

Relazione sito Gravina in Puglia, Bari

40°48'13.00"N, 16°25'13.56"E

Indagine eseguita l'8 Luglio 2014



S. Maggi, C. Massarelli, D. Bruno

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 materiali sversati abusivamente e mescolati a materiale incoerente.

Indice

1	Localizzazione del sito	3
2	Inquadramento geologico ed idrogeologico	6
3	Confronto ortofotografico e cambiamenti territoriali	9
4	Aspetto attuale del sito	13
5	Caratterizzazione del sito mediante misure GPR	15
5.1	Area 1	18
5.2	Area 2	24
5.3	Area 3	26
5.4	Altre scansioni	28
6	Conclusioni	30

1 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

Il sito indagato, corrispondente alle particelle 341 e 435 Foglio Catastale N° 117 e avente coordinate geografiche 40°48'13.00"N, 16°25'13.56"E, rientra nel Comune di Gravina in Puglia, Bari, e si trova appena al di fuori del confine meridionale del centro abitato ad una quota di circa 287 m s.l.m. sulle Murge Pugliesi (Figura 1).

Il sito si trova nei pressi di due cave, di cui almeno una probabilmente in disuso, localizzate a Nord-Ovest e ad Est del sito stesso e – date le caratteristiche geomorfologiche del sito – è probabile che nel recente passato sia stato anch'esso sede di attività estrattive analogamente ai siti suddetti (Figura 2).

L'ipotesi di lavoro alla base di questa indagine è proprio quella di verificare se la cava già presente nel sito indagato, al termine del suo utilizzo non sia stata parzialmente riempita con materiali sversati abusivamente ed eventualmente dannosi per la salute pubblica.

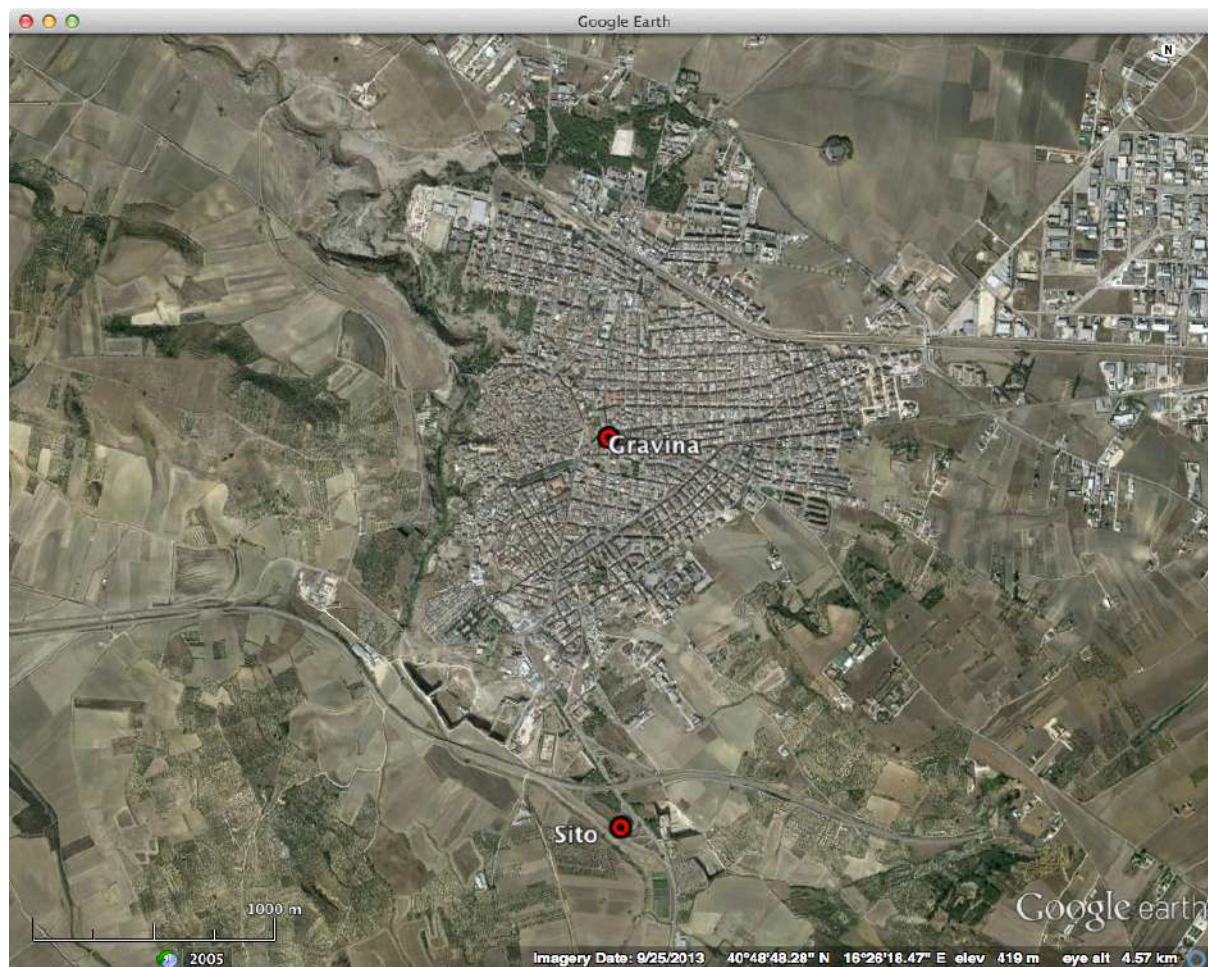


Figura 1: Centro abitato del comune di Gravina in Puglia e posizione del sito indagato.



Figura 2: Cave in prossimità del sito. Le frecce indicano la posizione delle due cave ad Ovest e ad est del sito indagato.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Le litologie presenti nell'area comprendente il sito sotto indagine sono in sequenza stratigrafica dal basso: calcari del Cretaceo, depositi fluviolacustri Pliocenici e Pleistocenici, calcari, sabbie e conglomerati e argille del Pleistocene (Figura 3).

Il sito ricade esattamente nella porzione in cui affiorano depositi sedimentari pleistocenici, riferibili a sistemi deposizionali transizionali (deltizi e costieri) ed a sistemi continentali (piane alluvionali), posti tra loro in rapporto di continuità o di disconformità (contatto erosivo). Presentano spessori variabili tra i 20 ed i 130 m e costituiscono corpi progradanti verso NE, E e SE, a seconda della posizione occupata nel bacino.¹

Dal punto di vista strutturale tutta l'area è considerata come un *horst* in cui si rilevano diverse famiglie di faglie sub-verticali (Figura 4), di cui quelle Nord-Ovest – Sud-Est sarebbero la caratteristica tettonica di maggior rilievo.²

Il reticolo idrografico presenta corsi d'acqua effimeri che hanno inciso valli, chiamate *lame*, quasi sempre prive di acqua tranne che in occasione di eventi pluviometrici intensi. Il sito in questione ricade nel Bacino del Fiume Bradano, ed è costeggiato a sud ovest dal Torrente Gravina.

¹M. Lizzani, Il comportamento tettonico e sedimentario del bacino d'avanfossa Bradanica durante il Pleistocene inferiore. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., LXXVII, pp. 61 – 76 (2008).

²M. Tozzi, Assetto tettonico dell'avampaese apulo meridionale (Murge meridionali-Salento) sulla base dei dati strutturali. Geologica Romana, vol. 29, pp. 95 – 111 (1993).

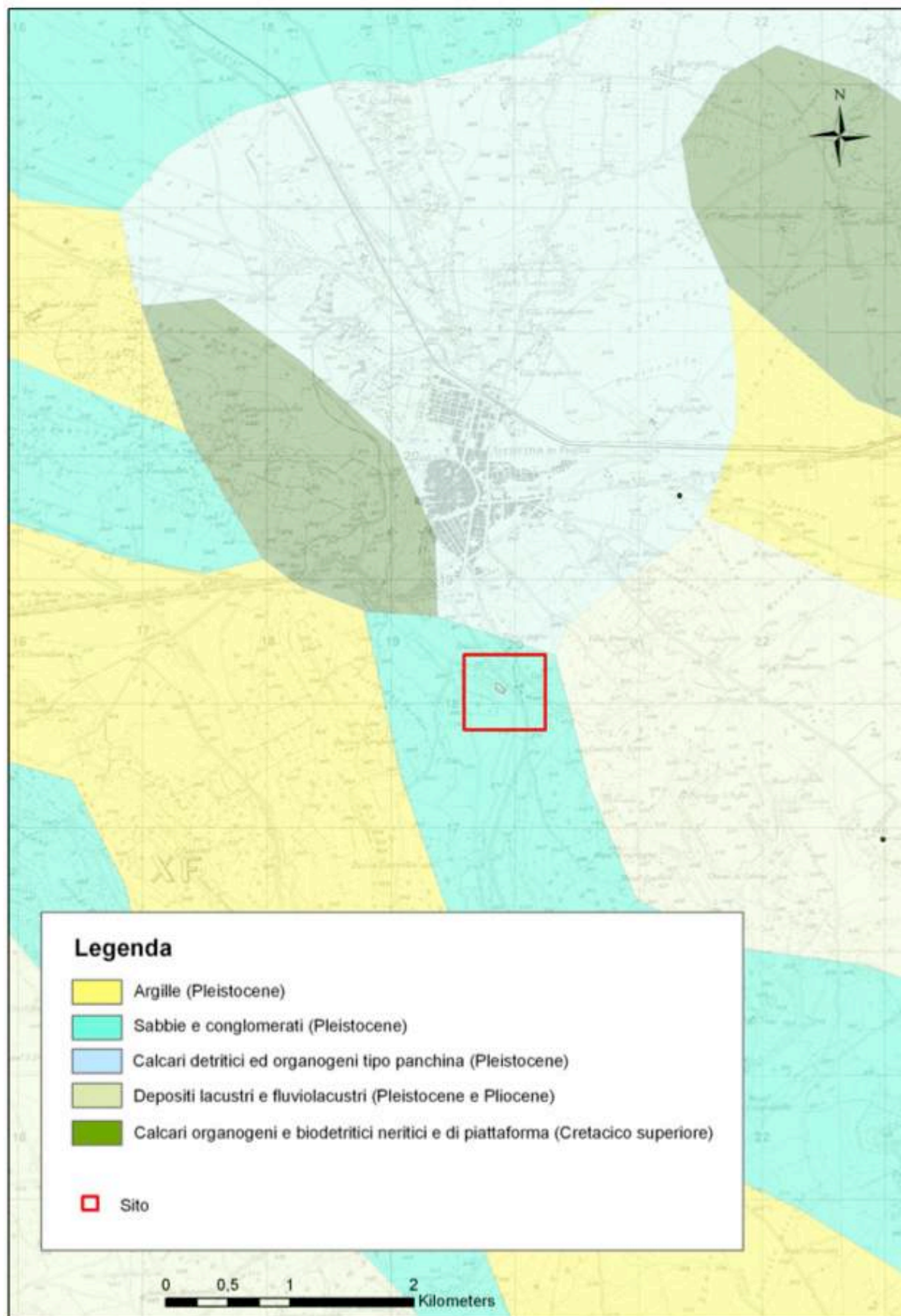


Figura 3: Inquadramento geologico dell'area.

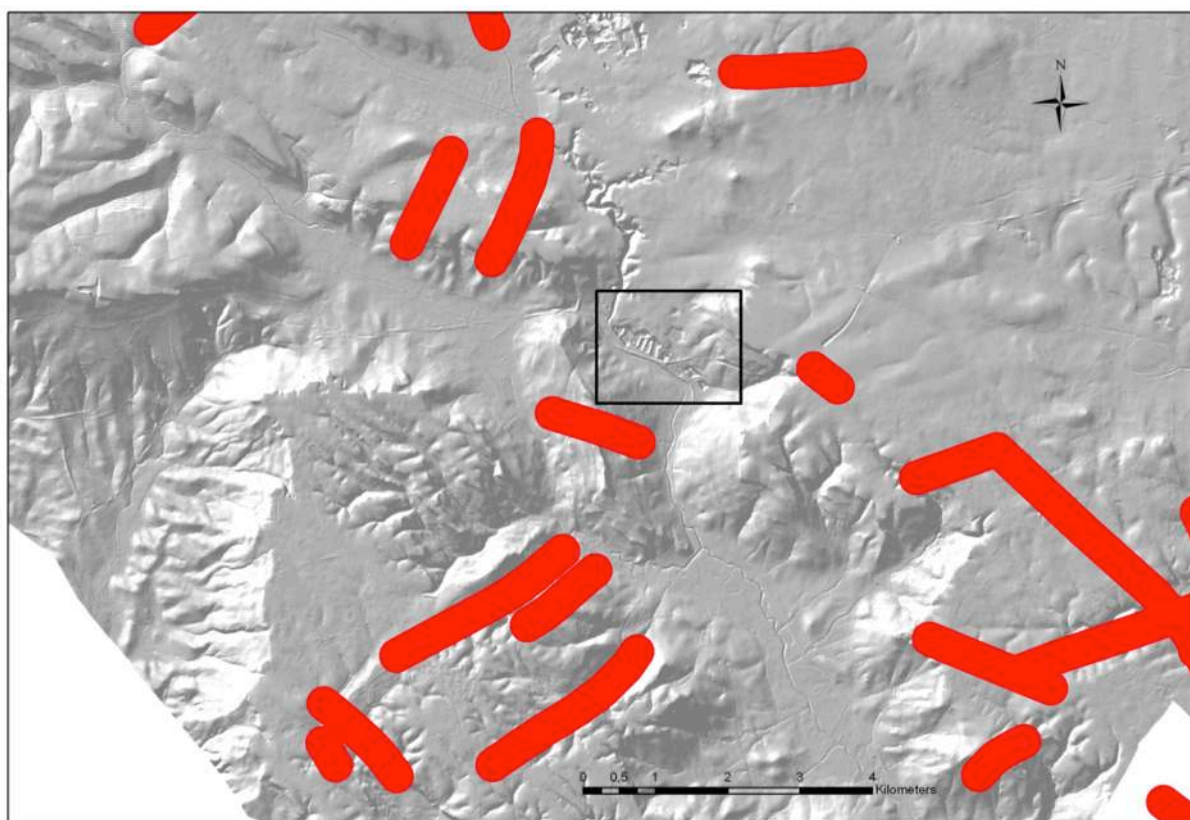


Figura 4: Lineamenti tettonici dell'area comprendente il sito sotto indagine.

3 CONFRONTO ORTOFOTOGRAFICO E CAMBIAMENTI TERRITORIALI

Dalla carta topografica emerge la presenza di due cave nelle immediate vicinanze del sito indagato, la più piccola a Nord-Ovest e la più grande a Est del sito stesso (Figura 5). Una cava di dimensioni minori sembra presente nell'area del sito stesso (Figura 6(a)).

L'osservazione delle ortofoto dal 1997 al 2011 (Figura 6) mostra che già nel 1997 è presente un fabbricato nell'area del sito (4). Inoltre fra il 1997 e il 2006 l'area nelle immediate vicinanze del sito viene fortemente rimaneggiata costruendo nuove strade di scorrimento al posto delle strade locali preesistenti.

Nello stesso periodo temporale nell'area evidenziata in rosso scompare una strada di accesso al fabbricato e viene realizzato un nuovo passaggio che, dalla via principale a monte, consente l'ingresso all'immobile. Inoltre, l'area nuda della prima foto appare dal 2006 completamente coperta da vegetazione.

Dall'osservazione della foto del 2011 non si evincono cambiamenti successivi consistenti (Figura 6(c)).

Ulteriori conferme a queste considerazioni informazioni si ricavano osservando delle immagini tratte dal servizio Google Earth (Figura 7).

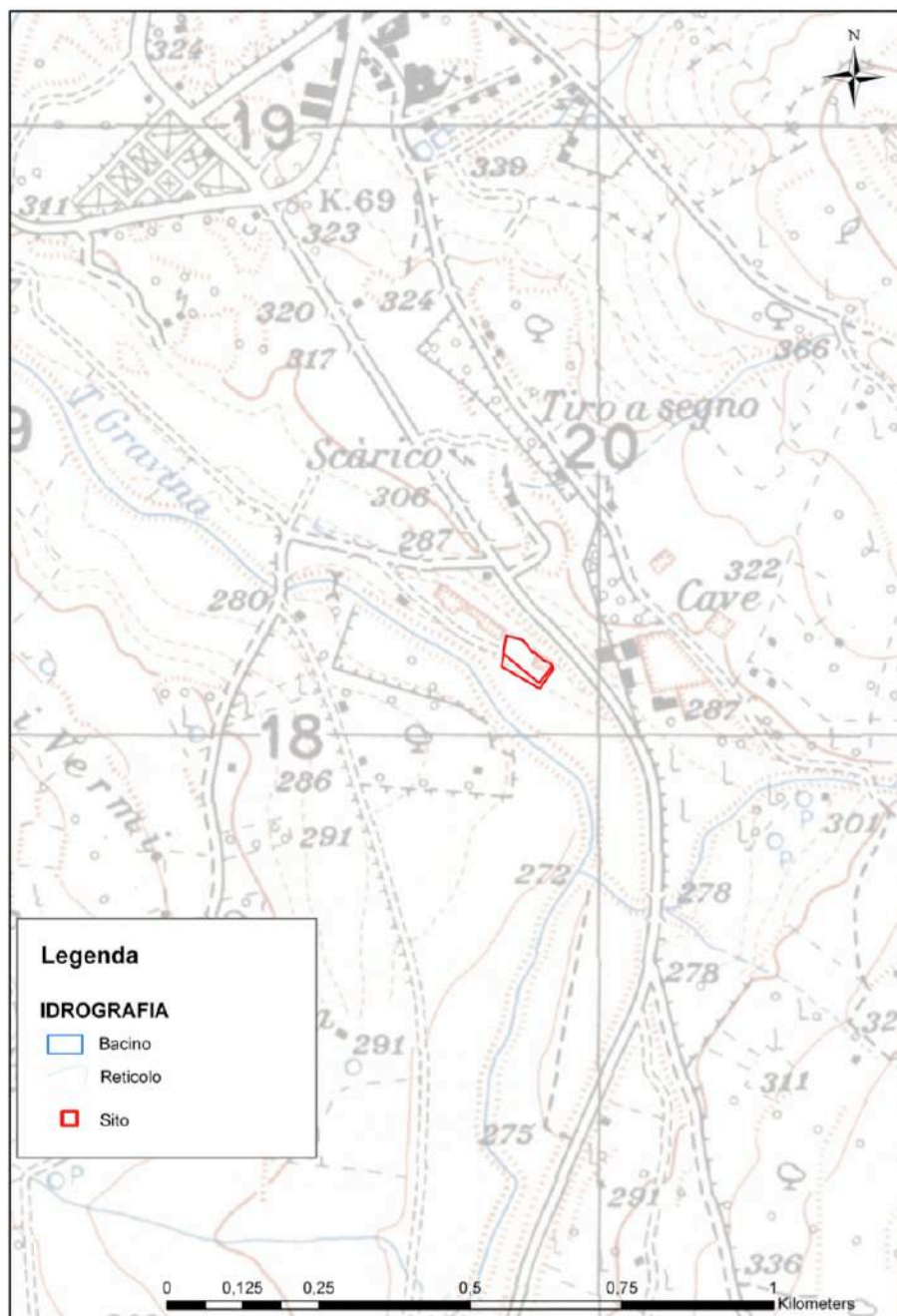


Figura 5: Localizzazione topografica del sito.



Figura 6: Fotografie satellitari del sito dal 1997 ad oggi. Le immagini sono state scattate negli anni: (a) 1997, (b) 2006, (c) 2011. (d) Confronto tra la carta topografica (probabilmente risalente agli anni '60) e l'ortofoto del 1997. Le frecce indicano le vie di accesso.



(a)



(b)



(c)

Figura 7: Fotografie satellitari del sito dal 2005 ad oggi. Le immagini sono tratte da Google Earth e state scattate nei giorni: (a) 23 aprile 2005, (b) 13 maggio 2010, (c) 25 settembre 2013.

4 ASPETTO ATTUALE DEL SITO

Oggi il sito appare completamente abbandonato. L'area del sito è coperta di vegetazione spontanea piuttosto rada e di svariati cumuli di materiale di scarto, mescolati a rami e tronchi d'albero. Si nota una costruzione in pessimo stato di conservazione e con segni evidenti di cedimenti strutturali. Sul lato Nord-Ovest del sito è presente un enorme cumulo – di circa 115 – 130 metri di lunghezza, oltre 20 metri di larghezza e 3 – 4 metri di altezza – coperto di una fitta vegetazione spontanea. La Figura 8 mostra alcune immagini del sito scattate nel corso di questa indagine.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 8: Immagini attuali del sito.

5 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 sottosuolo e la presenza di settori con caratteristiche elettromagnetiche differenti dal resto dell'area in esame, che potrebbero essere associate alla presenza di depositi di materiali sversati abusivamente.

Per questa indagine sono state utilizzate due diverse antenne. La prima emette un segnale a microonda centrato intorno alla frequenza di 400 MHz, con una lunghezza d'onda corrispondente $\lambda = 0.75$ m. L'antenna è stata accoppiata al sistema di controllo e data logger GSSI SIR-3000 e ad un trasduttore di posizione che consente di misurare la posizione assoluta dell'antenna nel corso della scansione GPR.

La profondità massima raggiungibile con questa antenna dipende fortemente dalle caratteristiche del sottosuolo. Nei casi più favorevoli l'antenna è in grado di misurare un segnale GPR a basso contenuto di rumore fino a 3 – 4 m al di sotto delle superficie del terreno.

La seconda antenna utilizzata in questa indagine, modello GPR SUBECHO SE-40, 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. In questa modalità l'antenna viene trasportata ad una velocità costante e viene misurato il tempo impiegato ad effettuare una scansione GPR. Misurando la distanza percorsa nel corso di ciascuna scansione, ad esempio tramite GPS, è possibile calcolare la posizione istantanea dell'antenna nel corso della scansione.

Per questa antenna sono state utilizzate due differenti configurazioni dei parametri di misura allo scopo di riuscire a raggiungere una profondità maggiore nel corso delle operazioni effettuate sul cumulo localizzato sul lato Nord-Ovest del sito.

Anche in questo caso la profondità massima raggiungibile con questa antenna dipende fortemente dalle caratteristiche del sottosuolo. In casi particolarmente favorevoli l'antenna è in grado di misurare un segnale GPR ancora utilizzabile fino a 35 m al di sotto delle superficie del terreno.

Sono state effettuate un totale di 11 scansioni, tutte approssimativamente in direzione Nord-Ovest – Sud-Est. Le scansioni hanno interessato un'area di circa $200 \times 20 = 4.000$ m², per un totale di oltre 750 metri lineari, e si sono focalizzate in 3 aree diverse del sito.

Area 1 Zona antistante la costruzione, nella quale sono state effettuate 5 scansioni GPR in direzioni opposte con antenna da 400 MHz. Queste scansioni sono identificate nel seguito con le sigle #1 – #5.

Area 2 Zona laterale sul lato Ovest della costruzione, nella quale sono state effettuate 2 scansioni GPR in direzioni opposte con antenna da 400 MHz. Queste scansioni sono identificate nel seguito con le sigle #6 – #7.

Area 3 Zona sovrastante il cumulo sul lato Nord-Ovest, nella quale sono state effettuate 2 scansioni GPR in direzioni opposte con antenna da 40 MHz. Queste scansioni sono identificate nel seguito con le sigle #8 – #9.

Sono inoltre state effettuate due ulteriori scansioni nella stessa direzione con antenna da 40 MHz, identificate con le sigle #10 e #11, la prima nel corso della discesa del cumulo, la seconda nella zona antistante la costruzione. Tali scansioni sono risultate poco significative e pertanto verranno riportate nel seguito senza effettuarne una analisi dettagliata.

Le tracce percorse nel corso di ciascuna scansione, determinate tramite sistema GPS, sono mostrata in Figura 9. Un simbolo numerico e colori differenti identificano le scansioni effettuate in ciascuna delle tre aree e considerate.

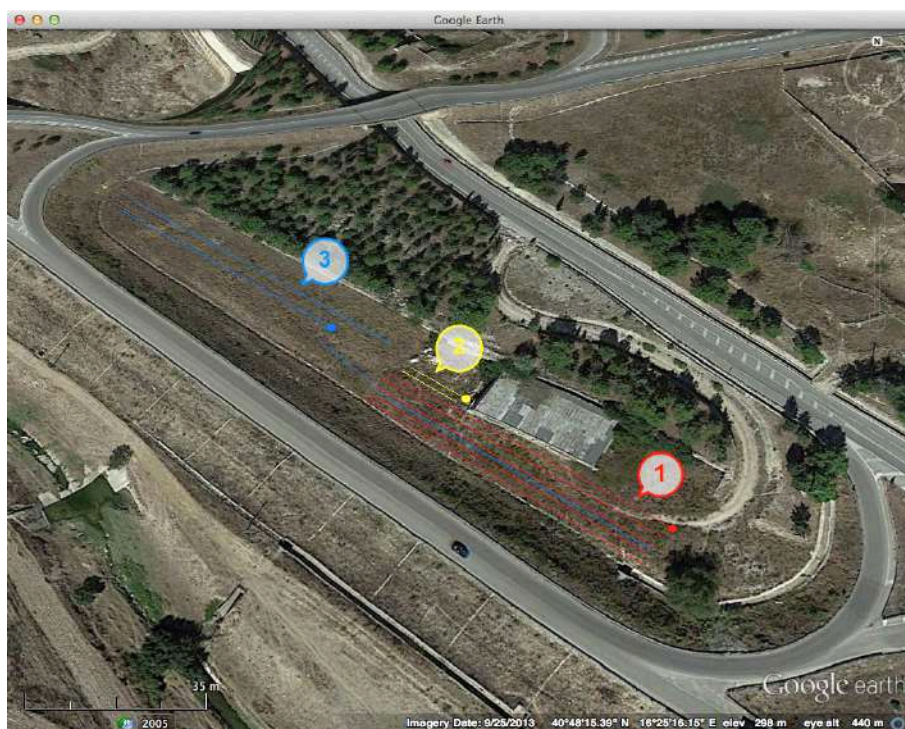


Figura 9: Posizione delle aree scansionate e tracce percorse, determinate tramite sistema GPS.

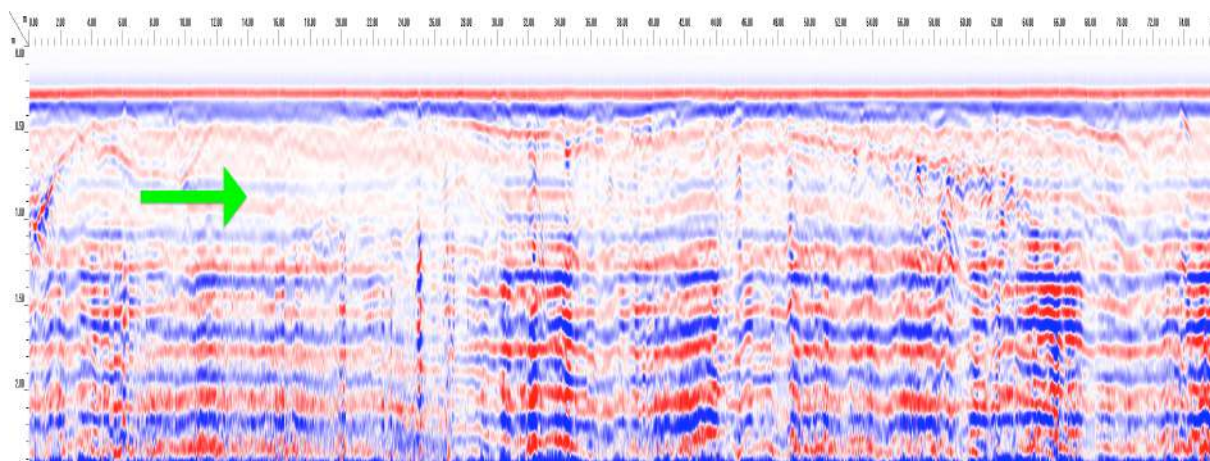
5.1 AREA 1

Quest'area comprende tutta la zona antistante la costruzione, nella quale sono state effettuate 5 scansioni GPR in direzioni opposte, con antenna da 400 MHz. L'origine delle scansioni effettuate in quest'area è indicata con un cerchio rosso in Figura 9.

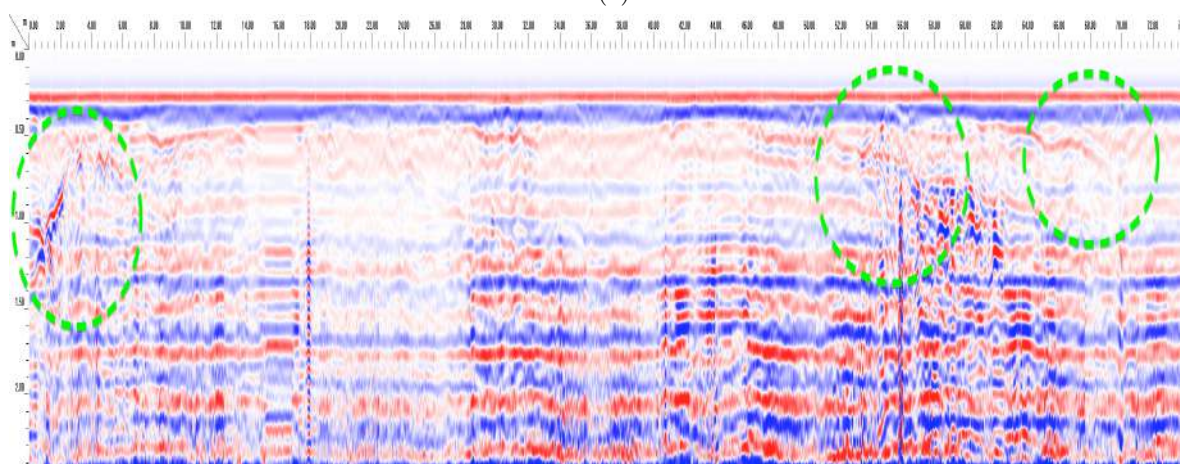
Le immagini delle scansioni GPR (dette anche radargrammi) effettuate in quest'area sono mostrate in Figura 10. La dimensione orizzontale dei radargrammi è proporzionale alla lunghezza del percorso effettuato nel corso di ciascuna scansione. Per facilitare il confronto fra le diverse scansioni, queste sono state rielaborate in modo che avessero tutte stesso verso e stessa origine dell'asse orizzontale.

Le scansioni #1 – #5 sono state analizzate allo scopo di ricostruire la struttura tridimensionale del segnale riflesso nel sottosuolo. Tutte le scansioni effettuate in quest'area presentano caratteristiche comuni:

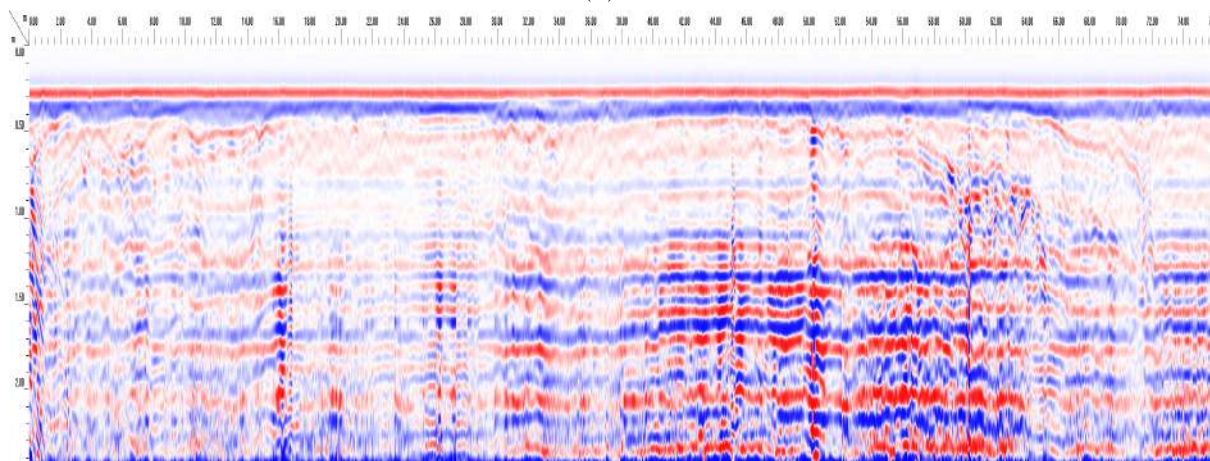
- Strato superficiale spesso circa mezzo metro ed esteso per tutto il percorso di ciascuna misura dove il segnale GPR appare fortemente attenuato rispetto al resto della scansione. Lo strato superficiale è indicato con una freccia verde in Figura 10(a). Si può ipotizzare che ciò indichi la presenza di uno strato relativamente omogeneo di materiale a conducibilità elettrica relativamente alta, ad esempio argilla o un materiale ad alto contenuto salino. Si ricorda qui che la conducibilità elettrica di un materiale è l'inverso della sua resistività: definire quindi un materiale ad alta conducibilità elettrica equivale a dire che presenta una bassa resistività al passaggio della corrente.
- Al di sopra di questo strato superficiale di segnale GPR attenuato si nota una estesa struttura a "cupola" in cui il segnale GPR appare molto più intenso. Tale struttura presenta un fronte di salita nel tratto iniziale e due o più fronti di discesa nel tratto finale di ciascuna scansione. Alcuni esempi sono evidenziati con frecce di colore verde in Figura 10(b). Una struttura di questo tipo è associabile alla presenza nel sottosuolo di uno strato esteso e ben circoscritto con proprietà elettriche differenti da quelle del resto del materiale circostante, a conferma di quanto detto al punto precedente.
- Segnale GPR piuttosto intenso e relativamente omogeneo, in corrispondenza della costruzione e a partire da 1 metro di profondità. Sono anche presenti tratti verticali e ben distinti dove il segnale appare attenuato. Quanto più ci si allontana dalla costruzione (passando quindi dalla traccia #1 alla #3) l'area a segnale intenso diventa sempre meno estesa (Figura 10(a)-(c)), per tornare ad allargarsi in corrispondenza della scansione #4 (Figura 10(d)). L'ultima scansione, la più lontana dalla costru-



(a)



(b)



(c)

Figura 10: Radargrammi delle scansioni GPR effettuate nell'area 1 del sito in esame: (a) scansione #1, (b) scansione#2, (c) scansione #3, (d) scansione#4, (e) scansione #5. La dimensione orizzontale delle immagini è proporzionale alla lunghezza del percorso di ciascuna scansione.

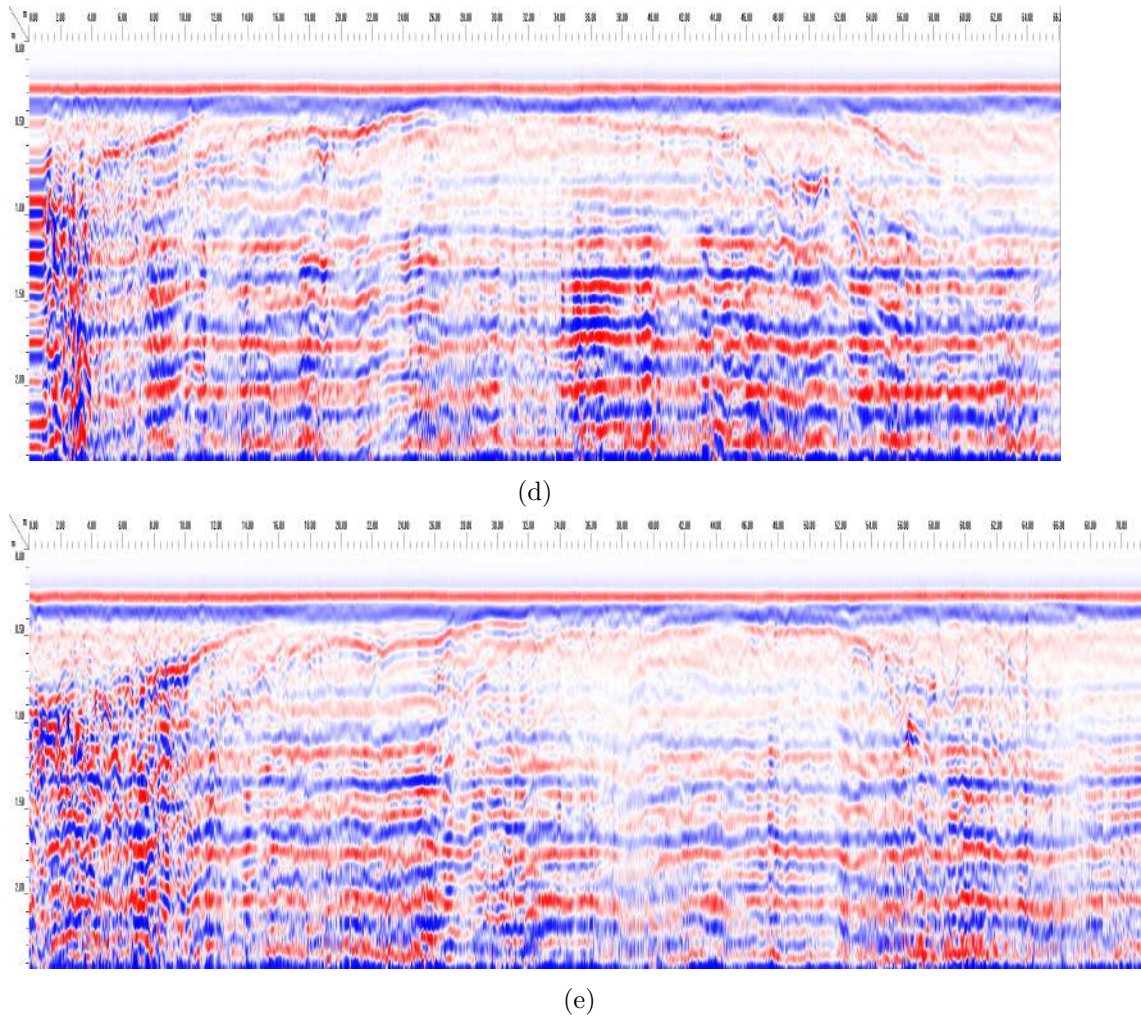


Figura 10: Radargrammi delle scansioni GPR effettuate nell'area 1 del sito in esame: (a) scansione #1, (b) scansione#2, (c) scansione #3, (d) scansione#4, (e) scansione #5. La dimensione orizzontale delle immagini è proporzionale alla lunghezza del percorso di ciascuna scansione.

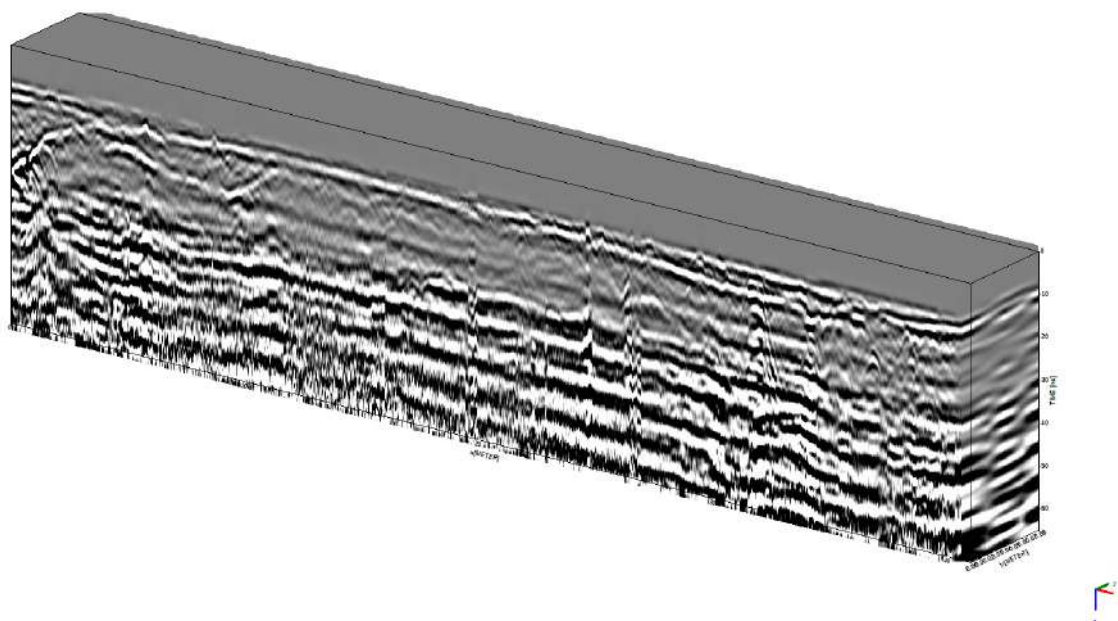
zione e relativamente vicina ad un canale di scolo parallelo alla traccia percorsa, appare nel complesso relativamente attenuata rispetto al resto (Figura 10(e)). Si può ipotizzare quindi che al di sotto di 1 metro di profondità siano presenti settori estesi a bassa conducibilità elettrica (segnale più intenso) inframmezzate da settori a maggiore conducibilità (segnale più debole). La lunghezza di questi settori è compresa fra circa 3 e 8 metri. Sia i settori meno conduttivi che quelli più conduttivi si estendono a partire da 1 m al di sotto della superficie e fino alla massima profondità raggiungibile nelle condizioni sperimentali utilizzate per queste misure.

- La presenza di piccole strutture a cupola (pur se meno evidenti) nei settori a segnale più intenso al di sotto di 1 metro di profondità può essere associata alla presenza di una serie di volumi circoscritti di materiale inseriti nella matrice estesa a bassa conducibilità.

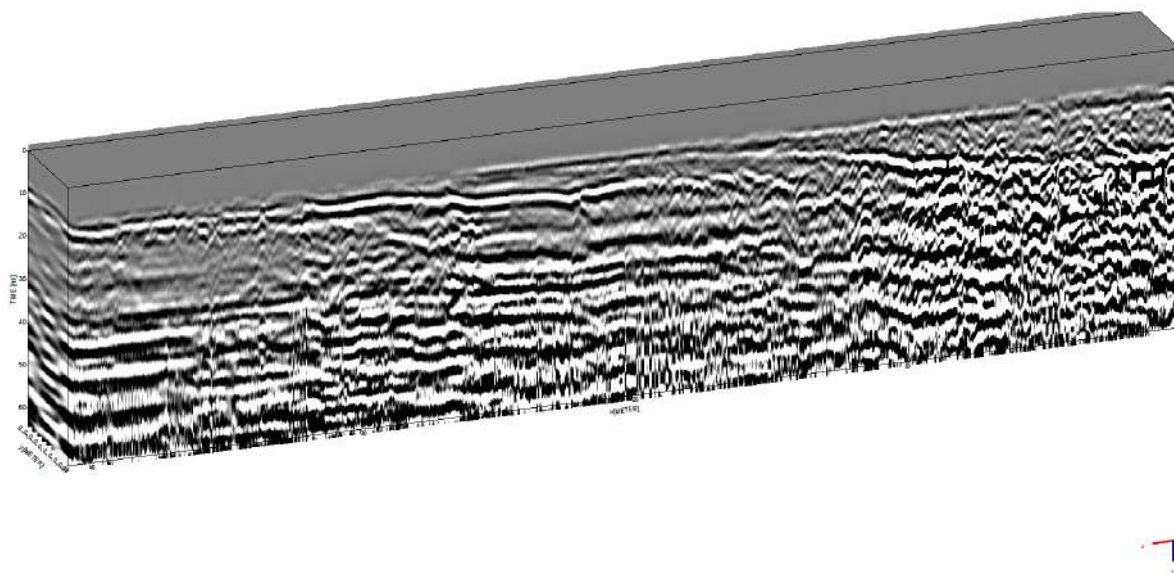
La Figura 11 mostra una immagine pseudo-tridimensionale delle scansioni dell'area 1. È evidente una distinzione netta fra il volume superiore (in grigio) dove il segnale GPR è molto più debole e le aree più profonde in cui il segnale misurato è molto più intenso (corrispondente alle zone più scure e più chiare nella Figura 11). Si nota anche chiaramente la forma e l'estensione delle strutture a "cupola" osservate.

Allo scopo di mostrare in modo più evidente le differenze fra lo strato superficiale ad alta conducibilità ed il resto del sottosuolo indagato, le scansioni GPR sono state interpolate e filtrate, ottenendo i risultati mostrati in Figura 12.

Nella prima immagine si è messa in evidenza la struttura dello strato più superficiale dell'area indagata, fino a circa 1 m di profondità (Figura 12(a)), nella seconda di rappresentare al meglio i risultati delle misure nello strato più profondo (Figura 12(b)). Nelle immagini sono evidenti le zone più chiare dove il segnale riflesso è più debole e quelle più scure dove il segnale riflesso è più intenso. È evidente la presenza della struttura a "cupola" estesa per quasi tutta la lunghezza della scansione a cui si è fatto cenno in precedenza.

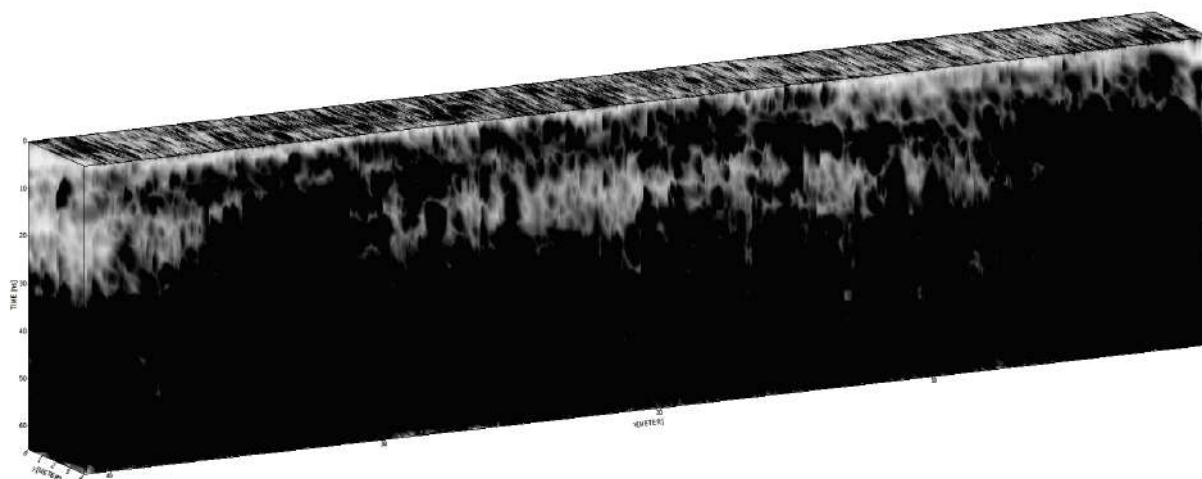


(a)

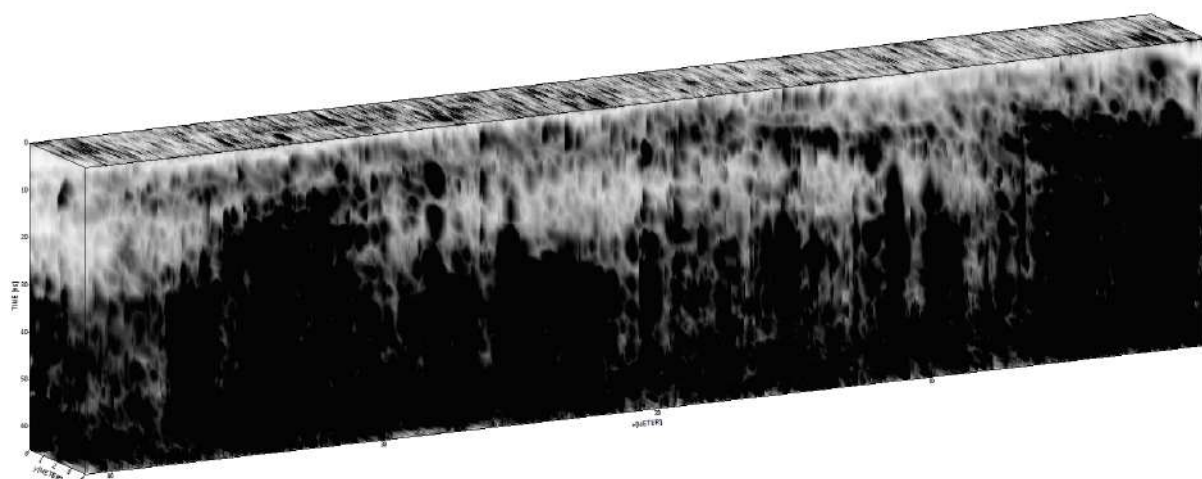


(b)

Figura 11: Immagine pseudo-tridimensionale delle scansioni GPR effettuate nell'area 1. (a) Scansione #1, (b) scansione #5.



(a)



(b)

Figura 12: Immagini tridimensionali interpolate e filtrate delle scansioni GPR nell'area 1.

5.2 AREA 2

Quest'area comprende il lato Nord-Ovest della costruzione, nella quale sono state effettuate 2 scansioni GPR in direzioni opposte, con antenna da 400 MHz. L'origine delle scansioni effettuate in quest'area è indicata con un cerchio giallo in Figura 9.

Le immagini delle scansioni GPR (radargrammi) effettuate in quest'area sono mostrate in Figura 13. La dimensione orizzontale dei radargrammi è proporzionale alla lunghezza del percorso effettuato nel corso di ciascuna scansione. Per facilitare il confronto fra le diverse scansioni, queste sono state rielaborate in modo che avessero tutte stesso verso e stessa origine dell'asse orizzontale.

Per quest'area si possono trarre conclusioni del tutto analoghe a quanto rilevato per l'area 1. È evidente anche qui la presenza di uno strato superiore a più alta conducibilità elettrica sovrapposto ad un'area più resistiva contenente tratti verticali ben distinti di segnale più attenuato. In superficie sono presenti più strutture a "cupola" associabili ai diversi settori verticali profondi in cui il segnale è più debole o più intenso.

La Figura 14 mostra una ricostruzione tridimensionale delle scansioni acquisite in quest'area. È evidente la notevole differenza di intensità del segnale riflesso in superficie rispetto a quello riflesso dagli strati più profondi.

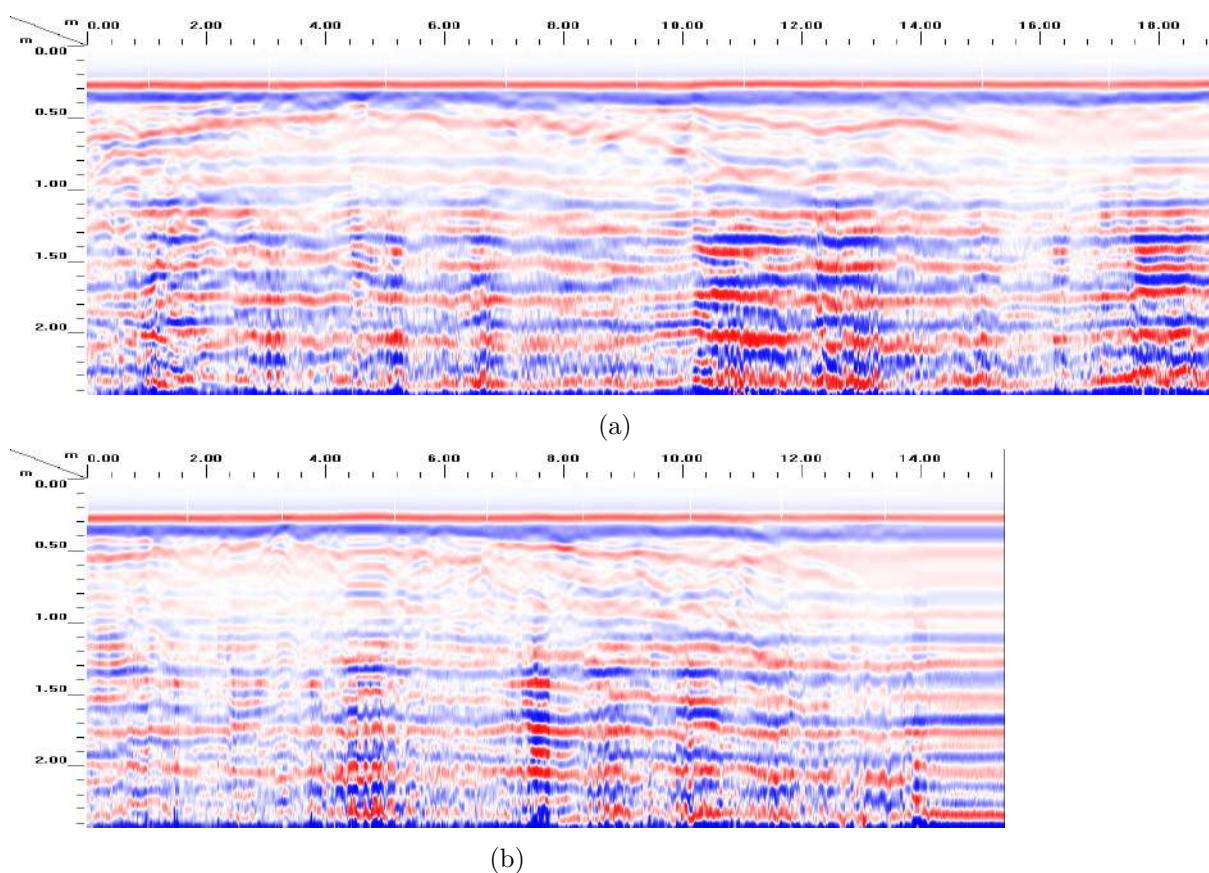


Figura 13: Radargrammi delle scansioni GPR effettuate nell'area 2 del sito in esame: (a) scansione #6, (b) scansione#7. La dimensione orizzontale delle immagini è proporzionale alla lunghezza del percorso di ciascuna scansione.

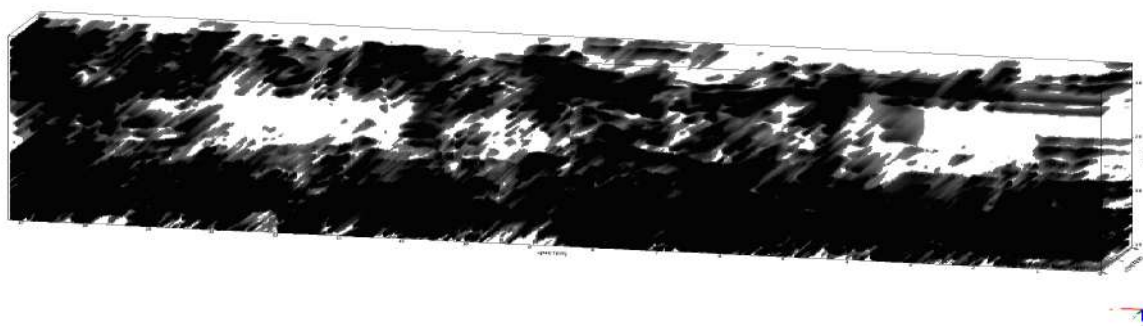


Figura 14: Immagine tridimensionali delle scansioni GPR nell'area 2.

5.3 AREA 3

Quest'area comprende il cumulo a Nord-Ovest del sito, nella quale sono state effettuate 2 scansioni GPR in direzioni opposte, con antenna da 40 MHz. L'origine delle scansioni effettuate in quest'area è indicata con un cerchio azzurro in Figura 9.

Le immagini delle scansioni GPR (radargrammi) effettuate in quest'area sono mostrate in Figura 15. La dimensione orizzontale dei radargrammi è proporzionale alla lunghezza del percorso effettuato nel corso di ciascuna scansione. Per facilitare il confronto fra le diverse scansioni, queste sono state rielaborate in modo che avessero tutte stesso verso e stessa origine dell'asse orizzontale.

La scansione #8 raggiunge una profondità massima di poco più di 5 metri. Le misure mostrano la presenza di strati apparentemente omogenei per tutta la lunghezza della traccia. Si notano comunque continue variazioni di fase del segnale GPR misurato – visibili come tratti più o meno intensi dello stesso colore, in particolare ad una profondità compresa fra circa 1.6 e 3.2 metri, corrispondente al riflesso di colore blu chiaro in Figura 15(a) – che indicano la presenza di settori di caratteristiche elettriche disomogenee.

Tale conclusione è supportata dal fatto che le immagini originali delle scansioni mostrano chiaramente la presenza, all'interno del riflesso di colore blu chiaro, di un segnale quasi periodico con la caratteristica forma a "cupola". Ciò potrebbe indicare la presenza di un gran numero di strutture sepolte in modo quasi regolare ad una profondità di circa 2 metri dalla superficie del cumulo, lunghe pochi metri e separate fra loro da materiale di caratteristiche fisiche piuttosto differenti.

Prima di effettuare la scansione #9 sono state modificate alcune impostazioni dell'antenna a 40 MHz che hanno consentito di raggiungere una profondità poco superiore a 10 metri, circa il doppio della profondità massima raggiunta nel corso della scansione #8.

La Figura 15(b) mostra che anche con le nuove impostazioni al di sotto dei 5 metri predomina il rumore che rende impossibile discernere con chiarezza la struttura delle riflessioni generate dal segnale GPR.

I nuovi parametri permettono però di visualizzare con maggiore chiarezza rispetto alla traccia #8 i riflessi quasi periodici a forma di "cupola", presenti sia nella traccia di colore blu chiaro nell'intervallo 2.5 – 4.0 metri che in quella rosso chiaro fra 4.0 e 5.5 metri, confermando le ipotesi avanzate poco sopra.

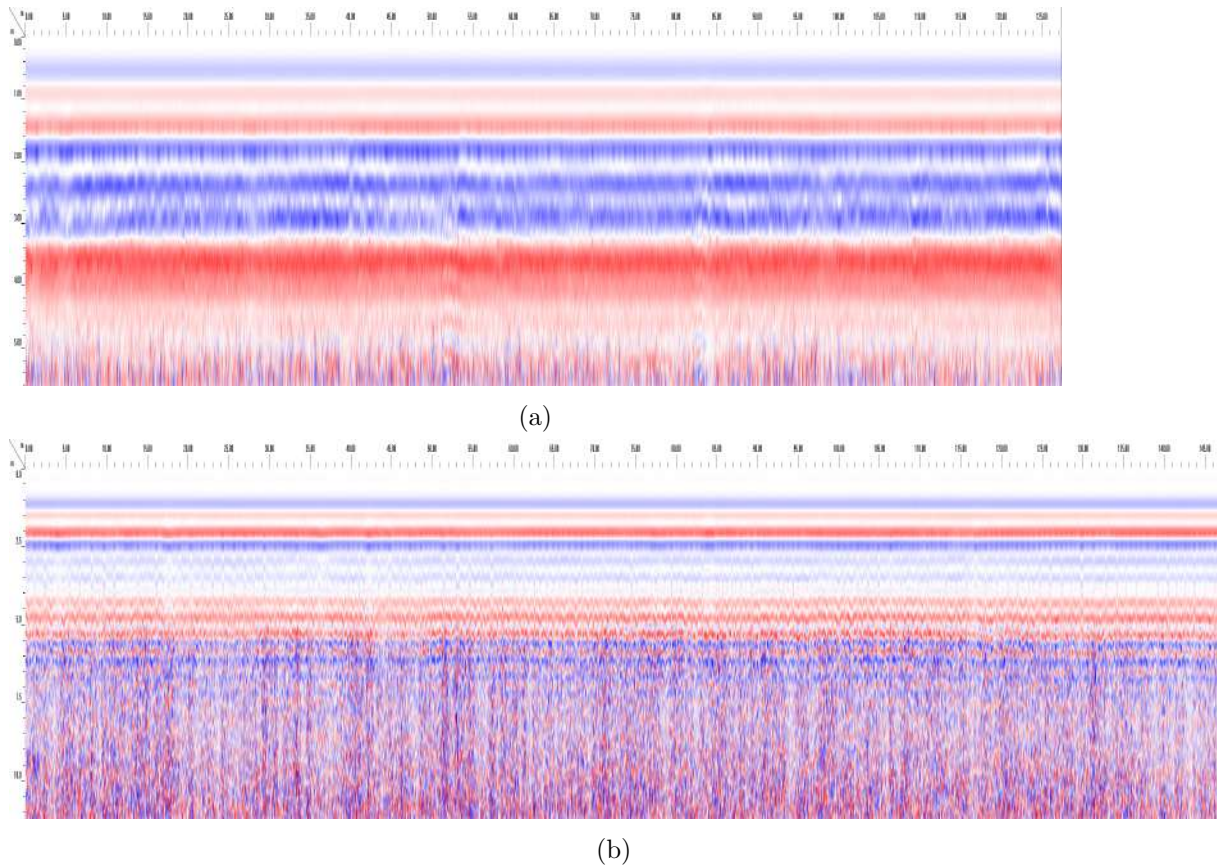


Figura 15: Radargrammi delle scansioni GPR effettuate nell'area 3 del sito in esame: (a) scansione #8, (b) scansione #9. La dimensione orizzontale delle immagini è proporzionale alla lunghezza reale di ciascuna scansione.

5.4 ALTRE SCANSIONI

Sono state effettuate due ulteriori scansioni con antenna da 40 MHz, identificate con le sigle #10 e #11, la prima nel corso della discesa del cumulo, la seconda nella zona antistante la costruzione. Tali scansioni sono mostrate in Figura 16. Le scansioni sono state rielaborate in modo da avere verso e origine dell'asse orizzontale coincidente con quello delle scansioni di Figura 10 e Figura 15.

Per quanto riguarda la prima scansione, si notano una serie di strutture "impulsive" connesse probabilmente ai movimenti effettuati nel corso della discesa. La scansione di Figura 16(b) mostra invece chiaramente la perdita di dettaglio dovuta all'antenna da 40 MHz rispetto a quanto ottenuto con l'antenna centrata sulla frequenza di 400 MHz.

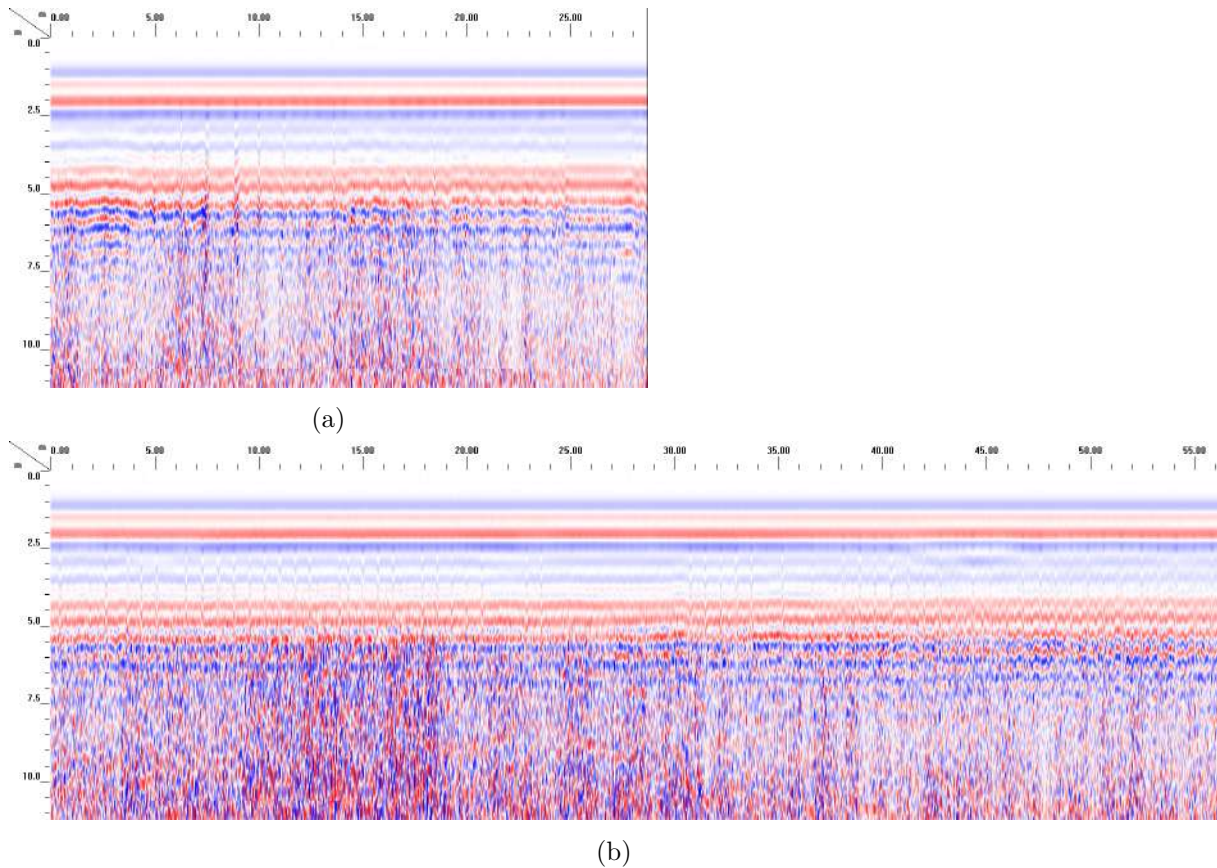


Figura 16: Ulteriori scansioni GPR effettuate nel sito in esame: (a) scansione #10, nel corso della discesa dal cumulo, (b) scansione#11, nella zona antistante la costruzione. La dimensione orizzontale delle immagini è proporzionale alla lunghezza reale di ciascuna scansione.

6 CONCLUSIONI

Da quanto riportato appare evidente la possibilità che nel sito in esame siano presenti ampi volumi sepolti di caratteristiche fisiche ben diverse dallo strato superficiale, che appare costituito da materiale ad alta conducibilità elettrica. Tali volumi appaiono separati fra loro da ampie zone di materiale differente e meno conduttivo.

Ulteriori indagini potrebbero verificare se tali volumi non siano associabili a depositi di materiale sversato abusivamente, separati fra loro da materiale incoerente e protetti in superficie da uno strato argilloso.

In particolare le aree indicate con i numeri 1 e 2 appaiono particolarmente significative e meritevoli di ulteriori approfondimenti.