9 INDAGINI GEORADAR

9.1 METODOLOGIA

La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato. In particolare è possibile identificare interfacce tra livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono in seguito correlabili a fattori fisici quali il grado di compattazione, la posizione e le caratteristiche di eventuali manufatti sepolti, la presenza di zone umide o di zone non cementate.

Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi vengono captati in superficie tramite un'antenna ricevente; quest'ultima può essere la stessa utilizzata per la trasmissione (configurazione monostatica – fig. 15) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica – fig. 15).

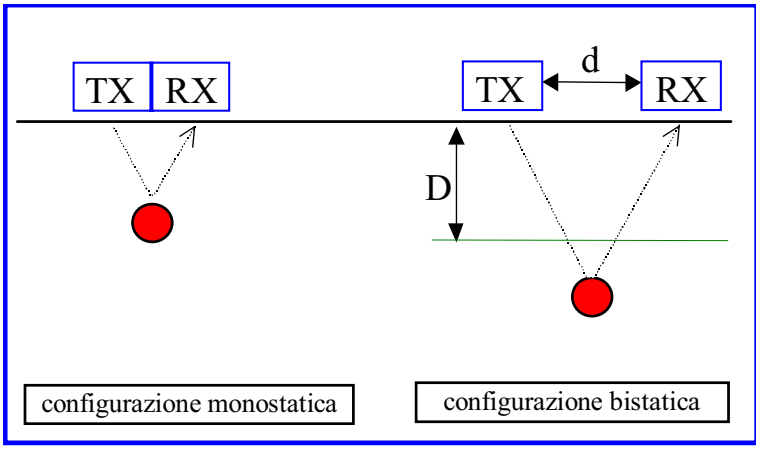

Fig. 16: Configurazione delle antenne

La scelta della configurazione, fondata sugli scopi della ricerca, è basata sulla profondità massima d'indagine e sul livello di dettaglio richiesto. Questi a loro volta contribuiscono alla scelta della frequenza dell'antenna; ad una bassa frequenza corrisponde infatti un'elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

La generazione e la ricezione dei segnali a radiofrequenza è operata da una o più antenne che vengono fatte scorrere sul materiale da indagare.

I dati raccolti, opportunamente elaborati, sono memorizzati e rappresentati su un'unità di controllo che genera anche gli impulsi necessari al funzionamento delle antenne. Eventuali oggetti presenti al di sotto delle superfici rilevate generano delle immagini radar (o "radargrammi") con caratteristiche forme iperboliche, come illustrato in Fig. 16.

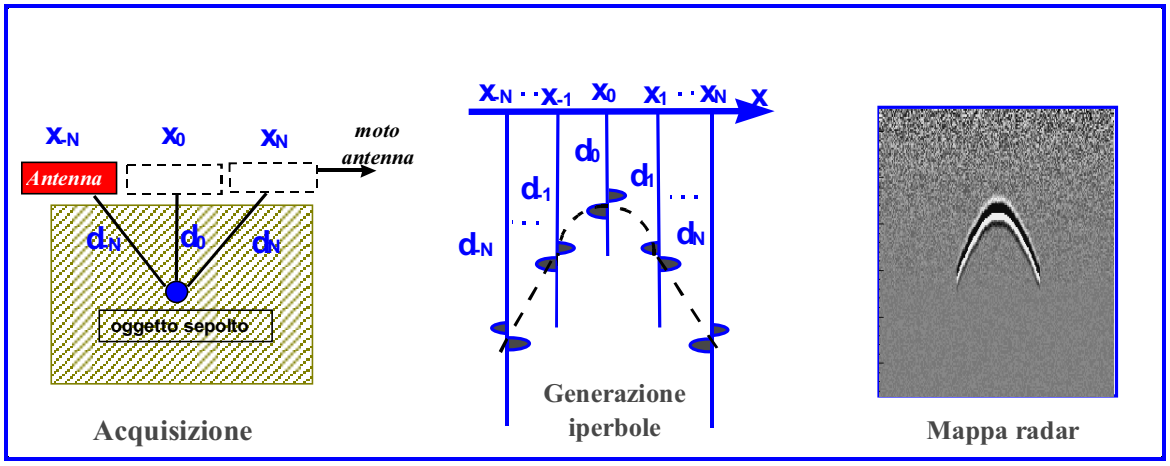

Fig. 17: Generazione di una mappa radar

I profili, generalmente acquisiti lungo reticoli con direzioni ortogonali a distanze variabili, consentono la ricostruzione dell'andamento dei livelli dotati di differenti caratteristiche elettromagnetiche tramite sezioni verticali radar-stratigrafiche.

La realizzazione di profili paralleli ravvicinati permette al software di elaborazione di creare anche delle tomografie delle intensità del segnale rilevate alle diverse profondità (fig. 17).

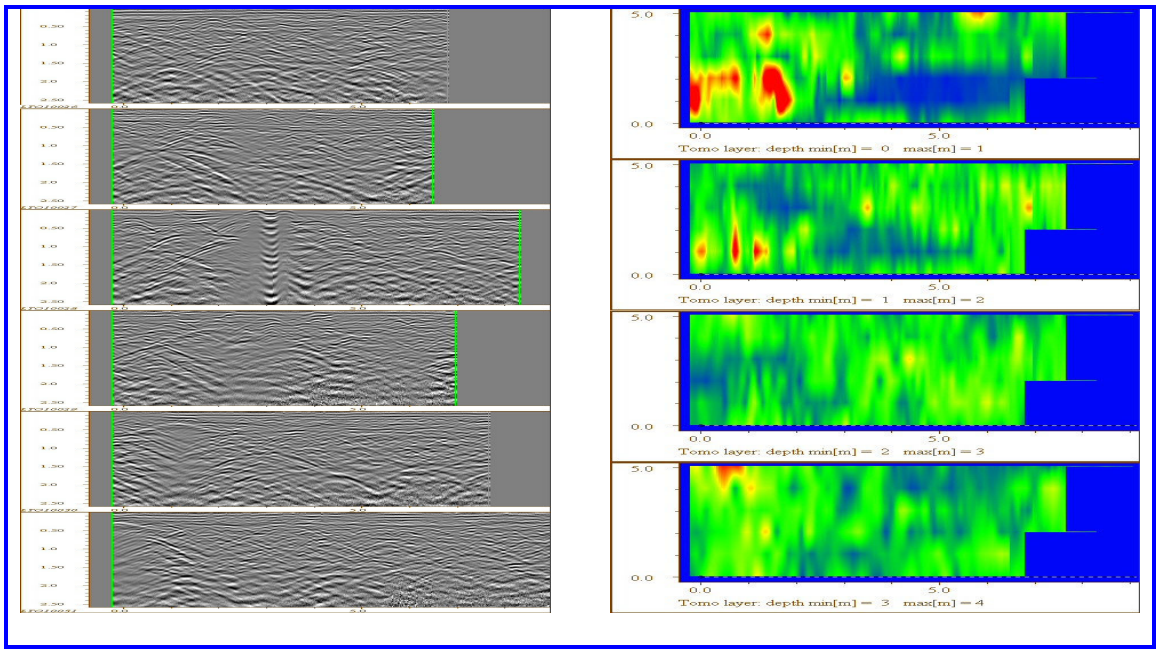

Fig. 18: esempio di profili radar affiancati (a sx) e della tomografia elaborata (a dx)

La riflessione dell'onda radar emessa avviene a causa delle differenti caratteristiche "elettriche" dei materiali attraversati. Tutti i mezzi reali assorbono le onde elettromagnetiche in misura dipendente dalle loro caratteristiche elettriche.

In generale un mezzo omogeneo è definito, da un punto di vista elettrico, dalla seguente coppia di valori:

- costante dielettrica relativa (ε_r)
- conduttività (σ)

Da questi valori è possibile risalire al comportamento del mezzo nei confronti della propagazione delle onde elettromagnetiche.

Un trasmettitore (TX) genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nanosecondi che viene irradiato nel mezzo da un'antenna a larga banda.

La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano dove il valore centrale rappresenta la ***frequenza caratteristica***, (o ***frequenza centrale***) dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso. La frequenza centrale dell'antenna determina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità di esplorazione.

Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- natura del riflettore;
- natura del mezzo tra riflettore ed antenna;
- curva di amplificazione applicata.

9.2 STRUMENTAZIONE

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sistema radar RISK20 della "IDS - Ingegneria dei Sistemi S.p.A.", costituito da (fig. 18):

- computer laptop Panasonic Toughbook CF 18;
- unità di controllo antenne DAD K1 a 1 canale, montata su zaino;
- antenne di frequenza adeguata all'indagine, in questo caso 600 MHz;
- ruota metrica montata sull'antenna;
- cavo multipolare;
- batteria montata su zaino.

Il laptop consente tutte le operazioni di calibrazione del sistema e l'impostazione dei parametri di acquisizione quali tempo di registrazione, guadagno e tipi di filtro da applicare ai segnali elettromagnetici, nonché la visualizzazione del profilo in tempo reale consentendo una rapida valutazione, già durante le operazioni di campagna, della qualità dei segnali registrati.

L'unità di controllo genera il segnale che viene inviato alla sezione trasmittente e elabora il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna.

All'unità centrale è collegata, tramite un cavo multipolare, l'antenna che ha il compito di trasmettere i segnali elettromagnetici all'interno della struttura da indagare e di ricevere le riflessioni dovute alle interfacce elettromagnetiche presenti alle diverse profondità di indagine. La frequenza di trasmissione viene determinata dalle caratteristiche costruttive dell'antenna stessa e può variare da 14 MHz a oltre 2,5 GHz. La scelta della frequenza è basata sugli scopi di utilizzo dell'apparecchiatura, ad una bassa frequenza corrisponde infatti una elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa). Al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

Fig. 19: configurazione tipo del "Sistema georadar RISK20"