

Grotta di Uluzzo C (Nardò-Lecce): risultati preliminari, strumenti e metodi dell'indagine archeologica

Andrea Fiorini - Antonio Curci - Enza Elena Spinapolice - Stefano Benazzi

The application of new technologies in archeology and in general in the field of cultural heritage is a sector in continuous development for many years. There are many conferences and magazines dedicated to the experimentation of new technologies, new instruments software and new techniques, coming mostly from the field of engineering or architecture, are employed in sectors related to archaeological research and in particular to documentation and archiving of the data. In this paper we will present a set of new methodologies applied to the Palaeolithic excavation in the context of the Uluzzian, the first techno-complex associated with Homo Sapiens in Europe. We put in place a complex set of methods both for excavation and laboratory steps of archaeological research.

1. *L'Italia meridionale nel quadro del popolamento europeo da parte dell'Homo sapiens*

La prima uscita di *Homo sapiens* dall'Africa risale almeno a 190-170 mila anni fa¹, ma le testimonianze fossili di questa dispersione sono circoscritte al Levante e al Sudest asiatico², anche se recenti studi paleogenetici suggeriscono una possibile prima diffusione anche in Europa³. È evidente tuttavia che questa prima uscita dal continente Africano non ha permesso al Sapiens di stabilizzarsi permanentemente in Eurasia, probabilmente perché in questi territori erano presenti gruppi umani (tra cui Neanderthal e Denisoviani) e le popolazioni di Sapiens non erano demograficamente o tecnologicamente competitive. Le testimonianze fossili suggeriscono una seconda dispersione in Eurasia del Sapiens, o uomo moderno (modern human - MH), tra 60-50 mila anni fa, come indicherebbe la calotta cranica recentemente rinvenuta nella grotta di Manot in Israele⁴, e vari ritrovamenti fossili datati tra 50 e 40 mila anni fa⁵. A questa seconda dispersione, dall'Africa o da gruppi di uomini moderni reduci della prima dispersione, si accompagna la scomparsa di tutte le altre specie umane che abitavano in Eurasia. Per quanto riguarda l'Europa, vi è un acceso dibattito internazionale volto a comprendere i tempi e modi che hanno caratterizzato i cambiamenti biologici e culturali verificatisi tra 50-35 mila anni fa, tra cui la scomparsa dei Neanderthal autoctoni e la loro sostituzione da parte di MH⁶. L'attuale incertezza mina la nostra comprensione sulle origini del comportamento moderno in Europa (vale a dire, se la modernità comportamentale è stata ottenuta indipendentemente dai Neanderthal oppure era legata ai nuovi arrivati) e sul destino dei nostri parenti più stretti, i Neanderthal.

I Neanderthal erano diffusi in Europa e la loro relazione con gli MH al loro arrivo in Europa è oggetto di due ipotesi. La prima suppone che i due gruppi non si sovrapponevano cronologicamente e/o geograficamente

¹ HERSHKOVITZ *et al.* 2018.

² MERCIER *et al.* 1995; LIU *et al.* 2015.

³ POSTH *et al.* 2017.

⁴ HERSHKOVITZ *et al.* 2015.

⁵ FU *et al.* 2013, 2014.

⁶ Ad es. MELLARS 2006; BENAZZI *et al.* 2011; 2015; HIGHAM *et al.* 2011; 2014; HUBLIN 2015.

e che non interagissero culturalmente. Una visione alternativa è che la mescolanza tra le prime popolazioni di MH e i Neanderthal locali si sia verificata anche in Europa, ma che questi MH pionieristici siano stati in seguito sostituiti da altri gruppi di MH e quindi non abbiano molto contribuito molto geneticamente alle popolazioni europee successive⁷.

È evidente, quindi, che l'origine e il significato dei cambiamenti culturali e dell'interazione biologica tra MH e Neanderthal debbano ancora essere compresi e continuano a essere di notevole interesse nell'ambito della paleoantropologia⁸. L'attuale dibattito scientifico si concentra su una serie di questioni cruciali tra cui: 1) se MH e Neanderthal coesistessero in Europa; 2) se l'arrivo di MH coincise con il passaggio dal Paleolitico medio a quello superiore; 3) se MH abbia colonizzato le aree dopo che le popolazioni di Neanderthal se ne fossero andate o se questi gruppi umani interagissero (ad esempio, trasmissione culturale o possibile competizione); 4) se il successo ecologico di MH sia intrinsecamente correlato a una serie di abilità comportamentali e cognitive esclusive di MH, favorendo la loro migrazione e l'adattamento eco-geografico; 5) se la migrazione di MH in Europa sia stata promossa da miglioramenti climatici temporanei (periodi interstadiali) all'interno del MIS3.

In breve, il periodo tra 45-40 mila anni fa è fondamentale per districare il passaggio culturale e biologico dai Neanderthal agli MH in Europa. In effetti, i Neanderthal scomparvero intorno a 41-39 mila anni fa⁹ e anche se i reperti datati tra 40-35 mila anni fa sono sporadici, quelli disponibili sono attribuiti ad MH e sono generalmente associati all'Aurignaziano antico¹⁰ o alla cultura aurignaziana classica¹¹. Tuttavia, le prove archeologiche frammentarie, la datazione cronologica e i resti umani sporadici attualmente disponibili lasciano spazio a molti potenziali scenari, che vanno: 1) dalla competizione diretta/indiretta e alla conseguente sconfitta dei Neanderthal da parte dei nuovi arrivati MH tra 45-40 mila anni fa; 2) a idee meno drastiche che attribuiscono la fine dei Neanderthal ad altri fattori (ad es. i cambiamenti climatici, il crollo demografico, la riduzione delle risorse alimentari), così che gran parte dell'Europa era vuota quando arrivò il primo MH.

In questo dibattito, l'Europa mediterranea (e in particolare l'Italia) svolge un ruolo fondamentale per: 1) la sua posizione geografica e la variabilità ecologica all'incrocio tra Europa mediterranea orientale e occidentale; 2) gli importanti siti archeologici risalenti al periodo di transizione tra Paleolitico medio e superiore; 3) la presenza di varie culture definite di transizione e/o del Paleolitico superiore (cioè, Uluzziano e Protoaurignaziano, rispettivamente); 4) la presenza di resti fossili umani associati a questi tecnocomplessi¹².

In questa problematica gioca un ruolo fondamentale il sito archeologico di Uluzzo C presso il comune di Nardò (Lecce, Italia), poco distante dalla famosa Grotta del Cavallo, nella baia di Uluzzo, il sito eponimo da cui prende il nome la cultura Uluzziana. La grotta di Uluzzo C preserva al suo interno una sequenza stratigrafica che abbraccia la transizione Paleolitico medio e superiore, quindi cruciale per comprendere i processi bio-culturali che possono aver portato alla scomparsa del Neanderthal e al successo adattativo dell'uomo moderno.

Stefano Benazzi

2. Il sito di Uluzzo C (Nardò, LE): le indagini archeologiche pregresse e le campagne di scavo 2016-2018

Grotta Carlo Cosma o Uluzzo C (40° 9'27.84 "N 17° 57'35.34" E) è uno dei siti della baia di Uluzzo e si trova proprio di fronte alla famosa Grotta del Cavallo, dove sono stati trovati denti di *Homo sapiens* associati a tecnocomplessi uluzziani (fig. 1)¹³. Il sito è stato scoperto durante i sondaggi dell'IIPP (Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria) e originariamente scavato da Edoardo Borzatti¹⁴.

La grotta-riparo, che fu esplorata per la prima volta nel 1963, appare oggi come una cavità rocciosa definita dall'allargamento di una fessura con un'inclinazione relativa di 50° (fig. 2)¹⁵. Sul lato sinistro della fenditura

⁷ FU *et al.* 2015.

⁸ Ad es. HIGHAM *et al.* 2014; SANKARARAMAN *et al.* 2014; FU *et al.* 2015; HUBLIN 2015.

⁹ HIGHAM *et al.* 2014.

¹⁰ La Quina-Aval e Brassempouy, Francia, ad esempio, VERNA, DUJARDIN, TRINKAUS 2012.

¹¹ Mladeč, Repubblica Ceca (WILD *et al.* 2005).

¹² BENAZZI *et al.* 2011; 2014; 2015.

¹³ BENAZZI *et al.* 2011.

¹⁴ BORZATTI VON LÖWERSTERN 1966; BORZATTI VON LÖWERSTERN, MAGALDI 1969.

¹⁵ BORZATTI VON LÖWERSTERN 1965; BORZATTI VON LÖWERSTERN, MAGALDI 1966; 1969.



Fig. 1. I siti preistorici della Baia di Uluzzo.

si apre una cavità priva di sedimenti e costituita da diverse stanze. Nel 1963 una trincea lunga 2.60 m e larga 1.50 m raggiunse una profondità di 2.50 m. In seguito, questa trincea venne allargata di un metro nel 1966.

Le sequenze archeologiche vanno dal Musteriano all'età del Bronzo, passando per Uluzziano ed Epi-gravettiano. Lo scavo nel 1966 si fermò 8 m sopra il livello del mare attuale. Secondo Magaldi¹⁶, il deposito marino dei livelli I e H è coerente col conglomerato marino visibile a poche centinaia di metri dalla grotta, costituito da blocchi di circa un metro, perforati da litodomi e sormontati da un conglomerato a elementi più piccoli. Secondo l'interpretazione di Magaldi, la formazione del deposito continentale è dovuta alla presenza di una duna a ridosso del mare che ha fornito il

materiale di riempimento della grotta. Il livello di base della grotta corrisponde probabilmente alla trasgressione marina dell'ultimo interglaciale, correlabile con i depositi tirreniani marcati dalla presenza di numerosi esemplari di *Strombus* riconosciuti in diverse località nell'area intorno a 8-10 metri di quota¹⁷.



Fig. 2. Il sito archeologico e il suo contesto territoriale: in basso l'ingresso alla grotta-riparo, al centro la Baia di Uluzzo, in alto l'omonima torre costiera (XVI secolo).

¹⁶ BORZATTI VON LÖWERSTERN, MAGALDI 1966.

¹⁷ FERRANTI *et al.* 2006; PALMENTOLA, LAZZARI 2005.

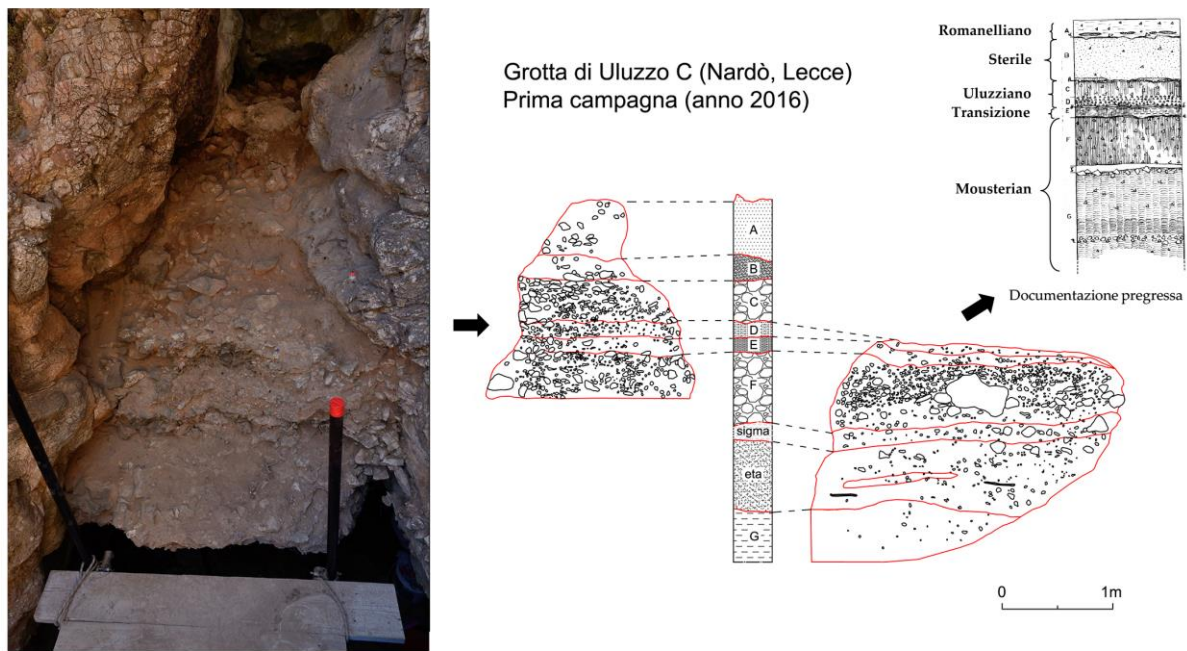


Fig. 3. La stratigrafia del sito: rilievo delle sezioni esposte e analisi della documentazione pregressa (BORZATTI VON LÖWERSTERN, MAGALDI 1969).

La nuova ricerca ad Uluzzo C è diretta da Enza E. Spinapolice e S. Benazzi nell'ambito del progetto SUCCESS (ERC Consolidator Grant, PI S. Benazzi, Università di Bologna). L'obiettivo è quello di costruire un'affidabile impostazione cronologica e geologica per gli strati che comprendono il Musteriano Finale e l'Uluzziano, allo scopo di contestualizzare al meglio i nuovi e vecchi materiali di scavo nella più ampia discussione sulla Transizione. Per la sua posizione, la completezza della stratigrafia e l'abbondanza del record archeologico, Uluzzo C ha il potenziale per diventare un sito di riferimento per il Paleolitico in Italia.

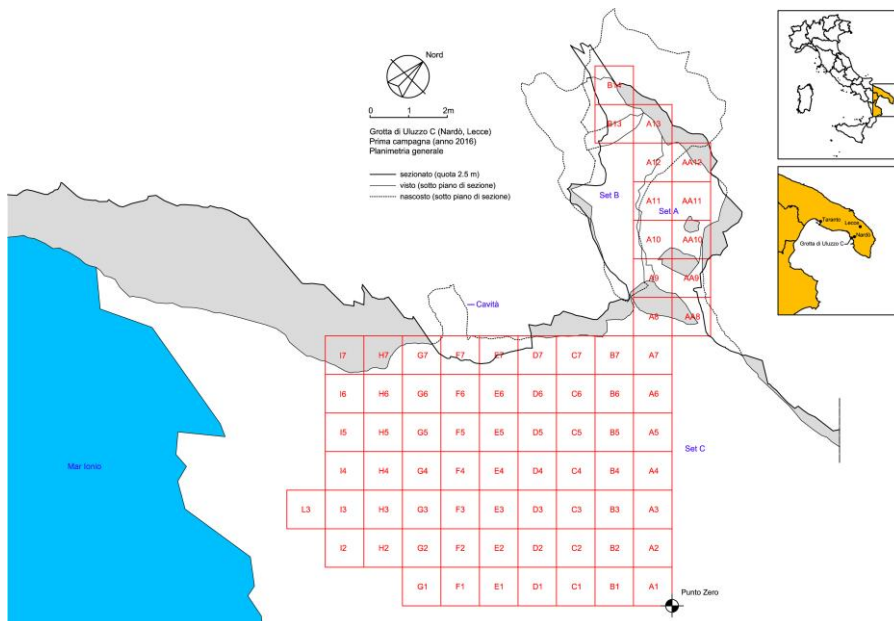


Fig. 4. L'area di scavo con individuazione dei settori e della quadrettatura.

re con datazioni assolute (OSL) e micromorfologia dei depositi (fig. 3).

Inoltre, si è testata la presenza di deposito archeologico nella parte esterna del riparo (Settore C), aprendo un sondaggio sul pendio, davanti a una piccola cavità (fig. 4). Il sondaggio ci ha permesso di intercettare il rimaneggiato degli "scavi Borzatti", al di sotto del quale si trovava una breccia cementata che si è deciso di non indagare ulteriormente.

La prima campagna di scavo (2016) ha avuto come obiettivo quello di verificare la stratigrafia del sito (Settori A-B) e confermare l'archeosequenza impostata da Borzatti Von Löwenstern. Si è provveduto così a registrare una nuova sequenza stratigrafica e a campionarla al fine di procedere



Fig. 5. Un momento dell'attività di scavo nel Settore A (foto: 2 luglio 2018).



Fig. 6. Dettaglio di una probabile struttura di combustione rinvenuta nell'ultima campagna di scavi.

L'indagine 2016-2018 nell'area interna del riparo (Settore A) ha comportato la rimozione del rimaneggiato e lo scavo stratigrafico dei livelli uluzziani (fig. 5). La superficie di scavo è caratterizzata da livelli molto cementati, motivo per cui lo scavo è stato portato avanti con scalpello e martello. Le US indagate hanno matrice limosa e colore rossastro; inoltre sono caratterizzate da un'abbondanza di frammenti faunistici (in alcuni casi determinabili) e di industria litica uluzziana. In particolare, si sono rinvenute diverse lamelle in selce, confermando lo sfruttamento lamellare come caratteristico di questo tecnocomplesso "moderno" e riconducibile a *Homo sapiens*. Particolarmente interessante è stato il ritrovamento, nonostante la ridotta area di scavo, di superfici combuste e, in un caso, di una possibile struttura di combustione (fig. 6). La sovrapposizione di strutture di questo tipo era già stata notata da Borzatti. L'associazione tra strutture di combustione e materiali archeologici, studiata con l'ausilio dei sistemi di documentazione più recenti, offre una possibilità unica per la comprensione dei modi di vita di queste popolazioni di cacciatori raccoglitori. Inoltre, la presenza di numerose lamelle conferma il carattere unico dell'Uluzziano, se paragonato al Musteriano che lo precede stratigraficamente, e che, come sappiamo, era prodotto di *Homo neanderthalensis*.

La complessità di questo scavo paleolitico (dovuta alle ripetute occupazioni umane) e la necessità di studiare accuratamente quanto rimasto del deposito uluzziano hanno richiesto l'impiego delle più moderne tecniche di documentazione.

Enza Elena Spinapolice

3. *L'applicazione di nuove tecnologie in archeologia: strumentazioni, software e tecniche*

La sperimentazione di nuove tecnologie in archeologia e in generale nell'ambito dei beni culturali è un fenomeno in continuo sviluppo ormai da molti anni¹⁸. Sono tantissimi i convegni e le riviste dedicate all'applicazione di soluzioni innovative in archeologia e in particolare nel settore dell'archiviazione dei dati e della documentazione¹⁹. Queste soluzioni comprendono strumenti, software e tecniche provenienti per lo più dal campo dell'ingegneria o dell'architettura.

Il Dipartimento di Storia Culture Civiltà (Sezione di Archeologia) dell'Università di Bologna, da qualche anno a questa parte, ha investito molte risorse soprattutto nell'ambito della documentazione 3D di contesti ar-

¹⁸ FORTE, CAMPANA 2016; GIORGI 2009; MIGLIARI 2001; REINDEL, WAGNER 2009; WAAGEN 2019.

¹⁹ CURCI, FIORINI 2012.

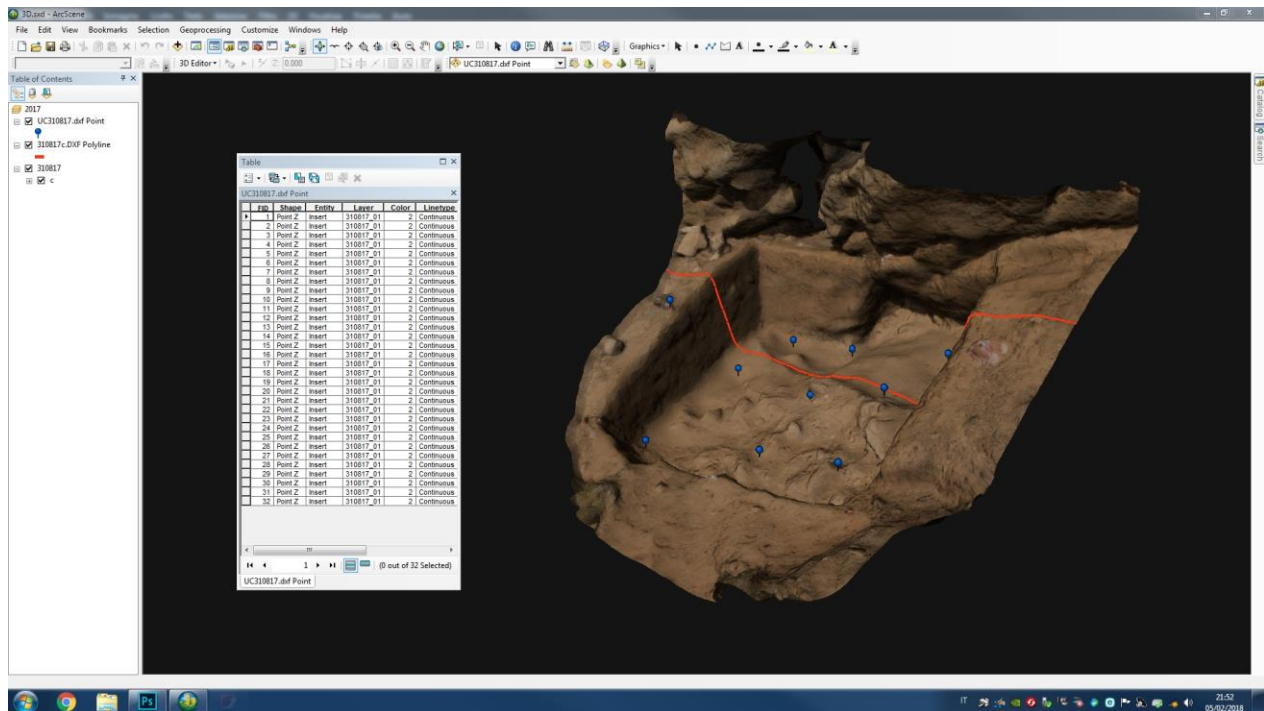


Fig. 7. Un esempio di visualizzazione dei dati tridimensionali in ambiente GIS (rilievo ed elaborazione: A. Fiorini, 2018).

cheologici di vari periodi cronologici e per la prima volta ha avviato tali attività in un contesto di scavo paleolitico²⁰. Il motivo di questa scelta è semplice.

Come noto, piante, sezioni e prospetti fanno parte della normale documentazione analitica di ogni scavo stratigrafico. Il disegno manuale è però caratterizzato da una forte componente di soggettività e da un considerevole apporto di schematizzazione formale. Con il rilievo manuale, inoltre, non è possibile registrare in modo esaustivo la componente tridimensionale di strati e manufatti archeologici. Oggi, grazie all'evoluzione dell'informatica, è possibile superare questi limiti adottando un rapido e potente mezzo di documentazione: la modellazione tridimensionale²¹. Con questa tecnica si ottengono copie percettivamente isomorfe dell'oggetto, dal quale si possono ricavare le quote di qualsiasi punto della sua superficie, i profili (piante, sezioni e prospetti) e le ortofoto (per ricavare informazioni dimensionali e disegni). Nel sito di Uluzzo C il deposito archeologico e il suo contesto sono stati modellati tramite fotogrammetria (Agisoft PhotoScan), a partire da immagini acquisite sul campo con un'asta telescopica oppure a mano libera.

Ma non è tutto: lo scavo archeologico è costituito da una massa di informazioni connesse da reti di complesse relazioni spaziali e semantiche che solo con una ricerca appropriata possono essere individuate, descritte, codificate e utilizzate nella fase di interpretazione²². Pertanto, è indispensabile operare una documentazione sempre più sofisticata del deposito archeologico e controllare questa enorme quantità di dati tramite una piattaforma GIS. Nel sito di Uluzzo C i dati di scavo (compresi i modelli 3D) sono stati archiviati all'interno del software Esri ArcGIS (fig. 7).

Per quanto riguarda la registrazione dei dati sul campo, oltre ai tradizionali supporti cartacei, si è fatto un largo utilizzo del tablet PC. Questo strumento è stato impiegato in particolare a supporto delle seguenti operazioni: i rilevamenti topografici, fotogrammetrici e stratigrafici²³.

Nel seguente paragrafo si forniscono i dettagli di questo sistema di documentazione, con particolare attenzione alle modalità di impiego del tablet.

Antonio Curci

²⁰ CURCI 2013; FIORINI 2012a.

²¹ BENEDETTI *et al.* 2010; FIORINI 2004; GUIDI *et al.* 2010; RUSSO *et al.* 2011.

²² CATTANI, FIORINI 2004.

²³ FIORINI 2012b.

Fig. 8. Prelievo del sedimento per l'analisi del DNA antico (foto: 1 luglio 2018).

4. Il sistema di documentazione dello scavo archeologico nel sito di Uluzzo C (Nardò, LE): responsabili operativi, interazioni e strumenti

4.1 Responsabili operativi

Nel sito di Uluzzo C ha operato un *team* composto da scavatori (studenti di archeologia, dottori di ricerca e assegnisti), un topografo²⁴ (un archeologo con esperienza pluriennale nelle tecniche di rilevamento, anche con strumenti avanzati) e un responsabile dei reperti (un assegnista di ricerca con specifiche competenze di cultura materiale).

Come noto, lo scavo archeologico comprende diverse attività, ognuna delle quali – come in una gara a staffetta – richiede la presenza di più persone, spesso con competenze ben diverse²⁵. Così, ad esempio, il campionamento del sedimento (per l'analisi del DNA antico) è un'attività, che a Uluzzo, è stata suddivisa in quattro step operativi e condotta secondo uno specifico protocollo: 1) prelievo del materiale (ad opera di uno scavatore appositamente addestrato) (fig. 8); 2) misurazione del punto esatto di campionamento (a cura del topografo); 3) messa in sicurezza della provetta in apposito frigorifero (responsabile dei materiali); 4) annotazione del codice identificativo della provetta nei vari registri (Diario di scavo, Elenco punti stazione ed Elenco campioni).



4.2 Strumenti standard

Per il rilievo archeologico sono stati impiegati diversi strumenti, tra i quali una stazione totale (GeoMax) e una fotocamera reflex adatta per l'acquisizione di dati fotogrammetrici (Nikon D7100). Si tratta di una dotazione che viene considerata oramai standard e può essere impiegata con successo nella quasi totalità dei cantieri archeologici²⁶.

La stazione totale, nello specifico, ha fornito dati utili per l'elaborazione di piante, sezioni e prospetti della grotta e del suo deposito archeologico. Inoltre, per tutta la durata delle attività di scavo, ha registrato la posizione dei singoli reperti rispetto alla quadrettatura, dei punti di prelievo del sedimento (per analisi del DNA antico) e di ogni altra evidenza significativa (fig. 9).

La fotogrammetria, invece, ha permesso l'elaborazione di un modello tridimensionale del sito (fig. 10) e ha svolto un ruolo primario nella documentazione grafica delle singole unità stratigrafiche (fig. 11). Il software impiegato (Agisoft Photoscan) utilizza gli algoritmi SfM (*Structure from Motion*) per ricavare il modello 3D di un oggetto da immagini fotografiche scattate da punti differenti²⁷. Infine, vale la pena sottolinearlo: in base alla morfologia delle superfici archeologiche (da pseudo-planari a fortemente rilevate e irregolari) si sono adottati schemi di presa differenti (fig. 12).

²⁴ Chi scrive ha ricoperto questa mansione dalla prima campagna di scavo (2016).

²⁵ CARANDINI 2000: 159-172.

²⁶ MEDRI 2003: 37-40, 67-69, 236-240; MIRULLA 2012; RIGGIO, CARLUCCI 2015: 414-420.

²⁷ SICURANZA 2013; TORRES *et al.* 2012.



Fig. 9. Un esempio di documentazione grafica (digitale) e testuale (cartacea) relativa a campioni di sedimento da sottoporre al test del DNA. Nella foto a dx le annotazioni sono realizzate con l'iPad mentre tutte le altre informazioni (punti misurati con la stazione totale) sono riportate su normali quaderni.

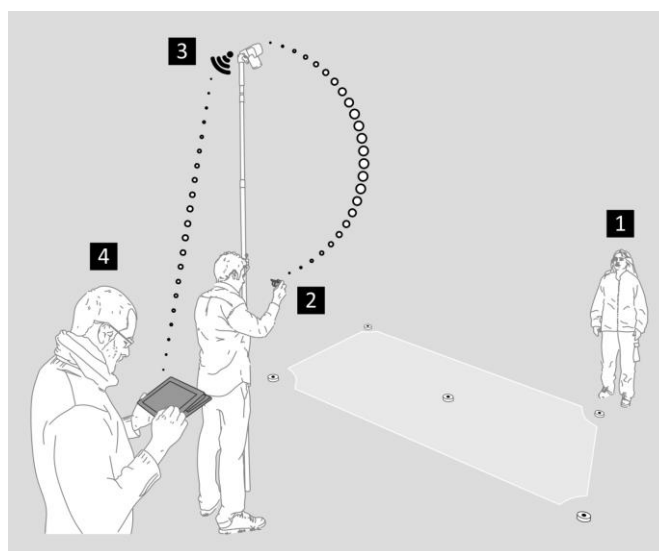
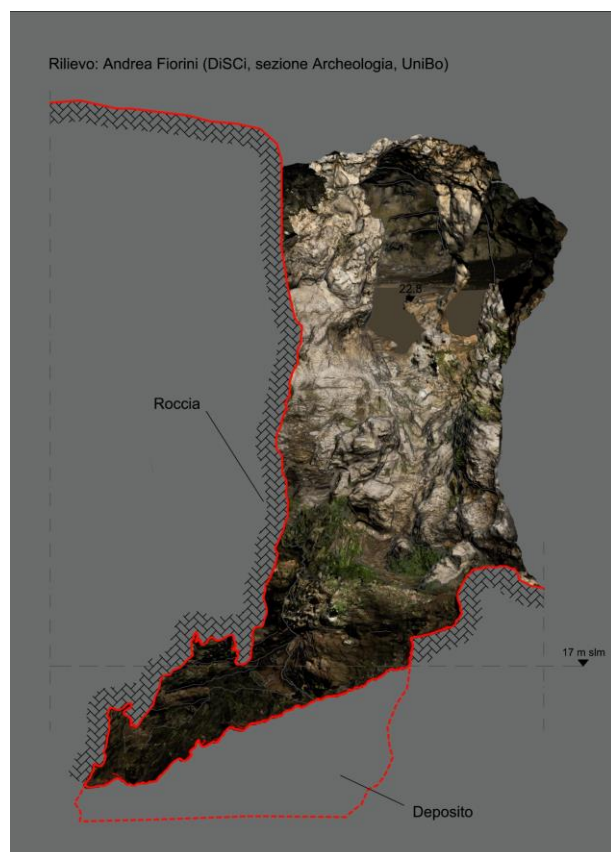


Fig. 11. Rilievo fotogrammetrico delle superfici di scavo. Gli strumenti del sistema di acquisizione dei dati fotografici: 1. L'operatore che controlla la posizione della fotocamera e l'ortogonalità dell'asse ottico rispetto alla superficie da rilevare; 2. Lo smartphone che consente la gestione wireless dell'inquadratura, l'attivazione del comando di scatto fotografico e la gestione in download delle fotografie; 3-4. L'operatore incaricato di verificare su tablet la qualità delle immagini fotografiche.

Fig. 10. Sezione della grotta ricavata dal modello tridimensionale (rilievo ed elaborazione: A. Fiorini, 2015).

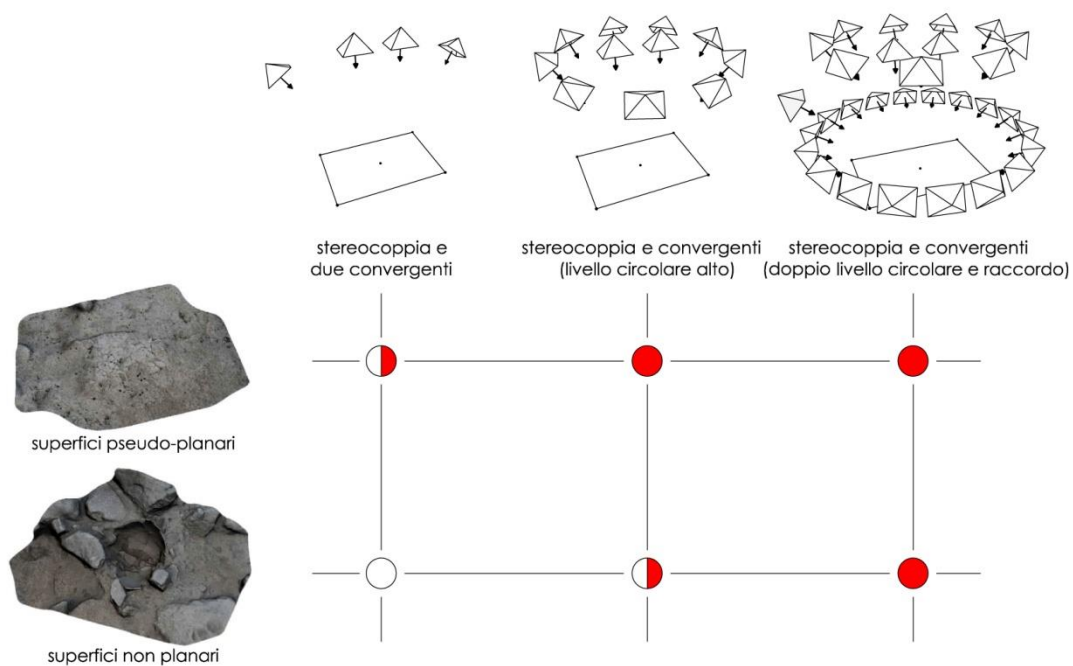


Fig. 12. Gli schemi di presa fotogrammetrica conducono a un modello soddisfacente (pallino pieno), sufficiente (mezzo pallino pieno) e insoddisfacente (pallino vuoto) in rapporto alla componente tridimensionale delle superfici archeologiche.

4.3 Tablet PC e scavo archeologico

In aggiunta a questi strumenti, per tutta la durata della missione, il direttore dello scavo e il topografo hanno impiegato due iPad Pro (Apple) per produrre e condividere in cantiere la documentazione archeologica²⁸. Il dispositivo è dotato di penna per annotazioni di precisione e fotocamera da 12 megapixel. Inoltre, usa la tecnologia HDR (*High Dynamic Range*) che è particolarmente utile in contesti di scavo dove sono presenti zone in piena luce e ombre portate (il Settore A, in particolare, è circondato su tre lati da alte pareti rocciose). Questa opzione fonde automaticamente in una immagine le parti migliori di tre foto scattate in rapida sequenza con livelli di esposizione differenti (una con esposizione normale, una della parte più luminosa della scena e una della parte più scura). In chiusura, un accenno ad AirDrop: una preziosa funzionalità del sistema operativo che consente di condividere istantaneamente foto, video e documenti tra i dispositivi Apple nelle vicinanze.

Il valore aggiunto di questo strumento, rispetto ai sistemi tradizionali (supporti cartacei), risiede dunque nella produzione – in tempi rapidi e senza particolari difficoltà – di una documentazione precisa e facilmente condivisibile. Inoltre, si evita l'accumulo di fogli, spesso soggetti a facile logoramento o smarrimento. L'alimentazione a batteria del tablet non è una caratteristica effettivamente limitante perché attraverso un caricabatteria portatile si può sempre garantire una piena operatività durante l'intera giornata di lavoro.

Il tablet è stato impiegato a supporto di varie attività: vediamo alcune. Come noto attorno all'area di scavo è indispensabile allestire una rete di punti visibili tra loro. La rete di inquadramento generale viene utilizzata per garantire la presenza di punti comuni tra i singoli rilievi topografici di dettaglio e permettere così il loro collegamento durante la fase di processamento dei dati²⁹. A Uluzzo C, per assicurare stabilità e reperibilità nel tempo di ogni vertice della rete, si sono impiegati chiodi da roccia, fissati a trapano e bloccati con pasta di cemento. Inoltre, per migliorarne la visibilità, attorno alla loro testa è stata applicata della plastilina (atossica e

²⁸ Se la sperimentazione sullo scavo è ancora giovane, il tablet per le indagini di archeologia dell'architettura si è dimostrato uno strumento insostituibile già da qualche anno (FIORINI 2012b).

²⁹ MEDRI 2003: 59-60.

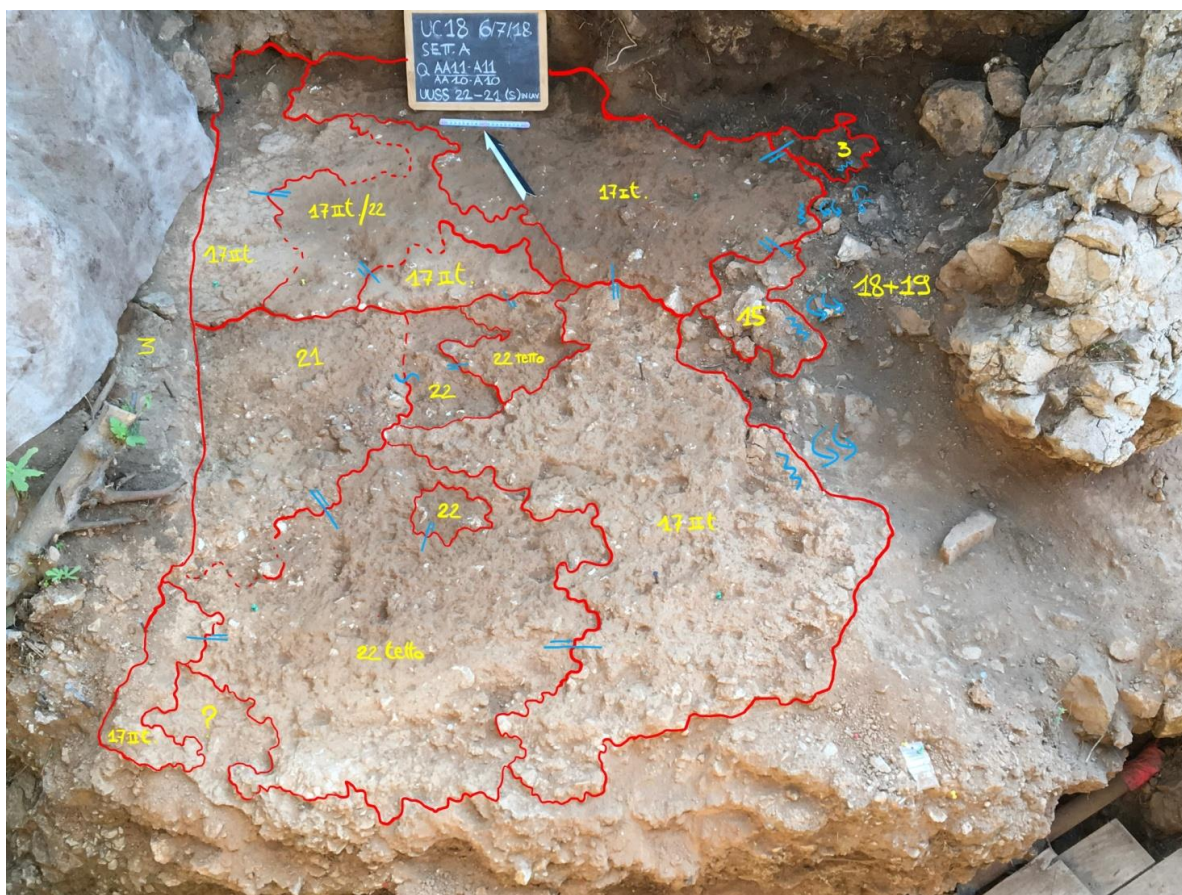


Fig. 13. Un esempio di annotazioni stratigrafiche eseguite in cantiere mediate tablet PC (disegno: A. Fiorini, M. Romandini, 2018).

biodegradabile) di colore rosso fluorescente. I punti, dopo averli materializzati, sono stati fotografati, rilevati (tramite stazione totale) e numerati. Grazie al tablet, il codice identificativo (ID) è stato annotato direttamente sull'immagine fotografica ottenendo così una documentazione chiara, precisa e immediatamente condivisa con tutto il gruppo di lavoro.

L'area di scavo è stata divisa in settori, scomposti a loro volta in quadrati di 1 m di lato. La suddivisione in quadrati è stata ulteriormente raffinata (25 cm di lato) quando si sono raggiunti gli strati più importanti e ricchi di reperti. In questo modo, in aggiunta ai dati di posizionamento ottenuti normalmente tramite stazione totale, è stata garantita la possibilità di recuperare informazioni sulla distribuzione spaziale di eventuali reperti (litici e faunistici) individuati in fase di setacciatura. Il tablet, anche in questo frangente, si è rivelato molto utile, per ottenere, in tempi rapidi, una rappresentazione grafica della suddivisione in quadrati dello scavo, da trasmettere al gruppo di lavoro.

E ancora: la documentazione fotogrammetrica delle superfici archeologiche richiede, come noto, la misurazione della posizione spaziale di alcuni punti pre-segnalizzati. L'acquisizione di questi dati rende possibile elaborare un'immagine corretta geometricamente da impiegare come base per il rilievo planimetrico (ortofoto)³⁰. Pertanto è estremamente importante annotare con la massima precisione possibile la posizione e il numero identificativo di questi punti. Il tablet è lo strumento sicuramente più indicato a questo scopo in quanto (come descritto in precedenza) permette di aggiungere l'ID di ogni punto direttamente sulla foto a colori della superficie (bypassando completamente il metodo dello schizzo a mano libera su supporto cartaceo).

Ma non è tutto: il tablet si è dimostrato particolarmente efficace per documentare la stratigrafia e i rapporti fisici che intercorrono tra le singole unità (fig. 13). In genere, è stato utilizzato prima del rilevamento foto-

³⁰ GOMARASCA 2004: 80-81, 106-107, 560.



Fig. 14. Un momento dell'attività di disegno delle US mediante tablet PC.

RILIEVO STRATIGRAFICO		
Simbologia grafica per la registrazione dei rapporti fisici individuabili tra le unità stratigrafiche (US)*		
Simbolo	Rapporto	Descrizione
	Taglia / è tagliato da	Simbolo posto sul perimetro della superficie che è tagliata
	Riempie / è riempito da	Simbolo posto sul perimetro della superficie che riempie
	Si appoggia a / gli si appoggia	Simbolo posto sul perimetro della superficie che si appoggia
	Si lega a	Simbolo che collega due superfici contemporanee
	Copre / è coperto da	Simbolo che collega due superfici (lato corto sulla US coperta)
* le superfici di crollo e le lesioni si possono considerare US negative che tagliano la muratura		

Fig. 15. Simbologia grafica per la registrazione dei rapporti fisici che intercorrono tra le unità stratigrafiche.

grammetrico e delle “foto d’archivio” (con lavagnetta, Nord e palina/metrino) per disegnare i perimetri delle US direttamente sulle immagini (fig. 14) e inviare il documento al direttore per la revisione e l’archiviazione nel diario di scavo (anch’esso in formato digitale). I rapporti fisici sono stati annotati attraverso un sistema di segni grafici: una simbologia in uso da una decina di anni, elaborata nell’ambito di una ricerca promossa dall’Università di Bologna sulle architetture medievali della Romagna (fig. 15)³¹. In alcuni casi, nel disegno è stato aggiunto anche lo schema grafico (matrix) che descrive le relazioni temporali tra le singole US. Ciò che si ottiene è una documentazione chiara, pulita e completa che, ad esempio, verrà consultata in laboratorio quando sulla ortofoto si dovranno individuare e ripassare al CAD (o direttamente nel GIS) i limiti delle US (fig. 16)³².

Un ulteriore fattore di interesse, affatto secondario, derivante dall’uso della documentazione digitale, è dato dalla possibilità di poterla condividere (quasi in tempo reale) con specialisti, consulenti e collaboratori collegati da remoto (questa volta connettendosi a Internet utilizzando la rete cellulare), in modo tale da rendere le procedure di scavo, di documentazione e di interpretazione sempre più condivise e dettagliate.

Prima di concludere, un altro dato importante. Tutta la documentazione prodotta sul campo è stata archiviata e condivisa – giorno dopo giorno – grazie a un servizio di *cloud storage* (Google Drive).

5. Documentazione fotografica RTI: prime applicazioni sull’industria litica

5.1 Le ragioni della ricerca

Lo studio tecnologico dell’industria litica segue una prassi operativa che assegna alla fotografia e al di-

³¹ Questi segni grafici si ispirano alla simbologia proposta negli anni ‘90 dall’architetto Francesco Doglioni (DOGLIONI 1997).

³² È bene ricordare che l’uso di elaborati digitali (rilievi fotogrammetrici, ortofoto, modelli 3D, ecc.) e degli strumenti per realizzarli (fotocamera, tablet, ecc.) costituiscono un valido supporto all’attività dell’archeologo sul campo per una documentazione più veloce, più precisa e più semplice da gestire, ma questi non modificano la fase interpretativa di chi opera sul campo e in fase di elaborazione dei dati. Come è noto, lo scavo e la documentazione archeologica costituiscono un processo che mescola soggettività ed oggettività, per cui l’accuratezza è misurata in termini di tracciabilità di ciascuna fase e nella ricchezza dell’evidenza registrata. Poiché lo scavo è un’operazione non ripetibile, la replicabilità scientifica è quindi garantita unicamente dall’accesso ai dati primari (MARCHETTI et al. 2018) e la documentazione digitale costituisce una grande agevolazione verso questa direzione.

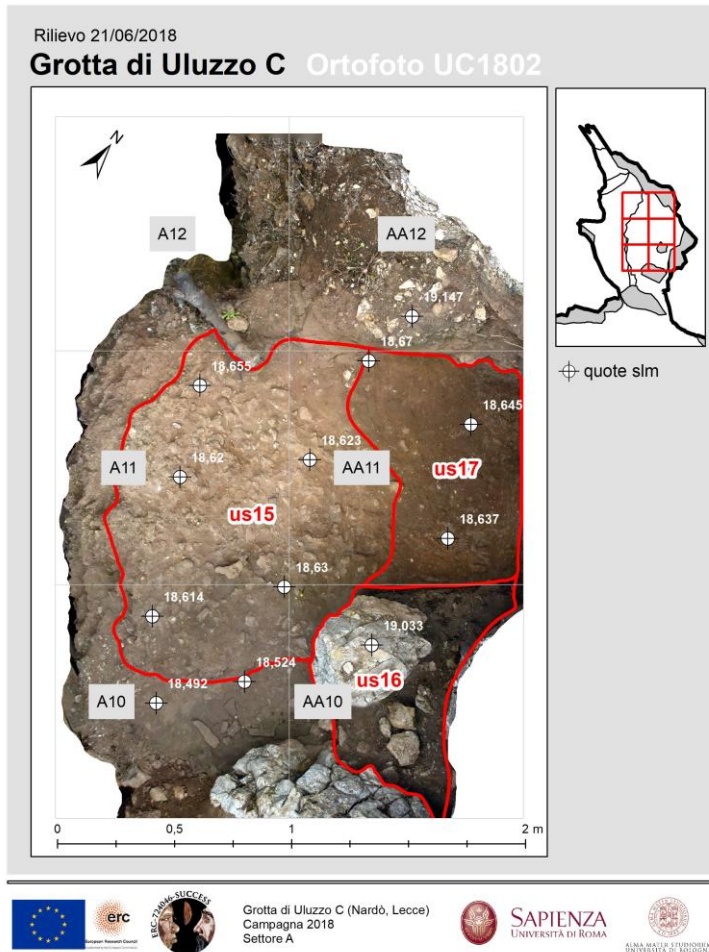
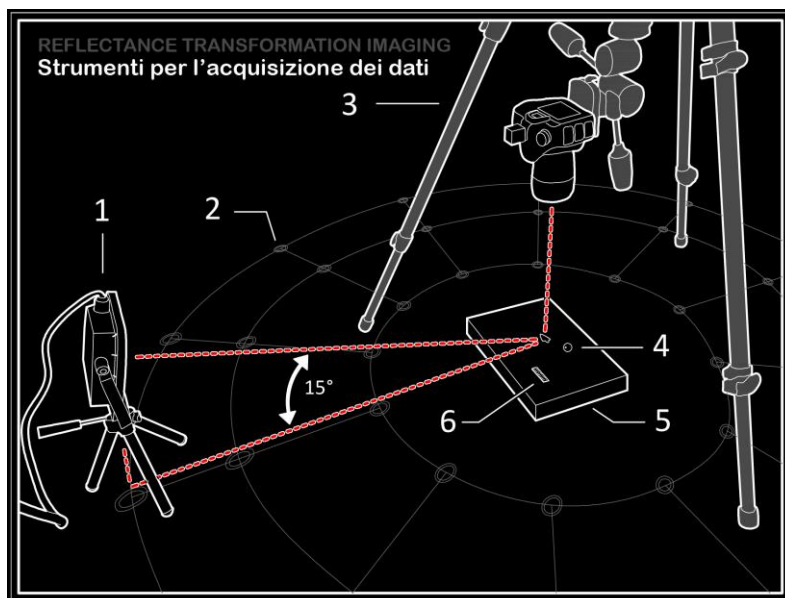


Fig. 16. Tavola elaborata in ambiente GIS.

Fig. 17. Schema che descrive un momento della fase di acquisizione dei dati (primo giro di foto con inclinazione della luce a 15°). Gli strumenti impiegati per lo svolgimento di questa attività: 1) apparecchio di illuminazione; 2) bollini adesivi; 3) treppiedi e fotocamera; 4) sfera riflettente; 5) piano in vetro; 6) metro pieghevole.

egno tecnico un ruolo fondamentale³³. Questo processo analitico può essere condotto con l'ausilio di strumenti informatici. In genere, mediante l'uso di un software (ad es. Adobe PhotoShop o Adobe Illustrator), si ripassano sull'immagine del pezzo i contorni più significativi. Pertanto, in questa metodologia di lavoro, il contenuto informativo del disegno finale dipende, oltre che dalle capacità analitiche dell'archeologo-disegnatore, anche dalla risoluzione e dalla nitidezza della base fotografica. Perciò, l'esigenza principale è la disponibilità di immagini sempre più dettagliate. In questo paragrafo si dà un'anticipazione dei risultati di una ricerca ancora in corso che intende verificare l'utilità delle immagini RTI (acronimo dell'inglese *Reflection Transformation Imaging*) nello studio delle industrie litiche di Uluzzo C³⁴.



L'RTI è una procedura informatica capace di ricavare l'orientamento spaziale di ogni porzione di superficie di un oggetto esaminando come questa risponde alla luce proveniente da punti differenti. L'immagine ottenuta con questa "tecnica di trasformazione della riflettanza" è detta RTI. Pertanto, mentre i comuni file-immagine (JPG, TIFF, ecc.) archiviano solo i dati sul colore dell'oggetto, un file RTI registra – insieme ai valori RGB – anche le "normali" della superficie. In altre parole, il documento RTI "ricorda" la forma reale dell'oggetto rappresentato in foto e dunque, se introduciamo nella scena virtuale una sorgente di luce, si otterrà una visualizzazione ombreggiata che tiene conto dei caratteri tridimensionali della superficie. La principale diversità tra una comune

³³ INIZAN *et al.* 1999; PENNACCHIONI 2004; PAWLOWICZ 2015.

³⁴ Si ringrazia la dott.ssa Giulia Marciani (Assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna) per il proficuo scambio di opinioni e l'esame tecnologico dei reperti.

foto e un documento RTI è quindi la possibilità di variare interattivamente la posizione della sorgente luminosa ed esaminare in tempo reale il cambiamento dell'ombreggiatura (*shading*). In questo modo il sistema percettivo del nostro cervello ha tutto ciò di cui ha bisogno per vedere il soggetto in tre dimensioni. In altre parole, muovendo la sorgente luminosa si ha l'impressione del rilievo superficiale³⁵.

Questa sperimentazione si inserisce in una ricerca più ampia, avviata nell'autunno del 2017, sull'applicabilità in archeologia dell'RTI. Il primo test fu eseguito su alcuni materiali ceramici di età del Bronzo provenienti dagli scavi dell'abitato di via Ordieri a Solarolo (RA)³⁶. In quella occasione, in base ai risultati positivi e convincenti, si propose un protocollo operativo di analisi tracceologica (dei reperti ceramici) che include efficacemente l'RTI³⁷. La nuova sperimentazione è stata condotta durante l'ultima campagna di scavi (luglio 2018) e coinvolge 12 manufatti che appartengono a un contesto stratigrafico (Settore A, unità stratigrafiche 15, 16 e 17) databile all'Uluzziano (~40.000 BP). Si tratta del materiale diagnostico più interessante rinvenuto nel 2018 e comprende schegge, lamelle e nuclei prevalentemente in selce (solo un pezzo in diaspro).

5.2 Strumenti, metodi e risultati

Si sono utilizzati gli strumenti e il metodo di rilevamento fotografico già testati nell'autunno del 2017³⁸ (fig. 17). Per la fase di acquisizione delle immagini si sono impiegati da un minimo di 6 minuti a un massimo di 16 minuti e per processare i dati è stato impiegato il software gratuito RTIBuilder (fig. 18). Il file RTI è stato prodotto tramite una *pipeline* di elaborazione definita *Highligh Based (HSHFitter)*. Per visualizzare i file RTI, che hanno un peso di circa 280 MB, è stato impiegato il programma gratuito RTI Viewer.

RTI	SIGLA REPERTO	Acquisizione foto (minuti)	Elaborazione (minuti)	TOTALE (minuti)
1	UC-R57	6	6	12
2	UC-R58	13	7	20
3	UC-R69	9	6	15
4	UC-R86	6	7	13
5	UC-R112	16	5	21
6	UC-R113	9	8	17
7	UC-R147	10	6	16
8	UC-R150	9	7	16
9	UC-R174	16	6	22
10	UC-R186-a	8	7	15
11	UC-R186-b	14	5	19
12	UC-R203	7	8	15
13	UC-R243	11	6	17

Fig. 18. Tabella di riepilogo di tutte le tempistiche per le operazioni di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Nell'immagine RTI sono immediatamente percepibili il contorno del reperto e le irregolarità superficiali (contorni delle scheggiature e dei ritocchi) dovute alla tecnica di lavorazione e alle vicende di sfruttamento (fig. 19). E ciò grazie: 1) a particolari modalità di contrasto dell'immagine (*Specular enhancement*); 2) alla rimozione delle informazioni sul colore (un dato spesso distraente); 3) alla modifica interattiva della posizione della sorgente luminosa e all'osservazione in tempo reale del modo in cui la luce interagisce con la superficie dell'oggetto. In molti casi, queste funzionalità hanno permesso di rilevare tracce pressoché invisibili a occhio nudo e quindi difficilmente documentabili senza l'ausilio di strumentazione specifica (ad es. lo stereomicroscopio e il microscopio metallografico). Le viste più interessanti, che sono state salvate in formato JPG e archivia-

³⁵ CHI 2011; CHI 2013; EARL *et al.* 2010; FIORINI 2018; NURSE 2015; SCOPIGNO, MONTANI 2015: 21.

³⁶ Gli scavi dell'abitato di via Ordieri a Solarolo (RA) sono diretti dal prof. Maurizio Cattani dell'Università di Bologna (CATTANI 2009).

³⁷ FIORINI 2018.

³⁸ FIORINI 2018: 246-247.



Fig. 19. Confronto tra foto e immagine RTI: reperto 186 (Settore A, AA10, US 16). La direzione della luce è stata impostata per evidenziare le parti del pezzo ritoccate.

te, potranno essere utilizzate per: 1) dettagliare il disegno archeologico del pezzo; 2) comporre un repertorio di particolari fotografici delle tracce più significative.

Alla luce di questa sperimentazione si può affermare che l'RTI è in grado di soddisfare le necessità precedentemente esposte. In effetti, da una parte presenta i vantaggi di una fotografia ad altissima definizione, dall'altra consente di percepire la reale morfologia tridimensionale delle superfici. Pertanto, nel caso specifico dell'industria litica, l'RTI diventa uno strumento analitico e, allo stesso tempo, un mezzo per ottenere immagini che possono essere usate per derivare il disegno del reperto oppure per mostrare chiaramente (in un articolo, in un convegno ecc.) particolarità della lavorazione altrimenti nascoste.

La criticità del sistema – peraltro già messa in luce nel 2017³⁹ – riguarda i tempi di acquisizione fotografica. Il problema sarà presto risolto con l'allestimento di una struttura chiamata *light dome*. Si tratta di una cupola dotata di un foro sommitale per l'alloggiamento della fotocamera e di led equidistanti che consentono di illuminare l'oggetto da punti differenti. In rete ne esistono diversi modelli e i più evoluti hanno il lampo dei led sincronizzato con lo scatto della fotocamera⁴⁰.

6. Conclusioni

Il sito archeologico di Uluzzo C gioca un ruolo fondamentale per la comprensione dei processi bio-culturali che possono aver portato alla scomparsa del Neanderthal e al “successo adattativo” dell'uomo moderno. Per questo motivo, l'indagine avviata nel 2016 procede con particolare attenzione alla tracciabilità di ciascuna fase dello scavo e alla ricchezza dell'evidenza registrata, nell'ottica di un rigore scientifico che sostanzialmente interpretazioni archeologiche e che favorisca l'accesso ai dati primari alla base delle interpretazioni archeologiche.

This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 724046 - SUCCESS).

Andrea Fiorini

ANDREA FIORINI
Dipartimento di Storia Culture Civiltà (DiSCi) - Sezione di Archeologia
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
andrea.fiorini6@unibo.it

ANTONIO CURCI
Dipartimento di Storia Culture Civiltà (DiSCi) - Sezione di Archeologia
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
antonio.curci@unibo.it

³⁹ FIORINI 2018: 254.

⁴⁰ PADFIELD *et al.* 2005: 505; EARL *et al.* 2011: 148-149; MACDONALD 2011: 156; PALMA *et al.* 2014.

ENZA ELENA SPINAPOLICE
Dipartimento di Scienze dell'Antichità
Università di Roma "La Sapienza"
enzaelena.spinapolice@uniroma1.it

STEFANO BENAZZI
Dipartimento di Beni Culturali
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
stefano.benazzi@unibo.it

BIBLIOGRAFIA

- BENAZZI S., BAILEY S.E., PERESANI M., MANNINO M.A., ROMANDINI M., RICHARDS M.P., HUBLIN J.-J., 2014, "Middle Paleolithic and Uluzzian Human Remains from Fumane Cave, Italy", in *Journal of Human Evolution* 70: 61-68.
- BENAZZI S., DOUKA K., FORNAI C., BAUER C.C., KULLMER O., SVOBODA J., PAP I., MALLEGGNI F., BAYLE P., COQUELLE M., CONDEMI S., RONCHITELLI A., HARVATI K., WEBER G.W., 2011, "Early Dispersal of Modern Humans in Europe and Implications for Neanderthal Behavior", in *Nature* 479: 525-528.
- BENAZZI S., SLON V., TALAMO S., NEGRINO F., PERESANI M., BAILEY S.E., SAWYER S., PANETTA D., VICINO G., STARNINI E., MANNINO M.A., SALVADORI P.A., MEYER M., PÄÄBO S., HUBLIN J.-J., 2015, "The Makers of the Protoaurignacian and Implications for Neanderthal Extinction", in *Science* 348: 793-796.
- BENEDETTI B., GAIANI M., REMONDINO F., 2010, *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Pisa.
- BORZATTI VON LÖWENSTERN E., 1965, "La grotta-riparo di Uluzzo C", in *Rivista di Scienze Preistoriche* 20 (1): 1-31.
- BORZATTI VON LÖWENSTERN E., 1966, "Alcuni aspetti del Musteriano nel Salento: la grotta-riparo di Torre dell'Alto e la grotta di Uluzzo C. Scavi 1965 e 1966", in *Rivista di Scienze Preistoriche* 21: 203-287.
- BORZATTI VON LÖWENSTERN E., MAGALDI D., 1966, "Risultati conclusivi dello studio paleontologico e sedimentologico della Grotta di Uluzzo C (Nardò- Lecce)", in *Rivista di Scienze Preistoriche*, 21: 16-64.
- BORZATTI VON LÖWENSTERN E., MAGALDI D., 1969, "Risultati conclusivi dello studio paleontologico e sedimentologico della grotta di Uluzzo C (Nardò, Lecce)", in *Rivista di Scienze Preistoriche* 24: 15-64.
- CARANDINI A., 2000, *Storie dalla terra. Manuale di scavo archeologico*, Torino (prima ed. Bari 1981).
- CATTANI M., 2009, "Gli scavi nell'abitato di via Ordere a Solarolo (RA) e il progetto di ricerca sull'età del Bronzo in Romagna", in *IpoTESI di Preistoria*, 2, 1: 115-130 (<https://ipotesidipreistoria.unibo.it/article/view/1602/967>; ultimo accesso 17/05/2019).
- CATTANI M., FIORINI A., 2004, "Topologia: identificazione, significato e valenza nella ricerca archeologica", in *Archeologia e Calcolatori* 15: 317-340.
- CHI 2011, *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Processing v1.4*, Cultural Heritage Imaging (http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rtibuilder/RTI_hlt_Processing_Guide_v14_beta.pdf; ultimo accesso 15/11/2017).
- CHI 2013, *Guide to RTIViewer v 1.1*, Cultural Heritage Imaging (http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rtiviewer/RTIViewer_Guide_v1_1.pdf; ultimo accesso 19/11/2017).
- CURCI A., 2013, "Working with 3D Data in Zooarchaeology: Potential and Perspectives", in *OCNUS* 21: 259-263.
- CURCI A., FIORINI A., 2012, "Introduzione", in A. CURCI, A. FIORINI (a cura di), *Documentare l'archeologia 2.0*, Atti del Workshop, Bologna, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, 19 aprile 2012, in *Archeologia e Calcolatori* 23: 211-212.
- DOGLIONI F., 1997, *Stratigrafia e restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste.
- EARL G., BASFORD P., BISCHOFF A., BOWMAN A., CROWTHER C., DAHL J., HODGSON M., ISAKSEN L., KOTOULA E., MARTINEZ K., PAGI H., PIQUETTEK.E., 2011, "Reflectance Transformation Imaging Systems for Ancient

- Documentary Artefacts”, in S. DUNN, J. BOWEN, K. NG (eds.), *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2011)*, London: 147-154 (http://ewic.bcs.org/upload/pdf/ewic_ev11_s8paper3.pdf; ultimo accesso 21/11/2017).
- EARL G., MARTINEZ K., MALZBENDER T., 2010, “Archaeological Applications of Polynomial Texture Mapping: Analysis, Conservation and Representation”, in *Journal of Archaeological Science* 37, 8: 2040-2050.
- FERRANTI L., ANTONIOLI F., MAUZ B., AMOROSI A., DAI PRÀ G., MASTRONUZZI G., MONACO C., ORRÙ P., PAPPALARDO M., RADTKE U., RENDA P., ROMANO P., SANSÒ P., VERRUBBI V., 2006, “Markers of the Last Interglacial Sea Level High Stand along the Coast of Italy: Tectonic Implications”, in *Quaternary International* 145-146: 30-54.
- FIORINI A., 2004, “Il trattamento informatico del dato tridimensionale in archeologia: dallo scanner 3d alla modellazione vettoriale”, in M. CATTANI, A. FIORINI, N. VIGGIANI (a cura di), *Nuove frontiere dell'archeologia: il trattamento del dato tridimensionale*, Atti del Seminario (Ravenna, 13 maggio 2004), Ravenna (CD-Rom).
- FIORINI A., 2012a, “Le attività di ricerca del Laboratorio di Archeologia dell'Architettura. Strumenti e metodi”, in *Archeomatica* 3, 2: 38-42.
- FIORINI A., 2012b, “Tablet PC, fotogrammetria e PDF 3D: strumenti per documentare l'archeologia”, in A. CURCI, A. FIORINI (a cura di), *Documentare l'archeologia 2.0*, Atti del Workshop (Bologna, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, 19 aprile 2012), in *Archeologia e Calcolatori* 23: 213-227.
- FIORINI A., 2018, “Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica”, in *Archeologia e Calcolatori* 29: 241-258.
- FORTE M., CAMPANA S. (eds.), 2016, *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology. Archaeology in the Age of Sensing*, Cham.
- FU Q., HAJDINJAK M., MOLDOVAN O.T., CONSTANTIN S., MALICK S., SKOGLUND P., PATTERSON N., ROHLAND N., LAZARIDIS I., NICKEL B., VIOLA B., PRÜFER K., MEYER M., KELSO J., REICH D., PÄÄBO S., 2015, “An Early Modern Human from Romania with a Recent Neanderthal Ancestor”, in *Nature* 524: 216-219.
- FU Q., LI H., MOORJANI P., JAY F., SLEPCHENKO S.M., BONDAREV A.A., JOHNSON P.L., AXIMU-PETRI A., PRÜFER K., DE FILIPPO C., MEYER M., ZWYNS N., SALAZAR-GARCÍA D.C., KUZMIN Y.V., KEATES S.G., KOSINTSEV P.A., RAZHEV D.I., RICHARDS M.P., PERISTOV N.V., LACHMANN M., DOUKA K., HIGHAM T.F., SLATKIN M., HUBLIN J.J., REICH D., KELSO J., VIOLA T.B., PÄÄBO S., 2014, “Genome sequence of a 45,000-year-old modern human from western Siberia”, in *Nature* 514: 445-449.
- FU Q., MEYER M., GAO X., STENZEL U., BURBANO H.A., KELSO J., PÄÄBO S., 2013, “DNA analysis of an early modern human from Tianyuan Cave, China”, in *Proc Natl Acad Sci U S A* Feb 5;110(6): 2223-2227.
- GIORGI E. (ed.), 2009, *Groma 2. In profondità senza scavare*, Bologna.
- GOMARASCA M.A., 2004, *Elementi di Geomatica*, Firenze.
- GUIDI G., RUSSO M., BERALDIN J.A., 2010, *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, Milano.
- HERSHKOVITZ I., MARDER O., AYALON A., BAR-MATTHEWS M., YASUR G., BOARETTO E., CARACUTA V., ALEX B., FRUMKIN A., GODER-GOLDBERGER M., GUNZ P., HOLLOWAY R.L., LATIMER B., LAVI R., MATTHEWS A., SLON V., MAYER D.B., BERNA F., BAR-OS G., YESHURUN R., MAY H., HANS M.G., WEBER G.W., BARZILAI O., 2015, “Levantine cranium from Manot Cave (Israel) foreshadows the first European modern humans”, in *Nature*, 520: 216-219.
- HERSHKOVITZ I., WEBER G.W., QUAM R., DUVAL M., GRÜN R., KINSLEY L., AYALON A., BAR-MATTHEWS M., VALLADAS H., MERCIER N., ARSUAGA J.L., MARTINÓN-TORRES M., BERMÚDEZ DE CASTRO J.M., FORNAI C., MARTÍN-FRANCÉS L., SARIG R., MAY H., KRENN V.A., SLON V., RODRÍGUEZ L., GARCÍA R., LORENZO C., CARRETERO J.M., FRUMKIN A., SHAHACK-GROSS R., BAR-YOSEF MAYER D.E., CUI Y., WU X., PELED N., GROMAN-YAROSLAVSKI I., WEISSBROD L., YESHURUN R., TSATSKIN A., ZAIDNER Y., WEINSTEIN-EVRON M., 2018, “The earliest modern humans outside Africa”, in *Science* 359: 456-459.
- HIGHAM T., COMPTON T., STRINGER C., JACOBI R., SHAPIRO B., TRINKAUS E., CHANDLER B., GRÖNING F., COLLINS C., HILLSON S., O'HIGGINS P., FITZGERALD C., FAGAN M., 2011, “The Earliest Evidence for Anatomically Modern Humans in Northwestern Europe”, in *Nature* 479: 521-524.
- HIGHAM T., DOUKA K., WOOD R., RAMSEY C.B., BROCK F., BASELL L., CAMPS M., ARRIZABALAGA A., BAENA J., BARROSO-RUIZ C., BERGMAN C., BOITARD C., BOSCATO P., CAPARRÓS M., CONARD N.J., DRAILY C., FROMENT A.,

- GALVÁN B., GAMBASSINI P., GARCIA-MORENO A., GRIMALDI S., HAESAERTS P., HOLT B., IRIARTE-CHIAPUSO M.-J., JELINEK A., JORDÁ PARDO J.F., MAÍLLO-FERNÁNDEZ J.-M., MAROM A., MAROTO J., MENÉNDEZ M., METZ L., MORIN E., MORONI A., NEGRINO F., PANAGOPOULOU E., PERESANI M., PIRSON S., RASILLAM.D.L., RIEL-SALVATORE J., RONCHITELLI A., SANTAMARIA D., SEMAL P., SLIMAK L., SOLER J., SOLER N., VILLALUENGA A., PINHASI R., JACOBI R., 2014, "The Timing and Spatiotemporal Patterning of Neanderthal Disappearance", in *Nature* 512: 306-309.
- HUBLIN J.J., 2015, "The Modern Human Colonization of Western Eurasia: When and Where?", in *Quaternary Science Reviews* 118: 194-210.
- INIZAN M.-L., REDURON-BALLINGER M., ROCH H., TIXIER J., 1999, *Technology and Terminology of Knapped Stone*, Nanterre.
- LIU W., MARTINÓN-TORRES M., CAI Y.J., XING S., TONG H.W., PEI S.W., SIER M.J., WU X.H., EDWARDS R.L., CHENG H., LI Y.Y., YANG X.X., DE CASTRO J.M., WU X.J., 2015, "The earliest unequivocally modern humans in southern China", in *Nature*, 526: 696-699.
- MACDONALD L.W., 2011, "Visualising an Egyptian Artefact in 3d: Comparing RTI with Laser Scanning", in S. DUNN, J. BOWEN, K. NG (eds.), *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2011)*, London: 155-162 (http://ewic.bcs.org/upload/pdf/ewic_ev11_s8paper4.pdf; ultimo accesso 21/11/2017).
- MARCHETTI N., ANGELINI I., ARTIOLI G., BENATI G., BITELLI G., CURCI A., MARFIA G., ROCCETTI M., 2018, "NEAR-CHOS. Networked Archaeological Open Science: Advances in Archaeology Through Field Analytics and Scientific Community Sharing", in *Journal of Archaeological Research*, 26: 447-469.
- MEDRI M., 2003, *Manuale di rilievo archeologico*, Roma-Bari.
- MELLARS P., 2006, "A New Radiocarbon Revolution and the Dispersal of Modern Humans in Eurasia", in *Nature* 439: 931-935.
- MERCIER N., VALLADAS H., VALLADAS G., 1995, "Flint thermoluminescence dates from the CFR Laboratory at Grif: contributions to the study of the Middle Palaeolithic", in *Quaternary Science Reviews* 14, 351-364.
- MIGLIARI R. (a cura di), 2001, *Frontiere del rilievo. Dalla matita alle scansioni 3D*, Roma.
- MIRULLA F., 2012, *La fotografia archeologica digitale. Dallo scatto all'elaborazione*, Bari.
- NURSE J., 2015, "RTI Dome: Casting New Light on Our Past", in *Future Worlds* (<https://futureworlds.com/rtdome-casting-new-light-past/>; ultimo accesso 29/11/2017).
- PADFIELD J., SAUNDERS D., MALZBENDER T., 2005, "Polynomial Texture Mapping: A New Tool for Examining the Surface of Paintings", in I. VERGER (ed.), *ICOM Committee for Conservation (The Hague 2005)*, 1, London: 504-510.
- PALMA G., BALDASSARRI M., FAVILLA M., SCOPIGNO R., 2014, "Storytelling of a Coin Collection by Means of RTI Images: The Case of the Simoneschi Collection in Palazzo Blu", in N. PROCTOR, R. CHERRY (eds.), *Museums and the Web 2013*, Silver Spring, MD: Museums and the Web. Published May 28, 2014 (<http://mwf2014.museumsandtheweb.com/paper/storytelling-of-a-coin-collection-by-means-of-rti-images-the-case-of-the-simoneschi-collection-in-palazzo-blu/>; ultimo accesso 21/11/2017).
- PALMENTOLA G., LAZZARI M., 2005, "Proposal for a Thematic Itinerary on Geomorphological Sites along the Western Coast of the Salento Peninsula, Southern Italy", in *Il Quaternario* 18, 1: 115-123.
- PAWLOWICZ L.M., 2015, "Documentation of lithic artifacts using an inexpensive reflectance transformation imaging system", presented at *The 80th Annual Meeting of the Society for American Archaeology (San Francisco 2015)*, extended video version (<https://youtu.be/c3YEKjL6OS0>; ultimo accesso 02/12/2017).
- PENNACCHIONI M., 2004, *Metodologie e tecniche del disegno archeologico. Manuale per il disegno dei reperti archeologici*, Firenze.
- POSTH C., WIRING C., KITAGAWA K., PAGANI L., VAN HOLSTEIN L., RACIMO F., WEHRBERGER K., CONARD N.J., KIND C.J., BOCHERENS H., KRAUSE J., 2017, "Deeply divergent archaic mitochondrial genome provides lower time boundary for African gene flow into Neanderthals", in *Nat Commun.* Jul 4, 8: 16046.
- REINDEL M., WAGNER G.A. (eds.), 2009, *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru*, Berlin-Heidelberg.
- RIGGIO A., CARLUCCI R., 2015, *Topografia di base. Fondamentali della geomatica per la misura e la rappresentazione del territorio*, Roma.
- RUSSO M., REMONDINO F., GUIDI G., 2011, "Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico", in *Archeologia e Calcolatori* 22: 169-198.

- SANKARARAMAN S., MALICK S., DANNEMANN M., PRÜFER K., KELSO J., PÄÄBO S., PATTERSON N., REICH D., 2014, "The Genomic Landscape of Neanderthal Ancestry in Present-day Humans", in *Nature* 507: 354-357.
- SCOPIGNO R., MONTANI C., 2015, "Visual Computing Lab: 30 anni di grafica 3D in Italia", in *Archeomatica* 6, 3: 18-22.
- SICURANZA F., 2013, *Sperimentazione di sistemi di structure from motion per la restituzione di apparati decorativi*, Università degli studi di Roma "La Sapienza", Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo, XXV ciclo.
- TORRES J.C., ARROYO G., ROMO C., DE HARO J., 2012, "3D Digitization using Structure from Motion", in I. NAVAZO, G. PATOW (eds.), *XXII Spanish Computer Graphics Conference, CEIG 2012* (Jaén, Spain, September 12-14, 2012): 1-10
(http://www.academia.edu/2021718/3D_Digitization_using_Structure_from_Motion; ultimo accesso 15/01/2019).
- VERNA C., DUJARDIN V., TRINKAUS E., 2012, "The Early Aurignacian Human Remains from La Quina-Aval (France)", in *Journal of Human Evolution* 62: 605-17.
- WAAGEN J., 2019, "New Technology and Archaeological Practice. Improving the Primary Archaeological Recording Process in Excavation by Means of UAS Photogrammetry", in *Journal of Archaeological Science* 101: 11-20.
- WILD E.M., TESCHLER-NICOLA M., KUTSCHERA W., STEIER P., TRINKAUS E., WANEK W., 2005, "Direct Dating of Early Upper Palaeolithic Human Remains from Mladec", in *Nature* 435: 332-335.