

# AS ARCHEOLOGIE SPERIMENTALI

TEMI · METODI · RICERCHE

Numero 1 - Anno 2020



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Archeologie Sperimentali.  
Temi, Metodi, Ricerche.

I

2020

*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*

Lorenzo Appolonia, Andrea Augenti, Federico Barello, Riccardo Belcari, Rosa Boano, Enrico Borgogno Mondino, Mauro Paolo Buonincontri, Aurora Cagnana, Federico Cantini, Claudio Capelli, Fabio Cavulli, Lara Comis, Mauro Cortelazzo, Adele Coscarella, Annalisa Costa, Paola Croveri, Gianluca Cuniberti, Giorgio Di Gangi, Fulvio Fantino, Alessandro Fichera, Francesca Garanzini, Enrico Giannichedda, Yuri Godino, Silvia Guideri, Chiara Lebole, Cristina Lemorini, 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](http://www.archeologiesperimentali.it)

[www.ojs.unito.it/index.php/archeologiesperimentali](http://www.ojs.unito.it/index.php/archeologiesperimentali)

[redazione@archeologiesperimentali.it](mailto:redazione@archeologiesperimentali.it)

Volume I 2020

Tutti i contributi sono sottoposti a *peer review*

© Diritti riservati agli Autori e agli Editori (informazioni sul sito)

Torino, settembre 2020

ISSN 2724-2501

In copertina: fibula in bronzo realizzata da Fabio Fazzini.

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 e 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 e 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](mailto:redazione@archeologiesperimentali.it)

# Indice dei contenuti

## Editoriale

- “Fornire la pratica che sostiene la teoria”: una riflessione  
sull’Archeologia Sperimentale ..... 1**  
*Y. Godino, C. M. Lebole, G. Di Gangi*

## Saggi

- L’Archeologia Sperimentale di Alberto Carlo Blanc: appunti inediti di un  
pioniere della Preistoria italiana ..... 28**  
*F. Altamura*

- Archeologia Sperimentale e alimentazione: il panorama italiano ..... 36**  
*M. Indelicato*

- Asce da lavoro, asce di prestigio, asce da combattimento. Ricerca e  
attività sperimentale sulla lavorazione della pietra verde nella Preistoria ..... 56**  
*D. Delcaro*

- Sperimentazioni dei processi produttivi del ferro: primi dati dal  
progetto di ricostruzione di Populonia ..... 76**  
*G. Baratti, M. Briccola, M.S. Cammelli, M. Cominelli, A. Vandelli*

- L’Archeologia Sperimentale e la metallurgia del bronzo in Italia: storia  
degli studi e problematiche ..... 100**  
*F. Fazzini*

- Medioevo in corso. Archeologia Sperimentale alla Rocca di San Silvestro  
(Campiglia Marittima – LI) ..... 108**  
*G. A. Fichera*

## Schede

- Realizzazione di una punta ad alette e base concava foliata bifacciale  
dell’età del Bronzo antico su supporto laminare ..... 125**  
*P. Spinelli*

- Vedere, Toccare, Ascoltare: il flauto di Pan del Museo di Scienze  
Archeologiche e d’Arte dell’Università di Padova ..... 134**  
*A. Menegazzi, S. Binotto*

# Sperimentazioni dei processi produttivi del ferro: primi dati dal progetto di ricostruzione di Populonia

**Autori: G. Baratti\*, M. Briccola\*\*, M.S. Cammelli\*\*\*, M. Cominelli\*\*, A. Vandelli\*\***

\* Docente di Metodologie della Ricerca Archeologica, Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano. E-mail: [giorgio.baratti@unicatt.it](mailto:giorgio.baratti@unicatt.it)

\*\* Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano. E-mail: [m.briccola90@gmail.com](mailto:m.briccola90@gmail.com), [mattia-cominelli@virgilio.it](mailto:mattia-cominelli@virgilio.it), [alessandro.vandelli93@gmail.com](mailto:alessandro.vandelli93@gmail.com)

\*\*\* Università Statale di Milano. E-mail: [cammellimariasole@gmail.com](mailto:cammellimariasole@gmail.com)

## Abstract

Il contributo presenta i dati preliminari della prima parte dell'esperimento di ricostruzione di un forno per la riduzione dell'ematite. L'esperienza si inserisce nell'ambito di un più ampio progetto di ricerca finalizzato a indagare l'impatto che il ciclo del ferro, sia antico che moderno, ha avuto sul territorio di Populonia e le conseguenti strategie che la ricerca archeologica deve adottare per operare una corretta lettura del paesaggio.

*This paper presents the preliminary data regarding the first part of the archaeological reconstruction experiment of a smelting hematite furnace. This experience is part of a wider research project aimed at investigating the impact that the iron cycle, both ancient and modern, has had on the territory of Populonia and the consequent strategies that archaeological research must adopt to operate a correct interpretation of the landscape.*

**Parole chiave:** archeometallurgia, ferro, populonia, riduzione, bassofuoco.

## 1. Introduzione

Questo contributo intende offrire alcuni spunti relativi alla ricostruzione del ciclo produttivo del ferro e dell'antico paesaggio industriale con particolare riferimento alla definizione delle attività svolte a Populonia che per dimensioni, durata e potenziale informativo rappresenta sicuramente un contesto archeologico di riferimento privilegiato. Nell'autunno 2019 è stato avviato, sotto la direzione di chi scrive, un progetto specifico di archeologia sperimentale volto alla

verifica di alcune ipotesi relative al funzionamento dei forni per la riduzione del minerale ferroso, formulate nell'ambito del più ampio programma di scavo e ricognizione avviato nel 2017 a Populonia in località Campo 6 dall'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano in collaborazione con Andrea Camilli (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Pisa e Livorno). Questo nuovo intervento si inserisce nel solco delle attività avviate già dal 2003 a Populonia con l'Università degli Studi di Milano sotto la

direzione scientifica di Cristina Chiaramonte Trerè sempre in collaborazione con l'allora Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana e proseguite poi ininterrottamente in regime di concessione in diversi punti della città antica (si veda da ultimo BARATTI c.s. con bibliografia precedente). Già durante queste attività era emersa in modo chiaro l'importanza di una più ampia definizione degli aspetti del paesaggio industriale urbano, in particolare per quanto attiene all'aerea della cosiddetta "città bassa" di Populonia che, disposta intorno alla linea di costa del golfo di Baratti, era stata interessata in modo determinante proprio dalla presenza e dallo sviluppo dello sfruttamento del minerale ferroso nel corso dei secoli; un colpo decisivo sull'attuale assetto del paesaggio era stato poi inferto dalle moderne attività di recupero delle scorie antiche che, dagli anni '20 del Novecento, avevano interessato tutta l'area con interventi spesso radicali di escavazione e di distruzione tanto da avere spesso scoraggiato l'avvio di ricerche finalizzate alla ricostruzione di questo importante contesto produttivo. La scoperta nel 2008, nel corso delle nostre attività di scavo al centro del Golfo in prossimità della linea di costa, dei resti di una grande strada realizzata, nel corso del III secolo a.C., con i materiali di risulta dell'attività di riduzione del ferro e solo in parte intaccata dalle attività di recupero moderne, ha spinto a una riflessione più ampia sulla natura e sull'effettivo potenziale di questo inconsueto palinsesto di depositi e asportazioni che puntella, con vario impatto, tutto l'areale occupato dai comprensori urbani e suburbani posti a quote più basse dell'antica Populonia. Si è infatti potuto cogliere sotto una nuova luce il ricco bagaglio di informazioni ancora presente in questa zona, in passato spesso archiviata come contesto ormai irrimediabilmente alterato. La classificazione puntuale delle tracce dei manufatti, delle opere di sistemazione dei piani, degli scarichi di lavorazione *in situ* e delle grandi discariche, appare centrale in questo senso così come una rilettura attenta dell'evoluzione "geomorfologica" di tutto il settore della zona "bassa" della città che si è andata configurando a seguito delle moderne attività di cava<sup>1</sup>. È stato dunque studiato e avviato un programma specifico di indagine globale della zona delle pendici del Poggio della Guardiola

particolarmente ricco di queste evidenze e che con il tempo ha mostrato di poter rispondere in modo particolarmente efficace a queste istanze. Parallelamente alle attività di scavo è stata quindi pianificata e intrapresa un'opera di mappatura delle tracce degli interventi moderni di cava di scorie e dei resti di strutture murarie ancora in posto, nella consapevolezza peraltro che proprio quei segni dei profondi scassi che risalgono le pendici rappresentino un dato strategico nella ricostruzione della scansione delle attività dell'antica industria del ferro. Anche i resti di muri che oggi emergono tra gli scassi moderni e che si snodano per ampio tratto lungo le pendici, a testimonianza dell'esistenza in antico di vasti quartieri suburbani probabilmente a vocazione industriale e manifatturiera, erano stati archiviati spesso in passato come tracce irrimediabilmente compromesse dal danneggiamento moderno; la revisione, il rilevamento e la documentazione di queste tracce ha potuto evidenziare che, come segnala spesso anche la loro evidente incoerenza con i piani originari, questi dovessero essere già stati ampiamente obliterati e danneggiati in antico e che quindi le loro rasature rappresentino anch'esse un dato archeologico di enorme rilevanza, parte integrante di ciò che resta dell'originario deposito archeologico.

Si va dunque delineando, per le attività siderurgiche di Populonia, un quadro che definisce una prima fase di lavorazione del minerale elbano, in epoca etrusca, che, pur di ampio respiro, doveva essere organizzata all'interno di quartieri organizzati, posti appena fuori le mura della città bassa e che prevedeva uno smaltimento più coerente dei materiali di scarto. A questa fase dovette seguire, verosimilmente ormai sotto il controllo di Roma, un'attività imponente e disordinata, probabilmente a cielo aperto, che, incurante delle strutture precedenti, andava intaccando e ricolmando tutta la zona. Questo nuovo assetto industriale, con il massiccio e reiterato impiego dei forni di riduzione che – come si analizzerà in dettaglio in seguito – potevano essere utilizzati una sola volta, doveva essere garantito esclusivamente da un apporto continuo di materiale di costruzione, recuperato a breve distanza con l'incisione in posto di cave di argilla e recuperando pietre oltre che

<sup>1</sup> Su alcune di queste istanze si veda anche CAMILLI 2016.



dal sottosuolo, anche dallo smantellamento dei muri di epoca precedente; questa devastante attività di prelievo poteva poi essere direttamente integrata e risarcita con lo smaltimento del materiale di risulta della lavorazione, pareti di forno, scorie e carbone, definendo così nuovi piani di lavoro in uno schema di intervento che ricorda piuttosto le strategie seguite in antico nelle coltivazioni di cave e miniere.

Come si evince, la comprensione dei sistemi di costruzione e funzionamento dei forni di riduzione è apparsa dunque un punto strategico per il prosieguo delle ricerche anche allo scopo di offrire nuovi indizi sulla natura dei depositi archeologici e delle evidenze in corso di indagine. Per questo motivo dunque, si è pensato di provare a restituire sperimentalmente alcuni modelli ricostruttivi che in questi anni erano stati definiti sulla base di alcune ricerche specifiche e di analisi archeometriche realizzate in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano nell'ambito della stesura di tesi di laurea; è stato creato così, come si descriverà in seguito, un gruppo di lavoro che ha accolto diverse istanze a più ampio raggio, cercando di fornire apporti di varia natura utili alla definizione di una corretta procedura che permettesse di realizzare il modello sperimentale nel modo più rispondente alle necessità della ricerca. Per questo, oltre a utilizzare i dati delle analisi e di un'attenta classificazione dei reperti di forno rinvenuti nei nostri scavi e di altri recuperati da ricognizioni mirate, si è proceduto a un'attenta valutazione dei suoli e delle litologie presenti nell'area con la classificazione, georeferenziazione e rilevamento al dettaglio dei tagli e delle evidenze, realizzati con l'impiego incrociato di strumentazione digitale di rilevamento e fotogrammetria stereoscopica. Un'attenzione particolare è stata data inoltre ai dati archeologici pertinenti presenti in letteratura, relativi agli scavi realizzati a Populonia nel corso degli anni e alla ricostruzione delle caratteristiche dei depositi desunte dalla ricostruzione delle attività di cavatura moderna realizzate nel Novecento. Si è scelto inoltre preliminarmente di analizzare in specifico il risultato di

alcune esperienze di archeologia sperimentale sul ciclo produttivo del ferro realizzate in Italia che, seppur parte di un quadro abbastanza scarno e frammentario, hanno offerto spunti importanti di confronto per la programmazione del progetto sperimentale.

Vengono di seguito descritti i punti salienti di questo percorso che è culminato con l'evento che ha visto, come prima tappa della sperimentazione, la realizzazione della ricostruzione sperimentale di un forno di riduzione, effettuata nell'ottobre del 2019 nel centro sperimentale del Parco archeologico di Baratti e Populonia.

[G. B.]

## 2.1 L'Italia, il ferro e l'archeologia sperimentale

La penisola italiana ospita importanti giacimenti metalliferi, sfruttati sin dall'antichità dall'uomo. La coltivazione mineraria, evolutasi nel corso del tempo, è proseguita sino alle soglie del XXI secolo, quando la concorrenza dei mercati esteri, in particolar modo sudamericani, non fu più sostenibile<sup>2</sup>. La fine dello sfruttamento minerario ha offerto all'archeologia l'opportunità di studiare, tramite i suoi peculiari strumenti, i contesti di estrazione e lavorazione dei minerali. La nascita e lo sviluppo dell'archeometallurgia, nel suo carattere specifico di studio delle modalità di approvvigionamento e sfruttamento dei metalli (FRANCOVICH 1993; LA SALVIA 2000, pp. 18-24; GIARDINO 1998, GIARDINO 2011, CUCINI 2012), ha permesso di osservare in un'ottica del tutto nuova le ricchezze minerarie del territorio. Tra gli strumenti a disposizione dell'archeologia per lo studio del ciclo produttivo dei metalli, in questo caso specifico del ferro, vi è senza dubbio l'approccio sperimentale, che trova applicazione soprattutto in ambito nordeuropeo. Per quanto riguarda il contesto italiano, in particolar modo per quanto riguarda i minerali ferrosi, è opportuno sottolineare come allo studio delle miniere e dei processi siderurgici non abbia fatto da contraltare lo sviluppo di un approccio sperimentale, lacuna in parte da imputare alle difficoltà specifiche legate al ciclo di

<sup>2</sup> Emblematico a questo proposito il caso delle miniere di Campiglia Marittima, chiuse alla fine degli anni '60 del Novecento, dopo diverse lotte sindacali.

lavorazione del ferro; esperimenti in questo contesto si sono limitati soprattutto al settore della divulgazione scientifica e sono stati finalizzati alla fruizione turistica, come è il caso delle esperienze di *living history* condotte all'interno di parchi archeologici. Questi esperimenti permettono certamente al visitatore di immedesimarsi in un contesto antico per rivivere in prima persona esperienze del passato, ma spesso mancano dell'apparato scientifico necessario a confermarne la validità storico-archeologica. Analizzando la bibliografia di settore emergono tuttavia anche alcune esperienze scientifiche legate al processo di riduzione del ferro con particolare riferimento agli studi di Marco Benvenuti e della sua équipe, portati avanti in Toscana nell'ambito del progetto AITHALE e al lavoro svolto da Marco Tizzoni e Costanza Cucini Tizzoni per conto dell'Università di Bergamo.

### 2.1 L'Isola d'Elba (LI): un centro europeo del ferro

I giacimenti di ematite dell'isola d'Elba sono stati sfruttati intensamente sin dal I millennio a.C. e sono senza dubbio tra i più cospicui e importanti a livello italiano; basti pensare che anche la più importante industria siderurgica italiana del XX secolo, l'Ilva, deve il suo nome proprio a questo territorio.

Nel 2006 è stato avviato il progetto AITHALE, frutto di una collaborazione fra la Scuola Normale Superiore di Pisa, le università di Siena e Firenze, l'Istituto di Geofisica e Georisorse del CNR di Pisa e la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana. Lo scopo del progetto era di indagare le modalità di sfruttamento del minerale ferroso elbano, considerando tutta la prima fase del ciclo di produzione, dalle fasi di estrazione e lavorazione, fino allo studio delle dinamiche di trasporto e quindi i contatti con la terraferma e i circuiti commerciali.

In questo contesto si inserisce il lavoro di Marco Benvenuti (BENVENUTI *et alii* 2016, pp. 1-14) e della sua équipe, che hanno sperimentato il processo di riduzione dell'ematite (ossido di ferro) elbana, analizzando accuratamente ogni passaggio dell'operazione. Obiettivo primario dell'esperimento era realizzare

l'effettiva riduzione del minerale, necessaria per l'ottenimento del blumo (la matrice ferrosa grezza) e delle scorie, da confrontare con quelle relative a contesti archeologici precedentemente studiati (BENVENUTI *et alii*, 2016, pp. 2-3). L'esperimento, conclusosi in maniera positiva, si è svolto nel marzo del 2013 proprio all'Elba<sup>3</sup>, precisamente presso il complesso minerario di Rio Marina, nella parte orientale dell'isola. Per procedere nell'esperimento, essendo le dinamiche di realizzazione dei forni etruschi non ancora del tutto chiare, è stata privilegiata la proposta formulata da L. Sauder (SAUDER 2013, pp. 69-74).

La prima operazione è stata la cavatura di circa 70 kg di argilla locale. In seguito, è stata creata la base della fornace, costituita da undici mattoni refrattari disposti a raggiera, riempiendo gli interstizi con del carbone; è stata quindi realizzata un'intelaiatura lignea di 1,10 m di altezza e di forma troncoconica, con un diametro variabile da un massimo di 25 cm alla base, a un minimo di 16 cm al camino. Intorno all'intelaiatura è stata stesa quindi l'argilla una volta lavorata e resa plastica, partendo dalla base e diminuendo progressivamente lo spessore (da 6 a 2 cm). Una volta completato il rivestimento, l'argilla è stata lasciata seccare per 36 ore, prima di procedere ad una scottatura esterna. Sono stati quindi realizzati due fori: uno, funzionale all'inserimento di una *tuyere*, è stato posizionato a 30 cm dalla base mentre l'altro è stato ricavato in posizione frontale per favorire la fuoriuscita della scoria. Per la realizzazione dell'esperimento sono stati utilizzati 45 kg di ematite, che sono stati frantumati e sottoposti ad arrostitimento, consentendo così di rimuovere gli elementi volatili. La procedura seguita ha previsto il preriscaldamento dell'impianto per circa un'ora con una carica di legna, tappando il foro di fuoriuscita della scoria; quindi la fornace è stata caricata con carbone di legna e, una volta portato a temperatura l'impianto, è stata inserita l'ematite, mantenendo un rapporto di 1:1 con il combustibile; per quanto attiene alla quantità di ematite impiegata, nella prima carica ne sono stati inseriti 5 kg, mentre nelle successive 750 gr. Dopo l'ultima carica di minerale, nella fornace è stato aggiunto solo carbone per circa un'ora. Dopo due ore dalla prima

<sup>3</sup> È stato in seguito effettuato anche un esperimento in laboratorio.

immissione di minerale la scoria liquida ha cominciato a fuoriuscire e il blumo è stato estratto distruggendo la parte basale del forno; il blumo e le scorie ottenute, sono stati confrontati con materiali provenienti da scavi archeologici (BENVENUTI *et alii* 2000, BENVENUTI *et alii* 2013) e hanno mostrato caratteri simili, confermando dunque la validità dell'esperimento.

## 2.2 Il caso della Val Grigna (BS): il ferro di Piazzalunga

Il primo esperimento di riduzione del ferro in Italia risale però al 1998, anno in cui, a conclusione di un quinquennio di importanti studi archeomineari svolti nel comune di Bienno (BS), sotto la direzione di Marco Tizzoni (titolare della cattedra di Preistoria e Protostoria dell'Università di Bergamo), venne deciso di realizzare un impianto per la riduzione dell'ematite locale con la collaborazione di Philippe Andrieux (ANDRIEUX, CUCINI TIZZONI 2000, pp. 15-23). La Valle Camonica è un territorio da sempre intrinsecamente legato alla produzione del ferro, come emerge in modo efficace dagli studi storici e dalle indagini archeologiche recenti (CUOMO DI CAPRIO, SIMONI 1991, FRANZONI, SGABUSSI 1999, FRANZONI, SGABUSSI 2000).

Le attività dirette da Marco Tizzoni sono state realizzate nei territori comunali di Berzo Inferiore e di Bienno, in particolar modo in località Piazzalunga (MORIN 1999, pp. 49-60; TIZZONI 2014, pp. 11-17.), dove sono stati accuratamente indagati gli antichi cantieri di estrazione, aperti coltivando un filone di ematite emergente a giorno ubicato lungo il versante settentrionale del Dosso Acuto (m s.l.m. 1888) e coltivato fra i 1635 e i 1330 m s.l.m.. La datazione, effettuata dal British Museum, dei carboni recuperati sia in galleria sia nei siti di riduzione del minerale collocati a valle delle miniere, lungo la direttrice che da Piazzalunga scendeva a Bienno, attraverso la Valle del Grigna, ha confermato il lunghissimo periodo di utilizzo dei cantieri: si va dalle officine in località Ponte di Val Gabbia (CUCINI TIZZONI 1999, CUCINI TIZZONI 1999a, FLUZIN 1999, pp. 189-194, TIZZONI 2014, pp. 29-33), datate al V secolo d.C., alla forgia bassomedievale della cosiddetta Valle delle Forme (CUCINI, TIZZONI 1999, pp. 201-214, TIZZONI 2014, pp. 29-33), fino agli ultimi lavori in galleria, datati tra il 1390 e il 1640 d.C. Mille anni di utilizzo dunque, anche

se saltuario, che hanno portato a una stima per difetto di circa 50000 tonnellate di minerale ferroso estratto (RODEGHIERO, DE DONATIS, MORONI 1999, p. 23). I riscontri archeologicamente più interessanti sono emersi proprio nei siti di riduzione, che mostrano tra le altre cose un progressivo avvicinamento al fondovalle con lo scorrere dei secoli.

Come già ricordato dunque, nell'estate del 1998, a conclusione dei cinque anni di ricerche archeominerarie, si sono tenuti a Bienno tre distinti tentativi sperimentali di riduzione del ferro, appartenente al cosiddetto "Lombard Alps type" (ANDRIEUX, CUCINI TIZZONI 2000, p. 15), un minerale di ematite con tenore di ferro spesso superiore al 70%, affiorante in filoni all'interno delle arenarie della formazione geologica del Verrucano lombardo. Alla luce dei risultati emersi dal quinquennio di studi, è stato privilegiato il minerale dei siti d'altura precedentemente studiati, trasportandolo dalla miniera fino al sito dell'esperimento a mano, a causa dell'assenza di strade carrozzabili che conducano direttamente all'area di estrazione. Al fine ulteriore di confrontare il minerale di Piazzalunga con quello del restante territorio lombardo, in uno dei tre esperimenti è stata tentata anche la riduzione di minerale proveniente dalle miniere della "Manina", ubicate nel comune di Valbondione, in alta Val Seriana (BG). L'esperimento non si è limitato alla verifica scientifica dell'effettiva somiglianza delle scorie prodotte con quelle realmente recuperate durante lo scavo, ma si è esteso a un importante progetto di fruizione turistica del territorio finalizzato alla riscoperta delle antiche tradizioni locali, in questo caso l'arte dei metalli, che in un passato anche recente ha reso famosi Bienno e la Val Grigna, conosciuta anche come Valle dei Magli.

A causa del mancato ritrovamento di reperti che permettessero la completa ricostruzione di un bassofuoco dagli scavi in Val Grigna, l'impianto è stato realizzato da Philippe Andrieux sulla falsariga di quelli già scavati a Bellaires (Svizzera) da Paul-Luis Pelet (PELET 1993). Per cause di forza maggiore dunque gli studiosi non sono riusciti a ricreare la morfologia dei forni di Piazzalunga, concentrando gli sforzi sul tentativo di ridurre questo tipo di minerale così ricco di ferro. È stato segnalato come il problema più importante

emerso, sia stato quello della ventilazione artificiale dell'impianto che, pur priva di riscontri archeologici in Val Grigna, è risultata indispensabile per il raggiungimento di una temperatura sufficientemente elevata; si è deciso dunque di procedere alla ventilazione dell'impianto mediante due mantici in legno e pelle artificiale, capaci ciascuno di soffiare circa 34 litri di aria al secondo. Questi, installati sullo stesso lato della fornace e collegati alla zona di combustione da apposite tubiere, erano azionati manualmente in modo alternato, così da garantire la continuità del flusso d'aria all'interno della fornace. L'impianto, costruito utilizzando materiali locali come la sabbia e i ciottoli provenienti dal vicino torrente Grigna, aveva una capienza interna di poco superiore ai 250 litri. Il minerale è stato frantumato e selezionato, per poi essere caricato nella fornace mantenendo una proporzione di 1:2 con il combustibile (diversa dunque da quella sperimentata da Marco Benvenuti).

Gli esperimenti realizzati in Val Grigna sono stati tre, ciascuno dei quali durato più di 10 ore con l'impiego di apposite sonde per il controllo della temperatura. Nel primo esperimento è stato utilizzato il minerale della Val Seriana mentre nei restanti casi quello di Piazzalunga, a cui è stato aggiunto il 10% di peso di calcare magnesiaco (dolomia); questo aggregante, aggiunto appositamente per rendere meno viscosa la scoria e dunque più facilmente eliminabile, non sembra aver raggiunto però lo scopo desiderato. Nonostante il grande sforzo profuso, in nessun caso è stato possibile ottenere un vero blumo, né tantomeno la scoria liquida necessaria per la formazione delle placche a ventaglio; nonostante le alte temperature registrate dalle sonde (in tutti in casi costanti tra i 1200° e i 1400°), la non liquefazione della scoria ha prodotto sempre un grosso grumo (sempre del peso superiore a 10 kg) di scorie, di frammenti di carbone e di noduli metallici, formatosi sempre al di sotto od all'altezza delle tuyeres. Non sono mancate in ogni caso anche delle note positive; l'analisi al microscopio metallografico ha mostrato infatti interessanti affinità tra i risultati del primo esperimento (minerale di Valbondione) e i campioni recuperati a Ponte di Val Gabbia III. Durante i restanti tentativi, il

minerale della Val Grigna ha comunque portato all'ottenimento di un buon acciaio, con una percentuale di carbonio del 1,04% (minerale di Piazzalunga) e dell'1,64% (minerale di Piazzalunga+aggregante). Questo quadro sintetico del panorama italiano legato all'archeologia sperimentale del ferro e gli esperimenti presentati hanno dunque rappresentato uno stimolo e un utile termine di confronto per l'esperienza che il nostro gruppo di ricerca ha avviato nel territorio di Populonia.

[M. C.]

### 3. Populonia, città dei metalli

L'antica città di Populonia sorge sulla costa centro-occidentale della penisola italiana. Un tempo facente parte della Dodecapoli etrusca, era anticamente conosciuta come Pupluna (o Fufluna) ed era considerata l'unica città etrusca a sorgere direttamente sul mare. Centro strategico legato allo sfruttamento delle risorse metallifere<sup>4</sup>, la cui accessibilità derivava sia dalle risorse del campigliese nell'entroterra (ALDERIGHI *et alii* 2013, p. 173), con miniere ricche di rame e solfuri misti sia dalle miniere dell'isola d'Elba, ricche di ematite e ancora di rame (ACCONCIA, MILLETTI 2016, p. 333). Le notizie sulle prime fasi della metallurgia nel comprensorio sono scarse e molto lacunose. Una preliminare attività metallurgica del rame recuperato nelle miniere del campigliese è attestata già a partire dalla fine del IV millennio a.C., (FEDELI 2016): la lavorazione del minerale probabilmente avveniva direttamente in loco, come è stato dimostrato dai ritrovamenti di discariche di superficie e all'interno di alcune gallerie di coltivazione (ZIFFERERO 2002, pp. 197-199). A questo si aggiunge un progressivo incremento, già a partire dal Bronzo antico, della produzione bronzistica, come segnalato dai rinvenimenti di ripostigli enei nel territorio (LO SCHIAVO, MILLETTI 2011, pp. 335-340). A partire da questi dati, è stata proposta l'esistenza di un sistema territoriale incentrato su piccoli insediamenti d'altura, posti a diretto controllo delle principali mineralizzazioni (ACCONCIA, MILLETTI 2016, p. 337 con bibliografia). Le prime testimonianze archeologiche riguardanti la produzione del ferro sono inquadrabili tra l'VIII e il VII

<sup>4</sup> Anche Diodoro Siculo la indica come città fuliginosa, con abbondante ferro per "trarlo e liquefarlo".

secolo a.C. (CHIARANTINI, BENVENUTI 2009), ma forse solamente dal VI secolo, con culmine tra IV e II a.C., prendono avvio le grandi attività siderurgiche soprattutto con lo sfruttamento da parte della città etrusca delle risorse minerarie di ematite elbana (ACCONCIA, MILLETTI 2016, p. 339). La lavorazione a Populonia doveva essere incentrata principalmente sulle prime fasi di lavorazione del metallo: dalla frantumazione del minerale, al suo arrostitimento con conseguente riduzione e forgiatura. Come avvalorato anche dall'esperienza condotta dall'équipe dell'Università di Firenze (BENVENUTI *et alii* 2016) questa intensa attività, che raggiunse dei ritmi protoindustriali, produceva una notevole quantità di scarti di lavorazione, articolati in residui delle strutture produttive, che potevano essere utilizzate per un unico ciclo di produzione, e scorie ferrose. C'era dunque il problema della gestione di tutto questo materiale che veniva smaltito sfruttando la naturale pendenza dell'area in direzione della spiaggia. Questa procedura protratta nel tempo, unita anche al completo disboscamento legato al recupero di combustibile, ha inevitabilmente sconvolto il territorio. Tra la fine del II e i primi decenni del I secolo a.C., il ruolo di Populonia come centro siderurgico va progressivamente declinando, in seguito all'espansione di Roma, che poté accedere ai giacimenti minerari situati in Sardegna, Spagna e Grecia (a tal proposito si veda POMA 2015 p. 34).

Le tracce delle attività minerarie svolte sul territorio tra Antichità e Medioevo sono state a più riprese evidenziate, seppur a volte in modo contraddittorio (si veda sopra e BARATTI c.s.), dalle attività di scavo archeologico, che hanno permesso di avanzare diverse ipotesi sulla conformazione del paesaggio industriale antico<sup>5</sup> in un'area abbastanza ampia che comprende l'isola d'Elba, la zona del Golfo di Baratti e i giacimenti minerari del campigliese. Le scorie di lavorazione vennero poi sfruttate a partire dagli anni '20 del secolo scorso. Quest'attività, come hanno cercato di dettagliare a più riprese anche le indagini archeologiche condotte



Figura 1: Panoramica della strada di scorie rinvenuta in località Baratti-Centro Velico.

negli ultimi 15 anni dalle università milanesi, ha fortemente intaccato i depositi antichi, riflettendosi in modo marcato sulla morfologia del paesaggio (sulle ricerche si veda da ultimi Baratti 2018 e Baratti c.s. con bibliografie precedenti). Diverse ricerche e studi, negli ultimi anni, si sono comunque concentrate sulla definizione del paesaggio industriale di Populonia e sull'individuazione delle aree adibite alle attività di lavorazione del ferro (si veda ad esempio Camilli 2016).

Il nostro gruppo di ricerca, presente sul territorio a partire dal 2003<sup>6</sup>, ha cercato fin dalle prime indagini di inserire tra i suoi obiettivi la ricostruzione del paesaggio antico, che nel caso di Populonia passa forzatamente dalla comprensione delle dinamiche che ruotavano intorno al ciclo del ferro. In particolare, le attività di scavo avviate dal 2008, concentrate in una porzione di spiaggia al centro del golfo di Baratti in corrispondenza del Centro Velico piombinese, hanno messo in luce un contesto databile all'avanzata età del Bronzo (XIII-X secolo a.C.) caratterizzato dalla straordinaria presenza dei resti di una struttura per la produzione di panetti di sale e tracce di un villaggio adibito allo sfruttamento di questo prodotto (BARATTI 2010; BARATTI 2015). Ulteriori indagini all'interno della pineta retrostante, hanno permesso di identificare la presenza, fino ad allora insospettabile, di una strada, un'imponente struttura (fig. 1) composta interamente da scorie metalliche e resti

<sup>5</sup> Per approfondire gli aspetti archeologici legati al territorio si vedano: CHIARANTINI, BENVENUTI, GUIDERI 2005; ARANGUERN B., CIAMPOLTRINI G., RENDINI P. 2004; ALDERIGHI *et alii* 2013; CORRETTI, BENVENUTI 2001; CAMBI, CAVARI, MASCIONE 2009; DALLAI 2016; FRANCOVICH 1991, pp. 58-78.

<sup>6</sup> Fino al 2016 con l'Università degli Studi di Milano, prima sotto la direzione di Cristina Chiamonte Trerè poi di Giorgio Baratti. Dal 2017 con l'Università Cattolica del Sacro Cuore sempre sotto la direzione di Giorgio Baratti.

di forni, databile tra il III e il II secolo a.C. (BARATTI 2015, p. 224).

L'accurata selezione del materiale, la sua disposizione in una sequenza così ben stratificata e l'individuazione di tracce riferibili al passaggio di carri, consentirono infatti di riconoscere nel manufatto un imponente battuto stradale (*idem*, p. 225), che doveva collegare la città con l'entroterra e che doveva correre in parte parallelo alla linea di costa, attraversando una zona adibita in precedenza a necropoli, nel contesto generale di una ridefinizione dei piani di vita di questa parte della città. Quest'arteria, databile a un periodo storico in cui Populonia si trovava ormai sotto il controllo di Roma, doveva essere stata realizzata verosimilmente, forse con l'intervento di apparati militari, per garantire il trasporto di ingenti quantità di materiale verso la via Aurelia, forse in concomitanza con la necessità di veicolare grandi quantitativi di ferro connessi con l'incremento delle attività belliche. A tal proposito, vanno in particolare menzionati i grandi rifornimenti che Populonia fornì alla flotta di Scipione l'Africano durante la seconda guerra punica, come ricordato da Livio (I. XXVIII, 45) in un periodo che può essere messo in parallelo con le cronologie della costruzione della strada emerse dalle indagini di scavo. Questa scoperta ha permesso di avviare un discorso più generale legato alla strutturazione del territorio tra l'epoca tardoetrusca e quella romana e ha reso evidente la propensione a riutilizzare parte dei materiali di scarto prodotti dal ciclo di lavorazione del ferro.

Durante le attività di cava novecentesche, anche parte di questa strada, come tutto il territorio di Populonia, è stata intaccata dalle attività di recupero delle scorie, effettuate nel corso della prima metà del '900.

Le caratteristiche dell'intervento moderno operato sulla strada per recuperare le scorie hanno spinto a concentrare l'attenzione anche sull'influenza che le attività invasive di cavatura hanno esercitato sulla lettura contemporanea del paesaggio antico.

Alla luce dei dati acquisiti durante gli scavi sulla spiaggia di Baratti e di alcuni elementi emersi in seguito all'alluvione del 2015 (CAMILLI, BARATTI, MEGALE 2017), le ricerche sono state indirizzate quindi nell'area di

Campo 6, che aveva già restituito i resti delle mura della città bassa (*fig. 2*) e notevoli tracce di attività siderurgiche (ROMUALDI, SETTESOLDI 2008, BENVENUTI *et alii* 2000). Il sito si trova alle pendici del Poggio della Guardiola, all'interno dei confini del Parco archeologico di Baratti e Populonia. Il nome stesso marca in modo efficace l'impatto dell'attività di sfruttamento moderna dal momento che si riferisce al campo sesto di estrazione, così indicato dai cavatori novecenteschi. (BARATTI 2018)



Figura 2: Vista da sud delle mura della città bassa in località Campo sei.

L'area è rimasta oggi sostanzialmente simile a come doveva presentarsi al termine delle attività di cava novecentesche, se si esclude la presenza diffusa del bosco di lecci e sughere formatosi al termine delle attività, le cui tracce sono ancora evidenti nelle enormi voragini disseminate in tutta l'area lasciate dai mezzi meccanici e nei numerosi sondaggi effettuati a piccone dagli operai. La difficoltà principale, riscontrata nel corso dei tre anni di attività fino ad ora svolte, risiede proprio nella corretta lettura delle diverse tracce lasciate dalle azioni umane, sia antiche che moderne, da cui passa forzatamente la ricostruzione storico-archeologica del contesto.

Gli scavi nell'area di Campo 6 hanno effettivamente fornito importanti dati sui materiali di risulta della lavorazione industriale del ferro che sono stati messi in relazione con i dati stratigrafici e i materiali raccolti tra gli imponenti scarti utilizzati per la costruzione della strada; in particolare, sono stati identificati numerosi frammenti di pareti di forno e di pietre termotrasformate



probabilmente riferibili alla base delle strutture da fuoco, che si sono rivelati particolarmente significativi nella ricostruzione della morfologia dei forni antichi e delle caratteristiche dei materiali impiegati.

[M.S. C.]

### 3.1 Le tracce delle attività novecentesche

Come si accennava, gli scarti della lavorazione siderurgica antica, accumulatisi nel corso dei secoli, ricoprirono ampi settori della città bassa e delle necropoli (CAMILLI 2016, CAMILLI 2018) di Populonia, mutando la morfologia del paesaggio. Le operazioni di scarico vennero probabilmente effettuate partendo dalla parte sommitale di fronti inclinati, dando origine a un deposito fortemente disomogeneo – con la compresenza di scorie di grandi e piccole dimensioni, di terre fini, di resti delle pareti dei forni e di frammenti di ematite – caratterizzato da una stratificazione inclinata in cui i frammenti più grandi e pesanti occuparono il livello inferiore (PISTOLESI 2006, p. 21, CAMILLI 2016, p. 7). Le scorie contenevano una percentuale di ferro oscillante tra il 57% e il 66% ed era quindi necessario estrarne una quantità considerevole per rendere lo sfruttamento economicamente conveniente. L'industria siderurgica necessitava poi di scorie che avessero granulometria grossolana (questa tipologia costituiva circa il 30% del deposito: si veda PISTOLESI 2006, p. 20) ed era dunque richiesta un'accurata selezione del materiale, che altrimenti sarebbe rimasto inutilizzato. A questo scopo vennero impiegati diversi metodi, fra cui la vagliatura a secco e con acqua, la separazione elettromagnetica e la cernita manuale. Queste caratteristiche non rendevano il giacimento particolarmente adatto a rispondere alle moderne necessità industriali, se non a quelle particolari e forzate imposte dal regime autarchico del ventennio.

Nonostante le difficoltà dettate dalla natura del deposito, le moderne attività di cava caratterizzarono, con alterne fortune, il territorio di Populonia per circa mezzo secolo, fra il 1919 e il 1969, lasciando tracce spesso evidenti sul paesaggio. Dopo un primo periodo di sfruttamento discontinuo, reso complicato da diversi

problemi legati alla proprietà dei terreni e alla natura stessa del deposito, non configurabile come una miniera vera e propria e dunque inizialmente difficilmente inquadrabile nel diritto minerario, la situazione si sbloccò verso la metà degli anni '30, con l'istituzione del regime autarchico. L'area conobbe quindi un periodo di intenso sfruttamento tra il 1936 e il 1943, durante il quale venne dotata di una serie di opere legate al trasporto e alla cernita del materiale estratto, ancora in parte visibili<sup>7</sup>. I lavori furono ripresi a distanza di dieci anni, nel 1953, da parte della società Etruria S.r.l., che tuttavia non ottenne i risultati sperati e avviò il sito alla dismissione.

La forte disomogeneità del deposito, unitamente alla necessità di cavare scorie di grandi dimensioni, determinò uno sfruttamento su larga scala, effettuato contemporaneamente in diversi settori della città antica, avvalendosi sia di escavatori meccanici, sia di operai. L'individuazione dei depositi più ricchi di scorie avveniva tramite la realizzazione di un gran numero di sondaggi, le cui tracce sono ancora ben visibili lungo le pendici del Poggio della Guardiola. Una volta individuati i settori più ricchi di scorie, questi venivano scavati a fronte fino al raggiungimento del livello sottostante (CAMILLI 2016, p. 3). Probabilmente questa modalità di sfruttamento, che interessava contemporaneamente diversi settori della città antica, era l'unica in grado di garantire un effettivo guadagno, tuttavia essa portò anche a reiterati scontri con la Regia Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria, in particolare fra gli anni '30 e gli anni '40, il periodo di massimo sfruttamento del giacimento, quando il soprintendente era Antonio Minto (PISTOLESI 2006, pp. 121-133), il quale denunciò a più riprese l'impossibilità di garantire l'attività di vigilanza su un territorio così vasto. È interessante notare come al centro di uno dei principali contenziosi fra il soprintendente e l'allora concessionario, l'Ilva, ci fossero proprio le mura della città bassa in località Campo 6, attualmente in corso di indagine da parte del nostro gruppo di ricerca, che vennero scoperte verso la metà degli anni '20 e distrutte in buona parte nel 1937. Fortunatamente sono

<sup>7</sup> Si pensi ad esempio alla ferrovia a scartamento ridotto che passava al di sopra della strada che porta a Populonia alta e di cui è ancora visibile un pilone.

disponibili alcune fotografie del muro risalenti al momento della scoperta (MINTO 1926, pp. 372-373), che permettono, unitamente ai dati archeologici, di ricostruire parzialmente l'aspetto originario del manufatto.

A livello archeologico, le operazioni di cava novecentesche pongono diversi problemi di lettura, legati sia ai contesti che hanno fortemente intaccato, sia a quelli che hanno parzialmente riportato alla luce. Al di là della lettura delle evidenze, una delle difficoltà principali risiede nella necessità di indirizzare la ricerca verso le aree con un potenziale informativo maggiore. Bisogna infatti considerare che, laddove ancora intatti, i depositi di scorie hanno una potenza che non consente di indagarli archeologicamente senza l'intervento di un escavatore meccanico, il cui uso è comunque precluso dalla presenza della vegetazione. La strategia d'indagine si è quindi indirizzata su quei contesti moderatamente intaccati dalle attività di cava moderne, sfruttando la parziale eliminazione dei depositi di scorie e indagando sia le modalità di estrazione novecentesche sia i livelli sottostanti, precedentemente obliterati dalle discariche antiche. Il complesso alternarsi di pieni e vuoti, causato dalle continue azioni di accumulo e rimozione, che hanno caratterizzato il territorio di Populonia e in particolare quello di Campo 6, ha costretto ad adottare strategie di intervento differenziate, che allo scavo affiancano attività di rilievo topografico e tridimensionale, volte a indirizzare al meglio le risorse disponibili e a ricostruire il paesaggio antico. A questo fine è stata progettata un'articolata serie di ricognizioni e rilievi, che ha come area di interesse le pendici del Poggio della Guardiola ed è volta all'individuazione e al posizionamento sia delle evidenze archeologiche, sia delle attività di scavo novecentesche (fig. 3). Una prima parte del progetto in questione è stata completata nel gennaio 2020, con la realizzazione di un rilievo che ha interessato una vasta area situata tra le mura basse e la parte più alta della recinzione del parco archeologico. Nel corso della ricognizione sono state individuate diverse aree di interesse, numerate progressivamente e descritte in apposite schede, che riportano, oltre ad una breve descrizione, il numero degli scatti fotografici e il codice dei punti della stazione totale associati. I dati acquisiti,

inseriti all'interno di una piattaforma GIS, sono in corso di studio e tuttavia è possibile preliminarmente osservare come l'esame dell'orientamento e del posizionamento delle strutture emergenti sia di fondamentale importanza per una lettura complessiva delle stesse e per il riconoscimento di eventuali tracciati murari, altrimenti difficilmente rilevabili in un'area piuttosto estesa e per di più con una fitta copertura vegetativa. A questo si associa l'importanza di collocare gli interventi moderni, per comprendere quali siano le aree maggiormente intaccate da essi. Alle operazioni fin qui descritte si è deciso di affiancare il rilievo fotogrammetrico di alcuni settori ritenuti particolarmente interessanti o difficilmente rilevabili in maniera soddisfacente con la sola stazione totale. L'elaborazione tridimensionale ha permesso di ottenere modelli tridimensionali di dettaglio, ripuliti dall'interferenza della vegetazione tramite processamento manuale della nuvola di punti e l'utilizzo di opportuni filtri di riduzione del rumore.



Figura 3: Una delle trincee scavate nel corso del Novecento per il recupero delle scorie.

Lo studio di queste evidenze consentirà, una volta completato, di indirizzare la ricerca verso le aree più accessibili e meglio conservate, in grado di rispondere alle molte domande relative alla formazione dei depositi di scarico e più in generale alla strutturazione del paesaggio industriale antico.

[A. V.]





Figura 4: Reperti selezionati durante alcune ricognizioni da parte degli autori nella zona di Poggio della Guardiola e Campo Sei, Populonia. In particolare, fig. 4: alcuni grossi blocchi che compongono una base di forno.



Figura 5: porzioni di pareti che mostrano con chiarezza la loro realizzazione con piccoli blocchi grossolanamente squadrati.

#### 4. Lo studio sperimentale di Populonia: la ricostruzione di un forno etrusco

L'esperimento di ricostruzione avviato dal nostro gruppo di ricerca nell'ottobre scorso è stato preceduto dall'analisi dei reperti correlata allo studio della letteratura di riferimento, in particolare per quanto riguarda analoghi progetti di ricerca e di ricostruzione. Quanto alla prima fase, l'area di Populonia e in particolare di Campo 6 e Poggio della Guardiola appaiono disseminati da resti di forni in parte lasciati sul terreno perché privi di interesse per le attività di recupero delle scorie e in parte emergenti in aree preservate dall'interruzione delle grandi escavazioni; questi reperti offrono la testimonianza più efficace dell'intensa attività produttiva che caratterizzò la zona in antico<sup>8</sup>, rappresentando anche l'evidenza più vasta e cospicua delle fasi produttive. In particolare, i reperti che sono stati oggetto delle analisi sono da ricondursi alle campagne di scavo effettuate in località Centro Velico e a una recente attività di ricognizione dell'area (figg. 4-5). Un secondo nucleo di materiali analizzati è invece da ricondursi alle indagini del 2019 in località Campo 6 (CHIARAMONTE TRERÉ 2010 e BARATTI c.s.).



Figura 6: Campione di argilla degrassata con paglia: in particolare, si noti in negativo sulla superficie della sezione l'impressione di una spiga.

I materiali analizzati sono essenzialmente di tre tipologie: porzioni di pareti di forno, scorie legate ai processi di funzionamento e resti frammentari di elementi accessori quali tuyeres, o tubiere – canali fittili di raccordo con i mantici, utilizzati per l'immissione forzata dell'aria – e apparati per l'espulsione della scoria fluida. Ognuno di questi reperti ha restituito, mediante misurazione, le dimensioni degli elementi originali e ha fornito inoltre informazioni differenti; in particolare la verifica di diversi spessori ha offerto importanti

<sup>8</sup> Un tentativo di quantificazione di questa attività è stato effettuato da SAREDO PARODI 2013.



Figura 7: Sezione di tuyere, ugello di raccordo tra mantice e forno; risulta occluso da scoria fluida.

spunti per la comprensione e definizione dell'andamento delle pareti dei forni e, parallelamente, attestare l'impiego di pietre di modeste dimensioni legate da argilla degrassata con paglia (fig. 6), le cui tracce in negativo sono evidentissime nella quasi totalità dei reperti analizzati. Un altro dato fondamentale, offerto in questo caso dai frammenti di dimensioni maggiori, riguarda la circonferenza dei forni stessi alla base, ovvero il loro punto di diametro massimo e all'altezza dell'imboccatura superiore, risultata essere più stretta: l'analisi comparata di questi ultimi due dati restituisce delle strutture dalla conformazione troncoconica che va restringendosi progressivamente al crescere dell'altezza, presentando quindi la tipica forma



Figura 8: Scorie di colata dette anche "placche a ventaglio" per la caratteristica conformazione, prodotte dall'espulsione della scoria fluida dal forno durante il suo funzionamento.

cilindrica 'a tino' (*cylindrical shaft furnaces*), già proposta dalla letteratura di riferimento<sup>9</sup>.

Il colore superficiale dell'argilla cotta dall'azione delle fiamme e il suo grado di scorificazione testimoniano invece la temperatura interna raggiunta dalle strutture. Reperti di pareti che inglobano parte delle *tuyeres* (fig. 7) restituiscono il grado di inclinazione di queste ultime, il livello di depurazione della ceramica che le compone e la loro relazione con la scoria prodotta dai forni.

Queste scorie, sottoprodotto di produzione, sono un reperto piuttosto comune e si presentano con diverse tipologie. Le scorie rimaste all'interno del forno sono denominate, a seconda della loro morfologia *furnace slags* e *conglomerated slags* e appaiono molto diverse da quelle di tipo *tapped* o di colata (fig. 8), solidificatasi nelle immediate adiacenze delle strutture di riduzione; offrono informazioni oltre che sulla propria composizione, e quindi su quella del minerale immesso all'interno dei forni, anche sulla posizione e ancora una volta sull'inclinazione dei canali preposti alla loro

<sup>9</sup> GIARDINO 1998, p. 61 descrive i forni a tino (*shaft furnaces*) distinguendoli da quelli a pozzetto (*bowl furnaces*) e a cupola (*domed furnaces*).



espulsione (fig. 9). Un ulteriore dato, fondamentale ai fini della ricostruzione, è quello dell'altezza delle strutture, desunta in questo caso dalla letteratura e dal confronto etnografico.

Di grande utilità è stata anche l'analisi dei reperti conservati presso i depositi del Museo Archeologico del Territorio di Populonia (Piombino), le cui immagini sono servite per un ulteriore confronto con la struttura una volta realizzata.



Figura 9: Frammento di canale per la spillatura della scoria; le scorie di tipo *tapped*, o di *colata*, erano prodotte da questi apparati.

Per massimizzare le informazioni offerte da questi rinvenimenti, una selezione di materiali era stata precedentemente analizzata scientificamente<sup>10</sup> presso il laboratorio del Dipartimento di Fisica "Aldo Pontremoli" dell'Università degli Studi di Milano; le principali analisi archeometriche utilizzate – in particolare la spettrometria XRF – avevano lo scopo di determinare la composizione dei campioni con il fine di risalire alle possibili variazioni fisico-chimiche avvenute durante il processo di estrazione del ferro.

Un utile apporto al progetto è stato offerto dal confronto con lo studio delle basi delle ventuno strutture per la riduzione rinvenute nel 1997 in località Rondelli (ARANGUREN, GIACHI, PALLECCHI 2009), nei pressi di

Follonica (GR), e successivamente musealizzate in posto.

Queste strutture, per le quali è stata proposta dagli scavatori una datazione tra la metà del VI secolo a.C. e la fine del V secolo a.C., erano disposte 'in batterie' e presentano la medesima forma troncoconica proposta per i forni in uso a Populonia; anche in questo caso, è necessario ricordarlo, gli alzati non si sono purtroppo conservati in posizione. Tra le molte informazioni deducibili da questo rinvenimento fondamentale è apparso di particolare interesse, per la nostra ricostruzione, il dato relativo alla dimensione della circonferenza dei forni stessi in prossimità appunto della base. Altri utili elementi riguardano la conformazione concava della dote – cioè la parte interna della base del forno, conformata in questa maniera per 'accogliere' il prodotto finito, il blumo di ferro – e la sua composizione (pietre piatte, indicazione peraltro riportata da CHIARANTINI e BENVENUTI 2009, già in BENVENUTI *et alii* 2003); sono ancora in fase di studio elementi connessi alla disposizione 'in batteria', con tutta probabilità per favorire uno svolgimento più rapido delle operazioni di caricamento e *smelting*<sup>11</sup> in presenza di una massimizzazione delle attività produttive. Le informazioni ricavate fino a ora risultano quindi fondamentali per restituire l'idea generale di come poteva apparire un forno nella sua completezza; per le caratteristiche intrinseche nel processo produttivo e per la deperibilità del materiale impiegato, questi dovevano essere distrutti al termine di ogni operazione di riduzione e per questo motivo nessun forno nella sua completezza è mai stato finora rinvenuto e di conseguenza studiato.

Per estendere comunque il bagaglio delle conoscenze utili alla realizzazione dell'esperimento ricostruttivo, si è cercato di non limitare il confronto solo al contesto italiano, piuttosto limitato, considerando anche esperienze estere a più ampio raggio. Processi produttivi del ferro assolutamente analoghi,

<sup>10</sup> I risultati delle analisi, promosse da Letizia Maria Bonizzoni e da Giorgio Baratti, sono disponibili in SCIPIONI 2019.

<sup>11</sup> Con l'operazione di *meeting* si intende la fase di riduzione; l'adozione sempre più diffusa di terminologie di origine anglosassone è determinata dall'importanza dello stato degli studi presso Paesi, spesso centro o nordeuropei, interessati all'indagine di analoghe pratiche archeometallurgiche.

caratterizzati quindi dall'utilizzo di fornaci protoindustriali simili, trovano efficaci confronti anche in culture molto diverse e distanti geograficamente o diacronicamente tra loro, permettendo di trarre indicazioni efficaci anche dal confronto etnografico. In particolare, di grande aiuto sono stati gli studi condotti in Europa settentrionale, dove la disciplina archeometallurgica ha avuto un grande sviluppo con l'avvio di studi anche approfonditi e progetti di indagine specifici<sup>12</sup>. Un dato importante è emerso anche dalle estese ricerche svolte in Africa in contesti tradizionali<sup>13</sup>; qui infatti la produzione del ferro secondo l'antico procedimento del metodo diretto, tecnica che non permette il raggiungimento del punto di fusione del minerale ferroso, è perdurata, con uno sviluppo particolare, fino a epoche relativamente recenti, consentendo quindi di verificare direttamente sul campo le caratteristiche delle strutture produttive (FLUZIN *et alii* 1999) e soprattutto del funzionamento<sup>14</sup> di questi processi preindustriali. Proprio i processi di funzionamento, in quanto immateriali, possono essere riscontrati nella ricerca archeologica unicamente attraverso le tracce lasciate dalla lavorazione e risulta quindi determinante e particolarmente preziosa la possibilità di effettuare confronti etnografici. Come già anticipato, i dati ricavati da questa comparazione sono stati utili per restituire le dimensioni effettive dei forni stessi, in particolare per quanto riguarda l'altezza delle strutture.



Figura 10: Confronto con i reperti di riferimento.

Un'attenzione particolare è stata rivolta poi agli studi già effettuati su reperti di forni rinvenuti nell'area di Populonia (GIARDINO 2006, BENVENUTI *et alii* 2016) innestando così il progetto qui presentato in una ricerca già avviata.

L'attento studio della bibliografia scientifica disponibile, correlata all'analisi morfologica e interpretativa dei materiali, ha quindi premesso di procedere con un primo studio di fattibilità; è stato definito un progetto esecutivo, sotto la direzione di Giorgio Baratti, che ha previsto l'analisi in dettaglio di ogni singola fase relativa alla catena costruttiva con la proposizione, per ogni passaggio, di un'ipotesi realizzativa e la stesura di un piano di massima da seguire nella fase dell'effettiva realizzazione del forno. Determinante, in prima istanza, è apparsa la selezione di un luogo adatto che offrisse un'adeguata ventilazione, la presenza di acqua e un'adeguata vicinanza alle fonti di approvvigionamento del materiale, oltre a garantire gli imprescindibili requisiti di

<sup>12</sup> Tra i contributi di riferimento sono da ricordare Mommersteeg 2011, Starley 2001, Jouttijaarvi and Voss 2011, Henriksen 2003, Thiele 2011 e lo studio di Crew 1991, il quale prende in considerazione l'analisi delle scorie di ferro e rame di Baratti, Populonia. Il contributo di GALLEGGO CANAMERO, GOMEZ GUTÉRREZ, POU I VALLÉZ 2016 offre interessanti informazioni sulla ricostruzione.

<sup>13</sup> Gli studi prendono in considerazione la regione dei Grandi Laghi, l'Africa meridionale (Zimbabwe ed ex Rhodesia, Mozambico, Nigeria), la regione etiopica e l'Africa occidentale (Burkina Faso e Mali).

<sup>14</sup> HAALAND 2000, LYAYA 2016, FRIEDE 1979; questi studi in particolare offrono importanti considerazioni (il consolidamento delle fornaci, il loro caricamento) sulla ricostruzione sperimentale.





Figura 11: Confronto con i reperti di riferimento.

sicurezza. Nell'ambito della stretta e fattiva collaborazione con la Parchi Val di Cornia S.p.A. e in particolare con il Parco di Baratti e Populonia all'interno del quale, come si è visto, si svolgono le nuove ricerche, questo luogo è stato individuato in un'area delimitata facente parte del Centro di Archeologia Sperimentale "Davide Mancini", identificato e messo a disposizione da Silvia Guideri, direttrice della Divisione Parchi Archeologici e Musei del Parco. È interessante ricordare come la fase realizzativa del progetto sia stata effettuata in concomitanza di un evento denominato Giornata delle Famiglie al Museo; questo ha reso possibile una positiva interazione con il pubblico in visita al centro, arricchendo l'esperienza di un momento divulgativo che spesso caratterizza gli studi sperimentali, senza allo stesso tempo togliere scientificità o rigore alcuno alla fase ricostruttiva. Presso il centro è inoltre già presente una proposta sperimentale di un forno per la riduzione del ferro realizzata nel corso dei primi anni 2000 da Giorgio Alongi, che ha gentilmente condiviso la propria esperienza riguardo alla messa in opera del forno durante la fase preparativa del progetto – che si pone come visione alternativa della ricostruzione da lui operata – fornendo utili informazioni e ulteriori stimoli alla ricerca.

Il materiale necessario all'effettiva costruzione, in particolare l'argilla e la pietra, è stato cavato localmente come è appurato avvenisse nell'antichità. L'argilla è stata selezionata a seguito di prospezioni e prove di plasticità con acqua e di reazione con il necessario

dimagrante. La raccolta di terra e pietre è stata effettuata a mano dai partecipanti al progetto: la quantità raccolta è stata inizialmente di circa 300 kg, incrementati poi in una seconda fase; a questi sono da aggiungersi una quantità di circa 250 kg di pietre, sbazzate manualmente e necessarie alla realizzazione della base del forno (per l'anello della circonferenza, grosse pietre a forma di cuneo; per la base interna lastre piatte<sup>15</sup> e, di pezzatura inferiore, per l'innalzamento delle pareti. Si è inoltre provveduto ad assicurare un approvvigionamento costante di materiale durante la costruzione.



Figura 12: Confronto con i reperti di riferimento.



Figura 13: La porzione inferiore del forno prima della cottura.

Durante la costruzione è stato ricavato dello spazio per l'inserzione delle tubiere per l'insufflaggio dell'aria e per il canale per l'espulsione delle scorie liquide, apparati che verranno realizzati separatamente in argilla e cotti preliminarmente, come desunto dai campioni analizzati, per resistere alle altissime temperature che si

<sup>15</sup> Dato desunto anche da CHIARANTINI, BENVENUTI 2009, p. 210, già pubblicato in BENVENUTI *et alii* 2003, oltre che dallo studio delle basi di forno rinvenute in località Rondelli.

producevano all'interno del forno. Durante la costruzione è emersa l'importanza di alcune caratteristiche strutturali quali la necessità di un'accentuata concavità della dote e della presenza di un'adeguata fossetta antistante il canale di spillatura delle scorie liquide, utile per favorire l'espulsione di queste ultime.

La fase di costruzione, è importante ricordarlo, è stata accompagnata da un confronto costante con i campioni di riferimento, che ha permesso una corretta disposizione delle pietre che compongono le pareti, il risparmio nelle pareti di fori del diametro adeguato per le tuyeres e per il canale per le scorie e la loro inclinazione ottimale. A questo proposito sono state scattate alcune fotografie di comparazione con i reperti (figg. 10-12) che attestano quanto appena illustrato.

Alla fase di effettiva costruzione è seguito un momento dedicato alla cottura del forno; in particolare, una volta realizzata la metà inferiore della struttura (fig. 13), è stato acceso un primo fuoco di dimensioni molto ridotte che permettesse di asciugarla e di consolidarla, in modo da favorire una migliore messa in opera della metà superiore (fig. 14), costruita in un secondo momento e caratterizzata da un peso molto significativo.



Figura 14: Il forno concluso: si noti, in posizione retrostante, la struttura messa in opera tempo prima da Giorgio Alongi. Tra i due forni, alcuni reperti utilizzati per il confronto costante durante la fase realizzativa.

È fondamentale ricordare come, a differenza di altri progetti ricostruttivi, si sia scelto in questo caso di non realizzare un'anima interna che limitasse il rischio di collasso del forno non ancora consolidato dalla cottura. L'entità di questo primo fuoco era proporzionata alla

necessità che l'acqua presente all'interno dell'argilla non evaporasse con eccessiva rapidità con il rischio di creare danni strutturali al forno stesso.

Una seconda fase di cottura vera e propria è stata effettuata solo in un secondo momento, a distanza di qualche giorno dal momento della costruzione, per permettere un'asciugatura naturale più lenta delle pareti con lo scopo ancora una volta di ridurre i rischi di cedimento. A questo punto si è proceduto a caricare il forno dall'imboccatura superiore – apertura predisposta all'inserimento delle cariche alternate di minerale ferroso e carbone vegetale – con legname dalla pezzatura crescente. La combustione nella camera interna è stata facilmente ottenuta grazie all'ottimo tiraggio che il forno ha dimostrato di avere pur senza l'utilizzo di mantici che immettessero aria forzosamente. Questo dato permette di auspicare il raggiungimento di una corretta temperatura nella fase di funzionamento, durante la quale verranno effettivamente utilizzati strumenti di ventilazione forzata.

Il risultato della cottura è stato l'arrossamento superficiale dell'interno della struttura (fig. 15) e in particolare del terzo superiore del forno, dalla forma di camino, realizzato in sola argilla, della quale è stata notata una profonda alterazione della colorazione superficiale. A seguito della cottura, è stata notata una fessurazione non strutturale del camino della struttura, intrinsecamente più fragile per via del suo spessore ridotto (fig. 16). Anche in questo caso l'apparente problematica non pregiudica lo svolgimento della fase successiva di riduzione, ma testimonia ancora, come precedentemente ipotizzato e sostenuto dalla letteratura di riferimento, l'effettiva fragilità intrinseca dei forni stessi, che potevano resistere ad una sola operazione di riduzione e anzi potevano richiedere di essere consolidati durante il loro funzionamento.





Figura 15: Il forno sottoposto alla cottura.

Queste prime due operazioni di costruzione e di cottura hanno permesso alcune considerazioni preliminari, utili per fornire un resoconto completo del progetto e per avviare alcuni calcoli quantitativi in merito allo studio. Oltre alla quantità di materiale, già presa precedentemente in considerazione, l'attenzione è stata rivolta al calcolo del tempo necessario alla costruzione, stimato in circa quattro ore; nonostante l'effettivo periodo dedicato dagli archeologi alla costruzione sia stato di due giornate lavorative, è stato stimato come un grado superiore di esperienza e standardizzazione delle operazioni, possa permettere una riduzione notevolissima dei tempi lavorativi. Si deve infatti sicuramente tenere in considerazione che in antico in questa zona, dove era attiva una produzione del ferro di tipo protoindustriale, operazioni come questa non dovevano essere realizzate occasionalmente, come nel caso di questa ricerca, ma a ciclo continuo con una elevata specializzazione dei compiti. Si ipotizza a questo proposito la presenza di aree accessorie adibite alla cavatura dell'argilla e alla sua lavorazione, alla realizzazione e alla cottura delle tubiere e allo stoccaggio delle enormi quantità di combustibili e di minerale necessarie, oltre a zone dedicate ai trattamenti preliminari del minerale stesso.

Il tempo necessario alla cottura è invece stato prudentemente escluso da questo calcolo. Un'ulteriore riflessione è stata dedicata alla quantità di forza lavoro necessaria, stimata in quattro o cinque operai specializzati che da soli dovrebbero essere stati in grado di tutti i passaggi della catena lavorativa. Ancora, l'attenzione è stata rivolta alla difficoltà intrinseca nel processo produttivo, giudicata come modesta e



Figura 16: Gli effetti di questa seconda fase: arrossamento superficiale e fessurazione non strutturale del terzo superiore della struttura, le cui pareti risultano essere più sottili.

soprattutto diminuibile in funzione del variare della capacità costruttiva e alla relativa necessità di specializzazione degli operai, il cui ruolo doveva essere standardizzato per favorire la facilità e la rapidità delle operazioni.

La seconda fase del progetto consisterà nell'effettivo funzionamento del forno; la struttura, a questo punto consolidata dal fuoco e resa funzionale, verrà utilizzata per la riduzione del minerale ferroso il cui approvvigionamento avverrà localmente. Sono previste alcune operazioni preliminari dedicate al minerale, quali il lavaggio, la sua frantumazione e la cernita della pezzatura desiderata; quindi si procederà all'arrostimento, procedimento che consiste nel riscaldamento del minerale entro cataste di legna per eliminare in via preliminare sostanze quali lo zolfo, l'arsenico, l'antimonio e il bismuto ottenendo un

materiale già depurato da elementi che inficerebbero il processo di riduzione.

Fondamentale sarà la foggatura e la cottura preliminare di alcune tuyeres e di un canale per l'espulsione della scoria; quanto alle prime, in particolare, la struttura ne prevede due collegate a mantici messi in uso contemporaneamente e in maniera alternata, in modo da garantire un flusso d'aria costante. Il combustibile sarà costituito inevitabilmente da carbone di legna, come segnalano non solo gli studi in proposito ma anche la logica stessa di quanto è possibile ricostruire delle attività antiche sul posto incompatibili, per dimensioni e complessità delle procedure, con l'impiego della sola legna; rinvenimenti nell'area e da studi correlati) si dovrà inoltre prevedere l'impiego di prodotti accessori quali modeste quantità di carbonato di calcio da aggiungere come additivo, per la sua azione decapante e disossidante, alle varie cariche di minerale e combustibile per favorire l'operazione di riduzione.

Lo scopo finale del progetto sarà quindi non, o non soltanto, la creazione di un manufatto finito – in questo caso un forno per la riduzione e il/i, blumi<sup>16</sup> – ma la raccolta di ulteriori informazioni, in questo caso inerenti al suo funzionamento, che vadano ad arricchire e completare quelle raccolte finora. In particolare, le domande alle quali si vorrà dare una risposta sono relative a:

- Le tempistiche di produzione e l'effettiva durata del processo di riduzione, informazioni che possano essere la base per una stima quantitativa più generale relativa all'attività siderurgica dell'antica città di Populonia;
- Le quantità di combustibile – carbone di legna, in questo caso – e di minerale necessarie;
- Le caratteristiche di funzionamento del forno e la sua capacità di resistenza all'azione del fuoco;
- La quantità di scorie create da un'unica riduzione di un singolo forno, che permettano anche in questo caso una riflessione sull'immenso quantitativo di scorie che ricopre ancora oggi le aree di Poggio della Guardiola e di Campo 6;

- La forza lavoro necessaria in questo caso alla fase produttiva;
- L'analisi dei materiali del forno – i frammenti di pareti, le scorie, le basi – una volta che quest'ultimo verrà defunzionalizzato, che permettano una profonda e più completa comprensione degli analoghi reperti che si rinvenivano durante le varie campagne di scavo. Quest'ultimo in particolare è forse il dato sul quale si concentrano le maggiori aspettative.

[M. B.]

## 5. Conclusioni

In questo contributo si è cercato di delineare un quadro delle sperimentazioni archeologiche legate al ciclo di lavorazione del ferro in Italia, al fine di introdurre le ricerche effettuate a Populonia dal nostro gruppo di ricerca e l'esperimento avviato nell'ottobre scorso. Come precedentemente osservato, il panorama italiano non offre una particolare ricchezza di esperienze in questo settore. Le sperimentazioni effettuate hanno tuttavia la particolarità di muovere da problematiche archeologiche legate a indagini stratigrafiche. Non si tratta affatto di un elemento secondario, la vera essenza dell'archeologia sperimentale è infatti forse proprio la verifica di ipotesi sviluppate durante la ricerca sul campo. In quest'ottica si è mosso anche il nostro gruppo di ricerca, indirizzandosi sempre più verso le problematiche legate alla lavorazione del ferro, a come questa ha inciso sul territorio e, nello specifico caso di Populonia, agli interventi novecenteschi brevemente descritti in questo lavoro.

La lavorazione dei metalli produceva nell'antichità un'enorme mole di materiale di scarto, materiale che veniva accumulato in discariche a cielo aperto che dovevano incidere fortemente sul paesaggio antico e materiale che però veniva in una certa misura anche 'riciclato', come ha dimostrato la scoperta della strada di scorie che correva lungo il golfo di Baratti. A queste azioni di accumulo durate diversi secoli, hanno fatto seguito le grandi operazioni di cava del primo '900, nate

<sup>16</sup> Numerose ricerche di archeometallurgia riportano la possibilità della creazione, in luogo di un solo blumo, di diversi di dimensioni minori; il seguente progetto non esclude quindi questa possibilità.



nell'ambito del regime autarchico del ventennio e proseguite poi fino agli anni '60. La corretta interpretazione di queste azioni di accumulo e rimozione è dirimente per la lettura archeologica del territorio e per la ricostruzione del contesto storico. Le indagini in corso di svolgimento nell'area di Campo 6, un sito in cui gli interventi moderni si presentano spesso in maniera evidente, muovono proprio dall'interesse verso queste problematiche (BARATTI 2018, p. 147) e stanno consentendo di far luce sulle complesse dinamiche di formazione del paesaggio, in atto tra l'antichità e l'età contemporanea. Per una loro piena comprensione si ritiene fondamentale cercare di ricostruire le linee essenziali del paesaggio industriale etrusco-romano con le sue articolazioni e le sue linee di sviluppo cercando di comprendere al contempo il significato e l'articolazione di quei processi che gravitavano intorno al ciclo del ferro in grado di condizionare in modo determinante l'assetto del territorio. Una corretta lettura di un sito come quello di Campo 6, fortemente intaccato anche in epoca contemporanea, con una successione di pieni e vuoti molto complessa, passa forzatamente attraverso la risposta a domande relative alle aree di approvvigionamento del materiale con cui erano realizzati i forni, al rapporto fra combustibile e minerale, all'organizzazione del lavoro sia antico che moderno. La risposta a una parte di questi quesiti può essere stimolata anche dal ricorso all'archeologia sperimentale. Seppure non ancora completata a causa dell'attuale emergenza sanitaria (primi sei mesi del 2020), l'esperienza avviata nell'autunno scorso dal nostro gruppo di lavoro a Populonia, ha permesso, da una parte di verificare la validità di alcune ipotesi, fatte sulla base dei dati di scavo, e dall'altra di evidenziare alcune criticità inizialmente non considerate. Come già osservato, uno dei problemi principali è sicuramente quello legato all'approvvigionamento dei materiali, non solo del ferro e del carbone di legna, ma anche, e forse soprattutto, dell'argilla e delle pietre per la costruzione delle strutture da fuoco. A questo proposito, per quanto a oggi non siano state rinvenute fornaci atte alla riduzione del ferro nell'area di Campo 6, le indagini

hanno consentito di rilevare la presenza in quest'area sia di cave di macigno, i cui frammenti si trovano in grandissima quantità sottoposti a calore intenso, sia di argilla fondamentale nella costruzione dei forni, entrambi materiali dunque facilmente reperibili in loco. È logico infatti pensare che la vicinanza alle aree di estrazione dovesse rappresentare sicuramente un fattore determinante, data l'organizzazione protoindustriale a cui era sottoposto il ciclo del ferro a Populonia soprattutto fra IV e II secolo a.C. e vista la natura dei forni che quasi sicuramente sostenevano una sola cottura e che quindi dovevano essere ricostruiti di frequente con nuovo materiale. A conclusione della prima parte della sperimentazione, è possibile trarre alcune conclusioni preliminari relative alla costruzione degli impianti produttivi, in attesa che sia possibile completare l'esperienza:

- La quantità di argilla e pietre necessaria a costruire un forno è risultata essere ragguardevole. In considerazione del fatto che un impianto poteva sostenere un unico ciclo di cottura, doveva esservi una disponibilità costante di materiali e di conseguenza si può ipotizzare che fossero previste delle aree di stoccaggio, posizionate nei pressi dell'area industriale, da cui prelevare le materie prime;
- La prolungata attività di cava volta a recuperare argilla e pietre, le cui tracce sono visibili ancora oggi, unitamente ai fumi derivanti dalle attività di riduzione, suggerisce la ricostruzione di un paesaggio fortemente intaccato dalle attività umane, con un elevato tasso di inquinamento (WILLIAMS 2009);
- Durante la sperimentazione, è risultata evidente la necessità di disporre di elevate quantità d'acqua. I siti di lavorazione dovevano quindi trovarsi necessariamente nei pressi di fonti d'acqua abbondanti e costanti<sup>17</sup>;
- È probabile che il lavoro fosse specializzato, con operai dedicati al trasporto dei materiali, alla preparazione dell'argilla, alla frantumazione delle pietre (probabilmente avveniva direttamente in

<sup>17</sup> A proposito delle problematiche legate all'approvvigionamento idrico, anche se relativamente al periodo medievale, si veda DALLAI 2001.

cava, per evitare il trasporto di peso in eccesso), alla costruzione vera e propria del forno. In questo modo la filiera avrebbe potuto procedere ininterrottamente, con un grande vantaggio in termini di ottimizzazione dei tempi di lavoro.

In conclusione, si ritiene che lo stretto rapporto fra le indagini archeologiche e l'attività di ricostruzione sperimentale del forno rappresenti un elemento di grande stimolo anche per la prosecuzione delle ricerche dello scavo stratigrafico, permettendo di offrire utili verifiche, suscitare nuovi interrogativi e indirizzare le indagini per la comprensione del funzionamento degli impianti siderurgici e più in generale nella definizione storica del paesaggio industriale antico; questo modo di procedere nell'attività di sperimentazione peraltro, con un'applicazione rigorosa dei dati emersi dal contesto archeologico, si alimenta parallelamente e inevitabilmente attraverso la prosecuzione delle ricerche sul campo in grado di far emergere nuove tracce e nuovi contesti. Si cercherà dunque, per quanto possibile, di far procedere le due attività di concerto tenendo ben presente anche l'alto potenziale comunicativo, come è stato verificato anche in questa occasione, che le attività di sperimentazione esercitano nella divulgazione delle ricerche al grande pubblico, istanza che, soprattutto nel contesto archeologico e paesaggistico nel quale si inseriscono le indagini, appare quanto mai imprescindibile.

### **Abbreviazioni bibliografiche**

Archeologia Classica – Archeologia classica: rivista del dipartimento di scienze storiche archeologiche e antropologiche dell'antichità.

AMediev – Archeologia Medievale. Cultura materiale, insediamenti, territorio.

BAR – British Archaeological Report.

Notiziario Toscana – Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana.

NSc – Notizie degli Scavi di Antichità.

SAIMM Journal – Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy.

**Bibliografia**

- ACCONCIA V., MILLETTI M. 2016, *La gestione degli spazi urbani a Populonia: artigiani e metallurgia del bronzo e del ferro*, in BIELLA M.C (a cura di), *Gli artigiani e le città. Officine e aree produttive tra VIII e III a.C. nell'Italia centrale tirrenica*, Atti della giornata di studio British School at Rome, Roma, pp. 333-350.
- ALDERIGHI L., BENVENUTI M., BURACCHI A., CHIARANTINI L., DINI A., FIRMATI M., MILANESI C., PAGLIANTINI L., QUAGLIA L. 2013, *Elba centrorientale: gli insediamenti antichi di Monte Moncione e Cima del Monte*, in "Notiziario Toscana", 9, pp. 67-81.
- ANDRIEUX P., CUCINI TIZZONI C. 2000, *Experimental Archeology at Bienno (Brescia, Italy)*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. (a cura di), *Il ferro nelle Alpi. Giacimenti, miniere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo*, Atti del convegno, 2-4 ottobre 1998, Bienno (BS), pp. 15-24.
- ARANGUREN B., CIAMPOLTRINI G., RENDINI P. 2004, *Attività metallurgica negli insediamenti costieri dell'Etruria Centrale fra VI e V secolo a.C. Nuovi dati di scavo*, in LEHOËRFF A. (a cura di), *L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en Méditerranée occidentale*, Roma, pp. 323-339.
- ARANGUREN B., GIACHI G., PALLECCHI P. 2009, *L'area siderurgica di Rondelli ed il contesto produttivo etrusco nel Golfo di Follonica e al Puntone di Scarlino*, in CAMBI F., CAVARI F., MASCIONE C. (a cura di), *Materiali da costruzione e produzione del ferro. Studi sull'economia popoloniese fra periodo etrusco e romanizzazione*, Bari, pp. 159-162.
- BARATTI G. 2010, *Un sito per la produzione del sale sulla spiaggia di Baratti (area Centro Velico) alla fine dell'età del Bronzo*, in BARATTI G., FABIANI F. (a cura di), *Materiali per Populonia 9*, Pisa, pp. 236-243.
- BARATTI G. 2015, *Nuovi dati dagli scavi nella Pineta del Casone e considerazioni sull'evoluzione dell'area tra età del bronzo ed età romana*, in DI COLA V., PITZALIS F. (a cura di), *Materiali per Populonia 11*, Pisa, pp. 211- 227.
- BARATTI G. 2018, *Milano e Populonia: le ricerche delle università milanesi*, in PAOLUCCI G., PROVENZALI A. (a cura di), *Il viaggio della chimera. Gli Etruschi a Milano tra archeologia e collezionismo*, Catalogo della mostra, Milano, Civico Museo Archeologico, 12 dicembre 2018-12 maggio 2019, Monza, pp. 143-148.
- BARATTI G. c.s., *Uno sguardo su Populonia alla luce delle ricerche nel Golfo di Baratti e le nuove ricerche a Campo 6*, in *Ricerca, valorizzazione e management: tra passato e futuro del parco archeologico di Baratti e Populonia*, Atti del Convegno, 11-12 luglio 2018, Populonia.
- BENVENUTI M., MASCARO I., COSTAGLIOLA P., TANELLI G., ROMUALDI A. 2000, *Iron, copper and tin at Baratti, Populonia: smelting processes and metal provenances*, in "Historical Metallurgy", 34/2, pp. 67-76.
- BENVENUTI M., DINI A., D'ORAZIO M., CHIARANTINI L., CORRETTI A., COSTAGLIOLA P. 2013, *The tungsten and tin signatures of iron ores from Elba Island (Italy): a tool for provenance studies of iron production in the Mediterranean region*, in "Archaeometry", 55, pp. 479-506.
- BENVENUTI M., ORLANDO A., BORRINI D., CHIARANTINI L., COSTAGLIOLA P., MAZZOTTA C., RIMONDI V. 2016, *Experimental smelting of iron ores from Elba Island (Tuscany, Italy): Results and implications for the reconstruction of ancient metallurgical processes and iron provenance*, in "Journal of Archaeological Science", 70, pp. 1-14.
- CAMBI F., CAVARI F., MASCIONE C. (a cura di), 2009, *Materiali da costruzione e produzione del ferro. Studi sull'economia popoloniese fra periodo etrusco e romanizzazione*, Bari.
- CAMILI A. 2016, *La lavorazione del ferro a Populonia. Considerazioni topografiche e cronologiche*, in "Res Antiquae", 13, pp. 1-22.
- CAMILI A. 2018, *Populonia tra necropoli e scorie; appunti topografici sulla conca di Baratti*, in "Rassegna di Archeologia", 26, pp. 87-132.
- CAMILI A., BARATTI G., MEGALE C. 2017, *I recuperi post-*

*alluvione di Baratti e Populonia*, Pisa.

*Biunno*, Breno.

CHIARAMONTE TRERÉ C. 2010, *Golfo di Baratti. Area Centro Velico: scavi 2008*, in BARATTI G., FABIANI F. (a cura di), *Materiali per Populonia 9*, Pisa, pp. 221-234.

CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, *La Valle delle Forme: i forni e le forge di epoca bassomedievale*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 201-214.

CHIARANTINI L., BENVENUTI M., GUIDERI S. 2005, *Recenti ricerche sui processi di produzione del ferro nel parco di Baratti e Populonia nel I Millennio a.C.*, in "Rassegna di archeologia: classica e postclassica", sez. B. 21/B 2004/2005, Sesto Fiorentino (FI), pp. 171-182.

CUOMO DI CAPRIO N., SIMONI C. (a cura di), 1991, *Dal basso fuoco all'altoforno*, Atti del I Simposio *La siderurgia nell'antichità*, Valle Camonica 1998. Brescia.

DALLAI L. 2001, *Grotte e castelli nel territorio massetano: il caso di Perolla*, in "AMediev", XXVIII, pp. 149-161.

CHIARANTINI L., BENVENUTI M. 2009, *I bacini di approvvigionamento dei minerali metalliferi e le tecnologie produttive del rame e del ferro*, in CAMBI F., CAVARI F., MASCIONE C. (a cura di), *Materiali da costruzione e produzione del ferro. Studi sull'economia popoloniese fra periodo etrusco e romanizzazione*, Bari, pp. 203-212.

DALLAI L. 2016, *Paesaggio e risorse: il monastero di San Quirico di Populonia, la pianura ed il promontorio di Piombino*, in BIANCHI G., GELICHI S. (a cura di), *Un monastero sul mare. Ricerche a San Quirico (Piombino, LI)*, Firenze, pp. 89-108.

CORRETTI A., BENVENUTI M. 2001, *The Beginning of iron metallurgy in Tuscany, with special reference to "Etruria Mineraria"*, in "Mediterranean Archaeology", 14, pp. 127-145.

FEDELI F. 2016, *Metalli e metallurghi della Preistoria. L'insediamento eneolitico di San Carlo – Cava Solvay*, Pontedera.

CREW P. 1991, *The iron and copper slags at Baratti, Populonia, Italy*, in "Historical Metallurgy", 25/2, pp. 109-115.

FLUZIN P. 1999, *Ponte di Val Gabbia III: i reperti metallici della forgia. Primi risultati dello studio metallografico*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 189-194.

CUCINI C. 2012, *Venti anni di ricerche archeometallurgiche in Italia del nord*, in CUCINI TIZZONI C. (a cura di), *Acta Mineraria et Metallurgica, Studi in onore di Marco Tizzoni*, in "Notizie Archeologiche Bergomensi", 20, pp. 39-56.

FLUZIN P., HUUSECOM E., SERNEELS V., BENOIT P., KIENON H. 1999, *Reconstruction of the operating chain in Paleo-iron and steel metallurgy from the archaeological remains: comparative studies with the African ethno-archaeology*, in "BAR", 983, pp. 113-122.

CUCINI TIZZONI C. 1999, *Ponte di Val Gabbia I e II: i bassifuochi di età longobarda*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 141-182.

FRANCOVICH R. 1991, *Rocca San Silvestro*, Roma.

CUCINI TIZZONI C. 1999, *Ponte di Val Gabbia I e II: i bassifuochi di età longobarda*, in Cucini Tizzoni C., Tizzoni M. 1999, pp. 141-182.

FRANCOVICH R. (a cura di), 1993, *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche*, V ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, Certosa di Pontignano-Campiglia Marittima 1991, Firenze.

CUCINI TIZZONI C. 1999A, *Ponte di Val Gabbia III: la forgia e i bassifuochi tra Tardoantico e alto Medioevo*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 93-140.

FRANZONI O., SGABUSSI G.C. (a cura di), 1999, *Le miniere della Valle Camonica, Fonti e territorio*, Breno.

CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, *La miniera perduta. Cinque anni di ricerche archeometallurgiche nel territorio di*

FRANZONI O., SGABUSSI G.C. (a cura di), 2000, *La sorgente dei metalli, Le miniere della Valle Camonica tra Otto e Novecento*, Breno.

- FRIEDE H. M. 1979, *Iron-Smelting Furnaces and Metallurgical Traditions of the South African Iron Age*, in "SAIMM Journal", 79/13, pp. 372-381.
- GALLEGO CAÑAMERO J. M., M. GOMÉZ GUTIÉRREZ, I VALLÈS J. P. 2016, "[...] quia pulvis es et in pulverem reverteris": *Experimental Production of Iberian Iron and Post-Processing Approach to the Furnace Structures*, in HURCOMBE L., CUNNINGHAM P. (a cura di), *The Life Cycle of Structures in Experimental Archaeology. An Object Biography Approach*, Leida, pp. 163-175.
- GIARDINO C. 1998, *I metalli nel mondo antico. Introduzione all'archeometallurgia*, Bari.
- GIARDINO C. (A CURA DI), 2011, *Archeometallurgia dalla conoscenza alla fruizione*, Atti del workshop, 22-25 maggio 2006, Cavallino (LE), Bari.
- GIARDINO C. 2006, *L'estrazione del ferro a Populonia. Nuove evidenze*, in "Agogè: Atti della Scuola di Specializzazione in Archeologia", III, pp. 269-283.
- HAALAND R., HAALAND G. 2000, *Ethnoarchaeological research on iron smelting in southwest Ethiopia*, in "Nyame Akuma", 54, pp. 6-12.
- HENRIKSEN P. S. 2003, *Rye cultivation in the Danish Iron Age – some new evidence from iron-smelting furnaces*, in "Veget Hist Archaeobot" 12, pp. 177-185.
- JOUTIJÄRVI A., VOSS O. 2011, *The oldest iron smelting furnaces in Denmark*, in HOŠEK J., CLEERE H., MIHOK L. (a cura di), *The Archaeometallurgy of Iron: Recent Developments in Archaeological and Scientific Research*, Prague, pp. 55-64.
- LA SALVIA V. 2000, *Archeometallurgia*, in FRANCOVICH R., MANACORDA D. (a cura di), *Dizionario di archeologia. Temi, concetti e metodi*, Roma-Bari, pp. 18-24.
- LO SCHIAVO F., MILLETTI M. 2011, *Una rilettura del ripostiglio di Falda della Guardiola, Populonia (LI)*, in "Archeologia classica", LXII, pp. 309-355.
- LYAYA E. C. 2016, *Archaeological Evidence for Modes of Air Supply into Iron Smelting Furnaces in the African Great Lakes Region*, in "Azania: Archaeological Research in Africa", 51/3, pp. 362-379.
- MINTO A. 1926, *Regione VII. Populonia. Lavori e trovamenti archeologici durante il 1925-1926*, in "NSc", pp. 362-378.
- MOMMERSTEEG P. W. 2011, *Metallurgy and the Development of Etruscan Civilisation*, London.
- MORIN D. 1999, *La miniera di ferro di Piazzalunga*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 49-60.
- PELET P.L. 1993, *Une industrie reconnue: fer, charbon, acier dans le pays de Vaud*, Lousanne.
- POMA G. 2015, *Aspetti giuridici e legislativi della gestione delle cave in età romana*, in GUARNIERI C. (a cura di), *Il vetro di pietra. Il lapis specularis nel mondo romano dall'estrazione all'uso*, Atti del I Convegno Internazionale Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza, 26-27 settembre 2013, pp. 31-44.
- PISTOLESI C. 2006, *La miniera di Baratti, Lo sfruttamento delle scorie etrusche dal 1915 al 1969*, San Giuliano Terme (Pisa).
- RODEGHIERO F., DE DONATIS S., MORONI M. 1999, *Lineamenti geologici e giacimentologici del territorio di Bienno*, in CUCINI TIZZONI C., TIZZONI M. 1999, pp. 15-28.
- ROMUALDI A., SETTESOLDI R. 2008, *Le fortificazioni di Populonia. Considerazioni per la cinta muraria della città bassa*, in Camporeale G. (a cura di), *La città murata in Etruria*, Atti del XXV Convegno di studi etruschi ed italici, Chianciano-Saretano-Chiusi, 30 marzo-3aprile 2005, Pisa, pp. 307-313.
- SAREDO PARODI N. 2013, *Populonia: inferno o paradiso? Il polo siderurgico nell'antichità. Un tentativo di quantificazione*, Roma.
- SAUDER L. 2013, *An American bloomery in Sussex*, in DUNGWORTH D., DOONAN R. (a cura di), *Accidental and Experimental Achaeometallurgy*, London, pp. 69-74.

SCIPIONI S. 2019, *Archeologia sperimentale applicata alla produzione del ferro: confronto tra i prodotti ottenuti e scorie di estrazione dal sito archeologico di Populonia*, tesi di laurea, Università degli Studi di Milano, A.A. 2018-2019, relatore Prof.ssa Letizia Maria Bonizzoni, correlatore Prof. G. Baratti.

STARLEY D. 2001, *Experimental Reconstruction of Iron Smelting*, in "Royal Armouries Yearbook", 5, pp. 196-198.

THIELE A. 2011, *Smelting experiments in the early medieval fajszi-type bloomery and the metallurgy of iron bloom*, in "Periodica Polytechnica", 54/2.

TIZZONI M. (a cura di) 2014, *Un tesoro sepolto. Le antiche miniere dell'alta val Grigna*, Gianico.

WILLIAMS J. 2009, *The Environmental Effects of Populonia's Metallurgical Industry. Current Evidence and Future directions*, in "Etruscan Studies", 12, pp. 129-148.

ZIFFERERO A. 2002, *Attività estrattive e metallurgiche nell'area tirrenica. Alcune osservazioni sui rapporti tra Etruria e Sardegna*, in PAOLETTI O. (a cura di), *Etruria e Sardegna centro-settentrionale tra l'età del bronzo finale e l'arcaismo*, Atti del XXI Convegno di Studi etruschi ed italici, Sassari-Alghero-Oristano-Torralba, 13-17 ottobre 1998, Pisa, pp. 179-213.