

**Giorgio Baratti**

**Verso un approccio archeologico al rilevamento  
e alla modellazione tridimensionale**

**Abstract**

Negli ultimi anni, grazie ai nuovi sensori e alle nuove tecniche di rilevamento tridimensionale sono stati avviati importanti progetti di rilevamento e restituzione di Beni culturali in forma digitale; in ambito archeologico sono però emerse alcune criticità nella definizione di scopi e precisi obiettivi. L'articolo si concentra su alcuni problemi emersi nell'applicazione delle tecnologie 3D in contesti archeologici e in generale sul ruolo dell'archeologia nel rilevamento e nella modellazione tridimensionale. Sono presentati anche alcuni spunti per un approccio metodologico alla descrizione semantica di elementi archeologici, basati sia su riflessioni teoriche che su esperienze dirette.

In the last years, thanks to the advances of surveying sensors and techniques, many heritage sites could be accurately replicated in digital form with very detailed and impressive results but archaeological approach is often without a clear and precise purpose. The paper focuses on the analysis of different problems encountered in the application of three-dimensional technology in archaeological contexts and generally on the rule of archaeology in surveying and 3D modeling. It presents also a methodological approach to the semantic description of archaeological elements, based both on theoretical reflections and research experiences.

L'attenzione alle problematiche connesse con la documentazione del patrimonio culturale ha rappresentato, negli ultimi anni, un argomento di discussione sempre più attuale nel campo della ricerca a livello internazionale<sup>1</sup>. Con l'avvento dei nuovi sensori e di tecnologie avanzate di rilevamento e di processamento, spesso efficacemente affiancate da tecniche di integrazione, si è andata affermando una procedura che mette in primo piano sistemi basati su tecniche digitali tridimensionali. Diversi campi della ricerca sono stati interessati dalle potenzialità emerse dall'uso delle nuove tecnologie digitali, con particolare riferimento, negli anni più recenti, allo sviluppo e sperimentazione di strumenti informatici atti a rappresentare, gestire e visualizzare la terza dimensione<sup>2</sup>.

La modellazione 3D costituisce un processo che, muovendo dall'acquisizione del dato metrico, porta alla realizzazione di un modello virtuale in tre dimensioni reali che può essere correttamente visualizzato in modo interattivo su un computer<sup>3</sup>. Nei modelli digitali i volumi e le superfici rappresentati nella scena costituiscono la simulazione o la replica di oggetti reali riprodotti

---

<sup>1</sup> Da ultimi si vedano *Digital Media* 2011; *Digital Imaging* 2011; *Metodologie e strumenti* 2011.

<sup>2</sup> REMONDINO 2011; RINAUDO 2011a; GENOVESE 2011; RUSSO - REMONDINO 2012.

<sup>3</sup> REMONDINO *et alii* 2011.

geometricamente e controllati matematicamente; vengono generati e raffigurati in uno spazio 3D definito dalle coordinate x y z. La percezione della tridimensionalità in questo spazio virtuale è dunque offerta, attraverso i metodi di rappresentazione, con proiezioni prospettiche, illuminazione e ombreggiatura. Le potenzialità offerte nel campo dei Beni culturali sono caratterizzate dall'alta precisione e dalla capacità di riprodurre fedelmente i dettagli, soprattutto in relazione con la necessità di acquisire, oltre a una più approfondita base di analisi dei manufatti, anche informazioni dettagliate specifiche degli aspetti strutturali, elementi insostituibili, ad esempio, in caso di distruzione o danneggiamento del bene rilevato.

Lo sviluppo nel campo della sensoristica consente oggi di acquisire grandi quantità di dati georeferenziati dai quali è possibile derivare informazioni 3D in maniera abbastanza semplice. Si assiste così sempre più alla realizzazione di progetti che prevedono restituzioni virtuali dello spazio che ci circonda, con ambientazioni e visualizzazioni 3D prodotte per varie applicazioni quali la documentazione, la conservazione, il restauro virtuale, la simulazione, la didattica, l'animazione, la cartografia, la gestione territoriale (GIS), il monitoraggio, etc.

Anche in archeologia è cresciuta la necessità di restituire dai rilevamenti un quadro di informazioni il più possibile ampio, in grado di fornire una corretta valutazione delle entità indagate e di restituire, nel modo più completo, la complessità delle evidenze in vista di future interrogazioni e nuove analisi. È apparso chiaro ormai da più parti come limitarsi ad adottare supporti grafici bidimensionali possa costituire una perdita di importanti informazioni connesse con la componente tridimensionale del dato, con ricadute anche significative sulla corretta registrazione e ricostruzione dettagliata della dimensione diacronica dei depositi e delle evidenze archeologiche.

Di recente nell'ambito della Scuola di Dottorato in Studi Umanistici, Discipline Filosofiche, Storiche e dei Beni Culturali mi è stato possibile intraprendere un percorso di ricerca che si è concentrato su alcune problematiche legate alla creazione di modelli tridimensionali dell'esistente tramite strumenti di rilevamento diretto, tralasciando o sfiorando solo marginalmente le istanze relative agli apparati ricostruttivi tramite modelli predittivi o ideali di realtà archeologiche conservate. La scelta è stata dettata in primo luogo dalla possibilità effettiva di una verifica diretta delle alte potenzialità connesse con questi sistemi e, in secondo luogo, perché questo aspetto è apparso - seppur apparentemente dotato di un più ridotto immaginario di fascinazione rispetto alle complesse ricostruzioni virtuali tridimensionali - un punto di riferimento importante proprio nell'evoluzione delle procedure automatiche di analisi applicabili ai contesti archeologici.



Fig. 1. Modello 3D della Tomba Bettini e particolare del modello 3D della Tomba della Caccia e della Pesca a Tarquinia.

Le analisi si sono articolate attraverso il confronto diretto e la collaborazione con l'unità 3DOM (*3D Optical Metrology Unit*) della Fondazione Bruno Kessler di Trento, diretta da Fabio Remondino<sup>4</sup>. La collaborazione con l'unità 3DOM, grazie alla verifica diretta delle procedure tecniche più avanzate, sperimentate nei vari settori di indagine, e il confronto multidisciplinare all'interno di un contesto di ricerca mirato alla sperimentazione e dotato di un *know how* tecnico specifico, ha offerto dunque anche lo spunto per identificare l'effettivo apporto alla disciplina archeologica e il ruolo che la figura dell'archeologo debba assumere nell'ambito delle crescenti problematiche tecniche emerse a volte in modo dirompente nello sviluppo delle ricerche.

---

<sup>4</sup> <http://3dom.fbk.eu/en/home>.

Attraverso la partecipazione diretta e il confronto serrato nelle fasi progettuali e operative con il gruppo dei ricercatori dell'Unità, per lo più ingegneri e tecnici informatici, è emersa dunque la necessità di definire un approccio realmente archeologico alle applicazioni tridimensionali in grado di raccogliere le diverse sfaccettature che il mondo dell'archeologia oggi comprende e cogliere, in molte di queste, il potenziale concretamente evolutivo che le importanti acquisizioni tecnologiche sono in grado di materializzare in una dimensione critica e realmente contestuale.

Un'attenzione specifica nel corso della ricerca è stata rivolta alle problematiche connesse con l'applicazione in ambito archeologico di laser scanner a tempo di volo (TOF); si tratta di una strumentazione con scansioni a lunga portata in grado di rilevare oggetti anche a centinaia di metri di distanza mantenendo maglie di punti molto ridotte. Sono apparecchi dotati di un emettitore di raggio laser e di un sistema di specchi in grado di spostare il raggio con un passo predefinito da un allineamento verticale a un altro. Il raggio, una volta colpito l'oggetto, ritorna allo strumento dove un'unità di misura interna calcola il tempo impiegato dalla luce per andare sulla superficie e tornare fino allo strumento di misura.



Fig. 2. La "lama di luce" dello scanner TOF durante la scansione della Tomba della Caccia e della Pesca a Tarquinia (VT).

Questi strumenti offrono la possibilità di ridurre notevolmente le operazioni di rilevamento sul campo con l'acquisizione di grandi quantità di dati tridimensionali e ricadute quindi molto importanti nelle applicazioni relative ai Beni culturali anche se, trattandosi spesso di strumentazioni voluminose e

scarsamente flessibili, problemi di trasportabilità ne limitano la possibilità di utilizzo in condizioni ambientali e logistiche complesse; si aggiungono a questi alcuni significative difficoltà legate al rilievo di spigoli e alle caratteristiche materiche dei manufatti<sup>5</sup>. Per riprodurre l'intera geometria con meno buchi e zone nascoste possibili sono necessarie più scansioni dell'oggetto e, nonostante questa accortezza, si possono comunque incontrare problemi significativi<sup>6</sup>.

Diventa dunque molto importante predisporre correttamente la strumentazione rispetto all'oggetto del rilievo, tenendo conto che lavorando da un punto di vista centrale è necessario prestare attenzione alla tangenza delle superfici e dei relativi coni di ombra. Questa pianificazione preliminare deve tenere conto dunque, oltre al tipo di strumento impiegato, della complessità dell'oggetto nonché della logistica dell'intervento, analizzando a priori le possibilità di operare in modo adeguato attorno all'oggetto; in molti siti archeologici questo problema costituisce un punto nodale, dal momento che l'aspetto ambientale e la collocazione stessa dell'evidenza archeologica da rilevare può costituire un ostacolo, con gravi ricadute nella corretta realizzazione di tutto il progetto. Appare dunque fondamentale progettare a priori le strategie dell'intervento sul campo per ottimizzare il processo di rilievo e modellazione 3D e allo stesso tempo prevederne già in fase preliminare le possibili problematiche operative<sup>7</sup>.

Già da queste istanze emerge come questo ambito progettuale rappresenti uno dei passaggi più significativi della presenza e dell'interazione diretta proprio dell'archeologo che rappresenta il principale portatore della conoscenza delle strutture oggetto del rilievo nonché il fruitore finale dell'elaborato. Le ampie variabili che caratterizzano la scelta nel rilevamento - come la risoluzione, i numeri delle scansioni e la scelta delle posizioni delle riprese - influiscono infatti in modo determinante sugli aspetti e sulle potenzialità di modellazione e di rappresentazione del modello finale, anche per la resa dei dettagli e la rappresentazione di specifiche complessità strutturali<sup>8</sup>.

L'acquisizione sul campo dei dati di misura costituisce però solo uno dei passaggi del processo che porta alla generazione del modello poligonale digitale denominato *Reverse Modeling*, a sottolineare il processo concettualmente "inverso" che porta il modello ad essere, in questi casi, il punto terminale nella realizzazione del progetto. In questa fase vengono anche applicate alcune procedure di *editing* come lisciatura, decimazione delle *mesh* e chiusura delle lacune che costituiscono uno dei momenti più

---

<sup>5</sup> RIZZI *et alii* 2011; EL-HAKIM - BERALDIN - BLAIS 1995; RUSSO - REMONDINO - GUIDI 2011; RUSSO - REMONDINO 2012.

<sup>6</sup> BONORA - TUCCI 2005, p. 432.

<sup>7</sup> RUSSO - REMONDINO 2012, p. 143; BERALDIN *et alii* 1998.

<sup>8</sup> RINAUDO 2011a, p. 146; 2001b, pp. 1845-1846: «Nel rilievo dell'architettura, infine, il trattamento delle nuvole di punti non può prescindere dalla comprensione della conformazione spaziale dell'oggetto del rilievo che, prima di essere misurato, deve essere compreso e interpretato pena il completo fallimento della modellazione geometrica che consente di passare dall'anonima nuvola di punti a una serie di superfici interconnesse che delimitano gli spazi, vero oggetto del rilievo metrico».

delicati del processo soprattutto per quanto attiene alla resa finale del modello.

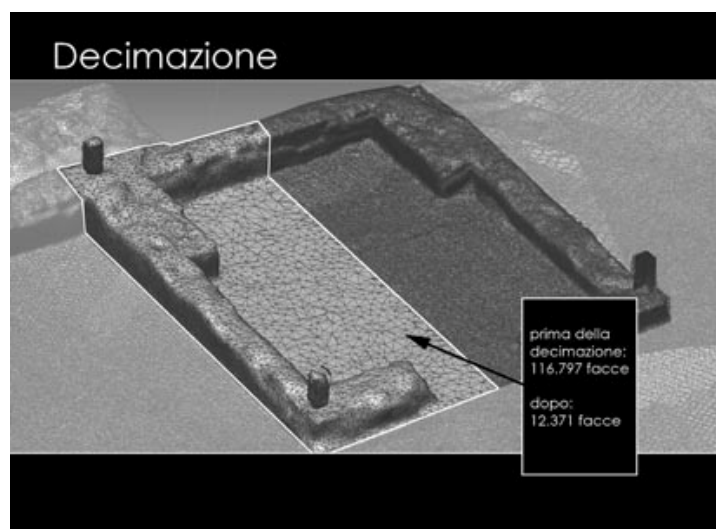


Fig. 3. Differenze nel numero ed estensione dei poligoni prima e dopo il processo di decimazione.

Queste operazioni, se effettuate in modo del tutto automatico e senza un controllo adeguato e un'ottica specifica alle finalità per cui il modello è stato realizzato, possono apportare modifiche determinanti ai caratteri peculiari della geometria riprodotta<sup>9</sup>.

Ne deriva dunque che in questo passaggio l'archeologo interessato al rilievo debba poter operare direttamente o per lo meno sia in grado (o comunque sia messo nelle condizioni più adeguate per farlo) di interagire con gli operatori. In questa fase, infatti, vengono operate delle scelte molto specifiche, caratterizzate da operazioni di riduzione o di correzione sostanziali delle geometrie evidenziate, applicando parametri spesso dettati da rese estetiche e rappresentative generiche, con dirette conseguenze nella corretta interpretazione della natura dei manufatti. Presunte irregolarità devono, in casi specifici, essere preservate o comunque valutate in modo contestuale prima che il modello venga avviato all'elaborazione finale dal momento che, una volta modificato, questi dettagli non sono evidenziati sul prodotto finale e sarebbe molto complesso un eventuale recupero tra i dati grezzi utilizzati in fase di elaborazione. Si tratta di dati, a volte ricchi di significato per l'analisi archeologica, che possono essere inficiati proprio da procedure generiche volte all'appiattimento delle forme e alla riduzione delle anomalie morfologiche<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> RUSSO - REMONDINO 2012, p. 143; SOUCY - LAURENDEAU 1995.

<sup>10</sup> «La riduzione del numero dei poligoni impiegati per descrivere una superficie comporta l'aumento delle superfici dei poligoni stessi, che diventano quindi un'approssimazione dell'oggetto sempre più grossolana quanto più è spinta la decimazione applicata» (BONORA - TUCCI 2005, p. 432).

Un punto importante che deve essere sottolineato è come sia necessario calcolare per l'intera procedura di modellazione 3D con sistemi ottici attivi, almeno un rapporto 1:8/10 tra la tempistica di acquisizione dei dati e i tempi di allineamento, pulitura, generazione della *mesh* poligonale e di *texturing*<sup>11</sup>.

La velocità di acquisizione dei punti sul campo e la produzione di dense nuvole di punti, apparenti riproduzioni fedeli delle geometrie rilevate, rischia dunque di trarre in inganno chi si ponga di fronte a queste procedure in modo non attento e poco consapevole con il rischio di suscitare pesanti equivoci tra chi commissiona i rilievi e chi realizza direttamente i modelli; non comprendere queste tempistiche procedurali e i relativi problemi connessi può portare infatti a inquietanti fenomeni di incomunicabilità tra le parti e spesso, inevitabilmente, a disattendere alcune delle aspettative del fruitore.

Un altro aspetto è rappresentato dalla difficoltà delle procedure di *laser scanning* di restituire correttamente complessità geometriche particolarmente marcate; il solo uso del dato laser scanner restituisce una sorta di arrotondamento degli spigoli che possono essere recuperati dal trattamento delle nuvole di punti solo con molta fatica e dispendio di notevoli quantità di tempo, spesso anche con scarso successo. In questi casi una delle possibili vie d'uscita è costituita dall'integrazione con altre tecniche di rilievo come in parte la fotogrammetria digitale, ma soprattutto dalla realizzazione di un rilievo celerimetrico e da correzioni attraverso anche il rilievo manuale<sup>12</sup>.

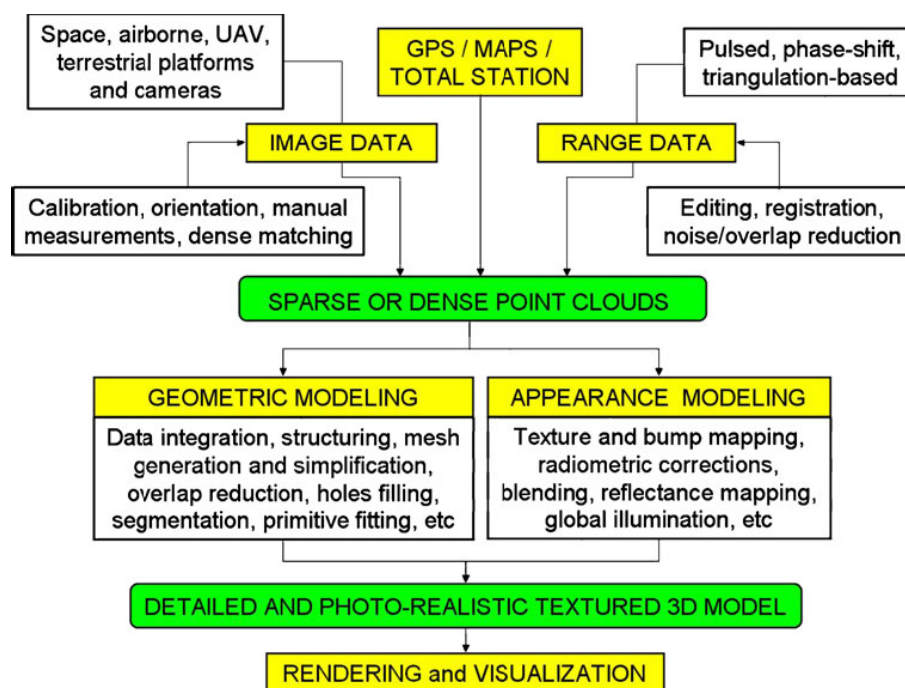


Fig. 4. Fasi di lavoro per la creazione di modelli 3D ad alta risoluzione con sensori ottici (da REMONDINO - RIZZI 2010).

<sup>11</sup> RUSSO - REMONDINO - GUIDI 2011, p. 181.

<sup>12</sup> RINAUDO 2011b, p. 1846.

L'integrazione e soprattutto la verifica con revisioni autoptiche e con misure manuali - sebbene spesso assimilati, in campo tecnico-scientifico alla stregua di una sconfitta o arretramento tecnologico - costituiscono viceversa, a mio parere, un aspetto imprescindibile nel quale ancora una volta deve emergere in modo determinante la figura dell'archeologo, in grado di "processare" il dato digitale, correggendone le possibili alterazioni e valutando correttamente il risultato generato automaticamente.

Anche nel campo della modellazione e del rilievo tridimensionale penso che emerga in modo evidente come questa integrazione - che oltre che tecnica si può ritenere procedurale se non addirittura più genericamente concettuale e metodologica - debba essere considerata indispensabile in tutti i campi dell'applicazione di supporti automatici per l'archeologia qualora si miri realmente a creare normative operative e innovative nel campo della metodologia archeologica. Allo stesso modo proprio attraverso queste continue verifiche e correzioni è possibile mettere a disposizione di chi sperimenta e progetta sistemi avanzati di rilevamento le corrette informazioni necessarie a comprendere meglio il senso e la natura delle esigenze e degli obiettivi dell'archeologia in questo campo; solo così sarà possibile creare un terreno di confronto critico in grado anche di indirizzare in modo mirato e programmatico lo studio dei correttivi più adeguati e la progettazione di nuovi applicativi nel campo della strumentazione sensoristica avanzata per il rilevamento.

La centralità dell'archeologo in questi contesti, che costituisce dunque un aspetto certamente non nuovo nell'ambito della metodologia archeologica e che pervade con alterne ricadute da diversi anni tutto il dibattito del rapporto tra scienza, tecnologia e archeologia (e che ha ritrovato un impulso stimolante nel rapporto tra applicazioni informatiche e archeologia), si ripropone ora, alla luce delle nuove potenzialità espresse dalle ricerche sulla terza dimensione e sulla realtà virtuale, in modo sempre più centrale. Se peraltro da più parti si identifica il campo archeologico come il luogo privilegiato per l'applicazione di procedure avanzate di rilevamento, rappresentazione e ricostruzione, è anche vero che il dibattito assume, in particolare in Italia, una dimensione di sporadicità e di nicchia, spesso trincerato nel contesto specifico di gruppi già coinvolti a diverso livello nelle problematiche connesse con l'archeologia computazionale<sup>13</sup>. Non sfugge peraltro come questo problema si insinui in modo strisciante nella più ampia problematica che emerge dall'affievolirsi negli ultimi decenni dell'attenzione verso il costante aggiornamento delle istanze metodologiche della disciplina e di una conseguente abdicazione, nei fatti, dal perseguire in modo deciso ed esplicito una via scientifica alla ricerca archeologica<sup>14</sup>. Questa condizione, progredita in modo spesso inarrestabile per mal celato fastidio -

---

<sup>13</sup> Di recente *In profondità* 2009, pp. 485-515; FORTE 2006; D'ANDREA 2006; ZANINI - COSTA 2006; VOLPE 2008; DE FELICE 2008; ORLANDI 2009.

<sup>14</sup> Sembra infatti pienamente compiuto quanto prospettato ormai quindici anni fa da N. Terrenato, analizzando gli effetti nel panorama italiano delle nuove istanze postprocessualiste: «Mancando di questa fase formativa [comparativa e scientifica,

trasfigurato in una presunta istanza di rinnovamento verso un recente passato ingombrante - e proposta a volte come superamento di concettualismi anacronistici, ha determinato però una dicotomia stridente enfatizzata dal parallelo affermarsi delle possibilità offerte dall'informatica applicata; le conseguenze dirette di questa tendenza sono facilmente identificabili nel panorama offerto dalle applicazioni informatiche in archeologia così come sono andate delineandosi negli ultimi anni. Un'efficace sintesi è stata espressa nell'ambito del *workshop* tenutosi a Foggia sull'informatica e il metodo della stratigrafia che ha evidentemente costituito un'interessante eccezione rispetto al quadro descritto in precedenza: «Dopo la "sbornia" e il disorientamento provocato dalle tante archeologie sviluppatesi nella fase post-processualista e affermatesi negli ultimi decenni, capaci anche di produrre importanti risultati ma negativamente condizionate da approcci eccessivamente settoriali, si avverte oggi l'esigenza di porre fine a questo inarrestabile processo di "balcanizzazione" dell'archeologia e di procedere ad una ricomposizione di questo articolato e segmentato insieme disciplinare. In questo processo, ne sono convinto, l'informatica non può che svolgere un ruolo di primo piano.»<sup>15</sup>. Il prorompente inserimento in questo contesto irrisolto delle potenzialità offerte da strumenti sempre più avanzati nel campo del rilevamento, della restituzione tridimensionale e di realtà virtuale, ha quindi finito per suscitare un'eco ancora più assordante e stridente proprio perché innestata sull'appiattimento dell'apparato critico, finendo per determinare profonde incoerenze nei progetti sviluppati e, nei fatti, una situazione di stallo inerte nel campo della ricerca e dell'applicazione della pratica archeologica<sup>16</sup>.

Un aspetto che si può considerare centrale in questo senso è costituito dalla verifica in prima istanza dalle potenzialità che tali applicazioni, in origine sperimentali e innovative, possono rivestire una volta ricondotte a un ruolo più pratico e quotidiano nei processi standardizzati di analisi e documentazione dei monumenti e delle evidenze archeologiche. La produzione di un'enorme mole di dati con l'acquisizione di nuvole di punti fino a 0.002 di risoluzione, se infatti da una parte suscita immaginari suggestivi di restituzione, solleva dall'altra inevitabilmente forti interrogativi quando ricondotta più concretamente alla gestione e restituzione delle entità misurate.

Un problema che mi è apparso sostanziale nello sviluppo di queste pratiche è costituito dalla possibilità di offrire strumenti idonei e il più facilmente maneggevoli ai diversi operatori che partecipano con le loro competenze e specifiche necessità alle procedure di analisi dei monumenti

---

N.d.A.], si rischia che il post-processualismo, in ambienti come quello italiano, rappresenti l'alibi che consentirebbe di ricadere nella routine dei lavori puramente descrittivi, compilativi e arretrati in termini delle metodologie impiegate.» (TERRENATO 1998, p. 189).

<sup>15</sup> VOLPE 2008, p. 10.

<sup>16</sup> «Il rischio è che la fiducia nell'innovazione renda paradossalmente meno rigorosa la metodologia, e che l'innovazione metodologica venga confusa con l'evoluzione tecnologica. E che una nuvola di punti divenga erroneamente sinonimo di documentazione archeologica....» (DE FELICE 2008, p. 15).

rilevati. Se infatti si può in parte condividere quanto ancora di recente sollevato circa la necessità di giungere a una nuova metodologia connessa con l'applicazione di strumentazioni avanzate<sup>17</sup>, appare a tutt'oggi comunque necessario primariamente assolvere agli attuali standard documentari. In pratica non appare una via praticabile, e attualmente forse neanche pienamente sensata, proporre un superamento delle vecchie rappresentazioni bidimensionali solo alla luce delle potenzialità offerte dai nuovi sistemi tridimensionali e dell'obiettivo difficoltà per questi ultimi di riprodurre efficacemente i sistemi tradizionali.

Si è presentata dunque la necessità ad esempio, solo apparentemente banale, di sfruttare appieno le potenzialità offerte dal laser scanner in termini di velocità di acquisizione sul campo e di precisione ma di trovare parallelamente le procedure più veloci ed efficaci per ridurre la massa di dati della nuvola di punti a primitive geometriche, facce bidimensionali e tridimensionali, sezioni e altri supporti che appartengono da anni al bagaglio tecnico di archeologi e architetti che operano nel campo dei Beni culturali<sup>18</sup>.

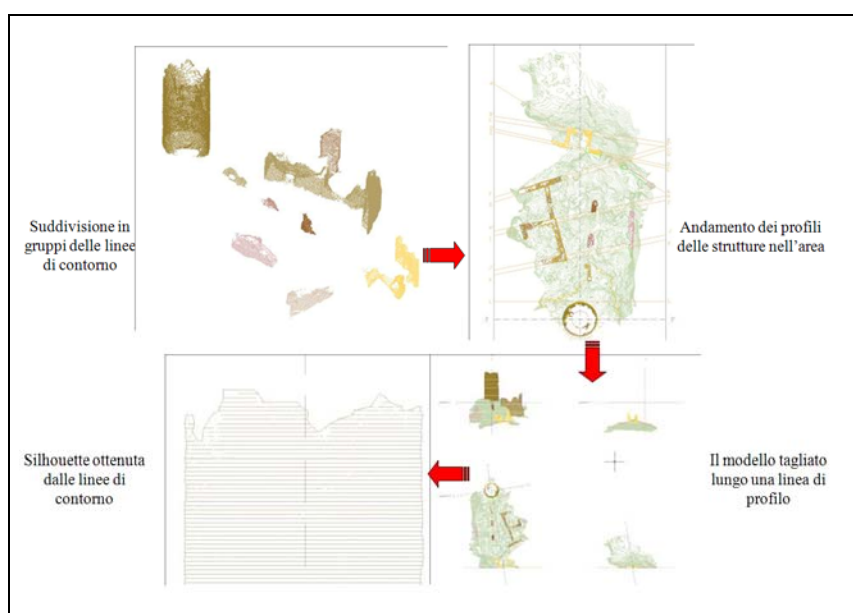


Fig. 5. La complessa procedura adottata per ottenere profili 2D da dati 3D dei ruderi del Castello medievale di S. Pietro, TN.

Ciò che emerge dunque dalle istanze suddette è la centralità, già in fase di acquisizione dei dati, della redazione di un progetto ben definito e analitico nel quale vengano dettagliatamente identificati modi, obiettivi e finalità specifiche in una dimensione il più possibile realmente multidisciplinare<sup>19</sup>. È evidente in quest'ottica che proprio l'archeologo dovrà farsi carico di verificare e comprendere le

<sup>17</sup> D'ANDREA - IANNONE - SAFIOTTI 2008, pp. 123-126.

<sup>18</sup> RIZZI *et alii* 2011; D'ANDREA - IANNONE - SAFIOTTI 2008, pp. 129-134.

<sup>19</sup> RINAUDO 2011a, p. 146.

variabili suscitate dalle diverse tecniche di acquisizione e processamento e soprattutto capire concretamente il significante che il modello realizzato rappresenta all'interno della propria disciplina. In questo senso un'urgenza fondamentale, che viene spesso trascurata, come si è accennato, riguarda la partecipazione diretta di archeologi già alla fase di acquisizione che, lungi dal costituire una riproposizione costante di procedure automatiche, costituisce invece un momento fondamentale con implicazioni determinanti per tutto lo sviluppo del progetto. La scelta delle risoluzioni ad esempio, già in fase di acquisizione sul campo, deve essere calibrata alla luce del reale utilizzo del modello e può - e deve - variare a seconda dell'impatto semantico che le varie partizioni dell'oggetto rilevato sottintendono all'interno delle specifiche della disciplina archeologica. Ciò che per la macchina e per il rilevatore "seriale" sono inequivocabilmente muri, volumi o porzioni di terreno, assumono ovviamente in archeologia significati specifici e richiedono di conseguenza un'accurata modulazione dei sistemi di acquisizione; basse risoluzioni in aree con anomalie significative costringeranno giocoforza, in fase di *post processing*, a operare semplificazioni geometriche che potranno risultare insufficienti persino per i normali standard documentari manuali, finendo per invalidare il senso stesso di una procedura dai costi elevati e di ancora non semplice gestione. Allo stesso modo, utilizzare risoluzioni elevate per parti o contesti caratterizzati da valenze insignificanti porterà a inutili rallentamenti delle procedure in porzioni che non lo richiedono, facendo lievitare costi e tempi di trattamento del modello.

Risulta evidente peraltro come sia invalso un modo equivoco di rapportarsi al contesto archeologico, una genericità di approccio che rimanda a una discrasia semantica che, oltre a creare fallaci informazioni sulle caratteristiche procedurali, rischia di banalizzare i portati innovativi dello stesso settore tecnico scientifico. L'argomento può sembrare infatti banale ma ancora in tutti o quasi i più importanti incontri internazionali e pubblicazioni sulle applicazioni tridimensionali, risulta difficile dare il reale senso al concetto di entità "archeologica". Non è certo questa la sede in cui riproporre l'articolato dibattito archeologico sulle suddivisioni cronologiche dei campi di ricerca ma interessa piuttosto come, in questo contesto, alcune definizioni, seppur apparentemente prive di implicazioni, offrano in verità un portato ricco di contraddizioni.

È evidente che, qualora in un'équipe multidisciplinare si avvii un progetto di rilevamento e rappresentazione automatica di un bene, quello che dovrebbe essere determinante, come abbiamo più volte ripetuto, è in prima istanza il carattere morfologico e materiale dell'oggetto nonché il suo stato di conservazione. Le procedure di realizzazione non mutano certo solo in considerazione del fatto che si proceda su una cappella affrescata completa di età rinascimentale o una tomba ipogea dipinta etrusca<sup>20</sup>. Il termine "archeologico", per quanto cronologicamente e intrinsecamente corretto, associato a un

---

<sup>20</sup> Cfr. REMONDINO *et alii* 2011.

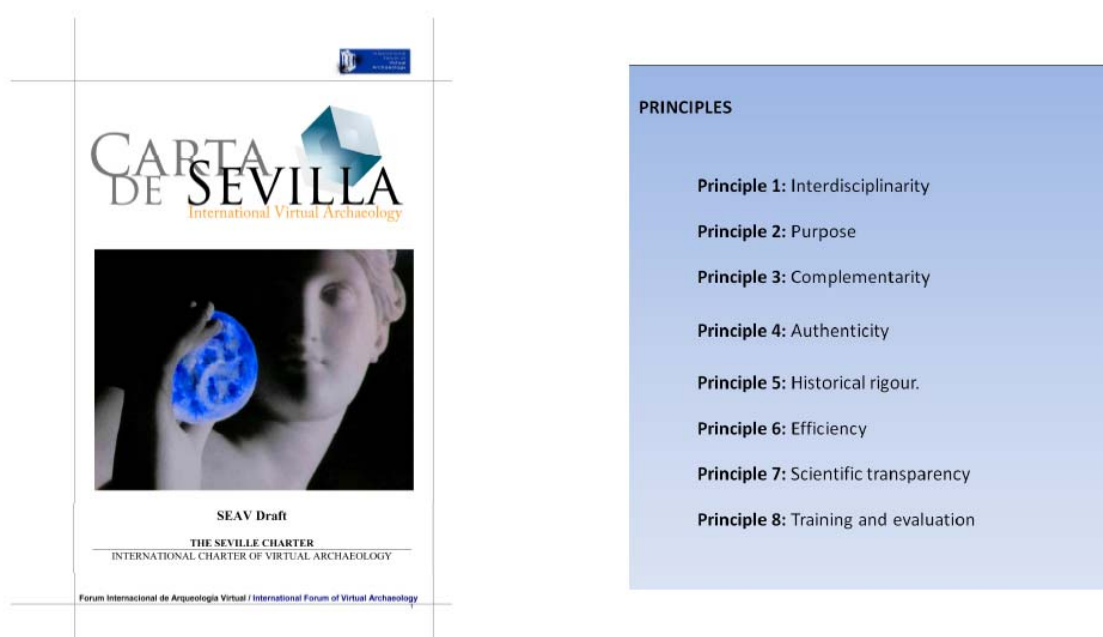
progetto di restituzione tridimensionale non fornisce nessuna informazione aggiuntiva rispetto alla prassi tecnologica utilizzata. Va da sé che realtà descritte con accezioni quali "modellazione tridimensionale in contesti storici e archeologici" non presuppongono necessariamente l'applicazione di due differenti metodi procedurali o applicativi ma magari semplicemente diversi ambiti temporali nei quali esercitare le medesime procedure, eventualmente mettendo in campo solo specifici accorgimenti (quando ne viene assunta la consapevolezza), qualora il tempo abbia esercitato inevitabili sottili trasformazioni nell'apparato conservativo. Sarebbe dunque più costruttivo e pertinente specificare piuttosto se si è proceduto valutando in dettaglio - e studiando eventualmente soluzioni specifiche - i diversi e articolati caratteri con i quali si presenta la realtà archeologica che può variare da edifici caratterizzati da buono stato di conservazione degli alzati - magari ancora in parte completi, o solo rimaneggiati - a entità ridotte a rudere o con murature rasate - o in fondazione - fino alle semplici stratificazioni archeologiche o ad altre entità ancora più labili. Appare quasi banale ricordare che il dipanamento di queste dinamiche non può che attenere a un'archeologia capace di ritornare a interrogarsi su problematiche metodologiche specifiche e calarsi da protagonista in queste nuove frontiere consapevoli che i venti-trenta anni passati, hanno acuito le distanze con tecnici e strumenti e che oggi, evidentemente, la disciplina si ritrova nella necessità stringente di fornire risposte pertinenti e concrete, anche se apparentemente banali e prive di stimoli più aulici.

Proprio il tentativo di definire obiettivi, procedure, mezzi e significati direttamente dall'archeologia, che in questo senso costituisce oltre che il principale fruitore dei prodotti realizzati anche il vero motore in grado di far progredire il modello come contenitore scientifico (nonché di focalizzare le specifiche tecniche su cui concentrare gli sforzi per identificare le soluzioni ai problemi che ancora sussistono per una piena usabilità dei supporti tridimensionale), è diventato non a caso di recente oggetto di particolare attenzione di una parte della comunità archeologica internazionale. Muovendo da un dibattito serrato suscitato dalla pubblicazione della *London Charter* per la visualizzazione digitale dei Beni Culturali<sup>21</sup>, 23 ricercatori dal 2008 hanno dato vita all'International forum of Virtual Archaeology Draft che, sulla spinta della Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV), hanno redatto il documento *Principles of Seville* direttamente focalizzato sulle istanze legate all'archeologia virtuale e presentato in occasione del 23° Simposio del CIPA (The International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage, <http://cipa.icomos.org/>) a Praga nel Settembre del 2011<sup>22</sup>.

---

<sup>21</sup> Iniziativa nata proprio dalla necessità di fissare una serie di principi che assicurino una visualizzazione del patrimonio culturale sia intellettualmente sia tecnicamente rigorosa (<http://www.londoncharter.org>).

<sup>22</sup> LOPEZ-MENCHERO - GRANDE 2011; GRANDE - LOPEZ-MENCHERO 2011.



Non è difficile cogliere nell'analisi dei punti specifici di questo documento un'importante base di (ri)partenza per uno sviluppo funzionale e più universalmente condiviso di questo settore<sup>23</sup>. Se è pur vero che, come sembra accadere spesso in iniziative di questa natura, traspare il rischio tangibile di una concettualizzazione verbosa che si allontani paradossalmente ancora di più da una concreta adesione alle reali problematiche connesse con la prassi operativa, è altrettanto vero che stabilire dei principi costituisce un momento significativo per tutta la comunità degli archeologi per riflettere su progettualità e metodologia, invitando implicitamente chi si trovi a intraprendere progetti in questo settore a ripensare il reale ruolo e significato di orientarsi verso l'applicazione in campo archeologico di procedure che rientrano a vario titolo nell'archeologia virtuale<sup>24</sup>. Più importante forse appare proprio il tentativo di restituire all'archeologia, secondo le istanze enunciate sopra, quel ruolo centrale e di guida che finora è stato decisamente offuscato.

Rimane un punto che si potrebbe definire capitale che il Forum sembra non aver accolto ma che, soprattutto in Italia, assume in queste dinamiche un carattere di priorità. Come avviene infatti nei progetti di rilevamento e restituzione digitale più avanzati in altri campi applicativi, un momento fondamentale nella valutazione della funzionalità delle procedure sperimentali, si concretizza in ambito professionale dove le nuove procedure applicate offrono il loro contributo nell'espletamento del lavoro quotidiano, in una dimensione di reale funzionalità e di competitività certificata. Come solo di recente è stato finalmente rimarcato - sebbene questa consapevolezza appaia ancora come un caso isolato - nel

<sup>23</sup> LOPEZ-MENCHERO - GRANDE 2011.

<sup>24</sup> Dove per *Virtual Archaeology* si intende «the scientific discipline that seeks to research and develop ways of using computer based visualization for the comprehensive management of archaeological heritage» (LOPEZ-MENCHERO - GRANDE 2011).

campo della ricerca nell'archeologia italiana sussiste una dicotomia sbilanciata. Al cospetto infatti di una visibilità pressoché esclusiva dei progetti di ricerca, non solo quel volano favorevole tra ricerca e applicazione professionale non viene praticamente mai innestato ma addirittura la dimensione quasi sommersa dell'archeologia da campo professionale (o "di emergenza") sembra procedere lungo un binario parallelo; in questi contesti pur in presenza di una mole di investimento di risorse economiche e di lavoro considerevole - e per certi versi prevalente - sembra tuttavia costituirsi una sorta di zona franca all'interno della quale tutto sembra procedere secondo vecchi canoni e vecchie metodologie, in totale spregio delle eventuali possibilità offerte dai nuovi mercati.

Alla luce dell'esperienza pratica più che ventennale spesa nello scambio continuo tra spazi istituzionali di ricerca e archeologia professionale e nel tentativo di testare le ricadute di nuove sperimentazioni direttamente nel campo dell'emergenza nella mia ricerca ho voluto ripercorrere in parte anche questo cammino non facile e a volte neanche pienamente compreso da chi si ritrovi a operare trincerato nel proprio steccato. Ho cercato così di rimarcare la necessità che la metodologia archeologica, nella sua concreta applicazione, si assuma come compito quello di considerare ormai prioritaria l'esistenza di ambiti professionali legati a dinamiche operative specifiche, nelle quali quanto sperimentato debba necessariamente trovare una sua applicazione e, soprattutto, una concreta validazione. Questo aspetto deve necessariamente essere preso in carico come un punto di arrivo anche per chi operi nell'applicazione e nella sperimentazione di tecnologie avanzate.

Come è stato puntualmente ricordato «...l'archeologia è anche un fatto di mercato. L'archeologia oggi è uscita dagli uffici delle Soprintendenze e dalle aule delle Università, è fatta da liberi professionisti o da ditte che svolgono la stragrande maggioranza dei lavori nei cosiddetti cantieri d'emergenza» e parallelamente «molti degli scavi sono commissionati da privati (realtà quali SNAM o Ferrovie dello Stato) abituati da sempre a gestire i loro progetti in ambiente digitale», e sarebbe di conseguenza inevitabile che «tutte le ditte e i liberi professionisti che operano in questo campo si dotino di un certo *know how* tecnologico per andare incontro a queste esigenze».<sup>25</sup> La questione appare certo più ampia e di antica problematica ma è evidente che il mancato innesco della concreta applicazione nel mondo del lavoro archeologico professionale, non solo non permette di procedere in una verifica essenziale ma finisce per costituire forse il vero nodo gordiano di tutta l'archeologia informatica e di quelle mancate sollecitazioni per l'evoluzione di un più ampio dibattito metodologico che abbiamo rimarcato come essenziale in questo approccio.

Il lavoro svolto con l'unità 3DOM mi ha spinto quindi a sperimentare anche su un cantiere professionale alcune procedure di acquisizione di strutture (muri in ciottoli, rinvenuti allo stato di

---

<sup>25</sup> LAURENZA - PUTZOLU 2008, p. 120.

rasatura e preservati nel corso dell'attività di scavo), tramite rilevamento laser scanner. Questa sperimentazione è stata effettuata presso l'abitato etrusco di Marzabotto per procedere al rilevamento e alla restituzione delle principali strutture emerse nel corso dello scavo archeologico effettuato nell'estate del 2010, all'interno della *Regio V, Insula 5*, dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna sotto la direzione scientifica di L. Malnati e D. Locatelli, cui ho partecipato in qualità di responsabile. L'intervento, che ha interessato un'ampia zona dell'area centrale dell'*insula* (circa 800 mq), ha messo in luce, direttamente al di sotto del piano di campagna, un articolato palinsesto di nuove strutture murarie in ciottoli a secco, conservate solo per pochi filari e a volte solo in fondazione.

La sperimentazione mirava alla realizzazione di una pianta generale delle strutture emerse, il cui rilievo tradizionale avrebbe comportato una lunga e costosa opera di rilevamento, come supporto di integrazione delle piante di strato e di evidenze secondarie acquisite nel corso dello scavo secondo procedure digitali tradizionali (rilievo a stazione totale rilievo manuale e fotoradrizzamento di elementi complessi). Tutta la procedura è stata monitorata per testare le tempistiche, sicuramente più gravose in fase di *post processing*, e l'effettiva qualità della restituzione secondo gli standard tradizionali. Il rilevamento è stato realizzato con il laser scanner a tempo di volo Leica Scan Station 2, caratterizzato da alcuni limiti di esercizio per problemi di scarsa maneggevolezza; queste difficoltà sono peraltro destinate ad accrescersi in modo esponenziale qualora la corretta operatività del rilievo preveda spostamenti continui dei punti di ripresa in contesti, come quello in oggetto, contraddistinti in primo luogo da terreno sconnesso ma soprattutto da strutture con scarsa emersione dal piano di base, con la conseguente necessità di collocare lo strumento in punti ravvicinati, direttamente all'interno delle delicate realtà archeologiche emerse dagli scavi. La corretta restituzione di strutture in ciottoli sovrapposti e poco emergenti costituisce un problema rilevante per le scansioni laser dal momento che, per rispondere correttamente ai principi della documentazione archeologica, ogni elemento che compone il muro deve essere restituito e puntualmente riconoscibile; in questi casi però ciascuna ripresa permette di ottenere solo un'acquisizione parziale dei profili delle pietre a causa dell'alto numero di occlusioni determinate dalla disposizione di un elemento direttamente sopra l'altro.

Per ovviare ad alcuni degli inconvenienti sopra descritti, si è scelto di apporre il laser, opportunamente montato sul suo treppiede, su un carrello mobile a tre ruote, in grado di garantire non solo un più facile spostamento ma anche un'operatività immediata nella fase di stazionamento, rispettando anche le esigenze di tutela delle superfici archeologiche esposte<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> RIZZI *et alii* 2011.

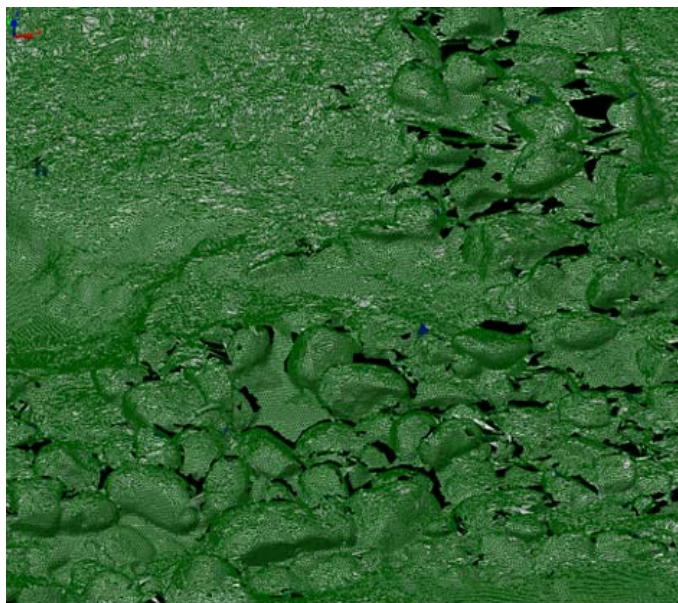


Fig. 7. Lacune nella *mesh* dei resti di strutture murarie in ciottoli di Marzabotto (BO).

Si è ritenuto inoltre opportuno circoscrivere le scansioni di volta in volta in aree mirate dovendo operare l'acquisizione di oggetti (le strutture) collocati particolarmente in basso e per un'altezza limitata. Si è scelto perciò di non "lanciare" mai il dispositivo con scansioni di *default* - quindi con cicli di rotazione completi ( $360^\circ \times 270^\circ$ ) - che, oltre a impiegare tempi inutilmente prolungati, avrebbero prodotto una mole enorme di punti inutili e risoluzioni incontrollate; sono state quindi effettuate varie scansioni dalle singole stazioni, selezionando di volta in volta, in modo accorto e concordemente studiato in base alle entità da rilevare, aree di scansione molto ridotte per ampiezza dell'angolo verticale e di quello orizzontale per ottenere così un passo di campionamento adeguato alle reali necessità richieste dalla restituzione corretta delle singole strutture e delle aree di interesse. Nel complesso il lavoro è stato molto velocizzato da questi accorgimenti ed è stato possibile verificare come, operando in tal modo e con la dovuta programmazione preliminare, si possa prevedere pur in una situazione logistica non ottimale, l'impiego di due soli operatori (se non addirittura uno) permettendo così di abbattere sensibilmente i costi di gestione delle operazioni di documentazione. In questo modo le operazioni di rilevamento sono state completate da due operatori in una sola giornata con circa 8/9 ore di lavoro sul campo.

La sperimentazione ha conseguito riscontri importanti e si può quindi affermare che questo test si è mosso in un orizzonte economicamente e metodologicamente accettabile. La proposta che ne scaturisce è quella di realizzare sugli scavi di emergenza - soprattutto quelli urbani, particolarmente complicati nella documentazione dalla presenza di articolati complessi murari sovrapposti - scansioni generali alla fine dello scavo, integrando poi quanto prodotto con i rilievi, eseguiti in corso d'opera,

delle entità rimosse nel corso dello scavo. Occorre inoltre valutare l'effettiva incidenza eventualmente del costo del noleggio di strumentazione specifica (o il commissionamento *tout court* a terzi delle attività di rilievo) sul computo economico del cantiere, come alternativa al costo della manodopera impiegata normalmente, con tempi evidentemente molto dilatati, nel rilievo al dettaglio a mano, con stazione o con utilizzo integrato di stazione, fotoraddrizzamento e digitalizzazione dei profili.

In particolare, ritengo molto importante che queste variabili siano valutate in modo critico e consapevole, senza facili enfattizzazioni ma anche, per contro, senza preclusioni aprioristiche, approcci entrambi errati, dettati dalla scarsa dimestichezza con la materia. Un'attenzione particolare, come si può evincere da quanto fin qui esposto, dovrà ovviamente essere prestata, da parte di tutte le figure coinvolte a vario titolo nelle attività di archeologia preventiva e d'emergenza, nella corretta definizione delle modalità e dei costi specifici, già in fase progettuale, ricordando sempre come sia economicamente e operativamente determinante il lavoro svolto a tavolino successivo alle fasi di rilievo sul campo<sup>27</sup>. Alla luce dell'esperienza maturata nei lavori archeologici relativi a grandi opere pubbliche, ad esempio, ritengo possa essere molto importante proporre interventi di questa portata, anche qualora richiedano lunghe e onerose operazioni in fase di *post processing*, dal momento che i tempi di interruzione delle generali attività di cantiere possono costituire una delle voci economicamente di gran lunga più gravosa in fase esecutiva dei lavori. Risolvere sul campo, eventualmente anche con reiterati interventi di questo tipo, le problematiche connesse con la corretta e puntuale documentazione delle entità archeologiche messe in luce, potrebbe trovare quindi terreno fertile nelle contrattazioni con gli esecutori delle opere garantendo a questi un più veloce svincolo delle aree e, per quanto concerne il versante archeologico tecnico-scientifico, una restituzione adeguata in chiave documentaria.

Un problema in parte connesso con queste procedure, perché direttamente legato alle pratiche di scavo e di relativa documentazione, è rappresentato dall'uso di tecniche *laser scanning* per l'acquisizione di superfici archeologiche. La possibilità tecnica offerta dalle fitte nuvole di punti laser di acquisire repliche di questo genere (non certo, come si è visto, di agevole produzione e di utilizzo immediato come spesso tratteggiato da alcune presentazioni promozionali) rischia però di sovvertire il normale

---

<sup>27</sup> Ritengo questo aspetto, in carico soprattutto alle Soprintendenze e ai funzionari direttori scientifici delle opere archeologiche, uno dei principali problemi che oggi inficiano non solo il corretto svolgimento delle attività professionali in archeologia ma anche un'adeguata restituzione documentaria di importanti memorie archeologiche messe in luce. La mancata definizione e specificazione in modo chiaro con le controparti delle reali modalità di esecuzione dei rilievi archeologici, da svolgere spesso con tempi e costi elevati direttamente a tavolino e in fase di post scavo, ha infatti come inevitabile ricaduta spesso l'approssimazione, la carenza o comunque la totale inadeguatezza della documentazione di scavo consegnata al Ministero dagli archeologi professionisti. In questo senso ora muovono le nuove direttive emanate dalla Direzione Generale per le Antichità (circolare 10/2012: *Procedure di verifica preventiva dell'interesse archeologico ai sensi degli artt. 95 e 96 del D.Lgs. 163/06 e s.m.i. Indicazioni operative in merito alle attività di progettazione ed esecuzione delle indagini archeologiche*), laddove si specifica che nel progetto definitivo di scavo il quadro economico debba esplicitamente prevedere una somma, coerente con la complessità dell'intervento, riservata alla documentazione e allo studio post scavo (oltre al restauro dei materiali e alla pubblicazione dei risultati).

processo metodologico che dovrebbe guidare il portatore della conoscenza e dell'esperienza nel settore disciplinare specifico (in questo caso l'archeologo).

Se infatti nell'ambito della metodologia archeologica il rilievo costituisce uno strumento di selezione di informazioni da realizzare in una più ampia dimensione semantica, dettata soprattutto da conoscenze specifiche e precisi obiettivi, la valutazione in questi casi non avviene più sul campo ma finisce per essere rimandata a successivi momenti di riflessione di laboratorio che si svolgerebbero - è necessario specificarlo con forza - lontano dal contesto indagato, davanti a uno schermo (bidimensionale!) che solo in modo percettivo è in grado di restituire un'idea della tridimensionalità effettiva dell'entità rilevata; tutto questo a scapito di una dimensione spaziale e più naturalmente "immersiva" nella realtà contestuale archeologica che sola, a mio parere e allo stato attuale delle ricerche, risulta ancora in grado di assolvere alle reali normative dettate dall'applicazione della documentazione archeologica e dalla sua ricaduta metodologica.

Queste considerazioni non vogliono certo negare le grandi potenzialità che la modellazione tridimensionale offre ma si vuole viceversa ribadire che una primaria necessità è quella di mantenere la ricchezza offerta proprio da una metodologia per così dire contestuale, che è andata consolidandosi nel corso degli ultimi decenni (e che dovrebbe essere ormai norma acquisita), capace di identificare selezioni, metafore, dettagli, scale e procedure in genere, alla luce degli ambiti specifici e delle effettive istanze suscitate dalle singole entità di volta in volta indagate. Il rischio infatti è che proprio la progettazione e l'applicazione di sistemi così sofisticati - che si tende d'istinto a spingere fino al loro massimo potenziale di dettaglio e di risoluzione - determinino al contrario un appiattimento procedurale, finendo per confondere l'esponentiale crescita delle risoluzioni e dei dettagli con quella conseguente del potenziale informativo. Al contrario, come la procedura topografica e cartografica (esempio vivo della portata di una selezione efficace del reale) ha sempre indicato, gli apparati informativi risultano coerenti solo se direttamente commisurati alla scala del valore richiesto dal momento; il mancato rispetto di queste regole spalanca inevitabilmente, con la sovrapposizione degli elementi rappresentati, il baratro verso il *Kaos*.

Ritornare a riflettere sull'effettivo valore del "segno", come risultato di un processo selettivo che si esplicita attraverso un peculiare linguaggio formale rappresentativo, la cui sintassi attiene necessariamente alle scelte specifiche della disciplina all'interno della quale il rilievo si snoda (e delle sue istanze teoriche e metodologiche), appare in questo momento dunque un percorso essenziale nelle scelte operative di chi si voglia approcciare in una dimensione consapevole, scevra di oniriche aspettative, all'uso delle strumentazioni tecniche più avanzate. Non è un caso che anche in ambiti più tradizionalmente tecnici come in Ingegneria e in Architettura gli operatori più attenti si interrogino

oggi proprio sul valore e sugli aspetti più generali e "concettuali" di operare con questi dispositivi, alla luce delle istanze che sono proprie della rappresentazione dell'architettura. Le conclusioni che vengono proposte da queste riflessioni non si distaccano in verità dallo stesso scenario delineato in precedenza, come emerge in modo evidente dal lavoro effettuato all'interno del monastero di San Romedio (Coredo, TN) e dalle riflessioni che ne sono scaturite; G.A. Massari M.C. Bonora e K. Svaldi, dopo aver richiamato quanto codificato da R. Masiero riguardo al rilievo che, in quanto rappresentazione basata sulle misure, «contiene in sé tutti gli aspetti problematici (gnoseologici ed epistemologici) del misurare e del rappresentare» concludono - in maniera a mio parere molto efficace e in linea con quanto dovrebbe emergere anche in campo archeologico - che «pervenire a una perfetta duplicazione dell'immagine apparente non risolve la comunicazione e la gestione dei dati non visibili legati alle vicende temporali, alle proprietà materiali, ai caratteri strutturali dell'opera: per questo la rappresentazione di rilievo deve farsi simbolica e caricarsi dei contenuti logici delle banche di dati che intende trasmettere (...)»<sup>28</sup>

Un'importante frontiera in questa direzione è rappresentata dai nuovi *tablet* che potrebbero portare in futuro molto prossimo a una corretta integrazione tra verifica manuale ed elaborazione automatica. Questi strumenti consentono oggi di disegnare direttamente attraverso l'uso di applicazioni specifiche sia di tipo *raster* che vettoriali utilizzabili sia su piattaforme iOS che Android, aprendo la strada alla possibilità di creare tracciati vettoriali direttamente sul campo. In attesa di ulteriori approfondimenti, anche per un più ampio trattamento di materiale documentario da modelli tridimensionali, si deve però registrare che fino a oggi questi supporti sono gravati da una criticità abbastanza rimarchevole per un'applicazione in archeologia; risulta molto complesso infatti, con gran parte dei dispositivi, riuscire a ottenere una buona visualizzazione - e tantomeno sfruttare le funzioni *touchscreen* per il disegno - in ambienti caratterizzati da forte luminosità diffusa come nella stragrande maggioranza dei casi di lavoro e di ricerca sul campo in archeologia.

Proprio nel tentativo di una definizione semantica dei modelli realizzati, si stanno creando poi di recente nuovi progetti che offrono un interessante percorso di innovazione per una più funzionale applicazione dei supporti tridimensionali. L'obiettivo è quello di creare le condizioni per interrogare in modo adeguato i modelli tridimensionali, per trasformarli, da puri oggetti di visualizzazione o di contemplazione, in più efficaci sistemi informativi archeologici strutturati e organizzati secondo una suddivisione semantica delle entità di interesse specifico<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> MASSARI - BONORA - SVALDI 2010, p. 67.

<sup>29</sup> LLOBERA 2011.

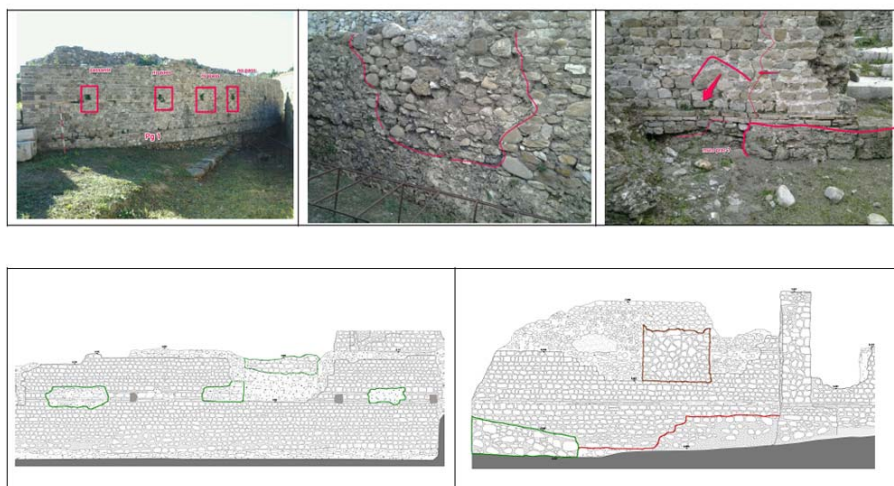


Fig.8. Annotazioni su immagini e tracciamento sulle sezioni vettoriali con digitazione diretta su tablet.

Il lavoro avviato da alcuni anni dal laboratorio Map Gamsau del CNRS di Marsiglia tende a un approccio di classificazione tematica, ricostruzione, strutturazione e rappresentazione dei modelli attraverso un generico approccio formale per la suddivisione semantica e la rappresentazione degli elementi architettonici<sup>30</sup>. L'evoluzione del progetto prevede la possibilità di gestire e rappresentare le trasformazioni storiche di monumenti; muovendo dalla costruzione e passando dall'integrazione del modello con risorse iconografiche disponibili del monumento rilevato: il programma NUBES (tempus) restituisce un'interfaccia in grado anche di gestire e visualizzare l'evoluzione degli edifici secondo criteri spazio temporali.

Un altro interessante lavoro svolto in questa direzione è quello effettuato da D. Blerch per la Tomba dei Volumni di Perugia. Il rilievo della tomba dei Volumni era stato realizzato infatti con finalità di studio del sistema strutturale in pietra che simula i soffitti lignei e, riportando i risultati su scala cromatica, è stato possibile leggere l'andamento dei profili delle parti che compongono la struttura. Suddividendo poi i singoli elementi, il modello è stato utilizzato come supporto di base per l'elaborazione di una teorica ricostruzione virtuale dei diversi sistemi di carpenteria lignea; operando direttamente in tre dimensioni con misure reali e integrando le informazioni precedentemente elaborate su andamenti, curvature e distinzione degli elementi gli autori sono riusciti a modellare diverse ipotesi di soluzione anche alternative tra loro<sup>31</sup>.

L'interesse che questo approccio suscita per l'evoluzione dei modelli nella ricerca archeologica, risiede, oltre che nell'evidente offerta di risorse di gestione, anche nelle novità offerte nello studio delle

<sup>30</sup> DE LUCA - VÉRON - FLORENZANO 2007.

<sup>31</sup> BLERSCH - BALZANI - TAMPONE 2006; in 3DOM un lavoro con finalità simili è stato realizzato sulle evidenze archeologiche Maya a Copain in Messico (AGUGIARO *et alii* 2011).

stratigrafie del costruito, soprattutto nell'approccio semantico che tende a quell'«universo della conoscenza» che ripropone alcuni parametri fondamentali alla base dell'evoluzione delle piattaforme GIS in archeologia<sup>32</sup>. È evidente che poter gestire modelli secondo scomposizioni semantiche vuol dire guardare al modello come il nuovo contenitore di significati nella sua accezione primaria di studio delle relazioni tra segni e oggetti; vuol dire inoltre, inequivocabilmente, ritornare al concetto di contenuto del valore semantico per arrivare a formare una corretta "base della conoscenza" del dominio archeologico<sup>33</sup>. Il modello appare quindi come una rappresentazione che ripercorre concetti propri della semantica nelle scienze cognitive, all'interno delle quali sussistono, tra l'altro, elementi come quelli delle *features* semantiche, costituenti «parte della rappresentazione di un concetto che, computazionalmente parlando, si identifica con un insieme di informazioni simboliche»<sup>34</sup> e dove la conoscenza matura dalle relazioni sintattiche tra significati.

Al di là degli aspetti cognitivi quello che qui preme è la ricaduta determinante sul supporto informatico, non più solo come luogo della visualizzazione ma come raccoglitore di informazioni e contenuti; in questa accezione è evidente come tutto il processo che porta all'implementazione dei modelli, ricada in modo indissolubile sul portatore di quella conoscenza, in grado di comprendere e classificare i caratteri specifici dell'oggetto rilevato e modellato. In quest'ottica è altresì evidente come quel ruolo dell'archeologo, auspicato in precedenza, maturi spontaneamente e diventi, con tutto il suo portato di competenza ed esperienza, imprescindibile nell'essenza stessa delle procedure tecniche, riproponendo, in definitiva, la centralità dell'apparato metodologico proprio della disciplina archeologica.

È parso evidente dunque, anche alla luce delle problematiche affrontate, come spaziando nei diversi campi di utilizzo dei supporti tridimensionali oggi sia necessaria una riflessione concreta sull'applicazione di queste apparecchiature in ambito archeologico con analisi reali di tempi e di costi. Solo in questo modo sarà possibile creare nuovi scenari operativi, dettati dalle reali necessità del lavoro e non dalle capacità tecnologiche, di volta in volta sempre più avanzate, offerte dagli strumenti presenti sul mercato. Una ricerca specifica in questa direzione non deve ritenersi infatti un "arretramento" dalle procedure più tecnologicamente avanzate bensì un'acquisizione matura, nella consapevolezza che «la preoccupazione ossessiva ed esclusiva per l'innovazione tecnologica [della tecnocultura] e la stima acritica e la reverenza che essa mostra verso la pura novità tecnologica» porta come conseguenza che «ciò che si presenta in termini rivoluzionari o utopistici si rivela effettivamente come il suo contrario conservatore.»<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> FORTE 2002.

<sup>33</sup> ZANCHETTA 2011, pp. 121-123.

<sup>34</sup> GOLA 1999, p. 155.

<sup>35</sup> ROBINS 1999, p. 8.

Recuperare poi il valore centrale del contenuto (archeologico in senso ampio e, in definitiva, antropologico) anche nel campo della realtà virtuale, significa dunque cercare di sfruttare le potenzialità contemporanee della visualizzazione nel senso più profondo, il cui scopo ultimo, come ribadito da M. Llobera ancora di recente, è quello di favorire la comunicazione ma anche l'intuizione e la comprensione più ampia dei dati<sup>36</sup>.

Un approccio archeologico alle tecnologie avanzate per il rilevamento e la rappresentazione tridimensionale deve essere inteso dunque come il modo di riappropriarsi degli strumenti in quanto tali, offrendo la possibilità di indagare la realtà archeologica con nuove opportunità di visualizzazione ma rimanendo ancorati ai metodi e alle finalità della propria disciplina. Rivendicare il senso della propria dimensione analitica vuol dire dunque essere in grado anche di definire rigorosamente strumenti e metodi, finalità e obiettivi (ri)aprendo quella strada che porta la ricerca archeologica verso il suo fine ultimo - che è essenzialmente antropologico - dove tutte le tracce del passato concorrono a costituire quel Paesaggio che «nella sua finitezza aperta è (...) metaspazio, in quanto supera la semplice nozione astratta dello spazio per interessare, appunto, l'ambito complessivo della vita dell'uomo.»<sup>37</sup>

Giorgio Baratti  
[giorgio.baratti@unimi.it](mailto:giorgio.baratti@unimi.it)

---

<sup>36</sup> LLOBERA 2011.

<sup>37</sup> VENTURI FERRIOLO 2003, p. 23.

## Abbreviazioni bibliografiche

AGUGIARO *et alii* 2011

G. Agugiaro - F. Remondino - G. Girardi - J. von Schwerin - H. Richards-Rissetto - R. De Amicis, *QueryArch3D: Querying and Visualising 3D Models of a Maya Archaeological Site in a Web-based Interface*, in "Geoinformatics" 6 (2011) (23 International CIPA Symposium), pp. 10-17.

BERALDIN *et alii* 1998

J.A. Beraldin - F. Blais - L. Cournoyer - M. Rioux - F. Bernier - N. Harrison, *Portable Digital 3-D Imaging System for Remote Sites*, in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems* 5, Institute of Electrical and Electronics Engineers 1998, pp. 488-493.

BLERSCH - TAMPONE - BALZANI 2006

D. Bleresch - G. Tampone - M. Balzani, *The Volumnis' Hypogeum in Perugia, Italy. Application of 3D Survey and Modelling in Archaeological Sites for the Analysis of Deviances and Deformations*, in *From Space to Place: 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology*, Proceedings of the 2nd International Workshop, Oxford 2006, pp. 389-394.

BONORA - TUCCI 2005

V. Bonora - G. Tucci, *Individuazione degli spigoli su un modello architettonico realizzato con scansioni 3D*, in *Atti della 9a Conferenza Nazionale ASITA*, Catania 2005, pp. 431-438.

D'ANDREA 2006

A. D'Andrea, *Documentazione archeologica, standard e trattamento informatico*, Budapest 2006.

D'ANDREA - IANNONE - SAFIOTTI 2008

A. D'Andrea - G. Iannone - L. Safiotti, *Metodologie laser scanning per il rilievo archeologico: metodi operativi e standard di documentazione*, in *Informatica e metodo* 2008, pp. 123-134.

DE FELICE 2008

G. De Felice, *Il progetto Itinera. Ricerca e comunicazione attraverso nuovi metodi di documentazione archeologica*, in *Informatica e metodo* 2008, pp. 13-24.

DE LUCA - VÉRON - FLORENZANO 2007

L. De Luca - P. Véron - M. Florenzano, *A Generic Formalism for the Semantic Modeling and Representation of Architectural Elements*, in "The Visual computer" 23, 3 (2007), pp. 181-205.

*Digital Imaging* 2011

F. Stanco - S. Battiato - G. Gallo (eds.), *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation. Analysis, Restoration, and Reconstruction of Ancient Artworks*, Boca Raton 2011.

*Digital Media* 2011

J. Al-Qawasami - Y. Alshawabkeh - F. Remondino (eds.), *Digital Media and its Applications in Cultural Heritage, The Second International Conference on Digital Media and its Applications in Cultural Heritage (DMACH)* (Amman, Jordan, 13-15.03.2011), Amman 2011.

EL-HAKIM - BERARDIN - BLAIS 1995

S.F. El-Hakim - J.A. Berardin - F. Blais, *A Comparative Evaluation of the Performance of Passive and Active 3-D Vision Systems*, in E.A. Fedosov (ed.), *SPIE Proceedings, Conference on Digital Photogrammetry and Remote Sensing* 2646, St. Petersburg 1995, pp. 14-25.

FORTE 2002

M. Forte, *I sistemi informativi geografici in archeologia*, Roma 2002.

FORTE 2006

M. Forte, *Tra conoscenza e comunicazione in archeologia: considerazioni in margine alla terza dimensione*, in S. Campana - R. Francovich (a cura di), *Laser Scanner e GPS. Paesaggi Archeologici e tecnologie digitali* 1, Workshop (Grosseto, 4.3.2005), Firenze 2006, pp. 23-40.

GENOVESE 2011

R.A. Genovese, *Metodologie innovative per la conservazione e il restauro dei Beni culturali*, in *Metodologie e strumenti* 2011, pp. 19-38.

GOLA 1999

E. Gola, *Significato e computazione. Menti artificiali e lingue naturali*, in D. Gambarara (a cura di), *Semantica. Teorie, tendenze e problemi contemporanei*, Roma 1999, pp. 155-201.

GRANDE - LOPEZ-MENCHERO 2011

A. Grande - V.M. Lopez-Menchero, *The Implementation of an International Charter in the Field of Virtual Archaeology* ([cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/prague/061.pdf](http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/prague/061.pdf)).

*In profondità* 2009

E. Giorgi (a cura di), *In profondità senza scavare. Metodologie di indagine non invasiva e diagnostica per l'archeologia*, Bologna 2009 (Groma, 2).

*Informatica e metodo* 2008

G. De Felice - M.G. Sibilano - G. Volpe (a cura di), *L'informatica e il metodo della stratigrafia*, Atti del Workshop (Foggia, 6-7.6.2008), Bari 2008.

LAURENZA - PUTZOLU 2008

S. Laurenza - C. Putzolu, *Dalla terra al monitor: riflessioni e considerazioni sulla gestione digitale dello scavo archeologico*, in *Informatica e metodo* 2008, pp. 107-122.

LLOBERA 2011

M. Llobera, *Archaeological Visualization: Towards an Archaeological Information Science (AISC)*, in "Journal of Archaeological Method and Theory" 18 (2011), pp. 193-223.

LOPEZ-MENCHERO - GRANDE 2011

V.M. Lopez-Menchero - A. Grande, *The Principles of the Seville Charter* ([cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/prague/096.pdf](http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/prague/096.pdf)).

MASSARI - BONORA - SVALDI 2010

G.A. Massari - M.C. Bonora - K. Svaldi, *Spazi medievali scolpiti e dipinti: misura e rappresentazione*, in *Graphic Expression applied to Building*. X International Conference, Proceedings of APEGA 2010 (Alicante, 2-4.12.2010), Alicante 2010, pp. 55-63.

*Metodologie e strumenti* 2011

R.A. Genovese (a cura di), *Metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro*, Napoli 2011.

ORLANDI 2009

T. Orlandi, *Informatica archeologica e non archeologica*, in "Archeologia e Calcolatori" 20 (2009), pp. 17-26.

REMONDINO 2011

F. Remondino, *3D Recording for Cultural Heritage*, in D.C. Cowley (ed.), *Remote Sensing for Archaeological Management*. Proceedings of XI<sup>th</sup> EAC Heritage Management Symposium (Reykjavík, Iceland, 25-27.03.2010), Brussel 2011, pp. 107-115.

REMONDINO *et alii* 2011

F. Remondino - A. Rizzi - G. Agugiaro - B. Jimenez - F. Menna - F. Nex - G. Baratti, *Rilievi e Modellazione 3D*, in Atti della 15a Conferenza Nazionale ASITA (Reggia di Colorno [PR], 15-18.11.2011), Colorno 2011, pp. 1825-1836.

REMONDINO - RIZZI 2010

F. Remondino - A. Rizzi, *Reality-based 3D Documentation of Natural and Cultural Heritage Sites - Techniques, Problems, and Examples*, in "Appl Geomat" 2010, 2 (2010), pp. 85-100.

RINAUDO 2011a

F. Rinaudo, *Dalla misura al sistema informativo: il ruolo della Geomatica nella documentazione del patrimonio culturale*, in *Metodologie e strumenti* 2011, pp. 143-159.

RINAUDO 2011b

F. Rinaudo, *Il laser scanning terrestre per il rilievo e l'analisi di Beni Architettonici e Archeologici* in REMONDINO *et alii* 2011, pp. 1845-1846.

RIZZI *et alii* 2011

A. Rizzi - G. Baratti - B. Jiménez - S. Girardi - F. Remondino, *3D Recording for 2D Delivering - The Employment of 3D Models for Studies and Analyses*, in *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38-5/W16 (4th ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2011: *Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Trento, 2-4.03.2011), Trento 2011, pp. 301-309.

ROBINS 1999

K. Robins, *Oltre l'immagine. Cultura e politica della visione*, Ancona - Milano 1999.

RUSSO - REMONDINO - GUIDI 2011

M. Russo - F. Remondino - G. Guidi, *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*, in "Archeologia e Calcolatori" 22 (2011), pp. 169-198.

RUSSO - REMONDINO 2012

M. Russo - F. Remondino, *Laser Scanning e fotogrammetria: strumenti e metodi del rilievo tridimensionale per l'archeologia*, in G.P. Brogiolo - D.E. Angelucci - A. Colecchia - F. Remondino (a cura di), *APSAT 1. Teoria e metodi della ricerca sui paesaggi d'altura*, Mantova 2012, pp. 141-170.

SOUCY - LAURENDEAU 1995

M. Soucy - D. Laurendeau, *A General Surface Approach to the Integration of a Set of Range Views*, in "IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence" 4, 17 (1995), pp. 344-358.

TERRENATO 1998

N. Terrenato, *Fra tradizione e trend. L'ultimo ventennio (1975-1997)*, in M. Barbanera, *L'archeologia degli Italiani*, Roma 1998, pp. 175-192.

VENTURI FERRIOLO 2003

M. Venturi Ferriolo 2003, *Etiche del paesaggio. Il progetto del mondo umano*, Roma 2003.

VOLPE 2008

G. Volpe, *"Pesare la digitalizzazione". L'informatica applicata all'archeologia tra tecnologia e metodologia*, in *Informatica e metodo* 2008, pp. 9-11.

ZANCHETTA 2011

C. Zanchetta, *Geometrie dell'informazione*, in R. Salerno (a cura di), *Teorie e tecniche della rappresentazione contemporanea*, Sant'Arcangelo di Romagna 2011, pp. 115-125.

ZANINI - COSTA 2006

E. Zanini - S. Costa, *Organizzare il processo conoscitivo nell'indagine archeologica: riflessioni metodologiche ed esperimenti digitali*, in "Archeologia e calcolatori" 17 (2006), pp. 241-264.