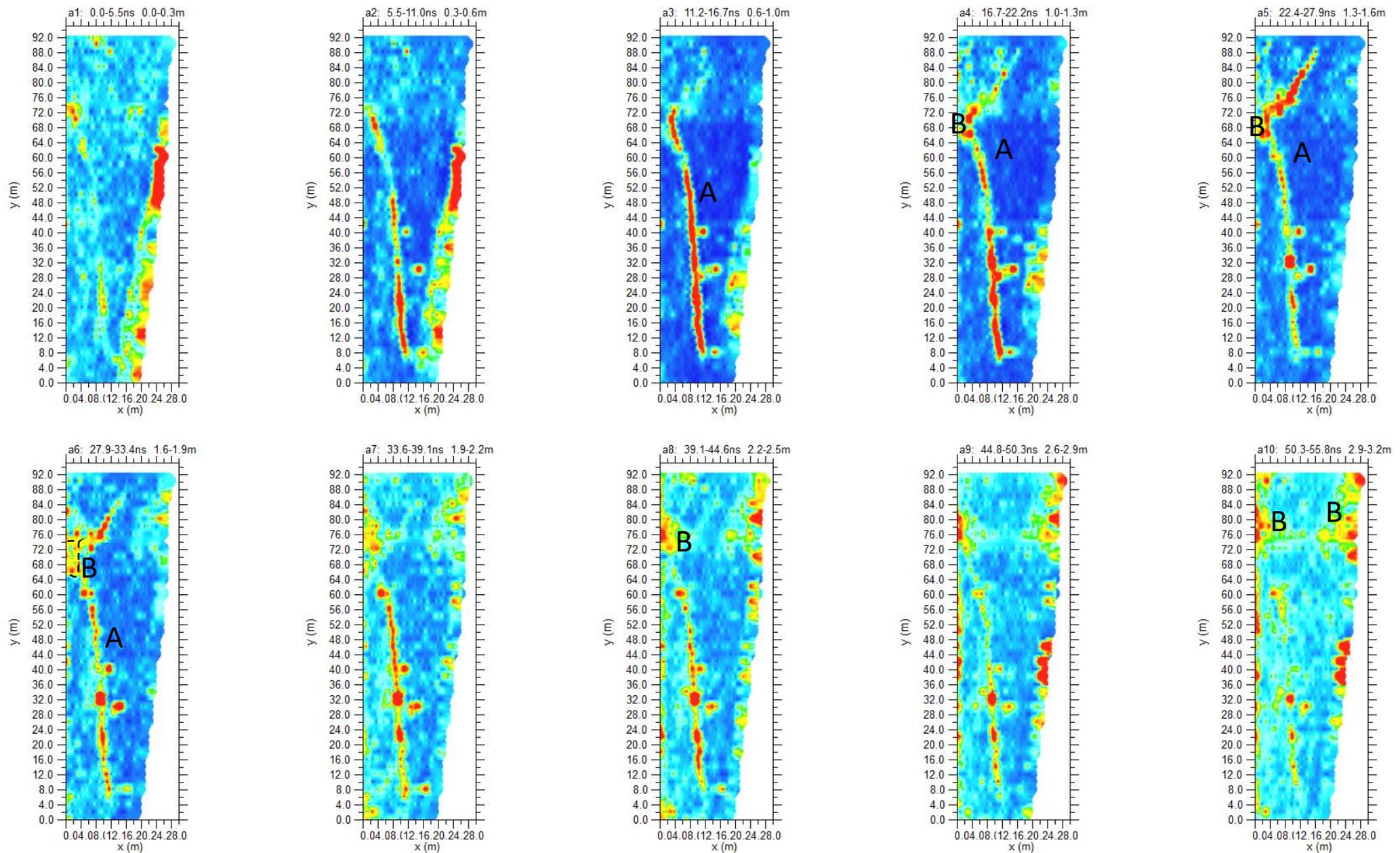
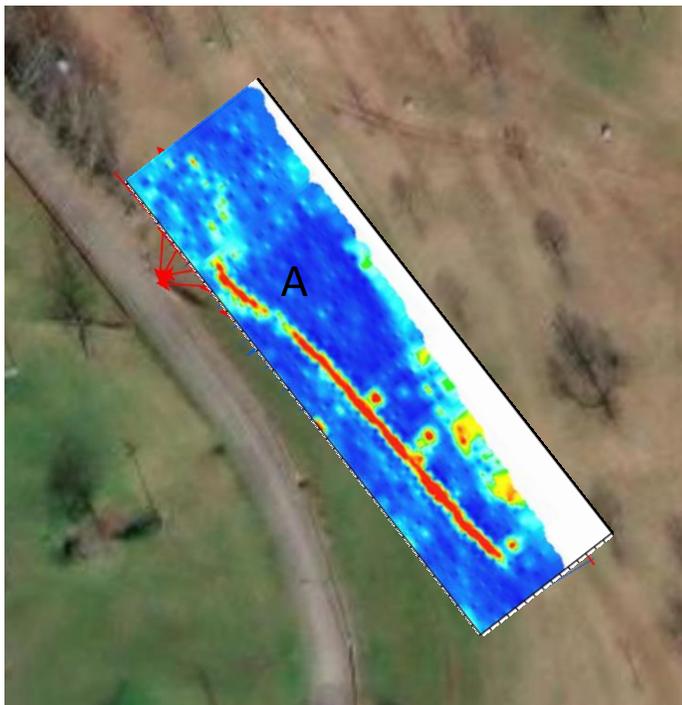
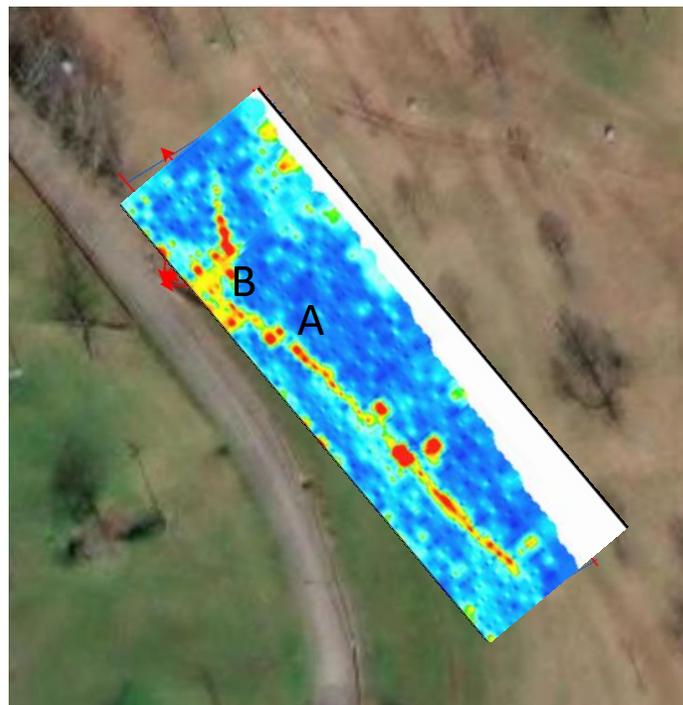


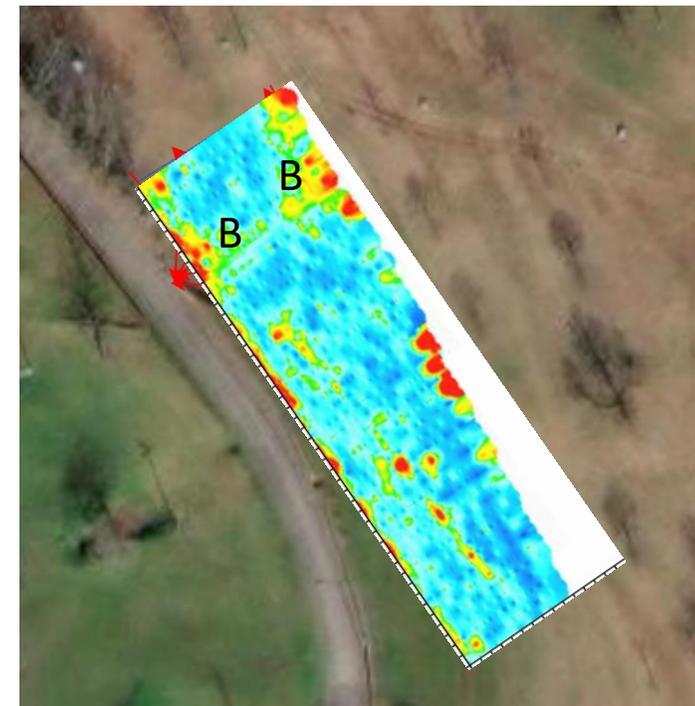
Fig. 15: depth slices



0.6-1.0m

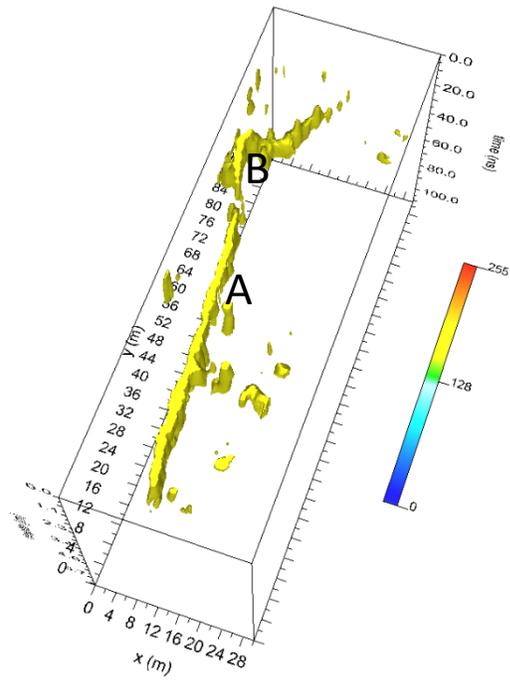


1.6-1.9m

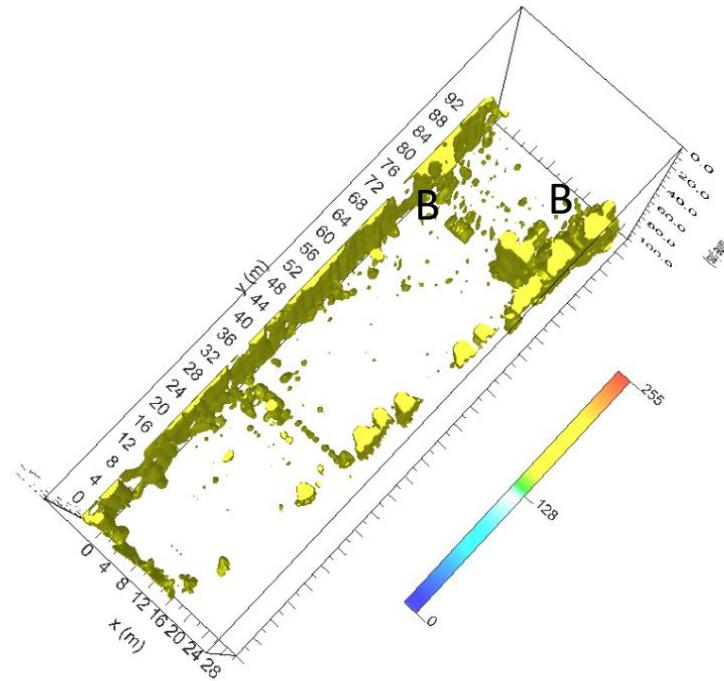


2.9-3.2m

Fig. 16: depth slices sovrapposte all'area indagata



0.6-1.2m



3.0m

Fig. 17: isosuperfici di ampiezza