

Relazione sito Santa Fara

41°06'17.70"N 16°50'52.21"E

Indagine eseguita il 2 Luglio 2014



S. Maggi

CNR-IRSA, Istituto di Ricerca sulle Acque, Bari

RIASSUNTO

Il sito indagato è stato analizzato mediante un sistema GPR (Ground Penetrating Radar) allo scopo di individuare la presenza di depositi di materiale di caratteristiche fisiche differenti dal resto del sottosuolo, potenzialmente contenenti cumuli di amianto e derivati o altri materiali sversati abusivamente e mescolati a materiale incoerente.

Indice

1	Localizzazione del sito	3
2	Analisi ortofotografica del sito	4
3	Caratterizzazione del sito mediante misure GPR	8
3.1	Area 1	11
3.2	Area 2	15
3.3	Area 3	16
3.4	Area 4	17
3.5	Area 5	18
3.6	Area 6	19
3.7	Area 7	21
4	Conclusioni	23

1 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

Il sito indagato si trova nel quartiere Picone del comune di Bari, nei dintorni delle coordinate geografiche $41^{\circ}06'17.70''\text{N}$, $16^{\circ}50'52.21''\text{E}$. Il sito è compreso fra Strada Massimi-Losacco e Viale Giuseppe Tatarella, un'arteria urbana di grande traffico, in particolare nelle ore più critiche della giornata.

L'area è mediamente urbanizzata e popolata: nelle sue immediate vicinanze si trovano alcuni complessi edilizi di recente costruzione, ville e villette unifamiliari, attività commerciali e il Santuario di Santa Fara, uno dei principali luoghi di culto della città di Bari.

La Figura 1 mostra una foto satellitare del sito in esame con le posizioni delle aree nelle quali sono state effettuate le scansioni mediante sistema GPR.

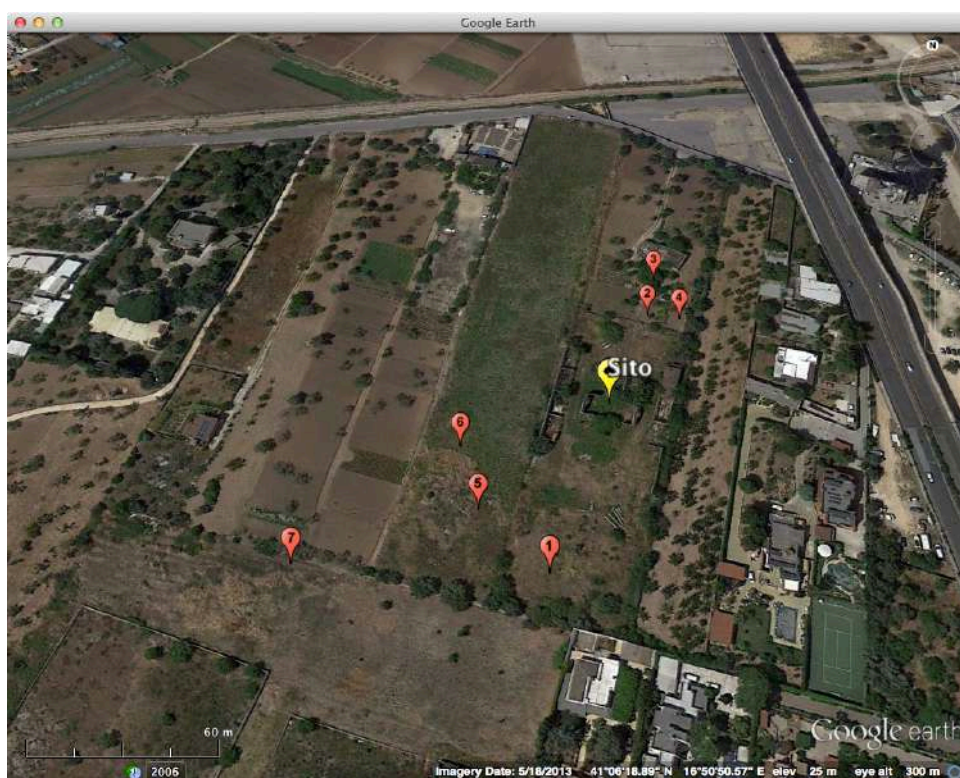


Figura 1: Localizzazione del sito in esame e posizione delle aree dove sono state effettuate le scansioni GPR.

2 ANALISI ORTOFOTOGRAFICA DEL SITO

L'area del sito appare completamente abbandonata ed è invasa da vegetazione spontanea. Si notano ruderi di costruzioni in stato di forte degrado e svariati cumuli di materiale non identificato, ricoperti di terra e di vegetazione.

Un cumulo di tubi di amianto semi-carbonizzato è presente in prossimità del confine Sud-Est dell'area esaminata. La Figura 2 mostra la posizione del cumulo di amianto nell'area esaminata.

Le fotografie satellitari scattate negli ultimi anni mostrano che il sito si trova nello stato attuale di abbandono e senza subire cambiamenti significativi a partire almeno dall'anno 2006 (Figura 3).

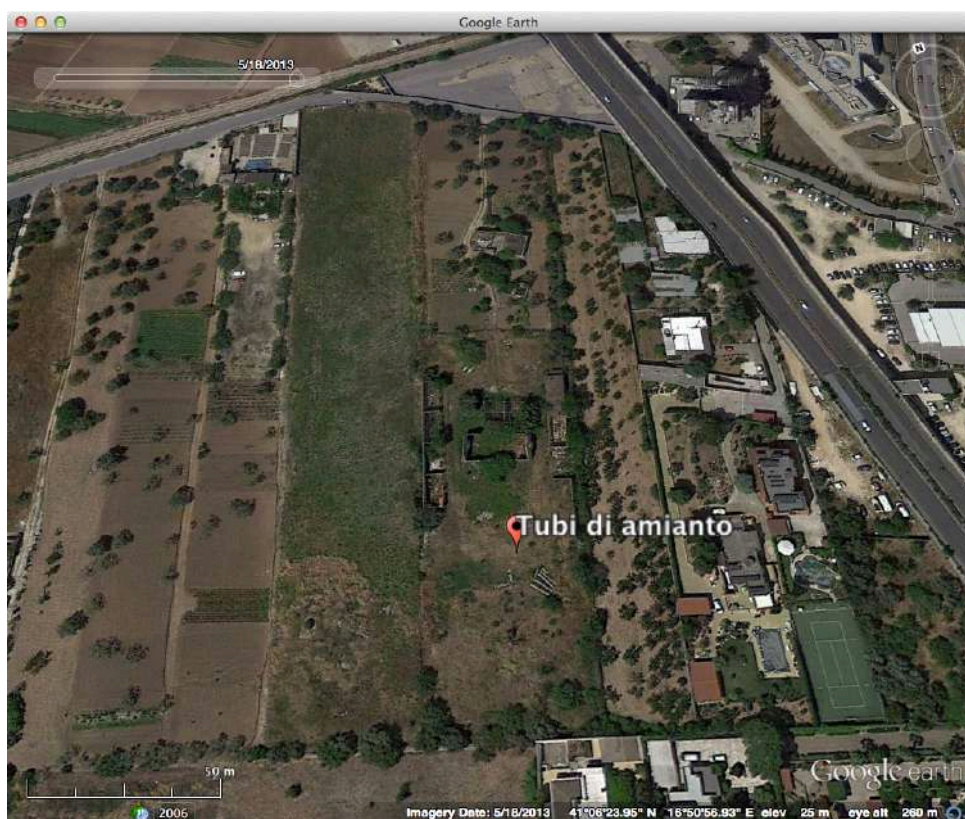
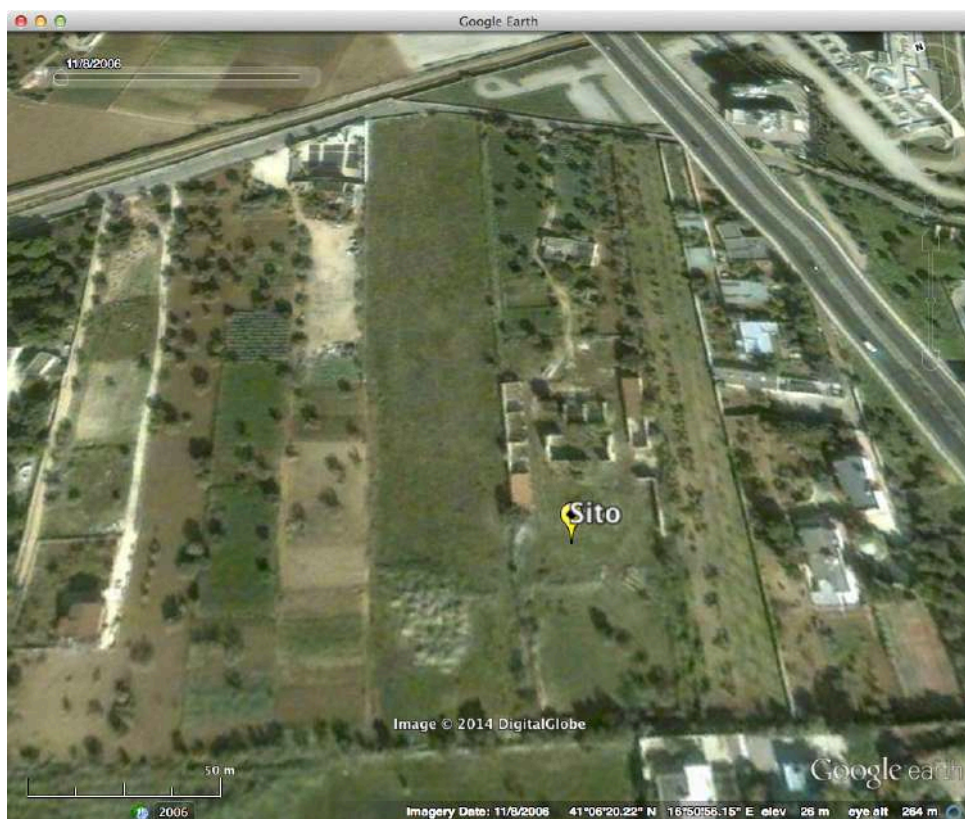
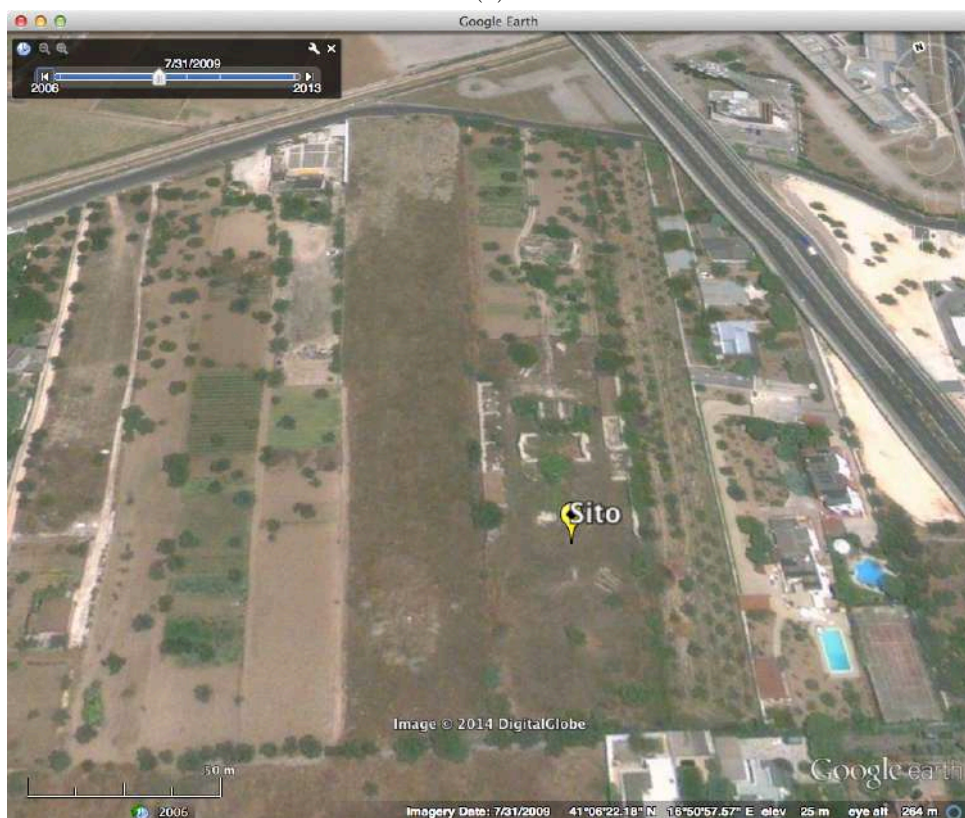


Figura 2: Posizione del cumulo di tubi di amianto semi-carbonizzato.

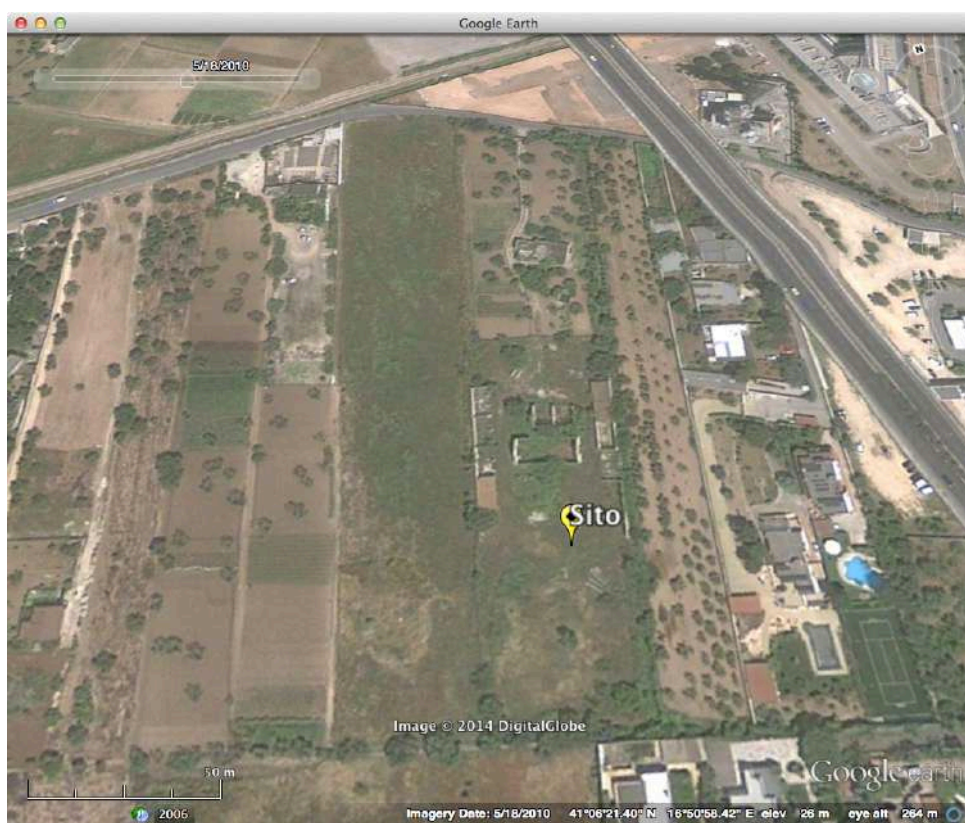


(a)

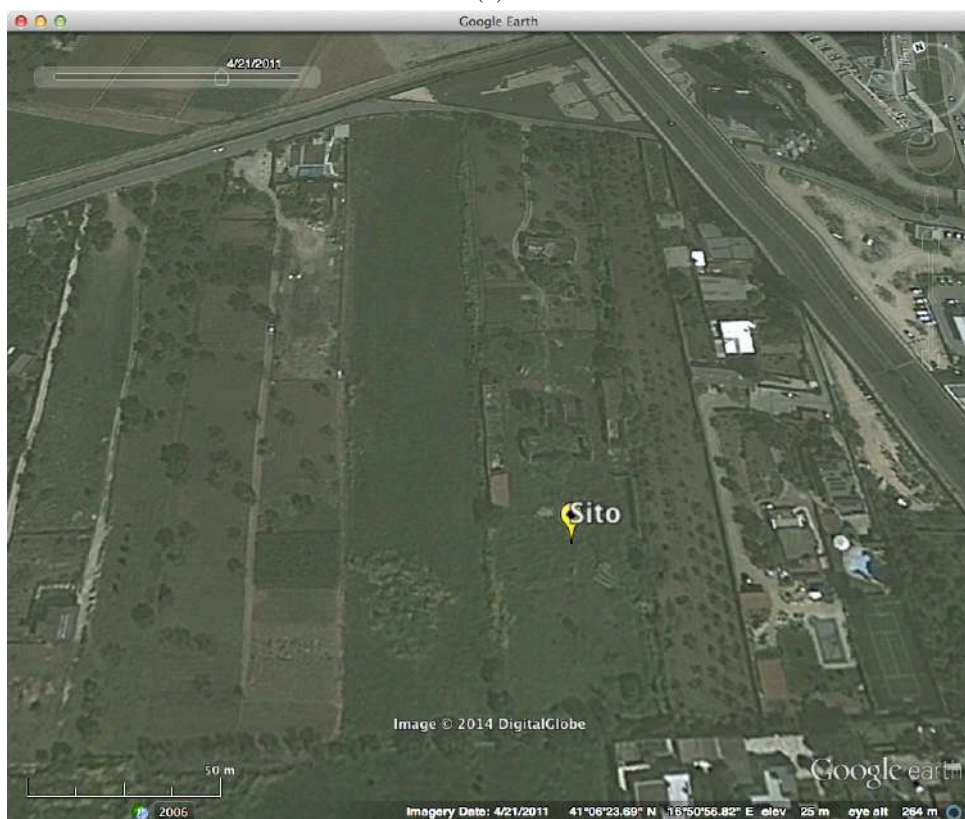


(b)

Figura 3: Fotografie satellitari del sito dal 2006 ad oggi. Immagini scattate nei giorni: (a) 8 novembre 2006, (b) 31 luglio 2009, (c) 18 maggio 2010, (d) 21 aprile 2011, (e) 18 maggio 2013.

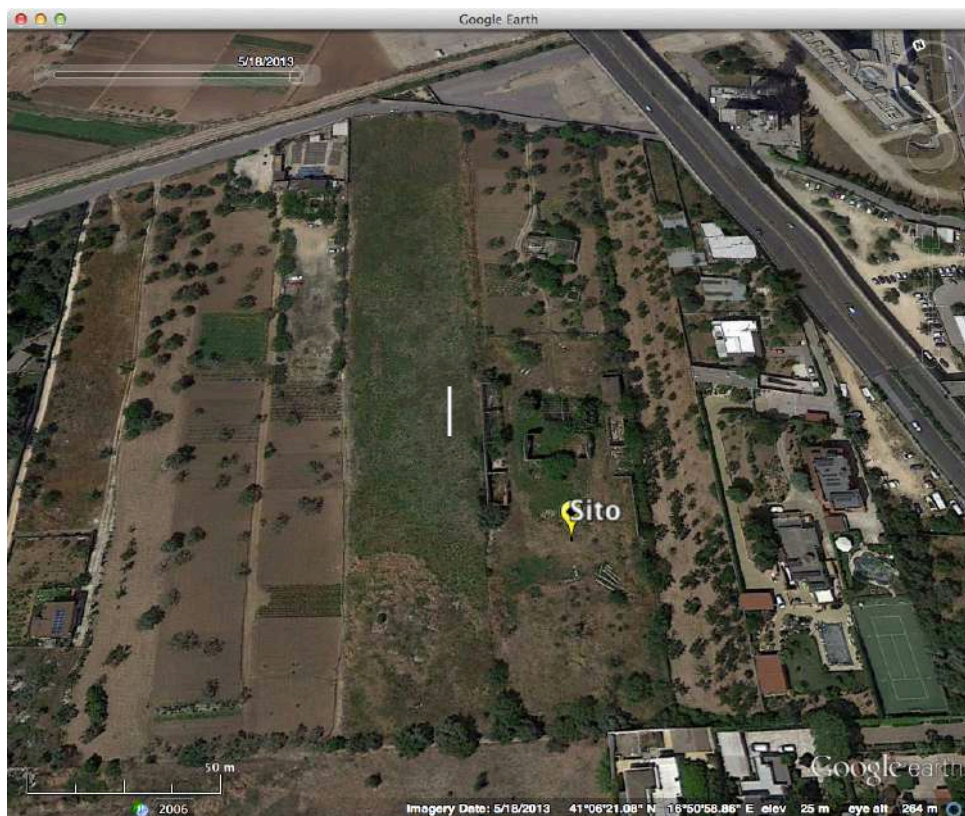


(c)



(d)

Figura 3: (continua) Fotografie satellitari del sito dal 2006 ad oggi. Immagini scattate nei giorni: (a) 8 novembre 2006, (b) 31 luglio 2009, (c) 18 maggio 2010, (d) 21 aprile 2011, (e) 18 maggio 2013.



(e)

Figura 3: (continua) Fotografie satellitari del sito dal 2006 ad oggi. Immagini scattate nei giorni: (a) 8 novembre 2006, (b) 31 luglio 2009, (c) 18 maggio 2010, (d) 21 aprile 2011, (e) 18 maggio 2013.

3 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO MEDIANTE MISURE GPR

Il sito è stato studiato mediante un sistema GPR (Ground Penetrating Radar o Georadar) allo scopo di determinare la struttura del generale sottosuolo e la presenza di regioni con caratteristiche elettromagnetiche differenti dal resto dell'area in esame, che potrebbero essere associate alla presenza di depositi sotterranei di amianto o di altri materiali sversati abusivamente.

Per questa indagine è stata utilizzata una antenna GPR SUBECHO SE-40 che emette un segnale a microonda centrato intorno alla frequenza di 40 MHZ, con una lunghezza d'onda corrispondente $\lambda = 7.5$ m. L'antenna è stata accoppiata al sistema di controllo e data logger GSSI SIR-3000 ed è stata utilizzata in modalità temporale.

La profondità massima raggiungibile con questa antenna dipende fortemente dalle caratteristiche del sottosuolo. Nei casi più favorevoli l'antenna può misurare un segnale GPR ancora utilizzabile fino a 35 m al di sotto delle superficie del terreno.

Sono state effettuate un totale di 27 scansioni, approssimativamente in direzione Sud-Nord e Ovest-Est. Le scansioni hanno interessato un'area di circa $140 \times 300 = 42.000$ m², per un totale di 1.300 metri lineari, e si sono focalizzate in ben 7 aree diverse del sito.

La posizione delle aree scansionate e la traccia percorsa nel corso di ciascuna scansione, determinata tramite sistema GPS, è mostrata in Figura 4. Ciascuna delle aree scansionate è identificata con un simbolo numerico e con un colore differente per ciascuna traccia. La Figura mostra anche l'intero percorso effettuato nel corso di questa indagine.

La Figura 5 mostra un esempio di scansione GPR (*radargramma*) misurata nel sito in

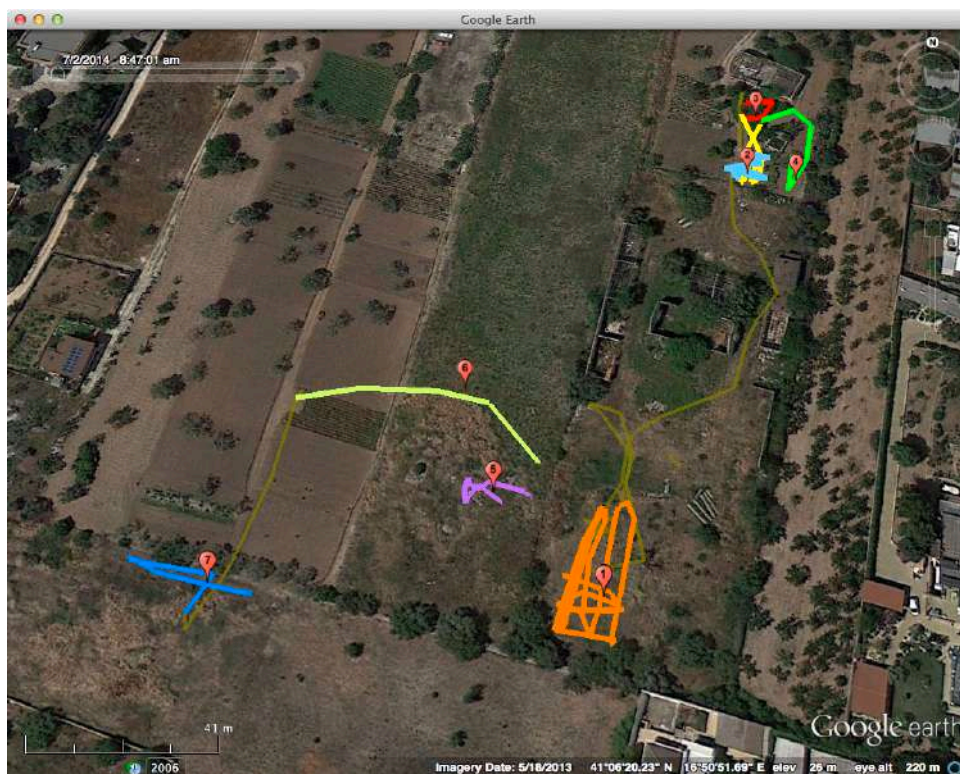


Figura 4: Posizione delle aree scansionate e tracce percorse, determinate tramite sistema GPS.

esame. Poiché non è stato possibile effettuare delle scansioni di riferimento in un'area del sito sicuramente non contaminata da effetti antropici, si è assunto che la struttura del sottosuolo "naturale" corrisponda alla scansione mostrata in Figura 6, misurata in corrispondenza di una zona ancora coltivata e senza tracce evidenti di abbandono.

A causa delle caratteristiche fisiche del sottosuolo indagato, la massima profondità raggiungibile in questo sito non supera i 7–8 metri. A profondità maggiori il segnale GPR è mascherato da un eccessivo tasso di rumore.

Inoltre, data la bassa frequenza del segnale a microonda utilizzato, la dimensione minima delle strutture risolvibili con l'antenna GPR utilizzata è superiore a 7.5 metri, valore corrispondente alla lunghezza d'onda del segnale a microonda emesso dall'antenna. Al di sotto di questa dimensione, la risposta del sistema è affetta da fenomeni di aliasing che modificano fortemente il segnale misurato. Per una spiegazione semplificata del fenomeno dell'aliasing si può far riferimento alla pagina web: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aliasing> (in inglese).

Si noti comunque che l'antenna utilizzata in questa indagine rappresenta comunque il miglior compromesso possibile per le caratteristiche fisiche del sito in esame. Una antenna di frequenza maggiore, 200 o 400 MHz, avrebbe permesso di risolvere strutture sepolte di dimensioni pari a 1 – 2 metri, ma ciò a scapito della profondità massima raggiungibile dal segnale a microonda, circa 1 – 1.5 metri, un valore eccessivamente ridotto per gli scopi di questa indagine.

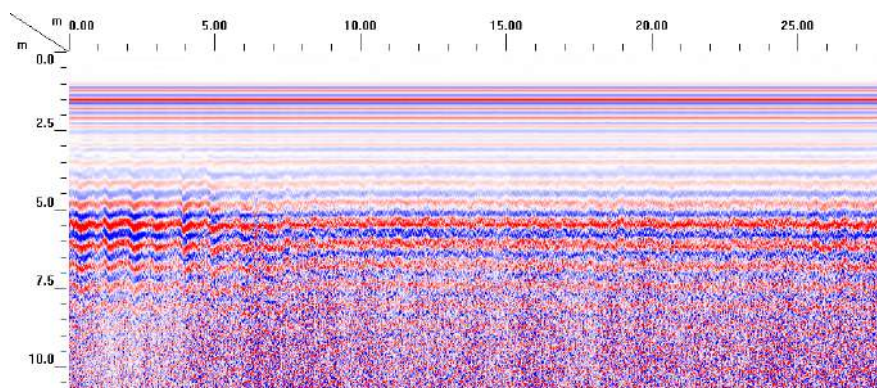


Figura 5: Esempio di scansione GPR misurata con l'antenna SUBECHO SE-40 da 40 MHz nel sito in esame.

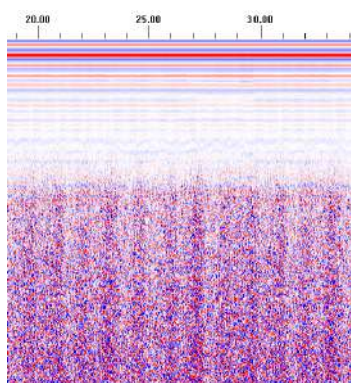


Figura 6: Scansione GPR di riferimento, corrispondente ad un terreno coltivato ed assunto in condizioni "naturali".

3.1 AREA 1

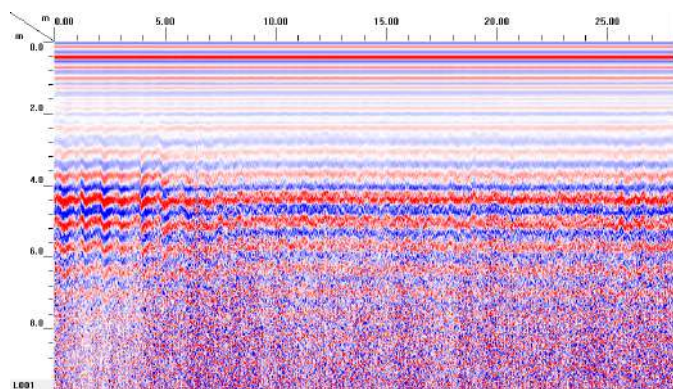
In quest'area sono state effettuate un totale di 9 scansioni GPR, di cui 4 in direzione Sud-Nord e 5 in direzione Ovest-Est. L'origine delle scansioni in direzione Sud-Nord corrisponde al confine meridionale della particella, analogamente l'origine delle scansioni in direzione Ovest-Est è prossima al confine occidentale della particella.

Le scansioni GPR Sud-Nord ed Ovest-Est sono mostrate rispettivamente in Figura 7 e 8. La dimensione orizzontale dei radargrammi mostrati nelle Figure è proporzionale alla lunghezza del percorso effettuato nel corso di ciascuna scansione GPR.

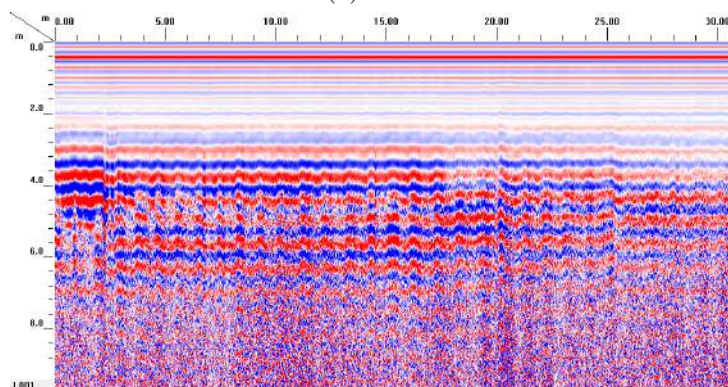
L'analisi delle scansioni GPR misurate in quest'area porta a concludere che:

- all'inizio di tutte le scansioni Sud-Nord è visibile una regione anomala in cui il segnale GPR appare rafforzato in modo significativo a causa della presenza, ad una profondità di circa 2.5 – 3 metri, di un materiale di costante dielettrica o resistività molto differente dal resto del materiale circostante;
- sono visibili una serie di ulteriori strutture anomale lungo le scansioni Sud-Nord di Figura 7(b)-(d). In particolare, l'anomalia presente in Figura 7(b) è particolarmente estesa, circa 15 metri, e profonda fino a circa 7 metri;
- le scansioni GPR misurate in direzione Ovest-Est presentano caratteristiche analoghe e confermano le osservazioni precedenti.

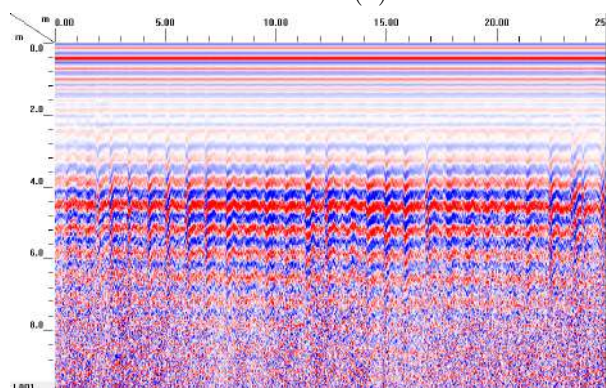
Quanto detto è supportato anche dalla visualizzazione tridimensionale delle scansioni GPR misurate in direzione Sud-Nord, che mostra chiare anomalie del segnale lungo tutto il percorso della seconda scansione, in particolare nei dintorni del confine Sud della particella interessata (Figura 9).



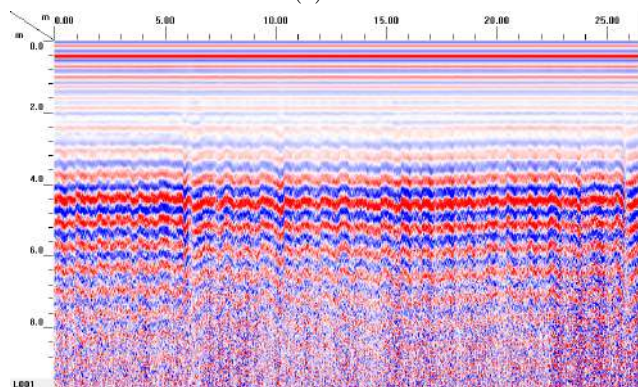
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7: Scansioni GPR effettuate nell'area 1 in direzione Sud-Nord.

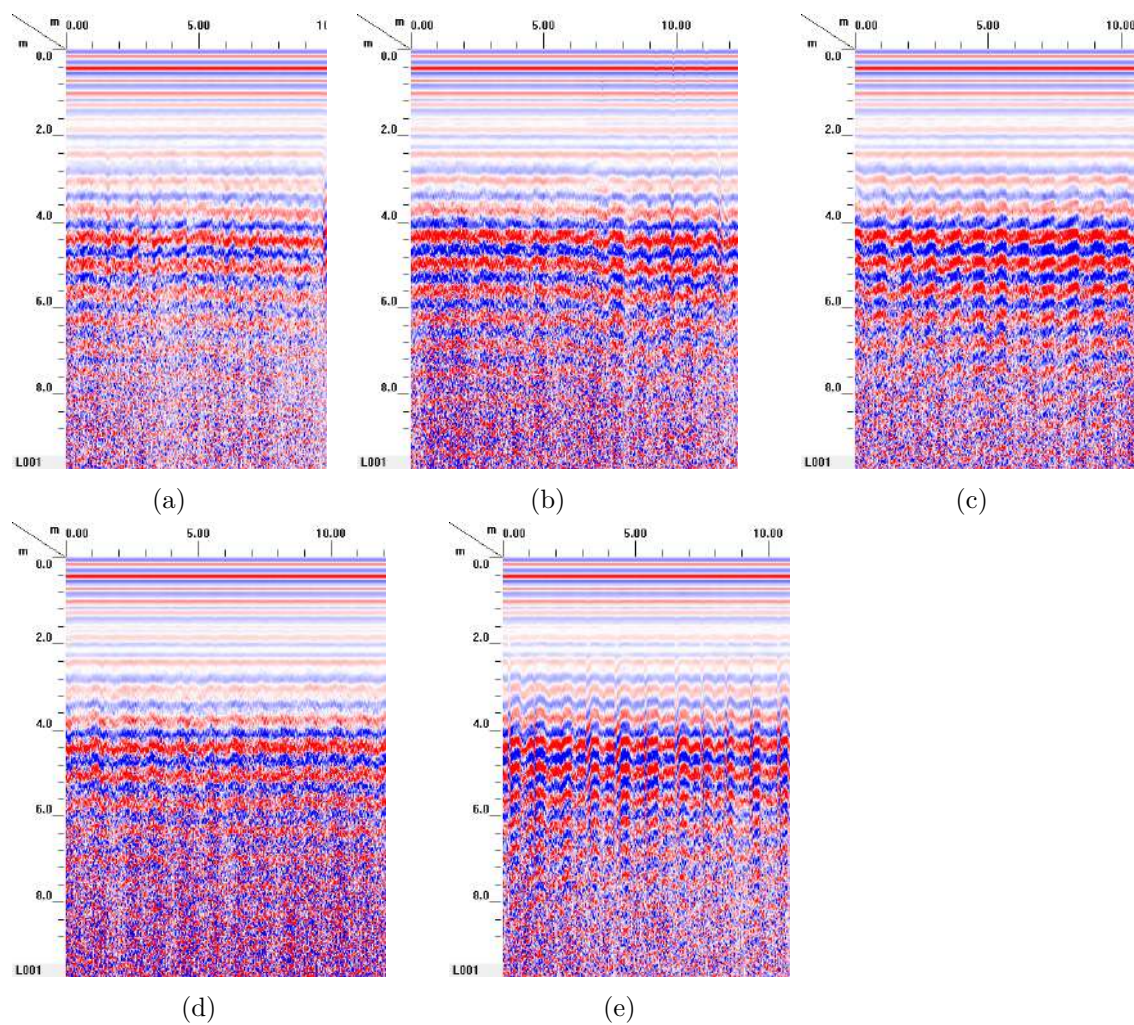
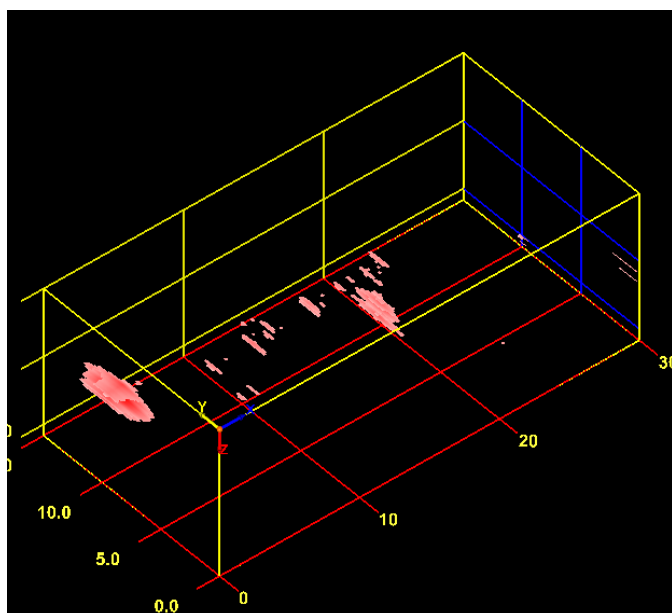
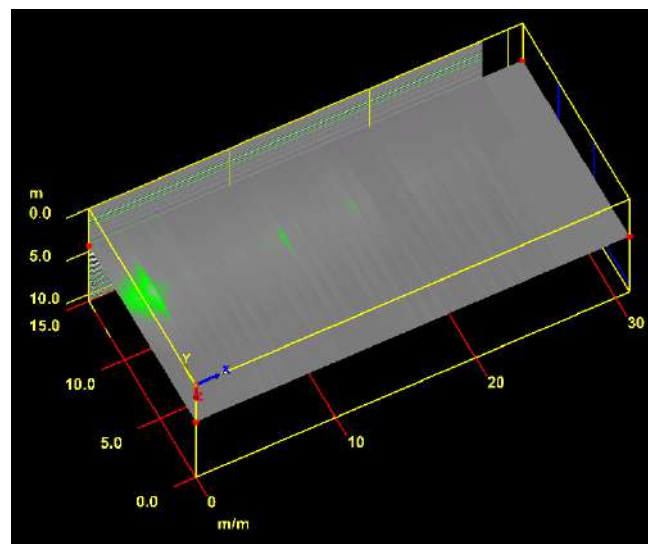


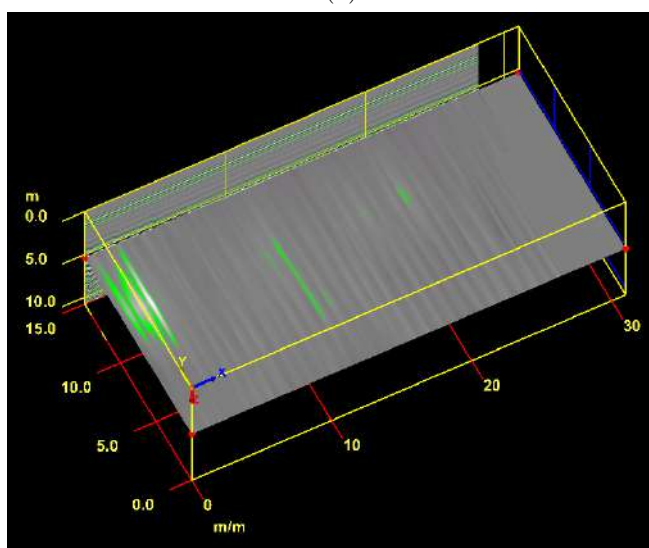
Figura 8: Scansioni GPR effettuate nell'area 1 in direzione Ovest-Est.



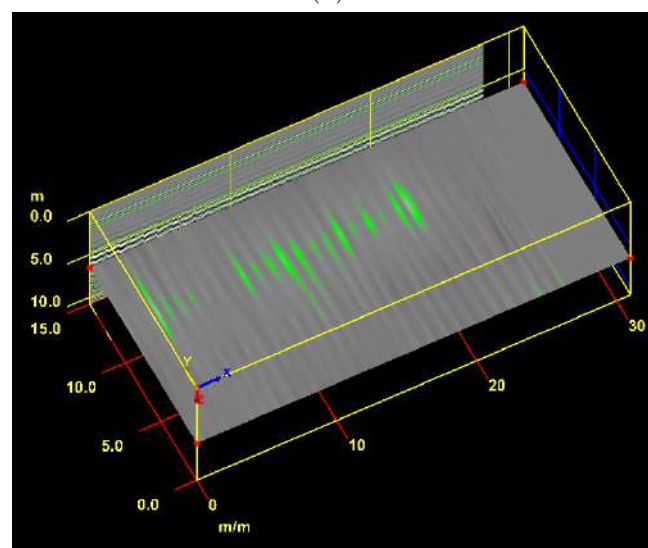
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 9: Visualizzazione tridimensionale delle scansioni GPR misurate nell'area 1 in direzione Sud-Nord. (a) Visualizzazione 3D, (b)–(d) sezioni orizzontali a profondità crescente.

3.2 AREA 2

Per motivi legati alla tipologia dell'area, di dimensioni relativamente limitate e comprendente alcuni alberi, non è stato possibile effettuare qui scansioni sistematiche e parallele fra loro. Anche in quest'area sono presenti numerose anomalie diffuse su tutta l'area indagata, come mostrato negli esempi di Figura 10. In particolare la Figura 10(a) mostra una anomalia profonda associabile ad una cavità o ad una frattura, la Figura 10(b) una regione globulare di intensità maggiore del segnale, che si estende ben più in profondità rispetto a tutte le altre scansioni analoghe rilevate nella stessa area.

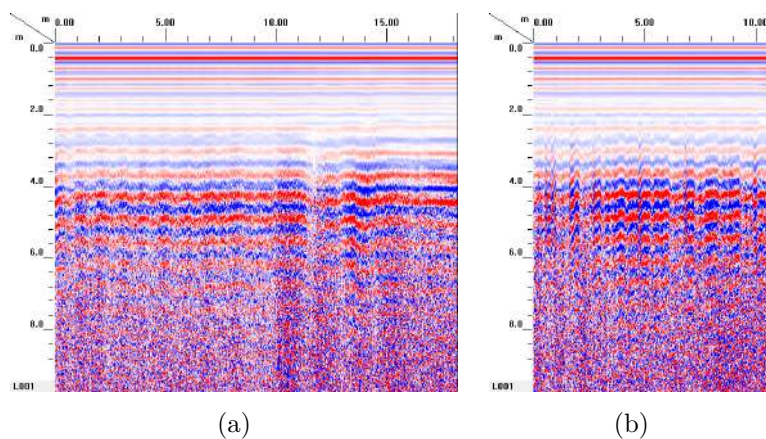


Figura 10: Esempi di scansioni GPR effettuate nell'area 2.

3.3 AREA 3

L'area 3 è un caso del tutto anomalo rispetto a tutto il resto del sito (Figura 11). L'area è stata scansionata eseguendo un percorso approssimativamente circolare intorno al punto corrispondente indicato in Figura 4.

In quest'area il segnale GPR appare estremamente intenso fino alla prossimità massima di 10 metri per la quale lo strumento è stato configurato nel corso di questa indagine.

Le aree ad alta intensità del segnale hanno forma colonnare e si estendono orizzontalmente per circa 2 – 10 metri, inframmezzate da regioni, anch'esse di forma colonnare e larghe alcuni metri, dove il segnale appare notevolmente attenuato. Alla fine del percorso è evidente la presenza di una cavità di dimensioni approssimative pari ad almeno 5 – 8 metri posta a circa 4 metri di profondità, evidenziata con una freccia in Figura 11(b).

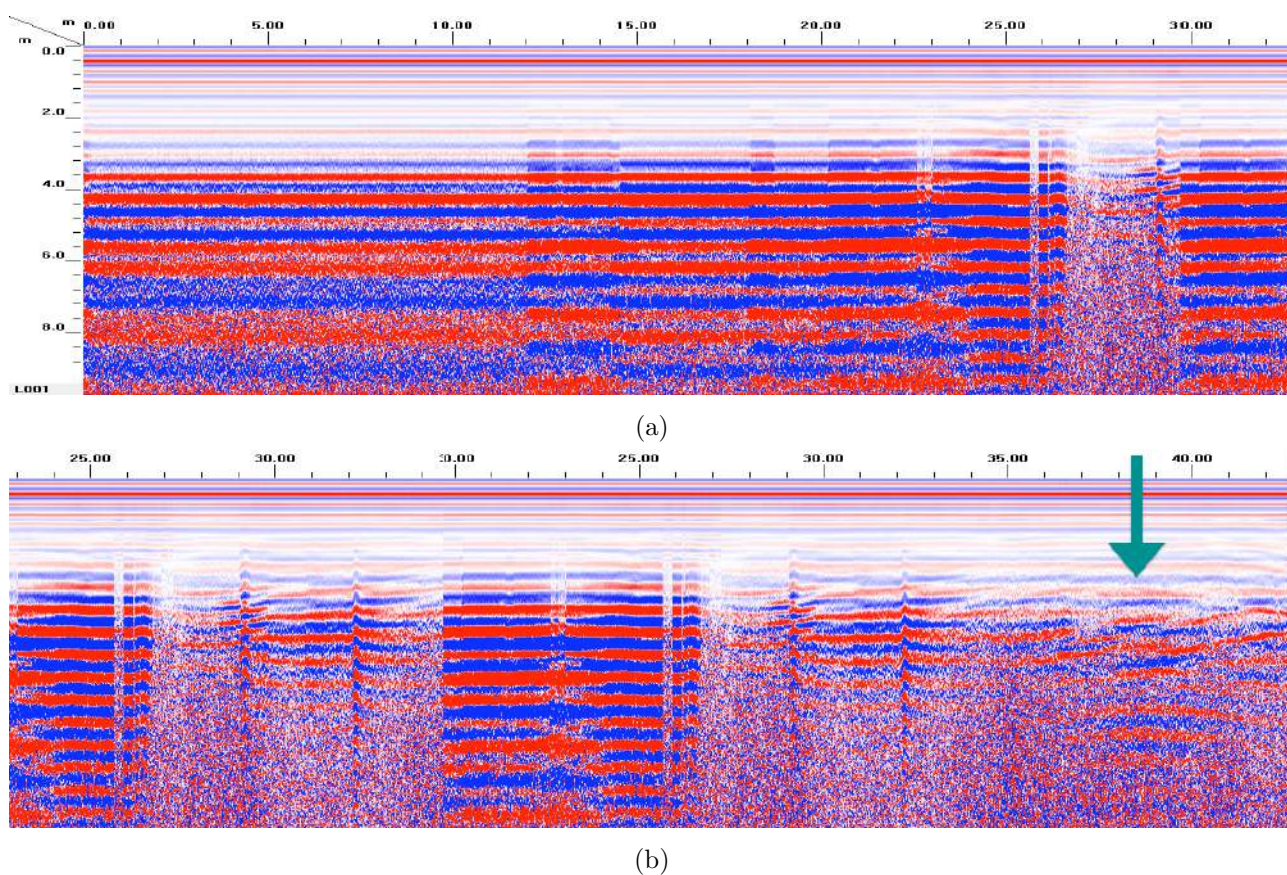


Figura 11: Scansione GPR effettuata nell'area 3. Per maggiore chiarezza, la scansione è stata suddivisa in due sezioni consecutive.

3.4 AREA 4

Le dimensioni piuttosto limitate dell'area considerata e la conseguente lunghezza ridotta di ciascuna traccia misurata rendono impossibile stabile con certezza la presenza di anomalie significative del segnale GPR.

Due esempi di scansioni GPR acquisite in quest'area sono mostrati in Figura 12.

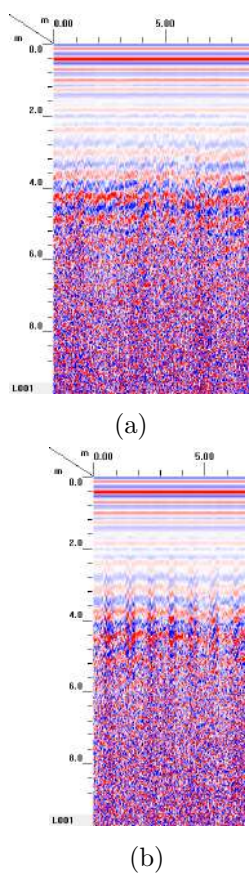


Figura 12: Esempi di scansioni GPR effettuate nell'area 4.

3.5 AREA 5

L'area 5 è costituita da un cumulo di materiale non identificato ricoperto di pietre e di vegetazione spontanea, di area ed altezza relativamente ridotte. A causa della difficoltà di movimento con l'attrezzatura GPR su detto cumulo, sull'area sono state effettuate due sole scansioni in direzioni approssimativamente perpendicolari l'una all'altra.

Le scansioni misurate in quest'area mostrano la presenza di un ammasso esteso di caratteristiche fisiche ben diverse dal resto del materiale accumulato e di forma approssimativamente globulare (Figura 13).

Si deve comunque notare che le difficoltà di movimento a cui si è fatto cenno determinano una grossa incertezza nella valutazione della lunghezza effettiva del percorso compiuto, non permettendo di stabilire in modo accurato la posizione dell'anomalia individuata.

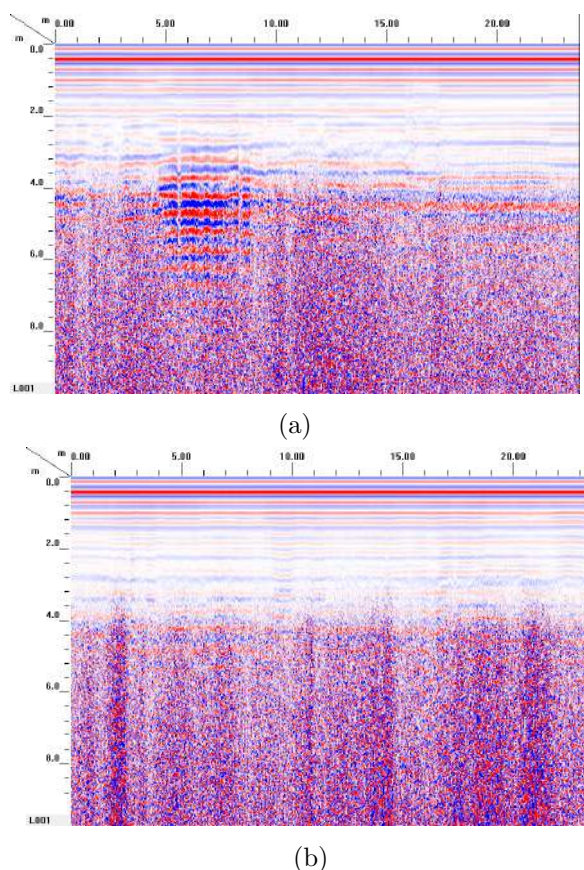


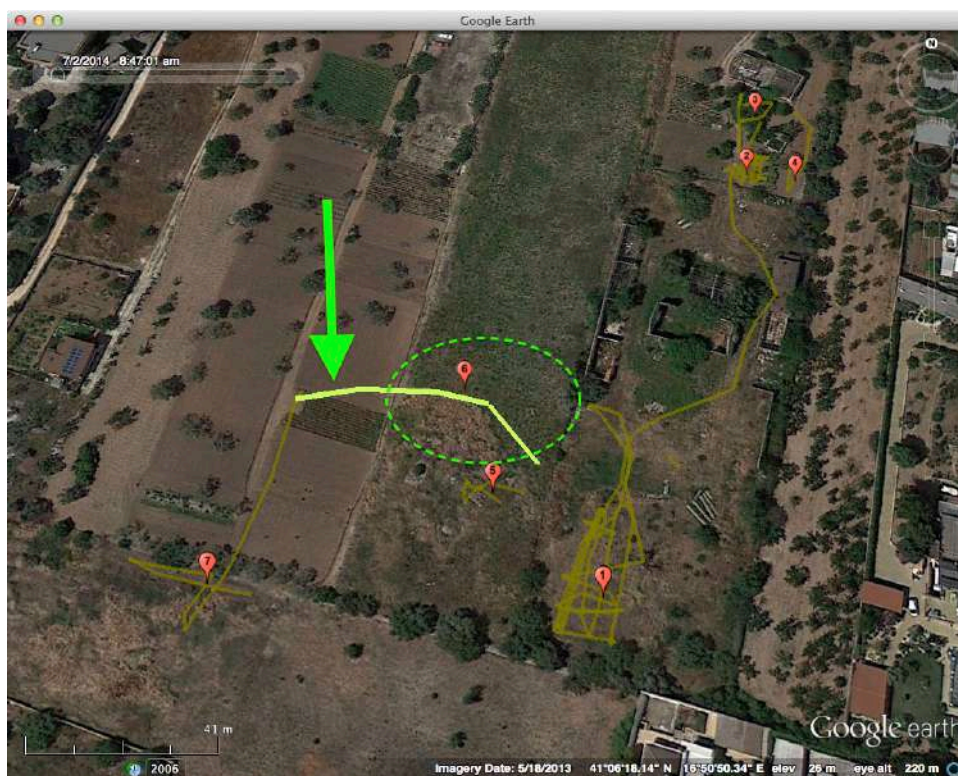
Figura 13: Scansioni GPR effettuate nell'area 5.

3.6 AREA 6

L'area 6 è costituita da un cumulo di materiale non identificato ricoperto di pietre e di vegetazione spontanea, di area ed altezza decisamente maggiori dell'area 5. Essendo impossibile trasportare e utilizzare l'attrezzatura GPR su detto cumulo, si è deciso di effettuare una scansione nell'intorno settentrionale del cumulo, seguendo il percorso cerchiato in verde in Figura 14(a). Tale percorso si estende fino al terreno coltivato indicato con la freccia nella Figura.

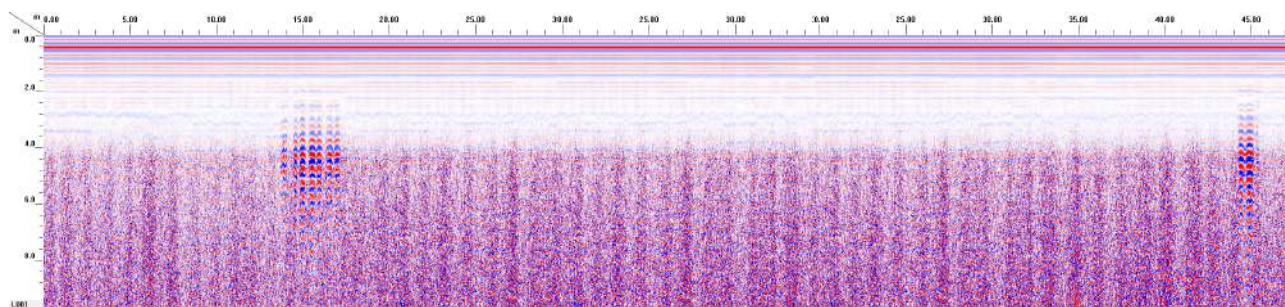
La scansione mostrata in Figura 14(b) mostra anche qui la presenza di un ammasso di caratteristiche fisiche ben diverse dal resto del materiale accumulato e di forma approssimativamente globulare, esteso in profondità fino a circa 6 metri. Una seconda regione anomala si trova quasi alla fine del percorso seguito, in corrispondenza della strada che costeggia il terreno coltivato, ma potrebbe essere associato alla presenza di un tubo sepolto utilizzato per l'irrigazione o per scopi analoghi.

Per inciso, proprio dalla regione indicata con la freccia è stata tratta la scansione GPR mostrata in Figura 6 ed usata in tutta questa relazione come riferimento corrispondente ad un sottosuolo in condizioni "naturali".



(a)

Figura 14: Traccia del percorso e scansione GPR effettuata nell'area 6. Il cerchio tratteggiato indica il percorso seguito intorno al cumulo, la freccia indica il terreno coltivato.



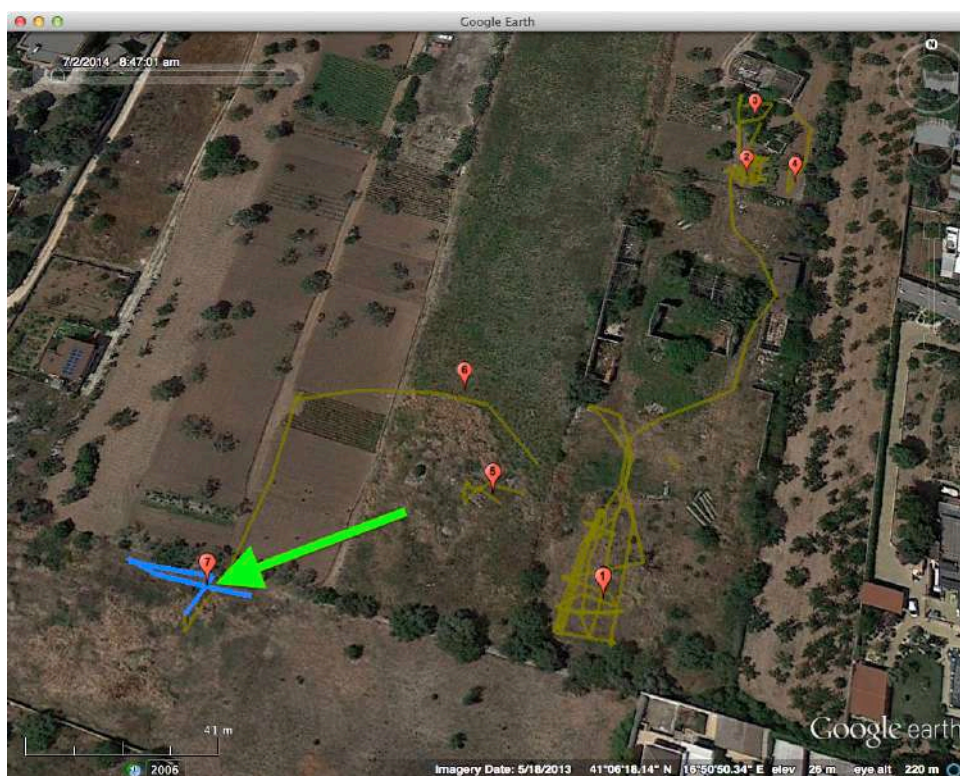
(b)

Figura 14: (continua) Traccia del percorso e scansione GPR effettuata nell'area 6. Il cerchio tratteggiato indica il percorso seguito intorno al cumulo, la freccia indica il terreno coltivato.

3.7 AREA 7

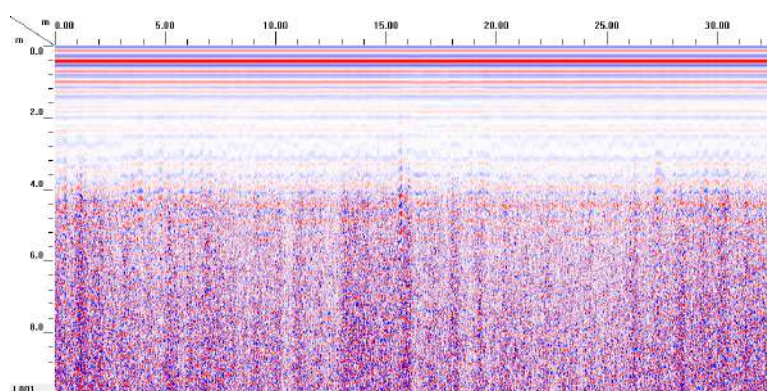
L'area 7 è costituita da un cumulo di materiale non identificato ricoperto di terra e di vegetazione spontanea. In questo caso è stato possibile trasportare e utilizzare l'attrezzatura GPR su detto cumulo, effettuando due scansioni, la prima in direzione approssimativa Est-Ovest e la seconda di forma ad "L", ripetendo in parte in verso opposto il percorso precedente e deviando a circa metà della traccia in direzione Sud, per seguire un sentiero battuto con vegetazione meno fitta. La Figura 15(a) mostra la traccia del percorso seguito.

Le scansioni GPR di Figura 15(b)-(c) mostrano anche in questo caso la presenza di una regione anomala piuttosto estesa, che diventa particolarmente evidente al momento della deviazione, a metà traccia, in direzione Sud lungo il sentiero battuto. La posizione approssimata della presunta regione anomala è indicata con la freccia in Figura 15(a).

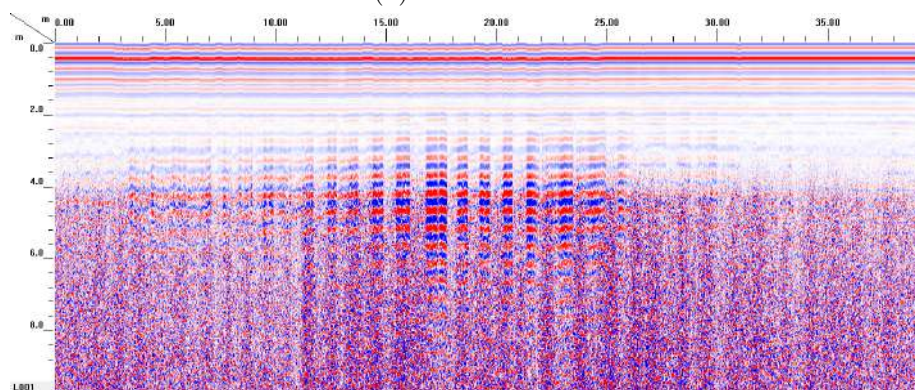


(a)

Figura 15: Percorso e scansioni GPR effettuate nell'area 7.



(b)



(c)

Figura 15: (continua) Percorso e scansioni GPR effettuate nell'area 7.

4 CONCLUSIONI

Da quanto riportato appare evidente la possibilità che nell'area in esame siano presenti numerose regioni di caratteristiche fisiche differenti dal resto del sottosuolo. In queste zone sarebbe opportuno effettuare ulteriori indagini al fine di verificare la presenza di depositi di amianto e derivati o di sversamenti abusivi di altra natura, probabilmente mescolati a materiale incoerente.

Fra tutte le aree scansionate del sito, le aree indicate con i numeri 1 e 3 appaiono particolarmente significative e meritevoli di ulteriori indagini.