



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte,
del Cinema e della Musica

Corso di Laurea Triennale in Archeologia

NUOVE RICERCHE ARCHEOLOGICHE PRESSO
LA VILLA MARITTIMA DI "MUTTERON DEI FRATI"
CON IL SUPPORTO DELLE TOMOGRAFIE
ELETTRICHE DI RESISTIVITÀ

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Rita DEIANA

Correlatore:

Dott.ssa Alice VACILOTTO

Laureando:

Lisa MOCCHIUTTI

Matricola n. 2051379

Anno Accademico 2023/2024

Sommario

Questa tesi ha come obiettivo l'interpretazione delle prospezioni geofisiche effettuate presso il sito archeologico della villa romana marittima di "Mutteron dei Frati" di Bibione (VE). L'obiettivo delle misurazioni geofisiche è stato quello di comprendere meglio la natura del sito e le strutture presenti nel sottosuolo, al fine di indirizzare le operazioni di scavo archeologico e recuperare indizi in termini di estensione e sviluppo planimetrico del complesso. La tesi presenta una descrizione dei caratteri geomorfologici del contesto in cui si inserisce il sito e presenta un quadro archeologico del noto e di quanto recentemente individuato grazie allo scavo di nuovi settori della villa.

Attraverso l'uso di tomografie elettriche di resistività dal 2018 al 2024 si è indagato, infatti, in diverse aree del contesto l'aspetto del sottosuolo, evidenziando un buon numero di anomalie, alcune delle quali riconducibili a strutture del complesso della villa come pavimenti musivi, depositi di materiale costruttivo e strutture murarie, spesso conservate a livello di fondazione.

Grazie ai risultati delle analisi geoelettriche, è stato possibile identificare le aree più promettenti per lo scavo, recuperare indicazioni sul possibile estensione del sito e creare un database per le prossime analisi geofisiche che verranno compiute.

Indice

Sommario	3
Introduzione	5
Inquadramento geomorfologico	7
Le caratteristiche del territorio tra Livenza e Tagliamento	7
I dossi del Tagliamento	12
La villa romana di “Mutteron dei Frati” e il suo territorio	17
Organizzazione del Territorio	18
Storia degli Scavi Archeologici	20
Il progetto “La villa marittima romana di Bibione e il suo contesto”	25
Metodologie geofisiche per l’analisi archeologica: le misure ERT nel sito di Mutteron dei Frati	32
Applicazione e scelta del metodo ERT per il sito di Mutteron dei Frati	39
Applicazione e risultati del metodo ERT	41
Linee 1, 2 e 3 (campagna di misure 2018)	43
Linee 4, 5 e 6 (campagna di misure 2021)	46
Linee 7 e 8 (campagna di misure 2023)	48
Linee 9-13 (campagna di misure 2024)	49
Linee 14-17 (campagna di misure 2024)	53
Conclusioni	56
Ringraziamenti	58
Bibliografia	59
Documentazione d'archivio: reports indagini geomorfologiche, geofisiche e archeologiche	61

Introduzione

Le prospezioni geofisiche da decenni supportano in modo sempre più efficace le ricerche anche in ambito archeologico. Il principale vantaggio dei metodi di prospezione geofisica è indubbiamente la non invasività che consente, prima di qualsiasi operazione diretta, invasiva e con effetti permanenti, come lo scavo archeologico, di avere una visione della reale distribuzione di possibili anomalie nel sottosuolo correlabili a resti archeologici di interesse.

In questo contesto, si andrà a descrivere l'uso specifico di una di queste metodologie: la tomografia elettrica di resistività (ERT) al caso della villa romana marittima di Mutteron dei Frati e si darà conto dei risultati ottenuti da queste indagini.

Le ville marittime romane, con la loro complessità architettonica e la ricchezza di reperti, offrono una finestra unica sulla vita quotidiana e le pratiche economiche di età romana. Lo studio di questi contesti è fondamentale per l'archeologia classica per comprendere meglio la civiltà antica.

La villa romana di Mutteron dei Frati è collocata nel territorio di Bibione, nel Comune di San Michele al Tagliamento (VE). Il sito è posizionato nella pineta della Val Grande ai piedi di dune sabbiose fossili datate ad età preromana, tra la linea di costa e la Val Grande, una valle da pesca ricavata in epoca moderna da spazi precedentemente occupati da ambienti lagunari-palustri.

Alcune strutture della villa, individuate casualmente alla fine del XIX sec., furono documentate da Dario Bertolini, un avvocato di Portogruaro che nel 1883 pubblicò una descrizione di quanto rinvenuto.

Dopo questo intervento, il sito non fu più scavato fino agli anni Trenta del Novecento, quando il professor Cassi e il Consorzio di Bonifica di San Michele al Tagliamento ripresero le indagini. Cassi pubblicò i risultati nel 1933, affermando che le strutture trovate appartenevano probabilmente a due ville, di cui una ancora parzialmente coperta dalle sabbie, databile al periodo di Tiberio. Negli anni Novanta del secolo scorso, la Soprintendenza archeologica per il Veneto riprese gli scavi sotto la direzione di Pierangela Croce da Villa e Vincenzo Gobbo. Questi scavi confermarono la presenza nell'area di una grande villa romana con sette stanze, di cui tre decorate con mosaici pavimentali.

Dal 2018 il sito archeologico della villa è oggetto di una nuova stagione di ricerche grazie all'avvio di un progetto multidisciplinare che vede la collaborazione dell'Università di Regensburg e dell'Università degli Studi di Padova. Il progetto mira ad acquisire nuovi dati sulla reale estensione della struttura e sulle sue fasi d'uso, nonché a ricostruire il contesto paesaggistico in cui si inseriva. La ricerca coinvolge archeologi, geofisici e geomorfologi delle due Università e la Soprintendenza locale. Questo studio è diviso in quattro capitoli che andranno a fornire un quadro generale di inquadramento del sito prima di concentrarsi sulle indagini effettuate e sull'interpretazione dei risultati ottenuti, mettendoli in rapporto agli esiti dei recenti scavi condotti. Il primo capitolo fornisce un inquadramento geomorfologico del sito della villa e del territorio in cui si trova, soffermandosi in particolare sulla diversa fisionomia che il paesaggio doveva presentare in antico. Il secondo capitolo illustra la storia degli interventi che hanno interessato la villa, il contesto storico del territorio in cui questa si inserisce e una descrizione di come si presenta oggi. Il terzo capitolo fornisce un quadro generale sulle metodologie geofisiche utilizzate in campo archeologico con uno specifico focus mirato sulla tomografia elettrica, chiarendo i motivi della scelta di questa tecnica per indagare questo specifico contesto. Infine il quarto capitolo descrive le singole campagne di misura e le sezioni di volta in volta acquisite, l'interpretazione dei risultati ottenuti in relazione agli esiti degli scavi, valutando per ciascuna sezione il contesto, le problematiche specifiche riscontrate e la reale informatività del dato geofisico.

Inquadramento geomorfologico

La villa romana di Mutteron dei Frati, oggetto del presente studio, è collocata nel territorio di Bibione, nel comune di San Michele al Tagliamento (VE). Il sito è posizionato nella pineta della Valgrande ai piedi di dune sabbiose fossili datate ad età preromana¹, tra la linea di costa² e la Val Grande, una valle da pesca ricavata in epoca moderna da spazi precedentemente occupati da ambienti lagunari-palustri.

A nord del sito, oltre la valle da pesca, si susseguono estese superfici coltivate sottratte alle acque palustri tra XIX e XX sec., quando il territorio fu oggetto di importanti interventi di bonifica³. Tutta la zona si trova infatti al di sotto del livello medio del mare e presenta una pendenza pressoché nulla che facilita il ristagno idrico in superficie.

Inoltre, le strutture del complesso si collocano non lontano dall'attuale foce del Tagliamento e dalla presunta area che ospitava l'apparato di foce del *Tiliaventum Minus*, nella porzione distale della pianura alluvionale formata dal fiume. Il paesaggio odierno risulta quindi profondamente trasformato rispetto a come doveva presentarsi in antico.

In epoca romana la villa faceva parte dell'agro meridionale di Iulia Concordia⁴, colonia romana dal 42-40 a.C. con giurisdizione sull'estesa porzione di pianura compresa tra i fiumi Livenza e Tagliamento.

Le caratteristiche del territorio tra Livenza e Tagliamento

L'area compresa tra Tagliamento e Livenza costituisce il settore più orientale della provincia di Venezia e fisiograficamente appartiene alla pianura friulana.

L'attuale assetto geologico e geomorfologico della pianura deve la sua genesi agli eventi erosivi e deposizionali succedutisi durante le fasi finali dell'Ultimo Massimo Glaciale

¹ Gli ambienti finora noti e meglio conservati della villa sono stati individuati ai piedi di una duna alta 12, ricoperti dalle sabbie in scivolamento che hanno preservato le strutture anche fino ai 2 m di altezza. Questa duna, come gli altri cordoni litoranei qui presenti, costituiscono i relitti eccezionalmente ben conservatisi di un sistema che in antico doveva caratterizzare la maggior parte della fascia costiera alto adriatica. (Bondesan 2008, p. 79).

² La linea di costa attuale si trova a poco più di un chilometro dalla villa romana, ma in antico doveva trovarsi verosimilmente in una posizione più arretrata, quindi più vicina al complesso residenziale. (Bondesan 2008, p. 79).

³ Geomorfologia 2004, p. 368.

⁴ Iulia Concordia è un centro che si sviluppò su una sorta di "isola" tra due valli incise occupate da fiumi di risorgiva che scorrevano in ambienti paludosi. Cfr. Fontana 2006, p. 124.

(LGM), ovvero tra 30.000 e 17.000 anni fa. I sedimenti ritrovabili lungo il corso dell'attuale fiume Tagliamento e presso la sua foce sono databili al periodo post-LGM, invece nella bassa pianura friulana e veneta i sedimenti si datano al periodo LGM⁵.

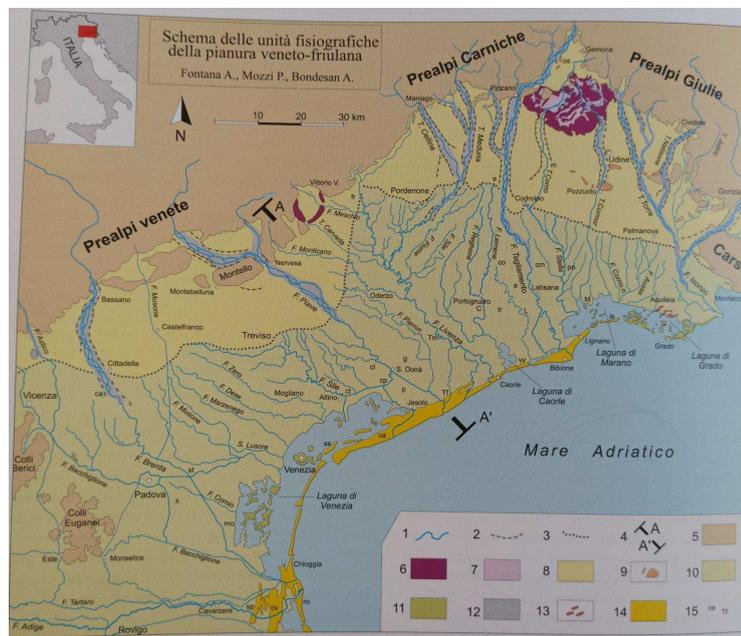


Fig. 1 Schema delle unità fisiografiche della pianura veneto-friulana (Geomorfologia 2004, p. 114)

Proprio in questa fase si sono formati i diversi sistemi deposizionali che costituiscono la pianura, tutti caratterizzati da una continuità spaziale che va dallo sbocco vallivo fino alle zone costiere e da una tipica forma “a ventaglio”⁶ (fig. 1). Questi sistemi deposizionali, meglio noti come *megafan* alluvionali⁷, sono molto estesi e complessi essendo costituiti da sedimenti fluviali di grandezze variabili. Nella porzione più vicina alla sorgente, dove i fiumi hanno una maggiore potenza di trasporto dei materiali solidi, sono presenti sedimenti di dimensioni maggiori, principalmente ciottoli grossolani. Verso il mare i corsi d'acqua perdono potenza di trasporto, a causa anche della minor pendenza del terreno, e di conseguenza vengono trasportati solo i sedimenti più fini. Alla foce dei fiumi, infatti, si trovano solo limi, argille e sabbie, queste ultime principalmente lungo la linea di costa.

⁵ Fontana et al. 2009.

⁶ Geomorfologia 2004, p. 115.

⁷ Viene tradotto nella letteratura scientifica in italiano in “megaconoidi”.

Nello specifico, la pianura tra Livenza e Tagliamento è costituita dai depositi del *megafan* del Tagliamento¹¹, solamente al limite occidentale del *megafan*, lungo il corso del Livenza si riscontrano sedimenti trasportati anche da questo fiume di risorgiva¹².

La parte settentrionale del comprensorio è caratterizzata dalla presenza di ghiaie superficiali sia attuali che antiche e da elevati valori del gradiente topografico, che raggiungono quasi il 2%, mentre la zona a meridione delle risorgive è costituita da sedimenti fini ed è interessata in buona parte da zone depresse, poste anche a -3 m s.l.m. La maggior parte delle aree depresse del comprensorio si trovano a Sud di Portogruaro e continuano fino alla costa. Queste aree fino a qualche secolo fa erano ambienti umidi, quindi non adatti alla coltivazione.

Prima delle bonifiche del XIX-XX sec., esistevano infatti molte più zone caratterizzate da paludi e lagune rispetto a quelle visibili oggi. Questo si può notare osservando le cartografie antiche che rappresentano un territorio interessato per lo più da estese superfici dominate dalle acque.

I terreni bonificati artificialmente nel secolo scorso, che ancora oggi si trovano sotto il livello medio del mare, si estendono per circa 230 km² tra il fiume Tagliamento e il fiume Livenza.

Le zone bonificate nel XIX-XX sec. risultano a un livello inferiore rispetto alle aree ancora sommerse, a causa della perdita dell'acqua interstiziale e della degradazione dei depositi torboso-organici. I terreni bonificati sono caratterizzati da sedimenti limoso-sabbiosi¹³, mentre nel settore orientale dell'attuale laguna di Caorle¹⁴ (tra la

¹¹ Il *megafan* del Tagliamento inizia al Passo della Mauria, dove si trova lo sbocco vallivo del fiume, e fino alla linea delle risorgive ha una larghezza ridotta. All'altezza di Codroipo inizia ad ampliarsi nella zona della bassa pianura interessando l'intera superficie compresa tra Livenza e fiume Stella. Il territorio creato con i sedimenti del fiume Tagliamento ha quindi una dimensione notevole ed è attraversato da corsi d'acqua minori che hanno origine principalmente dalla linea delle risorgive.

¹² I fiumi di risorgiva normalmente scorrono nella zona di interdigitazione tra i maggiori *megafan*; i fiumi e i loro sistemi occupano le aree depresse d'interfluvio (Geomorfologia 2004, p. 117).

¹³ La percentuale di sabbia varia tra 20% e 40% (Geomorfologia 2004, p. 371).

¹⁴ Per laguna di Caorle si intende oggi una superficie di circa 15 km² formata da aree sommerse e di queste la maggior parte vengono utilizzate come valli da pesca. La laguna ha una profondità che varia da 0,5 m a 3 m e l'insieme degli specchi d'acqua si sviluppa lungo il corso del canale Nicessolo. Quest'ultimo infatti è l'asse portante del sistema lagunare in questione ed è l'anello di congiunzione con l'Adriatico. Altre zone lagunari non a diretto contatto con il canale si trovano nella zona di Porto Baseleghe e verso l'interno si trovano anche la Valle Grande e la Vallesina di Bibione (Geomorfologia 2004, p. 367).

Valle Zignago e la Valle Vecchia) prevalgono le sabbie e le sabbie limose, da attribuire con buona probabilità all'attività del principale ramo del Tagliamento attivo in età romana¹⁵.

Di questo territorio prima umido rimane oggi solo una labile testimonianza nella cosiddetta laguna di Caorle, a sud-ovest, e nella Val Grande e Vallesina a nord-est. Aree, queste ultime, modificate artificialmente nel corso del XVII sec. per diventare delle valli da pesca. Nel sottosuolo della laguna di Bibione (unione di Val Grande e Vallesina), si può documentare la presenza di un'alternanza di depositi marini e lagunari che hanno uno spessore di 10-14 metri e raggiungono un'età di 7000 anni¹⁶.

L'aspetto che ha oggi la laguna è il prodotto di un'evoluzione avvenuta nell'Olocene, ma che ha subito grandi modifiche di origine antropica già a partire dal XVI sec. con la deviazione di corsi d'acqua e l'interramento di aree umide, e successivamente con le bonifiche idraulico-agrarie del XIX-XX sec.

Nella bassa pianura tra Livenza e Tagliamento, le uniche zone che si trovano sopra il livello del mare corrispondono ai dossi fluviali sabbiosi formati dal Tagliamento nelle differenti epoche storiche (cfr. infra). Altre zone rilevate e asciutte si riscontrano, inoltre, lungo la fascia costiera interessata dal delta del Tagliamento.

L'area alla foce del fiume, estesa oltre 9 km, è formata da numerosi sistemi di cordoni dunali. I cordoni dunali sabbiosi si formano grazie all'accumulo di sabbia trasportata dal vento, che si deposita dietro ostacoli naturali o vegetazione, creando rilievi paralleli alla costa, sistemi che si sono formati per il deposito di sedimenti trasportati dal fiume quando esso si immette nel mare. Le dune erano in passato un elemento importante del territorio e luogo prediletto per la costruzione di insediamenti. In epoca moderna la maggior parte di queste dune è stata spianata, eccetto quelle presso il faro di Bibione e in località Mutteron dei Frati. Queste dune raggiungono fino a 12 metri di altezza e sono integre dal 1800, perché l'area è stata esclusa dalle opere di bonifica del XX sec. Tra i vari cordoni dunali, si trovano delle depressioni chiamate lame interdunali che sono occupate a volte da ambienti umidi, a volte da acque salmastre, soprattutto lungo il limite meridionale della Val Grande.

¹⁵ Il *Tiliaventum Maius* sfociava probabilmente tra Valle Zignago e Valle Vecchia attraversando perciò l'attuale laguna di Caorle fino alla sua scomparsa nel X secolo circa.

¹⁶ Geomorfologia 2004, p. 211.

Secondo studi stratigrafici, l'odierno sistema deltizio si sarebbe formato negli ultimi 2000 anni, ma già 1400 anni fa avrebbe raggiunto una configurazione simile all'attuale. Altrettanto vero è che l'apparato deltizio sembra aver avuto un'importante fase costruttiva tra i secoli XVI e XVIII, quando avanzò di oltre 500 m verso il mare, come testimoniano le ricerche condotte sulla cartografia storica, è però probabile che l'attuale sistema deltizio si sia impostato su un sistema più antico di cui rimangono alcuni lembi relitti proprio presso il sito di Mutteron dei Frati¹⁷.

Le dune consentono l'accumulo di una buona quantità di acqua dolce che permette la presenza di una vegetazione fitta formata da alberi e arbusti, ed un ambiente ecologico diversificato che ospita molti animali e garantisce biodiversità¹⁸. La vegetazione presente nell'area del Mutteron dei Frati è costituita in prevalenza da pini marittimi e lecci. Ad oggi questa rimane una delle uniche zone in cui si è conservata la flora e la fauna che fino a qualche decennio fa caratterizzava l'intero litorale, ora persa a causa dello sviluppo infrastrutturale a scopo turistico.

I dossi del Tagliamento

Nella porzione orientale della pianura tra Livenza e Tagliamento, gli elementi morfologici più evidenti sono indubbiamente i dossi fluviali creati dall'azione del Tagliamento¹⁹ (fig. 3). Oltre a quello ancora oggi percorso dal fiume (n.7) e ad alcuni brevi tratti riferibili a direttrici seguite nel tardo-pleistocene (n.11), se ne distinguono almeno altri due imputabili al corso d'acqua, ovvero il dosso del Tagliamento attivo in epoca romana (n.9) e quello del Tagliamento di Concordia attivo tra VI-X sec. d.C. (n.10).

Il fiume Tagliamento, infatti, non ha sempre avuto lo stesso corso che si vede oggi, ma in passato ha subito diverse modificazioni dovute a ripetuti momenti di instabilità idraulica. Per l'epoca romana disponiamo inoltre di un passo della *Naturalis Historia* in cui Plinio il Vecchio, nel I sec. d.C., ricorda che il fiume giungeva al mare con due rami,

¹⁷ Geomorfologia 2004, p. 199.

¹⁸ Bondesan 2008, pp. 79-80.

¹⁹ Un dosso si forma in seguito alla deposizione di sedimenti sabbiosi e limosi all'interno e in prossimità dell'alveo durante gli eventi di piena. Ciascun dosso corrisponde a una direttrice seguita dal fiume per intervalli temporali che possono essere di pochi secoli o di migliaia d'anni. Geomorfologia 2004, p. 199.

uno maggiore e uno minore, alle cui foci si trovavano altrettanti porti²⁰. Le ricerche finora condotte concordano nel riconoscere il *Tiliaventum Maius* con la direttrice fluviale che ha formato il dosso ancora oggi visibile tra Cordovado, Teglio, Fossalta, Vado e Lugugnana²¹, località presso cui il fiume piegava leggermente verso sud-ovest e poco oltre verso sud fino a sfociare in zona Valle Vecchia di Caorle. Le tracce idrografiche antiche corrispondono a un alveo di tipo braided che poi diviene meandriforme, la cui morfometria fluviale e i depositi di dosso sabbioso sono confrontabili con quelli dell'attuale corso del Tagliamento²².

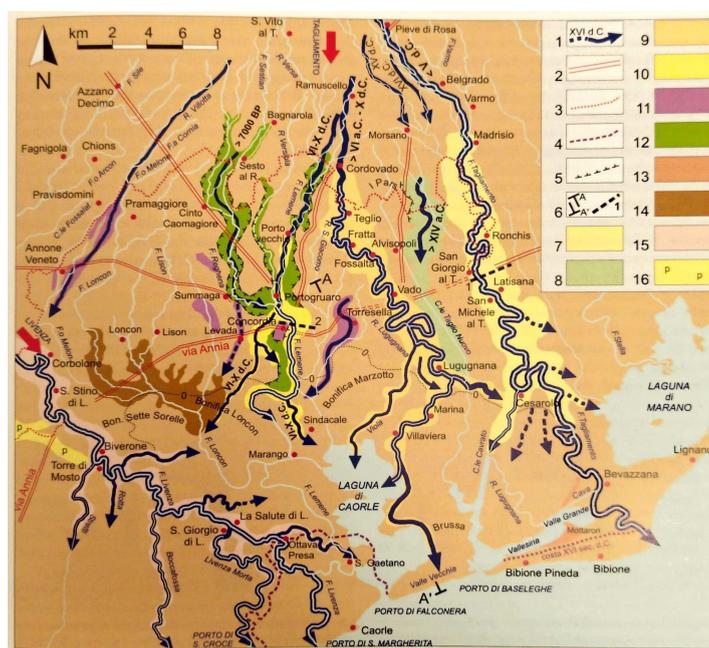


Fig. 3 Principali direttrici di deflusso comprese tra Tagliamento e Livenza
(Geomorfologia 2004, p. 197)

Il corso del fiume era sopraelevato rispetto alla pianura e alla laguna, questo deve aver creato un elemento di grande attrazione per l'insediamento, data la posizione favorevole rispetto al resto del territorio. I numerosi siti individuati in corrispondenza del dosso sono databili allo stesso periodo della fondazione di Concordia, anche se risultano

²⁰ Plinio in *Naturalis Historia* III, 18, 126, “*Sequitur decima regio Italiae, Hadriatico mari adposita, cuius Venetia, fluvius Silis ex montibus Tarvisanis, oppidum Altinum, flumen Liguentia ex montibus Opiterginis et portus eodem nomine, colonia Concordia, flumina et portus Reatinum, Tiliaventum Maius Minusque...*”

²¹ Il dosso è attualmente percorso dalla roggia Lugugnana, che ha occupato l'alveo della direttrice del Tagliamento romano dopo la sua disattivazione. Geomorfologia 2004, pp. 198.

²² Geomorfologia 2004, p. 203.

slegati dal sistema centuriato della città, evidenziando forse una diversa organizzazione di questo particolare settore del territorio²³. Si tratta perlopiù di ville, con *pars rustica* e *pars urbana*, e fattorie, a volte associate a necropoli prediali.

La localizzazione del *Tiliaventum Minus* rimane invece ancora incerta, anche se sono state avanzate almeno tre ipotesi circa il suo andamento: la prima farebbe corrispondere il corso fluviale minore con l'attuale letto del fiume; la seconda proporrebbe di riconoscerlo in un corso d'acqua che si staccava dal Tagliamento odierno seguendo l'attuale canale Cavrato fino circa all'area di Due Baseleghe; la terza, infine, lo riconoscerebbe nel tratto terminale della roggia Lugugnana, facendolo coincidere con un'antica direttrice che, staccatasi dall'omonimo paese, doveva proseguire verso sud-est, in direzione di Cesarolo e Bevazzana. Quest'ultima ipotesi sembrerebbe la più probabile perché risponde meglio ai quesiti sulla formazione dei canali distributori e soprattutto garantisce una portata (liquida e solida) del corso d'acqua comparabile a quella dell'altro ramo.

Inoltre, questa ipotesi sarebbe avvalorata anche da ritrovamenti di materiali romani a Bevazzana (UD)²⁴, dove poteva forse trovarsi l'apparato di foce. È possibile, infatti, che le tracce di cordoni litoranei situate appena a ovest di Bevazzana e le dune del Mutteron dei Frati siano riferibili alle prime fasi di attivazione pre-romana di questo ramo del *Tiliaventum Minus* coincidente con il tratto terminale dell'attuale roggia Lugugnana o con direttrici ora sepolte da depositi del Tagliamento attuale.

Un periodo di intensa deposizione fluviale è stato rilevato tra VI e VIII sec. d.C. che portò al riempimento della valle del Lemene-Regghena²⁵ tra la zona di Portogruaro e la laguna. Per questo avvenimento storico, si possono leggere anche fonti scritte come documentato ad esempio da Paolo Diacono²⁶ che parla di un periodo di notevoli dissesti alluvionali alla fine del VI secolo d.C. Proprio in questo periodo tra VI e X sec. il Tagliamento romano si disattiva in favore di quello attuale e il ramo più occidentale seppellisce la città di Concordia, come provato dal documento della Donazione Sestense

²³ Geomorfologia 2004, pp. 204-205.

²⁴ Altan 1990, pp. 17-32.

²⁵ In merito alle età dei depositi, la porzione occidentale del comprensorio, ovvero l'area tra Livenza e Lemene/Reatinum, è formata da sedimenti alluvionali di età pleistocenica, mentre il settore orientale, tra Lemene e Tagliamento, restituisce le testimonianze di molteplici percorsi olocenici del Tagliamento insieme ai loro depositi. (Geomorfologia 2004, p. 195).

²⁶ Paolo Diacono, *Historia Langobardorum Liber III*, 23

del 762 d.C.²⁷. In questo testo si cita la concessione all'Abbazia di Sesto al Reghena di ampi territori che all'epoca erano posti a oriente del fiume, mentre oggi si trovano a occidente dell'attuale corso del Tagliamento.

Tra V e XI sec. d.C. è stata datata un'importante fase di trasgressione che ha portato alla sommersione di molte aree abitate in epoca romana²⁸. Questo allargamento della laguna ha comportato tra le varie cose, anche all'abbandono dell'alveo del *Tiliaventum Maius*, prima spostatosi per Concordia e poi in modo definitivo per Latisana, attuale corso.²⁹

Trattiamo adesso del corso attuale del fiume Tagliamento³⁰, prima nel suo carattere generale, poi in specifico del suo ramo attivo oggi giorno.

Sulla carta, si può notare la sua forma accentuata ad imbuto, con una zona di bacino estesa che si restringe, all'altezza dell'area pedemontana, sino a formare un singolo corso d'acqua. Infatti, nella zona della pianura il fiume è caratterizzato da un singolo lungo e ampio "canale" fino alla sua foce.

Il Tagliamento ha un regime di tipo torrentizio³¹, con un letto del fiume ampio fino a 2 km e una quasi assenza di argini artificiali. Proprio la sua caratteristica torrentizia gli ha permesso di non essere soggetto a notevoli mutamenti dell'alveo per effetto umano. In particolare, nel suo tratto mediano il fiume è caratterizzato da una dinamica pienamente naturale e viene per questo considerato "l'ultimo fiume selvaggio d'Europa"³².

Il ramo moderno del fiume, come specificato precedentemente, sfocia nel mare Adriatico tra gli attuali paesi di Bibione e Lignano. Prima ancora della sua attivazione nel V secolo, esisteva probabilmente un corso d'acqua minore che sfruttava il percorso oggi usato da fiume, che però aveva una minore importanza³³. Il Tagliamento quindi, dopo un indeterminato avvenimento climatico, deve essersi spostato e aver occupato il

²⁷ "...trans fluvio Tiliamento casa Ramoscello..." Destefanis Fonti 1999, pp. 25-42.

²⁸ Cfr. Marocco 1991.

²⁹ Per maggiori dettagli, riferirsi al paragrafo precedente.

³⁰ Il Tagliamento è il fiume principale della regione Friuli-Venezia Giulia ed è anche il sesto in Italia per lunghezza, misurando 178 km dalla sorgente alla foce. Il suo corso inizia a Passo della Mauria a 1195 metri s.l.m., luogo che si trova al confine tra il Veneto e il Friuli e finisce presso la sua foce localizzata tra le località di Lignano (UD) e Bibione (VE). Geomorfologia 2004, p. 139.

³¹ Geomorfologia 2004, p. 140.

³² Geomorfologia 2004, p. 141.

³³ La presenza di un alveo in coincidenza con il tratto terminale del Tagliamento è confermata dai reperti romani e paleocristiani ritrovati presso Bevazzana, in corrispondenza dell'antica chiesa di Santa Maria. Geomorfologia 2004, p. 207.

letto di questo fiume meno importante, ora scomparso, però non associabile con il corso del *Tiliaventum Minor*.

In conclusione, il territorio intorno alla villa di Mutteron dei Frati e alle spalle di quest'ultima ha subito importanti trasformazioni nel corso dei secoli. La presenza del fiume Tagliamento dall'età pre-romana fino ad oggi ha avuto un ruolo fondamentale nella trasformazione del paesaggio e ha fortemente condizionato le scelte insediative del passato.

La villa romana di “Mutteron dei Frati” e il suo territorio

Il sito di Mutteron dei Frati si trova all'interno di una proprietà privata nell'oasi naturalistica della Val Grande. L'ambiente che lo circonda è caratterizzato da un fitto bosco di alberi e arbusti, con prevalenza di pungitopo, e da una grande duna sabbiosa che fa da sfondo al complesso. Questa duna fa parte dei cordoni litoranei preromani e si trova oggi a ca. 1,5 km dalla linea di costa.

Pare che il toponimo “Mutteron dei Frati” si debba alla tradizione locale secondo cui questo luogo sarebbe stato da identificare come sede di un antico convento. L'area, infatti, avrebbe restituito già in passato diversi materiali antichi, tra cui numerose “palle di terra perforate”, ovvero pesi da rete di età romana che la fantasia popolare identificava però come grani di rosario.

Già alla fine dell'Ottocento, tuttavia, le strutture che occasionalmente venivano messe in luce furono correttamente identificate da Dario Bertolini come i resti di una villa di età romana che occupava un lido litoraneo. In base ai dati disponibili, la villa di Mutteron dei Frati sembra classificabile tra gli insediamenti a lunga continuità di vita. Il complesso, realizzato verosimilmente in età alto-imperiale, fu infatti abitato e interessato da lavori di ristrutturazione, se non addirittura di ampliamento, almeno fino all'età tardoantica.

Il contesto paesaggistico in cui si inserisce la villa risulta fondamentale per comprendere il ruolo che questo insediamento dovette svolgere in passato. La sua posizione, tra mare e lagune, presso una delle possibili foci del Tagliamento di età romana (*Tiliaventum Minus*), doveva infatti risultare strategica nel quadro dei traffici marittimi, fluviali ed endolagunari dell'epoca.

Prima di analizzare nel dettaglio il sito archeologico e la sua storia, si ritiene quindi opportuno fornire una sintetica visione d'insieme del territorio in cui è posizionato.

Organizzazione del Territorio

La villa di Mutteron dei Frati in epoca romana doveva far parte del territorio di *Iulia Concordia*, colonia romana dalla seconda metà del I sec. a.C., da cui dipendeva l'ampia porzione di territorio compresa tra i fiumi Livenza e Tagliamento.

La colonia³⁴ era ben inserita nella rete stradale e commerciale in quanto attraversata dalla *via Annia*, raggiunta dalla *via Postumia* e dalla direttrice occidentale per il Norico, oltre che collegata agli ambienti acquei della fascia costiera attraverso il corso del *Reatinum/Lemene*³⁵.

La principale direttrice che passando per Concordia attraversava in senso SW-NE la pianura tra Livenza e Tagliamento era la *via Annia*, del 153 o 131 a.C.³⁶. La strada, ideata come un "ammodernamento" di tracciati preromani, seguiva verosimilmente il margine lagunare interno marcando il limite tra zone asciutte a nord e spazi dominati dalle acque a sud. L'agro settentrionale era quindi centuriato, abitato e coltivato (principalmente a cereali e foraggi, come attestato anche dal ritrovamento di macine rotatorie), mentre in quello meridionale gli insediamenti occupavano le terre emerse, identificabili quasi esclusivamente nei dossi fluviali, in particolare quelli creati dai diversi rami del Tagliamento, e nei cordoni sabbiosi litoranei.

Parallelamente alla *via Annia*, ma in posizione interna alla costa, esisteva anche una via di navigazione endolagunare che collegava i porti interni alla laguna³⁷. Nell'*Itinerarium Antonini* sono segnate tutte le tappe tra Ravenna e Altino, ma la via per acque interne è stata ipotizzata anche nel tratto tra Altino e Aquileia sulla base di riferimenti letterari, documentari, studi geomorfologici e verifiche archeologiche³⁸. Tra i vari porti che questo percorso doveva toccare vi erano: il porto alle foci del *Reatinum*, presso Caorle, il porto alle foci del *Tiliaventum Maius*, ipotizzato nell'area di Porto Baseleghe e quello del *Tiliaventum Minus*, forse nell'area di Bevazzana, tutti menzionati da Plinio il Vecchio in un noto passo della *Naturalis Historia*³⁹. Questi impianti portuali, di cui per

³⁴ L'abitato di Concordia, collocato su una zona più elevata rispetto ai terreni circostanti, ha il suo maggiore sviluppo a partire dal IX-VIII secolo a.C., ma presenta anche tracce di una frequentazione precedente, (Croce da Villa 2001).

³⁵ Croce da Villa 2002, p. 37.

³⁶ Per uno studio più approfondito della *via Annia*, cfr. Rosada, Frassine, Ghiotto 2010;

³⁷ Busana Vacilotto 2021, p. 81.

³⁸ Le verifiche condotte a Millepertiche hanno ritrovato un canale artificiale all'interno della laguna che aveva un percorso parallelo alla *via Annia*. (Busana, Vacilotto 2021, p. 82).

³⁹ Cfr. nota 20.

ora non si possiedono riscontri archeologici, dovevano trovarsi presso gli apparati di foce di fiumi navigabili in risalita. È questo il caso del *Tiliaventum Maius*, via d'acqua praticabile verosimilmente fino alla località interna di Vado (=guado) che, nel quadro della viabilità antica, sembrerebbe configurarsi come significativo snodo tra la via navigabile del Tagliamento, l'*Annia* e la strada che da qui doveva dirigersi verso le regioni metallifere del Norico. Le numerose ville e fattorie individuate sul dosso percorso dal ramo maggiore del Tagliamento attivo in età romana, alcune anche con *navalia*, banchine di approdo e magazzini affacciati sul fiume, testimonierebbero una scelta insediativa legata non solo alla morfologia e alla fertilità di questi luoghi sfruttati per l'agricoltura e l'allevamento, ma anche alla vitalità commerciale della via d'acqua. Negli insediamenti localizzati sui dossi costieri ebbe inoltre un ruolo rilevante la pesca (e forse la piscicoltura), attestata da ritrovamenti archeologici: ami, pesi da rete e aghi per la riparazione trovati nei siti di Lugugnana Tombe e Mutteron dei Frati. Questi siti dovevano essere probabilmente collegati dal punto di vista commerciale alle colonie più grandi a nord per la vendita del pescato.

Tutti i siti costieri della *decima regio* e anche quelli dell'area in esame, si trovano in corrispondenza di cordoni litoranei antichi formati in epoca protostorica. La posizione insediativa su un terreno sabbioso-limoso sopraelevato rispetto al resto della zona presentava infatti diversi vantaggi, in particolare sicurezza idraulica e fertilità. Gli edifici costieri, inoltre, per ricavare il massimo beneficio dal clima marittimo, si posizionavano secondo la linea di costa e si rivolgevano solitamente verso il mare⁴⁰.

Nel I e II secolo d.C. le grandi ville marittime collocate lungo la linea di costa adriatica sembrano vivere un periodo di benessere, questo può essere anche notato dal ritrovamento di reperti di sicura importazione, come anfore e vetri provenienti dall'area mediorientale, nonché anfore e terre sigillate chiare provenienti da siti produttivi nord-africani. Anche nella villa di Mutteron dei Frati, che poteva forse essere dotata di una zona adibita allo stoccaggio delle merci proveniente dalle rotte marittime da ridistribuire verso l'entroterra, vive in questo periodo un momento di prosperità testimoniato dalla ricchezza degli ambienti della *pars urbana* e dai materiali qui trovati.

⁴⁰ Busana 2002, p. 143.

La posizione favorevole della villa, tra la laguna e il mare, la presenza di una vicina fonte termale (allo sbocco del *Tiliaventum Maius*, in località Porto Baseleghe)⁴¹ e il collegamento con le rotte endolagunari devono aver favorito la costruzione del complesso e il suo utilizzo per oltre quattro secoli.

Storia degli Scavi Archeologici

La prima notizia di rinvenimenti nell'area della Val Grande è rintracciabile nel volume "Storia della Città di Caorle" di Trino Bottani. Lo storico, in una nota al testo ricorda, che: "Il fu N.H. Lorenzo Molin fece scavare un pezzo di terreno nella Pineta predetta, ove trovò uno strato di bellissimo mosaico nel 1760"⁴².

Dopo oltre un secolo di silenzio, nel 1882 lo studioso Dario Bertolini, avvocato di Portogruaro e studioso di archeologia, fu avvisato dal Capitano Ugo Bedinello, figliastro dell'allora proprietario della Val Grande, il Sig. Caccia di Trieste, del rinvenimento, durante la sistemazione agraria di un suo terreno, di "resti di costruzioni antiche" che affioravano a mezzo metro dalla superficie⁴³. L'avvocato si recò sul posto per prendere visione dei resti e li trovò così interessanti da pubblicarli l'anno seguente, ma senza una planimetria allegata che ne consenta la localizzazione. Dalla relazione si può comunque comprendere come si presentavano i primi resti affiorati⁴⁴. In occasione del sopralluogo di Bertolini era visibile un muro che dalla riva dello specchio d'acqua proseguiva verso sud, delimitando una stanza di 5 per 7 metri, il cui pavimento, conservato intatto, era decorato in mosaico bianco con fasce alternate di tessere nere. I muri proseguivano verso sud e ovest a delimitare altre stanze però non descritte. Un altro pavimento a mosaico bianco e nero fu ritrovato verso nord-est, quest'ultimo aveva delle decorazioni geometriche raffinate. La maggior parte dell'ambiente però non era visibile e si sviluppava sotto la duna di sabbia, dove secondo lo studioso si conservava "la parte più cospicua e meglio conservata dell'edificio".

⁴¹ Allo sbocco del *Tiliaventum Maius*, in località del porto di Baseleghe, è collocata una zona idrotermale ancora in uso oggi, anticamente collocata in un contesto di tipo lagunare. In questa area vicino alla zona finale del corso fluviale, sono presenti delle pozze d'acqua con temperature comprese tra i 30 e i 50 gradi centigradi. (Bondesan 2008, p. 79).

⁴² Bottani 1975, p. 67.

⁴³ Battiston, Gobbo 1992, p. 51.

⁴⁴ Bertolini 1884;

Durante questi primi interventi sul sito furono individuati diversi materiali, tra cui: monete di epoca imperiale (Giuliano e Flavio Vittore), un chiodo, un fondo di vasetto in vetro, due frammenti di lastra di rivestimento in marmo, vari frammenti di vasi in ceramica, pesi da rete e tegole con bolli leggibili parzialmente⁴⁵. Sulla base dei manufatti ritrovati, è stato ipotizzato un arco cronologico di uso della villa di almeno quattro secoli, dall'età alto imperiale fino al V secolo d.C. I materiali più antichi sono i bolli laterizi datati non oltre la fine del I sec. d.C., come una coppetta in ceramica a pareti sottili di produzione padana, tipo attestato dal periodo augusteo fino alla fine del I sec. d.C. Il vasetto in vetro, per cui non sono stati trovati riscontri, sembra avere una somiglianza con tipi prodotti in epoca altomedievale. Il rinvenimento di monete in bronzo raffiguranti gli imperatori in carica tra 360-363 d.C. e 387-388 d.C., costituiscono invece un indizio di una frequentazione tarda del complesso, protrattasi almeno fino alla seconda metà del IV secolo d.C.

Dopo queste scoperte le operazioni di scavo si interruppero e invece proseguirono i lavori agricoli, con buona probabilità per almeno un cinquantennio, fino a quando il prof. Aulo Gellio Cassi, grazie al supporto dell'allora Consorzio di Bonifica di San Michele al Tagliamento, si interessò nuovamente al sito.

Come si evince dalla sintetica relazione pubblicata al termine dei lavori, gli scavi Cassi del 1932-1933 furono eseguiti in parte in aree già indagate in precedenza (scavi ottocenteschi) e in parte sbancando una porzione del versante meridionale della duna sabbiosa del Mutteron dei Frati⁴⁶. Le operazioni misero in luce un possente muro in pietra, lungo 19 m e alto 2,5 m, a sud del quale si aprivano diversi ambienti (vani A-F) della parte residenziale di una villa di età romana, di cui almeno tre pavimentati a mosaico. Fu allora ipotizzato che anche le altre dune dell'area nascondessero strutture murarie conservatesi in elevato. Secondo tale teoria i resti murari avrebbero costituito un ostacolo alla dispersione delle sabbie che, spostate dai venti, si sarebbero poco per volta accumulate in corrispondenza dei muri formando delle dune più o meno elevate. In occasione dei lavori fu evidenziato, inoltre, il diverso orientamento delle nuove strutture murarie individuate rispetto a quelle scoperte in precedenza, tanto da far supporre l'esistenza di una seconda villa. L'analisi dei materiali rinvenuti permise,

⁴⁵ I laterizi ritrovati sono analizzati in Buora 1983, pp. 134-234;

⁴⁶ Cassi 1932-33, pp. 5-11.

infine, di proporre una datazione degli edifici compresa tra il periodo di Tiberio e l'epoca basso imperiale.

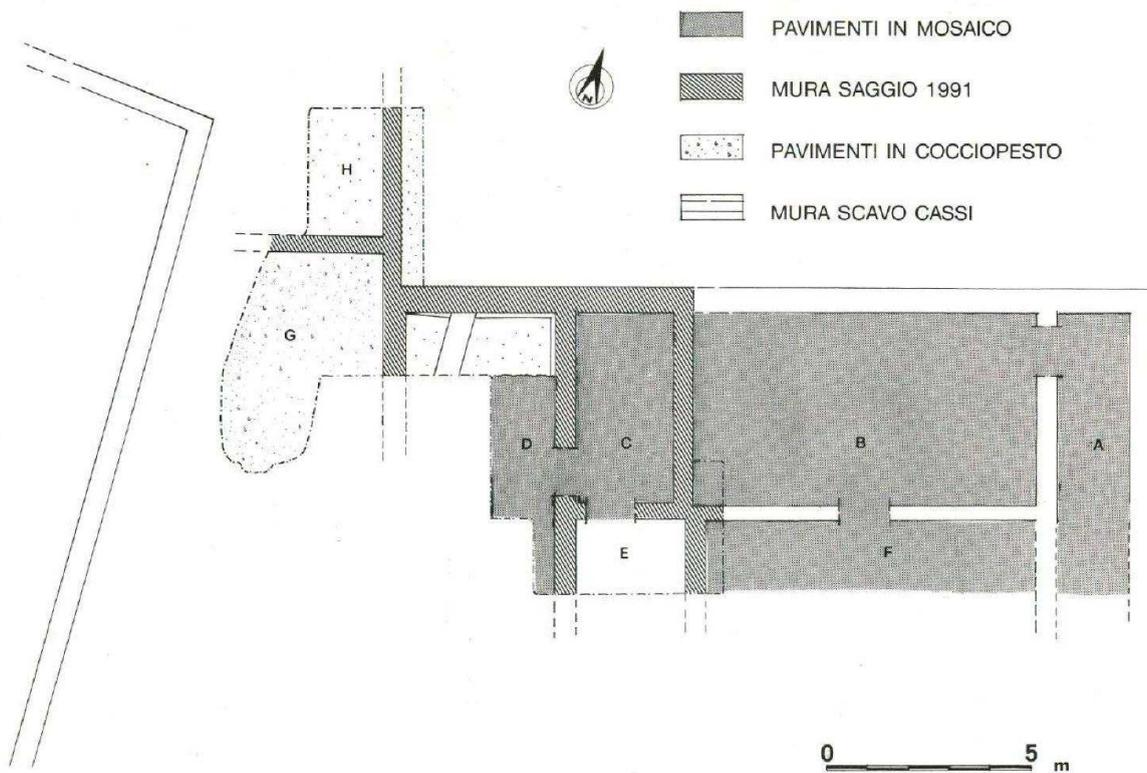


Fig. 4 Mappa delle strutture emerse dopo gli scavi del 1932 e 1991
(Battiston Gobbo 1992, p. 72)

Dopo la stagione di scavi del 1932-1933, a causa della mancanza di finanziamenti, il sito non fu più scavato in modo scientifico fino agli anni recenti, ma fu oggetto di scavi abusivi almeno fino agli anni '70 del Novecento, quando l'area fu recintata per intervento del nuovo proprietario della tenuta, il Sig. Giacomo Ferri.

Gli scavi ripresero solo nel 1991 per volere dell'allora Soprintendenza Archeologica per il Veneto, sotto la direzione scientifica della dott. Pierangela Croce da Villa e tecnica del dott. Vincenzo Gobbo. L'indagine interessò un'ampia radura quadrangolare priva di vegetazione ad alto fusto corrispondente in buona parte alla zona precedentemente scavata dal prof. Cassi. Fu in quest'occasione che le strutture messe in luce negli anni '30 e le nuove individuate furono descritte, interpretate e inquadrare

cronologicamente⁴⁷. Alla fine delle indagini, erano ben otto gli ambienti noti della parte residenziale della villa romana (denominati con lettere dalla A alla H).

L'ambiente A, collocato all'estremità orientale del complesso, presentava una forma stretta e allungata. Il vano era largo 1,80 metri, mentre la sua lunghezza non è stata rilevata perché si estendeva verso sud, oltre i limiti dell'area di scavo. Il muro perimetrale che delimitava a est questo ambiente si conservava in alzata per circa 2,10 m dal piano di calpestio. Su tale muro è stata individuata una "porta" che doveva collegare l'ambiente con l'esterno. Un'altra soglia, ad un battente larga 1,20 m, con funzione di collegamento tra gli ambienti A e B è stata individuata anche nel muro divisorio interno parallelo al perimetrale est. La funzione della stanza è incerta, un'ipotesi è che si trattasse di un corridoio di disimpegno tra un'area scoperta e gli ambienti della *pars urbana* della villa. Coerente con questa funzione, è la mancata descrizione della decorazione della pavimentazione musiva, in linea con il gusto dell'epoca in strutture simili dell'area nord italica.

L'ambiente B era una grande stanza di forma rettangolare di 8,24x4,30 m. I muri in pietra, spessi circa 53 cm preservati in alzata anche fino a 2,20 m dal p.c., mostravano lievi tracce di intonaco dipinto di colore rosso scuro. Una soglia collegava l'ambiente con il vano A, mentre una seconda è stata ipotizzata nel muro meridionale per permettere il collegamento con l'ambiente F. La stanza, dotata secondo Cassi di un "pavimento in battuto", a una verifica più puntuale ha restituito un livello di preparazione tipico degli ambienti mosaicati, sebbene non siano state rilevate tessere musive *in situ*. Anche la funzione di questo ambiente non è chiara, ma probabilmente poteva trattarsi di un soggiorno o di una sala di rappresentanza, date anche le sue dimensioni.

L'ambiente C è l'unico vano ancora visibile. Si tratta di una stanza di piccole dimensioni, a forma rettangolare, lunga 4,30 metri e larga 2,23 metri. Le strutture murarie che la delimitano sono conservate per un'altezza di soli 30 cm sul piano pavimentale, ma è comunque possibile identificare le due soglie che la collegavano agli ambienti D ed E. La soglia verso il vano E è in pietra e presenta un incavo per il cardine inferiore di una porta. Il pavimento musivo è bianco con una sottile cornice di tessere nere. Viste le ridotte dimensioni, è probabile che venisse utilizzata come *cubiculum*.

⁴⁷ Battiston, Gobbo 1992, pp. 71-78.

L'ambiente D era collocato nella parte più occidentale del nucleo residenziale dell'edificio ed era in comunicazione con il vano C attraverso una soglia. Il vano, di dimensioni non note, era pavimentato con tessere di mosaico bianche e nere. La fondazione del muro perimetrale maggiormente conservato si trovava 60 cm sotto al piano di calpestio. Sotto al livello musivo sono stati trovati dei livelli di malta di sabbia, ghiaia e frammenti pluri-centimetrici di laterizio triturato, sotto a questo strato si trovava un altro livello di laterizio macinato grezzo e infine il paleosuolo sabbioso. Questa stanza aveva una funzione legata alla vita padronale della villa, uguale a quella dell'ambiente B.

L'ambiente E era largo 2,45 metri, forse rettangolare, e si conosce solo parzialmente, continuando fuori dall'area di scavo. Il suo pavimento non presentava nessuna decorazione, forse già asportata in antico. Fu scoperto durante il saggio del 1991.

L'ambiente F non è conosciuto nella sua interezza, ma è stato scoperto solo il settore settentrionale della stanza continuando oltre il limite di scavo del 1991. È stata trovata parte della decorazione parietale sul muretto alto 40 cm che lo divide dall'ambiente C, su di esso hanno documentato il ritrovamento delle fasi di costruzione della decorazione. La pavimentazione di mosaico della stanza è uguale a quella dell'ambiente C. La funzione non è chiara essendo solo parzialmente conosciuta, sicuramente di funzione signorile, poteva essere un *oecus*.

Il settore occidentale, parzialmente conosciuto e attualmente in fase di ricerca, risultava composto da soli due ambienti; è collocato leggermente più a nord rispetto alle altre stanze descritte.

L'ambiente G è delimitato da un muro perimetrale e da un muro in laterizio più piccolo. E' presente un piano pavimentale composto da diversi strati: paleosuolo sabbioso, colata di malta biancastra, strato di pezzame laterizio triturato e una colata di malta finissima. Sul muro perimetrale si sono conservati dei frammenti di intonaco dipinto di colore nero che sono stati decorati con un linea bianca parallela al piano di calpestio. La stanza ha una forma trapezoidale e non rientra nello schema ortogonale del fulcro centrale della villa.

L'ambiente H non ha una grandezza conosciuta, ma è stato scavato parzialmente nel suo settore meridionale. La stanza risultava priva di pavimentazione e, dalle evidenze dell'intonaco trovato, doveva essere ad un livello inferiore rispetto alle altre stanze,

circa 40 cm. Di grande importanza fu il ritrovamento di una moneta raffigurante l'imperatore Onorio (395-423 d.C.) all'interno dell'impasto cementizio del muro orientale che permette quindi la datazione precisa di quest'ultimo e quindi della costruzione o espansione della villa stessa.

Durante questa stagione di scavo non furono ritrovati molti reperti, dati gli interventi precedenti, tra quelli segnalati si trovano pesi da rete di forma sferoidale con foro centrale e tre esemplari di bolli su tegola.

In occasione dei nuovi scavi non fu verificata la porzione più occidentale del saggio Cassi, dove a detta di Gobbo lo studioso latisanese avrebbe individuato un muro diversamente orientato “lungo ben 24,40 m che racchiudeva al suo interno altri ambienti mosaicati”. Gobbo, inoltre, sottolinea che il mancato ritrovamento dei mosaici descritti da Bertolini nel 1883 farebbe supporre l'esistenza di un altro settore residenziale della villa. L'analisi delle strutture murarie avrebbe rivelato, inoltre, che la parte orientale della villa è la più antica, perché costituita da spessi muri (60 cm i perimetrali e 53 cm quelli interni) in blocchi irregolari di pietra calcarea carsica⁴⁸. La zona occidentale invece sembrerebbe ascrivibile ad una fase successiva, con strutture, spesse da 45 a 65 cm, composte da materiale di spoglio. Le due fasi sarebbero state distinte anche in base al tipo di fondazione: la più antica provvista di risega, quelle posteriori prive di rientranze e con alzata di spessore costante.

Quanto alle decorazioni musive, queste troverebbero confronti con strutture romane di età sillana e augustea.

La datazione delle principali strutture della villa è stata collocata tra fine del I sec. a.C. e inizi I sec. d.C. e non presenta sovrapposizioni con posteriori interventi, il che fa supporre un continuo utilizzo di questa porzione di edificio anche in epoca tarda.

Il progetto “La villa marittima romana di Bibione e il suo contesto”

Dal 2018, ha avuto inizio un progetto di ricerca che vede la collaborazione delle Università di Regensburg e di Padova sul sito della villa romana di Mutteron dei Frati.

⁴⁸ Battiston, Gobbo 1992, p. 81.

Si tratta di un progetto multidisciplinare che vede la collaborazione e il coinvolgimento di esperti in archeologia, geofisica e geomorfologia.

Le nuove ricerche hanno lo scopo di indagare la villa e il territorio circostante, nell'ottica di chiarire la planimetria, l'estensione e la cronologia del complesso, l'articolazione degli spazi residenziali e produttivi, nonché di far luce su aspetti storico-economici e di vita quotidiana, sulla particolare fisionomia del paesaggio circostante, costituito da terre e acque, come pure sulla rete dei traffici commerciali (fluviali, endolagunari e marittimi) che dovevano animare la fascia costiera altoadriatica in età romana.

Operazioni preliminari effettuate nel novembre 2018 hanno previsto l'esecuzione di una prima campagna di prospezioni geofisiche e carotaggi, nello specifico tre linee ERT (linee ERT 1 e 2, a ovest delle strutture note della villa, e linea ERT3 a est, dalla sommità ai piedi della duna) e cinque carotaggi stratigrafici⁴⁹.

A marzo 2019 sono stati effettuati i primi due saggi di scavo⁵⁰, in corrispondenza di alcune anomalie rilevate durante le indagini geofisiche.

Il primo saggio (1,80x1,80 m), realizzato circa 2 m a ovest dell'ambiente G, ha restituito un muro di epoca romana e una concentrazione caotica di materiale (pietre e laterizi).

Il secondo sondaggio (2,60x1,40 m), ricavato circa 15 m a sud-ovest del precedente, ha permesso di identificare la fondazione di un muro e la sua fossa di spoglio riempita con pietrame e frammenti di laterizi romani. Le strutture indagate presentano spessore, orientamento e tecnica costruttiva differenti. Pochi i materiali rinvenuti tra cui un bollo laterizio, alcune tessere musive e una ceramica invetriata rinascimentale.

Nel 2021 sono state effettuate nuove tomografie elettriche: una nella zona a ovest della villa (linea ERT4) e due sulla duna a est del complesso (linee ERT 5 e 6).

Durante lo scavo del 2022 è stata indagata la superficie a ovest dell'ambiente C (saggi 1-4), al fine di integrare e verificare il quadro restituito dagli scavi precedenti⁵¹. Nella porzione orientale dell'area, sotto la già nota pavimentazione musiva dell'ambiente D, è stato identificato un livello pavimentale costituito da malta compatta con frustoli di laterizi e frammenti millimetrici di pietra. Questo livello, riconosciuto per la prima volta, parrebbe attribuibile ad una precedente fase d'uso dell'ambiente D. Nella parte

⁴⁹ Fontana 2018.

⁵⁰ Tuzzato, Franzoia, Melato 2020.

⁵¹ Steuernagel 2022.

sud-est del saggio, è stato riconosciuto il limite meridionale dell'ambiente D e individuato un nuovo ambiente a sud denominato I. Di quest'ultimo è stato indagato solo l'angolo NW, che ha restituito residui di un battuto composto da malta e piccoli frammenti millimetrici di laterizi e pietre.

Dell'ambiente G, pavimentato in cocciopesto, è stato individuato il limite occidentale costituito da un muro a forma uncinata. La forma particolare delle strutture qui individuate e la tecnica costruttiva, diversa rispetto a quella adottata nel nucleo ad oggi noto e meglio conservato del complesso, farebbero propendere per una conferma dell'ipotesi avanzata da Gobbo secondo la quale il settore più occidentale della villa sarebbe un'aggiunta posteriore, forse databile all'epoca tardoantica. Da questo scavo è quindi stato possibile attribuire l'ambiente G alla seconda fase di costruzione del complesso e integrare la planimetria della villa con nuovi.

Prima dell'inizio della campagna del 2023, sono state effettuate delle misurazioni geofisiche utilizzando sia la tomografia elettrica (linee ERT 7 e 8), sia il GPR (Ground Penetrating Radar). Tutti gli interventi si sono concentrati nella zona a Sud del complesso, nell'area che poi è stata oggetto dello scavo.

Durante la campagna del 2023, è stata indagata una superficie di grandi dimensioni (saggi 5-6) posizionata circa 10 m a sud della zona che ospita le strutture note, quindi sull'unghia del versante meridionale della duna del Mutteron dei Frati⁵². Nei livelli più superficiali sono stati ritrovati materiali di epoca medievale, un fossato e un piano d'uso datati allo stesso periodo.

Sotto agli strati medievali e a quelli riconducibili ad attività di spoliazione, sono stati individuati due muri paralleli (uno dei quali piega verso nord delimitando su due lati il nucleo residenziale della villa) e piani pavimentali di epoca romana e tardoantica. I due muri delimitano una superficie pavimentata a cocciopesto (ambiente K), uguale per caratteristiche e dimensioni a quella riscontrata nell'ambiente G indagato nel 2022, e verosimilmente anche in questo caso da ricondurre a uno sviluppo tardo antico del complesso. A nord del muro settentrionale è stato trovato invece un ambiente pavimentato a mosaico di cui si sono conservati due modesti lacerti (ambiente L). Questo vano mosaicato faceva parte del nucleo residenziale noto della villa di età romana ed era collegato all'ambiente in cocciopesto per mezzo di una soglia che si

⁵² Steuernagel 2023.

aprirebbe verso sud. Al di sotto del pavimento musivo è stato riconosciuto, inoltre, un piano in cementizio che ha fatto supporre l'esistenza di una fase anteriore, ipotizzabile anche attraverso l'analisi del muro settentrionale che sembra essere il rifacimento di un muro preesistente.

Prima dell'inizio della campagna del 2024, sono state effettuate cinque linee di tomografie elettriche di cui due nella zona a sud-ovest del complesso (linee ERT 9 e 10) e le rimanenti a nord-ovest dell'area studiata (linee ERT 11-13), verso lo spazio interessato dalle acque della valle. Durante lo scavo sono state eseguite altre quattro linee ERT in un'area qualche decina di metri a sud-ovest del complesso, lungo la strada che porta al sito (linee ERT 14-17).

Durante lo scavo del 2024 sono stati aperti cinque nuovi saggi, in aree scelte soprattutto sulla base dei risultati delle indagini geofisiche e di indicazioni ricavate da documentazione pregressa (in particolare la planimetria degli scavi condotti da Cassi)⁵³. Il saggio 7 è stato ricavato a nord-ovest degli ambienti noti della villa. Qui, sotto uno spesso livello di sabbia scivolata dalla duna, è stato riconosciuto un antico piano d'uso con inclusi materiali ceramici e metallici, monete, frustoli di carbone e ossa di animali, di cui alcune con tracce di bruciato. Questo livello copriva, a nord-ovest, uno stendimento di materiale laterizio (principalmente tegole e coppi), forse realizzato con funzione di consolidamento/drenaggio, e sul resto della superficie, ma prevalentemente a sud-ovest, materiali pertinenti a strutture in crollo. Questi livelli testimoniano una risistemazione e un riuso dell'area dopo l'abbandono e il crollo delle strutture della villa. In particolare, nella parte meridionale del saggio, tra due strutture murarie parallele orientate est-ovest (di cui quella a sud coincidente con il tratto di fondazione muraria ad angolo segnalata da Cassi), è stato messo in luce un livello di intonaco e limo attribuibile ad un possibile alzata realizzato con tecnica a pisé. La parete in crollo copriva in parte un pavimento o una preparazione pavimentale, costituita di malta compatta con frammenti di laterizi e ciottoli. Va infine segnalato che, nel mezzo del saggio, con orientamento N-S è stato identificato uno scasso moderno derivato da azione meccanica che va ad intaccare la struttura muraria settentrionale e il piano pavimentale.

⁵³ Informazioni ricavate durante il periodo di scavo di marzo 2024 e dai suoi dati elaborati.

Il saggio 8 è situato a sud della villa, dove sono stati identificati due piani pavimentali in cocciopesto separati da una fossa di spoglio orientata NW-SE, che si trova in allineamento con il limite occidentale dell'ambiente G. Un'altra fossa di spoglio, orientata NE-SW, limita invece verso sud uno dei due piani in battuto, ponendosi in questo caso in allineamento con il muro meridionale del corridoio/portico del vano K, a est, e con la fondazione individuata nel saggio 2 del 2019 a ovest. Al momento non è sicuro se il corridoio ritrovato durante lo scavo del 2023 continui verso sud-ovest, oltre la fossa di spoglio nord-sud, o se invece si debba qui ipotizzare l'esistenza di un altro ambiente.

Il saggio 9 si trova a sud-ovest della villa e ha riportato interessanti scoperte archeologiche. I ritrovamenti si trovano vicino alla superficie moderna e consistono in due ambienti pavimentati a mosaico di cui rimangono solo dei lacerti e le fosse di spoglio dei muri che li delimitano⁵⁴. Dal momento che le strutture scavate in quest'area hanno un orientamento diverso dal resto del complesso (di circa 22 gradi), è probabile che i due vani trovati facciano parte di un altro edificio residenziale della villa che verosimilmente doveva svilupparsi verso nord fino al saggio 7 dato che anche i muri trovati qui presentano il medesimo andamento.

Il saggio 10 è stato aperto durante il primo giorno di scavo, sulla duna ad est del complesso, dove sono state rilevate delle importanti anomalie con le prospezioni geofisiche. Il saggio è stato aperto a ruspa fino a tre metri di profondità, ma è stata intercettata solo sabbia, quindi è stato chiuso subito.

⁵⁴ Vedere il paragrafo precedente per maggiori dettagli sugli scavi di Cassi 1932.



Fig. 5 Foto di fine scavo del saggio 11 (dott. Alice Vacilotto)

L'ultimo saggio investigato fino ad oggi è il numero 11. Esso si colloca a nord-est del complesso. Si tratta di un saggio di dimensioni molto ridotte, aperto per studiare un'anomalia segnalata dalla tomografia elettrica. Sono stati ritrovati materiali di una risistemazione probabilmente tardo-antica (laterizi frammentati, soprattutto tegole, disposti in modo disordinato). Forse si tratta di una sistemazione voluta allo scopo di consolidare il terreno in una zona umida e sabbiosa al margine della laguna. È presente anche una fossa posteriore che rende più difficile l'interpretazione dell'insieme.

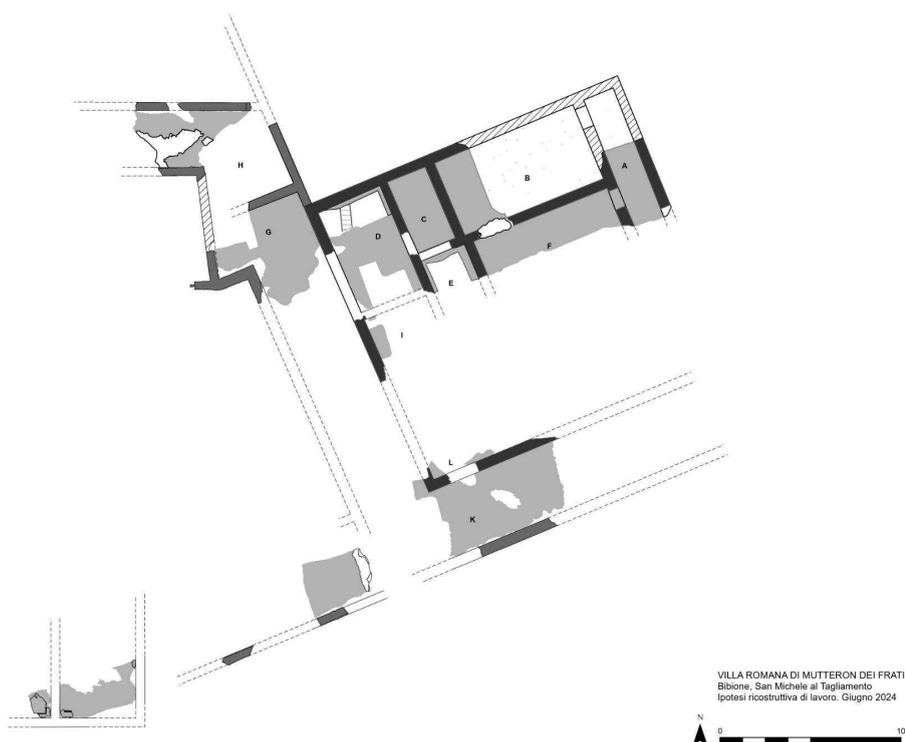


Fig. 3 Ipotesi ricostruttiva della Villa di Mutteron dei Frati (dott. Alice Vacilotto)

Le ricerche in corso stanno permettendo di individuare nuovi ambienti della villa romana di Mutteron dei Frati, di avanzare ipotesi ricostruttive circa lo sviluppo planimetrico del complesso e di riconoscere fasi d'uso mai attestate prima d'ora. Grazie alle indagini condotte è stato possibile individuare i limiti occidentali e meridionali della *pars urbana* della villa romana, che appare articolata in una serie di ambienti riccamente decorati posti a ridosso del versante meridionale della duna del Mutteron dei Frati. Lungo il lato occidentale e meridionale di questo nucleo è stato riconosciuto un corridoio/portico, a forma di L o di T rovesciata, largo ca. 3,80 m e dotato di un piano pavimentale in battuto. Tale struttura come quelle messe in luce nel saggio 7 parrebbero riconducibili a una fase di sistemazione/ampliamento del complesso databile probabilmente a epoca tardoantica. Più a ovest sono stati trovati altri due vani mosaicati verosimilmente pertinenti a un altro nucleo della *pars urbana* della villa romana, indipendente da quello meglio noto. Per quanto riguarda la *pars rustica*, la sua posizione è per ora ancora sconosciuta.

Metodologie geofisiche per l'analisi archeologica: le misure ERT nel sito di Mutteron dei Frati

Negli ultimi decenni l'utilizzo delle tecniche non invasive di prospezione geofisica ha sempre più largamente supportato la ricerca archeologica, consentendo di indagare il sottosuolo, preliminarmente allo scavo, senza utilizzare da principio i metodi invasivi legati a questa pratica. Questo ha permesso spesso di conoscere più approfonditamente un determinato sito archeologico o di possibile interesse prima di decidere di intaccare lo stesso attraverso interventi laboriosi e costosi.

Esistono molte tipologie di metodi geofisici per lo studio del sottosuolo, ed è importante saper individuare il metodo più appropriato per ogni situazione, in quanto le diverse tecniche forniscono risultati diversi in funzione delle proprietà specifiche del suolo indagato e dei reperti di interesse potenzialmente sepolti nello stesso.

La scelta del metodo dipende non solo dal tipo di terreno e di target archeologico, ma anche dall'estensione del sito e dalla risoluzione richiesta.

Il geologo Antonio Rapolla, che ha trattato l'argomento nel suo libro "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo"⁵⁵, definisce lo scopo delle indagini geofisiche: "quello di localizzare strutture o corpi geologici sotterranei e di definirne le dimensioni e le proprietà fisiche, mediante misure, effettuate in superficie, di alcuni parametri che li caratterizzano e delle variazioni o anomalie che tali parametri inducono rispetto ad un andamento normale". Questa definizione riguarda il campo geologico delle indagini, ma è perfettamente attinente anche per le analisi di tipo archeologico.

I parametri fisici più utilizzati nelle indagini per scopi archeologici sono prevalentemente quelli legati al comportamento elettrico e magnetico, ossia la conducibilità elettrica o il suo inverso la resistività, la suscettività magnetica e la permittività dielettrica, mentre meno utilizzati sono i parametri legati al comportamento meccanico, quali la densità e l'elasticità dei materiali. La misura di questi parametri, ed in particolare della loro variazione, avviene attraverso l'uso di strumentazioni specifiche per ciascun metodo.

⁵⁵ Carrara, Rapolla, Roberti 1992, pp. 4-11.

La scelta del metodo da utilizzare dipende da vari fattori: geologici, geomorfologici, economici, logistici, geofisici e archeologici. In generale è opportuno l'utilizzo di più metodi per avere risultati affidabili. Dopo aver scelto il metodo o i diversi metodi è sempre necessario decidere la modalità di rilevamento. Una prospezione prevede la raccolta di un certo numero di dati che devono essere distribuiti in superfici 2D o in uno spazio 3D, secondo sezioni (in verticale) o mappe (in orizzontale). Tali dati vengono registrati grazie alla distribuzione di sensori sul suolo secondo schemi regolari o attraverso l'uso di sistemi di acquisizione in continuo con un operatore o un mezzo meccanico che si muovono su una linea o su un'area, con o senza un GPS. La distanza tra i sensori, ovvero la copertura più fitta o meno fitta di un'area dipende dalla risoluzione richiesta ed è influenzata dalle dimensioni, profondità e contrasti della presunta struttura da rilevare rispetto al suolo ospitante.

Un fattore molto importante da considerare durante l'acquisizione e l'analisi dei dati è il possibile disturbo ambientale (rumore nei dati) che influenza la possibilità di individuare chiaramente una struttura. Oltre alle limitazioni tecniche degli strumenti, a volte superabili con opportuni accorgimenti, i disturbi ambientali sono difficilmente controllabili e solo a volte risultano gestibili e sono dovuti a locali e irregolari variazioni delle proprietà del sottosuolo.

La scelta di un metodo specifico o l'uso combinato di più tecniche geofisiche dipende dalle caratteristiche fisiche e logistiche specifiche del sito in esame. La scelta dell'uso di più metodi e l'ordine con cui questi possono essere applicati in campo dipende, oltre che dalla logistica, indubbiamente anche dall'assenza di condizioni estreme, come ad esempio la presenza di suoli molto conduttivi, nei quali, per esempio il georadar (GPR) trova difficile applicabilità. La scelta del metodo è quindi sempre frutto di un compromesso che tiene conto di diversi fattori, privilegiando tuttavia, laddove possibile, l'approccio che parte dalla caratterizzazione qualitativa e arriva alla definizione del dettaglio solo in un secondo momento. Indubbiamente il metodo che affianco al GPR garantisce la definizione dei dettagli, anche in contesti problematici come quello di suoli estremamente conduttivi, dove, come detto, il georadar spesso fallisce, è la tomografia elettrica di resistività (ERT)⁵⁶.

⁵⁶ Ullrich, Günther, Rücker 2007, p. 1.

Esistono varie tipologie di metodi detti geoelettrici che si dividono in due categorie principali: metodi passivi, che studiano le correnti elettriche naturali che esistono nel sottosuolo e metodi attivi che utilizzano correnti elettriche artificiali immesse nel terreno e ne studiano gli effetti. Il metodo geoelettrico più comunemente utilizzato in campo archeologico tra gli attivi è appunto il metodo della tomografia elettrica di resistività, anche chiamato ERT.

Nel metodo ERT si immette nel terreno una corrente continua o alternata a bassa frequenza attraverso l'uso di elettrodi, che rappresentano i punti di misura e dalla disposizione dei punti di immissione e dalla conduttività elettrica (inverso della resistività) del sottosuolo si può ricavare la distribuzione del potenziale misurato dalla superficie dagli stessi elettrodi.

L'immissione diretta di corrente consente di misurare il gradiente di potenziale elettrico tra due punti di misura.

La prima legge di Ohm su cui si basa la misura della resistenza elettrica è la seguente:

$$\Delta V/I = R$$

dove R rappresenta la resistenza elettrica, ΔV è la differenza di potenziale e I è l'intensità delle corrente. Ogni conduttore possiede una resistività intrinseca, rappresentata dalla resistenza al passaggio di corrente in un conduttore di lunghezza e sezione unitarie. La resistività è quindi il parametro che condiziona il passaggio e la distribuzione della corrente nei conduttori, dipendentemente dalla loro geometria; quindi, riproducendo sul terreno questo schema di misura, attraverso elettrodi di corrente e di potenziale se il sottosuolo è considerato come un sistema in cui la corrente può circolare in modo differente, potremo ricavare indicazioni sulla resistività e conseguentemente ipotesi sulla natura del sottosuolo.

Nelle rocce naturali la conducibilità è molto bassa a causa della struttura cristallina solida nella quale gli ioni sono legati tra loro con un legame più forte di quello degli ioni di un campo elettrico. Di conseguenza una roccia a temperatura ambiente risulta praticamente quasi un isolante, anche se è presente comunque una minima conduzione elettrica dovuta ad imperfezioni. Va anche considerata la presenza di acqua all'interno dei pori della roccia che, se presente in grande quantità, può modificare la resistività

della roccia influenzandone le caratteristiche elettriche in base alla soluzione acquosa che la permea.

Utilizzando per l'analisi del sottosuolo il metodo geoelettrico non bisogna però aspettarsi di essere in grado di notare tutte le differenze dovute al semplice cambiamento di tipologia di materiale. Infatti in una sequenza di materiali nel sottosuolo, soprattutto se di simile tipologia, è necessario fare una chiara distinzione tra "sequenza geologica" e "sezione geoelettrica" perché non sempre i limiti di strato tra le due sezioni coincidono. Questo accade perché in una sezione geoelettrica i limiti sono determinati dai contrasti di resistività, mentre i criteri geologici, che fissano i limiti di strato, possono non avere effetto sulle proprietà elettriche della roccia che è determinata dalla quantità e qualità d'acqua che eventualmente la permea e dalla struttura chimico fisica della roccia. In altre parole se due materiali presentano lo stesso valore di resistività, ovvero non esiste un contrasto di questa proprietà, è impossibile notare una differenza tra essi attraverso i risultati di un'analisi geofisica.

Quando si fanno delle misurazioni in un suolo non elettricamente omogeneo e isotropo, immettendo una corrente, qualsiasi differenza di materiale altera il flusso di tale corrente provocando una anomala distribuzione del potenziale rispetto a quella che si avrebbe in un suolo omogeneo. Questa variazione, che corrisponde ad un contrasto, è definita come anomalia nel sottosuolo. Di conseguenza il valore misurato della resistività è diverso da quello che si sarebbe misurato in un sottosuolo omogeneo, questo valore prende il nome di "resistività apparente". La resistività apparente è il valore che di solito si misura in superficie e si considera una anomalia rispetto al valore che si misurerebbe per lo strato più superficiale se esso fosse omogeneo e isotropo. La variazione del potenziale misurato varia in base alla grandezza, localizzazione, forma e resistenza elettrica dei litotipi presenti nel terreno che sono interessati al passaggio di corrente. Per conoscere la distribuzione e la natura dei litotipi è necessario quindi effettuare una serie di misure di resistività apparente in superficie.

Per effettuare una singola misura di resistività sono necessari quattro elettrodi: due di corrente e due di potenziale, che a seconda del dispositivo utilizzato, vengono distribuiti su un allineamento in modo differente, secondo dispositivi di base (array) che modificano le caratteristiche dell'immissione della corrente e della misura della

differenza di potenziale, influenzando anche la risoluzione orizzontale e verticale della misura. Tra i dispositivi più noti ed utilizzati citiamo

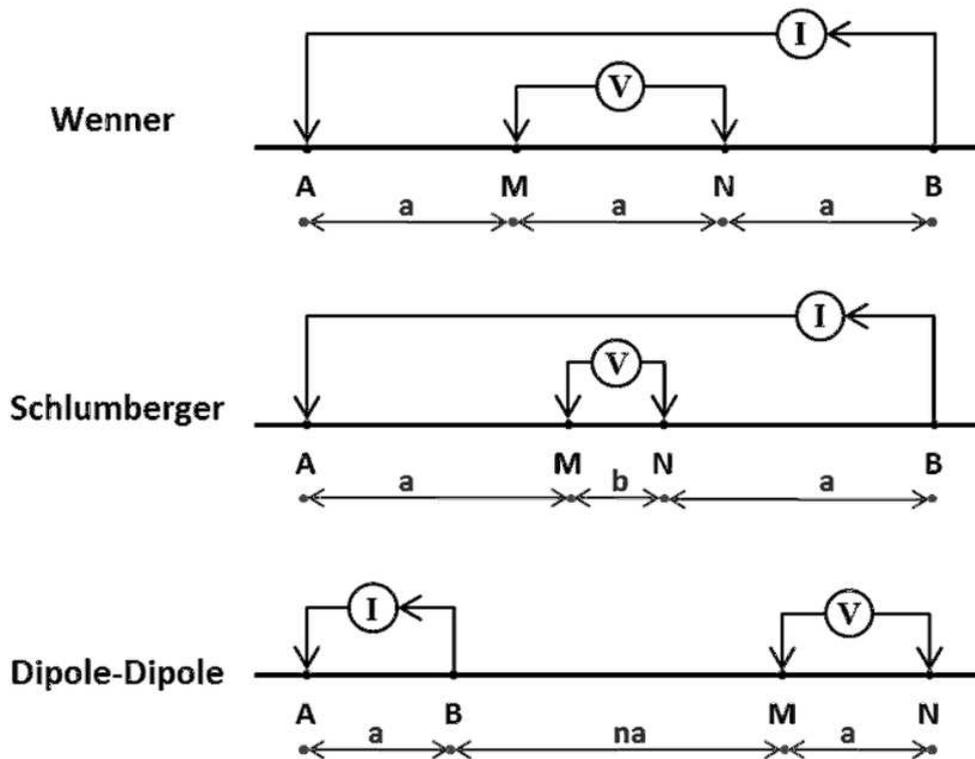


Fig. 6 Esempio delle configurazioni di base dei quadripoli più utilizzate. (Garofalo, Flora. 2014. Physically constrained joint inversion of seismic and electrical data for near-surface application.)

il Wenner, Schlumberger e Dipolo-Dipolo, riportati nelle immagini della Fig. 6: gli elettrodi A e B sono di corrente, mentre M e N sono di potenziale. Se si usano molti elettrodi distribuiti sul suolo lungo un allineamento e questi vengono gestiti da uno strumento che commuta in automatico coppie di elettrodi di corrente e coppie di elettrodi di potenziale, si parla di tomografia elettrica di resistività.

Lo strumento utilizzato per le misurazioni geoelettriche è chiamato georesistivimetro ed è composto essenzialmente da un trasmettitore (amperometro) e da un ricevitore (voltmetro).

Il trasmettitore ha il compito di immettere corrente nel terreno attraverso dei cavi multiconduttore che consentono di collegarlo a ciascun elettrodo infisso nel terreno mediante pinze. Per garantire la migliore intensità di corrente possibile, si cerca di

norma di diminuire la resistenza tra strumento e terreno cercando di migliorare il contatto tra gli elettrodi e il terreno.

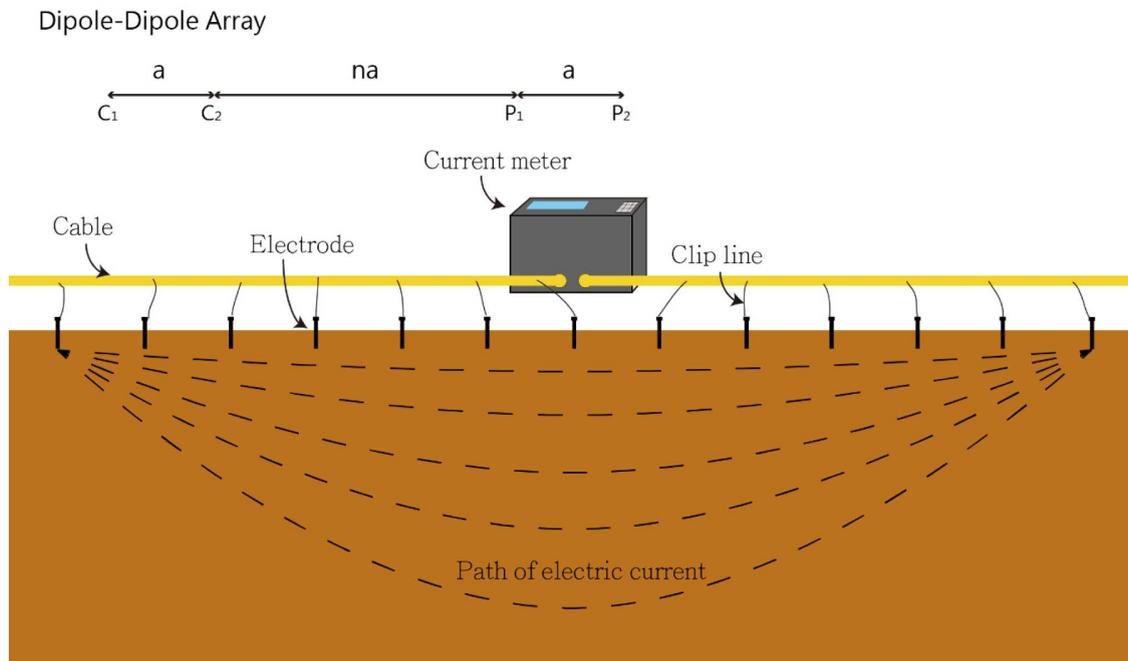


Fig. 2 Schematizzazione di una misura ERT con dispositivo Dipolo-Dipolo. (Hung, Yin-Chun, Chih-Ping Lin, Chin-Tan Lee, and Ko-Wei Weng. 2019. "3D and Boundary Effects on 2D Electrical Resistivity Tomography" Applied Sciences 9, no. 15: 2963.

<https://doi.org/10.3390/app9152963>)

I cavi presentano una bassa resistenza ohmica, un alto isolamento ed elevata resistenza alla trazione. Importanti nei cavi sono i connettori che vengono collegati allo strumento, in ognuno di essi si trovano i pin corrispondenti ad ogni uscita e quindi ad ogni singolo punto di misura, molto delicati nei momenti di collegamento e scollegamento allo strumento. Gli elettrodi sono barre di acciaio preferibilmente inossidabile che vengono infissi nel terreno. Hanno un diametro di circa 10-20 mm e un'altezza di qualche decina di centimetri e vengono infissi nel terreno per una decina di centimetri, dipendentemente dal tipo di terreno.

Il ricevitore è la parte dello strumento che si occupa di registrare la differenza di potenziale tra gli elettrodi deputati a questo compito di volta in volta durante la misura che si svolge in modo automatico.

Nelle situazioni in cui ci si trova a dover fare delle misurazioni in ambienti molto disturbati, come ad esempio gli ambienti urbanizzati, è necessario mettere in atto degli accorgimenti che aiutano a filtrare il rumore. Il metodo di filtraggio più comunemente adoperato perché è semplice e nelle strumentazioni di solito è già presente, è la sommatoria sincrona del segnale, anche comunemente chiamato stacking. Il calcolo del potenziale tiene infatti conto del contributo del segnale e del rumore ad esso associato:

$$V(t) = S(t) + N(t)$$

dove V è la differenza di potenziale, S il segnale utile e N il rumore o noise.

Nel caso in cui i dati registrati presentino una grande variabilità, misurata su intervalli molto estesi di resistività, normalmente durante l'analisi dei risultati questi vengono analizzati secondo una scala logaritmica che esalta la presenza anche di piccole anomalie.

La distribuzione della corrente nel sottosuolo viene influenzata dalla variazione di resistività anche in dipendenza della profondità. Quando delle correnti elettriche in uno strato omogeneo pervadono uno sottostante, che presenta una conducibilità diversa, le linee di corrente acquisiscono un andamento non regolare. Questo cambiamento di resistività provoca delle modifiche, ma come risultato produce un dato di corrente apparente che è l'insieme dei valori dei due strati. La variazione di questi dati non dipende solamente dai valori di conducibilità dei singoli strati, ma anche dallo spessore degli stessi.

L'esito della misura ERT è una sezione del sottosuolo ottenuta in corrispondenza dell'allineamento di elettrodi in superficie e per una profondità pari a circa 1/5 della lunghezza totale della linea.

Le "pseudosezioni" sono rappresentazioni globali delle situazioni elettro-stratigrafiche del sottosuolo, ottenute in prima battuta dalle misure ERT senza nessuna considerazione sui possibili modelli interpretativi. L'inversione delle pseudosezioni con software di calcolo che mettono a confronto il dato sperimentale con modelli teorici della realtà, consentono di ottenere le distribuzioni di resistività più verosimilmente coerenti con le anomalie rilevate, presenti nel sottosuolo.

Applicazione e scelta del metodo ERT per il sito di Mutteron dei Frati

La scelta di utilizzare il metodo ERT come tecnica di misura utile in un determinato contesto si basa su diversi fattori: il tipo di suolo, la situazione ambientale del sito e i costi delle operazioni. Tenendo in considerazione questi elementi, è importante anche considerare il tipo di struttura che si deve cercare, questo infatti condiziona i parametri di misura.

Il suolo presente intorno al sito della villa marittima di Mutteron dei Frati è caratterizzato prevalentemente da sabbie, visibili chiaramente per la presenza di alte dune ed è collocato vicino alla costa. Il sito si trova a circa 2 m s.l.m. e quindi ci si può aspettare che la falda di acqua salmastra, molto conduttiva, possa omogeneizzare i contrasti di resistività al di sotto dei 2 m dal piano di campagna.

A livello microscopico si può immaginare la sabbia come un sistema caratterizzato da grani non coesi tra i quali predomina l'aria, pertanto complessivamente si tratta di sistemi estremamente resistivi, che per contro, in presenza di falda superficiale, come nel nostro caso si trasformano facilmente in sistemi estremamente conduttivi.

Oltre alle condizioni del terreno, sono da tenere in considerazione anche i possibili oggetti che potrebbero andare a disturbare la misurazione. Per le tomografie elettriche, i rumori che bisogna cercare di evitare sono quelli prodotti da elementi metallici continui nel sottosuolo come tubi e nelle vicinanze, come recinzioni in prossimità dello stendimento di elettrodi oppure cavi elettrici sepolti.

La presenza di possibili disturbi va ricercata e valutata nella fase preliminare di raccolta di informazioni e di programmazione dell'intervento, così da avere un'idea precisa di dove poter posizionare le linee di elettrodi per evitare qualsiasi problema in fase di elaborazione ed interpretazione del dato.

Il sito della villa di Mutteron dei Frati, fortunatamente, si trova in una riserva naturale che quindi non presenta elementi infrastrutturali di origine antropica che potrebbero andare a disturbare il segnale. Il sito è però caratterizzato da una estesa presenza di vegetazione medio alta, con radici importanti, la cui presenza può alterare il suolo, generando anomalie che potrebbero essere erroneamente interpretate come elementi di interesse, se non si presta attenzione al corretto rilievo della vegetazione ed alberi in

rapporto alla posizione delle linee di misura. In questo senso, la rimozione della parte fuori terra degli alberi, come avvenuto a Bibione in fase di preparazione dell'area di scavo, che lascia però le radici in posto, non ha modificato la situazione del sottosuolo, alterata in modo definitivo dagli apparati radicali e che presenta quindi comunque anomalie di cui si deve tenere conto in fase di elaborazione del dato.

Per le acquisizioni a Bibione ci si è avvalsi di un georesistivimetro IRIS Syscal Pro di proprietà dell'Università degli Studi di Padova, con cui sono state acquisite misure ERT la cui lunghezza totale e spaziatura sono state definite sulla base della logistica e delle potenziali anomalie di interesse.

Applicazione e risultati del metodo ERT

Il contesto della villa marittima di “Mutteron dei Frati” è collocato in una riserva naturale che quindi teoricamente dovrebbe preservare il sito almeno dalla presenza di elementi moderni e infrastrutture recenti sepolte. Come spiegato nei capitoli precedenti, il sito si trova lungo l’antica linea di costa e vicino alla laguna attuale. La presenza di acque è quindi uno dei problemi più rilevanti del sito che influenza tutti i risultati ottenuti dalle prospezioni geofisiche e che quindi è necessario tenere in considerazione durante il processo di analisi. Sono presenti anche altri elementi naturali che influenzano i dati, come radici, sabbie compatte e sottobosco. Nel capitolo precedente si è trattato in modo più approfondito i problemi legati a questi elementi, che verranno ripresi nei casi singoli, ma che hanno un effetto generale su tutte le misurazioni.

Sinora nel sito sono state acquisite 17 linee ERT che vanno a coprire diverse zone della presunta estensione della villa. Queste linee sono state acquisite in cinque diversi interventi nel periodo che va dal 2018 al 2024 nell’ambito del rapporto di collaborazione di ricerca sul sito di Mutteron dei Frati siglato tra l’Università di Regensburg e l’Università degli Studi di Padova. Le acquisizioni sono state inoltre realizzate in diverse stagioni nei diversi anni e questo indubbiamente potrebbe influenzare i risultati ottenuti in termini di variazioni/contrastati rilevati.

Per tutte le campagne di misura è stata adottata la stessa strategia di misura. Per esempio, la spaziatura tra gli elettrodi pari a 0.5 m, è stata scelta per garantire un’adeguata risoluzione. Questo perché i muri della villa, già precedentemente rilevati superano tale spessore in sezione, infatti i muri portanti risultano avere uno spessore di circa 0.6 m . Per ogni elettrodo sono state rilevate le sue coordinate con stazione totale. La stazione totale utilizzata è di tipo Leica TS06plus di proprietà dell’Università degli Studi di Padova; la modalità di utilizzo per il rilevamento degli elettrodi è per stazioni libere orientate su almeno due punti della rete topografica creata per il rilevamento durante lo scavo archeologico. Lo scopo di questo rilevamento è quello di avere una linea geograficamente posizionata più precisa possibile, infatti, maggiore è la precisione della collocazione del punto, migliore è la collocazione delle possibili anomalie nella loro proiezione sul terreno. Inoltre durante la misura delle coordinate, non vengono solo registrate le coordinate di latitudine e longitudine, ma anche la quota del punto rispetto

al livello del mare. L'importanza di questa ultima informazione è rilevante soprattutto in contesto archeologico dove questo dato può fornire la profondità delle strutture archeologiche e soprattutto permette di avere un'idea iniziale del livello generale delle anomalie in contesto non piano. Il sito della villa marittima di Mutteron dei Frati, infatti, come spiegato precedentemente nel primo capitolo, ha una morfologia particolare, essendo caratterizzato dalla presenza di dune sabbiose che rendono l'intera area di interesse difficile da studiare se vista solo in due dimensioni senza considerare le quote. Fondamentale è quindi prendere in considerazione per ogni linea ERT il dislivello tra gli elettrodi e il posizionamento di essi su una possibile altura sabbiosa.

Lo strumento utilizzato per le misure ERT è un georesistivimetro di tipo Syscal Pro Switch- 48 (IRIS INSTRUMENTS), anche questo di proprietà dell'Università degli Studi di Padova. Lo strumento permette di collegare contemporaneamente due cavi che supportano ciascuno 24 elettrodi. Per l'acquisizione dei dataset nel sito sono quindi state utilizzate sequenze per 48 elettrodi con array dipolo-dipolo skip 4. L'array dipolo-dipolo garantisce un'ottima risoluzione orizzontale in presenza di strutture poco profonde e per questo è preferito in contesti archeologici dove spesso si cerca di evidenziare la presenza di strutture antropiche (muri, cisterne, trincee, ecc.) sepolte a poca profondità, che provocano, rispetto al suolo ospitante, forti discontinuità orizzontali di resistività¹.

Per garantire il miglior controllo possibile dei dati, il dataset è composto da misure dirette e reciproche, ovvero per ciascun quadripolo le misure vengono fatte con la configurazione normale (ABMN) e scambiando dipolo di corrente con quello di potenziale (MNAB).

Lo scarto (errore accettabile) tra la misura diretta e reciproca in uno stesso punto viene preimpostato e in questo caso la tolleranza era del 5%.

Tutte le linee effettuate in corrispondenza dei resti della villa e laddove era richiesta la massima risoluzione, hanno utilizzato come base 48 elettrodi, che, considerando la spaziatura tra gli elettrodi pari a 0.5 m, corrispondono a 23,5 metri. Alcune linee, come la linea 17 e le linee 5 e 11 in Fig. 7, partendo da questa base, sono state però estese sovrapponendo ogni 24 elettrodi due linee contigue (roll-along), senza modificare la profondità di investigazione che è rimasta così costante e pari a circa 5 m rispetto al piano di campagna.

Per la visualizzazione dei risultati, dati i contrasti molto deboli in questo contesto, si è deciso di utilizzare una scala logaritmica in base 10, in questo modo le piccole variazioni possono essere meglio enfatizzate. Per evidenziare meglio i confronti tra la scala lineare e quella logaritmica, ciascuna sezione verrà analizzata con entrambe le immagini.

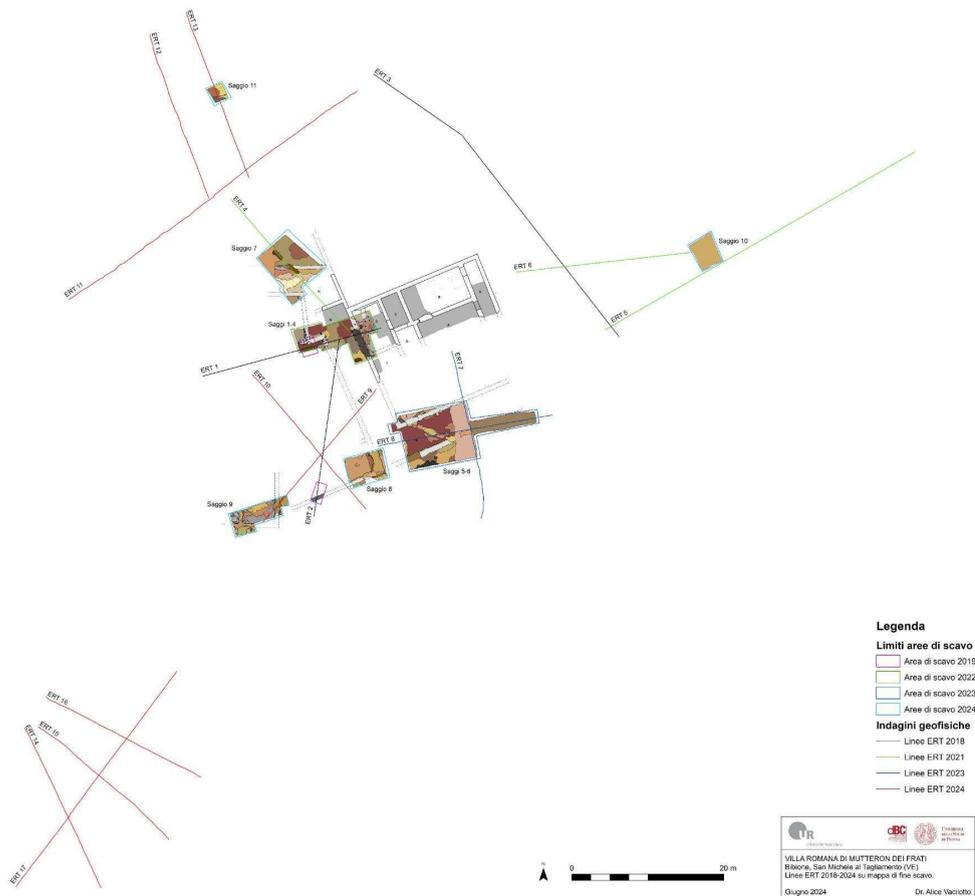


Fig. 7 Posizionamento in pianta di tutte le misure ERT acquisite a Mutteron dei Frati dal 2018 al 2024 (dott. A. Vacilotto)

Linee 1, 2 e 3 (campagna di misure 2018)

Le prime tre linee ERT sono state acquisite nel novembre 2018: le prime due sono collocate a sud-ovest della villa, nelle sue prossimità, e la terza sulla duna a nord-est del complesso. Le prime due linee costituite da 48 elettrodi, con spaziatura 0.5 m si intersecano tra loro, mentre la terza, sempre acquisita con 48 elettrodi, ma 1 m di spaziatura, è isolata.

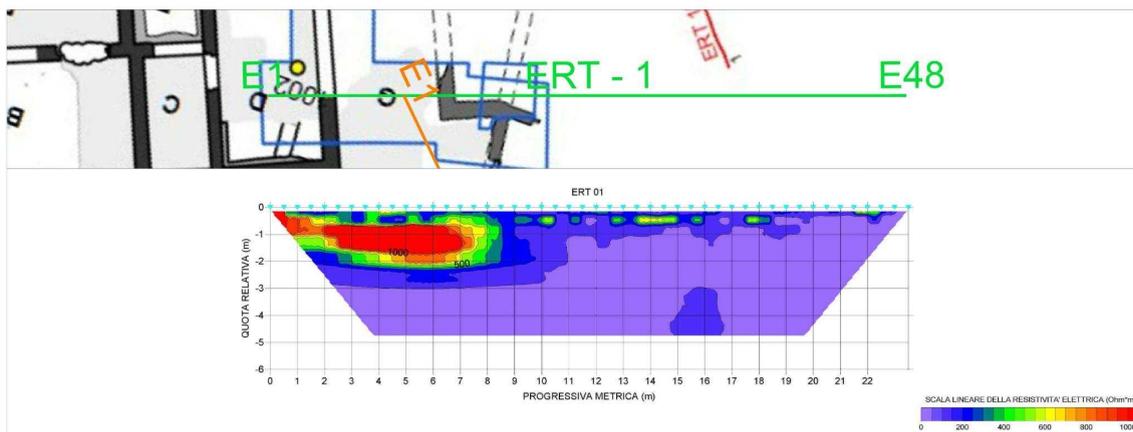


Fig. 8 Risultato della sezione ERT 1

La linea ERT1 visibile in Fig. 8 presenta un orientamento est-ovest. Nella parte orientale della linea è visibile un'anomalia posta a circa un metro di profondità. Un saggio realizzato in corrispondenza di questa anomalia permette di sapere che l'anomalia visibile è legata ai piani pavimentali degli ambienti D e G. Un'anomalia simile, ma con esiti differenti, è quella resistiva presente nella linea 2 riferibile ad un piano di calpestio scavato nel 2022.

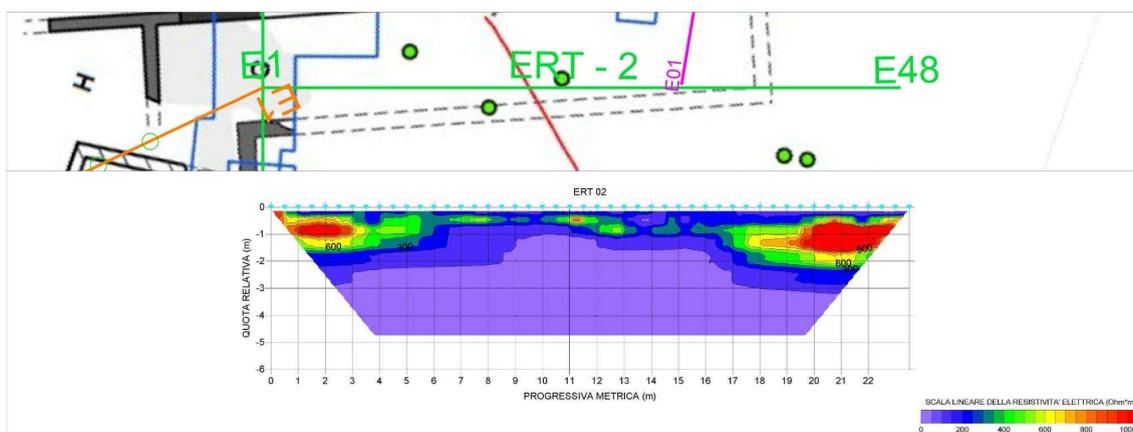


Fig. 9 Risultato della sezione ERT 2

La linea ERT2 (Fig. 9) è posizionata in direzione nord-sud ed è stata realizzata sulla stradina in terra battuta che porta alla parte nota e scavata della villa romana. Dalle informazioni di scavo (scavo 2019, saggio 2), l'elevata resistività elettrica rilevata a sud è probabile sia stata provocata da un livello di fondazione trovato nel saggio 2 del 2019.

L'altra anomalia più a nord, di cui si è parlato nella descrizione della ERT 1, è riferibile ad un piano di calpestio di epoca romana con uno scasso moderno forse dato da precedenti interventi di scavo archeologico. Le altre anomalie che si notano superficialmente soprattutto nel tratto centrale della linea sono create probabilmente dalle radici di alcuni alberi presenti nei pressi del passaggio della linea stessa,

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 03 (2018)

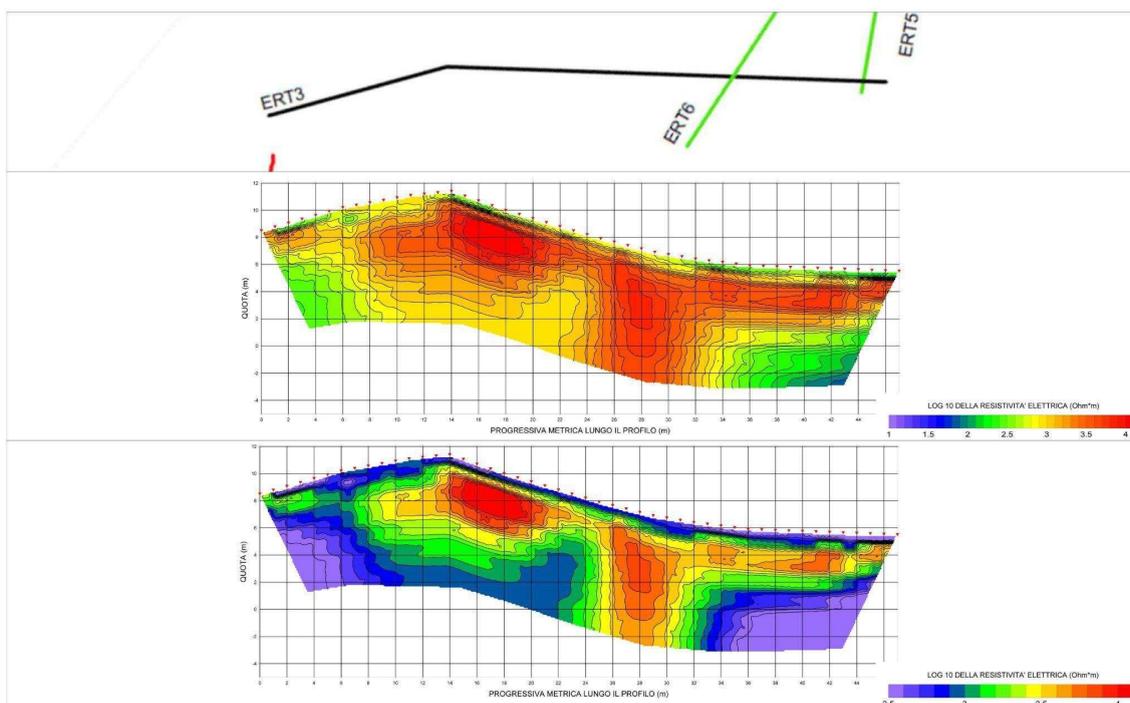


Fig. 10 Risultato della sezione ERT 3

La linea ERT3 è collocata a nord-est della villa su una duna alta una decina di metri rispetto al resto del contesto.

La compattazione degli strati più profondi all'interno della duna si riflette nella risposta elettrica di questa sezione (Fig. 10) per la quale è stato necessario rappresentare la scala di valori su base log10, data l'estrema variabilità di valori qui riscontrata.

Dato il contesto e i valori rilevati si poteva quindi supporre ragionevolmente che in questa zona non fossero presenti strutture di origine antropica. Nel 2024 il saggio 10, nei pressi di questa linea ERT e posizionato tra le dune sabbiose, aperto con un mezzo meccanico ha confermato la presenza di sola sabbia verificando l'ipotesi geofisica.

Linee 4, 5 e 6 (campagna di misure 2021)

Una seconda campagna di prospezioni geofisiche è stata effettuata nel 2021, secondo quanto riportato nella planimetria di Fig. 7. La linea ERT4 è collocata nelle prossimità nord-occidentali della villa conosciuta, mentre le linee ERT5 ed ERT6 sono state acquisite alla base e ad est della duna su cui era stata acquisita la linea ERT3 nel 2018.

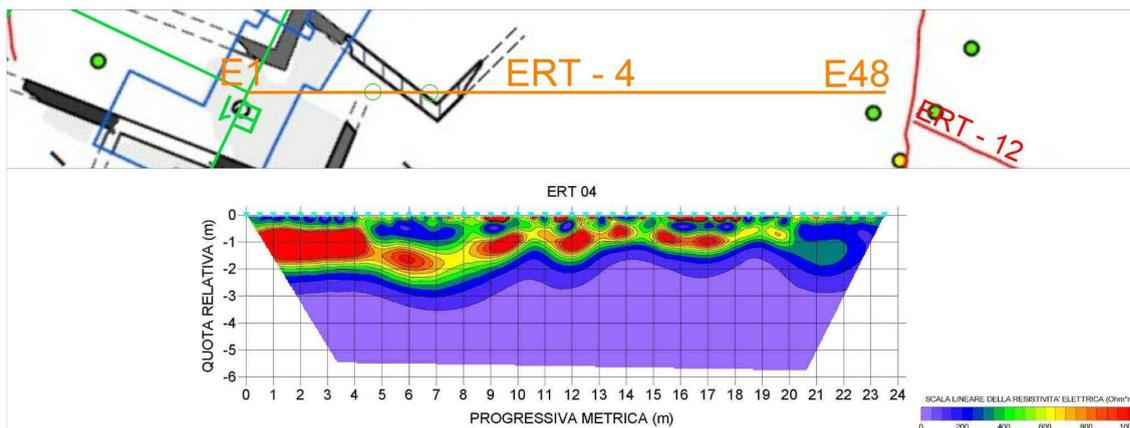


Fig. 11 Risultato della sezione ERT 4

La linea ERT4 (Fig. 11) è collocata in prossimità dell'area scavata della villa marittima ed è posizionata con direzione SE-NO su un'area della villa parzialmente sconosciuta. Successivamente all'acquisizione di questa linea è stato aperto un saggio archeologico nella stessa zona.

Le piccole anomalie distribuite lungo tutta la sezione ERT4 non sono interpretabili singolarmente. Dai diari di scavo recuperati di Cassi del 1932-1933 sembra che egli abbia indagato la zona corrispondente ai primi elettrodi della linea ERT4.

Durante lo scavo del saggio 7 nel 2024 è stato trovato un livello di preparazione pavimentale nella parte meridionale del saggio che potrebbe aver prodotto le anomalie resistive che si vedono alla profondità di circa un metro. Il piano di preparazione però presenta degli scassi creati da mezzo meccanico in epoca precedente agli scavi del 1992. La presenza di queste cosiddette buche da ruspa potrebbe aver creato questo sistema discontinuo di anomalie visibile nella sezione ERT4.

Per quanto riguarda l'anomalia ad un metro e mezzo di profondità a sud, essa potrebbe essere riferibile ad un livello pavimentale dell'ambiente G.

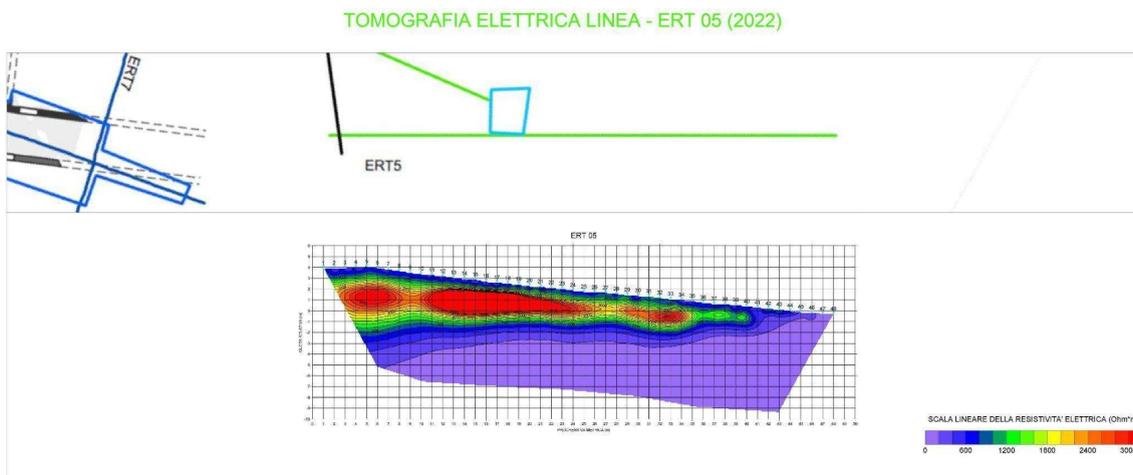


Fig. 12 Risultato della sezione ERT 5

La linea ERT5 (Fig. 12) è stata acquisita in direzione SO-NE alla base della duna ad est del complesso della villa. Il saggio 10 del 2024, ha confermato anche qui, coerentemente con quanto già evidenziato per la linea ERT3, la mancanza di strutture di origine antropica in corrispondenza delle anomalie resistive, correlabili invece alla pedologia della specifica parte del sito.

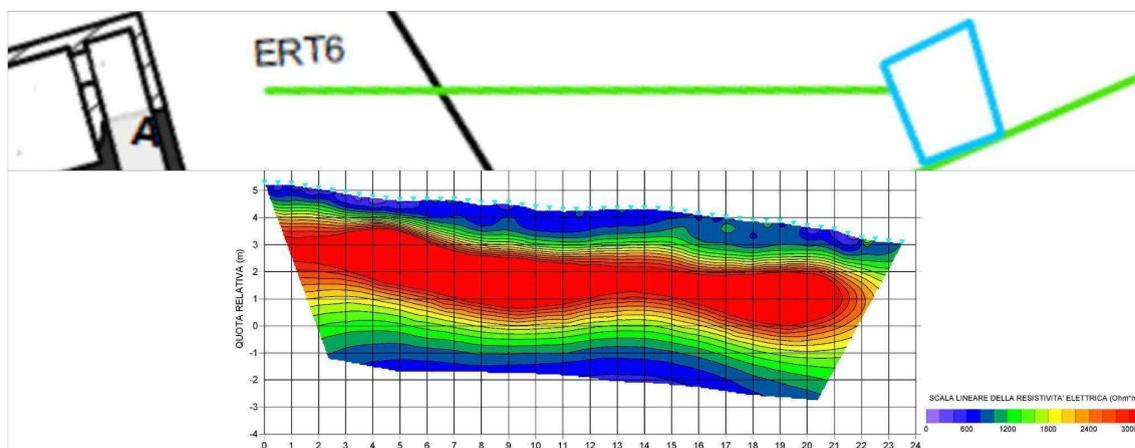


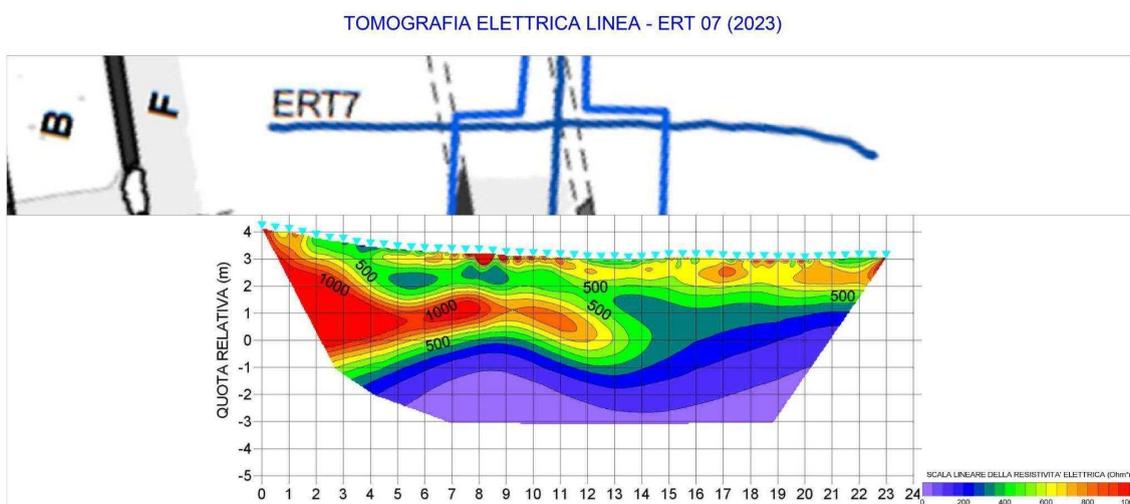
Fig. 13 Risultato della sezione ERT 6

La linea ERT6 (Fig. 13) è stata acquisita in direzione ovest-est interseca la duna, a cavallo tra la linea ERT3 e la linea ERT5, è stata anch'essa verificata con il saggio 10 del 2024 le medesime considerazioni.

Linee 7 e 8 (campagna di misure 2023)

La terza campagna di prospezioni geofisiche è stata effettuata nel febbraio 2023. Sono state acquisite due linee ERT unitamente ad una serie di acquisizioni georadar (GPR) che non costituiscono oggetto di discussione del presente lavoro.

Le due linee ERT si intersecano in modo ortogonale con lo scopo di indagare un'area circoscritta, successivamente scelta come primo saggio esteso del progetto di scavo.



La linea ERT7 (Fig. 14) ha orientamento nord-sud ed è stata impostata su un leggero pendio parallelamente al profilo della duna. Le anomalie più evidenti sono presenti tra l'origine e il metro 11. Dalle informazioni ottenute dallo scavo del 2023, in corrispondenza della linea, è stato trovato uno strato riconducibile ad un livello di fondazione pavimentale che corrisponde ad un portico o corridoio oppure allo strato di macerie sovrastanti. Verso nord si può vedere l'anomalia relativa alla duna sabbiosa.

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 08 (2023)

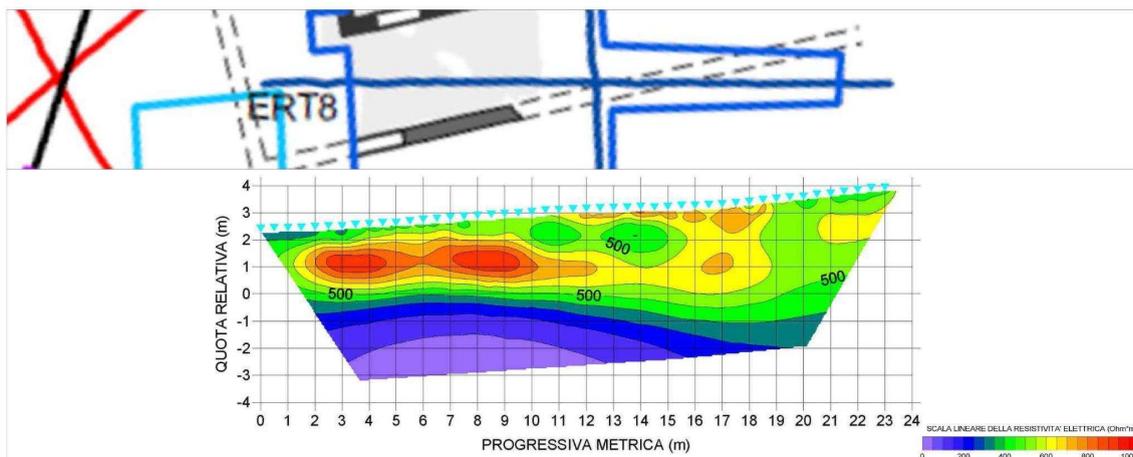


Fig. 15 Risultato della sezione ERT 8

La linea ERT8 (Fig. 15) è stata acquisita perpendicolarmente alla linea ERT7 da ovest verso est centralmente al saggio del 2023. Dalle informazioni ottenute dallo scavo si conosce la presenza di un piano pavimentale in ciottolo su una parte del saggio. Questo pavimento compatto ha una resistività alta che provoca un'anomalia che è visibile tra il metro 2 e il metro 10, esso potrebbe proseguire fino al metro 19 con una resistività minore data da una probabile peggiore conservazione. Interessante è anche la presenza di una fossa di spoglio scavata all'interno dello strato che potrebbe aver causato la differenza di resistività al metro 6.

Le anomalie superficiali che si notano nel settore orientale sono quasi sicuramente riconducibili a materiali superficiali oppure a materiale vegetativo compatto che provoca rumore durante la tomografia elettrica.

Linee 9-13 (campagna di misure 2024)

Nel 2024 sono state acquisite ulteriori linee ERT, che saranno qui divise e discusse in due distinti gruppi: linee dalla 9 alla 13 e linee 14 alla 17. Questa divisione viene scelta in base al momento di acquisizione e alla zona indagata. Tutte le linee sono state acquisite nel febbraio 2024; il primo gruppo si può dividere a sua volta in due zone: linee 9 e 10 a SO della villa e linee 11, 12 e 13 a NO del complesso.

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 09 (2024)

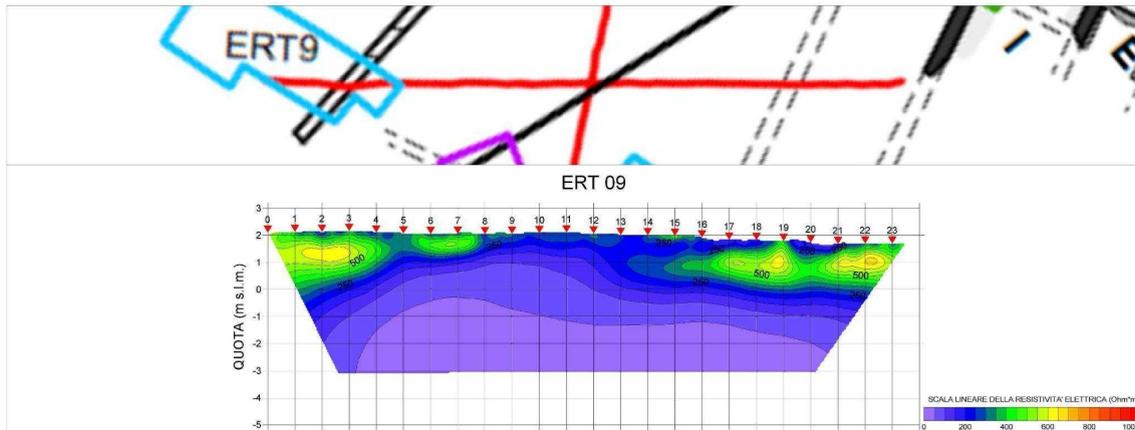


Fig. 16 Risultato della sezione ERT 9

La linea ERT9 (Fig. 16), acquisita in senso est-ovest, interseca il centro della linea ERT10. La linea presenta due gruppi di anomalie: l'anomalia ad ovest corrisponde al saggio 9 del 2024 e le anomalie ad est si trovano in corrispondenza di un presunto corridoio/portico.

Durante lo scavo del saggio nella zona con resistività maggiore si è trovata la sottopreparazione in cementizio di un pavimento musivo e più ad est una fossa di spoglio del muro. Lo strato di preparazione composto da materiale compatto e con frammenti di malta e ciottoli ha creato la differenza di resistività elettrica nella sezione.

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 10 (2024)

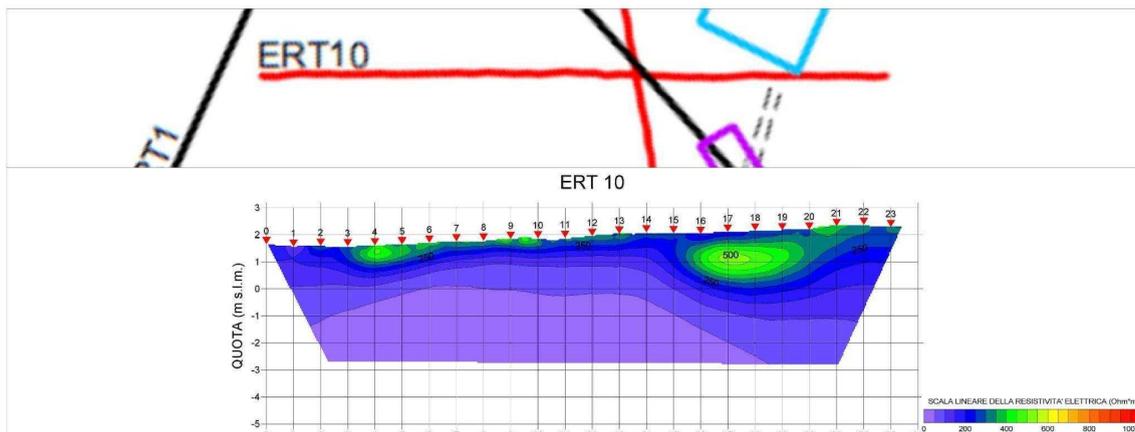


Fig. 17 Risultato della sezione ERT 10

La linea ERT10 (Fig. 17) come detto interseca la linea precedente nella sua parte centrale. Questa sezione non presenta una situazione complessa, si possono notare

infatti solo due anomalie, di cui una superficiale data probabilmente da un disturbo sul terreno, mentre l'altra è sicuramente più interessante.

Basandosi sui ritrovamenti del saggio 8 del 2024, che è posizionato leggermente ad est della linea, potrebbe trattarsi dell'effetto di un livello preparatorio per un pavimento, che è stato trovato in modo esteso nel saggio oppure di una fondazione di un muro trovato nel saggio 2 del 2019. Altra possibilità da prendere in considerazione, è la grande presenza di alberi nella zona limitrofa all'anomalia che poi sono stati rimossi prima dell'apertura del saggio. Dato il valore basso di resistività, è ragionevole anche pensare che una concentrazione di radici di alberi nel sottosuolo abbia provocato il cambiamento di resistività. Entrambe le ipotesi sono realistiche e possono essere confermate solo con un'opera di scavo estesa nella zona interessata.

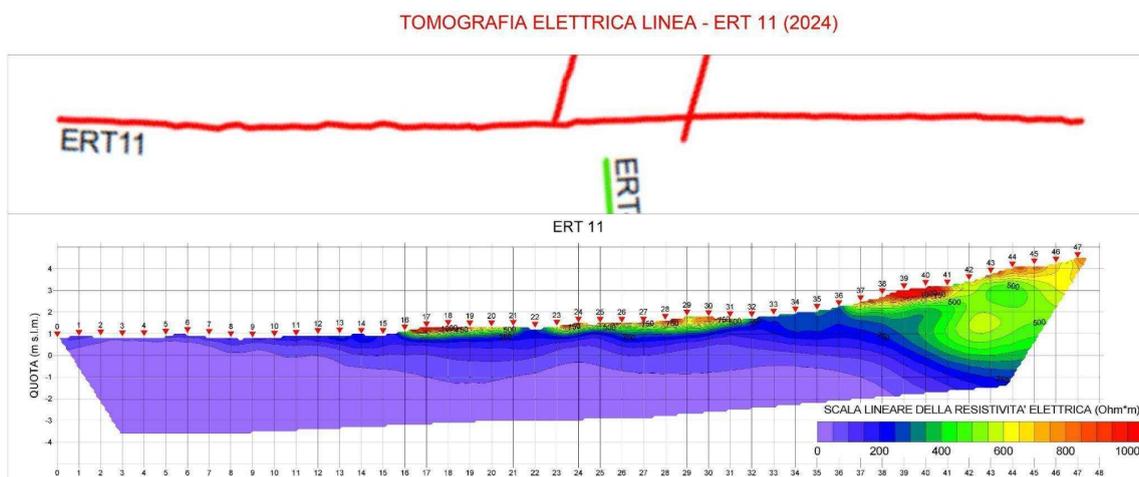


Fig. 18 Risultato della sezione ERT 11

La linea ERT11 (Fig. 18) è stata acquisita a NE del complesso della villa a circa 20 metri di distanza da questa e ha un orientamento SO-NE. con un leggero dislivello dovuto alla sua collocazione sul pendio di una piccola duna. Di conseguenza è probabile che le anomalie presenti dopo il metro 37 (Fig. 18) siano riconducibili alla sabbia compatta riscontrata nelle linee precedenti oppure ad altri effetti naturali legati alla duna e non riconducibili ad elementi archeologici.

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 12 (2024)

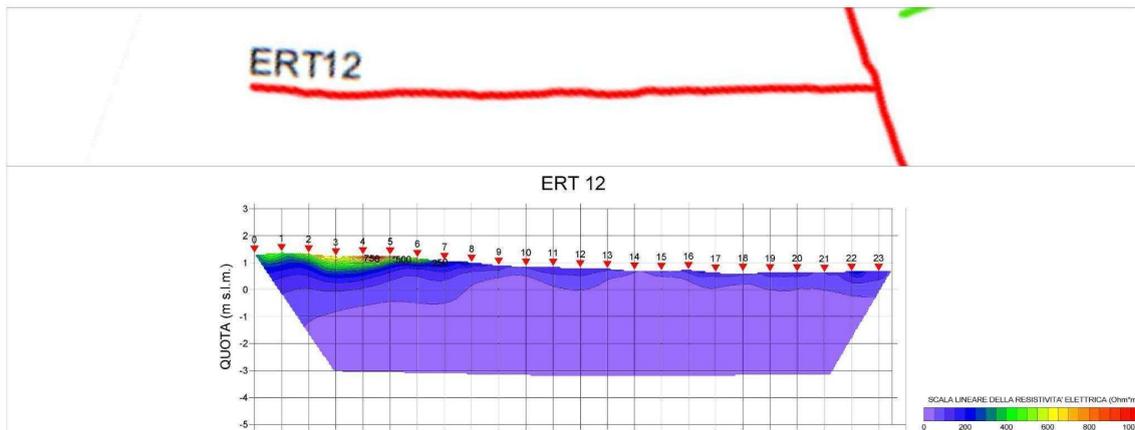


Fig. 19 Risultato della sezione ERT 12

La linea ERT12 (Fig. 19) è stata acquisita vicino alla linea ERT11 in direzione sud-nord. Essa non presenta anomalie profonde, ma solo superficialmente anomalie che sono probabilmente causate da materiali sparsi nel primo sottosuolo o elementi boschivi (es. radici). La linea ERT12 interseca la ERT11 sull'ultimo elettrodo ed è parallela alla ERT13.

TOMOGRAFIA ELETTRICA LINEA - ERT 13 (2024)

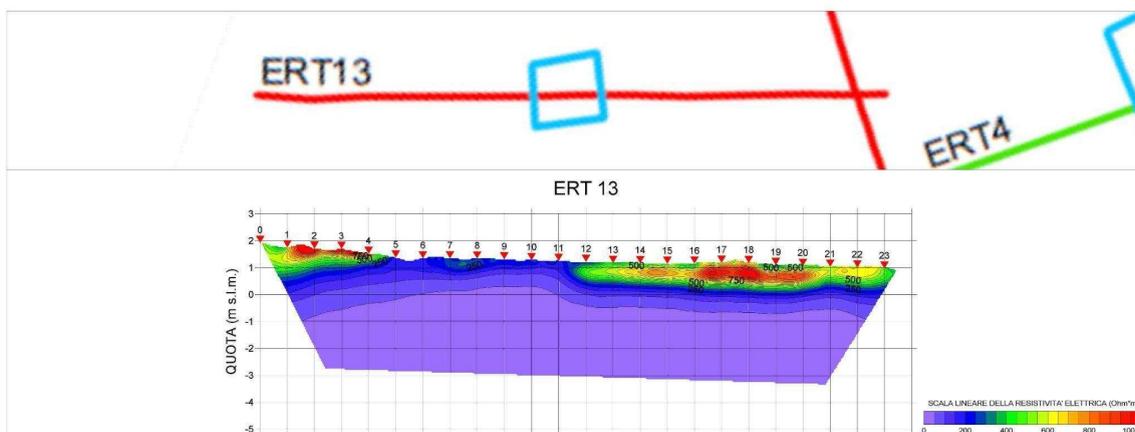


Fig. 20 Risultato della sezione ERT 13

La linea ERT13 (Fig. 20) è stata acquisita ad est della linea 12 sempre con direzione sud-nord. Questa sezione presenta più anomalie della precedente, tutte entro i due metri di profondità. Nel saggio 11 del 2024, realizzato tra 11,5 e 13,0 m della progressiva ERT, sono stati ritrovati materiali da costruzione, come laterizi e tegole a meno di 50 cm

di profondità, ricondotti ipoteticamente ad uno scarico di materiale forse legato ad un intervento di drenaggio/consolidamento del terreno.

Linee 14-17 (campagna di misure 2024)

Le linee ERT da 14 a 17, sono localizzate in un'area più distante dal complesso rispetto alle precedenti (Fig. 7). Dal risultato di queste linee si può ricavare un panorama generale della situazione dell'area qui indagata posizionata a circa un metro sul livello dell'acqua.

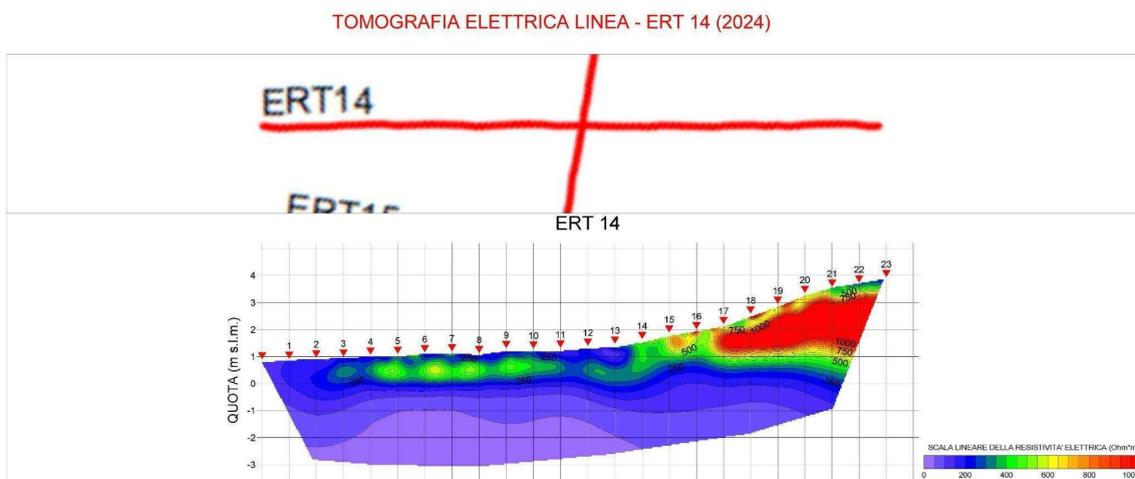


Fig. 21 Risultato della sezione ERT 14

La linea ERT14 interseca la linea ERT17 nel suo centro. Nel suo settore meridionale è stata collocata lungo il pendio di una duna dove la sabbia compatta ha creato un'anomalia resistiva molto elevata.

Nel settore settentrionale della linea è possibile notare una zona di anomalie alla stessa quota che, data la loro profondità e la loro estensione, potrebbero essere interpretate come accumulo di materiali costruttivi, come è stato anche trovato nel saggio 11 lungo la linea ERT13. Altra ipotesi è la presenza di elementi strutturali come pavimenti ritrovati ad esempio del saggio 9 del 2024, dove i livelli pavimentali erano collocati a poche decine di centimetri dal terreno attuale.

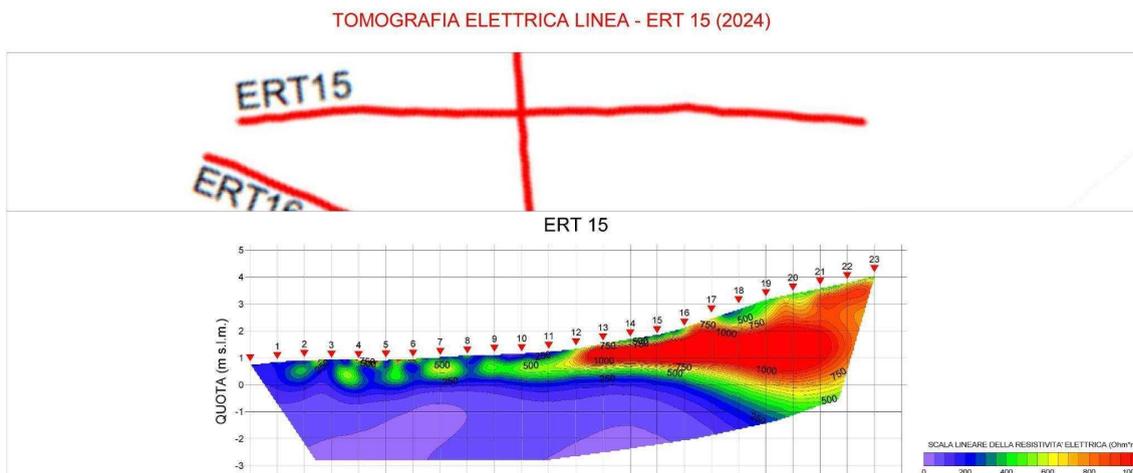


Fig. 22 Risultato della sezione ERT 15

La linea ERT15 (Fig. 22) è parallela alla precedente e presenta in linea generale le stesse caratteristiche.

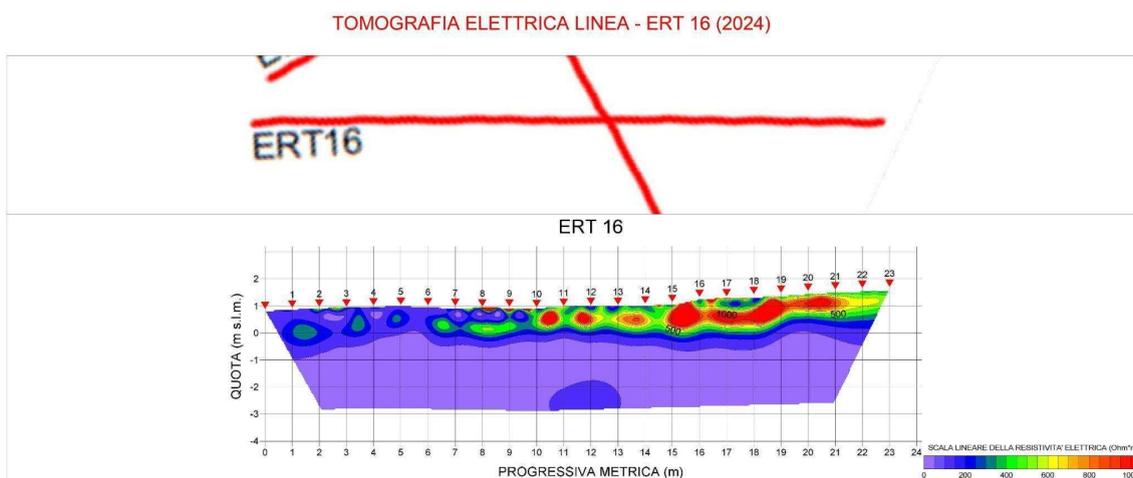


Fig. 23 Risultato della sezione ERT 16

La linea ERT16 (Fig. 23) è collocata a sud della linea precedente e non rispetta l'ortogonalità creata dalle altre linee dell'area, per la presenza di elementi boschivi. Sono visibili nella sezione numerose zone di alta resistività, tuttavia circoscritte a punti specifici e forse rumore provocato da radici o accumulo di materiale edilizio.

Un dato importante riguarda la strada in terra battuta frequentata anche da macchine e altri mezzi su cui è stata realizzata la linea che preclude ogni speranza di individuare resti di interesse con così scarse anomalie.

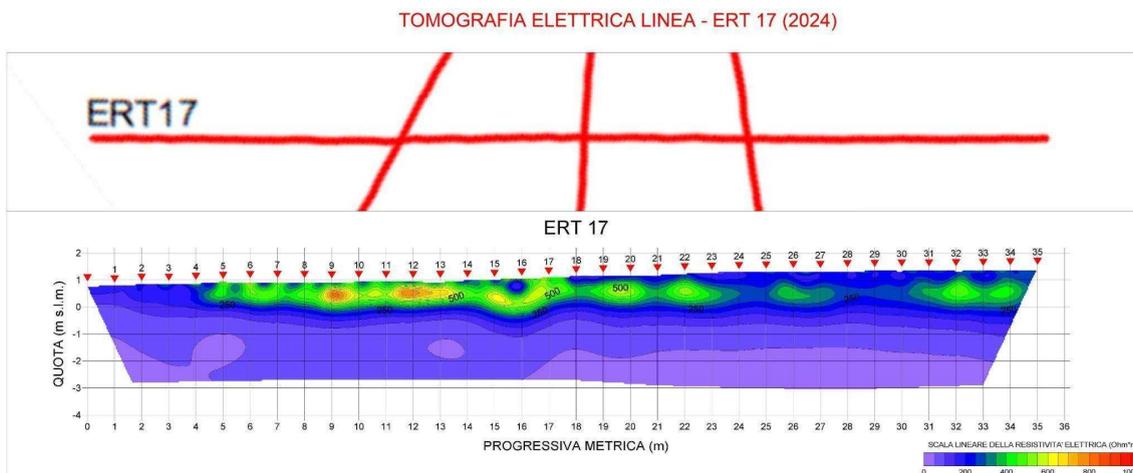


Fig. 24 Risultato della sezione ERT 17

La linea ERT17 (Fig. 24) interseca tutte e tre le linee precedenti ed è stata posizionata sopra la strada in terra battuta per facilitare il suo posizionamento.

Riprendendo l'ipotesi formulata per la linea precedente, le anomalie osservabili tra il metro 8 e il metro 17 potrebbero essere associabili a materiali edilizi come pietre e laterizi posizionati sotto il livello di terra compatta che forma la strada. In qualsiasi caso, se fossero presenti dei materiali archeologici, essi si troverebbero probabilmente in posizione non originale o considerevolmente intaccati da azioni moderne.

Conclusioni

Questo lavoro di tesi si è focalizzato sul contributo delle prospezioni geofisiche, in particolare della tomografia elettrica di resistività (ERT), per l'analisi e lo studio della villa romana di Mutteron dei Frati a Bibione. Il sito, inserito in una zona caratterizzata dalla presenza di acque, sedimenti sabbiosi e da vegetazione in superficie di diverso tipo, nonché da dislivelli altimetrici, è stato studiato con un approccio multidisciplinare, in cui le misure ERT sono state supportate da indagini di tipo geomorfologico e validate da scavi archeologici realizzati sulla base delle informazioni preliminari offerte dalle diverse campagne di misura geofisica dal 2018 al 2024. Durante le ultime campagne di scavo inoltre sono state investigate le aree precedentemente studiate con le misure geofisiche che hanno riportato interessanti scoperte archeologiche come lacerti musivi e piani pavimentali visibili parzialmente dalle tomografie elettriche.

Da questo lavoro è emerso che la maggioranza delle anomalie elettriche resistive riscontrate grazie alle misure ERT sono associabili alla presenza di diversi elementi costruttivi o accumuli di materiale dovuto forse a crolli, demolizioni o discariche di materiali edilizi antichi. In alcuni casi è stato anche possibile verificare l'esatta risposta e corrispondenza con effetti dovuti alla morfologia e pedologia del sito in assenza di resti archeologici.

Dai risultati ottenuti, si può ipotizzare, anche per il futuro, che la zona più promettente ai fini del ritrovamento di resti archeologici sia quella posta a ovest del complesso già noto e visibile della villa, ovvero in corrispondenza delle ultime linee ERT realizzate nella campagna di misure di febbraio 2024. Altra zona di interesse archeologico potrebbe essere l'area a Nord verso la valle, però di più difficile interpretazione a causa della presenza di acqua a pochi metri di profondità come notato da altre linee ERT.

I risultati delle tomografie elettriche e la loro interpretazione anche alla luce delle evidenze di scavo hanno indubbiamente indirizzato in modo corretto le strategie di ricerca archeologica nel contesto della villa romana di Mutteron dei Frati. Le prossime campagne di scavo nella villa di Bibione potranno quindi beneficiare delle strategie adottate in questo contesto dove le misure ERT hanno contribuito da un lato ad indirizzare gli scavi, fornendo nuovi elementi utili alla ricostruzione della storia di questo sito archeologico, ma dall'altro hanno beneficiato anche dei preziosi elementi

forniti di volta in volta direttamente dallo scavo, che è stato guidato e preceduto dalle informazioni geofisiche fornite da queste misure totalmente non invasive.

Ringraziamenti

Se ho potuto portare a termine questo lavoro lo devo soprattutto all'aiuto, al sostegno e alle competenze di molte persone con cui ho avuto il piacere di collaborare lungo questo percorso.

Vorrei ringraziare innanzitutto la dottoressa Alice Vacilotto per avermi supportato nella ricerca delle informazioni necessarie in questo studio, per avermi aiutato durante lo scavo del sito archeologico da me analizzato e per avermi accompagnato con le sue conoscenze e competenze nella stesura dell'elaborato.

Un ringraziamento particolare va poi al dottor Matteo Censini che con pazienza ha risposto a tutte le mie domande tecniche e mi ha insegnato sul campo come utilizzare la strumentazione.

Ringrazio il direttore dello scavo il professore Dirk Steuernagel dell'Universität Regensburg, la vicedirettrice la professoressa Maria Stella Busana dell'Università di Padova e tutto il team con cui ho avuto il piacere di collaborare nel progetto "La villa marittima romana di Bibione e il suo contesto".

Un ringraziamento speciale vorrei rivolgerlo alla professoressa Rita Deiana che mi ha indirizzato nella scelta e sostenuto nell'elaborazione di questo mio lavoro, ma soprattutto mi ha aiutato a scoprire cosa voglio fare "da grande".

Bibliografia

Altan M., Castellarin B., Fantin E., Foramitti G., Romanin F. & Turolto D. (a cura di), *Le alluvioni del Tagliamento a Latisana e nei comuni della Bassa Friulana*. La Bassa, Collana 12, 28-41. Latisana.

Battiston, A., Gobbo, V. (1992) *Da Bibione A baseleghe: Contributi per un'Analisi Storica del Territorio*. Latisana: La bassa.

Bertolini, D. (1884) *Notizie degli Scavi di Antichità, indice topografico per l'anno 1883*. Roma: Salviucci.

Bertolini, D. (1885) *Notizie degli Scavi di Antichità, indice topografico per l'anno 1884*. Roma: Accademia dei Lincei.

Bondesan, A., Levorato, C. (2008) *I geositi della provincia di venezia*. Padova: Grafiche Erredici S.r.l.

Bosio, L., Rosada, G. (1980) *Le Presenze insediative nell'arco dell'Alto Adriatico dall'epoca romana alla Nascita di venezia*. Milano: Schweiwiller.

Bottani T. (1975) *Storia della città di Caorle*, Tipografia Pietro Bernardi, Bologna.

Buora M. (1983) *Produzioni e commercio dei laterizi dell'agro di Iulia Concordia*, in "Il Noncello", 57, Pordenone.

Busana, M.S. (2002) *Architetture rurali Nella Venetia Romana*. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Busana, M.S., Vacilotto, A. (2021) 'Il Sistema Itinerario nella fascia costiera tra Sile e Tagliamento in età romana. Punti di snodo per la ricostruzione della viabilità secondaria in un'area tra terra e acque', in *Atlante tematico di Topografia antica*. Roma - Bristol: «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER, pp. 79–95.

Carrara, E., Rapolla, A., Roberti, N. (1992) *Le Indagini Geofisiche per lo studio Del Sottosuolo: Metodi geoelettrici e sismici*. Napoli: Liguori Editore.

Cassi, G. (1932) ‘Gli scavi in Pineta di destra del Tagliamento’, in *Bollettino dell’Associazione Internazionale Studi Mediterranei*. Roma, pp. 22–26.

Croce Da Villa P., Drigo E., Gobbo V., Moro L., Zanetti M. (2002) *Ricerche di topografia archeologia nel Veneto orientale: Mappa Archeologica Aggiornata E Informatizzata del veneto orientale*. Portogruaro: Gruppo archeologico Veneto orientale.

Croce Da Villa P., Balestrazzi, D. (2001) *Concordia Sagittaria Tremila Anni di Storia*. Padova: Esedra.

Destefanis (1999) *Fonti scritte e toponomastiche per la conoscenza del territorio*. In: *Antichità e Altomedioevo tra Livenza e Tagliamento. Contributo per una lettura della carta archeologica della provincia di Pordenone*, Pordenone.

Fontana A. et al. (2009) *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines*, *Quaternary International*, Volume 206, Issues 1–2,

Geomorfologia (2004) *Geomorfologia della Provincia di Venezia: Note illustrative della carta geomorfologica della provincia di Venezia*, a cura di Bondesan, A., Meneghel, M. Padova: Esedra editrice.

Marcolin, C., Simonella, I., Zanetti, M. (2004) *Le Lagune del Veneto orientale*. Portogruaro (Venezia): Nuovadimensione.

Marocco (1991), *Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del Delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste)*, *Il Quaternario*, 4.

Rosada G., Frassine M., Ghiotto A.R. (a cura di) (2010), “... *viam Anniam influentibus palustribus aquis eververatam... Tradizione, mito, storia e katastrophé di una strada romana*”, Treviso;

Testone, Valeria & Longo, Vittorio & Bottacchi, Marta & Mamei, Paola. (2014). *Use of Integrated Geophysical Methods to Investigate a Coastal Archaeological*

Site: the Sant'Imbenia Roman Villa (Northern Sardinia, Italy). Archaeological Prospection. 22. 10.1002/arp.1493;

Ullrich, Burkart & Günther, Thomas & Rücker, Carsten. (2007). *Electrical resistivity tomography methods for archaeological prospection.*

Witten, A. (2006) *Handbook of Geophysics and archaeology.* London: Equinox Pub.

Documentazione d'archivio: reports indagini geomorfologiche, geofisiche e archeologiche

Deiana R. (2023) *Prospezioni geofisiche nell'area archeologica della villa romana di Mutteron dei Frati, San Michele al Tagliamento - Bibione (VE), Padova*

Fontana A. (2018) *Indagini geoelettriche e stratigrafiche preliminari presso il sito archeologico della “villa di Mutteron dei Frati” comune di S. Michele al Tagliamento (Bibione), Padova.*

Fontana A. (2023) *Relazione riguardo le analisi geologico - stratigrafiche condotte presso il sito del Mutteron dei Frati di Bibione nel giugno 2023, Padova.*

Steuernagel D, (2022) *Relazione sulla campagna di scavo 21 marzo – 8 aprile 2022, Regensburg.*

Steuernagel D, (2023) *Relazione sulla campagna di scavo 6 – 31 marzo 2023, Regensburg.*

Tuzzato S, Franzoia M., Melato S. (2020) *Sondaggi archeologici preliminari (Parere SABAP-VE-MET N.31282 DEL 29/11/2019), Padova*