

V-REPEAT COME ESPERIMENTO TRA ARCHEOLOGIA VIRTUALE E METAVERSO

1. INTRODUZIONE

Il presente contributo non rappresenta un punto di arrivo di un progetto di Ricerca, ma alcune considerazioni prodromiche ad un possibile sviluppo in senso teorico e metodologico, soprattutto legandosi ai concetti di rilievo tridimensionale in archeologia e alle applicazioni 3D, che sono state uno degli argomenti principali trattati nelle Giornate di Studi. Queste riflessioni che seguiranno sono frutto di questo dibattito e dello sforzo realizzato nei mesi seguenti all'interno della nuova Arena del Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Siena, denominata "Nuove tecnologie nella Ricerca sul Patrimonio Culturale" erede del Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale (LIAAM), sulla tridimensionalità e realtà alternativa.

L'archeologia, fin dai primi approcci analitici, ha sofferto di un limite che ne impediva di fatto di essere assimilata ad una disciplina scientifica; nel corso degli ultimi decenni gli archeologi hanno sperimentato, collegialmente accettato e utilizzato determinati protocolli per rendere l'indagine stratigrafica sempre più confrontabile, verificabile e documentata; per quanto riguarda il panorama italiano, le ultime evoluzioni di tali sistemi devono essere rintracciati nell'uso della documentazione grafica 3D, prima con l'utilizzo di laserscanner (PERIPIMENO 2006), poi con tecnologie di passaggio come lo Zscan (ARRIGHETTI 2012) e infine con l'utilizzo globale della fotogrammetria per il rilievo archeologico (PUTZOLU, VINCENZUTTO 2013).

Il sogno di documentare in tre dimensioni è stato (e lo è ancora di più oggi) il miraggio di ogni archeologo, con l'obiettivo di riproporre un vero e proprio gemello digitale dello scavo; tutto ciò anche in ottica di ricostruzione e di comunicazione della ricerca (DE FELICE *et al.* 2008, 277). Nonostante questo processo metodologico, l'archeologia non ha fatto nessun passo in avanti e lo scavo è sempre un'attività distruttiva e un esperimento non ripetibile. Come giustamente sottolineato da Carandini, se una lettura errata di un documento non cancella il testo e un'interpretazione sbagliata di un'immagine non distrugge l'opera, uno scavo stratigrafico condotto in maniera impropria e senza perizia non permette di accrescere il potenziale informativo storico e archeologico, ma addirittura ne impedisce una futura correzione (CARANDINI 2000, 13).

Ne consegue che uno scavo stratigrafico rappresenta un momento di profonda responsabilità da parte degli archeologi, che deve essere condotto

con professionalità, esperienza, coscienza e onestà intellettuale. L'unico espediente ancora oggi possibile, per lasciare traccia delle azioni di distruzione del deposito è una corretta documentazione dello scavo, che deve essere realizzata in dettaglio e sfruttando tutte le tecnologie a disposizione, che possano migliorarne il risultato.

2. L'UNITÀ STRATIGRAFICA 3D

L'unità stratigrafica, intesa come entità minima della stratigrafia, corrisponde alla traccia rimanente di una determinata azione avvenuta nel passato (HARRIS 1975). Le unità stratigrafiche positive, sia quelle orizzontali sia quelle verticali, dato che sono il risultato di apporto di materia (al contrario delle negative che invece risultano essere asporti), sono composte da elementi dotati di estremo potenziale informativo. A questo aspetto va riconlegato uno dei maggiori limiti apparsi nei tentativi “pionieristici” di documentazione tridimensionale delle UUSS; la mancanza di volume. Gli strati erano delle superfici, oppure addirittura erano nuvole di punti, che mal si prestavano al concetto di digital twin della stratigrafia.

La soluzione a tale criticità è stata ben presto trovata attraverso un *escamotage*, che consisteva nel rilevare sia la superficie superiore sia quella inferiore della stessa US; il progresso tecnologico ha recentemente permesso di creare protocolli di lavoro più o meno speditivi per ottenere da due superfici acquisite tramite fotogrammetria e/o laserscanner, un volume, conquistando quindi la fantomatica terza dimensione mancante in archeologia (ORENGO 2013; GAVRYUSHKINA 2021; POGGI *et al.* 2022); ma così abbiamo soltanto evitato il problema. La ricerca della tridimensionalità in senso analitico e non solo in termini di visualizzazione è un problema molto più ampio, che non è riconducibile solo al volume; quest'ultimo, in definitiva, è solo un numero, che deve essere stigmatizzato in una caratteristica spaziale dell'entità. Non è mio intento sottovalutare il potere informativo di questo valore numerico; sono consci del fatto che determinando questo indice possiamo avere informazioni archeologiche e storiche riguardanti il lavoro, la vita, le dinamiche deposizionali e post deposizionali, ma pensare di ridurre un problema ventennale ad un protocollo esecutivo mi sembra una scelta al ribasso.

Non limitandosi a valutare un “numero”, ciò che la volumetria suggerisce è che gli strati sono contenitori densi di informazioni, caratterizzati da presenza di ecofatti e manufatti, oltre a dati indicanti la formazione del deposito. I reperti, che siano essi appunto di natura antropica o naturale, la matrice del terreno, o le malte nel caso delle murature, rappresentano necessarie entità per la ricostruzione storica, sociale, economica, ecologica, rituale (HARRIS 1989, 51). Se, come già sottolineato in precedenza, risulta essere impossibile replicare lo scavo archeologico, un dovere dell'archeologo dovrebbe essere

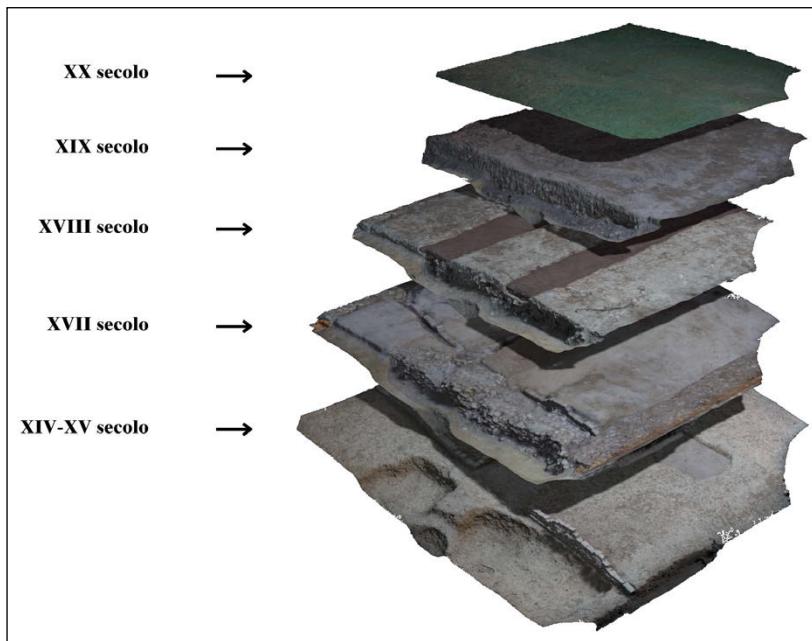


Fig. 1 – Sequenza stratigrafica del settore B dell'area 3 dell'abbazia di San Galgano. Rilievo fotogrammetrico delle singole UUSS.

quello di ricomporre la sequenza; in questo senso si tratta di offrire la possibilità agli specialisti di replicare l'esperienza di scavo e permettere così una *post-hoc analysis*. Tale circostanza sarà possibile soltanto nel momento in cui la restituzione dell'elaborato sarà fedele in ogni sua parte dell'originale.

È ancora opinione abbastanza diffusa quella di ritenere la lettura e lo scavo della sequenza stratigrafica come un'operazione soggettiva: tale affermazione, oltre a svilire e depotenziare la nostra professione, lede le basi stesse della nostra disciplina. Non vi può essere un'altra via rispetto a quella di ritenere la sequenza stratigrafica (e la sua conseguente ricostruzione) come l'immagine fedele dei modi e dei ritmi di deposizione e di formazione del deposito (LA SALVIA 2015, 54). Non esistono diverse visioni della sequenza, ma ne esistono solamente due: una corretta e una sbagliata. Consolidato l'approccio scientifico alla stratificazione e alla stratigrafia, la ricostruzione della sequenza diventa di fatto un *digital twin* di ciò che abbiamo distrutto in corso dell'indagine (Fig. 1). La documentazione grafica, in questa prospettiva, non deve essere intesa come prima astrazione e alleggerimento della materialità (DE FELICE 2012, 18), ma invece come una sua fedele copia digitale.

Gli strumenti informatici sviluppati negli ultimi 15 anni permettono di avere a disposizione soluzioni per documentare in tre dimensioni la sequenza stratigrafica, anche se molto spesso, ad una acquisizione di informazioni spaziali 3D segue poi una conversione in due dimensioni, per questioni legate alla gestione del dato, presentazione e analisi. La fotogrammetria, per quanto abbia avuto un successo straordinario e rivoluzionato i protocolli di documentazione dello scavo archeologico da almeno 10 anni, spesso viene utilizzata più come acceleratore delle operazioni in fase di indagine rispetto alla sua funzione reale; effettivamente tale metodologia ha permesso di semplificare le azioni di rilievo, perlomeno sul campo (sul risparmio di tempo si veda BERTOLDI 2018). Ma il potenziale informativo di questa tecnica, al tempo spesso tridimensionale e speditiva, viene ridotto nel momento in cui ortofoto e Dem vengono esportati per il GIS.

2.1 *Molecole e atomi d'archeologia*

Data l'esistenza degli strumenti per poter documentare in tre dimensioni il deposito stratigrafico e la cultura materiale, è necessario trovare un protocollo esecutivo per poter ricostruire la successione nella sua globalità; ma prima è necessario inquadrare il tema sotto un punto di vista teorico. Se il sito può essere paragonato ad un organismo, che nel corso del tempo si sviluppa, muta e può morire, le unità stratigrafica e reperti dovrebbero essere considerati come molecole (le prime) e atomi (i secondi); due identiche unità stratigrafiche (per composizione, forma, volume) potranno avere due distinti esiti archeologici sulla base della qualità e della quantità dei reperti in esse contenuti; senza addentrarci in questioni di carattere prettamente speculativo e di senso interpretativo legati alla funzione dei singoli contesti e concentrando soltanto su aspetti "misurabili", ogni dataset di reperti può offrire elementi di analisi sul tasso di residualità e quindi sulla datazione del contesto e sulla fenomenologia di formazione.

Ripercorrendo la strada fin dalle origini della disciplina significa riconsiderare il ruolo fondamentale delle componenti che abbiamo definito "atomiche" e sull'importanza che le stesse hanno nel processo di interpretazione della singola azione; come già sottolineato, il ruolo della residualità, benché in Italia ci siano stati importanti contributi sul tema (su tutti si vedano gli atti del convegno romano svoltosi all'École française de Rome, GUIDOBALDI *et al.* 1998 e un importante riflessione metodologica di aggiornamento, GIANNICCHEDDA 2007) e approcci di straordinaria contemporaneità e rigore metodologico (a titolo esemplificativo, MILANESE 1991), risulta essere ancora troppo sottovalutato. Addirittura talvolta taciuto è invece il ruolo dell'intrusività nei processi stratigrafici: ancora relegato alle radici che spingono in basso i reperti, il movimento dei fluidi e alle tane dei piccoli animali (HARRIS 1989, 121), data l'impossibilità di avere un reperto realizzato in un momento successivo alla

data di formazione dello strato, l'intrusione è un fenomeno che gli archeologi considerano anomalo e addirittura fastidioso; il presupposto archeologico, quasi assiomatico, è che sia il reperto più recente a datare (DYMOND 1974, 30-31), solo però se il contesto stratigrafico analizzato risulta essere sigillato da azioni successive apportanti materia (BARKER 1977, 175).

Il paradosso di Wareham (Dorset) degli anni '50 del secolo scorso illustra con particolare efficacia quanto importante fosse questo assioma; i bastioni della città sembravano avere una datazione pre Normanna, ma nel dataset ceramico, in associazione con grandi quantità di ceramiche datate tra l'età del ferro e quella postclassica vi era un frammento proveniente dal terrapieno di età Normanna (quindi assiomaticamente inconciliabile con la datazione pre Normanna). Dopo un acceso dibattito venne accettata la datazione pre Normanna e che il frammento ceramico fosse un'intrusione non identificata (DYMOND 1974, 31-32).

Già Harris contemplava la possibilità che il fenomeno dell'intrusione fosse figlio di una meccanica degli eventi un po' più complessa e anche estremamente più comune (HARRIS 1989, 121) e soprattutto i reperti devono essere valutati non tanto nel singolo contesto, ma nell'intera sequenza stratigrafica. Carandini introduce concetti ancora più chiari ed esplicativi: la zona di transizione è quel volume, collocato tra due diversi strati, che implica una

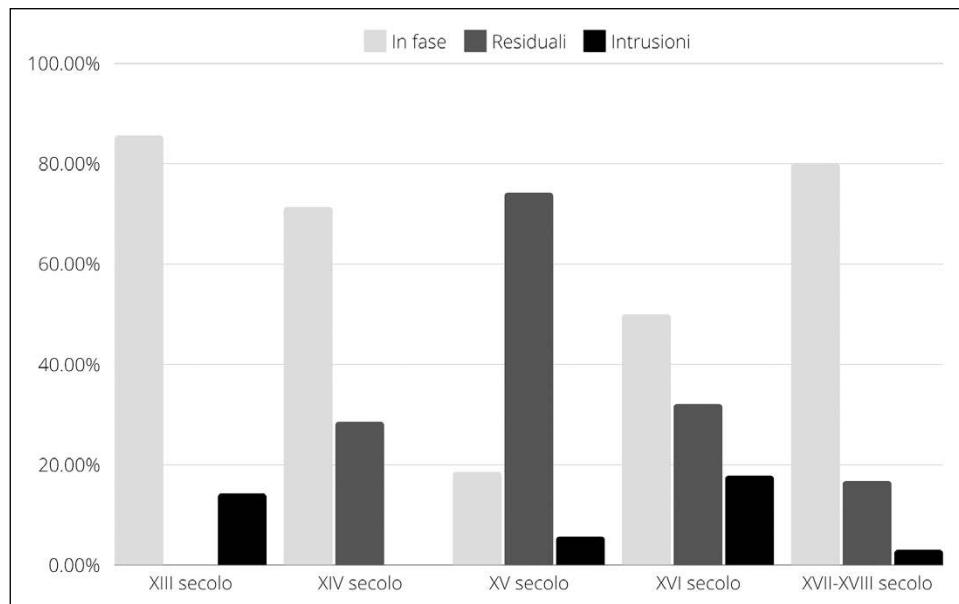


Fig. 2 – Percentuali dei reperti in fase rispetto alla datazione delle stratigrafie nel contesto dell'abbazia di San Galgano.

incoerenza nella restituzione materiale (CARANDINI 2000, 66-67). Esiste comunque un piano di trapasso, che rappresenta il momento in cui uno strato smette di essere sé stesso e ne diventa un altro; ma l'approccio in questione, pertanto ampiamente condivisibile e più legato alla realtà grazie al concetto di “sfumatura”, contempla un possibile caos cronologico e un'incoerenza nella cultura materiale nelle due zone di transizione ottenute dividendo gli strati con un piano di trapasso. In definitiva, è plausibile individuare reperti più recenti rispetto alla cronologia dell'unità stratigrafica.

Analizzare (e permettere di analizzare successivamente) la struttura con cui si forma la materia permette una comprensione totalizzante, che non può essere eseguita studiando un contesto senza considerarne le componenti. Documentare in termini “atomici” significa quindi replicare in digitale ciò che l'archeologo ha effettuato sul campo e in laboratorio; in definitiva permettere una documentazione integrale di ciò che nessun altro potrà fare in futuro (Fig. 2).

2.2 *Dagli atomi alle particelle*

Sebbene utilizzi fonti diverse e talvolta le conclusioni delle due diverse professionalità conducano verso strade profondamente diverse, l'archeologo è uno storico e il suo compito è quello di comprendere il passato delle donne e degli uomini attraverso le tracce materiali. L'archeologo studia la cultura materiale, ma questa è soltanto uno strumento per poter ricostruire i processi e i complessi sociali, economici e culturali degli esseri umani. Alcuni tipi di analisi, dalle più tradizionali di tipo stilistico e morfologico a quelle archeometriche, possono contribuire alla ricostruzione dei processi produttivi e delle tecnologie adottate dagli artigiani; ma tali strumenti aiutano a comprendere nel dettaglio i circuiti commerciali, di approvvigionamento delle risorse, di movimento delle persone, degli animali e delle cose.

In questo senso quindi, l'analisi delle componenti dell'oggetto è uno strumento oggi divenuto imprescindibile per l'archeologia e la storia. L'approccio che si propone è quindi quello di osservare il deposito stratigrafico come un contesto multivariato e multilivello, che occupa un determinato spazio in un palinsesto storico e geografico (il paesaggio, ultra macro level), che ha una determinata fisicità (l'azione in sé, macro level), che può contenere manufatti ed ecofatti (i reperti, meso level), che a loro volta sono contenitori di informazioni chimiche (dati archeometrici, micro level); procedendo quindi dal corpo alla particella in un processo di scomposizione e ricomposizione continua.

3. V-REPEAT

Il Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali dell'Università di Siena, nel progetto SOPaC (acronimo di Sostenibilità e Occupabilità nel

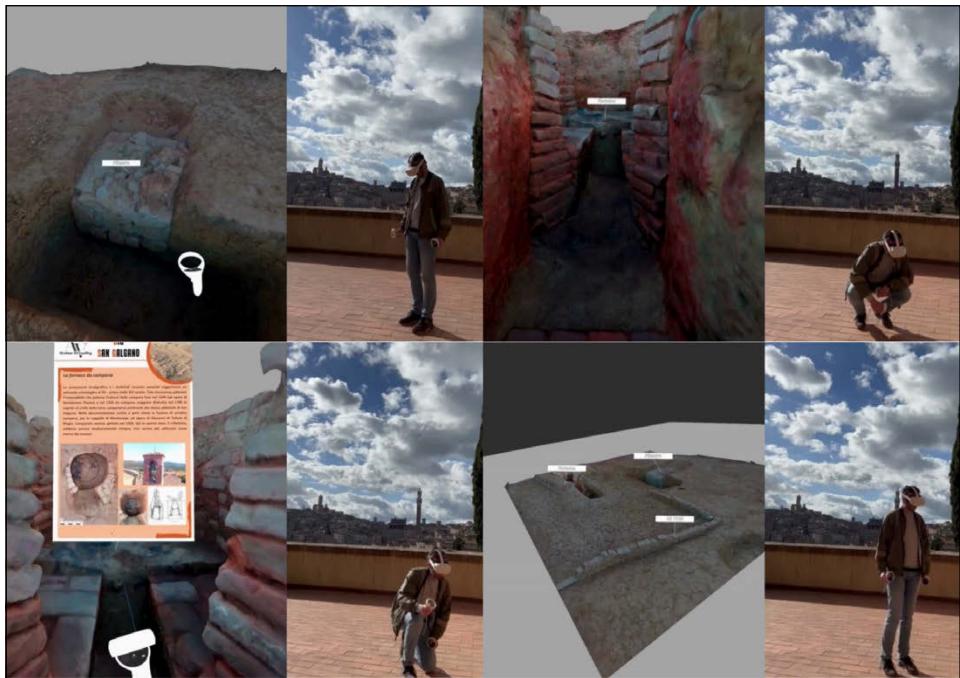


Fig. 3 – Esperienza virtuale di scavo simulato tramite visori VR.

Patrimonio Culturale, Dipartimento di Eccellenza 2023-2027) e nell’ambito del Laboratorio di Nuove tecnologie nella Ricerca sul Patrimonio Culturale sta conducendo una riflessione teorica e metodologica per ripetere virtualmente l’esperimento di scavo. Archeo Virtuality è un totem messo a disposizione degli studenti caratterizzato da tre moduli con esperienze diversificate; in una di queste è possibile scomporre la stratigrafia dell’abbazia di San Galgano, in un settore indagato nell'estate 2022 e tuttora in corso di studio.

Si tratta di un’area con misure 12x8 m, localizzata all’interno (nella parte centrale) del refettorio dei cistercensi, fondato a cavallo tra I e II quarto del XIII secolo. In questa zona, sui lati, nel corso del XIV secolo dovevano trovarsi i tavoli dei monaci e agli inizi del XV secolo, quando l’edificio era già defunzionalizzato, venne realizzata una fornace da campana da parte del campanaio senese Giovanni di Tofano di Magio per la chiesa di Montesiepi (Fig. 3). La zona meridionale del corpo di fabbrica è stata invece indagata nel corso dell'estate del 2021 e ha permesso di ipotizzare la presenza del tavolo dell’abate e del priore (MENGHINI, PALMAS 2022).

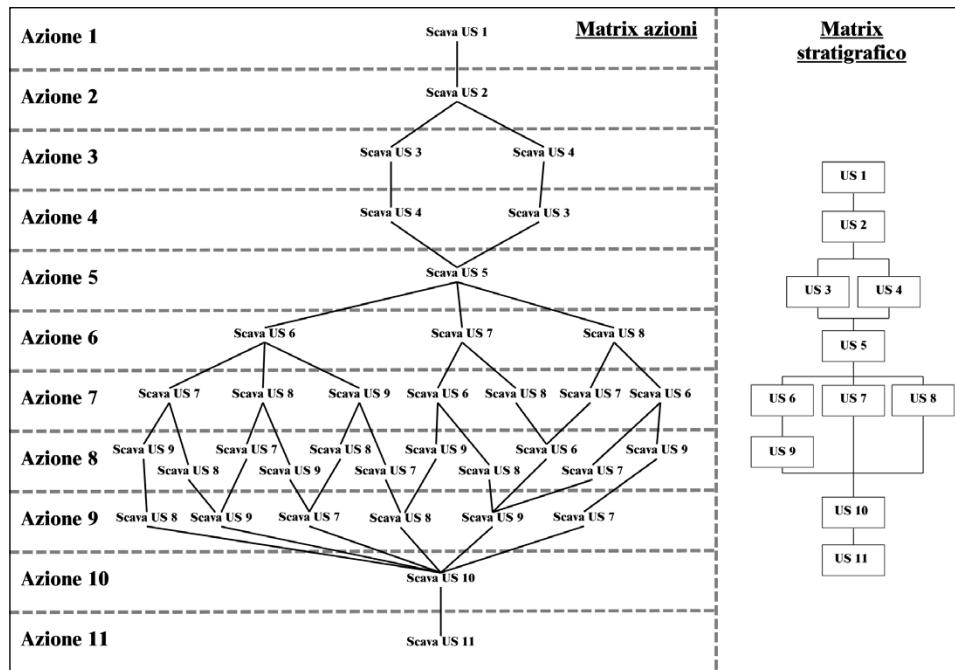


Fig. 4 – Esempio di diagramma delle azioni di scavo in confronto al matrix stratigrafico.

Il progetto consiste in un modello tridimensionale della stratigrafia (dal piano di campagna attuale all'argilla non antropizzata) ottenuta tramite rilievi fotogrammetrici, in cui ogni unità di indagine è stata perimetrata e ritagliata, per permettere quindi la ricomposizione del pacchetto stratigrafico. L'utente non può procedere liberamente nello scavo virtuale, ma è costretto a scavare smontando in successione le varie azioni antropiche e naturali; di fatto, replica ciò che ha fatto l'archeologo, anche se può scegliere con indipendenza alcune situazioni di variabilità. Per esempio, due fosse riempite da strati di terra possono essere scavate nella successione che l'utente predilige. Quindi non solo è possibile replicare ciò che l'archeologo ha realmente fatto, ma anche tutto quello che avrebbe potuto fare rispettando la sequenza stratigrafica.

Tale libertà, che deve essere forzatamente garantita per replicare in maniera fedele i fenomeni di deposizione e le scelte degli archeologi, può raggiungere livelli notevoli di complessità, di fronte a situazioni stratigrafiche in cui sono presenti contesti senza rapporti diretti. La progettazione del V-repeat implica anche la costruzione di un diagramma delle scelte che un archeologo può fare nel momento in cui scomponete la stratigrafia; non un matrix delle US, ma un matrix delle azioni quindi (Fig. 4).

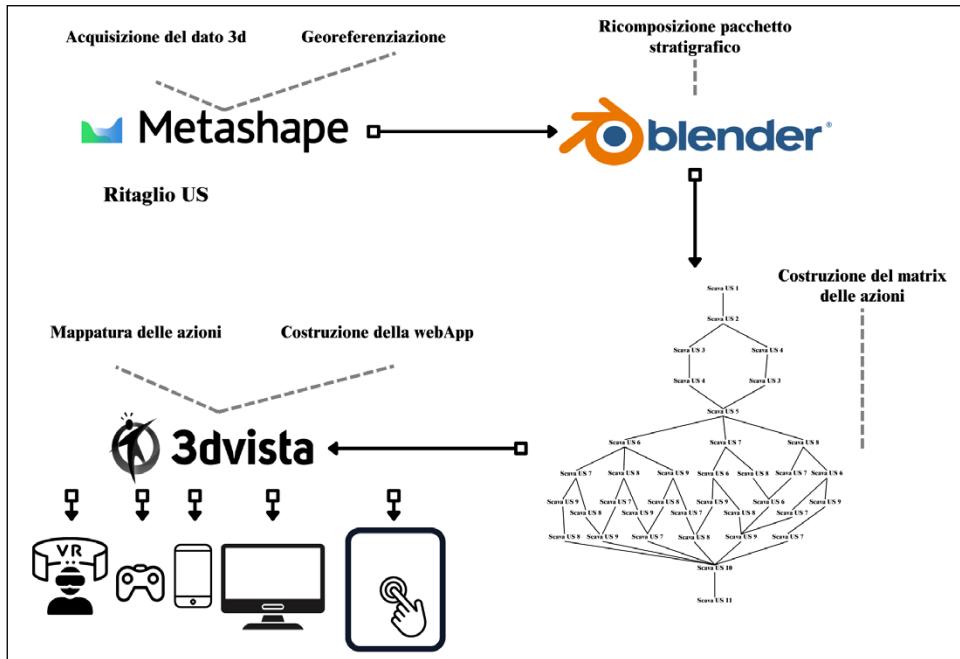


Fig. 5 – Workflow e schema dei software utilizzati per la realizzazione del V-repeat.

Oltre all’indagine virtuale, l’utente può conoscere i dettagli fisici dello strato (consistenza, colore, composizione), le interpretazioni, la cronologia ipotizzata dagli archeologi che hanno materialmente scavato il contesto, le immagini. Ma scendendo nella scala di dettaglio è possibile analizzare anche la cultura materiale in esso contenuta; tipologia delle forme, cronologia, provenienza e quantificazioni. L’ulteriore step, che deve essere ancora sviluppato, è quello di scendere nel particolare composito di ogni singolo reperto archeologico, per esplicitare tecnologia, provenienza delle materie prime e grado di riciclo in presenza di metalli e vetri. Un ulteriore sviluppo futuro sarà l’integrazione delle ricostruzioni tridimensionali nel sistema, coniugando quindi gli approcci denominati come Extended Matrix (DEMETRESCU 2018).

Per quanto riguarda il protocollo software, è stato utilizzato un ecosistema 3D, composto da Metashape per l’acquisizione e prima elaborazione dei dati tridimensionali, Blender per la ricostruzione del pacchetto stratigrafico e per la modellazione dei limiti di scavo e dell’ambiente circostante; infine 3dVista, per costruire la webapp e mappare i passaggi stratigrafici tra le unità stratigrafiche (Fig. 5). Quest’ultimo software permette di coniugare il concetto di virtual tour all’interno di ambienti tridimensionali, in cui gli utenti possono

muoversi liberamente, anche in modalità condivisa, nello spazio. Il V-repeat non deve essere inteso come connesso a determinati software (che possono essere sostituiti da altre soluzioni), ma valutato in termini metodologici: l'obiettivo è quello di creare un digital twins dello scavo archeologico, nei suoi aspetti macro level (stratigrafia), in quelli meso level (reperti) e micro level (dati archeometrici).

4. E SE ESISTESSE UN M-REPEAT?

Lo sviluppo futuro dello scavo virtuale è quello di trasformarlo in un sistema di metaverso: l'esperienza condivisa di un cantiere archeologico intangibile potrebbe migliorare la didattica, non tanto nelle tecniche e nelle pratiche da campo (per cui continua ad essere indispensabile e fondamentale l'esperienza fisica e tangibile), quanto invece nello sviluppo delle capacità dei giovani archeologi di imparare a comprendere, interpretare e sintetizzare in dato storico un deposito stratigrafico. Se da un lato si sottolinea spesso e con grande preoccupazione la mancanza di esperienza diretta dei neo laureati (ovviamente non per colpa delle nuove generazioni, quanto invece per gli attuali criteri della programmazione didattica), poco risalto è invece dato allo scarso allenamento di lettura e analisi. Un deposito stratigrafico non è solo un meccanismo che va smontato e che può essere ricomposto, ma un contenitore denso di informazioni che deve essere compreso, decodificato, collocato nei processi storici generali e che sia quindi occasione di conoscenza; questa pratica può essere fatta anche in aula e in laboratorio, non solo all'interno dei cantieri didattici.

L'esperienza condivisa può servire anche in ottica di Ricerca, in quanto sarebbe possibile far accedere direttamente allo scavo colleghi che non posso farlo fisicamente e confrontarsi in una stanza virtuale che, di fatto, è il cantiere stesso. In ultima istanza, potrebbe essere un valore aggiunto anche in tema di *public engagement* e più in dettaglio nell'ottica di abbattimento virtuale delle barriere architettoniche (BERTOLDI 2022).

Tali ambienti, oltre che popolati di archeologi umani che condividono un ambiente virtuale replicante lo scavo, potranno essere frequentati anche da assistenti di scavo non naturali, dotati di intelligenza artificiale, funzionali proprio all'interazione uomo-macchina e a coadiuvarci nello scavo replicato. Uno degli obiettivi del laboratorio-arena “Nuove tecnologie nella Ricerca sul Patrimonio Culturale” del DSSBC-Unisi è proprio quello di progettare un nuovo spazio concettuale tridimensionale, virtuale, immersivo, condiviso, stratigrafico e ricostruito in cui archeologi umani e artificiali possono scavare e dialogare, ma in cui è anche possibile interagire con “abitanti” dell'antichità e del medioevo connotati dalle nostre conoscenze sociali, culturali, tecniche, che le indagini storiche e archeologiche hanno permesso di ottenere.

Cosa succederà a noi archeologi quando i dig-twins saranno in grado di comunicare direttamente con i big data, all'interno di ambienti virtuali e grazie alle intelligenze artificiali? Su questo aspetto, che poi ritengo essere una delle domande più importanti da farsi, che implica la nostra stessa esistenza, possono ovviamente esserci due visioni diametralmente opposte e una vasta gamma di sfaccettature intermedie. Gli archeologi del futuro non saranno servi delle macchine, questo aspetto ritengo fondamentale chiarirlo ed esplicitarlo; al massimo dovranno confrontarsi con gli archeologi artificiali, molto più dotati nella capacità di stoccare informazioni ed accedervi velocemente. Ma siamo spaventati dal confronto? Nella migliore delle ipotesi, con i "maghi computazionali" non saremo più costretti ad essere esperti nel GIS, nella grafica 3D, nei database, etc. Saremo costretti ad essere bravi in archeologia, esperti nel maneggiare i nostri attrezzi e quindi, in definitiva, tornare a fare il nostro mestiere.

STEFANO BERTOLDI

Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali
Università degli Studi di Siena
stefano.bertoldi@unisi.it

BIBLIOGRAFIA

- ARRIGHETTI A. 2012, *Tecnologie fotogrammetriche e registrazione 3D della struttura materiale: dal rilievo alla gestione dei dati*, «Archeologia e Calcolatori», 23, 283-296 (<https://doi.org/10.19282/ac.23.2012.17>).
- BARKER P. 1977, *Techniques of Archaeological Excavation*, London, Taylor & Francis Ltd.
- BERTOLDI S. 2018, *L'uso della fotogrammetria tridimensionale per il rilievo del castello di Miranduolo*, in F. SOGLIANI, B. GARGIULO, E. ANNUNZIATA, V. VITALE (eds.), *Atti dell'VIII Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 61-64.
- BERTOLDI S. 2022, *Virtual tour di Poggio Bonizio: teoria, tecnologia e applicazioni dalla grafica 3D alla VR*, in S. BERTOLDI, S. MARIOTTI, *The Past as a Digital Playground: Archaeology Virtual Reality and Video Games*, Oxford, Archaeopress, 40-54.
- CARANDINI A. 2000, *Storie dalla terra. Manuale di scavo archeologico*, Torino, Einaudi.
- DE FELICE G. 2012, *Una macchina del tempo per l'archeologia. Metodologie e tecnologie per la ricerca e la fruizione virtuale del sito di Faragola*, Bari, Edipuglia.
- DE FELICE G., SIBILANO M.G., VOLPE G. 2008, *Ripensare la documentazione archeologica: nuovi percorsi per la ricerca e la comunicazione*, «Archeologia e Calcolatori», 19, 271-291 (<https://www.archcalc.cnr.it/journal/articles/494>).
- DEMETRESCU E. 2018, *Virtual reconstruction as a scientific tool: The Extended Matrix and source-based modelling approach*, in S. MÜNSTER, K. FRIEDRICH, F. NIEBLING, A. SEIDEL-GRZESIŃSKA (eds.), *Digital Research and Education in Architectural Heritage, 5th Conference, DECH 2017, and First Workshop, UHDL 2017 (Dresden 2017)*, Cham, Springer, 102-116 (https://doi.org/10.1007/978-3-319-76992-9_7).
- GAVRYUSHKINA M. 2021, *The potential and problems of volumetric 3D modeling in archaeological stratigraphic analysis: A case study from Chlorakas-Palloires, Cyprus*, «Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage», 21, 1-12 (<https://doi.org/10.1016/j.daach.2021.e00184>).
- GIANNICCHEDDA E. 2007, *Lo scavo, i residui, l'affidabilità stratigrafica*, «Facta. A Journal of Late Roman, Medieval and Post-Medieval Material Culture Studies», 1, 51-64.

- GUIDOBALDI F., PAVOLINI C., PERGOLA PH., BARBINI P.M. 1998 (eds.), *I materiali residui nello scavo archeologico*, Roma, Publications de l'École française de Rome.
- HARRIS E. 1975, *The stratigraphic sequence: A question of time*, «World Archaeology», 7/1, 109-121.
- HARRIS E. 1989, *Principles of Archaeological Stratigraphy*, San Diego, Academic Press.
- LA SALVIA V. 2015, *A scuola dallo stregone o dall'archeologo? Alcune riflessioni sulla fine della storia, il neo-attualismo ed il mal celato nuovo storicismo*, in P. ARTHUR, M. LEO IMPERIALE (eds.), *Atti del VII Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 52-56.
- MENGHINI C., PALMAS C. 2022, *Il refettorio e la cucina di San Galgano (Chiusdino-SI): analisi sui materiali della campagna di scavo 2021*, in M. MILANESE (ed.), *Atti del IX Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 170-175.
- MILANESE M. 1991, *I reperti ceramici dello scavo di Piazza Duomo a Siena*, in E. BOLDRINI, R. PARENTI (eds.), *Santa Maria della Scala. Archeologia ed edilizia sulla piazza dello Spedale*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 257-388.
- ORENGO H.A. 2013, *Combining terrestrial stereophotogrammetry, DGPS and GIS-based 3D voxel modelling in the volumetric recording of archaeological features*, «Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», 76, 49-55 (<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.07.005>).
- PERIPIMENO M. 2006, *Sperimentazione di tecniche 3D laser scanning in archeologia: l'esperienza senese*, in R. FRANCOVICH, S. CAMPANA (eds.), *Laser scanner e GPS: paesaggi archeologici e tecnologie digitali*, 1. *I workshop (Grosseto 2005)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 143-157.
- POGGI G., FALCHI F., RUSSO L., BUONO M. 2022, *From surfaces to volume: Towards a volumetric reconstruction of archaeological deposit*, «Archeologia e Calcolatori», 33.2, 197-214 (<https://doi.org/10.19282/ac.33.2.2022.11>).
- PUTZOLU C., VINCENZUTTO D. 2013, *Il rilievo delle superfici tramite fotogrammetria 3D: dal microscavo dei complessi tombali agli scavi in open area*, «Archeologia e Calcolatori», 24, 355-370 (<https://doi.org/10.19282/ac.24.2013.19>).

ABSTRACT

The archaeological excavation, understood as the destructive practice of stratigraphic deposits, and consequently the entire discipline, suffers from an original sin, which lies in the impossibility of repeating the 'experiment'. In this direction, for over twenty years, archaeological theory and methodologies have been attempting to harness digital technologies to shape a new virtual direction for the discipline. The experience of excavation, no matter how much we improve our documentation and analysis systems of stratigraphy, will always remain a tangible and non-repeatable experience. However, a conceptual model that leans towards virtual and extended archaeology can be a way to share the excavation action and allow the entire research team and the academic community to decide on the best investigation strategy. A three-dimensional and shared environment also represents an opportunity both in terms of dissemination and education. It enables young archaeologists to test the principles of stratigraphy and accumulate experience before undertaking real actions where mistakes should not be made.