

COME NASCE UNA BASE GIS PER L'ARCHEOLOGIA OPENSOURCE, SVILUPPATA DA ARCHEOLOGI PER GLI ARCHEOLOGI: LO SCAVO DI POGGIO GRAMIGNANO, LUGNANO IN TEVERINA (TR)

1. BREVE STORIA DI PYARCHINIT DALLA NASCITA AD OGGI

Il progetto pyArchInit nasce nel 2005 a partire dalla tesi di laurea di Luca Mandolesi (MANDOLESI 2005) che affrontava, nell'ambito del progetto Carta Archeologica della Toscana (PELLICANÒ, SASSOLI 2001, 21), la costruzione di un database alfanumerico realizzato con Filemaker Pro (software proprietario della Claris per la realizzazione di database relazionali, <https://www.claris.com/it/filemaker/pro/>). Le sostanziali novità del metodo adottato in tale sede erano due: un approccio all'analisi dell'oggetto di schedatura "reperto" unico, non più suddiviso a priori in entità separate a seconda delle discipline già esistenti e tradotto in singole schede per tipo di reperto/epoca; una costruzione di script dedicati all'estrazione di statistiche e di dati di tipo trasversale. Tale lavoro presentava tre criticità: l'uso di software proprietario con licenze a pagamento, l'impossibilità di avere un collegamento in tempo reale con la base cartografica (GIS) e la totale impossibilità di riutilizzare lo scripting creato in un ambiente esterno al progetto.

Da queste premesse si iniziò a cercare la soluzione migliore per tradurre il prodotto in open source: la scelta cadde sul linguaggio di programmazione Python (<https://www.python.org/>), il geodatabase PostgreSQL (<https://www.postgresql.org/>) con l'estensione PostGIS, al quale si affiancò successivamente il database SQLITE con estensione Spatialite (<https://www.gaia-gis.it/>) e infine come software GIS fu scelto il progetto Quantum GIS, oggi QGIS (<https://www.QGIS.org/it/site/>), che in una seconda fase permise di integrare plugin scritti in Python. Il plugin nacque inizialmente come semplice scheda US (Unità Stratigrafica) e relativo geodatabase che, oltre a permettere di schedare e disegnare le US in pianta con relative quote, dava la possibilità di inserire ripartizioni spaziali, linee di riferimento, sezioni, sondaggi e altri dati utili alla costruzione di piante di fase, strutture, planimetrie generali¹.

La prima versione stabile uscì nel 2009 e fu presentata all'ArcheoFOSS di quell'anno a Roma (MANDOLESI 2009a): nonostante fosse la prima piattaforma GIS open source che permetteva una interazione diretta tra Scheda US, GIS e Matrix, il plugin non riscosse un alto successo di download dal repository ufficiale di QGIS. Alcuni motivi furono la richiesta di una formazione di livello

¹ Il plugin è in costante evoluzione e per una descrizione dettagliata e aggiornata si rimanda alla documentazione ufficiale su <https://pyArchInit.org/>.

medio/alto nell'uso dei GIS e una buona base informatica per installazione e utilizzo, unitamente ad una preferenza da parte dei Dipartimenti nell'uso di soluzioni proprietarie sviluppate internamente.

Un miglioramento nella diffusione del plugin avvenne con l'apertura di pyArchInit al web tramite un repository Github dedicato (<https://github.com/pyarchInit/pyArchInit>), la nascita di una versione più semplice da installare, la pubblicazione di video su vari canali social (Facebook e Youtube prevalentemente). Seguì la nascita di una community e di un gruppo di sviluppo e una maggiore diffusione del plugin all'interno di lezioni legate all'informatica applicata all'archeologia in vari atenei italiani.

La maggior parte delle persone furono coinvolte come un "open team", dove ognuno dava il proprio contributo nella misura e modalità che preferiva. Alcune tesi di laurea portarono alla costruzione di nuove schede o all'espansione di schede già esistenti: Simona Gugnali creò il nuovo sistema di archeologia funeraria, Enzo Cocca un sistema per la gestione dell'archeozoologia e della statistica applicata ai dati, Manuela Battaglia sfruttò la scheda reperti per la schedatura della necropoli di Malignano (Sovicille, Siena) e per lo scavo dell'Università di Pavia presso Verucchio (RN), Michele Zappitelli offrì i dati per la scheda di Unità Topografica (UT).

Nel 2013 Enzo Cocca entrò a far parte del gruppo come sviluppatore stabile del progetto, che permise di accelerare il processo di ampliamento del codice. Nacquero o vennero migliorate tutte le schede per gestire reperti, periodi, fasi, strutture, topografia, oltre a creare le sezioni con routine dedicate a: statistica, sistema di disegno automatizzato delle piante di fase, strutture, di gestione della dimensione temporale, uno script esclusivo di pyArchInit. Nel 2014 nacque il media manager, una banca dati multimediale in grado di taggare le foto ed esportarle secondo categorie prestabilite. Intervenero successivamente nel processo di sviluppo di pyArchInit Roberto Montagnetti e Paolo Rosati, che organizzarono un primo convegno dedicato al progetto Una_Quantum presso Tivoli (RM): da quell'evento ricco di spunti risultò chiaro che il plugin necessitava di una community solida, informale, dove ognuno poteva portare la propria esperienza fuori da vincoli accademici o lavorativi. Si decise di fondare l'associazione culturale Una_Quantum Inc., che dal 2015 ad oggi ha promosso corsi di formazione, iniziative, eventi, che nel tempo sono andati a finanziare lo sviluppo del plugin. Prima fra tutte le modifiche finanziate dall'Una_Quantum Inc. è stata la costruzione del sistema di traduzione del plugin in 3 lingue (inglese, tedesco, spagnolo) oltre all'italiano.

Altra fonte di sviluppo e finanziamento è arrivata da aziende private interessate al progetto: prima tra tutte l'azienda adArte Srl (di cui sono soci gli scriventi Mandolesi e Montagnetti) che finanzia costantemente lo sviluppo e il debug, mantenendo allineato il plugin con le ultime release di QGIS, dei

moduli Python e con le norme dettate nel caso italiano dal MIC (Ministero della Cultura) e dalle SABAP (Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio) competenti.

Una grossa problematica per il mantenimento del plugin si ebbe nel 2017/2018 con l'arrivo di Python 3.x che presentava incompatibilità con le versioni di pyArchInit realizzate in Python 2.x. Il finanziamento decisivo fu ottenuto tramite Fabio Faggella e Cooperativa Archeologia, che si interessò al plugin per integrarlo con l'applicazione per l'archeologia Archeo 3 (<https://www.archeo3.it/>): il finanziamento permise di portare pyArchInit da Python 2.X a Python 3, mantenendo la compatibilità con le nuove versioni di QGIS².

1.1 Su cosa si basa pyArchInit

PyArchInit attualmente è un sistema di gestione centralizzata di tutti i contesti archeologici, si basa sulle norme ICCD per la compilazione delle schede per la gestione di Carte Archeologiche, la documentazione di scavi archeologici e ricognizioni, sfruttando le caratteristiche del DBMS sviluppate per la Carta Archeologica della Toscana dal LIAAM del Dipartimento di archeologia e storia delle arti dell'Università di Siena (FRONZA, NARDINI, VALENTI 2009) e dal MODI (http://www.iccd.beniculturali.it/it/ricercanormative/105/modi-modulo-informativo-4_00) soprattutto per quanto riguarda il sistema di periodizzazione e categorizzazione delle strutture.

1.2 Come è strutturato nel suo complesso ad oggi lo sviluppo di pyArchInit

Attualmente abbiamo deciso di fissare delle pietre miliari nello sviluppo del plugin per poter avere dei punti fissi a cui tornare in caso di problematiche oppure qualora le norme cambino. Restano sempre immutate tre sezioni: sezione dati alfanumerici, dati geografici/geometrici, dati multimediali. PyArchInit sostanzialmente è un'interfaccia di accesso ad un geodatabase in cui si lavora solo con tabelle già presenti per motivi di programmazione. Ha una versione "globale", ovvero dove tutti possono collegarsi in rete e una versione "locale", che altro non è che la versione locale del database "globale". I due database hanno la medesima struttura, in modo che si possa lavorare offline e riallineare il tutto online, senza tuttavia essere legati al web. Essere dentro all'ambiente GIS di QGIS permette di avere sempre aggiornati strumenti di geoprocessing, di elaborazione 3D, oltre a poter fruire di una community ampia e molto attiva. Ad oggi, vi sono infatti vari canali come mailing list dedicate, canali Telegram o gruppi Facebook per ricevere assistenza.

² Importanti contributi per la genesi e lo sviluppo di pyArchInit sono stati: FRANCOVICH 1990; GUIDI 1994; FRANCOVICH, VALENTI 2000; FRONZA 2000, 2003; NARDINI 2000; VALENTI 2000; MANDOLESI 2009a, 2009b; GUGNALI *et al.* 2012; MANDOLESI, COCCA 2013; COCCA 2014, 2015; MANDOLESI *et al.* 2021; MATTIVI *et al.* 2021.

Il progetto attualmente ha assunto una dimensione considerevole, sia per la parte di gestione del data entry di dati alfanumerici che geometrici. Per poter apprezzare al meglio il sistema e conoscerne le attuali novità, facciamo un rapido riassunto di come è strutturato e cosa contiene ad oggi pyArchInit. Le tabelle alfanumeriche sono attualmente divise in sezioni (Raccolta dati; Analisi stratigrafica; Archeologia funeraria; Archeologia sperimentale; Utility). In via di realizzazione è la sezione per l'archeologia dei paesaggi e per la redazione della Valutazione di Impatto Archeologico (VIARCH) e di Carte di Potenzialità Archeologica per il Piano Regolatore Generale Comunale (PRG), il Piano di sicurezza e coordinamento (PSC), il Piano Urbanistico Comunale (PUC), etc.

Ogni scheda – collegata ad una o più tabelle geometriche per disegnare su base GIS i dati geografici e a “view”³ che permettono la realizzazione di query e piante composite tra dati alfanumerici e geometrici – contiene i seguenti campi:

– Sito: tabella per la schedatura di un sito, sia esso un luogo in cui viene realizzato uno scavo in estensione che un luogo che abbia una omogeneità spaziale e di definizione nel tempo. Possiede alcune funzioni come la creazione di Basi GIS e la generazione in automatico dei record nella scheda US.

– Unità Stratigrafica/Unità Stratigrafica Muraria: scheda che raccoglie tutte le US divise per sito, area e numero di US/USM. Oltre a tutti i campi specifici per redigere la scheda, contiene una serie di routine per creare piante di fase composite a partire dalle query sulla scheda tramite un link diretto con le geometrie, sistemi di analisi della successione stratigrafica, controllo automatizzato dell'integrità di inserimento dei rapporti stratigrafici, elaborazione del Matrix di Harris con periodizzazione già compilata, esportazione elenchi e schede in formato .pdf e formato testo. Presenta una routine elaborata appositamente per pyArchInit che, leggendo i rapporti stratigrafici, è in grado di creare un indice di successione stratigrafica per la gestione sia della componente temporale degli strati che della loro corretta sovrapposizione all'interno del GIS.

– Inventario Materiali (artificiali): scheda unica in cui è possibile modellare la raccolta dati di tutti gli oggetti di analisi di un contesto archeologico. È possibile quindi schedare da un singolo tipo di reperto (ad es. un reperto solo metallico) a reperti composti (pensiamo ai reperti multi-materiale come spilloni in bronzo, osso e ambra). Contiene una serie di routine per la generazione di grafici lineari. Attualmente non dispone di schede collegate per la schedatura di dati specifici, ovvero quella serie di attributi che fanno parte solo di una determinata tipologia di reperto.

³ Nei geodatabase come PostgreSQL/Postgis o in SQLITE/Spatialite, si tratta di query di join (unione) tra due o più tabelle che sono istanziate nel momento in cui sono chiamate a lavorare. Questo permette di avere dati geometrici e alfanumerici uniti e di poter sfruttare query testuali per ottenere planimetrie composite e aggiornate in tempo reale.

- Campioni: contiene tutti i campioni raccolti sia da US e USM oppure prelevati da reperti per analisi di laboratorio.
- Strutture: descrive le singole strutture ed emette la sigla da inserire nelle schede US/USM per poter realizzare le piante composite su base GIS. È collegata ad un layer informativo in cui è possibile realizzare l'ipotesi bidimensionale della struttura.
- Periodizzazione: contiene le sigle di periodizzazione per sito/periodo/fase, una cronologia iniziale e finale assoluta numerica (per ora secondo il metodo di datazione “avanti Cristo” e “dopo Cristo” espressi con numeri negativi e positivi) e una generica datazione letterale. Possiede un codice di periodizzazione numerico univoco per permettere di realizzare su base GIS piante di fase composite. Possiede una routine che genera in automatico tutte le piante composite di tutte le periodizzazioni.
- Individui: scheda per la gestione di ogni singolo individuo rinvenuto in sepoltura.
- Tomba: attualmente si tratta di un ibrido tra una scheda tafonomica e di struttura ed è dedicata solamente alle tombe. È collegata al sito, struttura e individuo.
- Documentazione: permette la schedatura dei rilievi originali fatti sul campo, dai lucidi di scavo, alle ortofoto, punti presi con GNSS, stazione totale, o da 3D con Structure from Motion (SfM) o laser scanner. È collegata direttamente ai layer di disegno delle US e permette l'esportazione degli elenchi della documentazione e la ricostruzione su GIS dei dati originali digitalizzati a partire da quella fonte.
- Gestione immagini: sistema di memorizzazione dei percorsi delle immagini salvate su un hard disk locale o esterno, su un server o altro, con possibilità di taggare le immagini per US/USM, Reperti, Strutture, Tombe. Le immagini saranno così collegate direttamente con le schede e consultabili dalle singole interfacce.
- Esportazione immagini: sistema di esportazione in cartelle nominate delle immagini di un certo sito. Sfrutta il tag assegnato e ha una serie di suddivisioni preimpostate per velocizzare l'ordinamento dei file in directory e sub-directory.
- Esportazione .pdf: sistema per esportare in formato .pdf in un'unica soluzione un intero contesto suddiviso per singole tabelle e tipologie di formato: elenco o scheda.
- Download Excel: esportazione in formato Excel di tutte le schede di pyArchInit per poterle rielaborare in altri software che richiedono il foglio di calcolo.
- Time Manager: permette di interrogare lungo l'asse temporale la stratigrafia in modo relativo o assoluto: in maniera relativa sfrutta l'indice di sovrapposizione stratigrafica della Scheda US/USM e permettere uno “scavo” virtuale degli strati su base GIS avanti e indietro nel tempo; in maniera

assoluta, tramite una query per anno inizio e anno fine (secondo il metodo di datazione assoluto sopradescritto per la periodizzazione), è possibile creare piante di fase coeve tra più contesti di scavo appoggiandosi al codice di continuità periodo.

– Configurazione plugin: tutte le impostazioni del plugin per connessione, scelta di lavoro su singolo contesto, routine di pulizia o riallineamento database, importazione di database globali o locali, esportazioni per matrix, prodotti Lizmap.

– Thesaurus sigle: tabella che contiene i singoli lemmi del database collegati a vari campi nelle schede per la normalizzazione del linguaggio.

– Gestione database: sistema sperimentale per il backup del database.

– Info: pannello con i dati degli sviluppatori, la versione corrente.

PyArchInit possiede un potente ambiente di disegno 2D su base GIS, grazie alla sua integrazione in QGIS. Il geodatabase di pyArchInit è stato realizzato su misura per il lavoro sul campo e permette di gestire tutti i contesti in una soluzione unica: tutti gli scavi possono essere digitalizzati direttamente su un unico layer.

L.M.

2. DESCRIZIONE DELLE FINALITÀ DELLA RICERCA E DEL CONTESTO DI STUDIO: IL CASO DI POGGIO GRAMIGNANO

Il sito archeologico di Poggio Gramignano è situato a circa 6 km a SE del Comune di Lugnano in Teverina (Umbria, Italia) a 284 m s.l.m. L'insediamento è collocato lungo il declivio NO della collina di Poggio Gramignano, a circa 2,5 km di distanza dalla riva O del fiume Tevere.

Poggio Gramignano è oggetto di uno scavo ancora in progress, iniziato nel 2016 e frutto di una collaborazione tra Soprintendenza dell'Umbria, University of Arizona, Yale University, Stanford University e Comune di Lugnano in Teverina, che ha proseguito il lavoro avviato sul sito a partire dalla metà degli anni '80. I primi scavi furono condotti, infatti, dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Umbria fra il 1982 e il 1984 e proseguiti, tra il 1988 e il 1992, dagli archeologi dell'Università dell'Arizona, sotto la direzione scientifica del Prof. David Soren.

Le indagini finora condotte hanno portato alla luce i resti dei principali ambienti abitativi della *pars urbana* di una villa rustica di epoca romana, così come di altri spazi adibiti a deposito ubicati sul lato SO dell'insediamento (Fig. 1). Nello specifico, dai dati emersi fino a questo momento, è stato possibile riconoscere differenti periodi di vita del sito.

Il primo, inquadrabile in età pre-romana, è caratterizzato dal ritrovamento di evidenze archeologiche che hanno restituito numerosi frammenti di ceramica buccheroides e d'impasto databili al VII-VI secolo a.C. Tali evidenze

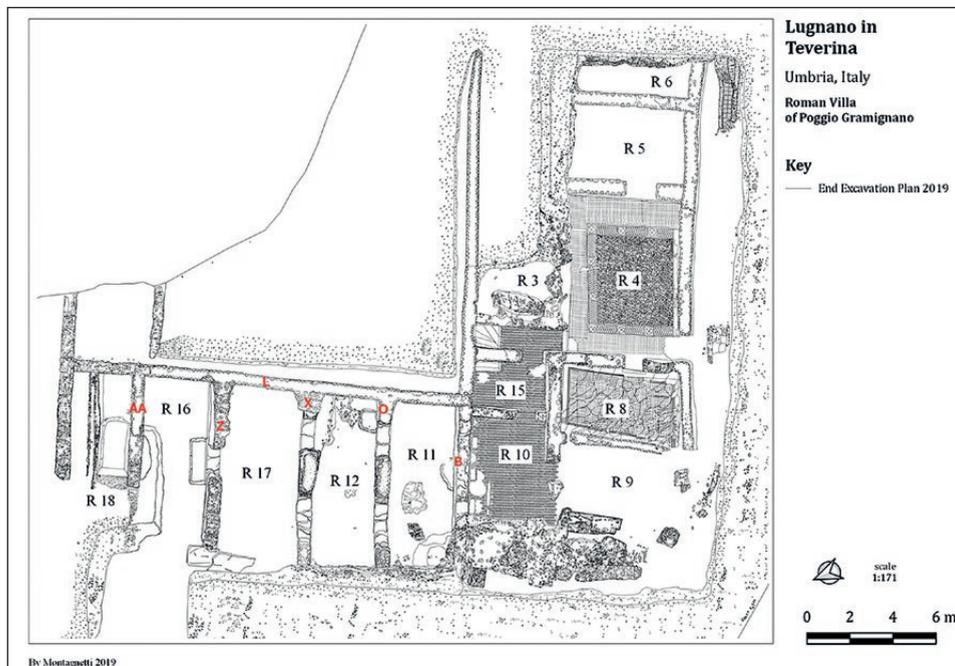


Fig. 1 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Pianta di “Fine scavo” (R. Montagnetti 2019).

risultano poi troncate da uno dei muri della villa di epoca romana il cui primo impianto sembrerebbe risalire alla metà del I secolo a.C. Questa prima fase edilizia del complesso architettonico è caratterizzata dall'uso della tecnica dell'*opus incertum*, dall'*opus reticulatum* e dalla decorazione parietale di alcune delle stanze messe in luce costituita da pitture riconducibili alle fasi IIa e IIb del secondo stile pompeiano.

In un secondo momento, inquadrabile in età flavio-adrianea, vengono eseguiti alcuni restauri ed abbellimenti nella *pars urbana*, testimoniati dall'uso dell'*opus mixtum* su alcune delle murature ancora *in situ* e dell'*opus spicatum* dei pavimenti. Ulteriori interventi messi in atto in questo periodo sono degli ampliamenti atti a creare dei magazzini nell'angolo SO dell'insediamento. In seguito, o già durante questi interventi, si registrano però segni di cedimento delle strutture dovuti a fenomeni di dissesto geologico.

A tutto ciò si cercò di porre rimedio con importanti interventi strutturali, mirati a stabilizzare e rafforzare le murature dell'angolo SO della villa, per contrastare la spinta del terreno. Si tratta di muri in laterizi o contrafforti, posti di fianco a strutture precedenti. Queste attività si inquadrano probabilmente intorno alla metà del II secolo d.C., come suggerito dai bolli laterizi

rinvenuti nei successivi riempimenti e presumibilmente derivanti dai crolli delle strutture di questa fase di rinnovamento. Tale sforzo, infatti, evidentemente non fu sufficiente a contrastare il persistere dei cedimenti e questo settore fu abbandonato. A questo seguì un primo momento di accumulo naturale sui pavimenti, in cui i materiali si datano agli inizi del III secolo d.C.

Forse proprio per le distruzioni arrecate da tali fenomeni naturali, tale settore SO del sito fu scelto per l'installazione del cimitero infantile alla metà del V secolo d.C. circa. Quest'ultimo è costituito da semplici inumazioni nella terra, sepolture in anfora e tombe a cappuccina ospitanti l'inumazione di individui di età prenatale e perinatale morti probabilmente a causa di malaria⁴.

Il proseguimento delle ricerche sul sito di Poggio Gramignano ha quale obiettivo quello di comprendere in maniera più accurata l'evoluzione storica dell'insediamento nel corso dei secoli e i suoi limiti topografici, ma soprattutto quello di portare a termine lo scavo del cimitero infantile e capire se effettivamente la sua installazione e il suo sviluppo possano essere correlati allo scoppio di un'epidemia di malaria. A tale scopo, in concomitanza alle ricerche sul campo, sono state effettuate in laboratorio una serie di analisi genetiche (DNA) e paleonutrizionali, ancora in corso d'opera, su alcuni campioni ossei provenienti dagli individui rinvenuti durante gli scavi. Si auspica che queste analisi possano fornire nuovi dati necessari a definire più precisamente le cause e le modalità di sviluppo del cimitero infantile di Poggio Gramignano e in generale la ricostruzione della storia del sito, permettendo di avere una conoscenza più approfondita sullo stile di vita, sul tipo di ambiente e sull'origine etnica degli antichi abitanti di questo territorio nel V secolo d.C. (MONTAGNETTI *et al.* 2020).

R.M., D.G.P.

3. L'USO DI PYARCHINIT NELLA METODOLOGIA D'INDAGINE DEL SITO DI POGGIO GRAMIGNANO E LA SUA INTEGRAZIONE CON LE ALTRE TECNOLOGIE DIGITALI AL SERVIZIO DELL'ARCHEOLOGIA

Lo scavo è condotto con metodo stratigrafico registrando e catalogando ogni azione riscontrata nel terreno sin dal piano di campagna (HARRIS 1979). Per la gestione dei dati di scavo si ricorre all'utilizzo del GIS attraverso il software open source QGIS. All'interno della piattaforma creata è confluita tutta la documentazione elaborata nel corso delle varie campagne di scavo precedenti e quella delle missioni ancora in corso, costituita dai rilievi in scala dei vari strati e delle emergenze architettoniche rinvenute, dalle principali

⁴ Tale messa in fase del sito è ancora del tutto preliminare e dovrà essere confermata dal proseguimento delle ricerche sul sito.

schede di documentazione archeologica utilizzate nei cantieri di scavo e dalla documentazione fotografica prodotta nel corso delle indagini.

Nello specifico, tutta la mole dei dati prodotti durante le indagini archeologiche viene gestita all'interno della piattaforma dello scavo attraverso pyArchInit (MANDOLESI 2009a); tale soluzione è infatti l'unica a garantire una serie di praticità che al momento non si ritrovano in altri strumenti di questo tipo e che consistono in:

- mettere a disposizione dell'utente tutto ciò che serve per la documentazione di uno scavo archeologico, ovvero una serie interattiva di layer vettoriali e di tabelle, immagazzinati all'interno di un geodatabase, in cui far confluire l'enorme e diversa quantità di dati elaborati nel corso delle ricerche;
- una serie di tool predisposti dal plugin che permettono di automatizzare molte delle operazioni che si svolgono nel corso dell'elaborazione dei dati archeologici (elaborazione delle piante di scavo, piante di fase, redazione del matrix di Harris e delle schede e altro ancora), consentendo, in qualsiasi momento, il controllo sull'integrità del dato e la validità dell'output e abbattendo notevolmente, in questo modo, i tempi di lavoro;
- realizzare automaticamente delle "view", ovvero delle tabelle virtuali che fondono in sé dati provenienti dalle varie schede, costituendo così un ponte tra i dati alfanumerici e quelli cartografici, velocizzando le operazioni di analisi e di geoprocessing e agevolando l'interpretazione stessa dei dati elaborati;
- possibilità, infine, di avere più gestori per il singolo database spaziale, consentendo di dividere il lavoro di elaborazione fra vari operatori impiegati nello scavo o condividerlo con altri collaboratori al progetto. Quest'ultima cosa si è rivelata di particolare importanza in un progetto internazionale come questo di Poggio Gramignano che vede diverse università e specialisti provenienti da differenti paesi del mondo collaborare insieme.

In cantiere, per quanto riguarda il rilievo delle varie evidenze archeologiche vengono utilizzati in maniera alternata e talvolta combinata due diversi sistemi: uno manuale, condotto con le tecniche tradizionali del rilievo diretto effettuato con misurazioni tramite triangolazione o coltellazione e l'altro digitale, condotto con le tecniche della computer vision basate sugli algoritmi di SfM.

In entrambi i casi il rilievo fa affidamento su alcuni chiodi piantati a terra o alla sommità delle rovine ancora *in situ* per tutta l'area di indagine che sono stati battuti preventivamente con il GNSS. La posizione di tali chiodi viene ricontrollata ogni anno all'inizio della nuova stagione di scavo. Il loro numero inoltre viene implementato di pari passo all'avanzamento dello scavo in modo da avere una copertura sempre aggiornata e regolare di tutta l'area di indagine. Tali chiodi vengono dunque usati sia come origine per la triangolazione delle varie evidenze archeologiche nel rilievo manuale sia come Ground Control Point (GCP) durante l'acquisizione fotogrammetrica.

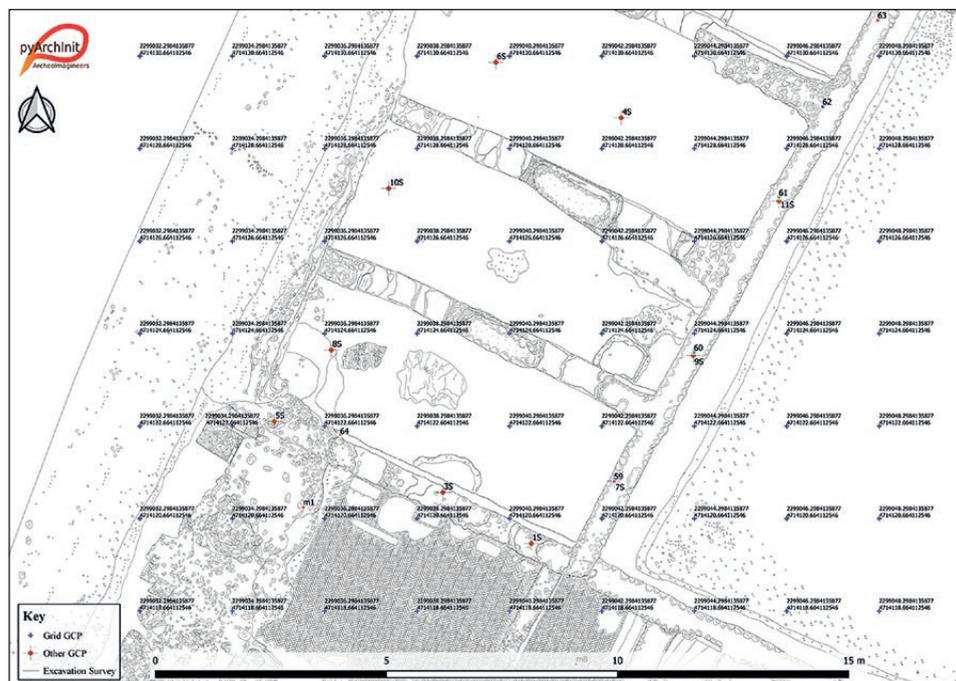


Fig. 2 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Pianta di “Inizio scavo” (R. Montagnetti 2019).

Per quanto riguarda il rilievo manuale delle varie US/USM, esso prevede, come prima procedura, la composizione di una “Pianta d’inizio scavo” in scala 1:20 (Fig. 2), realizzata utilizzando lo strumento “Editor mappe” di QGIS dopo aver georiferito l’area di scavo tramite il plugin georeferenziatore fornito dal software stesso. Per la realizzazione delle piante di inizio scavo si utilizza in genere il rilievo della pianta di fine scavo dell’ultima campagna effettuata. A tale pianta viene aggiunto il posizionamento dei chiodi fissi preventivamente dislocati all’interno dell’area di indagine (GCP) e il reticolo geografico sotto forma di una griglia larga 2 secondi di grado, in simbolo di croce, capace di scandire uno spazio di 2 m² (target topografici). L’inserimento del reticolo geografico, sotto forma di croce, serve principalmente ad aumentare l’accuratezza della georeferenziazione dei vari disegni manuali, garantendo sempre un numero adeguato di GCP e una distribuzione più regolare possibile degli stessi. Per ogni vertice della griglia vengono etichettate le corrispettive coordinate geografiche, così come per i punti che rappresentano i chiodi piantati su tutta l’area di scavo (GCP) per il rilievo manuale delle evidenze archeologiche.



Fig. 3 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Modello 3D ottenuto in seguito ad un rilievo aerofotogrammetrico dell'area di scavo attraverso l'utilizzo del drone (R. Montagnetti 2019).

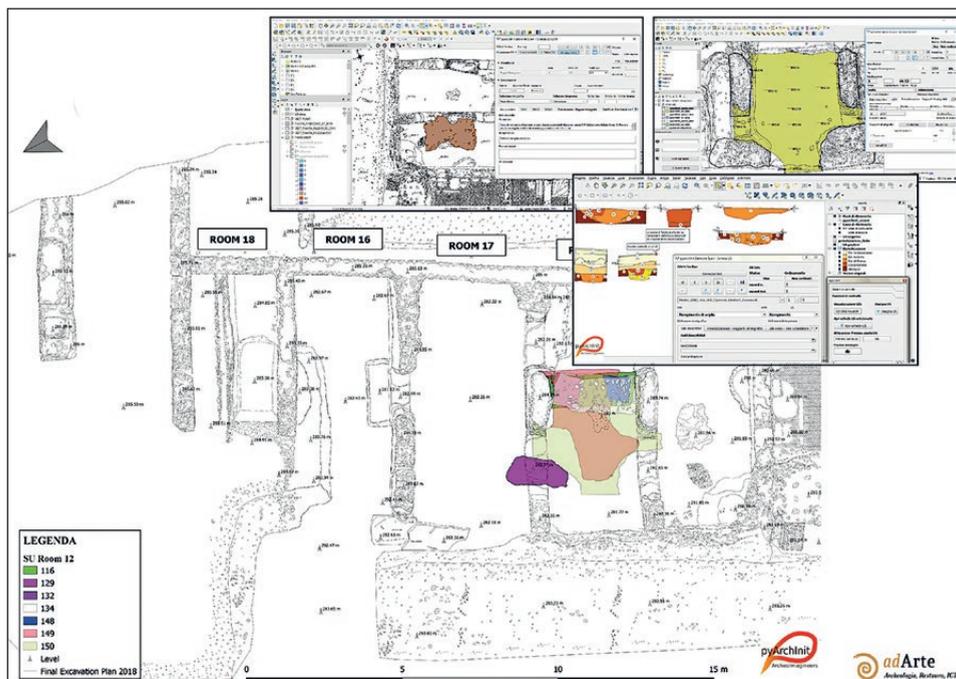


Fig. 4 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Esempi di vettorializzazione delle US/USM e delle sezioni e di compilazione delle schede di documentazione archeologica attraverso gli strumenti forniti da pyArchInit (R. Montagnetti 2019).

Il fine di questa procedura è quello di ottenere una base cartografica georiferita da stampare su plexiglass e portare in cantiere, indispensabile per elaborare in pochi minuti, durante lo scavo, piante cartacee ma già georiferite da inserire direttamente nel GIS. Infatti, con questo sistema, basta semplicemente prendere un foglio lucido, sovrapporlo sulla pianta di inizio scavo in corrispondenza dell'area dove più o meno si trova l'evidenza che deve essere disegnata e ricalcare da essa almeno 4 target topografici assieme alle corrispondenti coordinate di longitudine e latitudine. Fatta questa operazione, si trasferisce il lucido su una tavoletta da disegno e si esegue il rilievo manuale per triangolazione o *coltellatio*.

Ultimato il rilievo dei vari strati, si completa il lavoro georeferenziando in QGIS ogni lucido precedentemente scansionato. Tale operazione viene eseguita importando all'interno del georeferenziatore di QGIS i file relativi alle scansioni delle piante di strato elaborate a mano sul cantiere; il centro di ogni target riportato sul disegno deve corrispondere ai punti da selezionare sullo schermo necessari alla georeferenziazione. Selezionato il centro di ogni target con lo strumento "Aggiungi punto" e inserite manualmente le corrispondenti coordinate X e Y negli appositi riquadri, leggibili direttamente dal foglio lucido, è necessario avviare la trasformazione per ottenere la georeferenziazione di ogni singolo file (MONTAGNETTI, ROSATI 2019). Una volta georeferenziato ogni singolo strato, si può passare alla sua digitalizzazione direttamente in QGIS attraverso i layer vettoriali messi a disposizione da pyArchInit (cfr. Mandolesi *supra*).

Molto spesso, tuttavia, per velocizzare ulteriormente le operazioni sul campo e per il rilievo delle evidenze stratigrafiche più importanti e più ricche di dettagli si ricorre direttamente alla fotogrammetria (KRAUS 1994). Una volta ultimato il processo fotogrammetrico (Fig. 3), ogni ortofoto elaborata viene importata all'interno di QGIS e, come nel caso del procedimento seguito per i rilievi manuali, è possibile vettorializzare le varie evidenze individuate, attraverso i vettori messi a disposizione da pyArchInit, risparmiando notevole quantità di tempo e di manodopera, ma soprattutto elaborando rilievi molto più accurati (Fig. 4). Sempre con questo sistema, inoltre, al termine delle campagne di indagine, è possibile realizzare le piante di fine scavo (MONTAGNETTI, ROSATI 2019).

Per quanto riguarda invece i prospetti e le sezioni, siano esse cumulative, running section o "volanti", vengono disegnati sul campo attraverso il sistema tradizionale con la fettuccia metrica, utilizzando rigorosamente fogli di carta millimetrata di dimensioni standard di 0,40 m di larghezza × 0,27 m di altezza. Ultimati i disegni, tali fogli vengono scansionati per essere poi importati all'interno di QGIS e poterli vettorializzare. Per fare questo, si abilita all'interno di QGIS lo strumento enable grid e si settano i valori di X e di Y che il reticolo dovrà avere a seconda della scala utilizzata nel disegno manuale della sezione in cantiere. In pratica se si è utilizzata una scala 1:20,

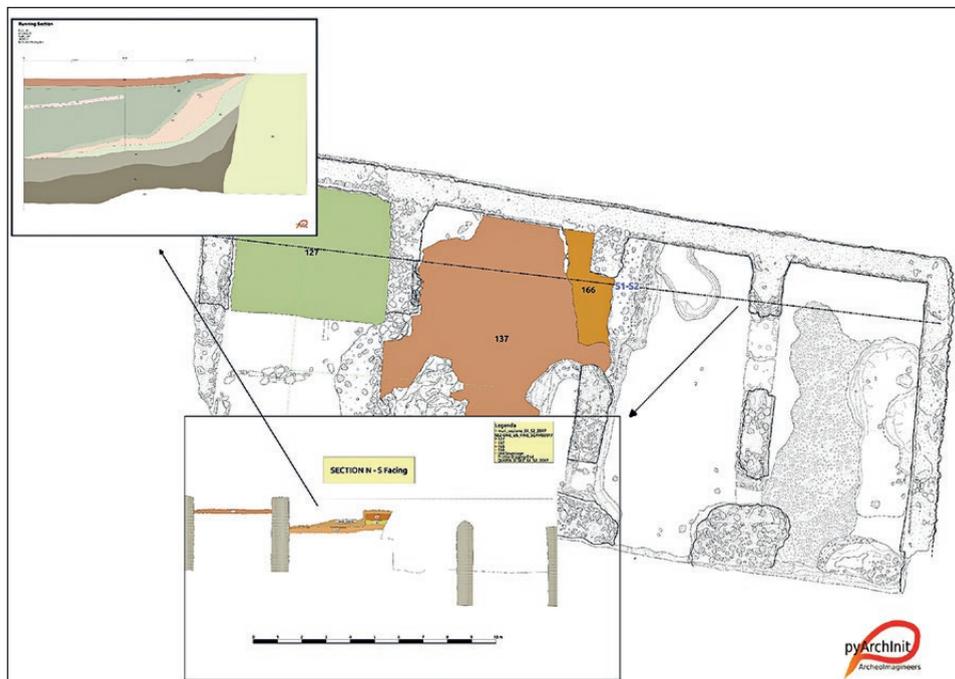


Fig. 5 – Poggio Gramignano, Lignano in Teverina (TR). Esempio di vettorializzazione delle US/USM di un prospetto attraverso gli strumenti forniti da pyArchInit (R. Montagnetti 2019).

sapendo che le dimensioni del foglio di carta millimetrata per il disegno sono di 0,40×0,27 m, il nostro reticolo dovrà avere un valore X = 8 m (0,40×20) e un valore di Y = 5.4 m (0,27×20). Lo stesso procedimento, ma moltiplicato per 10, si applica se invece abbiamo disegnato sezioni in scala 1:10. Il risultato di questa operazione è la composizione di un reticolo di cui ogni cella ha dimensioni di 8×5,4 m.

A questo punto con lo strumento di QGIS si procede georeferenziando la scansione del foglio di carta millimetrato contenente la sezione disegnata in cantiere, facendo coincidere i quattro estremi del foglio di carta da georeferenziare con i 4 vertici che costituiscono una cella del reticolo realizzato con lo strumento enable grid di QGIS. In seguito a questa procedura è possibile infine vettorializzare il disegno all'interno di QGIS con gli appositi vettori messi a disposizione, ancora una volta, del plugin pyArchInit (Fig. 5). Nello specifico per ognuno dei prospetti e delle sezioni da digitalizzare è stato creato un apposito progetto di QGIS. Tale soluzione risponde alla necessità di dover operare su una vista di prospetto (GIS verticale) e non di pianta (GIS orizzontale; come definiti da FORTE 2002, 34). Tuttavia il collegamento e

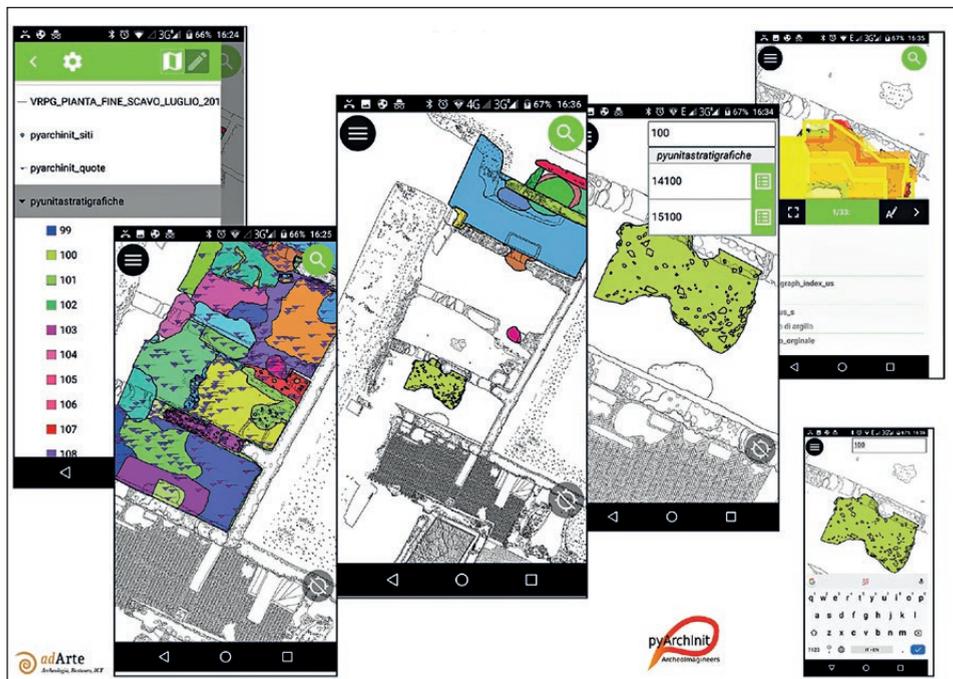


Fig. 6 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Trasferimento in Qfield del progetto (master) elaborato in QGIS (R. Montagnetti 2019).

l'interazione tra il GIS “orizzontale” e quello “verticale” sono assicurati dallo strumento “Azioni” di QGIS, che settato nella tipologia “Apri” permette di aprire altri progetti di QGIS direttamente dal progetto su cui si sta lavorando. In questo caso, cliccando a schermo con lo strumento “Esegui Azioni” il layer “Sezioni di scavo” di pyArchInit permette di aprire il file .qgz del corrispondente prospetto/sezione.

Per supportare al meglio le operazioni di scavo, la piattaforma GIS, contenente tutti i dati raccolti e organizzati attraverso i vettori e le tabelle alfanumeriche fornite da pyArchInit, viene trasferita anche su tablet per poter essere gestita e ulteriormente implementata direttamente in cantiere attraverso l'utilizzo di Qfield (<https://qfield.org/>, Fig. 6), un app Android scaricabile da Google Play e utilizzata anche in ambito archeologico (MONTAGNETTI, GUARINO 2021).

I vantaggi dell'utilizzo di questo sistema sono notevoli: innanzitutto permette di implementare la raccolta dei dati direttamente in cantiere, tenendo costantemente aggiornato il sistema e dando la possibilità di avere una continua overview del sito. Infatti, in questo modo si possono registrare

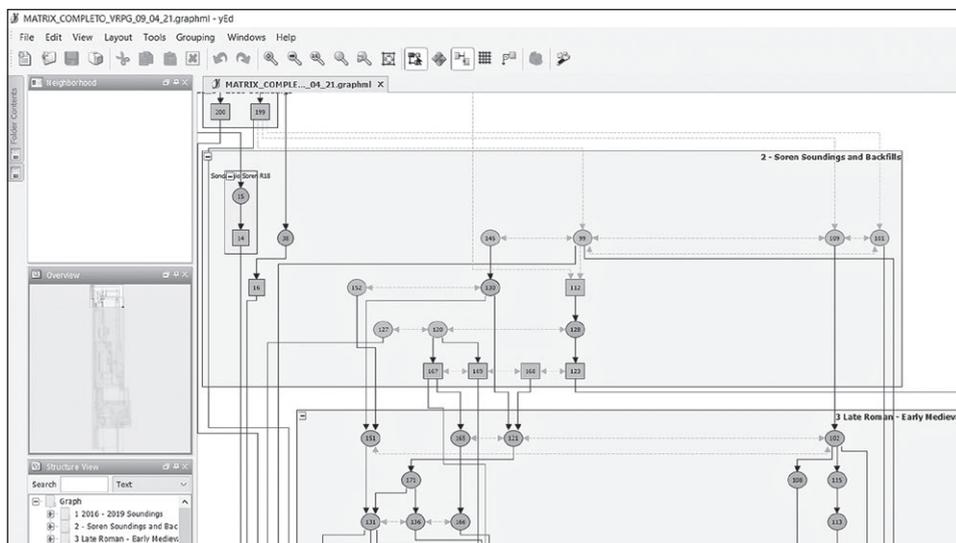


Fig. 7 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Esempio di esportazione del matrix di scavo attraverso pyArchInit (R. Montagnetti 2021).

direttamente i numeri delle varie UUSS/UUSSMM individuate di volta in volta durante lo scavo all'interno di Qfield, nell'apposita tabella "US_Table" di pyArchInit e sincronizzare poi il progetto di Qfield con quello del QGIS Desktop a fine di ogni giornata di scavo in modo da mantenere il sistema GIS centrale (master) sempre costantemente aggiornato. La tabella "US_Table" di pyArchInit non consente di registrare due o più US/USM aventi lo stesso numero. Grazie a questa impostazione si evita l'annoso problema di dover correggere nel database le differenti US a cui è stato dato erroneamente lo stesso numero. Così facendo, si riducono notevolmente i tempi di registrazione e informatizzazione dei dati nel database del sistema, eliminando definitivamente il dispendioso lavoro di digitalizzazione dei registri e delle schede cartacee e demandando alla piattaforma centrale (master), stoccata nel pc, soltanto il compito di controllo e di revisione degli stessi e l'onere di analisi topografiche e geospaziali più approfondite.

A proposito della revisione dei dati, pyArchInit facilita notevolmente questo compito, mettendo a disposizione una serie di funzioni specifiche a questo scopo. Tra queste, quella più importante è sicuramente il ricontrollo automatico della validità delle relazioni stratigrafiche tra le varie US/USM registrate nel database, segnalando ogni volta, attraverso il rilascio di un documento di testo, tutti i rapporti mancanti o non verificati o i cosiddetti "paradossi stratigrafici". In seguito a questo ricontrollo, premendo un

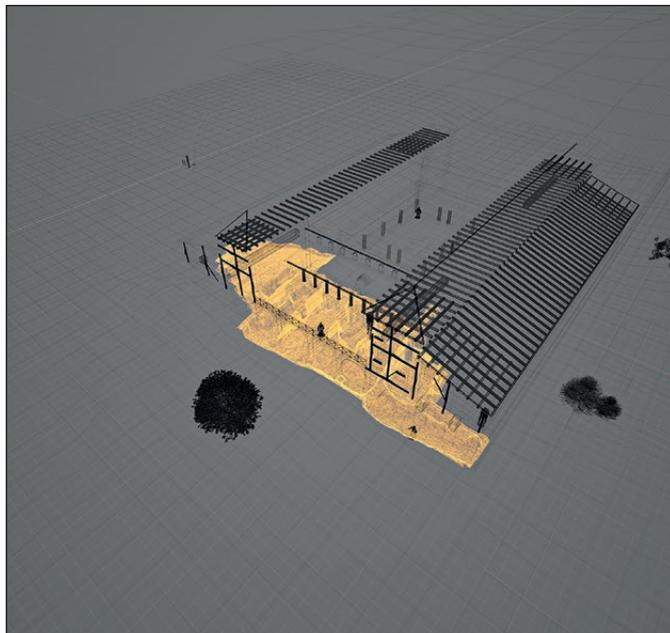


Fig. 8 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Esempio di esportazione della documentazione vettoriale dello scavo in Blender e preliminare ricostruzione tridimensionale degli ambienti scavati (L. Mandolesi 2021).



Fig. 9 – Poggio Gramignano, Lugnano in Teverina (TR). Preliminare esempio di ricostruzione tridimensionale della *pars urbana* della villa (L. Mandolesi 2021).

apposito pulsante, è possibile quindi esportare il diagramma stratigrafico di scavo (matrix) di cui, a questo punto, si può avere certezza in merito alla sua correttezza (Fig. 7). Non solo, certi ormai della validità dei dati, è possibile esportare direttamente in .pdf la varie schede redatte e i relativi elenchi attraverso appositi pulsanti presenti all'interno delle stesse.

Rimanendo nell'ambito delle esportazioni, merita un cenno, quella relativa alle piante di Periodo/Fase resa possibile sempre da un apposito strumento del plugin che automatizza questa funzione in seguito alla compilazione dell'apposita "Scheda di Periodizzazione" (Periodizzazione_Table).

Nello scavo di Poggio Gramignano, infine, è affidato al plugin anche l'annoso onere della gestione e dell'organizzazione della cospicua documentazione fotografica acquisita, attraverso lo strumento "Gestore di Immagini". Le foto dei singoli strati, reperti, strutture, tombe e individui, una volta caricate nel database di pyArchInit, vengono collegate attraverso un tag al record delle varie schede di documentazione archeologica a cui si riferiscono. Tale operazione consente, oltre che di visualizzare le foto all'interno delle interfacce grafiche delle schede quando si consultano queste ultime, anche di esportare automaticamente l'elenco di tutta la documentazione fotografica raccolta con tanto di indicazione del numero di foto, del numero di US/USM, Reperto, Struttura o Tomba a cui le foto si riferiscono e di una breve descrizione. Non solo, con questo sistema, tutta questa quantità di foto viene automaticamente divisa dal Gestore di Immagini del plugin in differenti cartelle distinte per numero di US/USM, per numero di Reperto, Struttura o Tomba. Questa procedura, in un progetto pluriennale come Poggio Gramignano, ha velocizzato enormemente il lavoro di gestione delle fotografie acquisite permettendo una costante messa in ordine delle stesse.

In ultimo, la documentazione vettoriale e raster prodotta – in particolar modo i DSM e i DEM ottenuti in seguito al processo fotogrammetrico e la documentazione fotografica dei manufatti rinvenuti – viene poi riutilizzata in Blender per creare ricostruzioni tridimensionali virtuali delle diverse fasi di vita dell'insediamento, del paesaggio storico in cui era inserito e dei manufatti più significativi ritrovati a scopo sia informativo che divulgativo e in termini di valorizzazione turistica (Figg. 8-9) (MONTAGNETTI, MANDOLESI 2019, 30-41).

R.M.

LUCA MANDOLESI, ROBERTO MONTAGNETTI
adArte s.n.c.

Rimini, Società di ricerca per i Beni Culturali
luca@adarteinfo.it, robertomontagnetti@gmail.com

DAVID GERALD PICKEL

Department of Classics, Stanford Archaeology Center
dpickel@stanford.edu

BIBLIOGRAFIA

- BRASCHI G. 2009, *Antico Catasto Calindri, dalla centuria romana al WEBGIS*, Villa Verrucchio, Pazzini.
- COCCA E. 2014, *Kojtepa 2013: The use of 3D for the drawings of excavation. A methodological approach*, «Newsletter di Archeologia CISA», 5, 1-20 (https://www.researchgate.net/publication/301299033_KOJTEPA_2013_THE_USE_OF_3D_FOR_THE_DRAWINGS_OF_EXCAVATION_A_METHODOLOGICAL_APPROACH).
- COCCA E. 2015, *Il GIS nell'ambito di sistemi innovativi per la gestione del dato archeologico. Sviluppo e implementazione di un sistema gestionale e analitico con strumenti open source di banche dati archeologiche. Caso studio Grotta di Fumane*, Phd Thesis, Università di Ferrara.
- COCCA E., MANDOLESI L. 2016, *Analisi statistiche e geostatistiche con pyArchInit: prima sperimentazione*, in P. BASSO, A. CARAVALE, P. GROSSI (eds.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IX Workshop (Verona 2014)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 8, 132-140 (http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl_8/18_Cocca-Mandolesi.pdf).
- FORTE M. 2002, *I Sistemi Informativi Geografici in archeologia*, Roma, MondoGis.
- FRANCOVICH R. 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 15-27.
- FRANCOVICH R., PASQUINUCCI M., PELLICANÒ A. (eds.) 2001, *La Carta Archeologica fra ricerca e pianificazione territoriale. Atti del Seminario di Studi organizzato dalla Regione Toscana, Dipartimento delle Politiche Formative e dei Beni Culturali*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- FRANCOVICH R., VALENTI M. 2000, *La piattaforma G.I.S. dello scavo ed il suo utilizzo: l'esperienza di Poggibonsi*, in G.P. BROGIOLO (ed.), *Il Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Brescia 2000)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 14-20.
- FRONZA V. 2000, *Il sistema di gestione degli archivi dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Una soluzione all'interno della "soluzione G.I.S."*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 125-137 (<http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF11/1.08%20Fronza.pdf>).
- FRONZA V. 2003, *Principi di Database Management in archeologia: l'esperienza senese*, in R. FIORILLO, P. PEDUTO (eds.), *III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Salerno 2003)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 629-632.
- FRONZA V., NARDINI A., VALENTI M. 2009, *Informatica e archeologia medievale. L'esperienza senese*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- GUGNALI S., MANDOLESI L., DRUDI V., MIULLI A., MAIOLI M.G., FRELAT M.A., GRUPPIONI G. 2012, *Design and implementation of an open source GIS platform for management of anthropological data in Journal of Biological Research*, «Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale», 350-353 (<https://doi.org/10.4081/jbr.2012.4165>).
- GUIDI A. 1994, *I metodi della ricerca archeologica*, Roma-Bari, Laterza.
- HARRIS E.C. 1979, *Principles of Archaeological Stratigraphy*, London-San Diego, Academic Press.
- KRAUS K. 1994, *Fotogrammetria*, Torino, Ed. Levrotto & Bella.
- MANDOLESI L. 2005, *Progettazione e implementazione di un DBMS relazionale per la gestione e l'analisi di contesti archeologici. Dal deposito alla sintesi storica: il caso della ceramica di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Si)*, Tesi di Laurea, Università di Siena.
- MANDOLESI L. 2009a, *pyArchInit - python, QGIS e PostgreSQL per la gestione dei dati di scavo*, in P. CIGNONI, S. PALOMBINI, S. PESCARIN (eds.), *ArcheoFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma 2009)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 2, 209-222 (http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl_2/20_Mandolesi.pdf).

- MANDOLESI L. 2009b, *Catasti antichi e G.I.S.*: “Progetto E.L.I.S.A.”, in BRASCHI 2009, 19.
- MANDOLESI L., COCCA E. 2013, *pyArchInit: gli sviluppi dopo ArqueoFOSS 2009*, in M. SERLORENZI (ed.), *ArqueoFOSS Free, Libre and Open Source Software e Open format nei processi di ricerca archeologica. Atti del VII Workshop (Roma 2012)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 4, 128-138 (http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl_4/14_Mandolesi_Cocca.pdf).
- MATTIVI P., PAPPALARDO S.E., NIKOLI N., MANDOLESI L., PERSICHETTI A., DE MARCHI M., MASIN R. 2021, *Can commercial low-cost drones and open-source GIS technologies be suitable for semi-automatic weed mapping for smart farming? A case study in NE Italy*, «Remote Sensing», 13, 10, 1869 (<https://doi.org/10.3390/rs13101869>).
- MONTAGNETTI R., GUARINO G. 2021, *From Qgis to Qfield and vice versa: How the new Android application is facilitating the work of the archaeologist in the field*, «Environmental Sciences Proceedings», 10, 1, 6 (<https://doi.org/10.3390/envirosciproc2021010006>).
- MONTAGNETTI R., MANDOLESI L. 2019, *QGIS, pyArchInit and Blender: Surveying and management of archaeological data with open source solutions*, «Archeomatica», 10, 4, 30-41 (<https://www.yumpu.com/it/document/view/63265774/archeomatica-4-2019>).
- MONTAGNETTI R., PICKEL D., WILSON J., RIZZO F., SOREN D. 2020, *New research in the Roman villa and late Roman infant and child cemetery at Poggio Gramignano (Lugnano in Teverina, Umbria, Italy)*, «European Journal of Post-Classical Archaeologies», 10, 279-302 (http://www.postclassical.it/PCA_Vol.10_files/PCA10_Montagnetti-et-al.pdf).
- MONTAGNETTI R., ROSATI P. 2019, *Georiferire la stratigrafia archeologica*, in P. GROSSI et al. (eds.), *ArqueoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, Atti del XII Workshop (Roma 2018)*, «Archeologia e Calcolatori», 30, 463-466 (<https://doi.org/10.19282/ac.30.2019.30>).
- NARDINI A. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi. Dalla creazione del modello dei dati alla loro lettura*, in A. D'ANDREA, F. NICCOLUCCI (eds.), *Atti del I workshop Nazionale di Archeologia Computazionale (Napoli-Firenze 1999)*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 111-123 (<http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF11/1.07%20Nardini.pdf>).
- PELLICANÒ A., SASSOLI U. 2001, *Il progetto Carta Archeologica della Regione Toscana*, in R. FRANCOVICH, M. PASQUINUCCI, A. PELLICANÒ (eds.), *La Carta Archeologica fra ricerca e pianificazione territoriale. Atti del Seminario di Studi organizzato dalla Regione Toscana, Dipartimento delle Politiche Formative e dei Beni Culturali, Firenze, All'Insegna del Giglio*, 21-23.
- VALENTI M. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e “soluzione GIS”*, in A. D'ANDREA, F. NICCOLUCCI (eds.), *Atti del I Workshop Nazionale di Archeologia Computazionale (Napoli-Firenze 1999)*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 93-109 (<http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF11/1.06%20Valenti.pdf>).

SITOGRAFIA

- <https://www.claris.com/it/filemaker/pro/>
<https://www.python.org/>
<https://www.postgresql.org/>
<https://www.gaia-gis.it/>
<https://www.QGIS.org/it/site/>
<https://github.com/pyarchinit/pyarchinit>
<https://www.arqueo3.it/>
<https://qfield.org/>
<https://pyarchinit.org/>

ABSTRACT

This contribution traces the history of pyArchInit, the first QGIS plugin created directly by archaeologists for the management of archaeological sites. The article describes the structure of the plugin, its features and the main innovations brought to the field of archaeological data management compared to the commonly used applications (CAD and Office package). Furthermore, practical examples of its use and potential will be provided through the description of the methodological procedure, based on pyArchInit, put into the field during the excavation of the archaeological site of Poggio Gramignano - Umbria - Italy. Such excavation is directed by Prof. David Soren of the University of Arizona and has revealed the remains of an important Roman villa reused in the Late Roman period as a cemetery for children.