

Nuove indagini geofisiche a *Stabiae*: georadar ad alto rendimento a Villa San Marco

Marco Ciano*, Dario Saggese**, Michele Silani***

Abstract

Il contributo presenta considerazioni preliminari sulle indagini geofisiche realizzate nell'area di Villa San Marco nel corso del mese di luglio 2021 dal Parco Archeologico di Pompei in collaborazione con l'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" e la ditta Boviar S.r.l. La mappatura del sottosuolo, condotta con l'obiettivo di individuare nuove evidenze e di definire le evidenze presenti nella planimetria di Karl Weber, disegnata dall'Ingegnere militare borbonico nel 1759, ha previsto l'utilizzo di tre differenti sistemi di strumentazione georadar (GPR *Ground Penetrating Radar*), scelti in base al target di indagine e alle caratteristiche ambientali delle aree indagate.

The paper reports on the preliminary results of the geophysical survey carried out in the area of Villa San Marco in July 2021 by the Archaeological Park of Pompeii in collaboration with the University of Campania "Luigi Vanvitelli" and the company Boviar S.r.l. The mapping of the subsoil, carried out to identify new evidence and define the evidence present in Karl Weber's planimetry, drawn by the Bourbon military engineer in 1759, involved the use of three different GPR (Ground Penetrating Radar) instrumentation systems, chosen according to the objective of the study and the environmental characteristics of the areas under investigation.

* Boviar S.r.l. (mciano@boviar.com).

** Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", dario.saggese@unicampania.it.

*** Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", michele.silani@unicampania.it.

INTRODUZIONE

Nei giorni compresi tra il 12 e il 16 luglio 2021 è stata realizzata una campagna estensiva di indagini geofisiche presso Villa San Marco.

Le operazioni, condotte dalla ditta Boviar S.r.l.¹ in collaborazione con l'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"² e sotto la direzione del Parco Archeologico di Pompei³, hanno avuto lo scopo di indagare con tecniche geognostiche non invasive specifiche aree della Villa San Marco e del comprensorio a esso afferente⁴, per consentire una definizione cartografica più puntuale ed estesa dell'antico sito vesuviano e del suo potenziale archeologico.

La scelta delle aree indagate è stata effettuata sulla base delle informazioni desunte dalla bibliografia e dalla cartografia storica⁵, in particolare dalla planimetria disegnata da Karl Weber nel 1759 (fig. 1) che illustra i rinvenimenti monumentali effettuati a partire dal 1749 sulla collina di Varano e che sembrano corrispondere a un insediamento, la cui forma urbana e natura istituzionale sono ancora oggi oggetto di ampio dibattito scientifico⁶.

La particolare conformazione geologica⁷ di *Stabiae* si presta alla sperimentazione e alla definizione di metodi di ricerca geofisica dei siti archeologici sepolti da coltri piroclastiche e, in questo specifico contesto, alla strumentazione georadar.

I dati acquisiti in questa campagna di prospezioni geofisiche, oggetto di interpretazione archeologica in fase di post-elaborazione, saranno utili alla costruzione di un sistema informativo sull'antico abitato che comprenderà anche i dati provenienti dalle esperienze geognostiche pregresse, tra cui si ricordano le indagini geofisiche effettuate nel 2002 dalla RAS Foundation in collaborazione con l'Università di Birmingham⁸, quelle effettuate nel 2020 dall'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" in collaborazione con l'Università di Bologna⁹, e quelle condotte nel 2008 dalla RAS in collaborazione con l'Università di Napoli "Federico II" nei pressi del quartiere servile¹⁰.

IL SITO E LE INDAGINI

L'areale indagato (fig. 2) si estende per circa 20.000 m² e include una serie di campi a uso agricolo, l'area di parcheggio della Villa San Marco, il peristilio superiore e l'atrio d'ingresso della

¹ Le indagini geofisiche sono state realizzate dalla ditta Boviar S.r.l. (<https://www.boviar.com/it/>) e condotte sul campo dall'Ing. Marco Ciano e dal tecnico specializzato Pietro Vono. Si ringraziano in particolare l'Ing. Filippo Latte Bovio e l'Ing. Salvatore Bovio per la professionalità e disponibilità nell'organizzazione e nella realizzazione del progetto.

² Per l'Università degli Studi della Campania la direzione scientifica è del prof. Carlo Rescigno.

³ Per il Parco Archeologico di Pompei la direzione scientifica è della dott.ssa Silvia Bertesago, direttrice del Parco di *Stabiae*.

⁴ Le aree oggetto d'indagine sono tutte di proprietà del Parco Archeologico di Pompei, le ultime delle quali avocate al demanio mediante esproprio solo recentemente.

⁵ RUGGIERO 1881, pp. IX-XII; tav. I.

⁶ Sulle sorti dell'insediamento urbano che sorgeva sulla collina di Varano a seguito del passaggio Sillano e sulla cronologia dello stesso vd. OETTEL 1996, pp. 164-165; tav. 19; SENATORE 2003, pp. 54-57; RUFFO 2009, pp. 258-268; CAMARDO 2020, p. 144.

⁷ La collina di Varano, ma più in generale l'intero territorio di Castellammare di Stabia, è stata modellata, a partire dal Quaternario, dal susseguirsi alternato di eventi alluvionali e vulcanici a cui si è aggiunta l'erosione marina (si segnalano principalmente la glaciazione di Würm, databile tra gli 80.000 e il 18.000 BP, e l'esplosione piroclastica dei Campi Flegrei dell'Ignimbrite Campana, avvenuta circa 39.000 anni fa). Ciò ha consentito la sedimentazione di formazioni di natura carbonatica, composta da rocce calcarenitiche e dolomitiche, appartenenti all'unità "Alburno-Cervati-Pollino" a cui si sono sovrapposti i livelli piroclastici, che hanno consentito la formazione del tufo grigio; MARRAZZO *et al.*, 2000-2006, pp. 5-20; DI MAIO-PAGANO 2003.

⁸ BONIFACIO 2003, BONIFACIO 2007.

⁹ Le indagini, realizzate in prossimità del peristilio superiore [1-2], sono state coordinate dalla dott.ssa Federica Boschi dell'Università di Bologna. Vd. il contributo RESCIGNO – SILANI in questo volume.

¹⁰ FEDI *et al.*, 2000-2006, pp. 103-118.

stessa. Per agevolare l'acquisizione dei dati, l'intera zona è stata suddivisa in nove aree, appositamente definite con la nomenclatura STABIA seguita dal numero progressivo in numeri arabi.

La prima area indagata, STABIA1, corrisponde al parcheggio della Villa e si estende per circa 2.650 m². Al momento dei lavori, presentava nella porzione S una pavimentazione in cemento ottimale per il passaggio del georadar e a N un'area verde poco estesa con un manto erboso di pochi centimetri di altezza, adatta all'acquisizione delle misure (fig. 3).

La seconda area, STABIA2, si trova a E della Villa e a N del parcheggio e si estende per circa 2.550 m². Occupata da un campo coltivato e tenuto a maggese, al momento dei rilievi il terreno, di matrice cineritica mista a terra e di consistenza friabile, si mostrava ampiamente arato mediante mezzo meccanico e non presentava manto erboso. In questo caso la natura del suolo rendeva difficoltoso il passaggio del veicolo utilizzato per il traino della strumentazione georadar (vd. *infra*), le cui ruote, sprofondando frequentemente nel terreno, hanno reso difficoltosa l'acquisizione delle misurazioni (fig. 4).

La terza area analizzata, STABIA3, si trova a N della Villa e a O della precedente area e si estende per circa 4.400 m². Anch'essa occupata da un campo a uso agricolo ma non coltivato al momento dell'acquisizione del dato geofisico, presentava la parte N senza manto erboso, con terreno di matrice cineritica di consistenza friabile recentemente arato con mezzo meccanico, e la porzione S, più limitata per estensione, con una superficie erbosa distribuita regolarmente di bassa altezza. Anche qui, come nel caso del campo STABIA2, il passaggio del veicolo da traino è stato reso difficoltoso della natura del terreno (fig. 5).

La quarta area, STABIA4, che si estende per circa 1.500 m², è a S di STABIA3, e delimitata da una recinzione. Al momento delle attività presentava una fitta vegetazione, incolta e molto alta, con zolle sconnesse che hanno ancora una volta ostacolato il passaggio del georadar agganciato al mezzo di trazione (fig. 6).

La quinta area, STABIA5 si trova nei pressi dell'attuale ingresso della Villa San Marco. Si estende per poco più di 1.000 m² e reca al suo interno un grande pino marittimo. Al momento dei lavori la vegetazione esistente non era uniforme e con un'altezza media poco bassa, situazione poco agevole per il passaggio della strumentazione HI MOD 4 trainata da operatore (vd. *infra*) (fig. 7).

La sesta area indagata, STABIA6, che si estende per un totale di quasi 5.000 m² a S della Villa, comprende la zona limitrofa all'area dello scavo che l'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" ha condotto nel 2020 e che ha messo in luce il braccio meridionale del portico superiore della Villa San Marco con la batteria di ambienti a esso retrostanti¹¹, già parzialmente indagati nel 2006 a seguito delle indagini geognostiche eseguite nel 2002 dalla RAS in collaborazione con l'Università di Birmingham e la direzione del Parco Archeologico di Pompei. Il campo, che non è oggetto di coltivazione intensiva, presentava un manto erboso distribuito regolarmente, ma con superficie sconnessa (fig. 8).

A E di quest'area sono stati sondati due campi, per una superficie di circa 3.200 m², STABIA7, di proprietà demaniale, di norma coltivati a girasoli ma tenuti a maggese al momento delle operazioni. Anche qui, come nel caso delle aree STABIA2 e STABIA3, il passaggio del veicolo da traino si è confrontato con la natura del terreno, di matrice cineritica mista a terra e di consistenza friabile, difficoltosa per le misurazioni (fig. 9).

Oltre a queste aree esterne alla Villa, sono state effettuate prospezioni anche al suo interno, in particolare nel cortile del peristilio superiore e nell'atrio [44] d'ingresso.

¹¹ Per i risultati preliminari della campagna di scavo, vd. RESCIGNO – SILANI in questo volume.

Il primo, STABIA8, che presenta un manto erboso uniforme e con altezza bassa, è stato indagato per la sua intera estensione, pari a 200 m² (fig. 10).

L'atrio della Villa, STABIA9, di circa 60 m², presenta una pavimentazione in tessere di mosaico con superficie uniforme e perlopiù piana, che ben si è prestata all'attività di prospezione (fig. 11).

La presenza di aree con vegetazione bassa nonché di superfici piane e uniformi, alternate ad altre con vegetazione più alta e con campi coltivati ma in numero inferiore, e i risultati incoraggianti emersi dalle prospezioni geognostiche effettuate in precedenza hanno suggerito l'utilizzo di apparecchiature georadar supportate da mezzi di trazione con veicolo, come metodo di rilevazione più efficace.

(D.S.)

TECNOLOGIA E ACQUISIZIONE DEI DATI

Il sistema di prospezione georadar è particolarmente diffuso nella diagnostica archeologica per la sua versatilità all'esplorazione territoriale sia di tipo intensivo sia estensivo¹². Si tratta di uno strumento che tramite l'emissione di onde elettromagnetiche esplora il terreno con estremo dettaglio, fornendo misure di distanze attraverso la registrazione di onde elettromagnetiche e consentendo di ottenere in tempo reale la "radarstratigrafia" del sottosuolo¹³. Il metodo GPR (*Ground Penetrating Radar*) si basa sulla propagazione di impulsi elettromagnetici nel terreno e sui fenomeni di riflessione e rifrazione che essi subiscono nella loro propagazione, quando incontrano discontinuità geometriche ed elettriche nel sottosuolo. Il sistema genera un impulso elettromagnetico con frequenze comprese nell'intervallo 15-2500 MHz, che viene trasmesso in profondità, la cui propagazione dipende dalle proprietà elettriche del mezzo attraversato¹⁴. La grandezza fisica misurata è la permittività dielettrica dei materiali e la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è legata alla costante dielettrica dalla seguente relazione: $V = c / \sqrt{\epsilon_r}$, dove $C = 3 \times 10^8$ m/sec (velocità della luce nel vuoto), dove ϵ_r è la costante dielettrica relativa del materiale¹⁵. La presenza di acqua o umidità nei materiali in esame comporta un aumento della costante dielettrica relativa (incremento della conduttività) e quindi una diminuzione della velocità degli impulsi elettromagnetici¹⁶. L'intensità degli eventi riflessi è tanto più forte quanto il contrasto fra le variazioni dielettriche è maggiore, mentre la profondità d'indagine dipende dalla natura dei mezzi attraversati e dallo stato fisico degli elementi che li compongono, nonché da fattori ambientali e/o locali quali la temperatura, l'umidità, la presenza di cavità, ecc. Inoltre, l'obiettivo della prospezione e la profondità di penetrazione sono vincolati alla lunghezza d'onda degli impulsi. In sintesi, antenne con frequenze alte consentono una buona risoluzione fino a modeste profondità mentre antenne con frequenze basse offrono un dettaglio relativamente inferiore, ma permettono una maggior estensione di misura dal piano campagna¹⁷. La ricostruzione della sezione radarstratigrafica (conversione tempi-profondità) viene effettuata applicando, ai tempi di riflessione, i valori delle velocità di propagazione relativi alle costanti dielettriche dei materiali investigati, con l'eventuale supporto di tarature dirette. La conoscenza

¹² Per una sintesi sull'evoluzione della metodologia e del suo utilizzo in ambito archeologico vd. GOODMAN – PIRO 2013, pp. 1-5.

¹³ BOSCHI 2020, p. 96.

¹⁴ GOODMAN 2009, pp. 229-230; BOSCHI 2020, p. 100.

¹⁵ ANNAN 2009, pp. 7-8; GOODMAN – PIRO 2013, pp. 12-13.

¹⁶ CASSIDY 2009, pp. 61-62.

¹⁷ BOSCHI 2020, pp. 106-109.

della costante dielettrica relativa è utile per determinare il tipo di materiale investigato e il suo grado di saturazione.

Si fa presente che i radargrammi rendono evidenti i livelli riflettenti ed eventuali anomalie elettromagnetiche, dandone indicazioni quantitative e non qualitative¹⁸. La definizione di tali anomalie viene fornita nella fase d'interpretazione dei dati, in base alla tipologia (es. forma dell'oggetto che ha provocato la riflessione) e alla continuità planimetrica di echi identici o assimilabili.

Per le indagini a Villa San Marco sono stati adoperati due sistemi di acquisizione georadar, il sistema STREAM X (figg. 3-6, 8-9) e il sistema STREAM C (figg. 10-11).

Il sistema STREAM X presenta requisiti adatti a soddisfare diverse esigenze del contesto, tra cui l'agile utilizzo su superfici sconnesse e in aree di difficile accesso, la facilità con cui è possibile montarlo su un mezzo di traino e la capacità di indagare una fascia larga 170 cm di sottosuolo per ogni singolo passaggio, e consente una velocità di acquisizione superiore rispetto al trascinamento a mano ($V_{MAX}=15$ Km/h).

Lo strumento è inoltre dotato di software di elaborazione dati radar che si interfaccia con l'ambiente CAD in modo tale che i risultati delle anomalie rilevate siano integrabili e trasferibili automaticamente su supporti software CAD.

Il sistema STREAM X è costituito da una schiera di 16 antenne a 200 MHz, che assicura una griglia di campionamento pari a 12 cm. Questi intervalli di campionamento e le frequenze utilizzate pongono il sistema STREAM X nella fascia di prodotti a più alta definizione assicurando risultati di alta qualità sia alle medie che alle alte profondità. La schiera di antenne è pilotata da un'unità di controllo multicanale (DAD MCh Fastwave) in grado di assicurare una buona velocità di trascinamento, nonché la gestione contemporanea della schiera di antenne.

Il software di acquisizione dati radar gestisce in modo automatico tutti i canali di acquisizione registrando le direzioni e le relative coordinate di posizione cartografica, mediante un sistema di posizionamento (encoder) di tipo doppler che assicura accuratezze di misura elevate anche su superfici sconnesse. La georeferenziazione dei dati è stata effettuata mediante sistema GPS Leica GS18 in configurazione Base – Rover.

Durante la fase di acquisizione dati l'operatore dispone a video di un navigatore che in tempo reale lo informa della sua posizione nello spazio e quindi della copertura effettuata: questo consente di coprire l'area in modo completo ed omogeneo senza lasciare "buchi" nella copertura o perdere tempo ripassando su aree già coperte.

A fianco del sistema STREAM X è stato utilizzato anche il sistema STREAM C. Il sistema STREAM C è in grado di soddisfare alcuni requisiti proposti dal contesto d'indagine, quali l'adattabilità all'utilizzo sia su superfici lisce sia sconnesse con il semplice traino mediante un operatore, la capacità di indagare una fascia larga 100cm di sottosuolo al singolo passaggio consentendo una velocità di acquisizione superiore rispetto al trascinamento a mano ($V_{MAX}=5$ Km/h). Il sistema STREAM C è dotato di software di elaborazione dati radar che si interfaccia con l'ambiente CAD in modo tale che i risultati delle anomalie rilevate siano integrabili e trasferibili automaticamente su supporti software CAD.

Lo STREAM C è costituito da una schiera di 32 antenne a 600 MHz, che assicura una griglia di campionamento pari a 4,5 cm. Questi intervalli di campionamento e le frequenze utilizzate pongono il sistema STREAM C nella fascia di prodotti a più alta definizione assicurando risultati di alta qualità alle medie profondità. La schiera di antenne è pilotata da un'unità di controllo

¹⁸ Per un approfondimento sui radargrammi vd. GOODMAN 2009, pp. 236-238; GOODMAN – PIRO 2013, pp. 37-40.

multicanale (DAD MCh Fastwave) in grado di assicurare una buona velocità di trascinamento e la gestione contemporanea della schiera di antenne.

Il software di acquisizione dati radar gestisce in modo automatico tutti i canali di acquisizione registrando le direzioni e le relative coordinate di posizione cartografica mediante un sistema di posizionamento (encoder) a ruota che assicura accuratezze di misura elevate anche su superfici sconnesse.

Durante la fase di acquisizione dati l'operatore dispone a video di un navigatore che in tempo reale lo informa della sua posizione nello spazio e quindi della copertura effettuata: questo consente di coprire l'area in modo completo ed omogeneo senza lasciare "buchi" nella copertura o perdere tempo ripassando su aree già coperte.

Per le zone in cui il posizionamento GPS non è utilizzabile (aree chiuse o con oggetti che interferiscono con la visione della costellazione dei satelliti non consentendo la correzione del segnale inviato dal Rover) è stato utilizzato il sistema di acquisizione HI MOD 4 (fig. 7).

Il sistema HI MOD 4 è adatto all'utilizzo sia su superfici lisce sia sconnesse ed è trainabile da un operatore o da un veicolo dotato di gancio traino. È in grado di indagare una fascia larga di circa 200 cm di sottosuolo al singolo passaggio e consente una velocità di acquisizione superiore rispetto al trascinamento a mano ($V_{MAX}=5$ Km/h). Anch'esso, come i sistemi descritti in precedenza, è dotato di software di elaborazione dati radar che si interfaccia con l'ambiente CAD in modo tale che i risultati delle anomalie rilevate siano integrabili e trasferibili automaticamente su supporti software CAD. Esso è costituito da una schiera di 8 antenne (4 da 200 MHz, 4 da 600 MHz), che assicura una griglia di campionamento pari a 50 cm. Questi intervalli di campionamento e le frequenze utilizzate pongono il sistema HI MOD4 nella fascia intermedia di prodotti a più alta definizione assicurando comunque risultati di alta qualità nel caso in cui l'oggetto da identificare nel sottosuolo non sia di piccole dimensioni. La schiera di antenne è pilotata da un'unità di controllo multicanale (DAD MCh Fastwave) in grado di assicurare una buona velocità di trascinamento e la gestione contemporanea della schiera di antenne.

Il software di acquisizione dati radar gestisce in modo automatico tutti i canali di acquisizione registrando le direzioni e le relative coordinate di posizione cartografica.

Il sistema HI MOD 4 è fornito di un sistema di posizionamento (encoder) a ruota che assicura accuratezze di misura elevate anche su superfici sconnesse. La georeferenziazione dei dati è stata effettuata mediante GPS Leica GS18 in configurazione Base – Rover sulla base dei vertici dell'area indagata e restituita su base satellitare Google.

Con il sistema di acquisizione STREAM X è stata coperta una superficie totale di circa 19.300 m²; con il sistema STREAM C una superficie di circa 260 m² e con il sistema HI MOD 4 circa 1.000 m², suddivisi per area e superficie secondo la tabella di figura (fig. 12).

(M.C.)

RISULTATI OTTENUTI E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Le indagini geofisiche condotte nella zona di Villa San Marco rappresentano un primo passo per la costruzione di un più ampio progetto di mappatura dell'intera area dell'abitato di *Stabiae*.

L'utilizzo della tecnologia georadar, rientrando tra le tecniche più efficaci per l'archeologia preventiva, consentirà di calibrare nel modo più puntuale possibile eventuali saggi stratigrafici e future campagne di scavo. In sole due giornate di acquisizione sistematica e intensiva dei dati, è stata mappata una superficie complessiva di oltre 2ha. Grazie al sistema di posizionamento assoluto e simultaneo delle misure radar, le aree interessate dalle prospezioni sono state coperte nella totalità della loro estensione, adattando l'acquisizione alla presenza di ostacoli o alle delimitazioni degli spazi accessibili.

I dati acquisiti sono stati processati con il software dedicato iQMaps¹⁹, ma non si esclude la possibilità di successive rielaborazioni con l'ausilio di differenti software specifici, al fine di migliorare ulteriormente la qualità e la leggibilità del dato. Pertanto, i risultati che qui si illustrano potranno essere passibili di successive reinterpretazioni.

Dopo una prima elaborazione e un'analisi preliminare delle restituzioni ottenute le aree di indagine che hanno restituito le anomalie più interessanti sono quelle denominate STABIA2 e STABIA6 (fig. 13).

Nell'area STABIA2 sono ravvisabili riflessioni del segnale radar a partire da circa 0,60 m di profondità, maggiormente visibili intorno a 1 m dal piano campagna. Dalla slice radar relativa a tale quota si evidenzia una significativa concentrazione di anomalie, che occupa la parte centrale del settore indagato e che sembra riferibile a un complesso di strutture sepolte. L'area ricade nella zona scavata nel Settecento e corrisponde a quello che è stato interpretato come possibile foro a doppio porticato della città²⁰. Comparando il dato georadar a quanto deducibile dalla planimetria del Weber, si può cautamente affermare che il muro evidenziato possa essere pertinente alla zona templare, di cui la piazza era fornita nella sua porzione più occidentale (fig. 14)²¹.

Le mappe radar ottenute in quest'area presentano anche altri settori di interesse per potenzialità archeologica, in particolare quelli immediatamente a S e a SE del punto appena descritto, dove insistono evidenze con sviluppo lineare o forma pseudo regolare. Anche in questi ulteriori casi è più che plausibile la corrispondenza tra il dato georadar e la sopravvivenza nel sottosuolo di strutture o infrastrutture relative al vasto spazio interpretato come forense.

La zona STABIA6 ha invece evidenziato la presenza di eventi anomali a quote che partono da circa 1 m per essere consistenti anche oltre i 2 m di profondità. L'area, non investigata durante le esplorazioni settecentesche, è stata oggetto di recenti indagini geognostiche condotte in due momenti differenti: la prima nel 2002 a opera della RAS e la seconda nel 2020 da parte dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" in collaborazione con l'Università di Bologna.

Il dato sembra mostrare la presenza delle murature di chiusura della villa, sul lato orientale e meridionale, e il muro meridionale degli ambienti emersi durante la campagna di scavo effettuata nel 2020 dall'Università degli Studi della Campania (fig. 15)²².

Egual interesse assumono anche i dati provenienti da alcuni dei principali ambienti della villa, ovvero l'atrio (STABIA9) e il giardino del peristilio superiore (STABIA8).

Le mappe ottenute per l'atrio, e i relativi profili radar, rivelano la possibile presenza di elementi strutturali sepolti, forse condutture e canalette, sottostanti la pavimentazione e potrebbero essere messe in relazione al sistema di canalizzazione e smaltimento delle acque ipotizzato dal d'Orsi nel 1954 durante lo scavo di tutta la parte orientale del complesso (fig. 16)²³.

Dal giardino del peristilio deriva infine la suggestione di alcune concentrazioni di riflessioni radar. Si tratta di evidenze di non facile interpretazione, che però sembrano attestare la presenza di terreno rimaneggiato e, forse, di accumuli di macerie, da rapportare anche agli scavi pregressi (fig. 17)²⁴.

(M.S)

¹⁹ <https://idsgeoradar.com/products/software/iqmaps>

²⁰ RUGGIERO 1881, pp. IX-X; CAMARDO 2020, pp. 142-144.

²¹ SENATORE 2003, p. 55.

²² Vd. RESCIGNO – SILANI in questo volume.

²³ D'ORSI 1997, p. 181; p. 246.

²⁴ Oltre alle attività borboniche e quelle del d'Orsi, quest'area è stata interessata, alla fine degli anni Settanta del Novecento, da operazioni di scavo archeologico condotte da Emanuele Greco, mai editate, evidenziando tracce di frequentazione risalenti al VI-IV secolo a.C.; GIORDANO 1979, p. 195.

Abbreviazioni bibliografiche

- ANNAN 2009 = A.P. Annan, "Electromagnetic principles of Ground Penetrating Radar", in JOL 2009: 3-40.
- BARBET – MINIERO 1999 = *La Villa di San Marco a Stabia*, a cura di A. Barbet – P. Miniero, Napoli-Pompei-Roma 1999.
- BONIFACIO 2003 = G. Bonifacio, "Ufficio Scavi di Stabia: Castellammare di Stabia: indagini archeologiche nell'area del pianoro di Varano", in *RStPomp* 14, 2004: 197-200.
- BONIFACIO 2007 = G. Bonifacio, "Ufficio Scavi di Stabia: Castellammare di Stabia: indagini archeologiche nell'area del pianoro di Varano", in *RStPomp* 18, 2007: 197-200.
- BOSCHI 2020 = F. Boschi, *Archeologia senza scavo. Geofisica e indagini non invasive*, Bologna 2020.
- CAMARDO 2020 = D. Camardo, "Le ville d'otium sui pianori di Varano, Scanzano, Pozzano e l'abitato romano di Stabiae", in Oebalus. *Studi sulla Campania in Antichità* 14, 2019: 141-176.
- CASSIDY 2009 = N.J. Cassidy, "Electrical and Magnetic Properties of Rocks, Soils and Fluids", in JOL 2009: 41-72.
- D'ORSI 1997 = L. d'Orsi, *Gli scavi di Stabia. Giornale di scavo*, Castellammare di Stabia 1997.
- DI MAIO – PAGANO 2003 = G. Di Maio, R. Pagano, "Considerazioni sulla linea di costa e sulle modalità di seppellimento dell'antica Stabia a seguito dell'eruzione vesuviana del 79 d. C.", in *RStPomp* 14, 2003: 197-245.
- FEDI ET AL. 2000-2006 = M. Fedi, G. Castiello, B. Garofalo, M. La Manna, E. Piegari, "Indagini non invasive tramite metodologie geofisiche integrate per l'individuazione e la valutazione di possibili aree di scavo nelle ville dell'antica Stabiae: Villa Arianna e Villa San Marco", in *Recupero e valorizzazione del sito archeologico di Stabiae, Castellammare di Stabia (Na), Fondi Misura 3.16 – P.O.R. Campania 2000/2006*: 77-119.
- GIORDANO 1979 = C. Giordano, "Stabiae", in *CronPomp* 5, 1979: 194-196.
- GOODMAN – PIRO 2013 = D. Goodman, S. Piro, *GPR remote sensing in archaeology*, Heidelberg 2013.
- GOODMAN 2009 = D. Goodman, "GPR methods for archaeology", in *Seeing the unseen. Geophysics and landscape archaeology*, a cura di S. Campana, S. Piro, Londra 2009: 229-144.
- JOL 2009 = *Ground Penetrating Radar. Theory and applications*, a cura di H.M. Jol, Amsterdam 2009.
- MARRAZZO et al. 2000-2006 = M. Marrazzo, M. Mercurio, V. Morra, "L'ambiente geologico del sito archeologico di Stabiae", in *Recupero e valorizzazione del sito archeologico di Stabiae, Castellammare di Stabia (Na), Fondi Misura 3.16 – P.O.R. Campania 2000/2006*: 5-30.
- OETTEL 1996 = A. Oettel, *Fundcontexte römischer Vesuvillen im Gebiet um Pompeji. Die Grabungen von 1894 bis 1908*, Mainz 1996.
- ROUGETET 1999 = J. Rougetet, "Construction et architecture", in BARBET – MINIERO 1999: 41-58.
- RUFFO 2009 = F. Ruffo, "Sulla topografia dell'antica Stabiae. Osservazioni sulla Villa San Marco e sul cosiddetto impianto urbano alla luce delle recenti indagini archeologiche (2008-2009)", in Oebalus. *Studi sulla Campania in Antichità* 4, 2009: 235-271.
- RUGGERO 1881 = M. Ruggero, *Degli scavi di Stabia dal MDCCXLIX al MDCCLXXXII*, Napoli 1881.
- SENATORE 2003 = F. Senatore, *Stabiae: dalla preistoria alla Guerra Greco-Gotica*, Napoli 2003.

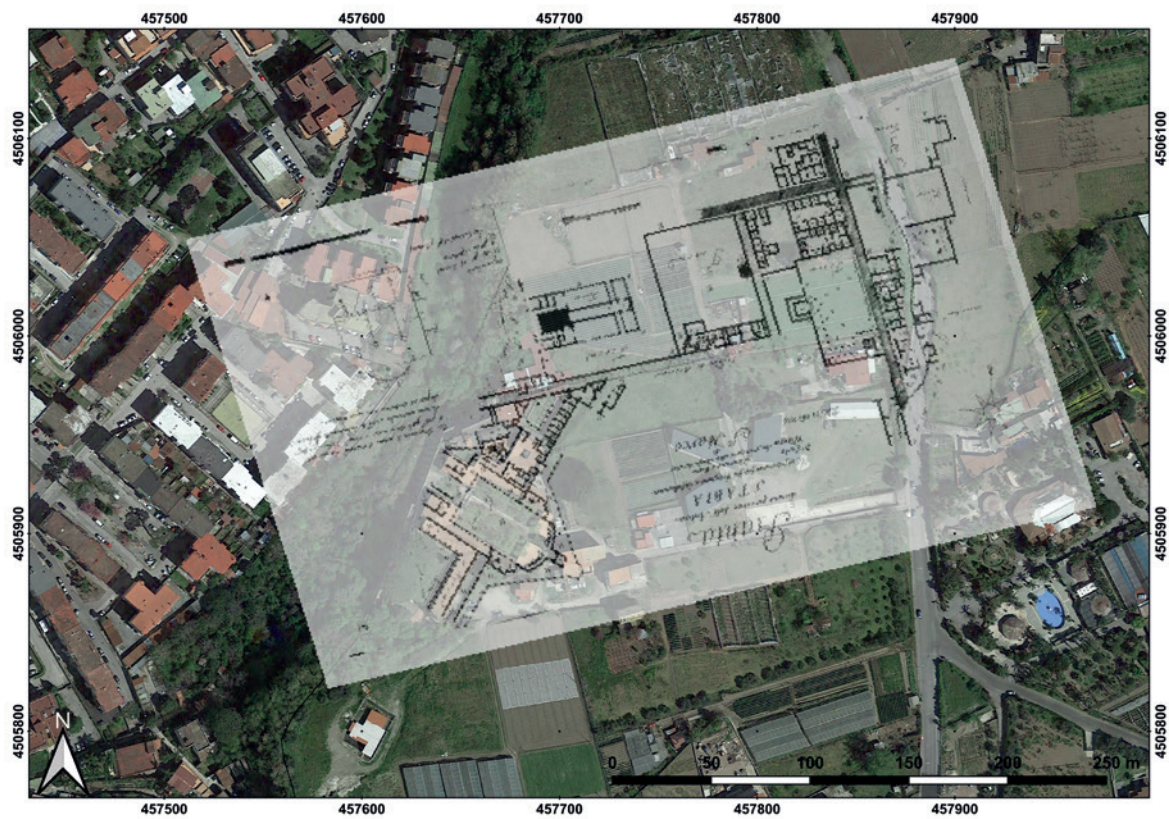


Fig. 1. I rinvenimenti monumentali effettuati a partire dal 1749 sulla collina di Varano nella planimetria disegnata da Karl Weber nel 1759. Georeferenziazione in piattaforma GIS.

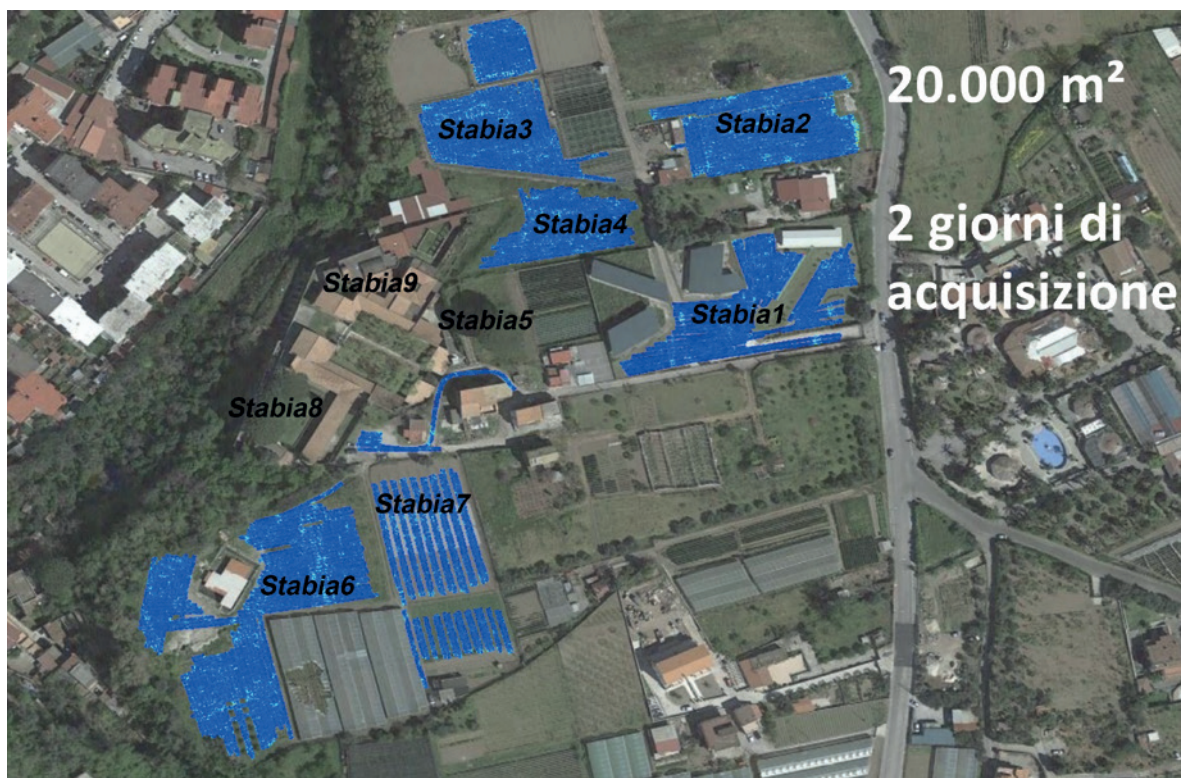


Fig. 2. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: aree indagate.



Fig. 3. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia1, sistema georadar Stream X.



Fig. 4. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia2, sistema georadar Stream X.



Fig. 5. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia3, sistema georadar Stream X.



Fig. 6. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia4, sistema georadar Stream X.



Fig. 7. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia5, sistema georadar Hi Mod 4.



Fig. 8. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia6, sistema georadar Stream X.



Fig. 9. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia7, sistema georadar Stream X.



Fig. 10. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia8, sistema georadar Stream C.



Fig. 11. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: area Stabia9, sistema georadar Stream C.

AREA	SUPERFICIE (MQ)	SISTEMA DI ACQUISIZIONE
STABIA1	2.650	STREAM X
STABIA2	2.550	STREAM X
STABIA3	4.400	STREAM X
STABIA4	1.500	STREAM X
STABIA5	1.000	Hi MOD4
STABIA6	5.000	STREAM X
STABIA7	3.200	STREAM X
STABIA8	200	STREAM C
STABIA9	60	STREAM C

Fig. 12. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: superficie delle aree indagate e sistemi georadar utilizzati.

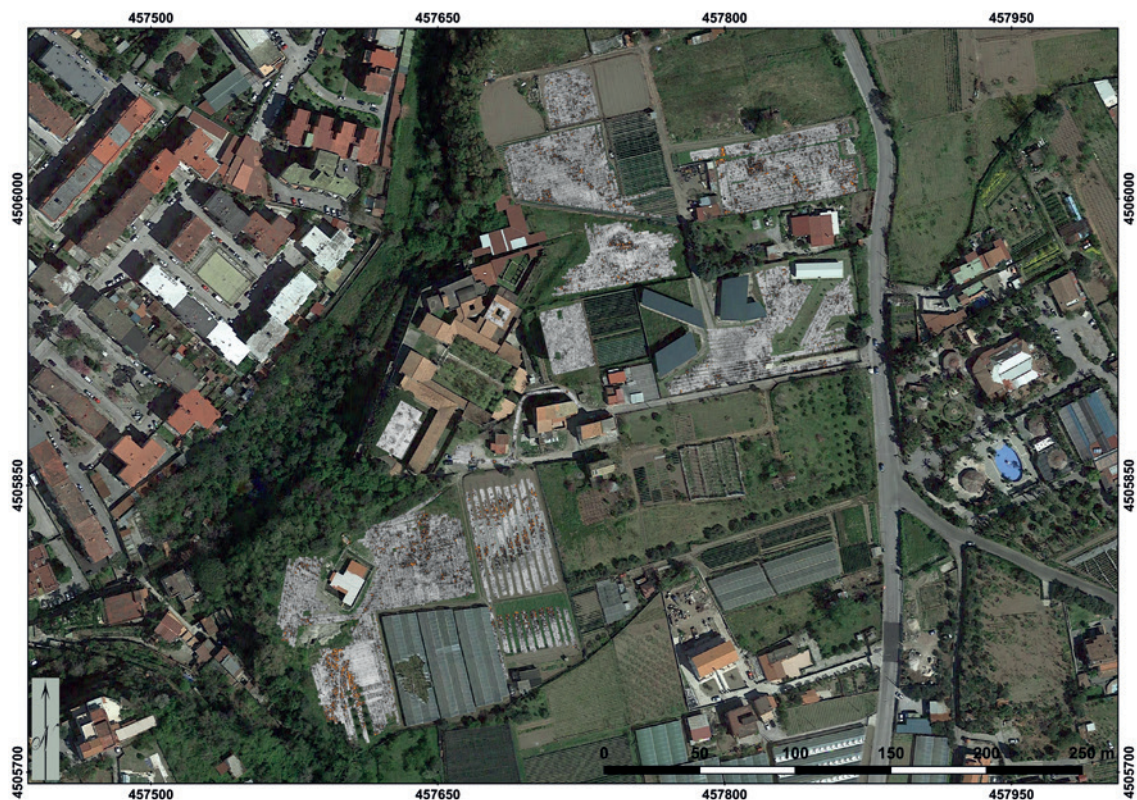


Fig. 13. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021: panoramica complessiva delle aree indagate, slices radar relative alle profondità comprese tra 0,60 m e 1,20 m.



Fig. 14. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021. Area Stabia2: slice radar profondità 1 m sovrapposta alla planimetria del Weber (1759).



Fig. 15. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021. Area Stabia6: slice radar profondità 1,20 m in rapporto agli ambienti della villa oggetto dei recenti scavi 2020.

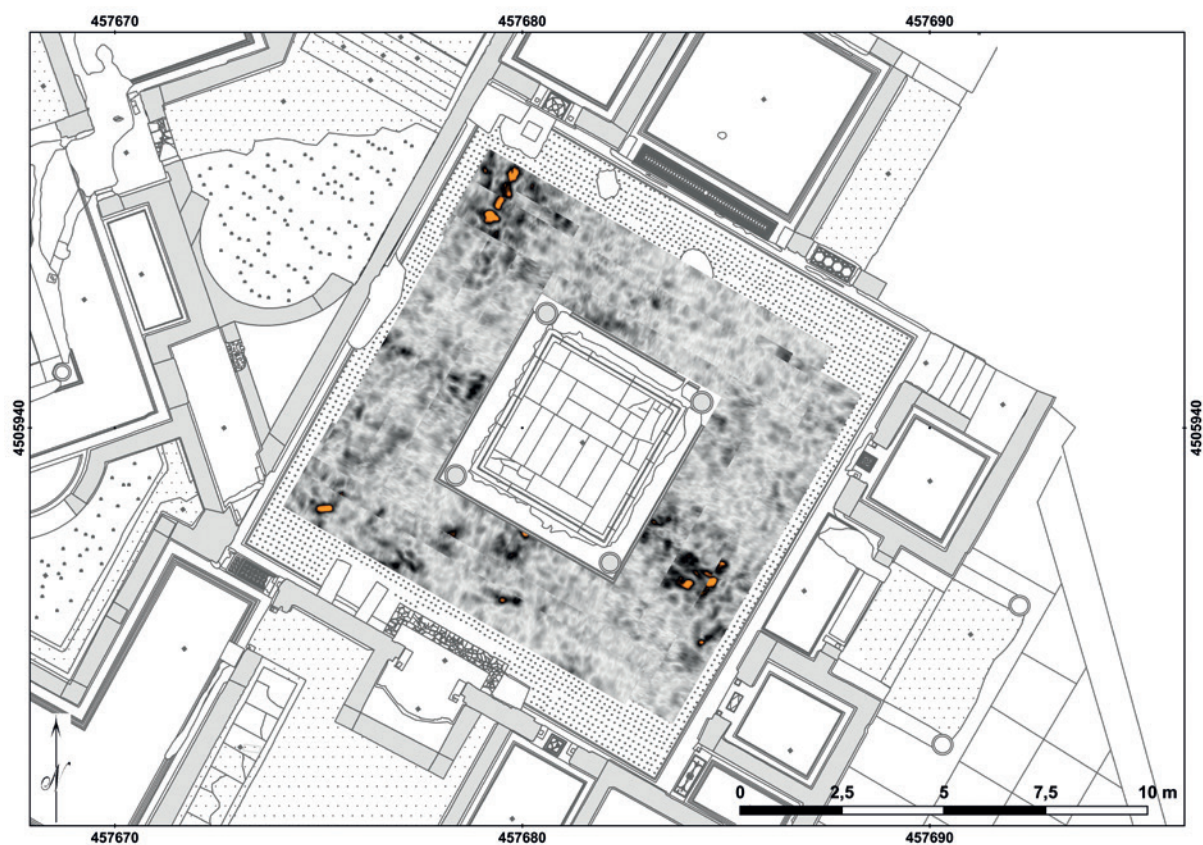


Fig. 16. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021. Area Stabia9, atrio [44]: slice radar profondità 60 cm.

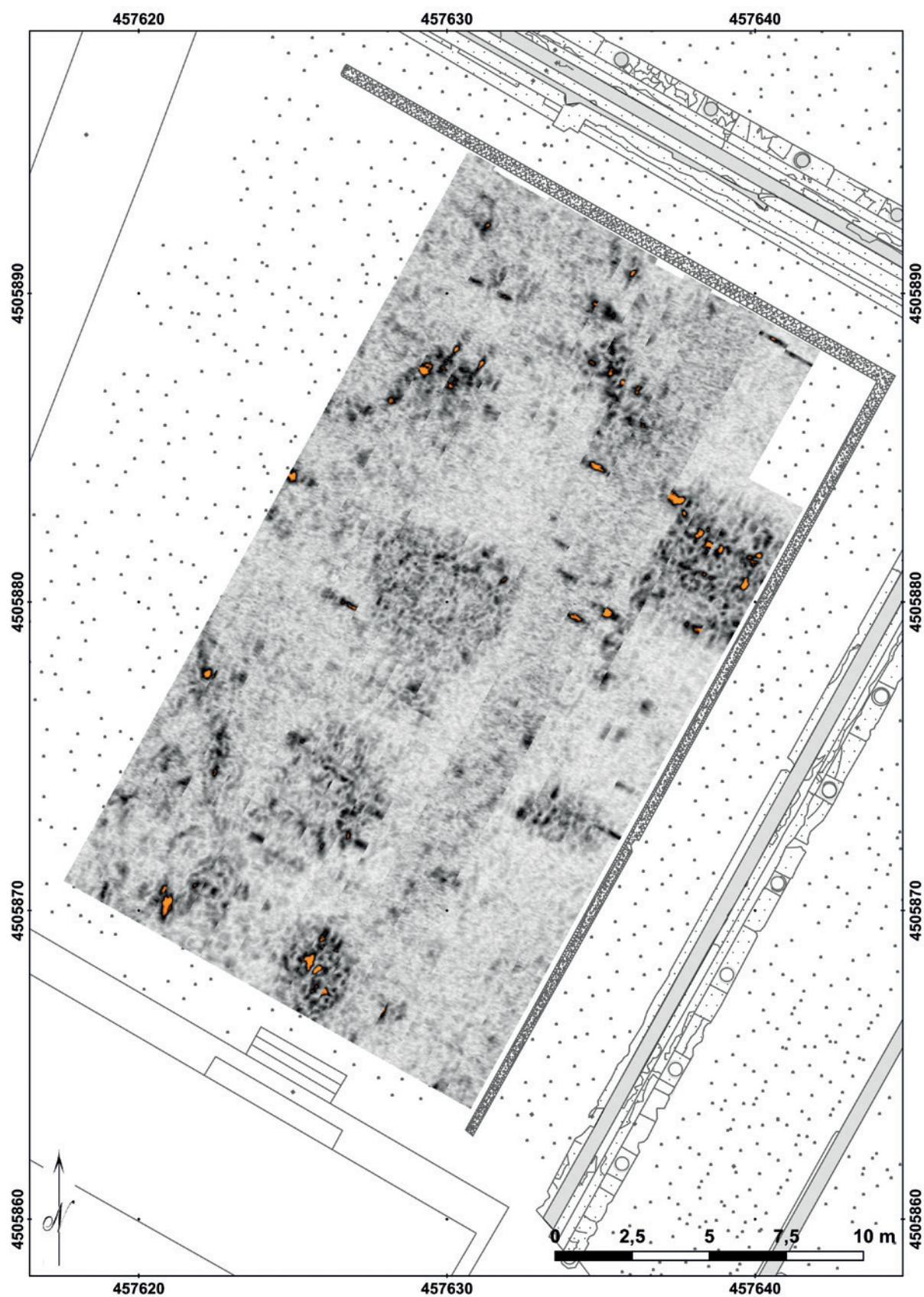


Fig. 17. Villa San Marco, indagini geofisiche 2021. Area Stabia8, giardino del peristilio superiore [66]: slice radar profondità 60 cm.