



PER UNA RICOSTRUZIONE DELLE ATTIVITÀ METALLURGICHE: ANALISI DEI PROCESSI FORMATIVI DI UNA FOSSA DI FUSIONE SPERIMENTALE

Alessandro Armigliato¹

PAROLE CHIAVE

Archeologia sperimentale, archeometallurgia, fossa di fusione, trasformazioni postdeposizionali, indicatori archeologici, età del Bronzo.

KEYWORDS

Experimental archaeology, archaeometallurgy, casting pit, post depositional transformations, archaeological markers, Bronze Age.

RIASSUNTO

Durante un workshop di archeologia sperimentale organizzato dall'Università di Bologna nel 2017, è stata riscavata e documentata con metodo stratigrafico una fossa di fusione sperimentale realizzata e utilizzata nel 2012 per la produzione di oggetti di bronzo. Una delle principali problematiche nello studio della tecnologia metallurgica dell'età del bronzo in Italia riguarda il riconoscimento delle aree di attività fusoria. Lo scopo dell'esperimento è di ottenere un insieme di informazioni utili a evidenziare degli indicatori archeologici che possano fungere da discriminare per il riconoscimento di una fossa di fusione e quindi di definire le migliori strategie di scavo e documentazione da adottare sul campo. Inoltre si sottolinea come l'interdisciplinarietà di scavo microstratigrafico e archeologia sperimentale potrebbe fornire, sul lungo termine, dati rilevanti per chiarire le relazioni causali tra comportamento umano (contesto sistemico) e strati (contesto archeologico) e le dinamiche di trasformazione tra attività produttive e processi archeologici postdeposizionali.

ABSTRACT

During a workshop of experimental archaeology organized by the University of Bologna in 2017, a casting pit that was used for experimental activities in 2012 has been re-excavated five years later to verify the impact of post-depositional processes and to test some useful procedures for documenting this kind of archaeological features. It has been excavated an experimental casting pit realized and used in 2012 for the production of bronze tools. One of the issues in the metallurgical technologies research of the Italian bronze age concerns the identification of areas of casting activities. The aim of this experiment is to obtain a set of information useful to outline archaeological markers which may lead to the identification of casting pits and therefore to define the best suitable digging and documentation strategies to be adopted in the field. Moreover, it is also highlighted how the combining approach of stratigraphy and experimental archaeology may provide, on the long term, relevant data to define more clearly the causal relations between human behavior (systemic context) and strata (archaeological context) and the dynamics of transformation between productive activities and postdepositional processes.

INTRODUZIONE

Nell'Aprile 2017 durante un workshop del Laboratorio di archeologia sperimentale dell'Università di Bologna² (Cattani 2016), è stata scavata una fossa di fusione sperimentale realizzata e utilizzata nelle precedenti attività (2012 e 2013) per la produzione di alcuni manufatti di bronzo³. Lo scopo dell'indagine è quello di ottenere, tramite un'indagine microstratigrafica applicata ad un contesto noto, un insieme di informazioni utili ad evidenziare gli indicatori archeologici di una fossa di fusione e quindi di definire le migliori strategie più idonee da adottare

¹ Ricercatore indipendente, armigliatoalessandro@gmail.com

² Il Laboratorio di Archeologia Sperimentale si svolge dal 2011 nell'area adiacente allo scavo dell'età del Bronzo di via Ordiera a Solarolo (RA).

³ La fossa di fusione e l'attività di archeologia sperimentale sono state realizzate e coordinate da Alberto Rossi.

durante lo scavo. Tale esperimento si inserisce all'interno di una problematica più ampia relativa alla ricostruzione e interpretazione delle aree da fuoco e delle attività ad esse correlate. Uno studio simile è stato fatto dall'Università del Salento durante un workshop a Cavallino (Lecce) nel 2004 (D'Oronzo *et alii* 2011).

L'esperimento si fonda sul concetto di "analogia", cioè sul procedimento conoscitivo secondo il quale, posti in relazione due oggetti o sistemi di oggetti, sulla base della conoscenza certa di proprietà ed elementi di uno di essi, si suppone l'esistenza di simili proprietà ed elementi anche nell'altro. "L'analogia" è fondamentale per comparare un contesto sistemico a un contesto archeologico. Il primo descrive la condizione di un elemento che fa parte di un sistema comportamentale; il secondo descrive i materiali che hanno attraversato un sistema culturale e che sono ora oggetto di indagine degli archeologi (Schiffer 1972).

Tramite lo studio della stratigrafia si è tentato di ricostruire: a) le relazioni causali tra comportamento umano e strati, cioè come il contesto sistemico guida e struttura in termini di composizione e disposizione spaziale la formazione dei depositi relativi ad attività artigianali; b) le dinamiche evolutive tra attività produttive e processi postdeposizionali di strati e strutture.

In altre parole, quanto si è tentato di fare in questo esperimento è stato sviscerare la complessità delle variabili in gioco nella formazione di un tipo specifico di area artigianale, di primaria importanza per quanto concerne l'organizzazione degli spazi di lavoro negli insediamenti dell'età del Bronzo.

Un approccio teorico radicalmente opposto è quello di Hodder che rifiuta la dicotomia *shifferiana* di contesto sistemico e contesto archeologico. I due contesti, sostiene Hodder, non possono essere divisi o considerati singolarmente perché la cultura materiale assume valore solo sul piano "emico" e cioè solo all'interno di categorie e pratiche (cosce e inconsce) condivise dal gruppo sociale. A titolo di esempio descrive la popolazione degli Ilchamus del Kenya dove la separazione della cenere dal resto degli scarti quotidiani è determinata da tradizioni e pratiche simboliche molto complesse (Hodder 1987).

CONTESTO E PROBLEMATICHE DELLA RICERCA

Il contesto archeologico di riferimento è l'età del Bronzo media e recente dell'Italia settentrionale, dove in particolare si è sviluppata la facies delle Terramare (1650-1150 BC). Situata al centro della pianura padana, da un punto di vista delle produzioni metallurgiche, si colloca al centro di due direttive commerciali, la prima dal Veneto lungo le Alpi orientali fino alla pianura panonica e al bacino danubiano-carpatico e la seconda dalle Alpi fino all'Italia meridionale, area culturalmente legata al Mediterraneo orientale. Tale cultura ha avuto un ruolo fondamentale nel processo di formazione e diffusione della cosiddetta Koinè metallurgica del BR (Carancini *et alii* 1997; Peroni 2004).

Una delle principali problematiche relative alla metallurgia nell'età del bronzo riguarda il riconoscimento delle aree di attività fusoria, la cui localizzazione permetterà di definire con più chiarezza l'articolazione degli spazi produttivi intra-sito e, più in generale, di interpretare gli aspetti sociali relativi alla produzione artigianale metallurgica.

In tutto l'areale terramaricolo, a fronte di un gran numero di oggetti di bronzo, dello strumentario relativo (crogioli, matrici, ugelli, soffiatoi) e degli scarti (scorie e gocce di bronzo), si hanno scarse evidenze di strutture/fosse per il processo di fusione del bronzo (v. *infra*). Le ipotesi esplicative attualmente condivise tra gli studiosi si possono riassumere come segue:

1) Mancanza di scavi in estensione che avrebbero dato maggiori probabilità di intercettare le aree metallurgiche. Quasi la totalità delle aree ad oggi indagate considerano solo una piccola parte delle effettive dimensioni dell'insediamento. Fa eccezione lo scavo di Santa Rosa di Poviglio, unico scavo - parzialmente edito - di grande estensione e con scarse tracce di fosse di fusione.

2) Impossibilità di riconoscere una fossa di fusione in assenza di scorie dovuta **(a)** ai processi di livellamento e asporto che "sono a volte così efficaci che si è costretti a rilevare tracce ormai quasi esclusivamente bidimensionali, come arrossamenti basali delle camere di cottura o le tracce di argilla cruda lasciata dall'originario perimetro delle parti interne delle pareti, non scottate dal calore" (Vidale 1992, p.175); **(b)** all'utilizzo per tempi brevi tali da lasciare "tracce poco consistenti o riconoscibili solo con difficoltà nella documentazione archeologica" (Vidale 1992, p.176); **(c)** al suo scopo essenzialmente pratico che al venir meno del suo utilizzo veniva completamente o in parte demolita o abbandonata. Secondo Cavazzuti *et alii* (2013) la fossa deve essere pulita dai carboni e dalla cenere per evitare la trattenuta dell'umidità e il conseguente abbassamento delle temperature, dal concotto per evitare la penetrazione accidentale di materiale amorfo (vetrificante) nel crogiolo, dalle scorie di fusione e gocce metalliche per evitare la perdita del materiale.

3) Difficoltà nel riconoscimento durante il lavoro di campo di riconoscere indicatori che possano fungere da discriminare per il riconoscimento di una fossa di fusione. Nel caso di Montale e Castellaro del Vhò sono state la presenza di scorie e di parte dello strumentario necessario per la fusione che hanno facilitato il riconoscimento della fossa, ma in assenza di questi manufatti che potevano facilmente essere rimossi dal contesto per essere riutilizzati altrove, le due fosse si sarebbero potute considerare come generiche "aree da fuoco".

SCAVO E ANALISI STRATIGRAFICA DEL PROCESSO DI FUSIONE

La fossa di fusione, realizzata tramite lo scavo di una fossetta di pochi centimetri nel terreno e in seguito rivestita con dell'argilla, presenta una forma stretta e allungata di 65x30 cm e profonda 12 cm, aperta da un lato. Per le dimensioni si è fatto riferimento all'evidenza archeologica della fossa di Montale (MO). Cinque anni dopo il suo utilizzo⁴, la fossa è stata scavata e documentata con uno scavo microstratigrafico associato a rilievi di dettaglio (piante e sezioni) e a un modello digitale di elevazione (DEM Digital Elevation Model)⁵, (Figg. 1-4). Tutto il terreno è stato setacciato con l'utilizzo di un setaccio a maglia sottile (0.5 mm). Questa metodologia ha permesso di ricostruire efficacemente i "processi di formazione del sito"⁶. Da entrambe le fosse è stato prelevato un campione per le analisi micro morfologiche⁷ per caratterizzare il grado di alterazione termica dei sedimenti e per evidenziare possibili indicatori microscopici relativi ad attività metallurgica.

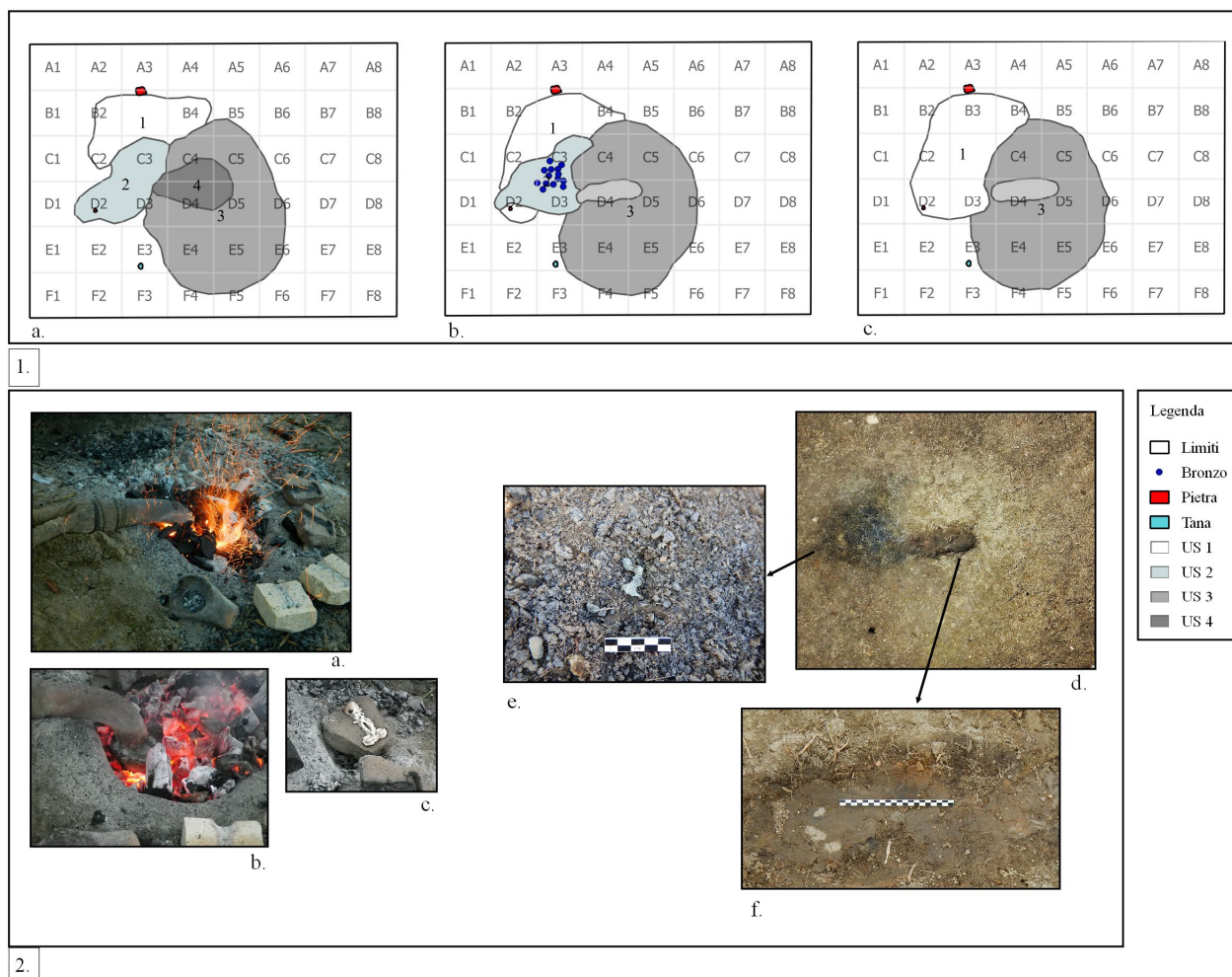


Fig.1. a-c) Pianta dell'area della fossa indagata. Fig.2. a-c) Momenti del processo di fusione e dell'oggetto ancora nella matrice. d-f) Foto zenitale e dettagli di alcuni frustoli di bronzo trovati nell'US2 (e) e della fossa con il luogo di alloggiamento dell'ugello (f).

Fig. 1. a-c) Plan of the excavated pit. Fig. 2 a-c) Details of melting process: d-f) top view of bronze prills from US2 and e) top view of the pit where the tuyere was set (f).

⁴ Un video amatoriale realizzato da Rita Sorrentino e Giuseppe Mancuso relativo alle attività del laboratorio è reperibile su youtube al seguente URL: <http://www.youtube.com/watch?v=-Xtm8zh7yGI&feature=share>

⁵ Per i rilievi di dettaglio è stata utilizzata la tecnica del fotopiano (fotocamera Nikon Coolpix AW130 e programma di fotoraddrizzamento Photometric2009) inseriti in ambiente GIS (QGis 2.18.9), per realizzare il DEM è stato utilizzato il programma Agisoft Photoscan Professional 1.1.6.

⁶ Con "processi di formazione" (SFP, Site Formation Processes), concetto sviluppato da Michael B. Schiffer negli anni '70 (1983), ci si riferisce agli eventi che hanno creato e influenzato un'area archeologica dopo la sua creazione. Schiffer riconosce due possibili classi di processi: "culturalmente" create (C-transforms) e naturalmente create (N-transforms).

⁷ I campioni per l'analisi micromorfologica sono attualmente in corso di studio presso l'AgroParisTech di Parigi da A. Peinetti (Univ. Paul-Valéry Montpellier 3, UMR 5140, Labex Archimede, UNIBO) e J. Watez (INRAP, UMR 5140).

La fossa, dopo il suo utilizzo, per un certo periodo è stata tenuta coperta con un supporto ligneo che sosteneva un telo di copertura, in previsione di un suo possibile riutilizzo. Dopo tre anni invece si è deciso di realizzare un'altra fossa e la struttura è rimasta allo stato di abbandono, scoperta e soggetta alle intemperie e alla crescita della vegetazione.

Dopo un primo lavoro di rimozione del manto erboso e degli apparati radicali è stato possibile identificare un'area centrale leggermente depressa e di forma allungata verso ovest riempita da terreno incoerente e ampiamente bioturbato (US4). A nord-ovest della fossa, in un'area ben delimitata si è riscontrata un'altissima concentrazione di carboni sciolti e cenere (US2), mentre poco più a nord si è trovato uno strato a matrice argillosa caratterizzato dalla presenza di frustoli di carbone che tendono a diminuire progressivamente mano a mano che ci si allontana dal centro della fossa (US1). Attorno all'US4 si è evidenziata un riporto di argilla chiara di forma circolare leggermente rialzato rispetto al piano circostante. Scavando il riempimento della fossa US4 è stato possibile chiarirne meglio i limiti della struttura e identificare una fossa stretta e allungata con il lato ovest piano e aperto. Nel riempimento si sono identificati alcuni frammenti di argilla concottata staccatasi dalle pareti della fossa. Il fondo della fossa (US6), in parte mancante, è costituito da argilla concotta dove la temperatura era maggiore e da argilla progressivamente più cruda e meno consistente mano a mano che ci si allontana dal centro della fossa (spessore compreso tra 1-2 cm). Oltre alla consistenza anche il colore rosso-arancione ha permesso di differenziare le zone di calore differente (Fig. 2f). Nello strato di carboni US2 e in particolare nell'area tra i quadrati C3 e D3 si è documentata la presenza di quasi la totalità dei frustoli e delle gocce di bronzo sferiche/globulari di dimensione comprese tra 2 e 5 mm (Fig. 2e). In parte coperto dallo strato di carboni (US2) e in parte dal riempimento (US4) verso il centro della fossa si è riscontrata una piccola area di sola cenere (US7). L'US2 si estende per un'area di circa 70x50cm. Una volta eliminata completamente l'US2 si trova l'US1 (carboni in una matrice argillosa) in un'area piuttosto ampia disposta a raggiera rispetto all'US3 e al centro della fossa. La rimozione totale dell'US1 ha permesso di identificare i limiti circolari dell'US3 e di evidenziare il suo andamento convesso tale da formare un'area rilevata che tocca il suo apice nel bordo sud della fossa (ben visibile nel DEM, Fig. 3).

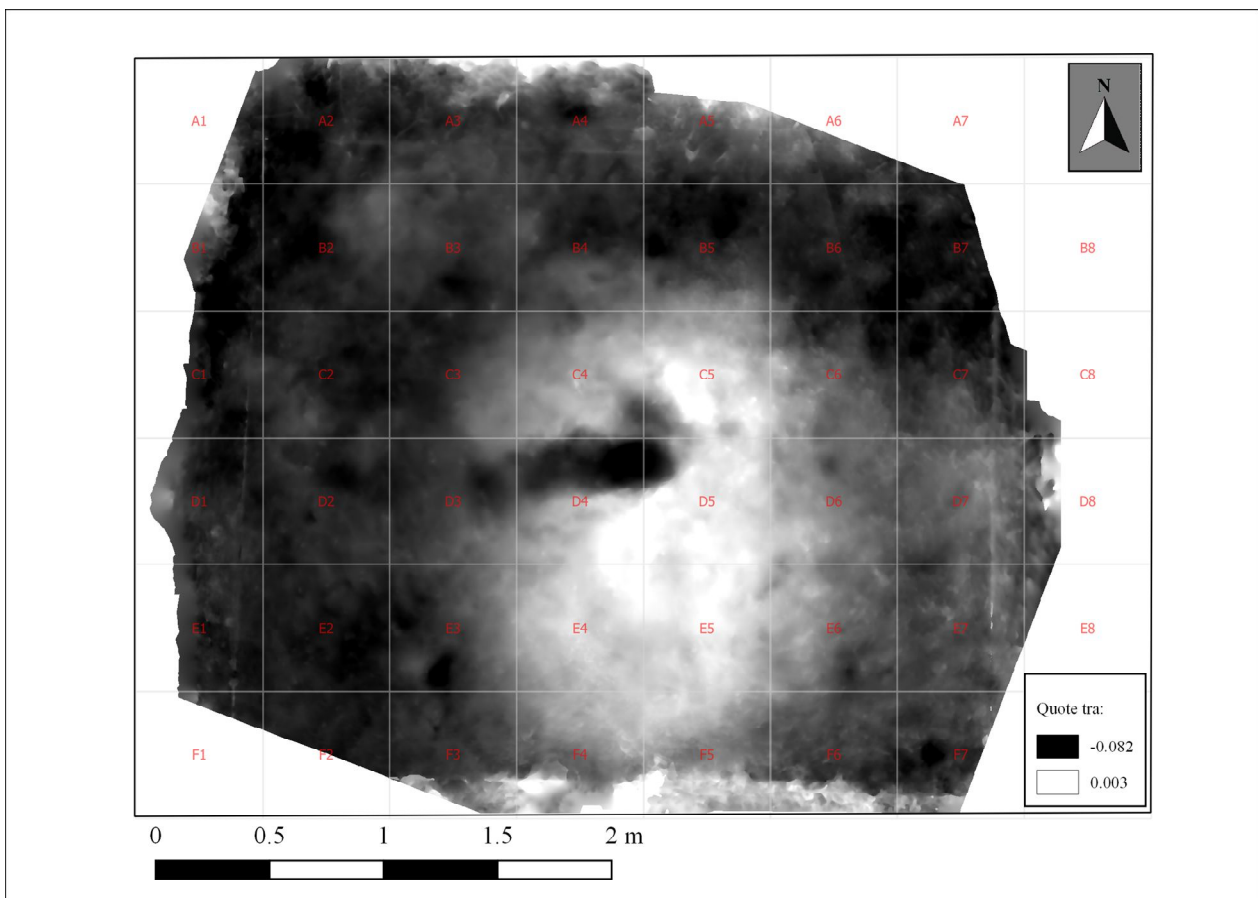


Fig.3 (sinistra). Modello digitale di elevazione (DEM). In bianco è rappresentata la parte più elevata (US3) che tende a digradare lentamente verso l'esterno, mentre al centro dell'area nella piccola zona circolare nera è il luogo d'alloggiamento del crogiolo. *Digital Elevation Model of the area showing the higher part (in white) sloping down gradually to the exterior (US3, in black). The darkened spot in the centre corresponds to the placement of the tuyere.*

Inserendo gli indicatori raccolti all'interno di una struttura stratigrafica e, dove mancanti, colmando i processi logici con il procedimento sperimentale è stato possibile interpretare le evidenze e ricostruire i processi formativi delle unità stratigrafiche⁸. Ogni unità stratigrafica viene metodologicamente interpretata come "contenitore dinamico" perché generatasi in seguito a una pluralità di azioni.

L' US1 indica un'area di calpestio attorno alla fossa e alla zona di colatura. Il costante movimento per l'accensione del fuoco, il riscaldamento della fossa e l'organizzazione del lavoro ha causato una dispersione di frustoli di carbone in una zona circoscritta a NO della fossa. L'US2, costituita quasi interamente da carbone e da un'ampia concentrazione di frustoli e gocce di bronzo, presuppone una serie di fasi/azioni che non è stato possibile identificare sul terreno. Le azioni consistono nello spostamento del carbone dal centro della fossa verso l'esterno prima per controllarne il riscaldamento, poi per esaminare il crogiolo e lo stato del metallo, poi per colare il bronzo e infine per la pulizia della fossa (come detto sopra necessaria prima di un possibile riutilizzo). La dimensione dei frammenti di carbone tende a diminuire allontanandosi dalla fossa. Le maggiori dimensioni dei frustoli indicano i resti della carica di carbone in un momento finale di utilizzo della fornace. Il carbone può subire una ri-combustione parziale o totale (cenere) o non partecipare al processo di combustione. Anche il bronzo recuperato appartiene a diversi momenti del processo ma non è stato possibile differenziare i frustoli relativi al processo di fusione (riscaldamento del metallo, controllo di stato) dai residui relativi al processo di colatura. La pulizia della fossa non ha permesso di differenziare spazialmente queste azioni. L'effetto della pulizia è una fossa (US6) priva del materiale relativo al processo di fusione (carbone, cenere, frustoli e/o gocce di metallo, scorie, argilla vetrificata), riempita da argilla molto sciolta (US4) accumulatasi nel corso di cinque anni. L'US3 è costituita da argilla riportata per rivestire la fossa per evitare la risalita dell'umidità e compromettere la riuscita della fusione. Il lato sud della fossa è leggermente più alto rispetto al resto dell'area perché parte dell'argilla è stata riportata per alzare l'ugello e per direzionarlo il più perpendicolarmente possibile rispetto al crogiolo, e parte per bloccare le canne durante la fase di azione dei mantici. L'US7 evidenzia la rimozione di una parte della cenere accumulatasi nella fossa durante le fasi di combustione e fusione. Infine il fondo della fossa US6 è caratterizzato da una forma stretta e allungata aperta sul lato ovest (vedi profili OE e NS estrapolati dal DEM, Fig. 4). La scelta di lasciare un lato della fossa piano è stata determinata dal tipo di crogiolo utilizzato che con la sua forma a cucchiaio⁹ necessita l'inserimento di un bastone nel foro sulla presa e di un ampio spazio di movimento.

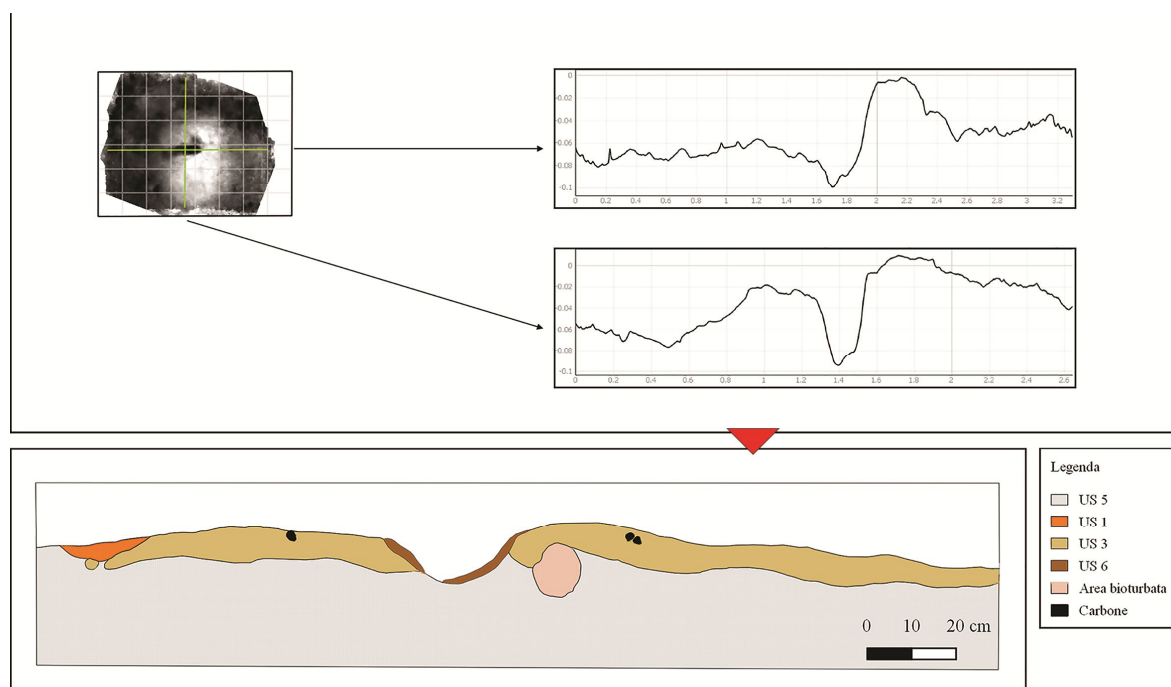


Fig. 4. Profilo O-E (in alto) e N-S (in basso) estrapolati dal DEM e sezione stratigrafica del profilo N-S.
Profiles W-E (top) and N-S (low) obtained from the DEM and stratigraphic N-S section.

⁸ Per delucidazioni si rimanda alla proposta metodologica di Vidale (1992, pp. 152-180) in cui si descrive lo schema ideale dello sviluppo dell'analisi archeologica di un luogo di produzione artigianale nella protostoria.

⁹ Crogioli simili sono stati trovati a Castellaro del Vhò (Cierny *et alii* 2001, p. 75, fig. 36.9).

CONFRONTI ARCHEOLOGICI E SPERIMENTALI

Nella documentazione archeologica ad oggi si conoscono per la pianura padana centrale solamente tre siti con la presenza di fosse di fusione: Montale (MO), datata al BM 3a (fase V) (Cardarelli 2004), Beneceto Forno del Gallo (PR) datata al BR 1-2 (fase VII-VIII) (Bernabò Brea *et alii* 2008; Bianchi 2010) e Castellaro del Vhò di Piadena (CR), datate al BM 2a-2b (fase 4II-III) (Cierny *et alii* 2001). In molti casi è possibile solamente supporre l'esistenza di attività di fusione dalla presenza di strumenti e/o residui legati ai processi metallurgici. A Santa Rosa di Poviglio – Villaggio Grande (area SW, fase palafitta del BR1) la presenza di abbondanti scarti di produzione e frammenti di crogiolo caratterizzano un'area circoscritta ma non direttamente associata a elementi strutturali (Bianchi 2010).

Osservando il materiale edito si nota che la fossa di Montale (Fig. 5), pur non avendo un lato piano di "accesso", ha una forma stretta e allungata, possibile indice della necessità di movimento del metallurgo nelle fasi precedenti la colatura e forse anche del tipo di strumentazione utilizzata. Il diametro massimo della fossa è di 57 cm. E' presente un accumulo di cenere e carboni sul lato SW della fossa, esattamente come nella fossa sperimentale, con una maggior concentrazione di cenere al limite della fossa che diminuisce allontanandosi.

Allo stesso modo la fossa di Beneceto (Fig. 6) presenta una forma stretta e allungata circondata da un riporto di argilla più chiara leggermente rilevata rispetto al suolo circostante. Anche qui sono presenti tracce di carbone a nord della fossa. In assenza di un rilievo dettagliato della fossa non è possibile determinare con certezza le quote dell'area, ma in ogni caso è possibile intuire un'analogia con la fossa di fusione sperimentale sia nella morfologia della fossa che nell'area di preparazione (riporto chiaro nella foto di Beneceto, area bianca nel DEM).

Gli unici dati ampiamente pubblicati sono quelli relativi alle fosse di Castellaro del Vho' (Cierny *et alii* 2001). Le sette strutture messe in luce e interpretate come aree a fuoco destinate all'attività metallurgica si collocano in rapida successione temporale e si presentano quindi come il risultato di asporti e riporti antropici avvenuti nel corso delle fasi d'uso e di abbandono delle stesse (Fig. 7). Il piano superficiale, come nella fossa sperimentale, è coperto da lenti consistenti di cenere e carboni probabile residuo dell'ultima fase d'uso. Al centro di questo piano è presente un'impronta circolare (diametro tra 11 e 14 cm) o ovale (22x15 e 22x17 cm) o una buchetta profonda 10 cm luogo probabile di alloggiamento del crogiolo. Le strutture hanno dimensioni che variano da 45 a 90 cm in larghezza e da 60 a 140 cm in lunghezza. In tutte eccetto una è presente una stesura limo-argillosa rubefatta o concotta alloggiata in una conca profonda 5-8 cm. Le curvature irregolare degli strati superiori può essere dovuta, per esempio, alla rimozione del carbone accumulato sopra il crogiolo alla fine del processo di fusione. Sulla base di una forma base teorica circolare l'autore afferma che "in tutti i casi i forni a fossa presentano una forma subcircolare con un approfondimento nella parte centrale dove viene collocato il crogiolo" (*ibidem*, p. 57, didascalia fig. 23).



Fig. 5. Fosse di fusione documentate in Emilia Occidentale: Montale (MO) (da Cardarelli 2004).
Melting pit from Montale (MO).



Fig. 6. Fosse di fusione documentate in Emilia: Beneceto Forno del Gallo (PR) (da Bernabò Brea *et alii* 2008, p. 101, fig. 14).
Melting pit from Beneceto Forno del Gallo (PR).

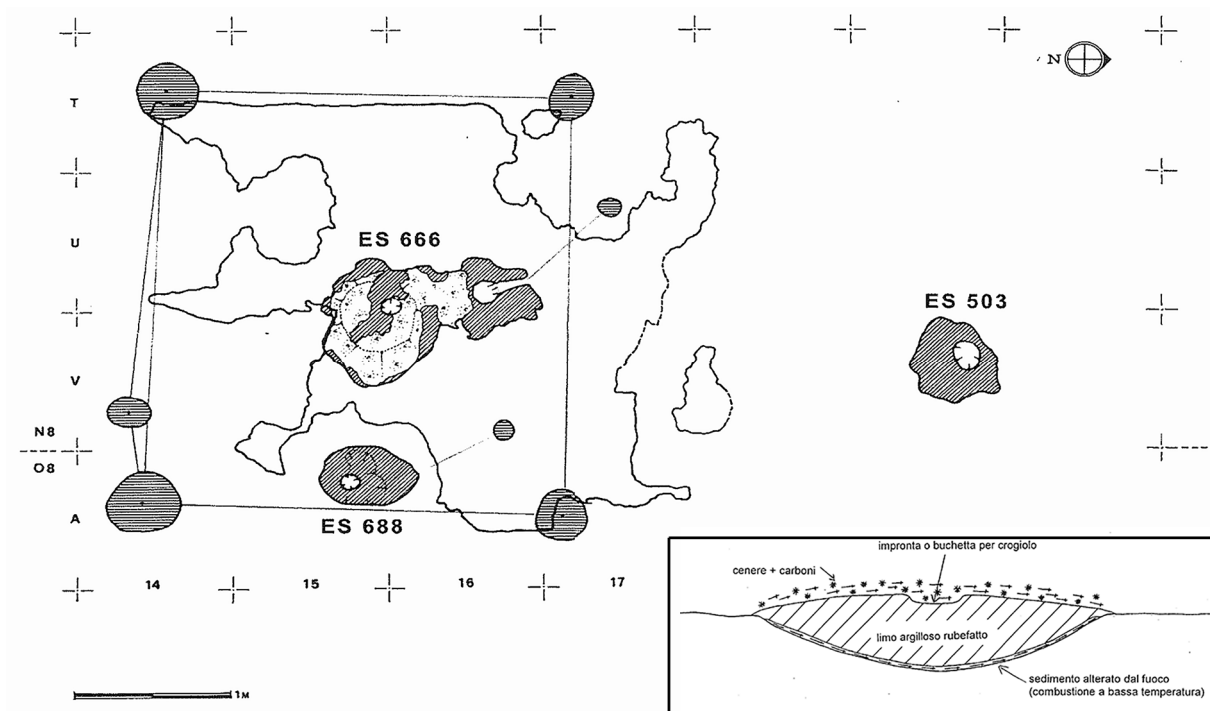


Fig.7. Una delle sette strutture di Castellaro del Vhò (CR) con schema esplicativo (da Cierny *et alii* 2001a, p. 45, fig.2 e Cierny *et alii* 2001b, p. 59, fig. 25). Melting pit from Castellaro del Vhò (CR) with sketch section.

E' inoltre possibile confrontare l'esperimento descritto (Fossa A) con quello concluso nel 2015 (Armigliato c. s.) che analizzava una diversa fossa di fusione realizzata durante l'attività del Laboratorio di Archeologia sperimentale del

2014 e 2015¹⁰. Anche in questo caso (Fossa B) si è proceduto allo scavo di una fossa di fusione sperimentale in cui sono stati utilizzati degli accorgimenti tecnici di fusione diversi rispetto al presente esperimento (Figg. 8-9). La principale differenza tecnica è legata al numero e alla disposizione degli ugelli: nella fossa A c'è un solo ugello disposto perpendicolarmente al crogiolo, nella fossa B sono presenti due ugelli disposti a lato del crogiolo. La posizione degli ugelli indica la diversa tecnica di afflusso d'aria. Nella fossa A il flusso d'aria proviene dall'alto ed è direzionato verso l'interno del crogiolo direttamente sul carbone appena sopra alla carica di metallo. Nella fossa B il flusso d'aria è orientato sulla parete del crogiolo¹¹. Nel primo caso (f. A) il metallo raggiunge il punto di fusione per riscaldamento diretto, mentre nell'altro per induzione.



Fig. 8. Due tecniche a confronto: fossa di fusione A, utilizzata nel 2012 e scavata nel 2017, oggetto del presente articolo con schema esplicativo da Bernabò Brea et alii 1997, p. 569, fig. 321. *Comparison between different techniques: pit A, built in 2012 and excavated in 2017, described in this paper and related model of functioning (top left).*



Fig. 9. Due tecniche a confronto: fossa di fusione B, utilizzata nel 2014 e scavata nel 2015. *Comparison between different techniques: pit B, built in 2014 and excavated in 2015.*

Mentre nel primo caso si è utilizzato un crogiolo di argilla a forma aperta con pareti spesse e isolanti (l'interno del quale si presenta alterato dal calore e dal contatto con il metallo mentre l'esterno è solo leggermente sovraccotto),

¹⁰ In queste due occasioni del Laboratorio di Archeologia sperimentale dell'Università di Bologna, la fossa di fusione e le attività sono state realizzate e coordinate da Pino Pulitani, che si ringrazia per la totale disponibilità e apertura al confronto tecnico sperimentale.

¹¹ Un riscaldamento "per induzione" potrebbe essere ottenuto anche con i soffiatoi conici che dovevano presumibilmente operare anche dal fianco del crogiolo piuttosto che necessariamente dall'alto.

nella fossa B è stato utilizzato un crogiolo di grafite, materiale termicamente conduttivo, con forma a bicchiere (forma chiusa per evitare la dispersione del calore) con pareti sottili (Fig.10). Una prova dell'altissima temperatura raggiunta nella fossa B è la presenza di un frammento di argilla vetrificata, probabilmente parte del rivestimento di argilla dell'ugello vicino alla fuoriuscita del flusso d'aria (Fig.11). Sempre nella fossa B vicino all'ugello è stato trovato un frammento di concotto con un lato concavo, parte del rivestimento dell'ugello in una zona non troppo vicino alla bocca d'uscita dell'ossigeno (Fig.12). Il rivestimento della fossa si differenzia dal rivestimento degli ugelli: sul lato piano è possibile notare per lo spessore di 2-3 mm un frammento di concotto in cui si nota un principio di vetrificazione della superficie, mentre sul lato a contatto col terreno si nota solo una forte colorazione arancione (Fig.13).



Fig.10. Crogiolo in grafite utilizzato nella fossa B con metallo pronto per la colatura in matrice.
Graphite crucible used in pit B with metal ready to poured in the mould.



Fig. 11. Argilla vetrificata proveniente dalla fossa B.
Vitrified clay from pit B.



Fig.12. Frammento di argilla cotta con lato concavo proveniente dalla fossa B. *Baked clay with concave side from pit B.*

Al contrario nella fossa A sono stati reperiti solo dei frammenti di parete della fossa nel riempimento della stessa (US4) e delle tracce sul fondo (US6). In un caso si nota un'alterazione termica leggermente maggiore nella parte piatta del frammento che tende a diminuire allontanandosi dal punto di calore (Fig.14), nell'altro si nota la presenza di materiale organico semicarbonizzato utilizzato nell'impasto del rivestimento (Fig.15).

Bisogna sottolineare che nella fossa A non era presente argilla di rivestimento attorno agli ugelli, di conseguenza l'unica zona ampiamente alterata dal calore è quella sotto all'ugello, vicino all'imboccatura di fuoriuscita dell'ossigeno.



Fig.13. Frammento di concotto parte del rivestimento della fossa B. *Baked clay from the surface of pit B.*



Figg.14-15. Frammenti di concotto parte del rivestimento della fossa A. *Baked clay from the surface of pit A.*

In entrambe le fosse sono state raccolte molte gocce di metallo accumulatisi nel corso delle fasi di lavorazione, controllo del metallo nel crogiolo e prove di colatura. Nella fossa A si sono raccolte gocce pressoché ovali e globulari (Fig.16), nel caso della fossa B è stato possibile differenziare le scorie per forma e dimensione (Fig. 17). Tali differenze potrebbero essere state determinate dalle diverse fasi di lavorazione del metallo ma in questo caso non è stato possibile definire la provenienza degli scarti di metallo a causa della pulizia finale della fossa che ha accumulato tutti i residui in un unico punto (US2).



Fig.16. Gocce e scarti di bronzo dalla fossa B. *Bronze prills and scraps from pit B.*

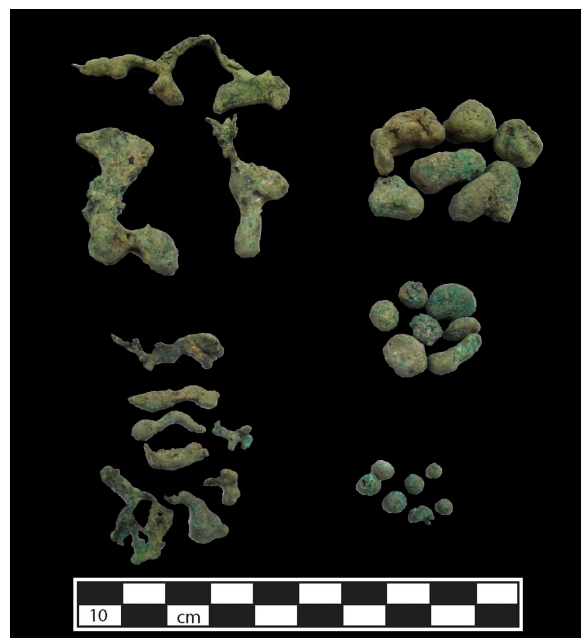


Fig.17. Gocce e scarti di bronzo dalla fossa A. *Bronze prills and scraps from pit A.*

Le strutture delle fosse si differenziano inoltre per forma e per modalità di costruzione. La fossa B ha una forma circolare, mentre la fossa A ha una forma ovale allungata con un lato libero per maneggiare il crogiolo. La forma stretta e allungata è un indicatore di come la struttura venisse utilizzata ed in particolare delle modalità del procedimento di colata. La forma è funzionale ai movimenti per controllare la temperatura e lo stato del metallo e

non ostacola il momento di afferrare il crogiolo con pinze o un bastone in maniera ferma e sicura per la colatura finale. La tecnica utilizzata nella fossa B comportava lo sfilare il crogiolo dall'alto e non era quindi necessaria una fossa lunga né alcuno spostamento di carbone e cenere attorno al crogiolo, in buona parte rimasti nella fossa. Nella costruzione della fossa si riscontra che nella fossa B il fondo è rivestito con delle pietre di fiume piatte e poi con dell'argilla, mentre nella fossa A è semplicemente rivestito di argilla. Infine la fossa B è stata abbandonata senza essere stata pulita, al contrario della fossa A che, pensando a un futuro riutilizzo, mai avvenuto, è stata liberata dal carbone, dalla cenere per evitare la trattenuta dell'umidità. Nell'esperimento della fossa B l'area circostante non è caratterizzata da dispersione di frustoli di carbone.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le installazioni pirotecniche in genere sono dei contesti archeologici estremamente complessi, intorno ai quali i depositi archeologici si formano e vengono rimossi con particolare velocità. In questo caso l'area della fossa era facilmente riconoscibile poiché negli ultimi cinque anni è rimasta delimitata affinché non subisse danneggiamenti antropici. L'approccio combinato di archeologia sperimentale e scavo microstratigrafico ha consentito di confrontare il contesto archeologico con il contesto sistemico e di ricostruire i processi formativi delle unità stratigrafiche della fossa. L'approccio sperimentale in particolare ha permesso di definire il valore di possibili indicatori archeologici per alcuni elementi che sarebbero risultati difficilmente interpretabili durante le procedure di scavo: l'andamento di quota dell'US3 maggiormente rilevata nel lato a sud della fossa (2-3 cm) e la presenza al suo interno di punti del piano d'argilla (US6) maggiormente riscaldati e "concotti" dove sono state raggiunte temperature più elevate potrebbero essere legati alla posizione dell'ugello, dei mantici e alle posizioni dei metallurghi durante il processo; la forma della fossa stretta e allungata aperta su un lato potrebbe essere legata all'utilizzo di un tipo di crogiolo che necessita di un ampio spazio di movimento.

A questo si aggiunge il confronto con i depositi delle fosse finora documentate che ha permesso di identificare, nel caso di Beneceto Forno del Gallo (PR), una forte analogia nel deposito finale: un riporto circolare di argilla più chiara leggermente rilevata rispetto al suolo circostante e la presenza di carbone appena all'esterno dell'imboccatura della fossa permettono di ipotizzare la reale corrispondenza della tecnica utilizzata. E' da sottolineare che solo attraverso una documentazione di dettaglio associata a modelli digitali (DEM e 3D) è stato possibile identificare l'andamento rilevato del riporto di argilla rialzato di pochi centimetri sul lato sud che a occhio nudo non sarebbe stato visibile.

Inoltre, il confronto tra le due fosse sperimentali (fossa A e fossa B) ha permesso di evidenziare come accorgimenti tecnici diversi lascino nel record archeologico tracce significativamente diverse tra loro ma difficilmente ricollegabili alle differenze tecniche dei procedimenti. Gli unici elementi materiali che permettono di comprovare il raggiungimento di temperature molto più alte nella fossa B sono dei frammenti di concotto totalmente o in parte vetrificati.

Da questo esperimento è facile notare l'importanza, nella ricostruzione dei processi tecnologici, di una sinergia tra scavo e sperimentazioni. Questo duplice approccio permetterà a) di superare i difficili problemi legati all'interpretazione della composizione dei depositi, spesso molto omogenei; b) di identificare e differenziare i processi di formazione e disfacimento/abbandono di strutture e materiali; c) di dare un significato al processo tecnologico in quanto tale, cioè come insieme di eventi inseriti all'interno di un contesto e non considerarlo solo attraverso le sue caratteristiche morfologiche e tecnologiche.

Sul lungo termine la corrispondenza tra questi due campi di ricerca fornirà dati importanti per risolvere alcuni dei problemi legati alla ricerca di indicatori sostanziali che potrebbero fungere da discriminare per distinguere fosse di fusione da semplici "aree da fuoco". Infatti solo la presenza di strumentazione ausiliaria (soffiatoi/ugelli, crogioli, matrici) e/o di scorie di metallo permette di definire l'area come metallurgica. In assenza di questi al momento non esistono altri indicatori specifici visibili ad occhio nudo (Cavazzuti *et alii* c.s.). Future ricerche permetteranno di analizzare la variabilità dei residui dei processi di fusione e di evidenziare ricorrenze e anomalie che potrebbero delineare le strategie di intervento più adeguate da seguire durante lo scavo.

BIBLIOGRAFIA

- ARMIGLIATO A. c.s., *Experimental casting pit for bronze items*, in *The metalworkers and his tools: symbolism, functions and technology in the Bronze and Iron Ages*, Conference, Belfast, 24-25 June 2016.
- BERNABÒ BREA M., CARDARELLI A., CREMASCHI M., 1997, a cura di, *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, Catalogo della Mostra, Milano.
- BIANCHI P.A.E. 2010, *La produzione metallurgica a Beneceto Forno del Gallo (PR). Organizzazione spaziale e produttiva all'inizio del Bronzo Recente*, Padusa XLVI NS 2010, pp. 9-36.
- BINGGELI M., BINGGELI M., MULLER F. 1997, *Una dimostrazione di archeologia sperimentale: La fusione di oggetti in bronzo*, in BERNABÒ BREA M., CARDARELLI A., CREMASCHI M., a cura di, *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, Catalogo della Mostra, Milano, pp. 567-569.
- CARANCINI G. L., PERONI R. 1997, *La koinè metallurgica*, in BERNABÒ BREA M., CARDARELLI A., CREMASCHI M., a cura di, *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, Milano, pp. 595-601.
- CARDARELLI A., a cura di, 2004, *Parco Archeologico e Museo all'aperto della Terramara di Montale*, Modena.
- CATTANI M., 2016, *Experimental Archaeology at the University of Bologna, widening and opening the archaeological research*, Groma (1), pp. 1-11.
- CAVAZZUTI C., BARBIERI M., 2013, *Experiencing visible and invisible metal casting techniques in the Bronze Age Italy*, in *Proceeding of the OpenArch Meeting Working with stones in European Pre and Protohistory in theory and in practice*, Albersdorf, 23-27 september 2013, Poster.
- CAVAZZUTI C., PELLEGRINI L., SCACCHETTI F., ZANNINI P. c.s., *Tracce di fosse di fusione dalle Terramare: ci siamo persi qualcosa?* in *Atti della XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, Modena, 26-31 ottobre 2010, Poster.
- CAZZELLA A., RECCHIA G. 2008, *A fuoco lento: strutture di combustione nell'abitato dell'età del Bronzo di Coppa Navigata (Manfredonia-FG)*, in FIORENTINO G., MAGRI D., a cura di, *Charcoals from the Past, Proceedings of the third International Meeting of Anthracology*. The Oxford International conference (2004). Oxford: British Archaeological Reports, pp. 53-61 (BAR International Series 1807).
- CIERNY J., DE GASPERI N., FRONTINI P. 2001a, *Castellaro del Vhò di Piadena (Cremona): strutture fusorie a cielo aperto del Bronzo Medio*. In GIUMLIA MAIR A., a cura di, *I bronzi antichi. Produzione e tecnologia*. Atti del XV Congresso Internazionale sui Bronzi Antichi. Grado-Aquileia 2001, pp. 44-51.
- CIERNY J., DE GASPERI N., FRONTINI P., PRANGE M., 2001b, *Le attività metallurgiche*, in FRONTINI P., a cura di, *Castellaro del Vhò. Campagna di scavo 1996-1999, Scavi a cura delle Civiche Raccolte Archeologiche di Milano*, Milano, pp. 57-77.
- D'ORONZO C., MARINÒ G. P., SOLINAS F., FIORENTINO G. 2011, *Archeobotanica ed archeologia sperimentale: bilancio termico, modalità d'uso, tafonomia e visibilità archeologica di un esperimento in margine al workshop di Cavallino*. in GIARDINO C., a cura di, *Archeometallurgia: dalla conoscenza alla fruizione*. Atti del Workshop (22-25 Maggio 2006), Cavallino (Lecce), Convento dei domenicani, 8, pp. 371-376.
- FIORENTINO G., MAGRI D., a cura di, 2008, *Charcoals from the Past, Proceedings of the third International Meeting of Anthracology*. The Oxford International conference (2004). Oxford: British Archaeological Reports (BAR International Series 1807).
- HODDER I. 1987, *The meaning of discard: ash and domestic space in Baringo*, in KENT S., a cura di, *Method and theory for activity area research*, Columbia University Press, New York, pp. 424-448.
- PERONI R. 2004, *Sistemi transculturali nell'economia, nella società, nell'ideologia*, in COCCHI GENICK D., a cura di, *L'età del bronzo recente in Italia*, Atti del congresso nazionale, Lido di Camaiore, 26-29 ottobre 2000, Viareggio (Lucca), pp. 411-433.
- SCHIFFER M.B. 1972, *Archaeological Context and Systemic Context*, *American Antiquity* 37 (2), pp. 156-165.
- SCHIFFER M.B. 1983, *Toward the identification of formation processes*, *American Antiquity* 48, pp. 675-706.
- SCHIFFER M.B. 1987, *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- VIDALE M. 1992, *Produzione artigianale protostorica. Etnoarcheologia e archeologia*. Saltuarie del laboratorio del Piovego, 4.