

INDAGINI GEORADAR AD ALTA RISOLUZIONE NELL'AREA ARCHEOLOGICA DI *RUSSELLAE* (GROSSETO)

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto GreatT dal titolo “Global Research on Environmental and Territorial Transformations” finanziato dal Piano Nazionale Ripresa e Resilienza (PNRR) Missione 4-Componente 2-Investimento 1,1 “Progetti PRIN”, è stata progettata e sviluppata una campagna di prospezioni geofisiche ad alta risoluzione con il metodo Ground Penetrating Radar (GPR), che ha come finalità la caratterizzazione del sito di *Rusellae* (Grosseto) (Fig. 1), in termini di localizzazione delle strutture archeologiche presenti a diverse quote in profondità, in alcuni settori non scavati. In generale il Progetto GreatT è focalizzato sullo sviluppo urbano e territoriale del centro etrusco romano di *Rusellae*, fino al suo abbandono tardo medievale (vedi CAMPANA, LIVERANI in questo volume). Il progetto si propone di unire il quadro storico-topografico e ambientale della città e della campagna, superando gli ostacoli della vegetazione o le modificazioni del territorio.

È noto da tempo che i metodi di prospezione geofisica sono utili prima di qualsiasi lavoro di scavo (SCOLLAR *et al.* 1990; GAFFNEY *et al.* 2004; CAMPANA, PIRO 2009; DEIANA *et al.* 2018; PERSICO *et al.* 2018). Non vi è dubbio che un'indagine multi-metodologica, che utilizzi e confronti metodi magnetici, georadar (GPR) e resistivi nello stesso sito, potrebbe offrire l'opportunità di raccogliere informazioni utili. Ciò è possibile perché ciascuno di questi metodi misura la variazione di diverse proprietà fisiche dei corpi indagati rispetto al terreno circostante (PIRO *et al.* 2007, 2009, 2018). Tutti i comuni metodi geofisici di prossimità, come quelli magnetici e di resistività, forniscono misurazioni che rappresentano valori medi su un dato volume di sottosuolo investigato. Al contrario, il metodo GPR produce valori tridimensionali sotto forma di tracce radar, che vanno gestiti con particolari procedure di elaborazione per evidenziare questo apporto. Per le particolari condizioni delle aree selezionate per le indagini (presenza di materiali metallici in superficie e/o nei pressi dell'area e necessità di ottenere risultati ad alta risoluzione), in questa fase degli studi sono stati esclusi i metodi magnetometrico e di resistività ed è stato selezionato il metodo Georadar.

Per quanto riguarda il sito di *Rusellae* le aree selezionate per le indagini geofisiche riguardano i settori N e S del Foro, la Basilica giulio-claudia, il Portico Nord, il Portico Sud e la Domus dei Mosaici (Fig. 2) e derivano da ipotesi sulla presenza di strutture, desunte dalla letteratura (LIVERANI 2011, 2012).



Fig. 1 – Localizzazione geografica dell'area archeologica di *Rusellae* (Roselle, GR).

Per il settore S del Foro si tratta di confermare la presenza di una canaletta in direzione della piazza del Foro e di resti murari, in direzione SE, con alcune evidenze in superficie dovute alla presenza di pietre allineate. Per l'area del Portico Nord, nelle piante della guida di Roselle (NICOSIA, POGGESI 2011) e nel testo di BARTOLONI e BOCCI PACINI (2002) risulterebbe, al di sotto del muro crollato, una muratura rettilinea la cui esistenza va verificata. La Basilica sorgeva a E del piazzale del Foro, dove è ancora possibile osservarne i resti. È costituita da un'aula centrale e da un vano rettangolare, annesso e sopraelevato. Lo spazio era scandito da un colonnato interno, di cui è ancora leggibile il muro di fondazione a N, a S e ad O, mentre a E, stando alle relazioni, dovevano esserci fondazioni isolate. Dovevano esserci quattro colonne sui lati brevi e otto sui lati lunghi. Si conserva *in situ* solo una delle basi delle colonne, all'angolo SE (CAPPELLINI 2016). Significativa è la presenza di un tratto di muro con orientamento N-S, che corre parallelo alla fondazione del colonnato e alle fondazioni isolate. In quest'area l'indagine mira a confermare le preesistenze individuate e ipotizzate (CAPPELLINI 2016). Per il settore N del Foro, in LAVIOSA (1971) sono descritte due canalette convergenti nella porzione S e con un orientamento NO-SE e N-S parzialmente ricavate sullo strato geologico. Queste strutture non risultano presenti nella pianta pubblicata e vanno verificate. Nel caso della Domus dei Mosaici va verificata la

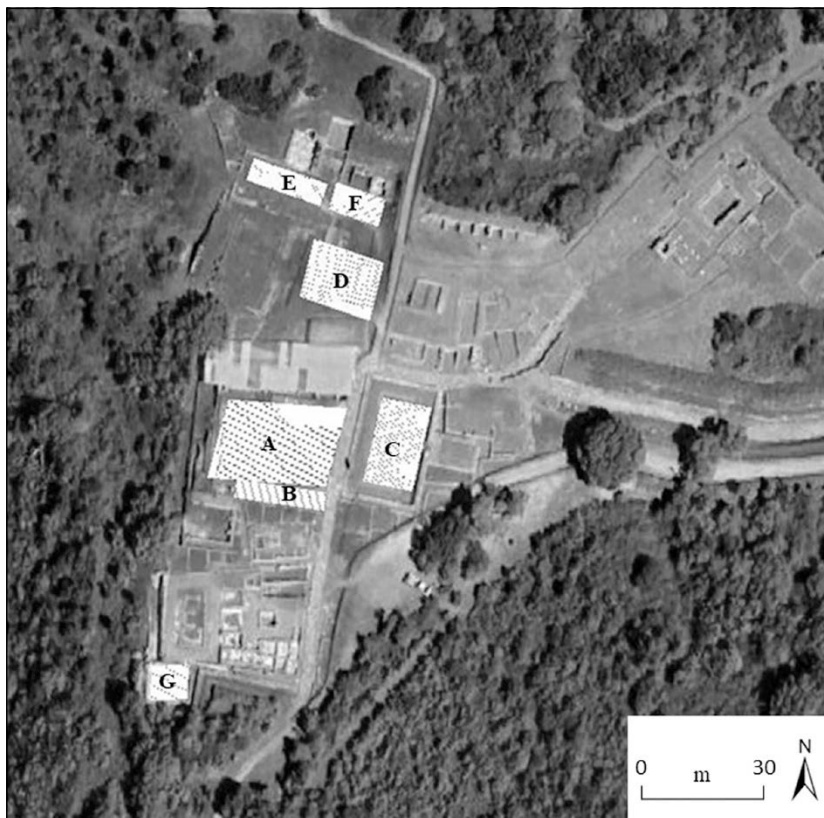


Fig. 2 – Area archeologica di *Rusellae*. Ubicazione delle aree investigate con il GPR; A) settore S del Foro; B) Portico Sud; C) Basilica; D) settore N del Foro; E) Portico NO; F) Portico NE; G) Domus dei Mosaici.

presenza di murature all'interno dell'attuale spazio, riconducibili alla prima fase di realizzazione della *domus*.

Gli obiettivi dell'intervento geofisico sono da un lato aumentare le conoscenze delle strutture archeologiche tuttora presenti nel sottosuolo e dall'altro contribuire a tutelare e valorizzare l'integrità sia fisica che culturale del suddetto sito, nel suo più ampio contesto ambientale. L'area archeologica è stata investigata con il metodo Georadar ad alta risoluzione nel corso della campagna di prospezione effettuata nel mese di luglio del 2025. L'obiettivo delle indagini è stato quello di verificare l'esistenza di strutture archeologiche tuttora sepolte, a diverse quote in profondità, nelle zone che sono oggetto di approfondimenti (Fig. 2).

2. METODOLOGIA IMPIEGATA

2.1 *Cenni sul metodo Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR)*

Il Ground Penetrating Radar (GPR), più comunemente noto come Georadar, è un metodo che si basa sulla propagazione nel terreno di impulsi elettromagnetici con frequenze comprese tra 15 e 2500 MHz e sulla registrazione dei segnali riflessi/diffratti da discontinuità geometriche o variazioni di caratteristiche elettriche del sottosuolo, ed è ormai diventato uno dei metodi geofisici di indagine più frequentemente impiegati per la ricerca di strutture archeologiche sepolte e di discontinuità negli edifici storici (murature e/o pavimenti). Infatti, se la profondità e le dimensioni dei corpi da individuare sono compatibili con la penetrazione e la propagazione che gli impulsi sono in grado di raggiungere, l'elevata risoluzione che lo caratterizza, rispetto ad altri metodi geofisici, lo rende capace di individuare le strutture archeologiche e le discontinuità nei mezzi investigati con grande dettaglio (FINZI, PIRO 2000; PIRO *et al.* 2003, 2023; GOODMAN *et al.* 2006; CAMPANA, PIRO 2009; KEAY *et al.* 2009; KAY, HAY 2009; GOODMAN, PIRO 2013; PIRO 2013, 2025; POMAR 2024).

La necessità di ottenere, senza effettuare scavi, il maggior numero di informazioni su ciò che è contenuto nel terreno (tombe, porzioni di murature, cavità, etc.) porta all'esigenza di sviluppare tecniche di acquisizione e di elaborazione che non si limitino ad individuare la posizione del corpo anomalo ed eventualmente a determinarne la profondità, ma che riescano anche a definirne le caratteristiche geometriche e volumetriche. Pertanto, durante una campagna di prospezione Georadar per investigare i primi strati di sottosuolo, la zona nella quale si presume siano presenti le strutture ricercate viene generalmente investigata secondo profili paralleli equispaziati. La scelta della interdistanza tra i profili dipende dalle dimensioni medie ipotizzate dei corpi sepolti e deve risultare inferiore o uguale a tali dimensioni. Dopo avere compiuto l'acquisizione in campagna e dopo un'elaborazione dei profili registrati, le anomalie individuate sulle singole sezioni radar (valore assoluto delle ampiezze delle riflessioni registrate su un piano verticale in corrispondenza delle singole direzioni dei profili di acquisizione) vengono riportate su una mappa, corrispondente in pianta all'area investigata, e correlate con quelle provenienti dai profili adiacenti. Per aumentare il dettaglio dell'informazione ottenibile, è necessario sfruttare le informazioni provenienti dai profili paralleli in modo automatico, lasciando ad un momento successivo la vera e propria interpretazione (PIRO *et al.* 2003, 2023; PERSICO *et al.* 2018).

A tale scopo è necessario impostare l'acquisizione in modo da ottenere la distribuzione delle tracce radar (scan) su una maglia regolare; questo tipo di acquisizione, analogo a quello della sismica a riflessione, è nota come acquisizione tridimensionale. I dati così raccolti vengono memorizzati su computer formando una matrice tridimensionale del sottosuolo investigato (volume del

sottosuolo) e successivamente elaborati ricavando sezioni orizzontali a tempi costanti (time slices) dei valori assoluti delle ampiezze dei segnali registrati. In questo modo è possibile ottenere, per la zona investigata, una visione planimetrica a diversi tempi (o profondità), correlando le anomalie vicine in modo indipendente dalla soggettività dell'interprete.

3. GPR SURVEY A RUSELLAE. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Nel corso delle prospezioni sono stati acquisiti un totale di 221 profili paralleli, di diversa lunghezza, equispaziati di 0,50 m, per un totale di 2779 m lineari percorsi. Le sezioni radar (radargrammi) sono state acquisite impiegando il sistema SIR4000 (GSSI), equipaggiato con una antenna digitale bistatica ad offset costante e a doppia frequenza di 300/800 MHz, e con una antenna monostatica analogica ad offset costante da 500 MHz nell'area della Domus dei Mosaici. L'antenna digitale a doppia frequenza è stata impiegata sul terreno con l'ausilio di un carrello appositamente adibito al trasporto sia dell'unità centrale che del sensore. Il carrello è dotato di un odometro, per la determinazione della posizione progressiva dell'antenna lungo il profilo.

Dopo gli usuali test preventivi e considerando sia la situazione geoambientale che il tipo di strutture ipotizzate è stata adottata la seguente configurazione strumentale: fondo scala dei tempi 44 ns (nanosecondi) per la 800 MHz e 88 ns (nanosecondi) per la 300 MHz (TWT – two way time), range dinamico di 32 bit, 512 campioni per traccia e 52 scan s⁻¹. I fondo scala dei tempi selezionati corrispondono ai seguenti range di profondità: 0-2,0 m per la 800 MHz e 0-4,0 m per la 300 MHz. Nel caso dell'antenna da 500 MHz è stata adottata la seguente configurazione strumentale, fondo scala dei tempi 80 ns (TWT – two way time), range dinamico 16 bit, 512 campioni per traccia e 52 scan s⁻¹. In questo caso il fondo scala dei tempi corrisponde al range di profondità 0-3,5 m. Per ogni profilo è stata ottenuta una sezione verticale georadar (radargramma) nella quale, tramite un'opportuna scala cromatica, vengono riportati i valori delle ampiezze dell'onda registrata in funzione del fondo scala dei tempi prescelto.

Il processing adottato in fase di elaborazione dei profili consiste nei seguenti passaggi: a) applicazione del DC drift removal sui profili di campagna (rimozione di rumore a bassa frequenza dovuto all'accoppiamento antenna-terreno); b) conversione 32 bit-32 bit (16 bit-16 bit, per la 500 MHz); c) ricampionamento delle tracce radar lungo il profilo (una traccia ogni 0,04 m); d) analisi in frequenza dei profili acquisiti; e) applicazione del filtro passa banda (determinato dopo l'analisi in frequenza); f) sottrazione della traccia media per ogni profilo (filtro background removal, b.g.r.) sui profili filtrati; g) calcolo delle time slices sui profili dopo il b.g.r. (PIRO *et al.* 2003; GOODMAN, PIRO 2013; PERSICO *et al.* 2018).

Per recuperare tutte le informazioni contenute nei profili paralleli ottenendo una visione d'insieme del volume di sottosuolo investigato, è stata applicata ai profili acquisiti ed elaborati la tecnica di rappresentazione nota come time slices. Le time slices sono state calcolate con opportuni intervalli di tempo e successivamente rappresentate come mappe bidimensionali 2D orizzontali, corrispondenti a diverse profondità di investigazione (PIRO *et al.* 2003; GOODMAN *et al.* 2006; PERSICO *et al.* 2018).

I risultati ottenuti nelle fasi delle indagini, impiegando il metodo Georadar, sono relativi a diversi livelli di profondità (superfici), rispetto al piano di calpestio (superficie di zero diversa per alcune aree) per uno spessore di sottosuolo (profondità) pari a ca. 2,10 m per l'antenna da 800 MHz, a ca. 4,20 m per l'antenna da 300 MHz e a ca. 3,5 m per l'antenna da 500 MHz. I valori di profondità sono stati ottenuti utilizzando una velocità media di propagazione dell'onda elettromagnetica pari a 0,10 m/ns, stimata direttamente su diversi profili di campagna impiegando la tecnica della Hyperbola fitting (GOODMAN 2025). La superficie totale che viene rappresentata nelle immagini planimetriche del Georadar si riferisce esclusivamente ai percorsi effettuati dall'antenna (profili di diversa lunghezza) ed è contenuta all'interno dei limiti delle aree investigate (Fig. 2). Le zone prive di percorsi radar testimoniano della presenza, in superficie, di ostacoli che hanno condizionato la fase di acquisizione dei dati. A completamento dell'indagine georadar, sono state acquisite le coordinate degli spigoli delle aree investigate mediante D-GPS TopCon R5, in modalità differenziale. Tutte le immagini ottenute sono state georeferenziate ed inserite in un progetto QGIS con sistema di riferimento EPSG: 32632 – WGS84/UTM zona 32 N.

4. RAPPRESENTAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Tenendo in considerazione la banda di frequenza dell'antenna impiegata per le indagini, è opportuno ricordare la caratteristica in termini di lunghezza d'onda del segnale impiegato: per la 300 MHz, le relative lunghezze d'onda sono pari a ca. 0,20 m, per la 500 MHz la relativa lunghezza d'onda è pari a ca. 0,15 m e per la 800 MHz la relativa lunghezza d'onda è pari a ca. 0,10 m, l'onda elettromagnetica rileverà, rispettivamente, riflettori di dimensioni pari o superiori a 0,20 m, a 0,15 m e a 0,10 m.

Per ogni area sono state calcolate un totale di 30 time slices relative a diversi intervalli di tempo e di profondità. Di queste ne sono state selezionate alcune rappresentative delle riflessioni presenti a determinate profondità ed inserite nel progetto QGIS del sito in studio. Le immagini ottenute elaborando i dati acquisiti con l'antenna da 800 MHz (usata in abbinamento alla 300 MHz) presentano i medesimi risultati nel range di profondità 0-2 m, senza apportare sostanziali differenze; pertanto, l'analisi e l'interpretazione delle



Fig. 3 – *Rusellae*, settore S del Foro, Portico Sud, Basilica. GPR time slices alla profondità stimata di 0,40 m.

anomalie sono state effettuate utilizzando le immagini ottenute elaborando i dati acquisiti con l'antenna da 300 MHz.

4.1 *Aree Foro (settore S), Portico Sud, Basilica giulio-claudia - Antenna da 300 MHz*

Le time slices selezionate per l'interpretazione si riferiscono alle seguenti profondità stimate: 0,40 m, 0,90 m, 1,00 m, 1,40 m, 1,50 m, 1,70 m, 2,10 m e 2,40 m. Di seguito vengono presentate e commentate solo alcune delle immagini ottenute, rappresentative dell'andamento delle anomalie alle quote in profondità stimate. Nella Fig. 3 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 0,40 m. Il settore S del Foro è caratterizzato dalla presenza di una forte anomalia F1, in corrispondenza del cunicolo dei servizi in cemento, con dimensioni 3,0×15 m, con alla fine una anomalia rettangolare, con dimensioni 8,0×2,0 m. F2 indica l'insieme di anomalie diffuse, senza una apparente geometria regolare, all'interno di una superficie pari a 4,0×11 m, che potrebbero dipendere da un accumulo di materiale di crollo disposto in modo disomogeneo; F3, anomalie isolate. L'area del Portico Sud è caratterizzata dalle seguenti anomalie: P1, anomalia lineare, con dimensione 1,2×6,7 m, possibile canalizzazione in direzione di una cisterna al confine con l'area del Foro; P2, anomalia lineare, con dimensione 1,2×16 m, interpretabile come resti di una muratura; P3, anomalia con dimensione 2,0×3,8 m, anche in questo caso è interpretabile come resto di muratura, visto che si dispone a formare un angolo retto con la anomalia P2. Nella zona della Basilica, si

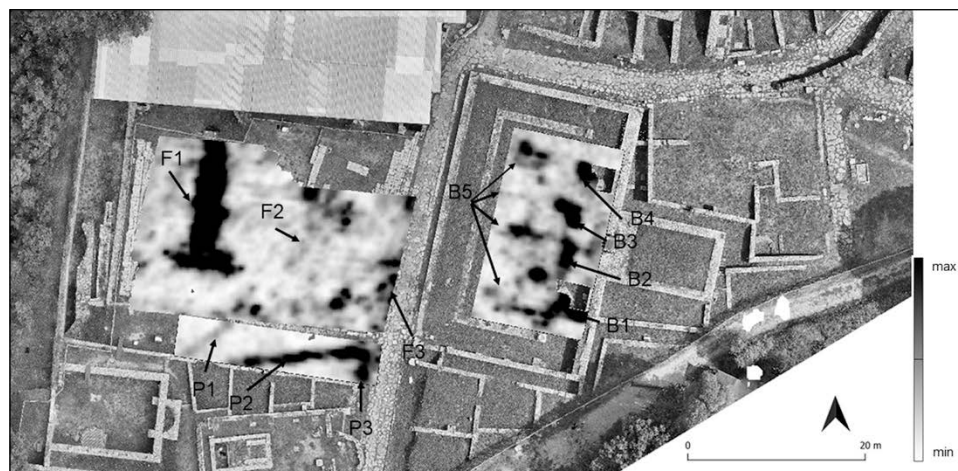


Fig. 4 – *Rusellae*, settore S del Foro, Portico Sud, Basilica. GPR time slices alla profondità stimata di 0,90 m.

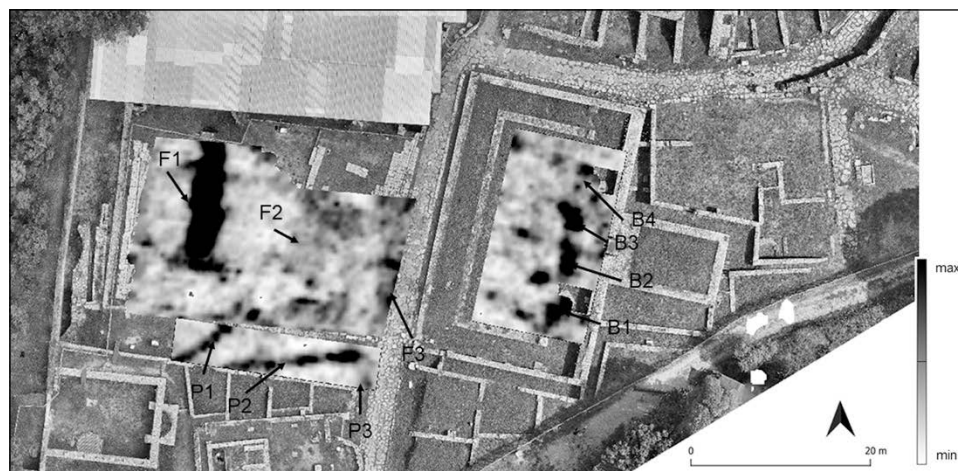


Fig. 5 – *Rusellae*, settore S del Foro, Portico Sud, Basilica. GPR time slices alla profondità stimata di 1,50 m.

notano molte anomalie di varia forma e dimensioni disposte lungo una distribuzione lineare: B1, anomalia con dimensione 1,9×2,4 m; B2, anomalia con dimensione 2,8×3,4 m; B3, anomalia con dimensione 2,2×3,4 m e B4, anomalia con dimensione 2,0×2,0 m. Queste anomalie possono essere ricondotte ai resti di basamenti di colonne.

Nella Fig. 4 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 0,90 m. A questa profondità, nel settore S del Foro e nell'area del Portico Sud, si confermano le anomalie già individuate; mentre nell'area della Basilica, oltre alle anomalie già individuate, si nota un ulteriore gruppo di anomalie indicate con B5 rappresentate da segmenti lineari, paralleli e perpendicolari fra loro, con dimensioni 1,0×5,7 m e 1,0×3,2 m, riconducibili a possibili resti murari.

Nella Fig. 5 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata rispettivamente di 1,50 m. A questa profondità, nel settore S del Foro e nelle aree del Portico Sud e della Basilica, si confermano tutte le anomalie già individuate. In particolare, nel Foro l'anomalia F1 non presenta più la parte perpendicolare nella porzione terminale. Nel Portico, l'anomalia P1 presenta una maggiore intensità, mentre la P3 risulta molto attenuata.

4.2 Aree Foro (settore N), Portico Nord - Antenna da 300 MHz

Nella Fig. 6 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 0,60 m dalla superficie. A questa profondità si osservano le seguenti anomalie: NF1: anomalie parallele fra di loro con dimensione 1,3×4,2 m; NF3: anomalia lineare con lunghezza pari a 13 m, limite di separazione tra due zone nel volume di sottosuolo con caratteristiche elettriche diverse; R2: anomalie disposte lungo una linea, con estensione di 14,0 m (possibile basamento murario); R3: serie di anomalie con dimensione 1,7×1,3 m, con



Fig. 6 – Rusellae, settore N del Foro, Portico Nord. GPR time slices alla profondità stimata di 0,60 m.



Fig. 7 – *Rusellae*, settore N del Foro, Portico Nord. GPR time slices alla profondità stimata di 0,90 m.

interdistanza di 3,3 m e 5,3 m, riconducibili a possibili resti delle fondamenta del Portico; Q1: anomalia lineare con dimensione 1,2×4,8 m, prosecuzione del muro in parte scavato.

Nella Fig. 7 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 0,90 m. A questa profondità si osservano le seguenti anomalie: NF1: anomalia con dimensione 1,6×4,8 m; NF2: anomalia lineare con lunghezza 17,0 m, possibile resto di canalizzazione; R2: resti delle anomalie disposte lungo una linea, lunga 14,0 m; R3: anomalie con dimensione 1,7×1,3 m, riconducibili a possibili resti delle fondamenta del Portico; Q1: anomalia lineare con dimensione 1,2×4,8 m, prosecuzione del muro in parte scavato.

Nella Fig. 8 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 1,40 m. A questa profondità si osservano le seguenti anomalie: NF1: anomalia con dimensione 2,5×2,3 m; NF2: non è visibile. Si riducono le anomalie in R2 e ne rimane solo una in R3, R3: anomalia con dimensione 2,2×2,0 m. Q1: si conferma l'anomalia lineare con dimensione 1,4×4,6 m. Nella Fig. 9 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 1,70 m. A questa profondità si osservano le seguenti anomalie: NF1: anomalia con dimensione 2,5×2,3 m; NF2: è di nuovo visibile con un tratto meno intenso come segnale riflesso; NF3: anomalia con dimensione 1,1×5,6 m, caratterizzata da una riflessione molto intensa. R3: anomalia con dimensione 2,2×2,0 m, confermata nella medesima posizione. Q1: anomalia lineare con dimensione 1,4×4,6 m confermata nella stessa posizione.



Fig. 8 – *Rusellae*, settore N del Foro, Portico Nord. GPR time slices alla profondità stimata di 1,40 m.



Fig. 9 – *Rusellae*, settore N del Foro, Portico Nord. GPR time slices alla profondità stimata di 1,70 m.

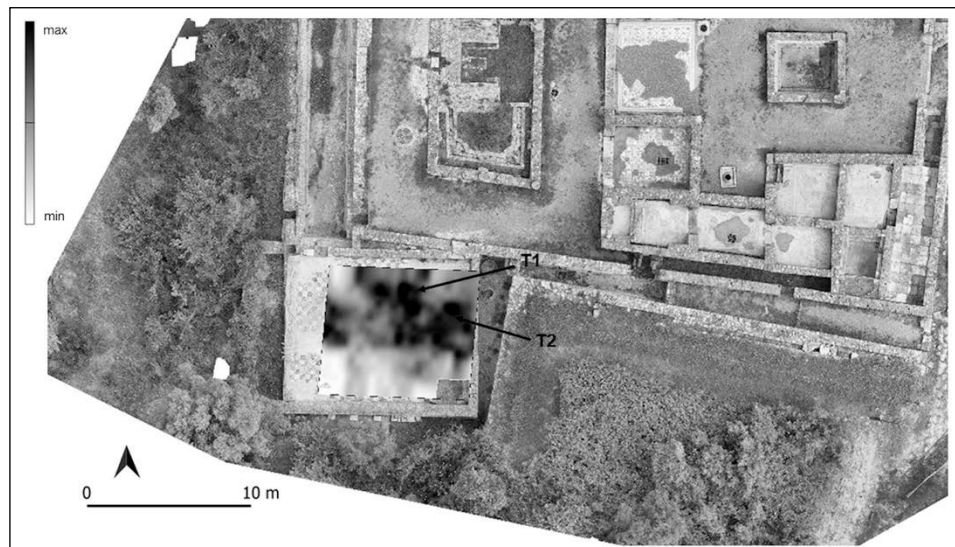


Fig. 10 – *Rusellae*, Domus dei Mosaici. GPR time slice alla profondità stimata di 0,60 m.

4.3 Area Domus dei Mosaici - Antenna da 500 MHz

Nella Fig. 10 è riportata la time slices ottenuta alla profondità stimata di 0,60 m. A questa profondità si osservano le seguenti anomalie: T1: anomalia con dimensione 2,5×2,3 m, anomalia più intensa all'interno di una zona con molteplici anomalie di piccole dimensioni e minore intensità; T2: anomalia con dimensione 1,4×2,8 m. Il volume investigato risulta caratterizzato da un insieme eterogeneo di riflessioni che si dispongono all'interno di uno spazio quasi regolare.

Nella Fig. 11 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 1,00 m. A questa profondità è ben visibile una distribuzione di muri perpendicolari fra loro con le seguenti anomalie: T3: anomalia con dimensione 1,5×2,2 m, isolata, riconducibile a uno spazio vuoto; T4: anomalie lineari, dimensione 0,8×6,4 m e 0,8×5,4 m, che rappresentano due setti murari, perpendicolari fra loro, a delimitazione di un ambiente ben definito. Nella Fig. 12 sono riportate le time slices ottenute alla profondità stimata di 1,80 m. A questa profondità si confermano le anomalie già individuate.

5. CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche con il metodo Georadar effettuate fino ad oggi forniscono utili indicazioni sulla presenza delle strutture ipotizzate all'interno

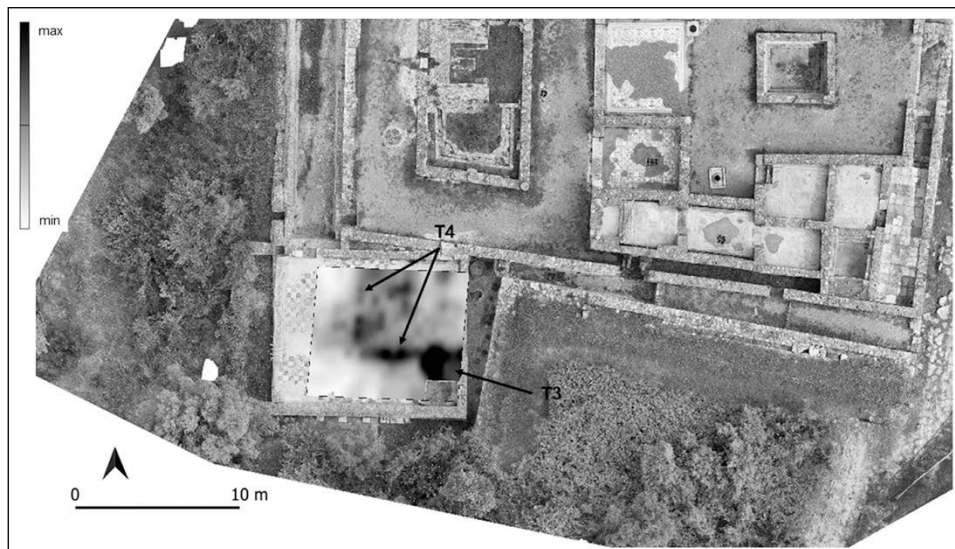


Fig. 11 – *Rusellae*, Domus dei Mosaici. GPR time slice alla profondità stimata di 1,00 m.

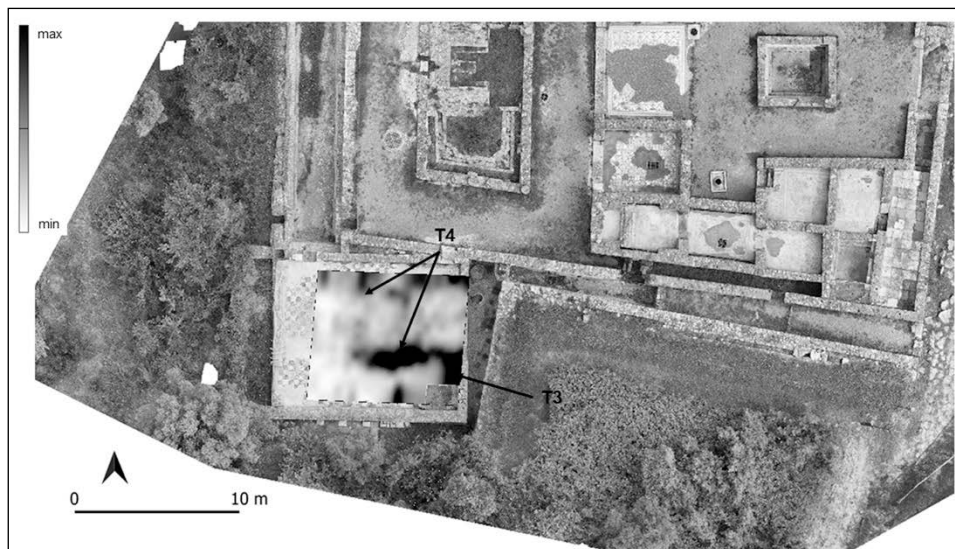


Fig. 12 – *Rusellae*, Domus dei Mosaici. GPR time slice alla profondità stimata di 1,80 m.

dell'area archeologica di *Rusellae*, la loro posizione e la loro geometria e permettono di indirizzare le strategie di studio e scavo archeologico nell'immediato futuro. Tali risultati sono in corso di interpretazione congiunta con gli archeologi del progetto per una loro più approfondita comprensione in termini di correlazione con le strutture già scavate.

Nel settore S del Foro e nell'area del Portico Sud l'analisi delle immagini ottenute alle diverse profondità mostra le anomalie riconducibili alle strutture ipotizzate. In particolare, le anomalie P1 e P2 corrispondono alla canalizzazione in direzione della cisterna al confine con la piazza e alla struttura muraria, presente in superficie solo con alcuni elementi lapidei. Nell'area della Basilica risultano presenti sia l'allineamento disposto N-S che la presenza di possibili basamenti di colonne. Interessanti risultano gli andamenti lineari orientati E-O perpendicolari all'allineamento N-S. Nel settore N del Foro e nell'area del Portico Nord, l'indagine Georadar ha messo in luce la presenza delle tracce delle canalizzazioni ipotizzate (NF2), del basamento murario (R2), delle anomalie riconducibili a possibili resti del basamento del Portico (R3) e della prosecuzione del muro Q1. Nella Domus dei Mosaici, l'indagine ha evidenziato, confermando, la presenza di due settori murari perpendicolari fra loro (T4) a delimitare un vano di minori dimensioni rispetto all'attuale.

Per quanto concerne le fasi di lavoro, l'impiego del metodo attivo GPR, Georadar, equipaggiato sia con una antenna digitale di 300/800 MHz che con una antenna analogica di 500 MHz ha permesso di caratterizzare le aree investigate fino alla profondità massima raggiunta pari a 4,20 m dal piano campagna. Le mappe bidimensionali (time slices) ottenute hanno permesso di valutare l'entità delle anomalie individuate, l'estensione e la forma dei corpi che le hanno generate e il loro sviluppo verticale.

SALVATORE PIRO

Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale - CNR
salvatore.piro@cnr.it

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Tommaso Leti Messina, tecnico del CNR-ISPC sede di Roma, per il supporto durante le fasi di acquisizione dati sul campo.

BIBLIOGRAFIA

- BARTOLONI G., BOCCI PACINI P. 2002, *Roselle: una rilettura dei dati di scavo nell'abitato arcaico*, in M. MANGANELLI, E. PACCHIANI (eds.), *Città e territorio in Etruria. Per una definizione di città nell'Etruria settentrionale. Giornate di studio* (Colle Val d'Elsa 1999), Colle Val d'Elsa, Grafiche Boccacci, 187-212.
- CAMPANA S., PIRO S. 2009, *Seeing the Unseen. Geophysics and Landscape Archaeology*, London, Taylor & Francis.
- CAPPELLINI B. 2016, *La Basilica giulio-claudia di Roselle*, «Atlante Tematico di Topografia Antica», 25, 215-232.

- DEIANA R., LEUCCI G., MARTORANA R. 2018, *New perspectives on geophysics for archaeology. A special issue*, «Surveys in Geophysics», 39, 1035-1038 (doi.org/10.1007/s10712-018-9500-4).
- FINZI E., PIRO S. 2000, *Radar (GPR) methods for historical and archaeological surveys*, in M. PASQUINUCCI, F. TREMENT (eds.), *Non-destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology. The Archaeology of Mediterranean Landscape Series*, Oxford, Oxbow Books, 125-135.
- GAFFNEY V., PATTERSON H., PIRO S., GOODMAN D., NISHIMURA Y. 2004, *Multimethodological approach to study and characterise Forum Novum (Vescovio, Central Italy)*, «Archaeological Prospection», 11, 201-212.
- GOODMAN D. 2025, *Manual of GPR-Slice v7.0, Ground Penetrating Radar Imaging Software* (<https://www.gpr-survey.com/>).
- GOODMAN D., SCHNEIDER K., PIRO S., NISHIMURA Y., PANTEL A.G. 2006, *Ground penetrating radar advances in subsurfaces imaging for archaeology*, in J. WISEMAN, F. EL-BAZ (eds.), *Remote Sensing in Archaeology*, New York, Springer, 367-386.
- GOODMAN D., PIRO S. 2013, *GPR Remote Sensing in Archaeology*, Berlin, Springer.
- KAY S., HAY S. 2009, *Le indagini geofisiche condotte dalla British School at Rome nel Lazio: risultati e prospettive*, in G. SABINI (ed.), *Atti del Convegno. Sesto Incontro di Studi sul Lazio e la Sabina* (Roma 2009), Roma, Edizioni Quasar, 205-210.
- KEAY S., EARL G., HAY S., KAY S., OGDEN J., STRUTT K. 2009, *The role of integrated geophysical survey methods in the assessment of archaeological landscapes: The case of Portus*, «Archaeological Prospection», 16, 1-13.
- LAVIOSA C. 1971, *Rusellae. Relazione preliminare della nona e decima campagna di scavi (1967-1968)*, «Studi Etruschi», 39, 3-25.
- LIVERANI P. 2011, *Il Foro di Rusellae in epoca romana*, «Atlante Tematico di Topografia Antica», 21, 15-32.
- LIVERANI P. 2012, *Il lato settentrionale del Foro di Rusellae romana*, in AA. VV., *Francesco Nicosia. L'archeologo e il soprintendente*, «Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana», 8, Suppl. 1, 225-230.
- NICOSIA F., POGGESI G. (eds.) 2011, *Guida al parco archeologico*, Siena, Nuova Immagine Editrice.
- PERSICO R., PIRO S., LINFORD N. 2018, *Innovation in Near Surface Geophysics. Instrumentation, Application and Data Processing Methods*, Amsterdam, Elsevier.
- PIRO S. 2013, *High resolution GPR survey in the archaeological site of Otriculum*, in S. HAY, S. KEAY, M. MILLETT (eds.), *Otriculum (Otricoli, Umbria). An archaeological survey of the Roman town*, «Archaeological monographs of the British School at Rome», 22, 77-90.
- PIRO S. 2025, *Indagini geofisiche ad alta risoluzione nell'area della civitas medievale*, in V. BEOLCHINI, P. DIARTE-BLASCO (eds.), *Tusculum VII. Ridefinendo la città medievale scomparsa*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 431-442.
- PIRO S., BEOLCHINI V., PENA-CHOCARRO L., PIZZO A. 2023, *High resolution multi-methodological geophysical investigations to enhance the knowledge of Tusculum archaeological site (Roma, Italy)*, «Exploration Geophysics», 26-41 (<https://doi.org/10.1080/08123985.2023.2210155>).
- PIRO S., GABRIELLI R. 2009, *Multimethodological approach to investigate chamber tombs in the Sabine necropolis at Colle del Forno (CNR, Rome, Italy)*, «Archaeological Prospection», 16, 2, 111-124.
- PIRO S., GOODMAN D., NISHIMURA Y. 2003, *The study and characterisation of Emperor Traiano's Villa (Altopiani di Arcinazzo, Roma) using high-resolution integrated geophysical surveys*, «Archaeological Prospection», 10, 1-25.
- PIRO S., PAPALE E., ZAMUNER D., KUCUKDEMIRCI M. 2018, *Multimethodological approach to investigate urban and suburban archaeological sites*, in R. PERSICO, S. PIRO, N. LINFORD (eds.), *Innovation in Near Surface Geophysics. Instrumentation, Application and Data Processing Methods*, Elsevier, 461-504 (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812429-1.00013-1>).

- PIRO S., PELOSO D., GABRIELLI R. 2007, *Integrated geophysical and topographical investigations in the territory of ancient Tarquinia (Viterbo, Central Italy)*, «Archaeological Prospection», 14, 3, 191-201.
- POMAR E. 2024, *La Villa romana di Matrice (CB). Tra geofisica e scavo*, «Archeologia e Calcolatori», 35.1, 329-348 (<https://doi.org/10.19282/ac.35.1.2024.21>).
- SCOLLAR I., TABBAGH A., HESSE A., HERZOG I. 1990, *Archaeological Prospecting and Remote Sensing*, Cambridge, Cambridge University Press.

ABSTRACT

As part of the GreatT 'Global Research on Environmental and Territorial Transformations' project, funded by the National Recovery and Resilience Plan (PNRR) Mission 4-Component 2-Investment 1.1 'PRIN Projects', a high-resolution geophysical survey, employing the Ground Penetrating Radar (GPR) method, was designed and developed. The purpose of this survey was to characterize the Roselle archaeological site (Grosseto) in terms of the location of archaeological structures present at various depths, in some unexcavated sectors. The areas selected for the geophysical surveys include the southern sector of the Forum, the Basilica giulio-claudia, the northern sector of the Forum, the North Portico, and the Domus dei Mosaici, and are based on hypotheses about the presence of structures, deduced from the literature. The aims of the geophysical intervention are, on the one hand, to increase knowledge of the archaeological structures still present underground and, on the other, to contribute to protecting and enhancing the physical and cultural integrity of the aforementioned site, within its broader environmental context. The archaeological area was investigated using high-resolution Ground Penetrating Radar (GPR) during the prospecting campaign conducted in July 2025. The objective of the investigations was therefore to verify the existence of archaeological structures still buried, at various depths, in the areas being investigated.