

AS ARCHEOLOGIE SPERIMENTALI

TEMI · METODI · RICERCHE

Numero 2 - Anno 2021



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Archeologie Sperimentali.
Temi, Metodi, Ricerche.

II

2021

Direttore Scientifico

Vincent Serneels

Direttore Editoriale

Chiara Lebole

Comitato Editoriale

Chiara Lebole, Luca Bartoni, Valeria Cobianchi, Lara Comis, Giorgio Di Gangi, Yuri Godino, Marco Romeo Pitone.

Comitato Scientifico

Silvia Amicone, Lorenzo Appolonia, Andrea Augenti, Federico Barello, Riccardo Belcari, Rosa Boano, Enrico Borgogno Mondino, Mauro Paolo Buonincontri, Aurora Cagnana, Federico Cantini, Claudio Capelli, Maurizio Cattani, Fabio Cavulli, Lara Comis, Mauro Cortelazzo, Adele Coscarella, Annalisa Costa, Paola Croveri, Gianluca Cuniberti, Giorgio Di Gangi, Fulvio Fantino, Alessandro Fichera, Vanessa Forte, Francesca Garanzini, Enrico Giannichedda, Yuri Godino, Silvia Guideri, Chiara Lebole, Cristina Lemorini, Laura Longo, Nicolò Masturzo, Valeria Meirano, Alessandra Pecci, Marco Romeo Pitone, Francesco Rubat Borel, Marco Sannazzaro, Vincent Serneels, Fabrizio Sudano, Florian Téreygeol, Nicoletta Volante.

Archeologie Sperimentali. Temi, Metodi, Ricerche

Dipartimento di Studi Storici

Via S.Ottavio 20 – 10124 Torino

www.archeologiesperimentali.it

www.ojs.unito.it/index.php/archeologiesperimentali

redazione@archeologiesperimentali.it

Volume II, anno 2021

Tutti i contributi sono sottoposti a *peer review*

© Diritti riservati agli Autori e agli Editori (informazioni sul sito)
Torino, dicembre 2021
ISSN 2724-2501

In copertina: preparazione dei blocchi di arenaria impiegati nel cantiere di Guedelon, Francia - © Guédelon.
Elaborazione grafica *Studio Okapi*

Archeologie Sperimentali è una rivista scientifica digitale edita dall'Università di Torino e pubblicata con cadenza annuale. Nasce con l'intento di colmare il vuoto editoriale che caratterizza l'Archeologia Sperimentale italiana che, pur essendo riconosciuta come un valido strumento di conoscenza, non ha un luogo dedicato al dialogo tra l'archeologia, le scienze e la sperimentazione.

La rivista si rivolge alla comunità scientifica internazionale per accogliere contributi innovativi ed originali che approfondiscono la conoscenza delle culture antiche attraverso l'utilizzo dei metodi sperimentali. In particolare, l'attenzione è rivolta alle esperienze che operano nel campo dell'Archeologia Sperimentale, dell'Archeologia della Produzione, della Storia delle Tecnologie, dell'Artigianato Storico e dell'Esperienzialità.

L'obiettivo è quello di diffondere l'adozione di approcci pratici, sperimentali e multidisciplinari allo studio del dato archeologico, promuovendo la ripresa del dibattito sui significati e sui metodi dell'Archeologia Sperimentale e creando un luogo di incontro tra ricercatori che operano all'interno di questo ambito. *Archeologie Sperimentali* aderisce alla "Dichiarazione di Berlino" promuovendo la diffusione *online* gratuita dei dati e favorendo la comunicazione ed il dibattito scientifico; il progetto riconosce al lettore il diritto di accedere liberamente e gratuitamente ai risultati della ricerca scientifica.

È possibile pubblicare sia in inglese sia in italiano con l'obbligo di inserire un riassunto nella lingua non utilizzata nel contributo. La rivista *Archeologie Sperimentali* è connessa ai principali *repository* e *open libraries* internazionali. I contributi inviati al comitato redazionale sono valutati secondo il metodo della doppia *blind peer review*, avvalendosi di una rete internazionale di referenti specializzati.

Il dialogo tra studiosi è garantito, inoltre, dalle possibilità offerte dalla piattaforma informatica, grazie alla quale è possibile inserire *contenuti multimediali* allegati ai contributi; questa opportunità permette di integrare le informazioni con video e fotografie delle ricerche, consentendo, ad esempio, di presentare attività di scavo e di un laboratorio, fasi di protocollo sperimentale ed esperienze di artigianato e di etnoarcheologia.

Nota per gli Autori

Gli Autori possono proporre i loro contributi inviando il materiale a redazione@archeologiesperimentali.it

Indice dei contenuti

Editoriale

- L'Archeologia Sperimentale e il contributo delle Scienze Sociali. Una proposta filosofica per l'integrazione dei metodi e la disseminazione.....1**
L. Comis

Saggi

- Osservazioni preliminari sulla realizzazione sperimentale di un bulino di Ripabianca.....11**
A. Tomaselli, J. Conforti, M. Parisi
- Più di un semplice ciottolo: Un protocollo sperimentale per la comprensione del ruolo di strumenti macrolitici nella trasformazione delle risorse vegetali nel Paleolitico Superiore in Eurasia.....24**
G. Sorrentino, A. Lo Giudice, A. Re, A. Borghi, L. Longo
- Analisi multidisciplinari per la ricostruzione del processo produttivo delle ceramiche del castelliere di Guardamonte: proposte di metodo e risultati preliminari.....41**
G. Baratti, M. Sciortino
- Contributo allo studio dell'antica saldatura a colata di bronzo.....84**
M. Galeotti, A. Pacini
- Archeologia della produzione architettonica. Le regole dell'arte, il sisma e la prova sperimentale del tempo109**
I. Zamboni
- Guédelon: un chantier ouvert à l'archéologie expérimentale.....134**
N. Reveyron

L'Archeologia Sperimentale e il contributo delle Scienze Sociali. Una proposta filosofica per l'integrazione dei metodi e la disseminazione.

Archaeology deals with the physical remains of the past, but it is about people.

Hurcombe 2007, p. 1

Autrice: Lara Comis*

*Social Sciences PhD candidate, University College Dublin, Ireland. MA Experimental Archaeology University of Exeter. Laurea in Archeologia Medievale, Conservazione dei Beni Culturali Università della Tuscia - Viterbo. Membro EXARC

Parole chiave: archeologia sperimentale, scienze sociali, realismo critico, integrità della ricerca, etica

Giungendo al secondo numero di questa rivista, e dopo l'esaustiva introduzione a cura di Yuri Godino, Chiara Maria Lebole e Giorgio di Gangi nell'editoriale del primo numero¹ riguardo ai temi generali e specifici dell'archeologia sperimentale, pubblicazione inclusa, si è svolta una discussione approfondita all'interno del Comitato Editoriale sui temi della metodologia e soprattutto sulle basi teoretiche dell'archeologia sperimentale. E' infatti imprescindibile per una rivista il cui ambizioso scopo è quello di fornire una piattaforma certamente inclusiva ma scientificamente rigorosa per la pubblicazione di contributi rilevanti nel campo dell'archeologia sperimentale quella di chiarire, seppur pienamente coscienti che l'evoluzione della conoscenza non è fatta di paradigmi incrollabili, lo stato di fatto e le potenziali direttive che la riflessione teoretica e metodologica ha da offrire in questo campo.

Ho accettato volentieri il compito di illustrare questi aspetti, seppur in maniera concisa, considerato che costituiscono parte fondamentale ed integrante della mia tesi di dottorato (in fase conclusiva) in Scienze Sociali, sotto la supervisione del Prof. Alan Peatfield presso la School of Archaeology dell'University College Dublin (Irlanda) sul tema dell'Uso dell'Archeologia

Sperimentale nei Musei Archeologici all'Aperto in Europa². In sostanza, questo contributo si delinea come "distillato" in lingua italiana dei primi tre capitoli del mio lavoro, adattato e declinato in maniera pragmatica all'applicazione pratica nell'ambito editoriale della rivista stessa. Secondariamente, questa premessa è doverosa poiché gli argomenti che verranno trattati sono necessariamente legati ad alcune correnti presenti soprattutto nel dibattito accademico espresso in lingua inglese, di cui mi sono principalmente occupata. Inoltre, lo scambio e l'approfondimento esperito durante il mentoring degli studenti impegnati nel Master of Science in Experimental Archaeology presso l'istituzione dove ho svolto le mie ricerche mi ha spinto a realizzare alcuni strumenti didattici elaborati in base al dibattito metodologico per rendere più agile la comprensione di alcuni aspetti legati al metodo sperimentale applicato alle domande di ricerca archeologica e una proposta di metodologia integrata. Fondamentali per la coerenza di questo lavoro e la redazione di una proposta di integrazione delle norme editoriali, oltre alle numerose riunioni con tutto il comitato editoriale, le fruttuose discussioni con il collega Marco Romeo Pitone, il cui acume e splendida abilità

¹ GODINO Y., LEBOLE C. M., DI GANGI G. 2020.

² Exploring the uses of Experimental Archaeology in European Archaeological Open-Air Museums (AOAMs). GOIPG2017 – IRC – Irish Research Council Postgraduate Scholarship.

comunicativa mi hanno grandemente aiutato a rendere più “pratica” l’applicazione delle riflessioni teoretiche. L’assetto corrente del dibattito accademico sul tema dell’archeologia sperimentale risulta alquanto frammentato. Diverse scuole di pensiero si sono sviluppate nel corso del tempo e hanno seguito tradizioni precedenti oppure hanno effettuato una “rottura” con le stesse. Attualmente, facendo una scansione sincronica delle diverse scuole e semplificando in modo deciso le posizioni accademiche in merito all’archeologia sperimentale, sono sostanzialmente due le correnti che si rintracciano a livello di letteratura. Qui sotto lo schema riassuntivo delle posizioni:

Approccio “scientifico”	Approccio “umanistico”
Basato su metodologie quantitative	Basato su aspetti qualitativi (metodi non ancora sviluppati)
Analogia/Replica	Unicità esperienziale, approccio individualistico
In molti casi si sofferma maggiormente sulle misurazioni piuttosto che sulle spiegazioni	Uso del ciclo ermeneutico come spiegazione
Non può giustificare l’inferenza sociale unicamente in base all’analisi del dato quantitativo	Non può giustificare la proiezione sul passato senza l’uso dell’assunzione uniformitaria (spesso implicita)

Tabella 1: Comis 2019b

In sostanza, il primo filone di queste posizioni si pone in linea di continuità con il pensiero processuale e la tradizione della New Archaeology, i cui più importanti autori possono essere ricordati a partire dagli studi funzionali del Semenov, con Coles e soprattutto Reynolds per i contributi in lingua inglese³. Dal punto di vista epistemologico, questa corrente predilige l’utilizzo della falsificazione di Popper, in alcuni casi implicitamente. A livello accademico questa posizione è oggetto di aspra critica soprattutto per l’ultimo punto, quello che concerne l’inferenza ottenuta dal dato sperimentale per la società antica⁴. Il pensiero scientifico, la misurazione, la quantificazione del dato viene vista dai detrattori quale del tutto insufficiente per spingere l’interpretazione ad affermare alcunché riguardo alle società antiche e agli esseri umani che hanno vissuto in epoche passate⁵. In queste critiche vi è una sostanziale verità, poichè l’interpretazione del dato archeologico tende a ‘perdersi’ nell’analisi scientifica e le strutture interpretative dei dati sperimentali spesso si basano su modelli impliciti che in alcuni casi perpetuano visioni alterate (*biased*) del passato. Va però ricordato che l’archeologia sperimentale (da sempre e molto spesso) utilizza proprio l’esperimento per mettere alla prova strutture interpretative obsolete, aprendo la strada a nuove ipotesi e formulazioni più coerenti con il dato archeologico⁶.

Il secondo filone, che a ben vedere è comunque sempre stato presente all’interno del dibattito accademico fin dai tempi di Reynolds e che ha avuto inizio dal punto di vista teorico con i lavori di Hodder⁷ e la nascita del post-processualismo, è oggi particolarmente sentito e promosso dalla scuola “Nordica”⁸, che recentemente ha

³ Gli studi del Semenov, anch’essi pubblicati negli anni sessanta del secolo scorso, sono considerati pionieristici della tracceologia e dell’analisi funzionale dei manufatti. Si veda il contributo di LONGO, SKAKUN 2008 per una panoramica dell’influenza dello studioso russo sugli studi archeologici. Per la bibliografia riguardo a Coles e Reynolds, mi permetto di riferire il lettore al contributo già citato nel primo numero di questa rivista a cura di GODINO, LEBOLE E DI GANGI (2020).

⁴ Una critica di questo tenore è presente anche in altri campi della conoscenza umana e sta cercando di destabilizzare e scardinare la predominanza del pensiero scientifico *tout court* (con notevoli conseguenze a livello di percezione nella cultura popolare riguardo all’archeologia in quanto tale).

⁵ Si fornisce a titolo esemplificativo questa citazione da PETERSSON E NARMO 2011, p. 9, dove l’istanza scientifica dell’archeologia sperimentale viene definita obsoleta ed idealistica: “a subject stuck with scientific ideals emanating from positivist traditions from the 1960s and 1970s (see e.g. OUTRAM 2008)”. Evidentemente, un pensiero che fa proprio il paradigma del progresso - peraltro ben più datato -, non può ritenere ancora valide le idee emerse negli anni sessanta, in un curioso paradosso.

⁶ Sono numerosissimi gli studi sperimentali che hanno avuto il pregio di scardinare visioni o classificazioni, queste sì, ormai obsolete per una reale indagine del dato archeologico. Già Coles aveva fatto presente in modo molto appropriato questa istanza dell’archeologia sperimentale ed il suo valore politico-culturale (si veda COLES 1979, p. 26 e la discussione in merito in COMIS 2006).

⁷ Ci si riferisce qui ai lavori iniziali di Hodder, come “Reading the Past” (1986). Attualmente le posizioni di questo studioso sono maggiormente allineate con una sorta di determinismo basato sull’idea dell’ “entanglement” (si veda HODDER 2012).

⁸ Così si auto-definiscono gli autori di *Experimental archaeology: between enlightenment and experience*, citato alla nota qui sotto, provenienti principalmente da Danimarca e Svezia.

prodotto un discreto numero di contributi dal taglio prettamente esperienziale ed individualistico⁹, ma che è particolarmente in voga in numerose facoltà di lingua inglese. Il merito di questo filone è certamente quello di aver riportato l'attenzione all'elemento "non misurabile", ovvero all'essere umano in quanto tale ed alla sua capacità di compiere scelte e sentire emozioni. Tuttavia, l'approccio appare ancora acerbo, non avendo investito nella creazione di una reale metodologia, proprio a causa dell'accanita critica che attribuisce al "metodo" in quanto tale gli stessi attributi dell'approccio "scientifico", de-umanizzato, e che, per questo motivo, non ritiene sia un aspetto da sviluppare approfonditamente. La scelta di utilizzare un sistema di spiegazione prettamente ermeneutico, inoltre, fa sì che questo filone abbia sottolineato in modo fondamentale l'importanza del mezzo comunicativo come narrazione, dando vita a "esperimenti" il cui risultato è in ultima sede un racconto. Lo "storytelling" diviene quindi l'esito più felice di questo approccio, con notevoli applicazioni nell'ambito della divulgazione, nonostante in alcuni casi il legame con la domanda di ricerca iniziale e di conseguenza l'interpretazione del dato archeologico primario venga lasciato in secondo piano¹⁰.

Se l'approccio "scientifico" non consente di determinare con sicurezza un sistema interpretativo basato solo sull'analisi del dato misurabile, l'approccio "umanistico" non può, d'altra parte, dare spiegazioni riguardo alle società antiche senza appoggiarsi in modo preponderante sull'assunzione uniformitaria¹¹, ovvero su quell'assunto filosofico/scientifico che ritiene gli esseri umani di oggi in tutto e per tutto identici a quelli vissuti nel passato, soprattutto perché si avvale di una posizione individualistica.

A ben vedere, quindi, entrambe queste posizioni, che certamente hanno contribuito e continuano a contribuire significativamente all'archeologia, sono dotate di essenziali criticità. Tuttavia i sostenitori di entrambi i filoni non sembrano interessati ad un confronto reale tramite dibattito accademico con i colleghi della posizione opposta. L'assenza di comunicazione tende

pertanto a creare una dicotomia che vede i filoni avanzare su binari paralleli e progressivamente divergenti, causando un'ulteriore frammentazione a livello di disciplina¹² che non manca di avere effetti nell'ambito più ampio dell'Archeologia.

Una simile dicotomia, articolata ovviamente su terminologie differenti ma essenzialmente causata da mancanze nel discorso prettamente teoretico e filosofico, venne sviluppata e affrontata anche nelle Scienze Sociali. In quell'ambito, infatti, si parla (ancora) di un conflitto puramente metodologico che viene ad esplicarsi tra l'opposizione "a tenuta stagna" tra il metodo quantitativo e quello qualitativo. Per questione di brevità, ometterò di entrare nel merito di questo interessante conflitto e degli esiti dell'integrazione dei metodi nelle più recenti conquiste delle Scienze Sociali, che verranno ripresi a conclusione di questo editoriale. Mi preme qui sottolineare il contributo di Roy Bhaskar¹³, filosofo delle Scienze Sociali che ha voluto analizzare questa dicotomia e proporre una risoluzione non dualistica del conflitto. Il contributo della sua filosofia, chiamata Realismo Critico, a mio parere costituisce la proposta più interessante a livello di applicazione nelle Scienze Sociali, ma anche, come Sandra Wallace¹⁴ ha già avuto modo di evidenziare, può fornire un decisivo punto unificatore per l'archeologia teorica.

Il pregio del lavoro di Bhaskar, che per forza di cose sarà riassunto drasticamente in questa sede, è stato quello di isolare con successo l'aspetto ontologico da quello epistemologico nelle due correnti apparentemente in conflitto tra loro e, contemporaneamente, quello di evidenziarne gli errori logici (*fallacies* in inglese). In sostanza, Bhaskar ha avuto il coraggio di affrontare la domanda essenziale che sta alla base di un conflitto ben più vasto (e datato) dei limiti disciplinari di questo contributo:

"Fino a che punto può la società essere studiata allo stesso modo della natura?"

BHASKAR 1979, p. 1 (tradotto dall'inglese).

⁹ PETERSSON, NARMO 2011. Si veda soprattutto l'introduzione del volume a cura dei due autori.

¹⁰ Vi sono ottimi esempi dell'utilizzo dello storytelling come esito sperimentale per la divulgazione. Cito qui solo O'SULLIVAN ET AL. 2014.

¹¹ Tradizionalmente riferita a fenomeni fisici e a processi evolutivi nelle scienze della terra e scienze biologiche.

¹² Come notato, peraltro, proprio dai sostenitori del filone umanistico e da altri autori come GRAVES BROWN (2015).

¹³ Si fa qui riferimento principalmente al lavoro iniziato negli anni settanta con "La Possibilità del Naturalismo", pubblicato nel 1979 (edito in Italia da Marietti: BHASKAR 2010) e che è proseguito negli anni sino alla concretizzazione teoretica della Critical Social Science, e in particolar modo all'ultimo lavoro edito, a mio parere fondamentale: *Interdisciplinarity and Climate Change. Transforming knowledge and practice for our global future* (2011).

¹⁴ WALLACE 2011.

Egli ha inoltre affrontato problematiche ancora oggi dibattute in archeologia quali il conflitto tra agency e struttura, oltre a fornire una descrizione ontologica pluristratificata che consente l'unificazione delle dicotomie e la strutturazione di un protocollo di ricerca sociale rispettoso delle ambiguità e delle sovrapposizioni di significato. È per questa ragione che la sua filosofia e il suo protocollo di ricerca rivestono nel mio dottorato particolare rilevanza: come ho avuto modo di osservare anni orsono, l'archeologia sperimentale si è rivelata essere un fenomeno *sociale* in cui diversi ambiti si sovrappongono e diversi gruppi sociali entrano in contatto tra loro¹⁵. L'aggettivo "critico" che denota questa scuola di pensiero si riferisce primariamente all'identificazione dell'azione che può

cambiare lo *status quo* oppure confermarlo, concetto particolarmente importante nell'applicazione di una ricerca sociale indirizzata al miglioramento delle politiche sociali¹⁶, ma nella mia opinione utile anche in altri ambiti.

Come Wallace (2011) ha già avuto modo di sottolineare, distinguere l'aspetto ontologico (la natura della realtà, nel nostro caso del dato archeologico) da quello epistemologico (il "come" possiamo capirla, nel nostro caso, come possiamo arrivare ad una coerente interpretazione del dato archeologico) è fondamentale per strutturare un protocollo di ricerca archeologica adeguata. In primis, uno degli aspetti ontologici poco analizzati nella teoria dell'archeologia, è quello

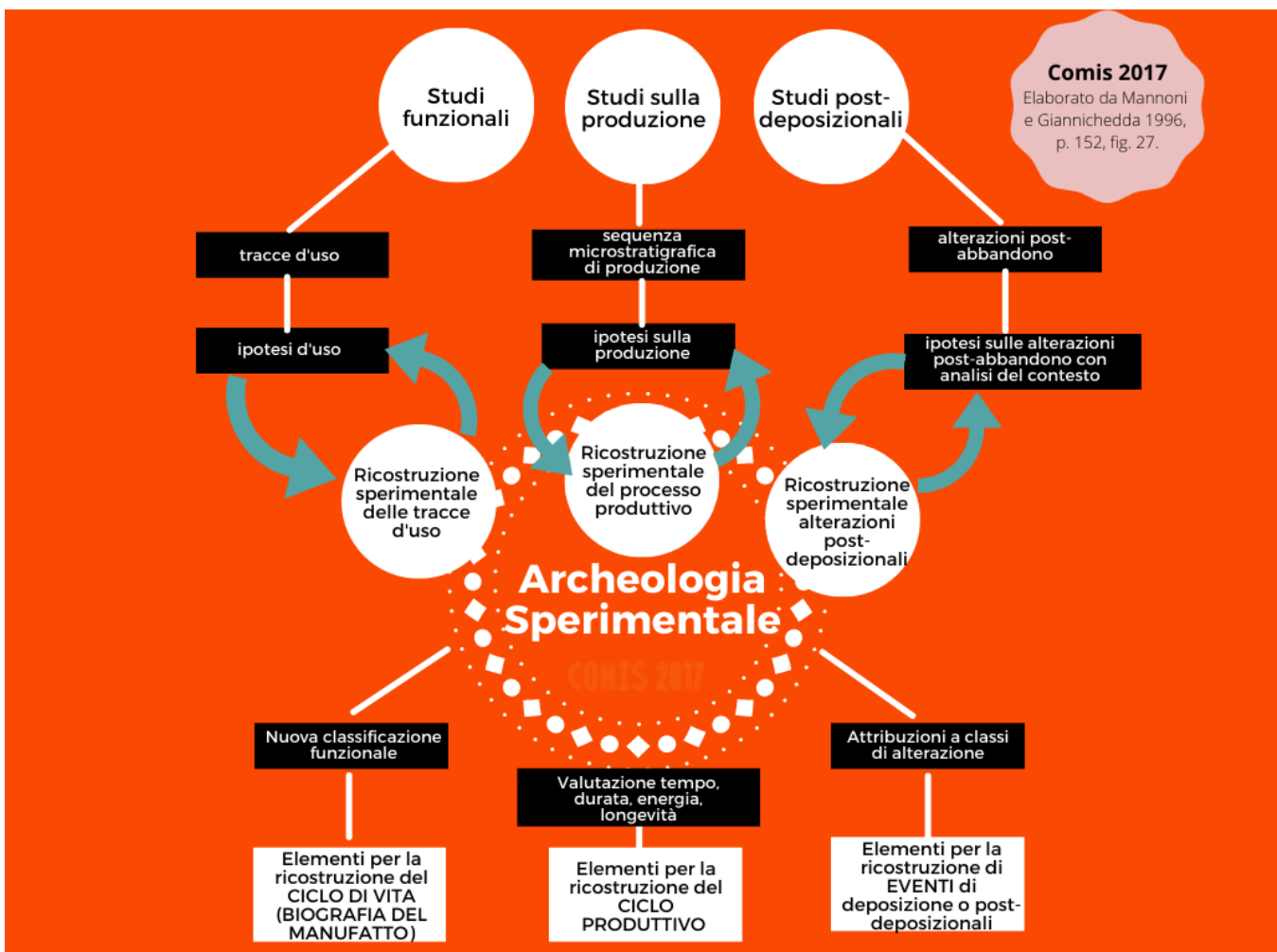


Figura 1: Schema processuale per l'archeologia sperimentale applicata allo studio di un artefatto. Elaborata da Mannoni e Giannichedda 1996 (Comis 2019b).

¹⁵ COMIS 2003, 2010, 2019a. Ma osservato anche da altri studiosi come RASMUSSEN 2011, p. 147.

¹⁶ Il discorso è stato sviluppato dal filosofo in studi approfonditi ed è stato recepito a livello metodologico nelle scienze sociali. Qui si propone al lettore un'intervista, di più agile lettura: HANSEN 2005 p. 63.

dell'assenza, fondamentale nella filosofia di Bhaskar¹⁷. Inoltre, se consideriamo la natura in quanto tale del dato archeologico, sostanzialmente quantitativa, osservabile e misurabile nel suo aspetto materiale, ma anche qualitativa, ovvero traslata, indicativa di fenomeni umani e sociali nel suo aspetto immateriale, dovremmo per forza di cose valutare entrambe le caratteristiche, contemplandole da un punto di osservazione che non può essere esaurito, o – usando una terminologia tipica delle Scienze Sociali – saturato da nessuno dei due approcci considerati singolarmente.

Nonostante si siano toccati qui solo i punti fondamentali, discussi e sviluppati con riflessioni più approfondite nel mio lavoro di tesi, emerge già a questo punto la possibilità di una rivalutazione del processo epistemologico sperimentale in archeologia. Facendo propria la sottodeterminazione dei dati rispetto alla teoria¹⁸, emerge la potenzialità di sviluppare un approccio pragmatico che coinvolga entrambi gli aspetti sostanziali del dato archeologico, sia quello materiale, osservabile, sperimentabile quantitativamente sia quello immateriale, traslato eppure anch'esso potenzialmente sperimentabile qualitativamente. Il principio di sottodeterminazione pertanto consente di sviluppare una metodologia adeguata nel pieno riconoscimento delle caratteristiche essenziali del dato osservabile (sia esso quantitativo o qualitativo) in un processo integrato. In questo caso, entrambi i "lati" del dato archeologico non si troveranno più in uno stato di conflitto tra essi, perché potrebbero essere investigati in modo adatto alla loro natura: non si tratterebbe più di una esclusività o di un detrimento dell'uno o dell'altro, ma di un arricchimento di significato, di un completamento. Tale processo di rivalutazione con finalità di integrazione metodologica deve, però, necessariamente essere sostenuto da un'approfondita ed esplicita ricerca filosofica, per evitare di ricadere negli errori dovuti all'utilizzo di assunti filosofici (e qui intendo ontologici ed epistemologici, ma in archeologia - più propriamente e più spesso - solo interpretativi) impliciti, come già osservato da Sandra Wallace rispetto all'archeologia in generale:

"Se i ruoli della teoria e della filosofia non vengono riconosciuti, la teoria o la filosofia usate "di default" influenzeranno comunque l'interpretazione".

WALLACE 2011, p. 10. (tradotto dall'inglese).

Per quanto concerne la natura del dato archeologico, è innegabile che l'aspetto puramente materiale, misurabile ed osservabile (benché fondamentalmente deteriorato dal tempo e fortemente frammentato) rimanga invariato e sia sottoposto alle leggi delle cosiddette "Scienze dure" (chimica, fisica *etc.*) e delle "Scienze vive" (nell'accezione della vita cessata, ma comunque biologia, zoologia, *etc.*), ed è in questo campo che la riflessione teorica e metodologica ha una tradizione più consolidata (e si rifà ovviamente all'uniformitarismo ed all'analogia quali impalcature interpretative). Come già evidenziato nell'editoriale del primo numero, molti archeologi sperimentali hanno tentato di categorizzare le tipologie di esperimento partendo dalla natura del dato archeologico sotto esame. Particolarmente significativo in questo senso, a mio parere, il lavoro pionieristico di Mannoni e Giannichedda in "Archeologia della produzione"¹⁹, ove si trova una sistemazione schematica del processo di analisi del dato archeologico in connessione con la metodologia sperimentale (1996, p. 152, fig. 27). Benché questo tentativo di schematizzazione si riferisca principalmente ad un "manufatto" e sia per questo del tutto integrata nell'analisi dei manufatti, esemplifica un discorso applicabile anche ad altre tipologie di dato archeologico. Qui sopra un mio tentativo di semplificazione dello schema di Mannoni e Giannichedda, redatto per facilitare la comprensione delle direttive "processuali" nelle metodologie sperimentali in archeologia, la loro collocazione e la fondamentale differenza, ovvero la sua dinamicità: la potenziale ciclicità che consente di affinare le ipotesi interpretative qualora sia possibile reiterare la sperimentazione nello stesso ambito.

L'aspetto qualitativo del dato archeologico, come si diceva prima, non trova ancora ad oggi una metodologia propriamente detta e viene introdotto molto spesso negli studi sperimentali in modo non sistematico. È il

¹⁷ WALLACE 2011, pp. 66-69.

¹⁸ Quell'assunto secondo il quale a un certo gruppo di dati possono corrispondere diverse interpretazioni dei risultati a seconda del paradigma e delle metodologie adottate, usualmente fatto proprio dal cosiddetto "pragmatismo" nelle scienze sociali: BHASKAR 1979 p.3, FLYVBJERG 2006 p. 26, LAWRENCE NEUMAN 2011 p. 114.

¹⁹ MANNONI, GIANNICHEDDA 1996.

“grande assente” che occorre integrare nello schema sopra delineato, l’azione umana che ha valore causale nella creazione del dato archeologico. Recentemente, nell’ambito più ampio dell’archeologia in lingua Inglese, particolare importanza hanno rivestito gli studi finalizzati ad una comprensione degli aspetti “sensoriali”²⁰. Nonostante questi non siano gli unici aspetti di valore qualitativo in un processo sperimentale (ne’ del dato archeologico), sono certamente quelli che vengono citati più spesso e in qualche caso hanno una rilevanza particolare nell’indagine su alcune tecnologie antiche. Solo per citare un esempio banale e volendo rimanere nell’ambito dell’archeologia della produzione o della storia della tecnologia antica: il particolare odore emesso durante una fusione di bronzo allorché la lega metallica raggiunge la temperatura ottimale, in associazione con il particolare effetto lucido/metallizzato del metallo stesso nel crogiolo²¹. Aspetti simili a questi, difficilmente misurabili ma perfettamente esperibili a prescindere dalla preparazione accademica, rivestivano per gli esseri umani del passato un significato fondamentale, una indicazione pratica per le fasi di trasformazione e di lavorazione delle materie prime. Ritengo che simili osservazioni, che in passato erano custodite nella memoria umana e tramandate, debbano essere valutate insieme al dato materiale ed alle misurazioni scientifiche durante un esperimento anche se non si reputa che possano essere utili all’interpretazione del dato materiale. Sono infatti questi aspetti che costituiscono l’aspetto immateriale, ma così rilevante nel passato, causale per la determinazione del reperto archeologico, del suo uso e della sua deposizione.

L’integrazione di queste prospettive, fondate su una chiara struttura teoretica, potrebbe infine essere ricondotta all’interpretazione del dato archeologico primario. In un mondo ideale, poi, potrebbero essere re-integrate con il contesto stratigrafico di rinvenimento e

quindi fornire dati essenziali per lo scavo di rinvenimenti simili, chiudendo il cerchio e contribuendo così all’archeologia sul campo.

Una metodologia mutuata dalle Scienze Sociali che integra dall’inizio il dato quantitativo e quello qualitativo potrebbe essere molto utile in archeologia sperimentale. L’analisi qualitativa nelle scienze sociali ha raggiunto rilevante complessità e profondità di indagine, ma per l’archeologia sperimentale potrebbe essere sufficiente cominciare dagli aspetti più semplici. Recentemente, ho proposto²² di utilizzare la cosiddetta metodologia “Case Study”, che, diversamente da quanto ritenuto da molti, ha una propria strutturazione, validazione e comunicazione ampiamente trattata nell’ambito delle scienze sociali²³ e potrebbe fornire interessanti spunti per garantire l’integrità della ricerca nell’ambito dell’archeologia sperimentale.

In effetti, il punto d’incontro delle due polarità di indirizzo nelle attività pratiche di archeologia sperimentale è necessariamente etico. L’etica della ricerca, e soprattutto l’integrità della ricerca è un ambito poco trattato in questo campo, ma a mio parere costituisce il concetto chiave di tutta la problematica ad ogni livello di applicazione. Come in ogni altro ambito di ricerca, l’integrità etica ha natura fondante poiché determina sia il modo in cui gli esiti vengono inclusi nel dibattito accademico sia il modo in cui sono recepiti dalla società. Entrambe le criticità dei due approcci “scientifico” e “umanistico” hanno valore etico, in questo senso²⁴. Anzi, considerando la natura specifica dell’archeologia sperimentale, situata *sulla soglia tra ricerca e divulgazione* nella pratica corrente, è necessario che essa trovi un fondamento principalmente nell’integrità della ricerca, da qualsiasi punto di osservazione la si voglia guardare²⁵. Solo per fare un esempio: la ripetibilità dell’esperimento, fortemente sostenuta da Reynolds già negli anni novanta (REYNOLDS 1999, p. 57), non ha valenza di “scientismo”

²⁰ Uno degli ultimi contributi: SKEATES, DAY 2020.

²¹ Alcuni simili elementi sono stati recentemente considerati in ambito post-processuale e definito “fenomenologico” negli studi che riguardano gli aspetti “sensoriali” della “archeologia”. Si veda O’NEILL, O’SULLIVAN 2020.

²² COMIS 2020a.

²³ Citerò per questioni di brevità solo l’ultima edizione di *Case Study research and applications: design and methods*, YIN 2018. Desidero aggiungere che questa metodologia di indagine si appoggia alla falsificazione di Popper (si veda FLYVBJERG 2006), come l’archeologia sperimentale processuale, ma adotta procedimenti ciclici di ragionamento, in inglese definiti *retroduction* o *abduction* (BHASKAR 2011, YIN 2018), pertanto trascendendo la tradizionale (ulteriore!) dicotomia tra ragionamento induttivo e deduttivo.

²⁴ Le osservazioni di Bhaskar sulle conseguenze etiche degli errori logici nei due paradigmi nelle scienze sociali sono piuttosto significative anche nell’ambito dell’archeologia sperimentale. Si veda HANSEN 2005 per una introduzione del tema.

²⁵ COMIS 2021. La presentazione è stata trasmessa in streaming durante la prima conferenza globale online di Archeologia Sperimentale (EAC12) ed è liberamente disponibile.

e non può essere scartata solo sulla base della cronologia della proposta, ma riveste propriamente uno dei requisiti necessari per poter ottenere trasparenza ed onestà nella pratica sperimentale, così come sottolineato dal punto 4 del Singapore Statement on Research Integrity, sottoscritto da ricercatori di tutto il mondo nel 2010²⁶.

Tornando brevemente agli aspetti qualitativi e sensoriali, mi preme sottolineare come alcuni di essi forniscano l'opportunità e l'occasione per coinvolgere gruppi di persone o cittadini comuni potenziando l'aspetto partecipativo delle attività di ricerca sperimentale. Per questa ragione, nel mio lavoro, il modello sviluppato contiene protocolli relativi alla cosiddetta "Citizen Science"²⁷.

Dopo queste riflessioni (che sono attualmente allo stato di proposta²⁸), considerato che l'archeologia sperimentale sta entrando ad essere parte dell'offerta educativa in modo più coerente, oltre ad essere praticata in tutta Europa, qual è il modo migliore di strutturare una rivista che possa accogliere tutte le diverse esperienze che stanno maturando, senza esclusioni ma allo stesso tempo senza prescindere dalle acquisizioni metodologiche ed etiche già consolidate?

Come si diceva, grazie alle discussioni tenute con tutto il comitato editoriale, ed in particolare grazie all'aiuto di Marco Romeo Pitone, è stata redatta una integrazione alle norme editoriali nella forma di un questionario conoscitivo (vedi sotto, consultabile anche sulla pagina della rivista dedicata alle norme editoriali). Come si può notare, abbiamo ripercorso la tradizionale tripartizione delle categorie di dato archeologico (presente nello schema in *fig. 1*) integrandole con le osservazioni relative alla pubblicazione di esperimenti in archeologia. Il questionario conoscitivo è stato strutturato sia per una preliminare valutazione della proposta editoriale, sia

per la divulgazione di quella che si ritiene essere (per ora!) la struttura più convincente ed inclusiva nella pratica dell'archeologia sperimentale che possa definirsi integra dal punto di vista dell'etica della ricerca e della libertà accademica. Alle tradizionali tre scansioni (tecnologia antica/produzione; studi funzionali; studi post-deposizionali) se ne sono aggiunte due che hanno lo scopo da una parte di introdurre una nuova categoria "mista" ove possano trovare espressione gli studi pilota, gli esperimenti con risultato negativo e tutti i contributi che riguardano gli aspetti qualitativi ed esperienziali, dall'altra quella di fornire lo spazio necessario per discussioni di ordine metodologico e teorico, così importanti dal punto di vista del dibattito accademico e dell'avanzamento della disciplina stessa.

Infine, le indicazioni riguardo alle specifiche materiali e geo-cronologiche del dato archeologico sotto esame, potranno essere utili per costruire un database ricercabile. In conclusione, gli autori vengono invitati a partecipare all'iniziativa promossa dalla dott.ssa Caroline Jeffra che si è proposta di raccogliere dati riguardo alle tipologie sperimentali in archeologia (anche quelle non pubblicate, già citata nell'editoriale del primo numero). È da notare che il "Register" al quale si può contribuire²⁹ in quest'ultimo caso sia basato su categorie differenti rispetto a quelle proposte da noi.

È proprio nell'essere esposti a pareri diversi rispetto a qualsiasi argomento che si può sviluppare una più chiara visione del nostro contributo scientifico, e finalizzare la condivisione nel dibattito accademico.

²⁶ SINGAPORE STATEMENT ON RESEARCH INTEGRITY 2010. Questo documento, sottoscritto nel 2010, pur non avendo valenza normativa, è stato inglobato nelle *policies* ad ogni livello di recepimento, dall'Unione Europea agli enti nazionali ed infine alle istituzioni di ricerca superiore. Ad oggi, una preparazione etica è ritenuta necessaria per ogni tipologia di ricercatore, costituisce priorità per il finanziamento delle ricerche e sono disponibili corsi specifici per una formazione adeguata in ogni campo disciplinare.

²⁷ Notevoli potrebbero essere gli sviluppi di simili iniziative declinate in diversi contesti, sia archeologici che applicativi, di cui quelli che trattano la crisi climatica attuale sono certamente i più importanti. Cito qui solo il primo contributo collettivo sui temi della Citizen Science: HECKER et al. 2018. Un progetto che ha l'ambizione di diventare effettivamente un progetto di ricerca integrata con protocolli di Citizen Science è stato lanciato nell'aprile del 2020 e si riferisce all'aspetto transculturale della comunicazione tramite il suono. Si veda ABADIR, COMIS 2020b.

²⁸ Benchè abbia avuto l'opportunità in passato di sperimentare in un'ottica integrata qualitativa/quantitativa sia sulle tecniche di produzione ceramica (Comis 2004) che sull'archeologia del gusto con la partecipazione del pubblico (Comis 2009), senza però averla connotata filosoficamente.

²⁹ Al tempo della redazione del presente editoriale, la possibilità di inserire i dati relativi alle sperimentazioni era ancora possibile. Sfortunatamente, nel frattempo, il sito di riferimento è stato messo in pausa, come confermato dalla dott.ssa Jeffra (comunicazione personale). Ci auguriamo che possa essere presto ripristinato!

Integrazione norme editoriali

Questionario conoscitivo.

(Da OUTRAM 2008, JEFFRA 2020), Marco Romeo Pitone e Lara Comis.

Questionario

Titolo:

Autori, Collaboratori, Istituzioni di appartenenza:

Quesito di ricerca (archaeological research question):

Categoria (spuntare la rilevante categoria della pubblicazione):

- Sperimentazione*: Studi sulla produzione. Specificare dettaglio della catena operativa investigata: materie prime (per esempio: estrazione, caratteristiche, provenienza *etc. etc.*); trasformazione (cottura, fusione, scheggiatura *etc. etc.*);
- Sperimentazione*: Studi funzionali. Specificare uso investigato, collezione di riferimento tracce d'uso (per esempio: tecniche di combattimento, immanicature, tracce su lame, tracce organiche su ceramica *etc. etc.*).
- Sperimentazione*: Studi di analisi post deposizionale. Specificare dettagli di ogni fase di studio e raccolta dati (per esempio: realizzazione e scavo di strutture, manufatti, sepolture, trasformazione del suolo).
- Sperimentazione*: Studi pilota, indagini preliminari, studi interdisciplinari, sperimentazioni con risultati negativi (per esempio: esperimenti conoscitivi su tecnologie antiche, studi fenomenologici sulle percezioni sensoriali, etnoarcheologia applicata alle tecnologie antiche, *etc. etc.*).
- Studi e contributi di carattere teorico e/o metodologico sul tema dell'archeologia sperimentale.

Ove applicabile

Luogo e data dell'esperimento:

Cronologia di riferimento:

Sito/i di riferimento:

Materiali investigati:

*L'esperimento deve essere dettagliato al punto da consentire la replicazione.

ABSTRACT (max 1000 caratteri)

Bibliografia

- BHASKAR, R. 1979, *The possibility of naturalism: a philosophical critique of the contemporary human sciences*. Philosophy now Atlantic Highlands, N.J: Humanities Press.
- BHASKAR, R. 2010, *La Possibilità del Naturalismo*. Marietti, Bologna.
- BHASKAR, R. 2011, *Contexts of interdisciplinarity. Interdisciplinarity and Climate Change*, in R. BHASKAR, C. FRANK, K. G. HOYER, P. NÆSS, J. PARKER (a cura di) (2011) *Interdisciplinarity and Climate Change. Transforming knowledge and practice for our global future*. New York: Routledge. pp. 1-24.
- COLES, J. 1979, *Experimental Archaeology*. London: Academic Press.
- COMIS, L. 2003 *Experimental Archaeology in Northern Italy. A survey of methodologies*. MA Thesis. University of Exeter (UK) - inedito.
- COMIS, L. 2004, *Archeologia sperimentale come strumento di ricerca. L'asportazione dei vasi dal tornio e lo "stacco a cordicella". Il caso delle ciotole rinascimentali di Favaletto (PR)*, in Padusa XL, pp. 229-243.
- COMIS, L. 2006, *Dioramas, (re)constructions and Experimental Archaeology*, in EuroREA 3/2006, pp. 78-82.
- COMIS, L. 2009, *The Archaeology of Taste: Geoponica's Garum- Experiment Report*. Sagnaldet Lejre research grant HAFF 06/09 - inedito.
- COMIS, L. 2010, *Experimental archaeology. Methodology and new perspectives in Archaeological Open-Air Museums*, in EuroREA 7/2010, pp. 9-12.
- COMIS, L. 2019a *Experience and discovery: engaging the public in research. A survey on experimental archaeology contemporary practice and meaning. Preliminary results*. in: Acts of the international conference Archaeology for the People: Exhibition, Experience and Performance. Kernave, Lithuania, 13-15 September 2018, EXARC Journal, 2019/2.
- COMIS, L. 2019b, *Experimental archaeology as a complex social phenomenon. A Critical social sciences qualitative inquiry on best practices*. EAC11 Experimental Archaeology Conference - 2-4 maggio 2019, Trento, Italy - Inedito.
- COMIS, L. 2020a, *Building bridges. Mixed methods in Experimental Archaeology - Experimental Archaeology Student Symposium - Sheffield (UK) 29th February 2020- inedito*.
- COMIS, L. 2020b, *ABADIR Soundcloud Project*. Available at: <https://soundcloud.com/user-170792699>
- COMIS, L. 2021, *Ethics and Experimental Archaeology. The Singapore Statement on Research Integrity and possible applications*. EAC12 Experimental Archaeology Conference - Online, March 29, April 1, 2021. Disponibile a: https://www.youtube.com/watch?v=dSF1cChvg4&ab_channel=EXARCEXARC
- FLYVBJERG, B. 2006, *Five misunderstandings about case-study research*, in Qualitative Inquiry 2 (12), pp. 219-245.
- GODINO Y., LEBOLE C. M., DI GANGI G. 2020, *Fornire la pratica che sostiene la teoria": una riflessione sull'Archeologia Sperimentale*, in Archeologie Sperimentali 1/2020, pp. 1-27.
- GRAVES-BROWN, C. 2015, *Introduction. Building bridges. Experiential and experimental in GRAVES-BROWN, C. (a cura di) Egyptology In the Present: Experiential and Experimental Methods in Archaeology*, Swansea: Swansea University. pp. ix-xxxvi.
- HANSEN, H. B. 2005, *Critical realism in the social sciences*. In: Distinktion: Scandinavian Journal of Social Theory, 6:2. pp 59-69.
- HODDER, I. 1986, *Reading the past: current approaches to interpretation in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HODDER, I. 2012, *Entangled: an archaeology of the relationships between humans and things*. Oxford: Wiley Blackwell.

- LAWRENCE NEUMAN W. 2011, *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches seventh edition*, Harlow: Pearson.
- LONGO L., SKAKUN N. 2008, *Introduction: "Prehistoric Technology" 40 years later: functional studies and the Russian Legacy. Interpreting Stone Tools*, in Atti della conferenza omonima, Verona (Italy) 20-23 April 2005, Natural History Museum - University of Verona. Volume: BAR-IS, 1783, British Archaeological Report. Pp. ix-xiii.
- O'Neill, B., O'Sullivan, A. 2020, *Experimental Archaeology and (re)-experiencing the senses of the medieval world*, in Skeates R., Day J. (a cura di) *The Routledge Handbook of Sensory Archaeology*. Routledge: London and New York. pp. 451-466.
- O'SULLIVAN, A., POWERS, M., MURPHY, J., INWOOD, N., GILHOOLY, B., KELLY, N., MALONE, W., MULROONEY, J., CORRIGAN, C., L'ESTRANGE, M., BURKE, A., KAZURO, M., McDermott, C., WARREN, G., O'NEILL, B., HEFFERNAN, M. e SWEENEY, M. 2014, *Experimental Archaeology: making, understanding, story-telling*. In KELLY B., ROYCROFT N. e STANLEY M. (a cura di) *Fragments of lives past: archaeological objects from Irish road schemes*. Dublin: National Roads Authority. pp. 115-126.
- PETERSSON, B. e NARMO, L. E. (a cura di) 2011, *Experimental archaeology: between enlightenment and experience*. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No 62. Lundt: University Press.
- RASMUSSEN, M., *Under the Same Roof. Experimental Research and Interpretation with Examples from the Construction of House Models* in PETERSSON, B. and NARMO, L. E. (a cura di) (2011) *Experimental archaeology: between enlightenment and experience*. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No 62. Lundt: University Press. pp. 147-166.
- REYNOLDS, P.J. 1999, *The nature of experiment in archaeology*, in HARDING A. F. (a cura di) *Experiment and Design. Archaeological Studies in Honour of John Coles*. Oxford, pp. 156-62.
- SINGAPORE STATEMENT ON RESEARCH INTEGRITY 2010. Disponibile qui: <https://wcrif.org/documents/327-singapore-statement-a4size/file>

Osservazioni preliminari sulla realizzazione sperimentale di un bulino di Ripabianca

Autori: Alfio Tomaselli*, Jacopo Conforti, Marcella Parisi*****

* Associazione Archeologia Sperimentale
info@archeologiasperimentale.it

** PhD - Università di Pisa
conforti.jacopo@gmail.com

*** preISTORIE® - educazione, divulgazione e archeologia sperimentale
marcella.parisi@preistorie.it

Abstract

Il bulino a stacco laterale su ritocco laterale denominato "bulino di Ripabianca" rappresenta una particolare tipologia di bulino, specifica di alcuni contesti del Neolitico antico dell'Italia settentrionale. A partire dal loro primo riconoscimento nel sito di Ripabianca di Monterado, diversi studi di carattere tecnologico, traceologico e sperimentale hanno analizzato questi strumenti al fine di indagarne la modalità di realizzazione e di utilizzo. In prospettiva di un'attività sperimentale più ampia, questo lavoro si propone quantomeno di avanzare alcune osservazioni relativamente alle modalità di realizzazione dell'incavo e dello stacco di bulino che caratterizzano questo strumento.

The tool called "Ripabianca burin" represents a particular type of burin (side burin on side notch/lateral retouch), specific to some contexts of the ancient Neolithic of northern Italy. Since their first recognition at Ripabianca di Monterado, various technological, traceological and experimental studies have analyzed these tools in order to investigate how they are made and used. In view of a wide experimental activity, this work aims at least to make some observations regarding the ways of making the retouch and burin spall that characterize this tool.

Parole chiave: bulino di ripabianca, bulino su ritocco, tecnologia litica, neolitico antico, italia settentrionale.

1. Il bulino di Ripabianca: lo stato dell'arte dopo oltre cinquant'anni di studi

Il bulino a stacco laterale su ritocco laterale denominato "bulino di Ripabianca", è stato identificato per la prima volta all'inizio degli anni 60' nell'industria litica del sito di Ripabianca di Monterado (BROGLIO, LOLLINI 1963), divenendo, col tempo, una presenza ricorrente in molte industrie del Neolitico antico dell'Italia settentrionale (GUERRESCHI 1972, STARNINI *et alii* 2017). Dal loro primo riconoscimento all'interno del sito marchigiano della Ceramica Impressa adriatica, bulini a stacco laterale su ritocco laterale sono stati riconosciuti in numerosi contesti coevi dell'Italia settentrionale (figg. 1-

2), in Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Trentino e Friuli, nelle industrie dei gruppi Vhò, Gaban, Fiorano e Fagnigola (BAGOLINI, BIAGI 1975; BARFIELD, BROGLIO 1965; BERNABÒ-BREA 1987; BERNABÒ-BREA *et alii* 1990; BIAGI 1975, 1995; BRESSAN 1984; D'AMICO *et alii* 2000; DAL SANTO, STEFFÉ 2019; FASANI *et alii* 1994; FERRARI *et alii* 2006a, 2006b; PEDROTTI *et alii* 2015; STARNINI 1998; TINÉ *et alii* 2015; VENTURINO GAMBARI *et alii* 1995).

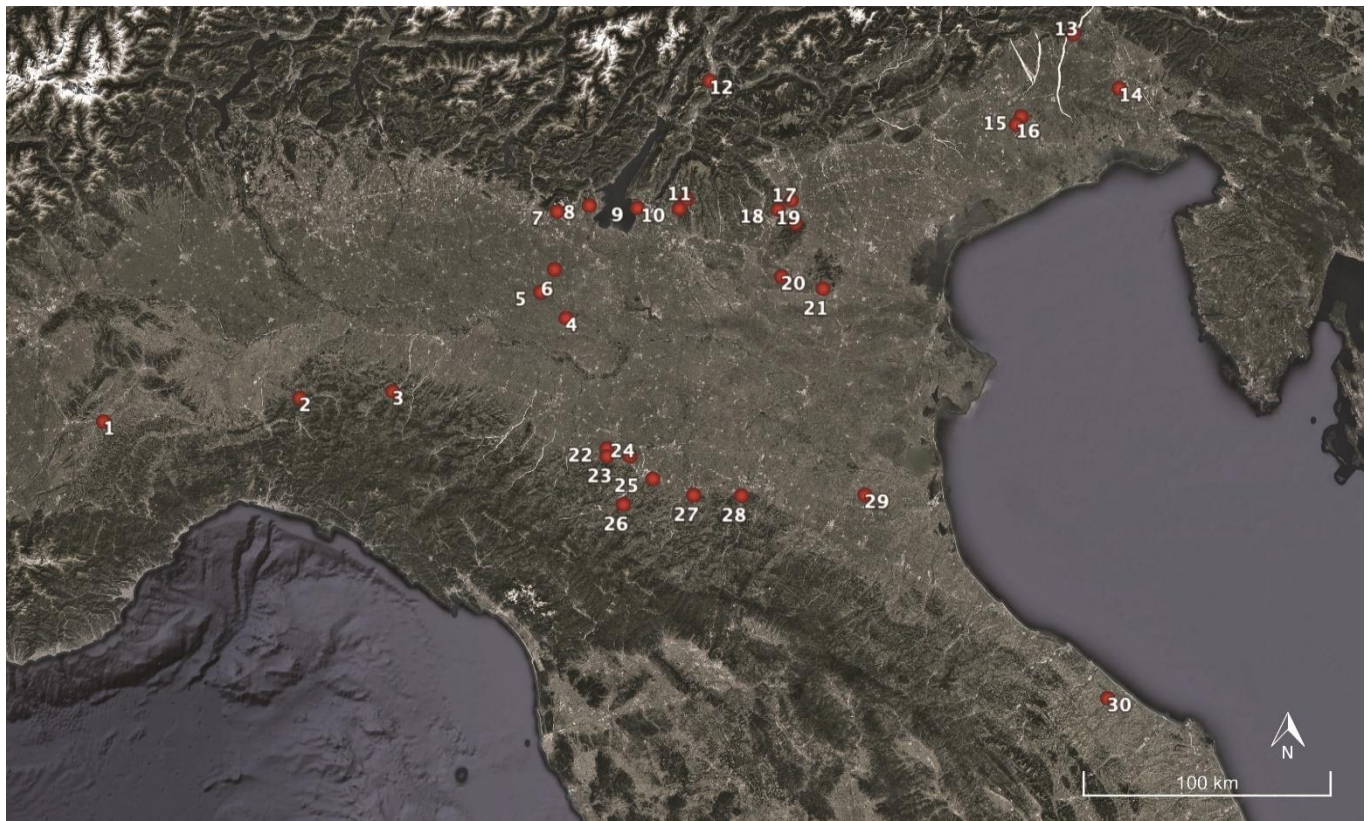


Figura 1: Distribuzione geografica dei principali siti del Neolitico antico dove sono attestati bulini di Ripabianca. Alba (1), Brignano Frascata (2), Travo (3), Vhò di Piadena (4), Ostiano Dugali (5), Isorella (6), Ca de' Grii (7), Lucone (8), Pacengo (9), Negrar (10), Lugo di Grezzana (11), Romagnano (12), Ragogna (13), Sammardenchia (14), Valer (15), Fagnigola (16), Dal Molin (17), Fimon - Molino Casarotto (18), Valli di Fimon (19), Ca' Bissara (20), Le Basse di Valcalaona (21), Rivaltella (22), Albinea (23), Chiozza (24), Fiorano (25), Pescale (26), Savignano (27), Casalecchio di Reno (28), Lugo di Romagna (29), Ripabianca (30).

Questo particolare tipo di bulino viene realizzato, generalmente, su supporti lamino-lamellari piuttosto robusti¹, integri o frammentari, ottenuti per percussione diretta e indiretta ma anche per pressione (DAL SANTO; 2019, SANTANIELLO *et alii* 2020). All'interno di questo insieme, molto varia è la gamma di prodotti utilizzati (fig. 1): prodotti di decorticamento e gestione, prodotti di pieno *débitage*, più o meno regolari (DAL SANTO 2019; STARNINI *et alii* 2017; SANTANIELLO *et alii* 2020), ma anche manufatti ritoccati e/o già utilizzati (*i. e.* BIAGI 1995; GUERRESCHI 1972). Come detto già in precedenza, la particolarità di questo bulino sta nella peculiare presenza di uno stacco laterale su ritocco laterale; quest'ultimo, generalmente (ma non sempre), localizzato in corrispondenza di una delle estremità dei margini laterali. Il ritocco erto o semierto, definisce quasi sempre un incavo (o un *cran*), più o meno ampio e profondo, usato come piano di percussione (figg. 1, 3). Lo stacco di bulino asporta parte dell'incavo e buona

parte del margine laterale, talvolta invadendo in misura più o meno importante la faccia dorsale e ventrale del supporto (figg. 1,3). La varietà dei bulini di Ripabianca attestati archeologicamente è molto ampia e, non così infrequentemente, al primo bulino se ne somma un secondo (e talvolta anche un terzo), sullo stesso margine o sull'altro, a partire da un ulteriore incavo, opposto o parallelo al primo (figg. 1, 3).

Fin dai primi studi (BROGLIO, LOLLINI 1963) è stato escluso che lo stacco di bulino fosse il risultato - involontario - di un incidente di lavorazione nel corso della realizzazione dell'incavo. Molti aspetti tecnologici relativi alla fabbricazione del bulino di Ripabianca sono già stati indagati da Francesco D'Errico (D'ERRICO 1987, 1988). Senza prospettare forzatamente il ricorso ad un'unica tecnica, i dati sperimentali sembrano suggerire il ricorso alla pressione sia per la messa in forma dell'incavo sia per lo stacco di bulino. In particolare, per lo stacco di bulino, la tecnica a pressione orizzontale

¹ Nel recente articolo dedicato al Neolitico antico nella piana del Po (STARNINI *et alii* 2017) viene riportato che per realizzare i bulini di Ripabianca venivano selezionati supporti con uno spessore compreso tra 4,4 e 5,6 mm.

(con il pressore perpendicolare rispetto all'asse dello strumento) sembra quella più performante, indipendentemente dalla preparazione più o meno accurata dell'incavo. Pur non escludendo del tutto il ricorso ad altre tecniche, l'attività sperimentale sembrerebbe, infatti, smentire non solo il possibile ricorso alla percussione indiretta (improduttiva²) ma anche alla pressione con pressore parallelo, in quanto quest'ultima sarebbe applicabile con successo solo a seguito di una specifica preparazione dell'incavo³, spesso non riscontrabile sui manufatti archeologici (D'ERRICO 1987).

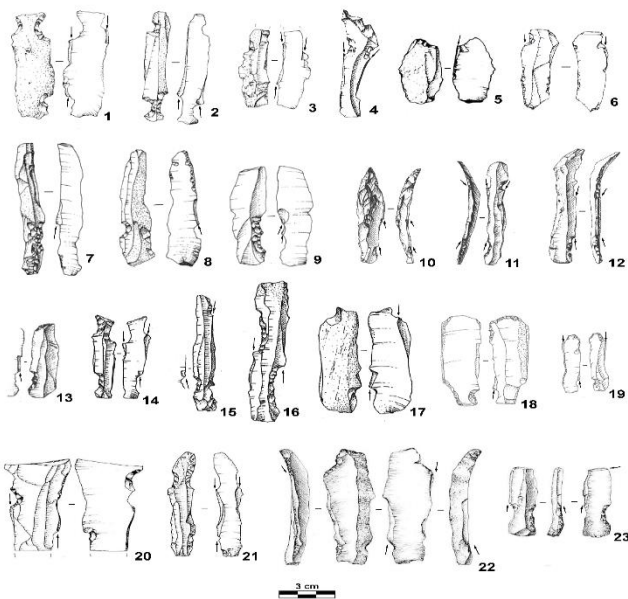


Figura 2: Bulini di Ripabianca da alcuni contesti del Neolitico antico dell'Italia settentrionale. nn. 1-5: Campo Ceresole (rielab. da BIAGI, VOYTEK, 1992; BIAGI, 1980), n. 6: Savignano (rielab. da BERNABÒ BREA et alii., 1990), nn. 7-9: Vhò di Piadena (rielab. da BIAGI, 1995), nn. 18-19: Brignano Frascati (rielab. da D'AMICO et alii., 2000), n. 20: Valer (rielab. da FASANI et alii., 1994), n. 21: Fagnigola (rielab. da BIAGI, 1975), nn. 22-23: Ripabianca di Monterado (rielab. da BROGLIO, LOLLINI, 1963).

Molte sono state nel tempo le interpretazioni proposte sulla possibile funzione dei bulini di Ripabianca.

Francesco D'Errico è stato tra i primi ad analizzare i bulini di Ripabianca sulla base delle tracce d'usura. Su poco più di 2/3 dei ventuno bulini analizzati al SEM

(D'ERRICO 1987, 1988) è stata registrata un'usura intensa; il bulino sembrerebbe essere stato utilizzato in posizione subverticale rispetto alla materia prima lavorata, con un movimento (della materia prima lavorata o dello strumento) perpendicolare al bordo (sfregamento), simile a quello degli strumenti usati sugli steli di graminacee o vegetali legnosi. Sulla base di ciò è stato ipotizzato un possibile uso dei bulini di Ripabianca per la sgranatura a pettine delle spighe, funzionale ad una minore perdita di chicchi (D'ERRICO 1987, 1988). La parte funzionale dello strumento è indubbiamente lo stacco di bulino, mentre l'incavo (o gli incavi), oltre a fungere da piano di percussione poteva avere una sua utilità legata ad un possibile immanicamento del manufatto.

A conclusioni diverse è giunta Barbara Voytek, che ha analizzato i bulini di Ripabianca di diversi siti neolitici dell'Italia settentrionale (BIAGI et alii 1993; BIAGI, VOYTEK 1992; FASANI et alii 1994; VOYTEK 1992; D'AMICO et alii 2000; VOYTEK 2014, 2019). In base a quanto da lei osservato, il bulino di Ripabianca rappresenterebbe essenzialmente un espediente finalizzato a ripristinare la funzionalità di lame già utilizzate, soprattutto per la lavorazione di materiali duri e, in particolare, del legno. Lo stacco di bulino andrebbe quindi a rimuovere una porzione importante (se non tutta) del margine utilizzato fino a quel momento (ritoccato o non) al fine di prolungare la vita dello strumento. Come già registrato dallo studio di F. D'Errico (1987, 1988), anche una parte dei bulini di Ripabianca analizzati da B. Voytek (BIAGI et alii 1993; BIAGI, VOYTEK 1992; FASANI et alii 1994; VOYTEK 1992; D'AMICO et alii 2000; VOYTEK 2014, 2019) non sembrerebbe mostrare tracce d'uso sul diedro del bulino; ciò indicherebbe che almeno una parte degli strumenti prodotti non sarebbe stata utilizzata (o utilizzata molto poco) dopo la creazione dello stacco di bulino.

² Il ricorso alla percussione indiretta, a prescindere dal posizionamento dello scalpello e della morfologia dell'incavo, ha dato risultati insoddisfacenti, con la creazione, al massimo, di stacchi riflessi, molto diversi dai negativi che caratterizzano i bulini di Ripabianca archeologici (D'ERRICO 1987).

³ Secondo la sperimentazione realizzata da F. D'Errico (1987,1988) la pressione con pressore parallelo sarebbe attuabile solo a seguito di una preparazione dell'incavo con una morfologia ad "apribottiglia", tale da permettere di posizionare correttamente il pressore e "agganciare" il margine.

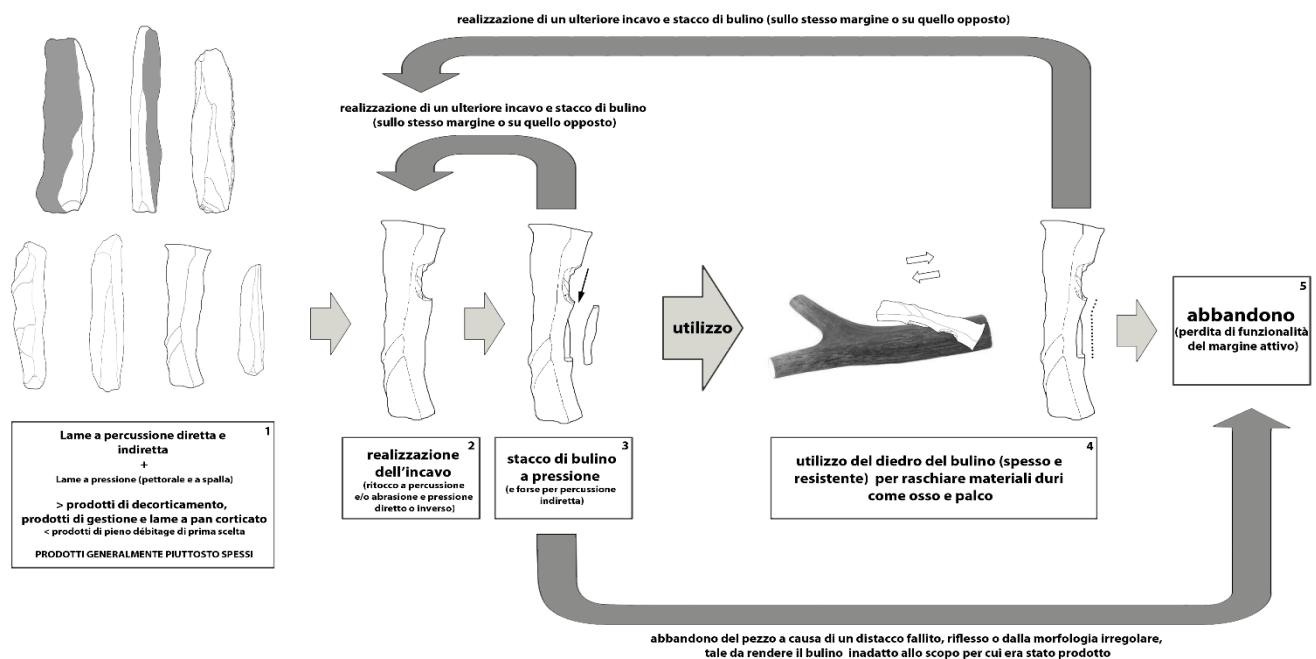


Figura 3: Schematizzazione delle fasi di fabbricazione, utilizzo e abbandono del bulino di Ripabianca.

Negli ultimi anni un altro studio ha affrontato la questione riguardante il bulino di Ripabianca, all'interno della problematica più ampia riguardante la definizione degli elementi caratteristici del Neolitico antico nella piana del Po (STARNINI *et alii* 2017). Gli autori sostengono che il bulino di Ripabianca non possa essere considerato solamente un sistema per prolungare la vita di uno strumento precedentemente utilizzato bensì uno strumento a sé stante, dove lo stacco di bulino sarebbe finalizzato ad ottenere un diedro robusto (con un angolo di $\approx 90^\circ$), utilizzato per raschiare materiali resistenti come il palco e l'osso, piuttosto che il legno o altri vegetali. A conferma di ciò, su alcuni dei bulini analizzati in passato, sui quali non erano state riconosciute stigmate d'utilizzo sul diedro del bulino (*i. e. VOYTEK 1992*), nuove analisi hanno evidenziato la presenza di tracce d'uso connesse alla raschiatura di materie dure animali (STARNINI *et alii* 2017).

Nonostante nei siti del Neolitico antico dell'Italia settentrionale la lavorazione di osso e palco sia largamente sottostimata, in diversi siti della cultura Vhò e Fiorano (STARNINI *et alii* 2017; PINO URIA, TAGLIACCOZZO 2019) questa è sicuramente ben attestata. La maggiore lavorazione delle materie dure animali potrebbe essere collegata alla presenza - talvolta davvero rilevante - delle specie selvatiche (e del cervo in particolare) in molti siti del Neolitico antico di questo areale, sebbene questo dato debba essere valutato con molta attenzione⁴.

Alla luce di quanto esposto, possiamo dunque delineare alcuni elementi altamente probabili, se non pressoché certi, relativamente alla fabbricazione e l'utilizzo dei bulini di Ripabianca:

1. Strumenti ricavati su supporti lamino-lamellari di un certo spessore, pertinenti a tutte le fasi del *débitage*, sia già ritoccati e/o utilizzati in precedenza sia *brut*;

⁴ In molti contesti del Neolitico antico dell'Italia settentrionale le specie selvatiche (cervo, capriolo e cinghiale) sono spesso attestate (STARNINI *et alii* 2017; BOSCATO, CREZZINI 2019) e, in alcuni siti in particolare, questi sembrano rivestire un'importanza addirittura superiore ai domestici (BARKER 1976; ZANETTI, TECCHIATI 2019). Definire il peso delle specie selvatiche all'interno dell'economia di sussistenza dei siti è comunque decisamente complesso in quanto in altri contesti - come quelli della LBK - sono state registrate variazioni molto importanti nel rapporto selvatici/domestici in base alle singole strutture scavate (STARNINI *et alii* 2017). La correlazione tra bulini di Ripabianca e fauna selvatica sembra inoltre non essere sempre una costante; a Lugo di Grezzana, infatti, nonostante i bulini di Ripabianca siano attestati (PEDROTTI *et alii* 2015; Santaniello *et alii* 2020), le specie selvatiche rappresentano solo una parte del tutto marginale dell'insieme faunistico (MACCARINELLI *et alii* 2015)

2. L'incavo laterale ha essenzialmente il ruolo di piano di percussione per lo stacco di bulino laterale;
3. Lo stacco di bulino è stato ottenuto verosimilmente per pressione, con il pressore perpendicolare rispetto all'asse dello strumento (ma non si può escludere, a oggi, il ricorso ad altre tecniche);
4. Lo stacco di bulino, a partire dall'incavo laterale, è finalizzato ad ottenere un diedro spesso nella porzione mesiale del supporto lamino-lamellare;
5. Il diedro del bulino rappresenta indubbiamente la parte funzionale del bulino di Ripabianca;
6. Il diedro del bulino di Ripabianca è stato utilizzato, con ogni probabilità, per raschiare materiali duri come osso e palco;
7. La realizzazione di più di un bulino di Ripabianca (sullo stesso margine o su quello opposto), sul medesimo supporto lamino-lamellare, è connessa alla volontà di massimizzare la funzionalità del supporto;
8. Difficilmente il bulino di Ripabianca può essere considerato un espediente per prolungare la vita di uno strumento (ritoccato o non) già utilizzato, in quanto l'eventuale margine attivo viene modificato in modo sostanziale dallo stacco di bulino (creando un diedro liscio ma robusto), al fine di assolvere, con ogni probabilità, ad una funzione specifica, differente rispetto all'eventuale uso precedente;
9. Eventuali tracce presenti sull'incavo o su altre porzioni del bulino di Ripabianca diverse dal diedro del bulino sono verosimilmente connesse ad un precedente uso del supporto o, in alternativa, all'immanicamento del bulino stesso;
4. È possibile distinguere i ritagli di bulino staccati dai bulini di Ripabianca?
5. Lo strumento veniva utilizzato direttamente in mano e/o immanicato e, in quest'ultimo caso, l'incavo (soprattutto in presenza di incavi paralleli sui due margini laterali) poteva avere una funzione anche a tale scopo?
10. I bulini di Ripabianca erano utilizzati esclusivamente per raschiare osso e palco o esiste una più ampia varietà di materiali lavorati e di modi di utilizzo?
6. A cosa è dovuta la notevole variabilità dimensionale dei bulini di Ripabianca? Destinazioni d'uso differenti o volontà di economizzare tutti i supporti potenzialmente adatti alla fabbricazione di questo tipo di strumento?
7. È vero che almeno una parte dei bulini di Ripabianca non è stato utilizzato oppure ciò è legato ad un mancato riconoscimento delle tracce d'uso? Se alcuni bulini di Ripabianca non sono stati effettivamente utilizzati, quali sono i fattori che hanno portato a scartarli?
8. La realizzazione di più di un bulino di Ripabianca sullo stesso supporto, oltre che all'usura, può essere legata anche alla scarsa funzionalità del primo bulino creato e all'impossibilità di correggere lo stesso?

Rispondere a queste domande sarà possibile solo attraverso la prosecuzione dell'analisi - soprattutto delle tracce d'uso - dei manufatti archeologici e la realizzazione di un'intensa attività sperimentale, necessaria per chiarire tutti gli aspetti relativi la fabbricazione, alla funzione e alle modalità di utilizzo di questo strumento così peculiare.

2. Prime tappe di un'attività sperimentale sul bulino di Ripabianca. *Work in progress*

L'attività sperimentale esposta nell'ambito di quest'articolo rappresenta la tappa preliminare di un lavoro molto più ampio che verrà svolto nel prossimo futuro, dedicata al bulino di Ripabianca.

In preparazione di tale ricerca si è deciso di realizzare una serie di bulini di Ripabianca, secondo le modalità già definite dalla bibliografia edita (*i. e.* D'ERRICO 1987; DAL SANTO 2019; SANTANIELLO *et alii* 2020; STARNINI *et alii* 2017), al fine di sperimentare le principali tecniche di

Nonostante queste considerazioni, molti aspetti del bulino di Ripabianca restano ancora da chiarire o da precisare ulteriormente:

1. Esistono altre tecniche per ottenere lo stacco di bulino oltre alla pressione con pressore perpendicolare all'asse del supporto?
2. La tecnica per ottenere lo stacco di bulino può variare in base allo spessore del supporto?
3. Quali sono i fattori che influiscono maggiormente nella buona riuscita dello stacco di bulino?

fabbricazione, determinare le possibili criticità e ricavare spunti utili a orientare il lavoro in futuro.

2.1 - La selezione dei supporti

Per realizzare i bulini sono stati selezionati dodici supporti tra una serie di prodotti lamino-lamellari, in selce di varia provenienza, ma comunque tutti di buona-ottima qualità, a tessitura fine (fig. 4). I dodici supporti selezionati (sette integri e cinque frammentari), tutti di pieno *débitage*, sono stati ottenuti per percussione diretta e indiretta. Sono stati selezionati supporti caratterizzati generalmente da margini subparalleli, seppur quasi mai molto regolari, di dimensioni varie, ma tutti caratterizzati da uno spessore superiore a 3 mm (figg. 4, 9-10).

2.2 - Gli strumenti utilizzati

Per la sperimentazione è stato utilizzato un numero abbastanza limitato di strumenti (fig. 5):

1) Un ritoccatore con manico ligneo e due punte in palco di cervo (fig. 5 n. 1), utilizzato sia per la realizzazione dell'incavo a pressione sia per la realizzazione dello stacco di bulino; in questo secondo caso il ritoccatore in palco è stato utilizzato sia come pressore, al fine di ottenere lo stacco di bulino per pressione (con pressore perpendicolare rispetto all'asse del supporto) sia come leva nel tentativo di ottenere uno stacco di bulino per percussione indiretta (con la leva posta perpendicolarmente rispetto all'asse del supporto).

2) Un ciottolo in arenaria dalla morfologia subcircolare (fig. 5 n. 2), utilizzato soprattutto come abrasore, sia nell'ambito della realizzazione dell'incavo sia della correzione di eventuali piccole irregolarità del margine destinato a essere asportato dallo stacco di bulino. Occasionalmente lo stesso ciottolo è stato utilizzato anche come incudine sul quale appoggiare il supporto durante la realizzazione dell'incavo, nel caso il ritocco a pressione (con il pezzo tenuto in mano), a causa dello spessore del supporto, non permettesse di esercitare la forza necessaria.

3) Una "manopola" di pelle (fig. 5 n. 3), utilizzata sia per impugnare il pezzo in sicurezza durante la realizzazione dell'incavo sia come "appoggio" per il supporto, al momento di tentare lo stacco di bulino. In alcuni casi la

manopola è stata utilizzata insieme a un laccetto di pelle, al fine di migliorare ulteriormente la prensione sul supporto.

4) Un percussore in palco di alce (fig. 5 n. 4), utilizzato nell'ambito dei pochi tentativi di ottenere lo stacco di bulino per percussione indiretta.

2.3 - L'attività sperimentale: la realizzazione dell'incavo

Nella realizzazione dei bulini di Ripabianca la prima tappa è stata la fabbricazione dell'incavo (fig. 3, fig. 6 nn. 1-4, fig. 7).

Nel caso della nostra sperimentazione tutti gli incavi sono stati realizzati mediante ritocco a pressione. La pressione consente, infatti, di conferire all'incavo morfologie specifiche.

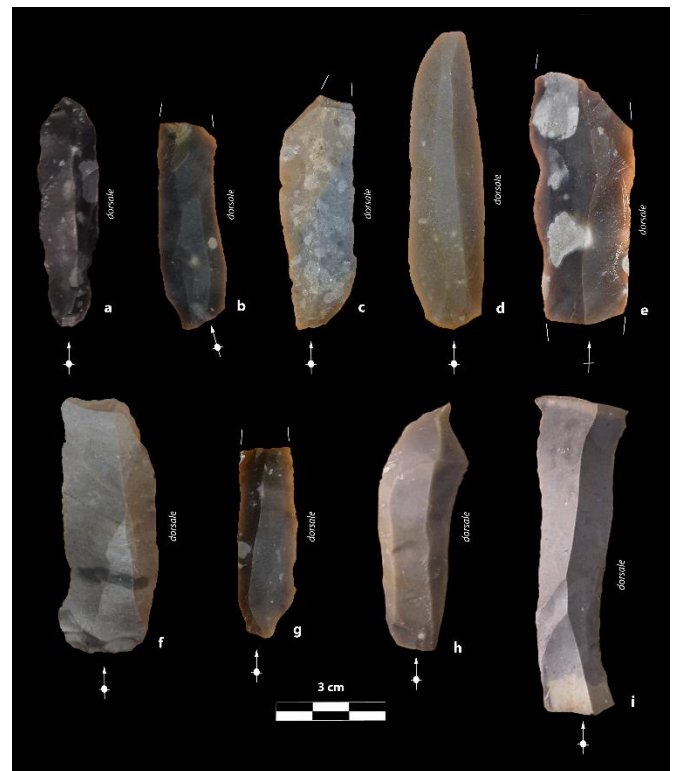


Figura 4: Alcuni dei supporti lamino lamellari utilizzati per la sperimentazione (selezione).

Sono stati realizzati diversi tipi di incavo per verificarne la funzionalità: incavi ad arco di cerchio (fig. 7 n. 1), più o meno ampi ma anche incavi dalla morfologia "a gancio" o "apribottiglia" più o meno accentuata (fig. 7 nn. 2-4). Come già evidenziato da F. D'Errico (1987, 1988) gli incavi "ad apribottiglia" sono certamente quelli

più performanti per facilitare lo stacco di bulino ma spesso una tale preparazione del piano di percussione non è visibile sui manufatti archeologici e inoltre, per quanto riguarda il lato sperimentale, la creazione di un incavo con questa morfologia non è sempre semplice da ottenere, soprattutto sui pezzi più spessi. A prescindere dalla morfologia, alla buona riuscita dello stacco di bulino, sembra contribuire soprattutto la maggiore o minore ampiezza dell'angolo compreso tra il piano di percussione e l'asse del manufatto. Al fine di non complicare (se non, addirittura, inibire del tutto) la possibilità di ottenere uno stacco di bulino adeguato, appare, infatti, indispensabile cercare di realizzare un incavo dove l'angolo compreso tra l'asse dello strumento e la parte dell'incavo stesso utilizzata come piano di percussione dello stacco sia circa 90° (fig. 8 nn. 3-4; fig. 10). Angoli maggiori complicano inevitabilmente la possibilità di agganciare il piano di percussione, con il pressore che tende facilmente a "scivolare". Un incavo dalla morfologia non adeguata implica inoltre forzatamente il dover ampliare il ritocco, al fine di creare una nuova morfologia idonea, riducendo quindi la porzione funzionale potenziale dello strumento⁵.

Nel caso in cui l'incavo creato non era dell'inclinazione desiderata ($> 90^\circ$), ove possibile, si è cercato di rettificare la morfologia attraverso 1-2 distacchi piatti (sempre realizzati a pressione) nel senso opposto del ritocco dell'incavo (fig. 8 nn. 3-4; fig. 9 a; fig. 10 f, i). Questo espediente ha consentito, almeno in alcuni casi, di correggere l'incavo, facilitando l'aggancio del piano di percussione da parte del pressore e di conseguenza lo stacco di bulino (fig. 10 f, i)⁶.

Prima di tentare lo stacco di bulino, eventuali microasperità dell'incavo, che potevano pregiudicare la buona riuscita dell'operazione e/o comportare il danneggiamento dell'incavo, con la formazione di stacchi riflessi, sono state abrase mediante l'uso del ciottolo arenaceo.

2.4 - L'attività sperimentale: lo stacco di bulino

Benché, come detto in precedenza, un'adeguata preparazione dell'incavo sia estremamente importante, la tappa cruciale della fabbricazione del bulino di Ripabianca è senz'altro lo stacco di bulino (fig. 3, fig. 6 nn. 5-8).

Nei casi in cui il margine scelto per lo stacco di bulino formava un angolo $> 90^\circ$ con il piano di percussione dell'incavo, si è provveduto a correggerne leggermente la morfologia per abrasione, utilizzando lo stesso ciottolo impiegato per la sistemazione dell'incavo. Tale espediente è stato adottato al fine di evitare di incorrere in possibili stacchi riflessi, sebbene questo non sia l'unico elemento che influisce nella possibilità di incorrere in tale errore.

Per la sperimentazione in questione, sui dodici supporti selezionati sono state tentate due delle possibili tecniche per ottenere lo stacco di bulino.

a. Pressione

Sulla maggior parte dei pezzi (10) lo stacco di bulino è stato tentato mediante *pressione*, con il pressore perpendicolare rispetto all'asse del manufatto, ovvero la tecnica considerata più performante dai lavori sperimentali precedenti (D'ERRICO 1987, 1988).



Figura 5: Principali strumenti utilizzati per la sperimentazione sul bulino di Ripabianca. Ritoccatore/leva in palco (1), abrasore/incudine in arenaria (2), manopola in pelle (3), percussore in palco d'alce (4).

⁵ Ciò potrebbe spiegare, almeno in parte, perché esista una notevole difformità tra gli incavi visibili sui bulini di Ripabianca archeologici (fig. 1). La semplicità o difficoltà di realizzare un incavo della morfologia desiderata è infatti condizionata dalle caratteristiche del singolo supporto. Ritocchi precedenti presenti sul bulino caratterizzati da incavi molto ampi (talvolta non dissimili da un *cran*) potrebbero quindi essere lo specchio di una difficoltà nel mettere in forma il piano di percussione del bulino. Ad oggi questa non può essere una spiegazione univoca, in quanto non si può, a oggi, ancora escludere che ciò possa essere legato alla realizzazione dello stacco di bulino con tecniche diverse dalla pressione con pressore perpendicolare all'asse dello strumento o, in alternativa, che ciò possa essere connesso all'eventuale immanicamento del pezzo.

⁶ È interessante notare che piccoli distacchi piatti, inversi rispetto al senso del ritocco dell'incavo, sembrano osservabili anche su alcuni bulini di Ripabianca archeologici (i. e. fig. 1 nn. 5-6). Sebbene tale osservazione debba essere comprovata, è indubbio che ciò potrebbe essere una conferma indiretta dell'adozione, da parte dei gruppi neolitici, di un espediente analogo finalizzato alla correzione della morfologia di incavi inadeguati per la fabbricazione dei bulini di Ripabianca.



Figura 6: Realizzazione sperimentale del bulino di Ripabianca. Realizzazione e sistemazione dell'incavo (1-4), stacco di bulino per pressione (5-7) e percussione indiretta (8). Attività pratica sperimentale realizzata da Alfio Tomaselli.

I test sono stati realizzati da un unico operatore, senza l'aiuto di altri soggetti.

Il supporto, impugnato nella mano nuda o protetta da un pezzo di pelle, è stato immobilizzato posizionando l'estremità opposta al senso dello stacco del bulino su un piano d'appoggio, inframezzato dalla manopola in pelle, funzionale a migliorarne la stabilità ed attutire la pressione esercitata dal piano d'appoggio stesso sul pezzo (fig. 6 nn. 5-7).

La maggior parte delle prove sperimentali non ha avuto esito positivo (15 prove sperimentali, 10 fallite), ma in cinque casi (4 pezzi, un bulino doppio) sono stati ottenuti stacchi di bulino analoghi a quelli dei manufatti archeologici (figg. 9-10).

Ciò ha quindi innanzitutto permesso di confermare quanto affermato nei precedenti lavori al riguardo

dell'effettiva validità della tecnica a pressione utilizzata per la realizzazione degli stacchi di bulino del bulino di Ripabianca.

Sia i test falliti che quelli andati a buon fine hanno inoltre consentito di fare alcune osservazioni utili relativamente agli elementi che sembrerebbero condizionare in modo importante lo stacco di bulino.

Come detto in precedenza, una morfologia poco performante dell'incavo è sicuramente un fattore che condiziona notevolmente la riuscita dello stacco di bulino (figg. 7, 9-10). In tre casi, l'angolo troppo ampio dell'incavo ha reso vano ogni tentativo di ottenere lo stacco e l'azione del pressore non ha dato alcun esito (fig. 9b, c, d).

In altri casi (5) il risultato della pressione è stato solamente la formazione di corti stacchi riflessi⁷ del tutto

⁷ Stacchi di bulino riflessi (falliti) sono peraltro riconoscibili anche tra i bulini di Ripabianca archeologici (i. e. fig. 1 nn. 1, 3, 6, 9, 13, 14, 17).

inutilizzabili (fig. 9b, c, d, e). Questi hanno inoltre danneggiato l'incavo rendendo quindi necessario, nel caso di voler effettuare un ulteriore tentativo, realizzare un nuovo ritocco, sacrificando parte del margine residuo.

Questi stacchi falliti, più che a un'errata morfologia dell'incavo, sembrano piuttosto legati a un insieme di fattori che hanno contribuito insieme alla mancata riuscita dal distacco. Uno di questi è certamente la difficoltà di attuare una pressione adeguata mantenendo stabile il supporto; se quest'ultimo subisce uno spostamento anche il pressore tenderà a scivolare lateralmente. Lo stesso vale per il pressore; se questo non riesce a trovare un punto del piano di percussione, abbastanza vicino al margine laterale, a cui "agganciarsi", esso tenderà a spostarsi, scivolando lateralmente o verso l'interno dell'incavo, non ottenendo il distacco voluto. Anche la morfologia del margine laterale non favorisce certamente il distacco; la presenza di un margine troppo spesso (fig. 9a), irregolare o che formava, con il piano di percussione, un angolo maggiore di 90° (fig. 9e) può certamente aver influito sul mancato stacco di bulino.

Questi stessi elementi (erroneo posizionamento del pressore e difficoltà a mantenere stabile il supporto), uniti all'applicazione di una pressione eccessiva, hanno inoltre causato in due casi (fig. 8: n. 2; fig. 9a, b) la rottura del pezzo in corrispondenza dell'incavo.

Anche analizzando i test riusciti è possibile ricavare alcune osservazioni interessanti.

Gli incavi ben preparati (fig. 7 nn. 3-4, fig. 10) hanno sicuramente contribuito allo stacco del ritaglio (fig. 8 nn. 1-2; fig. 10), facilitato, in almeno tre casi, dalla regolarità dei margini dei supporti (fig. 10: g, i).

Anche se gli stacchi sono andati a buon fine si possono notare alcuni "difetti".

Su uno dei pezzi più grandi (fig. 10f), l'applicazione di una pressione eccessiva per lo stacco di bulino ha comportato la formazione di un negativo con uno scalino di *choc* molto pronunciato (fig. 8: n. 4; fig. 10f) che potrebbe influire negativamente sulla funzionalità dello strumento⁸; nel caso di un altro pezzo (fig. 10h) il margine laterale divergente ha sicuramente contribuito a "frenare" il distacco, portando alla formazione di un negativo regolare ma piuttosto corto.

Altra osservazione che potrebbe orientare la futura attività sperimentale riguarda la questione relativa a come migliorare la stabilità dei supporti al momento del tentativo di ottenere lo stacco di bulino. In almeno tre casi (fig. 6 nn. 6-7; fig. 10f, i) non sembra secondario il ruolo che ha svolto, l'uso di un cordino di pelle, passato intorno all'incavo per aumentare la presa sul supporto. Ciò conferma l'importanza che il posizionamento stabile del supporto gioca nella buona riuscita dello stacco di bulino, aprendo la strada a future prove sperimentali che testino l'utilità di dispositivi - più o meno complessi - non dissimili, almeno in parte, da quelli utilizzati per il *débitage* a pressione, per poter posizionare e immobilizzare correttamente il supporto e concentrare quindi l'attenzione sull'ottenere uno stacco di bulino sul margine, il più lungo possibile.

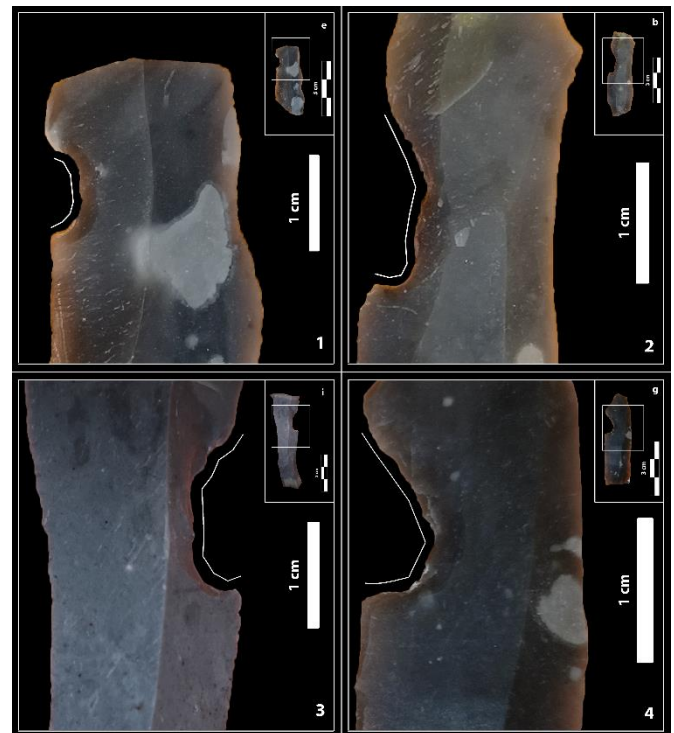


Figura 7: Diverse morfologie dell'incavo di alcuni dei bulini sperimentali realizzati (1-4).

Osservazioni possono essere fatte anche sui ritagli di bulino prodotti (fig. 10). Nessuno dei ritagli conservava una parte riconoscibile dell'incavo, praticamente la sola a poter permettere di riconoscere la pertinenza alla particolare tecnica connessa al bulino di Ripabianca. Inoltre, in tre casi su cinque, il ritaglio si è frammentato in più parti. Data la limitatezza dei test effettuati, poco

⁸ Se l'obiettivo del bulino di Ripabianca era la creazione di un diedro robusto (ma liscio) sul margine laterale, la presenza di un'asperità potrebbe limitare notevolmente la funzionalità dello strumento.



Figura 8: Stacchi di bulino riflessi (1-2) e fratture (2) su due dei bulini sperimentali falliti. Sistemazione dell'incavo attraverso alcuni ritocchi piatti inversi (3-4) e irregolarità del diedro del bulino (4) su due dei bulini sperimentali riusciti. Fratture, sistemazione del ritocco e irregolarità del diedro sono indicati da delle frecce arancioni.

rappresentativa a livello statistico è più prudente, ad oggi, non ricavare conclusioni affrettate. Ad ogni modo, se confermato, ciò complicherebbe notevolmente l'eventuale riconoscimento di questi residui della fabbricazione del bulino di Ripabianca nei contesti archeologici.

b. Percussione indiretta

A margine dell'attività sperimentale, su due pezzi è stata inoltre testata, seppur in misura estremamente limitata, anche la "percussione indiretta" con la leva sempre posizionata perpendicolarmente rispetto all'asse del supporto (fig. 6 n. 8). A differenza della tecnica a pressione, in questo caso, all'operatore principale se ne è affiancato un secondo, che ha supportato il lavoro del primo operatore, occupandosi di mantenere stabile la leva in posizione sul piano di percussione dell'incavo. I test effettuati con questa tecnica hanno avuto risultati decisamente deludenti (4 prove sperimentali, 4 fallite). Tutti i test effettuati non hanno dato alcun esito.

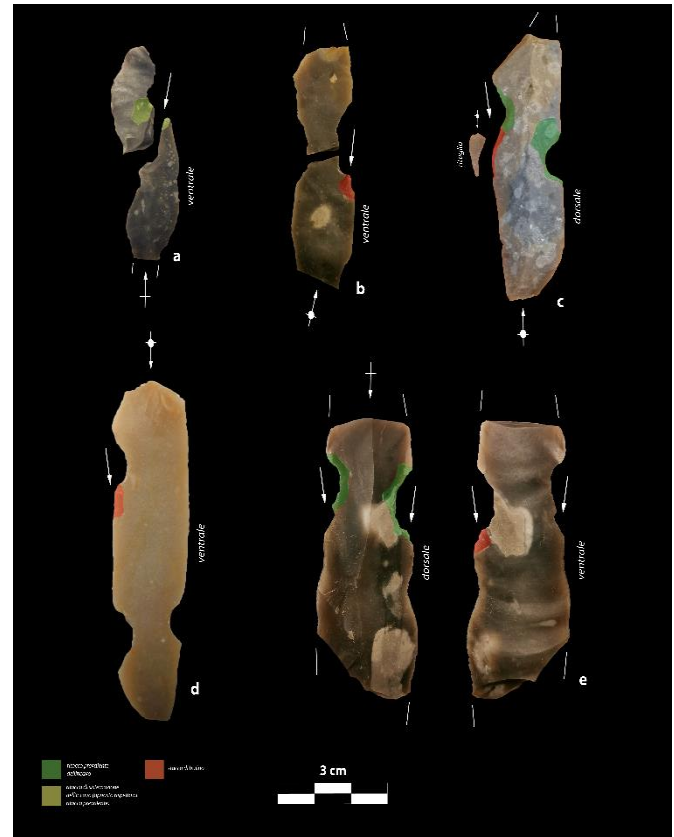


Figura 9: Alcuni dei bulini sperimentali falliti (a-e). Le zone colorate evidenziano le diverse porzioni del bulino. Ritocco dell'incavo (verde scuro), eventuale sistemazione inversa dell'incavo (verde chiaro), stacco di bulino (rosso chiaro).

A prescindere dalla forza applicata mediante il percussore in palco d'alce, la leva tendeva a scivolare via dall'incavo, a causa del contraccolpo e della difficoltà di immobilizzare il pezzo. Nonostante i risultati negativi, il possibile ricorso alla percussione indiretta per ottenere lo stacco di bulino sul bulino di Ripabianca deve essere ulteriormente testato. Anche in questo caso, infatti, così come per la pressione, immobilizzare/stabilizzare il supporto mediante l'uso di dispositivi, più o meno elaborati, potrebbe rappresentare un elemento decisivo per migliorare la capacità della leva d'intercettare il piano di percussione dell'incavo e quindi, forse, riuscire a ottenere stacchi di bulino funzionali.

3. Conclusioni. Tra conferme e molti spunti ancora da sviluppare

Le prove sperimentali realizzate nell'ambito di questo lavoro, per quanto limitate, hanno certamente consentito di confermare alcune delle teorie proposte in passato relativamente alle modalità di fabbricazione del

bulino di Ripabianca (D'ERRICO 1987), ma ha anche permesso di fare alcune osservazioni utili a orientare l'attività in futuro. Il probabile ricorso alla pressione con il pressore ortogonale rispetto all'asse di *débitage* del supporto per lo stacco di bulino e la necessità di una preparazione adeguata dell'incavo sono elementi la cui importanza appare confermata anche dai test da noi svolti. A ciò si aggiunge però indubbiamente l'esigenza di immobilizzare e stabilizzare il supporto al momento del distacco; elemento che indubbiamente dovrà essere sviluppato, sperimentando l'utilizzo di dispositivi più o meno complessi, i quali permetteranno di verificare anche il possibile ricorso ad altre tecniche (come la percussione indiretta) per ottenere lo stacco di bulino. Una volta chiariti pienamente gli aspetti connessi alla fabbricazione del bulino di Ripabianca sarà dunque possibile passare a sperimentare le possibili destinazioni d'uso di questo particolare strumento sia in termini di modalità di utilizzo (utilizzo a mano libera o immanicato? Strumento da taglio o per raschiare?) e di materie prime lavorate (esclusivamente osso e palco o un più ampio ventaglio di materie prime come il legno e altri vegetali?).

Solo attraverso la realizzazione di un ampio campione sperimentale, e la conseguente osservazione delle tracce d'uso al microscopio binoculare, sarà effettivamente possibile verificare quale (o quali) delle ipotesi proposte in passato sia la più probabile per inquadrare effettivamente la natura e la funzione dei bulini di Ripabianca.

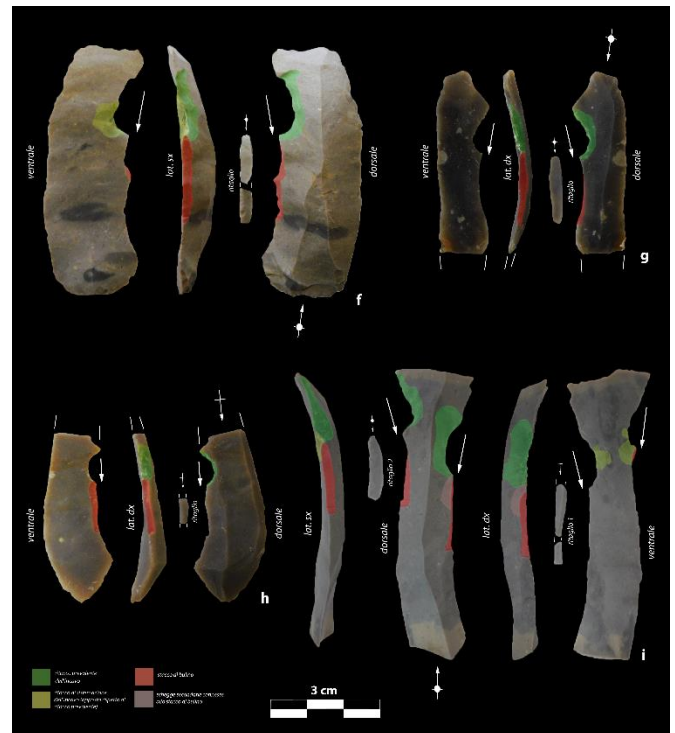


Figura 10: I bulini sperimentali riusciti (f-i). Le zone colorate evidenziano le diverse porzioni del bulino. Ritocco dell'incavo (verde scuro), eventuale sistemazione inversa dell'incavo (verde chiaro), stacco di bulino (rosso chiaro), eventuali schegge secondarie connesse allo stacco di bulino (rosa scuro).

Bibliografia

- BAGOLINI B., BIAGI P. 1975, *Il neolitico del Vhò di Piadena*, in "Preistoria Alpina", vol. 11, pp. 77-121.
- BARFIELD L.-H., BROGLIO A. 1965, *Nuove osservazioni sull'industria de Le Basse di Valcalaona (Colli Euganei)*, in "Rivista di Scienze Preistoriche", XX, fasc. 2, pp. 309-343.
- BERNABÒ BREA M. 1987, *Il popolamento neolitico della Val Trebbia*, in *Atti XXVI Riunione Scientifica IIPP a Firenze*, pp. 563-573.
- BERNABÒ BREA M., STEFFÈ G., GIUSBERTI G. 1990, *Il Neolitico Antico a Savignano*, in *Nel segno dell'Elefante. Geologia, Paleontologia e Archeologia del territorio di Savignano sul Panaro*, Modena, pp. 77-134.
- BIAGI P. 1975, *Stazione neolitica a Fagnigola (Azzano Decimo - Pordenone). Relazione preliminare dello scavo 1974*, in *Annali dell'Università di Ferrara*, sez. XV - Paleontologia Umana e Paleontologia, vol. II, n. 6, pp. 247-269.
- BIAGI P. 1980, *Introduzione al Neolitico della Lombardia orientale*, *Atti del 1° Convegno Archeologico Regionale*, Milano, pp. 77-117.
- BIAGI P. (a cura di) 1995, *L'insediamento neolitico di Ostiano-Dugali Alti (Cremona) nel suo contesto ambientale ed economico*, in "Natura Bresciana", 22, Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, p. 143.
- BIAGI P., STARNINI E., VOYTEK B.A. 1993, *The Late Mesolithic and Early Neolithic settlement of Northern Italy: recent considerations* in "Porocilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji", XXI, Ljubljana, pp. 45-67.
- BIAGI P., VOYTEK B.A. 1992, *The flint assemblages from pits XVIII and XXXII of the Early Neolithic site of Campo Ceresole at Vhò di Piadena (Cremona, northern Italy)* in "Natura Bresciana", 27, pp. 243-288.
- BOSCATO P., CREZZINI J. 2019, *Allevamento e caccia: i resti di Macrofauna*, in STEFFÈ G., DEGASPERI N. (a cura di), *Il villaggio neolitico di Lugo di Romagna - Fornace Gattelli. Strutture Ambienti Culture*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp. 365-378.
- BRESSAN F. 1984 *Le Mésolithique au Friuli: les sites se referant au Mésolithique sur la base des decouvertes de surface*, in "Preistoria Alpina", vol. 19, pp. 169-174.
- BROGLIO A., LOLLINI D.G. 1963, *Nuova varietà di bulino su ritocco a stacco laterale nella industria del Neolitico medio di Ripabianca di Monterado (Ancona)*. *Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie)*, sez. XV, Paleontologia umana e Paleontologia, vol. I, 7, pp. 143-155.
- D'AMICO C., STARNINI E., VOYTEK B. A. 2000, *L'industria litica di Brignano Frascata (AL): dati paleoeconomici di un insediamento del Neolitico Antico attraverso l'analisi tipologica, funzionale e lo studio della provenienza delle materie prime*, in "Preistoria Alpina", vol. 31, pp. 91-124.
- D'ERRICO F. 1987, *Approccio metodologico allo studio della tecnologia e funzione di uno strumento neolitico: il bulino di Ripabianca. Primi risultati sulle tracce di usura*, *Atti della XXVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria Il Neolitico in Italia*, 7-10 novembre, Firenze, vol. I, pp. 133-145.
- D'ERRICO F. 1988, *Le burin néolithique sur encoche latérale ou "bulino di Ripabianca", approche fonctionnelle*, in BEYRIES S. (a cura di) *Industrie lithiques: tracéologie et technologie*, British Arch. Reports. Int. series. Oxford, 411, pp. 127-164.
- DAL SANTO N., 2019, *La tecnologia litica*, in STEFFÈ G., DEGASPERI N. (a cura di), *Il villaggio neolitico di Lugo di Romagna - Fornace Gattelli. Strutture Ambienti Culture*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp. 507-520.
- DAL SANTO N., STEFFÈ G., 2019 - *Le industrie: ceramica, pietra scheggiata e altre pietre lavorate*, in STEFFÈ G., DEGASPERI N. (a cura di), *Il villaggio neolitico di Lugo di Romagna - Fornace Gattelli. Strutture Ambienti Culture*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp. 393-466.
- FASANI L., BIAGI P., D'AMICO C., STARNINI E., VOYTEK B.A., 1994, *Stazione neolitica a Valer (Azzano Decimo - Pordenone): rapporto preliminare degli scavi 1990-1991*. *Atti Soc. Preist. Protost. Friuli-V.-G., Trieste*, VIII, pp. 97-113.

- FERRARI A., MAZZIERI P., STEFFÈ G. 2006a, *La fine della cultura di Fiorano e le prime attestazioni della cultura dei Vasi a Bocca Quadrata: il caso di Pescale (Prignano sulla Secchia, Modena)*, in *Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*. Atti del Convegno, Udine, settembre 2005, pp.103-128.
- FERRARI A., MENGOLI D., STEFFÈ G. 2006b, *L'abitato neolitico di Casalecchio di Reno, Zona "A" (Bologna)*, in *Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*, Atti del Convegno, Udine, settembre 2005, pp. 419-424.
- GUERRESCHI A. 1972, *Osservazioni sul significato culturale e cronologico del "bulino di Ripabianca"* in "Annali dell'Università di Ferrara", sez. XV, 3, vol. II, pp. 173-194.
- PEDROTTI A., SALZANI P., CAVULLI F., CAROTTA M., ANGELUCCI D., SALZANI L. 2015, *L'insediamento di Lugo di Grezzana (Verona) nel quadro del primo Neolitico padano alpino*, in LEONARDI G., TINÉ V. (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, in "Studi di Preistoria e Protostoria", pp. 95-107.
- SANTANIELLO F., DELLADIO V., FERRAZZI A., GRIMALDI S., PEDROTTI A. 2020, *Nuovi dati sulla tecnologia litica del Neolitico antico dell'area Padano-Alpina: i rimontaggi di Lugo di Grezzana (Verona)*, in "IpoTESI di Preistoria", vol. 13, pp. 53-66.
- STARNINI E. 1998, *Nuovi dati sul gruppo culturale del Vhò dagli scavi dell'insediamento di Isorella (Brescia)*, MONOGRAFIE DI "NATURA BRESCIANA", 31, 1995, MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI DI BRESCIA, PP. 51-88.
- STARNINI E., BIAGI P., MAZZUCCO N., 2017, *The beginning of the Neolithic in the Po Plain (northern Italy): Problems and perspectives*. Quaternary International, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.059>
- PINO URIA B., TAGLIACOZZO A. 2019, *L'industria in materia dura animale*, in STEFFÈ G., DEGASPERI N. (a cura di), *Il villaggio neolitico di Lugo di Romagna - Fornace Gattelli. Strutture Ambienti Culture*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp. 539-555.
- TINÉ V., MAZZIERI P., DAL SANTO N., FUOLEGA F. 2015, *Il villaggio neolitico del Dal Molin a Vicenza*, in LEONARDI G., TINÉ V. (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, in "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, pp. 117-127.
- VOYTEK B. 1992, *The microwear analysis*. in BIAGI P. (a cura di), *L'insediamento neolitico di Ostiano-Dugali Alti (Cremona) nel suo contesto ambientale ed economico*. Monografie di "Natura Bresciana", 22, 1995, Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, pp. 51-88.
- VOYTEK B. 2014, *Plus ça change, plus c'est la même chose. Change and Continuity in the Neolithic*, in "Rivista di Studi Liguri", anni LXXVII-LXXIX, 2011-2013, Bordighera 2014, pp. 95-100.
- VOYTEK B. 2019, *The microwear study of the chipped stone artifacts*, in STEFFÈ G., DEGASPERI N., *Il villaggio neolitico di Lugo di Romagna - Fornace Gattelli. Strutture Ambienti Culture*. Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze 2019, pp. 365-378.
- ZANETTI A.L., TECCHIATI U. 2019, *I resti faunistici provenienti da una fossa della Cultura di Fiorano (Neolitico antico) scavata in località S. Andrea di Cologna Veneta (Verona). Dati preliminari*, in DE GROSSI MAZZORIN J., MINNITI P., FIORE I. (a cura di), Atti 8° Convegno Nazionale di Archeozoologia, Lecce, 2015, pp. 55-61.
- BON M., ZAMPIERI S., STARNINI E. 2005, *La fauna del pozzetto neolitico di Isorella (BS)*, in MALERBA G., VISENTINI P. (a cura di), Atti del 4° Convegno Nazionale di Archeozoologia, Pordenone, 2003, pp. 177-182.
- MACCARINELLI A., MARCONI S., PEDROTTI A. 2015, *I resti faunistici dell'insediamento del Neolitico antico di Lugo di Grezzana (Verona)*, in LEONARDI G., TINÉ V. (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, in "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, pp. 605-609.
- VENTURINO GAMBARI M., CALATTINI M., ZAMAGNI B., GIARETTI M. 1995, *Il Neolitico*, IN VENTURINO GAMBARI M. (a cura di), *Navigatori e Contadini. Alba e la valle del Tanaro nella preistoria*, pp. 107-136.

Più di un semplice ciottolo: Un protocollo sperimentale per la comprensione del ruolo di strumenti macrolitici nella trasformazione delle risorse vegetali nel Paleolitico Superiore in Eurasia

Autori: Giusi Sorrentino*, Alessandro Lo Giudice*, Alessandro Re*, Alessandro Borghi, Laura Longo*****

*Dipartimento di Fisica, Università di Torino; INFN sezione di Torino; NIS Inter-departmental research Centre for Nanostructured Interfaces and Surfaces, Università di Torino
giusi.sorrentino@unito.it; alessandro.logiudice@unito.it; alessandro.re@unito.it

** Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino
alessandro.borghi@unito.it

*** DAIS, Università Ca' Foscari di Venezia
laura.longo@unive.it

Abstract

Si presenta la procedura metodologica individuata per la creazione di una collezione sperimentale di pietre non scheggiate usate per lavorare gli organi vegetali ricchi di amido. La sperimentazione tiene conto delle principali variabili che possono influenzare il grado di sviluppo e le caratteristiche morfologiche delle tracce d'uso, quali l'impiego di litologie compatibili con quelle rinvenute nel sito archeologico, il tipo di vegetali lavorati e i tempi di lavorazione, prevede inoltre la documentazione controllata dell'esperimento a tempi determinati e in condizioni stabilite.

Lo scopo è il confronto tra le modificazioni riprodotte sperimentalmente e le morfologie identificate sui ciottoli rinvenuti nel livello III della grotta di Brînzei I (Moldavia). Il fine dell'analisi è verificare se alcuni di questi siano stati impiegati nella trasformazione di piante disponibili nella Steppa Pontica durante lo Stadio Isotopico Marino 3 (MIS 3: 60-25 ka). Brînzei I è un sito rappresentativo della cultura del Prutt e attribuito all'Aurignaziano, una fase cruciale per la diffusione di *Homo sapiens* alle latitudini boreali.

The article presents the procedure designed to create an experimental collection of ground stone tools used to process plants starch rich storage organs. The experiments consider several variables that can occur and influence the development of the use-wear traces and their morphological characteristics, among which the petrography of the used rocks, the transformed vegetables, the duration and quantity of the processed resources, and the documentation of the controlled phases of the experiment. The collection is intended to be compared with the pebble tools retrieved in cultural layer III of the Brînzei I cave (Moldova). The research question is to verify whether they were used to process starchy plants available in the Pontic Steppe during the Marine Isotopic Stage 3 (MIS 3: 60-25 ka). The site of Brînzei I belongs to the Prutt river Culture, and attributed to the Aurignacian, a crucial phase for Homo sapiens spreading into the continent.

Parole chiave: macine e pestelli, caratterizzazione petrografica, paleolitico superiore, tracce d'uso, repliche sperimentali

1. Introduzione

Questo contributo presenta la riproduzione sperimentale dedicata allo studio di strumenti in pietra non scheggiata analoghi a quelli rinvenuti nel livello culturale III (Aurignaziano) della grotta di Brînzei I (Moldavia) (fig. 1). L'ipotesi di lavoro consiste nel verificare o smentire il coinvolgimento di questi macroliti nella lavorazione di risorse vegetali disponibili nel bioma della Steppa Pontica durante lo Stadio Isotopico Marino 3 (MIS 3: 60-25 ka). Il periodo cronologico di riferimento - le fasi iniziali del Paleolitico Superiore - rappresenta un momento cruciale per la diffusione di *Homo sapiens* (*H. sapiens*, uomo moderno) nel continente Euroasiatico. L'evoluzione della specie *H. sapiens* avviene in Africa a partire da circa 300 mila anni fa (HUBLIN *et alii* 2017) a seguito di adattamenti di gruppi ancestrali locali a condizioni ambientali variabili (TIMMERMANN, FRIEDRICH 2016, SCERRI *et alii* 2018). Gli eventi migratori che hanno portato alla colonizzazione dell'Eurasia vengono riportati come Out of Africa 2 (HERSHKOVITZ *et alii* 2018). In Eurasia le più antiche forme umane compaiono durante il MIS 3 e sono rappresentate dal fossile siberiano di Ust-Ishim (FU *et alii* 2014), dalle evidenze provenienti dalla grotta di Bacho Kiro in Bulgaria (HUBLIN *et alii*. 2020) e dalla grotta Zlatý kůň in Repubblica Ceca (PRÜFER *et alii* 2021).

Evidenze di trasformazione di risorse caloriche come i carboidrati, che sono state registrate a partire da 170-60 ka sia nell'area del Capo, in Sudafrica - Klais River e Border cave, tra le altre - sia in Mozambico (MERCADER 2009, LARBEY *et alii* 2019, WADLEY *et alii* 2020), dimostrano la familiarità dell'uomo moderno con la conoscenza delle piante e della tecnologia dedicata alla loro lavorazione, ma anche l'adattamento fisiologico di questa specie a digerire e metabolizzare i carboidrati (PERRY *et alii* 2015, INCHLEY *et alii* 2016). Durante la colonizzazione delle latitudini boreali la necessità di mantenere l'omeostasi - autoregolazione dei parametri interni al fine di mantenerli stabili al variare dell'ambiente esterno - diventa cruciale nel rigido clima della Steppa Eurasiatica e può aver spinto *H. sapiens* alla ricerca di cibi calorici estraendoli non solo dalle risorse animali, ma anche da quelle vegetali (BIRARDA *et alii* 2020, LONGO *et alii* 2021a). Le piante hanno riserve di carboidrati in forma di amidi immagazzinati negli organi ipogei (radici, bulbi e rizomi) e aerei (frutti e semi) che possono essere estratti con operazioni dedicate. In particolare, strumenti litici quali pestelli,

macinelli e macine di pietra (ma è molto probabile l'impiego anche di materiali deperibili) sono stati utilizzati per ammorbidire queste parti delle piante al fine di ottenere sfarinati più facili da masticare e da cucinare, ma anche da conservare e da trasportare per il loro uso differito (ZINK *et alii* 2014). Trattandosi di gruppi mobili di cacciatori-raccoglitori, che dovevano prevedere la reperibilità di una quantità minima di risorse, risulta chiaro il vantaggio assicurato dalle piante che sono una risorsa prevedibile e sicura grazie al ciclo di accumulo dei carboidrati fisso nell'arco dell'anno. Questa prevedibilità si contrappone all'alto rischio legato alla caccia, conferendo alla trasformazione dei vegetali un valore dietetico significativo sia in termini di calorie che di apporto nutrizionale.

La trasformazione delle parti ricche di amido in sfarinati prevede principalmente l'impiego di strumenti litici non scheggiati, noti anche come strumenti macrolitici. Tra questi, le macine sono lo strumento passivo, ovvero la pietra di base su cui viene appoggiata la materia prima da lavorare. Macinelli e pestelli invece sono gli strumenti attivi, che nel caso del Paleolitico Superiore venivano tenuti in una mano e usati per rompere, schiacciare, macinare le materie prime da trasformare (vegetali, ma anche ossa, pigmenti, *etc.*). Su base cinematica si dividono in macinelli, quelle pietre che con movimenti orizzontali, ad andamento circolare o lineare, riducono la materia prima in frammenti e polvere e la cui superficie attiva è sempre in contatto con la materia da elaborare e con la pietra passiva; pestelli, quelle pietre il cui movimento è verticale e prevede rapidi e ripetuti contatti con la materia da elaborare e la pietra passiva. Tuttavia, risulta difficile distinguere tra i due strumenti attivi: spesso, durante la lavorazione dei vegetali entrambi i movimenti sono richiesti usando la stessa pietra o parti diverse di questa (DUBREUIL *et alii* 2014, LONGO, LUNARDI 2008, HAMON 2007, WRIGHT 1992).

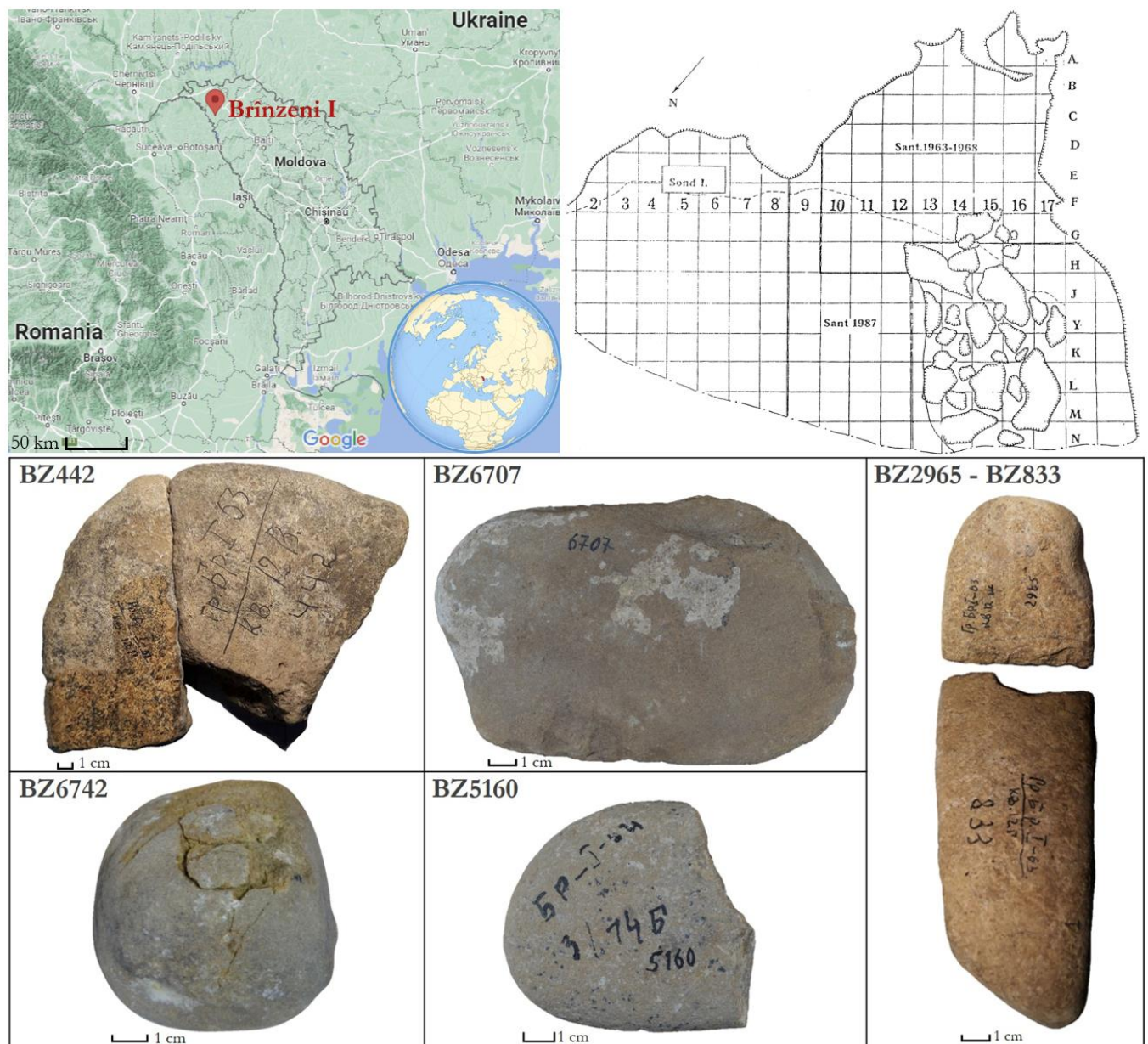


Figura 1: In alto a sinistra: la posizione della grotta di Brînzani I in Moldavia. In alto a destra: la pianta della grotta da CHIRICA et al. 1996. In basso: un campione dei reperti litici dal sito di Brînzani I: 2 frammenti della macina BZ #442; la macina BZ #6707; 2 frammenti di un pestello (BZ #2965 e BZ #833); il pestello/macinello BZ #6742; il frammento di pestello BZ #5160.

Queste operazioni sono state riprodotte e documentate durante una serie di esperimenti dedicati alla riproduzione delle tracce osservate su macine, macinelli e pestelli dal sito di Brînzani I, in Moldavia. Il sito è risultato particolarmente interessante grazie alla ricchezza del suo deposito archeologico, che ha restituito più di 100 potenziali strumenti macrolitici rinvenuti durante lo scavo del livello culturale più antico (Aurignaziano, NOIRET 2009, ALLSWORTH-JONES et alii 2018A).

2. Materiale archeologico e studio funzionale

La grotta di Brînzani I, situata nel nord-ovest della Moldavia, distretto di Edineț, si apre sulla sommità di una dolina carsica di età miocenica, prospiciente la riva est del fiume Racovăț. Venne scoperta nel 1960 dagli archeologi V.N. Verina e N.A. Chetaru il quale nello stesso anno condusse due sondaggi stratigrafici, seguiti da numerose campagne di scavo (1963, 1964-1965, 1968 e 1975). Nel 1987 I.A. Borziac estese ulteriormente l'area di scavo sul terrazzo antistante la grotta. Nel 1993, venne eseguita la pulizia della sezione stratigrafica stabilita da

I.A. Borziac con lo scopo di prelevare campioni per le datazioni al radiocarbonio, per le analisi palinologiche e per lo studio morfologico della stratigrafia. Il deposito archeologico venne suddiviso in 4 unità stratigrafiche raggruppabili in 3 fasi culturali di cui la più antica, *cultural layer III*, è datata ca. 32-30 ka (cal) dal presente (ALLSWORTH-JONES *et alii* 2018a, NOIRET 2009). Durante gli scavi sono stati raccolti e mappati 114 ciottoli, fin d'allora conservati in scatole di legno inserite in contenitori di metallo e non ulteriormente analizzati. La ricostruzione della recente biografia di questi oggetti si è rivelata utile durante il nostro studio in quanto gli strumenti macrolitici sono stati presumibilmente poco maneggiati e di conseguenza i risultati delle nostre analisi possono essere considerati affidabili e non influenzati da contaminazioni contemporanee.

Tra questi reperti, attualmente conservati presso il Museo Nazionale di Storia della Moldavia (Chisinau, Moldavia), abbiamo selezionato - su base morfologica, posizione di rinvenimento (es. vicino alle tracce di un focolare) e presenza di macro-tracce - un campione di 36 oggetti che sono stati sottoposti ad un'analisi preliminare per confermare il loro utilizzo intenzionale. Una prima identificazione di tracce d'uso è avvenuta attraverso l'osservazione diretta dei reperti, prima a occhio nudo e poi con un microscopio metallografico (campionamento del novembre 2017), operazioni che hanno consentito una suddivisione iniziale dei reperti in macine, macinelli e pestelli (LONGO *et alii* 2021a, LONGO *et alii* 2022b). Le aree identificate come funzionalmente attive, sono state immerse in un bagno a ultrasuoni per l'estrazione di residui legati alle attività di trasformazione. Le analisi morfologiche di questi ultimi, condotte in microscopia ottica ed elettronica (SEM), hanno evidenziato la presenza di amidi e altri residui vegetali (BIRARDA *et alii* 2020). Le superfici attive delle pietre sono state calcate con un bicomponente polivinilico (Kulzer - Provil® novo) in modo da poter effettuare l'analisi delle micro-tracce in un secondo momento, in laboratori esterni al museo. L'analisi funzionale di una selezione di 5 strumenti (di cui 2 composti da 4 frammenti che rimontano a coppie; *fig. 1*) è all'origine della sperimentazione qui presentata. Abbiamo sviluppato un protocollo d'analisi (da scala macro a submicroscopica) che considera tecnologie con crescente capacità di risoluzione ed ingrandimento al fine di analizzare: (i) la geometria degli oggetti litici (fotogrammetria e riproduzione di modelli 3D) e la rugosità delle superfici, mentre (ii) a livello

microscopico sono state osservate le tracce d'uso. La produzione di modelli 3D ci ha permesso di ispezionare la loro intera geometria, identificando anomalie nella forma della pietra che potrebbero essere state causate dal loro uso. Inoltre, il modello tridimensionale degli oggetti si è rivelato utile per non perdere il contesto di provenienza delle zone di cui è stata presa l'impronta e di conseguenza mantenere le relazioni che intercorrono tra le tracce e il loro orientamento/organizzazione/distribuzione spaziale sulla superficie attiva e i residui aderenti (LONGO *et alii*. 2021b: p.10 *fig. 6*). Le presunte aree funzionali sono quindi state analizzate prima su scala microscopica e poi submicroscopica con differenti microscopi: stereomicroscopio, microscopio ottico in luce riflessa e polarizzata, microscopio digitale e in alcuni casi anche microscopio 3D e SEM. L'impiego di quest'ultimo ci ha permesso inoltre di confermare l'associazione tra tracce d'uso e residui che, rimasti intrappolati nelle asperità della pietra, hanno poi aderito al Provil® usato per i calchi/impronte (LONGO *et alii* 2022b). Infine, per classificare correttamente le tracce identificate e proporre ipotesi sulla funzione degli strumenti litici, i dati provenienti dai reperti archeologici vengono confrontati con la collezione di repliche sperimentali.

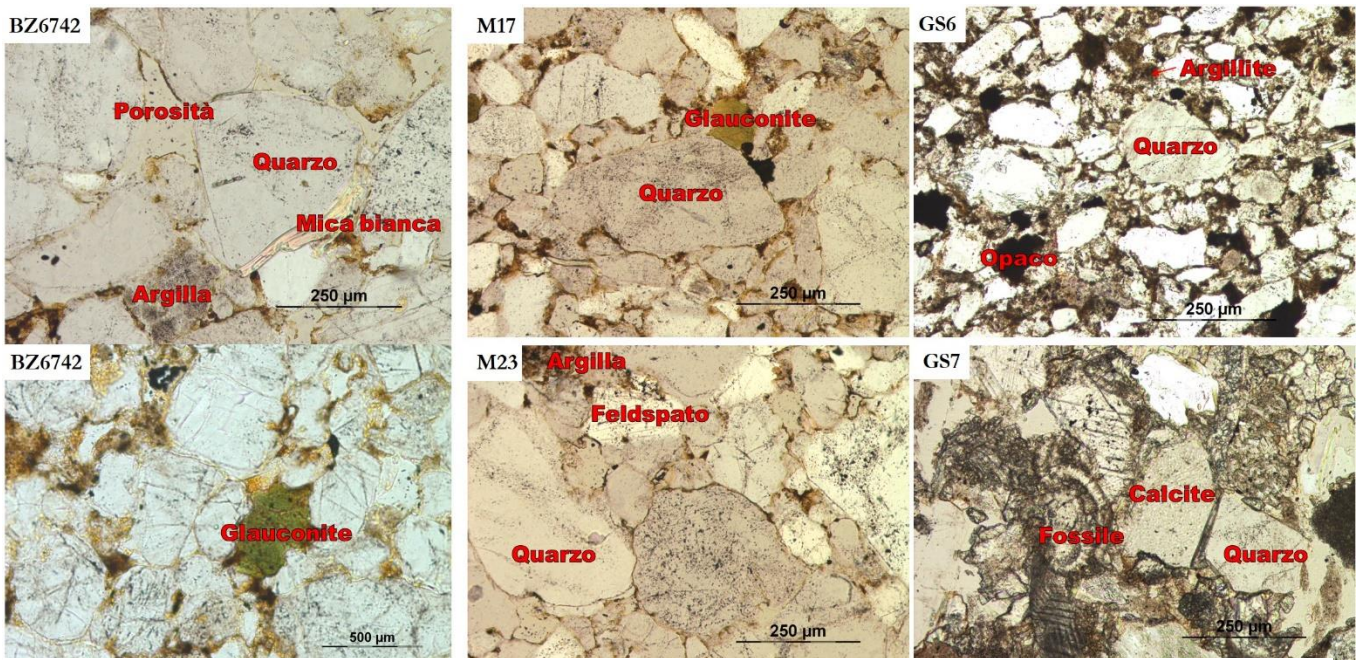


Figura 2: A sinistra: Sezione sottile del reperto BZ #6742. Al centro: Sezioni sottili di 2 ciottoli raccolti nel greto del Racovăț. A destra: sezioni sottili di 2 ciottoli dal grossetano. Immagini al microscopio ottico a luce polarizzata.

3. La collezione sperimentale

Comprendere la funzione di un manufatto per il quale non ci sono altre fonti che ne attestano le sue modalità d'uso se non il manufatto stesso, richiede la sua riproduzione e il suo utilizzo sperimentale. Riprodurre i gesti dei nostri antenati, ci aiuta a ricostruire le strategie d'impiego e soprattutto i meccanismi tribologici, i tempi e le modalità che hanno prodotto sulle superfici dell'oggetto in analisi le modificazioni caratteristiche che possiamo osservare. Lo studio delle tracce d'uso, il cui pioniere è stato S.A. Semenov (LONGO 2003, LONGO 2010, STEMP *et alii* 2016), è basato sui principi della tribologia, ovvero quella scienza che studia l'interazione tra due superfici rigide in moto relativo e che comprende anche l'analisi della frizione e dell'usura (ADAMS 1993 e la letteratura citata). L'attrito tra la superficie dei due strumenti litici e il materiale da trasformare, causa deformazioni, fessurazioni/fratture e perdita di cristalli a livello della zona di contatto (KAPSA 2004). Le caratteristiche morfologiche di queste modificazioni della superficie possono variare in base a vari fattori, tra cui un ruolo chiave è quello del tempo d'impiego, le caratteristiche delle rocce usate e la materia trasformata. La nostra collezione sperimentale è mirata alla riproduzione delle tracce caratteristiche della lavorazione degli organi delle piante aerei e ipogei particolarmente ricchi di amidi. Gli esperimenti sono stati impostati con il fine di validare o confutare l'ipotesi

della lavorazione di diversi tipi di risorse e la conseguente modifica delle superfici degli strumenti mettendo in essere tracce d'uso con caratteristiche tribologiche distinguibili (ADAMS 2014). La selezione delle diverse piante e parti di esse (semi, radici, frutti, *etc.*) è stata effettuata (a) per verificare la loro trasformazione in sfarinati, (b) per osservare le diverse alterazioni (*damage patterns*) lasciati sulla superficie del manufatto (fisso e mobile), (c) per definire la distribuzione spaziale dei residui che risulta influenzata dalla loro natura e dalla cinematica del gesto, (d) per verificare l'effettivo intrappolamento di micro-residui nelle rugosità delle pietre.

L'approccio ragionato alla riproduzione dell'utilizzo di strumenti litici ha tenuto conto di una serie di variabili che possono essere monitorate ma il cui controllo non è facilmente standardizzabile. Quindi, si è svolta una valutazione e selezione predittiva delle componenti che possono essere controllate o solo monitorate. Inoltre, si è valutato come limitare l'introduzione di altri elementi non controllabili; infine, quale può essere l'impatto sull'esperimento di una variabile non monitorata. Abbiamo tenuto quindi conto di quanto segue:

- pietre con caratteristiche petrografiche differenti reagiscono diversamente agli stress meccanici,
- la materia prima trasformata influenza la morfologia delle tracce d'uso,

- l'operatore, le sue caratteristiche fisiche e i suoi gesti influenzano l'alterazione delle superfici utilizzate,
- la durata dell'esperimento e la quantità di materiale lavorato determinano variazioni nello sviluppo, distribuzione e quantità delle tracce,
- le tracce non si sviluppano solo sulla parte attiva della macina ma anche su quella passiva a contatto con il terreno (o con la pelle o qualsiasi materiale si usi per isolare la macina dal terreno).

In questa fase della riproduzione sperimentale ancora non sono stati presi in considerazione i processi tafonomici innescati durante il seppellimento e quelli post-deposizionali, inclusi scavo, trattamenti di pulizia, modalità di conservazione/esposizione, *etc.*, che hanno anch'essi un impatto sulla leggibilità delle tracce d'uso e soprattutto sulla conservazione dei residui connessi alla trasformazione. Questi saranno considerati in una fase più avanzata del progetto, per i quali sono previsti test di invecchiamento in camera climatica.

3.1 Reperimento delle materie prime

Considerato che le caratteristiche petrografiche delle rocce determinano la loro risposta agli stress meccanici, si è prestata particolare attenzione alla selezione dei ciottoli da utilizzare. Sulla base della carta geologica¹, sono state studiate le caratteristiche del distretto di Edineț, considerando un'area nel raggio di circa 50 km dal sito e tenendo conto delle zone attraversate dai corsi d'acqua in prossimità della grotta (Racovăț e il suo affluente Dragiste). L'area in esame risulta piuttosto omogenea da un punto di vista geologico essendo costituita da calcari e arenarie di età Miocenica e Pliocenica inferiore. Con il supporto di T. Obada, paleontologo del Museo di Etnografia e Storia Naturale della Moldavia, sono stati raccolti 27 ciottoli dal fiume Racovăț, in prossimità della grotta di Brînzei I. In Italia una formazione simile a quella individuata in Moldavia, caratterizzata da arenarie di età miocenica, si trova nella zona del medio corso del fiume Fiora (area di Manciano, Grosseto). Una ricognizione dell'area ha permesso di raccogliere 65 ciottoli di forma e dimensioni comparabili con quelli rinvenuti a Brînzei I. Quattro dei ciottoli dalla Moldavia e sette dal fiume Fiora sono stati selezionati per effettuare l'analisi petrografica. Per



Figura 3: Le risorse vegetali lavorate e le coppie di pietre (attiva e passiva) selezionate: a sinistra acheni essiccati di *Rumex crispus* con la macina GS7 e macinello GS8 (provenienza: raccolta fiume Fiora, Italia); al centro ghiande di *Quercus sp.* con la macina M23 e il pestello M2 (provenienza: raccolta fiume Racovăț, Moldavia); a destra radice di *Cichorium intybus* con la macina M25 e il pestello M3 (provenienza: raccolta fiume Racovăț, Moldavia).

confermare la coerenza delle materie prime (fig. 2) è stato prelevato anche un frammento dal macinello BZ #6742 e ne è stata ricavata una sezione sottile osservata con microscopio in luce trasmessa, equipaggiato di polarizzatore e contrasto di fase (Olympus BX41). Il campione archeologico è classificabile come quarzoarenite, una roccia sedimentaria di natura terrigena. Il campione è costituito principalmente da clasti di quarzo sub-sferici e arrotondati con dimensioni piuttosto omogenee. La porosità è intorno al 10% con pori di piccole dimensioni (ca. 200 μm) non comunicanti. Nella roccia è presente una matrice fine costituita da materiale argilloso, che avvolge i clasti di quarzo, mentre non è presente cemento. È da segnalare la presenza in quantità accessorie di feldspato, carbonato, ossidi di ferro, rarissima mica bianca e soprattutto di rara glauconite, un minerale autigeno. I ciottoli moldavi, selezionati per le repliche sperimentali, presentano le stesse caratteristiche del campione archeologico, con poche variazioni nella porosità o/e nella percentuale di matrice. I ciottoli raccolti nel grossetano mostrano invece una maggiore variabilità: simili dal punto di vista mineralogico, differiscono nella forma e dimensione dei clasti, in una maggiore porosità, nella presenza di cemento carbonatico o una maggior quantità di matrice, nell'assenza di glauconite e nella presenza in alcuni casi di bioclasti.

I ciottoli da utilizzare (*blanks*) per la sperimentazione sono stati selezionati tra quelli morfologicamente più

¹ Dalla CARTA GEOLOGICA DELLA MOLDAVIA 1:200000, 1985

simili al materiale archeologico (nell'aspetto, forma, dimensione e peso) e per le loro caratteristiche petrografiche (fig. 3). Anche la materia prima da elaborare influenza la morfologia delle tracce d'uso. Abbiamo quindi concentrato la nostra attenzione sulla lavorazione di materiali di origine vegetale e in particolare sugli organi di accumulo degli amidi, considerando quindi radici, semi e frutti (ZUPANCICH *et alii* 2019). Le risorse vegetali da utilizzare per la sperimentazione sono state selezionate sulla base del bioma che caratterizza la steppa boscosa periglaciale (HARDY 2010) e dei dati pollinici disponibili per Brinzeni I (ALLSWORTH-JONES *et alii* 2018a). Abbiamo quindi selezionato un taxon per ogni tipologia di organo di immagazzinamento di amido: radici di *Cichorium intybus* (Asteraceae), acheni di *Rumex crispus* (Polygonaceae), e frutti a guscio (ghiande) di *Quercus* sp. (fig. 3).

Il trattamento delle parti dei vegetali può essere effettuato 'a fresco' oppure dopo essiccazione, condizioni che possono avere un'influenza sui meccanismi tribologici.

Gli acheni di *Rumex crispus* sono stati essiccati all'aria per diverse settimane, mentre le radici di *Cichorium intybus* sono state tagliate e essiccate all'aria per alcune settimane. Per quanto riguarda le ghiande di *Quercus* sp. sono state scelte strategie differenti: una parte è stata essiccata in forno a 40°C per cicli di due ore (tempo totale 24 ore, in 7 giorni) mentre di un'altra porzione è stato rimosso il pericarpo (utilizzando le stesse pietre per la sperimentazione, sono stati dati dei piccoli colpi alle ghiande per danneggiare il pericarpo e rimuoverlo) e il frutto surgelato per mantenerlo fresco e non perdere la porzione d'acqua al suo interno. La loro elaborazione è avvenuta previo scongelamento.

3.2 Documentazione dei blanks (T_0)

I ciottoli raccolti dalle rive dei fiumi sono ricchi di residui organici (muschi, licheni, funghi, *etc.*) e inorganici (sedimento) che introducono nell'esperimento una contaminazione che può influenzare lo sviluppo delle tracce e soprattutto la distribuzione dei residui biogenici (ovvero di sostanze che hanno origine da materiale organico anche in decomposizione). Inoltre, la presenza di microrganismi può interferire con la conservazione sia delle superfici della pietra sia dei residui vegetali lavorati con questi strumenti ed essere causa di falsi-positivi, cioè della

deposizione di particolato di origine biogenica che però non è riconducibile alla trasformazione intenzionale dei vegetali. In un esperimento che mira a controllare quanti più parametri possibile, la presenza di questi contaminanti va azzerata o comunque monitorata. Pertanto, una particolare attenzione è stata posta nella preparazione dei blanks (Tempo zero - T_0). I ciottoli selezionati sono stati lavati in un primo momento con acqua corrente e spazzolati energeticamente per rimuovere il sedimento. Per eliminare altri eventuali residui rimasti intrappolati nelle rugosità della superficie e per ridurre la presenza di organismi biologici e residui biogenici, i blanks sono stati lavati una seconda volta: ogni pietra è stata chiusa in una busta a zip, ricoperta d'acqua deionizzata e posta per 30 minuti in un bagno a ultrasuoni in *sweep mode*. Durante tutte le fasi dell'esperimento gli operatori hanno sempre indossato guanti al nitrile privi di polveri, per ridurre la contaminazione biologica sia dovuta alla manipolazione sia dall'amido di mais (CROWTHER *et alii* 2014, MERCADER *et alii* 2018). Per questa fase della sperimentazione è stato deciso di non usare composti chimici come l'ipoclorito di sodio o il perossido di idrogeno, che avrebbero azzerato la carica biologica ma con il rischio di indebolire la coesione della superficie della pietra. Pertanto, è stato scelto di monitorare le possibili contaminazioni: (i) un campione dell'acqua del lavaggio è stato prelevato con una siringa, (ii) posto in una provetta da 50 ml e stabilizzato con alcune gocce di etanolo 96%, e (iii) conservato in frigorifero in attesa di essere analizzato in cerca di inquinanti che potrebbero essere ancora presenti sulla pietra. I ciottoli sono stati risciacquati un'ultima volta con acqua deionizzata e posti ad asciugare in una stufa di essiccazione a 40°C (Binder FD23). Una volta asciutti sono stati pesati con una bilancia da laboratorio con lettura in g e a 1 cifra decimale dopo la virgola. Sulla superficie è stata disegnata una griglia 2x2 cm con inchiostro di china e infine conservati in nuovi sacchetti zip e posti in frigorifero per rallentare la possibile insorgenza di nuove bio-contaminazioni.



Figura 4: Da sinistra a destra: La faccia d'uso della pietra viene suddivisa in una griglia di 2x2 cm. Impronte, ottenute con il PVS, rappresentative di vari stati di modificazione della superficie della pietra vengono presi ai tempi T_0 , T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , e copiando, dove possibile, 4 quadrati in ogni calco (16 cm^2) per le macine mentre per pestelli e macinelli la superficie calcata è variabile a seconda della dimensione e della morfologia del ciottolo. Le impronte vengono riposte in un sacchetto zip e conservate in frigorifero.

Al fine di confrontare la rugosità della pietra prima e dopo l'uso, sono stati effettuati rilievi delle superfici a diverse scale di ingrandimento e con differenti tecniche:

- calchi con polivinilsilossano (Provil® novo);
- osservazione diretta della superficie dei *blanks* al microscopio;
- rilievi fotogrammetrici.

Il polivinilsilossano (PVS), un silicone da impronta usato in odontoiatria, è in grado di riprodurre la superficie con precisione sufficiente agli scopi di questo studio (MACDONALD *et alii* 2018, LONGO *et alii* 2021a). Questo ci ha permesso di avere una copia in negativo dell'area attiva della pietra sia prima che dopo l'uso, monitorando l'evoluzione della formazione delle tracce a tempi definiti (T_0 , T_1 , T_2 , *etc.*). Le impronte sono state prese seguendo le linee della griglia (fig. 4). Ogni impronta è stata poi messa in un sacchetto con zip e conservata in frigorifero per ridurre la possibile insorgenza di attività biogenici legata alla digestione enzimatica dei residui organici ancora presenti sulla pietra e intrappolati nel PVS. I calchi sono poi stati osservati prima con uno stereomicroscopio (Leica S9i, presso i laboratori del Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino) a ingrandimenti da $12\times$ a $60\times$ e poi integrando all'osservazione generale dell'area, un'analisi più in dettaglio al microscopio ottico (Olympus BX51, presso i laboratori scientifici della Fondazione Centro Conservazione e Restauro *La Venaria Reale*, Torino) a $40\times$, $100\times$ e $200\times$. L'osservazione diretta della superficie dei *blanks* invece è avvenuta presso i laboratori del Dipartimento di Fisica dell'Università di

Torino con l'uso di un microscopio digitale Dino-Lite Pro AM413ZTA con e senza luce polarizzata. Sono state acquisite immagini a ingrandimenti stabiliti ($30\times$, $50\times$, $220\times$) per ogni quadrato.

Infine, la geometria dell'oggetto è stata rilevata con la tecnica della fotogrammetria. Per questa fase sono in corso test con differenti setup, tipo di illuminazione e diverse macchine fotografiche (a diversa sensitività) con i relativi obiettivi (con lunghezze focali differenti). Anche per la ricostruzione 3D sono stati fatti test con diversi software, tra cui diverse versioni di AliceVision-Meshroom (open-source) e Agisoft Metashape.

3.3 Fase sperimentale

L'operatore, le sue caratteristiche fisiche e i suoi gesti influenzano in modo sostanziale lo sviluppo e la morfologia delle tracce d'uso. Per questo motivo in un primo momento è stato scelto di limitare la sperimentazione a un solo operatore, in modo che per ogni tipo di risorsa vegetale trattata i gesti, i movimenti e la pressione esercitata siano comparabili. Considerando però la necessità di confrontare poi la collezione sperimentale con il materiale archeologico, in un secondo momento saranno coinvolte più persone per ogni coppia di pietre (macina e pestello/macinello e stesso tipo di risorsa lavorata) al fine di verificare quanto e come il cambio di operatore influisca sui processi tribologici. Anche la durata dell'esperimento e la quantità di materiale da macinare - per ottenere degli sfarinati - influenzano l'usura degli strumenti litici. È

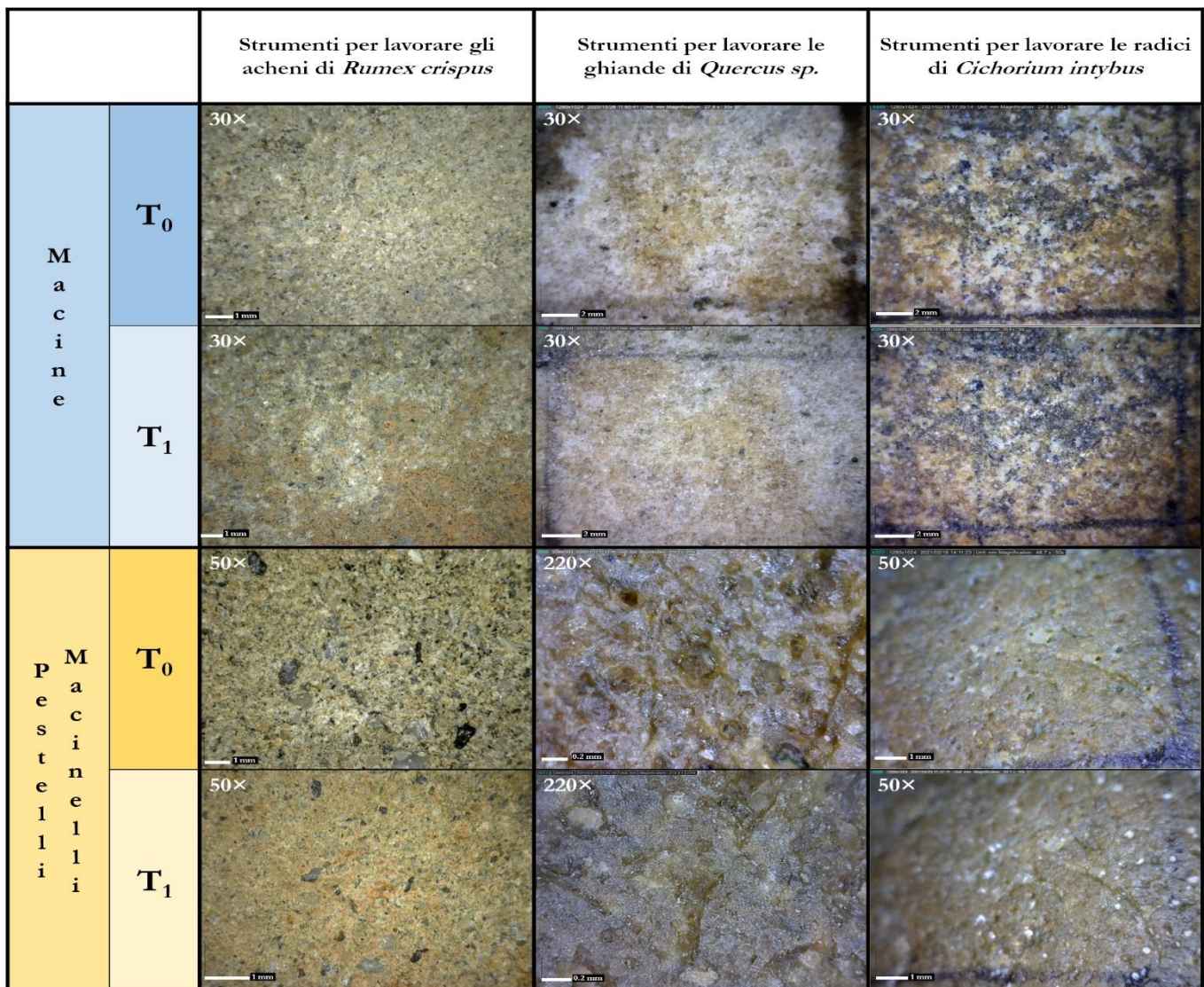


Figura 5: Confronto tra la superficie dei vari strumenti coinvolti nella sperimentazione ai tempi T₀ e T₁ (immagini al microscopio digitale Dino-lite Pro AM413ZTA a 30x, 50x, e 220x): lo stesso quadrato è riportato al T₀ e T₁ mostrando come già dopo 30 minuti di utilizzo si osserva la comparsa delle prime tracce d'uso, che si presentano lievi negli strumenti attivi e più marcate in quelli passivi. Inoltre, si nota come la differenza della materia prima e della risorsa lavorata abbiano un impatto fondamentale nello sviluppo delle tracce.

stato scelto quindi di lavorare 15 g di materiale vegetale per 4 intervalli (T₁, T₂, T₃, T₄) di 30 minuti l'uno, per un totale di 2 h per ogni 60 g di risorsa vegetale: semi, radici e frutti. I meccanismi tribologici non avvengono solo sulle facce funzionalmente attive degli strumenti, ma anche su quelle passive: nel caso delle macine (basi passive) le facce che sono a contatto con il suolo (o con la pelle/stuoia o qualsiasi cosa si usi per isolare la macina dal terreno dove si appoggia) e subiscono colpo e contraccolpo. Quest'ultimo può lasciare tracce sulle asperità della faccia inferiore. Al fine di evitare l'intrusione di particelle di terreno nello sfarinato, le macine sono state adagiate in un lieve avvallamento del terreno e isolate da questo con della pellicola di plastica

per alimenti. È stato inoltre effettuato un test in laboratorio usando una vaschetta di plastica riempita da polistirolo espanso per evitare le tracce poste in essere dal contatto con il terreno e la contaminazione dello sfarinato.

I vegetali sono stati posti in piccole quantità sullo strumento passivo (macina) e lavorate con lo strumento attivo (pestello/macinetto) con movimenti orizzontali bidirezionali o circolari, e/o movimenti verticali e applicando diversi gradi di pressione (HAMON 2007, ADAMS 2010, DUBREUIL, SAVAGE 2014). A seconda della risorsa usata la cinematica varia. Per i semi è prevalente il movimento orizzontale bidirezionale e talvolta circolare, con un contatto costante tra strumento attivo e

passivo, solo in parte mediato dalla presenza dei semi. Per le ghiande e soprattutto per le radici prevalgono colpi verticali con contatti rapidi e ripetuti tra le pietre e il materiale lavorato. Inoltre, per macinare il frutto fresco della ghianda (surgelato e poi scongelato) è necessario un movimento di pressione del pestello/macinello sulla macina, con moto verticale, dove il contatto tra le superfici attive degli strumenti è intermediato dalla pasta che si forma durante la lavorazione. Quindi va sottolineato che l'attrito tra le due pietre (passiva e attiva) è importante a causa della loro durezza intrinseca e questo contatto è più frequente durante la macinazione dei semi rispetto alla pestatura di frutti e radici. È da notare che la variazione nella cinematica determina anche una variazione nella forma dello strumento selezionato: per il movimento orizzontale risulta più funzionale una superficie d'uso piatta e ampia (macinello), mentre per il movimento verticale è preferibile una superficie convessa e più stretta (pestello) che permetta un maggior controllo nella zona di contatto tra la pietra e la risorsa lavorata.

Dopo ogni tempo della lavorazione sperimentale le pietre vengono sciacquate con acqua deionizzata che in parte asporta i residui vegetali: la soluzione viene raccolta in una ciotola di vetro sterilizzata, campionata con una siringa, posta in provette da 50 ml, stabilizzata con alcune gocce di etanolo 96% e conservata in frigorifero. I residui saranno poi analizzati per verificare come la lavorazione danneggia i tessuti vegetali e i granuli di amido.

3.4 Documentazione e analisi degli strumenti sperimentali

Dopo ogni ciclo di sperimentazione, la superficie della pietra viene documentata con la stessa strategia usata per i *blanks* (T₀) (SORRENTINO *et alii* 2021):

- risciacquo con acqua deionizzata per la raccolta della farina ottenuta; asciugatura sotto cappa;
- osservazioni al microscopio digitale a ingrandimenti fissi (30×, 50×, 220×) e seguendo lo schema dato dalla griglia;
- calchi con PVS;
- fotogrammetria;
- osservazione dei calchi allo stereomicroscopio e al microscopio ottico. Inoltre, alcune aree identificate e registrate grazie alle osservazioni allo stereomicroscopio, sono anche indagate al SEM;

- prima del successivo T di macinazione, le pietre vengono risciacquate nuovamente con acqua deionizzata.

Dopo 2 ore di lavorazione le pietre vengono pesate per verificare e quantificare la perdita di materiale dalle superfici. Questa strategia di documentazione permette il confronto tra i diversi strumenti in un dato momento (fig. 5) e una valutazione diacronica delle tracce su ogni coppia di strumenti (fig. 6). Confrontando come l'usura modifichi la superficie al T₁ rispetto al T₀ per tutte le coppie di strumenti è possibile notare quanto segue (fig. 5):

- Macina GS7 (dal Fiora, Italia) usata per lavorare gli acheni di *Rumex crispus*: al T₁ si formano sulla superficie tracce di usura in forma di strie non molto marcate e appaiono clasti spaccati. Residui di *Rumex crispus* rimangono intrappolati nella rugosità della pietra.
- Macinello GS8 (dal Fiora, Italia) usato per lavorare gli acheni di *Rumex crispus*: la porzione centrale dell'area d'uso inizia ad appiattirsi. Piccoli granuli di *Rumex crispus* rimangono intrappolati nella rugosità della pietra, ma in minor quantità rispetto alla macina.
- Macina M23 (dal Racovăț, Moldavia) usata per lavorare le ghiande di *Quercus* sp. (T₁: estrazione del frutto della ghianda con la rottura del pericarpo; al T₂ il frutto viene macinato). Il T₀ viene qui confrontato con il T₂: al T₀ i clasti e la matrice sono ben visibili, mentre al T₂ i clasti sono *smashed* (frantumati) e i bordi non sono più così nettamente distinti dalla matrice. Da sottolineare che l'uso aumenta la naturale lustratura della superficie della pietra.
- Pestello/macinello M2 (dal Racovăț, Moldavia) usato per lavorare le ghiande di *Quercus* sp. (T₁: estrazione del frutto della ghianda con la rottura del pericarpo; al T₂ il frutto viene macinato). Il T₀ viene qui confrontato con il T₂: al T₀ la pietra è già caratterizzata da un naturale lustro, che si intensifica con l'uso assieme a un lievissimo appiattimento dei clasti. I crateri sulla superficie sono riempiti con la pasta che si crea a seguito del trattamento della ghianda fresca.
- Macina M25 (dal Racovăț, Moldavia) usato per lavorare le radici di *Cichorium intybus*: al T₁ sulla superficie non sono apprezzabili grandi cambiamenti, se non un lievissimo aumento del naturale lustro della pietra in poche e

circoscritte aree. Rari residui della radice macinata si trovano intrappolati nelle asperità della superficie.

- Pestello M3 (dal Racovăț, Moldavia) usato per lavorare le radici di *Cichorium intybus*: al T₁ nell'area d'uso si ha un aumento del naturale lustro della pietra. Residui di *Cichorium intybus* rimangono intrappolati nella rugosità della pietra, visibili anche a occhio nudo.

4. Discussione

Le più antiche evidenze della trasformazione intenzionale delle risorse vegetali ricche di amido sono riportate a partire da circa 170 ka dal presente, in Africa nei siti occupati da forme antiche di uomo moderno. Nelle ceneri dei focolari rinvenuti in molte grotte dell'area del Capo (Sudafrica), tra le quali vanno ricordate Klasies River e Border cave, sono stati riconosciuti resti di rizomi di *Hypoxis* sp., nota come patata africana (LARBÉY *et alii*. 2019, WADLEY *et alii* 2020). Nella grotta di Ngalaue, che si apre sopra il lago Niassa (Mozambico), pestelli in riolite e altre rocce quarzose

sono stati usati per trasformare radici e semi di sorgo e di altre piante ricche di amido come il frutto della pseudo banana (*Ensete ventricosum*); sono inoltre stati riconosciuti fitoliti e amidi riferibili alla palma da rafia (*Hyphaene* spp.), di cui è nota la pratica etnografica della raccolta della linfa che scorre nel floema da fermentare in una sorta di birra, o la trasformazione delle parti fibrose in corde, contenitori e tessuti (105-42 ka dal presente, MERCADER 2009). Anche nel riparo di Madjedbebe, nel NE dell'Australia - che testimonia la presenza dell'uomo moderno in quell'area fin da 65 ka dal presente - sono stati rinvenuti rizomi arrostiti di monocotiledoni (FLORIN *et alii* 2020).

In area mediterranea, la trasformazione di piante erbacee quali *Aegilops* sp. e *Ammotragus* sp. è testimoniata da granuli di amido riconosciuti su una macina rinvenuta nella grotta di Haua Fteah in Libia, datata intorno a 30 ka dal presente, (BARTON *et alii* 2018). Anche in Italia nel sito del Bilancino II (Firenze, 28,298 ± 301 a.C. cal) l'analisi di una macina in arenaria, spaccata in due frammenti, ha permesso di identificare alcuni granuli di amido molto deteriorati (REVEDIN *et alii* 2010, ARANGUREN *et alii* 2011). Dall'area funzionalmente

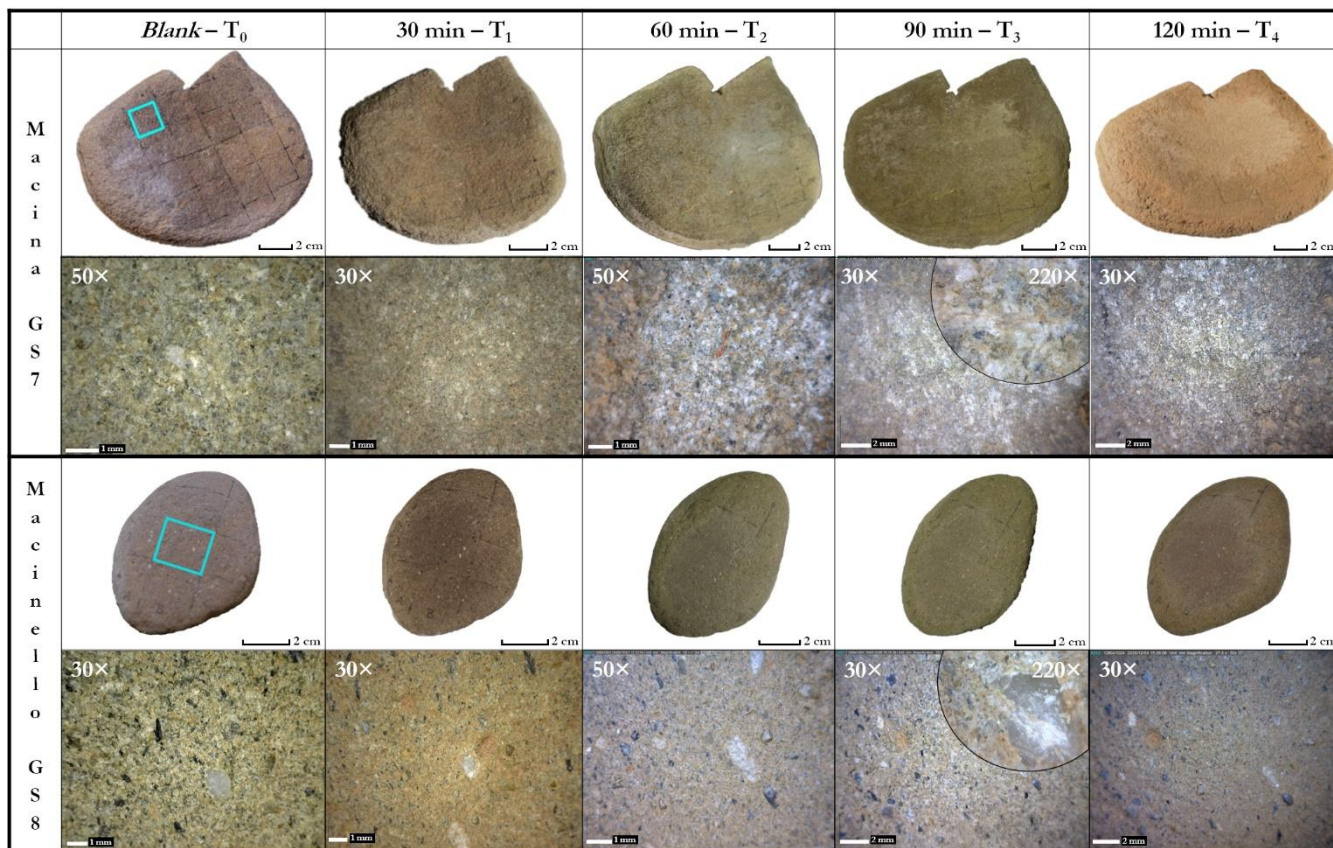


Figura 6: Lo sviluppo delle tracce d'uso – ai vari tempi della sperimentazione – osservato sui ciottoli del fiume Fiora usati come macina (GS7) e macinello (GS8) per la lavorazione degli acheni di *Rumex crispus*. Ingrandimenti: 30x, 50x e 220x (Dino-lite Pro AM413ZTA).

attiva di un pestello in calcarenite rinvenuto a grotta Paglicci (Foggia), datata $32,614 \pm 429$ anni fa calibrati, sono stati estratti più di 150 granuli tra i quali è stata identificata anche la quercia (*Quercus* sp.) (REVEDIN *et alii* 2015). Da un macinello/pestello e da 4 frammenti di macina rinvenuti nel sito di Pavlov VI (Repubblica Ceca), datato $29,482 \pm 288$ a.C. cal, sono stati estratti ben 118 granuli di amido, tra cui è stato riconosciuto il *Rumex acetosa* (ARANGUREN *et alii* 2011). Nella nostra sperimentazione abbiamo lavorato il *Rumex crispus* come anche riportato per siti Mesolitici da Zupancich (ZUPANCICH *et alii* 2019) in quanto più facilmente rinvenibile in contesti ruderali domestici. Anche la macina rinvenuta durante i recenti scavi condotti a Kammenya Balka II (Russia) ha restituito evidenze di lavorazione di parti ricche di amido e riferibili a radici di *Nelumbo* sp., *Limium* sp., *Iris* sp. e *Typha* sp. accompagnate da Fabaceae, Fagaceae e Poaceae (LONGO *et alii* 2022b). Questo dato è particolarmente rilevante perché la macina del sito russo e il pestello di Pavlov VI (Moravia) sono stati analizzati subito dopo il loro scavo e senza aver subito l'aggressivo lavaggio e rimozione meccanica del sedimento a cui generalmente vanno incontro questo tipo di reperti dopo il ritrovamento (REVEDIN *et alii* 2010, ARANGUREN *et alii* 2011, LONGO *et alii* 2022b: Tab. 1). La pratica di lavorare semi e frutti si afferma a partire da circa 20 ka dal presente, come supportato dai ritrovamenti del sito epipaleolitico di Ohalo II nel Levante, dove sono stati identificati più di 90.000 resti di piante (WEISS *et alii* 2004, DUBREUIL, NADEL 2015). Infine, in una grotta del nord Africa - Grotte des Pigeons (Taforalt, Marocco) - è documentata la trasformazione di frutti a guscio e anche la più antica evidenza di carie in individui umani, databile a 15 ka dal presente (HUMPHREY *et alii* 2012).

Questo breve riepilogo delle principali segnalazioni della trasformazione di piante ricche di amido in siti del Paleolitico Superiore testimonia come l'uomo moderno ben conoscesse l'estrema utilità delle risorse alimentari di origine vegetale e come fosse esperto nel padroneggiare la loro trasformazione grazie all'uso di diversi strumenti in pietra non scheggiata. Inoltre, le piante assicuravano anche l'accesso ad altri nutrienti quali le vitamine, vitali per una serie di funzioni metaboliche. Ad esempio, la vitamina C - di cui è ricca la linfa grezza che scorre nel floema di molte arboree disponibili alle latitudini boreali - contribuisce alla mitigazione degli effetti dell'intossicazione da proteine - *rabbit starvation* o scorbuto. È noto etnograficamente che

lo scorbuto mieteva vittime tra gli individui costretti a cibarsi per lungo tempo di animali molto magri o di carne secca (SPETH 2018), come accadeva tra gli indiani d'America, ai cacciatori di pelli europei che cercavano fortuna nel nuovo mondo e tra i marinai durante le lunghe circumnavigazioni dopo la scoperta delle Americhe. Il contributo delle risorse vegetali ricche di amido alla complessità delle strategie alimentari di *H. sapiens* è cresciuto durante le varie fasi della sua progressiva affermazione, a partire da circa 300 ka fa in Africa (TIMMERMANN, FRIEDRICH 2016, HUBLIN *et alii* 2017, SCERRI *et alii* 2018) e questo utilissimo bagaglio di conoscenze deve essersi rivelato cruciale durante la lunga fase di colonizzazione delle latitudini boreali. Nella Steppa Eurasiatica, dove già vivevano altre due forme umane - Neandertaliani e Denisoviani - perfettamente adattati a climi più rigidi e ad un'alimentazione a base di grassi e proteine (WISSING *et alii* 2019, JAOUEN *et alii* 2019), l'uomo moderno si poté avvalere di una dieta variata e l'accesso alle calorie fornite dagli amidi che gli garantiva inoltre il mantenimento dell'omeostasi durante fasi climatiche particolarmente rigide.

Ad oggi, la sperimentazione si è concentrata su piante rilevate dalle analisi polliniche del *cultural layer* III di Brînzei I, quali Polygonaceae (*Rumex crispus*) e Asteraceae (*Cichorium intybus*). Invece i frutti di *Quercus* sp. sono registrati nel livello culturale 4 della vicina grotta di Buzdujeni (Moldavia) (ALLSWORTH-JONES *et alii* 2018b), come anche sul pestello rinvenuto nel livello 23a di grotta Paglicci (Italia), dove sono stati riconosciuti granuli di *Quercus cerris* (MARIOTTI-LIPPI *et alii* 2015). Amidi attribuiti a ghiande di *Quercus robur* sono inoltre stati estratti dagli strumenti litici dal sito di Pavlov VI (REVEDIN *et alii* 2010, ARANGUREN *et alii* 2011).

Una volta effettuata la selezione ragionata delle risorse vegetali da trasformare, l'esperimento è proseguito con l'identificazione delle litologie presenti tra i ciottoli di Brînzei I attraverso la sezione sottile di un piccolo frammento proveniente dal macinello BZ #6742 che ha permesso di attribuire la materia prima come quarzo-arenite. Lo studio della carta geologica della zona attorno alla grotta permette di ricostruire una notevole uniformità delle formazioni rocciose - calcari e arenarie di età Miocenica e Pliocenica inferiore - incise dai vari affluenti del Prutt (che scorre 8 km a sud della grotta) e che quindi hanno fornito un'ampia prevalenza di ciottoli di quarzo-areniti e grovacche. Lo studio di macine e pestelli ci indica che gli abitanti di Brînzei I

selezionavano opportunamente i ciottoli per le loro caratteristiche morfologiche più adatte a svolgere funzioni attive o passive.

Per le attività sperimentali sono stati raccolti anche dei ciottoli dalla coeva formazione Miocenica di Santa Fiora (Manciano, Grosseto). Questi, pur mantenendo analoghe caratteristiche petrografiche (risultano composte per ca. l'80% da clasti di quarzo di dimensioni tra 0,5-1 mm ma presentano una significativa componente di cemento e/o matrice), hanno dimostrato un comportamento tribologico differente rispetto alle quarzo-areniti raccolte lungo il Racovăț. Sui ciottoli del Fiora le tracce hanno uno sviluppo molto più rapido a causa della maggiore presenza di cemento, che ha anche una minore resistenza alla frizione (figg. 5 e 6).

Anche la resistenza del materiale da trasformare ha un effetto sull'alterazione della geometria della faccia d'uso alla macroscale e sullo sviluppo delle tracce d'uso alla microscale. Gli acheni di *Rumex crispus* presentano una durezza e una resistenza differente rispetto alle radici essiccate e alle ghiande fresche.

Un ulteriore elemento da considerare è il grado di finezza dello sfarinato, che interferisce con l'attacco dell'enzima amilasi, una volta che il composto amidaceo viene introdotto nella bocca. Questo influisce sulla sperimentazione, infatti maggiore è la riduzione della materia lavorata, maggiore è il tempo di trasformazione e di conseguenza il grado di sviluppo delle tracce. Tuttavia, le dimensioni e l'omogeneità dello sfarinato si sono rivelate difficili da monitorare, di conseguenza si è stabilita la quantità di materia prima da lavorare (15 g) e il tempo di ogni fase di macinazione (T=30 min). Per ciascuna risorsa si sono macinati 60 g in 2 ore di lavorazione.

La sperimentazione qui presentata è stata condotta da un'unica operatrice. Per verificare l'impatto dell'operatore sullo sviluppo delle tracce d'uso è stato recentemente organizzato un workshop presso il "Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino" che ha coinvolto 12 persone di sesso, età e caratteristiche fisiche differenti. Inoltre, sono state usate un numero maggiore di tipologie litiche, non solo quarzo-areniti, ma anche grovacche e arenarie. L'esperimento, i cui dati sono in fase di analisi, ha coinvolto anche diverse risorse vegetali selezionate tra radici, semi e frutti, ma anche il floema di arboree quali *Betula*, *Conifere*, etc. compatibili con il bioma Eurasiatico durante il MIS 3. Inoltre, si è proceduto alla lavorazione dell'ocra, sia gialla che rossa e gialla scaldata in muffola intorno ai 200°C per circa 40

minuti. Le modificazioni che interessano l'area passiva delle macine (la faccia inferiore a contatto con il terreno) sono state documentate con la stessa strategia usate per le aree attive. La durata complessiva delle varie fasi di elaborazione delle risorse è durata più di 2 ore per verificare lo sviluppo delle tracce su tempi di lavorazione più lunghi.

Test per l'acquisizione fotogrammetrica della geometria degli strumenti litici secondo la letteratura disponibile (PORTER *et alii* 2016, ZUPANCICH *et alii* 2019) e i relativi aggiustamenti sono tuttora in corso. Differenti setup, che considerano diversi tipi di illuminazione, numero di prese e l'impiego di fotocamere e obiettivi differenti sono stati testati, ma questi dati sono ancora in fase di elaborazione.

Lo studio delle superfici non vuole limitarsi ad un'analisi morfologico-qualitativo, ma anche parametrica, usando strumenti statistici che caratterizzino numericamente i *damage patterns* che si formano durante l'uso. Questo permetterà di valutare la similarità delle tracce presenti sull'oggetto archeologico e quelle della collezione sperimentale di riferimento non solo basandosi su parametri qualitativi, ma anche quantitativi (MYSHKIN, GRIGORIEV 2013).

Lo studio delle tracce si è finora concentrato sull'osservazione del loro sviluppo alla microscale, utilizzando microscopi con diversa risoluzione: stereoscopico, digitale, metallografico ed elettronico (SEM). A parte l'osservazione diretta dei ciottoli sperimentali al microscopio digitale, le analisi allo stereomicroscopio, microscopio metallografico e al SEM sono state condotte sui calchi. Questa scelta è stata dettata da limiti intrinseci della strumentazione (es. la distanza tra il piattello del microscopio metallografico e la lente non è tale da poter inserire uno strumento macrolitico e lo stesso limite spaziale è applicabile per la camera del SEM) e dalla necessità di avere dati sperimentali confrontabili con i dati archeologici (le analisi dei reperti vengono fatte sui calchi in PVC).

Osservando l'evoluzione dell'usura sugli strumenti impiegati nella lavorazione degli acheni di *Rumex crispus* (fig. 6), si nota come al T₀ sia i clasti sia la matrice siano ben visibili, mentre già a T₁ i clasti perdono di definizione e non sono sempre distinguibili dalla matrice, inoltre compaiono le prime, leggere strie sulla macina e i clasti appiattiti sul macinello. Al T₂ e al T₃, sulla macina GS7 sono visibili clasti spaccati, strie e micro-strie sempre più fitte, sviluppate e profonde; a T₃ compaiono anche piccole zone caratterizzate da

lustrature e politure. Al T₄ la superficie si livella e le aree soggette a stress aumentano mostrando interconnessioni mentre le strie appaiono meno profonde ed estese. Alla macroscale, da T₃ aumenta la concavità della faccia d'uso che risulta molto evidente al T₄. Invece sul macinello GS8 a T₂, T₃ e T₄ l'appiattimento dell'area d'uso diventa sempre più profondo e esteso, con un sensibile abbassamento della matrice associato al livellamento dei clasti. Al T₃ e T₄ abbiamo anche la comparsa di striature lunghe ma non molto profonde.

Già in questa fase preliminare della ricerca, il nostro esperimento è quindi in grado di dimostrare come il variare delle caratteristiche petrografiche dei ciottoli, della consistenza del materiale trasformato in sfarinati e il tempo di lavorazione determinino uno sviluppo differente delle tracce d'uso fin dai primi 30 minuti. Ricostruire le fasi di sviluppo delle alterazioni della superficie utilizzata e monitorare la loro evoluzione nel tempo può darci suggerimenti per il riconoscimento di ciottoli impiegati come macine, pestelli e macinelli per la trasformazione di piante ricche di carboidrati altamente calorici a partire almeno dall'Aurignaziano, una complessa strategia alimentare che l'uomo ha messo in pratica molto prima del Neolitico, quando i primi cereali diventano disponibili.

5. Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare in primo luogo il National Museum of the History of Moldova, Chisinau, Repubblica di Moldavia (Dir. Eugen N. Sava) per aver permesso lo studio dei materiali archeologici provenienti dal sito di Brînzești I. Un ringraziamento speciale va a Theodor Obada, Alina Larion e Victoria Nistoreanu per il loro preziosissimo supporto anche durante i duri mesi della pandemia e senza il quale questo studio non avrebbe avuto inizio. Inoltre, la nostra gratitudine va alla Fondazione Centro Conservazione e Restauro *La Venaria Reale* di Torino e in particolare ad Anna Piccirillo per averci garantito l'accesso e il supporto a strumentazioni come il microscopio ottico e il SEM. Ringraziamo Sabrina Grassini, Marco Parvis e Leila Es Sebar del Politecnico di Torino per i vari test di acquisizione fotogrammetriche effettuati sotto la loro supervisione. Infine, la nostra gratitudine va a Federico Picollo e ai dottorandi del gruppo di Fisica dello Stato Solido (Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino) per aver fornito al primo autore gli iniziali strumenti per la sua ricerca, garantito uno spazio in laboratorio e

l'accesso alla strumentazione, in particolar modo allo stereomicroscopio.

Questo progetto ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea e nell'ambito dell'accordo Marie Skłodowska-Curie n. 754511 (PhD Technologies Driven Sciences: Technologies for Cultural Heritage - T4C).

Bibliografia

- ADAMS J.L. 1993, *Mechanisms of wear on ground stone surfaces*, in PROCOPIOU H., TREUIL R. (a cura di), *Moudre et Broyer*, pp. 57-68.
- ADAMS J.L. 2010, *Understanding grinding technology through experimentation*, in FERGUSON J.R. (a cura di), *Designing Experimental Research in Archaeology: Examining Technology through Production and Use*, Colorado, pp. 129-151.
- ADAMS J.L. 2014, *Ground stone use-wear analysis: a review of terminology and experimental methods*, in "Journal of Archaeological Science", 48, pp. 129-138.
- ALLSWORTH-JONES P., BORZIAC I.A., CHETRARU N.A., FRENCH C.A.I., MEDYANIK S.I. 2018a, *Brînzeni: A Multidisciplinary Study of an Upper Palaeolithic site in Moldova*, in "Proceedings of the Prehistoric Society", 84, pp. 41-76.
- ALLSWORTH-JONES P., BORZIAC I.A., CHETRARU N.A., FRENCH C.A.I., MIHAILESCU C.D., MEDYANIK S.I. 2018b, *The Middle Palaeolithic Site of Buzdujeni in Moldova: Establishing the Archaeological and Environmental Record*, in "Journal of Paleolithic Archaeology", 1, pp. 139-177.
- ARANGUREN B.M., LONGO L., MARIOTTI LIPPI M., REVEDIN A. 2011, *Evidence of edible plant exploitation*, in SVOBODA J. (a cura di), *Pavlov-excavations 2007 e 2011, The Dolní Vestonice Studies*, 18, pp. 170-179
- BARTON H., MUTRI G., HILL E., FARR L., BARKER G. 2018, *Uses of grass seeds c.31 ka by modern humans at Haua Fteah cave, Northern Libya*, in "Journal of Archaeological Science", 99, pp. 99-111.
- BIRARDA G., CAGNATO C., CEFARIN N., STANI C., PANTYUKHINA I., BADETTI E., COVALENCO S., MARCOMINI A., OBADA T., SAVA E., SORRENTINO G., SKAKUN N., VACCARI L., LONGO L. 2020, *Direct morpho-chemical characterization of elusive plant residues from Aurignacian Pontic Steppe ground stones: supper's ready for Homo sapiens*, in "BioRxiv".
- CHIRICA V., BORZIAC I., CHETRARU N. 1996, *Gisements du Paleolithique Superieur Ancien entre le Dniestr et la Tissa*, Ed. Helios, Iași.
- CROWTHER A., HASLAM M., OAKDEN M., WALDE D., MERCADER J. 2014, *Documenting contamination in ancient 930 starch laboratories*, in "Journal of Archaeological Science", 49, pp. 90-104.
- DUBREUIL L., SAVAGE D. 2014., *Ground stones: a synthesis of the use-wear approach*, in "Journal of Archaeological Science", 48, pp. 139-153.
- DUBREUIL L., NADEL D. 2015, *The development of plant food processing in the Levant: insights from use-wear analysis of Early Epipalaeolithic ground stone tools*, in "Philosophical Transactions B", 370.
- DUBREUIL L., SAVAGE D., DELGADO-RAACK S., PLISSON H., STEPHENSON B., DE LA TORRE I. 2014, *Use-wear analysis of ground stone tools: Discussing our current framework*, in MARREIROS, J.M. et alii. (a cura di), *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology*, pp.105-158.
- FLORIN S.A., FAIRBAIRN A.S., NANGO M., DJANDJOMERR D., MARWICK B., FULLAGAR R., SMITH M., WALLIS L.A., CLARKSON C. 2020, *The first Australian plant foods at Madjedbebe, 65,000-53,000 years ago*, in "Nature Communications", 11.
- FU Q., LI H., MOORJANI P. et alii. 2014, *Genome sequence of a 45,000-year-old modern human from western Siberia*, in "Nature", 514, pp. 445-449.
- HAMON C. 2007, *Functional analysis of stone grinding and polishing tools from the earliest Neolithic of north-western Europe*, in "Journal of Archaeological Science", 36, p. 1502.
- HARDY B.L. 2010, *Climatic variability and plant food distribution in Pleistocene Europe: implications for Neanderthals diet and subsistence*, in "Quaternary Science Reviews", 29, pp. 662-679.
- HERSHKOVITZ I. et alii. 2018, *The earliest modern humans outside Africa*, in "Science", 359, pp. 456-459.
- HUBLIN J.J., BEN-NCER A., BAILEY S.E., FREIDLINE S.E., NEUBAUER S., SKINNER M.M, BERGMANN I., LE CABEC A., BENAZZI S., HARVATI K., GUNZ P. 2017, *New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens*, in "Nature", 546, pp. 289-292.

- HUBLIN J.J., SIRAKOV N., ALDEIAS V. *et alii.* 2020, *Initial Upper Palaeolithic Homo sapiens from Bacho Kiro Cave, Bulgaria*, in "Nature", 581, pp.299-302.
- HUMPHREY L., BELLO S.M., TURNER E., BOUZOUGGAR A., BARTON N. 2012, *Iberomaurusian funerary behaviour: Evidence from Grotte des Pigeons, Taforalt, Morocco*, in "Journal of Human Evolution", 62, pp. 261-273.
- INCHLEY C., LARBAY C., SHWAN N. *et alii.* 2016, *Selective sweep on human amylase genes postdates the split with Neanderthals*, in "Scientific Reports", 6, 37198.
- JAOUEN K., RICHARDS M.P., LE CABEC A., WELKER F., RENDU W., HUBLIN J.J., SORRESSI M., TALAMO S. 2019, *Exceptionally high $\delta^{15}N$ values in collagen single amino acids confirm Neanderthals as high-trophic level carnivores*, in "PNAS", 116, pp. 4928-4933.
- KAPSA P. 2004, *Généralités sur l'usure*, in "La Tribologie", 290, pp. 8-9.
- LARBAY C., MENTZER S.M., BERTRAND LIGOUIS B., WURZ S., JONES M.K. 2019, *Cooked starchy food in hearths ca. 120 kya and 65 kya (MIS 5e and MIS 4) from Klasies River Cave, South Africa*, in "Journal of Human Evolution", 131, pp. 210-227.
- LONGO L. 2003, *Archeologia sperimentale, esperimenti in archeologia, divulgazione. Osservazioni su significato e ruolo dell'Archeologia Sperimentale*, in "Rivista di Scienze Preistoriche", 53, pp.549-568.
- LONGO L. 2010, *Integrated methodological approaches to the study of lithic tools*, in LONGO L. (a cura di), *Integrated Methodological Approaches to the study of Lithic Technology*, in "Human Evolution Special Issue", 25, pp. 9-20.
- LONGO L., LUNARDI A. 2008, *La macina e il pestello-macinello: Le tracce d'uso. Un accampamento di 30.000 anni fa a Bilancino (Mugello, Firenze)*, in "Origines" - Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 159-162.
- LONGO L., ALTIERI S., BIRARDA G., CAGNATO C., CEFARIN, N., GRAZIANI V., OBADA T., PANTYUKHINA I., RICCI P., SKAKUN N., SORRENTINO G., TEREKHINA V., TORTORA L., VACCARI L., LUBRITTO C. 2021a, *A Multi-Dimensional Approach to Investigate Use-Related Biogenic Residues on Palaeolithic Ground Stone Tools*, in "Environmental Archaeology".
- LONGO L., BIRARDA G., CAGNATO C., COVALENCO S., PANTYUKHINA I., SKAKUN N., VACCARI L., SORRENTINO G. 2021b, *Coupling the beams: how controlled extraction methods and FTIR-spectroscopy, OM and SEM reveal the grinding of starchy plants in the Pontic steppe 36,000 years ago*, in "Journal of Archaeological Science: Reports", 41, pp.103333.
- LONGO L., SKAKUN N.N., PANTYUKHINA I.E., TEREKHINA V.V., SORRENTINO G. 2021b, *Aurignacian grinding stone from Surein I (Crimea): "trace-ing" the roots of starch-based diet*, in "Journal of Archaeological Science: Reports", 38, 102999.
- MACDONALD D., HARMAN R., EVANS A.A. 2018, *Replicating surface texture: preliminary testing of molding compound accuracy for surface measurements*, in "Journal of Archaeological Science: Reports", 18, pp. 839-846.
- MARIOTTI LIPPI M., FOGGI B., ARANGUREN B., RONCHITELLI A., REVEDIN A. 2015, *Multistep food plant processing at Grotta Paglicci (Southern Italy) around 32,600 cal B.P.*, in "PNAS", 112, pp. 12075-12080.
- MERCADER J. 2009, *Mozambican grass seed consumption during the Middle Stone Age*, in "Science", 326, pp. 1680-1683.
- MERCADER J., BUNDAIA M., COLLINS J.M., COPELAND L., CROWTHER A., HENRY A., ITAMBU M., LARTER S., LONGO L., PATALANO R., SAMMYNAIKEN R., TYLER R., XHAUFLAIR H. 2018, *Exaggerated expectations in ancient starch research and the need for best practices and authenticity criteria*, in "Facets", 3, pp. 777-798.
- MYSHKIN N.K., GRIGORIEV A.Y. 2013, *Roughness and texture concept in tribology*, in "Tribology in industry", 35, pp. 97-103.
- NOIRET P. 2009, *Brynzeni I*, in NOIRET P. (a cura di), *Le Paléolithique supérieur de la Moldavie*, Liège, pp. 425-470.
- PERRY G.H., KISTLER L., KALEITA M.A., SAMS A.J. 2015, *Insights into hominin phenotypic and dietary evolution from ancient DNA sequence data*, in "Journal of Human Evolution", 79, pp. 55-63.

- PORTER S.T., ROUSSEL M., SORESI M. 2016, *A simple photogrammetry rig for the reliable creation of 3D artifact models in the field*, in "Advances in Archaeological Practice", 4, pp. 71-86.
- PRÜFER K., POSTH C., YU H., Stoessel A., SPYROU M.A., DEVIESE T., MATTONAI M., RIBECHINI E., HIGHAM T., VELEMÍNSKÝ P., BRŮŽEK J., KRAUSE J. 2021, *A genome sequence from a modern human skull over 45,000 years old from Zlatý kůň in Czechia*, in "Nature Ecology & Evolution", 5, pp. 820-825.
- REVEDIN A., ARANGUREN B., BECATTINI R., LONGO L., MARIOTTI LIPPI M., SKAKUN N., SINITSYN A., SPIRIDONOVA E., SVOBODA J. 2010, *Thirty-thousand-year-old evidence of plant food processing*, in "PNAS", 107, pp. 18815-18819.
- REVEDIN A., LONGO L., MARIOTTI LIPPI M., MARCONI E., RONCHITELLI A., SVOBODA J., ANICHINI E., GENNAI M., ARANGUREN B. 2015, *New technologies for plant food processing in the Gravettian*, in "Quaternary International", 359-360, pp. 77-88.
- SCERRI EML, THOMAS MG, MANICA A, GUNZ P, STOCK JT, STRINGER C, GROVE M, GROUCUTT HS, TIMMERMANN A, RIGHTMIRE GP, D'ERRICO F, TRYON CA, DRAKE NA, BROOKS AS, DENNELL RW, DURBIN R, HENN BM, LEE-THORP J, DEMENOCAL P, PETRAGLIA MD, THOMPSON JC, SCALLY A, CHIKHI L. 2018, *Did Our Species Evolve in Subdivided Populations across Africa, and Why Does It Matter?*, in "Trends in Ecology & Evolution", 33(8), pp. 582-594.
- SORRENTINO G., LO GIUDICE A., RE A., BORGI A., LONGO L. 2021, *Replicate Plant Processing REVEALS Ground Stones complex Biography*, in "EXARC: EAC12", <https://youtu.be/vvJLDTX13Fo>
- SPETH J.D. 2018, *Neanderthals, vitamin C, and scurvy*, in "Quaternary International", 500, pp. 172-184.
- STEMP W.J., WATSON A.S., EVANS A.A. 2016, *Surface analysis of stone and bone tools*, in "Surface Topography: Metrology and Properties", 4.
- TIMMERMANN A., FRIEDRICH T. 2016, *Late Pleistocene climate drivers of early human migration*, in "Nature", 538, pp. 92-95.
- WADLEY L., BLACKWELL L., D'ERRICO F., SIEVER C. 2020, *Cooked starchy rhizomes in Africa 170 thousand years ago*, in "Science", 367, pp. 87-91.
- WEISS E., KISLEV M.E., SIMCHONI O., NADEL D. 2004, *Small-grained wild grasses as staple food at the 23,000-year-old site of Ohalo II, Israel*, in "Economic Botany", 58, pp. S125-S134.
- WISSING C., ROUGIER H., BAUMANN C., COMEYNE A., CREVECOEUR I., DRUCKER D.G., GAUDZINSKI-WINDHEUSE S., GERMONPRÉ M., GÓMEZ-OLIVENCIA A., KRAUSE J., MATTHIES T., NAITO Y.I., POSTH C., SEMAL P., STREET M., BOCHERENS H. 2019, *Stable isotopes reveal patterns of diet and mobility in the last Neandertals and rst modern humans in Europe*, in "Scientific Reports", 9.
- WRIGHT K. 1992, *A classification system for ground stone tools from the Prehistoric Levant*, in "Paléorient", 18, pp. 53-81.
- ZINK K.D., LIEBERMAN D.E., LUCAS P.W. 2014, *Food material properties and early hominin processing techniques*, in "Journal of Human Evolution", 77, pp. 155-66.
- ZUPANCICH A., MUTRI G., CARICOLA I., CARRA M.L., RADINI A., CRISTIANI C. 2019, *The application of 3D modeling and spatial analysis in the study of groundstones used in wild plants processing*, in "Archaeological and Anthropological Sciences", 11, pp. 4801-4827.

Analisi multidisciplinari per la ricostruzione del processo produttivo delle ceramiche del castelliere di Guardamonte: proposte di metodo e risultati preliminari

Autori: Giorgio Baratti *, Martina Sciortino**, Isabella Moriero***

* Docente di Metodologie della Ricerca Archeologica, Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano.
giorgio.baratti@unicatt.it

**Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano
martina.sciortino@unicatt.it

*** Università degli Studi di Milano
isabella.moriero@hotmail.it

Abstract

I dati raccolti negli scavi stratigrafici (1993-2014) condotti nel sito del castelliere del Guardamonte (AL-PV), frequentato dal Neolitico alla romanizzazione, permettono oggi di condurre ricerche strutturate su diversi aspetti dei cicli produttivi, in un'ottica diacronica, contestuale ed ecologica. Qui si presentano i risultati finora raggiunti tramite l'applicazione di un protocollo di studio della produzione ceramica che, pur avvalendosi di collaborazioni multidisciplinari, stato metodologicamente ragionato sulla base di istanze prettamente archeologiche. Tale protocollo articolato in tre linee di ricerca, tra loro costantemente integrate: "studio ceramologico" (individuazione dei bacini di approvvigionamento tramite analisi geologiche del territorio, analisi delle tecniche di foggatura, classificazione dei corpi ceramici tramite studio autoptico-funzionale), "analisi archeometriche preliminari" (con tecnologie SEM-EDS e XRD) e "prove archeosperimentali" (prove di lavorabilità delle argille locali, ricostruzioni di forni, prove di cottura).

The data collected during the stratigraphic excavations (1993-2014) of the proto-historic settlement of Guardamonte (Italy, AL-PV) encourage studies on the productive cycles from a diachronic, contextual and ecological point of view. This paper presents the results coming from a protocol implementation of ceramic production studies, based on archeological instances, with multi-disciplinary technical collaborations as well. The protocol consists in three interconnected parts: "ceramic study" (catchment site identification study, based on a geological landscape analysis; shaping techniques analysis; ceramic fabrics classification, based on a by-eye functional study), "preliminary archeometric analysis" (via SEM-EDS and XRD technologies), and "experimental tests" (workability tests on the local clay deposits, kiln reconstructions, firing tests).

Parole chiave: ceramica ligure, fornace, argilla, XRD, SEM-EDS

1. Premessa

Il sito archeologico di Guardamonte occupa la sommità e il versante settentrionale del Monte Vallassa, il quale si eleva a 752 metri sul livello del mare lungo lo spartiacque che separa le valli Staffora e Curone, lungo la linea di confine tra Lombardia e Piemonte. La

formazione delle Arenarie del Vallassa dà vita a un'altura di forma allungata in direzione est-ovest (fig. 1), naturalmente difesa sul lato meridionale da pareti fortemente scoscese, formatesi per effetto dell'incisione selettiva operata dagli agenti atmosferici soprattutto su

questo versante, per la presenza di unità marnose più deperibili intercalate a una struttura arenacea più resistente¹. Verso la metà del secolo scorso occasionali scoperte spinsero la Soprintendenza Archeologica del Piemonte ad avviare qui le prime indagini, che portarono all'identificazione di un abitato preromano del tipo cosiddetto a "castelliere", riferito al popolo degli antichi Liguri, oltre a sporadiche tracce di frequentazioni di epoca precedente². Dal 1995 le ricerche sono riprese con un progetto di scavo archeologico sistematico condotto dalla Cattedra di Archeologia dell'Italia Preromana dell'Università degli Studi di Milano sotto la direzione scientifica di Cristina Chiaramonte Trerè, con la collaborazione di Giorgio Baratti e Lucia Mordegli. Le nuove indagini, che si sono protratte per più di un ventennio, hanno offerto un panorama più dettagliato dei caratteri e del significato della presenza dell'uomo sul Monte Vallassa³. Le prime tracce di occupazione, rinvenute sull'area sommitale, rimandano a una fase precoce del Neolitico Medio con significative testimonianze relative alla Cultura dei Vasi a Bocca Quadrata; altri reperti, sporadici ma significativi, manifestano il perpetuarsi dell'attrattiva verso l'altura nel corso del Neolitico Finale e dell'Eneolitico⁴. A partire dal Bronzo Medio a Guardamonte prese avvio un'occupazione stabile e strutturata che doveva estendersi, oltre che sulla sommità, anche su parte dello scosceso versante settentrionale, occupato poi dal castelliere dell'età del Ferro. Le nuove campagne di scavo hanno cercato di delineare, alla luce delle nuove istanze metodologiche e della strumentazione oggi a disposizione, un quadro più omogeneo della presenza dell'uomo, per meglio comprendere, in un'ottica allargata e multidisciplinare, le ragioni che determinarono il perpetrarsi dell'insediamento per un periodo così prolungato. Determinanti sono state le caratteristiche geografiche e ambientali che marcano l'altura in rapporto ai contesti circostanti, nonché il potenziale economico delle risorse locali, che nel corso dei millenni si sono evidentemente rinnovate pur nel mutare delle dinamiche insediative e produttive. È stato così possibile mettere in luce come la localizzazione strategica dell'altura, che in passato era stata considerata come causa quasi esclusiva della straordinaria reiterazione di occupazione, costituisca solo uno dei fattori che hanno favorito l'insediamento in quest'area. Emerge infatti che il grande investimento costruttivo dell'età del Bronzo e dell'età del Ferro,

espresso dalla sistemazione dei versanti tramite nuovi spazi abitativi terrazzati a secco, si inserisca più coerentemente all'interno di scelte mirate iscritte in fenomeni storici più generali. Infatti, lo sviluppo di insediamenti a castelliere appare oggi come elemento di un sistema complesso che legava in maniera interdipendente il mondo appenninico settentrionale con tutti i comparti ambientali contermini, tramite meccanismi di produzione, circolazione di beni e gestione delle risorse su scala ampia. Si tratta di un modello di gestione territoriale avanzato ma dall'equilibrio delicato, particolarmente sensibile al mutare delle condizioni climatico-ambientali, come segnala il generalizzato fenomeno di contrazione dell'occupazione umana che il Monte Vallassa, all'inizio dell'età del Ferro (IX-VIII sec. a.C.), condivide con quasi tutti i siti con le medesime caratteristiche. Come segnalano i dati scientifici oggi a disposizione, questo fenomeno di crisi insediamentale ed ecologica si manifesta in perfetta concomitanza con l'insorgere della crisi climatica innescata dalla fase Goshenen II, caratterizzata dal susseguirsi di eventi estremi determinati dalla diminuzione delle temperature in associazione a un marcato incremento della piovosità⁵. Non è un caso che un nuovo sistema con caratteristiche analoghe, pur in un quadro politico mutato, si riproporrà a partire almeno dall'inizio del VI sec. a.C.: in questa fase il castelliere verrà ripristinato, ampliato in estensione e dotato di strutture anche complesse. Un'importante opportunità offerta da un contesto di tale rilevanza è rappresentata dalla possibilità di ricostruire alcuni aspetti relativi ai sistemi di produzione, calandoli in una prospettiva diacronica ampia. In particolare all'interno dello spazioso terrazzamento ricavato lungo il versante settentrionale del monte, che costituiva probabilmente parte del limite inferiore dell'insediamento (saggio 5), sono emersi i resti di una struttura pirotecnologica, costituiti da un'ampia traccia di forma ovale di materiale termostrasformato con gradazioni variabili dal rosso e all'arancione. L'applicazione in questo contesto, già più di venticinque anni fa, di procedure di scavo microstratigrafico (che proprio in quegli anni venivano sperimentate nel tentativo di proporre una codifica metodologica nel campo dell'archeologia della produzione⁶), ha consentito di interpretare queste tracce come residuo di una fornace per la cottura della ceramica. La documentazione acquisita, che ha previsto

¹ GELATI, VERCESI 1994.

² LO PORTO 1954 e 1957.

³ CHIARAMONTE TRERÈ 2003, CHIARAMONTE TRERÈ, BARATTI 2016 con bibliografia.

⁴ Tra cui spiccano ad es. alcuni frammenti ceramici relativi alla Cultura del Vaso Campaniforme (BARATTI 2016).

⁵ BARATTI 2009.

⁶ VIDALE 1993; MANNONI, GIANNICEDDA 1996, *passim*.

la numerazione di tutte le porzioni del deposito che presentassero variabili circoscrivibili per colore e differenti effetti di termotrasformazione, ha consentito negli anni successivi, nonostante la frammentarietà del contesto, non solo di proporre una ricostruzione della morfologia della struttura e delle sue caratteristiche funzionali, ma anche di dare avvio a progetti specifici volti all'approfondimento del processo di produzione della ceramica ligure⁷. In vista della pubblicazione integrale degli scavi, negli ultimi anni è stato avviato un ampio progetto di studio sistematico multidisciplinare dei reperti rinvenuti, entro cui si sono già inserite ad esempio le indagini archeometriche degli oggetti in bronzo⁸ e lo studio archeozoologico dei resti faunistici⁹. In questo senso sono in corso anche diverse attività di indagine dei processi di fabbricazione della ceramica, innanzitutto nel tentativo di mettere in relazione i dati stratigrafici con quelli derivati dallo studio delle caratteristiche tecnologiche dei manufatti (su base autoptica, supportato da verifica archeometrica), al fine di produrre degli strumenti che possano aiutare nella classificazione cronotipologica dell'enorme quantità di ceramiche d'impasto rinvenute, la cui seriazione da un punto di vista meramente morfologico presenta notevoli ostacoli. Nell'ambito di tali ricerche si inseriscono anche alcune prove di ricostruzione sperimentale della fornace rinvenuta. In senso più ampio, tramite le ricerche di archeologia della produzione si sta inoltre cercando di mettere a punto una proposta di approccio metodologico che permetta il più possibile di ridurre le limitazioni inerenti l'analisi sistematica a tappeto dei reperti, imposte dall'inevitabile necessità di circoscrivere i campioni alla luce del costo delle analisi di laboratorio. La procedura che si è per ora così affinata (e che in questa sede si presenterà nel dettaglio) ha consentito di stabilire alcune linee guida, le quali ci hanno aiutato a circoscrivere e indirizzare le analisi archeometriche, avviate in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano. Un ruolo fondamentale nella definizione delle linee guida è stato giocato dall'attenzione posta sugli aspetti ambientali e geologici del territorio, studiati anche attraverso un campionamento dei suoli finalizzato a mettere in relazione la produzione ceramica con le materie prime disponibili.

[G.B.]

2. I dati dallo scavo stratigrafico: l'area produttiva del saggio 5

All'interno del complesso palinsesto stratigrafico che caratterizza il deposito archeologico di Guardamonte, è stato fondamentale riuscire a riconoscere alcuni chiari marcatori di attività produttive nei saggi 5 e 6¹⁰, dislocati su un ampio terrazzamento lungo le pendici settentrionali, sul limite inferiore dell'insediamento. In particolare sono emerse in più punti tracce di termotrasformazione di suoli associate alla presenza di apparati strutturali e a reperti che indiziano in modo coerente la presenza in quel punto di un'area con valenza manifatturiera riferibile alla fase dell'insediamento ligure.

In questa zona la tenuta delle strutture di contenimento ha consentito infatti di identificare una lunga sequenza stratigrafica, che in alcuni punti raggiunge una potenza di quasi due metri. Come si è detto, uno dei dati più significativi riguarda il rinvenimento dei resti di una fornace per ceramica, della quale è stato possibile ricostruire parte del sistema di funzionamento (*fig. 3*)¹¹. La sua struttura si componeva di una camera di combustione costituita da un circolo di pietre (che ancora conteneva la cenere dell'ultimo fuoco) e di un'adiacente camera di cottura a disposizione orizzontale, opportunamente realizzata a una quota leggermente più bassa, per sfruttare al meglio la spinta dell'aria calda. Le vicine strutture in pietra, su cui dovevano impostarsi alzati in materiale deperibile, indiziano la presenza di una tettoia (*fig. 15*), che poteva offrire una copertura per le attività di preparazione dei vasi e per la conservazione dei prodotti finiti, nonché parziale riparo alla fornace stessa, garantendo comunque un'adeguata ventilazione durante il suo funzionamento.

Un'altra area con tracce di attività da fuoco, caratterizzata da segni evidenti di complesse e ripetute risistemazioni, è stata identificata poco più a est nel limitrofo saggio 6. La struttura più significativa tra quelle qui identificate si contraddistingue per l'apprestamento di frammenti ceramici di riutilizzo, impiegati verosimilmente allo scopo di garantire l'isolamento del fuoco dall'umidità del terreno; i frammenti appaiono

⁷ Sulla produzione ceramica ligure: MORDEGLIA 2016.

⁸ CATTANEO *et alii* 2011.

⁹ BORMETTI *et alii* c.s.

¹⁰ CHIARAMONTE TRERÈ, BARATTI 2016, pp. 571-575.

¹¹ GAMBARO, MORDEGLIA 2016, con bibliografia. A livello morfologico la struttura potrebbe definirsi come "fornace a due camere a sviluppo orizzontale" della classificazione di IAIA *et alii* 2009, assimilabile al tipo 3.1 della classificazione recentemente proposta in SOTGIA 2019 (al cui lavoro si rimanda per una rassegna aggiornata di confronto dal territorio italiano, cronologicamente limitata però fino al VI sec. a.C.).

infatti giustapposti sul piano, allettati in argilla poi concotta e con la superficie concava regolarmente rivolta verso il basso. Tale struttura appare ripetutamente risistemata con l'incisione e il riallettamento di nuove porzioni: fenomeni simili sono ampiamente attestati in aree manifatturiere di questo tipo, dove sono frequenti i rifacimenti parziali dei precedenti apparati produttivi, i rialzamenti dei piani e l'iterazione continua delle stesse attività sempre nei medesimi luoghi. L'insieme dei frammenti reimpiegati restituisce un panorama morfologico abbastanza coerente con quanto emerso per questa fase della seconda età del Ferro e il loro impiego può essere facilmente mezzo in relazione con il riuso degli scarti della vicina fornace (fig. 2).

[G.B.]

3. Lo studio ceramologico

3.a. Possibili bacini di approvvigionamento dell'argilla e di altre materie prime

Il rilievo del Monte Vallassa, che costituisce una delle propaggini estreme dell'Appennino settentrionale, si inserisce geologicamente all'interno di una formazione orografica che proprio da questa altura prende il nome, delimitata a NE dal torrente Staffora e a SO dal torrente Curone e chiusa sugli altri lati dalle profonde selle di Val di Cecima e di Bagnaria. È costituita da una successione stratigrafica di origine marina, con struttura sedimentaria (Successione Epiligure di Arenarie di Monte Vallassa) e corpo massiccio e tabulare del Miocene medio (6), sovrapposto alle Marne di Antognola (Oligocene superiore-Miocene prelanghiano), a loro volta sovrapposte a un complesso argilloso a struttura caotica di origine Ligure. L'intero sistema è caratterizzato dalla presenza diffusa di acque superficiali e dal sottosuolo; la sovrapposizione della formazione arenacea permeabile alle formazioni sottostanti marnoso-argillose impermeabili, infatti, determina la presenza di sorgenti persistenti, testimoniate oggi dalle fontane dell'Arsazza e della Fontanazza, di portata abbastanza rilevante e di ottima qualità¹². Questa grande disponibilità d'acqua, oltre a fornire un importante dato sulle potenzialità di occupazione del Monte Vallassa, permette anche di comprendere la particolare predisposizione del sito all'impianto di attività manifatturiere, che per il loro sviluppo

necessitano infatti di un cospicuo approvvigionamento idrico. Anche le altre caratteristiche litologiche sedimentarie del sottosuolo offrono indizi importanti in questo senso. Innanzitutto l'arenaria, sfruttata come materiale da costruzione nei muri a secco e nei piani di posa degli impalcati lignei delle strutture abitative, doveva giocare un ruolo significativo anche nel processo di produzione ceramica: essa infatti risulta ampiamente utilizzata nella fabbricazione di strumenti di macinatura e pestatura, piuttosto frequenti nel record dei reperti delle fasi dell'età del Ferro (oggetto per altro di un probabile commercio di medio raggio con gli abitati della limitrofa pianura¹³), tra cui si devono probabilmente annoverare anche gli stessi pestelli per la preparazione del degrassante litico da aggiungere all'impasto ceramico. Tuttavia, il substrato di arenaria doveva garantire soprattutto l'approvvigionamento di materiale isolante e coibentante per la messa in opera delle strutture pirotecniche. D'altro canto, anche i suoli marno-argillosi prospettavano un ampio spettro di impiego, sia nella realizzazione delle strutture da fuoco sia nella fabbricazione degli impasti ceramici. Al fine di identificare i bacini più idonei all'estrazione dell'argilla per la foggatura dei vasi, è stata realizzata una campagna di campionatura e di analisi dei sedimenti emergenti. Sono stati prelevati cinque campioni di suolo argilloso da affioramenti superficiali dislocati in diversi punti della parte più bassa dell'insediamento di Guardamonte, dai livelli di base delle "Arenarie del Monte Vallassa" (fig. 4):

- camp. C (*Munsell 2.5Y 7/2 light gray*), D (*Munsell GLEY1 7/1-10Y light greenish gray*) e E (*Munsell 5Y 7/1 light gray*), afferenti a dei livelli di marna grigia a tessitura argillo-limosa, infiltrati da arenarie in disgregazione;
- camp. F e G, pertinenti a marne marroni (*Munsell 10YR 5/4 yellowish brown*) a tessitura argillo-sabbiosa.

I giacimenti alla base dell'insediamento sono probabilmente da identificare come le principali aree di cava di suoli argillosi per la fabbricazione della ceramica prodotta localmente. Per controllo è stato comunque campionato (camp. A e B) anche l'affioramento di marne grigie (*Munsell 5Y 7/1 light gray*, tessitura argillosa) presso l'area a calanchi (affioramenti instabili di rocce argillose degradate dall'acqua, fig. 5) attualmente più prossima all'antico

¹² CHIARAMONTE TRERÈ *et alii* 2002, con bibliografia.

¹³ BARATTI 2003, p. 95; BERNABÒ BREA *et alii* 2004, p. 684.

insediamento, a circa 600 metri in linea d'aria da esso (loc. Stemigliano), afferente alla "Formazione di Antognola" (fig. 6). I campioni sono stati sottoposti ad analisi archeometriche preliminari e a prove di lavorabilità (vedi *ultra*).

[G.B., M.S.]

3.b. Le tecniche di foggatura

La maggior parte dei reperti fittili rinvenuti a Guardamonte, probabilmente da riferire per lo più a fabbrica locale, è rappresentato da ceramica d'impasto, una classe molto ampia e diversificata al suo interno, caratterizzata dall'utilizzo di materie prime argillose di norma ben degrassate e non sottoposte a intensi processi di depurazione, modellata a mano senza tracce evidenti di tornitura (come dimostra anche l'analisi a occhio nudo del tendenziale andamento verticale dei clasti in frattura), con superfici prevalentemente sui toni del marrone, del bruno e del grigio scuro. Come si dirà, un'attenta analisi delle caratteristiche dei corpi ceramici permette di distinguere abbastanza chiaramente i reperti dell'età del Ferro da quelli di altre fasi. La tecnica di modellazione preferita era la foggatura tramite giustapposizione di lastre, come risulta evidente anche dalla tendenza dei reperti a fratturarsi in frammenti pseudorettangolari¹⁴ (fig. 7), ma non si può escludere anche l'uso di cercini. Probabilmente spesso a queste tecniche era associata anche la pestatura di masserelle o fogli all'interno di stampi, in particolare per modellare la parte bassa e concava delle forme carenate, altrimenti di difficile realizzazione senza l'utilizzo del tornio (fig. 8); le fessurazioni superficiali (disordinate o a raggiera) tipiche delle operazioni di pestatura sono riscontrabili in effetti su diversi frammenti¹⁵. Talora si registrano casi (soprattutto in associazione con corpi ceramici ricchi di inclusi di fini dimensioni) in cui appare evidente un'operazione di assottigliamento delle pareti (fino a spessori attorno ai 4-5 mm), ottenuti probabilmente tramite battitura a percussore entro stampo, eseguita a un livello di essiccazione tipo cuoio, quando il manufatto aveva già perso parte della sua elasticità. Gli orli a colletto e le altre porzioni di vaso a profilo troncoconico probabilmente erano invece realizzati a partire da fogli, arrotolati su se stessi ad anello o a sigaro e

quindi ritagliati delle parti eccedenti; essi dovevano essere applicati sul resto del vaso tramite "legature", ad esempio con semplici "immorsature" di una porzione di argilla nell'altra (fig. 10), oppure con tecniche più complesse, come quella "a cucitura", che consiste nel tracciare con un attrezzo appuntito una serie di solcature perpendicolari alla linea di giunzione delle due parti da unire, solcature che poi venivano di nuovo lisciate, amalgamando così una porzione di argilla nell'altra (fig. 9). Frequentemente le superfici piatte degli orli o dei piedi/pomelli, esito di ritagli di materia argillosa eccedente, venivano rese più gradevoli esteticamente con pizzicature e impressioni digitali o con tacche e tubercoli strumentali, le quali potevano anche avere il valore funzionale di agevolare il versamento dei liquidi, come surrogato di una serie di piccoli beccucci (fig. 11). Teorie di decorazioni simili sono frequenti anche sui cordoni plastici presenti talora sui corpi delle forme chiuse o sulle pareti esterne delle forme aperte, probabilmente anche con lo scopo funzionale di aumentare l'aderenza dei cordoni stessi al corpo del vaso. Anche tali applicazioni plastiche dovevano avere innanzitutto una ragione funzionale prima che estetica, poiché potevano risultare assai utili a prevenire rotture del prodotto finito a causa di shock da sbalzo termico e da urto meccanico¹⁶; del resto, essi sembrano collocati di preferenza nei punti di probabile giuntura delle diverse parti unite in fase di modellazione del recipiente. Le superfici delle ceramiche d'impasto presentano quasi sempre evidenti tracce di rifinitura delle superfici, sia interne che esterne, volta con tutta probabilità a regolarizzare gli spessori, ma soprattutto a ridurre la porosità superficiale del prodotto finito, restringendone i pori con accurate operazioni di lisciatura, brunitura e talora lucidatura. A tale scopo, come è ampiamente noto in letteratura¹⁷, potevano essere usati strumenti di vario tipo, come ciottoli, stecche, pelli, scampoli di cuoio o anche ossa animali e corni: durante la replica sperimentale delle operazioni di foggatura di alcuni vasi, frammenti di corna di cervo si sono rivelati particolarmente funzionali per lisciare parti di vaso difficili da trattare con altri strumenti, come le superfici plasticamente decorate o le aree vicino all'attacco delle anse. A partire dalla media età del Ferro risulta attestato a Guardamonte un particolare tipo di

¹⁴ LEVI 2010, pp. 82-84.

¹⁵ VIDALE 2007, pp. 30-33; LEVI 2010, p. 86.

¹⁶ Interessanti considerazioni sulla funzione strutturale dei cordoni pizzicati sono state elaborate a partire da confronti etnografici con i tradizionali mastelli per il candeggio del bucato utilizzati in Italia meridionale (CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 267).

¹⁷ Ad es. VIDALE 2007, p. 41.

rifinitura superficiale, definita "spazzolatura" (figg. 12 e 13), che si manifesta tramite "gruppi di sottili e leggere incisioni orientate in diverse direzioni" e risulta attestata prevalentemente sulle superfici a vista di forme aperte e chiuse, sia a volte sulle superfici interne delle olle, senza evidente scopo decorativo¹⁸. Le tecniche decorative attestate (fig. 14), oltre alle già citate impressioni su orli e cordoni o, nel caso delle sole forme chiuse, anche lungo la massima espansione, non sono particolarmente articolate¹⁹: si tratta soprattutto di singole teorie orizzontali di motivi incisi con strumenti a punta piuttosto sottile, prevalentemente del tipo a tacche verticali o oblique, a zig-zag, a dente di lupo e a spina di pesce, più raramente a reticolo, a volte associate a punti, tacche, tubercoli o cuppelle a impressione. Talora si registrano decorazioni più complesse che occupano maggiore superficie: in questa categoria rientrano le decorazioni a pizzicature coprenti o a bugne plastiche applicate. Oltre alla ceramica d'impasto, in misura minore a partire dall'età del Ferro sono attestate a Guardamonte anche altre classi, prodotte tutte attraverso l'uso del tornio. Per lo più si tratta di bucchero di fabbrica etrusco-tirrenica (VI-V sec. a.C.), sia del tipo "sottile" sia del tipo "pesante"; frequenti sono anche le imitazioni del bucchero tirrenico²⁰, tra cui potrebbero essere attestate sia fabbriche etrusco-padane (definite più propriamente "bucchero padano") sia produzioni di altri distretti, definite talora "buccheroidi"²¹, per cui è recentemente stata ipotizzata l'esistenza di una o più botteghe regionali liguri²². Si registra inoltre negli strati della seconda età del Ferro qualche frammento di ceramica a vernice nera (genericamente riferibili a produzioni tirreniche) e di ceramica depurata di tradizione etrusca. Rari frammenti dagli strati più tardi sono da ricondurre invece a ceramica comune semidepurata, foggata al tornio forse anche localmente. Tra le importazioni riconosciute annoveriamo inoltre qualche frammento di ceramica d'impasto non tornita con decorazione a stralucido di chiara fattura golasecchiana (media età del Ferro). Rarissime sono le altre classi d'importazione, tra cui ricordiamo un paio di frammenti di ceramica etrusco-corinzia (prima metà VI sec. a.C.)²³. Infine, nel sito sono stati raccolti anche pochi frammenti di

laterizio (pertinenti forse a tegole realizzate a stampo), tutti in giacitura secondaria, probabilmente dilavati dalla parte più alta del deposito e da riferire a una frequentazione tarda.

[M.S.]

3.c. *Classificazione autoptica dei corpi ceramici: cronologia e destinazioni d'uso*

Gli studi in corso sulla classificazione dei corpi ceramici si sono per ora concentrati sulle fasi dell'età del Ferro, perché maggiormente rappresentate nel sito, ma anche alla luce della necessità di meglio inquadrare le strutture artigianali scavate al saggio 5. Il lavoro ha per ora portato all'individuazione di ben dodici tipi di corpo ceramico ricorrenti che, in base all'incrocio con i dati derivati dallo studio morfotopologico e dall'analisi stratigrafica delle associazioni dei reperti, risultano tipici dell'età del Ferro (suddivisi tra ceramica d'impasto e altre produzioni tornite: *tab.* 1). Durante questo studio sono stati comunque isolati dei reperti in impasto con caratteristiche di corpo ceramico differenti (c.c. 6 e 8, oltre a diversi reperti isolati con caratteristiche ancora diverse, per ora non trattati in questa classificazione), rappresentati da materiale in giacitura secondaria databili a fasi presumibilmente dell'età del Bronzo ma per i quali, allo stato attuale delle ricerche, non possiamo escludere una datazione anche più antica. Si prevede comunque in futuro di estendere la classificazione sistematica dei corpi ceramici all'intero *assemblage* dei reperti rinvenuti nel sito. Si segnala infine che, seppure siano stati isolati, in questo lavoro non verranno presi in considerazione i c.c. 3, 4 e 7, pertinenti con tutta probabilità a strati di età tardo-ligure/romana e dilavati da quote più alte, perché poco rappresentati e provenienti da US superficiali. La metodologia classificatoria applicata ha previsto innanzitutto, a livello autoptico, una descrizione dettagliata dei corpi ceramici di circa 200 "frammenti-campione" provenienti da unità stratigrafiche pertinenti a diverse fasi cronologiche, secondo la scheda in *tab.* 2. Il "grado di depurazione", inteso come esito dell'incrocio tra i parametri di densità e dimensione degli inclusi visibili in media a occhio nudo in un

¹⁸ PROSPERI 1998, pp. 349-350 (dove viene definita come "sequenza di striature con stecca dentellata"); MORDEGLIA 2016, pp. 254-256 (con bibliografia), dove si suggerisce una possibile parentela con le decorazioni plastiche "tipo "Rossiglione" o "à sapin".

¹⁹ MORDEGLIA 2016, pp. 254-263, con bibliografia.

²⁰ Sul tema ad es. *Atti Milano* 1993 e *Atti Firenze* 2004. Per i buccheri da Guardamonte: MORDEGLIA 2009.

²¹ Secondo la distinzione proposta in MALNATI 1993.

²² MELLI 2014, pp. 121-122, con bibliografia.

²³ MORDEGLIA 2003.

cm² di superficie vascolare, è stato espresso secondo i seguenti parametri:

- basso = più di 10 inclusi di piccole dim. / più di 5 inclusi di medie o grandi dim.
- medio-basso = tra 5 e 10 inclusi di piccole dim. / meno di 5 inclusi di medio o grandi dim.
- medio-alto = meno di 5 inclusi di piccole dim.
- alto = inclusi assenti a occhio nudo,

dove la dimensione degli inclusi viene descritta secondo la seguente scala:

- piccoli = $\varnothing < 0,5$ mm circa
- medi = $0,5$ mm circa $< \varnothing < 1$ mm circa
- grandi = $\varnothing > 1$ mm circa.

Il grado di coesione è stato invece così definito:

- tenero = scalfibile con una punta di legno
- duro = scalfibile con un'unghia
- molto duro = scalfibile con una punta di acciaio.

Nel caso della classificazione dei corpi ceramici dei bucheri, si è deciso di aggiungere il parametro dello spessore delle pareti.

classe	sottoclasse	c.c.	cronologia	funzione
Impasto	grossolano	1A	FM - F II	prevalentemente da fuoco
		1B	FM - F II	
		2	FM - F II	
		6	Da età del Br.?	grandi contenitori
		9	F II?	da fuoco?
		5A	FM - F II	prevalentemente da mensa
		5B	FM - F II	
		8	Età del Br.?	
Buccheri		"pesante" / padano?	Buc1	FM
	sottile	Buc2	FM	
	padano / bucheroidi?	Buc3	FM	
		Buc4	FM	
Depurata	etrusco-padana	Dep1	FM - F II	da mensa

Tab. 1: schema sinottico dei tipi di corpo ceramico.

Sulla base delle tabelle di reperto così compilate, sono stati quindi identificati dei *cluster* di caratteristiche ricorrenti in associazione (= "c.c."), che sono andate a comporre i tipi di corpo ceramico (tab. 1), con cui poi sono state più velocemente classificate ulteriori centinaia di reperti, validando la

bontà e la coerenza delle suddivisioni effettuate e permettendo delle piccole correzioni in corso d'opera al sistema. Le celle a sfondo grigio in tab. 2 sono state compilate per interezza solo per i frammenti-campione, mentre per i restanti reperti si è proceduto a una schedatura "veloce" compilando solo il campo sostitutivo "c.c.", avvalendosi delle schede di confronto di seguito elencate e di frammenti-campione selezionati sempre tenuti sottomano. Nove dei c.c. individuati sono afferenti alla classe della ceramica d'impasto, quattro alle produzioni in bucchero e in ceramica bucheroidi e uno alla ceramica depurata di tradizione etrusca. All'interno della classe della ceramica d'impasto è possibile distinguere due macrogruppi di corpo ceramico in base alla dimensione media degli inclusi degrassanti presenti, che corrispondono rispettivamente a quelle che di seguito verranno definite, seguendo una tradizione di studio già consolidata²⁴, come sottoclasse degli "impasti grossolani", tutti caratterizzati da un generale basso grado di depurazione, e sottoclasse degli "impasti fini", con un grado di depurazione tendenzialmente medio-basso.

Ceramiche d'impasto grossolano

I c.c. 1A e 1B, riconoscibili rapidamente per gli abbondanti inclusi bianchi²⁵ (rispettivamente più o meno grossolani), evidentemente aggiunti volontariamente all'impasto argilloso, sono autopicamente analoghi a impasti attestati nelle produzioni locali di diversi siti di cultura ligure della media e soprattutto della seconda età del Ferro²⁶, ma ampiamente diffusi anche nelle produzioni ceramiche etrusco-padane dello stesso periodo, dove però veniva applicata la tecnica di foggatura al tornio²⁷. Si tratta di corpi ceramici chiaramente attestati nella sola età del ferro e adatti alle forme da fuoco e ai grandi contenitori da derrata, per le buone proprietà di resistenza agli *shock* termici (e in parte meccanici) date dagli inclusi appositamente aggiunti: non è un caso quindi che a Guardamonte si registri una forte incidenza di questi c.c. tra le olle e i coperchi caratterizzati da abbondanti tracce di nerofumo, ma anche da incrostazioni nere d'aspetto ceroso, riscontrate spesso sulle ceramiche liguri²⁸. A Guardamonte come altrove tali incrostazioni sono tipicamente localizzate sulle olle con segni di

²⁴ MORDEGLIA 2016, pp. 201-203.

²⁵ Per la caratterizzazione chimico-mineralogica degli inclusi presenti nei vari c.c., vd. *ultra*.

²⁶ VENTURINO *et alii* 2015, p. 49.

²⁷ Ad es. i corpi ceramici I1.1 e I2 identificati a Spina (ZAMBONI 2016).

²⁸ VENTURINO GAMBARI 1991, p. 106, con bibliografia.

esposizione al fuoco diretto, in particolare sugli orli e nella fascia interna immediatamente sottostante; più raramente tali tracce si riscontrano altrove, come ad esempio sul fondo interno o sulla parte alta delle pareti esterne delle olle, come anche sulla fascia attorno all'orlo delle ciotole-coperchio. Talora queste incrostazioni sono state interpretate come stesura intenzionale di uno strato protettivo impermeabilizzante, forse a base di resina vegetale²⁹, che potrebbe trovare confronto con la "pece nemeturica", citata dalle fonti in relazione alla produzione del vino presso i Liguri (Columella, *De Re R.*, XII, 24.1; Plinio, *Nat. H.*, XIV, 20.124 e 26-71)³⁰. Tuttavia proprio la distribuzione preferenziale in punti precisi della tettonica del vaso sembra a nostro avviso compatibile anche con un semplice residuo grasso lasciato da attività di cottura di cibi, come se ne rinvengono sul pentolame in coccio poroso tradizionalmente usato in diversi distretti mediterranei per le lunghe cotture in umido di carni o legumi. In questo senso ci pare interessante citare, a livello di pura suggestione, la tradizione della Valcamonica, che testimonia la possibilità di conservare pietanze cotte a lungo a bassa temperatura, a base di carne ovina (come il "cuz"³¹) o di pesce di lago (come la "minehtra de buhacher"), anche per una quindicina di giorni, salate e sigillate nel proprio grasso e riposte entro vasi di legno o terracotta, le cosiddette "ule". Simili considerazioni sulla destinazione funzionale possono essere espresse per i manufatti redatti in c.c. 2, anch'esso esclusivo delle fasi dell'età del Ferro e chiaramente riconoscibile non solo per la presenza di inclusi bianchi e grigi molto fini e abbondanti (che conferiscono un peculiare aspetto granuloso ai prodotti finiti), ma anche per la gamma di colore, sui toni del rosso-viola piuttosto intenso, che caratterizza unicamente questo raggruppamento e che farebbero ipotizzare un processo di cottura a temperatura più alta rispetto agli altri reperti (vedi *ultra*)³². Tale c.c. sembra ancora più specificatamente utilizzato per la produzione di ceramiche da fuoco, caratterizzate appunto da evidenti tracce di nerofumo e di incrostazioni grasse e scure. Altra caratteristica del c.c. 2 è la pressoché costante

rifinitura "a spazzola", forse funzionale ad aumentarne la prensilità. In generale le caratteristiche del c.c. 2 sembrano trovare una particolare affinità con gli impasti tipo E¹ e E² isolati nel castellaro di Pieve San Lorenzo di Renzano, afferenti a gruppi mineralogici ofiolitici (IIIa e IIIb) che sono stati ricondotti a importazioni dall'alta Garfagnana³³. Il c.c. 6 è riconoscibile per l'aspetto grossolano e irregolare degli inclusi, ma anche per l'accentuata porosità, per la minor durezza e per i toni di colore piuttosto chiari (tratti che indicano nell'insieme una temperatura di cottura non particolarmente elevata). Esso potrebbe essere stato utilizzato già dall'età del Bronzo e fu impiegato per un certo tempo anche nell'età del Ferro, perché adatto a produrre vasi di grandi dimensioni o comunque dalle pareti di maggiore spessore, come i contenitori da stoccaggio. Il c.c. 9 potrebbe essere affine ai c.c. 1A e 1B, ma cotto in ambiente riducente, tanto che il prodotto finale è caratterizzato da un colore sui toni del grigio chiaro. In taluni casi i reperti afferenti a questo tipo hanno un aspetto fortemente poroso determinato dalla forte incidenza di vacuoli di dimensioni anche grandi, creati forse dalla completa combustione di originari inclusi calcitici durante il processo di cottura delle ceramiche a temperature assai elevate: corpi ceramici simili vengono descritti ad esempio per il sito di Montaldo di Mondovì³⁴, dove si ipotizza la pertinenza di alcuni pezzi a scarti di fornace. In effetti anche a Guardamonte il c.c. 9 sembra associabile il più delle volte a vasi ipercotti.

Ceramiche d'impasto fine

I c.c. 5A e 5B appaiono invece assai simili per tecnica e composizione ai c.c. 1A e 1B, da cui si differenziano a livello autoptico solo per la minor presenza di frazione degrassante; contribuiscono a una generale migliore resa estetica anche le rifiniture superficiali, che prevedono un uso frequente della brunitura. Sui frammenti riferibili a questi due tipi sono meno frequenti le tracce di esposizione al fuoco, elemento che conferma l'impressione di una destinazione da mensa. In particolare, il c.c. 5B risulta più

²⁹ VENTURINO GAMBARI 1991, p. 106. L'analisi effettuata su un campione da Montaldo ne ha confermato la natura organica (in questo caso forse vegetale).

³⁰ PALERMO 2019, p. 147, con bibliografia (nella necropoli di Montabone sono attestate vere e proprie decorazioni realizzate con resina vegetale).

³¹ Inserito nell'Elenco PAT (*Prodotti Agroalimentari Tradizionali*) della Regione Lombardia.

³² Nel sistema Munsell, alti valori di *hue* attorno a R sono associabili a temperature di cottura maggiori in ambiente ossidante (MIRTI 1998; LEVI 2010, p. 127).

³³ MANNONI 1968.

³⁴ VENTURINO GAMBARI 1991, p. 106.

frequentemente ben rifinito, tanto che in taluni casi appare difficilmente distinguibile per resa finale al c.c. Buc4, associabile a produzioni "buccheroidi" forse regionali (in ogni caso c.c. Buc4 è sempre realizzato al tornio). Dato il piccolo numero di attestazioni, non ci dilungheremo molto in questa sede sul c.c. 8, da riferire con tutta probabilità, come abbiamo già scritto, a fasi più antiche rispetto agli altri tipi isolati.

Buccheri

Fanno parte della classe dei bucceri frammenti che presentano caratteristiche tecnologiche anche molto differenti tra loro, ma tutte accomunate da una foggatura al tornio, da un ambiente di cottura in atmosfera fortemente riducente, da un buon grado di depurazione e da una rifinitura superficiale molto accurata. Il particolare colore di questi manufatti è determinato dalla decomposizione dei materiali organici contenuti nell'impasto argilloso, che avviene in cottura tra i 400°C e i 600°C: quando ciò accade in ambiente riducente, viene prodotto carbone che rimane intrappolato nell'impasto; meno ossigeno è presente nella camera cottura in questa fase, più il colore finale sarà scuro³⁵. In futuro si intende approfondire lo studio estendendo il lavoro a tutti i frammenti di bucchero attestati a Guardamonte, arrivando a un'articolazione più dettagliata del sistema classificatorio di seguito proposto, da incrociare con i dati derivati dallo studio morfotipologico dei reperti e possibilmente da integrare quindi con una battuta mirata di analisi archeometriche. All'interno del c.c. Buc1, caratterizzato da un colore grigio uniforme piuttosto


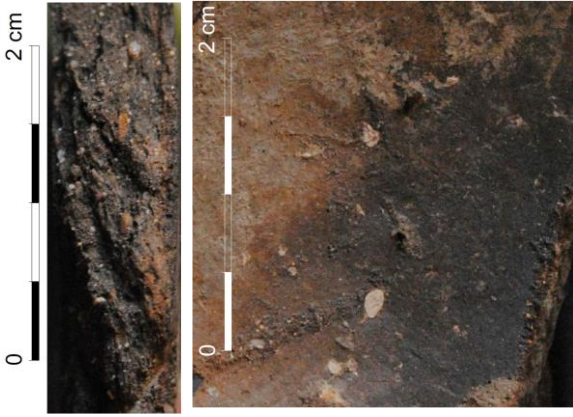
chiaro in frattura e in superficie, rientrano probabilmente diverse botteghe di produzione, poiché le caratteristiche tecnologiche dei frammenti da ricondurre al tipo sono molto eterogenee, sia per quanto riguarda le tecniche di rifinitura superficiale, sia forse per quanto concerne la tecnica di cottura e le materie prime utilizzate. In questo c.c. sono infatti riconoscibili dei frammenti che si confrontano bene, almeno a livello autoptico, con le caratteristiche proprie del "bucchero padano"; un numero più ridotto di reperti invece sembrerebbe più vicino al bucchero "grigio pesante". Il c.c. Buc2, ben distinguibile per lo spessore fine delle pareti e per il colore molto scuro, presenta invece le caratteristiche tipiche del bucchero "sottile" di produzione etrusco-tirrenica. Il c.c. Buc3, talora assai simile al c.c. Buc1, ma distinguibile per una resa superficiale di colore grigio più scuro e per una maggior depurazione, potrebbe anch'esso raccogliere diverse botteghe dell'Italia settentrionale. Il c.c. Buc4, infine, caratterizzato da un colore in frattura che può virare verso sfumature marroni, presenta caratteristiche assai simili alle produzioni locali in impasto fine non tornito, che fanno sospettare una possibile produzione di ambito regionale.

Ceramica depurata di tradizione etrusca


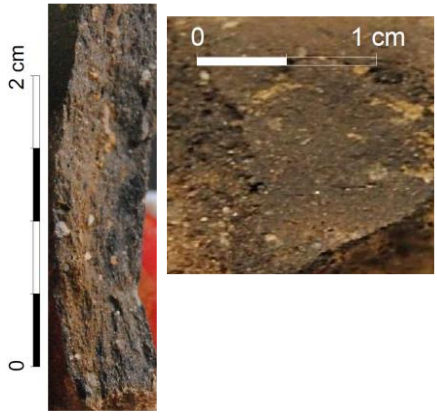
Per ora è stato possibile isolare un solo corpo ceramico da ricondurre alla classe della ceramica depurata di tradizione etrusca: si tratta del c.c. Dep1, rappresentato da pochi frammenti che presentano caratteristiche compatibili con produzioni di botteghe etrusco-padane.

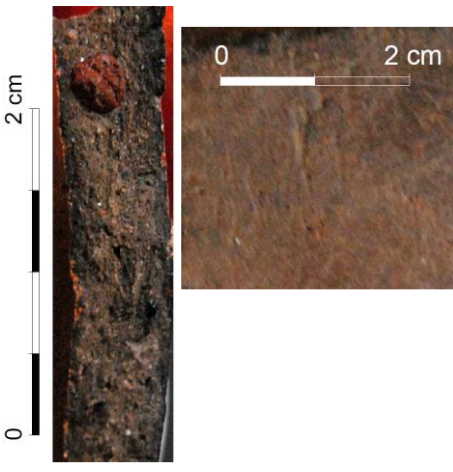
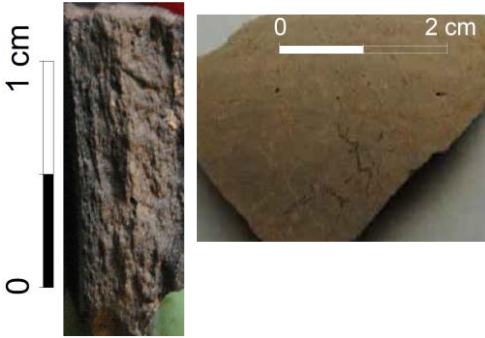
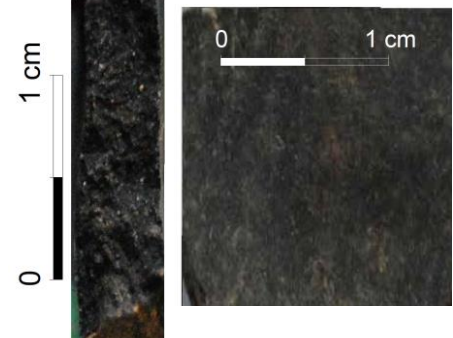
³⁵ ACCONCIA 2004; BEDINI 2019, con bibliografia.

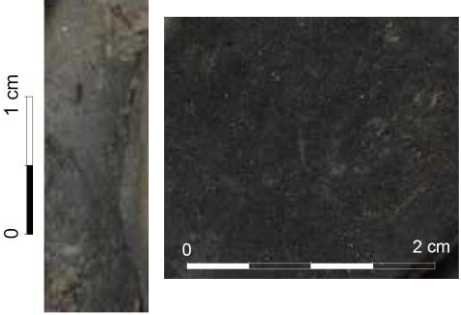


Schede di confronto dei tipi di corpo ceramico (integrate con i dati dalle analisi archeometriche preliminari):

<p>c.c. 1A - impasto grossolano</p> 	<p>Grado di depurazione basso. Colore tendenzialmente incoerente sia in superficie (frequenti fiammature e annerimenti) sia in frattura (frequente effetto “cuore nero” marcato); sui toni del grigio-marrone/beige-marrone (Munsell 2.5YR 5/4 <i>reddish brown</i>, 7.5YR 7/2 <i>pinkish gray</i>).</p> <p>Contiene: frequenti i. minerali bianchi (calcite, talco, raro quarzo) opachi e meno spesso traslucidi, di ogni dim., di forma irregolare o meno frequentemente poliedrica; frequenti i. minerali (muscovite) di colore grigio molto riflettente, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici, meno frequenti in frattura); rari, rarissimi (o assenti) i. minerali di colore scuro (sui toni del bruno-grigio) di ogni dim. e di forma irregolare o poliedrica (feldspati?); frequenti i. vacuoli di ogni dim. e di forma irregolare.</p> <p>Frattura: irregolare, ruvida al tatto; dura o (meno frequentemente) molto dura. Rifinitura: da lievemente liscio a ben liscio, raramente con tracce di brunitura.</p>
<p>c.c. 1B - impasto grossolano</p> 	<p>Grado di depurazione basso. Colore incoerente in superficie (frequenti fiammature e annerimenti) sui toni del grigio-marrone/grigio-nero (Munsell <i>gley1 2.5/N black</i>, 2.5Y 5/4 <i>reddish brown</i>, 5YR 6/3 <i>light reddish brown</i>); incoerente in frattura (frequente effetto “cuore nero”) sui toni del grigio-marrone (Munsell 2.5YR 3/3 <i>dark reddish brown</i>, 5Y 5/1 <i>gray</i>, 7.5YR <i>pinkish gray</i>).</p> <p>Contiene: frequenti i. minerali bianchi opachi o traslucidi (quarzo, albite?) di piccole dim., di forma irregolare o meno frequentemente poliedrica, raramente di grandi e medie dim.; frequenti i. minerali (muscovite) di colore grigio molto riflettente, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici, meno frequenti in frattura); rari, rarissimi (o assenti) i. minerali di colore scuro (sui toni del bruno-nero: magnetite?, feldspati?) di ogni dim. e di forma irregolare o poliedrica; abbastanza frequenti vacuoli di piccole e medie dim. e di forma irregolare, rari di grandi dim.</p> <p>Frattura: irregolare, ruvida al tatto; dura o (meno frequentemente) molto dura. Rifinitura: da lievemente liscio a ben liscio, raramente con tracce di brunitura o spazzolatura.</p>

<p>c.c. 2 - impasto grossolano</p> 	<p>Grado di depurazione basso. Colore tendenzialmente coerente in superficie (non frequenti fiammature, qualche annerimento) e in frattura (qualche caso di effetto “cuore nero”); sui toni del rosso-bruno (Munsell 10R 4/6, 10YR 5/6, 2.5YR 4/8 red; 7.5YR 5/4 weak red; 2.5YR 5/6, 5YR 5/4 reddish brown).</p> <p>Contiene: frequenti i. minerali bianchi opachi e più spesso traslucidi (quarzo, feldspati?) di piccole e finissime dim., di forma irregolare e poliedrica, poco frequenti di medie dim.; frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici, meno frequenti in frattura); da rari a abbastanza frequenti i. minerali di colore grigio chiaro (feldspati?) e bruno-nero (ilmenite?) di piccole e medie dim., di forma irregolare o poliedrica; abbastanza frequenti vacuoli di piccole e medie dim. e di forma irregolare. Frattura da regolare a irregolare, da ruvida a poco ruvida al tatto; dura o molto dura. Rifinitura: frequentemente spazzolato; meno frequentemente solamente liscio.</p>
<p>c.c. 6 - impasto grossolano</p> 	<p>Grado di depurazione basso. Colore tendenzialmente incoerente sia in superficie (frequenti fiammature e annerimenti) sia in frattura (effetto “cuore nero”); sui toni dell'arancio-rosa / grigio-rosa (Munsell 2.5YR 6/6 light red, 2.5YR 4/1 dark reddish gray, 7.5YR 7/6 reddish yellow).</p> <p>Contiene: da rari a abbastanza frequenti i. minerali bianco-grigi, tendenzialmente opachi, di grandi e medie dim., di forma irregolare e raramente poliedrica (feldspati?); poco frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici); frequenti vacuoli di ogni dim., di forma irregolare. Frattura irregolare, ruvida o più spesso pulverulenta al tatto; da tenera a dura. Rifinitura: da poco liscio a ben liscio. Talora presenta, soprattutto sulla superficie interna, un ingobbio (o “falso ingobbio”?) più fine e poroso, sui toni del grigio.</p>
<p>c.c. 9 - impasto grossolano</p> 	<p>Grado di depurazione da basso a medio-basso. Colore abbastanza incoerente sia in superficie (frequenti fiammature e annerimenti) sia in frattura (frequente effetto “cuore nero”); sui toni del grigio/marrone-grigio (Munsell 7.5YR 5/2 brown).</p> <p>Contiene: frequenti i. minerali bianchi o più raramente bianco-grigi, opachi, di piccole o più raramente di medie dim., di forma irregolare; poco frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici); frequenti vacuoli di piccole e più raramente di medie dim., di forma irregolare, ben visibili anche sulle superfici. Frattura da regolare a irregolare, ruvida al tatto; dura. Rifinitura: liscio.</p>

<p>c.c. 5A - impasto fine</p> 	<p>Grado di depurazione medio-basso. Colore abbastanza incoerente sia in superficie (rare fiammature, rifinitura non uniforme) sia in frattura (frequente effetto “cuore nero”); sui toni del grigio/grigio-marrone (Munsell 7.5YR 7/1 <i>light gray</i>, 7.5YR 4/6 <i>strong brown</i>).</p> <p>Contiene: abbastanza frequenti i. minerali bianchi e grigio-bianchi (quarzo) opachi e traslucidi, di piccole e finissime dim., di forma irregolare e pooliedrica; rari i. minerali color ocra (noduli di ferro e cromo?), opachi, di piccole o più raramente di medie dim., di forma irregolare; abbastanza frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici); rarissimi i. neri di finissime dim. (ilmenite?, oppure residui organici); frequenti vacuoli di piccole e finissime dim., di forma irregolare. Qualche volta attorno ai vacuoli di maggiori dim. è presente un’area di colore grigio più scuro, lasciata forse da residui organici carbonizzati. Frattura regolare, da ruvida a poco ruvida al tatto; da dura a molto dura. Rifinitura: da ben liscio a brunito.</p>
<p>c.c. 5B - impasto fine</p> 	<p>Grado di depurazione da medio-basso a medio-alto. Colore abbastanza coerente in superficie sui toni del grigio/grigio-marrone (Munsell 2.5YR 3/1 <i>dark reddish brown</i>, 5YR 4/1 <i>dark gray</i>, gley2 2.5/5PB <i>bluish black</i>); abbastanza coerente in frattura (talora leggero effetto “cuore nero”), sui toni del grigio-marrone (Munsell gley1 3/N <i>very dark gray</i>, 10YR 4/4 <i>weak red</i>).</p> <p>Contiene: da poco frequenti a rari i. minerali bianchi e grigio-bianchi (quarzo) opachi e traslucidi, di piccole e finissime dim., di forma irregolare e pooliedrica; rari i. minerali color ocra (noduli di ferro?), opachi, di piccole o più raramente di medie dim., di forma irregolare; abbastanza frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici); da poco frequenti a rari vacuoli di piccole e finissime dim. Talora sono presenti aree di colore grigio più scuro, lasciate forse da residui organici carbonizzati. Frattura regolare, poco ruvida al tatto; da dura a molto dura. Rifinitura: da ben liscio a brunito, talora anche lucidato.</p>

<p>c.c. 8 - impasto fine</p> 	<p>Grado di depurazione medio-alto.</p> <p>Colore abbastanza coerente in superficie (rare leggere fiammature), sui toni del marrone (Munsell 2.5YR 6/4 <i>reddish brown</i>); abbastanza coerente in frattura (talora leggero effetto “cuore nero”), sui toni del grigio-marrone (Munsell <i>gley1 3/N very dark gray, 10YR 4/4 weak red</i>).</p> <p>Contiene: da poco frequenti a rari i. minerali bianchi e grigio-bianchi (quarzo), opachi o più raramente traslucidi, di piccole e finissime dim., di forma irregolare e pooliedrica; da poco frequenti ad abbastanza frequenti i. minerali (muscovite) di colore bianco e grigio, molto riflettenti, di forma lamellare di finissime dim. (concentrati soprattutto sulle superfici); rarissimi i. minerali di colore rosso-bruno, di ogni dim., di forma irregolare. Raramente attorno ai vacuoli di maggiori dim. è presente un’area di colore grigio più scuro, lasciata da residui organici carbonizzati.</p> <p>Frattura da regolare a irregolare, poco ruvida al tatto; da dura a molto dura. Rifinitura: da ben liscio a brunito; spesso presenta diffuse microfratture superficiali a reticolo.</p>
<p>c.c. Buc1 - buccero (“pesante” / “padano”?)</p> 	<p>Grado di depurazione medio-alto.</p> <p>Colore coerente in superficie, sui toni del grigio (Munsell <i>gley1 3/N very dark gray</i>); tendenzialmente coerente in frattura (talora leggero effetto “cuore nero”), sui toni del grigio chiaro / grigio-marrone (Munsell 5YR 5/3 <i>reddish brown</i>).</p> <p>Contiene: da rari a rarissimi i. minerali bianchi (quarzo?), traslucidi, di piccole e finissime dim. di forma irregolare; abbastanza frequenti i. minerali bianchi e grigi (muscovite), molto riflettenti, di forma lamellare, di finissime dim.; poco frequenti i. minerali grigi o grigio-bruno di piccole dim., di forma irregolare; da poco frequenti a rari vacuoli di piccole e finissime dim., di forma irregolare e allungata.</p> <p>Frattura da regolare a netta, da poco ruvida a liscia al tatto; da dura a molto dura. Rifinitura: ben liscio. Spessore: da medio a spesso (≥ 5 mm, ≤ 1 cm).</p>
<p>c.c. Buc2 - buccero “sottile”</p> 	<p>Grado di depurazione alto.</p> <p>Colore coerente in superficie e in frattura, sui toni del nero (Munsell <i>gley2 3/5PB very dark bluish black; gley2 2.5/5PB bluish black; gley1 2.5/N black; gley1 4/N e 5YR 4/1 dark gray</i>).</p> <p>Contiene: rarissimi (o assenti) i. minerali bianchi traslucidi (quarzo), di piccole e finissime dim., di forma irregolare; poco frequenti i. minerali (muscovite) bianchi e grigi, molto riflettenti, di forma lamellare, di finissime dim.; rarissimi vacuoli di piccole e finissime dim., di forma irregolare.</p> <p>Frattura da regolare a netta, liscia al tatto; da dura a molto dura. Rifinitura: ben liscio. Spessore: sottile (≤ 5 cm).</p>

<p>c.c. Buc3 - "buccheroidi"?</p> 	<p>Grado di depurazione alto.</p> <p>Colore abbastanza coerente sia in superficie sia in frattura (rare fiammature), sui toni del grigio scuro (Munsell <i>gley1 4/N</i> e <i>5YR 4/1 dark gray</i>).</p> <p>Contiene: rarissimi i. minerali bianchi opachi (quarzo?), di finissime dim. di forma irregolare; poco frequenti i. minerali (muscovite) bianchi e grigi, molto riflettenti, di forma lamellare, di finissime dim.; rarissimi i. grigi, di piccole dim. e di forma irregolare (granuli di argilla non cotta?, sostanze organiche?); rarissimi vacuoli di piccole e finissime dim., di forma irregolare. Frattura da regolare a netta, liscia al tatto; duro.</p> <p>Rifinitura: ben liscio. Spessore medio (≥ 5 mm, ≤ 8 cm).</p>
<p>c.c. Buc4 - "buccheroidi"?</p> 	<p>Grado di depurazione medio-alto.</p> <p>Colore abbastanza coerente in superficie (rare fiammature), sui toni del grigio-nero (Munsell <i>gley1 4/N</i> e <i>10YR 3/1 very dark gray</i>); tendenzialmente incoerente in frattura (frequente effetto "cuore nero"), sui toni del marrone-rosa / grigio (Munsell <i>5YR 7/4 pinkish gray</i>).</p> <p>Contiene: poco frequenti i. minerali bianchi opachi (quarzo?), di piccole e finissime dim. di forma irregolare; frequenti i. minerali (muscovite) bianchi e grigi, molto riflettenti, di forma lamellare, di finissime dim., concentrati soprattutto in superficie; rari i. minerali rosso-bruni di piccole dim.; poco frequenti vacuoli di piccole e soprattutto finissime dim., di forma irregolare.</p> <p>Frattura da regolare a netta, liscia al tatto; molto dura. Rifinitura: ben liscio.</p> <p>Spessore medio (≥ 5 mm, ≤ 8 cm).</p>
<p>c.c. Dep1 - depurata etrusco-padana</p> 	<p>Grado di depurazione da medio-alto ad alto.</p> <p>Colore tendenzialmente coerente sia in superficie, sia in frattura (talora leggero effetto "cuore nero" sui toni del grigio chiaro), sui toni del beige-arancio / rosa-arancio (Munsell <i>5YR 5/4</i> e <i>5YR 6/3 reddish brown</i>; <i>2.5YR 7/3 pale brown</i>).</p> <p>Contiene: da poco frequenti a rarissimi i. minerali bianchi o grigi (quarzo?), opachi o traslucidi, di piccolo dim., di forma irregolare; poco frequenti i. minerali bruni o grigi (chamotte?) di ogni dim., di forma irregolare, abbastanza frequenti; i. minerali (muscovite?) bianchi e grigi, molto riflettenti, di forma lamellare, di finissime dim. (più rari in frattura); abbastanza frequenti vacuoli di piccole e finissime dim. di forma irregolare, da rari a poco frequenti di medie dim.</p> <p>Frattura da regolare a netta, da poco ruvida a liscia al tatto; duro.</p> <p>Rifinitura: ben liscio.</p>

Grado di depurazione: _____		Grado di coesione (=durezza indicativa): _____		Note: _____						
DESCRIZIONE INCLUSI (nell'ordine: minerali, organici, artificiali, vacuoli):										
> tipo: - - - ...		> forma:		> frequenza:		> dimensioni:		> note:		
Forma frattura: sensazione al tatto: _____		Tecnica di modellazione: note: _____								
COLORE:	> nucleo:		Omogeneo: si / no		Munsell: _____		note: _____			
	> superficie int.:		Omogeneo: si / no		Munsell: _____		note: _____			
	> superficie est.:		Omogeneo: si / no		Munsell: _____		note: _____			
Trattamento superficiale: _____				Impronte digitali: si / no Localizzazione: _____			Tracce di impilamento / errori: _____			
RIVESTIMENTO:	tipo:	tecnica ste- sura:	localizzaz.:	colore:	sensaz. al tatto:	durezza:	spessore:	modalità degrado:	inclusi:	
	_____		_____	_____		_____	_____		_____	_____
DECORAZIONE:	tecnica: _____		localizzaz.:	motivo decorativo: _____				Note: _____		

Tab. 2: scheda di descrizione delle caratteristiche tecnologico-composizionali di dettaglio dei reperti ceramici.

[M.S.]

4. Analisi archeometriche preliminari

Grazie a una collaborazione avviata con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, per la prima volta è stato possibile sottoporre ad analisi archeometrica preliminare alcuni campioni ceramici provenienti da Guardamonte³⁶. Almeno per quanto riguarda le produzioni locali in impasto, in letteratura purtroppo non sono al momento disponibili studi che possano offrire una base di confronto diretta e valida per il contesto di Guardamonte, poiché le uniche battute di analisi sono state effettuate su materiali troppo distanti cronologicamente³⁷ o geograficamente. Infatti, mentre l'approccio archeometrico è ampiamente sviluppato nel territorio corrispondente all'attuale regione

Liguria, grazie alla feconda tradizione inaugurata a Genova da Tiziano Mannoni³⁸, non sono finora mai state condotte analisi nel contesto dell'antica Liguria interna orientale, che con tutta probabilità costituisce il principale bacino di circolazione della maggior parte della ceramica in impasto rinvenibile a Guardamonte³⁹. Il gruppo di ricerca di Genova ha realizzato prevalentemente analisi mineralogico-petrografiche su sezione sottile con microscopio binoculare o microscopio polarizzatore, ma recentemente si stanno anche sperimentando integrazioni tramite SEM-EDS (microscopia elettronica a scansione con spettrometro a dispersione di energia) e XRD (diffrattometria a raggi X)⁴⁰. Le tecniche di analisi archeometrica finora utilizzate nello studio dei

³⁶ Le analisi sono state eseguite con la supervisione del prof. Luca Trombino e del prof. Marco Merlini, che gli Autori desiderano ringraziare. I risultati sono confluiti nella tesi di laurea di I. Moriero, intitolata "Ceramiche liguri dal sito archeologico di Guardamonte (PV). Indagini archeometriche", A.A. 2016-2017, relatore G. Baratti, correlatore L. Trombino, Corso di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie per lo Studio e la Conservazione dei Beni Culturali e dei Supporti dell'Informazione.

³⁷ L'unico sito dello stesso comprensorio sottoposto a una battuta archeometrica è Brignano Frascata (AL), ma le analisi hanno riguardato ceramica neolitica (CAPELLI *et alii* 2006a, p. 58). La stessa situazione purtroppo si registra anche per il limitrofo areale della Val Trebbia, dove sono state analizzate solo ceramiche neolitiche da Travo (PC): BASSO *et alii* 2000.

³⁸ CAPELLI *et alii* 2006a, 2006b e 2006c; CAPELLI, CABELLA 2013. Con bibliografia.

³⁹ Per una definizione dei principali comprensori territoriali di produzione e circolazione della ceramica ligure: MORDEGLIA 2016, pp. 17-19, con bibliografia. Fondamentali in questo senso sono stati anche i pionieristici studi geoarcheologici e archeometrici di Mannoni (ad es.: MANNONI 1968, 1972, 1975 e 1983).

⁴⁰ CAPELLI, CABELLA 2013.

reperiti di Guardamonte sono state la SEM-EDS e la XRD, applicate in via esplorativa per orientare in corso d'opera la prima fase di classificazione autoptica. Tali analisi possono essere utili alla caratterizzazione delle provenienze e alla ricostruzione del processo produttivo, offrendo dati sulla microstruttura del campione e sulla sua caratterizzazione chimica. In futuro si prevede di integrare i dati tramite una battuta sistematica di analisi mineralogico-petrografiche su sezione sottile. In questa prima fase si è innanzitutto osservata al SEM la struttura di *bulk* di alcuni campioni ceramici di possibile produzione locale (c.c. 1A, 1B, 2, 5A, 5B) e in seguito, con l'analisi puntiforme tramite microsonda EDS, si sono ottenute informazioni qualitative sulla composizione chimica dei minerali. Successivamente, sugli stessi campioni e su altri relativi ai c.c. 6, 8, Buc2 e Buc4, sono state effettuate nuove analisi XRD su polveri, che hanno fornito informazioni di carattere qualitativo e semi-quantitativo sulle fasi cristalline presenti; il confronto tra i dati da SEM-EDS con quelli da XRD ha permesso così di ipotizzare la presenza di diverse fasi minerali all'interno dei campioni. Infine, sempre con l'ausilio del diffrattometro e del microscopio elettronico, sono stati esaminati anche dei campioni di argille locali. Il campione di c.c. 1A ha restituito al SEM una struttura relativamente povera di vuoti, in cui sono stati individuati diffusi granuli minerali, alcuni dei quali analizzati tramite EDS. Sono stati così riconosciuti della calcite, del talco, dei noduli di ferro e della muscovite (silicato del gruppo delle miche, con tutta probabilità da identificare con le lamelle di colore grigio rilevabili autopticamente). La struttura del campione di c.c. 1B appare più compatta, dotata di un reticolo allungato e vetrificato; i granuli presenti presentano molta variabilità dimensionale. Sono stati identificati: quarzo e albite (minerale del gruppo dei feldspati), zirconi, magnetite, nonché piccolissimi noduli di ferro (100µm). Il campione di c.c. 2 presenta una massa di fondo più grossolana rispetto ai campioni precedenti. I granuli più grandi analizzati tramite EDS sono stati interpretati anche in questo caso come quarzi; si sono individuati anche granuli di albite, di ilmenite (minerale di ferro e titanio, che potrebbe forse essere da identificare con alcuni dei granuli neri visibili ad occhio nudo) e di fluorite a lamelle.

Nel campione relativo al c.c. 5A si è riscontrata un'interessante e cospicua quantità di sodio diffuso. I granuli analizzati con la microsonda sono stati identificati come quarzi (di dimensioni ridotte rispetto ai campioni precedenti), noduli di ferro e cromo, zirconi e ilmenite. Il campione di c.c. 5B presenta una struttura piuttosto diversa dalle precedenti, tuttavia la sua composizione mineralogica sembra essere in linea con gli altri campioni, infatti sono stati identificati numerosi granuli di quarzo, ma anche di albite e ilmenite, alcuni zirconi e vari noduli di ferro e cromo (questi ultimi in quantità maggiori rispetto a c.c. 5A).

TIPOLOGIA	POSSIBILE FUNZIONE	
	Cer. da fuoco	Cer. da mensa/dispensa
quarzo	degrassante	degrassante
calcite	degrassante /fondente	degrassante
albite	degrassante	degrassante
noduli ferrosi	fondente	fondente
talco	fondente	-
sodio	-	(accidentale?)
muscovite	(accidentale)	(accidentale)

Tab. 3: interpretazione funzionale dei granuli maggiormente presenti nella frazione non argillosa.

In generale, possiamo osservare come questi campioni siano tutti accomunati dalla presenza (a percentuali e granulometrie variabili) di una frazione non argillosa aggiunta volontariamente all'impasto ceramico, che sembra essere costituita per lo più da granuli di quarzo, spesso utilizzato in antico come degrassante⁴¹. Non è al momento chiaro invece se l'albite presente, che può assumere anch'essa una funzione degrassante⁴², sia stata volontariamente aggiunta o se fosse già presente nell'argilla di partenza. Potrebbero far parte della frazione intenzionalmente aggiunta anche parte dei granuli di calcite, funzionale sia come fondente, sia come legante (a condizione di raggiungere una temperatura di cottura attorno agli 800-850°C) soprattutto nel caso delle ceramiche da fuoco. Inoltre, un'ottima funzione fondente poteva essere svolta dai noduli ferrosi che, in associazione alla calcite, generano silicati in grado di conferire durezza e resistenza meccanica al prodotto finito già sotto agli 800°C⁴³. Il talco, individuato nel solo campione c.c. 1A, è un materiale particolarmente resistente agli sbalzi termici e potrebbe aver avuto anch'esso la funzione

⁴¹ CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 124.

⁴² CUOMO DI CAPRIO 2007, pp. 87-88.

⁴³ CUOMO DI CAPRIO 2007, pp. 90-93, 96 e 138-139.

di aumentare la resistenza delle ceramiche da fuoco; al momento non è comunque chiaro se esso sia stato aggiunto intenzionalmente al campione. Le analisi hanno permesso anche di identificare come muscovite (mica chiara) le lamelle riflettenti rilevabili a occhio nudo sia nei frammenti ceramici sia in tutti i campioni di suolo argilloso: la presenza di lamelle micacee non dovrebbe perciò essere intenzionale. Il fatto che, in sede di osservazione autoptica, le inclusioni micacee appaiano concentrate sulle superfici vascolari e non in frattura, potrebbe essere imputato alle operazioni di lucidatura, che favoriscono l'allineamento delle lamelle e quindi la loro maggior visibilità⁴⁴. Anche il sodio diffuso nel campione di c.c. 5A era forse presente naturalmente nel suolo argilloso: non potendo sviluppare le sue proprietà fondenti al di sotto di una temperatura di cottura di circa 900°C, è presumibile che la sua presenza fosse del tutto accidentale.

	CAMP. A	CAMP. C	CAMP. E	CAMP. G
Na ₂ O	1.37	1.66	3.07	2.66
MgO	5.08	3.23	4.70	2.88
Al ₂ O ₃	13.99	13.75	13.88	18.24
SiO ₂	41.92	48.60	49.08	55.85
SO ₃	-	1.01	2.81	1.78
K ₂ O	4.34	3.63	3.33	3.71
CaO	26.06	21.56	17.75	2.13
TiO ₂	0.63	0.65	1.05	0.73
MnO	0.25	0.17	-	0.30
FeO	6.35	5.75	4.35	11.73

Tab. 4: analisi EDS di area su campioni di argilla locale (tutti i valori percentuali sono normalizzati a 100).

Per confronto, sono stati sottoposti ad analisi EDS anche i campioni di argilla locale A, C, E e G. In questo caso la microsonda è stata sfruttata innanzitutto per ricavare dei dati preliminari sulla composizione chimica di un'area di campione sottoposto a polverizzazione (tab. 4). In un secondo momento è stata invece puntata su singoli piccoli granuli minerali (tab. 5), permettendo di individuare in tre campioni (A, C e E) un'ingente presenza di coccoliti (scaglie di carbonato di calcio formate da alghe unicellulari definite "coccolitofori"), assenti invece nel campione G, caratterizzato invece da buone quantità di ferro. Confrontando tra loro la totalità dei risultati ricavati dalle analisi SEM-EDS, si conferma che il

campione di c.c. 1A differisce a livello mineralogico da tutti gli altri, che invece presentano una certa continuità: queste differenze composizionali, di natura chiaramente intenzionale, potrebbero essere legate alla diversa destinazione funzionale dei vasi. Anche all'interno dei campioni di argilla locale si notano delle differenze sostanziali, poiché il campione G risulta avere, rispetto agli altri, una natura qualitativa differente, riscontrata anche a livello granulometrico. Proprio per questa sua caratteristica, già a questo livello di analisi è possibile rilevare come il campione G potrebbe essere quello più compatibile con un antico bacino di cava di materia prima.

	CERAMICHE					ARGILLE			
	1A	1B	2	5A	5B	A	C	E	G
muscovite	x	x	x	x	x	x	x	x	x
calcite	x						x		
talco	x							x	
ferro	x	x	x	x	x				x
quarzo		x	x	x	x				
zirconio		x		x	x		x		x
magnetite		x							
ilmenite			x	x	x	x		x	x
albite		x	x		x				
fluorite			x						
romo				x	x				
apatite							x		
monazite							x	x	
rutilio							x		
titanite						x	x	x	
barite								x	
coccoliti						x	x	x	

Tab. 5: confronto qualitativo tra campioni.

Dal confronto degli spettri XRD si è innanzitutto notato che i campioni di c.c. 1A, 1B, 5A, 5B e 6 risultano genericamente molto simili tra loro, confermando però che il campione di c.c. 1A si differenzia dagli altri per la presenza di talco e per il più alto tenore di calcite (tab. 6). Anche il campione di c.c. 2 presenta in linea di massima le stesse componenti (anche se con un più alto tenore di plagioclasio, che potrebbe costituire buona parte del degrassante intenzionalmente aggiunto in questo caso); si registra inoltre che il primo picco dell'illite risulta assente. Gli spettri di diffrazione dei campioni di c.c. 8, Buc2 e Buc4 sono invece differenti da tutti gli altri: vi si riscontrano minerali quali quarzo, plagioclasio e un alto tenore di montmorillite, la cui presenza indica quantità importanti di argilla non cotta (ciò potrebbe

⁴⁴ CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 85.

dependere dalla tecnica di cottura tipica del bucchero⁴⁵).

	Fase 1 quarzo	Fase 2 K-feld.	Fase 3 plagiocl.	Fase 4 illite	Fase 5 clorite	Fase 6 calcite	Fase 7 serpentin ino
1A	55.2	8.5	14.7	12.4	-	9.2	-
1B	61.5	8.3	14.9	12.8	-	2.5	-
2	62.6	6.0	21.6	9.8	-	-	-
5A	68.4	7.2	17.1	7.3	-	-	-
5B	62.0	5.6	19.2	10.9	-	2.3	-
6	60.3	9.2	16.2	14.3	-	-	-
8	52.3	10.6	17.3	19.5	-	0.3	-
Buc2	61.8	9.5	12.9	15.8	-	-	-
Buc4	66.8	7.9	11.1	14.2	-	-	-
A	21.5	5.7	9.9	9.8	16.3	30.3	6.5
B	24.5	6.4	7.5	11.0	11.4	34.0	5.2
C	32.5	3.2	4.9	13.9	9.8	34.1	1.6
D	34.1	3.0	5.5	15.2	13.0	28.2	1.0
E	30.7	2.1	5.6	19.0	7.9	32.2	2.5
F	54.8	9.6	23.7	7.7	2.1	-	2.1
G	52.4	6.9	27.7	9.6	2.4	-	1.0

Tab. 6: stime semi-quantitative delle fasi cristalline: i dati espressi rappresentano la frazione percentuale in peso delle fasi minerali riscontrate.

Da un'elaborazione degli spettri XRD secondo la metodologia Rietveld⁴⁶ (tab. 6) è possibile ricavare ulteriori dati per proporre delle stime (molto indicative) delle temperature massime raggiunte in cottura. I nostri campioni appaiono così cotti a temperature piuttosto alte (> 750-800°C, limite di dissociazione della clorite), comprese probabilmente di norma entro gli 850-900°C circa (limite di disgregazione della calcite⁴⁷), ma talora anche più alte, forse addirittura anche fino ai 900-950°C (camp. c.c. 2, privo del primo picco dell'illite). Il dato trova confronto con il tendenziale alto grado di durezza dei prodotti finiti e con altre considerazioni già espresse, tra cui i toni di colore raggiunti e i frequenti errori di ipercottura). Dall'analisi dello spettro di diffrazione, si è riscontrata nei camp. A, B, C, D ed E la presenza di svariati minerali quali calcite, quarzo, clorite, illite, muscovite, plagioclasio, K-feldspato, serpentino e tracce di rutilo; le uniche differenze osservate sono di tipo strutturale e riguardano i campioni A e B. I campioni F e G contengono per la maggior parte quarzo, illite e un'ingente quantità di plagioclasio e K-feldspato. Inoltre, sono state riscontrate tracce di goethite. In sintesi, dall'analisi effettuata al diffrattometro è

possibile distinguere, in base alle loro componenti mineralogiche, due differenti gruppi di corpo ceramico:

- **gruppo I** (camp. 1A, 1B, 2, 5A, 5B, 6). Presenta componenti mineralogiche tipiche delle marne, coerenti con i giacimenti locali alla base della formazione del Monte Vallassa. Si conferma quindi per questi tipi una probabile produzione locale.

Le differenze composizionali riscontrate dalle analisi tra i campioni dipendono dal processo di cottura (temperatura raggiunte) e dalla frazione non argillosa aggiunta, per cui appare evidente che erano utilizzate miscela diverse (in qualità, granulometria e quantità) a seconda della destinazione funzionale del prodotto finito. Si può considerare come il gruppo tipico delle produzioni locali della media e della seconda età del Ferro, in cui rientrerebbero i prodotti fabbricati nella fornace rinvenuta al saggio 5.

- **(macro-)gruppo II** (camp. 8, Buc2 68 e Buc4), che verosimilmente è in realtà da considerare come un insieme complesso, la cui articolazione in gruppi diversi sarà da meglio definire con il prosieguo delle ricerche. Sembra contenere materiale di importazione regionale o extra-regionale, ma non è da escludere la presenza anche di alcuni prodotti locali sottoposti a un processo di lavorazione differente rispetto a quelli del gruppo I.

Le analisi dei suoli argillosi hanno ben evidenziato che è possibile suddividere i campioni in due gruppi distinti, che corrispondono al colore autopicamente dominante di queste terre (dato importante perché dimostra come fosse facile anche per l'artigiano antico poterli distinguere):

- **giacimenti "grigi"** (camp. A, B, C, D, E). A tessitura argillosa (A, B) o argillo-limosa (C, D, E), sono reperibili sia dalle terre di calanco sia, più facilmente, dai livelli di marna ampiamente diffusi alla base della formazione del Monte Vallassa.

- **giacimenti "rossi"** (camp. F e G), individuati al momento solo alla base del Monte Vallassa, alle pendici nord-orientali dell'insediamento di Guardamonte, non molto distanti dal saggio 5. Si tratta di livelli argillo-sabbiosi ad alto tenore ferroso, determinato prevalentemente da

⁴⁵ CECCARELLI 2019, con bibliografia.

⁴⁶ Basato su un algoritmo di raffinamento dei parametri strutturali e cristallografici dei campioni, consentendo la quantificazione delle fasi presenti (RIETVELD 1969).

⁴⁷ Sui problemi di interpretazione della presenza della calcite nella ceramica archeologica in relazione alla temperatura di cottura e ai fenomeni postdeposizionali: FABRI *et alii* 2014.

goethite (classificabili quindi come “terre rosse”⁴⁸ o “argille ferrifere/ferruginose”⁴⁹, note per la buona resa plastica e particolarmente adatte a produrre ceramica da fuoco⁵⁰).

È probabile che entrambe le tipologie argillose venissero sfruttate, forse in miscele miste (vedi *ultra*). A questo livello di ricerca, è anche possibile iniziare a ipotizzare che zone di cava dovessero essere dislocate nell’area a nord-est delle pendici dell’abitato.

[I.M., M.S.]

CAMP.:	località:	data campionamento:	
Posizionamento:			
Formazione geologica:			
(Rif. foglio carta geologica: _____)			
Consistenza: <i>duro/plastico/compatto/friabile/sciolto</i>			
Colore:			
(Munsell: _____)			
Tessitura ⁵¹ :			
Descrizione inclusi visibili:			
valutazione lavorabilità	grado di plasticità:	<i>eccessivo (da degrassare) / ottimale / ridotto (da depurare)</i>	
	% ritiro:	valore: _____	<i>> basso (4-6%) / medio (7-9%) / alto (10-12%)</i>
	fessurazioni in asciugatura:		

Tab. 7: modello di scheda applicata alla descrizione dei campioni di terreno argilloso (in corsivo sono indicati i termini di compilazione a elenco chiuso).

5. Prove archeosperimentali

5.a. Prove di lavorabilità

Tutti i campioni di suolo prelevati per le analisi archeometriche di laboratorio sono stati sottoposti anche a una prova sperimentale di lavorabilità, per determinare se, come materie prime, richiedessero particolari trattamenti preliminari al loro utilizzo per la modellazione. Le prove sono state effettuate a partire da zolle di circa 5-8 cm³, lasciate seccare al buio per circa una settimana, a una temperatura di

20°C. Le zolle sono state quindi frantumate con l’aiuto di una pietra dura (premendo per frantumare i grumi, senza però romperne i grani): già a questo punto è risultato evidente che la materia prima risultava in ogni caso di una certa qualità, essendo povera di inclusioni humico-organiche di dimensioni apprezzabili e di granuli minerali di grandezze eccessive. Il grado di plasticità è stato valutato inumidendo le polveri grossolane così ottenute con acqua di rubinetto, con un rapporto di peso di circa 4:1, lavorandole poi fino a raggiungere il miglior grado di plasticità consentito dal campione (quando cioè il composto raggiunge lo stato plastico senza rimanere attaccato alle dita). Quindi si sono effettuate le seguenti prove:

1. modellazione di un cordoncino (ca. 5 cm di lunghezza x 1 cm di Ø): riuscita per tutti i campioni.
2. sollevamento del cordoncino dal piano, trattenendolo con due dita: i cordoncini realizzati con i camp. A, B, C, D, E si sono piegati, mentre quelli realizzati con i camp. F, G e con una miscela dei camp. D+G hanno mantenuto la forma orizzontale.
3. piegamento del cordoncino a ferro di cavallo: riuscito per tutti i campioni senza che il cordoncino si spezzasse, ma solo i camp. F, G e D+G riuscivano a mantenere la forma, una volta sollevati dal piano.

Sono state effettuate anche delle prove per valutare il comportamento in essiccazione, che è avvenuta all’ombra a una temperatura costante di 20°C, per 5 giorni, su dei campioni modellati a cordoncino (5 cm di lunghezza x 5 mm di Ø) e a dischetto (2,5 cm di Ø x 8 mm di spessore). Le misurazioni effettuate hanno restituito delle percentuali che si attestano sul medio-basso e medio grado di ritiro. Non si registrano inoltre in nessun caso eventi di fessurazione. Dalle prove è emerso innanzitutto che nessuno dei campioni necessita di particolari processi di depurazione, se non di un sommario vaglio manuale; è chiaro inoltre che i giacimenti ferriferi sono risultati adatti a una modellazione diretta senza degrassamento, mentre le marne grigie in purezza presentano un’eccessiva plasticità. Dal tentativo effettuato, si è quindi verificato che una miscela di terre rosse con una

⁴⁸ GOITANI 1937.

⁴⁹ CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 269.

⁵⁰ Particolarmente studiato è il caso delle terre rosse pugliesi (LAVIANO, MUNTONI 2006, con bibliografia).

⁵¹ Determinata già in fase di campionamento tramite preliminare prova empirica al tatto di porzioni di terreno inumidite, in modo da prelevare solo suoli con un alto tenore argilloso.

percentuale intorno al 50% di marna grigia (camp. D+G) mantiene le caratteristiche di plasticità ottimale, ma consentirebbe anche l'aggiunta di buone quantità di ulteriori componenti (quali granuli fondenti), anche grossolani.

[M.S.]

5.b. Ricostruzioni di forni e prove di cottura

Sulla base dei confronti archeologici (vedi *supra*), nel 2012 è stato realizzato un primo tentativo di ricostruzione archeosperimentale della fornace individuata al saggio 5, grazie a un contributo della regione Lombardia⁵², con un primo obiettivo di verificare le condizioni di ventilazione dell'area, anche in relazione a possibili strutture circostanti in alzato. La fornace è stata perciò messa in opera nel punto esatto di rinvenimento delle tracce archeologiche, alla medesima quota originale (dopo aver ripristinato i piani) e con un analogo orientamento. Si è scelto di non realizzare un camino vero e proprio, ma soltanto un foro di tiraggio al centro della cupola della camera di cottura: questa decisione è stata presa alla luce del mancato rinvenimento, durante lo scavo, di frammenti da ricondurre alla struttura di un camino. La profondità e le dimensioni delle due fosse (Ø camera da fuoco: circa 75 cm; larghezza max. interna della camera di cottura: ca 1,20 m, lunghezza max. interna: ca 1,30 m, a cui si aggiungono circa 40 cm per il canale di collegamento) sono state decise, ancora una volta, alla luce delle tracce rinvenute durante lo scavo. In accordo con tali tracce, si è anche realizzato il piano della fossa di combustione a un livello inferiore rispetto a quello della camera di cottura, espediente che doveva favorire il tiraggio (*fig. 18*). Come suggerito dai consulenti del Museo delle Palafitte di Ledro (che, come si accennava, hanno condiviso con noi la realizzazione di questo primo esperimento), la cupola in argilla (di ca 90 cm di altezza dal piano di calpestio, *fig. 16*) è stata realizzata sfruttando un telaio di rami verdi e quindi flessibili (i noccioli del bosco circostante si sono rivelati la scelta ideale); le foglie sono state per lo più lasciate, perché si è verificato che in questo modo il telaio appariva in grado di reggere meglio l'impasto argilloso (realizzato con una miscela di paglia, acqua e argilla disidratata già pronta all'uso). La fornace così realizzata è stata utilizzata per una prima breve cottura sperimentale (5-6 ore) di vasi modellati per

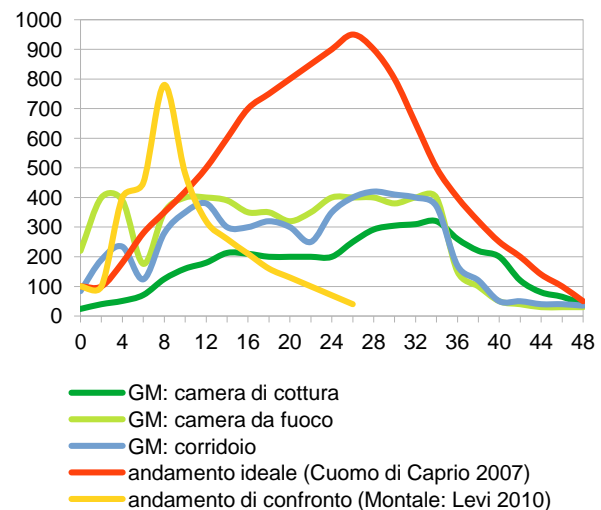


Grafico 1: confronto delle termomisurazioni (ore/°C) effettuate nella parte alta della camera di cottura con esempi-modello di schemi di cottura.

l'occasione con la stessa argilla usata per la cupola (degrassata con *chamotte*), che in atmosfera ossidante avrebbe dovuto cuocere in rosso: a giudicare dal pallido colore grigio-giallo raggiunto in frattura dai prodotti finiti, nonché dalla loro tenerezza, è evidente che in questo caso la cottura è durata troppo poco e non sono state raggiunte temperature sufficienti (probabilmente ben al di sotto dei 500°C), tanto che questi prodotti, se bagnati, tendono a sciogliersi superficialmente. A causa delle basse temperature raggiunte, la struttura interna in rami di nocciolo si è lentamente carbonizzata, ma non è completamente bruciata; la struttura della cupola non ha subito crepe e l'intera fornace si è perfettamente mantenuta in alzato per più di tre anni, coperta da un semplice telo cerato. Durante questo esperimento è stato comunque possibile verificare che la posizione in cui il forno fu collocato risulta ancora oggi particolarmente favorevole, perché riesce a sfruttare i venti dominanti della zona, che garantiscono il facile deflusso dei fumi verso est e nord-est (nonostante la notevole copertura boschiva attuale), secondo una direttrice parallela all'andamento delle supposte strutture esistenti in antico nell'area. Il dato ci permette di ipotizzare l'esistenza di una copertura deperibile a circa 3 metri d'altezza dal piano di lavoro, sorretta dai pali (le cui buche sono state identificate durante lo scavo), aperta almeno sui lati est e ovest per garantire il ricircolo d'aria, e che poteva effettivamente estendersi fino a coprire una parte della cupola, mentre la camera da fuoco doveva essere immediatamente esterna (*fig. 15*). L'esperimento ha anche consentito di iniziare a

⁵² BARATTI 2014, pp. 53-54.

stimare una produttività massima di una fornace di questo tipo e di queste dimensioni, che dovrebbe aggirarsi attorno ai 40-50 vasi di medie dimensioni (ca 20x20 cm). Un secondo tentativo di cottura sperimentale è stato realizzato nel luglio 2015 in collaborazione con l'Associazione Culturale *Il Castelliere*⁵³, questa volta con lo scopo di meglio comprendere le problematiche riguardanti l'intero processo di produzione (dalla cava al prodotto finito), nonché per verificare quali potessero essere le caratteristiche strutturali di dettaglio della fornace e le tecniche di controllo delle condizioni di cottura. Secondo la letteratura, una fornace a due camere orizzontale, se condotta bene, dovrebbe riuscire a raggiungere facilmente temperature piuttosto elevate, sopra i 700°C⁵⁴, come del resto hanno confermato anche le analisi archeometriche da noi effettuate (vedi *supra*). Questa volta si è quindi spesa maggiore attenzione nella realizzazione del piano isolante della camera di cottura, che è stato foderato con scaglie di pietra e laterizi, tentando di imitare il più possibile l'evidenza archeologica (fig. 19). Si è anche allargato il condotto tra le due camere⁵⁵ (fig. 20), sia in larghezza (larghezza min. prima prova: 15 cm, nuova larghezza min.: ca 30 cm, con una larghezza max. di ca 50 cm collocata all'imboccatura del condotto nella camera da fuoco) sia in altezza (altezza min. prima prova: ca 15 cm, nuova altezza min.: 30 cm), prestando molta attenzione a creare un condotto dritto senza curve o strozzature, per favorire il tiraggio. Inoltre, le pareti della camera da fuoco sono state dotate di una fodera di pietre (arenaria locale), simile alle tracce rinvenute durante lo scavo. In quest'occasione si è anche deciso di procedere a una prova di preparazione dell'impasto argilloso da zero, utilizzando dell'argilla da laterizio da noi stessi estratta in un sottosuolo analogo a Lu di Monferrato (non avendo allora ancora avuto occasione di studiare nel dettaglio le proprietà e la distribuzione dei giacimenti locali). L'argilla così recuperata è stata portata sul posto tramite secchi, salendo a piedi dal sentiero che conduce a San Ponzio,

inconsapevolmente ricalcando il probabile percorso che gli antichi avrebbero dovuto seguire se avessero effettivamente sfruttato i giacimenti di terre rosse individuati nel recente studio (vedi *supra*). L'argilla (di cui si sono consumati circa 50 kg) è stata sommariamente sgranata e pulita a mano, rompendo le zolle con delle pietre, dopodiché tre persone a piedi nudi hanno provveduto a impastarla con abbondante acqua (due taniche da 15 litri) e paglia (circa mezza balla di fieno rettangolare di 1m x 50cm) (fig. 21). In questo esperimento si è deciso di realizzare il foro di sfuocatura dei fumi non esattamente al centro della camera di cottura, ma leggermente arretrato verso il fondo, con l'intenzione di migliorarne il tiraggio (fig. 19). Prima di procedere alla cottura, la fornace così realizzata è stata poi lasciata asciugare una settimana.

La durata ideale di un processo di cottura dipende da molteplici fattori, quali la qualità e la granulometria degli impasti ceramici (frazione argillosa e degrassanti/fondenti), lo spessore dei vasi da cuocere e gli effetti che si vogliono ottenere sul prodotto finito. Anche su consiglio dell'artigiana ceramista Zaira Cara⁵⁶, che in quest'occasione si è occupata di modellare i recipienti da cuocere e ci ha fornito consulenza durante tutto il processo di lavorazione, si è deciso per sicurezza di adottare uno schema di cottura "di tipo lento", che prevede il raggiungimento della massima temperatura di cottura in poco meno di 30 ore dall'accensione del fuoco (secondo il decorso rappresentato in rosso nel grafico 1)⁵⁷. Tuttavia, esperimenti di cottura sperimentale già svolti secondo modalità simili alle nostre, sembrerebbero indicare che si possa utilizzare uno schema di cottura di più breve durata, che preveda il raggiungimento della temperatura massima (non elevatissima, attorno ai 750°C) dopo circa 8-10 ore dall'accensione (in giallo nel grafico 1)⁵⁸. Grazie alla collaborazione con la professoressa Maria Pia Riccardi del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia, in questa seconda prova di cottura è stato possibile condurre

⁵³ Di cui qui ringraziamo tutti i membri per aver sempre offerto supporto logistico, manodopera, spunti e soprattutto entusiasmo. Maggiori fotografie degli esperimenti sono disponibili online sulla pagina fb e sul sito dell'Associazione (<https://ilcastelliere.wordpress.com>).

⁵⁴ SOTGIA 2019, pp. 308-309.

⁵⁵ Dai dati di scavo non è possibile definire con chiarezza le larghezze effettive della struttura antica.

⁵⁶ Membro dell'Associazione *Artinfiera* di Gremiasco, che da sempre sostiene le nostre iniziative.

⁵⁷ Questo schema di cottura è anche quello riportato come ideale per le ceramiche illitiche depurate in CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 491.

⁵⁸ Ad es. nel Parco Archeologico delle Terramara di Montale: BRODA *et alii* 2009; LEVI 2010, fig. 121. Purtroppo per questi esperimenti non sono state pubblicate considerazioni di dettaglio sulla resa qualitativa del prodotto ottenuto, che permetterebbero di verificarne l'effettiva efficacia.

una battuta di misurazioni della temperatura interna alla fornace durante tutto il processo, attraverso un termometro a termocoppia Delta Ohm HD2328. Dopo 1 h e 30' dall'accensione, la camera da fuoco aveva già toccato la massima temperatura raggiungibile da un focolare a cielo aperto (400°C circa), salendo gradualmente e in maniera costante (*grafico 1*, in verde chiaro), mentre il canale di collegamento allo sbocco nella camera di cottura sfiorava i 230°C (*grafico 1*, in azzurro). Dopo questa prima fase, senza l'uso di mantici si sono riscontrate notevoli difficoltà a mantenere stabilmente una temperatura così alta nella camera da fuoco. È stata difficoltosa la misurazione stessa della temperatura all'interno della camera di cottura perché, già dopo le prime due ore, risultava complicato inserire lo strumento in profondità nella struttura, per il troppo calore sprigionato; in ogni caso è stato sempre possibile inserire il sensore fino a circa metà dell'altezza della camera (*grafico 1*, in verde scuro). Le misure effettuate hanno dimostrato che vi era una notevole dispersione di calore nel passaggio dal corridoio alla camera di cottura, mentre probabilmente il sistema di tiraggio stava incontrando difficoltà anche a causa di ostruzioni di cenere e concotto nel corridoio. Sono state quindi effettuati diversi tentativi per migliorare la situazione, verificati man mano con le termomisurazioni in tempo reale: si è capito che bisogna fare attenzione a lasciare libero il canale di collegamento dalla cenere e dalle braci, per non bloccare il tiraggio, ma è anche utile avvicinare il più possibile il punto di fuoco all'imboccatura del corridoio, stando attenti a garantire il passaggio dell'aria; è utile anche spingere le braci incandescenti oltre il canale di collegamento direttamente nella camera di cottura (almeno all'inizio del processo, per scaldare più velocemente la struttura). Si è anche verificato che, almeno nelle prime ore, è utile ridurre il diametro dell'apertura del foro di sfiato, operazione che è stata attuata realizzando sul momento una sorta di coperchio in materiale stramineo e argilla (*fig. 22*). Infine, si è anche aumentato il carico di legname nella camera da fuoco e si è agevolato il tiraggio con un piccolo mantice da caminetto. A 24 ore dall'accensione del fuoco, si è così riusciti a stabilizzare la temperatura della camera da fuoco e dell'imboccatura del corridoio attorno ai 400°C, limitando le dispersioni e anche i ritorni di fumo (*fig. 23*): ciò ha determinato un aumento progressivo delle temperature anche nella camera

di cottura che però sembra aver superato di poco i 300°C (36esima ora), come ha dimostrato anche il mancato raggiungimento dell'incandescenza al "calor rosso" da parte dei vasi. A quel punto il fuoco non è più stato alimentato, la fornace è stata di nuovo chiusa con il riduttore e si è avviata così la fase di lento raffreddamento; in totale si sono consumati circa 2,5 quintali di legna mista. Le termomisurazioni hanno indicato che in mezz'ora dal termine dell'alimentazione del fuoco, nella camera di cottura si era verificata una perdita di calore di 50°C circa, valore che ci sembra compatibile con le osservazioni condotte autopicamente sui corpi ceramici (vedi *supra*), da cui emerge che la produzione in impasto attestata a Guardamonte prevedeva di norma un processo di raffreddamento della fornace relativamente veloce, che determinava frequenti e marcati effetti di "cuore nero"⁵⁹. Questo dato contribuisce a rafforzare l'idea che tali strutture non dovessero avere grandi sistemi di chiusura o coibentazione per limitare il raffreddamento. I vasi (una quindicina, modellati circa dieci giorni prima dell'inizio della cottura con argilla illitica depurata), sono stati estratti dalla fornace quando la termocoppia ha registrato una temperatura di 42°C all'interno della camera di cottura, dopo due giorni dall'accensione del primo fuoco: i recipienti erano ancora piuttosto caldi, tanto che per maneggiarli senza scottarsi erano necessari dei guanti (*fig. 24*). All'apertura, non presentavano rotture o fessurazioni; uno solo si è fratturato durante l'estrazione, forse per sbalzo termico. Presentano durezze non elevate, ma i più cotti resistono al contatto con l'acqua. Si sono riscontrate alcune fiammature grigie sulle superfici (*figg. 17, 24*), mentre è risultato sempre presente un leggero effetto "cuore nero". Alcuni vasi hanno esitato su toni di colore più grigio-marroni (Munsell 10YR 6/2 *light brownish gray*), altri sui toni del marrone-rosa (Munsell 7.5YR 6/4 *light brown*, 10YR 6/3 *pale brown*) e del rosa-giallo (Munsell 5YR 7/6 e 7/8 *reddish yellow*). Nello stesso carico sono state cotte anche alcune placchette di dimensioni standard (5x10x0,5 cm), che sono poi state confrontate con una placchetta dello stesso tipo cotta in un moderno forno da ceramista presso il laboratorio di Zaira Cara (secondo uno schema di cottura simile a quello indicato in rosso nel *grafico 1*, ma raggiungendo i 1000°C): la placchetta in questo caso ha acquisito una consistenza dura e un tono di colore rosa-arancio uniforme (Munsell

⁵⁹ CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 499.

7.5YR 8/4 pink). È evidente che il processo di trasformazione in ceramica non si è completato nemmeno nella seconda prova sperimentale, ma l'esperienza ha permesso comunque di formulare ipotesi utili a comprendere il processo di produzione e la reale possibile struttura dell'antica fornace. Il fallimento dell'esperimento potrebbe essere stato dovuto a diversi elementi, tra cui sicuramente la scarsa esperienza degli operatori impegnati nell'esperimento, ma forse un ruolo potrebbe essere stato giocato anche dal livello di carico troppo basso della fornace stessa, sia in termini di combustibile, sia in termini di numero di vasi (fattore che potrebbe aver determinato maggiori livelli di dispersione del calore e di ritorno di fumo). In un futuro nuovo tentativo, per migliorare il tiraggio si potrebbe non solo procedere a una cottura a pieno carico, ma anche creare un secondo foro di sfiato minore sulla parete di fondo della camera di cottura, poco al di sopra del piano di calpestio, come è stato proposto in alcuni modelli elaborati dal Museo di Fiorano Modenese per la ricostruzione di fornaci orizzontali terramaricole⁶⁰. In futuro ci si propone inoltre di provare una cottura un poco più veloce, isolando meglio la struttura e prevedendo carichi di legna molto maggiori ma per un tempo più ridotto, con essenze ad alta resa calorifica e ben stagionate. Si proverà anche a sfondare il lato più distale della parete della camera da fuoco, per garantire l'accesso dell'aria dalla base del punto di focolare (elemento questo che sembrerebbe in effetti intuibile anche dai dati di scavo). Una nuova prova sperimentale potrebbe inoltre prevedere la modellazione dei vasi da zero a partire dalle argille estratte in loco, sfruttando diverse miscele e degrassanti.

[M.S., G.B.]

6. Conclusioni e prospettive di ricerca

Come si è visto, nelle ricerche sul Monte Vallassa l'attività sperimentale ha svolto un ruolo significativo, condividendo con l'intero progetto il tentativo non banale di offrire un quadro più aggiornato della presenza delle comunità in Appennino tra la Protostoria e l'età preromana. Ciò che ha guidato anche questo aspetto della ricerca a Guardamonte è stato dunque il tentativo, avviato da un venticinquennio, di un'applicazione metodologicamente accurata, in grado di portare

in questi delicati contesti stratigrafici le istanze più avanzate della ricerca archeologica contemporanea, cercando di volta in volta di sperimentare tecnologie innovative, scelte però solo sulla base del loro effettivo contributo all'avanzamento della ricerca. Quando iniziò il lavoro a Guardamonte, nella prima metà degli anni Novanta, rari erano i progetti che in quel contesto territoriale erano in grado di contribuire a una visione organica dei processi che si erano susseguiti fin dalla Protostoria, utili ad ampliare l'orizzonte verso una prospettiva più globale nella comprensione delle dinamiche di insediamento sulle alture e sul loro significato storico più ampio; a quel quadro peraltro non sono state molte in questi anni le aggiunte significative. Le difficoltà logistiche e più ampiamente metodologiche che attengono a una corretta procedura in questi contesti hanno spesso scoraggiato molti, anche nei decenni successivi, a intraprendere attività di indagine in queste aree; per noi, grazie alla volontà di Cristina Chiaramonte, che ha scelto di avviare questa ricerca e di condividere l'opportunità di confrontarci con queste realtà, è stato viceversa uno stimolo, nella consapevolezza che contesti così complessi, delicati e frammentari, possano restituire un quadro coerente solo riuscendo a studiare e applicare protocolli adeguati, puntando a obiettivi mirati rispetto a cui costruire specifiche strategie d'indagine. L'attività sperimentale è stato dunque, come si è visto, il completamento naturale di questa prospettiva e ha mosso ancora una volta dalle stesse istanze e prerogative. Come è stato recentemente ben delineato proprio nell'articolo di presentazione alla nuova rivista *Archeologie Sperimentali*⁶¹, questi contributi possono rivestire un ruolo significativo solo se indirizzati lungo percorsi ben delineati e sorretti adeguatamente da metodi e riflessioni ben ancorate alle istanze della ricerca archeologica. Come sintetico contributo al quadro, si vogliono qui offrire alcune ulteriori riflessioni che scaturiscono da quanto sperimentato dal nostro gruppo di ricerca. La scrupolosa attenzione, quasi "filologica", nella realizzazione delle strutture sperimentali e il richiamo puntuale ad analisi scientifiche anche complesse, come si è visto, ha comunque permesso di inserire la ricerca all'interno di attività divulgative, che di quel percorso sono state una tappa importante. Come ben segnalato, è molto evidente il rischio di una degradazione

⁶⁰ CUOMO DI CAPRIO 2007, p. 503.

⁶¹ GODINO *et alii* 2020.

dell'archeologia sperimentale a mero ambito divulgativo, triturrata nei discutibili ingranaggi delle derive del quotidiano e negli equivoci gangli di una archeologia pubblica di tendenza. Quello che abbiamo provato a proporre, a Guardamonte come a Populonia⁶², mira viceversa a trovare una chiave che susciti interessi nel pubblico senza declinare dalle procedure più rigorose, scegliendo, in un cambio di linguaggio e non di paradigma, le formule in grado di coinvolgere gli appassionati ai metodi e agli strumenti propri dell'archeologia moderna, sfruttando proprio alcune delle potenzialità offerte da queste applicazioni. Non appare infatti necessario anche in questo caso, nel rapporto con il pubblico, derogare dalle proprie prospettive, cercando piuttosto di condurre lo spettatore verso l'attenzione e l'interesse per la Complessità, con un ritorno a sollecitazioni che purtroppo la Cultura recente ha ritenuto di archiviare in modo arbitrario. Per ottenere questo, oltre che una ben più meditata ricerca delle domande di ricerca a cui un progetto sperimentale deve tendere, è necessario però un'esplicita accettazione delle criticità, delle contraddizioni e dei "fallimenti" delle sperimentazioni, non solo come strumenti imprescindibili per l'evoluzione delle ricerche stesse ma anche come stimolo determinante per l'indirizzo degli obiettivi e soprattutto come veicolo culturale per una corretta idea di Scienza nell'opinione pubblica. Superare l'idea di esperimenti riusciti a tutti i costi, dunque, oltre a offrire dati più utili a chi si indirizzi verso

attività analoghe, può assolvere anche al ben più alto compito di restituire alla società civile l'idea di una ricerca che muova da dubbi e stimoli dettati proprio dalla riflessione continua e aggiornata sui propri risultati anche quando, e forse soprattutto, appaiano negativi o non comunque rispondenti a quanto preventivato. In questo quadro il compito della divulgazione sarebbe sicuramente più semplice e costruttivo, facilitando l'esplicitazione anche all'esterno di dubbi e contraddizioni, offrendo al contempo un contributo generale a un'idea più relativista dell'approccio in campo scientifico, anche in campi - come ad esempio in molte applicazioni della medicina - dove l'interpretazione dei dati (anche analitici) può e deve superare la mera applicazione della metodologia statistica-combinatoria o di natura strettamente logico-matematica, integrando nel dibattito strumenti (e quindi, però, se si vuole procedere correttamente, anche le relative metodologie applicative più rigorose) di tipo diverso. Non sfugge come un simile approccio "critico" alla divulgazione scientifica, che proviamo a promuovere nelle presentazioni e negli eventi connessi alle nostre attività di ricerca, potrebbe fornire oggi un contributo significativo a un indirizzo più consapevole, anche negli organi d'informazione, all'interno di quel dibattito che le recenti vicende della pandemia hanno reso drammaticamente di attualità.

[G.B.]

Abbreviazioni bibliografiche

GioStorLun - Giornale Storico della Lunigiana

QuadPiem - Quaderni della Soprintendenza

Archeologica del Piemonte

StGen - Studi Genuensi

⁶² BARATTI *et alii* 2020.

Bibliografia

- ACCONCIA V. 2004, *Note sulla produzione e tecnologia del bucchero*, in *Atti Firenze 2004*, pp. 281-291.
- Antichi Liguri 2003, Antichi Liguri sulle vie appenniniche tra Tirreno e Po. Nuovi contributi*, a cura di C. CHIARAMONTE TRERÈ, in "Quaderni di Acme", 61.
- Archeologia Preromana 2009, Archeologia preromana in Emilia occidentale. La ricerca oggi tra monti e pianura*, a cura di C. CHIARAMONTE TRERÈ, in "Quaderni di Acme", 108.
- Atti Alba 1998, Preistoria e protostoria del Piemonte, Atti del XXXII Riunione Scientifica dell'I.I.P.P. (Alba 1995)*.
- Atti Chiavari 2014, Antiche genti del Tigullio a Chiavari. Dalla necropoli ligure al Medioevo*, Atti del convegno (Chiavari 2010), a cura di F. BENENTE E N. CAMPANA.
- Atti Firenze 2004, Appunti sul bucchero*, Atti delle giornate di studio, Firenze.
- Atti Milano 1993, Produzione artigianale ed esportazione nel mondo antico il bucchero etrusco*, Atti del colloquio internazionale, Milano.
- BARATTI G. 2003, *Dinamiche insediative e rinvenimenti sul Monte Vallassa dal Neolitico all'età del Bronzo*, in *Antichi Liguri 2003*, pp. 47-112.
- BARATTI G. 2009, *Dinamiche insediative nell'Appennino ligure emiliano tra età del Bronzo ed età del Ferro nel quadro dei rapporti con la pianura*, in *Archeologia Preromana*, pp. 181-202.
- BARATTI G. 2014, *Lo scavo dell'Università degli Studi di Milano al castelliere del Guardamonte*, in *Casteggio e l'antico: 25 anni di studi e ricerche archeologiche in Provincia di Pavia*, Atti del convegno (Casteggio 2013), pp. 47-57.
- BARATTI G. 2016, *La frequentazione neolitica di Guardamonte (Monte Vallassa, m 752 slm, PV-AL)*, in *Pionieri delle Alpi. Il pieno Neolitico tra le Alpi Occidentali*, Convegno di Studi (Chiomonte 2007), in "Archeologia del Piemonte", 5, Torino, pp. 98-104.
- BARATTI G., VANDELLI A., CAMMELLI M.S., COMINELLI M., BRICCOLA M., *Sperimentazioni dei processi produttivi del ferro: primi dati dal progetto di ricostruzione di Populonia*, in "Archeologie Sperimentali", 1, pp. 76-99.
- BASSO E., BERNABÒ BREA M., RICCARDI M.P. 2000, *Le ceramiche neolitiche di Travo (Piacenza). Studio petro-archeometrico*, in *Dalle microsonde cristallografiche alle proprietà dei materiali*, Atti dell'80° Congresso Nazionale, "Plinius" - Suppl. Italiano all'"European Journal of Mineralogy", pp. 25-26.
- BEDINI L. 2019, *Forni da ceramica e cotture sperimentali in ossidazione, riduzione totale e parziale*; in "Ipotesi di Preistoria", 12, 345-350.
- BERNABÒ BREA M., CREMASCHI M., PERESANI M., OCCHI S., *Provenienza ed uso degli oggetti in pietra*, in M.A. BERNABÒ BREA, M. CREMASCHI (a cura di), *Il villaggio piccolo della terramara di Santa Rosa di Poviglio. Scavi 1987-1992*, pp. 671-692.
- BORMETTI M., MAINI E., BARATTI G. C.S., *Analisi faunistiche nel sito dell'età del Ferro del Guardamonte (AL-PV)*, in *Preistoria e Protostoria in Lombardia e Canton Ticino*, Atti della LII Riunione dell'IIPP (Como 2017).
- BRODÀ Y., CANNAVÒ V., GOVI E., LEVI S.T., MARCHETTI DORI S., PELLACANI G. 2009, *Bronze Age Terramare Pottery from Northern Italy - Exercises in experimental reproduction*, in *Vessels: inside and outside*, Proceedings of the Conference EMAC '07, 9TH European Meeting on Ancient Ceramics (Budapest 2007), pp. 103-110.
- CAPELLI C., MANNONI T., STARNINI E., CABELLA R., 2006a, *Le produzioni preistoriche e protostoriche italiane nella banca dati delle ceramiche mediterranee di Genova: storia delle ricerche archeometriche e stato attuale delle conoscenze*, in *La ceramica in Italia quando l'Italia non c'era*, Atti dell'8ª giornata di archeometria della ceramica (Vietri sul Mare 2004), pp. 57-62.
- CAPELLI C., MANNONI T., STARNINI E. 2006b, *Tecniche produttive, materie prime e provenienza delle ceramiche preistoriche e protostoriche della Liguria*, in *Materie prime e scambi nella Preistoria italiana*, Atti della XXXIX Riunione Scientifica IIPP (Firenze 2004), pp. 1201-1208.

CAPELLI C., MANNONI T., STARNINI E., CABELLA R., 2006c, *Le origini della produzione in Liguria: dati archeologici e mineralogico-petrografici integrati sulla ceramica preistorica e protostorica*, in Atti del XXXVII e XXXVIII Convegno Internazionale della Ceramica (2004-2005), pp. 49-55.

CAPELLI C., CABELLA R. 2013, *50 anni di archeometria della ceramica a Genova*, in G. OLCESE (a cura di), *Ricerche archeologiche, archeometriche e informatiche per la ricostruzione dell'economia e dei commerci nel bacino occidentale del Mediterraneo (metà IV sec. a.C. - I sec. d.C.)*, Atti del Convegno (Roma 2011), "Immensa Aequora" Workshop, pp. 487-490.

CAPELLI C., MANNONI T. 1996, *Proposte per una scheda descrittiva delle sezioni sottili e per una classificazione minero-petrografica delle ceramiche*, in "Archeologia Medievale" XXIII, pp. 689-697.

CATTANEO CASSANO A.C., GIARETTI M. 1998, *La media età del Ferro nella Valle del Tanaro*, in Atti Alba 1998, pp. 313-325.

CATTANEO R., CHIARAMONTE TRERÈ C., MORDEGLIA L., GORINI G., PERELLI CIPPO E., BARTOLI L., WINFRED K., SCHERILLO A. 2011, *Integrated X-ray and neutron-based analysis of bronze artefacts from the Ligurian settlement of Guardamonte-Monte Vallassa*, in "Journal of Analytical Atomic Spectrometry" 5, pp. 1024-1029.

CECCARELLI L. 2019, *Analisi archeometriche e statistiche per la caratterizzazione di produzioni di bucchero*, in "Archeologia e Calcolatori", 30, pp. 387-404.

CHIARAMONTE TRERÈ C., 2003, *Gli antichi Liguri sul Monte Vallassa. La definizione di un sistema informatico territoriale e la ripresa degli scavi nel sito del Guardamonte*, in *Antichi Liguri* 2003, pp. 7-46.

CHIARAMONTE TRERÈ C., BARATTI G., MORDEGLIA L. 2002, *L'insediamento sul Monte Vallassa (AL-PV), spartiacque tra due bacini fluviali*, in *Preistoria e Protostoria in Etruria*, Atti del V Incontro di Studi "Paesaggi d'acque" (Sorano-Farnese 2000), pp. 273-286.

CHIARAMONTE TRERÈ C., BARATTI G. 2016, *L'insediamento d'altura del Guardamonte tra IV e III secolo a.C. Considerazioni a fronte dei recenti scavi*, in *Il mondo etrusco e il mondo italico di ambito*

settentrionale prima dell'impatto con Roma, Atti del convegno di Studi Etruschi e Italici, Sez. Etruria padana e Italia settentrionale (Bologna 2013), pp. 555-579.

CUOMO DI CAPRIO N. 2007, *La ceramica in archeologia, 2: antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, Roma.

FABBRI B., GUALTIERI S., SHOVAL S. 2014, *The presence of calcite in archaeological ceramics*, in "Journal of the European Ceramic Society" 34, pp. 1899-1911.

GAMBARO L., MORDEGLIA L. 2016, *Indicatori di produzione ceramica in area ligure tra seconda età del Ferro e romanizzazione*, in *Archeologia delle produzioni ceramiche nel mondo antico. Spazi, prodotti, strumenti e tecniche*, pp. 109-127.

GELATI R., VERCESI P.L. 1994, *Itinerario n. 3: Da Voghera a Tortona. Geologia delle valli Staffora, Curone e Grue: le successioni Epiliguri a nord della Linea Villalvernia -Varzi*, in "Guide Geologiche Regionali della Società Geologica Italiana", pp. 157-174.

GODINO Y., LEBOLE C., DI GANGI G. 2020, *"Fornire la pratica che sostiene la teoria": una riflessione sull'archeologia sperimentale*, in "Archeologie Sperimentali" 1, pp. 1-27.

GOITANI M. 1937, v. *Terra rossa*, in *Enciclopedia Italiana* Treccani.

IAIA C. 2009, *Una panoramica sugli impianti di cottura per ceramica nella protostoria italiana, fino al VI secolo a.C.*, in *Sansepolcro* 2009, pp. 55-72.

LAVIANO R., MUNTONI I.M. 2006, *Provenance and technology of Apulian Neolithic pottery*, in *Geomaterials in Cultural Heritage*, "Geological Society London Special Publication" 257.1, pp. 49-62.

LEVI S.T. 2010, *Dal coccio al vasaio. Manifattura, tecnologia e classificazione della ceramica*, Bologna.

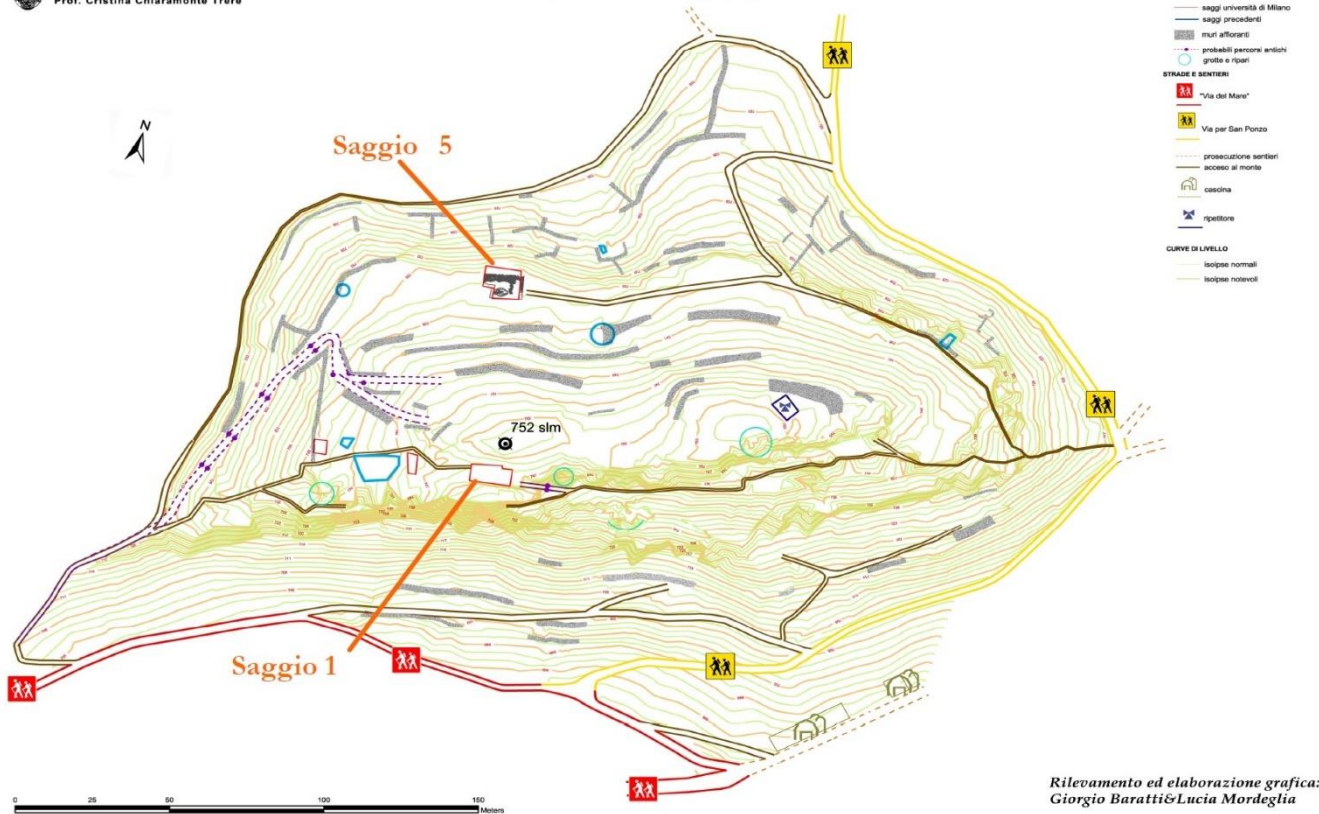
LO PORTO F.G. 1954, *Una stazione dell'Età del Ferro nel Tortonese*, in "RivStLig", XX, 3, pp. 163-204.

LO PORTO F.G. 1957, *Il castelliere ligure del Guardamonte*, in "Nsc", pp. 212-227.

- MALNATI L. 1993, *Il bucchero in Emilia: elementi per una catalogazione preliminare*, in *Atti Milano 1993*, pp. 43-71.
- MANNONI T. 1968, *Ricerche sulle ceramiche del castellaro di Pieve S. Lorenzo*, in "GioStorLun" XVII.1/4, pp. 15-23.
- MANNONI T. 1972, *La ceramica dell'età del Ferro del Genovesato. Saggio di studio mineralogico*, in "StGen" VIII (1970-1971), pp. 3-24.
- MANNONI T. 1975, *Studio mineralogico di alcuni tipi ceramici provenienti dall'abitato preromano di Genova*, in N. CAFFARELLO (a cura di), *Archeologica. Scritti in onore di Aldo Neppi Modona*, pp. 373-386.
- MANNONI T. 1983, *Dove e come venivano fabbricate le ceramiche preistoriche della Liguria Orientale*, in R. MAGGIANI (a cura di), *Preistoria della Liguria orientale*, pp. 21-24.
- MANNONI T., GIANNICCHEDDA E. 1996, *Archeologia della produzione*, Torino.
- MARITAN L., MAZZOLI C., SARACINO M. 2009, *Archeometria delle fornaci*, in *Sansepolcro 2009*, pp. 73-80.
- MELLI P. 2014, *Vie del bucchero in Liguria*, in *Atti Chiavari 2014*, pp. 119-126.
- MILANESE M. 1987, *Scavi nell'oppidum preromano di Genova (Genova, S. Silvestro 1)*, Roma.
- MIRTI P. 1998, *On the use of colour coordinates to evaluate firing temperatures of ancient pottery*, "Archeometry", 40.1, pp. 45-57.
- Monte S. Elena 2009, *Monte S. Elena (Bergeggi-SV), un sito ligure d'altura affacciato sul mare: scavi 1999-2006*, a cura di B. M. GIANNATTASIO, G. ODETTI, Firenze.
- MORDEGLIA L. 2003, *Il sito di Guardamonte nell'età del Ferro. Nuove acquisizioni*, in *Antichi Liguri 2003*, pp. 113-156.
- MORDEGLIA L. 2009, *La presenza del bucchero in Italia nord-occidentale. Nuovi dati dal Castelliere di Guardamonte (PV)*, in *Archeologia Preromana*, pp. 249-266.
- MORDEGLIA L. 2016, *Rozza ceramica d'impasto. La ceramica ligure nell'età del Ferro*, Roma.
- PALERMO A. 2019, *I reperti archeologici: gli elementi del corredo funerario*, in *Le ceneri degli Statielli. La necropoli della seconda età del Ferro di Montabone*, a cura di M. Venturino, "Aqua Statiellae - Studi di Archeologia", 4, pp. 147-166.
- PROSPERI R. 1998, *Insedimento della seconda età del Ferro a Limone Piemonte (CN) - località Tetti Monsù*, in *Atti Alba 1998*, pp. 347-358.
- RIETVELD 1969, *A profile refinement method for nuclear and magnetic structures*, in «Journal of Applied Crystallography» 2, pp. 65-71.
- Sansepolcro 2009, *L'età del Ferro a Sansepolcro. Attività produttive e ambiente nel sito di Trebbio*, a cura di C. IAIA, A. MORONI LANFREDINI, Perugia.
- SOTGIA A. 2019, *Fornaci per ceramica ed aree produttive in Italia tra Età del Bronzo ed Età del Ferro. Una proposta di classificazione tipologica*, in "Ipotesi di Preistoria", 12, pp. 301-318.
- VENTURINO GAMBARI M., GIARETTI M., ZAMAGNI B., BEDINI E., PETITI E., MOTELLA DE CARLO S. 2015, *Montecastello, una comunità ligure della valle Tanaro tra età del Bronzo Finale e seconda età del Ferro*, in "QuadPiem", 30, pp. 37-86.
- VIDALE M. 1993, *Produzione artigianale protostorica, "Saltuarie del laboratorio del Piovego"*, 4, Padova.
- VIDALE M. 2007, *Ceramica e archeologia*, Roma.
- ZAMBONI L. 2016, *Spina città liquida. Gli scavi 1977-1981 nell'abitato e i materiali tardo-arcaici e classici*, "Zürcher Archäologische Forschungen", 3, Zurigo.

Università degli Studi di Milano
Cattedra di Civiltà dell'Italia preromana
Prof. Cristina Chiaramonte Trerè

Monte Vallassa



Rilevamento ed elaborazione grafica:
Giorgio Baratti & Lucia Mordegli

Figura 1: rilievo dell'area del castelliere.



Figura 2: ceramica ipercotta dal saggio 5.

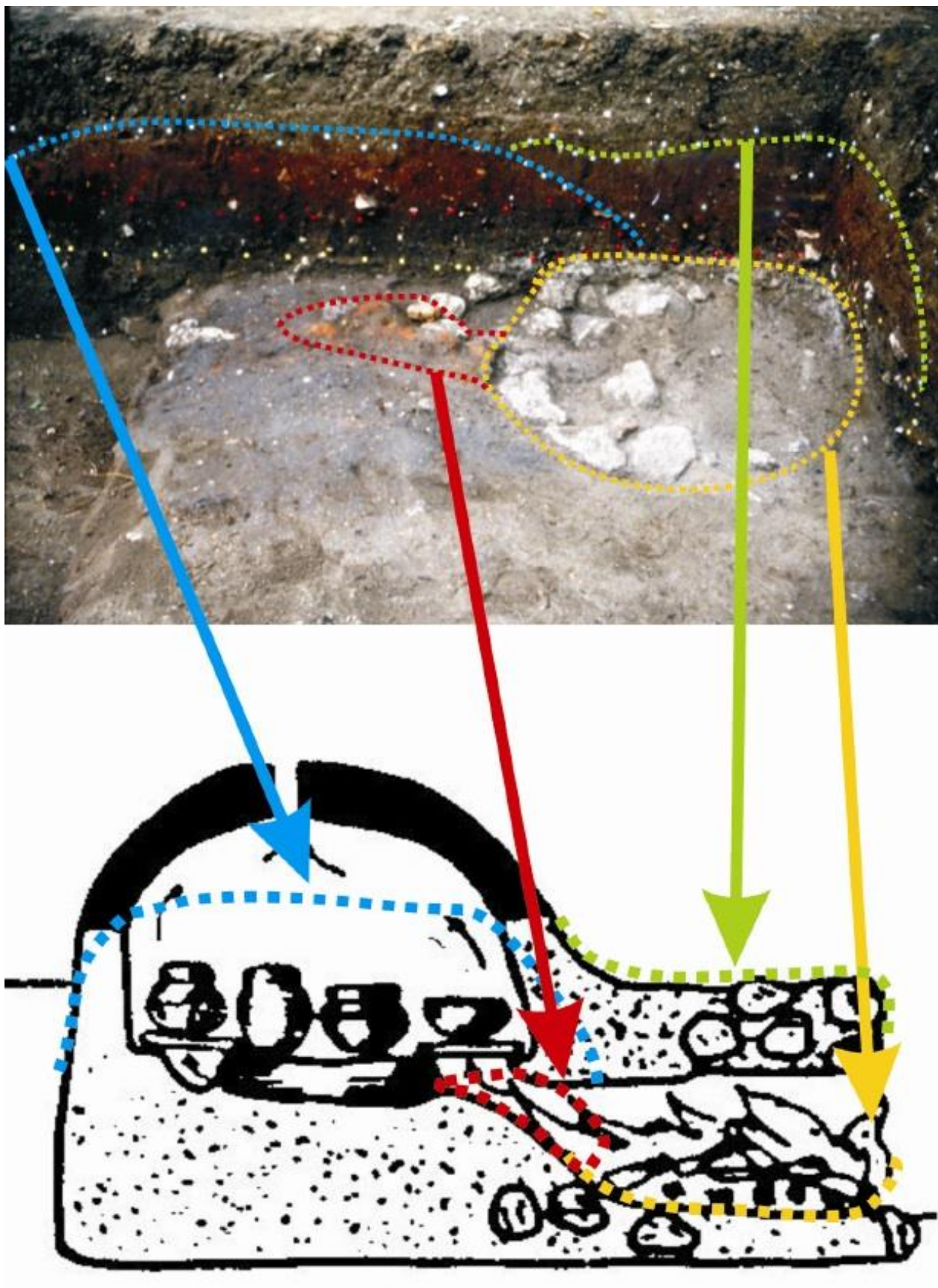


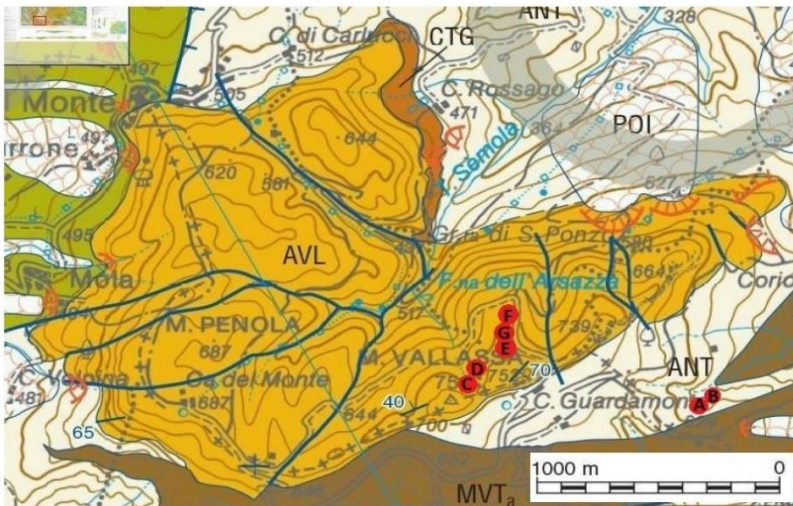
Figura 3: la fornace in corso di scavo e un'ipotesi ricostruttiva della struttura.



Figura 4: campionamento dei suoli locali (camp. A e G).



Figura 5: il paesaggio a calanchi a sud del Monte Vallassa.



ANT – FORMAZIONE DI ANTOGNOLA.

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine mangansifere; fratturazione concoide o con tipiche superfici concentriche; frequenti i microfossili e, talora, i bioclasti. Stratificazione difficilmente distinguibile. Associazioni a nanofossili. Emipelagiti.

AVL – ARENARIE DI MONTE VALLASSA.

Arenarie bioclastiche e biocalcareni, bruno-giallastre in patina e grigie in frattura, a molluschi, briozoi, foraminiferi bentonici, alghe, più vari brachiopodi ed echinidi. In subordine conglomerati fini a bioclasti e biocalci - ruditi, con clasti di rocce metamorfiche verdi. Si intercalano marne sabbiose grigio-azzurre bioturbate (parte bassa della successione del Monte Vallassa). Stratificazione mal definita o in strati amalgamati, talora molto alterati a formare banchi sabbiosi. A tratti evidente stratificazione obliqua. Rielaborazione per bioturbazione e diagenesi intensa e diffusa. Presenza di vene silicizzate (M. Tye Termini). Depositi costieri e di piattaforma terrigena.

CTG – FORMAZIONE DI CONTIGNACO. Marne selciose e/o marne tripolacee biancastre, marne selciose grigie, a fratturazione scheggiata, localmente siltose, compatte e con silicizzazione secondaria diffusa, solo talora concentrata in sottili livelli o lenti di colore grigio-scuro. Sono presenti strati arenacei di origine torbiditica con granulometrie da fini a molto grossolane e sporadici livelli cineritici.

Figura 6: Carta geologica dell'area: ISPRA, Foglio 178: in rosso sono segnalati i punti di prelievo dei campioni di suolo.



Figura 7: porzione di olla riasssemblata, dove è evidente la tendenza alla fratturazione in lacerti pseudorettangolari.

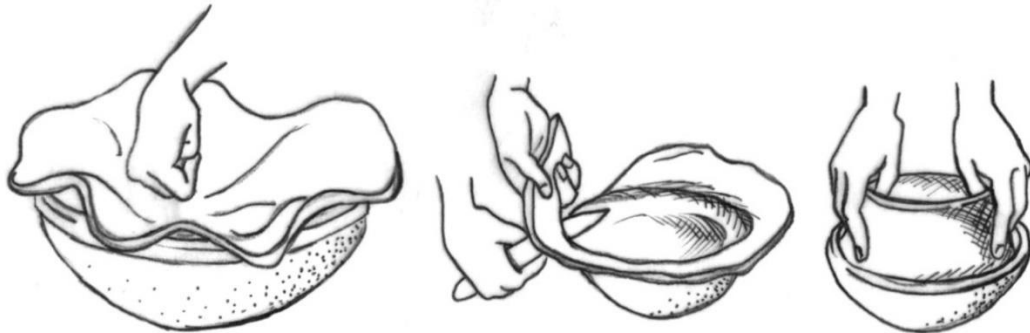


Figura 8: probabile tecnica di modellazione di una ciotola carenata.



Figura 9: ritaglio di parti in eccesso tramite cordicella; cucitura di un orlo [Fotografie realizzate durante la riproduzione di alcune forme vascolari liguri in collaborazione con la ceramista Zaira Cara].



Figura 10: frammento di piede ad anello che in frattura mostra tracce di giunzione a serie di immorsature.



Figura 11: orlo di forma aperta decorato a tacche.

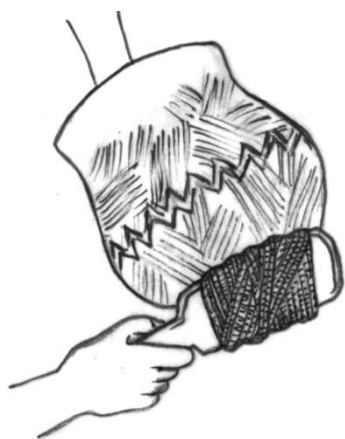


Figura 12: possibile tecnica di esecuzione della "spazzolatura".



Figura 13: tracce evidenti di spazzolatura.





Figura 14: esempi di decorazioni.

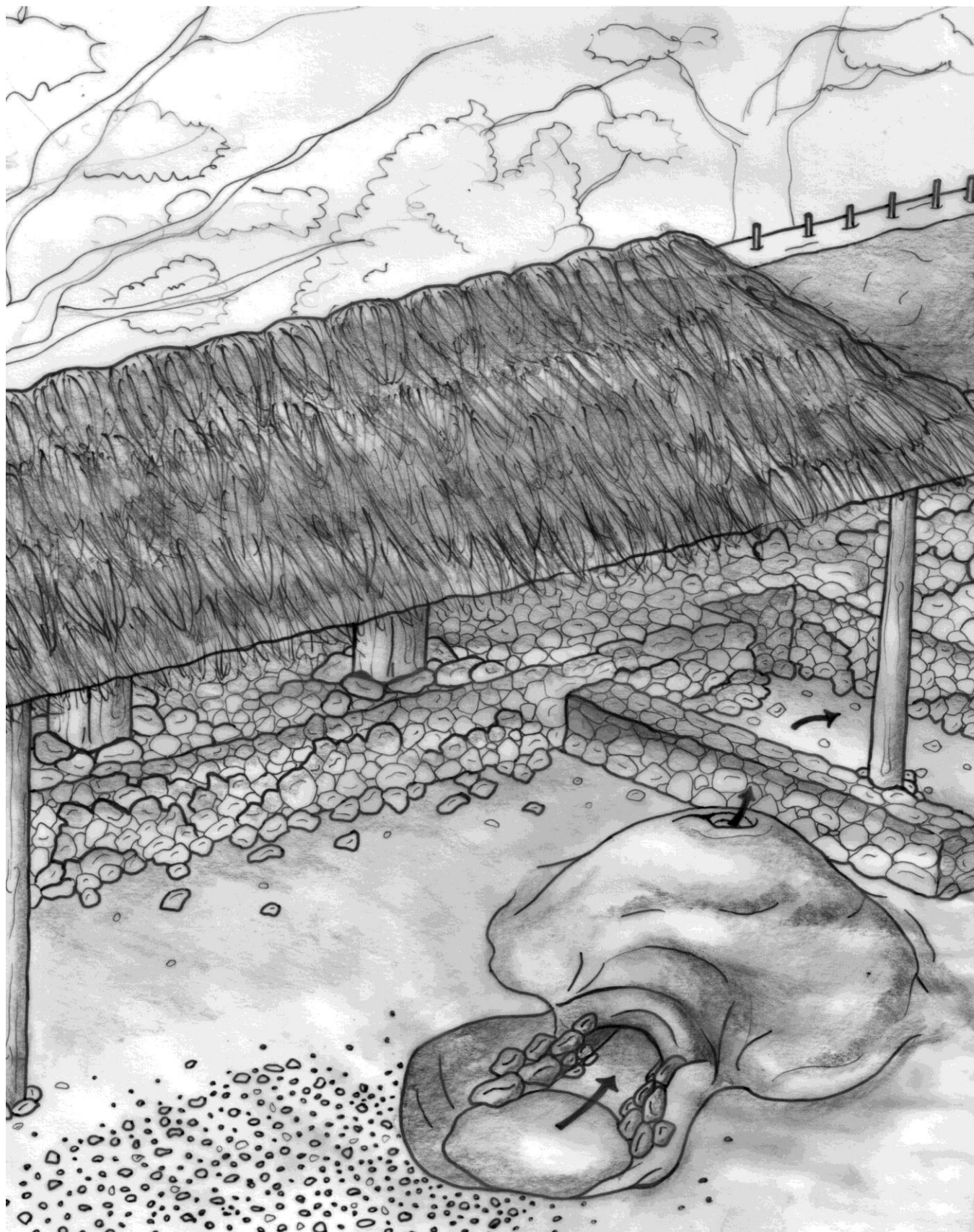


Figura 15: ricostruzione dell'area della fornace [M.S.].



Figura 16: la realizzazione della cupola



Figura 17: alcuni vasi esito del primo esperimento (situla grigio scuro a dx.), a confronto con due ciotole in argilla cruda (grigie, al centro) e con due tazze esito del secondo tentativo (marrone-rosa, a sx. e al centro).

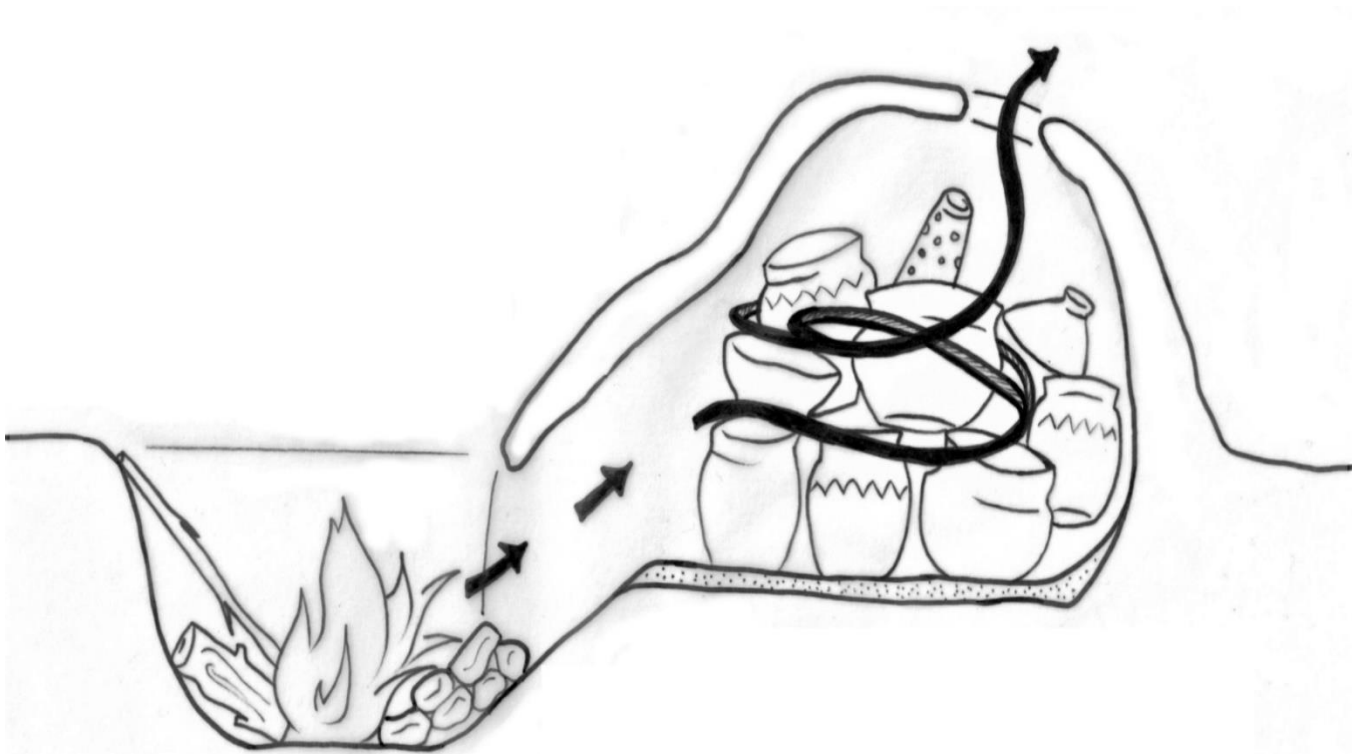


Figura 18: sezione ricostruttiva della fornace [M.S.].



Figura 19: preparazione del piano della camera di cottura.



Figura 20: la porzione sottoscavata nel secondo tentativo.



Figura 21: preparazione dell'impasto argilloso.



Figura 22: struttura del coperchio-riduttore.



Figura 23: la fornace in funzione.



Figura 24: un vaso appena estratto dalla fornace.

Contributo allo studio dell'antica saldatura a colata di bronzo

Autori: Monica Galeotti*, Alessandro Pacini **

* Opificio delle Pietre Dure di Firenze
monica.galeotti@beniculturali.it

**Laboratorio Aliseda
ale.pacini@gmail.com

Abstract

Breve descrizione degli esperimenti di ricostruzione della saldatura dei grandi bronzi greci e romani dal VI sec. a.C. all'epoca romana fatti finora in Italia, Francia, Germania e Giappone. Prove sperimentali effettuate su piccoli provini in sabbia da fonderia e a cera persa. Prove sperimentali di saldatura a colata di bronzo saldante con sistema a cera persa su alcuni pezzi di panneggio di statuette in bronzo al piombo effettuate con materiali e tecniche di tipo antico. Le analisi SEM-EDX di campioni prelevati dai provini e dalla statuette hanno mostrato, in alcuni casi, l'avvenuta saldatura autogena col sistema della colata di bronzo saldante, sistema a cera persa.

Brief description of the experiments of the welding of Greek and Roman bronzes, dated from the VI sec. B.C. to Hellenism, in Italy, France, Germany and Japan. Experiment carried out on small proofs in casting sand and wax lost casting. Experiment of bronze welding with a wax lost system on some elements from a bronze drapery statuette with antique materials and techniques. The SEM-EDX analyzes of samples taken from the proofs and from statuette have shown, in some cases, the occur of the autogenous welding with the system of the welding bronze (lost wax system).

Parole chiave: ricostruzione, bronzo, saldatura, cera persa, antichità

1. Introduzione

È noto che la statuaria in bronzo greco-romana, dall'Arcaismo fino all'età Tardoantica, è stata fusa in parti separate che poi venivano saldate per ricomporre la scultura. Negli anni sempre più studi tecnologici, supportati da analisi chimiche e fisiche, hanno confermato la presenza di queste saldature nei bronzi antichi, tipicamente usate per collegare la testa e gli arti al busto, ma utilizzate anche per altre parti, a volte molto piccole, come il dito di un piede. Tra le fonti documentarie Filone di Bisanzio, erudito greco del III secolo a.C., ricorda la tecnica nel *Libellus de septem orbis spectaculis*: "gli artigiani prima modellano [le statue] nel loro insieme, poi, dopo averle tagliate nelle loro parti naturali: testa, busto, arti, fondono e assemblano le parti e infine erigono la statua [...]". Il passo è stato raccolto da Jochem Wolters in *Schriftquellen zur geschichte des wachsausschmelzverfahrens in orient und okzident*

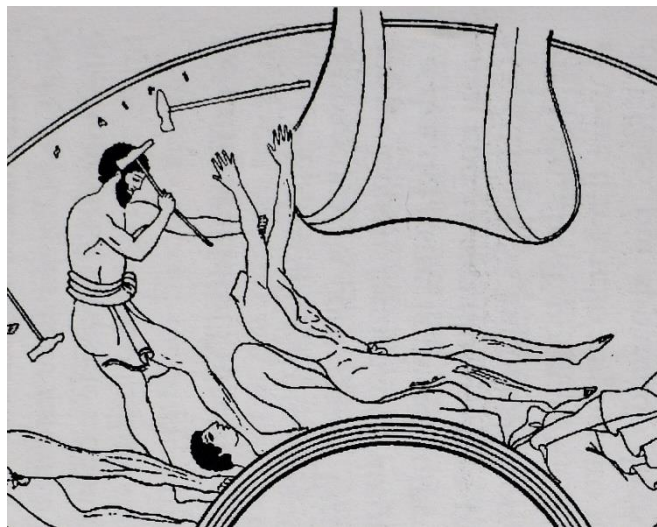


Figura 1: Kylix 'della fonderia', V secolo a.C., Altes Museum di Berlino (VIDALE 2002, p. 213).

(WOLTERS 2010, p. 68). Altra testimonianza, importante quanto celebre, è la raffigurazione di una bottega di

bronzisti sulla *kylix* detta appunto “della fonderia”, conservata presso l’Altes Museum di Berlino e datata al V secolo a.C. Un accurato studio delle scene della coppa è a cura di Massimo Vidale (VIDALE 2002, pp. 211-236) a cui rimando per approfondimenti. Personalmente mi preme evidenziare circa le scene della coppa due cose: la prima è l’interpretazione di Casson (VIDALE 2002, p. 230) riguardo l’operazione dell’artigiano barbuto che solleva un martello dal lungo manico come preparazione del collo della statua in previsione della saldatura della testa, che si trova ancora a terra, preparando lo spazio nella terra di fusione interna al busto. Condivido questa interpretazione. La seconda è il fatto che la statua acefala si trovi coricata su una massa di materia, argilla o quantomeno terra generica, che credo venga usata per mantenere in posizione stabile la scultura proprio in funzione dell’imminente saldatura della testa (fig. 1). Sono due notazioni sulla relazione tecnica che esiste tra la saldatura e la terra di fusione da una parte e il sistema di mantenimento in posizione delle parti da saldare dall’altra. Ulteriori suggerimenti su come si concepiva la saldatura dei grandi bronzi possono derivare dall’osservazione degli incastri usati per unire gli *akrolitha*, cioè quelle statue in pietra composte da parti separate in cui perni, tenoni e mortase, probabilmente rinforzati da collanti tipo resine e mastici, tenevano insieme il tutto. L’idea è quella di lavorare fin dall’inizio della scultura bronzea, per lo meno dalle fasi di formatura¹, su parti separate, per poi ricomporle grazie a incastri e saldature forti². Gli archeometallurghi hanno cominciato a discutere decenni fa sulla saldatura dei bronzi, ma per molto tempo la tecnica è rimasta avvolta da una nube di mistero abbastanza fitta; ciò che si sapeva era che si trattava di una saldatura autogena, ottenuta cioè senza apporto di leghe o metalli diversi da

quelli costituenti l’opera. In Italia, probabilmente per primo, Edilberto Formigli ha ipotizzato per questa particolare saldatura, detta “a colaggio”, due possibili sistemi: riscaldamento delle parti da saldare e colata della lega saldante nell’interstizio lungo la linea di contatto dei pezzi da unire, eventualmente con la presenza di ‘vaschette’³ oppure scorrimento di lega saldante lungo l’interstizio fino all’ottenimento della saldatura (tecnica che Formigli definisce impropriamente “puddellaggio”) (FORMIGLI 1984, p. 130). Nel primo caso le parti da unire sono riscaldate con brace, nel secondo dallo scorrimento della lega saldante. Tra i primi studi con analisi relative a questa tecnica, ricordo il contributo di Ulrich Zwicker presentato nel 1991 al seminario di Murlo dedicato ai grandi bronzi. Zwicker mostrò la sezione lucida di un campione proveniente da un frammento di bronzo trovato a Olimpia, da ricondurre probabilmente all’officina di Fidia, prelevato sul punto di saldatura. Non vi era differenza di composizione tra la lega saldante e il resto, si trattava quindi di una saldatura autogena, definita *fusion welding*; si evidenziò anche una perfetta compenetrazione tra saldante e getti e il fatto che la lega si fosse raffreddata molto lentamente. L’autore, anche in base a varie prove sperimentali da lui condotte di *fusion welding*, affermò che per ottenere la saldatura fosse necessario scaldare i pezzi almeno a 800° C prima di colare la lega saldante e che questi si dovessero trovare in ambiente riducente e inglobati in un supporto ceramico (ZWICKER 1993, pp. 140-144). Nel 1993 e nel 1995 altri due seminari a Murlo furono dedicati ai grandi bronzi; Formigli approfondì la questione con un esperimento di saldatura di un piede, a grandezza naturale, alla relativa gamba e con uno studio specifico pubblicato nel 1999 in *I grandi bronzi antichi* (pp. 83-91).

¹L’insieme delle operazioni che producono lo stampo di un modello. In bronzistica lo stampo è normalmente in gesso. Resti di stampi sono stati trovati in Italia nel sito dell’antica Baia (Napoli) la cui officina fu attiva tra l’epoca di Augusto e il II secolo (GASPARRI 1989, pp. 96-101), ma stampi in gesso provengono da diverse località del mondo antico, uno studio approfondito a tal proposito è quello di M. GRAWEHR, pubblicato nel 2010.

²Per saldatura forte s’intende sia una saldatura autogena, cioè l’unione di parti metalliche effettuata solo per mezzo del calore, sia una brasatura forte, cioè l’unione di parti metalliche per mezzo di una lega saldante, in genere a base di argento o rame, il cui punto di fusione sia superiore a circa 600°C. Testimonianza antica della saldatura forte è un passo di Cassio (Cassio Dione?) che si trova citato nella traduzione di Blaise de Vigenère della descrizione di Callistrato di alcune statue antiche, nota 112, pagina 251 dell’*Éditions La Bibliothèque* del 2010: “Ferruminatio per eadem materiam facit confusionem: plumbatura vero non idem efficit” cioè: “la saldatura forte provoca un fusione reciproca per mezzo della stessa materia: invero la saldatura a piombo (tenera) non produce lo stesso effetto” (trad. A. Pacini).

³La giunzione di parti di sculture in bronzo nota come saldatura a ‘vaschette’ è una variante della saldatura autogena conosciuta in Grecia dalla fine dell’età arcaica e messa a punto almeno dal secondo quarto del V secolo a.C. Le vaschette sono incavi ovaloidi ricavati sulla superficie delle parti di bronzo da saldare, metà su una parte e metà sull’altra, in modo che il metallo saldante li riempia e possano fungere da elemento di rinforzo della saldatura stessa.

L'esperimento non ebbe esito positivo probabilmente perché non si riuscì a portare i pezzi alla giusta temperatura e soprattutto perché si tentò una colata a cielo aperto, gettando il bronzo saldante direttamente negli incavi predisposti lungo la linea di giunzione tra il piede e la gamba. Nel 2011 è il gruppo di studio dei francesi del Louvre, tra cui l'analista Benoît Mille, che riprova la saldatura autogena con colata di bronzo (definita *flow fusion welding*), anch'essi a partire dalle osservazioni sui bronzi originali, i quali mostravano spesso vaschette all'esterno e corrispondenti cordoli in rilievo all'interno. I loro esperimenti, effettuati su un piccolo provino e con tecnologia moderna, hanno prodotto soltanto una parziale saldatura. Il lavoro è stato pubblicato in A. AZÉMA *et alii* 2011 (pp. 71-80). Mille aveva già scritto su questo argomento nel 2007, definendo le saldature presenti su un cavallo bronzeo gallo romano *soudure au bronze liquide* (MILLE 2007, pp. 88-99). Nel 2014 Frank Willer e Ronny Meijers pubblicarono uno studio generale sui bronzi antichi in cui ipotizzarono il rivestimento con terra di fusione delle sezioni da saldare in modo da poter far scorrere il bronzo saldante negli incavi predisposti fino all'ottenimento della saldatura, senza l'impiego del sistema a cera persa (WILLER, MEIJERS 2014, p. 175). Sono i giapponesi guidati da Koichi Hada (Università Cristiana Internazionale di Tokyo) e da Takashi Matsumoto (Istituto Arti di Musashino) che per primi hanno effettuato ricostruzioni sperimentali della saldatura al bronzo liquido su modelli simili a quelli antichi completando con successo gli esperimenti dalla modellazione delle parti della scultura (copie dei bronzi di Riace) fino alle saldature delle stesse. I risultati di questo importante lavoro sono stati presentati al convegno *I bronzi di Riace e la bronzistica del V secolo a.C.*, tenutosi a Messina e Reggio Calabria il 25 e 26 ottobre 2018 (C. MALACRINO, D. CASTRIZIO (a cura di), *I Bronzi di Riace - studi e ricerche*, Reggio Calabria, 2020). Hada e Matsumoto hanno ipotizzato tre tipi di tecniche per la saldatura a vaschette; hanno provato con ottimi risultati l'alimentazione della forma con un solo canale/imbuto di colata (cioè non hanno usato canali di alimentazione, ma soltanto uno o due canali di sfiato attaccati alla parte bassa del modello); hanno dimostrato la necessità di usare la tecnica a cera persa per le saldature; hanno messo a punto un sistema di tamponamento delle fuoriuscite del bronzo saldante per bloccare la colata al momento giusto, cioè appena ottenuta la saldatura. Restiamo in attesa dei risultati delle analisi su campioni

delle loro saldature, sezioni lucide, analisi al SEM e quant'altro dimostri anche microscopicamente ciò che appare riuscito dalla documentazione fotografica presentata al convegno.

2. Esperimenti

Alcuni anni fa avevo tentato un esperimento di saldatura per colata di bronzo saldante di due piccole piastre (cm 5x3x0,5) di bronzo (Cu 90%; Sn 10%, percentuali in peso) in cui avevo scavato a scalpello una vaschetta ovale per metà su una piastra e per metà sull'altra per una profondità di circa 2 mm. Per tenerle accostate in posizione, ricavando al contempo il canale destinato allo scorrimento del bronzo saldante, avevo deciso di usare una sabbia da fonderia moderna e le staffe di legno sovrapponibili. Una volta predisposto nella sabbia il cono di colata e il canale di uscita della saldatura, chiuse le staffe e sistemate in posizione inclinata, ho colato il bronzo dello stesso tipo delle piastre portato a fusione in fornello elettrico alla temperatura di 1100° C circa. La colata si è interrotta quasi subito, dato che il bronzo fuso aveva trovato la sabbia e le piastre da saldare fredde. Non ero riuscito nemmeno a riempire completamente la vaschetta, mentre la saldatura si era limitata a un piccolissimo punto negli angoli dei provini interessati dall'uscita della saldatura (*figg.* da 2 a 6). Ho eseguito il secondo tentativo agli inizi del 2020, recuperando i provini con la vaschetta e preparandone altri due che simulassero la sovrapposizione delle pieghe di un pannello: uno superiore incurvato e uno inferiore piatto. In questi ultimi la saldatura avrebbe dovuto passare attraverso i fori di 10 mm di diametro che vi avevo fatto al centro, unendoli uno sopra all'altro, e ho chiamato questa variante di saldatura a colata di bronzo 'passante'. Anche questa volta il bronzo usato era 90/10, ma la tecnica scelta era quella a cera persa. Infatti, con la cera d'api ho realizzato la vaschetta, i coni e i canali di colata e il canaletto di uscita del bronzo saldante. Nel caso dei provini sovrapposti il canale di colata attraversava i fori e si collegava al canaletto d'uscita posto al di sotto del provino inferiore piatto (*figg.* 7-8-9). Ho rivestito le coppie di provini con del luto di tipo antico (sabbia e argilla pliocenica con uguale volume di sterco di cavallo setacciato); una volta asciugate bene all'aria, le forme sono state cotte in forno elettrico facendo salire gradualmente la temperatura fino a 800° C. Contemporaneamente avevo messo a fondere il bronzo

il quale, non appena raggiunta la temperatura di 1100° C, è stato gettato nelle forme estratte dal forno e sistemate su un letto di sabbia. Durante questo spostamento la perdita di calore è stata minima. Una volta rotto il rivestimento ceramico, i provini sono apparsi ben congiunti, ho deciso quindi di segarli a metà in modo da ricavare le sezioni dei punti di saldatura. Levigati e lucidati i piani di queste sezioni mi è parso a occhio che la saldatura fosse riuscita (figg. 10-13). A questo punto dovevo provare la saldatura su pezzi di bronzo confrontabili con quelli di una statua antica, anche se di dimensioni ridotte. Il seminario del 13 settembre 2020 presso il mio laboratorio a Montepulciano era dedicato a questa sperimentazione, per la quale ho scelto una statuette di Venere alta 80 cm su cui ho realizzato una forma tassellata in gesso e ricavato da quella una copia in cera (o meglio in miscela cera d'api/colofonia, più elastica e resistente) riuscendo a ottenere spessori di soli 4 mm (fig. 14). Da questa ho tagliato quattro sezioni di panneggio dalla parte frontale centrale, cercando di seguire le linee del modellato. È in questa fase di lavorazione che mi sono reso conto della necessaria continuità tecnica tra la formatura in gesso e la forma delle sezioni di cera destinate a essere saldate tra loro. Infatti, è bene che le linee di sezionatura della scultura scelte in origine rimangano le stesse durante tutte le fasi di lavorazione fino alla fine, evitando tagli supplementari o aggiunte di materiale che complicherebbero il lavoro di assemblaggio e prolungherebbero quello di finitura dei getti. Per la fusione delle sezioni in cera ho provato il sistema semplice e diretto già usato dai giapponesi, pur nutrendo molti dubbi sulla possibilità di riempire forme larghe, piatte e sottili attraverso un solo punto d'ingresso del metallo, anche se non mancava un canale di sfiato nella parte inferiore delle forme. Il rivestimento delle cere è stato lo stesso di quello dei provini, ma questa volta avevo dovuto costruire un apposito forno, alimentato a legna, del tipo a tiraggio verticale (fig. 15). Dopo il riscaldamento iniziale delle forme con semplice fuoco di legna per l'eliminazione della cera (fig. 16), la cottura delle stesse è proseguita nella fornace, dove la

temperatura è stata controllata con un pirometro analogico fino al raggiungimento di 700° C circa. Il bronzo questa volta era composto da Cu 80%; Sn 10%; Pb 10%; una lega simile a quella di molti bronzi romani, relativamente più facile da fondere e lavorare. Per la sua fusione ho usato mantici in pelle, una fornacetta simile a quelle 'a cestone' e un crogiolo in argilla e grafite (fig. 17). Come per i piccoli provini, le forme sono state estratte dal forno nel momento in cui il bronzo nel crogiolo era completamente fuso e sono state sistemate, ancora molto calde, al centro di contenitori, riempiendo lo spazio intorno a esse con sabbia per tenerle in posizione e rallentare il raffreddamento. Sono rimasto sorpreso dal fatto che i getti fossero risultati completi, con superfici abbastanza lisce e con i dettagli del modellato ben definiti. Nell'entusiasmo non ho rispettato i necessari tempi di raffreddamento e da un elemento del panneggio si è staccato un pezzetto, fratturato a caldo sotto i colpi del martello (fig. 18). Ho approfittato del danno per fare una prova preliminare di saldatura a colata di bronzo liquido ricomponendo la frattura con la cera, mettendo l'imbuto di colata all'inizio della frattura e il canaletto di uscita alla fine (fig. 19). Poi ho proceduto con i soliti passaggi della fusione a cera persa, ma non ho cotto la forma fino al rosso ciliegia (cioè tra i 700 e gli 800° C), mi sono invece limitato a riscaldarla con un cannello a gas quel tanto che serviva per sciogliere ed eliminare la cera, dopodiché ho gettato il bronzo (stessa lega), sempre alla temperatura di 1100° C. Non sono riuscito ad ottenere la saldatura, ma soltanto un 'getto a incastro' ⁴, capace solo di tenere insieme i pezzi separati (fig. 20). I quattro elementi in bronzo del panneggio scelti per la sperimentazione sono stati levigati con rocce naturali abrasive strofinate con acqua (arenarie a granulometria sempre più fine e infine con pomice) fino all'ottenimento di una superficie liscia e uniforme. Ho poi collegato i singoli pezzi tra loro con la cera d'api, usando il sistema 'passante', quello a vaschetta e un'altra variante, che avevo notato sulla statua del *Pugile a riposo* del Museo Nazionale Romano e che ho chiamato saldatura a colata di bronzo 'a nastro' ⁵. Indurita completamente la cera risulta abbastanza

⁴Anche 'ricolata' o 'rigetto', meno esattamente 'rifusione'. Si tratta di un getto secondario effettuato a ridosso dell'oggetto precedentemente realizzato in fusione. Può essere o no dello stesso metallo/lega. Il getto secondario serve per correggere difetti, come l'integrazione di parti mancanti o lacune, oppure per unire parti dell'oggetto, in questo caso potendosi avvalere anche di sistemi di aggancio o incastro di vario tipo.

⁵La variante a nastro funziona come le vaschette, ma si presenta come un unico spazio stretto (molto approssimativamente intorno a un centimetro) e lungo, simile appunto a un nastro, che corre lungo tutta la linea di contatto tra i due pezzi da saldare. Anch'esso prevede uno scasso nello spessore del bronzo e anch'esso presenta sulla superficie interna della scultura un corrispondente cordolo irregolare sovente



Figura 22: Colata del bronzo saldante.

resistente e funge da collante; per pezzi non troppo grandi le integrazioni di cera sono sufficienti a permetterne la manipolazione e la movimentazione, ma in caso di pezzi più grandi sarà certamente necessario un sistema di sostegno delle parti in bronzo. Sulle applicazioni in cera ho attaccato i coni di colata e i canaletti di uscita nei punti che ritenevo più adatti, poi ho iniziato a rivestire la cera e parte del bronzo degli elementi della statua con il luto di tipo antico (fig. 21). La cottura della 'composizione' è avvenuta all'interno di un semplice contenitore realizzato con blocchi di tufo sovrapposti, inizialmente mettendo brace sotto di essa, poi riempiendo tutto con tronchetti di legno di pino. Ho notato quasi subito che il calore sviluppatosi era eccessivo, costringendomi a togliere un po' di legna, in compenso la cera era stata eliminata del tutto e la cottura del luto era completa. La stessa lega di bronzo usata per i pezzi di pannello è stata versata nei quattro imbuti di colata: in due casi il bronzo saldante è scorso molto bene, uscendo regolarmente dal canaletto predisposto allo scopo, ed è stato raccolto in un crogiolo fissato a un manico (fig. 22), in altri due il rivestimento refrattario si era leggermente crepato a seguito di una grave deformazione di tutta la composizione dovuta a una flessione sul fuoco delle barre di ferro che avevo messo a sostegno, delle quali avevo sopravvalutato la resistenza, causando la fuoriuscita del bronzo saldante

attraverso le crepe prodottesi nel luto. Dopo il raffreddamento e l'eliminazione della terra di fusione mi sono accorto che le parti del pannello di bronzo che non erano state rivestite di luto e che si trovavano esposte a maggior calore erano parzialmente fuse (fig. 23) ma, almeno in un caso, sembrava che la saldatura fosse riuscita. Per averne la certezza ho sezionato la saldatura che pareva buona, quella della saldatura passante del punto A, e un'altra meno buona, quella della saldatura passante del punto B (fig. 24). I due campioni, insieme a quelli realizzati nelle prove preliminari, sono stati sottoposti ad indagini di microscopia ottica ed elettronica.

3. Indagini microscopiche

Ad affiancare le osservazioni autoptiche riguardo all'esito degli esperimenti di saldatura, sono state effettuate osservazioni di dettaglio delle aree di giunzione mediante stereomicroscopia e microscopia elettronica a scansione (SEM), nonché analisi elementali con microsonda X⁶. Per queste osservazioni, i provini sono stati tagliati lungo una sezione passante per la giunzione che si voleva osservare e successivamente lucidati con carte abrasive con granulometria fino a 1200 mesh e a seguire con paste diamantate con granulometria fino a 3 micron. Sulla faccia superiore del provino costituito dalle due lastre saldate con il metodo della vaschetta (fig. 13 a destra), l'area di apporto del metallo saldante è a tratti visibile come una striscia di larghezza di 0,4-0,5 mm (fig. 25). A delimitare il cordolo di giunzione, si osserva una sequenza di pori e vuoti allungati. In prossimità dell'inizio della vaschetta, si può notare una biforcazione che dovrebbe corrispondere allo scasso effettuato sulle due lastre da unire. L'ingrandimento al microscopio elettronico (fig. 26) mostra il dettaglio della biforcazione con la sutura fra il metallo della lastrina e quello della vaschetta appena osservabile sul lato destro, difficile da identificare sul lato sinistro. Con ingrandimenti ancora maggiori (fig. 27) la continuità fra i due metalli appare evidente, pur essendo presenti numerosi tratti vuoti e piccole cricche disposte perpendicolarmente alla sutura, dovuti probabilmente a fenomeni di ritiro in fase di

a sezione subtriangolare. Il cordolo è visibile in figura 12, serve per facilitare lo scorrimento del bronzo saldante lungo la linea interessata dalla saldatura.

⁶Le indagini al SEM sono state effettuate impiegando un Microscopio EVO[®] MA 25 Zeiss. I provini sono stati analizzati con detector a elettroni retrodiffusi (BSE) e secondari (SE). L'analisi degli elementi è stata eseguita con sonda EDS X-MAX 80 mm² della Oxford in forma puntuale (spot) e su aree utilizzando il sistema AZTEC[®] della Oxford.

raffreddamento⁷. La struttura dendritica della lega delle lastre appare, nelle zone vicino alla giunzione che quindi hanno risentito dell'apporto del calore del metallo fuso, molto alterata ma pur sempre presente. A una visione laterale, il provino mostra la forma delle due vaschette, profonde meno di due millimetri (*fig. 28*). Il contorno delle vaschette è a tratti sottolineato da una non perfetta aderenza fra lega colata nello scasso e lega delle lastre, con una separazione di circa 5 μm in cui si annidano ossidi e solfuri di rame e qualche residuo dei componenti del mantello (*fig. 29*). Una situazione molto diversa si riscontra alla giunzione dei due provini che simulano la sovrapposizione delle pieghe di un pannello con colata a bronzo 'passante' (*figg. 12 e 13 a sinistra*): in questo caso l'osservazione allo stereomicroscopio evidenzia la marcata linea di separazione fra i due pezzi e la colata 'passante' fraposta, con vuoti e discontinuità materiche fra i vari elementi (*fig. 30*). Passando da campioni di dimensioni ridotte a elementi più grandi e di forma più articolata, ovvero le sezioni di pannello della statua di Venere realizzati con la lega Cu-Sn-Pb, l'osservazione a livello microscopico degli esiti della sperimentazione ha dato risultati molto interessanti. Infatti, il campione relativo alla saldatura passante sezionato nel punto A (*fig. 24*) osservato al microscopio elettronico (*fig. 31*) mostra in aree distanti dalla giunzione una struttura dendritica di dimensioni variabili ma comunque molto regolare, che interessa sia i pezzi da connettere che la colata secondaria. Gli spazi interdendritici sono occupati dalla fase eutectoide ($\alpha+\delta$) e da globuli di piombo, non solubile nelle fasi binarie Cu-Sn. Lungo i bracci delle dendriti si vanno ad accumulare anche le impurezze, sostanzialmente zinco e ferro, sotto forma di ossidi e solfuri. L'esame mostra una linea di giunzione fra gli elementi del pannello e la lega saldante (*fig. 32*) con alcune zone di continuità che si alternano a tratti in cui i due metalli sono separati da uno spazio vuoto, forse dovuto a un effetto di ritiro in fase di solidificazione (*fig. 33*). Come si può vedere dalle immagini, la maggiore parte del tratto di giunzione è caratterizzata da una sorta di solco in cui si è accumulato il piombo, insieme con le impurezze altofondenti, ovvero tutti quei componenti estranei alla lega rame-stagno. Si può osservare anche che in corrispondenza della linea di giunzione, e in particolare dove l'interconnessione fra i due metalli

sembra sia avvenuta in maniera più forte e continua, la struttura dendritica della lega del pannello è molto più disordinata o è del tutto scomparsa a favore di una crescita di cristalli poligonali e le particelle di piombo hanno dimensioni e ordinamento molto più irregolari. Il metallo apportato con la saldatura è invece caratterizzato da dendriti che in genere vicino alla linea di connessione sono molto più fini rispetto a quelle sviluppatesi lontano dalla saldatura, come è da aspettarsi in seguito a un raffreddamento rapido. Le aree sui due lati della linea di giunzione sono caratterizzate da un accumulo di porosità e di piccole mancanze.

4. Osservazioni conclusive

Sebbene la saldatura delle sezioni della statuetta sia riuscita solo parzialmente, l'esperimento ha permesso di valutare diversi aspetti di questa particolare tecnica di lavorazione della bronzistica antica. In primis l'opportunità di sezionare la scultura considerando bene quelle che saranno le saldature, non solo per quanto riguarda la scelta delle parti anatomiche, abbastanza scontata, ma anche per la scelta di un sistema di assemblaggio delle parti piuttosto di un altro. In secondo luogo, il posizionamento e i metodi di stabilizzazione e armatura delle parti da saldare valutando la possibilità di usare masse plastiche (come, per esempio, l'argilla) su cui poggiare i pezzi, fasce, fili, barre di metallo (il più probabile sembra il ferro) per legare e assemblare le parti e anche vere e proprie strutture di carpenteria per sorreggere e tenere in posizione gli elementi. Tutto ciò è fondamentale per i grandi bronzi e deve ancora essere sperimentato. Un altro aspetto molto importante è il metodo di cottura delle forme che contengono le saldature. Darei per certo l'utilizzo del sistema a cera persa, che rispetto alla colata diretta del bronzo saldante negli incavi predisposti è indiscutibilmente molto più efficace; infatti, il bronzo saldante, sostituendo le parti di cera, ricompono e integra alla perfezione il modellato durante il processo stesso della saldatura. La cera inoltre funziona da disossidante perché, bruciando, crea un ambiente riducente all'interno della terra refrattaria, cosa di non poca importanza ai fini di una saldatura autogena con leghe che contengono in gran parte rame, un metallo facilmente ossidabile e difficilmente disossidabile.

⁷Per una discussione dettagliata sulle modifiche della lega osservate al microscopio ottico ed elettronico a seguito dell'apporto di calore e metallo mediante getti secondari per saldatura si veda A. AzÉMA 2013.

Abbiamo visto che per elementi non troppo grandi conviene rivestire tutto di luto, anche le parti che non sono interessate dalle saldature, in modo da proteggere le superfici esposte alla fiamma. Ma in caso di grandi elementi bronzei sarebbe conveniente? Sto valutando la possibilità di costruire un vero e proprio fornello di cottura delle forme delle saldature direttamente sulla statua, sarà questa la prossima sperimentazione in questo campo. È importante anche saper valutare precisamente la temperatura di riscaldamento delle parti di bronzo da unire che, per poter ottenere una buona saldatura, ritengo debba essere almeno al colore rosso scuro, compresa cioè tra i 600 e i 700° C. Va sperimentato meglio il sistema di riscaldamento delle forme, per il quale ritengo preferibile un apporto di calore graduale e diffuso, evitando di esporre i pezzi a fiamme troppo aggressive; a questo proposito non si può fare a meno di valutare la qualità, la quantità, la forma e la disposizione del combustibile. È bene anche che il bronzo saldante sia portato a una temperatura più alta di quella di *liquidus* in modo da facilitarne la compenetrazione con quello degli elementi della statua. Ultima osservazione: per eseguire questo tipo di saldatura è necessario lavorare in squadra: una o due persone si occupano di eseguire i getti, mentre almeno un'altra persona deve poter recuperare il bronzo saldante o comunque chiudere i canaletti di uscita dello stesso al momento opportuno.

5. Considerazioni sul metodo

Il lavoro, che si è concluso durante il seminario di Montepulciano, non può essere definito propriamente archeologia sperimentale dato che si è trattato di tentativi generici, seppur fatti con sistemi e materiali più possibile coerenti con quelli del periodo dei grandi bronzi antichi⁸. La loro esecuzione non ha seguito particolari protocolli, se non i dati archeologici che avevo raccolto a proposito, la mia esperienza e il buon senso. In ogni caso è stata mia cura cercare di documentare al meglio tutti i passaggi, annotando e fotografando via via le cose usate e le azioni intraprese.

⁸ Gli unici elementi moderni sono stati il crogiolo, in impasto di argilla e grafite, e la retina metallica che avevo messo sotto alle forme di fusione (ho fatto io le leghe in percentuali in peso partendo da metalli puri al 99,9% certificati dalla ditta Ekisson di Arezzo). Avevo preparato un crogiolo di tipo antico con terra refrattaria naturale, ma essendosi leggermente incrinato durante l'essiccazione non ho voluto rischiare di impiegarlo per la fusione. A questo proposito è doveroso osservare che l'utilizzo di materiali moderni, anche nei casi in cui si è convinti che non possano influenzare i risultati dell'esperimento, è sempre e comunque da evitare. Nel caso del mio esperimento, per esempio, la rete metallica usata come supporto per le parti da saldare, seppur isolata dalla terra refrattaria, era zincata e una parte dello zinco è finita nelle zone di saldatura, compromettendo eventuali futuri confronti.

Certamente condizionati dalla disponibilità di risorse economiche e di tempo, quei tentativi hanno comunque avuto per me grande importanza, chiarendomi in modo inequivocabile alcune dinamiche fondamentali della saldatura a colata di bronzo saldante, tra le quali è emersa la questione di come tenere insieme i pezzi durante tutte le fasi operative. Si è trattato di una prova generale finalizzata all'affinamento della tecnica e all'ampliamento della conoscenza delle caratteristiche dei materiali. Solo la conoscenza diretta del procedimento artigianale permette infatti di affinare quella intuizione e sensibilità che non saranno mai misurabili, nè perfettamente riproducibili. È la conoscenza della metallurgia del passato (nell'accezione più vasta possibile, non escludendo approfondimenti che vanno dalla fisica alla linguistica) che supporta la pratica di laboratorio. Nel mio caso lo scopo è riuscire a lavorare come era stato fatto in passato, realizzando così una continuità, non solo tecnica, con le espressioni artistiche oggi scomparse.

Bibliografia

cura di), *Antiche officine del bronzo*, Atti del seminario di Murlo, 26-31 luglio 1991, Siena, pp. 137-152.

AZÉMA A., B. MILLE B., ECHEGUT P., DE SOUSA MENESES D. 2011, *An experimental study of the welding techniques used on large Greek and Roman bronze statues*, in "Historical Metallurgy", vol. 45, part 2, pp. 71-80.

AZEMA A. 2013, *Les techniques de soudage de la grande statuaire antique en bronze: étude des paramètres thermiques et chimiques contrôlant le soudage par fusion au bronze liquide. Matériaux*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

BLAISE DE VIGENERE, *La description de Callistrate de quelques statues antiques tant de marbre comme de bronze (1602)*, Parigi, 2010.

FORMIGLI E. 1984, *La tecnica di costruzione delle statue di Riace*, in "Bollettino d'arte", serie 3, vol. 1, pp. 107-142.

FORMIGLI E. (a cura di) 1999, *I grandi bronzi antichi - le fonderie e le tecniche di lavorazione dall'età arcaica al Rinascimento*, Atti dei seminari di studi ed esperimenti (Murlo, 24-30 luglio 1993 e 1-7 luglio 1995), Siena.

GASPARRI C. 1989, *Una officina di copisti in età medio-imperiale*, in "The greek renaissance in the roman empire: papers from the tenth British Museum classical colloquium", bulletin Supplement, 55, pp. 96-101.

GRAWEHR M. 2010, *Petra - ez Zantur IV*, Magonza sul Reno.

MILLE B. 2007, *Etude technique du cheval de bronze de Neuvy*, in *Le cheval et la danseuse, à la redécouverte du trésor de Neuvy*, Paris, pp. 88-99.

RISSE E., SAUNDERS D. 2015, *The bronze Apollo and Diana from Pompeii*, in "Antike Kunst", 58, pp. 78-96.

VIDALE M. 2002, *L'idea di un lavoro lieve: il lavoro artigianale nelle immagini della ceramica greca tra VI e IV secolo a.C.*, Padova.

WILLER F., MEIJERS R. 2014, *Hightech trifft antike*, in "Gebrochener Glanz", pp. 167-179.

ZWICKER U. 1993, *Investigation on Antique Techniques for Joining and Repairing of Bronzecastings*, in FORMIGLI E. (a



Figura 2: Impressione del provino nella sabbia da fonderia.



Figura 3: Staffe pronte per il getto.



Figura 4: Il getto sembra aver saldato i provini.



Figura 5: Ma si tratta solo di un aggancio meccanico.



Figura 6: C'è stata solo una minima saldatura in un piccolo punto.



Figura 7: Prova di saldatura a vaschetta.



Figura 8: Prova di saldatura passante tra due provini sovrapposti.



Figura 9: Applicazione della cera d'api: coni e canali di colata.



Figura 10: Rivestimento con luto di tipo antico.



Figura 11: Getto del bronzo saldante nelle forme calde.



Figura 12: Risultato del getto.



Figura 13: Le sezioni dei provini sembrano dimostrare l'avvenuta saldatura.



Figura 14: Parte frontale di una statuette in cera ricavata da stampi in gesso per le prove di saldatura.



Figura 15: Fornace a tiraggio verticale in fase di accensione.



Figura 16: Le sezioni della statuetta rivestite di luto dopo la cottura nella fornace.



Figura 17: Fusione del bronzo saldante.



Figura 18: Una sezione della statuetta dopo il getto. La frattura è dovuta a sollecitazione meccanica a caldo.



Figura 19: Prova di saldatura per riparare la frattura.



Figura 20: Il bronzo saldante ha solo agganciato le parti.



Figura 21: Preparazione di quattro sezioni della statuetta in vista delle saldature per assemblarle.



Figura 23: Parziale fusione di una delle sezioni della statuetta.



Figura 24: Le saldature uniscono due sezioni della statuetta in due differenti punti (A e B).

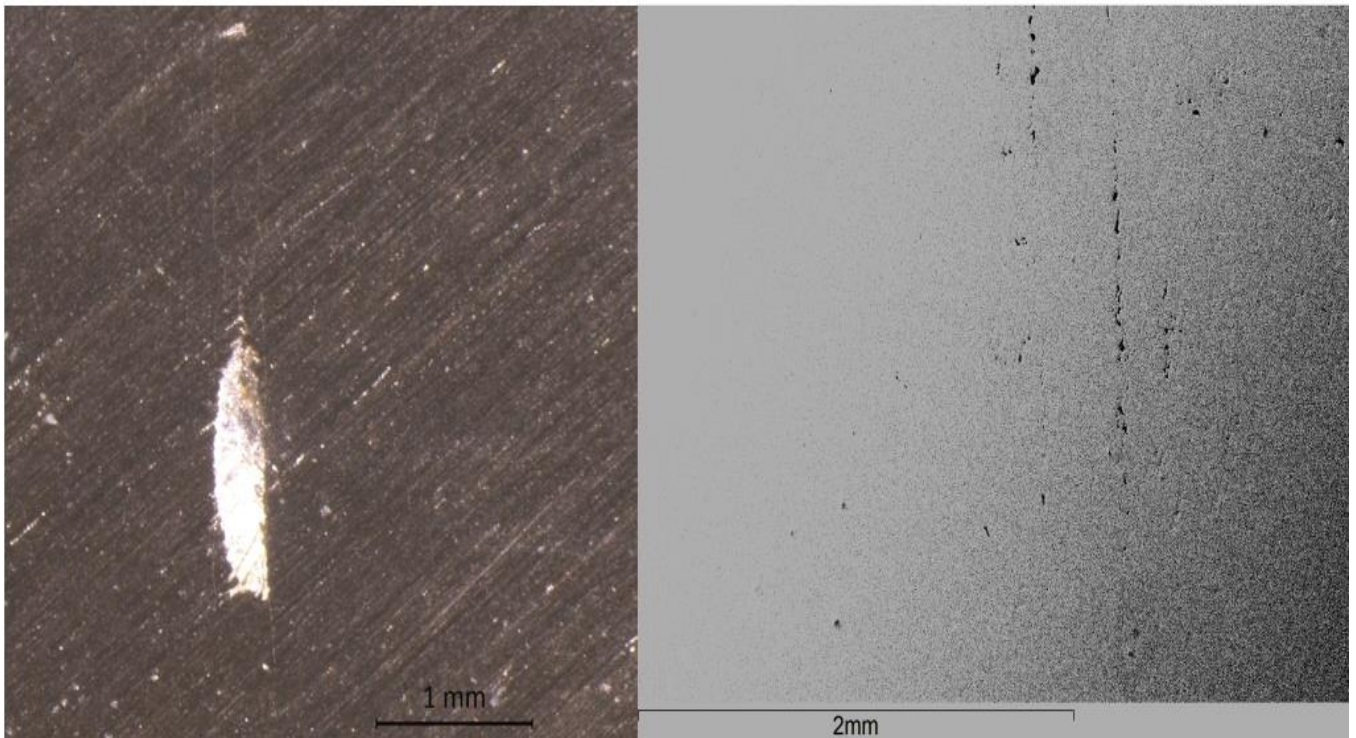


Figura 25: Provino piatto di fig.13, ripresa dall'alto, immagine allo stereomicroscopio (a sinistra) e al microscopio elettronico (a destra) (immagine in BSE): cordolo di giunzione fra le due lastre.

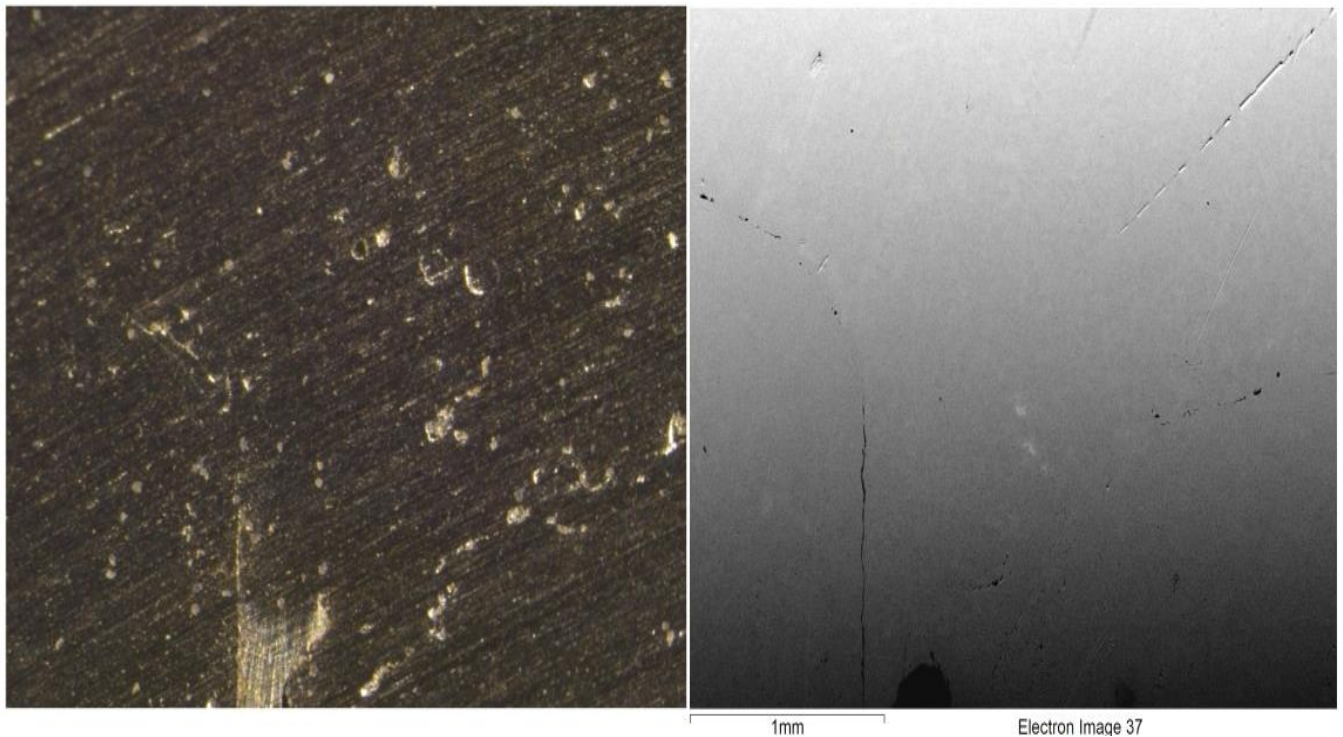


Figura 26: Provino piatto di fig.13, ripresa dall'alto, immagine allo stereomicroscopio (a sinistra) e al microscopio elettronico (a destra) (immagine in BSE): inizio della vaschetta.

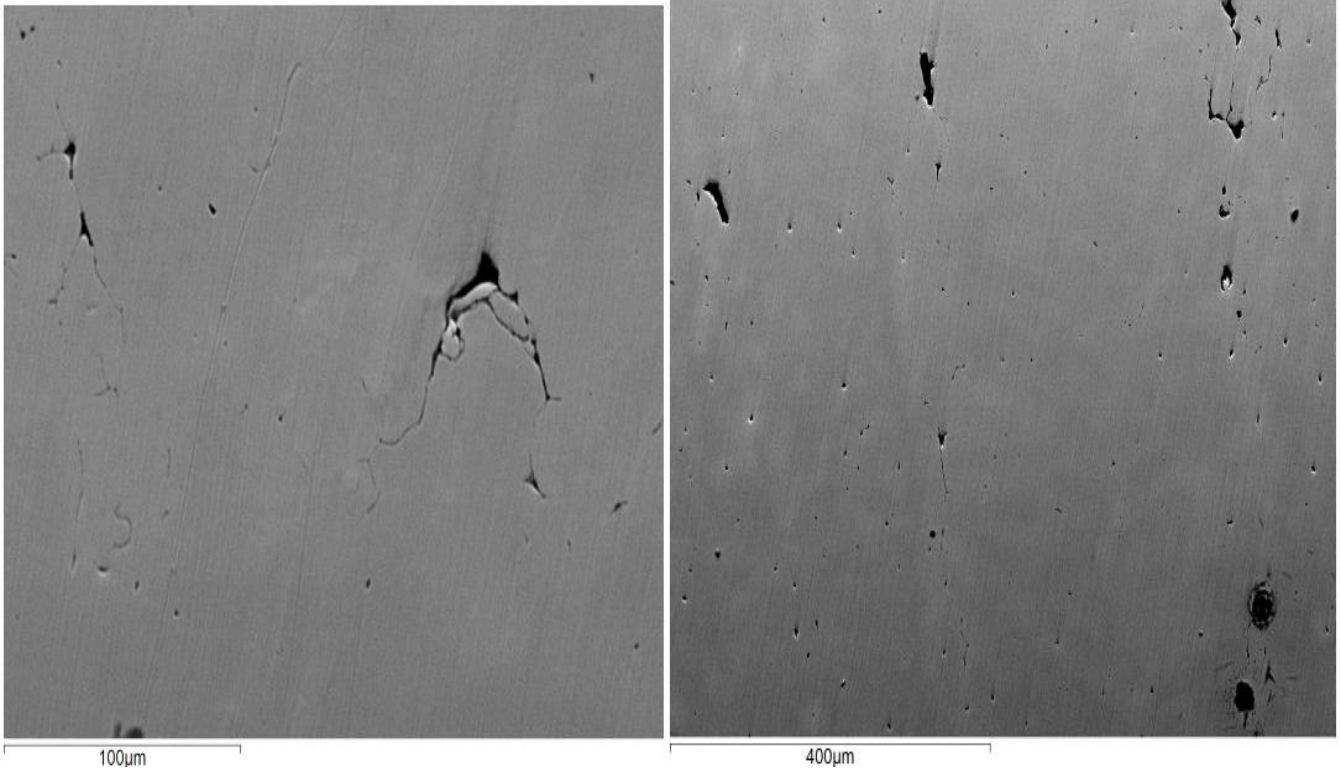


Figura 27: Provino piatto di fig.13, ripresa dall'alto, ingrandimenti di dettagli al microscopio elettronico in BSE: inizio della vaschetta (a sinistra) e cordolo di giunzione (a destra).

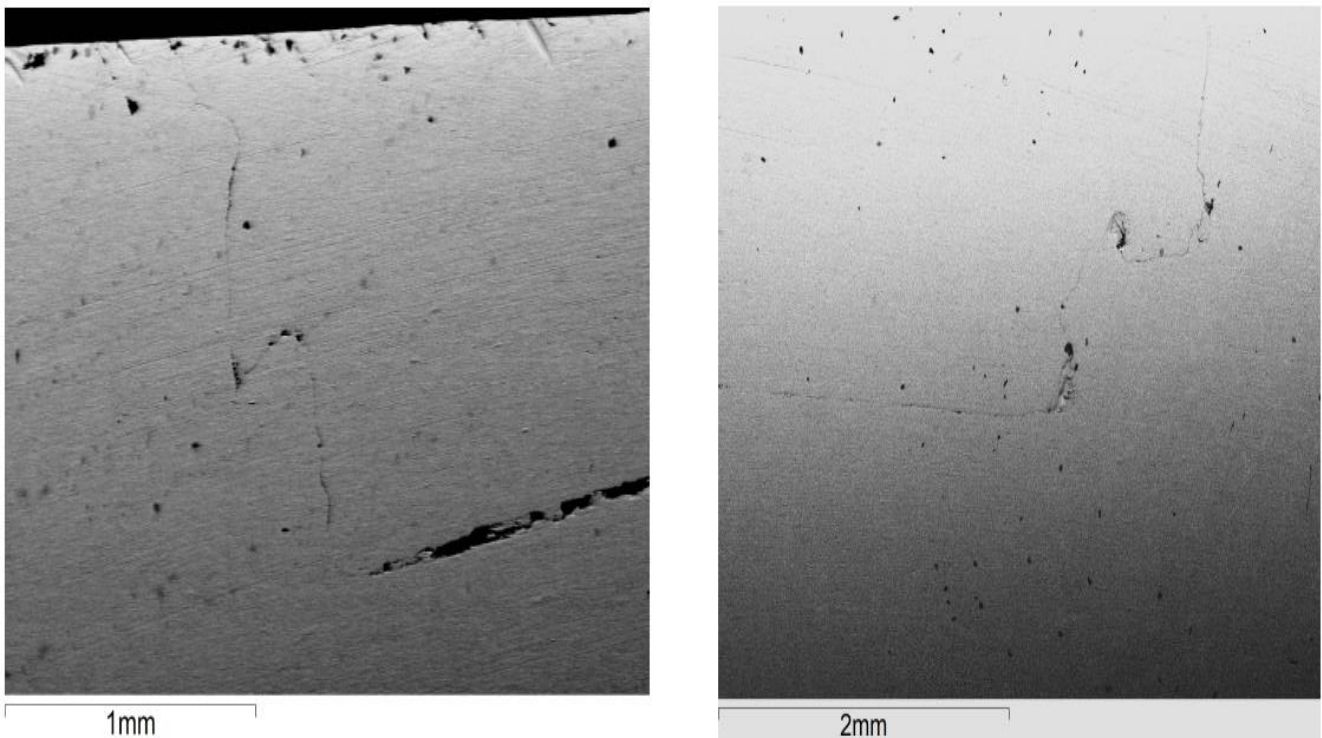


Figura 28: Provino piatto di fig.13, ripresa di taglio, immagini al microscopio elettronico in BSE: profilo dello scasso della vaschetta, a destra e a sinistra della giunzione.

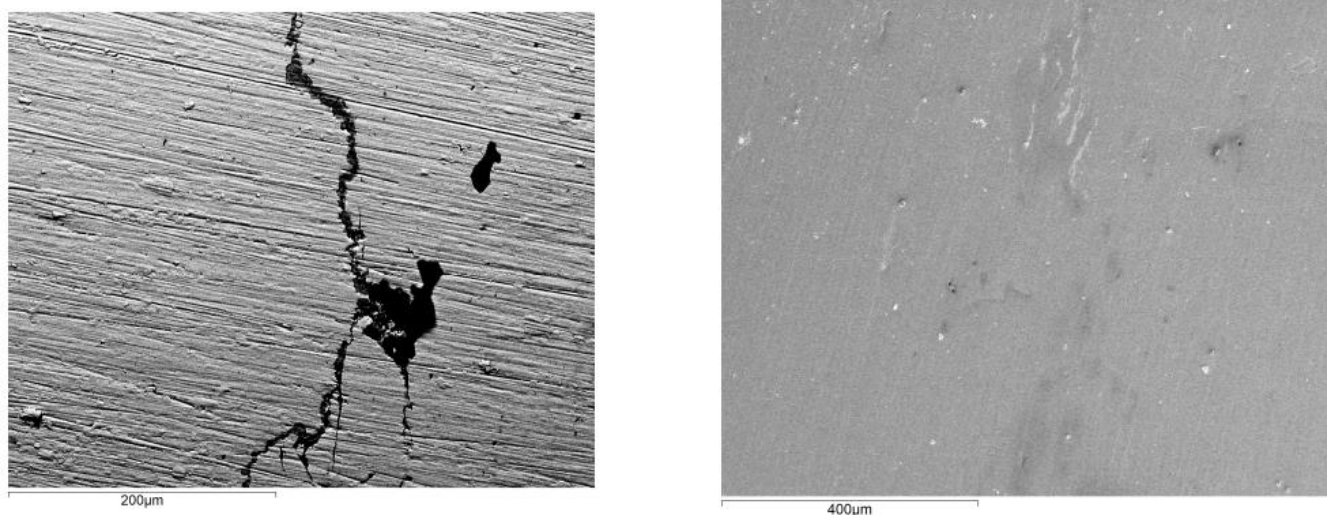


Figura 29: Provino piatto di fig.13, ripresa di taglio, immagini di dettaglio al microscopio elettronico: profilo dello scasso delle vaschette, a destra (immagine in BSE) e a sinistra della giunzione (immagine in SE).

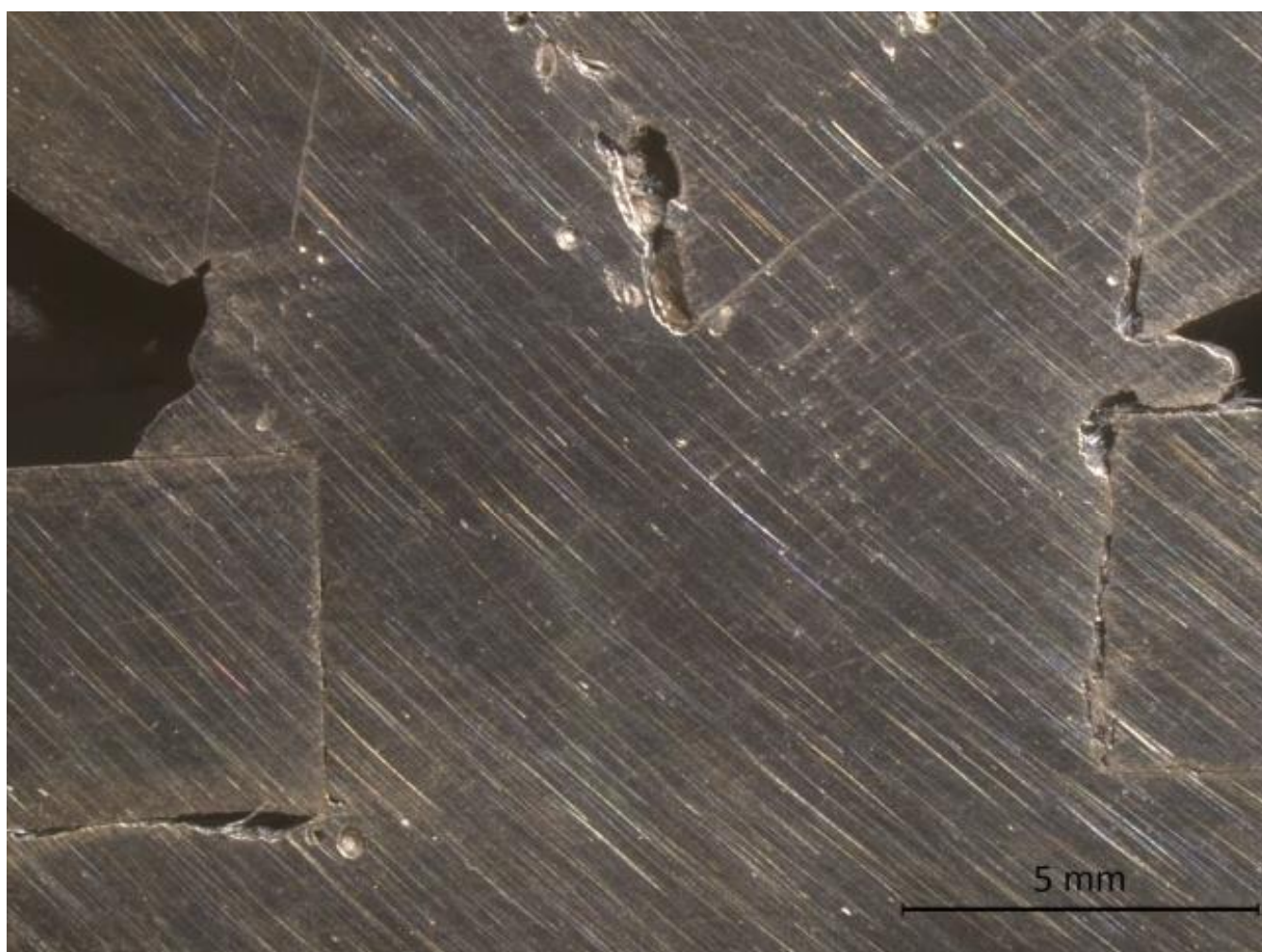


Figura 30: Provino curvo di fig.13, vista di taglio, immagine allo stereomicroscopio.

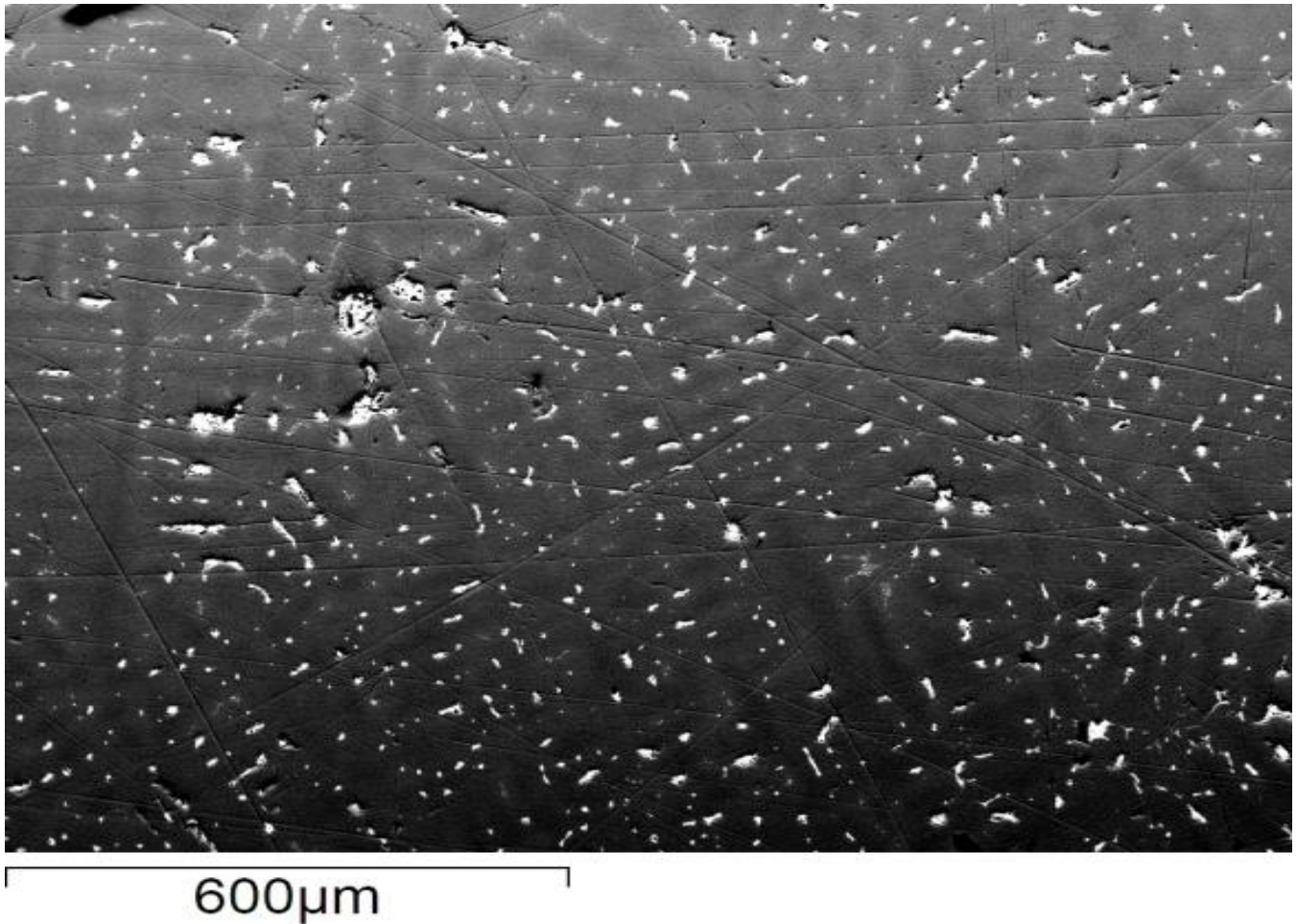


Figura 31: Provino di saldatura passante di fig. 24, immagine al SEM in BSE della lega degli elementi di pannello lontano dalla giunzione A.

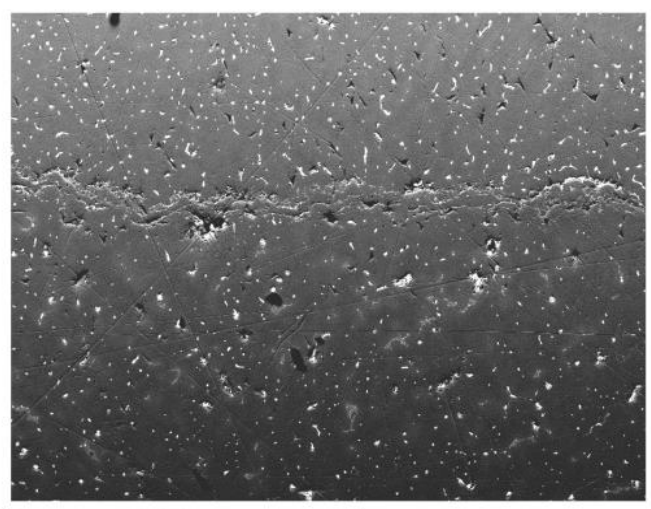


Figura 32: Provino di saldatura passante A di fig. 24, immagini al SEM in BSE. Nell'immagine di sinistra il metallo dell'elemento di pannello è in alto e quello della saldatura è in basso, nell'immagine di destra il metallo di saldatura è nella parte alta, mentre quello del pannello è in basso.



Figura 33: Provino di saldatura passante A di fig. 24, immagine al SEM in BSE

Le regole dell'arte, il sisma e la prova sperimentale del tempo. Archeologia della produzione architettonica a Civita di Bagnoregio (VT)

Autrice: Isabella Zamboni*

* Borsista post-doc, Dipartimento di Culture del Progetto, Università IUAV di Venezia
Docente a contratto, Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum di Bologna - Campus di Ravenna
E-mail: izamboni@iuav.it; isabella.zamboni@unibo.it

Abstract

L'archeologia della produzione architettonica, così come definita da Tiziano Mannoni, indaga il ciclo produttivo e le fasi di trasformazione dei materiali, gli attori del cantiere edilizio, le scelte pratiche relative agli scopi e alle funzioni della costruzione. In riferimento a ciò, il presente lavoro discute, dopo una premessa inerente al rapporto tra danno-vulnerabilità-costruito esistente, alcuni aspetti del ciclo produttivo delle architetture di Civita di Bagnoregio (VT) e le regole dell'arte specifiche che sono rintracciabili da una lettura multidisciplinare dei manufatti architettonici evidenziandone criticità e punti di forza nell'ambito di una valutazione di vulnerabilità sismica semplificata.

The archeology of architectural production, as defined by Tiziano Mannoni, investigates the production cycle and the transformation phases of materials, the actors of the building site, the practical choices relating to construction purposes and functions. After a premise concerning the relationship between damage-vulnerability-existing buildings, the paper discusses some production cycle aspects of the architecture of Civita di Bagnoregio (VT) and the specific technical rules of architectural artifacts production that come to light during a multidisciplinary reading, highlighting criticalities and strengths in the context of a simplified seismic vulnerability assessment.

Parole chiave: archeologia della produzione architettonica, regole dell'arte, analisi qualitativa, vulnerabilità sismica, Civita di Bagnoregio

1. Premessa

Tra le potenzialità trasversali dell'archeologia della produzione architettonica¹, vi è quella di concorrere nel percorso della conoscenza alla definizione di un modello interpretativo che sia fondato anche sull'esperienza del costruire e sulle tecniche edilizie locali. La Direttiva P.C.M. 2011², norma vigente in

materia di progetto e intervento sui beni culturali e procedura consigliata nel caso di interventi di miglioramento su manufatti architettonici di interesse culturale³, auspica tra le altre attività, la costituzione di abachi delle murature a livello regionale per poter sfruttare al meglio l'analisi critica per analogia nel processo di comprensione dell'architettura storica riducendo al minimo le prove diagnostiche sulla fabbrica⁴. Ciò rimarca a livello pluridisciplinare, qualora

¹ MANNONI 1987; MANNONI, GIANNICEDDA 1996, capp. IV, VI-VII; MANNONI 2005.

² D.P.C.M. 2011.

³ NTC 2018, cap. 8.4, Circolare 2019, C8.1.

⁴ «L'identificazione delle caratteristiche meccaniche potrà anche essere ottenuta per analogia con murature simili, tenendo conto, per quanto possibile, anche dei fenomeni di degrado. A tale scopo è auspicabile che gli enti territoriali di tutela e controllo istituiscano degli

ce ne fosse ancora bisogno, l'importanza di studi relativi alla classificazione delle murature storiche anche in riferimento alla definizione qualitativa della vulnerabilità sismica e, in secondo luogo, del rischio sismico al quale tutto il territorio italiano, a vario livello, è soggetto⁵. La Prevenzione del rischio sismico nei beni culturali può contare su norme vigenti che sempre di più fanno proprio il principio del "conservare in sicurezza"⁶; inoltre, alcuni protocolli ancora allo stato di bozza⁷ propongono di estendere questi concetti di metodo anche al patrimonio storico diffuso. Nell'ambito delle ricerche su ampia scala, i metodi di primo livello per la valutazione della vulnerabilità sismica⁸ si basano su un numero limitato di parametri geometrico meccanici e indagini qualitative che sottendono, pur ponendosi come obiettivo la spedività di classificazione, una conoscenza della fabbrica che va molto oltre il bagaglio nozionistico e le capacità del singolo tecnico con formazione mono-disciplinare. Come già specificato in altre occasioni (FACCIO, ZAMBONI 2018) le attività di prevenzione restano all'oggi terreno di esercizio di ingegneri e architetti e le classificazioni prodotte, che costituiscono il primo step per l'attribuzione di classi di vulnerabilità, seguite da relativi punteggi e pesi⁹, non sempre corrispondono o inquadrano con sufficiente efficacia la realtà costruita. L'archeologo, se esperto delle tecnologie costruttive storiche, può contribuire in modo fattivo alla lettura di questi elementi inserendosi nel processo di valutazione della vulnerabilità che dà per scontati, però, una preparazione sul comportamento strutturale, un linguaggio condiviso con le altre discipline ed il rispetto delle singole specificità.

2. Le regole dell'arte

I principi del buon costruire, esito di un sapere tecnico tramandato di generazione in generazione, si rintracciano puntualmente nella lettura delle fonti materiali e nella trattatistica storica¹⁰. In quest'ultimo caso, essi sono apprezzabili nella forma di precetti descrittivi, in assenza quindi di una progettualità che preveda il calcolo strutturale almeno sino all'emblematica figura di Jean-Baptiste Rondelet (1742-1829)¹¹. Noto è, infatti, il processo secondo cui a partire dall'Ottocento, nell'ambito della cultura positivista, questi saperi universalmente riconosciuti vennero riassunti nel concetto di "regole dell'arte", la cui conoscenza dovrebbe essere imprescindibile al singolo tecnico che oggi indaga l'architettura storica alla ricerca delle criticità e potenzialità che influiscono sul comportamento del costruito. La sopravvivenza delle strutture più antiche costituisce già di per sé il superamento con esito positivo della prova del tempo di questi precetti, ma durante il secolo scorso molte sperimentazioni quantitative permisero di testarne ulteriormente l'efficacia¹². Le operazioni di rilievo, per questi motivi, non possono essere demandate a tecnici non esperti e lo stesso esperto deve sviluppare una sensibilità ed una capacità acuta di analisi e sintesi multidisciplinare. Parimenti, come già osservava ad esempio Tiziano Mannoni in campo archeologico, disciplina dove più di altre si è assistito alla diffusione di cronotipologie elaborate sulla base di criteri tessiturali bidimensionali: "non si può parlare veramente di tecnica muraria senza conoscere anche la

archivi permanenti contenenti: a) almanacchi delle diverse tipologie murarie presenti, nel corso del tempo, nell'area in esame; b) tabelle con valori di riferimento delle proprietà meccaniche, desunti da sperimentazioni organizzate dagli stessi enti e/o utilizzando campagne eseguite per singoli interventi e studi» (D.P.C.M. 2011, 4.1.7).

⁵ L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/3/2003 ha esteso la protezione sismica a tutto il territorio nazionale (O.P.C.M. 2003).

⁶ Binomio che riflette una lunga storia relativa alla genesi di un delicato equilibrio tra le istanze della conservazione e le esigenze di sicurezza strutturale che ha tra i suoi punti nodali: la Circolare del Ministero dei Beni Culturali e Ambientali del 18/7/1986 n. 1032; la Carta del C.N.R. *Conservazione e Restauro degli oggetti d'Arte e di Cultura* del 1987; il D.M. LL.PP. del 16/1/1996 (*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*); la Circolare del Ministero LL.PP. 10/4/1997, n. 65/AA.GG.; le *Norme Tecniche delle Costruzioni* del 2008 e la D.P.C.M. 2011. Per una trattazione più esaustiva si veda AVETA 2017.

⁷ DPC, RELUIS 2010.

⁸ D.P.C.M. 2011, 2.1.

⁹ I metodi semiquantitativi di primo livello individuano gli elementi di vulnerabilità a priori, ad essi è attribuito criticamente poi un punteggio in base alla classe di vulnerabilità assegnata dopo l'osservazione dello stato di fatto. Dalla somma dei punteggi si giunge alla definizione di un Indice di vulnerabilità (I_v), che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento. Ad ogni valore di I_v è associata una curva di fragilità, che correla il fattore di danno al picco di accelerazione dell'input sismico atteso. Per una definizione e panoramica comunemente accettata dei metodi si veda CALVI *et alii* 2006.

¹⁰ Alcuni riferimenti manualistici per una sintesi: ROCCHI 2003; ZEVÌ 2008; DONÀ 2011.

¹¹ RONDELET 1831, *Trattato teorico pratico dell'arte dell'edificare di Giovanni Rondelet, prima traduzione italiana sulla sesta edizione originale con note e giunte importantissime per cura di Basilio Soresina*, Mantova.

¹² GIUFFRÈ 1991; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999, pp. 51-53; CARBONE *et alii* 2001; HENDRY 1981; FACCIO *et alii* 2001.

terza dimensione di una struttura la cui tessitura bidimensionale è visibile sulla superficie esterna. Il dato più importante dal punto di vista statico è costituito dal sapere se tale tessitura corrisponda ad un paramento costruito in modo diverso dalla parte interna del muro, o faccia parte di una tecnica uguale su tutto lo spessore. In questo secondo caso sarebbe più semplice valutare il comportamento dell'intera struttura anche delle superfici esterne" (MANNONI 2005, p. 19). Le regole della rappresentazione nella trattatistica storica, inoltre, insegnano quale sia la corretta modalità di approccio tridimensionale allo studio del masso murario e quali siano le caratteristiche qualitative cui esso deve tendere per evitare la crisi per resistenza della muratura ed, eventualmente, l'insorgere di ribaltamenti fuori dal piano: regolarità dei corsi orizzontali, squadratura regolare dei conci, verticalità della muratura, non allineamento dei giunti verticali, qualità dei blocchi, qualità della malta, ammorsamento trasversale dei blocchi *etc.*

Oltre a questo, va ulteriormente specificato che l'insuccesso di interventi di adeguamento sismico (molti eseguiti ante introduzione del concetto di "miglioramento" nel 1986¹³) e di alcune tecniche di intervento (soprattutto in calcestruzzo armato) che si sono palesati all'indomani di noti terremoti quali ad esempio quello di Umbria e Marche del 1997, hanno portato negli anni alla rivalutazione delle procedure di analisi qualitative del costruito storico per le valutazioni di sicurezza¹⁴, tanto da sviluppare l'opinione che "la valutazione qualitativa empirica e personale rimane pertanto determinante e la sola analisi numerica del

tutto insufficiente per individuare e descrivere le reali criticità" (BLASI 2017, p. 742). Quest'ultimo approccio è stato confermato dalle recenti normative che impongono per i beni tutelati, e suggeriscono per quelli di interesse culturale, le analisi qualitativo-quantitative strutturate nel "Percorso della conoscenza", opportunamente cadenzate in livelli di approfondimento, la cui affidabilità è resa attraverso i "Fattori di Confidenza"¹⁵.

3. La prova sperimentale del tempo

Il danno, in quanto manifestazione del dissesto di un edificio (MASTRODICASA 1943) differisce dalla vulnerabilità che è invece un esito atteso, potenziale. Nel corso degli studi svolti a partire dall'inizio del XX secolo, e con più frequenza all'indomani dei tristi eventi del 1976 in Friuli-Venezia Giulia, si è constatato che alcuni edifici nel caso di terremoti di una certa intensità manifestano dei danni simili, ricorrenti, in funzione al tipo edilizio. Ciò ha permesso di elaborare degli abachi di meccanismi di danno che si sono verificati particolarmente efficaci soprattutto nei casi di architetture snelle (torri e campanili) e chiese¹⁶. Ciò definisce a livello teorico il rapporto tra vulnerabilità e danno ed è il motivo per il quale il danno costituisce, di fatto, una prova sperimentale. Conseguentemente, la documentazione dei fenomeni di dissesto post sisma si traduce in un costante avanzamento della ricerca nel campo dell'ingegneria sismica ma anche in quello della storia delle tecniche e dell'archeologia della produzione architettonica. La conoscenza, quindi, permette di perfezionare un approccio di valutazione del

¹³ Intervento di miglioramento: «(...) l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale (...)» (D.M. 1986). Questo, com'è noto, va ricondotto nell'ambito della Legge 2/2/1974, n. 64, recante *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*. Il concetto di miglioramento è stato, naturalmente, integrato e aggiornato negli anni sino all'attuale definizione proposta nelle norme vigenti (D.P.C.M. 2011; NTC 2018; Circolare 2019).

¹⁴ «Le strutture storiche in muratura costituiscono un insieme estremamente vario e complesso per tipologie e tecniche costruttive, per cui l'analisi del loro comportamento strutturale e la valutazione della loro sicurezza sono condizionate da notevoli incertezze nella definizione delle proprietà meccaniche dei materiali e delle condizioni di vincolo tra gli elementi. Queste costruzioni non sono state progettate utilizzando i principi della meccanica dei materiali e delle strutture bensì su un approccio basato sull'intuizione e l'osservazione, utilizzando i principi dell'equilibrio dei corpi rigidi e sperimentando il comportamento delle costruzioni già realizzate; tutto ciò ha progressivamente portato ad affinare criteri esecutivi e di proporzionamento geometrico, configurabili come regole dell'arte. Sebbene tale approccio non sia scientificamente rigoroso e risulti affidabile solo se utilizzato all'interno dei limiti di validità della regola (come è dimostrato dai crolli sperimentati nel passato quando si superavano tali limiti), riconoscere in una costruzione la conformità alle regole dell'arte può costituire un primo elemento di valutazione della sicurezza. Regole dell'arte possono essere riconosciute anche nelle tecniche costruttive, che mostrano una specificità locale frutto di un progressivo affinamento nell'uso dei materiali disponibili in zona (la varietà delle tipologie murarie, in relazione alle caratteristiche degli elementi costituenti, è emblematica al riguardo). Oltre alla conformità alle regole dell'arte, un ulteriore elemento di valutazione può essere il "collaudo" della storia, di cui l'esistenza stessa della costruzione ci fornisce testimonianza» (D.P.C.M. 2007).

¹⁵ D.P.C.M. 2011, Tab. 4.1.

¹⁶ D.P.C.M. 2011, Allegato A.

comportamento delle costruzioni in funzione dell'evento sismico atteso.

L'architettura storica, in quanto esito di una stratificazione complessa dovuta in primis alla sua continuità d'uso, presenta una serie numerosissima di materiali (muratura, calcestruzzo, acciaio, legno, *etc.*) e di tecnologie che possono essere anche in dubbio stato di conservazione. Ciò accade sia per i beni monumentali ma soprattutto per le costruzioni ordinarie site nei centri storici pluristratificati che caratterizzano e contraddistinguono la penisola italiana. Come è noto, il materiale muratura, per sua natura non omogeneo e non unitario, in caso di evento tellurico può subire una crisi per resistenza con conseguente disgregazione del masso murario oppure essere soggetto a due tipi di danno ritenuti tipici di I e II modo, che definiscono un comportamento fuori dal piano e nel piano (GIUFFRÈ 1991).

Il sisma è un'energia e quando colpisce un edificio è schematizzabile in una forza statica equivalente che dipende dalla rigidità complessiva e dalla massa dell'edificio. Nel caso in cui la qualità di base di quest'ultimo sia discreta¹⁷, esso non si disgrega ma reagisce deformandosi e può dissipare energia attraverso tali spostamenti. Data la variabilità dei materiali e delle tecnologie, al quale si aggiunge il grado di trasformazione, è possibile approssimare l'architettura in un insieme di parti che reagiscono al sisma in modo autonomo: i macroelementi¹⁸. Questi sono in collegamento vario l'uno con l'altro ed il loro grado di connessione e qualità costruttiva influenzano il comportamento generale della costruzione in caso di terremoto. L'analisi che solitamente si esegue prende in considerazione la catena cinematica che si attiva in questa fase e che è verificata con quella che viene per l'appunto definita "analisi cinematica". Ancora una volta, ciò che scrivono Leon Battista Alberti¹⁹ e altri trattatisti risulta straordinariamente attuale e valido: è necessario valutare le caratteristiche delle parti scisse e come queste siano messe assieme in un organismo che funzioni in modo omogeneo e unitario (gerarchia strutturale dell'organismo resistente). In altre parole, si

devono esaminare la consistenza, le caratteristiche meccaniche, quelle geometriche, il carattere di omogeneità sia come pluralità di tecnologie presenti sia come qualità intrinseca dei vari materiali.

L'analisi stratigrafica contribuisce alla definizione dei macroelementi individuando le aree omogenee con caratteristiche costruttive analoghe e descrive i limiti di discontinuità che potrebbero identificarsi quali differenti macroelementi ed eventuali cerniere di ribaltamento²⁰. Il comportamento dei singoli macroelementi è, infatti, influenzato dalla natura del rapporto costruttivo, o vincolo, che può essere indagato dall'archeologo e che va declinato in tutte le forme necessarie ad un dialogo transdisciplinare (semplice appoggio di parti, inserimento in rottura, costruzioni in aderenza, ammorsamento *etc.*). A maggior ragione nelle architetture storiche in muratura (anche se si tratta in realtà, nella stragrande maggioranza dei casi, di strutture miste e trasformate), l'approccio dell'analisi cinematica, quindi, non può prescindere da una conoscenza approfondita e specializzata dell'architettura.

4. Parametri qualitativi di vulnerabilità sismica e di presidio

Tutto ciò che concorre ad allontanare l'organismo resistente analizzato rispetto ad un esempio unitario conferisce vulnerabilità. Un edificio in muratura e legno in zona sismica dovrebbe essere simmetrico e regolare dal punto di vista planimetrico, non dovrebbe presentare differenze di elevazione rilevanti, dovrebbe essere costruito con tecniche e materiali di buona qualità ed essere caratterizzato da parti connesse adeguatamente tra loro in modo da favorirne un comportamento di tipo scatolare. Questi parametri costruttivi sono ben noti da letteratura e via via implementati e/o verificati dagli specialisti nel corso di rilievi del danno all'indomani di eventi calamitosi. Lo studio di questi fattori consente una stima del dissesto preventivo e, conseguentemente, permette di ideare, nell'ambito di un progetto di consolidamento, dei

¹⁷ Il presupposto fondamentale è che il masso murario e le parti che lo costituiscono abbiano un comportamento di tipo rigido, ciò è possibile solo quando si è in presenza di murature omogenee dal punto di vista costruttivo e materico.

¹⁸ Si intende per macroelemento un elemento o una parte architettonica che è caratterizzata da una risposta sismica autonoma dal resto della fabbrica. L'attivazione di questi al momento del sisma genera dei moti che provocano fenomeni di danno (D.P.C.M. 2011).

¹⁹ ALBERTI 1546, *I dieci libri de l'Architettura. Da la latina ne la volgar lingua con molta diligenza tradotti (da Pietro Lauro)*, Editore: Vinegia, appresso Vincenzo Vaugris MDXLVI (Venezia, V. Valgrisi, 1546).

²⁰ BOATO, LAGOMARSINO 2011; BROGIOLO, FACCIO 2011; DOGLIONI 2018.

provvedimenti che limitano la propensione al danneggiamento²¹. Tra gli strumenti di conoscenza e parametri noti, un ruolo aggiunto può svolgere l'analisi archeologica stratigrafica, la quale può contribuire all'elaborazione di modelli interpretativi maggiormente vicini alla realtà. Qualora tali modelli superino positivamente la procedura di validazione, possono costituirsi quali strumenti predittivi della capacità residua e del comportamento della costruzione²². Accanto all'archeologia, se opportunamente organizzati e indirizzati in obiettivi definiti e condivisi, anche l'indagine storico critica (FACCIO, ZAMBONI 2020) e delle tecniche di produzione si rivelano essenziali.

Richiamando quanto brevemente detto sul possibile comportamento delle costruzioni in muratura e sui requisiti minimi che determinano l'eventuale formazione di un macroelemento, si pone l'accento sul concetto di qualità muraria che deve essere compreso anche dall'archeologo e che deve indirizzare l'elaborazione di strumenti schedografici che possano essere condivisi anche con le altre discipline che concorrono alla conoscenza e conservazione dell'architettura. Sulla qualità muraria si è scritto molto in altri contesti disciplinari e a quelli è necessario guardare per una formazione specifica se si intende contribuire alle valutazioni di vulnerabilità sismica. La classificazione del tipo e organizzazione del sistema resistente è da sempre presente negli strumenti schedografici relativi ad una valutazione semplificata del costruito storico in muratura e cemento armato. Con particolare riferimento alla muratura, le caratteristiche da osservare in un masso murario sono state schematizzate in più occasioni e ordinate attribuendo dei pesi specifici in funzione del ruolo che esse hanno nel comportamento strutturale²³. I parametri di vulnerabilità della muratura costituiscono poi la base

per la definizione delle caratteristiche meccaniche nelle norme vigenti²⁴.

Tra le più note sperimentazioni di tipo qualitativo-quantitativo vi è il metodo dell'IQM (Indice di Qualità Muraria), volto a definire un valore quantitativo alla tecnica costruttiva e ai materiali impiegati²⁵. Ciò che è essenziale ricordare in questa sede è: la diretta discendenza di questi metodi di classificazione dai precetti delle regole dell'arte e l'analisi della tecnica muraria nelle sue tre dimensioni²⁶, con uno sforzo intellettuale maggiore che diviene necessario qualora la sezione costruttiva non sia sondabile. Compatibilmente con lo stato di conservazione dell'edificio, l'impossibilità di visionare la sezione trasversale del masso murario resta uno degli ostacoli maggiori per un rilevatore e, allo stesso tempo, l'ingranamento trasversale rappresenta però uno dei requisiti minimi per determinare la qualità del comportamento. La D.P.C.M. 2011 descrive differenti tipi di prove diagnostiche che sono esplicitate in livelli di conoscenza e che tengono conto anche delle esigenze di conservazione del manufatto architettonico²⁷ ma è bene far presente che l'esperienza del tecnico nello svolgimento di uno studio comparato di murature simili, un esame della trattatistica storica pertinente il caso studio e un ragionamento che tenga assieme le informazioni tessiturali del paramento e lo spessore dell'opera consentono di raggiungere un'approssimazione dell'organizzazione interna del sistema resistente nella maggior parte dei casi soddisfacente, permettendo così di superare l'impasse iniziale.

Gli elementi di presidio volti ad impedire meccanismi fuori dal piano che si riscontrano con più frequenza sia nelle fonti che in fase di sopralluogo e rilievo sono notoriamente: le catene (in pietra, lignee, metalliche); i sistemi di cerchiatura (in pietra, lignei, metallici); le

²¹ La massima resistenza al sisma di un'architettura può essere sviluppata mediante una risposta globale che si può verificare se, e solo se, sono impediti i meccanismi di collasso locali. Questo rende necessari la messa a punto di opportuni accorgimenti costruttivi, collegamenti, incatenamenti *etc.*. Alcuni riferimenti sono reperibili in: GIOVANNETTI 1992; GIUFFRÈ 1993; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999; GURRIERI 1999; DOGLIONI, MAZZOTTI 2007; CANGI 2012.

²² D.P.C.M. 2011.

²³ Tra i più noti metodi di I livello vi sono le Schede GNDT di II livello, strumento basilare per lo sviluppo di altre procedure che si discostano nel calcolo di alcuni parametri quali la resistenza convenzionale ma che condividono la scelta dei fattori di vulnerabilità da ricercare nell'edificio (GNDT II livello 1999). Rare sono le sperimentazioni sugli aggregati in muratura, fra cui FORMISANO *et. alii* 2010, che affiancano ai parametri noti alcune osservazioni sulle vulnerabilità dovute all'interazione tra edifici adiacenti.

²⁴ Circolare 2019.

²⁵ BORRI, DE MARIA 2009, IDEM 2015.

²⁶ Aspetti noti sin dagli albori dell'Archeologia dell'Architettura (MANNONI 1984; PARENTI 1985; MANNONI 1987; BROGIOLO 1988a; IDEM 1988b; PARENTI 1988; IDEM 1992) ma divenuti poi sempre più rari in studi più recenti. Si citano anche le esperienze relative ad alcuni Codici di pratica di poco successivi divenuti punti fermi nella storiografia sul tema: GIUFFRÈ 1993; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999.

²⁷ D.P.C.M. 2011, 4.1.6-4.1.7.

strutture in muratura quali gli archi di sbadacchio o di contrasto, gli archi di scarico, i contrafforti, le murature a scarpa o speroni ma anche le trasformazioni dell'edificato volte ad aumentare la sezione resistente e a migliorare le capacità degli elementi verticali come il tamponamento di vuoti o quelle sopraelevazioni che tendono ad eliminare le differenze di altezza tra edifici contermini (se eseguite con congrue modalità di ammassamento). Il rinvenimento, poi, di giunti a "L" è molto importante in quanto non solo denotano l'elevato grado di capacità tecnica degli scalpellini locali e l'abilità dei muratori in cantiere²⁸ ma anche la consapevolezza dell'impiego di una tecnica estremamente efficace contro le azioni orizzontali. Questo tipo di giunto, infatti, impedisce lo scorrimento dei corsi in opera quadra in caso, ad esempio, di sisma e si trova diffuso in tutto il mondo in particolari aree soggette a rischio.

L'esperienza locale, dunque, aveva già in tempi molto antichi dimostrato la quasi nulla resistenza a trazione della muratura²⁹ e aveva indotto la formulazione di espedienti volti a limitare tale criticità quali l'ingranamento trasversale, la variabilità tessiturale e il non allineamento dei giunti verticali. Per quanto riguarda le sezioni murarie, risulta utile segnalare la messa in opera di elementi di collegamento trasversale quali i diatoni e, con minore efficacia, elementi di punta di sufficiente dimensione, nonché l'eventuale presenza di radiciamenti lignei o specifiche tecniche a graticcio³⁰. Naturalmente questo elenco non esaustivo vuole solo fornire uno spunto di ricerca che dovrebbe affiancarsi alla produzione di classificazioni murarie, in quanto tali accorgimenti costruttivi, al pari dell'evoluzione e della diffusione dei saperi tecnici³¹, si sviluppano nei secoli con declinazioni che possono presentarsi a prima vista anche molto differenti di luogo in luogo, ma che sottendono i principi pratici citati e noti come regole dell'arte. La classificazione delle opere murarie, inoltre, tenendo conto degli obiettivi specifici di conoscenza,

prevenzione e conservazione citati in premessa del presente testo, dovrebbero sempre tenere conto di aspetti tecnologici e tecno antropologici, ovvero del "come si facevano le cose?" (GIANNICCHEDDA 2021, p. 220) ma anche del significato tradizionale dell'azione costruttiva in quanto "ha conseguenze più o meno durature sul contesto sociale e ambientale. Gli stessi al cui interno avverrà la trasmissione del relativo sapere di generazione in generazione (...). Dando così un peculiare valore storico ai singoli gesti in grado di caratterizzare periodi talvolta lunghissimi"³². Un lasso di tempo durante il quale può anche contrariamente capitare che l'uomo possa dimenticare una cultura costruttiva (ad esempio asismica) e le cause che l'anno prodotta, complice anche il periodo di ritorno di un evento drammatico come il terremoto che, seppur impossibile da prevedere precisamente, ha in via del tutto indicativa una ricorrenza che può superare i confini generazionali e, quindi, rendere evanescente la sua memoria.

5. Cave, caratteri costruttivi e pratiche storiche di prevenzione a Civita di Bagnoregio. Le fonti storiche.

Civita di Bagnoregio, centro storico in provincia di Viterbo, è nota per il suo progressivo abbandono connesso al rischio idrogeologico e sismico. In particolare, la sua storia sismica è costellata di eventi anche di notevole intensità che ne hanno condizionato le modalità costruttive e le 'mutazioni' edilizie sin dalle sue prime fasi (*fig. 1*)³³.

²⁸ Si vedano le considerazioni espresse da MANNONI 2005, p. 16. Inoltre, come segnala Rita Vecchiattini riprendendo una celebre pubblicazione di Jean Pierre Adam: «L'utilizzo di materiali standardizzati per l'edilizia fu forse reso possibile anche grazie a figure di cantiere altamente specializzate in grado di pianificare il lavoro e dirigere manodopera addestrata per l'esecuzione di compiti semplici e ben definiti» in VECCHIATTINI 2009, p. 19. Sul più ampio tema degli indicatori cronologici (e tipologici) gli studi sono stati notoriamente sviluppati a partire da MANNONI 1984; PARENTI 1985; BROGIOLO 1988a; PARENTI 1988.

²⁹ Aspetti affrontati anche in GIULIANI 2006.

³⁰ Oltre allo studio puntuale della trattatistica storica, si menzionano alcune pubblicazioni: DELLA TORRE 1990; DI PASQUALE 1996, pp. 153-184; SERAFINI 2009; GIULIANI 2011; ARRIGHETTI 2015, pp. 159-165.

³¹ PARENTI 1988, p. 301; IDEM 1992, pp. 27-48; BIANCHI 1996.

³² GIANNICCHEDDA 2021, p. 227 con riferimenti agli scritti di Marcell Mauss e André Leroi-Gourhan, quest'ultimo già citato nel lavoro di BIANCHI 1996.

³³ Tra gli strumenti maggiormente noti vi sono le versioni online del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e del Database Macrosismico Italiano, disponibili al link: <https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/> (visitato nel novembre 2021).

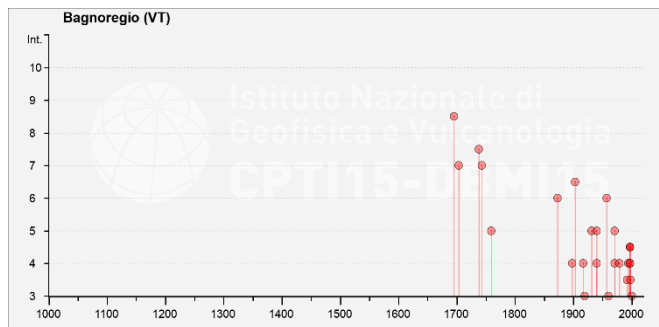


Figura 1: File di esportazione del Database Macrosismico Italiano, consultato per località e relativo alla sismologia storica di Cività di Bagnoregio (VT), disponibile al link: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> (visitato nel novembre 2021).

Le architetture oggi visibili sono l'esito di una trasformazione plano-altimetrica continua dall'epoca etrusca sino ai giorni nostri.

La sequenza dei toponimi con i quali Bagnoregio è menzionata nel corso dei secoli³⁴ può essere riassunta nei seguenti fattori di interesse: l'attestazione di un *castrum* nel VI secolo con riferimento all'esistenza di un luogo fortificato in posizione elevata e forse pertinente ad un modesto abitato rurale il cui confronto con i castelli cosiddetti di "prima generazione" non è purtroppo all'oggi possibile³⁵; la citazione di un *comitatus* e di un *districtus* negli anni in cui Civita era libero comune (a partire dalla seconda metà del XII secolo) e la comparsa del termine *civitas* nel XIV secolo. La *Balneum Regis* medievale si estendeva su due colli ed era divisa in otto contrade³⁶. I due poli erano rappresentati da *Civita*, ad oriente, e da *Rota*, ad occidente, mentre lo spartiacque era segnato dal convento e dalla porta di *San Francesco Vecchio*. Le contrade *Mercato*, *Ponte*, *Civita* e *Carcere* erano pertinenti a *Civita*; *S. Nicola*, *S. Martino*, *S. Maria de Ajalibus* e *S. Angelo* (detto anche *Castello* o *Cittadella*) riferivano a *Rota*. I toponimi attuali cominciarono a diffondersi dopo il terremoto del 1695 quando *Rota* venne sostituita dalla dicitura *Bagnorea* e il primato civile e religioso nell'ambito comunale da *Civita* venne trasferito a *Rota*, a causa dei gravi danni subiti dal sisma. Con il decreto

reale del 1922, *Bagnorea* venne poi mutata in *Bagnoregio* e *Civita* fu definita frazione del Comune (CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 9-30).

Il presente contributo si concentra sui caratteri costruttivi delle architetture osservabili in elevato, riferibili principalmente agli anni nei quali Civita di Bagnoregio era libero comune e successivamente *civitas*. Ai fini della trattazione, la documentazione reperita fornisce un'importante indicazione sull'esistenza di scuole tradizionali specializzate anche nella tecnica dell'estrazione e del taglio della pietra³⁷. L'osservazione, invece, delle peculiarità delle murature ancora esistenti e indagabili grazie all'uso del mantenere liberi da intonaco i paramenti esterni, permettono di documentarne le regole dell'arte. Molti degli edifici giunti sino a noi sono riferibili all'architettura rappresentativa e ciò non consente di ricostruire un quadro complessivo delle organizzazioni produttive di Civita, ma le murature di questo centro storico testimoniano un'elevata specializzazione riscontrabile, per tecniche diverse, nelle fasi cronologiche individuate. Il materiale da costruzione dei massi murari è sempre lapideo e quasi totalmente afferente alla litologia "Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio" (PALLADINO *et alii* 2010; PECCERILLO 2012; GENTILI *et alii* 2014). Si tratta di una delle formazioni piroclastiche più importanti dei Vulsini, generata da un'eruzione esplosiva di elevata magnitudo avvenuta nell'area ad ovest dell'attuale abitato di Bolsena circa 490.000-300.000 anni fa. Il materiale, detto anche "Tufo litoide a scorie nere", è una roccia sufficientemente tenera, facilmente lavorabile e impiegata sistematicamente nelle costruzioni degli edifici di tutte le epoche. Dal punto di vista meccanico, l'Ignimbrite presenta una buona consistenza, fratturazione verticale molto irregolare, colore ocreo e spessore variabile (PECCERILLO 2012, p. 20). La sua consistenza stratigrafica ammonta a circa 40-50 m in assetto sub-orizzontale, debolmente inclinato verso est. La fonte di approvvigionamento, secondo una modalità tipica dei centri storici di quest'area di confine tra Lazio e Umbria, è lo stesso strato geologico sul quale il centro

³⁴ L'intera sequenza fu ricostruita in PETRANGELI, PAPINI 1944-1947. Molti di questi dati sono contenuti anche in PETRANGELI, PAPINI 1972 (pubblicazione priva di riferimenti archivistici).

³⁵ Un recente richiamo alla terminologia di *castrum* e *castellum* in SETTIA 2017, pp. 9-12, con riferimento alle prime generazioni a pp. 13-21.

³⁶ Le principali pubblicazioni di riferimento per una storia di Civita di Bagnoregio sono: CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922; MACCHIONI 1956; PETRANGELI PAPINI 1944-1947; IDEM 1972; CAGIANO DE AZEVEDO, SCHMIEDT 1974; BORMIOLI, CAGIANO DE AZEVEDO 1976.

³⁷ Tra le arti cittadine menzionate nello Statuto comunale del 1347 pervenutoci in copia: «De electione consulum artium et eorum officio. capitulum. CCLXXXVIII. [...] artes sunt he: videlicet ars iudicum, medicorum et notariorum; ars laboratorum et pecudariorum; ars magistrorum lignaminis, muratorum et petrarolorum et fabrorum; ars calzolariorum et sutorum; ars macellariorum, ars camagnariorum et tractaiolorum» CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 167.

storico, cava di sé stesso, si è via via sviluppato, con vicende alterne di crolli e ricostruzioni. La nota pratica di sfruttamento delle precedenti cavità ipogee per attività di allevamento (soprattutto colombari) è attestata in letteratura sia per l'età romana (QUILICI GIGLI 1981, pp. 145-151) che per fasi medievali³⁸. Nella vicina città di Orvieto è menzionata la pratica, forse diffusa anche in altre località, di utilizzare il materiale tufaceo (*quadrum seu tufum*) già distaccatosi (o in fase di distacco) dalla rupe in seguito a fenomeni franosi o sismici (RICCETTI 1992, p. 125).

Lo Statuto comunale di Bagnoregio del 1373³⁹, pervenutoci in copia del 1433, restituisce il livello economico della cittadina nel tardomedioevo. Un ruolo fondamentale era certamente svolto da agricoltura⁴⁰ e allevamento⁴¹, ma accanto ad esse un reddito non indifferente proveniva dallo sfruttamento del bosco di Carbonara dove erano consentiti il taglio della legna e la caccia. Le attività di cava sono menzionate per lo più in riferimento alla produzione di macine in pietra basaltica, oggi nota come "Leucite tefritica", ma non mancano riferimenti allo strato roccioso su cui si imposta Civita.

Nello stesso documento, si apprende che le Istituzioni locali emanarono prescrizioni in difesa del proprio territorio, volte a salvaguardare i fenomeni di erosione dell'area con attenzione sia ai terreni argillosi che a quelli di roccia tufacea. In particolare, si fa riferimento al divieto di cavare e scavare grotte nella rupe di contrada Civita e in località San Francesco, e a quello di scavo sotterraneo in corrispondenza delle vie pubbliche⁴². Tali provvedimenti confermano anzitutto la pratica di cavare materiale dal sottosuolo cittadino, attività tesa a

ricavare spazi sotterranei e utile ad ottenere il materiale da costruzione per gli elevati in superficie, i quali sono di norma fondati direttamente sul manto roccioso (fig. 2).



Figura 2: Dettaglio della fondazione di un corpo di fabbrica, direttamente impostata sullo strato roccioso di Ignimbrite O-B.

Come il caso della vicina Orvieto indagato da Lucio Riccetti, queste norme trasmettono l'intenzione di un'organizzazione tecnico/politica a controllo delle attività edilizie e di trasformazione del territorio (RICCETTI 1992, pp. 117, 124-127). Nelle due città si assiste, infatti, nel medesimo periodo all'emanazione di regole relative alla manutenzione e salvaguardia della rupe. Esse sono state già in passato interpretate quale volontà di contrastare la presenza di punti di infiltrazione delle acque meteoriche nelle pareti tufacee del masso roccioso che, con il ciclo di gelo disgelo, avrebbero potuto causare l'innescò di fratture interne e conseguenti distacchi (MARGOTTINI, SERAFINI 1990, pp. 36-41). In riferimento al divieto di cava nel prato dei

³⁸ DESIDERIO 2008; DE MINICIS 2014; DESIDERIO 2014; DI BUDUO *et. alii* 2017. Nel caso di Bagnoregio vi sono dei capitoli degli Statuti Comunali inerenti ai colombari: «De pena frangentis aliquam columbatiam. capitulum.CLXV.», «De pena ucellantis ad columbos columbarie cum retibus. capitulum.CLXVI.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 104; «Additio facta capitulo.LVII. sub rubrica: Qualiter vendantur pipiones etc.. capitulum.CCXIII.» *Ivi*, p. 127; «Quod habentes columbariam teneantur dare unum par pipionum illis novam facere columbariam volentibus. capitulum.CCCXXXI.» *Ivi*, p. 185; «De pena sagittantis et proicientis ad columbas ad columbariam. capitulum.CCCXXXII.» *Ivi*, pp. 185-186.

³⁹ Lo Statuto Comunale è costituito da rimaneggiamenti e rifusioni degli atti precedenti ed è articolato in cinque libri, rispettivamente relativi al *Regime*, alle *Cause Civili*, ai *Malefici*, ai *Danni dati*, e agli *Straordinari* (*Ivi* 1922).

⁴⁰ Sono testimoniate le colture di segale, spelta, miglio, panico e sorgo.

⁴¹ Si ha notizia dell'allevamento di buoi, bufali, pecore, castrati, piccioni e pollame.

⁴² «De pena cavantis in rupibus contrate Civite. capitulum.CCVI. Statuimus et ordinamus, quod nullus cavet vel griptam faciat in rupibus contrate Civite, et qui contrafecerit solvat pro qualibet vice centum seldos, nec cavet sub viis publicis, ad dictam penam. et si accusatus fuerit de celo alicuius gripte, de quo esset dubium, remittatur arbitrio potestatis et quatuor antepositorum dicte civitatis. et qui habitat in aliqua gripta non cavet in rupibus eius, ad penam predictam; salvo quod possit ibidem facere fenestram pro lumine, et pro trabet pro trabicellis immittendis, dummodo suo convicino iniuriam non faciat. et predicta locum habeant in preteritis, presentibus et futuris»; «De pena cavantis in circuitibus Sancti Francisci. capitulum.CCVII. Statuimus et ordinamus, quod nullus cavet in circuito loci Fratrum, et non paret in rupibus iuxta dictum locum et pratum Sancti Francisci. et quod contrafecerit, solvat nomine pene vice qualibet viginti seldos, et sit privatus omni iure quod haberet, vel quod diceretur habere in locis predictis, liceat tamen cuilibet de Balneoregio in gripta dicti prati cavare renam sine aliqua pena» in *Ivi* 1922, pp. 124-125.

Frati⁴³, è noto che la presenza di un manto erboso adeguato permette di norma un rapido deflusso dell'acqua superficiale in caso di piogge intense evitando il ristagno e, soprattutto, l'assorbimento di un eccessivo carico d'acqua che influenza gli smottamenti successivi (Ivi 1990, pp. 44-46).

Tra gli argomenti trattati nello Statuto, vi sono alcune norme relative all'assetto urbano di Civita. Si legge che le vie (dentro e fuori l'abitato) dovevano essere larghe almeno cinque piedi e che i possessori di siepi a fianco delle strade dovevano tenerle a regime in modo da non costituire intralcio⁴⁴. Tenuto conto di quanto detto sino ad ora, nonostante non vi sia un esplicito riferimento al sisma, è ipotizzabile che l'ordine urbano che si intendeva mantenere costituisse un fattore utile al traffico quotidiano e in situazioni di emergenza straordinarie come la fuga in caso di eventi calamitosi improvvisi.

Per quanto riguarda la Leucite Tefritica, essa si riferisce alle fasi di emissioni di colate laviche che si alternarono all'attività vulcanica di tipo esplosivo dei Vulsini. Localmente viene definita anche con il termine

“basaltina”. Lo sfruttamento sin dall'epoca romana di questo materiale dalle cave nell'area di Orvieto per la produzione di macine è ben documentato da precedenti studi⁴⁵. La maggior parte delle macine romane scoperte nei siti archeologici del Mediterraneo è costituito di rocce vulcaniche, sono molto meno comuni quelle in pietre calcaree e arenarie. Infatti, le lave sono generalmente caratterizzate da una migliore resistenza all'usura e sono particolarmente indicate per la fresatura grazie alla loro proprietà abrasiva e alla loro superficie ruvida che fornisce una buona capacità di molatura. Anche nel medioevo la Leucite era cavata prevalentemente per la produzione di macine e rappresentava una delle entrate economiche più importanti della Bagnoregio medievale con un commercio extraregionale testimoniato da numerosi contratti⁴⁶. La proprietà del sito di sfruttamento era del Comune che, a sua volta, lo dava in appalto con regolare gara e stipula di contratto⁴⁷. I *macinari* e *bufalari* avevano l'obbligo di lavorare esclusivamente per il comune di Bagnoregio⁴⁸ ed il divieto di estrarre materiale in altri luoghi fuori dalle cave comunali situate nell'odierna “La

⁴³ Vedi nota 42.

⁴⁴ «Quod vie intus et extra Balneoregium sint ample quinque pedibus. capitulum.CCCXXXI. Statuimus et ordinamus, quod omnes vie intus et extra civitatem Balneoregii sint et esse debeant ample ad minus per quinque pedes, et si ab aliqua parte dictarum viarum dicte vie essent coartate a vicinibus vel alia persona, potestas et sui officiales teneantur vinculo iuramenti dictas vias seu viam, ad petitionem cuiuslibet petentis, facere eas ampliare et illorum seu illius, qui in dictis viis seu via murum vel aliquod aliud impedimentum posuisset. et si quis ceciderit in libet, viginti seldos denariorum.»; «De pena tenentis sepem super viam et circha viam. capitulum.CCCXXXII. Statuimus et ordinamus, quod quicumque habet aliquam sepem vel coronam super viam communis vel quocumque loco vel via, quod dominus possessionis, si eam laboraverit, alias laborator, teneatur et debeat ipsam coronam vel sepem incidere et tagliare, ita quod non prestat impedimentum euntibus et redeuntibus per dictam viam, et si incideretur per aliam personam, talis incidens non teneatur penam. et superstitem dicte vie vel aliqua persona alia, quod deberet incidere vel sepem vel coronam, pendentem super viam communis vel viam vicinalem, quod teneatur ipsa incidere intra quindecim dies postquam fuerit requisitus, ad penam decem soldorum denariorum. et potestas et sui officiales teneantur vinculo iuramenti, ad petitionem cuiuslibet petentis, inquirere super predictis, et repertos culpabiles punire secundum formam presentis statuti, quam penam solvat laborator illius possessionis talis» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 188-189.

⁴⁵ Si veda ad esempio SANTI *et alii*. 2003.

⁴⁶ Per uno studio esaustivo si faccia riferimento a BACIARELLO 1990.

⁴⁷ «Quod emptor macinarie teneatur solvere precium camerario communis. capitulum.CCCII. Statuimus et ordinamus, quod emptor macinarie communis Balneoregii, qui nunc est et pro tempore erit, teneatur et debeat precium ipsius macinarie solvere camerario communis Balneoregii, secundum pacta habita et facta, vel habenda vel incipienda cum commune dicte civitatis, alias si in termino dictum precium non solverit, nullus macinarius vel bufalarius possit in dicta macinaria laborare sine licentia consilii populi et consulum artium dicte civitatis, ad penam quinquaginta librarum denariorum, et nichilominus laboritium, quod interim fecerint, sit communis Balneoregii, et quod dicta macinaria vendi non possit, nisi factis tribus bandimentis, diversis ditebus, per civitatem Balneoregii, et factis || incantationibus in consilio populi et consulum artium; et tunc plus offerint detur.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 174-175.

⁴⁸ «De pena maciniorum, bufalariorum, laborantium extra macinariam Balneoregii contra voluntatem domini macinarie. capitulum.CCCXII. Statuimus et ordinamus, quod nullus macinarius vel bufalarius civitatis Balneoregii debeat laborare nec bufalos extrahere extra laboratium macinarie civitatis Balneoregii, sine licentia doghanerii vel domini macinarie predicte, ad penam centum librarum denariorum pro quolibet contrafaciente et qualibet vice, et quod quilibet ipsorum debeat bene legaliter servire. et quod potestas et eius officiales teneantur vinculo iuramenti eos cogere realiter et personaliter, ad serviendum dicto doghanerio seu domino, de aliqua quantitate pecunie, quod credatur libro dicti doghanerii et domini dicte macinarie. et predicta locum habeant in preteritis, presentibus, pendentibus et futuris. et simili modo credatur libro et dicto maciniorum de quantitate macinarum, usque in quantitatem predictam, de macinis datis et assignatis dictis doghaneriis et nuntiis ipsorum. nec possint portare dicti macinarii macinas extra civitatem Balneoregii, sine licentia dicti

Capraccia”, località sita a 5 km da Bagnoregio verso ovest, lungo la strada Orvieto-Montefiascone⁴⁹. La documentazione relativa al Duomo di Orvieto restituisce notizia di un'altra cava di pietra basaltica sfruttata per il cantiere orvietano dal primo quarto del Trecento nel sito di “Valle del Cero” (BACIARELLO 1990, pp. 16-18). Erano dunque conosciute altre vene con possibilità di sfruttamento, già identificate nello studio degli anni Novanta da Giancarlo Baciarello⁵⁰ e confermate dalla lettura della carta geologica. Lo stesso autore rende noti i principali prodotti di cava, desunti e regolamentati sempre dallo Statuto del 1373⁵¹: *lapides* (lastre), *centona* (centoni, pietre dal formato particolare e forse dal peso di 100 libbre), *legati* (legati, pietre di ignoto formato) e *planelle* (pianelle, lastre lavorate su entrambe le facce a scopo decorativo). Le dimensioni cui attenersi, come recita il documento, riferivano ai modelli di Orvieto ed erano murate sulla facciata esterna del Palazzo Comunale di Bagnoregio.

Le figure professionali che lavoravano nelle cave dello stesso Comune erano i *bufalari*⁵², addetti al trasporto con bufali, i *laboratores*⁵³ che si occupavano dello sgombero degli sfridi e del cappellaccio, i *petraioli*⁵⁴ dediti soprattutto alla produzione di pietre per la lastricatura delle strade ed elementi architettonici⁵⁵. Altri documenti riportano l'esistenza dei *manuales*, i quali assistevano il maestro nella sbazzatura oppure si occupavano delle operazioni di cavatura, e dei *magistri*, operai specializzati che, data la qualità del proprio lavoro, potevano permettersi di trattare con il committente il corrispettivo salario. Essi organizzavano piccole squadre composte da maestri e manovali che avevano rapporti familiari o comunque origini comuni⁵⁶. Le fonti riferite alla pietraia del Cero, forniscono ulteriori informazioni sul ciclo della pietra e sui prodotti da cava venduti per il Duomo di Orvieto. Essi restituiscono un quadro della merce in circolazione all'epoca che, per quanto alimentasse un cantiere del tutto eccezionale, può dare una ragionevole idea degli elementi venduti

doghanerii seu domini ipsius omnibus quilibet possint contrafacientem accusare et habeat tertiam partem pene, et sufficiat probatio ipsius cum iuramento, cum dictis quatuor testium deponentium de publica voce et fama.» *Ivi*, pp. 178-179.

⁴⁹ «Quod nullus macinarius possit facere macinas alibi, nisi in macinaria Balneoregii. capitulum.CCCV. Statuimus et ordinamus, quod nullus macinarius possit facere aliquam macinam integram vel fractam seu cavare, in aliquo loco districtibus Balneoregii, extra macinariam antiquitus usuatam seu macinarias usuatas iuxta stratam Caprafice, sine licentia et deliberatione totius consilii dicte civitatis, ad penam quinquaginta librarum denariorum, quod capitulum bandiatur in locis consuetis dicte civitatis.» *Ivi*, p. 176.

⁵⁰ BACIARELLO 1990, pp. 12-13, nota 12.

⁵¹ «De petraiolis et eorum precio et mensura lapidum, etiam [de] tebulariis et calcenariis. capitulum.CCCX. Statuimus et ordinamus, quod petraioli teneantur, unicuique volenti emere, [dare] centinare lapidum pro duodecim solidis, ad mensuram latitudinis et longitudinis communis Urbi veteris, cum numero centonarum et legatorum, quibus Urbisveteres utuntur, et apportant et dant dictam mensuram camerario communis, et ipsam signare in palatio communis Balneoregii, et centinare planellarum, aptatarum ab utraque facie, pro viginti solidis. tebularii vero teneantur dare centenare tebularum, canalium bene coctorum, ad mensuram trium somessium longitudinis et unius amplitudinis, pro tribus libris et decem solidis, cuilibet petenti, ad penam centum soldorum pro quolibet contrafaciente et qualibet vice. et teneantur contribuere unus alteri, quando requirerentur a communi vel spetialibus personis, calcinarii vero teneantur dare salmam calcis, videlicet sex quartenghos, qui quartengi debeant signari sive sigillari in introitu cuiuslibet potestatis sigillo communis Balneoregii, bene coctam, a porta Sancti Francisci supra pro vngti duobus solidis, a dicta porta infra pro viginti et uno solidis et sex denariis, si darent calcem non bene coctam, que non dissolveretur, teneantur reficere, et credatur sacramento emptoris usque in decem solidis. et qui contrafecerint in predictis, incurrat penam viginti soldorum denariorum, addimus huic capitulo, quod venditio dictarum tebularum, canalium vel lapidum, calcine locum habeant in civibus et districtualibus et non in aliis personis.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 177-178.

⁵² Talvolta si usufruiva anche di asini, muli e, ancora più raramente di buoi. Nel caso della fabbrica del Duomo di Orvieto i bufalari bagnoresi (assieme ad altri di provenienza diversa) si occuparono anche del trasporto dei marmi antichi recuperati dalle rovine a Roma e nel territorio vicino. Come documentato anche in altre fonti, i pezzi giungevano via Tevere sino ai porti di Orte, Spicciano, San Valentino, Manciano, Attigliano, Basci (BACIARELLO 1990, pp. 26-28).

⁵³ «Quod sit licitum unicuique laboranti laborare in macinariis civitatis Balneoregii. capitulum. CCCVII. Statuimus et ordinamus, quod licitum sit unicuique laboranti laborare in macinariis civitatis Balneoregii, et scombrare terraplenum et lapides de dictis macinariis et ipsa prohicere per loca consueta, pro ut et quatenus consuetum est, sine pena et dampno, non obstante prohibitione quamque.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 176.

⁵⁴ «Quod petraioli faciant lapides in loco debiliori assignando per quatuor antepositos. capitulum.CCCXI. Statuimus et ordinamus, quod petraioli de Balneoregio teneantur facere la[pide]s circumcirca Balneoregium in loco debiliori assignando eis per quatuor antepositos, ad penam viginti soldorum» *Ivi*, p. 178.

⁵⁵ Interessante è il documento riportato da Baciarello relativo ad un ordine di Ser Andrea di Ser Girolamo a Angelo d'Arrigo che cavava nel luogo denominato “Le Scalette”, nel 1494: «12 cornici lunghe 3 piedi e mezzo per l'allestimento di finestre; 9 larghe un piede, 3 larghe un piede e mezzo» in BACIARELLO 1990, p. 14.

⁵⁶ *Ivi*, p. 22.

anche per le architetture di Civita. I pezzi, dopo una prima sbazzatura (*lapides ad filum*)⁵⁷ erano trasportati dai *bufalari* a bordo cantiere dove erano sottoposti alle lavorazioni di finitura da parte degli scalpellini che proseguivano il lavoro anche nei mesi invernali, seppur con orario ridotto, quando il resto del cantiere era fermo⁵⁸. Altri pezzi commerciati erano: *tabulas, tabulectas* e *tabulectas pro scalis; gradones seu scottos* (elementi squadrati impiegati per le scale a chiocciola); *cantones, cantones quadros* (utilizzati nei cantonali) e *lapides pro clavibus* (chiavi di volta). Dalla cava di travertino di Bontoli arrivavano invece: *cornicetas, cornices, cornices parvas, tabulas quadras, docciales tortos, boçellos* (bozze), *lapides ad filum*. Le *lapides pro leghis*, inoltre, erano assieme ad altro materiale di raccolta, messi in opera come riempimento delle sezioni a sacco⁵⁹.

Tra gli strumenti da cava le fonti orvietane citano *picchioni, çeppe de ferro, martelli, maze, pale* e, per quanto riguarda il trasporto dei materiali, *festinellum* (cesto di vinco), *barellem, varellem* (tavole rettangolari con stanghe)⁶⁰. L'Opera del Duomo di Orvieto garantì per i lavoratori di Bagnoregio, Porano e quelli provenienti dalla Lombardia⁶¹ la presenza costante di un fabbro per la riparazione degli strumenti⁶².

Anche ai *calcinari* è dedicata molta attenzione nei documenti ufficiali. Pur non descrivendo in dettaglio il ciclo produttivo, in analogia con altre fonti simili (VECCHIATTINI 2009, pp. 62-65) viene più volte raccomandata la qualità produttiva della calce (*calcem bene coctam*); essa era infatti controllata e normata nel prezzo⁶³. Tenendo conto delle caratteristiche delle fonti di approvvigionamento sino ad ora descritte, si specifica inoltre che all'interno della *facies* litoide dell'Ignimbrite sono presenti ampie tasche di scorie e ceneri incoerenti grigie scure: le "pozzolane". La loro formazione è dovuta alle variazioni termiche all'interno della massa piroclastica oppure alla circolazione non pervasiva dei fluidi (PECCERILLO *et alii* 2012, pp. 19, 26). L'impiego della pozzolana in qualità di additivo dalle proprietà idraulicizzanti dell'impasto è conosciuto sin dai tempi antichi ed è un sapere tecnico pratico tramandato di generazione in generazione. Alcuni depositi vulcanici,

infatti, se mescolati con sabbia e calce sono in grado di fornire alla malta la capacità sia di fare presa in acqua ma anche di solidificare con una velocità maggiore rispetto al procedimento di carbonatazione tradizionale con la calce aerea (PECCHIONI *et alii* 2008, p. 19).

6. Analisi delle fonti materiali

A fronte di questa mole di dati documentari, ciò che si riscontra sul lato materiale è la messa in pratica di regole dell'arte locali, anche antisismiche, che hanno talvolta superato la prova sperimentale del tempo.

Le murature di Civita di Bagnoregio sono state indagate nell'ambito di una più ampia ricerca che aveva lo scopo di effettuare una valutazione di vulnerabilità sismica dell'intero centro storico attraverso degli step di conoscenza progressivi (ZAMBONI 2018; FACCIO, ZAMBONI 2020). Pertinente ad una di queste fasi è stata l'analisi speditiva dei complessi architettonici che, seppur perseguisse uno scopo differente dalla cronotologia delle tecniche costruttive e murarie storiche di Civita, ne ha mappato un totale di 120 campioni pertinenti ai singoli edifici costituenti gli aggregati. Lo strumento schedografico utilizzato è stato costruito tenendo conto delle regole dell'arte e dei parametri di vulnerabilità sismica e di presidio che influenzano il comportamento del masso murario. A margine della singola tecnica, l'analisi stratigrafica speditiva ha messo in luce una serie di dati riferiti a terremoti passati, a pratiche di ricostruzione, ad attività di reimpiego nonché ad interventi di consolidamento che sottendono una prassi duratura e condivisa dai costruttori locali, consapevoli del rischio sismico dell'area e della sua necessaria prevenzione⁶⁴.

Le architetture di Civita sono quasi totalmente edificate in materiale lapideo, faccia a vista, afferente alla citata formazione geologica dell'Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio, altrimenti detta "Tufo litoide a scorie nere", ed impiegato sistematicamente nelle costruzioni di tutte le epoche (in corrispondenza sia di paramenti che di angolate, figg. 3-5).

⁵⁷ *Ivi*, p. 18, nota 39.

⁵⁸ *Ivi*, p. 20, nota 66.

⁵⁹ *Ivi*, p. 19 e riferimenti *ivi* citati.

⁶⁰ *Ivi*, p. 26, nota 107, p. 24, nota 98.

⁶¹ *Ivi*, p. 24.

⁶² Fra i quali si citano: *Lellus faber de Balneoregio, Johannes Michilutii, Johannes Cecchoni*. *Ivi*, pp. 25-26.

⁶³ Vedi nota 51.

⁶⁴ Come attestato anche dalle fonti storiche precedentemente discusse.



Figura 3: La consistenza muraria del centro storico e l'omogeneità del materiale posto in opera è uno dei primi caratteri costruttivi che emergono al momento del sopralluogo. Porta Santa Maria.



Figura 6: L'opera quadrata isodoma che interessa paramenti e angolate di questo corpo di fabbrica denota una particolare attenzione nello sfalsamento dei giunti verticali.



Figura 4: Le architetture, parzialmente allo stato di rudere, di Palazzo Colesanti.



Figura 7: Nonostante l'erosione del blocco, sono documentati, anche in questo caso, la cura nel taglio della materia prima, la posa in opera e lo sfalsamento dei giunti verticali, con qualche incertezza rispetto al caso precedente (fig. 6).



Figura 5: Lo stato di conservazione delle architetture di Civita consente di indagarne i materiali e le regole costruttive. Si osserva, anche nelle fasi più recenti, la tradizione locale dell'impiego generalizzato dell'ignimbrite.

Questo è in larga misura sbizzato o lavorato a squadra. La documentazione, anche archivistica⁶⁵, della pratica locale del reimpiego di materiale proveniente da edifici in rovina, pone talvolta dei problemi di lettura ed interpretativi che possono essere risolti con esperienza e competenze transdisciplinari relative ai rilievi geometrico, del degrado e del danno. L'erosione del blocco, fenomeno di degrado tipico di elementi di questa litologia⁶⁶, è molto diffuso ed è documentato anche in porzioni di muratura pertinenti a fasi più tarde e caratterizzate dalla variabilità di stato conservativo dei pezzi. Data la generale regolarità morfometrica degli elementi, lo sfalsamento dei giunti si è rivelato in molti

⁶⁵ Nel quadro di una serie di interventi di restauro documentati a Orvieto da Lucio Riccetti nella seconda metà del XIII secolo-inizio XIV secolo è citato che «il notaio Pietro di Benvenuto, della regione di S. Giovenale, chiede ai Sette di poter utilizzare il tufo di alcune case *iuxta plateam S. Iuvenalis* per restaurare la propria abitazione posta nella stessa piazza» in RICCETTI 1992, p. 123.

⁶⁶ FRANCESCHI, GERMANI 2020, pp. 132-133; NorMal 1/88; UNI 11182 – 2006.

casi di media o alta qualità (> 30% dell'area omogenea presa in considerazione, *figg. 6-7*)⁶⁷.

Per alcune porzioni di edificato, angolate e più tardi elementi architettonici, è utilizzata la "Leucite tefritica", facilmente riconoscibile macroscopicamente in virtù della sua durezza e per il colore grigio (*figg. 8-9*).



Figura 8: Il cantonale del medesimo corpo di fabbrica (fig. 7) denota l'ammorsamento dei muri ortogonali mediante l'impiego di elementi in Leucite tefritica parzialmente squadrate, bugnati e lavorati con nastrino perimetrale a scalpello piano. L'apparecchiatura è alternata testa/fascia.



Figura 9: Elemento architettonico in Leucite tefritica, blocchi parzialmente squadrate e lavorati superficialmente a punta.

Poco frequente, e quasi sempre rado, è l'impiego di laterizi e coppi in frammenti, e ancora più insolita è la ricostruzione di alcune parti in mattoni. Nelle poco diffuse tecniche miste si riscontra, in ogni caso, una certa cura nella posa in opera degli elementi più allungati volti a regolarizzare l'orizzontalità dei corsi (si tratta raramente di veri e propri corsi di ripianamento) e a ridurre la dimensione del giunto, l'elemento più debole della muratura ma che svolge un ruolo essenziale nella trasmissione a terra dei carichi (*fig. 10*).



Figura 10: Contestualmente all'utilizzo di elementi di reimpiego, caratterizzati anche da fenomeni di erosione, si è documentata la pratica di inserimento di tavelle in cotto, talvolta frammentate, ai fini di regolarizzare la posa in opera e ridurre lo spessore del giunto di malta tra pietra e pietra.

L'apparecchiatura è di norma sia di testa che di fascia, a corsi orizzontali e i giunti sono mediamente degradati per le fasi costruttive più antiche. Si sono documentati, infatti, molti casi di consolidamento degli stessi con malte di tipo misto e/o cemento portland. Sono pratiche spesso localizzate e forse atte a risanare quadri fessurativi diffusi oltreché interventi relativi ad impianti o canne fumarie. Le malte di prima fase, dove rintracciabili, sono di calce aerea, l'impasto ha un tono caldo e molto spesso non denota tenacità ma, al contrario, è scalfibile con l'unghia (friabile/molto friabile). In questi contesti si registrano frequentemente additivi idraulicizzanti e/o a comportamento pozzolanico con ogni probabilità reperiti in loco stando anche alle considerazioni precedenti riferite alle litologie presenti nelle cave locali (*fig. 11*).

⁶⁷ Trattandosi di un rilievo speditivo non è stata eseguita l'analisi stratigrafica completa per tutti i complessi architettonici del centro storico. Per questo motivo ci si rifà al concetto più generale di area omogenea e non ad una specifica Unità Stratigrafica Muraria.



Figura 11: La malta di connesura presenta macroscopicamente una matrice chiara, tono caldo, con calcinarioli e aggregati di dimensioni anche molto varie interpretabili, in prima analisi, come frammenti di Ignimbrite ed elementi a comportamento pozzolanico che si possono cogliere anche nelle tasche dei contigui blocchi di Ignimbrite.

Raramente si sono riscontrate murature con tessiture senza corsi e pezzi di forma irregolare e/o di raccolta che interessino una parte consistente dell'elemento verticale. Allo stesso modo, non sono stati attestati espedienti tessiturati quali la disposizione a spina pesce e a 45°. Essi, infatti, sono notoriamente connessi ad altre tipologie di lavorazioni dei blocchi e conseguenti apparecchiature. Si è constatata, invece, la frequente posa di conci di testa e in verticale (lato orizzontale corto) aventi la funzione di elementi di punta e, in alcuni casi di maggior qualità, di diatoni trasversali a miglioramento dell'ingranamento interno della sezione muraria. Per quanto riguarda i rapporti costruttivi tra le parti, si sono registrate modalità di addossamento di interi corpi di fabbrica ad altri preesistenti (connessione assente, *fig. 12*).



Figura 12: Limite stratigrafico di appoggio caratterizzato dalla costruzione dell'edificio di sinistra sfruttando la preesistenza. A sanare i vuoti si provvede, talvolta, anche all'inserimento di elementi di dimensioni minori e tavelle in cotto.



Figura 13: Corpi di fabbrica in ammorsamento. Si documenta anche nel caso di Civita la pratica di lasciare degli elementi sporgenti per la costruzione, in secondo cantiere, di edifici adiacenti.

Non mancano, anche se meno numerose, le attestazioni di ammorsamenti fra edifici adiacenti o fra estese porzioni di muratura appartenenti alla medesima struttura (fig. 13).



Figura 14: Sezione muraria a semisacco (due paramenti) con elementi di punta, parzialmente squadrate, in Ingimbrite. Il nucleo è costituito da malta, brecce e scapoli.

Secondo modalità riscontrate anche nella vicina città di Orvieto, la prassi poteva prevedere un giunto di ammorsamento già al momento della costruzione dell'edificio in modo da poter, in un secondo cantiere, agganciare un ulteriore corpo di fabbrica. La connessione tra le parti intendeva favorire il più possibile un comportamento omogeneo e unitario all'aggregato edilizio e consentiva di evitare fenomeni di martellamento in caso di sisma, tipici in corrispondenza di giunti costruttivi in aderenza. In alcuni contesti sono apparsi piuttosto evidenti casi di angolate con elementi fortemente degradati e/o fratturati; l'erosione potrebbe essere conseguenza di vari fattori che andrebbero valutati caso per caso mentre la fratturazione dei blocchi potrebbe indicare uno stato di sofferenza per resistenza del materiale. Dato l'elevato stato di conservazione del centro abitato nel suo complesso, dovuto anche a progressivi restauri messi in atto a partire dalla anni Sessanta⁶⁸, le sezioni osservabili sono state attestate in numero irrisorio ma ciò non ha impedito di fare considerazioni meccanico-qualitative in merito. Si tratta di murature a due paramenti con un semisacco e alcuni elementi di punta (fig. 14), tranne in rari casi dove si sono



Figura 15: Complesso Architettonico campione, sul quale si sono svolte indagini più approfondite: rilievo materico, costruttivo, stratigrafico, del degrado e del danno. Vista nord-ovest.

constatati due paramenti accostati. Questi dati, seppur esigui, hanno trovato conferma, per massi murari di spessori compresi tra i 60 e gli 80 cm, nel corso di sopralluoghi in altri contesti simili quali, ad esempio, l'area a rudere dell'abitato di Celleno, anch'esso progressivamente abbandonato in seguito ad eventi sismici (CROCOLI 1989; FORDINI SONNI 1995). La presenza di elementi di lunghezze attorno ai 50 cm ha permesso di constatare, in riferimento a spessori murari adeguati, la presenza di diatoni trasversali di collegamento. L'approfondimento di un aggregato si è esplicitato anche nell'analisi di altri 36 campioni di muratura, catalogati con una scheda più articolata che ne ha consentito uno studio molto più approfondito, comprensivo di dati dimensionali e informazioni sugli strumenti di



Figura 16: Complesso Architettonico campione. Vista sud-ovest.

⁶⁸ Documentati anche in ATTILI 2020 con riferimento alla nota figura dell'arch. Astra Zarina.

lavorazione, che potranno costituire la base per la costruzione di una cronotipologia delle tecniche costruttive e murarie di Civita di Bagnoregio (figg. 15-16).

La tecnica relativa al Corpo di Fabbrica 2 (datato alla Fase I), ad esempio, presenta conci di Ignimbrite di O-B squadrate (45 x 25 x 30 cm) utilizzati sia per il paramento che per le angolate, apparecchiati in corsi orizzontali con giunti a filo di 3-10 mm in calce aerea con materiali a comportamento pozzolanico e calcinaroli. La particolarità che denota gli elementi è una lavorazione superficiale riconducibile alla martellina (lama liscia) o all'ascia (documentata nell'area di Bolsena) (CHIOVELLI 2007, pp. 231-238) che, assieme alla valutazione degli elementi architettonici, ha permesso di avanzare l'ipotesi di una datazione al XII secolo (fig. 17).



Figura 17: Lavorazione superficiale dei conci impiegati nella casa torre di prima fase, gli elementi in Ignimbrite presentano tracce, talvolta molto regolari, di lama liscia, forse pertinenti ad uno strumento ad ascia documentato anche in altri studi di area regionale.

Lo spessore murario della casa torre è di circa 1 m, pertanto la ragionevole interpretazione della sezione muraria è quella di un semisacco (o a due paramenti) con buon ingranamento trasversale ed elementi di punta anche molto ravvicinati tra loro (semi-diatoni). Probabilmente appartenente alla fine di quello successivo è, invece, la muratura dei CF4 e 5, la cui cronologia è suggerita dagli elementi architettonici; le due porte al piano terra trovano riscontro per lavorazione in contesti ben datati quali ad esempio la Badia dei SS. Severo e Martirio ad Orvieto (FIOCCA 1915; PERALI 1919, pp. 58-65; BONELLI 1983; CERONE 2007; PARDI 2007). Gli elementi squadrate appaiono degradati e misurano 48 x 28 x 35 cm, la tessitura è a corsi orizzontali e i giunti variano tra 10 e 30 mm a causa

dell'erosione dei blocchi. La malta è anch'essa di calce aerea con materiali a comportamento pozzolanico e calcinaroli. La sezione muraria è di circa 75 cm, dato che permette di ipotizzare un buon ingranamento trasversale con elementi di punta e semi-diatoni a saturazione dello spessore della parete. Un altro caso interessante è costituito dalle caratteristiche costruttive del primo impianto dei CF1 e 8 (Fase V), che prevedono una muratura in conci squadrate di ignimbrite di O-B dello spessore di circa 60 cm. Le misure, 45 x 30 x 25 cm, confermano la regola costruttiva già menzionata. Le pareti sono connesse a regola d'arte agli angoli da elementi in leucite tefritica squadrate e lavorati con nastrino perimetrale a scalpello piano e superficialmente a punta (dimensioni: 55 x 30 x 25 cm, fig. 18).



Figura 18: I cantonali dei corpi di fabbrica di quinta fase presentano un elevato grado di lavorazione della Leucite tefritica, gli elementi sono squadrate, spianati a punta e presentano nastrino perimetrale a scalpello piano.

I giunti, attualmente in gran parte degradati e rimaneggiati, presentavano in un primo momento dimensioni variabili tra i 5 e 10 mm.

Nell'ambito del sopralluogo speditivo, come detto, è stato possibile segnalare alcune linee di discontinuità stratigrafica che potrebbero essere indicative di terremoti passati. Le più significative e meglio apprezzabili potrebbero configurarsi quale testimonianza di eventi calamitosi in antico date le caratteristiche di lavorazione, tessitura, dimensioni e degrado dei blocchi (fig. 19).



Figura 19: Il degrado degli elementi a quota inferiore, ammassati con conci di leucite tefritica squadrati, spianati a punta e con nastrino perimetrale a scalpello piano, suggeriscono il crollo e la ricostruzione di questo edificio, forse contestuale ad un evento sismico. L'analisi degli elementi architettonici e di ulteriori indicatori cronologici permetterà di confermare eventualmente le ipotesi formulate.

La letteratura fornisce notizia di altri due terremoti non mappati nei cataloghi digitali⁶⁹ e riferiti agli anni 1297 e 1349, dati che trovano confronto negli elementi architettonici pertinenti alla fase di ricostruzione⁷⁰. Inoltre, molte di queste porzioni sono legate ad angolate di grandi dimensioni (particolarmente erose) in Leucite tefritica, squadrate e che talvolta presentano tracce di lavorazioni superficiali a punta e nastrino a scalpello, elemento cronologico significativo che andrà ulteriormente posto a vaglio con il proseguo delle indagini.

La schedatura dei parametri di vulnerabilità e presidio ha evidenziato una medio/alta diffusione in tutto il centro abitato di opere a consolidamento visibili in esterno. Afferiscono principalmente a due tipologie: contrafforti in muratura e catene. I primi coinvolgono raramente una porzione più estesa rispetto al piano terreno in corrispondenza, spesso, di vani voltati e hanno un'estensione orizzontale variabile sia che siano stati messi in opera storicamente o che invece siano riconducibili ad interventi più recenti (fig. 20)⁷¹.



Figura 20: Presidi antisismici angolari dell'Ex Palazzo Comunale, complesso architettonico molto trasformato e caratterizzato da un parziale stato di rudere.

Una fase specifica è stata individuata cronologicamente tra il XVII e il XIX secolo e si rifà a tecniche e materiali propri della storia locale, intervallo temporale che si conosce essere caratterizzato da eventi sismici anche ad elevata intensità. Un ulteriore gruppo, databile intorno al 1950, comprende interventi del Genio Civile di Viterbo. Si tratta di contrafforti e speroni a "zampa di elefante" eseguiti in corrispondenza di strutture fatiscenti in procinto crollo⁷².

Le scale sono classificate di norma quale elemento di vulnerabilità dalla letteratura in quanto incrementano la

⁶⁹ Vedi nota 33.

⁷⁰ I dati sono discussi in ZAMBONI 2018.

⁷¹ Questi ultimi erano già emersi e sono stati oggetto di schedatura in CAMPANINI 2016, A.4.3.S, *Schede descrittive degli elementi di consolidamento*. Questo primo studio è stato eseguito tenendo conto della *Scheda per il rilievo speditivo del danno sul patrimonio culturale per eventi sismici – Palazzi – Modello P-ES*, seconda sezione, B23 e relativo abaco dei meccanismi contenuti nella Direttiva MIBACT 2015, Allegato 1.

⁷² In merito a questa attività, si dispone anche di fonti orali degli abitanti del centro storico, alcuni dei quali parteciparono in prima persona a queste operazioni in qualità di manovali.

rigidezza nel loro luogo specifico concentrando su di esse i carichi gravanti sulla struttura e originando, spesso, anche episodi di comportamento torsionale. Tuttavia, la diffusione nell'area geografica viterbese delle monumentali scale a profferlo, costruite esternamente ai corpi di fabbrica in addossamento o ammassamento al muro, ha portato a riconsiderare tale parametro di vulnerabilità, rimandando a future verifiche specifiche l'ipotesi che tali elementi costruttivi costituiscano, invece, una forma di presidio (fig. 21).



Figura 21: Un esempio di scala a profferlo, elemento costruttivo tipico del territorio viterbese, eretta in ammassamento sui paramenti esterni di due corpi di fabbrica del medesimo aggregato, obliterando un portale più antico, già precedentemente tamponato.

I capichave di catena osservati sono tutti del tipo a paletto, talvolta ricurvo, raramente ligneo, e in generale buono stato di conservazione. In alcune situazioni, si è rilevata la perdita del paletto, indice di un presidio non più efficiente al 100% (fig. 22).



Figura 22: Torre dell'ex. Palazzo Comunale. Tracce del paletto non più esistente degli incatenamenti interni in corrispondenza del primo livello.

In un solo caso si può certamente attribuire un sistematico intervento di tamponamento delle forometrie a scopo di consolidamento degli elementi verticali. Si tratta del loggiato appartenente al Palazzo Episcopale il cui crollo parziale contestualmente al terremoto del 1695 è noto dalle fonti (PETRANGELI PAPINI 1970, pp. 115-117; GARGANO 1988, p. 44; MARGOTTINI 1988, p. 86). Durante lo spoglio dei documenti relativi al terremoto del 21 gennaio 1743⁷³ sono emersi anche dati riferiti ad altri interventi di consolidamento subiti dalla fabbrica. Nelle comunicazioni successive al sisma tra la sede Vescovile e lo Stato Pontificio⁷⁴, si legge che nel Palazzo Vescovile i due muri di spina verso la piazza e verso l'orto si slegarono per cui si rese necessario l'inserimento di 14 staffe di ferro per la riparazione. Nella chiesa di San Bonaventura, poi, le murature perimetrali e la volta subirono gli stessi tipi di danno; per l'intervento furono indicate quattro chiavi di ferro lunghe 40 palmi ciascuna. A poco valsero questi provvedimenti, in quanto l'edificio venne definitivamente inghiottito dalla rupe nel corso del XIX secolo⁷⁵. Nella chiesa della Madonna delle Carceri l'arco della cappella si lesionò e dovette essere consolidato

⁷³ PETRANGELI, PAPINI 1972, pp. 129-130; BOSCHI *et alii.* 1997, Scheda 01840, Terremoto Bagnoregio 21 gennaio 1743.

⁷⁴ Archivio Segreto Vaticano, Segreteria di Stato, Particolari, vol. 222, *Lettera del gonfaloniere e dei priori della città di Bagnorea al segretario di Stato cardinale Silvio Valenti Gonzaga*, Bagnorea 26 gennaio 1743. Archivio Segreto Vaticano, Segreteria di Stato, Vescovi e prelati, vol. 242, *Lettera del governatore generale della provincia del Patrimonio di S. Pietro Basilio Sceriman al segretario di Stato cardinale Silvio Valenti Gonzaga*, Viterbo 27 gennaio 1743.

⁷⁵ Il crollo di una parte delle murature perimetrali avvenne nell'anno 1842, come riportato da Papini: «della Chiesa di San Bonaventura a Civita rimangono ancora in piedi solo due pareti, dopo il crollo di tutte le altre strutture», in PETRANGELI PAPINI 1972, p. 56.

mediante una chiave di ferro lunga 30 palmi⁷⁶, purtroppo anche a questo edificio toccò la medesima sorte ed è attualmente scomparso.

Sono stati, infine, documentati altri elementi con funzione di presidio quali archi di sbadacchio, presenti con una certa frequenza a collegamento tra i complessi architettonici (fig. 23) ed il tamponamento dell'interspazio tra corpi di fabbrica (fig. 24); in entrambi i casi, la funzione di prevenzione dai danni di martellamento risulta piuttosto chiara.



Figura 23: Arco di sbadacchio tra corpi di fabbrica pertinenti a complessi architettonici diversi.

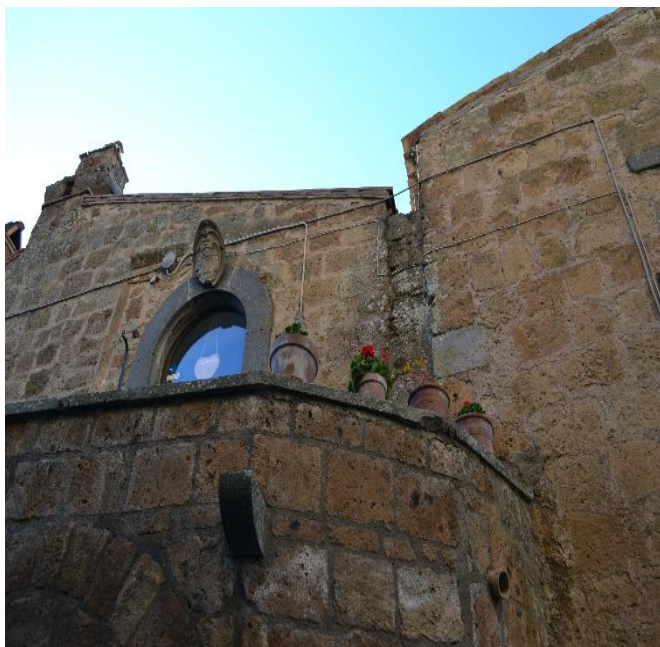


Figura 24: Ricucitura, senza ammorsamento, dell'interspazio esistente tra due corpi di fabbrica di uno stesso aggregato edilizio.

7. Conclusioni

L'analisi del contesto di Civita di Bagnoregio restituisce l'immagine di una città fragile che ha saputo sin dai secoli del Medioevo (e forse prima ancora) sviluppare dei saperi tecnici locali per contrastare i rischi, tra i quali quello sismico, cui è da sempre soggetta. Essi sono rintracciabili nei documenti che descrivono i provvedimenti a prevenzione del masso roccioso su cui la città si fonda e che chiaramente aveva manifestato segnali di dissesto anche in antico, influenzando forse lo stato di danno delle costruzioni in elevato. In secondo luogo, le tecniche costruttive e murarie emerse dall'analisi, seppur speditiva e svolta contestualmente ad un'altra ricerca con obiettivi solo in parte affini al presente contributo, mostrano un'elevata qualità di lavorazione e finitura dei pezzi nonché un controllo rigoroso sulla loro messa in opera. Questi aspetti si traducono in manufatti con requisiti antisismici e un medio-elevato ingranamento trasversale ottenuto attraverso l'impiego di semi-diatoni e diatoni, e con l'apparecchiatura degli elementi a corsi orizzontali e sub-orizzontali evitando l'allineamento dei giunti verticali. Ulteriori osservazioni macroscopiche in merito alla composizione delle malte restituiscono una sapiente pratica di dosaggio di differenti inerti e altre componenti volta all'ottenimento di una resa maggiore dell'impasto. Questi dati si inseriscono in un quadro di prescrizioni a controllo delle proprietà della malta attivo sin dal Medioevo. Si tratta complessivamente di qualità che è stato possibile riferire, attraverso le indagini proprie dell'archeologia della produzione architettonica, ad un ciclo produttivo, e quindi a delle scuole specializzate, deducibili dalle fonti scritte e osservabili nelle tracce materiche dell'edificato. Sia i manufatti più antichi che le trasformazioni più recenti mostrano, salvo rare eccezioni moderno-contemporanee, una tradizione costruttiva volta a tutelarsi dai terremoti ricorrenti anche attraverso tipici elementi di presidio. Gli eventi tellurici, come specificato più volte, sono testimoniati a Civita sia dai cataloghi di sismologia storica (che raccolgono documentazioni d'archivio, bibliografiche e dati strumentali contemporanei) sia dalla lettura stratigrafica di alcuni complessi architettonici. Tale mole di informazioni costituisce un bagaglio di regole dell'arte tradizionali e locali che potrebbe, e dovrebbe,

⁷⁶ In Archivio di Stato di Viterbo, Segreteria di Stato, Vescovi e prelati, vol. 242, *Visita fatta in Bagnorea da monsignor illustrissimo, e reverendissimo Sceriman governatore generale del Patrimonio per i danni patiti da quella città in occasione delle reiterate scosse del terremoto dell'anno 1743, Bagnorea 13 febbraio 1743.*

insegnare molto anche oggi in termini di storia delle tecniche, sistemi di monitoraggio e progetti di intervento sul Patrimonio esistente in muratura.

Riallacciandosi a principi metodologici di analisi tridimensionale che erano propri della trattatistica storica e dei primi studi di Archeologia dell'Architettura, e coniugandoli con le esigenze di conoscenza e valutazione della risposta delle murature anche nel caso di azioni orizzontali, l'esperienza tecnologica dell'archeologo può essere rilevante, permettendogli di avere parte attiva nei processi di valutazione della sicurezza del costruito storico. Certo è che, per fare ciò, è necessario che egli provveda ad un *background* di formazione più allargato a comprendere almeno aspetti basilari di discipline come la Storia dell'Architettura, il Restauro e la Tecnica delle costruzioni⁷⁷, nonché che tenga costantemente presente le reali esigenze espresse dalle norme vigenti in materia di intervento sui beni tutelati e di interesse culturale⁷⁸. Ciò per evitare che, a monte di indagini propedeutiche a progetti di monitoraggio e/o intervento volti alla prevenzione sismica in questo caso, le altre discipline siano indotte per necessità a svolgere nuove classificazioni sulle murature storiche che meglio rispondano ai requisiti citati in precedenza e che, ancora più grave a parere di chi scrive, non si verificano le condizioni per attuare comparazioni mediante analogia con studi editi su tecniche costruttive simili nella medesima area di diffusione, attività prescritta dalla D.P.C.M. 2011 e che, come citato in premessa, svolge un ruolo essenziale nel limitare le prove distruttive sulle architetture in esame, agendo conseguentemente a favore di conservazione.

⁷⁷ Aspetto precedentemente sollevato in un contributo di Gian Pietro Brogiolo scritto, non casualmente, nel gennaio 2010 mentre la precedente versione delle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio culturale* (non ancora divenute D.P.C.M. 2011) era in fase di revisione.

⁷⁸ Nell'ambito di una ricerca in corso di svolgimento presso l'Università IUAV di Venezia si stanno, inoltre, sperimentando classificazioni murarie che, come richiesto dal D.P.C.M. 2011 (vedi stralcio riportato in nota 4), tengano conto anche di specifici fenomeni di degrado, come ad esempio l'erosione di blocchi e giunti. Essa può compromettere la capacità residua di un muro determinando sensibili riduzioni del carico critico (che può verificarsi, a sua volta, anche nel caso di parzializzazione delle sezioni resistenti) e provocando la progressiva diminuzione di aspetti tipicamente positivi di questo materiale eterogeneo come l'effetto cerchiate dei giunti di malta (ZAMBONI 2021).

Bibliografia

- ARRIGHETTI A. 2015, *L'archeologia in architettura. Per un manuale*, Firenze.
- ATTILI G. 2020, *Civita senza aggettivi e senza altre specificazioni*, Macerata.
- AVETA A. 2017, *Il progetto e il cantiere di restauro: l'approccio strutturale ed il consolidamento*, in AVETA A. (a cura di), *Sezione 3b, Progetto e cantiere: problematiche strutturali*, in RICerca/REStauo, Coordinamento di Donatella Fiorani, Roma, pp. 727-739.
- BACIARELLO G. 1990, *Le cave di basalto bagnoresi nel tardo Medioevo*, Bagnoregio (VT).
- BIANCHI G. 1996, *Trasmissione dei saperi tecnici e analisi dei procedimenti costruttivi*, in "Archeologia dell'Architettura", I, pp. 53-64.
- BOATO A., LAGOMARSINO S. 2011, *Stratigrafia e statica*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno, Gavi, 23-25 settembre 2010, in "Archeologia dell'Architettura", XV, pp. 47-53.
- BONELLI R. 1983, *Una inedita documentazione sulla Abbazia dei SS. Severo e Martirio*, in "Bollettino dell'Istituto Storico Artistico Orvietano", XXXIX, pp. 97-104.
- BORMIOLI et alii 1976 = BORMIOLI P., CAGIANO DE AZEVEDO M. 1976, *Civita di Bagnoregio*, Roma.
- BORRI A., DE MARIA A. 2009, *L'indice di Qualità Muraria (IQM): Evoluzione ed Applicazione nell'Ambito delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008*, in BRAGA F., SAVOIA M., *L'ingegneria sismica in Italia*, Atti del XIII Convegno Nazionale dell'Associazione Nazionale Italiana Di Ingegneria Sismica (ANIDIS), Bologna 28 giugno-2 luglio 2009, CD-Rom.
- BOSCHI et alii 1997 = BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G., GASPERINI E P. 1997, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, 2, Roma-Bologna, CD-Rom.
- BROGIOLO G.P. 1988a, *Campionatura e obiettivi nell'analisi stratigrafica degli elevati*, in FRANCOVICH R., PARENTI R. (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*, I Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano, Siena 28 settembre-10 ottobre 1987, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti – Sezione Archeologia – Università di Siena, 12-13, Firenze, pp. 335-346.
- BROGIOLO G.P. 1988b, *Archeologia dell'edilizia storica. Documenti e metodi*, Como.
- BROGIOLO G.P. 2008, *Procedure di documentazione e processi interpretativi dell'edilizia storica alla luce delle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio culturale"*, in "Archeologia dell'Architettura", XIII, pp. 9-13.
- BROGIOLO G.P., FACCIO P. 2011, *Stratigrafia e prevenzione*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno, Gavi, 23-25 settembre 2010, in "Archeologia dell'Architettura", XV, pp. 55-63.
- CAGIANO DE AZEVEDO M., SCHMIEDT G. 1974, *Tra Bagnoregio e Ferento*, Roma.
- CALVI et alii 2006 = CALVI G.M., PINHO R., MAGENES G., BOMMER J.J., RESTREPO-VÉLEZ L.F., CROWLEY H. 2006, *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*, in "ISET Journal of Earthquake Technology", 472, 43, 3, pp. 75-104.
- CAMPANINI G. 2016, *Civita di Bagnoregio. Studi per la vulnerabilità sismica degli edifici in aggregato*, tesi di dottorato, XXVII ciclo, Politecnico di Milano, DASTU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Architettonici.
- CANGI G. 2012, *Manuale del recupero strutturale antisismico*, Roma.
- CAPOCACCIA G., MACCHIONI F. 1922, *Statuto della Città di Bagnoregio del 1373, 1921*, Ristampa anastatica anni Novanta (data ignota), Bagnoregio (VT).
- CARBONE et alii 2001 = CARBONE I.V., FIORE A., PISTONE G. 2001, *Le costruzioni in muratura*, Milano.

- CERONE R. 2007, *L'Abbazia premostratense dei Santi Severo e Martirio presso Orvieto*, in "Arte medievale", V, 1, pp. 97-114.
- CHIOVELLI R. 2007, *Tecniche costruttive murarie medievali. La Tuscia*, Roma.
- CROCOLI G.B. 1989, *Celleno dalle origini al 1870 (Cenni storici sui castelli vicini)*, Celleno (VT).
- DELLA TORRE S. 1990, *Alcune osservazioni sull'uso degli incatenamenti lignei in edifici lombardi dei secoli XVI-XVII*, in CASCIATO M., MORNATI S., SCAVIZZI C.P. (a cura di), *Il modo di costruire*, Atti del convegno, Roma, 6-8 giugno 1988, Roma, pp. 135-145.
- DE MINICIS E. 2014, *Antiche cavità riutilizzate nel Medioevo. Cenni introduttivi*, in *L'Etruria meridionale rupestre*, Atti del convegno internazionale *L'Etruria rupestre dalla Protostoria al Medioevo. Insediamenti, necropoli, monumenti, confronti*, Barbarano Romano-Blera, 8-10 ottobre 2010, Roma, pp. 465-469.
- DESIDERIO V. 2008, *La colombaia rupestre nel Lazio Settentrionale: un esempio di attività economico-produttiva*, in DE MINICIS E. (a cura di), *Insediamenti rupestri di età medievale: abitazioni e strutture produttive*, Atti del Convegno Nazionale di Studi, Grottaferrata, 27-29 ottobre 2005, II voll., Spoleto, pp. 481-525.
- DESIDERIO V. 2014, *Il riutilizzo medievale delle cavità a uso funerario nella Tuscia: indagini preliminari*, in *L'Etruria meridionale rupestre*, Atti del convegno internazionale *L'Etruria rupestre dalla Protostoria al Medioevo. Insediamenti, necropoli, monumenti, confronti*, Barbarano Romano-Blera, 8-10 ottobre 2010, Roma, pp. 512-520.
- DI BUDUO *et alii* 2017 = DI BUDUO G.M., CHIARALUCE V., COSTANTINI L., PONZIANI T. 2017, *Bagnoregio Underground*, in "Professione Geologo", 51, pp. 25-32.
- DI PASQUALE S. 1996, *L'arte del costruire, tra conoscenza e scienza*, Venezia.
- DOGLIONI F. 2018, *Il danneggiamento sismico come processo. La lettura archeosismologica come strumento di prevenzione*, in ARRIGHETTI A. (a cura di), *Archeologia dell'architettura e terremoti*, Atti del seminario, Siena 18 maggio 2018, in "Archeologia dell'Architettura", XXIII, pp. 25-38.
- DOGLIONI F., MAZZOTTI P. (a cura di) 2007, *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico - Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*, Ancona.
- DONÀ C. (a cura di) 2011, *Manuale delle murature storiche*, 2 voll., Roma.
- FACCIO *et alii* 2001 = FACCIO P., FORABOSCHI P., VANIN A. 2001, *La regola dell'arte e il comportamento meccanico dei pannelli in muratura*, in "Costruire in laterizio", vol. 84, pp. 60-65.
- FACCIO P., ZAMBONI I. 2018, *Archeologia dell'Architettura e Prevenzione. Metodi di primo livello per la valutazione della vulnerabilità sismica di complessi architettonici*, in F. SOGLIANI, B. GARGIULO, E. ANNUNZIATA, V. VITALE (a cura di), Atti del VIII Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, Matera, 12-15 settembre 2018, Tomo 1, Sezione 2, Firenze, pp. 170-175.
- FACCIO P., ZAMBONI I. 2020, *Civita di Bagnoregio (VT). Applicazione di un metodo speditivo per la valutazione e la riduzione del rischio sismico di aggregati storici*, in *Un paese ci vuole. Studi e prospettive per i centri abbandonati e in via di spopolamento*, Atti del Convegno, Reggio Calabria, 7-9 novembre 2018, in "ArcHistoR", Extra n. 7, pp. 732-763.
- FIOCCA L. 1915, *Chiesa e Abbazia dei Santi Severo e Martirio (fuori Orvieto)*, in "Bollettino d'Arte del Ministero della Pubblica Istruzione", 9, 7, Roma, pp. 193-208.
- FORDINI SONNI M. 1995, *Il centro storico di Celleno. Una ricerca, un progetto per lo sviluppo*, Viterbo.
- FORMISANO *et alii* 2010 = FORMISANO, A., MAZZOLANI, F.M., FLORIO, G., LANDOLFO, R. 2010, *A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates*, in MAZZOLANI F.M. (editors), *Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events*, Proceedings of the COST Action C26 Final Conference, Naples, Italy, 16-18 September 2010, London, pp. 577-582.
- FRANCESCHI S., GERMANI L. 2020, *Il degrado dei materiali nell'edilizia. Cause e valutazione delle patologie*, Terza edizione, Roma.

- GARGANO M. 1988, *Civita di Bagnoregio*, in LATTANZI S., POLCI F. (a cura di), *Civita di Bagnoregio. L'ambiente, la memoria, il progetto*, Milano, pp. 29-50.
- GENTILI *et alii* 2014 = GENTILI S., COMODI P., NAZZARENI S., ZUCCHINI A. 2014, *The Orvieto-Bagnoregio Ignimbrite: Pyroxene crystal-chemistry and bulk phase composition of pyroclastic deposits, a tool to identify syn- and post-depositional processes*, in "European Journal of Mineralogy" 26(6), pp. 743-756.
- GIANNICCHEDDA E. 2021, *Fulmini e spazzatura. Classificare in archeologia*, Bari.
- GIOVANETTI F. (a cura di) 1992, *Manuale del recupero di Città di Castello. Le tavole degli elementi costruttivi dell'edilizia storica. Materiali del laboratorio urbanistico*, Siena.
- GIUFFRÈ A. 1991, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma.
- GIUFFRÈ A. (a cura di) 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia: codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Roma-Bari.
- GIUFFRÈ A., CAROCCI C.F. 1999, *Codice di pratica per la sicurezza e conservazione del centro storico di Palermo*, Roma-Bari.
- GIULIANI C.F. 2006, *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- GIULIANI C.F. 2011, *Provvedimenti antisismici nell'antichità*, in "JAT", 21, pp. 25-52.
- GURRIERI F. (a cura di) 1999, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici*, Roma.
- HENDRY A.W. 1981, *Statica delle strutture in muratura di mattoni*, Bologna.
- MACCHIONI F. 1956, *Storia civile e religiosa della Città di Bagnoregio dai tempi antichi sino all'anno 1503*, Viterbo.
- MANNONI T. 1984, *Metodi di datazione dell'edilizia storica*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XI, pp. 396-403.
- MANNONI T. 1987, *Archeologia della produzione*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XIV, Note e discussioni, pp. 559-564.
- MANNONI T. 2005, *Archeologia della produzione architettonica. Le tecniche costruttive*, in "Arqueologia de la Arquitectura", 4, pp. 11-19.
- MANNONI T., GIANNICCHEDDA E. 1996, *Archeologia della produzione*, Ristampa 2020, Torino.
- MARGOTTINI C. 1988, *Evoluzione morfologica del colle di Civita di Bagnoregio in tempi storici*, in LATTANZI S., POLCI F. (a cura di), *Civita di Bagnoregio. L'ambiente, la memoria, il progetto*, Milano, pp. 51-88.
- MARGOTTINI C., SERAFINI S. (a cura di) 1990, *Civita di Bagnoregio, osservazioni geologiche e monitoraggio storico dell'ambiente - una ricerca Enea*, Roma.
- MASTRODICASA S. 1943, *Dissesti statici delle strutture edilizie. Diagnosi - Consolidamento - Istituzioni teoriche - Applicazioni pratiche*, Ristampa della nona edizione 2012, Milano.
- PALLADINO *et alii* 2010 = PALLADINO D.M., SIMEI S., SOTTILI G., TRIGILA R. 2010, *Integrated approach for the reconstruction of stratigraphy and geology of Quaternary volcanic terrains: An application to the Vulsini Volcanoes (central Italy)*, in "The Geological Society of America Special Paper", 464, pp. 63-84.
- PARDI R. 2007, *Edifici monumentali ad Orvieto nel Medioevo*, in DELLA FINA G.M., FRATINI C. (a cura di), *Storia di Orvieto, II, Medioevo*, Orvieto, pp. 279-322.
- PARENTI R. 1985, *La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico*, in "Restauro & Città", I, 2, pp. 55-68.
- PARENTI R. 1988, *Sulla possibilità di datazione e di classificazione delle murature*, in FRANCOVICH R., PARENTI R. (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*, I Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano, Siena 28 settembre-10 ottobre 1987, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti - Sezione Archeologia - Università di Siena, 12-13, Firenze, pp. 280-304.

- PARENTI R. 1992, *Fonti materiali e lettura stratigrafica di un centro urbano: I risultati di una sperimentazione "non tradizionale"*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XIX, pp. 7-62.
- PECCERILLO A. (a cura di) 2012, *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio*, Città di Castello (PG).
- PECCHIONI *et alii* 2008 = PECCHIONI E., FRATINI F., CANTISANI E. 2008, *Le malte antiche e moderne tra tradizione e innovazione*, Quarto Inferiore (BO).
- PECCERILLO *et alii* 2012 = PECCERILLO A., PERUGINI D., DONATI C. 2012, *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio: Composizione, Origine e Modalità di Deposizione*, in PECCERILLO A. (a cura di), *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio*, Città di Castello (PG), pp. 11-34.
- PERALI P. 1919, *Orvieto. Note storiche di Topografia. Note storiche d'arte, dalle origini al 1800*, Orvieto.
- PETRANGELI PAPINI F. 1944-1947, *Rapporti della città di Bagnoregio con Orvieto e con i Monaldeschi nel Medio Evo*, Edizione postuma 1996, Roma.
- PETRANGELI PAPINI F. 1972, *Bagnoregio: cronologia storica*, Viterbo.
- QUILICI GIGLI S. 1981, *Colombari e colombaie nell'Etruria rupestre*, in "Rivista dell'Istituto nazionale d'archeologia e storia dell'arte", 3, 4, pp. 106-175.
- RICCETTI L. 1992, *La città costruita: lavori pubblici e immagine in Orvieto medievale*, Firenze.
- ROCCHI P. (a cura di) 2003, *Trattato sul consolidamento*, Roma.
- SANTI *et alii* 2003 = SANTI P., ANTONELLI F., RENZULLI A., PENSABENE P. 2003, *Leucite phonolite millstones from the Orvieto production centre: new data and insights into the Roman trade*, in "Periodico di Mineralogia", 73, 3, pp. 57-69.
- SERAFINI L. 2009, *Terremoti e architetture in Abruzzo. Gli espedienti antisismici del cantiere tradizionale*, in VARAGNOLI C. (a cura di), *Muri parlanti. Prospettive per l'analisi e la conservazione dell'edilizia storica*, Atti del convegno, Pescara 26-27 settembre 2008, Firenze, pp. 221-236.
- SETTIA A.A. 2017, *Castelli medievali*, Bologna.
- VECCHIATTINI R. 2009, *La civiltà della calce: storia, scienza e restauro*, Genova.
- ZEVU L. 2008, *Il manuale del restauro architettonico*, Roma.
- ZAMBONI I. 2018, *Tecniche speditive di rilievo stratigrafico per la valutazione della vulnerabilità sismica degli aggregati storici in muratura. Caso studio: Civita di Bagnoregio (VT)*, tesi di dottorato, XXX ciclo, Scuola di Dottorato di ricerca Università IUAV di Venezia in Architettura, Città e Design, curriculum "Storia dell'architettura e dell'urbanistica", tematica "Conservazione e restauro dell'architettura".
- ZAMBONI I. 2021, *Archeologia e modelli interpretativi del danno: strumenti per la mitigazione di vulnerabilità in architetture storiche veneziane*, in Cucco P., Ribera Ferrari F. (a cura di), *Ri-comporre i frammenti. Sfide per l'architettura a rischio*, "Esempi D'Architettura", Special Issue, pp. 137-148.

Norme e documenti

BORRI A, DE MARIA A. 2015 = Dipartimento Protezione Civile, Consorzio Universitario della Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica 2015, *Indice di Qualità muraria e correlazione con le caratteristiche meccaniche*, Prodotto della ricerca.

Circolare 2019 = Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17, gennaio 2018, (19A00855), G.U. n.35 del 11/02/2019 – Suppl. Ord. n. 5.*

Direttiva MIBACT 2015 = Direttiva del Ministro dei beni e delle attività culturali e del turismo 2015, *Aggiornamento della direttiva del 12 dicembre 2013 "Procedure per la gestione delle attività di messa in sicurezza e salvaguardia del patrimonio culturale in caso di emergenze derivanti da calamità naturali"*, (15A05594), G.U. Serie Generale n. 169 del 23/07/2015.

D.M. 1986 = Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986, *Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche*. G.U. n. 108 del 12/05/1986.

D.P.C.M. 2007 = D.P.C.M. 12 ottobre 2007, *Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni*. G.U. n. 25 del 29/01/2008 – Suppl. Ord. n. 24.

D.P.C.M. 2011 = Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*, G.U. n. 47 del 26/02/2011 - Suppl. Ord. n. 54.

DPC, ReLUI 2010 = Dipartimento Protezione Civile, Consorzio Universitario della Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica 2010, *Linee Guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*. Bozza.

GNDT II livello 1999 = Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, *Scheda di vulnerabilità di 2° livello (muratura)*, versione 1999.

NTC 2018 = Ministero infrastrutture e trasporti, D.M. 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*, G.U. Serie Generale n. 42 del 20/02/2018 – Suppl. Ord. n. 8.

NorMal 1/88 = C.N.R. Centri di studio di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte, I.C.R. Istituto Centrale per il Restauro, *Raccomandazioni NORMAL. Alterazioni dei materiali lapidei e trattamenti conservativi - proposte per l'unificazione dei metodi di studio e di controllo*.

O.P.C.M. 2003 = Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. G.U. Serie Generale n.105 del 08-05-2003 – Suppl. Ord. n. 72.

UNI 11182 – 2006 = UNI 11182 – 2006, *Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Descrizione della forma di alterazione - termini e definizioni*.

Trattati

ALBERTI, L.B. 1546, *I dieci libri de l'Architettura. Da la latina ne la volgar lingua con molta diligenza tradotti (da Pietro*

Lauro), Editore: Vinegia, appresso Vincenzo Vaugris MDXLVI (Venezia, V. Valgrisi, 1546).

RONDELET G.B. 1831, *Trattato teorico pratico dell'arte dell'edificare di Giovanni Rondelet, prima traduzione italiana sulla sesta edizione originale con note e giunte importantissime per cura di Basilio Soresina*, Mantova.

Guédelon: un chantier ouvert à l'archéologie expérimentale

Autore: Nicolas Reveyron*

* Docente, Université Lumière-Lyon 2
nicolas.reveyron@univ-lyon2.fr

Abstract

Il sito di Guédelon costituisce uno straordinario esempio di come l'Archeologia Sperimentale possa essere al tempo stesso un efficace strumento di ricerca e una forma immediata di divulgazione scientifica. L'edificazione di un castello del XIII secolo costituisce il movente attorno al quale si articolano idee e progetti che comprendono ricerca, formazione, educazione, turismo e occupazione: nel cantiere si sono potute affrontare le tematiche più disparate, sperimentare approcci tanto diversi quanto innovativi, analizzare fenomeni mai osservati dal vivo e verificare la validità delle interpretazioni proposte dagli studiosi. L'attenzione si è focalizzata non soltanto sugli aspetti materiali e sulle tecniche utilizzate, ma anche su questioni di natura antropologica e sociale: la cultura artigianale dell'uomo medievale, la trasmissione del sapere, l'organizzazione della catena operativa, la capacità di recuperare un sapere quasi del tutto perduto e comunicarlo al pubblico.

The Guédelon site is an extraordinary example of how Experimental Archeology can be both an effective research tool and an immediate form of scientific dissemination. The construction of a 13th century castle constitutes the pivot around which ideas and projects are structured that include research, training, education, tourism and employment: in the construction site it was possible to deal with the most diverse issues, experimenting approaches as different as they were innovative, analyzing phenomena that had never been observed directly and verify the validity of the interpretations proposed by scholars. Attention was focused not only on the material aspects and the techniques used, but also on anthropological and social issues: the artisan culture of medieval man, the transmission of knowledge, the organization of the operational chain, the ability to recover an almost completely lost knowledge and to communicate it to the public.

Parole chiave: archeologia sperimentale, cantiere medievale, architettura, contesto storico

1. Introduction

De l'idée initiale à la mise en œuvre, l'archéologie a toujours accompagné le chantier de Guédelon. Avant même le début des travaux, en 1997, les recherches menées par N. Fauchère¹ et C. Corvisier² sur le château de Saint-Fargeau, non loin du site de Guédelon, ont mis

au jour d'importants vestiges du XIIIe siècle dans les parties basses de la forteresse du XVe siècle remaniée à l'époque moderne³. A la lecture du rapport d'étude, *Révélation d'un château englouti* (1995), M. Guyot, propriétaire de Saint-Fargeau et actif restaurateur d'architectures de défense médiévales, a imaginé de recréer de toute pièce le chantier d'un château du temps

¹ Nicolas Fauchère Professeur d'histoire de l'art médiéval à l'Université de Nantes, responsable de l'équipe de *castellologie* du Centre d'études médiévales de Poitiers.

² Christian Corvisier, historien de l'architecture et castellologue.

³ Voir par exemple: M. GUYOT, J. GUYOT 1983, Le château de Saint-Fargeau, Cosne-Cours-sur-Loire; C. MIGNOT 1995, Mademoiselle et son château de Saint-Fargeau, in "Papers on the French Seventeenth Century Literature", t. XXII, n° 42, pp. 91-101; H. TOULHOAT 2017, Le château de Saint-Fargeau au XVIIIe siècle, Paris.

de saint Louis et de l'ouvrir au grand public, ainsi qu'aux scientifiques. Guédelon venait de naître. D'emblée ont été très intelligemment associés au projet l'enseignement et la recherche. L'enseignement, non seulement dans la dimension performative d'un spectacle évolutif à vocation pédagogique, mais aussi à travers les commentaires et explications donnés aux visiteurs par les acteurs des divers métiers attachés au chantier. La recherche, parce que le souci de vraisemblance et de véracité exigeait les avis, analyses et propositions de spécialistes - architectes, castellologues, historiens de l'art, historiens, archéologues - réunis en conseil scientifique⁴. Et poussant jusqu'au bout la logique de cette expérience, les concepteurs du projet ont proposé à ces derniers d'intervenir sur le site comme dans un laboratoire d'archéologie expérimentale, pour vérifier des hypothèses, élaborer des problématiques nouvelles ou analyser des phénomènes encore jamais observés *in vivo*. Parallèlement, pour s'inspirer au plus près des modèles de la première moitié du XIII^e siècle, mais aussi d'édifices antérieurs comme le château voisin de Saint-Sauveur-en-Puisaye (XI^e-XII^e), les responsables de l'opération ont, avant l'ouverture du chantier, mené eux-mêmes de nombreuses études architecturales, archéologiques et d'histoire de l'art en bibliothèque et sur site, afin de maîtriser fermement le sujet et d'établir un solide cahier des charges techniques et stylistiques. La confrontation de toutes les données recueillies par les uns et les autres s'est avérée extrêmement riche et profitable au projet.

Le souci de vérité historique a toutefois réservé une place légitime aux exigences de notre époque en termes de communication et de réglementation (sécurité et droit du travail). Cette volonté assumée d'ancrer le chantier de Guédelon dans le présent, par nécessité autant que par choix, n'est pas restée sans conséquence sur une part, clairement identifiée et précisément

circonscrite, de l'aventure scientifique. Par exemple, l'implication des hommes de l'art dans l'information des visiteurs, qui les amène à suspendre régulièrement leur ouvrage pour donner des explications et répondre aux questions, n'a pas permis de mener des recherches sur la performance des opérateurs et sur les vitesses d'exécution des tâches⁵. De même, l'organisation légale et réglementaire de la semaine de travail, le respect de consignes de sécurité aussi utiles que contraignantes⁶ ou un calendrier des travaux libéré des nombreuses fêtes médiévales chômées⁷ ont rendu vaine toute étude sur les rythmes de travail et les délais de finalisation. Parallèlement, la vocation pédagogique de l'opération a suscité des choix fondés et bien pesés, comme celui des vêtements de travail qui, sans imiter d'hypothétiques modèles médiévaux (il fallait éviter le folklore néo-moyenâgeux), sont à la fois évocateurs d'un autre temps et bien adaptés aux activités des constructeurs, créant ainsi les conditions d'une immersion des spectateurs dans un passé restitué (BERGER 2001, p. 8).

Autre choix marquant, l'organisation des travaux par tranches verticales, qui a permis de faire surgir assez rapidement du sol des parties remarquables et visuellement significatives du château. Cette distribution des tranches de construction a répondu au besoin des visiteurs de voir des réalisations parfaitement identifiables à côté d'éléments encore à peine amorcés, réduits à des fondations ou une base de quelques assises et, partant, inévitablement décevants. Il ne s'agit évidemment pas d'une disposition de détail, mais bien d'un enjeu majeur: la dimension spectaculaire de l'opération, composante-clef de l'attrait du chantier, est au cœur du volet pédagogique de Guédelon.

⁴L'auteur de ces lignes a été accueilli dans le conseil scientifique du château de Guédelon en 1998.

⁵Sur la question du temps de travail, notamment les horaires journaliers, les sources médiévales donnent de rares indications (essentiellement l'adaptation du labeur à la lumière du jour) et il faut attendre le XVI^e siècle pour disposer d'un document normatif comme l'édit de 1567 : « Ainsi, prenant peut-être le modèle sur le statut anglais réaffirmé par Elisabeth 1^{ere}, un édit royal français légifère en 1567 sur les horaires des maçons, tailleurs de pierre, charpentiers, tuiliers, couvreurs et manœuvres : il prévoit une amplitude journalière oscillant entre 12 heures (de 6 h à 18 h) et quatorze heures (de 5 h à 19 h) ». C. MAÎTRE, D. TERRIER 2020, p. 54.

⁶Le problème de l'adaptation du chantier aux règles de sécurité en vigueur s'est posé très tôt, avec la mise en place sur la tour de la chapelle des premiers échafaudages ancrés par boulin dans les maçonneries, selon un mode d'échafaudement bien attesté dans l'Antiquité et au Moyen Âge. Le surdimensionnement des boulins et des platelages, sur un principe de précaution, était très insatisfaisant, au point qu'a été envisagé l'abandon de l'expérience, que seul un intelligent compromis entre exigences réglementaires et recherches archéologiques a permis de poursuivre et d'étendre à d'autres parties du château, notamment le donjon.

⁷En dernier lieu, voir: P. DESMETTE, P. MARTIN (éd.), 2017, *Orare aut laborare? Fêtes de précepte et jours chômés du Moyen Âge au début du XIX^e siècle*, Paris.

2. Le projet de château

Le projet de château a été conçu et dessiné par J. Moulin⁸ Architecte en chef, qui s'est inspiré directement de ce type d'architecture dénommé « château philippin », c'est-à-dire une forteresse standardisée élaborée sous Philippe Auguste (1165 - 1180-1223), rapide à construire, adaptable à tout terrain et conçue pour une défense active⁹.

Le plan-masse est un trapèze de 150 m de périmètre¹⁰. Les courtines sont des murs épais de 2,50 m et hauts de 9 m, pour des longueurs allant de 47 m à plus de 52 m. Elles sont articulées aux 4 angles par 4 tours. Les tours sud-ouest et sud-est ont une hauteur de 15 m (charpente incluse). Appelée tour du logis ou tour de la chapelle, parce qu'elle est proche du bâtiment d'habitation et abrite la chapelle à l'étage, celle de l'angle nord-ouest est une tour maîtresse, haute de 23,10 m. Enfin, dans l'angle nord-est s'élève un puissant donjon. Haut de 28,50 m, il atteint un diamètre de plus de 16 m dans sa partie la plus large et ses murs ont une épaisseur d'environ 4 à 5 m, sur une base pleine capable de résister aux travaux de sape. Sur la façade sud, le castelet d'entrée est flanqué de deux tours de 18 m de hauteur. Ces dispositions renvoient à un modèle local, proche de Guédelon: le château de Ratilly (XIIIe).

A l'intérieur de l'enceinte, un vaste bâtiment appuyé contre la courtine nord assure la fonction résidentielle. Long de 23 m et large de 7 m, ce logis est composé de deux niveaux dont le second est desservi par un escalier monumental qui occupe près de la moitié de la façade; autre expression architecturale de la puissance seigneuriale, ces grands degrés sont le lieu des mises en scènes pour les réceptions des vassaux. Le rez-de-chaussée abrite la cuisine et le cellier, et l'étage, la chambre et la grande aula, espace de la vie publique dans lequel se tiennent les banquets et où le seigneur réaffirme son autorité et resserre les liens avec ses affidés. Le projet montre une parfaite maîtrise des problèmes de défense, tels qu'ils ont été réglés à cette époque: le concepteur a pris soin de rendre le logis

autonome, en déconnectant radicalement ses systèmes de déplacement (portes, couloirs escaliers) et les circulations sur les courtines et dans les tours.

Le site qui a été choisi est une clairière proche de Ratilly et de Saint-Fargeau. Les essarteurs, qui apparaissent rarement dans les textes médiévaux, si ce n'est, plus ou moins explicitement, dans les récits de fondations d'abbayes en région sauvage, ont été les premiers à intervenir sur le terrain. Ils ont coupé les arbres sur l'emprise du chantier, dessouché, puis creusé le sol pour atteindre, rapidement, une loupe de grès ferrugineux assez vaste pour tout à la fois servir de carrière et porter le château. D'emblée, les constructeurs ont choisi la formule garantie par les textes sacrés¹¹, recommandée par les spécialistes des fondations et valorisée dans les chansons de geste et les romans de chevalerie: asseoir le château directement sur le rocher (REVEYRON 2010, pp. 73-85).

La construction de Guédelon a été l'occasion d'étudier ce type de chantier qui bénéficie d'un approvisionnement direct en pierre. Les carriers ont ensuite entrepris d'extraire de grandes masses de pierre, pour les débiter en petits blocs. La technique mise en œuvre n'a pas évolué depuis l'Antiquité. Pour cette qualité de pierre, l'essentiel du travail consiste d'abord à dégager une énorme portion de grès, puis à y repérer les failles naturelles en faisant sonner la roche avec une masse. Une fois qu'il a localisé la ligne de fracture et mis en équilibre l'énorme bloc dégagé de la loupe, d'un coup sec, le carrier casse ce bloc qui bascule en deux parties. L'opération est répétée jusqu'à obtention de fractions plus facilement manipulables. Le débitage des blocs prêts à être taillés s'opère ensuite avec des coins.

⁸ Les documents produits par l'architecte - plans et élévations - donnent les dimensions prévues. Voir: P. DURAND (dir.), A. BAUD, F. FOLCHER, F. RENUCCI, N. REVEYRON 2005, Guédelon, Quintin.

⁹ Voir A. ERLANDE-BRANDENBURG, 1982, L'architecture militaire au temps de Philippe Auguste: Une nouvelle conception de la défense, in R. H. BAUTIER (dir.), La France de Philippe Auguste, Le temps des mutations, Actes du Colloque du CNRS, Paris, 29 septembre - 4 octobre 1980, pp. 595-603; P. BRAGARD, *Essai sur la diffusion du château "philippin" dans les principautés lotharingiennes au XIIIe siècle*, in "Bulletin Monumental", vol. 157-2, 1999, pp. 141-167.

¹⁰ Courtine est: 47,10 m; courtine nord: 49,50 m; courtine ouest: 50,10 m; courtine sud: 52,50.

¹¹ Au thème évangélique de la maison construite sur le roc (Mt 7, 24-25) répond le verset *Haec est domus Domini firmiter edificata; bene fundata est super firmam petram* chanté pour la consécration d'une église.



Figure 1: Cathédrale de Lyon, tas de charge dans les voûtes sexpartites de la nef centrale (ogive centrale). Le tas de charge atteint ici une hauteur considérable de quelque 2 m. Cliché N. Reveyron.

3. De la lecture d'un mur à la sémio-archéologie du bâti

L'intervention des archéologues dans le chantier de Guédelon s'est logiquement faite dans le cadre de l'archéologie du bâti. Il s'agit d'une branche nouvelle de l'archéologie qui, depuis les années 1980-1990 en France¹², s'intéresse aux édifices conservés en élévation, pour en restituer l'histoire monumentale, de la construction initiale aux modifications et aux restaurations, et en étudier les techniques de

construction. Dès le début de notre siècle et à la faveur des grands chantiers de restauration qui lui ont offert un champ toujours plus large de recherche, mais aussi de conseil, elle s'est ouverte à des problématiques innovantes comme les implications du contexte naturel (géomorphologie, résistance des sols, altération des matériaux, sismologie, météorologie *etc.*) ou anthropique (environnement urbain, réseaux viaires, géographie politique *etc.*), la mise en œuvre des ressources matérielles et techniques (matériaux primaires ou transformés, transmission des savoirs, éclairage naturel, acoustique *etc.*) et l'adaptation de l'architecture et des édifices aux besoins des commanditaires (défense, liturgie, hiérarchie sociale, vie régulière, structure familiale *etc.*). Ces différents aspects de la construction sont directement perceptibles dans le bâti-même, sous la forme de marques laissées dans les matériaux, dans les éléments architecturaux et dans les bâtiments et qui relèvent ipso facto d'une sémiologie objective. C'est pourquoi l'affinement des méthodes d'observation, de relevé et d'analyse a suscité la naissance d'une 'sémiologie du bâti'.

L'approche sémiologique de l'édifice est opérante dans toutes les dimensions du bâti¹³. Au niveau du matériau, les signes manifestes sont les traces d'outils¹⁴ qui, pour les matériaux lithiques par exemple, nous renseignent aussi bien sur l'outillage, son maniement et la puissance de percussion, que sur le degré de maîtrise du tailleur de pierre, sa latéralisation (gaucher ou droitier), sa position face au bloc, son attitude (fixe ou mouvante), voire son statut de travailleur (production massive, à façon, de spécialiste reconnu *etc.*); les tracés préparatoires à la taille d'un bloc ou à un élément sculpté; les marques lapidaires qui peuvent être des signatures de tailleurs de pierre, des signes de pose ou des marquages économiques¹⁵. Au niveau du mur (et des éléments d'architecture), l'analyse sérielle et l'analyse systémique permettent d'interpréter les divers accidents repérés dans le bâti comme autant de signes

¹² Voir par exemple : Y. ESQUIEU, 1997, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'architettura", pp. 133-140 ; C. ARLAUD, 1998, *L'archéologie du bâti*, in Y. ESQUIEU, J. M. PESEZ (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XIe au XVIe siècle*, Paris, pp. 27-29 ; F. JOURNOT, 1999, *Archéologie du bâti*, in *La construction, la pierre*, Paris, pp. 133-162 ; I. PARRON, N. REVEYRON (éd.), 2005, *Archéologie du bâti, Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde de Saint-Romain-en-Gal, 9 et 10 novembre 2001 Paris ; N. REVEYRON, 2011, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'architettura", pp. 27-42 ; A. VANETTI, 2021, *Archéologie du bâti, histoire et épistémologie, des origines à nos jours (France, Italie, Suisse)*, Dijon

¹³ Sur les différents aspects de la sémio-archéologie du bâti exposés plus loin, voir: N. REVEYRON, 2019, *L'archéologie du bâti*, in "Hortus Artium Medievalium", vol. 25, pp. 52-69.

¹⁴ Nous renvoyons aux nombreuses publications de J.-C. Bessac, notamment: J. C. BESSAC, 1986, *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre, de l'Antiquité à nos jours*, Paris. En dernier lieu, voir: F. DOPERE, 2018, *Dater les édifices du Moyen Age par la pierre taillée*, Bruxelles.

¹⁵ Voir par exemple les publications du Centre International de Recherches Glyptographiques (Braine-le-Château, Belgique).

d'événements passés. Au niveau de l'édifice, l'analyse morpho-spatiale traite les déformations de l'architecture comme autant de signes laissés par l'histoire de l'édifice. Dans ces conditions, on comprend aisément qu'à côté de l'étude des matériaux, des techniques de construction et de l'organisation matérielle du chantier, l'approche sémiologique de l'édifice donne aussi un accès exceptionnel à la réalité immatérielle de la construction, depuis l'identité professionnelle des tailleurs de pierre jusqu'à la hiérarchisation de tâches.

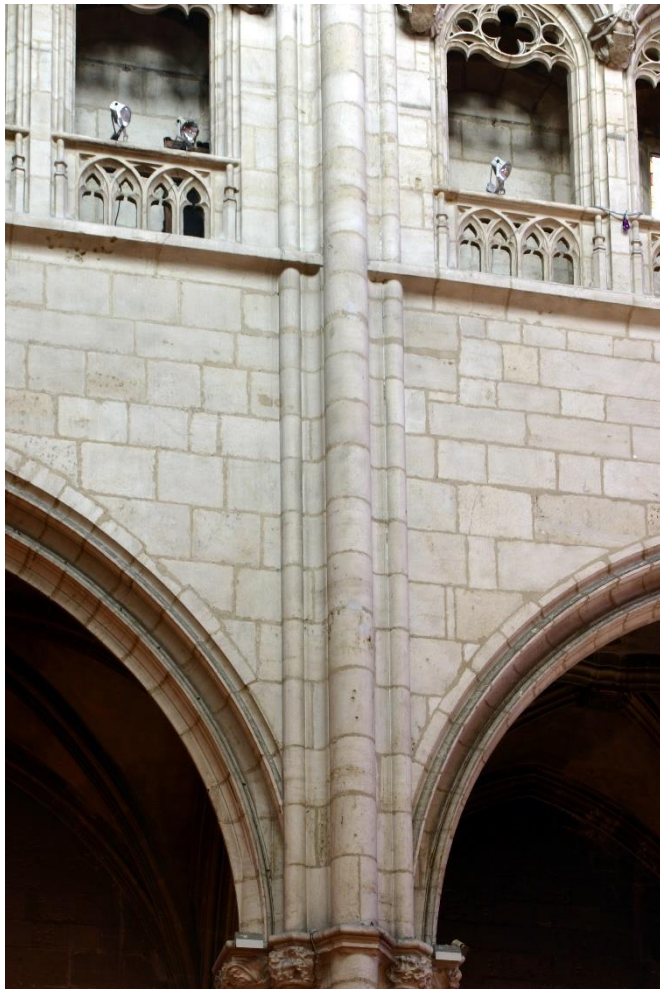


Figure 2: Saint-Nizier de Lyon, tas de charge en 3 blocs dans les arcades de la nef centrale (XVe). Cliché J.-P. Gobillot.

4. Archéologie des aspects socio-culturels du chantier: le contexte historique

De quelle légitimité épistémologique dispose l'archéologie pour rechercher dans des maçonneries des signes des réalités socio-culturelles d'un chantier? Les archéologues ne risquent-ils pas de transposer au Moyen Âge une vision des choses de leur temps et fausser ainsi la démarche qui est celle des concepteurs du projet? Sur ces sujets, les sources médiévales ne sont heureusement pas muettes. Des auteurs comme l'historien de l'art J. Adhémar ou le professeur de philosophie E. de Bruyne ont recueilli bon nombre de textes traitant des techniques et des matériaux de construction, parmi lesquels la pierre occupe une place majeure (ADHEMAR 1996, DE BRUYNE 1998). Il ne s'agit pas seulement de réflexions philosophiques sur les beautés de l'architecture ou d'interprétations théologiques solidement fondées sur l'Ancien et le Nouveau Testament - les métaphores de la pierre angulaire¹⁶ ou des pierres vives¹⁷, par exemple -, mais aussi de discours plus triviaux, relevant de la culture courante, comme ces vers du sirvente S'abrils e fuoillas e flors¹⁸ composé par Bertrand de Born quelques décennies avant l'ouverture supposée du chantier de Guédelon. Le troubadour y explique, non sans une certaine causticité, que les seigneurs puissants sont des «bâtisseurs, riches hommes de grand pouvoir, qui savent tenir la terre, font des portes et des bistours, de chaux et de sable avec de la pierre de taille, et construisent des tours avec des voûtes et des escaliers à vis»¹⁹: on croirait lire une description de notre château de Puisaye. Et cette culture technique est à ce point familière au Moyen Âge que l'expression «à chaux et à sable» est utilisée dans le langage du droit coutumier pour désigner les immeubles, par opposition aux meubles²⁰.

La réalité immatérielle de la construction, c'est précisément le tout premier point qui a été abordé par les archéologues à Guédelon. Le projet initial prévoyait pour le donjon une hauteur supérieure à celle finalement

¹⁶ Esaïe 18, 16; Ps 118, 22; Mt 21, 42; Mc 12, 10; Lc 20, 17.

¹⁷ 1 Pierre 2, 4-8.

¹⁸ Le *sirvente*, ou *sirventès*, est un poème satirique, genre en vogue dans le Midi de la France aux XIIe et XIIIe siècles. Sur les sirventès de Bertrand de Born, voir: G. GOUIRAN 1985, *L'amour et la guerre, L'oeuvre de Bertran de Born*, Aix-en-Provence (not. pp. 128 sq).

¹⁹ « D'autres n'i a bastidors, Rics homes de gran poder Que sabon terra tener E fant portals e bestors De cauz, d'arena ab caire. E fant tors, voutas ab vitz ». Cité par H. DEBAX 2006, *Les clés de la féodalité: l'enceinte du castrum en Languedoc au XIIe siècle*, in "Mémoires de la Société archéologique du Midi de la France", LXVI, pp. 89-100 (90).

²⁰ A. CASTALDO 2008, *Les constructions en droit coutumier*, in O. VERNIER, M. BOTTIN, M. ORLANI (dir.), *Etude d'histoire du droit privé en souvenir de Maryse Carlin*, Paris, pp. 153-180. Je remercie R. Carvais de m'avoir communiqué cette référence.

retenue. Ce point a fait rapidement débat: de quelle puissance politique et militaire se prévalait un petit seigneur qui prétendait élever une tour répondant aux normes d'une forteresse royale²¹? D'une manière générale, on s'est vite aperçu que les difficultés rencontrées dès le début du chantier avaient pour origine une absence de contextualisation historique. Qui était ce commanditaire qui se lançait dans une telle entreprise au cœur d'un pays aussi démuné que la Puisaye, et pour quelles raisons? Sur quels appuis pouvait-il compter? Quelles étaient ses sources de revenu, pour édifier un château en opus quadratum, «à chaux et à sable», avec son châtelet, son donjon, son logis, ses salles voûtées, ses escaliers? Comment avait-il organisé son budget sur plusieurs décennies? Ces questionnements ont introduit Guédelon dans le champ de l'anthropologie historique. Implication d'autant plus nécessaire que, dépourvu d'une histoire vraisemblable, le chantier ne fonctionnait pas comme on était en droit de l'espérer et, de fait, les maçonneries elles-mêmes - c'est une donnée tout à fait remarquable - ne prenaient pas l'apparence et n'offraient pas les caractéristiques qu'elles auraient dû afficher pour des ouvrages du XIII^e siècle. Elles devenaient le signe perceptible de cette absence de contexte.



Figure 3: Milan, basilique Saint-Eustorge, chapelle Portinari (XVe): coupole côtelée de la travée abritant le tombeau de saint Pierre de Vérone. Cliché N. Reveyron.

Il a donc fallu inventer le personnage de Guilbert de Courtenay, appelé aussi Guilbert de Guédelon. De retour des croisades où il aurait acquis les moyens de ses

ambitions, Guilbert aurait obtenu de son suzerain, Jean de Toucy, sire de Saint-Fargeau et maître de la Puisaye, l'autorisation de bâtir son château. La région bénéficiant d'une paix générale, le niveau de fortification du château ne se justifiait que s'il servait effectivement de résidence à Guilbert et que les moyens de défense étaient adaptés à cette fonction. En outre, la minorité de Louis IX - il devient roi à 12 ans, en 1226, deux ans avant l'ouverture supposée du chantier de Guédelon - et la régence de Blanche de Castille ont rendu la période propice à des entreprises locales sans grandes conséquences pour le pouvoir central. Ces conditions nouvelles ont modifié sensiblement la hiérarchie des bâtiments et conféré un rôle accru à la fonction résidentielle du château, dévolue au grand bâtiment prévu contre la courtine nord²². Pour le donjon, qui conservait sa valeur de réduit défensif, sa dimension symbolique en sortait renforcée.

5. Archéologie des aspects socio-culturels du chantier: les maçonneries

Les « traces sémiologiques » imprimées dans le bâti par l'organisation immatérielle du chantier se sont affichées aussi à l'échelle des appareils. Les premiers essais de parement, menés sur les bases de plusieurs tours, se sont révélés insatisfaisants, aussi bien pour les hommes de l'art qu'aux yeux des archéologues. Les premières assises montées sont apparues très uniformes. Par leurs dimensions trop régulières, la planéité bien réglée des surfaces apparentes, leur forme exactement parallélépipédique et la finesse induite des joints, les blocs mis en œuvre s'apparentaient plus à un appareil du XIX^e siècle qu'à un ouvrage des années 1230-1240. Réponse instinctive et spontanée à la rigidité de ces parements, le guillochage des faces visibles des blocs, à la pointerolle ou au pic, tentait de redonner une certaine rusticité à un appareil qui ne l'était pas. Cette tentative de vieillissement visuel des pierres, parce qu'il était artificiel, a manqué son but: elle n'était en fait rien d'autre qu'une manifestation du trouble esthétique ressenti par les tailleurs de pierre eux-mêmes, une gêne

²¹ Sur la symbolique de l'architecture castrale au Moyen Âge, voir les travaux de d'A. Salamagne, notamment: A. SALAMAGNE 2001, *Archères, mâchicoulis et tours dans l'architecture militaire du Moyen Âge (XIIIe-XVe siècle) : éléments fonctionnels ou symboliques ?*, in A. RENOUX (dir.), *Aux marches du Palais, Qu'est-ce qu'un palais médiéval ? Données historiques et archéologiques*, Actes du VIII^e Congrès international d'Archéologie Médiévale, Le Mans - Mayenne, 9-11 septembre 1999, pp. 77-85 (not. pp. 82-53: *La hauteur des tours et des murailles*).

²² Sur la question des espaces résidentiels dans le château au Moyen Âge central, voir par exemple: J. M. POISSON (dir.), 1992, *Le château médiéval, forteresse habitée (XIe-XV^e siècle)*, *Archéologie et histoire: perspectives de la recherche en Rhône-Alpes*, Paris; A. SALAMAGNE 2012, *La distribution des espaces dans le château français XII^e-XIV^e siècle*, in G. DANET, J. KERHERVE, A. SALAMAGNE (dir.), *Châteaux et modes de vie au temps des ducs de Bretagne*, Tours, pp. 177-196.

d'autant plus déstabilisante que son origine restait confuse et difficile à appréhender. Et la solution du problème était ailleurs: dans le retour à la culture technique du XIII^e siècle.

Les causes de cet état de fait étaient donc à rechercher dans la culture technique de notre époque. Tout d'abord, l'apprentissage de l'excellence, dont le compagnonnage est une forme aboutie, nous a habitués, dans tous les domaines, à produire des objets parfaitement calibrés et finis. Ensuite, des financements plus abondants qu'au Moyen Âge nous permettent de valoriser la forme des blocs au détriment de l'économie d'une matière qui est facilement sacrifiée au profit d'un meilleur parachèvement de l'objet. Enfin, les relations entre les tailleurs de pierre et l'architecte n'ont cessé d'évoluer: depuis le XIX^e siècle, ceux-là s'appliquent à retranscrire dans la pierre le projet que celui-ci a défini dans ses moindres détails, y compris le calibrage des blocs, et ce qu'ils ont perdu en autonomie de travail, les tailleurs de pierre l'ont regagné en reconnaissance de leur excellence. Au Moyen Âge²³, les hommes de l'art bénéficiaient au contraire d'une réelle liberté dans leur travail. Grâce à leur compétence et leur expertise, ils prenaient en charge techniquement et pratiquement un projet plus global, l'adaptant aux possibilités de matériaux dont ils maîtrisaient les réponses à leurs sollicitations. Parallèlement, le respect de « la pierre capable », c'est-à-dire le souci de limiter au mieux les déchets de taille par souci d'économie, créait une grande variété formelle de blocs et, partant, de parements. Ces données socio-culturelles se lisent directement dans les maçonneries du XIII^e siècle. Celles de Guédelon ont

acquis la même apparence, après que le travail de taille eut été réorganisé selon les critères du XIII^e siècle.

6. Archéologie des pratiques de chantier

Pour ce qui est des pratiques de chantier et des savoir-faire, Guédelon s'est révélé un formidable laboratoire. L'archéologie expérimentale a pu y étudier in vivo des gestes et des recettes qui, en général, sont peu ou mal transmis par les sources écrites ou l'iconographie et restent difficilement accessibles à l'archéologie du bâti. Les études ont concerné d'abord, et par nécessité, la production et l'utilisation du mortier²⁴. Les premières maçonneries ont été montées avec un mortier produit à partir d'une chaux hydraulique commercialisée, très fine et sans défaut, et un sable fin extrait de la Loire, qui est aussi blanc que la chaux²⁵. Le contraste entre des joints d'une blancheur éclatante et des blocs de grès ferrugineux aux teintes nuancées de rouille était choquant: ici encore, le raffinement des matériaux est, comme l'excellence dans la taille de pierre, un marqueur de notre culture technique²⁶. Mais les parements ainsi réalisés ne correspondaient à aucune tendance esthétique du Moyen Âge et les effets visuels induits menaçaient la cohérence du projet. Pour résoudre ce problème, après intervention de C. Le Barrier, archéologue spécialiste des mortiers, l'approvisionnement en composants a été modifié. Le chantier a fait appel à une chaux aérienne produite artisanalement²⁷ et, pour l'agrégat, à l'arène gréseuse du site, c'est-à-dire les granulats de grès issus directement

²³Parallèlement, dès le XIII^e siècle, les premières tendances à la standardisation, mises en évidence par D. Kimpel dans le chantier de la cathédrale d'Amiens, a induit une nouvelle organisation du travail, avec une production de blocs en série et une simplification radicale des types de blocs. Mais le phénomène est resté circonscrit à quelques chantiers prestigieux. Voir par exemple: D. KIMPEL 1977, *Le développement de la taille en série et son rôle dans l'histoire économique*, in "Bulletin Monumental", pp. 195-222; *idem*, 1996, *Structures et évolution des chantiers médiévaux*, in *Chantiers médiévaux*, La Pierre qui vire-Bruges, pp. 11-51.

²⁴Sur les mortiers médiévaux, en dernier lieu, voir: B. PALAZZO-BERTHOLON 1999, *Archéologie et archéométrie des mortiers et des enduits médiévaux. Étude critique de la bibliographie*, in "Archéologie médiévale", tome 29, pp. 191-216; A. COUTELAS (dir.), 2009, *Le mortier de chaux*, Paris; A. KERSUZAN 2020, *La fabrication de la chaux et du mortier dans les grands chantiers de Savoie (XIII^e-XIV^e siècles)*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *Chantiers et matériaux de construction, De l'Antiquité à la Révolution industrielle en Orient et en Occident*, Lyon, pp. 143-158.

²⁵P. DELAGE, F. RENUCCI 2014, *Mise en œuvre de la pierre et des mortiers à Guédelon (Le chantier dans la ville et la ville en chantier, séminaire de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée-Lyon 2, 18 janvier 2013)*, in "Traverse" (Carnet Hypothèse de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée).

²⁶Contrairement aux chaux industrielles, raffinées et calibrées, la chaux aérienne artisanale conserve des impuretés qui donnent aux mortiers un aspect spécifique. Elle est en effet caractérisée par la présence de non-cuits (petits noyaux de calcaire épargnés par la cuisson) et de fragments de charbons de bois issus de la combustion.

²⁷« Cette chaux est fabriquée par M. Pinel, chauxfournier traditionnel, situé à Ebreuil, dans l'Allier. Il cuit un calcaire pur (appelé carbonate de calcium, moins de 5% d'argile) extrait sur son terrain, dans un four à chaux, avec une température de 900°C. La cuisson des roches calcaires pures donne un oxyde de calcium, appelé chaux vive. Puis elle est éteinte par saturation d'eau, et reste hydratée 3 à 6 mois avant utilisation », P. DELAGE, F. RENUCCI 2014, *op. cit.*

de la carrière²⁸ et, pour notre site, naturellement mêlés d'argile. Le mortier ainsi obtenu s'est parfaitement marié mécaniquement et visuellement avec les blocs de grès ferrugineux. Pour étudier les qualités physiques de ce nouveau produit et les comparer avec celles de mortiers médiévaux, des échantillons ont été prélevés à Guédelon et dans les châteaux de Saint-Fargeau et de Ratilly, puis envoyés en laboratoire: ils présentaient tous les mêmes caractéristiques, preuve du succès du changement de formule qui avait autorisé un retour aux matériaux et savoir-faire du Moyen Âge.

La deuxième question posée lors des premiers essais de maçonnerie a concerné la réalisation des joints des parements²⁹. Il existe, dans ce domaine, un large vocabulaire formel prouvant toute l'attention et le soin qui étaient accordés à cet aspect de la construction³⁰. Selon une hypothèse assez répandue, par comparaison avec la réalisation d'enduits muraux³¹ et sur la foi de constats faits sur les chantiers de restauration³², on imaginait qu'au Moyen Âge, la réalisation des joints était traitée en plusieurs passes. Tout d'abord, le maçon, après avoir posé les blocs de la nouvelle assise, essayait à la truelle le surplus de mortier débordant sur le nu du mur, puis serrait le mortier à l'intérieur du joint, afin de renforcer l'adhérence. Le mortier refluit alors entre les pierres et dans l'espace ainsi creusé, le maçon, dans un deuxième temps, rechargeait le joint encore humide, avant de le serrer à nouveau, puis, le cas échéant, de le renforcer par une dernière charge. Ce traitement, qui est pratiqué pour les enduits, s'est avéré inutile pour les joints, et inutilement chronophage. Dans le chantier de Guédelon, les joints de mortiers ont été réalisés et serrés au moment-même de la mise en place de l'assise.

La troisième question, qui s'est posée à l'approche de l'hiver, au moment de la fermeture du chantier, a porté

sur la protection de l'arase des murs. On sait, suivant des traditions bien attestées, que pendant la morte saison, le faite des murs en construction était protégé du froid, du gel et des intempéries par divers matériaux, principalement de la paille ou du fumier. C'est le fumier qui a donné les meilleurs résultats, parce qu'il est très couvrant et relativement imperméable, qu'il résiste mieux aux assauts des vents et qu'en ralentissant le refroidissement des maçonneries soumises à de brusques baisses de température, sa chaleur persistante évite des coups de froid destructeurs. A la réouverture du chantier, les couvertures végétales sont ôtées, le faite des murs nettoyé et la croûte supérieure de mortier piquée, pour qu'en soit enlevée toute l'épaisseur inévitablement désagrégée par les intempéries et le gel. L'utilisation du fumier permet donc de réduire sensiblement les détériorations hivernales. Elle s'avère performante aussi pour protéger les joints eux-mêmes. En effet, les couvertures de paille, moins étanches que celles de fumier, protègent mal les joints verticaux des parements qui canalisent spontanément les infiltrations de pluie.

²⁸ Comme cela se pratiquait déjà au Moyen Âge.

²⁹ Sur les pratiques médiévales, voir: S. BÜTTNER 2020, *L'étude archéologique des mortiers de chaux médiévaux: vers une meilleure compréhension des gestes du maçon*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *op. cit.*, pp. 129-141.

³⁰ Joints affleurant le parement, joints en léger retrait, joints dits « au fer » (marqués par une incision médiane à la truelle), joints imitant un solin (serrés en biais à la truelle), joints creux ayant un profil en « V », joints rubanés qui font une saillie régulière, joints beurrés, joints à pierre vue, joints soulignés d'ocre rouge ...

³¹ L'enduction d'un mur est une opération complexe qui commence par le *gobetis*, première couche de mortier riche en liants (couche d'accrochage), ayant pour fonction de renforcer l'adhésion de l'enduit sur le nu du mur. Ensuite est appliqué le corps d'enduit qui peut lui-même recevoir une ou plusieurs couches de finition, réalisées avec un sable de plus en plus fin et serrées en plusieurs passes, chaque fois après réhumidification.

³² Lors des restaurations d'édifices médiévaux, il a été constaté que les joints extérieurs pouvaient se désagréger en surface seulement, preuve archéologique qu'ils avaient été rechargés dans une deuxième passe. Le constat reste valide, mais la chronologie des interventions demande à être précisée. Les recharges de mortier qui ont été repérées dans les joints n'ont pas été appliquées au moment de la construction, mais longtemps après, lors des restaurations. En effet, une des premières opérations menées dans ce contexte de reprise tardive consiste à renouveler les joints extérieurs sur une faible profondeur, parce que les eaux atmosphériques et le gel, sur le long terme, en ont fragilisé la surface, lessivée et vidée de leur chaux.



Figure 4: Saint-Nizier de Lyon, voûtes de l'abside et du chœur (fin XVe): un défaut d'implantation dans le pan sud de l'abside a occasionné un gauchissement vers le sud de la clef de la voûte, gauchissement mis en évidence visuellement par le lierne. Cliché N. Reveyron.

7. Archéologie des techniques de construction: le blocage

Dans le domaine des techniques, l'archéologie expérimentale a bénéficié à Guedelon de tous les aspects de la construction, depuis les pratiques apparemment les plus évidentes - la mise en œuvre du blocage entre deux parements par exemple, jusqu'aux opérations les plus complexes, comme l'installation d'une voûte d'ogives. La mise en œuvre du blocage (appelé aussi fourrure) a été la dernière question sur les maçonneries simples abordée dans les débuts du chantier. Dans les ruines d'édifices médiévaux ou dans les vestiges de murs retrouvés en fouilles, le blocage apparaît comme un amoncellement désordonné de blocs informes jetés dans un bain de mortier. Dans la construction des premiers murs commencés à Guédelon, le blocage a été, en réalité, véritablement maçonné en suivant la progression des assises des parements, afin de maintenir une ferme cohérence entre toutes les composantes du mur; en outre - et c'est là le point important -, les blocs internes ont été régulièrement disposés selon un principe d'autoblocage, à la fois horizontalement et verticalement.

Il y a à cela deux raisons. D'un part, la stabilité de la fourrure ne doit pas dépendre du mortier, mais directement de l'agencement des pierres qui sont patiemment calées les unes avec les autres, mais sans souci de respecter des plans horizontaux, contrairement au montage des parement; cette liberté permet d'utiliser toutes sortes de blocs indépendamment de leur forme, de leurs dimensions et de leur encombrement. D'autre

part, noyer entre deux parements des pierres informes prises dans du mortier reviendrait à créer une sorte de béton de chaux à très forte charge: le procédé serait très consommateur de mortier, donc très onéreux, et sans grand intérêt pratique ou mécanique. Mais parce qu'elles ne sont pas visibles, les pierres sont sélectionnées parmi les matériaux difformes, donnant ainsi l'occasion de recycler le tout-venant de carrière. C'est pourquoi l'arase du blocage, offre à chaque phase des travaux, une apparence très irrégulière qui donne l'impression d'un grand désordre. L'étude minutieuse des blocages médiévaux confirme toutes ces données, notamment le soin mis à réaliser les blocages. Il arrive même, comme l'a montré C. Moulis pour plusieurs donjons de Lorraine (XIe-XIIe), que le blocage soit monté partiellement (type 3) ou majoritairement (type 4) en opus spicatum, preuve d'un savant travail de mise en œuvre (MOULIS 2015, pp. 191-200).

8. Archéologie des techniques de construction: le voûtement

Pour ce qui est des opérations complexes, la construction de la première voûte d'ogives, sur la salle basse de la tour maîtresse, a été, pour l'archéologie expérimentale, une occasion exceptionnelle d'étudier non seulement les techniques spécifiques de mise en œuvre et la géométrie des voûtes d'ogives, mais aussi, à l'échelle du site, l'implication de l'ensemble du projet dans la conception de cette couverture de pierre. La voûte a été prévue en effet pour couvrir une salle cylindrique de 3,90 m de diamètre, c'est-à-dire, en plan, une surface équivalant à un disque de près de 12 m². Le choix s'est porté sur le modèle de la voûte sexpartite, composée donc de 3 ogives (soit 6 branches d'ogives rayonnant depuis la clef), une formule courante dans le second quart du XIIIe siècle pour ce type de volume. Les ogives ont été distribuées dans l'espace en fonction du contexte castral, c'est-à-dire en tenant compte des ouvertures susceptibles d'être coiffées par les voûtains. Ce fut le cas de la porte donnant dans le couloir d'accès à la salle, la seule grande ouverture du lieu: il n'était évidemment pas possible de faire porter une ogive sur le linteau de la porte - la descente de charge aurait risqué de fendre le linteau -, il était nécessaire que la porte soit au milieu de l'emprise d'un voûtain et encadrée par deux ogives.

Les autres ouvertures ménagées dans le mur circulaire, épais de quelque 2,30 m, sont 3 meurtrières, que leurs

petites dimensions autorisaient à être localisées plus librement. Mais il est apparu préférable de les installer chacune aussi dans l'emprise d'un voûtain. Cette prudente disposition explique en partie le succès des châteaux philippiens. A Guédelon, en effet, le plan régulier induit une distribution régulière des organes de défenses, notamment des meurtrières, dont la position dans les tours est déterminée en fonction du rôle qu'elles ont à jouer: affronter l'ennemi de face ou battre les murailles latéralement. Les directions de tir sont donc contraintes par la géométrie du château, et si l'organisation générale de ce dernier est ipso facto standardisée, parce qu'elle répond à une géométrie simple, la distribution des éléments de défense sera par conséquent semblablement standardisée. Dans une forteresse complexe dont le plan est conçu en fonction du substrat, de l'assiette et du site (en moyenne montagne, par exemple), les meurtrières sont toutes localisées dans un emplacement unique, chaque fois défini par la géométrie du système de défense, et il est impossible de standardiser leur position; dans un château de plan carré, doté de 4 tours aux angles, la distribution des meurtrières est exactement la même dans chaque tour, parce que d'une tour à une autre chacune a la même fonction que son homologue. Le plan des châteaux philippiens peut ainsi être standardisé dans ses grandes lignes et dans ses détails.

Concernant le montage de la couverture de pierre, les découvertes faites dans ce chantier expérimental ont été nombreuses et éclairantes. Pour construire la voûte sexpartite de la salle, il a d'abord fallu vérifier l'horizontalité de l'assise portant les 6 culots des 6 branches d'ogive: l'érection des murs ayant été toujours parfaitement calibrée, il n'a pas été besoin de mettre en place une assise de réglage³³. Il a fallu ensuite repérer la position exacte des culots, afin de respecter une géométrie régulière de la voûte et, partant de simplifier le montage des ogives. Enfin, il a fallu continuer de monter les murs, non plus en continu, mais en segments: dans l'emprise des futurs voûtains, les murs (du moins le parement interne et une partie du blocage, le parement extérieur étant toujours construit en continu) ont été montés sous la forme de 6 paraboles adaptées au dessin des voûtains (à installer par la suite), afin de les porter à leur extrémité, et entre ces surfaces

courbes, la place a été laissée libre pour accueillir les premiers blocs des ogives, appelés « tas de charge ».

Ce demi-oval correspond à un type, d'arc appelé « en chaînette ». Un arc en chaînette est défini en mathématique (c'est-à-dire dans des conditions idéales) comme la forme que prend une chaîne suspendue par ses deux extrémités à deux axes. Proche en apparence de la parabole, la courbe dessinée par la chaîne sous son propre poids (dans le cas idéal d'une force gravitationnelle autonome, évidemment) est à mi-chemin, pour ce qui est de l'architecture, entre le plein-cintre et l'arc brisé. Le faîte de chacun des 6 segments muraux ne dessine pas un arc brisé, mais se termine donc en courbe. L'intérêt est essentiellement pratique. D'une part, ce dessin est plus facile à réaliser en pierre et moins contraignant qu'un dessin d'arc brisé qui oblige à former un voûtain brisé: toute erreur initiale, qui aboutit à des déviations de direction, prend alors des proportions importantes, qui deviennent progressivement très visibles, et fragilisent l'ensemble, alors qu'un voûtain avec un profil en arc en chaînette absorbe sans difficulté les erreurs, qu'il dissimule dans son volume plus enveloppant. D'autre part, la réalisation de cintres en courbes simples est plus aisée que celle de cintre déterminant une brisure, de même que la mise en œuvre de voûtains profilés « en chaînette » est plus aisée que celle de voûtains brisés.

La mise en place des tas de charge est le second point essentiel de la mise en œuvre. On appelle tas de charge un ensemble de claveaux horizontaux (c'est-à-dire non rayonnants) disposés au départ des ogives: les blocs horizontaux - trois pour chaque branche dans la salle basse - s'enfoncent profondément dans le mur, mais leur petit côté visible amorce déjà la courbure de l'arc (figg. 1 et 2). Le dernier bloc du tas de charge se termine par un angle abattu, c'est-à-dire que l'angle a été recoupé pour former une surface biaisée et c'est sur cette surface biaisée que vient se poser le premier claveau rayonnant, complètement indépendant du mur, comme, par la suite, tous les autres claveaux rayonnants. Culot, tas de charge, claveaux rayonnants et clef composent les ogives. Dans le chantier expérimental de la salle basse, on a découvert que le souci de conserver à toutes les ogives leur direction exacte vers le centre a obligé d'organiser la pose des claveaux rayonnants différemment de ce que l'on imaginait jusqu'ici.

³³L'assise de réglage intervient dans le cas d'un gauchissement des maçonneries, qui finissent par accuser une pente marquée, lorsque l'horizontalité des assises n'a pas été assez fréquemment vérifiée. L'assise de réglage est une assise dont la hauteur dégressive des blocs permet de compenser le pendage de l'assise inférieure.

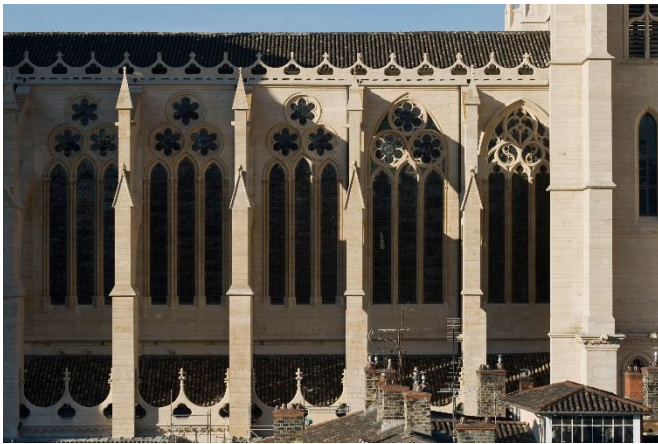


Figure 5: Cathédrale de Lyon, arcs-boutants du côté nord de la nef: à droite, les culées des 2 derniers arcs-boutants ont été recalées sur la diagonale des travées correspondantes, légèrement trapézoïdales. Cliché J.-P. Gobillot.

Ainsi, la clef de voûte ne doit pas être posée à la fin du montage, comme pourrait le laisser imaginer sa fonction de verrou final³⁴, mais très tôt, après le montage des tas de charge et avant l'installation des claveaux. D'une part, en effet, le poids de la clef joue sur les cintres et détermine d'éventuelles corrections dans la longueur des claveaux. D'autre part, les 6 départs d'ogive sculptés dans la clef constituent 6 points de repère exacts pour préserver la rectitude des ogives et fonder d'éventuelles corrections. Si le point de départ des ogives est légèrement faussé - l'erreur est très difficile à repérer au début de la réalisation de l'ogive -, le gauchissement de l'ogive ne va cesser de s'amplifier au fur et à mesure du montage, et lorsqu'elle sera repérée, il sera trop tard pour la corriger discrètement. Dans la rotonde du château de Simiane, en Provence rhodanienne (Vaucluse), dont le mur est intérieurement divisé en 12 pans (dodécagone), les ogives ne sont pas rayonnantes, mais girantes; la multiplicité des pans n'a pas permis de corriger minutieusement les mauvaises directions prises par les ogives, et si certaines sont rayonnantes, la plupart rejoignent de biais l'oculus central.

Même à des époques de haute technicité, comme la Renaissance, le montage exact des ogives n'est pas sans poser problèmes, lorsque le projet de voûte est très ambitieux, comme dans les coupôles côtelées à 16 ogives rayonnantes de la chapelle construite par Pigello Portinari contre la basilique Saint-Eustorge, à Milan,

entre 1462 et 1468 (fig. 3). De fait, la voûte n'est que l'aboutissement de toute la construction, depuis les fondations qui déterminent le périmètre exact du volume et le bon positionnement de toutes les sections de mur; les erreurs survenues dès les fondations ont des répercussions jusque dans le voûtement (fig. 4). Quand il s'agit d'ogive, le tracé géométrique de la travée à couvrir doit être très précis. A la cathédrale de Lyon, par exemple, l'infléchissement vers le nord de la moitié ouest de la nef, qui apparaît évidemment dès les fondations, a obligé les constructeurs à réorienter les culées des arcs-boutants qui, à cause de ce défaut de géométrie, ne se trouvaient pas exactement dans le prolongement des ogives (fig. 5).

9. Conclusion

Dans le chantier de Guédelon, l'archéologie expérimentale a pu aborder de nombreuses problématiques, tester des démarches nouvelles, vérifier la validité de pratiques réputées anciennes, voire médiévale. Ce travail scientifique a porté sur la construction elle-même, sur la culture technique des hommes de l'art, sur des données immatérielles du chantier comme les relations de travail, la transmission des savoirs ou les hiérarchies au sein des équipes, sur le langage de chantier perceptible dans les marques lapidaires utilisées pour signer les blocs taillés, indiquer la position d'un bloc dans le mur (marques de pose) ou renseigner l'ordre de montage des claveaux d'un arc, enfin sur l'organisation humaine et matérielle du chantier, notamment les ouvrages d'ingénierie comme les trois grues dont les constructions successives ont permis une amélioration des techniques et des performances. Aujourd'hui que l'érection des premiers bâtiments atteint le toit, il devient possible d'intéresser l'archéologie expérimentale à la préparation et le montage des charpentes, depuis l'abattage des arbres (fait-on préalablement sécher les poutres ?) jusqu'au traçage des repères de montage.

L'auteur remercie chaleureusement le chantier de Guédelon de l'avoir autorisé à publier les photographies formant un carnet de chantier très détaillé.

³⁴Sur le plan épistémologique, cette vision des choses correspond à une démarche intellectuelle, mais non pas pratique. La fonction de verrou de la clef, qui est effective et réelle, n'intervient qu'au moment du décintrage, quand on enlève les cintres où ont été posés les éléments de la voûte, mais pas avant. En revanche, en phase montage, la clef n'exerce aucune fonction de verrouillage, elle n'est qu'un élément du puzzle, au même titre que les autres.

Bibliografia

- ADHEMAR J. 1996, *Influences antiques dans l'art du Moyen Âge français*, Paris (1^e édition, Londres, 1937); E. DE BRUYNE 1998, *Etudes d'esthétique médiévale*, Paris, 2 vol. (1^e édition, Bruges, 1946).
- ARLAUD C. 1998, *L'archéologie du bâti*, in Y. ESQUIEU, J. M. PESEZ (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XIIe au XVIe siècle*, Paris, pp. 27-29.
- BERGER L. 2001, *Guédelon, un chantier en question: les interrogations de Sapin, l'enthousiasme de Reveyron*, in "L'Yonne Républicaine", vendredi 31 août 2001, p. 8.
- BESSAC J. C., 1986, *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre, de l'Antiquité à nos jours*, Paris.
- BRAGARD P. 1999, *Essai sur la diffusion du château "philippin" dans les principautés lotharingiennes au XIII^e siècle*, in "Bulletin Monumental", vol. 157-2, pp. 141-167.
- BÜTTNER S. 2020, *L'étude archéologique des mortiers de chaux médiévaux: vers une meilleure compréhension des gestes du maçon*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *op. cit.*, pp. 129-141.
- CASTALDO A. 2008, *Les constructions en droit coutumier*, in VERNIER O., BOTTIN M., ORLANI M. (dir.), *Etude d'histoire du droit privé en souvenir de Maryse Carlin*, Paris, pp. 153-180.
- COUDELAS A. (dir.), 2009, *Le mortier de chaux*, Paris.
- DEBAX H. 2006, *Les clés de la féodalité: l'enceinte du castrum en Languedoc au XIIe siècle*, in "Mémoires de la Société archéologique du Midi de la France", LXVI, pp. 89-100 (90).
- DELAGE P., RENUCCI F. 2014, *Mise en œuvre de la pierre et des mortiers à Guédelon (Le chantier dans la ville et la ville en chantier, séminaire de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée-Lyon 2, 18 janvier 2013)*, in "Traverse" (Carnet Hypothèse de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée).
- DESMETTE P., MARTIN P. (éd.), 2017, *Orare aut laborare? Fêtes de précepte et jours chômés du Moyen Âge au début du XIXe siècle*, Paris.
- DOPERE F., 2018, *Dater les édifices du Moyen Age par la pierre taillée*, Bruxelles.
- DURAND P. (dir.), BAUD A., FOLCHER F., RENUCCI F., REVEYRON N. 2005, *Guédelon*, Quintin.
- ERLANDE-BRANDENBURG A. 1982, *L'architecture militaire au temps de Philippe Auguste: Une nouvelle conception de la défense*, in BAUTIER R. H (dir.), *La France de Philippe Auguste, Le temps des mutations*, Actes du Colloque du CNRS, Paris, 29 septembre - 4 octobre 1980, pp. 595-603.
- ESQUIEU Y. 1997, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'Architettura", pp. 133-140.
- JOURNOT F. 1999, *Archéologie du bâti*, in *La construction, la pierre*, Paris, pp. 133-162.
- GOUIRAN G. 1985, *L'amour et la guerre, L'oeuvre de Bertran de Born*, Aix-en-Provence (not. pp. 128 sq).
- GUYOT M., GUYOT J. 1983, *Le château de Saint-Fargeau, Cosne-Cours-sur-Loire*; C. MIGNOT 1995, *Mademoiselle et son château de Saint-Fargeau*, in "Papers on the French Seventeenth Century Literature", t. XXII, n° 42, pp. 91-101;
- MOULIS C., 2015, *La maçonnerie en épi: une technique de construction spécifique aux ouvrages militaires des Xe-XIIIe siècles?*, in JALABERT L, MULLER V. (dir.), *Conflits et progrès scientifiques et techniques en Lorraine à travers les siècles*, Actes du colloque de Metz (17-18 octobre 2014), pp. 191-200.
- KERSUZAN A. 2020, *La fabrication de la chaux et du mortier dans les grands chantiers de Savoie (XIIIe-XIVe siècles)*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *Chantiers et matériaux de construction, De l'Antiquité à la Révolution industrielle en Orient et en Occident*, Lyon, pp. 143-158.
- KIMPEL D. 1977, *Le développement de la taille en série et son rôle dans l'histoire économique*, in "Bulletin Monumental", pp. 195-222; *idem*, 1996, *Structures et évolution des chantiers médiévaux*, in *Chantiers médiévaux*, La Pierre qui vire-Bruges, pp. 11-51.
- MAÎTRE C., TERRIER D. 2020, *Les rythmes du travail, Enquête sur le temps de travail en Europe occidentale, XIVe-XIXe siècle*, Paris, p. 54.

PALAZZO-BERTHOLON B. 1999, *Archéologie et archéométrie des mortiers et des enduits médiévaux. Étude critique de la bibliographie*, in "Archéologie médiévale", tome 29, pp. 191-216.

PARRON I. ET REVEYRON N. (éd.), 2005, *Archéologie du bâti, Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde de Saint-Romain-en-Gal, 9 et 10 novembre 2001, Paris.

POISSON J. M. (dir.), 1992, *Le château médiéval, forteresse habitée (XIe-XVIe siècle)*, *Archéologie et histoire: perspectives de la recherche en Rhône-Alpes*, Paris.

REVEYRON N. 2010, *Bene fundata est super firmam petram. La valeur mémorielle d'une formule médiévale entre texte et contexte (XIe-XIIe siècle)*, in M. F. ALAMICHEL, R. BRAID (éd.), *Texte et Contexte, Littérature et Histoire de l'Europe médiévale*, Actes du colloque international de l'Université Paris-est Marne-la-vallée, 23-24 octobre 2009, pp. 73-85.

REVEYRON N. 2019, *L'archéologie du bâti*, in "Hortus Artium Medievalium", vol. 25, pp. 52-69.

SALAMAGNE A. 2001, *Archères, mâchicoulis et tours dans l'architecture militaire du Moyen Âge (XIIIe-XVe siècle): éléments fonctionnels ou symboliques ?*, in A. RENOUX (dir.), *Aux marches du Palais, Qu'est-ce qu'un palais médiéval ? Données historiques et archéologiques*, Actes du VIIe Congrès international d'Archéologie Médiévale, Le Mans - Mayenne, 9-11 septembre 1999, pp. 77-85 (not. pp. 82-53).

SALAMAGNE A. 2012, *La distribution des espaces dans le château français XII^e-XIV^e siècle*, in G. DANET, J. KERHERVE, A. SALAMAGNE (dir.), *Châteaux et modes de vie au temps des ducs de Bretagne*, Tours, pp. 177-196.

TOULHOAT H. 2017, *Le château de Saint-Fargeau au XVIIIe siècle*, Paris.

VANETTI A. 2021, *Archéologie du bâti, histoire et épistémologie, des origines à nos jours (France, Italie, Suisse)*, Dijon.



Figure 6: Débitage à la masse des blocs de grès sur le site du chantier.
© Guédelon



Figure 7: La tour d'entrée est de l'enceinte. En arrière-fond, la tour de la chapelle (fenêtre à remplage) et la toiture du logis. On remarque la très grande régularité des assises formant le fruit de la base. © Guédelon



Figure 8: Insertion des culots des ogives dans les maçonneries. L'installation de ces premiers blocs répond à une géométrie très précise, puisque la position des culots détermine la régularité de toute la voûte, à la fois dans le tracé exact des ogives, dans le tracé des 4 demi-disques de maçonnerie où reposeront les 4 vouôtains. © Guédelon



Figure 9: Montage des tas de charge à partir d'un plateau installé au niveau des culots. © Guédelon



Figure 12: Transport de 4 claveaux par charroi. Les déplacements de charges lourdes à l'intérieur du chantier exigent un sol plat, exempt de ces irrégularités de terrain qui occasionneraient des accidents graves. Le chantier de Guédelon a permis de comprendre pourquoi, sur certains édifices, les premiers trous de boulin apparaissent très bas, à quelques dizaines de centimètres du sol: les platelages qu'ils supportaient offraient une surface de circulation sécurisée, contrairement au sol naturel, trop irrégulier. © Guédelon



Figure 10: Montage des cintres destinés à porter les ogives. Implantés sur un échafaudage intérieur (cf. infra), les cintres sont mis en place à la hauteur du dernier bloc des tas de charge. Contrairement à ce que l'on représente couramment, ils dessinent donc un segment de cercle inférieur au demi-cercle formé par les ogives. Ils sont articulés avec deux platelages qui mettent les maçons à la bonne hauteur pour installer la clef de voûte (dernier platelage) et les claveaux (platelage inférieur). © Guédelon



Figure 13: Installation d'un claveau. On remarque que la clef a été le premier élément de la voûte mis en place. © Guédelon



Figure 11: Réception de la clef de voûte. Le bloc est déposé par-dessus le mur, sur un long bastaing, puis sera tiré par glissement jusqu'à son emplacement. © Guédelon



Figure 14: Montage des ogives. Les claveaux sont librement mis en place (ils peuvent être déplacés dans tous les sens pour faciliter le travail). Seule l'installation du dernier claveau de chaque ogive est une opération difficile, car le maçonnerie se fait sur des blocs mis en position définitive. © Guédelon



Figure 15: Humidification d'un claveau, destinée à assurer une bonne prise en main (en éliminant la poussière) et une bonne prise du mortier. © Guédelon



Figure 18: Vérification des alignements. © Guédelon



Figure 16: Dépose du mortier de joint. © Guédelon



Figure 19: Mise en place du dernier joint, entre deux blocs - le dernier claveau et la clef - déjà en place. © Guédelon



Figure 17: Tassement par percussion du mortier du joint. © Guédelon



Figure 20: Vérification des verticales. Opération très délicate, parce qu'elle prend appui sur une surface très étroite, mais essentielle, pour éviter que l'ogive ne vrille, défaut qui nécessiterait un démontage. © Guédelon



Figure 21: Installation sur l'ogive et un cintre des planchettes du coffrage devant porter le voûtain à réaliser. © Guédelon



Figure 22: Cintres des ogives et coffrages des voûtains vus par-dessous. A noter le renforcement de l'assiette de la clef de voûte. © Guédelon



Figure 23: Le coffrage achevé. On notera qu'il n'est pas nécessaire de faire joindre exactement les planchettes. On remarquera aussi la forme donnée à la voûte d'ogives est encore légèrement bombée, caractère qui disparaîtra dans le courant du XIIIe siècle. © Guédelon



Figure 24: Mise en place des blocs formant les voûtains. Il s'agit de dalles petites et étroites, disposées en éventail. Elles n'ont pas nécessairement de forme trapézoïdale, pour assurer le clavage: c'est le mortier posé au montage qui les bloque les unes les autres et assure la fonction de clavage. Puis la chape de mortier qui recouvrira

l'extrados des voûtains renforcera la cohésion de cette maçonnerie.
© Guédelon



Figure 25: Démontage des cintres. Les planchettes positionnées près du sommet de la voûte restent bloquées. © Guédelon



Figure 26: La voûte achevée. © Guédelon