Salvatore Piro, Andrea Vanni Desideri

Prospezioni geofisiche nella chiesa abbaziale di San Salvatore a Fucecchio. Campagna 2019

Riassunto – *Il saggio illustra le problematiche rimaste ancora aperte per l'interpretazione della più antica redazione della chiesa dell'abbazia vallombrosana di San Salvatore a Fucecchio. L'abbazia, fondata dai Cadolingi nel 986 presso l'Arno, venne ricostruita sul terreno appositamente donato dal conte Ugo dopo l'alluvione che l'aveva distrutta nel 1106. Il Museo civico e diocesano di Fucecchio e la Fondazione Montanelli-Bassi, insieme all'Istituto di scienze del patrimonio culturale del Consiglio nazionale delle ricerche (ISPC-CNR, Roma), hanno impostato un nuovo progetto di ricerca mediante prospezioni geofisiche per contribuire alla soluzione di questi persistenti problemi interpretativi. Vengono presentati i risultati preliminari della prima campagna di ricerca che si è svolta nel luglio 2019 con l'obiettivo di sperimentare l'efficacia del metodo di indagine per le condizioni del sottosuolo del monumento e per mettere a punto la strategia più appropriata per il proseguimento delle ricerche.*

1. Premessa e stato degli studi

Dopo gli studi condotti tra il 1986 e il 1996 sulla chiesa abbaziale di S. Salvatore di Fucecchio, il Museo civico e diocesano di Fucecchio nella ricorrenza del cinquantesimo anniversario della sua apertura (1969) ha promosso una nuova campagna di ricerche che fa seguito agli studi condotti in occasione del millenario dell'abbazia di S. Salvatore nel 1986 e della mostra *La chiesa, la casa, il castello sulla via Francigena* del 1996. Queste ricerche si erano infatti interrotte di fronte alla difficoltà di cogliere, nell'impianto della navata, tracce dell'assetto della chiesa abbaziale vallombrosana, ricostruita sul terreno del colle di Salamarzana, appositamente donato dal conte Ugolino dei Cadolingi dopo l'alluvione del 1106. In particolare, Moretti (1987), sulla base delle proporzioni dello spazio interno, aveva supposto un impianto originario a tre navate che tuttavia, come lo stesso autore sottolineava, oltre ad essere alquanto insolito per una chiesa vallombrosana, non sarebbe compatibile con le due bifore e i due portali in facciata. Per superare queste incongruenze l'autore avanzava l'ipotesi che i francescani, che tennero l'abbazia dalla fine del XIII secolo, fossero intervenuti riducendo la chiesa a un'unica navata oppure addirittura portandone a termine il rifacimento radicale. La successiva lettura archeologica della facciata ha smentito quest'ultima ipotesi sulla base della cronologia delle ghiere d'arco delle bifore, dei portali (Vanni Desideri, 1996) e degli elementi in cotto decorato del coronamento di facciata (Vanni Desideri, 2012), gemello di quello della chiesa di S. Maria e S. Genesio a S. Miniato datato tra il 1195 e il 1215 (Causarano, 2013, pp. 69, 72).

Nuovi documenti rintracciati nell'archivio dell'Opera di S. Croce, che acquisì la proprietà del convento dopo la soppressione leopoldina del 1783, fanno collocare lo smontaggio del coronamento di facciata nel quadro dei lavori di rialzamento della chiesa portati a termine tra il 1738 e il 1740[1]. Tali elementi furono poi reimpiegati dai Corsini nei lavori di modifica alla Torre grossa della rocca fiorentina, dalle cui murature vennero recuperati durante i restauri degli anni Novanta del secolo scorso.

A queste problematiche, discendenti dalla difficoltà di lettura del monumento e che influenzano la comprensione della fase più antica della chiesa, si aggiungono i dati archivistici che documentano gli avvenimenti che interessarono l'abbazia e la sua chiesa già nel corso del XII secolo. Infatti, dopo la donazione di Ugolino (1106) e la conseguente ricostruzione della chiesa, dove certamente trovò sepoltura lo stesso ultimo conte nel 1113[2], il castello di Fucecchio venne distrutto una prima volta nel 1136 dalle truppe lucchesi e la chiesa dovette restare coinvolta nell'episodio bellico, tanto che quattro anni più tardi se ne parla come di *ecclesia nova predicti monasterii* (Malvolti, 2014b, *passim*). Un nuovo assedio del castello da parte dell'esercito lucchese è documentato nel 1141, cui seguì la sua distruzione nel 1161 che certamente coinvolse anche il monastero, visto che l'abate Gregorio fu costretto a risiedere altrove (*Deliciae, 1743*, pp. 1153, 1177). Finalmente, nel 1190 un contratto viene stipulato *in castro de Ficeclo in reedificata ecclesia de podio de abbatia*[3], cui potrebbe corrispondere l'assetto della facciata comprendente i due portali e le

1. Archivio dell'Opera di S. Croce, convento di S. Francesco di Fucecchio, F3, Libro de' partiti del convento, 1674-1783, 83v-84r.
2. Per la sepoltura di Ugolino nell'abbazia e la monumentalità della sua tomba si veda Malvolti, 2014a.
3. Archivio arcivescovile di Lucca, AF 11, 23 giugno 1190. Devo la segnalazione del documento alla cortesia di Alberto Malvolti che, dopo una prima notizia (Malvolti, 1996), ne ha in corso lo studio.

Fig. 1 – Fucecchio, chiesa abbaziale di S. Salvatore.

sovrastanti bifore con ghiere in cotto decorato con inserzione di due bacini d'importazione maghrebina la cui cronologia è infatti compresa tra lo scorcio del XII e gli inizi del XIII secolo (*fig.* 1).
Solo limitate modifiche interessarono la chiesa tra la fine del XIII secolo, quando il monastero fu affidato ai francescani, e la prima metà del XVII secolo, mentre nel 1738-1740 la navata fu rialzata di quattro braccia e gli altari vennero riordinati. In seguito alla soppressione leopoldina, il monastero passò all'Opera di S. Croce nel 1783 cui fece seguito l'intervento di Bernardo Fallani (*fig.* 2) che ridusse il portico in facciata e realizzò la scala frontale esterna. Infine, alla metà del XIX secolo, con l'apertura di due nuove porte in facciata che determinò l'eliminazione dei due altari in controfacciata, si concluse la stagione delle modifiche maggiori dell'edificio sacro.
Le ricerche sono state quindi impostate nel tentativo di contribuire alla risoluzione dei problemi lasciati aperti dagli studi pregressi, questa volta impiegando i metodi di diagnostica archeologica non distruttiva, grazie alla collaborazione dell'Istituto di scienze del patrimonio culturale del Consiglio nazionale delle ricerche (ISPC-CNR, Roma), con il sostegno della Fondazione Montanelli-Bassi.
Più in particolare, il progetto in corso intende verificare con metodi geofisici l'eventuale presenza, nel sottosuolo della navata, di tracce in fondazione di partizioni delle ipotetiche tre navate, come di altri elementi che permettano anche di individuare l'assetto della zona presbiteriale. La prima fase di ricerca, di cui qui si presentano i dati preliminari, è stata impostata allo scopo di sperimentare la metodologia più appropriata per le condizioni ambientali del sottosuolo del monumento.

2. Indagini con il metodo georadar

Il Ground Penetrating Radar (GPR), noto come georadar, è un metodo di prospezione che si basa sulla propagazione nel terreno di impulsi elettromagnetici con frequenze comprese tra 15 e 2500 MHz e sulla registrazione di segnali riflessi/diffratti da discontinuità geometriche o variazioni di caratteristiche elettriche del sottosuolo.
La capacità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel terreno dipende dalle proprietà elettriche del terreno stesso. Le variazioni delle caratteristiche elettriche,

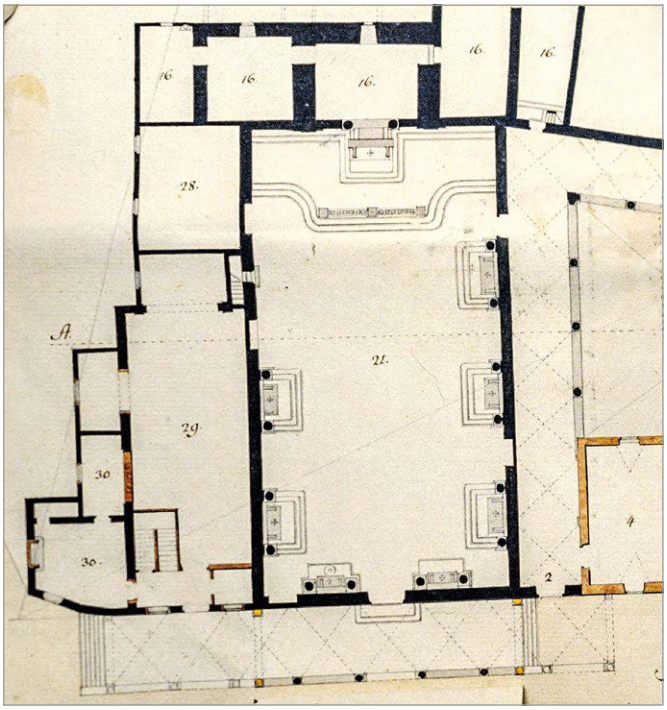

Fig. 2 – Archivio vescovile di San Miniato, Bernardo Fallani, *Pianta del Conservatorio di San Salvatore, 10 agosto 1787*, particolare.

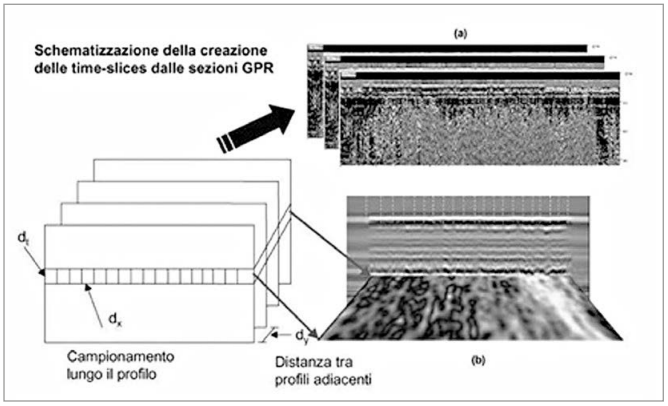

Fig. 3 – (a) Esempio di profili georadar (sezioni verticali); (b) schema di realizzazione delle *time-slices* dalle sezioni verticali georadar.

all'interfaccia tra due mezzi, determinano l'origine dei segnali riflessi/diffratti che vengono registrati dalle antenne riceventi. I fattori che caratterizzano la propagazione delle onde elettromagnetiche nel terreno e che influenzano maggiormente i risultati ottenibili con questo metodo di indagine sono la *velocità* con la quale le onde viaggiano nel mezzo e *l'attenuazione* che esse subiscono. Questi fattori sono dipendenti dalle caratteristiche elettriche del mezzo investigato, in particolare dalle proprietà dielettriche e conduttive dei materiali, cioè dalla costante dielettrica e dalla conducibilità. Vi sono altre due caratteristiche fondamentali del segnale nel propagarsi in un mezzo materiale: la *penetrazione* e la *risoluzione*. Entrambe dipendono dalla frequenza del segnale impiegato (cioè dal tipo di antenna impiegata), che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda dell'impulso trasmesso.

Se la profondità e le dimensioni dei corpi da individuare sono compatibili con la penetrazione e la propagazione che gli impulsi sono in grado di raggiungere, l'elevata risoluzione che lo caratterizza, rispetto ad altri metodi geofisici, lo rende capace di individuare le strutture archeologiche con grande dettaglio (Finzi, Piro, 2000; Goodman *et al.*, 2006; Goodman, Piro, 2013; Piro *et al.*, 2003; Piro, 2006).

Durante una campagna di prospezione georadar a fini archeologici, la zona nella quale si presume siano presenti le strutture ricercate viene generalmente investigata secondo profili paralleli. La scelta della interdistanza tra i profili dipende dalle dimensioni medie ipotizzate dei corpi sepolti e deve risultare inferiore o uguale a tali dimensioni. I dati così raccolti vengono memorizzati su computer formando una matrice tridimensionale del sottosuolo investigato (volume del sottosuolo) e successivamente elaborati ricavando sezioni orizzontali a tempi costanti (*time-slices*) dei valori assoluti delle ampiezze dei segnali. In questo modo è possibile ottenere, per la zona investigata, una visione planimetrica a diversi tempi (o profondità), correlando le anomalie vicine in modo indipendente dalla soggettività dell'interpretatore (cfr. lo schema in *fig.* 3a) (Goodman, Piro, 2013).

3. Analisi dei risultati ottenuti

Le aree selezionate all'interno della chiesa sono state investigate impiegando il sistema GPR SIR3000 (GSSI) equipaggiato con una antenna bistatica ad off-set costante da 400 MHz. Le misure sono state effettuate lungo profili paralleli equispaziati di 0,50 m con la seguente configurazione strumentale: fondo scala dei tempi 85 ns (twt), 512 campioni per traccia radar, format 16 bit e stack pari a 3. Lungo ogni profilo è presente un marker di riferimento ogni metro, per stabilire la disposizione geometrica di superficie dell'antenna e di conseguenza attribuire in modo corretto la localizzazione delle anomalie rilevate. Le tracce radar sono state acquisite in modalità *line scan*, che consiste nel fare procedere l'antenna lungo la direzione prefissata (profilo) in registrazione continua. Per ogni profilo è stata ottenuta una sezione georadar nella quale, tramite un'opportuna scala cromatica, vengono riportati i valori delle ampiezze dell'onda in funzione del fondo scala dei tempi prescelto (*fig.* 3a). Per recuperare tutte le informazioni contenute nei profili paralleli ottenendo una visione d'insieme del volume di sottosuolo investigato, è stata applicata al GPR la tecnica di elaborazione e rappresentazione nota come *time-slices* (*fig.* 3b).

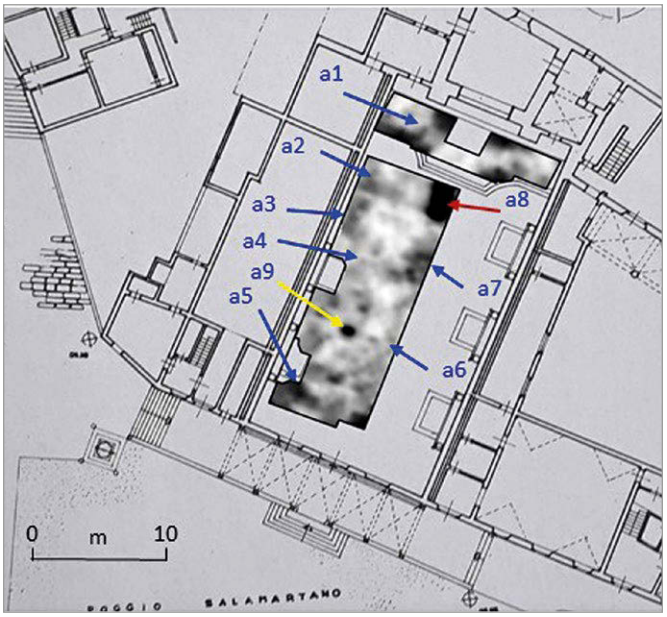

Fig. 4 – Fucecchio, chiesa abbaziale di S. Salvatore. GPR *time slice* alla profondità stimata di 0,50 m.

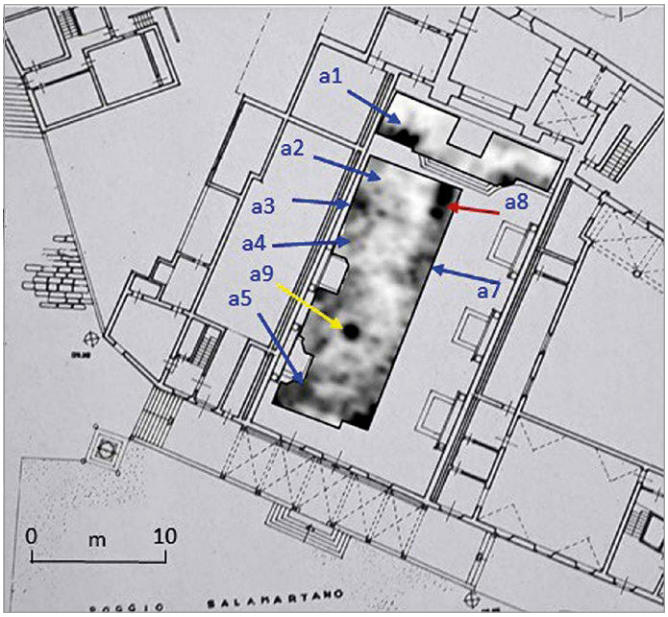

Fig. 5 – Fucecchio, chiesa abbaziale di S. Salvatore. GPR *time slice* alla profondità stimata di 0,90 m.

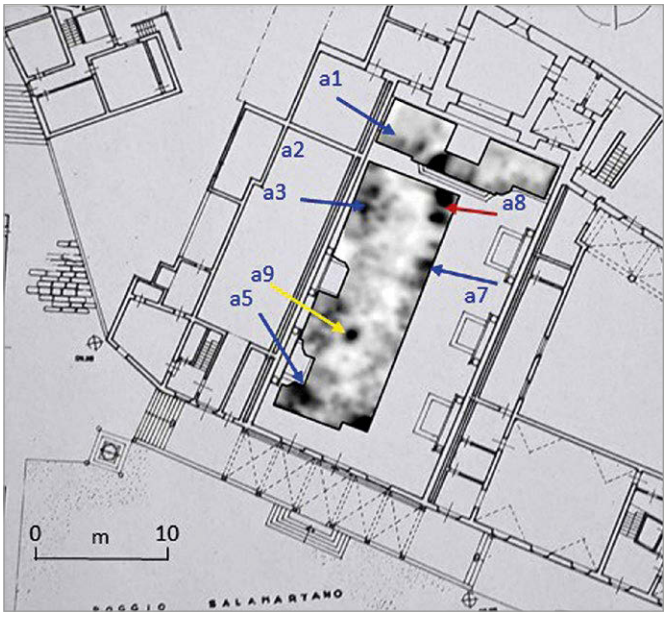

Fig. 6 – Fucecchio, chiesa abbaziale di S. Salvatore. GPR *time slice* alla profondità stimata di 1,50 m.

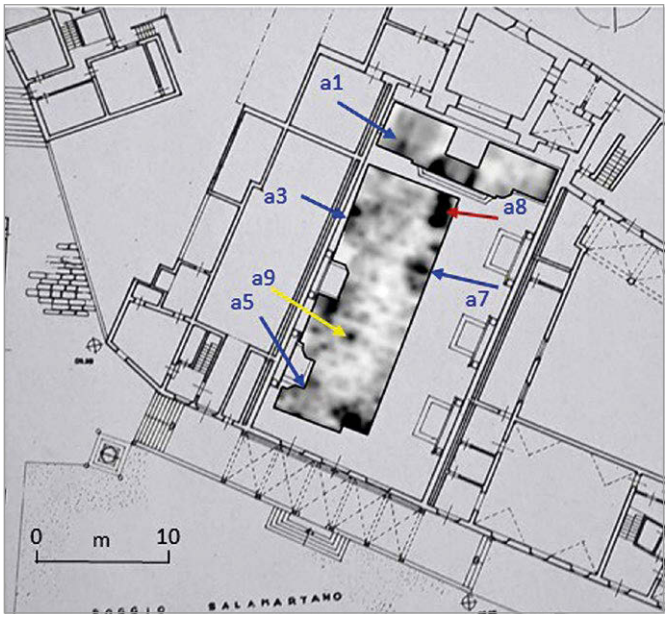

Fig. 7 – Fucecchio, chiesa abbaziale di S. Salvatore. GPR *time slice* alla profondità stimata di 2,10 m.

Le *time-slices* sono state calcolate con opportuni intervalli di tempi e successivamente rappresentate come mappe bidimensionali 2D, corrispondenti a diverse profondità di investigazione. La superficie totale che viene rappresentata nelle immagini planimetriche del georadar si riferisce esclusivamente ai percorsi effettuati dall'antenna (profili di diversa lunghezza) ed è contenuta all'interno dei limiti delle aree investigate.

Dato che l'ampiezza dello spettro di frequenza dell'antenna impiegata per le indagini è di 400 MHz, le relative lunghezze d'onda saranno pari a circa 0,15 m; l'onda elettromagnetica rileverà, quindi, riflettori di dimensioni pari o superiori ai 0,15 m.

Le profondità a cui si riferiscono le *time-slices* calcolate, per le aree all'interno della chiesa sono: 0,10 m, 0,50 m, 0,90 m, 1,20 m, 1,50 m, 1,70 m, 2,10 m.

Nella *fig.* 4 sono riportate le *time-slices*, relative alle zone investigate, corrispondenti alla profondità stimata di 0,50 m dal piano di calpestio. Le anomalie individuate presentano le seguenti dimensioni: (*a1*) anomalia composta da due

elementi perpendicolari fra loro con dimensioni di 5,5×1,5 m e 1,3×4,1 m; (*a2*) anomalia quadrangolare con dimensione degli elementi lineari pari a 1,3×3,5 m, 5,1×1,5 m, 1,7×5,1 m; (*a3*) anomalia contigua alla (*a2*) con dimensioni 2,9×1,9 m; (*a4*) anomalia contigua alla (*a3*) ed anche alla (*a7*), ha forma semicircolare con sezione di 3,2 m; (*a5*) anomalia con dimensioni (parte visibile) 8,5×2,9 m; (*a6*) anomalia con dimensioni (parte visibile) 2,4×9,3 m; (*a7*) anomalia contigua alla (*a4*) con dimensioni 3,2×5,0 m[4]; (*a8*) anomalia di forte intensità, corrispondente ad una sepoltura[5], con dimensioni pari a 2,9×4,5 m e anomalia (*a9*), circoscritta, con dimensioni 2,4×2,1 m.

Nella *fig.* 5 sono riportate le *time-slices*, relative alle zone investigate, corrispondenti alla profondità stimata di 0,90 m dal piano di calpestio. A questa profondità si confermano le anomalie più superficiali e viene indicata in rosso l'anomalia più intensa dovuta ad una sepoltura. In giallo una anomalia ben definita già dalla profondità di 0,5 m; (*a1*) questa anomalia si riduce e si presenta con dimensioni, per la parte visibile, di 2,9×1,8 m; (*a2*) è poco visibile; (*a3*) l'anomalia presenta dimensioni pari a 3,1×1,7 m; (*a4*) anomalia di forma semicircolare con sezione pari a 1,2 m. La (*a5*) conserva le medesime dimensioni riscontrate a minore profondità; la (*a6*) è poco visibile; la (*a7*) ha forma semicircolare con sezione pari a 0,9 m; la (*a8*) è ancora molto intensa con dimensioni pari a 1,9×4,6 m (sepoltura) e (*a9*) anomalia confermata con le stesse dimensioni.

Nella *fig.* 6 sono riportate le *time-slices*, relative alle zone investigate, corrispondenti alla profondità stimata di 1,50 m dal piano di calpestio. A questa profondità alcune anomalie osservate si presentano con una riduzione di intensità e dimensioni: (*a1*) anomalia ridotta di dimensioni; (*a2*) non è più visibile; (*a3*) anomalia con due elementi simmetrici e dimensioni pari a 1,2×1,8 m; (*a4*) si riduce di intensità ma mantiene le stesse dimensioni. La (*a5*) presenta dimensioni, per la parte visibile, pari a 3,5×1,9 m; (*a7*) anomalia ridotta di dimensioni; (*a8*) anomalia sempre presente, divisa in due elementi, con dimensioni pari a 2,2×1,8 m e 2,6×2,1 m (parte visibile).

Nella *fig.* 7 sono riportate le *time-slices*, relative alle zone investigate, corrispondenti alla profondità stimata di 2,10 m dal piano di calpestio. A questa profondità si osserva una riduzione sia dell'intensità che delle dimensioni delle anomalie individuate con eccezione della (*a8*) che mantiene sia l'intensità del segnale che le dimensioni.

Le indagini geofisiche condotte con il metodo georadar hanno permesso di evidenziare parte delle anomalie dovute alla presenza di porzioni di strutture presenti nel sottosuolo della chiesa di S. Salvatore a Fucecchio. I risultati ottenuti confermano l'efficacia di impiego del georadar nel delineare le anomalie presenti, in termini sia di forma che di profondità. Si auspica di potere incrementare le misure finora acquisite impiegando un sistema a doppia frequenza che permette di investigare con diverse risoluzioni a diverse profondità ed ottenere un quadro completo di tutte le preesistenze al di sotto dell'attuale pavimentazione.

4. Questa anomalia corrisponde alla sepoltura segnalata in superficie dall'epigrafe «Sepulcrum Alberti de Aleottis et suorum restauratum A MDCCLVII».
5. La sepoltura è segnalata in superficie dall'epigrafe mutila «D.O.M. […] MDCLXXXXV» con chiusino decorato con tibie incrociate e cartiglio «Hodie mihi cras tibi».

Riferimenti bibliografici

Causarano M. A. (2013). La chiesa di Santa Maria e San Genesio a San Miniato: primi dati per una lettura degli elevati. In: Caroscio M., Berti F., a cura di, *La luce del mondo. Maioliche mediterranee nelle terre dell'Imperatore.* Catalogo della mostra (San Miniato al Tedesco, Palazzo Grifoni, 2 marzo-19 maggio 2013). Firenze: Noèdizioni, pp. 57-78.

Finzi E., Piro S. (2000). Radar (GPR) methods for historical and archaeological surveys. In: Pasquinucci M., Trement F., a cura di, *Non-destructive techniques applied to landscape archaeology*. The Archaeology of Mediterranean Landscape, 4. Oxford: Oxbow Books, pp. 125-135.

Goodman D., Piro S. (2013). *GPR Remote sensing in Archaeology.* Berlin: Springer.

Goodman D., Schneider K., Piro S., Nishimura Y., Pantel A.G. (2006). Ground Penetrating Radar Advances in Subsurfaces Imaging for Archaeology. In: Wiseman J., El-Baz F., a cura di, *Remote Sensing in Archaeology.* New York: Springer Science, pp. 367-386.

Deliciae (1743). *Deliciae eruditorum seu veterum anectodon opusculorum collectanea Ioannis Lamius collegit, illustravit, edidit. Charitonis et Hippophili hodoeporici pars tertia.* Florentiae: in typographio D. Adnunciatae.

Malvolti A. (1996). La ricostruzione della chiesa di S. Salvatore. Una nuova data. *Voce della Collegiata*, gennaio-febbraio 1996.

Malvolti A. (2014a). Il "tesoro" dei Cadolingi. In: Malvolti A., *Fucecchio e dintorni. Storie e microstorie tra Medioevo ed età moderna.* Vicopisano: Tipografia Monteserra, pp. 409-412.

Malvolti A. (2014b). Il castello di Fucecchio (secoli XI-XIV). In: Malvolti A., *La comunità di Fucecchio nel Medioevo. Il castello, l'abbazia, il comune (secoli XI-XIV).* Vicopisano: Tipografia Monteserra, pp. 405-428.

Moretti I. (1987). Qualche considerazione sui resti medievali della chiesa abbaziale di San Salvatore a Fucecchio. In: *L'Abbazia di San Salvatore di Fucecchio e la Salamarzana nel basso Medioevo.* Atti del convegno (Fucecchio, 16 novembre 1986). Fucecchio: Edizioni dell'Erba, pp. 97-105.

Piro S. (2006). Indagini georadar ad alta risoluzione nell'area delle Pendici Orientali del Palatino. *Quasar* 12, pp. 87-98.

Piro S., Goodman D., Nishimura Y. (2003). The study and characterization of Emperor Traiano's Villa (Altopiani di Arcinazzo, Roma) using High-resolution Integrated geophysical surveys. *Archaeological Prospection* 10, pp, 1-25.

Vanni Desideri A. (1996). Lettura stratigrafica della facciata della chiesa abbaziale di San Salvatore a Fucecchio. In: Vanni Desideri A., Malvolti A., a cura di, *La chiesa, la casa, il castello sulla via Francigena.* Pisa: Pacini, pp. 91-102.

Vanni Desideri A. (2012). An early 14th century Florentine Fortress at Fucecchio in the lower Arno Valley. In: Parrinello S., Bertocci S., Pancani G., a cura di, *Between East and West: transposition of cultural systems and military technology of fortified landscapes.* Atti del convegno (Poppi-Firenze, 7-13 maggio 2012). Firenze: Edifir, pp. 161-163.