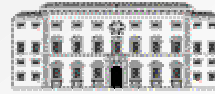


WORKSHOP
GIS PER LA TUTELA E VALORIZZAZIONE DEI BENI AMBIENTALI E STORICO-CULTURALI



Palazzo Fenzi, via San Gallo 10

Firenze 25 Maggio 2001

Impiego di metodologie integrate per lo studio di
siti archeologici: *alcuni esempi rappresentativi*

Francesca Colosi - Roberto Gabrielli

ITABC-CNR

Via Salaria Km 29,300

CP 10 – 00016 Monterotondo (RM)

francesca.colosi@milib.cnr.it

roberto.gabrielli@milib.cnr.it

Lo studio:

La conoscenza del Bene Culturale non può prescindere dallo studio e dalla conoscenza del suo rapporto con il territorio che lo contiene.

L'obiettivo:

Utilizzare metodologie integrate per la ricostruzione del Paesaggio Storico.

Le metodologie:

Acquisizione dati di diversa natura (Storici, Archeologici Geofisici e Geomorfologici) e mutuamente correlati nello spazio utilizzando un Geographical Information System (GIS)

Descrizione di quattro casi di studio:

- **Necropoli Sabina di Colle del Forno (Eretum, Roma)**; indirizzare lo scavo attraverso la lettura integrata di dati eterogenei. Caso di un sito delimitato nello spazio.
- **Colle Breccioso (Borgorose, Rieti)**; ricostruzione ed interpretazione di un sito di interesse archeologico individuato con la ricognizione di superficie (ma non interpretato con certezza).
- **Cuma (Napoli)**; ricostruzione spaziale delle strutture e di dati eterogenei per la comprensione e la definizione territoriale di un'area archeologica.
- **Petra (Giordania)**; ricostruzione ed interpretazione di un sito archeologico, su scala territoriale, per lo studio del fenomeno dell'incastellamento in epoca medioevale.

PROGETTO INTEGRATO

ANALISI DEL TERRITORIO di COLLE del FORNO e SCAVO della NECROPOLI

Coordinamento archeologico: Dott.ssa Paola Santoro IAEI

Programma: *Integrazione di metodi di prospezioni ad alta risoluzione applicati alle indagini nella necropoli di Colle del Forno. (S.Piro – ITABC)*

Implementazione di un Sistema Informativo Territoriale
per lo studio del sito archeologico di Colle del Forno
Dott. Roberto Gabrielli

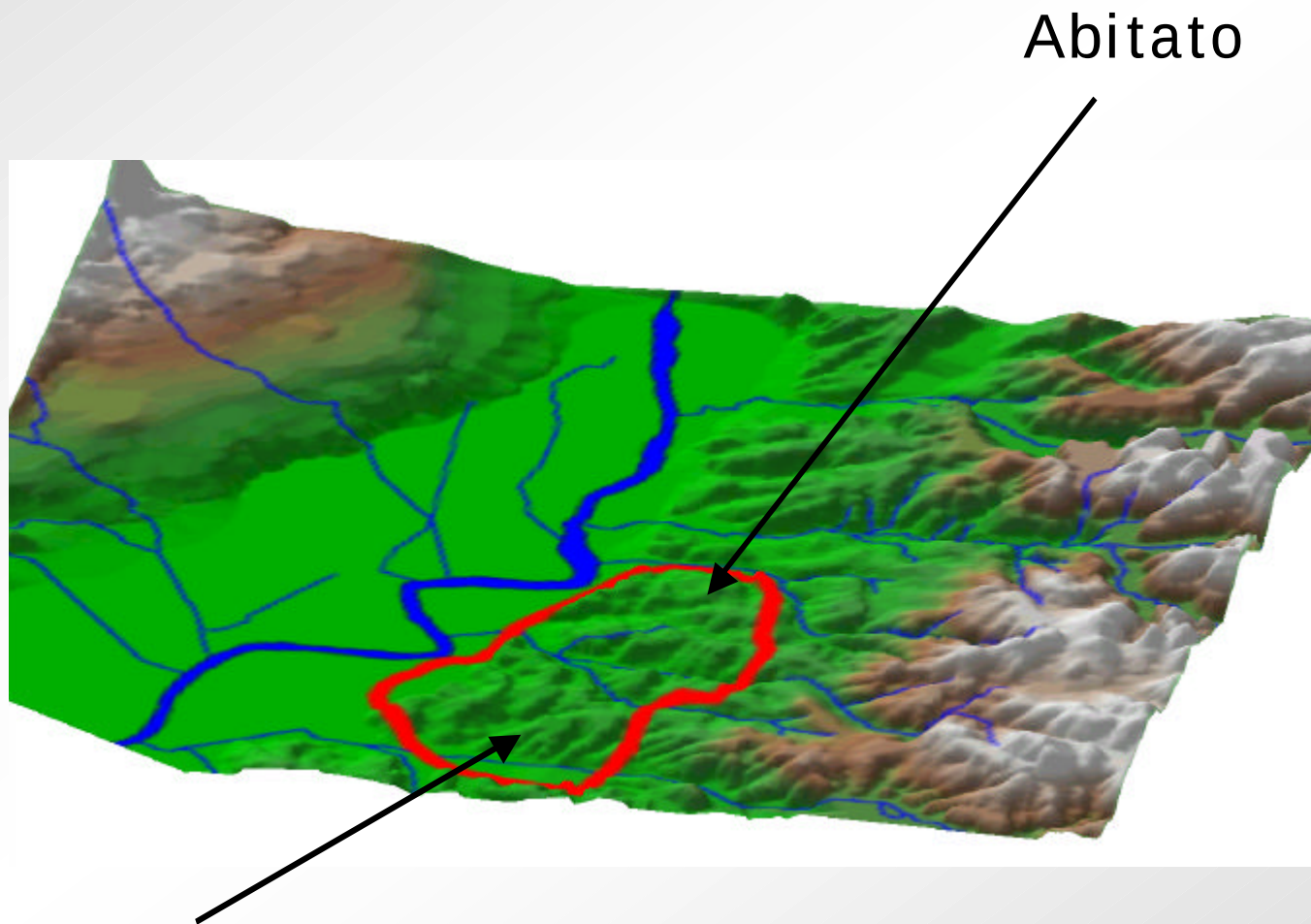
La necropoli di Colle del Forno, afferente all'insediamento sabino *Eretum* (località Casacotta, Montelibretti – Roma), si trova su di un'altura allungata prospiciente il fiume Tevere nei pressi del trentesimo chilometro della via Salaria.

Nel corso degli anni, gli scavi hanno portato alla scoperta di una serie tombe a camera lungo i versanti orientali ed occidentali della collina.

Nella sequenza cronologica interna del sepolcreto si distinguono due fasi di utilizzazione: la prima databile tra la fine del VII sec. e la prima metà del VI sec. a.C. e la seconda tra la fine del IV e i primi decenni del III sec. a.C.

Nel corso dell'anno 2000 è stato avviato un Progetto Integrato per l'analisi del territorio di Colle del Forno e per lo scavo mirato della necropoli. Esso ha coinvolto la Soprintendenza Archeologica del Lazio, l'Area della Ricerca del CNR di Roma e gli Istituti per l'Archeologia Etrusco Italica e per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del CNR.

Ubicazione topografica del sito

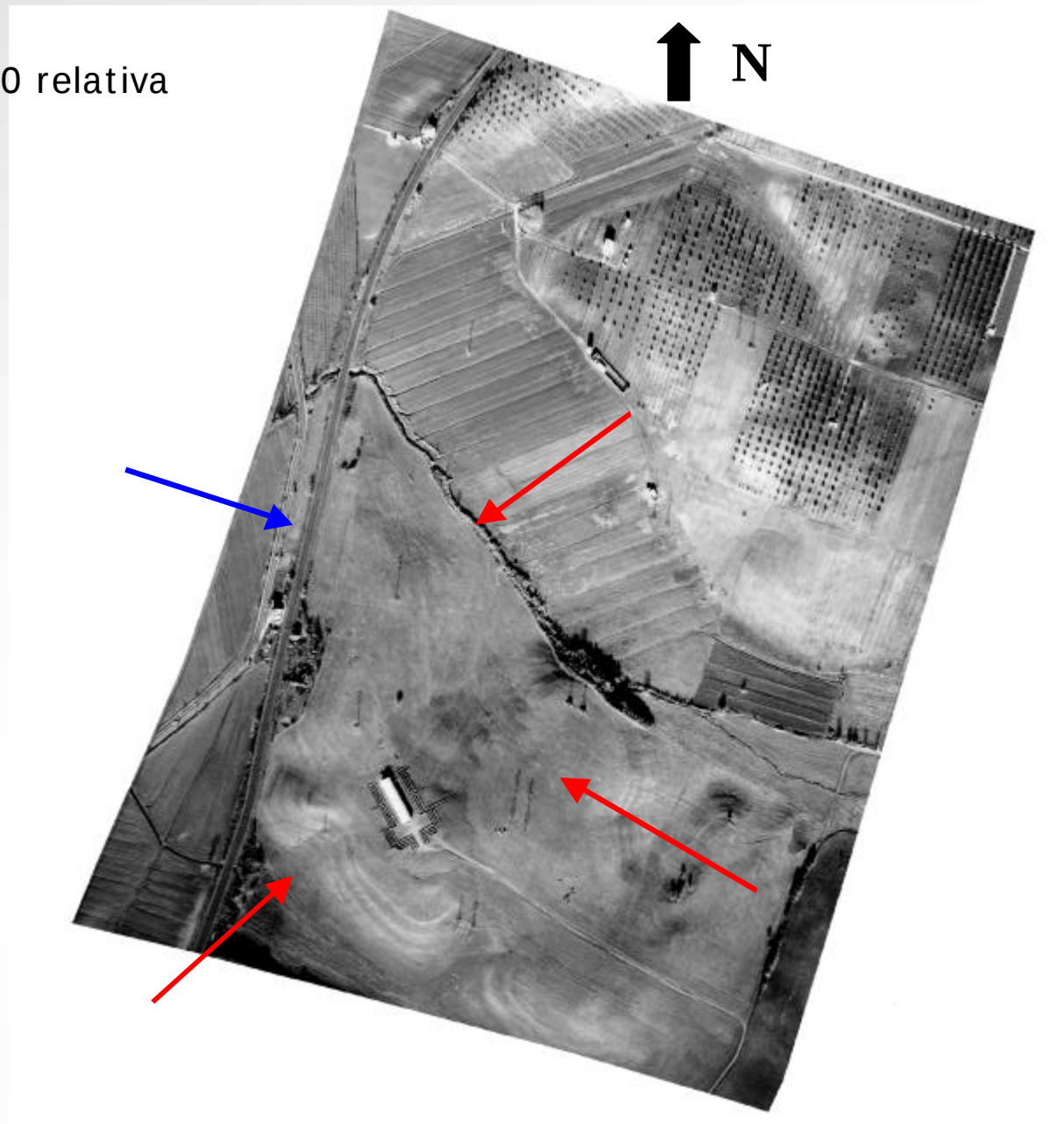


Abitato

Necropoli

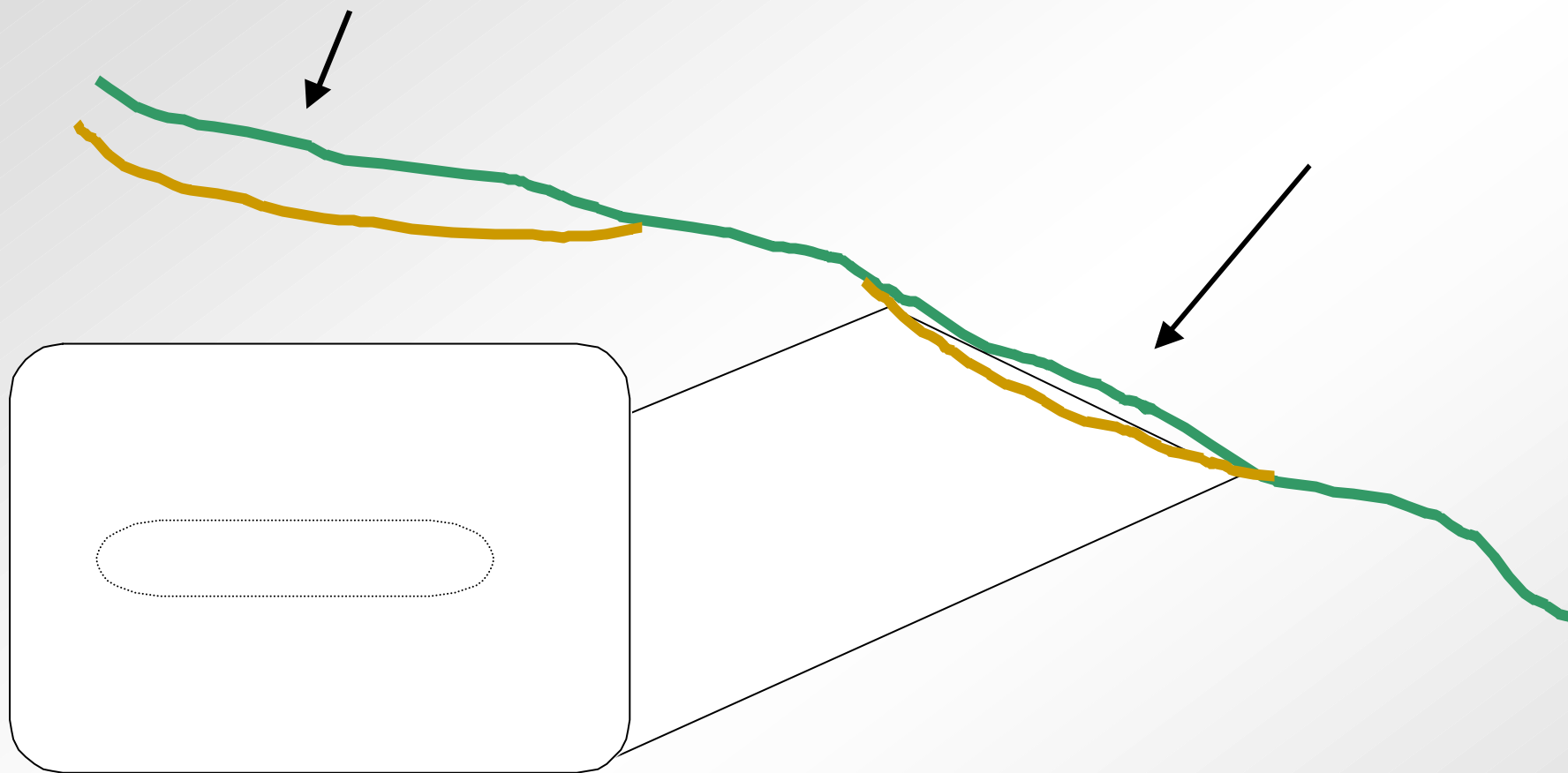
Foto aerea degli anni '60 relativa
all'area della necropoli

La freccia blu indica la
via Salaria, le frecce
rosse indicano i limiti
dell'area di indagine.



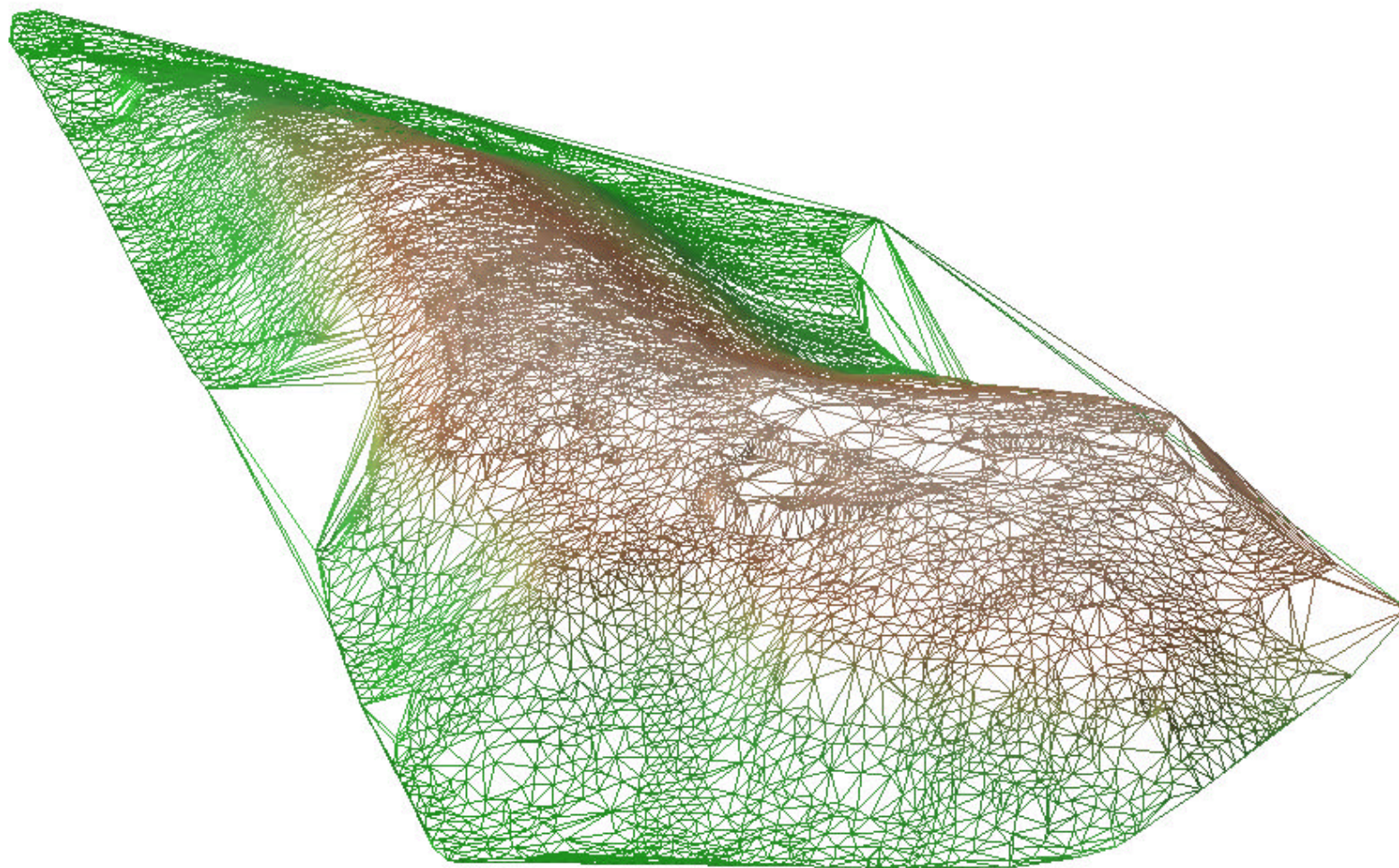
Lo scopo della ricerca “Implementazione di un Sistema Informativo Territoriale per lo studio del sito archeologico di Colle del Forno”, era quello di correlare diversi set di dati nello spazio. I risultati di tali elaborazioni hanno permesso di individuare le aree maggiormente interessate da presenze archeologiche sepolte su cui effettuare saggi di scavo mirati.

In particolare, è stato effettuato un micro rilievo dell'andamento morfologico della collina per evidenziare le depressioni sulla superficie del terreno e, quindi, individuare le possibili cavità sepolte.



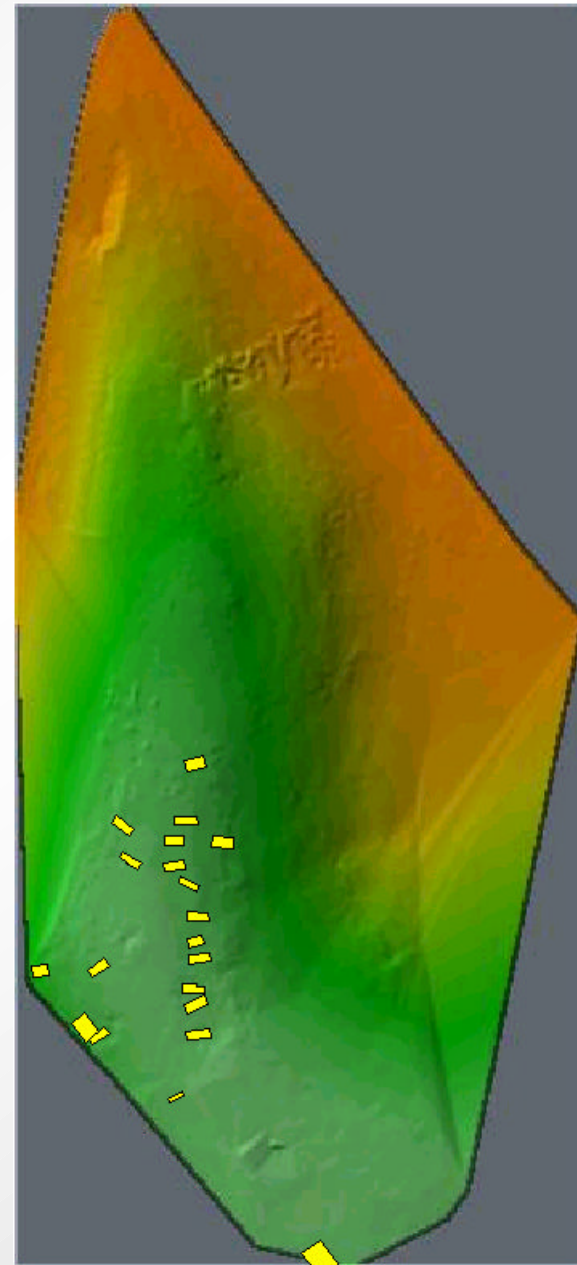
Schema della struttura di una tomba a camera. Nei punti corrispondenti all'ingresso del *dromos* e alla camera, si possono creare in superficie dei micro avvallamenti causati da assestamenti del terreno o da piccoli crolli delle volte.

La ricostruzione 3D consente di correlare i minimi di quota ed aiuta, tramite l'esasperazione delle *z* (quote), la lettura di questi fenomeni.

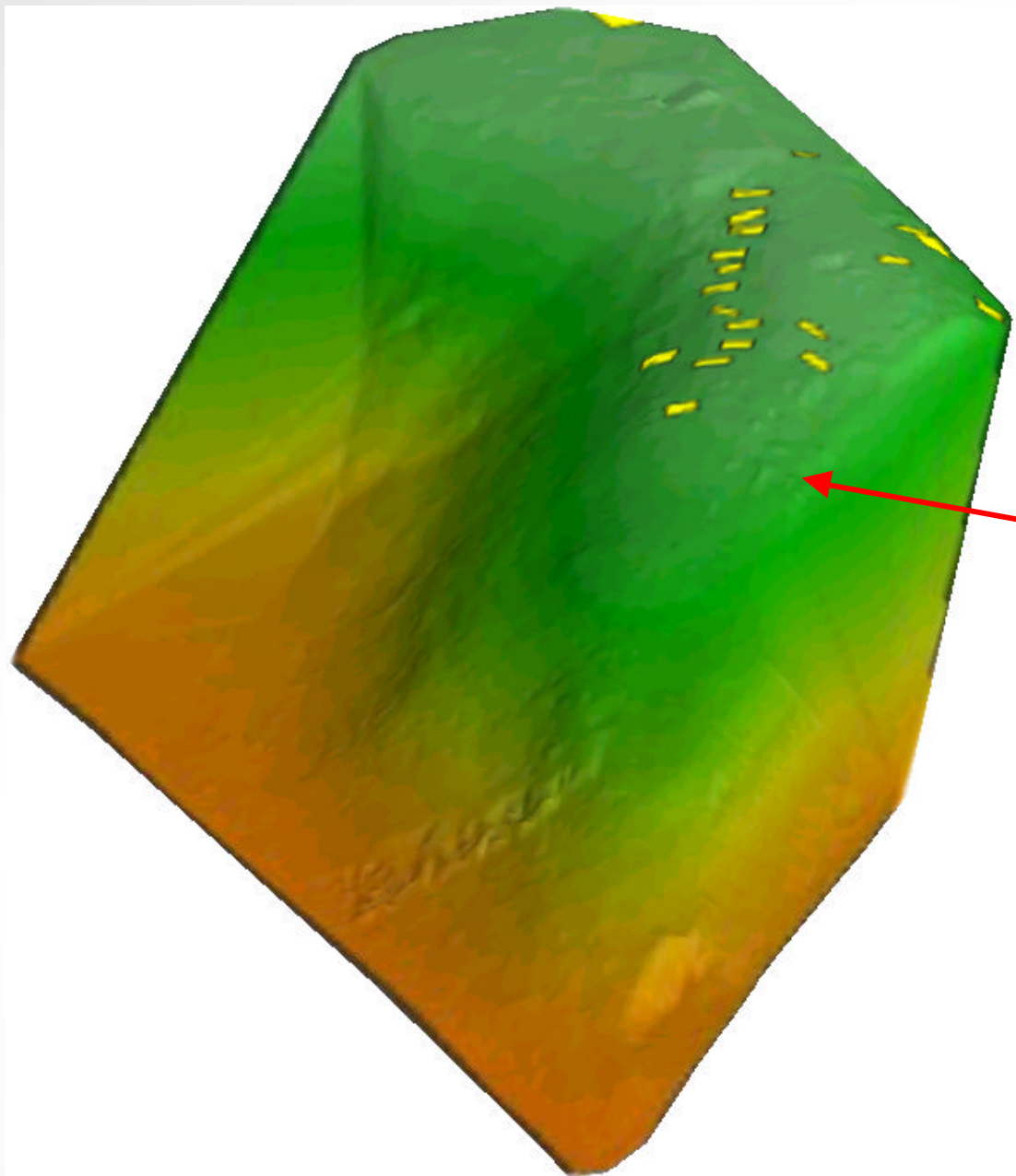


Modello 3D della collina realizzato con la Stazione Totale e con un passo di campionamento di circa 1 metro. Nella rappresentazione è stata eseguita una interpolazione TIN.

Il modello triangolare è stato rivestito con una copertura in falsi colori al fine di aiutare la lettura dei dati altimetrici. In giallo sono indicate le tombe scavate negli anni '70 e georeferenziate mediante l'impiego di un DGPS topografico.

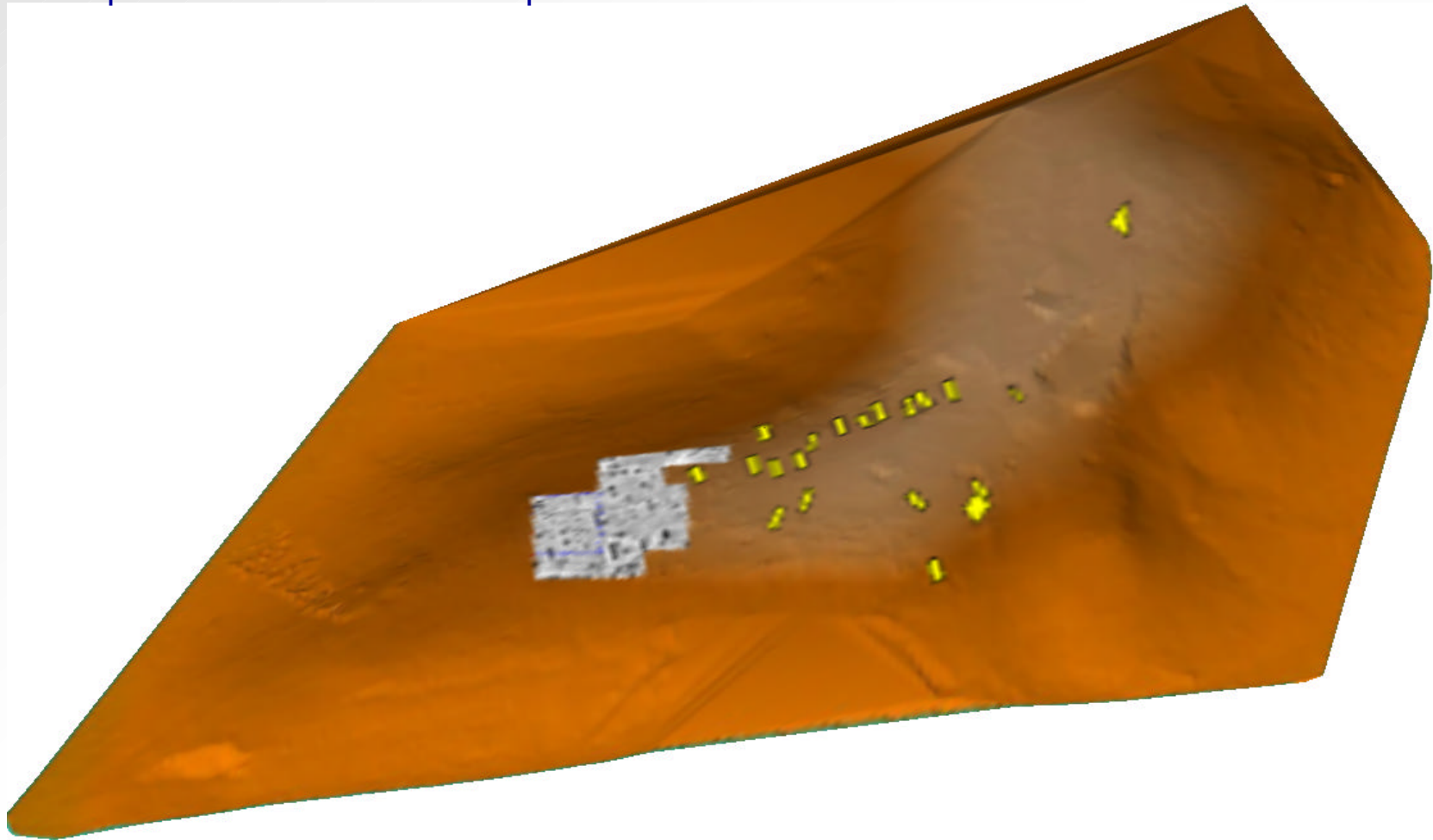


Rappresentazione 3D.
La freccia indica le
aree interessate da
micro avvallamenti.



Sul modello sono state spalmate le mappe derivanti dalle prospezioni geofisiche opportunamente georeferenziate.

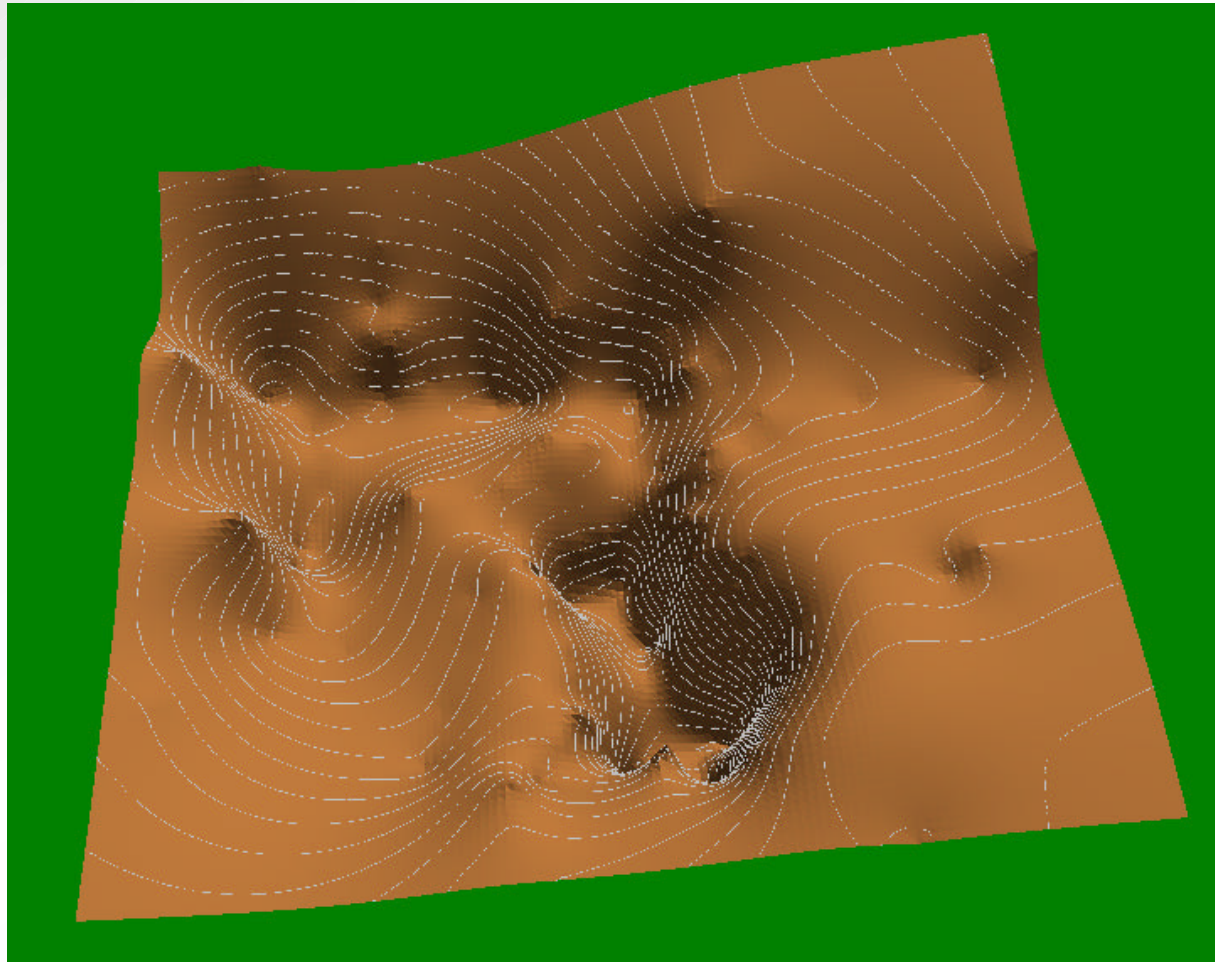
I risultati delle prospezioni, uniti a quelli del micro rilievo, hanno permesso di delimitare l'area maggiormente indiziata per la presenza di strutture sepolte.



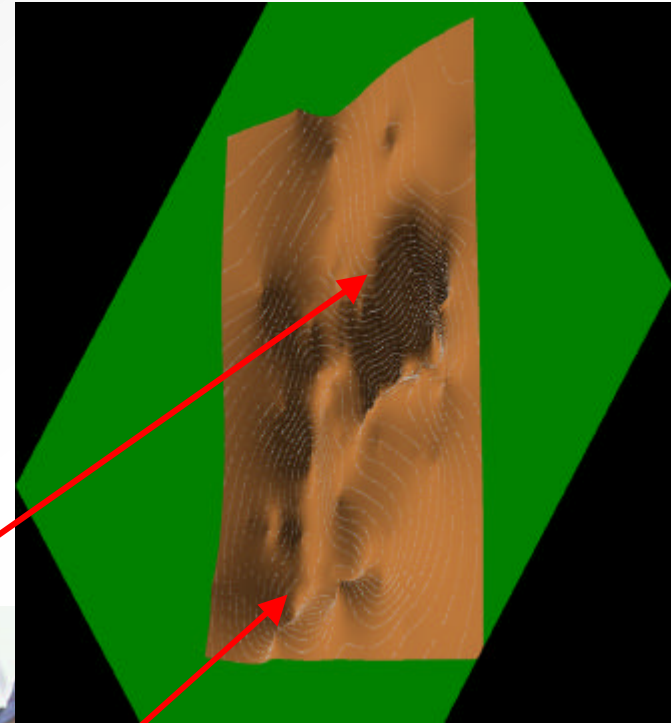
I saggi di scavo eseguiti sull'area hanno portato alla luce una tomba a camera e una cavità piena di ceramica e di ossa di animali interpretabile come fossa votiva.



Allo scopo di documentare la volumetria del manufatto si è realizzata una ricostruzione tridimensionale del saggio di scavo.



Le frecce indicano la corrispondenza tra la realtà del terreno ed il modello elaborato.



Il rilievo morfologico della collina eseguito con la Stazione Totale presenta il vantaggio di una grande accuratezza, ma ha il limite di richiedere un tempo di esecuzione molto lungo su aree di tali dimensioni (circa 2 h). Nel nostro caso, comunque, la presenza della necropoli all'interno dell'area della ricerca del CNR (con conseguente assenza di spese logistiche) ha permesso di effettuare tale sperimentazione con buoni risultati.

Per ovviare al problema dei tempi di realizzazione è stato sperimentato l'impiego di un Differential Global Positioning System (DGPS) in modalità cinematica.



Il sistema GPS (Global Positioning System) è un sistema di navigazione mondiale che utilizza una costellazione di 24 satelliti. Lo studio, lo sviluppo e la manutenzione sono interamente a cura del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti. Il GPS è un sistema di posizionamento in grado di fornire in tempo reale o in differita, senza distinzione di luogo o di momento, le posizioni, i tempi e la velocità di qualsiasi utilizzatore. Questo sistema viene di solito scomposto in tre entità dette segmenti: il segmento spaziale, il segmento di controllo ed il segmento utilizzatore.

IL SEGMENTO SPAZIALE

I satelliti GPS assicurano:

- *Mantenere una scala temporale molto precisa, ciascun satellite è dotato di 4 orologi atomici.*
- *Emettere segnali a frequenza molto stabile; segnale frequenza di 10,23 MHz con due onde portanti L1-L2.*
- *Ricevere e memorizzare le informazioni provenienti dal sistema di controllo.*
- *Effettuare limitate manovre orbitali.*
- *Effettuare a bordo calcoli limitati.*
- *Ritrasmettere le informazioni a Terra*

IL SEGMENTO DI CONTROLLO

E' ASSICURATO DA 5 STAZIONI TERRESTRI:

Colorado Springs, Hawaii, Isola dell'Ascensione, Isola del di Diego Garcia, Isola di Kwajalein.

Questo segmento è incaricato della manutenzione della totalità del segmento spaziale:

- Determinare e correggere le orbite dei satelliti.
- Fornire i parametri di navigazione dei satelliti (effemeridi)
- Fornire gli almanacchi delle presenze satellitari in base al giorno e l'ora per un determinato luogo.

IL SEGMENTO UTILIZZATORE

Il segmento utilizzatore è costituito dall'insieme dei ricevitori di segnali GPS:

- un'antenna per la ricezione e l'amplificazione del segnale satellitare;
- una o più schede elettroniche per l'elaborazione dei segnali ricevuti;
- un dispositivo (di comando) per l'elaborazione e la memorizzazione dei dati.

LA PSEUDODISTANZA

Il ricevitore conosce per definizione il tempo di emissione di ciascun segnale orario satellitare e misura il tempo di ricezione del segnale stesso mediante il suo orologio interno.

$$s = vt \quad \longrightarrow \quad r = c\Delta t$$

E' chiamata pseudodistanza perché la distanza satellite ricevitore è ottenuta con la precisione della differenza oraria degli orologi.

Questa differenza rappresenta la quarta incognita del sistema di equazioni per determinare il punto.

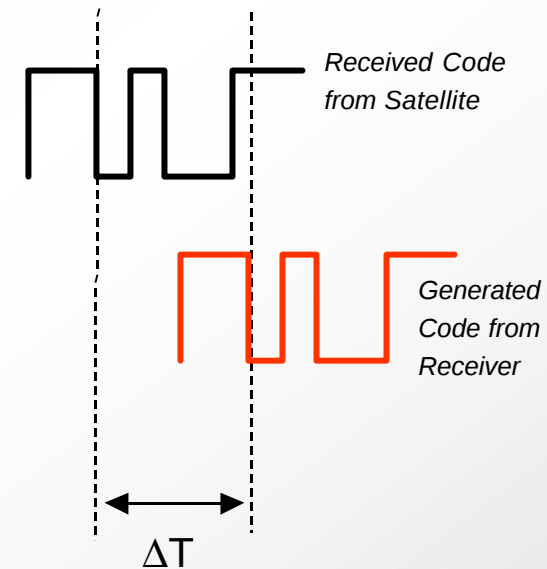
Determinazione delle coordinate con il metodo della lettura del codice

La determinazione delle coordinate si basa sulla misura del tempo di percorso dei segnali emessi da più satelliti verso il ricevitore. Si tratta cioè di calcolare le distanze tra il ricevitore ed almeno quattro satelliti correttamente posizionati al fine di effettuare un rilevamento spaziale (intersezione di quattro sfere di raggio R_i) che fornirà all'utilizzatore la sua posizione e l'ora della determinazione.

$$R_i = c \cdot T$$

Dove c è la velocità della luce $c=300 \cdot 10^6$ m/s;

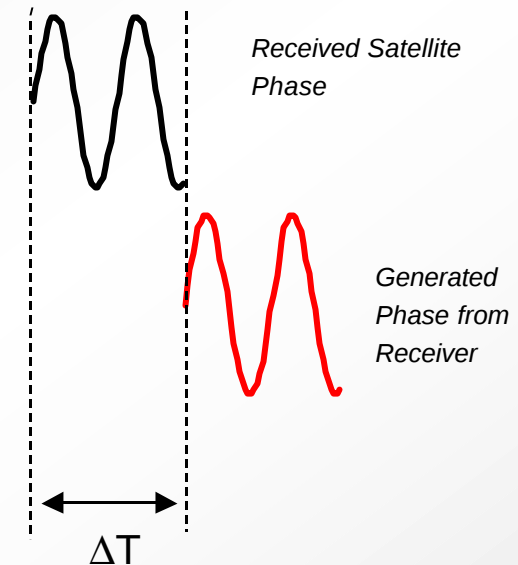
T = tempo impiegato dal segnale per arrivare dal satellite al ricevitore.



Determinazione delle coordinate mediante il metodo della lettura della fase

Per raggiungere una maggiore precisione, invece di considerare la misura della distanza satellite-ricevitore come dato proveniente dal tempo di propagazione di un segnale orario, si utilizza un'altra osservabile, la misura della fase.

Consideriamo, in questo caso, il numero di cicli di fase realizzati dall'onda portante del segnale per arrivare dal satellite al ricevitore.



Sia:

N il numero intero dei cicli intero;

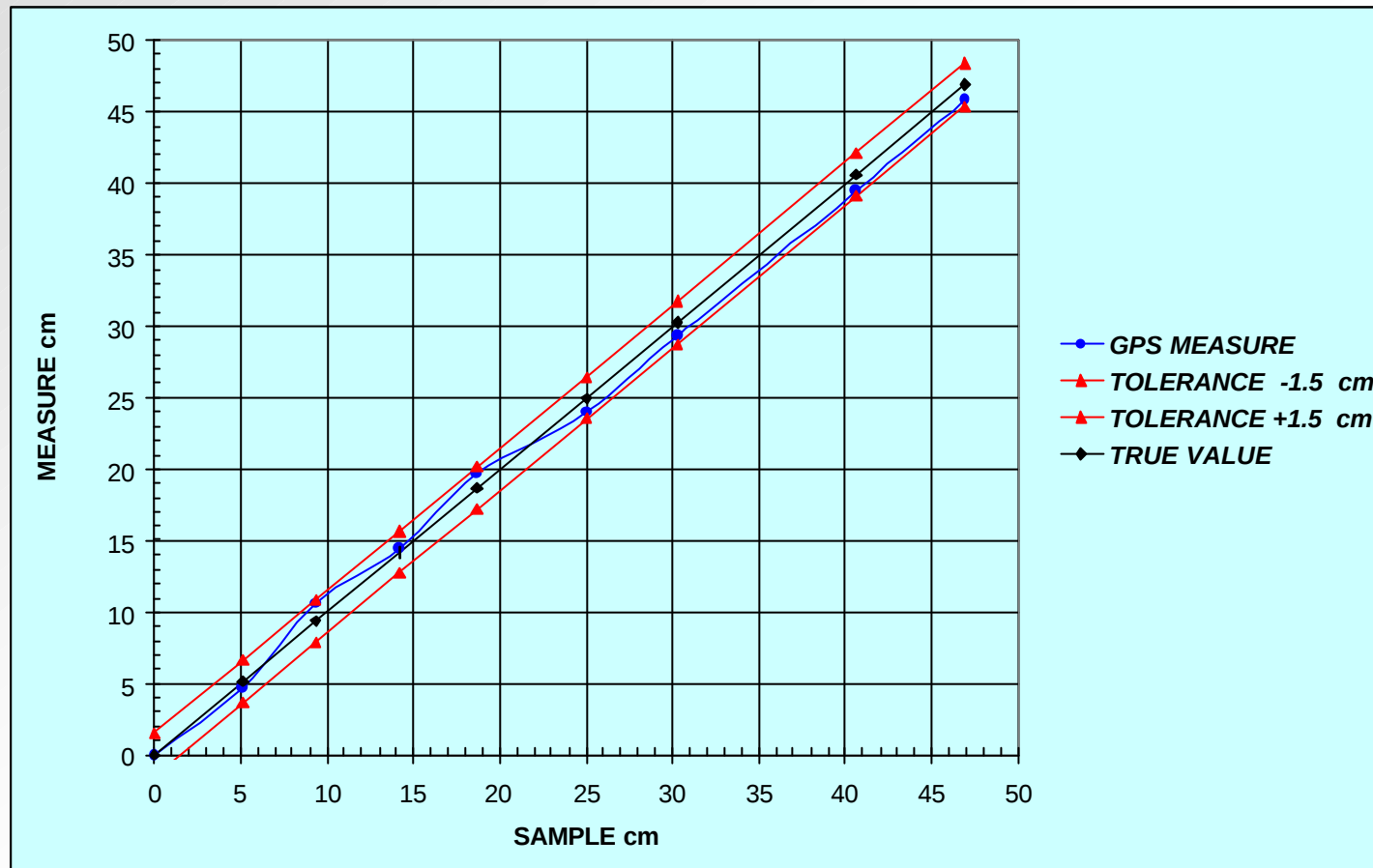
dN un valore residuo compreso tra 0 e 1 di ciclo;

sia l la lunghezza d'onda portante presa in considerazione 19 cm per la frequenza L1

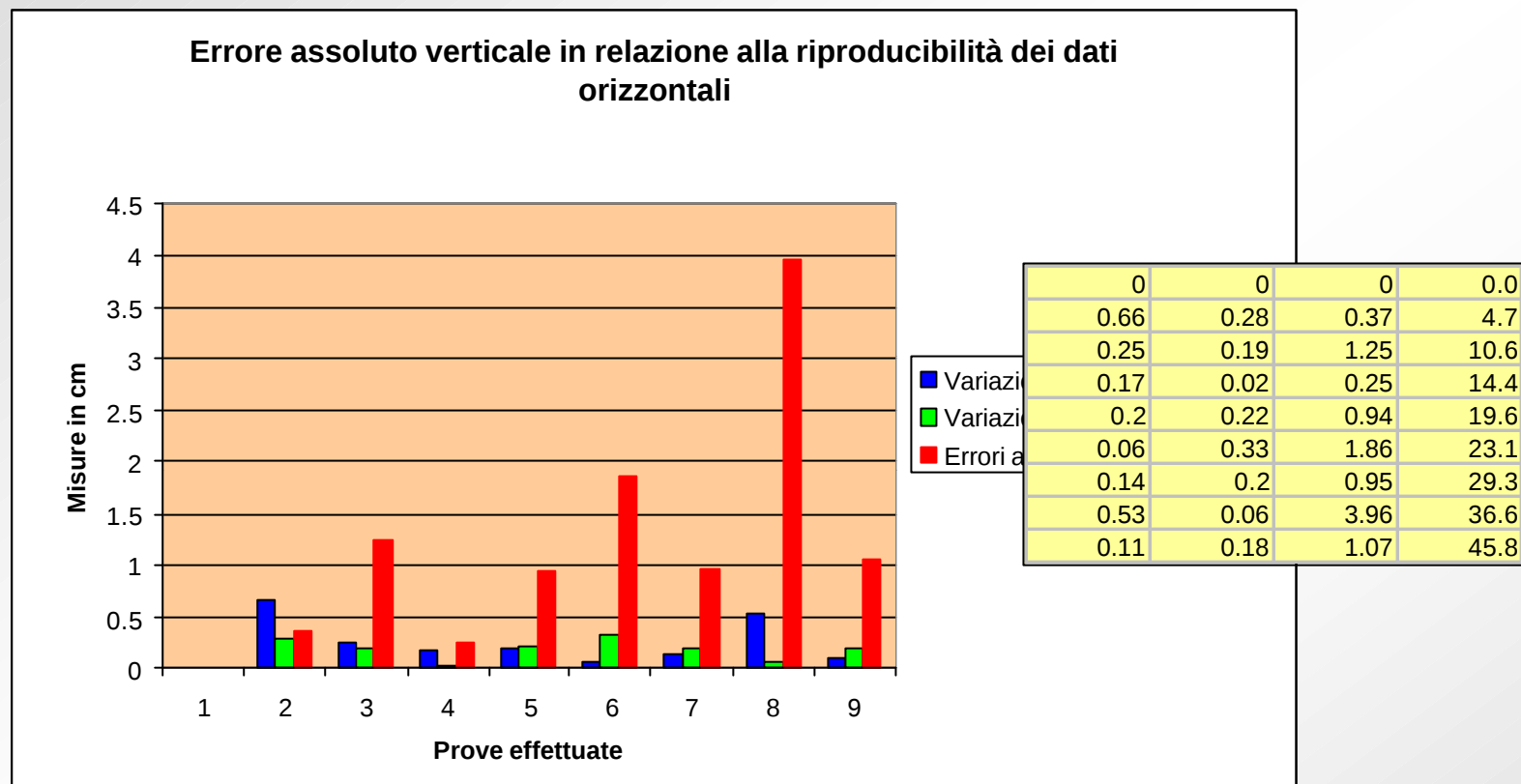
$$l = \frac{c}{n} \quad l = \frac{3 \cdot 10^8}{1.575 \cdot 10^9} \cong 19 \text{ cm}$$

Per stabilire il livello di precisione dello strumento nel rilevare la coordinata relativa Z, l'asta su cui viene avvitata l'antenna è stata rialzata con una serie di campioni di diversa altezza fabbricati per lo scopo. Sono quindi state effettuate una serie di misurazioni per determinare le altezze dei campioni e verificare la riproducibilità (range di variabilità) verticale dello strumento.



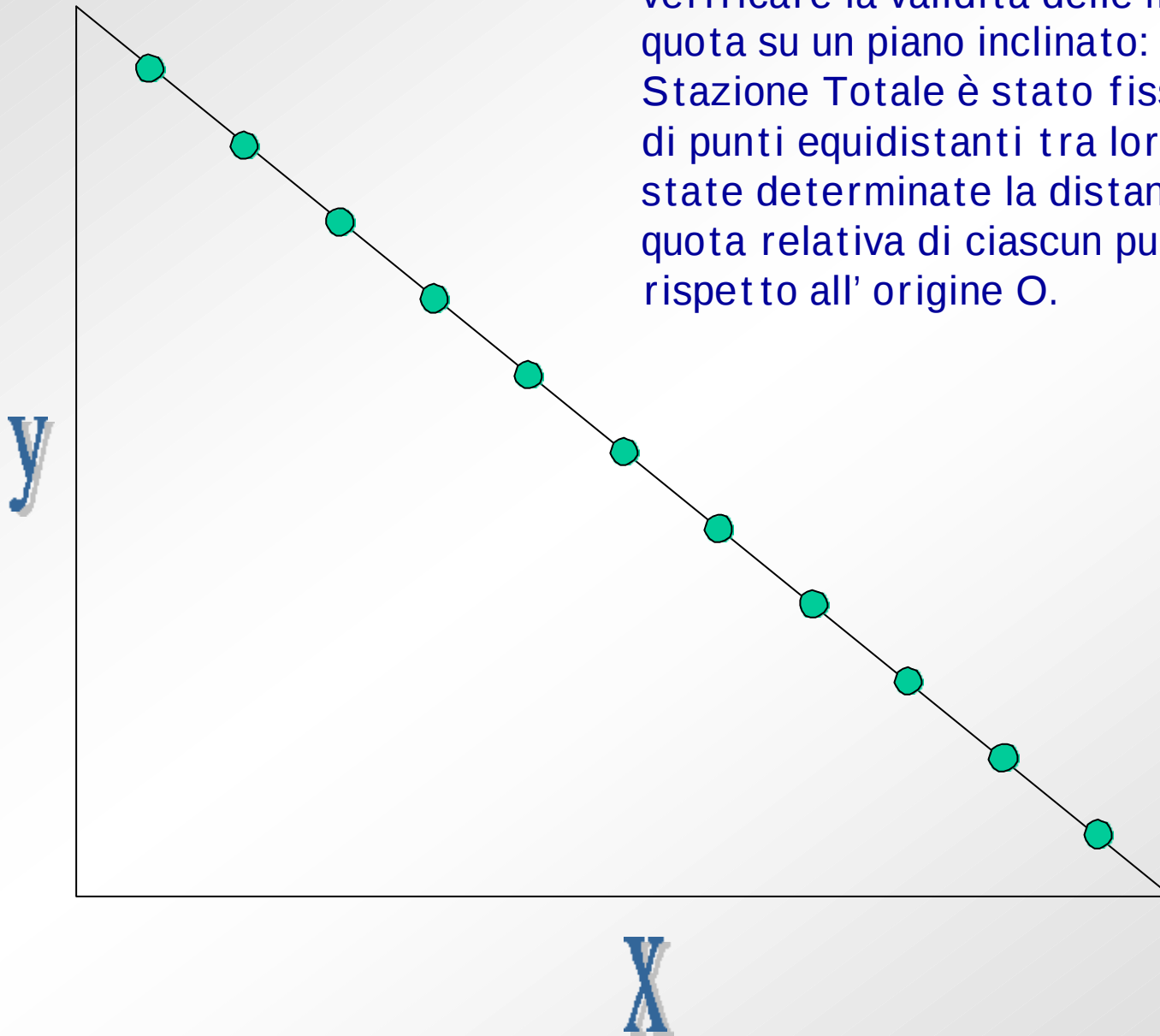


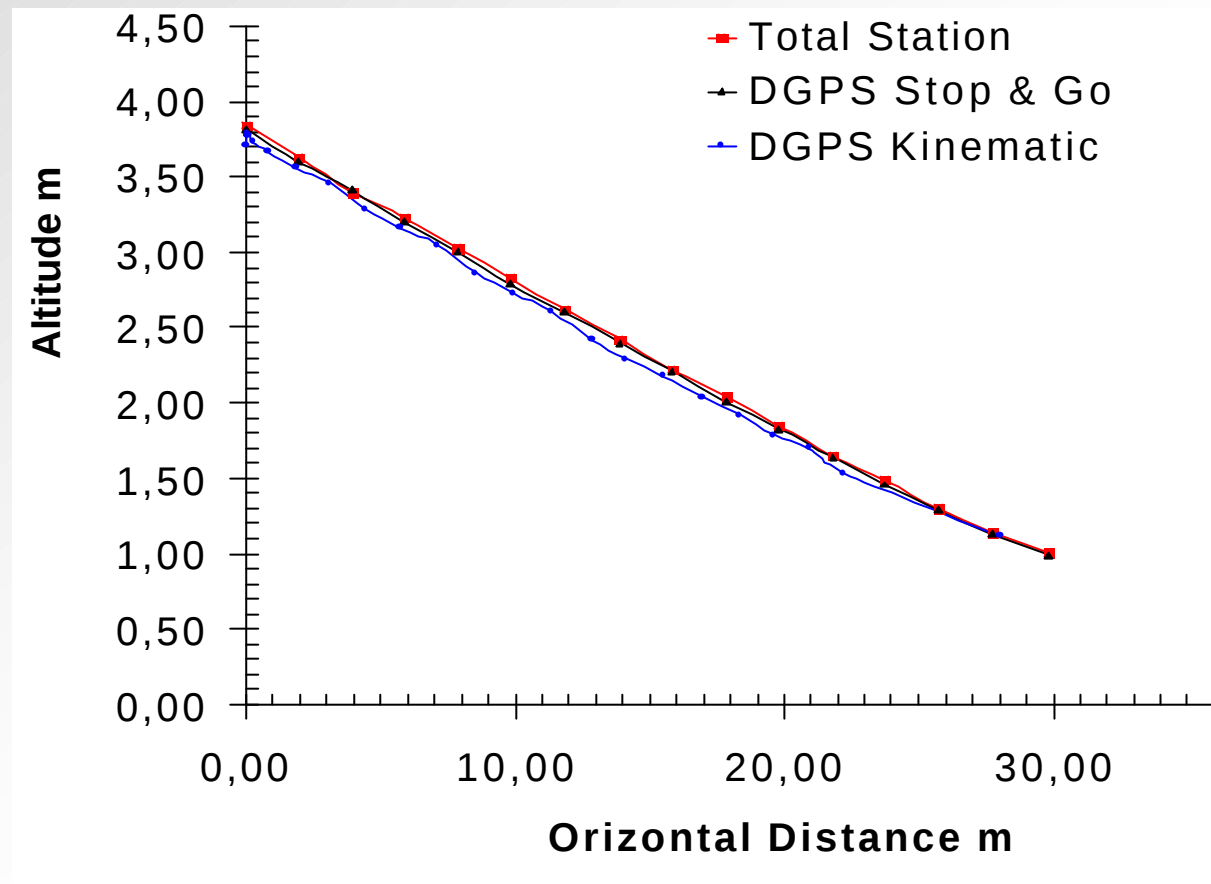
I dati mostrati dal grafico indicano che il valore misurato rientra ampiamente nei range di tolleranza dell'apparecchiatura secondo quanto dichiarato dalla ditta produttrice, e cioè 1 o 2 cm.



L'errore assoluto sulle quote, che raggiunge un massimo di 4 cm., è spesso dovuto all'instabilità del sistema di conduzione dell'antenna E' ovvio, quindi, che lo strumento DGPS non può essere utilizzato in modalità cinematica qualora si richieda una precisione superiore a pochi cm. nel rilevare la Z, a meno di non risolvere a priori il problema del trasporto.

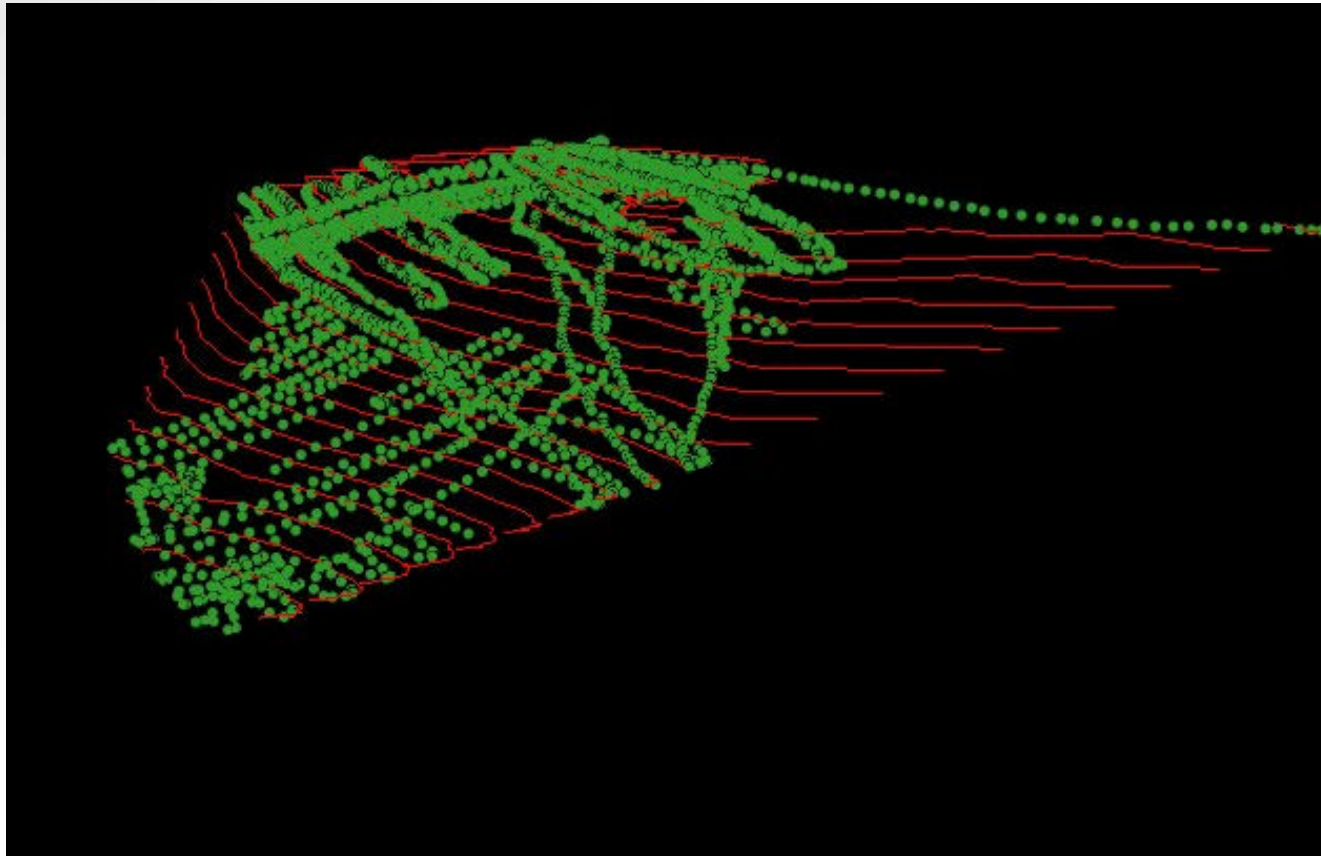
Il secondo test ha permesso di verificare la validità delle misure di quota su un piano inclinato: con la Stazione Totale è stato fissato un set di punti equidistanti tra loro e sono state determinate la distanza e la quota relativa di ciascun punto rispetto all' origine O.

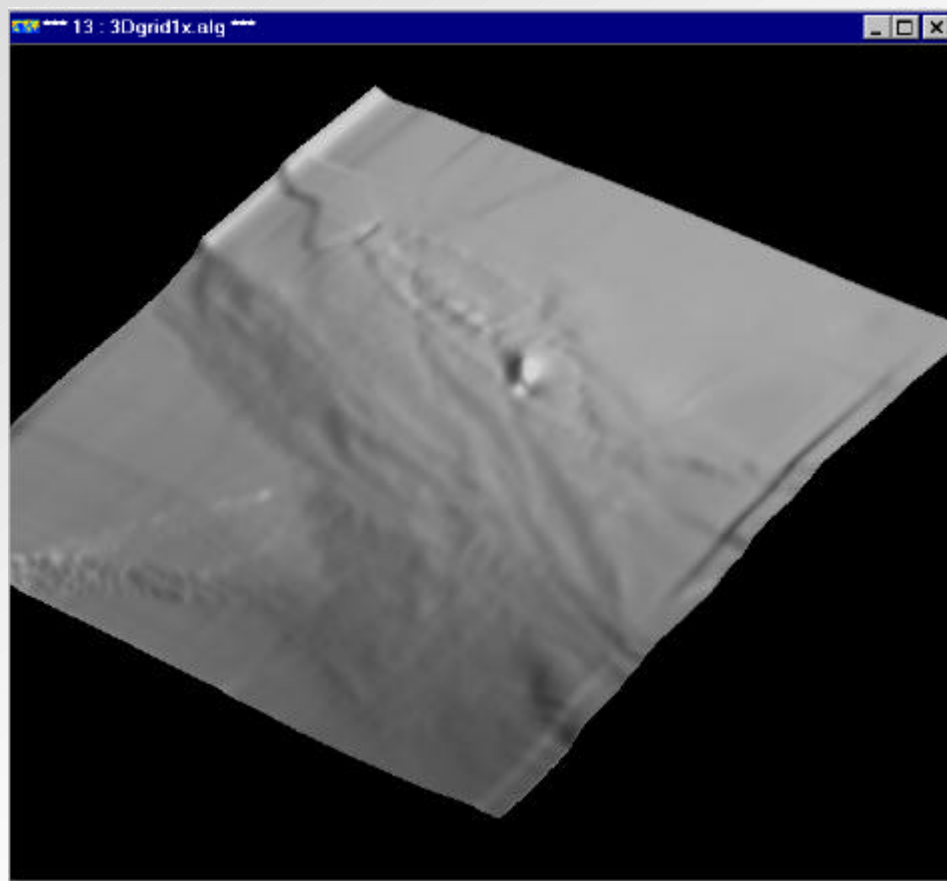




Usando il GPS per calcolare i medesimi punti, si è constatato che, operando in “stop and go”, la riproducibilità dei dati rispetto alla stazione totale è costante, mentre in modalità cinematica essa diverge leggermente. In ogni caso il grado di scostamento dei tre andamenti è sempre contenuto rispetto al trend atteso di 2- 3 cm.

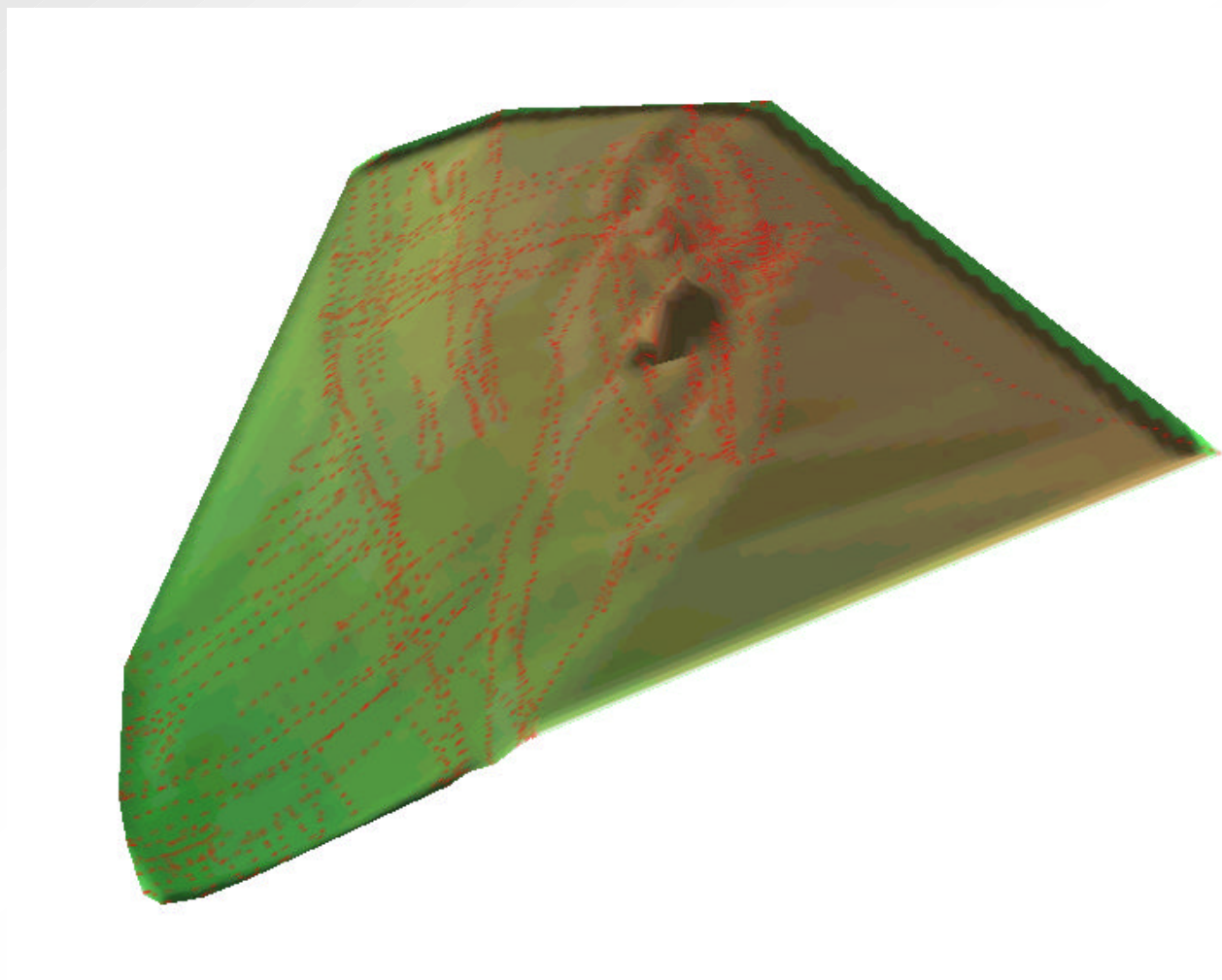
Un settore della collina è stato misurato utilizzando il DGPS in modalità cinematica. Sono stati acquisiti 5338 punti con un rate di $5338/7200 \approx 0.8$ punti al secondo

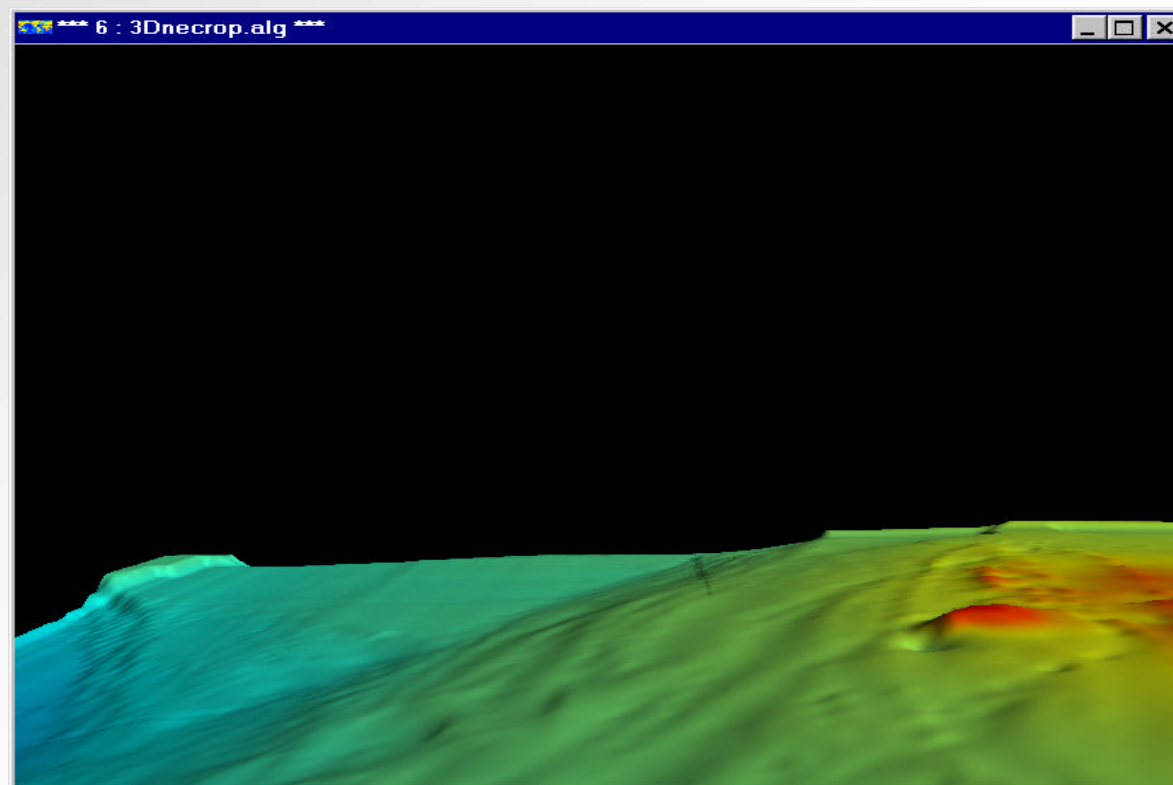




I dati acquisiti sono stati elaborati per realizzare il modello 3D della zona rilevata

Il modello è stato ricoperto con una mesh a falsi colori. La sua corrispondenza con il reale andamento del terreno è ottima





Dettaglio del modello 3D realizzato con i dati DGPS in un'elaborazione a falsi colori

Utilizzo integrato della Stazione Totale e del
DGPS per il rilievo di dettaglio di un sito
archeologico rinvenuto nel Cicolano
Colle Breccioso (Borgorose, RI).

R. Gabrielli, F. Colosi, D. Rose

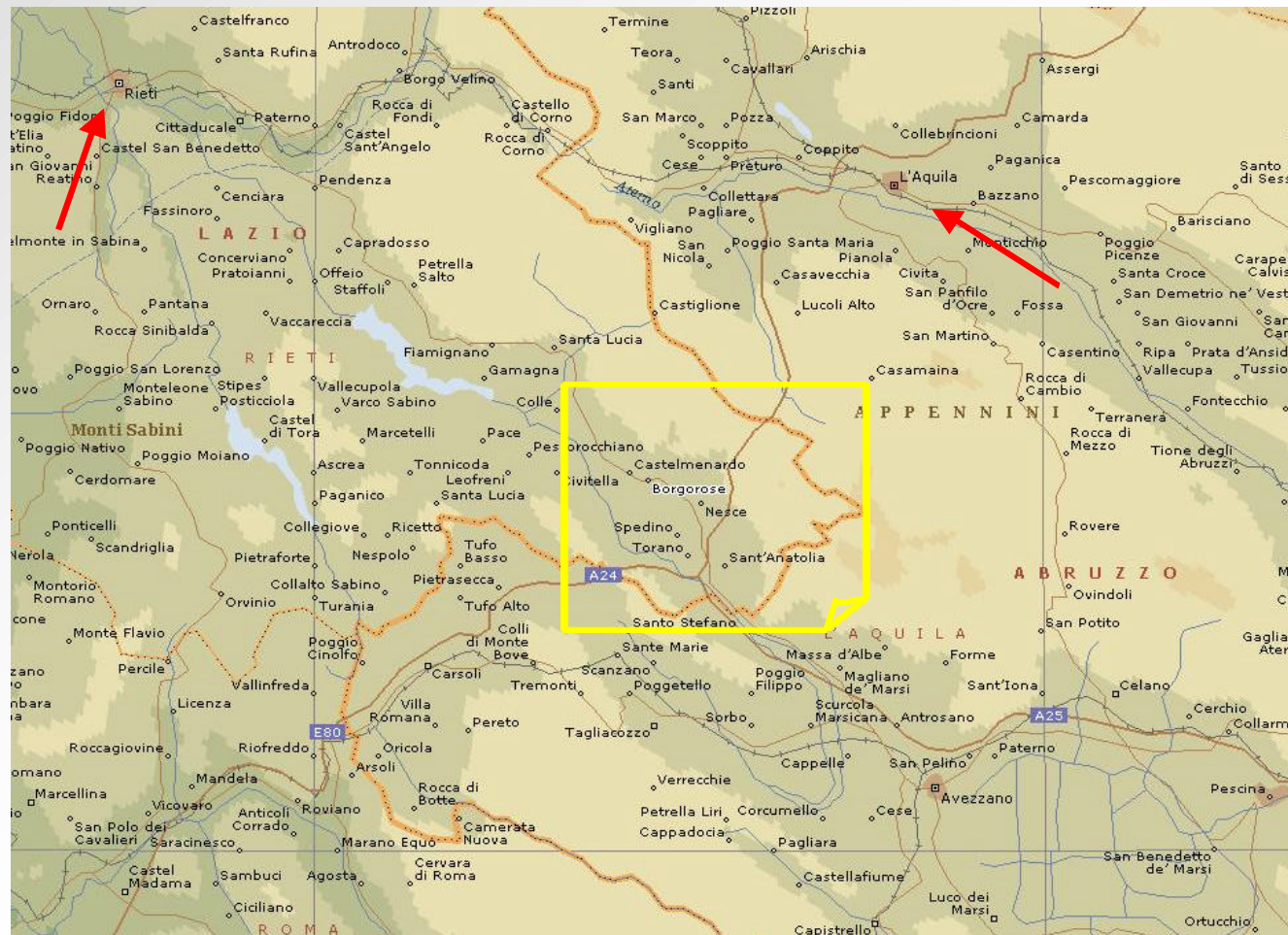
L'assetto territoriale del Cicolano (Lazio) in età antica è generalmente identificato col modello oppidanico-vicano: alcuni recinti fortificati posti sulle alture (oppida) e una miriade di insediamenti abitativi, e necropoli, nel fondovalle (vici).

In età antica la valle del Salto, come attestato da materiali di alcune necropoli protostoriche, deve aver avuto una certa importanza per il ruolo di collegamento svolto tra la conca del Fucino e la piana di Rieti, e oltre con la Sabina tiberina, l'agro falisco e quindi l'Etruria.

L'esito concreto dell'assoggettamento romano fu la costruzione all'abbandono dei centri fortificati su altura, e la comparsa, nei fondovalle, in posizione esterna rispetto agli insediamenti, ma ben disposti rispetto alla viabilità, di santuari.

L'antico percorso NW-SE venne ribadito in età romana dal passaggio di una strada che più volte si è proposto di identificare con la *via Quinzia*; un ramo di questa strada, separatosi da quello percorrente la valle fluviale, transitava per la piana di Corvaro e, attraverso la valle di Cartore, dirigeva all'*ager albensis*.

Proprio nell'area intermedia tra questi due percorsi paralleli, e precisamente tra la **piana di Corvaro**, dove si sta scavando il grande **tumulo sepolcrale del Montariolo**, e quella **di Spedino**, è il **colle Breccioso** m. 842 m. s.l.m., sulle cui pendici meridionali si sviluppa il complesso antico oggetto della ricerca.



Carta topografica dell'alto Lazio. Il riquadro giallo indica l'area oggetto di studio, le frecce rosse le città di Rieti e di L'Aquila



Sul sito è stata rinvenuta una struttura rettangolare **in opera cementizia**, incassata nel leggero declivio, sovrastante una **serie di bassi terrazzi** che si intravedono, degradanti verso valle, delimitati da pochi blocchi squadrati in calcare. In primo piano le antenne GPS



Dettaglio della cisterna in opera cementizia

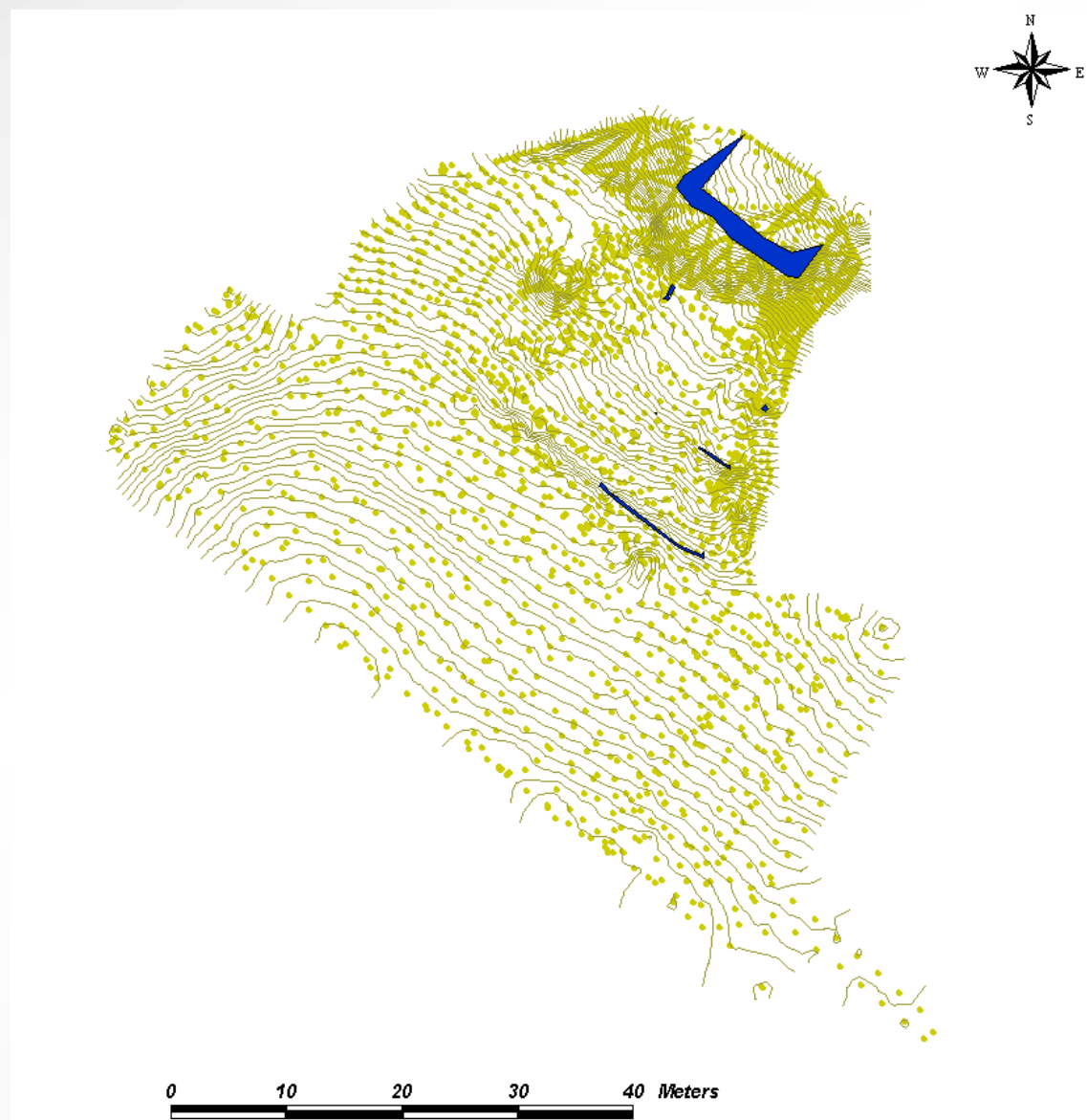


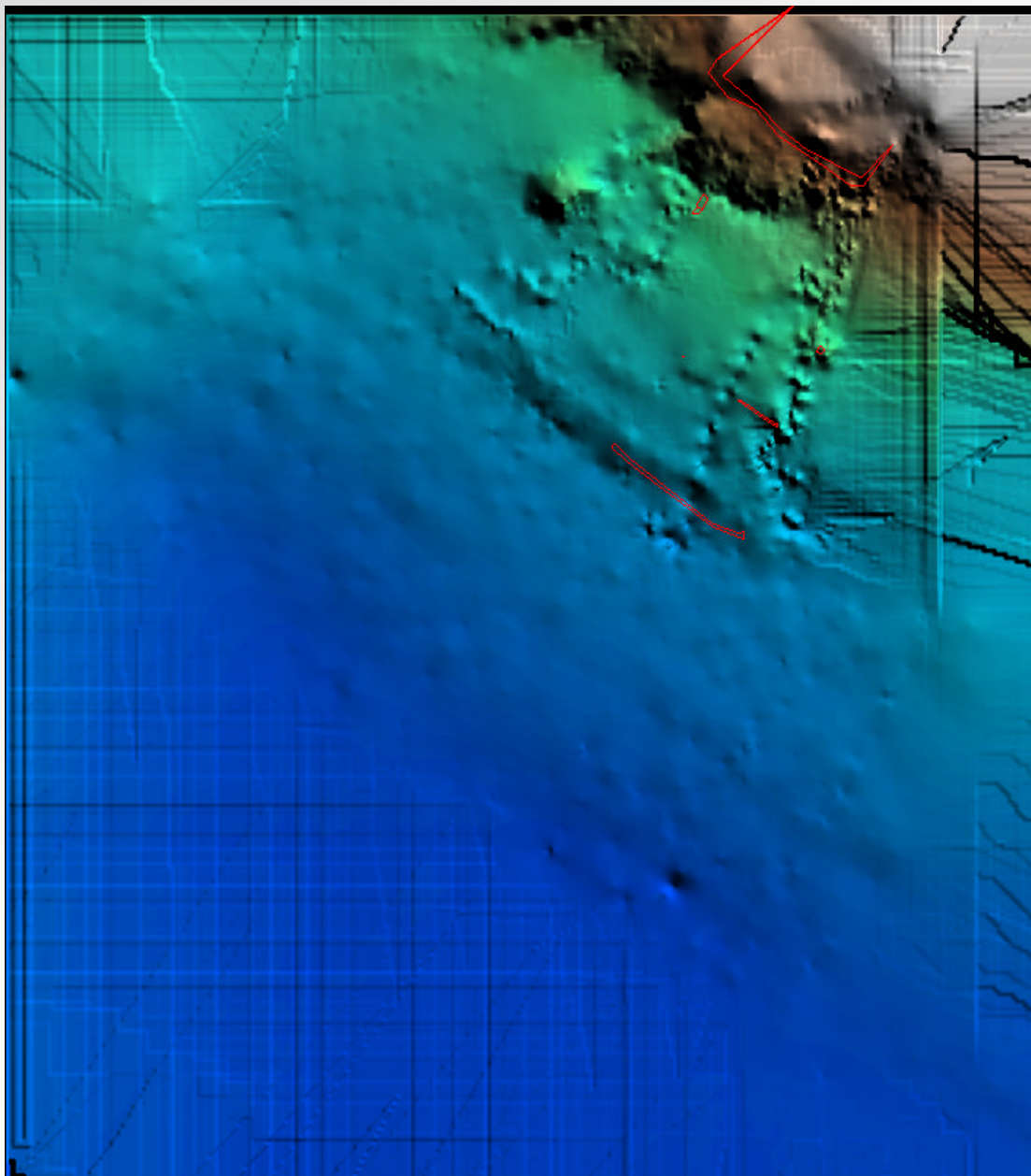
Poiché parte dell'area terrazzata è coperta da arbusti o da alberi di alto fusto, è stato indispensabile utilizzare la stazione totale nelle zone dove le piante, oscurando il cielo, impedivano la connessione tra il ricevitore GPS e il numero necessario di satelliti in orbita. Anche le strutture emergenti, quali ad esempio la cisterna sulla sommità della collina, sono state rilevate con i classici strumenti topografici.



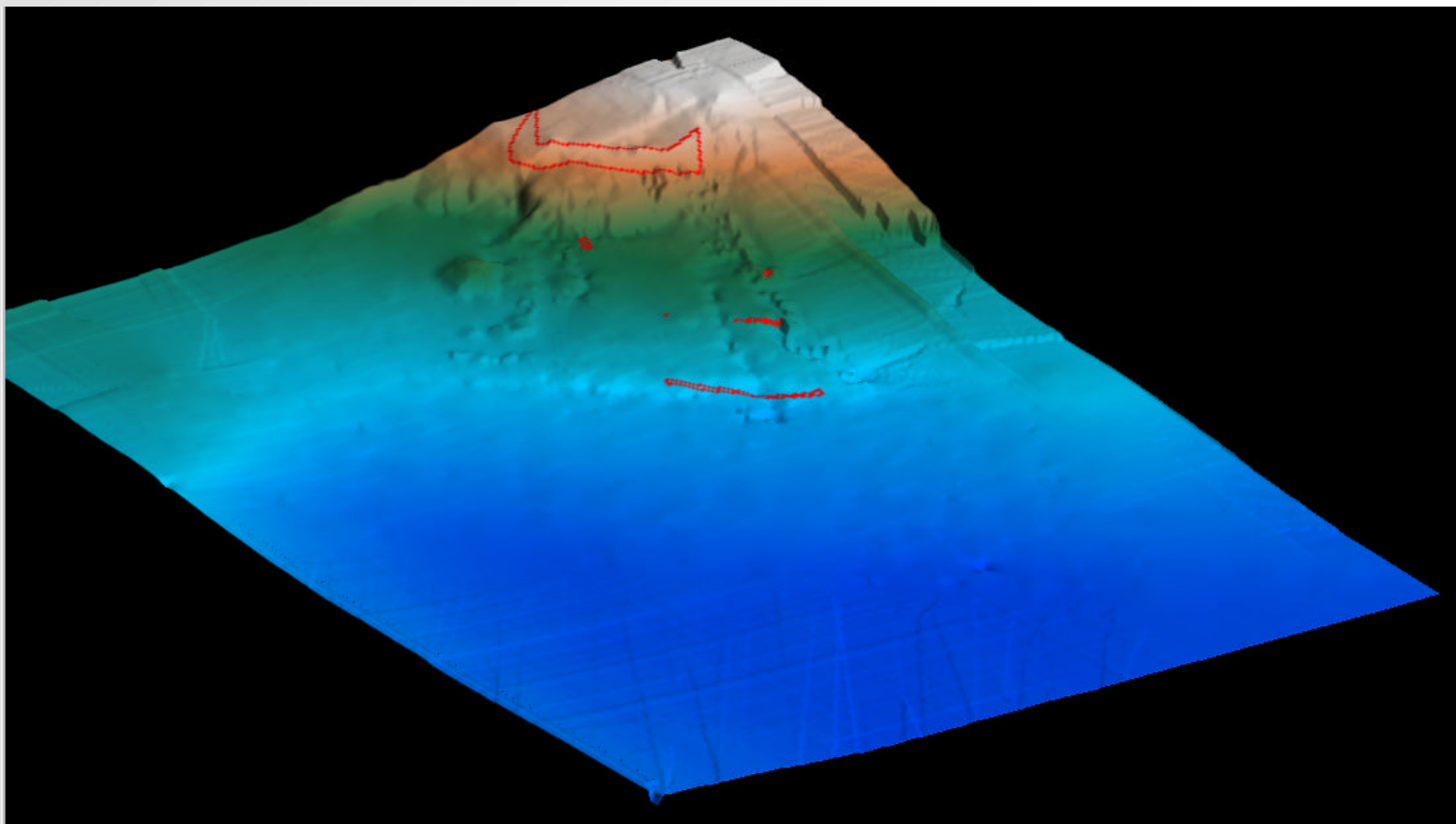
L' uso coordinato delle due strumentazioni ha permesso di effettuare il rilievo dell'intera collina di Breccioso nel corso di una giornata lavorativa, impegnando solamente tre unità di personale.

I dati acquisiti sono stati elaborati per realizzare il modello digitale della collina, che evidenzia, con curve di livello parallele e molto ravvicinate, la presenza di brusche e non naturali variazioni nell'altimetria.





Sul DTM della zona in falsi colori appaiono quattro livelli altimetrici interpretabili come terrazze artificiali.



Esasperando il valore della Z è possibile cogliere la posizione quasi scenografica del complesso, adagiato sul fianco del colle ed affacciato sul pianoro sottostante; oggi il sito, sconvolto e degradato, nasconde e mortifica tale posizione rilevata e strettamente connessa alla morfologia del versante.

Integrazione di diverse metodologie per lo studio dell'area archeologica della città di Cuma

F. Colosi, A. D'Andrea, A. D'onofrio,
F. Fratta, R. Gabrielli, P. Mauriello

Progetto:

“La carta dell'impatto archeologico nella pianificazione territoriale. Strumenti e modelli computazionali nell'analisi e nella gestione del patrimonio culturale della Regione Campania: GIS e Visualizzazione Scientifica”

Responsabile del Progetto Prof. B. d'Agostino IUO Napoli

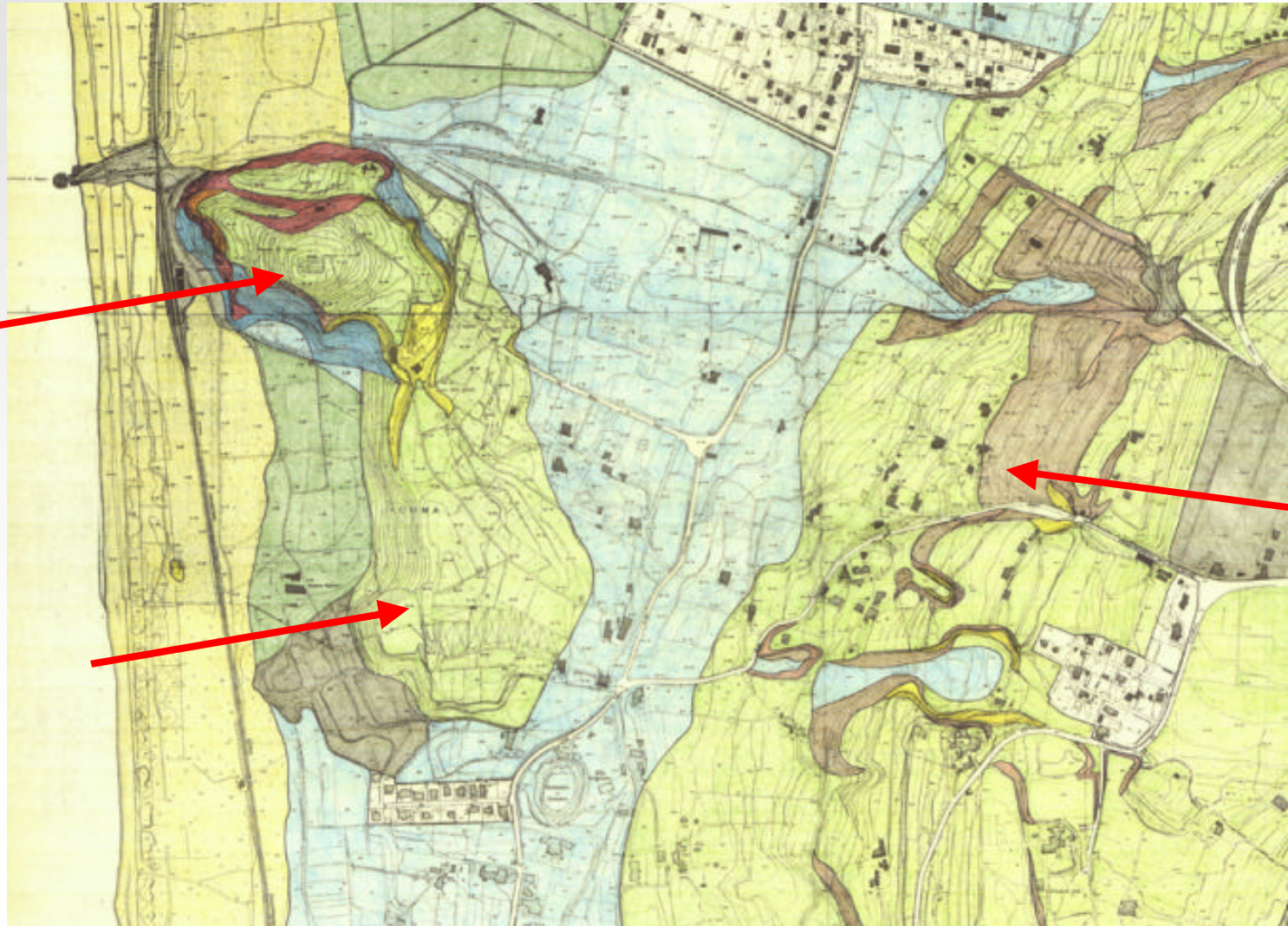
Responsabile Scientifico Dott. R. Gabrielli ITABC Roma

Posizione geografica del sito archeologico di Cuma

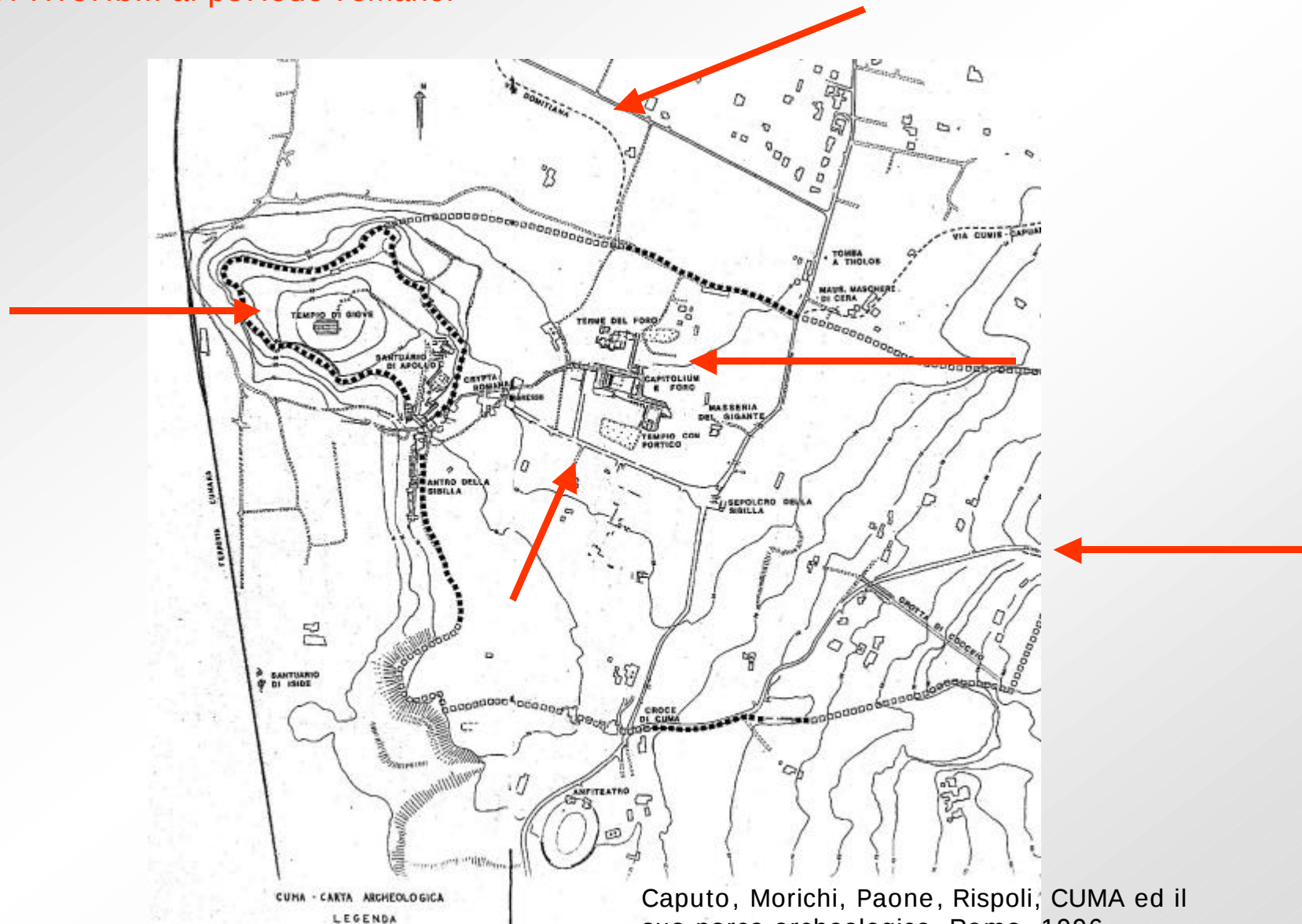
La città di Cuma fu fondata da coloni euboici nella seconda metà dell'VIII sec. a.C., lungo una rotta costiera che giungeva fino al Tirreno Settentrionale.



L'area urbana si divide in tre zone collinari che delimitano su due lati una vasta area pianeggiante. A est si estendeva fino alle pendici del Monte Grillo, un'altura delimitata alle estremità Nord e Sud da due profondi valloni.

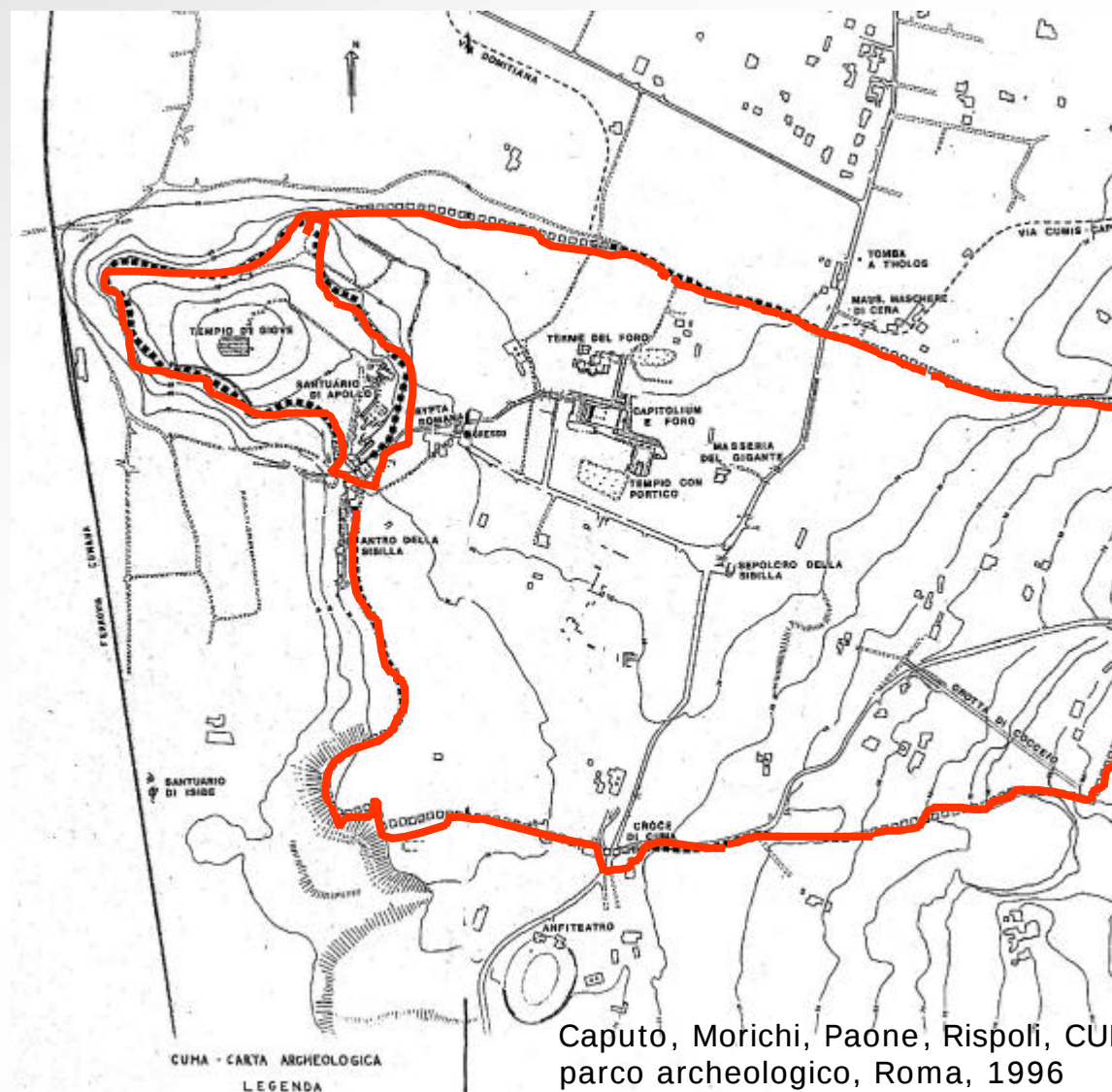


Dell'impianto urbano si conoscono pochi elementi: l'acropoli (Monte di Cuma) con i suoi santuari ristrutturati nella fase osco campana e in età augustea, il foro e alcuni assi viari riferibili al periodo romano.



Caputo, Morichi, Paone, Rispoli, CUMA ed il suo parco archeologico, Roma, 1996

Circuito ipotetico delle fortificazioni di Cuma



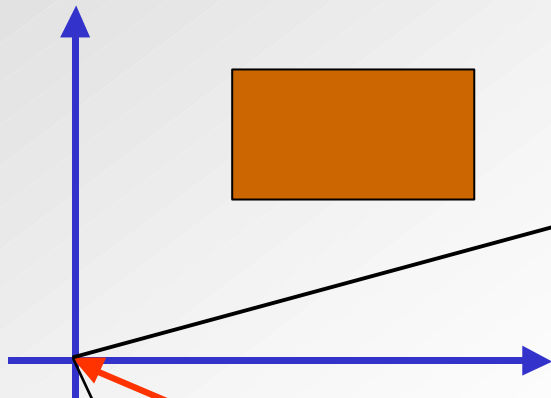
Caputo, Morichi, Paone, Rispoli, CUMA ed il suo parco archeologico, Roma, 1996

Per rilevare gli elementi caratteristici di un territorio con i tradizionali strumenti topografici è necessario realizzare diverse stazioni.

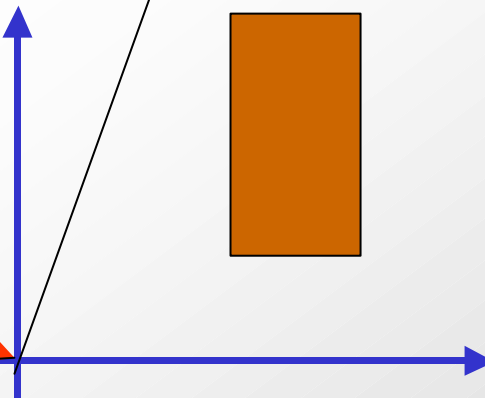
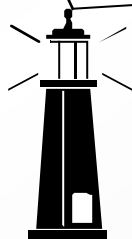
Queste stazioni debbono essere collegate tra loro:

- tramite connessione diretta (visibilità di ogni stazione con quella precedente e quella successiva)
- agganci a punti trigonometrici visibili tra le diverse stazioni

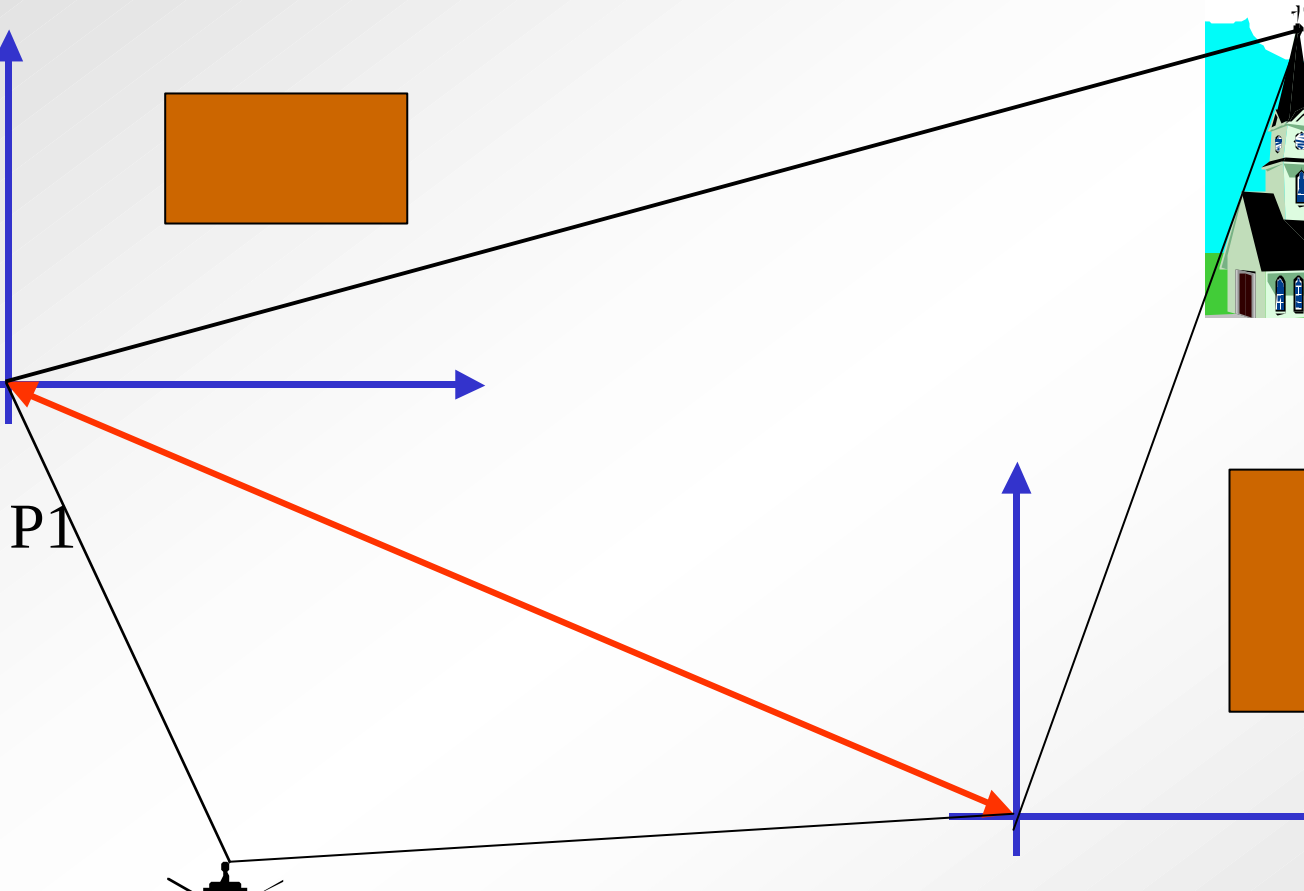
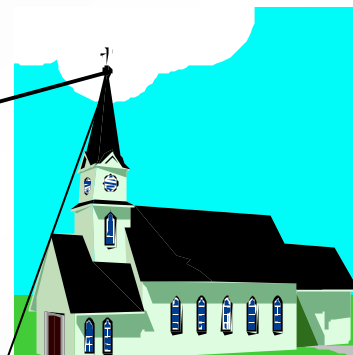
N ↑



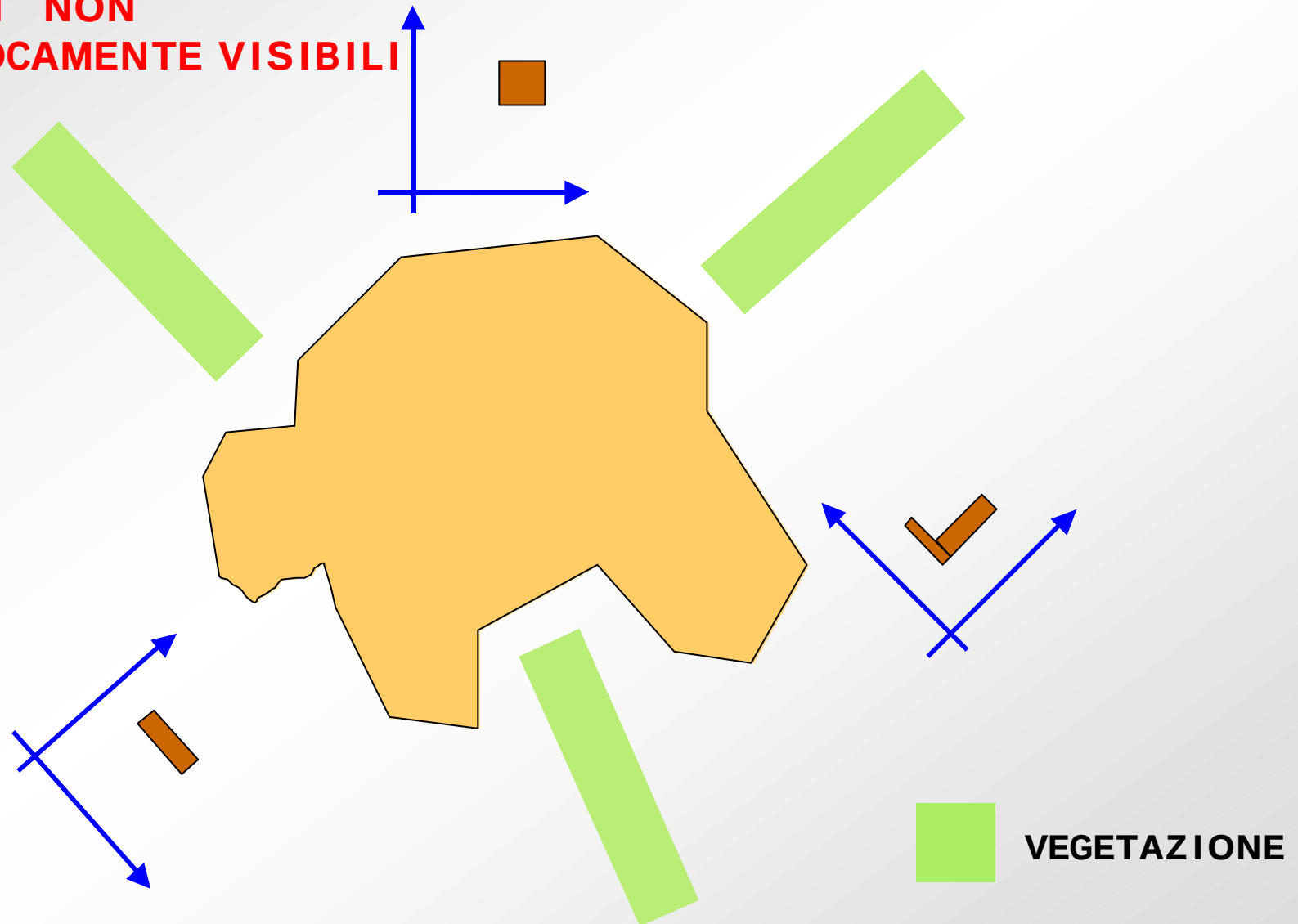
P1



P2



NEL NOSTRO CASO INVECE si
trattava di **RILEVARE**
MANUFATTI IN PUNTI
DIVERSI NON
RECIPROCAMENTE VISIBILI





In particolare, il rilievo dei resti visibili delle fortificazioni di Cuma si è rivelato particolarmente arduo a causa della posizione delle strutture e della presenza di un manto vegetativo molto fitto

PROBLEMA:

- PUNTI MOLTO DISTANTI TRA LORO
- NON RECIPROCAMENTE VISIBILI
- IMPOSSIBILITA' DI VISUALIZZARE PUNTI ESTERNI PER TRIANGOLAZIONI

SOLUZIONE:

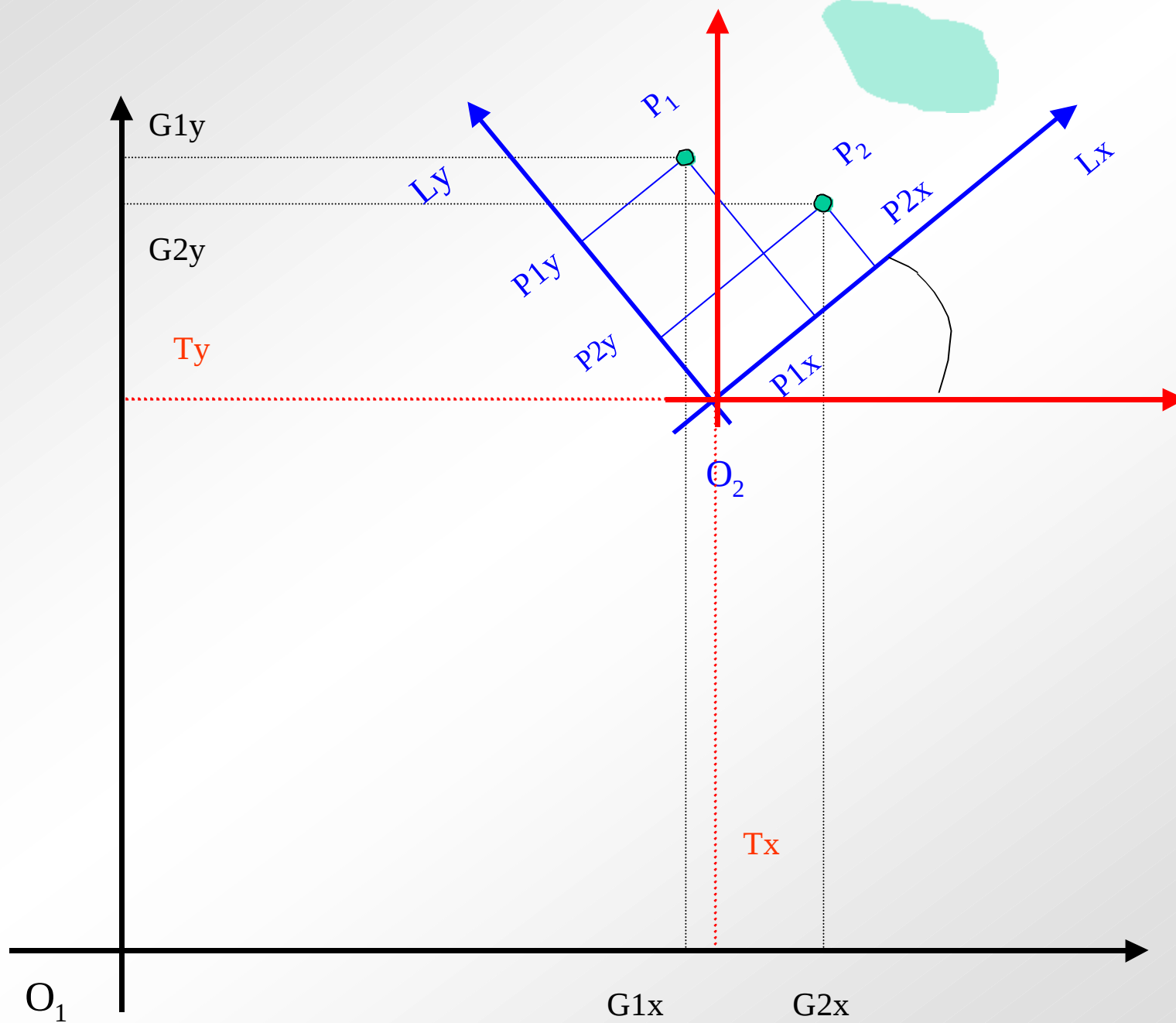
- COSTRUZIONE DI UNA POLIGONALE (**COMPLESSO E MOLTO LUNGO**)
- OPPURE.....

Sono stati rilevati due punti esterni al rilievo del struttura mediante l'impiego della ST;

Questi due punti sono stati rilevati anche in coordinate geografiche mediante l'impiego di DGPS;

Trasformazione (rotazione+traslazione) del sistema locale (punti+struttura) nel sistema geografico

N ↑



$$\begin{cases} G_X = P_X \cos a + P_Y \cos(90 + a) + T_X \\ G_Y = P_X \sin a + P_Y \sin(90 + a) + T_Y \end{cases} \xrightarrow{\text{SVOLGENDO}} \begin{cases} G_X = P_X \cos a - P_Y \sin a + T_X \\ G_Y = P_X \sin a + P_Y \cos a + T_Y \end{cases}$$

SEMPLIFICANDO IL FORMALISMO MATEMATICO

$$\begin{cases} G_X = P_X a - P_Y b + T_X \\ G_Y = P_X b + P_Y a + T_Y \end{cases}$$

IL SISTEMA DI EQUAZIONI PUO ESSERE RICONDOTTO

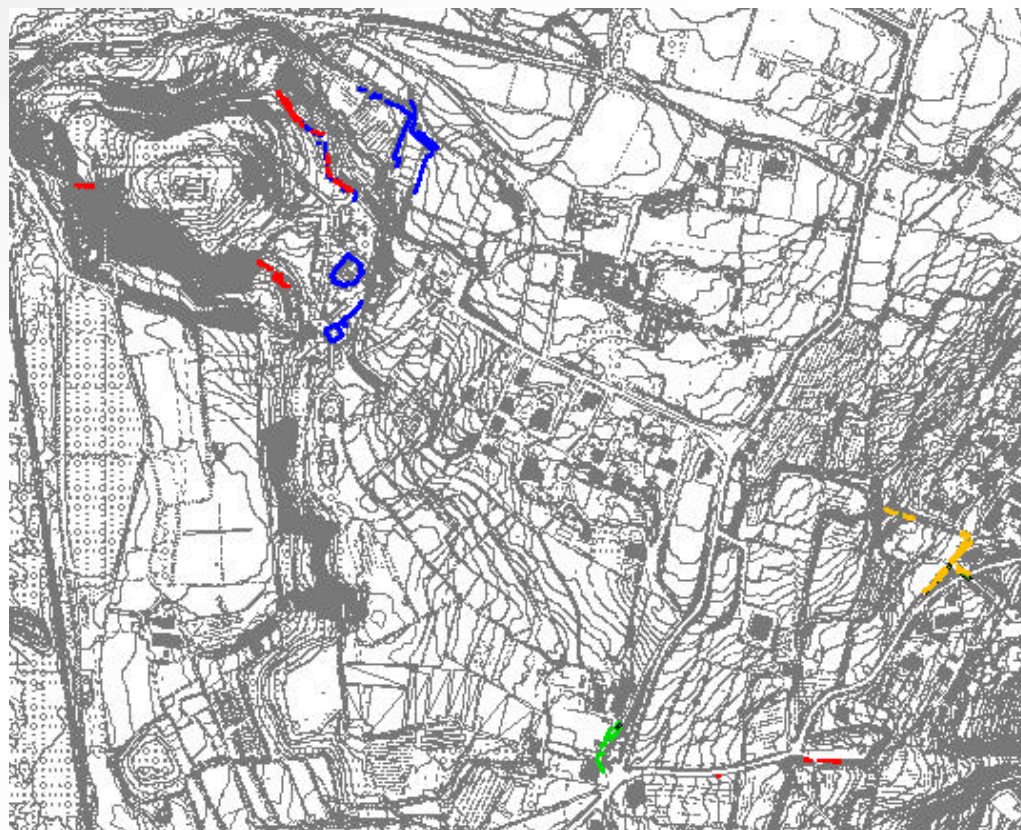
ROTAZIONE

$$\begin{pmatrix} + & a & - & b \\ + & b & + & a \end{pmatrix}$$

TRASLAZIONE

$$\begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix}$$

Sono mostrati nella figura alcuni dei tratti delle fortificazioni e della viabilità rilevati e georeferenziati sovrapposti al fotogrammetrico scala 1:500

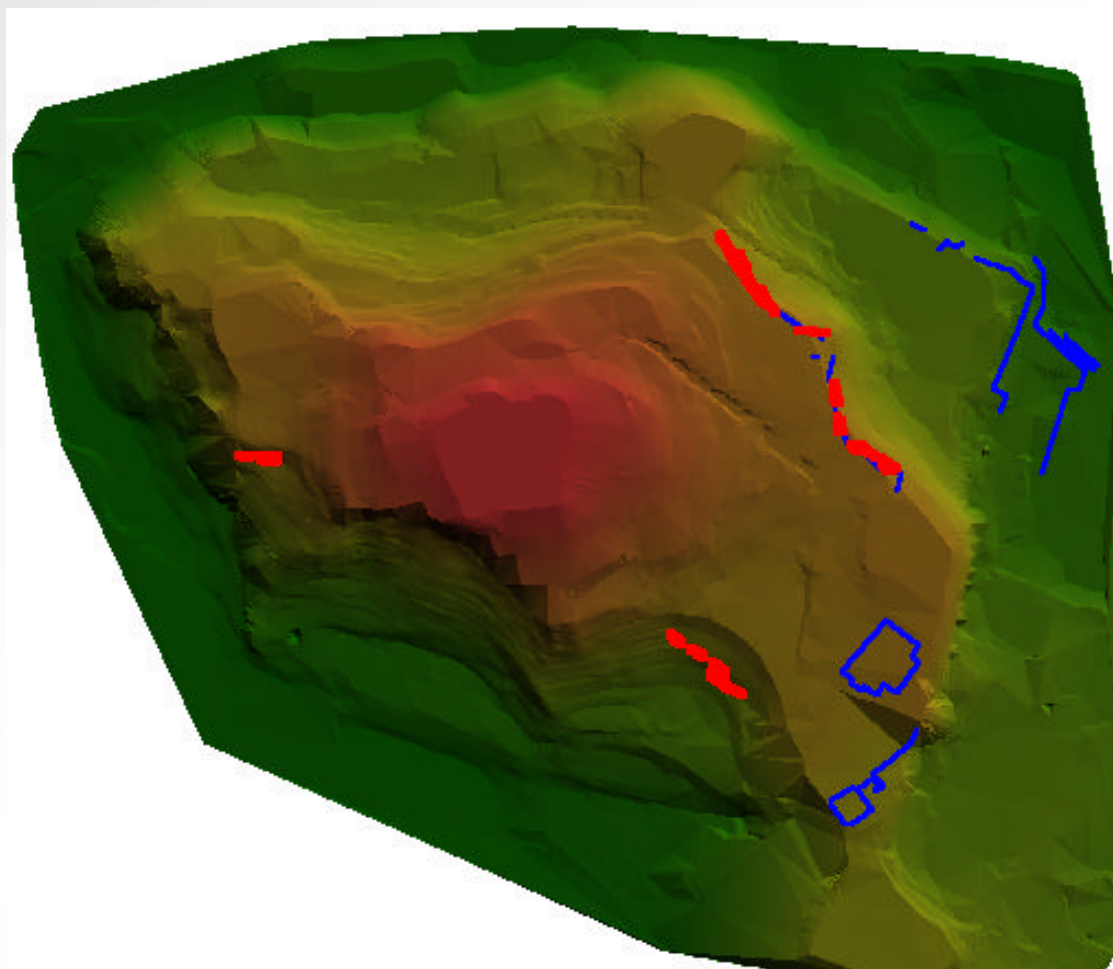


Il dettaglio mostra la bontà del metodo utilizzato mostrando un tratto di viabilità antica sovrapposto al fotogrammetrico 1:500

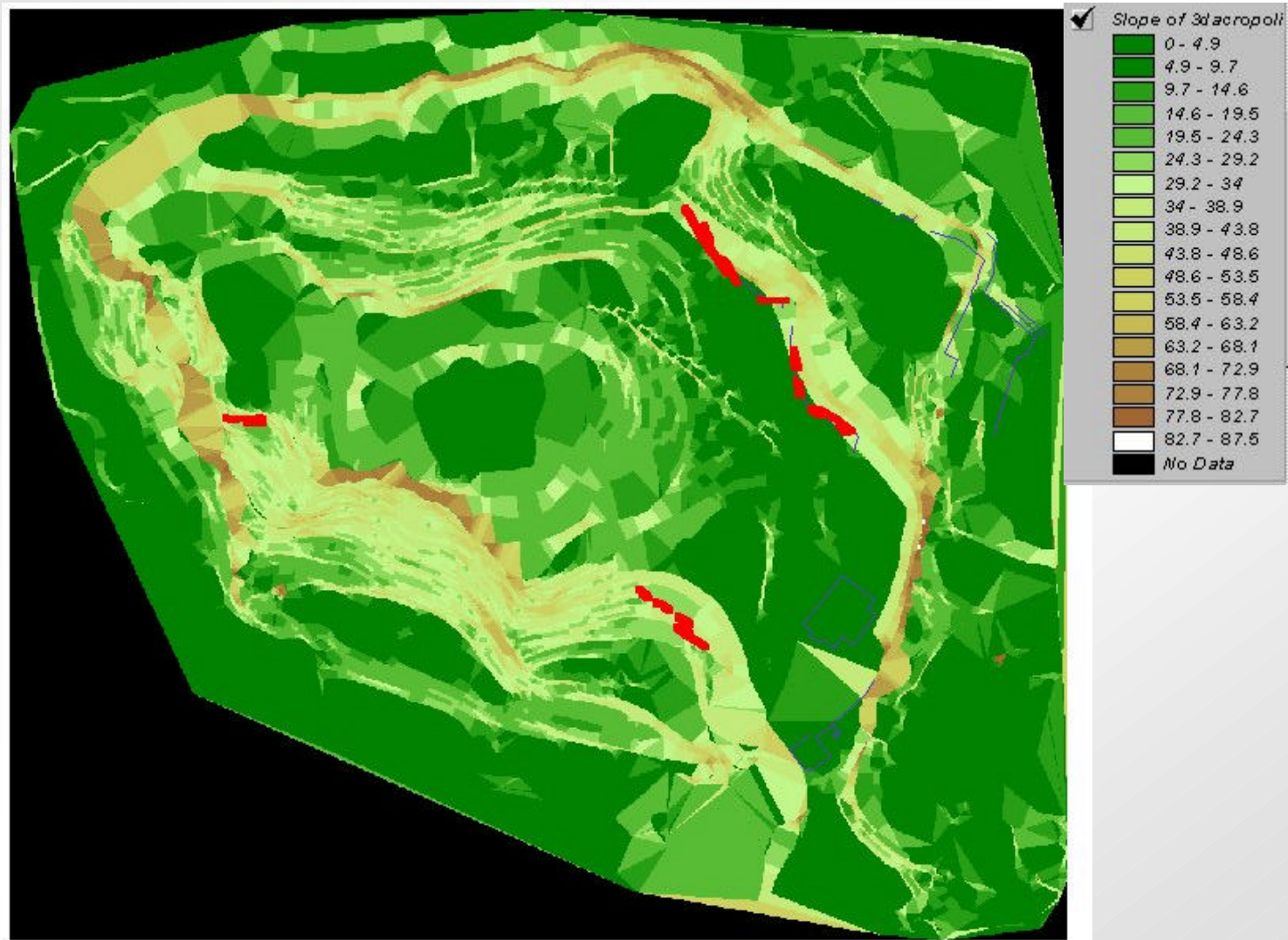
Verifica della georeferenziazione



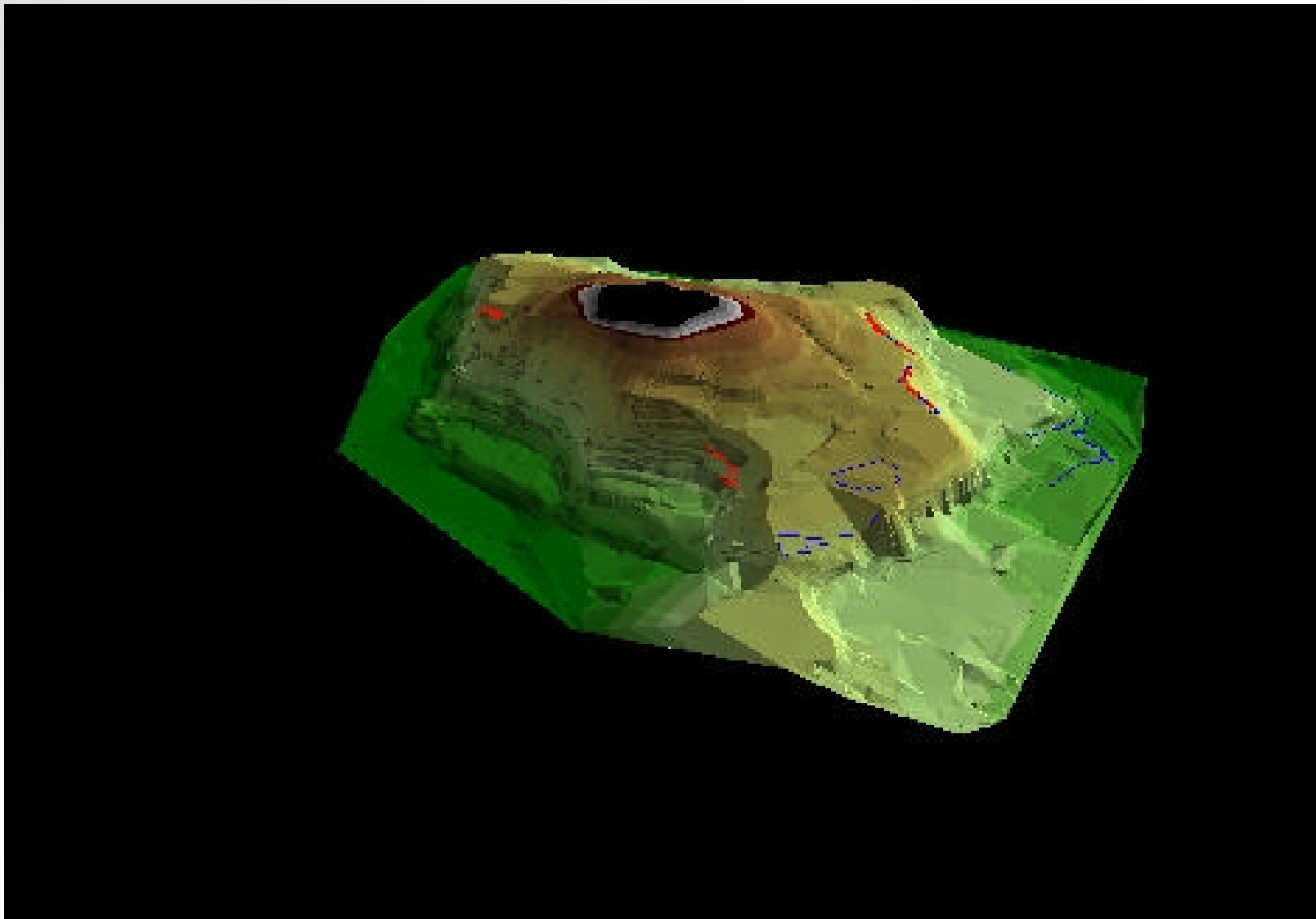
Modello 3D della collina dell'acropoli con la sovrapposizione di alcuni tratti della fortificazione. In tale diagramma è possibile mettere in relazione i tratti rilevati e le curve altimetriche del terreno

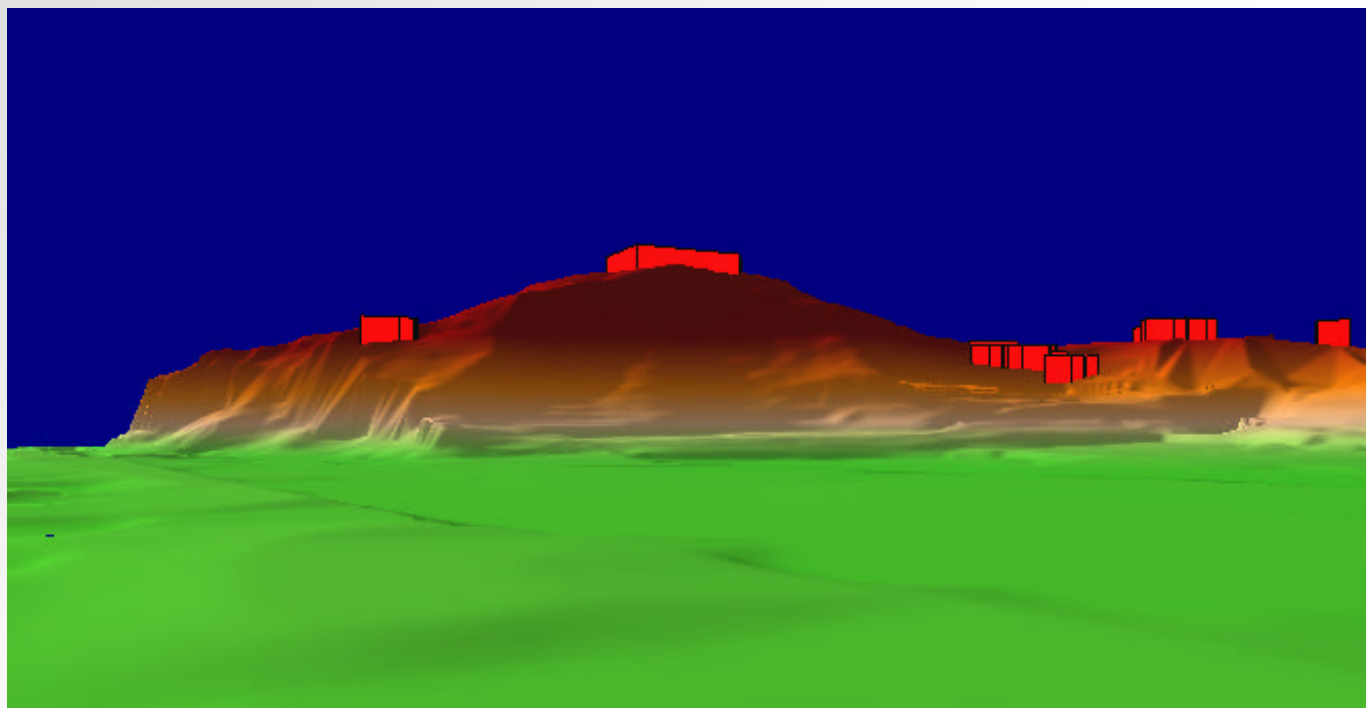


Relazione tra le fortificazioni e le pendenze del terreno



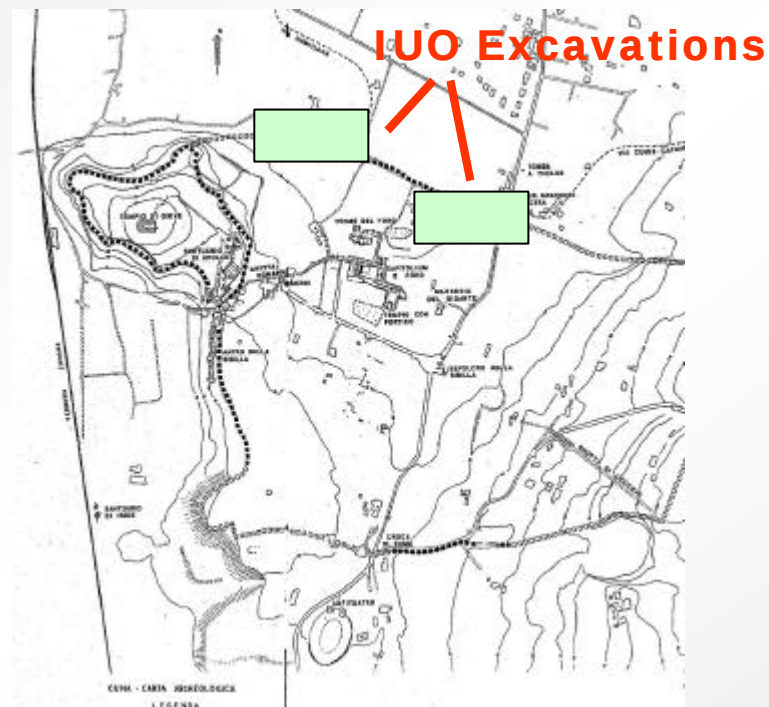
Modello 3D della collina dell'acropoli





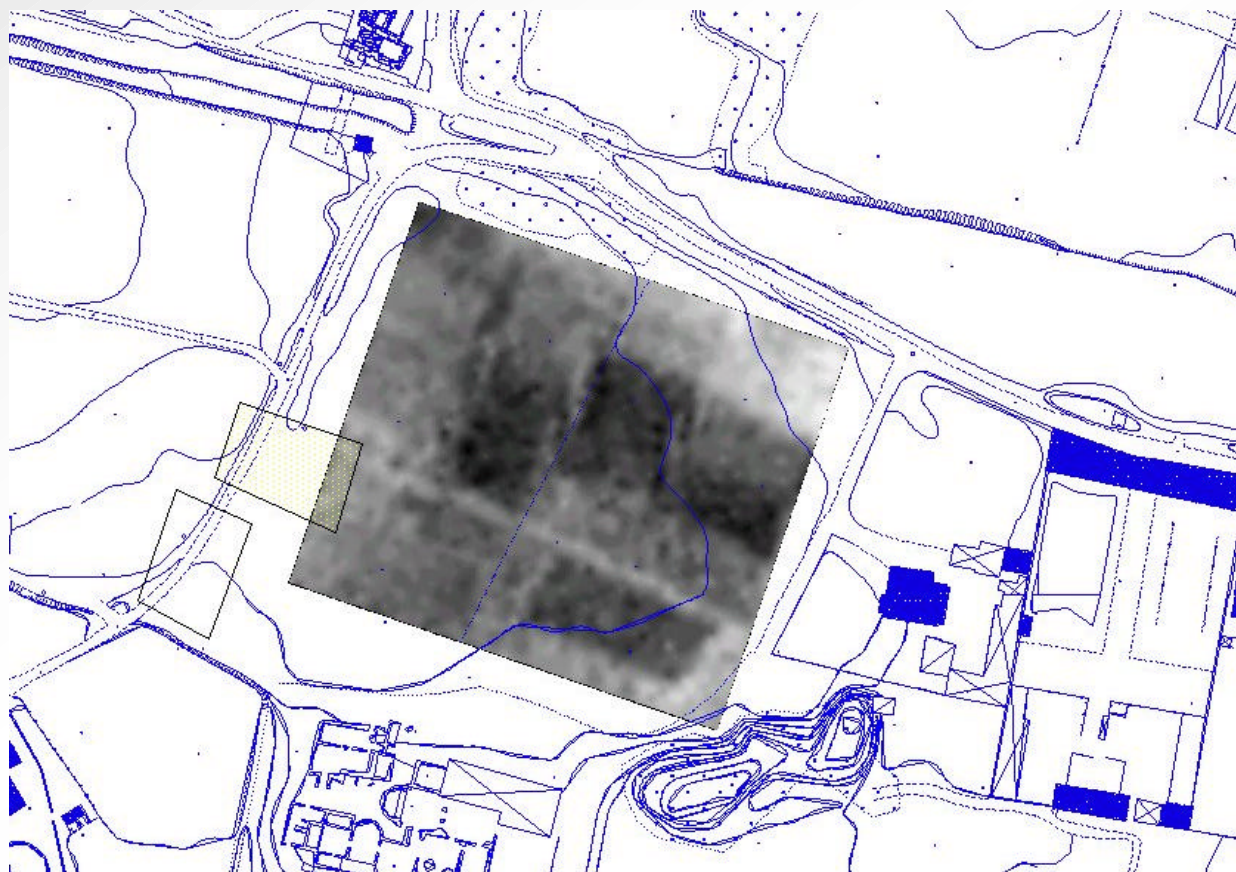
Visione prospettica dell'acropoli
con ricostruzione virtuale dei
Tempi e delle fortificazioni, la
foto in basso mostra l'aspetto
attuale dell'area.

Il DTM del territorio di Cuma ha evidenziato la presenza di più circuiti murari a quote differenti e la doppia funzione di terrazzamento e di fortificazione dei versanti delle alture svolta da alcuni tratti

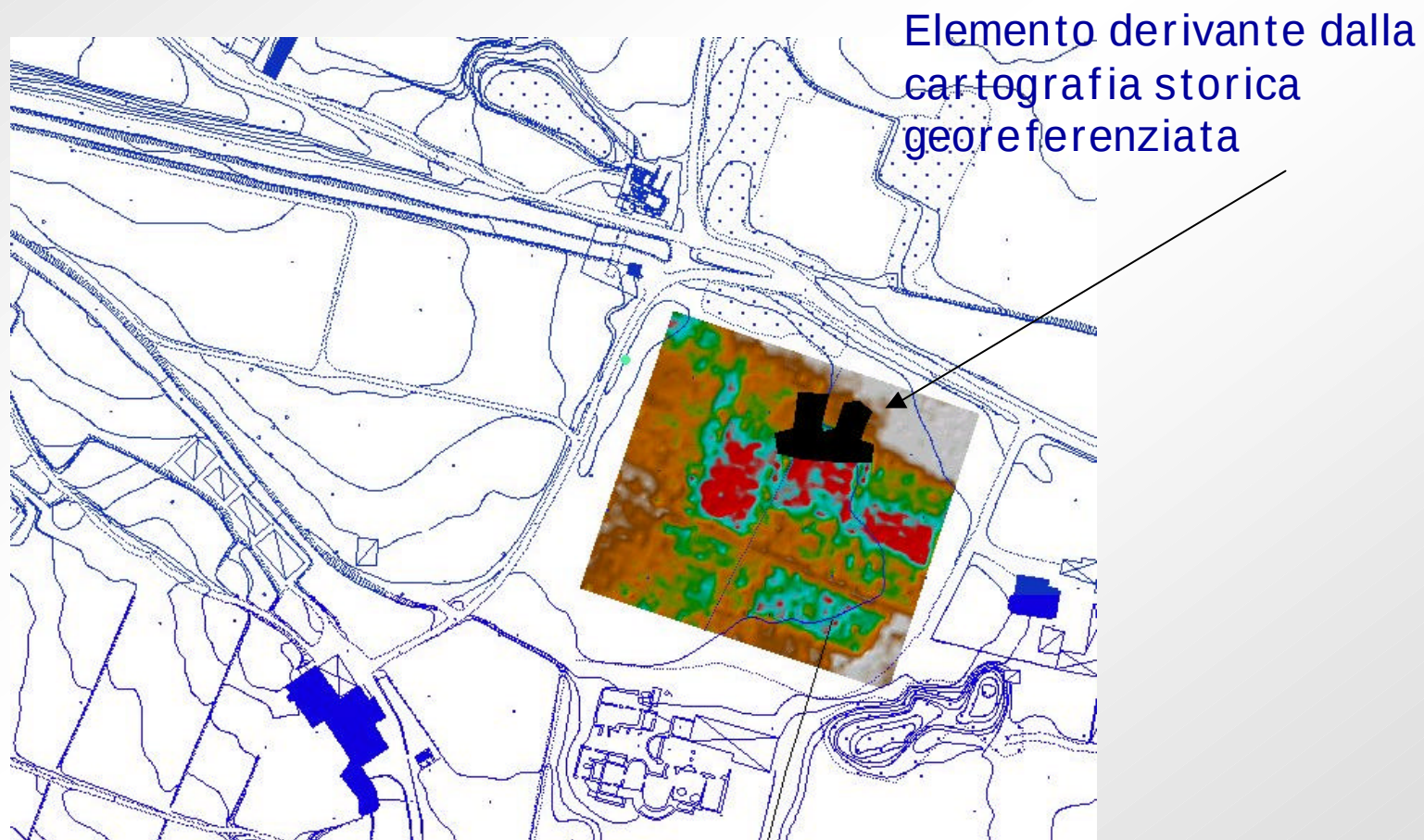


Caputo, Morichi, Paone, Rispoli, CUMA ed il suo parco archeologico, Roma, 1996

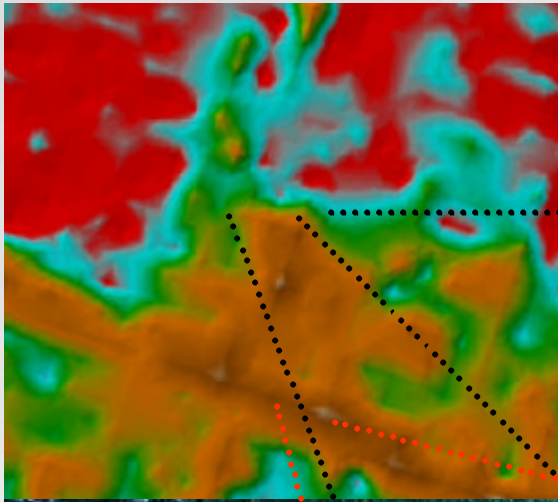
In questa rappresentazione viene mostrato una sovrapposizione tematica tra la cartografia ed la mappa georeferenziata delle prospezioni geoelettriche condotte sull'area le zone più scure rappresentano anomalie geofisiche basso resistive, riconducibili ad piante di edifici, mentre le zone più chiare, alto resistive, possono essere interpretate come possibili tratti di viabilità o di canalizzazioni.



Riscontri tra cartografia storica e carte tematiche attuali e mappa delle anomalie geoelettriche in falsi colori



Le strutture emerse nel corso dello scavo



Il caso di studio di Wu'ayra **Petra (Giordania)**; ricostruzione ed interpretazione di un sito archeologico, su scala territoriale, per lo studio del fenomeno dell'incastellamento in epoca medioevale.

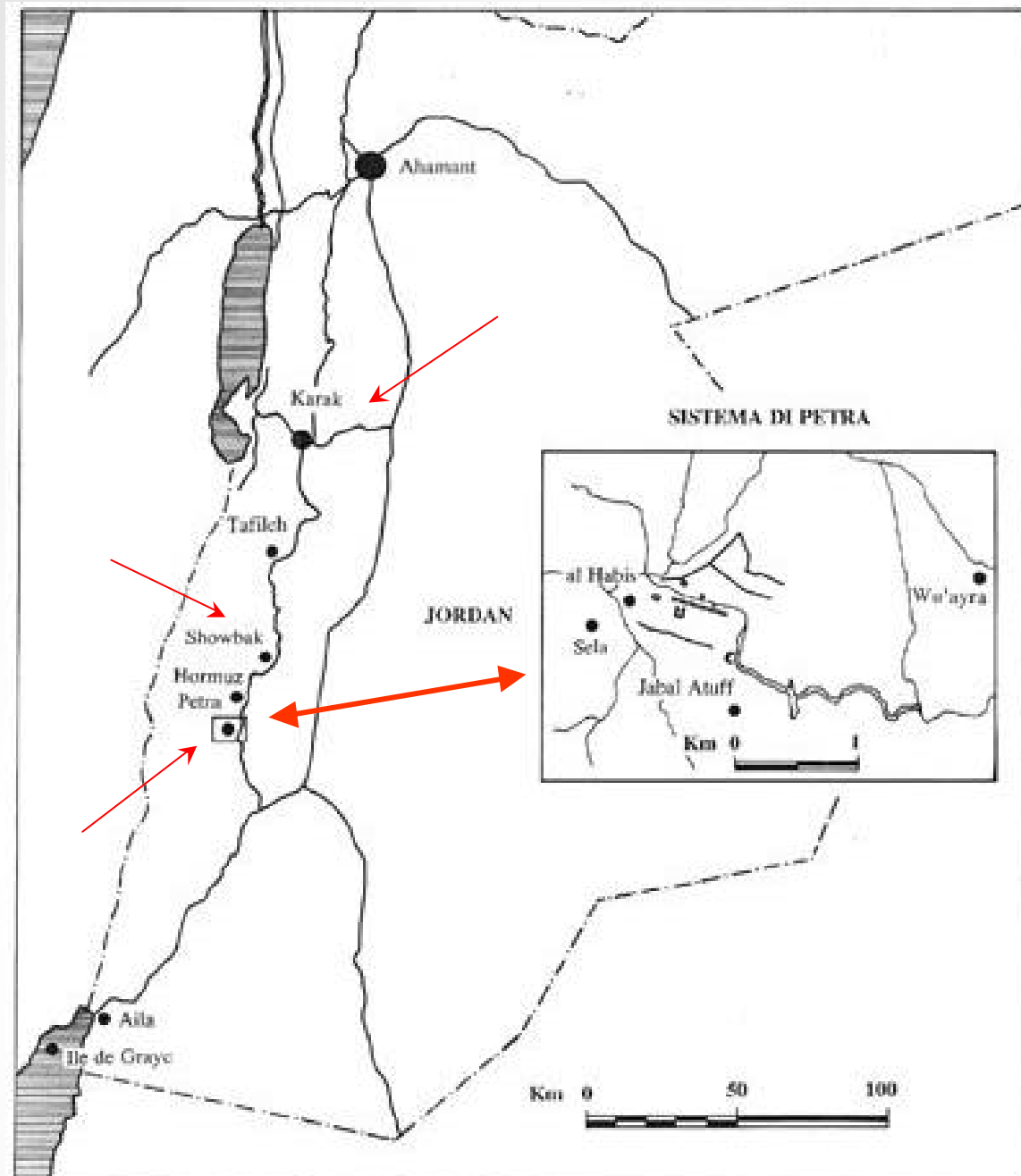
Responsabile del Progetto Petra: Prof. G. Vannini

Università di Firenze Dipartimento di Studi Storici e Geografici

Rilievi ed elaborazioni dei dati morfologici sono stati eseguiti in collaborazione con: Dott. A. D'Andrea - IUO Napoli

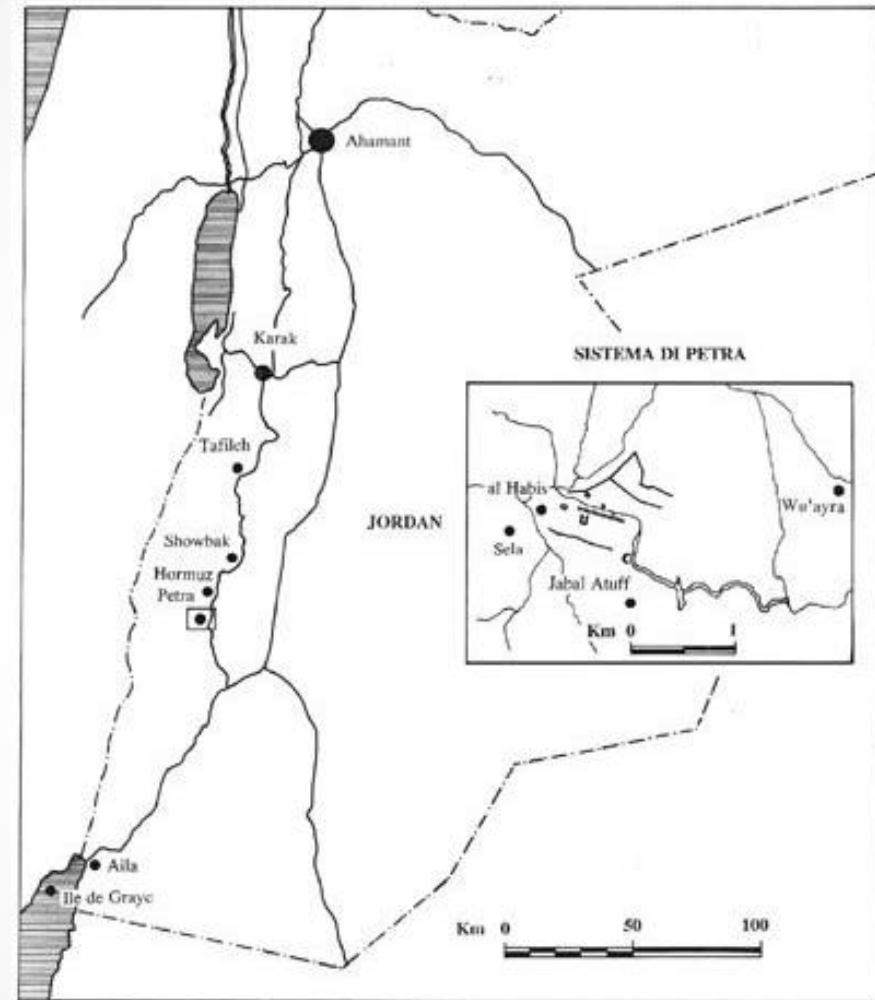
La missione archeologica italiana dell'Università di Firenze in Giordania è impegnata dal 1986 in un progetto teso ad analizzare le caratteristiche dell'incastellamento crociato nei territori corrispondenti alla Signoria di Trasgiordania nel secolo XII.

LA LINEA DEI CASTELLI CROCIATI



Petra, antica capitale dei Nabatei, aveva un ruolo centrale nell'articolato sistema d'incastellamento feudale dell'intera valle; un sistema disposto a protezione della "Strada dei Re" e che, di fatto, costituiva il primo apparato difensivo orientale del Regno Latino di Gerusalemme.

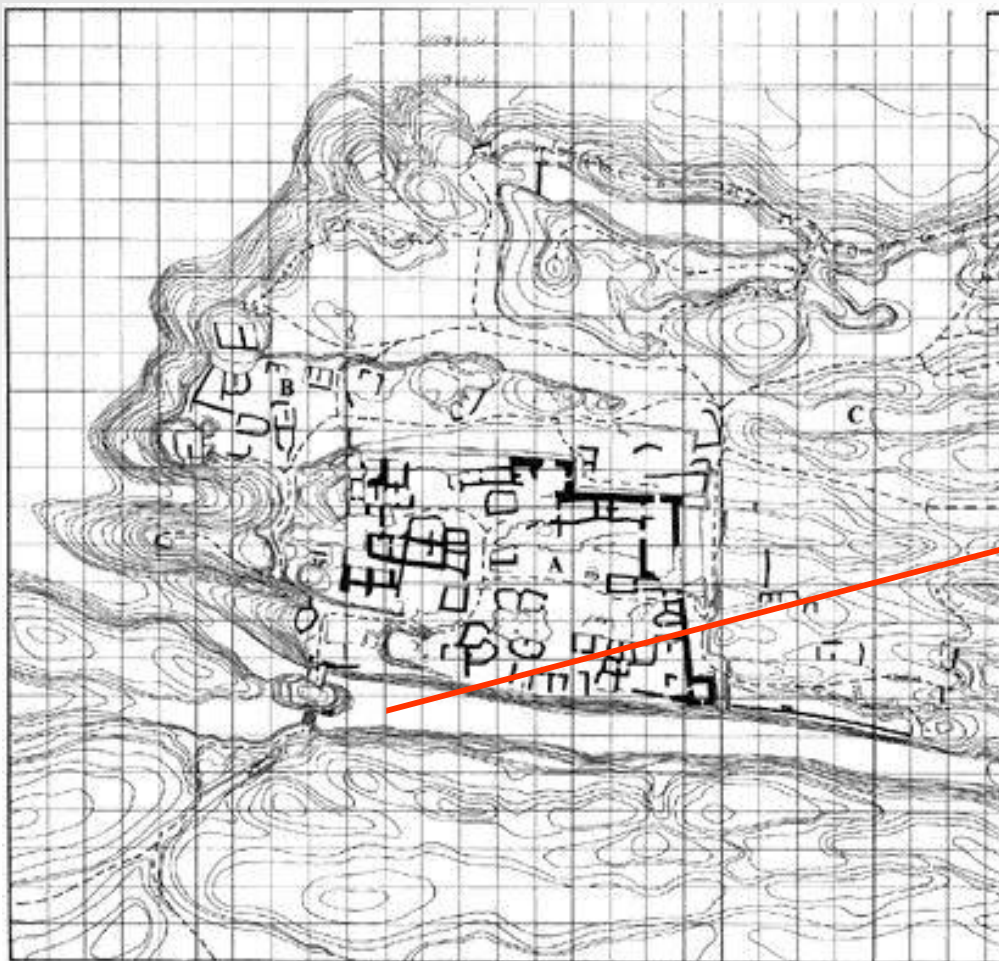
Il complesso di fortificazioni della valle di Petra gravita intorno al castello di al-Wu'ayra, dominante gli accessi all'antica valle; questo si è rivelato la chiave di lettura di tutto il sistema insediativo di Petra, non solo per il periodo medievale.



Il sistema fortificato crociato di al-Wu'ayra si compone di una doppia linea di difesa, all'interno della quale il cassero, nucleo centrale dell'impianto, sorge in posizione eccentrica verso est.



Il complesso della chiesa fortificata, cui si accede dal lato sud, si trova alla sommità di una rampa dove si è anche rinvenuta l'area cimiteriale crociata. Il complesso protegge l'accesso alla principale cisterna d'acqua dell'intero sito.



E' in corso l'implementazione di un GIS per l'organizzazione spaziale dei dati territoriali (morfologici, storici, archeologici e geofisici).

Il programma si è valso di tecniche innovative di microrilievo, basate sui DGPS sia per la creazione di scenari 3D, sia per la determinazione di mappe tematiche (pendenze, esposizioni solari ecc).

Reference

Rover

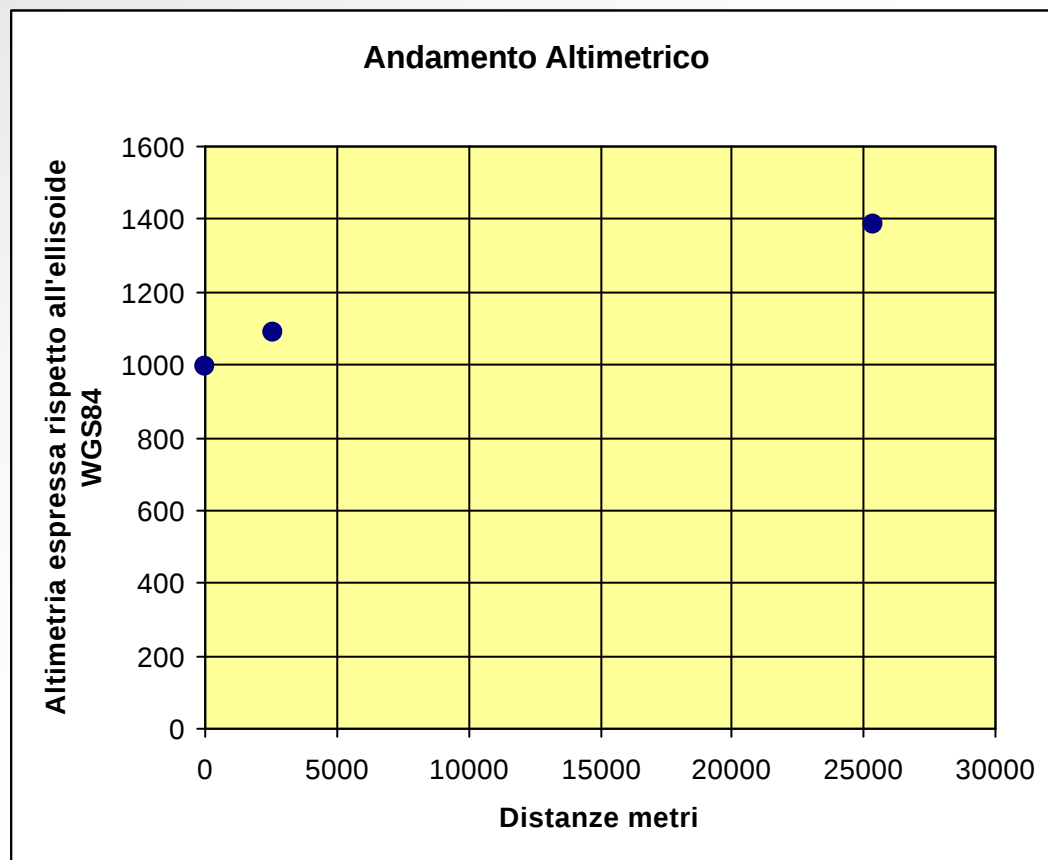


Il lavoro che ci eravamo proposti era la contestualizzazione del sito rispetto al suo territorio ed in prospettiva di verificare le possibili interazioni spaziali tra i diversi siti.

Le principali difficoltà riscontrate erano:

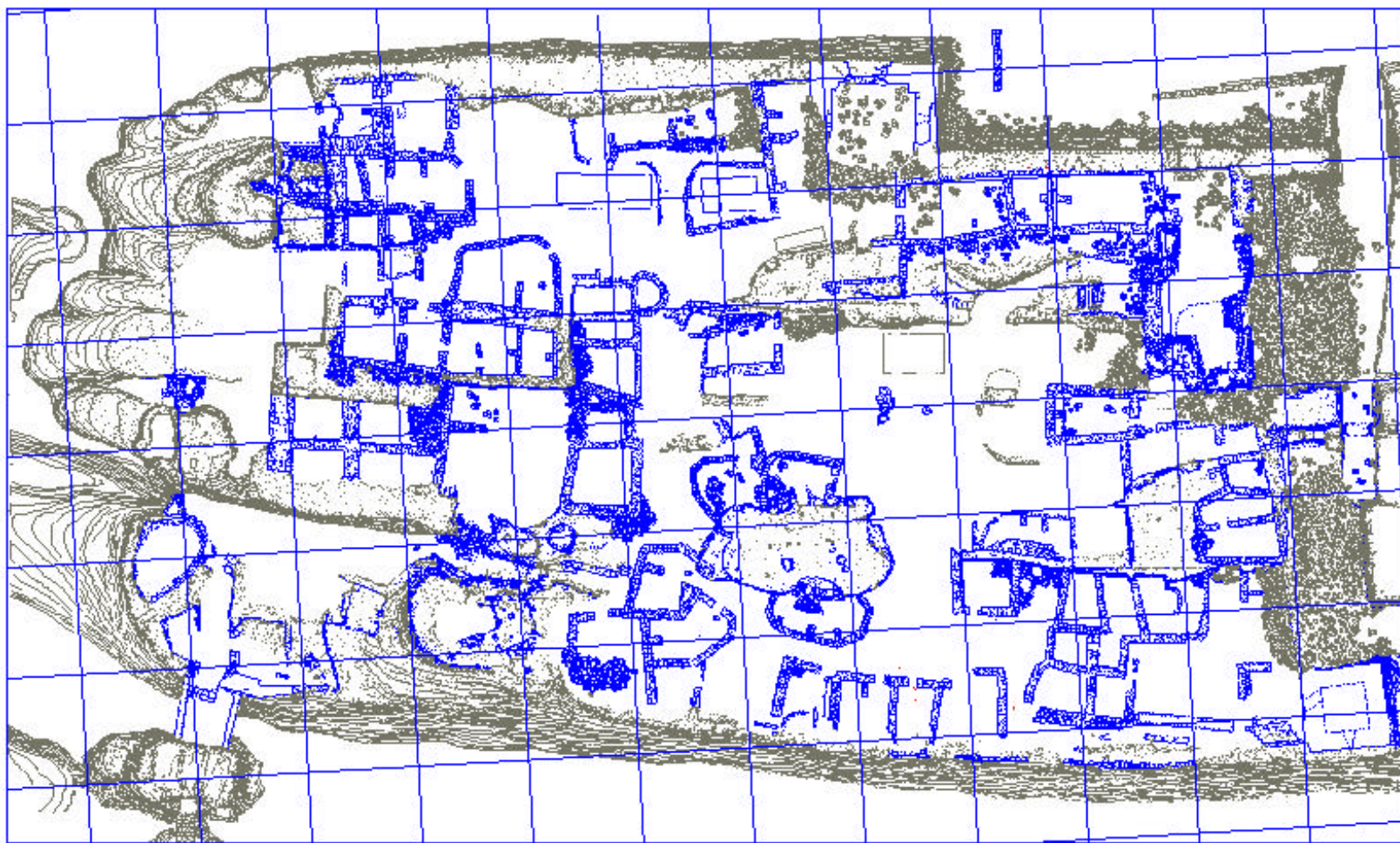
- situazione morfologica molto complessa, sia interna che esterna al castello;
- mancanza di documentazione cartografica.

Studio del profilo altimetrico relativo alle fortificazioni di Showbak, Al Wu'eira e Al Habis



Showbak	1385.9252	170026.4869	3382695.0207		25344.67	1385.925
Al Wu'eira	1089.7547	157552.3101	3360632.6728		2610.648	1089.755
Al Habis	996.9516	160142.7702	3360956.7058		0	996.9516

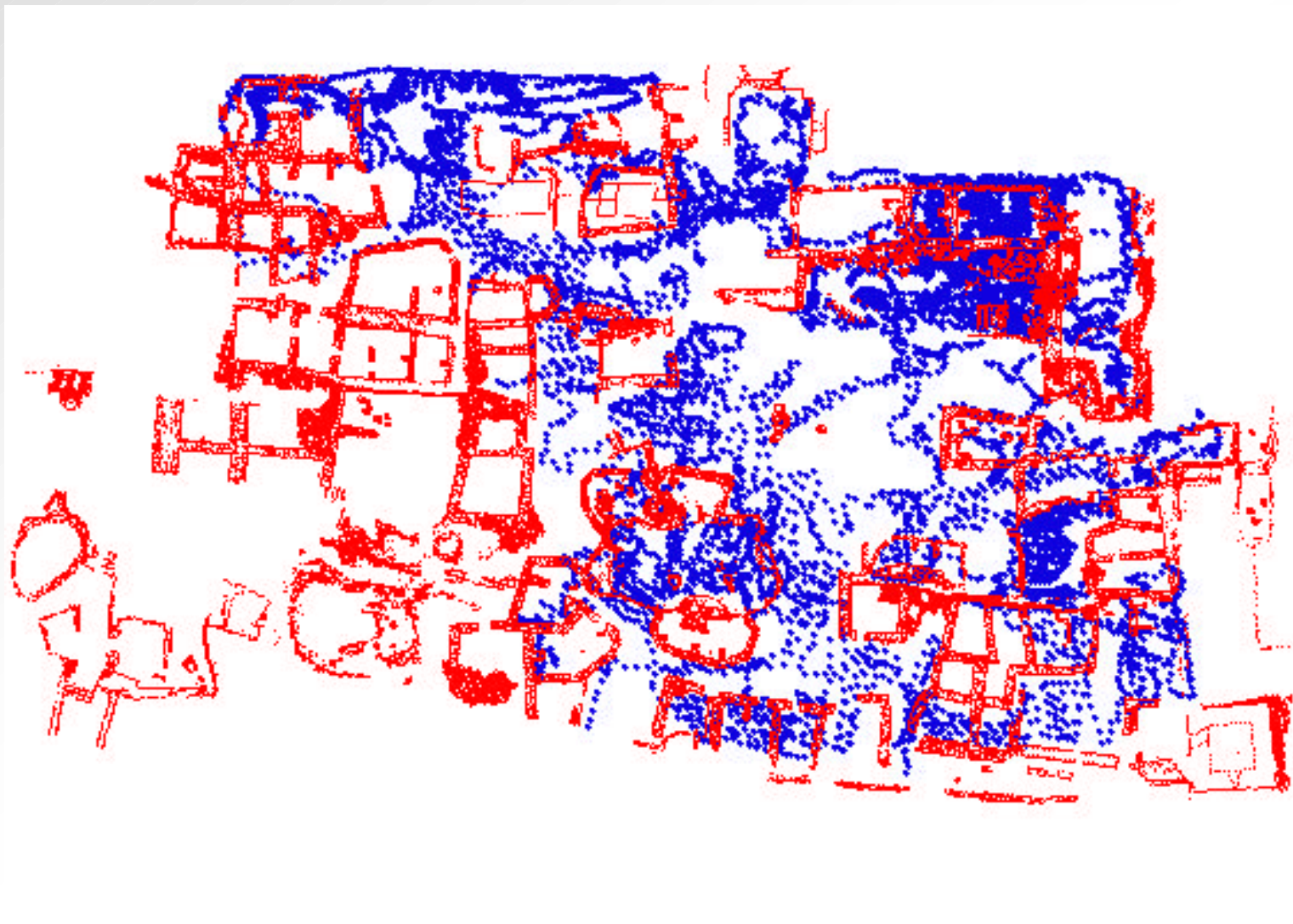
Pianta del Castello di Al Wu'eira (BINI, BERTOCCI, 1997)



Mappa del Cassero (circa 117mx69m; Area 8.000 m²)

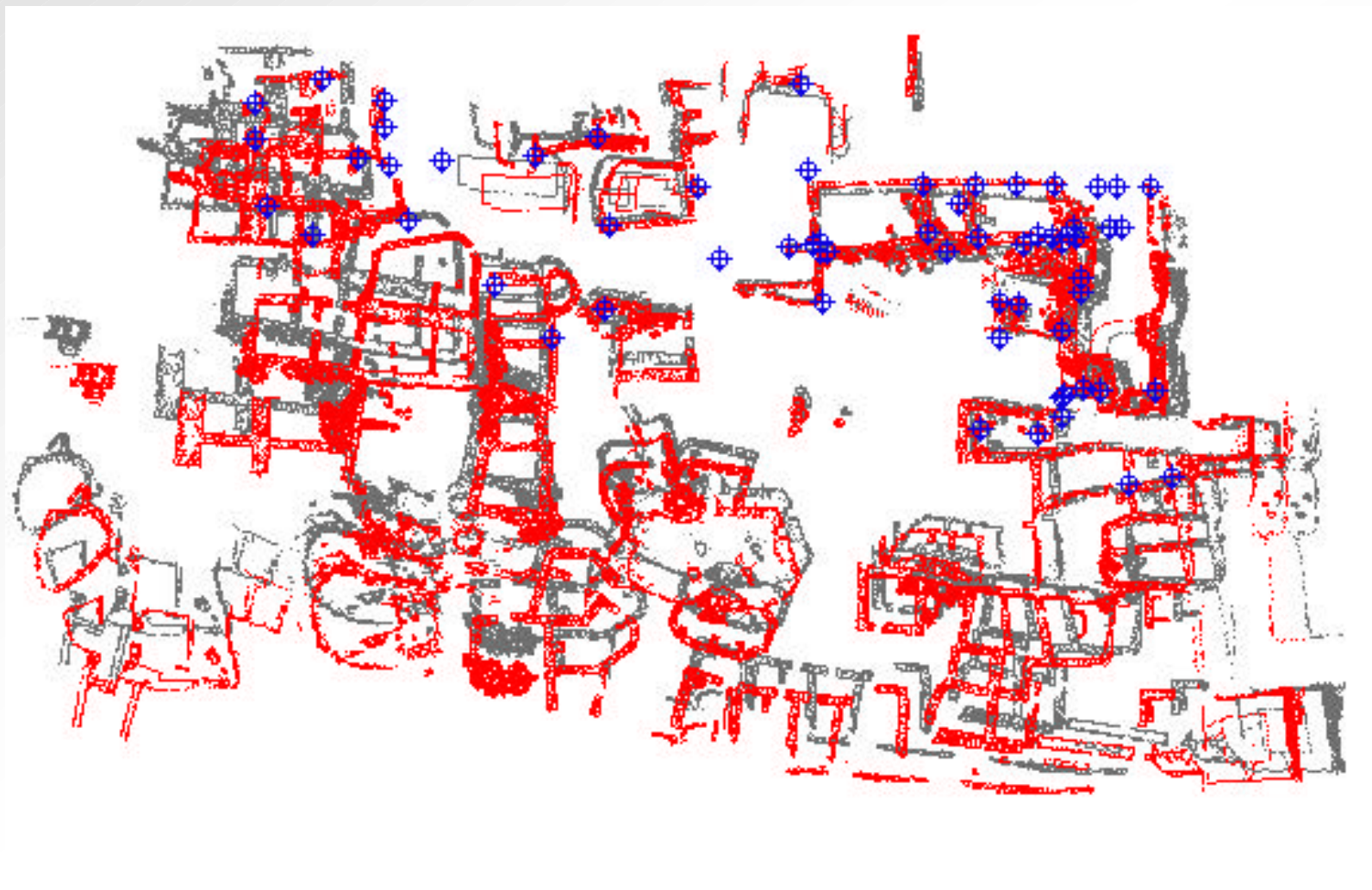


Rilievo del DTM relativo al Cassero con utilizzando il DGPS

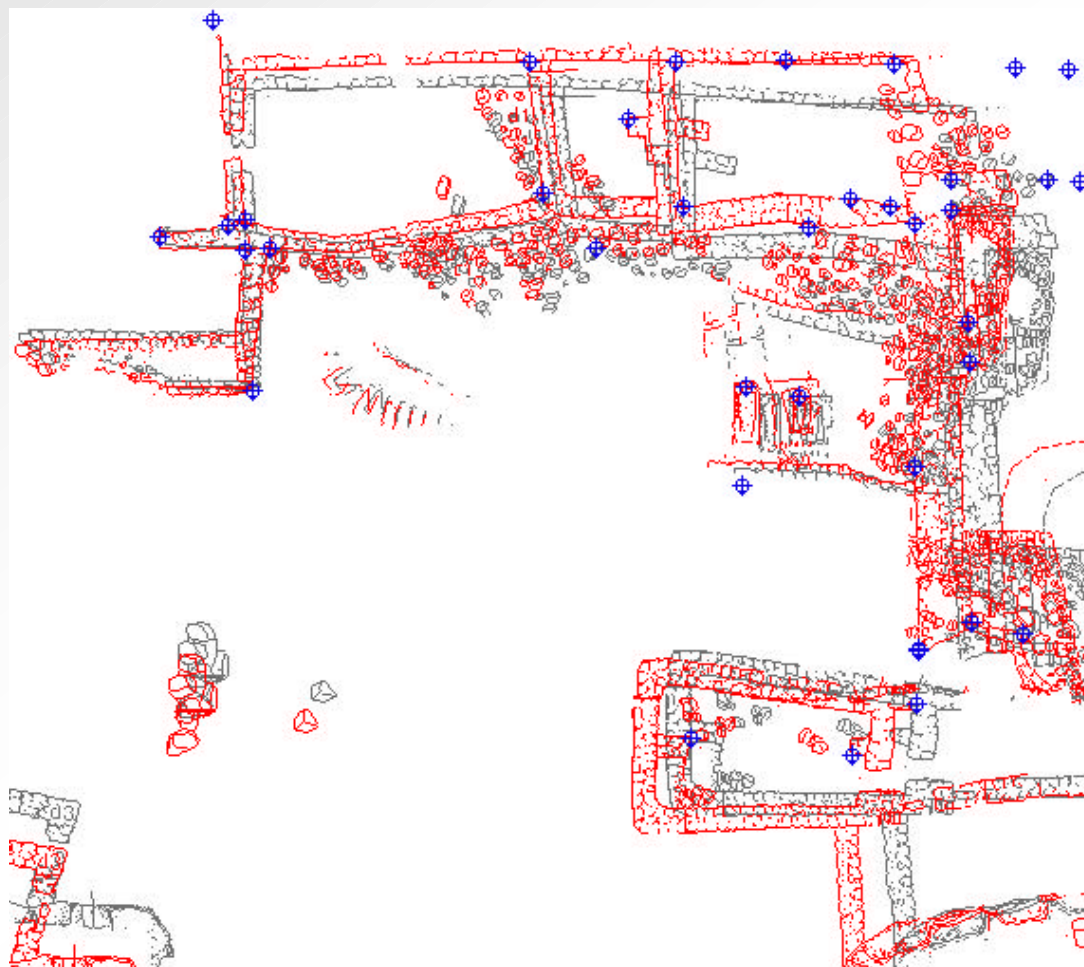


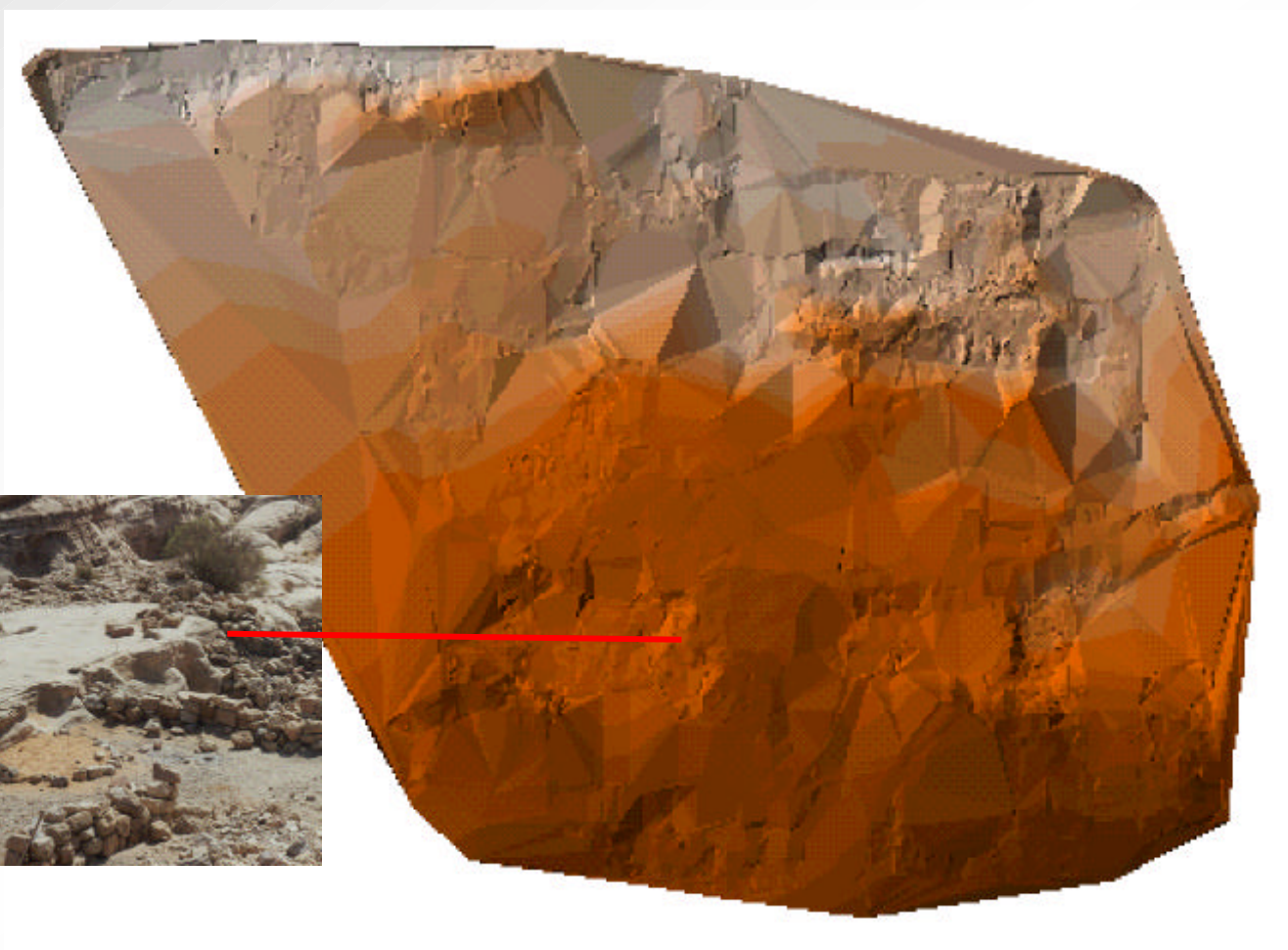
(14.000 punti per 4000 m²)

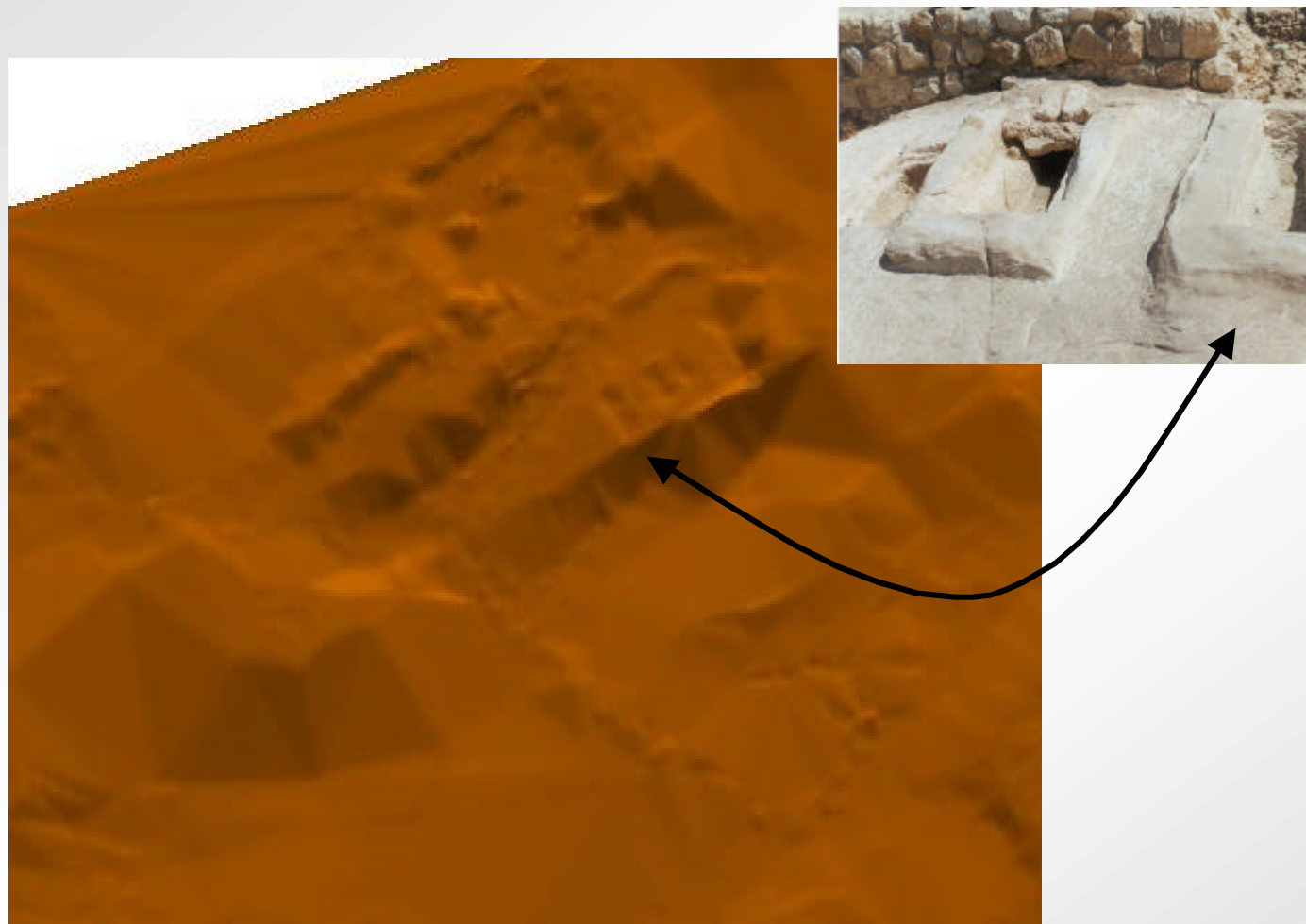
Verifica della mappa georeferenziata rispetto
a quella ottenuta con metodi tradizionali



Particolare

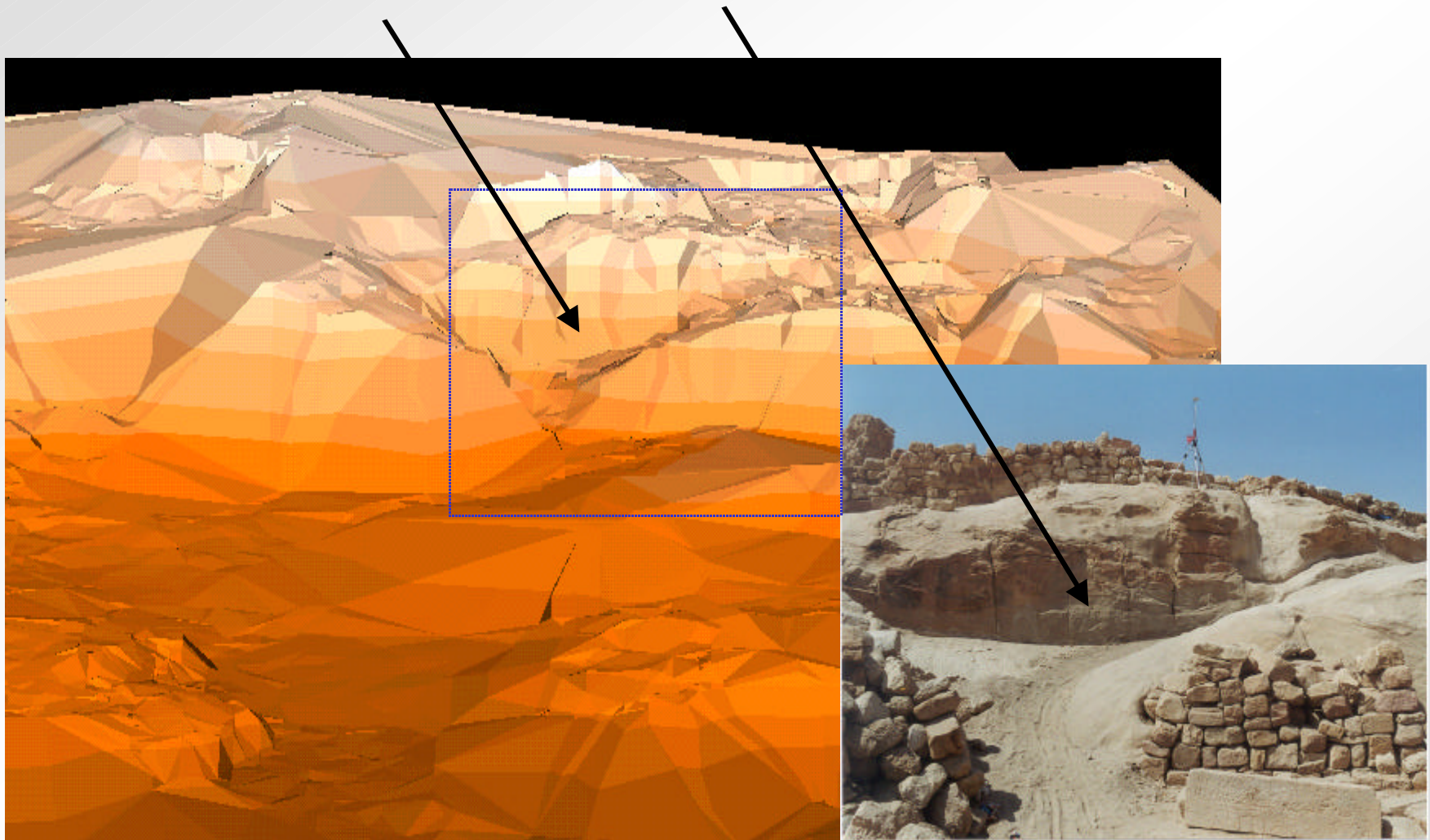




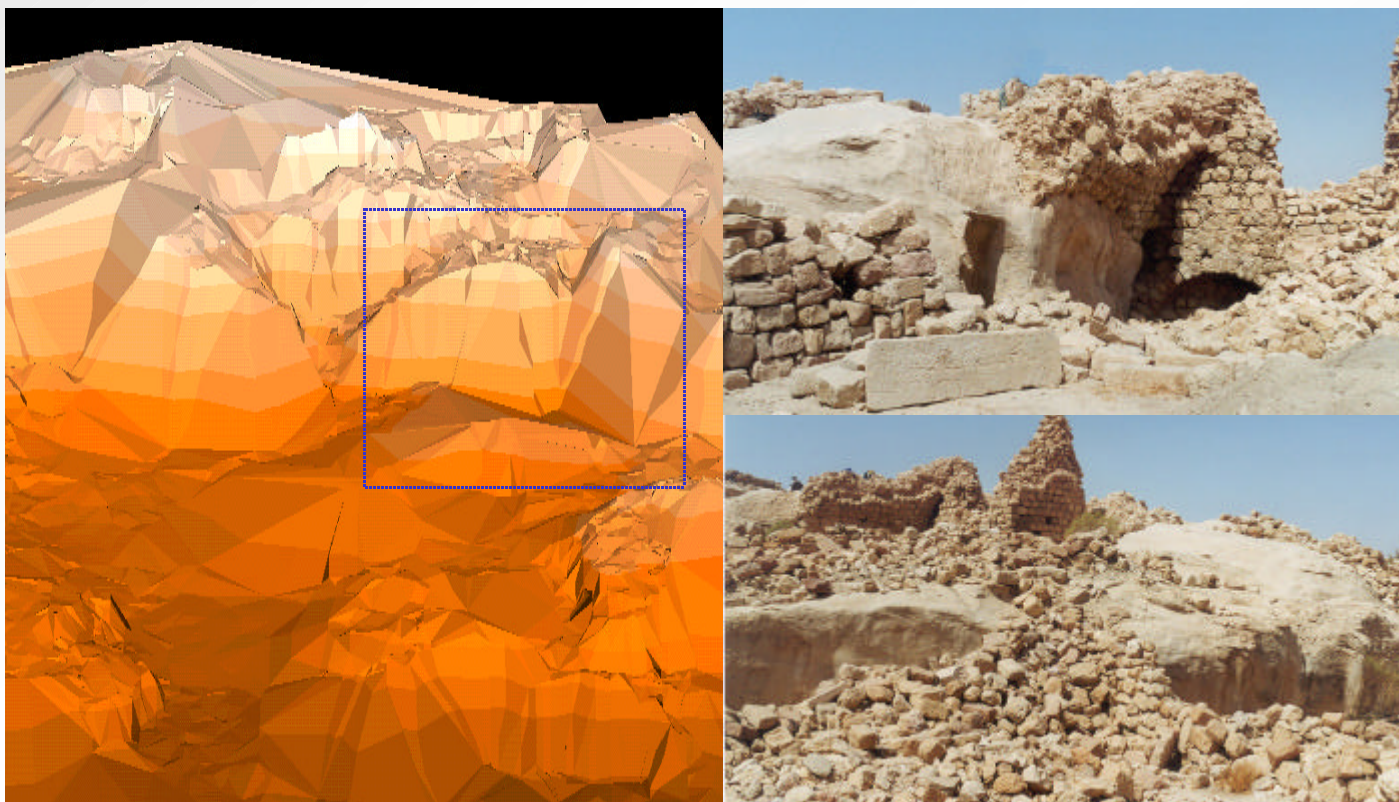


Rappresentazione 3D della parte relativa alla chiesa fortificata controntata con l'immagine della zona cimiteriale

Particolare della rampa di accesso alla chiesa fortificata



Particolari dell'area del cassero



Pianta generale del castello

