

Fare Rame



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

SOPRINTENDENZA PER I BENI CULTURALI
UFFICIO BENI ARCHEOLOGICI

2021 - PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
SOPRINTENDENZA PER I BENI CULTURALI

Tutti i diritti riservati – nessuna parte di questo libro può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro, senza l'autorizzazione dei proprietari dei diritti d'autore e dell'editore

Presidente della Provincia autonoma di Trento
Maurizio Fugatti

Assessore all'istruzione, università e cultura
Mirko Bisesti

Dirigente generale del Dipartimento istruzione e cultura
Roberto Ceccato

Dirigente generale di Unità di missione strategica per la tutela e la promozione dei beni e delle attività culturali
Franco Marzatico

Direttore dell'Ufficio beni archeologici
Franco Nicolis

A cura di
Paolo Bellintani e Elena Silvestri

Impaginazione
Giorgia Sardelli e Elena Silvestri

Revisione impaginazione e stampa
Publistampa Arti grafiche – Pergine Valsugana

Referenze grafiche e fotografiche
(quando non specificato)
*Archivio dell'Ufficio beni archeologici
Provincia autonoma di Trento*

In copertina
*Foto: forno fusorio da Valcava (comune di Fierozzo)
Disegno: Livia Stefan
Composizione grafica: Livia Stefan*



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



ISBN 978-88-7702-506-7

© Provincia autonoma di Trento



FARE RAME

La metallurgia primaria della tarda età
del Bronzo in Trentino: nuovi scavi
e stato dell'arte della ricerca sul campo

a cura di Paolo Bellintani e Elena Silvestri



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
SOPRINTENDENZA BENI CULTURALI
Ufficio beni archeologici

SOMMARIO

- 13 **Il sito fusorio di Segonzano località Peciapian. Ricerche 2007, 2008, 2011, 2013**
Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Siria Biagioni, Marco Marchesini, Nicoletta Martinelli, Silvia Marvelli, Olivia Pignatelli, Elisabetta Rizzoli, Elena Silvestri, Carmela Vaccaro, Lisa Volpe
- 79 **Il sito di produzione metallurgica di Luserna, località Platz Von Motze. Ricerche 2005 – 2016**
Franco Nicolis, Nicola Cappellozza, Paolo Bellintani
- 117 **I siti fusori di Transacqua località Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro. Ricerche 2007 e 2008**
Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Lisa Volpe, Carmela Vaccaro
- 145 **Il sito fusorio di Fierozzo, località Valcava (TN). Ricerche 2012**
Paolo Bellintani, Nicola Pagan, Michele Bassetti, Nicoletta Martinelli, Olivia Pignatelli
- 165 **Il sito fusorio della tarda età del Bronzo Le Val di Sant'Orsola (TN) – scavi 2014**
Elena Silvestri, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Paolo Bellintani
- 179 **Lavarone, località Malga Rivetta**
Cristiano Nicosia, Armando De Guio
- 187 **L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino – Alto Adige/Südtirol**
Mark Pearce, Paolo Bellintani, Franco Nicolis
- 199 **Produzione metallurgica primaria e circolazione del rame nelle Alpi sud-orientali fra dati acquisiti e problemi aperti**
Franco Marzatico
- 223 **Prehistoric mining, beneficiation and smelting of copper ores in the Lower Inn Valley, North Tyrol, Austria**
Gert Goldenberg
- 237 **Ugelli utilizzati nella metallurgia del rame durante l'età del Bronzo**
Ulrike Töchterle, Markus Staudt, Peter Tropper

- 253 **Recycling of “slag sand”: the use of granulated copper smelting slag as tempering component in prehistoric pottery during the Late Bronze to Early Iron Age in North Tirol**
Markus Staudt
- 269 **Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino**
Paolo Bellintani, Elena Silvestri (a cura di), Michele Bassetti, Nicola Cappellozza, Nicola Degasperi, Franco Nicolis, Nicola Pagan, Mark Pearce

FARE RAME: QUADRO DI SINTESI SU SITI E STRUTTURE PRODUTTIVE DELLA METALLURGIA PRIMARIA PROTOSTORICA DEL TRENTO

Paolo Bellintani, Elena Silvestri (a cura di), Michele Bassetti, Nicola Cappelozza, Nicola Degasperì, Franco Nicolis, Nicola Pagan, Mark Pearce

Riassunto

Nel Trentino orientale, generalmente a quote comprese tra 1000 e 1800 m s.l.m., sono 198 le segnalazioni di "siti fusori", ossia di aree dedicate alla lavorazione di minerali di rame (solfuri misti a prevalente calcopirite) tradizionalmente datati alla tarda età del Bronzo.

Le caratteristiche dello sfruttamento minerario in epoca protostorica nel versante meridionale delle Alpi centro-orientali sono emerse per la prima volta in modo chiaro grazie alla scoperta, nel 1979, del sito fusorio di Acqua Fredda al passo di Redebus e al successivo progetto di ricerca condotto in collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici della Provincia autonoma di Trento e il *Bergbau-Museum* di Bochum (Germania), tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso.

A partire dai primi anni 2000, l'Ufficio beni archeologici di Trento ha avviato una più sistematica azione di tutela su questi particolari depositi archeologici, che ha comportato interventi di scavo, indagini archeometriche e la ri-mappatura, su base georeferenziata, dei siti noti.

Nella provincia di Trento i principali depositi con mineralizzazioni di rame sono concentrati lungo un ampio settore di territorio che si sviluppa a est di Trento. Nel suo estremo occidentale l'area è delimitata dal monte Calisio (a nord) e dalla Marzola (a sud), mentre a est comprende le propaggini più meridionali dell'altopiano di Pinè, la valle dei Mocheni e l'Alta Valsugana. Nel complesso, tale area coincide con quella dei siti fusori di età protostorica, raggruppati in 4 macro-aree gravitanti attorno all'area di affioramento del basamento metamorfico (Valli di Cembra e dei Mocheni; Valsugana; Altopiani di Lavarone e Luserna e infine Tesino e Primiero), mentre sono pochissimi i dati disponibili sulle miniere pre-protostoriche e le aree di primo trattamento del minerale (area mineraria di Vetriolo, in comune di Levico Terme).

Caratteristiche generali

I siti fusori presentano molte caratteristiche in comune: la prossimità ai giacimenti minerari (con l'importante eccezione degli Altopiani di Lavarone e Luserna); la presenza di acqua direttamente sul sito o nelle vicinanze; l'ubicazione su pianori, naturali o artificiali, lungo il versante. Nella maggior parte dei casi (84%) i siti sono stati identificati grazie alla presenza di scorie grossolane, nel 57% sono state trovate anche scorie piatte, mentre in un numero nettamente inferiore di siti è stata registrata la presenza di "sabbia di scorie", residuo del ri-processamento delle scorie grossolane (9%). Strutture o attrezzature impiegate nei processi di lavorazione sono state osservate di rado: resti di strutture pirotecniche, in parte riconducibili a forni (9%), strumenti litici come macine, macinelli, incudini e percussori (7%) e ceramiche tecniche (ugelli da mantice) (3%).

Strutture e residui di lavorazione

Forni: strutture pirotecniche destinate al processamento di minerale e/o di prodotti derivati (metallina). Dei 19 casi attualmente noti, 16 sono strutture in muratura (in genere composte da porfidi) di forma quadrangolare che conservano sempre e solo tre lati (il quarto lato doveva essere rimovibile); vi sono anche strutture definite "a fossa", probabile esito dello smantellamento della parte muraria dei forni di cui è conservata solo la base a conca.

Strutture complesse e batterie: Nei casi di Acqua Fredda, Fierozzo VC e Luserna PvM, è stata riscontrata la presenza di strutture complesse, come forni in coppia e la singolare batteria di Acqua Fredda fase 2, costituita da 4 elementi contigui incassati in un'unica struttura muraria.

Focolari: strutture di combustione non riferibili a forni fusori. Il "focolare" US 517 di Transacqua potrebbe essere servito per ottenere sabbie quarzose, da locali rocce metamorfiche, utili al processamento dei solfuri di rame.

Letti di arrostitimento: resti di piazzole di forma allungata e regolare, delimitate da pietrame di varie dimensioni, utilizzate per l'arrostitimento (desolfurazione) del minerale e/o di prodotti intermedi del processo fusorio.

Strutture in legno: pali appuntiti, assi e grandi tavole sono presumibilmente pertinenti a strutture in elevato (coperture, tettoie, recinzioni ecc.). Ad Acqua Fredda sono conservate anche le tracce della foderatura in legno di una canaletta di derivazione dell'acqua dall'omonimo Rio per le operazioni di lavaggio di prodotti da riprocessare o forse anche del minerale. Altri allineamenti di paletti, o strutture negative, sono collegabili a possibili gabbie o pareti di contenimento di accumuli di scorie.

Attrezzature mobili: incudini, percussori e macine

Alla frantumazione più grossolana sono pertinenti incudini e incudinelle (da 20 a 60 cm di larg. max) con coppelle, sulla superficie attiva, create dalla percussione. Per la frantumazione fine si usavano macine costituite da un elemento inferiore fisso, a superficie leggermente concava e rigata, e uno superiore mobile a superficie convessa.

Tipi di scorie

Sono stati distinti 4 tipi di scorie: scorie grossolane (*Schlacken Kuchen*); scorie piatte (*Plattenschlacken*, con spessore compreso tra 0,2 e 0,8 cm con una variante tra 1 e 1,2 cm); scorie "massive" con spessore superiore a 1,8 cm; "sabbia di scorie" (granulometria 1 - 3 mm).

Le scorie grossolane sono disomogenee e potrebbero essere interpretate come materiali parzialmente liquefatti ("scorie immature"); le scorie piatte (composte principalmente da fayalite) derivano da un raffreddamento di materiale processato al di sopra di una massa liquida (metallina/metallo) ad una temperatura intorno a 1150 - 1200 °C; la "sabbia di scorie" è composta da piccoli frammenti di scorie, derivanti dalla frantumazione delle stesse al fine di separare e raccogliere materiale da riprocessare.

Discariche e altre concentrazioni di scorie

Le discariche erano collocate a valle degli impianti. A Luserna PvM, la discarica, solo parzialmente indagata, sembra costituita da un'imponente massa (oltre due metri di spessore) di scorie grossolane e piatte. Nei casi meglio indagati (Acqua Fredda e Segonzano – Peciapian) la parte inferiore, in senso altimetrico, della discarica è caratterizzata dalla presenza di sabbia di scorie, con stratificazioni che, nel caso di Acqua Fredda, superano i due metri di spessore.

Forma e organizzazione interna dei siti

L'estensione massima a oggi registrata per un sito fusorio è quella di Segonzano P. – Area A, che si stima attorno a 5200 m², cui seguono Acqua Fredda e Fierozzo VC (tra 2500 e 3000 m² ca.) Luserna PvM (1850 m² ca.) ed infine di Transacqua PA e Terrebis (tra 1000 e 1500 m² ca.) L'estensione potrebbe essere collegata alla reiterazione, o meno, delle attività nel medesimo sito, ossia alla ricostruzione (e parziale traslazione) degli impianti, oppure a differenze di carattere funzionale (parziali variazioni del processo produttivo). A conferma di ciò anche il fatto che le strutture risultano quasi sempre coperte da livelli di scorie o "sabbia di scorie", rendendo peraltro difficile l'utilizzo di metodi di indagine non invasiva.

Nei siti meglio documentati (Luserna PvM e Acqua Fredda) sono presenti gruppi di 4 o 5 forni per fase. A Luserna PvM le "unità di lavoro" sembrano costituite da una coppia di forni e da un letto di arrostitimento, posti gli uni di fronte all'altro, come frequentemente documentato nei distretti minerari austriaci a partire dal BM. Ad Acqua Fredda, invece, sono presenti strutture singole (forse anche in coppia) nella fase 1 del sito, oppure in un'unica "batteria" di 4 forni incassati in un muro (fase 2). Elementi strutturali riconducibili a laverie sono documentati in modo chiaro solo ad Acqua Fredda e si riferiscono al trattamento di scorie macinate per recupero di materiale da riprocessare, mentre è probabile che il minerale fosse "arricchito" in prossimità delle miniere, come sembra essere documentato nel caso di Vetriolo.

Infine, non è possibile stabilire, sulla base dei dati forniti dalla ricerca sul campo, quale fosse realmente il prodotto finale di queste officine, ossia se la raffinazione avvenisse in loco o altrove, mentre, sulla base di indagini di caratterizzazione composizionale e tessiturale delle scorie, è stata avanzata l'ipotesi di una produzione finale di rame grezzo.

Problemi di cronologia della seconda fase della metallurgia trentina

Nella tradizionale letteratura di settore, l'attività estrattiva di epoca protostorica è datata tra BR e BF1/2. Tuttavia, vi sono attualmente diversi indizi di un inizio più antico, come nel caso del complesso insediato, culturale e funerario di Gardolo di Mezzo, dove diverse tipologie di scorie di fusione interessano anche i depositi datati al Bronzo antico e medio.

Il problema di una ridefinizione dello iato tra le due fasi della metallurgia pre-protostorica della regione Trentino-Alto Adige si è posto anche a causa di alcune delle 46 datazioni radiometriche ottenute da 18 siti fusori, che sembrerebbero confermare un inizio più antico del BR2 per la seconda fase. Ulteriori indizi in questo senso vengono dalle indagini di caratterizzazione della provenienza del rame di oggetti metallici tipologicamente datati a tutte le fasi dell'età del Bronzo italiana (in particolare dalla regione gardesana) ed europea (Scandinavia, Serbia, Bulgaria) che hanno permesso di ipotizzare un'origine trentina o sudalpina (Trentino – Alto Adige/Veneto) della materia prima. Sulla base di queste considerazioni è pertanto possibile che per la cosiddetta seconda fase dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi sud-alpini sia proponibile un quadro storico meno lontano da quello prospettato da Stöllner per i comparti minerari transalpini e in particolare dell'Austria. Secondo Stöllner infatti il nuovo modello di sfruttamento, nato attorno ai grandi giacimenti di calcopirite del Mitterberg, comportò l'adozione di nuove strutture di trattamento del minerale, in particolare i forni quadrangolari in muratura, frequentemente in coppia. Secondo tale modello lo sviluppo della nuova tecnologia mineraria e di produzione di rame grezzo ha un primo picco tra XVI e XIII sec.a.C. (Bz C/D) cui segue una flessione attorno al XII sec.a.C. (Ha A1), un

secondo picco in Tirolo tra XI e X sec.a.C. (Ha A2/B1) per esaurirsi, infine, tra IX e VII sec.a.C. Il picco dell'attività estrattiva e fusoria in Trentino sarebbe da collocare tra BR2 e BF1/2, ossia in concomitanza con lo sviluppo della *facies* Luco/Laugen A, mentre è solo sulla base di alcune date radiometriche che l'esaurirsi della metallurgia protostorica trentina potrebbe essere collocato attorno al IX sec.a.C.

Summary

198 "smelting sites", dedicated to the processing of copper minerals (mixed sulphides mostly with chalcopyrite) are recorded in eastern Trentino. In general, they are located at altitudes of between 1000 and 1800 m a.s.l.. They are traditionally dated to the Late Bronze Age.

Most of our knowledge regarding the later prehistoric ore processing on the southern slopes of the central-eastern Alps comes from the smelting site of Acqua Fredda at the Redebus pass. The site was discovered in 1979 and investigated in the 1980s and 1990s, in the course of a collaborative research project involving both the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Trento and the Deutsches Bergbau-Museum Bochum. Since the early 2000s, the Trento Archaeological Heritage Office has intensified the systematic mapping and protection of these particular sites. Whenever necessary, endangered contexts were investigated by means of excavation and archaeometric analyses.

In Trentino, the main copper ore deposits are found in a large swathe of territory to the east of Trento. Its western boundary runs from Mount Calisio (in the north) to Mount Marzola (in the south), while to the east it includes the southernmost part of the Pinè plateau, the Mocheni Valley and the Upper Valsugana. This area roughly coincides with that of the prehistoric smelting sites dating to the Late Bronze Age. They can be grouped into four macro-areas, centred on the outcropping of the metamorphic basement (the Cembra and Mocheni Valleys; the Valsugana; the Lavarone and Luserna plateaux and finally Tesino and Primiero). Up to now there is very little evidence regarding prehistoric mines and primary ore beneficiation sites, which turns the site of Vetriolo into an important point of departure.

General features

The recorded sites have many characteristics in common: proximity to ore deposits (with the important exception of the Lavarone and Luserna plateaux); the presence of water at the site or close by, and their location on flat areas, natural or artificial, on the mountain slopes. In most cases (84%) the sites were identified thanks to the presence of coarse slags. Plate slags were found at 57% of the sites, while slag sand has been recorded at a significantly lower number of sites (9%). Structures or equipment used in the smelting process have been rarely observed: only 9% show remains of pyrotechnological structures, such as pieces of furnace lining; ground stone tools such as millstones, hand stones, anvils and pounders were found on 7% of sites; only 3% have yielded technical ceramics, such as pieces of tuyères.

Structures and processing residues

Furnaces: these are most likely pyrotechnological structures intended for the processing of ore and/or derived products such as matte. In 16 cases these are stonewalled structures (generally in "porphyry"), of quadrangular shape which always and only have three sides (the fourth side must have been removable). Three structures at Acqua Fredda were defined as "Grubenofen" ("hearth-pits") but most likely are the outcome of the dismantling of the stone walls of the furnaces so that only the concave base is preserved.

Complex structures and batteries: in several cases (Acqua Fredda, Fierozzo – Valcava, Luserna – Platz von Motze), complex structures, such as double furnaces and the unique battery at Acqua Fredda, consisting of 4 contiguous furnaces built into a single masonry structure, were found.

Hearths: these are pyrotechnological structures that cannot be interpreted as smelting furnaces. The "hearth" context n. 517 at Transacqua could have been used to obtain quartz sand from local metamorphic rocks, which would have been useful for the processing of copper sulphides.

Roasting beds: remains of elongated regular-shaped platforms, delimited by stones of various sizes, used for the roasting (desulphurisation) of the ore and/or intermediate products of the smelting process. In one case (Transacqua-Acquedotto del Faoro) the structure shows a bottom layer of plate slags.

Wooden structures: pointed poles, planks and large boards presumably related to structures such as roofs, canopies, fences etc. At Acqua Fredda the excavators unearthed the remains of a wooden lining of a channel that brought water from the Rio Acqua Fredda to be used in different steps of the working process. Other stake alignments, and the shape of the slope of the slag sand deposit (at Segonzano) might be indicative of gabions or walls to retain slag dumps.

Portable equipment: anvils, pounders, hand stones and grindstones. For coarser crushing, anvils were used (from 20 to 60 cm max. width); the crushing produced cup-shaped depressions on their active surfaces. For finer grinding of the crushed material, grindstones with a slightly concave and ribbed use surface were used.

Types of slag

Four types of slag have been identified: coarse slag (Schlackenkuchen); plate slag (Plattenschlacken) with a thick-

ness of between 0.2 and 0.8 cm (or between 1 and 1.2 cm in a variant), "massive" slag with more than 1.8 cm of thickness, and "slag sand" (better defined as "ground slags" or "granulated slag", grain size 1-3 mm).

The coarse slags are not homogeneous and could be interpreted as partially liquefied material ("immature slags"); plate slags (mainly composed of fayalite) derive from a cooling of material processed above a liquid mass (matte/metal) at a temperature around 1150 - 1200° C. Slag sand is composed of small fragments of slag, and was produced by crushing the slag in order to separate and collect material to be reprocessed.

Dumps and other concentrations of waste

The dumps were located downslope of the smelting facilities. At Luserna – Platz von Motze, the dump, which has only been partially investigated, seems to consist of a large heap (over two metres of thickness) of coarse and plate slag. At the better investigated sites (Acqua Fredda and Segonzano – Peciapian) the lower part, in terms of slope, of the dump is characterized by the presence of "slag sand", with sequences of layers that, in the case of Acqua Fredda, are over two metres thick.

Form and internal organisation of the sites

The maximum area recorded to date for a smelting site is that of Segonzano – Peciapian - Area A, which is estimated to be around 5200 m², followed by Acqua Fredda and Fierozzo – Valcava (between 2500 and 3000 m² approx.), Luserna – Platz von Motze (c. 1850 m²) and finally Transacqua – Pezhe Alte and Terrebis (between 1000 and 1500 m² approx.). The size of the area may be connected to whether or not activities were repeated at the same site, that is to whether the facilities were rebuilt (partially relocated), or to differences of a functional nature (small differences in the production process). Confirmation of the multi-phase nature of the smelting sites are the layers of slags and "slag sand" that almost always cover the structures (making non-invasive investigations very difficult).

At the best documented sites (Luserna – Platz von Motze and Acqua Fredda) there are groups of four or five furnaces per phase. At Luserna – Platz von Motze the smelting facilities seem to consist of a pair of furnaces and a roasting bed, placed opposite each other, as frequently documented in the Austrian mining districts since the Middle Bronze Age. At Acqua Fredda however, there are individual furnaces (perhaps also in pairs) during the first phase of the site, while in the second phase the design was changed to a single "battery" of four furnaces embedded in a wall. Structural elements that can be attributed to washing facilities are documented at Acqua Fredda only and were used to process ground slag (in order to recover material to be resmelted), while it is probable that the ore was "beneficiated" (enriched) in the vicinity of the mines (as seems to be documented at Vetriolo).

Finally, on the basis of the findings of the field research it is not possible to state what the final product of these workshops really was. One of the important questions is, whether refining took place on site or elsewhere. On the basis of investigations of the compositional and textural characteristics of the slag it has been suggested that unrefined copper was produced.

Problems of chronology of the second phase of Trentino metallurgy

In the archaeological literature, the late prehistoric mining activity is traditionally dated to the Recent Bronze Age and phases 1 and 2 of the Final Bronze Age. However, there are currently several indications that it may have begun earlier, such as at Gardolo di Mezzo, a site consisting of a settlement, as well as a cult and funerary complex, where different types of smelting slag can be found in levels dating back to the Early and Middle Bronze Age.

The problem of filling the gap between the two phases of prehistoric smelting in the Trentino-Alto Adige region has also been raised by some of the 46 radiocarbon dates obtained from 18 smelting sites, which seem to evidence that the second phase of smelting began earlier than the Recent Bronze Age 2. Further confirmation comes from provenance studies on the origin of the copper in metal objects typologically dated to all the phases of the Italian (in particular from the Garda region) and European (Scandinavia, Serbia, Bulgaria) Bronze Age, which suggest a possible South-Alpine origin (Trentino - Alto Adige/Veneto) for the ore.

On the basis of these considerations, it is therefore possible that, for the second phase of the prehistoric exploitation of the southern Alpine deposits, a chronological framework less distant from Stöllner's model for the transalpine mining districts can be proposed. According to this model, the new mining technology, which originated around the large chalcopyrite deposits of the Mitterberg, entailed the development of new facilities, in particular quadrangular masonry furnaces, frequently in pairs. The development of the new mining and unrefined copper production technology has a first peak between the 16th and the 13th century BC (Bz C/D), followed by a decline around the 12th century BC (Ha A1), with a second peak in Tyrol between the 11th and 10th century BC (Ha A2/B1) and finally ends between the 9th and 7th century BC. The peak of mining and smelting activity in Trentino would seem to be between Recent Bronze Age 2 and Final Bronze Age 1/2, i.e. in contemporary with the development of the Luco/Laugen A facies, while it is only on the basis of some radiocarbon dates that the end of prehistoric smelting in the Trentino may be placed around the 9th century BC.

Parole chiave: siti fusori; strutture pirotecniche; età del Bronzo; età del Ferro iniziale

Key words: smelting sites; pyrotechnological structures; Bronze Age; Early Iron Age

Introduzione

Nel Trentino orientale, generalmente a quote comprese tra 1000 e 1800 m s.l.m., sono 198¹ le segnalazioni di siti dedicati alla lavorazione di minerali locali di rame (calcopirite) tradizionalmente datati alla tarda età del Bronzo, ma che le recenti datazioni radiocarboniche permetterebbero di attribuire a un più ampio arco cronologico, che va da una fase avanzata della media età del Bronzo all'inizio dell'età del Ferro² (Fig. 1).

I cosiddetti "siti fusori" sono stati segnalati a partire dagli anni '60 del secolo scorso, grazie all'attività "pionieristica" di Ernst Preuschen e Giuseppe Šebesta e poi di Renato Perini³. Nell'ambito di tali ricerche sono stati scoperti e in parte indagati anche contesti più antichi, datati tra l'età del Rame (avanzata) e l'inizio dell'età del Bronzo (seconda metà del III millennio a.C. ca) definiti come "prima fase" della locale metallurgia estrattiva preistorica.

Ad oggi se ne contano una quindicina, rinvenuti in aree apparentemente circoscritte: il tratto della Valle dell'Adige compreso tra Trento e Rovereto, l'area di Pergine, all'imbocco della Val dei Mocheni e, più recentemente, la Val d'Isarco (Alto Adige/Südtirol) (Fig. 2). I siti fusori di prima fase sono ubicati presso ripari sottoroccia prossimi al fondo valle o in aree aperte. Il processo fusorio è documentato da fosse di forma ovale rivestite di argilla, associate a scorie di fusione, o veri e propri forni in pietra, a base quadrata, con la parte frontale aperta (PERINI 1992; CIERNY *et alii* 1995; ANGELINI *et alii* 2013; MOTTES *et alii* 2014).

Si propone di seguito una sintesi molto semplificata del processo fusorio, al fine di comprendere le strutture ad esso correlate. Punto di partenza è un modello delle principali fasi operative della metallurgia primaria del rame che Clemens Eibner elaborò negli anni '80 sulla base dei contesti delle regioni nord alpine (EIBNER 1992) (Figg. 3a, b).

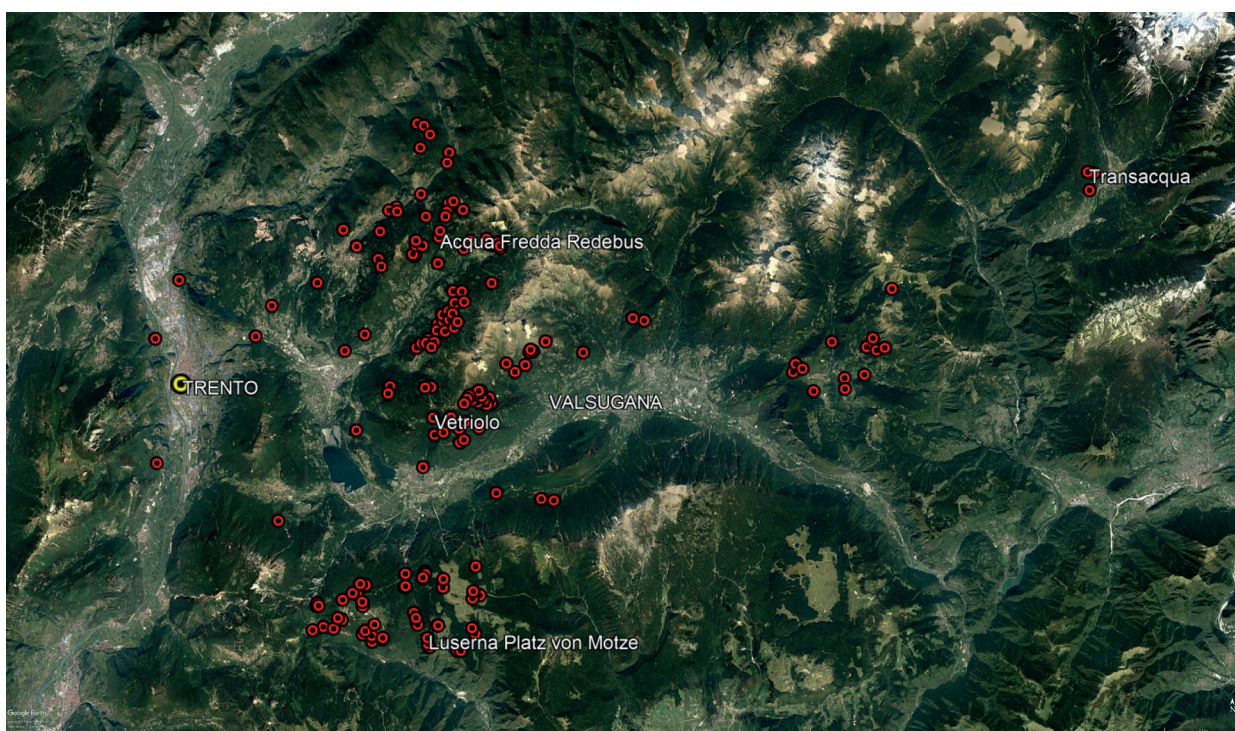


Fig. 1. Carta di distribuzione dei siti di metallurgia primaria (siti fusori) della provincia di Trento databili prevalentemente alla tarda età del Bronzo. I punti sono indicativi.

Fig. 1. Distribution map of the smelting sites in the province of Trento, mostly dating to the later phases of the Bronze Age. The position of the single points is indicative.

¹ L'elenco edito più aggiornato è quello che compare in CIERNY 2008 (pp. 227-229) che comprende 195 siti fusori. A questi sono stati aggiunti una nuova segnalazione dalla Valle dei Mocheni (S. Orsola Terme – Loc. Le Val) e due siti dal Primiero (Transacqua - Pezhe Alte e Transacqua – Acquedotto del Faoro), area non interessata dalle ricerche comprese in CIERNY 2008. Alla lista vanno aggiunti altri 15 siti rinvenuti negli ultimi 2 anni in conseguenza della tempesta Vaia o su segnalazione di forestali ed esperti locali. Non essendo sempre possibile verificare se corrispondano o meno a siti già schedati da Cierny si è preferito ometterli dal conteggio in attesa di ulteriori verifiche. Nel presente contributo sono stati mantenuti, salvo alcune variazioni ortografiche, i toponimi proposti nella citata pubblicazione. Nel caso di siti citati frequentemente sono state adottate le seguenti abbreviazioni: "Acqua Fredda" = Acqua Fredda al Passo di Redebus, comune di Bedollo; "Fierozzo VC" = Fierozzo, Loc. Valcava; "Luserna PvM" = Luserna – loc. Platz Von Motze; "S.Orsola LV" = Sant'Orsola Terme – loc. Le Val; "Segonzano P" = Segonzano Loc. Peciapian; "Transacqua PA" e "Transacqua AdF" = Transacqua, loc. Pezhe Alte e loc. Acquedotto del Faoro.

² Cfr. *infra* e CIERNY 2008; MARZATICO *et alii* 2010; PEARCE *et alii* 2019; 2021.

³ PREUSCHEN 1968; 1973; ŠEBESTA 1992; PERINI 1989; 1992; PEARCE 2007.

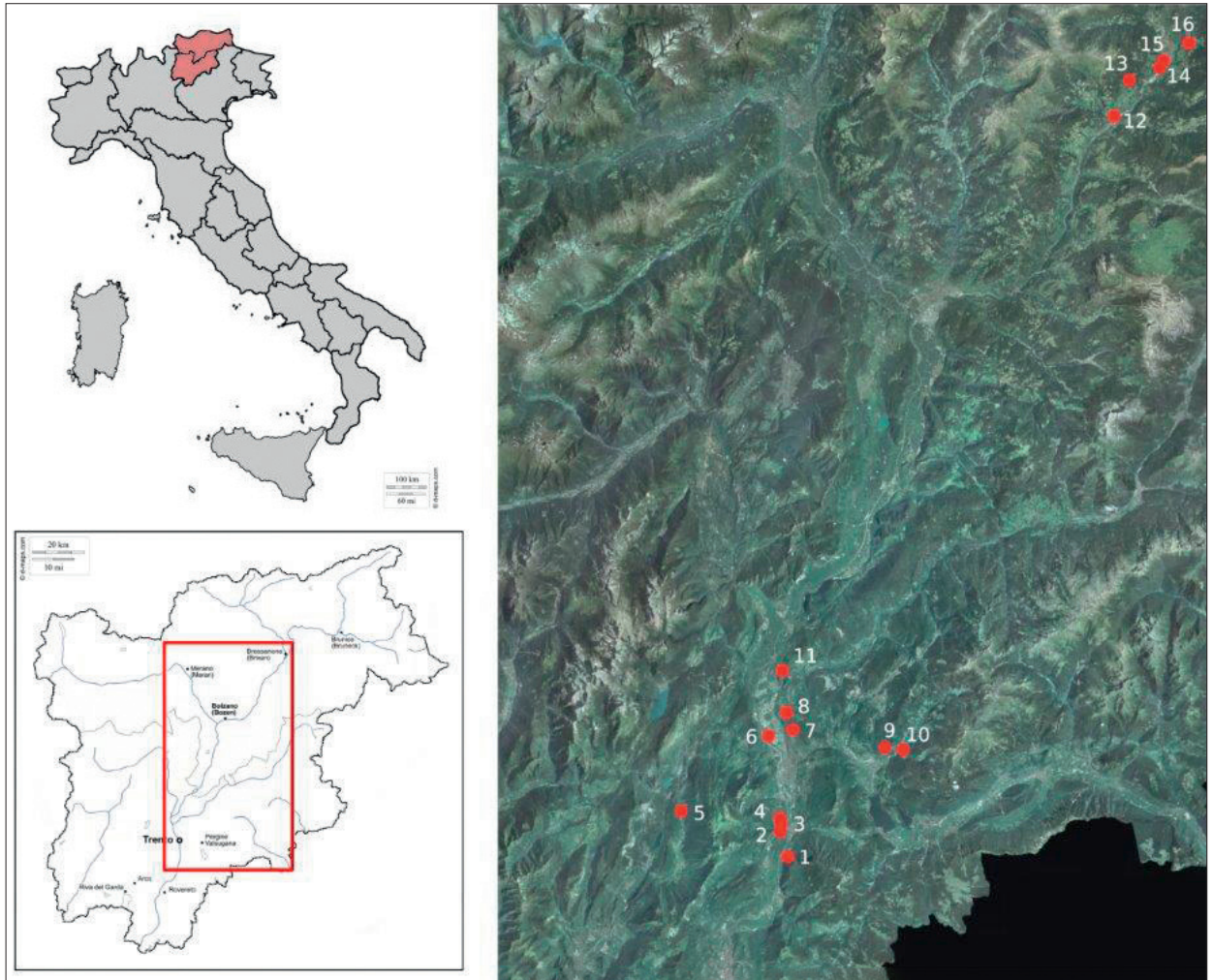


Fig. 2. Carta di distribuzione dei siti di metallurgia primaria (siti fusori) del Trentino – Alto Adige databili all'età del Rame e all'inizio dell'età del Bronzo (rielaborata da: ANGELINI *et alii* 2013).

Fig. 2. Distribution map of the smelting sites in the province of Trento, mostly dating to the Copper age - early Bronze Age (from ANGELINI *et alii* 2013, modified).

1- Acquaviva di Besenello; 2- Romagnano Loch; 3- Maso Monache; 4- Tof de la Val; 5- Riparo del Santuario; 6- Vela Valbusa; 7- Riparo Gaban; 8- Riparo Marchi; 9- Montesei di Serso; 10- Croz del Cius; 11- Doss dei Canopi; 12- Gudon; 13- Bressanone-Albes proprietà Noflatscher; 14- Velturmo/Feldthurns-Tanzgasse; 15- Bressanone, Circonvallazione Sud; 16- Millan/Milland-Kitzloch.

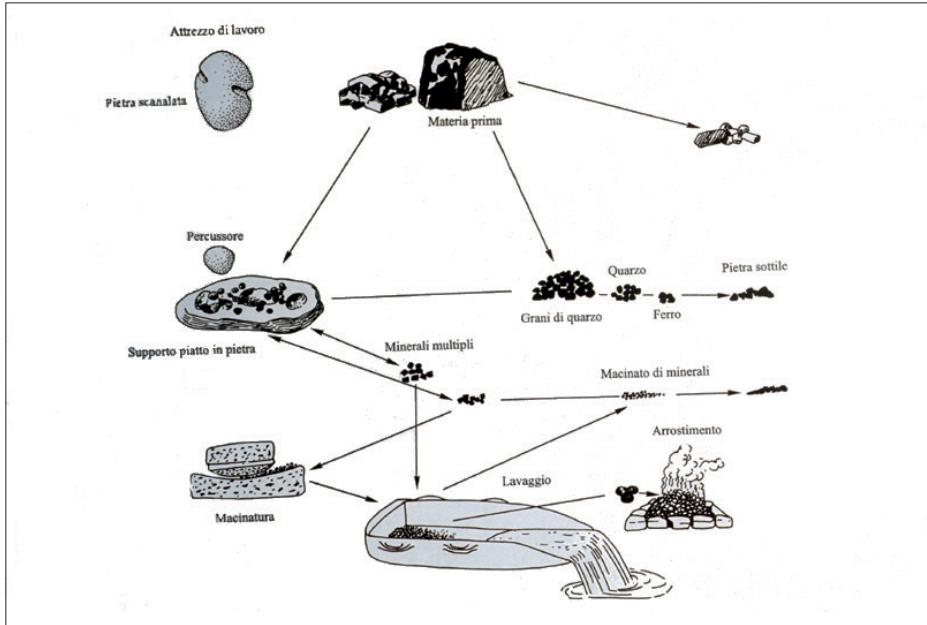
Calato nello specifico della realtà trentina, il modello Eibner può essere, approssimativamente, declinato nel modo seguente:

- il minerale cuprifero presente in zona doveva essere polimetallico, a solfuri misti, con prevalente calcopirite, un solfuro contenente rame e ferro che richiedeva una serie di trattamenti per eliminare la ganga e le componenti non utili (zolfo e ferro);
- all'estrazione mineraria doveva seguire l' "arricchimento" del minerale, ossia la frantumazione e la selezione delle parti più ricche di rame; l'arricchimento doveva essere effettuato a secco, con cernita manuale, e con l'ausilio di strumenti litici (incudini, macine) e infine con l'acqua, sfruttando il maggiore peso specifico della componente metallica;
- il minerale veniva esposto alla fiamma su apposite piattaforme dette "letti di arrostitimento", in

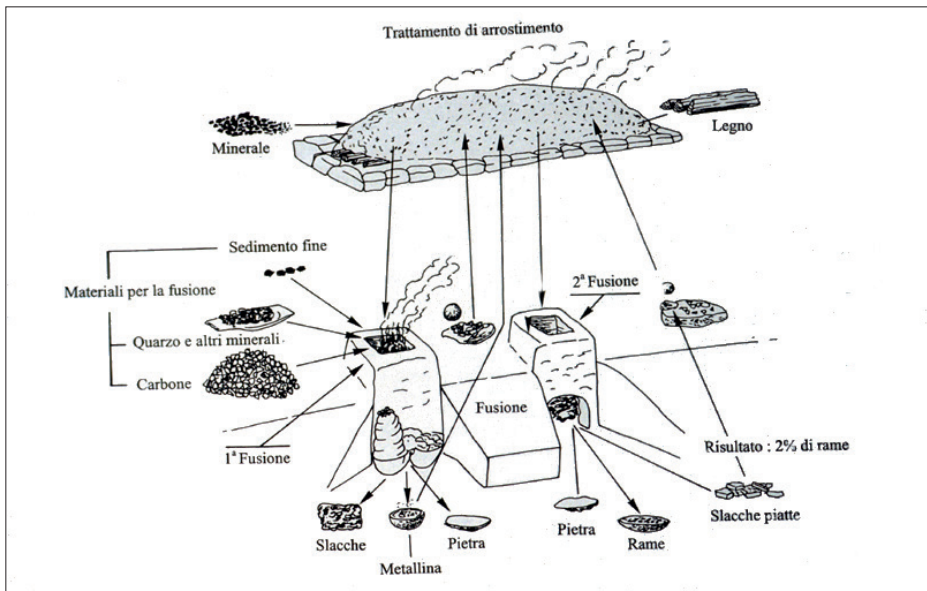
ambiente fortemente ossidante e con temperature non troppo elevate, per eliminare parte dello zolfo e ossidare il ferro. In realtà questo passaggio è ancora controverso, in quanto nell'area trentina non è stato ad ora rinvenuto minerale sui letti di arrostitimento noti (a Transacqua AdF, BELLINTANI *et alii* 2021b, e Luserna PvM, NICOLIS *et alii* 2021);

- il passaggio successivo era la "riduzione" o *smelting*, cioè il trattamento ad alta temperatura (oltre 1000°) all'interno di forni.

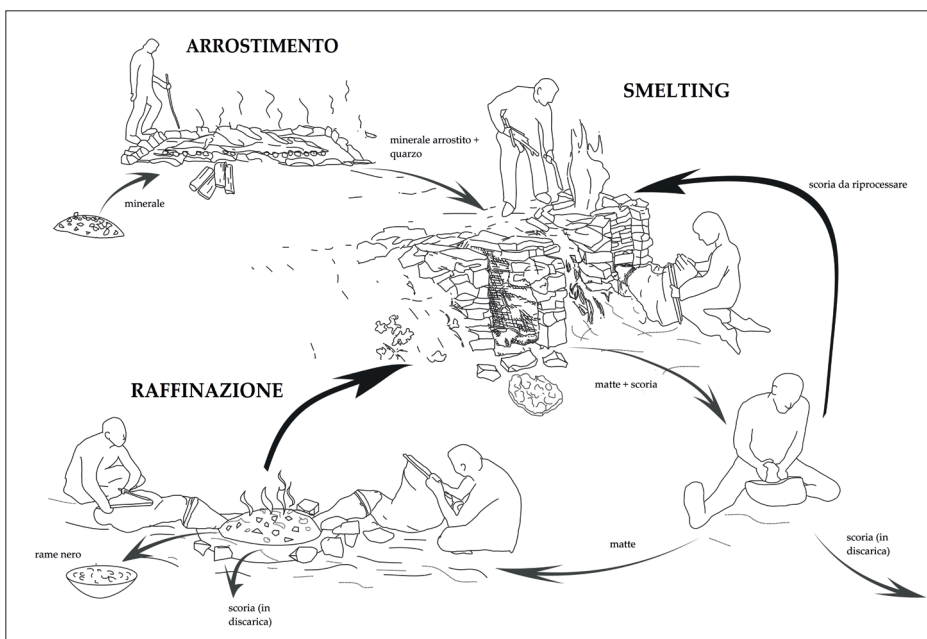
È probabile che tali attività fossero ripetute più volte ottenendo da un lato la metallina (*matte*), cioè un solfuro molto arricchito da cui era estratto, per successive raffinazioni, il rame metallico, e dall'altro scorie di varia tipologia, grossolane, piatte e la cosiddetta "sabbia di scorie", esito del ri-processamento delle scorie ottenute nella produzione della metallina.



a



b



c

Fig. 3. a), b) Principali fasi [in sequenza, prima a) poi b)] del processo estrattivo del rame dai solfuri in età protostorica (da EIBNER 1992, modificato); c) Proposta di revisione del processo con l'ultimo step in struttura aperta (da HANNING et alii 2015, dis. E. Hanning).

Fig. 3. a), b) Main steps [first a) then b) in sequence] of the smelting process of sulphidic ores during the Bronze Age (after EIBNER 1992); c) proposal of operational chain with the final step in an open pit (after HANNING et alii 2015, drawing E. Hanning).

Nella ricostruzione del processo estrattivo, tuttavia, molti passaggi sono scarsamente definiti, o del tutto ignoti. Negli ultimi anni vari studiosi hanno proposto diverse interpretazioni della catena operativa, pur conservando di fondo lo schema di Eibner (ad esempio Fig. 3c e nota 9).

Per ricostruire la tecnologia, oltre all'approccio archeologico e archeometrico, può rivelarsi utile anche quello etnoarcheologico, come nel caso delle indagini sulla lavorazione tradizionale della calcopirite in Nepal, lavorazione che prevede un processo simile a quello descritto ma con una diversa alternanza delle fasi di ossidazione e riduzione (ANFINSET 2011; GOLDENBERG *et alii* 2011 per un approccio combinato con l'archeologia sperimentale).

La dimensione dello sfruttamento dei minerali di rame nel versante meridionale delle Alpi centro-orientali, nel corso delle fasi avanzate dell'età del Bronzo, è emersa per la prima volta in modo chiaro

grazie alla scoperta, nel 1979, del sito fusorio di Acqua Fredda al passo di Redebus (Fig. 4).

In seguito alle prime indagini, Renato Perini diede avvio a un progetto di ricerca, successivamente seguito da Franco Marzatico, in collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici della Provincia autonoma di Trento e il *Deutsches Bergbau-Museum* di Bochum (in particolare Jan Cierny e Gerd Weisgerber)⁴. Oltre allo scavo di Acqua Fredda, il progetto, protrattosi nel corso degli ultimi due decenni del secolo scorso, comprese anche una serie di indagini meno invasive (ricognizioni di superficie e indagini geognostiche) condotte presso i siti di: Luserna PvM, Bedelar, Malga Cambroncoi, Campivo Pletzen, Cappella Palù, Fradea, Masi Zotta⁵, nonché un aggiornato catasto dei siti fusori del Trentino orientale (con esclusione del Primiero, all'estremità occidentale del Trentino) pubblicato alcuni anni dopo la scomparsa di Jan Cierny (CIERNY 2008, pp. 99-229).



Fig. 4. Il sito fusorio di loc. Acqua Fredda al Passo di Redebus (comune di Bedollo; 1440 m s.l.m.). Il Passo collega l'Altopiano di Pinè con la Val dei Mocheni, uno dei principali distretti minerari delle Alpi centro-orientali meridionali in età protostorica e medievale-moderna.

Fig. 4. The smelting site of Acqua Fredda at the Redebus Pass (municipality of Bedollo; 1440 m a.s.l.). The pass is located in between the Pinè Plateau and the Mocheni Valley, one of the main mining districts of southern central-eastern Alps during Pre-history and medieval-modern times.

⁴ PERINI 1992; METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004; CIERNY *et alii* 2004; CIERNY 2008; MARZATICO 2001; 2011 e bibliografia relativa.

⁵ CIERNY 2008, pp. 65-67, 126, 118, 131, 209, 173, 175.

Un'altra ricerca sul campo, circoscritta agli altopiani di Lavarone-Luserna-Vezzena (TN) e di Asiago (VI), è il "progetto *Ad Metalla*", diretto da Armando De Guio (Università di Padova) a partire dal 1998. Tale progetto, non limitato agli aspetti archeometallurgici ma più estesamente impegnato nella caratterizzazione dei principali tratti costitutivi del paesaggio storico (etnoarcheologia; archeologia della Grande Guerra, ecc.) ha comportato interventi di: ricerca di superficie, tele osservazione, "finestre stratigrafiche" e piccoli saggi di scavo (Malga Rivetta)⁶.

A partire dai primi anni 2000, l'Ufficio beni archeologici di Trento ha avviato una più sistematica azione di tutela su questi particolari depositi archeologici, che ha comportato diversi interventi di scavo in siti a rischio, in particolare: Luserna PvM, Fierozzo VC, S. Orsola LV, Transacqua PA e AdF, Segonzano P e Folgaria – chiesa di San Lorenzo⁷. È in corso, inoltre, la ri-mappatura, su base georeferenziata, dei siti di nuova acquisizione e di quelli già segnalati, talvolta di difficile identificazione a causa di fattori naturali o antropici⁸.

A partire dagli anni '90 del secolo scorso, parallela alla ricerca sul campo è stata la ricerca basata su indagini di tipo archeometrico, in particolare quella sulle scorie di lavorazione, componente maggioritaria dei depositi archeologici dei siti fusori e veri e propri "giacimenti di informazioni" in ordine alla ricostruzione del processo produttivo⁹. A tale riguardo, una nuova collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici di Trento e il *Deutsches Bergbau-Museum* ha preso avvio nel 2011 grazie a una ricerca

di dottorato presso la *Ruhr Universität* di Bochum (prof. Andreas Hauptmann) che prevede, anche in questo caso, indagini analitiche sulle scorie di fusione per la ricostruzione dei processi di estrazione del metallo (Cfr. *infra*).

Un aspetto che recentemente ha cominciato a essere considerato con maggiore attenzione è quello della cronologia (relativa e assoluta). Infatti, solo un numero di siti molto limitato è databile con buona approssimazione alle fasi Recente (4/6 siti)¹⁰ e Finale (20/25 siti)¹¹ dell'età del Bronzo sulla base dei pochi elementi diagnostici di tipo archeologico rinvenuti (ceramiche e bronzi). Molti altri sono stati attribuiti agli ultimi secoli del II millennio a.C. per le caratteristiche complessive dei depositi archeologici (in particolare la tipologia delle scorie) e la loro analogia con i complessi datati. Un considerevole passo in avanti è stata la recente pubblicazione di 28 datazioni radiometriche di cui 13 da Acqua Fredda, 13 da altri siti nel Trentino orientale e 2 dal sito altoatesino di Lodner Moor¹², cui si sono aggiunte ultimamente altre 18 nuove datazioni¹³.

Nel complesso le date radiocarboniche confermano l'attribuzione di buona parte dell'attività estrattiva alle fasi recente e finale dell'età del Bronzo (seconda metà del XIV – XI/X sec.a.C. ca). Tuttavia alcune date permettono di ipotizzare un più ampio arco cronologico, ossia l'inizio di questo ciclo di sfruttamento minerario forse già durante un momento avanzato dell'età del Bronzo Medio (XVI/XV secolo a.C.) e la sua fase terminale nel corso della prima età del Ferro (IX sec.a.C. ca)¹⁴.

⁶ DE GUIO *et alii* 2006; DE GUIO, FRIZZO 2010; DE GUIO 2012.

⁷ BELLINTANI *et alii* 2010; SILVESTRI *et alii* 2014; 2015a; 2015b; BELLINTANI, SILVESTRI 2018. Precedentemente, alcuni piccoli sondaggi furono eseguiti a Frassilongo, loc. Terrebis e Roveda-Eim-Jeim-Terra Mora (ŠEBESTA 1992, pp. 30-34, 150-168).

⁸ Fenomeni erosivi hanno talvolta provocato la traslazione e la dispersione dei depositi stessi. Inoltre, siti fusori ancora visibili tra gli anni '60 e '90 del secolo scorso si trovano talvolta ubicati in luoghi ri-forestati e quindi non più visibili a causa della crescita di sottobosco. E' infine possibile che negli ultimi due o tre decenni interventi di movimento terra dovuti soprattutto all'industria del turismo di massa (strade, piste ciclabili, piste da sci ecc.), che in molti casi sono stati causa delle scoperte, abbiano talvolta disperso e/o obliterato alcuni siti a quel tempo segnalati.

⁹ Per una panoramica dei principali contributi alla discussione in ambito trentino si rimanda a: CIERNY 1997; CATTOI, D'AMICO, FABRIS 2000; ANGUILANO *et alii* 2002a; 2002b; 2009; METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004; ARTIOLI 2010; HANNING *et alii* 2015; ADDIS *et alii* 2012; 2016; 2017.

¹⁰ Acqua Fredda; Campivo/Pletzen; sito 1 di Val Battisti; Frassilongo, loc. Terrebis (MARZATICO in CIERNY *et alii* 2004, pp. 136-138 e bibl. rel.). La cronologia di Bedelar e Lago delle Carezze è stata anticipata al BR in MARZATICO 2021, per cui i siti con materiale del BR sono 6.

¹¹ Per il territorio trentino sono indicati da Marzatico: Acqua Fredda; Malga Cambroncoi; Malga Pontara; Casara Conti Mirafiori; Lago delle Piazze; Loc. Bedelar (ma cfr. nota 10); Loc. Campivo Pletzen; Frassilongo, loc. Terrebis; 100 Pozzi; Loc. Brombisc; Lago delle Carezze (ma cfr. nota 10); Dosso di S. Ippolito; Loc. Fradea; Luserna PvM; Lavarone Cappella; Doss del Bue; Segonzano P (MARZATICO in CIERNY *et alii* 2004, pp. 136-138 e bibl. rel.). Acquisizioni più recenti sono quelle di: S.Orsola LV; Fierozzo VC e Transacqua AdF (Cfr. rispettivamente SILVESTRI *et alii* 2021; BELLINTANI *et alii* 2021c; 2021b). Il numero più alto di siti (25) è dovuto al lavoro di revisione dei dati in MARZATICO 2021.

¹² CIERNY 2008, pp. 68-70, tab. 3; MARZATICO *et alii* 2010, tabb. 2, 3, 7.

¹³ Analisi effettuate presso il CIRCE (*Center for Isotopic Research on the Cultural and Environmental heritage*), Caserta (Italy), SILVESTRI *et alii* 2019, fig. 10 e tab. 1.

¹⁴ Su questi aspetti si rimanda a: PEARCE *et alii* 2019 e 2021.

Giacimenti e miniere (MB, PB, ES)

I giacimenti cupriferi

Nella provincia di Trento i principali depositi con mineralizzazioni di rame sono concentrati soprattutto lungo un ampio settore di territorio che si sviluppa a est di Trento. Nel suo estremo occidentale l'area è delimitata dal monte Calisio (a nord) e dalla Marzola (a sud), mentre a est comprende le propaggini più meridionali dell'altopiano di Pinè, la valle dei Mocheni e l'Alta Valsugana (Fig. 5).

Il quadro geologico di quest'area è particolarmente complesso¹⁵ a causa dell'estrema variabilità degli affioramenti rocciosi, che comprendono terreni sedimentari, ignei e metamorfici, e dell'articolato assetto strutturale complicato da dislocazioni molto estese ereditate da situazioni antiche.

La fase di compressione alpina di età neogenica ha riattivato faglie come la linea della Valsugana e la linea del Calisio che si sono originate nel corso di eventi tettonici tardo-paleozoici e mesozoici.

La linea della Valsugana è la più estesa struttura

del Sudalpino orientale e si sviluppa a sud del Lago di Caldonazzo, sepolta dalle alluvioni del Brenta, proseguendo per una lunghezza di oltre 100 km in direzione da ENE-OSO a NE-SO, fino al Cadore, attraverso il Primiero e l'Agordino. L'attività tettonica lungo questa faglia ha permesso il sollevamento della porzione crostale nord-occidentale di circa 2000 metri, fino a consentire l'affioramento di un lembo del basamento metamorfico portandolo a sovrascorrere verso SE, sulla serie sedimentaria mesozoica affiorante sul versante meridionale della valle. Parallele a questa linea vi sono un fascio di strutture tra cui si possono citare la linea del Fersina e la linea di Pinè presso l'omonimo altopiano. La linea del Fersina, si sviluppa lungo la valle dei Mocheni e ha sollevato il lembo sud-orientale di circa 800 m mettendo a contatto il basamento metamorfico che affiora in sinistra idrografica con le vulcaniti permiane che si incontrano lungo tutto il versante destro della valle.

La Linea del Calisio ha direzione NO-SE e si estende dal monte omonimo, a est di Trento, per proseguire oltre il Lago di Caldonazzo, dove incrocia la linea



Fig. 5. Carta dei principali giacimenti cupriferi in area alpina (da CIERNY 1997)
Fig. 5. Map of the main copper ore deposits in the Alpine area (from CIERNY 1997).

¹⁵ AVANZINI *et alii* 2010; SELLI 1998; CASTELLARIN 1982; CASTELLARIN *et alii* 1992; 1998.

della Valsugana (AVANZINI *et alii* 2010). Nella zona di Levico Terme, dalla Linea del Calisio, si stacca la linea di Vignola in direzione NO-SE che rialza tutto il settore meridionale. Ed è proprio in corrispondenza di tali lineamenti, all'interno del basamento cristallino e alla base delle vulcaniti permiane, che si rinvergono le principali mineralizzazioni cuprifere. Nelle metamorfite si possono distinguere giacimenti lenticolari concordanti con la scistosità (Vetriolo, Calceranica) e giacimenti filoniani discordanti (Vignola, Panarotta, Cima d'Orno-Monte Fronte, Erdemolo-Grua va Hardömbel) mentre nelle vulcaniti si sviluppano reticoli filoniani a solfuri (Quadrate, Nogarè, Viarago, Gril-Faida, Aubis).

Nel complesso, tale area coincide con quella dove è attestata l'estrazione del rame in età medievale-moderna e buona parte dei siti fusori di età protostorica. Giacimenti cupriferi sono presenti anche nella parte occidentale della provincia, ad esempio in Val di Non e nelle Giudicarie, dove tuttavia non sono note, ad oggi, tracce di attività mineraria e di primo trattamento del minerale in età precedente a quella moderna¹⁶.

Il problema delle miniere: indicatori diretti e indiretti dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi trentini

Contrariamente a quel che ci si potrebbe aspettare a fronte del considerevole numero di officine dedicate all'estrazione del metallo dal minerale, ad oggi sono disponibili pochissimi dati sulle coeve miniere.

Il primo che cercò una correlazione tra giacimenti cupriferi e siti fusori protostorici fu Ernst Preuschen che in un lavoro che oggi potrebbe definirsi "seminale" (PREUSCHEN 1973) descrisse in dettaglio i giacimenti metalliferi e le discariche minerarie di età pre-industriale ad essi riferibili. Tra queste ultime, alcune presentavano indizi di sfruttamento datati dall'autore all'età del Bronzo, ossia particolari tipologie di strumenti litici ("percussori"), chiaramente distinguibili da quelli medievali e moderni. Si tratta di 6 discariche di miniera presenti in Val dei Mocheni (Val Slomperi; Frassilongo - loc. "Bis" presso Malga Terrebis; Malga Meterbis) e in Valsugana (Vetriolo; Cinque Valli e Malga Prima Busa); un possibile sito minerario pre-protostorico è segnalato anche ad ovest dell'Adige (Verdesina) (PREUSCHEN 1973, pp. 118-119, 122-129)¹⁷.

Solo in un caso l'autore dichiara di essersi trovato di fronte ad un "chiaro, stupendo esempio di terreno minerario preistorico" (PREUSCHEN 1973, p. 130): quello di Vetriolo (Valsugana). Qui, lungo il versante sud del Monte Fronte, tra 1700 e 1570 m s.l.m., Preuschen individuò un'area mineraria, con annessa discarica, e un'officina di lavaggio del mi-

nerale e nel 1960 vi eseguì alcuni sondaggi esplorativi (PREUSCHEN 1962; 1973 pp. 121, 126, figg. 4 e 7, tav. 1 e 2). Dell'area mineraria (200 x 150 m ca) si fa solo un breve cenno: si troverebbe a 1700 m di quota, al limite orientale di una discarica di età storica, e sarebbe databile all'età del Bronzo sulla base di utensili litici usati per la frantumazione dei minerali ivi rinvenuti (PREUSCHEN 1962, fig. 1). Qualche informazione in più sull'area è stata fornita più recentemente da Marco Gramola (2000, pp. 229-238) che parla di ampie depressioni di forma circolare, di circa 10 - 15 m di diametro e profonde fino a 4 m, interpretandole come possibili aree estrattive a cielo aperto. La zona del lavaggio del minerale si trova invece a quota 1630 m, in prossimità di una sorgente, in un'area estesa circa 1,5 ha, caratterizzata dalla presenza di una serie di cumuli di detriti derivanti dal primo trattamento del minerale frantumato. Qui Preuschen effettuò alcuni sondaggi. Nel primo, a quota 1570 m s.l.m., ossia circa al centro dell'area, rilevò una stratigrafia costituita da un'alternanza di cumuli di frantumi separati a mano e di materiale a grana fine (ossia inferiore a 3 mm), probabile residuo delle operazioni di lavaggio della frazione fine del minerale allo scopo di separarne la componente a contenuto metallico. Nel secondo sondaggio, a quota 1630 m s.l.m., in prossimità dell'estremità superiore dell'area di lavaggio, si rinvennero anche frammenti ceramici, databili secondo l'autore all'età del Bronzo o forse alla prima età del Ferro, resti ossei, strumenti litici e una struttura lignea interpretata come possibile recinzione di contenimento dei materiali residui delle lavorazioni (Fig. 6). Da quest'area doveva provenire anche una grande macina con fitte incisioni parallele sulla superficie attiva, strumento utile alla riduzione in "sabbia" del minerale (Fig. 7). Nelle vicinanze dell'area di lavorazione, sono stati inoltre rinvenuti diversi siti fusori (almeno 6 in un'area di circa 10 km²) ed evidenze di attività mineraria di età medievale e moderna, sebbene più focalizzata sull'estrazione di pirite, galena argentifera e barite¹⁸.

Nel corso del 2020 l'Ufficio beni archeologici di Trento ha ripreso le indagini presso il sito di Vetriolo, a causa della costruzione di una nuova pista di recupero del legname dopo la tempesta Vaia. Tale pista ha tagliato il deposito facendo emergere oltre 40 macine e ceramica riferibile alla locale *facies* "Luco/Laugen A" (tarda età del Bronzo), permettendo di definire la fase (o una fase) di sfruttamento del giacimento minerario. Per ora le indagini, condotte nell'ambito dell'attività di tutela dell'Ufficio, si sono limitate al recupero dei materiali e ad un breve *survey*, anche con drone, in cui sono emerse diverse strutture (depressioni e discariche) potenzialmente riconducibili ad attività estrattiva.

¹⁶ PREUSCHEN 1973; CIERNY 1997; FORENZA *et alii* 2005; PEARCE 2007; CIERNY 2008.

¹⁷ In altri 7 casi i giacimenti, a detta dell'autore, non presentano alcun indizio di attività in età pre-protostorica.

¹⁸ DETOMASO 2005, pp. 99-100, 109-110; GRAMOLA 2000, pp. 229-238.

Sempre nel suo lavoro dedicato ai giacimenti minerari, Preuschen si occupò anche di censire i siti fusori da lui individuati in prossimità dei giacimenti e in generale nel territorio trentino orientale. Il numero di 51 siti fusori sembrò apparentemente sproporzionato rispetto alle esigue tracce di attività mineraria pre-protostorica. Secondo l'autore *"questo fatto può dipendere dalla modestissima entità dei giacimenti stessi ... Anche l'attività mineraria di età recente può aver determinato un sensibile occultamento*

di tracce più antiche" (PREUSCHEN 1973, p. 130). Anche se con sfumature diverse e spesso dando più peso all'incidenza dell'attività mineraria medievale-moderna, sono queste le motivazioni che ancora oggi sono espresse per spiegare la sostanziale assenza di tracce di attività mineraria antica e la differenza rispetto ai distretti minerari del contiguo versante nord delle Alpi centro-orientali (Tirolo e Salisburghese). Qui infatti le miniere protostoriche sono note fin dall'800 e precise evidenze di



Fig. 6. Area mineraria protostorica di Vetriolo (Comune di Levico Terme – TN), scavi Preuschen 1960.

Il sondaggio 2 (m 1630 s.l.m.): resti di una struttura lignea pertinente a un'officina di primo trattamento del minerale (da: PREUSCHEN 1962, fig. 3).

Fig. 6. Prehistoric mining area of Vetriolo (municipality of Levico Terme – TN), excavation by Preuschen 1960.

Excavation area 2 (m 1630 a.s.l.): remains of a wooden structure connected to an ore picking/beneficiation site (from: PREUSCHEN 1962, fig. 3).



Fig. 7. Area mineraria protostorica di Vetriolo (Comune di Levico Terme – TN), scavi Preuschen 1960.

Il sondaggio 2 (m 1630 s.l.m.): strumento per la lavorazione del minerale cuprifero (macina) (da: PREUSCHEN 1962, fig. 4).

Fig. 7. Prehistoric mining area of Vetriolo (municipality of Levico Terme – TN), excavation by Preuschen 1960.

Excavation area 2 (m 1630 a.s.l.): grinding stone (from: PREUSCHEN 1962, fig. 4).

miniere di profondità (Mitterberg) sono attestate a partire dal XVIII e fino al IX sec.a.C. (CIERNY 1997; STÖLLNER 2010; 2015a; 2019a; GOLDENBERG 2021 e relativa bibliografia).

Nonostante un panorama così rarefatto, un considerevole contributo alla ricerca di tracce collegabili allo sfruttamento pre-protostorico di specifici giacimenti della regione mineraria in esame è venuto dalle indagini archeometriche effettuate sulle scorie di fusione. Già alla fine del secolo scorso analisi chimiche di scorie rinvenute in officine della prima fase della metallurgia primaria trentina (III millennio a.C. ca) come Riparo Gaban, Acquaviva di Besenello e Romagnano, permettevano di proporre una provenienza del minerale dalla Valsugana o dalla Val dei Mocheni¹⁹.

Più recentemente, le analisi dei rapporti isotopici del piombo hanno permesso un più sistematico confronto tra giacimenti cupriferi, scorie da *smelting* ed oggetti finiti della regione sudalpina centro-orientale²⁰. Per i siti fusori della prima fase, ossia Acquaviva di Besenello, Romagnano e Riparo Gaban, sarebbe stato usato minerale proveniente dal giacimento di Calceranica (Alta Valsugana), mentre a Montesei di Serse, nel territorio di Pergine Valsugana, si utilizzava probabilmente minerale della Val dei Mocheni.

Per la fase in esame, invece, sono state recentemente analizzate scorie di fusione provenienti da Luserna PvM, Segonzano P e Transacqua PA. Nel primo caso l'approvvigionamento di minerale doveva avvenire quasi esclusivamente dalle mineralizzazioni della Valsugana (Calceranica), Segonzano avrebbe ricevuto invece il minerale prevalentemente dalla Valle dei Mocheni, mentre ancora ignoto, ma probabilmente localizzato nell'area del Primiero, doveva essere il giacimento da cui si rifornivano gli artigiani di Transacqua PA.

I siti fusori: caratteristiche generali e strutture (PB, ES)

Considerando i siti già noti in letteratura e quelli di più recente acquisizione, il numero complessivo di siti fusori nel Trentino orientale ammonta,

come già detto, a 198²¹. I siti sembrano concentrarsi in 4 macro-aree gravitanti attorno all'area di affioramento del basamento metamorfico: Valli di Cembra e dei Mocheni; Valsugana; Altopiani di Lavarone e Luserna e infine i comprensori del Tesino e del Primiero. L'altitudine, in prevalenza superiore ai 1000 m s.l.m. è abbastanza variabile: 59 siti sono collocati tra 1100 e 1300 m, 60 siti tra 1400 e 1500 m, 42 siti tra 1600 e 1700 m; 30 siti sono sotto i 1000 m e 4 sopra i 1800 m (CIERNY 2008, fig. 23 pag. 73) (Fig. 1).

Con "siti fusori" si indicano aree caratterizzate dalla presenza di specifici indicatori connessi ai processi di estrazione del metallo dal minerale, in particolare scorie ed eventuali resti di strutture piro-tecnologiche. Caratteristiche che ricorrono molto spesso sono anche: la presenza di acqua direttamente sul sito o nelle vicinanze (Fig. 8); l'ubicazione su pendii con la formazione di un pianoro per l'impianto delle strutture pirotecnologiche e, più a valle, della relativa discarica di scorie e infine la (relativa) vicinanza ai giacimenti²².

Nella maggior parte dei casi (84%) i siti sono stati identificati grazie alla presenza di scorie grossolane, nel 57% sono state trovate anche scorie piatte, mentre in un numero nettamente inferiore di siti è stata registrata la presenza di sabbia di scorie (9%) (Fig. 9).

Strutture o attrezzature impiegate nei processi di lavorazione sono state osservate di rado; si tratta prevalentemente di: resti di strutture pirotecnologiche, in parte riconducibili a forni (9%), strumenti litici come macine, macinelli, incudini e percussori (7%) e ceramiche tecniche (ugelli da mantice) (3%)²³. Allo scopo di proporre una sintesi delle principali classi di strutture individuate nei siti fusori trentini oggetto di scavo e ricerca negli ultimi 15 anni, è utile richiamare per sommi capi i risultati degli scavi di Acqua Fredda (CIERNY 2008), punto di riferimento fondamentale per gli studi di settore.

Sempre per offrire un quadro il più possibile esaustivo della tematica, si riportano infine anche i dati relativi al complesso fusorio di Favogna/Fennhals, in comune di Cortaccia/Kurtatsch, situato su un piccolo altopiano, sopra la Val d'Adige, nei pressi di Salorno (BZ)²⁴.

¹⁹ CATTOI *et alii* 2001; D'AMICO *et alii* 1998.

²⁰ Per le specifiche della tematica, si rimanda a: ADDIS *et alii* 2016; 2017; ANGELINI *et alii* 2013; ARTIOLI *et alii* 2015; 2016; NIMIS *et alii* 2012.

²¹ Cfr. nota 1.

²² Con l'importante eccezione, sotto quest'ultimo aspetto, degli altopiani di Lavarone e Luserna.

²³ I dati statistici sono ricavati dalla schedatura dei siti edita in CIERNY 2008 e successivi aggiornamenti (dati inediti Ufficio beni archeologici di Trento). Per quanto riguarda la presenza dei diversi tipi di scorie si tenga conto, tuttavia, che un fattore fortemente condizionante è quello della loro diversa visibilità-riconoscibilità. Le scorie grossolane, e in certa misura anche quelle piatte, sono più facili da vedere e meglio riconosciute dagli abitanti dei luoghi che spesso hanno costituito la principale fonte di informazione. Al contrario, dei 18 siti che presentano sabbia di scorie, 13 sono stati indagati con scavo o sondaggi, a dimostrazione del fatto che in questo caso il riconoscimento è avvenuto prevalentemente ad opera degli specialisti impegnati nelle ricerche.

²⁴ Di questo sito sono state date notizie in: HAUSER 1986; NOTHDURFTER, HAUSER 1986; NOTHDURFTER 1993; SCHIFFERLE *et alii* 2014; ANGUILANO *et alii* 2009.

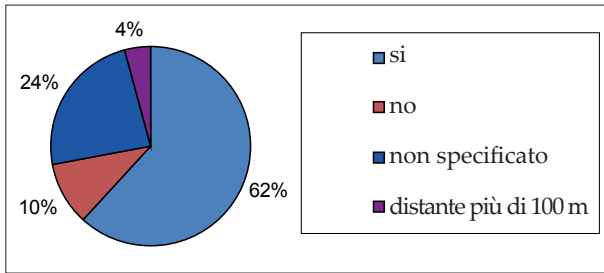


Fig. 8. Presenza e assenza di acqua nei pressi dei siti fusori trentini (fonte: catalogo dei siti fusori in CIERNY 2008, pp. 99-226).

Fig. 8. Presence/absence of water resources at the smelting sites (data from the catalogue of sites in CIERNY 2008, pp. 99-226).

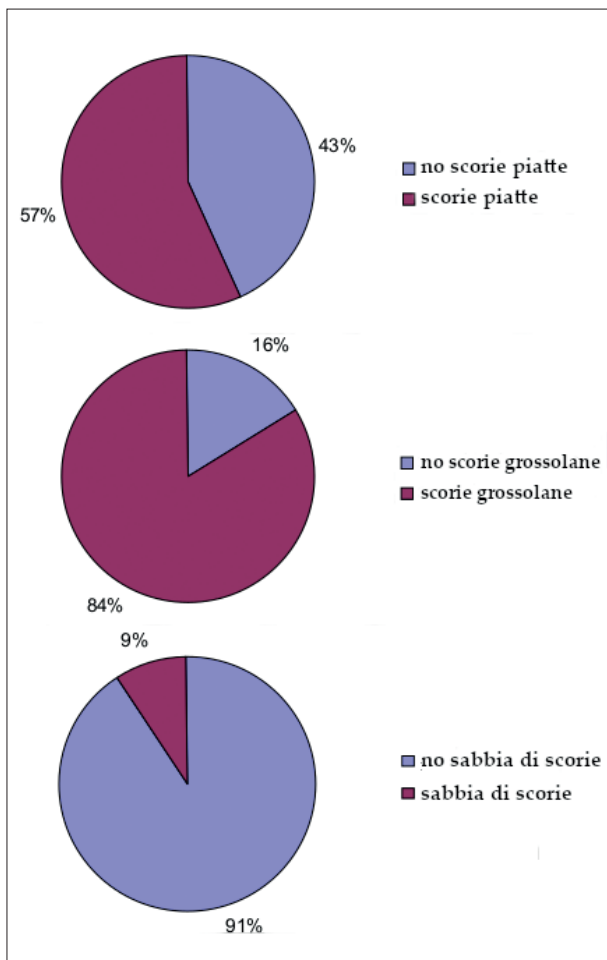
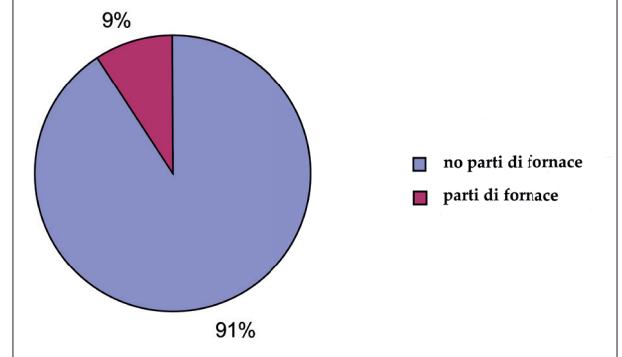
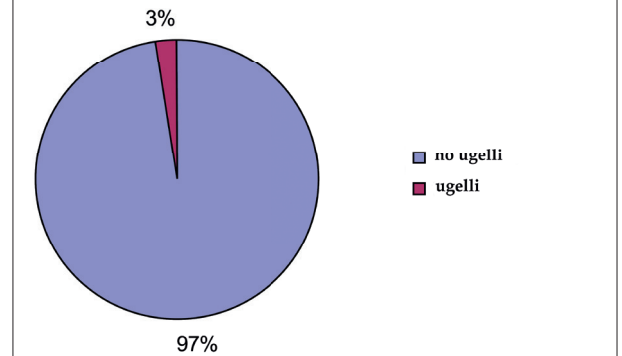
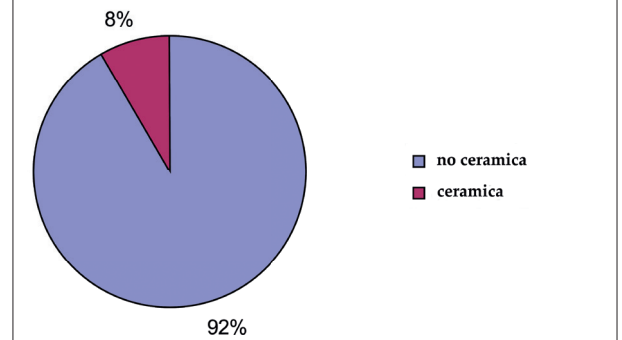
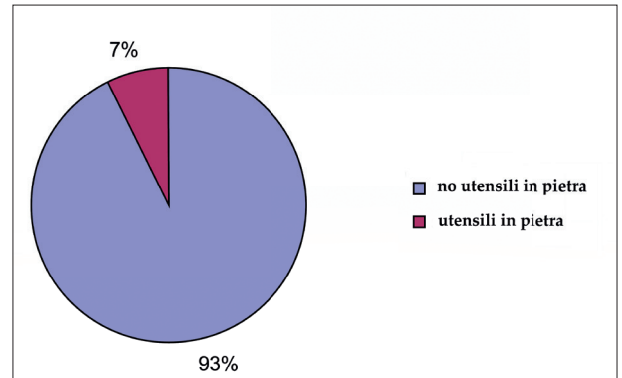


Fig. 9. Dati quantitativi su: principali tipi di scorie, strutture e utensili mobili nei siti fusori trentini (fonte: catalogo dei siti fusori in CIERNY 2008, pp. 99-226).

Fig. 9. Quantitative data concerning slag types, structures and tools at the smelting sites (data from the catalogue of sites in CIERNY 2008, pp. 99-226).

Il caso di Acqua Fredda di Redebus

La scoperta del sito, in comune di Bedollo e prossimo al Passo di Redebus che dall'altopiano di Piné immette nella Val dei Mocheni, avvenne nel 1979. Depositi e strutture connesse ad attività metallurgica primaria vennero in luce in seguito a lavori di allargamento della strada che conduce al Passo, a un'altitudine di circa 1.500 m s.l.m. I resti dell'impianto fusorio sono situati su un deposito di origine glaciale e delimitati, a valle, da un acquitrino alimentato da una sorgente, dalla quale il sito prende

il nome di "Acqua Fredda". Dopo i primi interventi promossi dall'Ufficio beni archeologici di Trento, il gruppo di ricerca italo-tedesco condusse cinque campagne di scavo tra il 1985 e il 1995, in cui furono eseguite 9 trincee di scavo ("settori"), per un'estensione complessiva di 168 m², mentre 6203 m² furono indagati con prospezioni geognostiche (carotaggi) e geofisiche (magnetometro). Ciò ha permesso di esplorare un complesso fusorio, utilizzato in più fasi successive datate archeologicamente e radiometricamente tra la tarda età del Bronzo e l'inizio dell'età del Ferro²⁵, eccezionalmente ben conservato

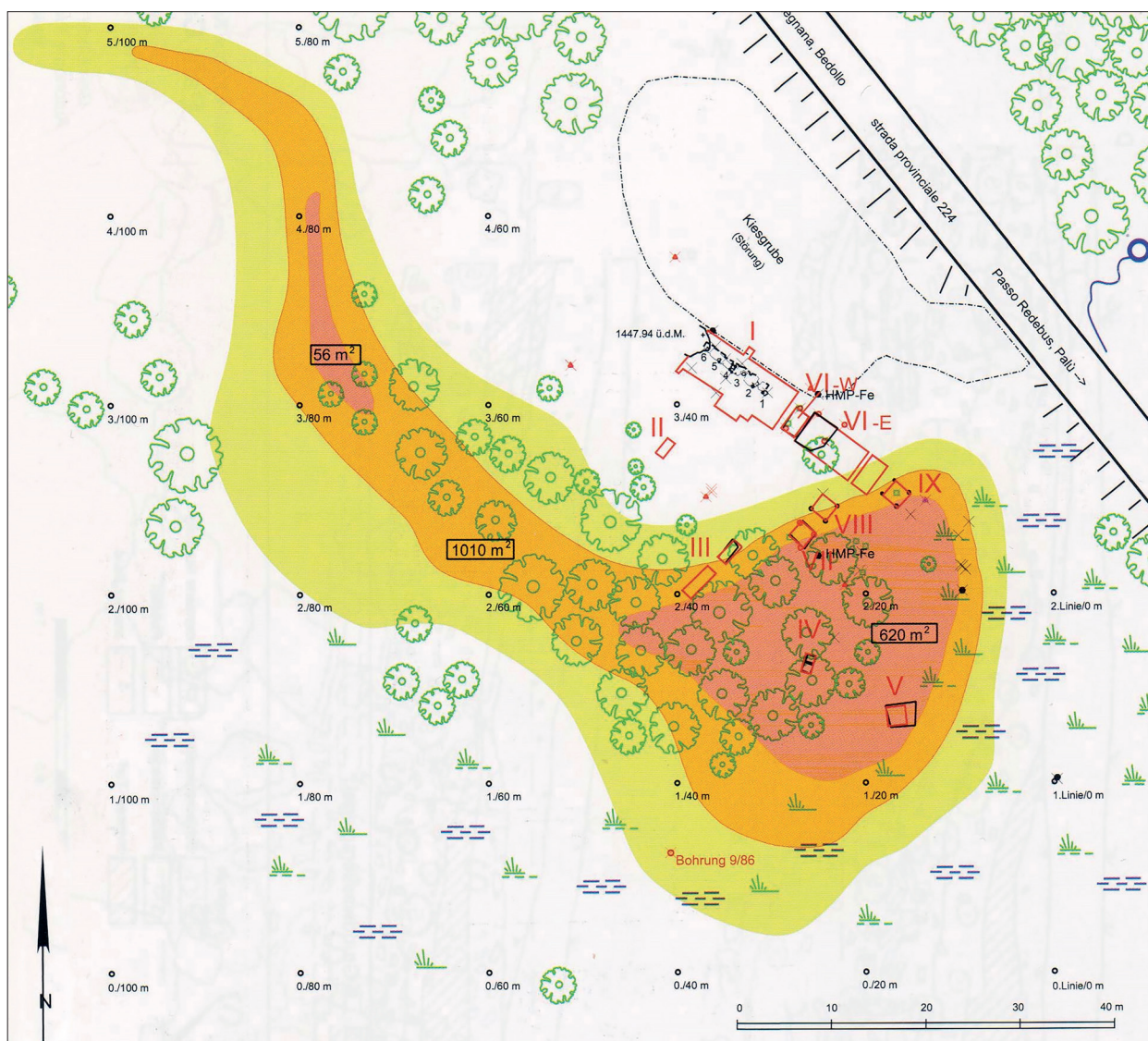


Fig. 10. Planimetria generale degli interventi di scavo e prospezione geofisica nel sito di Acqua Fredda al Passo di Redebus (CIERNY 2008, plan 51).

Aree contornate in rosso: settori di scavo. Area colorata: discarica di scorie. Estensione massima 2239 m²; area gialla: tracce di scorie nei campioni da carotaggio (553 m²); area arancione: cumuli di scorie con spessore fino a 0,50 m (1010 m²); aree rosse: cumuli di scorie con spessore superiore a 1 m (676 m²).

Fig. 10. General plan of the excavation areas and geophysical prospections at Acqua Fredda at the Redebus Pass (CIERNY 2008, plan 51). Areas dotted in red: excavation areas. Coloured areas: slag heap. Max extension 2239 m²; yellow area: slag fragments found in core samples (553 m²); orange area: slag heap up to 0,50 m thick (1010 m²); red areas: slag heap thicker than 1 m (676 m²).

²⁵ I materiali ceramici tipologicamente diagnostici, ascrivibili alla *facies* Luco/Laugen A, e lo spillone in bronzo tipo Fontanella rimandano al Bronzo finale (CIERNY *et alii* 2004, pp. 134-138). Fa eccezione un frammento di ansa a espansioni verticali ("ansa lunata") che, sebbene rinvenuto in associazione con gli elementi "Luco/Laugen A", è considerato più antico (CIERNY *et alii* 2004, p. 134, fig. 16.2; CIERNY 2008, p. 50, pl. 4). Le datazioni radiometriche sono state pubblicate in CIERNY 2008, pp. 85-90.

e che comprende, in particolare nei settori I e VI, diverse tipologie di strutture, ossia: 9 forni fusori, 5 "focolari" (*feuerstellen*), resti di strutture lignee, macine e altri attrezzi da lavoro. Circa 30 metri più a valle, in un'area dove il piccolo rivo "Acqua Fredda" crea un bacino palustre, è stata individuata una vasta discarica di "sabbia di scorie" (CIERNY 2008, plan. 51). Complessivamente il sito doveva avere un'estensione di ca 2500 - 3000 m², di cui 2239 m² occupati dalla discarica a valle degli impianti²⁶ (Fig. 10).

La lettura stratigrafica dei depositi messi in luce ad Acqua Fredda ha permesso di distinguere 4 diverse fasi di attività, di cui le prime 3, a cui si riferiscono le principali strutture indagate, sono state datate anche su base radiometrica (CIERNY 2008, pp. 68-70) grazie a 13 datazioni che hanno permesso, successivamente, la realizzazione di un modello bayesiano (MARZATICO *et alii* 2010).

Acqua Fredda - Fase 1 (1220 - 1000 cal BC circa)

La fase 1 (Fig. 11, da CIERNY 2008) comprende 2 o 3 fosse con resti di combustione, prive (o quasi) di apparati di contenimento in muratura e definite dagli autori come *Grubenöfen* (forni a fossa), 2 forni (*Öfen*) quadrangolari in muratura, e alcune strutture lignee (tre paletti e un palo). Già a questa fase potrebbe essere datata la formazione dei livelli di sabbia di scorie (settore IX) e degli accumuli di scorie piatte negli angoli sud-orientale e sud-occidentale del settore I.

Forno 1 - settore I: forno a fossa di forma ovale (larg. 60 cm; lung. 70 cm; prof. 10 cm) circondato da 4 lastre di porfido in posizione verticale, alte 25 cm e fortemente alterate dal calore. Il forno era aperto sul lato frontale ed era scavato nella ghiaia di substrato. Il riempimento era costituito da uno strato di carbone spesso da 1 a 4 cm, frammenti di argilla scottata e scorie piatte.

Forno 2 - settore I: forno a fossa (?) di forma sub-circolare (diam. 65 cm; prof. 23 cm). È stato interpretato come forno a fossa, ma non è esclusa la pertinenza a un'originaria struttura con elevato in

muratura, successivamente distrutta dalle opere della fase successiva. Il riempimento risultava costituito da un livello di carbone, sulla testa del quale c'erano frammenti di limo scottato e "pezzi di forno", piccoli ciottoli, scorie e carbone.

Forno 9 - settore VI B: forno a fossa di forma quadrangolare (larg. 48 cm; lung. 60 cm; prof. 15 cm); il riempimento interno è costituito da carbone (da 4 a 15 cm) cui si sovrappongono limo arancione ossidato con frammenti di pietrame con segni di alterazione termica e carboni. La fossa risultava rivestita con pietrame (anche in piccole lastre) sui lati nord-ovest e nord-est, mentre un solo elemento litico compare sul lato sud-est (possibile la rimozione degli altri elementi).

Forno 7 - settore VI A: forno quadrangolare in muratura (lati 40 cm; h. max 50 cm). Il fondo è a fossa; il lato posteriore è stato realizzato con un unico elemento litico, mentre quello anteriore è, come di norma, aperto; il lato sinistro è costituito da due grandi blocchi oblungi. Il riempimento, partendo dal fondo che è scavato nella ghiaia sterile, è costituito da sabbia giallo-scura, un sottile strato di carbone e aghi di conifera e, infine, un ammasso di scorie con frammenti di argilla scottata.

Forno 8 - settore VI B: forno quadrangolare in muratura parzialmente distrutto; dimensionalmente e strutturalmente simile al forno 7, se ne differenzia per le condizioni del fondo che non è scavato nello sterile, ma sotto il quale sono presenti almeno altri 5 livelli di limo sabbioso giallo con frustoli di carbone e un pezzo di scoria, indizio di probabile riuso e/o ricostruzione della struttura.

Strutture in legno

A circa 50 cm dall'apertura del forno 7 (settore VI A) sono state rinvenute una tavola di legno parzialmente conservata (55 x 7 x 2 cm) e un secondo frammento lungo 10 cm, cui sono state associate tre piccole buche riferibili a picchetti di legno. Tali elementi sono stati interpretati come residui di una struttura di contenimento (di carbone), funzionale al forno 7, analogamente a quanto osservato per le meglio conservate strutture della Fase 2.

²⁶ L'estensione è stata calcolata sulla base di quanto riportato nella planimetria generale pubblicata da Cierny (2008, Plan 51). L'estensione della discarica viene indicata in 2239 m², cui vanno aggiunti ca 130 m² comprensivi dei settori di scavo fuori dalla discarica (I e VI) per un totale di 2369 m². Va tuttavia considerato che una parte del sito (immediatamente a nord del settore I) è stata distrutta da lavori di cava e stradali. L'ampiezza di tali interventi è riportata graficamente in planimetria e corrisponde a ca 800 m², per cui si potrebbe arrivare teoricamente a ca 3200 m².

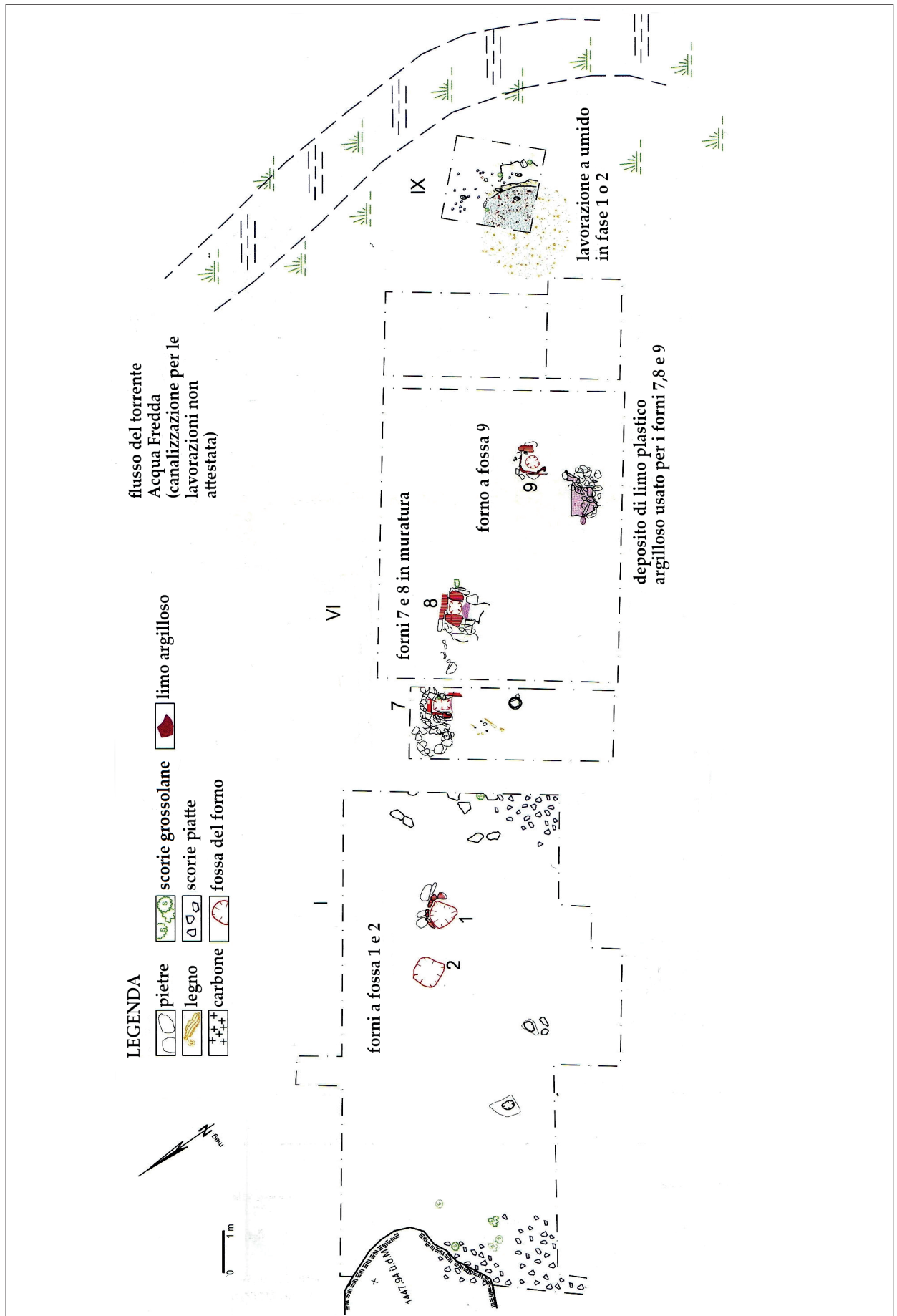


Fig. 11. Acqua Fredda al Passo di Redebus - Fase 1 (CIERNY 2008, plan 52).
 Fig. 11. Acqua Fredda at the Redebus Pass - Phase 1 (CIERNY 2008, plan 52).

Acqua Fredda - Fase 2 (1080 - 900 cal BC circa)

È la fase a cui sono attribuite la maggior parte delle strutture individuate, in particolare il complesso sistema di murature dei settori I e VI, la batteria di 4 forni incassati nella parte ovest del muro del settore I e i "focolari" del settore VI e VII che, pur assegnati a questa fase, risultano stratigraficamente successivi ai forni del settore I. Sempre nel settore I sono state inoltre individuate: tracce di strutture lignee, probabili cassonature di contenimento, 2 cumuli di scorie piatte (angoli sud-ovest e sud-est) e uno di scorie grossolane (Fig. 12, da CIERNY 2008).

Settore I

Il muro: al di sotto di una sequenza di strati di pietrame, è stata messa in luce una struttura muraria in pietre, realizzata su un terrazzo artificiale e divisa in due parti da uno spazio vuoto di 35 cm. La parte est del muro conserva fino a tre corsi di pietre (altezza: 50-65 cm); la lunghezza qui rilevata è di circa 4 m, ma probabilmente prosegue verso sud-est, ossia nell'adiacente settore VI. Il punto di interruzione del muro è stato interpretato come un punto di passaggio (simile ad un altro rinvenuto nel settore VI), verso un'altra area di lavorazione più a monte, di cui non resta traccia. La parte ovest del muro misura 6,8 m in lunghezza e ca 1 m in larghezza ed è quella in cui sono state ricavate le nicchie che ospitano i forni nn. 3, 4, 5 e 6. La parte del muro a monte è realizzata contro versante ed è stata danneggiata da lavori di cava, mentre il lato frontale è ben preservato e presenta 4 corsi di pietre di varie dimensioni (fino a 30 x 70 cm) prevalentemente in porfido, ma anche in altri materiali lapidei e scorie grossolane; il legante usato è un limo sabbioso di probabile origine locale.

Forno 3: forno in muratura di forma quadrangolare (trapezoidale: lato posteriore 50 cm; lato anteriore 70 cm; profondità 80 cm). Il fondo è a fossa circolare (diam. 42-45 cm; prof. 24 cm); il lato ovest è preservato fino a 4 corsi di pietre; il lato posteriore consiste di una lastra singola di porfido (60 x 40 cm).

Forno 4: forno in muratura di forma quadrangolare, dimensionalmente simile al forno 3, è realizzato in blocchi di porfido. Il fondo è a fossa, colmato con carbone fine (circa 15 cm) sopra al quale sono stati rinvenuti frammenti del rivestimento interno del forno. L'elevato è in pietrame, intonacato all'interno con limo, con tracce di focature; lo stesso materiale è stato usato come legante. La camera interna era riempita di argilla scottata, pietre arrossate e frammenti di scorie.

Forno 5: forno in muratura di forma quadrangolare (larg. 40 cm; lung. 50 cm; h max 67 cm). Il fondo è

piatto; la parte inferiore dell'elevato è costituita da grandi blocchi; il lato posteriore è realizzato con 4 pietre frammentate. Il riempimento contiene uno strato di 3-4 cm di carbone e pezzi di argilla scottata, probabilmente frammenti pertinenti all'intonacatura del forno stesso.

Forno 6: forno in muratura di forma quadrangolare (lato posteriore 30 cm; lato anteriore 20 cm; profondità 36-40 cm). Il lato ovest poggia su una grande roccia ed è conservato fino a 48 cm di altezza, quello est fino a 70 cm. Il lato posteriore consiste di almeno 5 blocchi di pietra. Il fondo è in parte appoggiato sulla roccia ed è colmato da ca 16 cm di carbone, sulla cui superficie furono trovati frammenti di parete del forno, scorie grossolane e alcuni frammenti di scorie piatte.

Strutture in legno

Di fronte al muro contenente i forni 3-6 sono state rinvenute le tracce di due strutture in legno. La prima, di fronte al forno 3, è costituita da 2 tronchi di ca 10 cm di diametro, perpendicolari tra loro e uniti per un'estremità, lunghi rispettivamente 3 m e 1 m. Alla seconda struttura sarebbero pertinenti due gruppi di assi in legno: il primo di fronte ai forni 4, 5 (il frammento maggiore misura 90 cm in lunghezza e 15 cm in larghezza) e il secondo prossimo al forno 6. All'interno di tale struttura, in particolare tra i forni 4 e 5, è stato rinvenuto un ammasso di scorie grossolane e frammenti di rivestimento di forno. Entrambe le strutture sono messe in relazione con alcune buche di palo, prossime ad esse.

Settore VI

L'estensione dello scavo del settore I verso SE ha portato alla luce, al di sotto di un cumulo di pietre privo di strutture, ma con resti di macine e frammenti ceramici, due muri a secco solo parzialmente conservati, tra loro paralleli. Il muro più settentrionale risulta allineato, e probabilmente in continuità, con il muro individuato nel settore I. A differenza di quest'ultimo, tuttavia, i muri del settore VI non conservano nicchie che ospitano forni, ma ad essi sono invece appoggiate altre strutture pirotecniche definite "focolari" (*feuerstellen*), interpretabili, a detta di Cierny, come strutture da fuoco di uso domestico, o come alloggiamenti per la fusione in crogiolo²⁷.

Muro 1: la struttura ha una lunghezza complessiva di 6,7 m (settori VI e IX). Consiste di alcuni strati di pietre non lavorate e ciottoli di porfido. Copre i forni 7 e 8 (fase 1) ed è coperto dallo strato di sabbia di scorie US 638 (pertinente alla fase 3).

Muro 2: è distante 1 m dal muro 1 e ad esso parallelo. Presenta le stesse caratteristiche strutturali e dimen-

²⁷ Lo stesso Cierny segnala tuttavia che non vi sono tracce di simili strumenti tra i materiali rinvenuti ad Acqua Fredda.

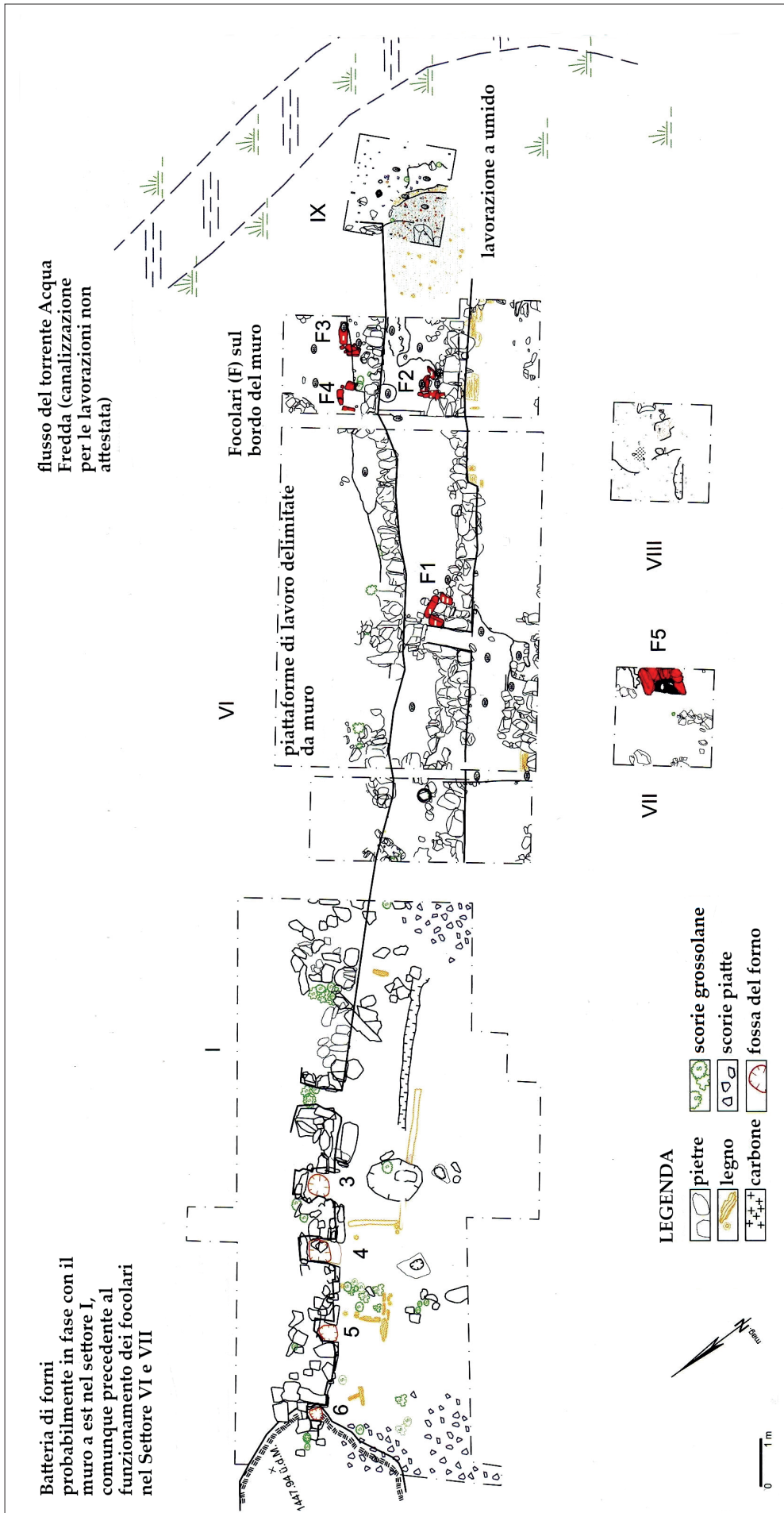


Fig. 12. Acqua Fredda al Passo di Redebus - Fase 2 (CIERNY 2008, plan 53).
 Fig. 12. Acqua Fredda at the Redebus Pass - Phase 2 (CIERNY 2008, plan 53).

sionali del muro 1, salvo la presenza di un'apertura (passaggio) larga 35 cm, accanto al focolare 1, analoga a quella del muro del settore 1. Si sovrappone parzialmente al forno n. 9.

Focolari 1-4

La struttura è quasi identica in tutti gli esemplari: forma quadrangolare con tre lati in muratura, una grande pietra usata come lato posteriore e pietre più piccole per gli elementi laterali (dimensioni: ca 60-65 cm di lato; h max: 30 cm). Il fondo è piano; il paramento interno non presenta alcun rivestimento, né tracce di forte alterazione termica. Il riempimento è costituito da strati di carbone che possono trovarsi alla base (F1 e F2) o al di sopra di altri livelli di riempimento (F3 e F4) e da strati di colmataura successivi alla fase di attività. Non compaiono materiali connessi a specifiche attività pirotecniche (scorie, argilla concotta ecc.). I focolari 3 e 4 erano quasi addossati al muro 1 e ravvicinati tra loro, mentre i focolari 1 e 2 si trovano a ridosso del muro 2 e distano tra loro circa 4 m.

Un focolare è presente anche nel settore VII (F5), circa una decina di metri a sud-ovest del settore VI; è dubitativamente attribuito alla fase 2, sulla base del rapporto di anteriorità stratigrafica rispetto alle strutture lignee rinvenute sempre nel settore VII e attribuite alla fase 3.

Strutture in legno

Vari reperti lignei, tra cui uno spezzone di tavola (40 x 15 cm) sono stati trovati al di sotto del muro 2 e sono stati interpretati come sedili o passerelle (su terreno umido).

Acqua Fredda - Fase 3 (1000 - 800 cal BC circa) e Fase 4

Alla fase 3 (Fig. 13) sono attribuite alcune strutture destinate alla macinatura e al lavaggio di materie prime e/o prodotti secondari dei processi di lavorazione, nonché alcune grandi fosse. Le datazioni radiocarboniche permettono di ipotizzare che queste strutture, rinvenute nei livelli più alti dei settori VI, VII e VIII, fossero in relazione a forni non ancora individuati (o forse distrutti).

Canaletta rivestita: al margine meridionale del settore VI appare la traccia di una canaletta artificiale (larg. 50-80 cm; prof. 14 cm) con direzione NO-SE in cui sono conservate parti di tavole di legno, probabile foderatura della stessa. La canaletta, che doveva captare il flusso del vicino rio Acqua Fredda, piegava a 90°, lungo il versante (settori VII e VIII), per confluire nella sottostante area umida; sulla sponda ovest della canaletta è stata infine rinvenuta una macina in giacitura primaria. Secondo Cierny, canaletta e macina dovevano essere elementi collegati al processo di trattamento

del minerale e/o della sabbia di scorie (CIERNY *et alii* 2004, p. 132; CIERNY 2008, p. 60, plan. 28, 29, 54).

Fossa 1 e Fossa 2 (settore VI): misurano rispettivamente 240 x 110 cm ca e 180 x 160 cm ca per una profondità di 80 e 40 cm; sono colmate di pietrame, privo di tracce di alterazione termica o scorificazioni, frammenti di macine e scorie grossolane. Una terza fossa è stata individuata al confine sud-occidentale del settore VI. Sono state interpretate come esito dello smantellamento di piattaforme di lavoro.

Una possibile quarta fase è stata definita sulla base delle evidenze stratigrafiche dei settori VII e VIII (livelli successivi alla canaletta foderata di legno). Per tale fase, tuttavia, non vi sono elementi utili alla definizione funzionale e all'attribuzione cronologica (CIERNY 2008 p. 65).

La discarica di scorie

Non precisamente collocabile nell'ambito delle 3 principali fasi precedentemente descritte, la grande discarica a sud dei settori che presentano le strutture fusorie occupa un'estensione di 2239 m² di cui 1010 m² con spessore fino a 50 cm e 676 m² con spessore di almeno 1 m, per una stima complessiva di circa 800 - 1000 (CIERNY *et alii* 2004) oppure 1000 - 1500 (CIERNY 2008) tonnellate di scorie, in gran parte del tipo "sabbia di scorie" (Fig. 10).

Gli scavi effettuati (in particolare nei settori III, IV, V, Fig. 14) hanno permesso di esplorare un'articolata sequenza stratigrafica, potente fino a 225 cm. Tale sequenza è composta, partendo dalla base del deposito, da strati sub-planari di sabbia di scorie per circa 180 cm, cui seguono alcuni strati di sabbia di scorie particolarmente compatta, sopra ai quali si formarono diversi strati in cui alla sabbia si aggiungono anche carbone, frammenti di argilla rossastra, pietre ed infine frammenti di scorie piatte e grossolane, indicando, secondo Cierny, un possibile cambiamento nell'uso dell'area. Da notare che non sono stati rilevati singoli cumuli di sabbia di scorie, ma l'intera superficie di lavoro era mantenuta più o meno pianeggiante, man mano che aumentava in altezza.

Soprattutto alla base del deposito di scorie, in ambiente umido, compaiono elementi lignei come paletti e pali a punta ancora in posizione verticale (settori III e V), nonché assicelle, resti di un tavolone con tracce di lavorazione ad ascia e sega, rami e schegge (settore V). La sabbia di scorie è stata anche oggetto di indagini analitiche. Lenti di sedimento omogeneo di colore grigio (settore IX) si sono rivelate a contenuto di rame più alto (5,5 - 7%) rispetto alla sabbia di scorie di colore marrone (2%). Ciò è stato interpretato come indizio di pratiche di trattamento secondario delle scorie per il recupero del rame in esse contenuto (CIERNY *et alii* 2004, p. 132).

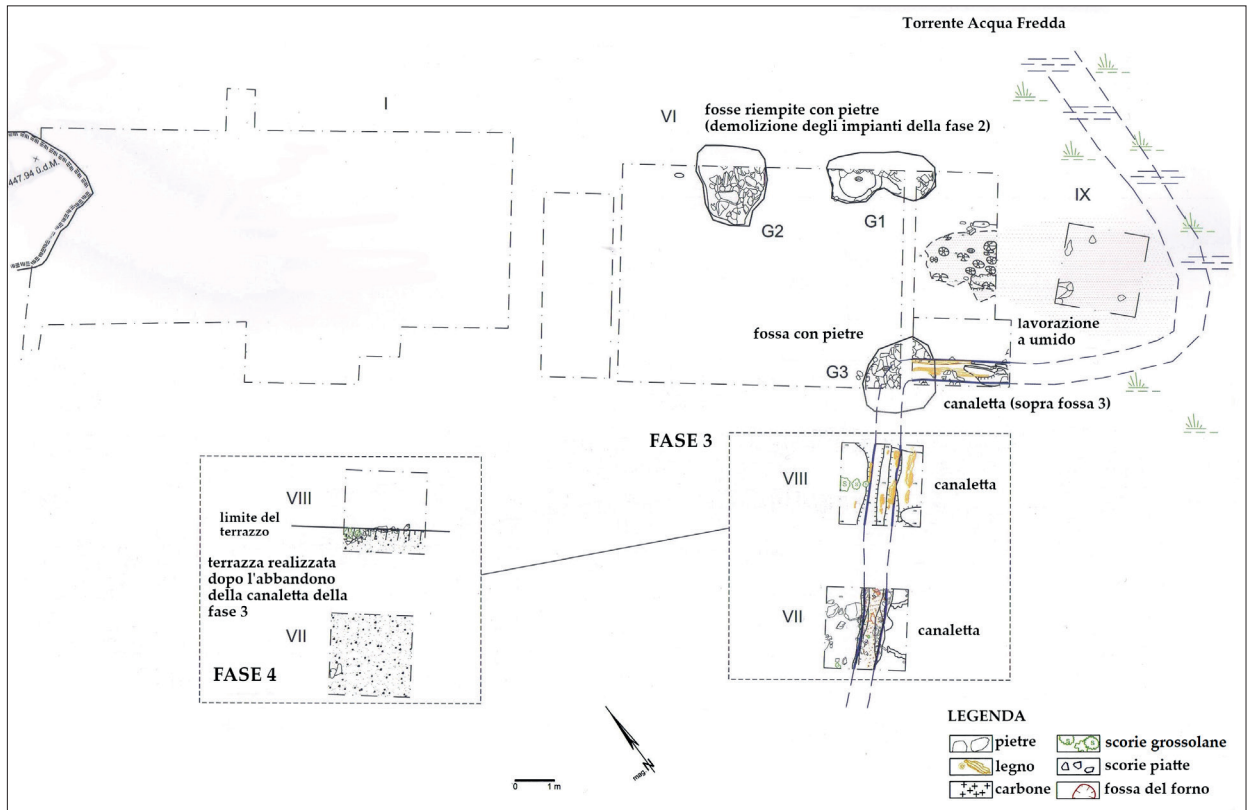


Fig. 13. Acqua Fredda al Passo di Redebus - Fasi 3 e 4 (CIERNY 2008, plan 54).
 Fig. 13. Acqua Fredda at the Redebus Pass - Phases 3 and 4 (CIERNY 2008, plan 54).

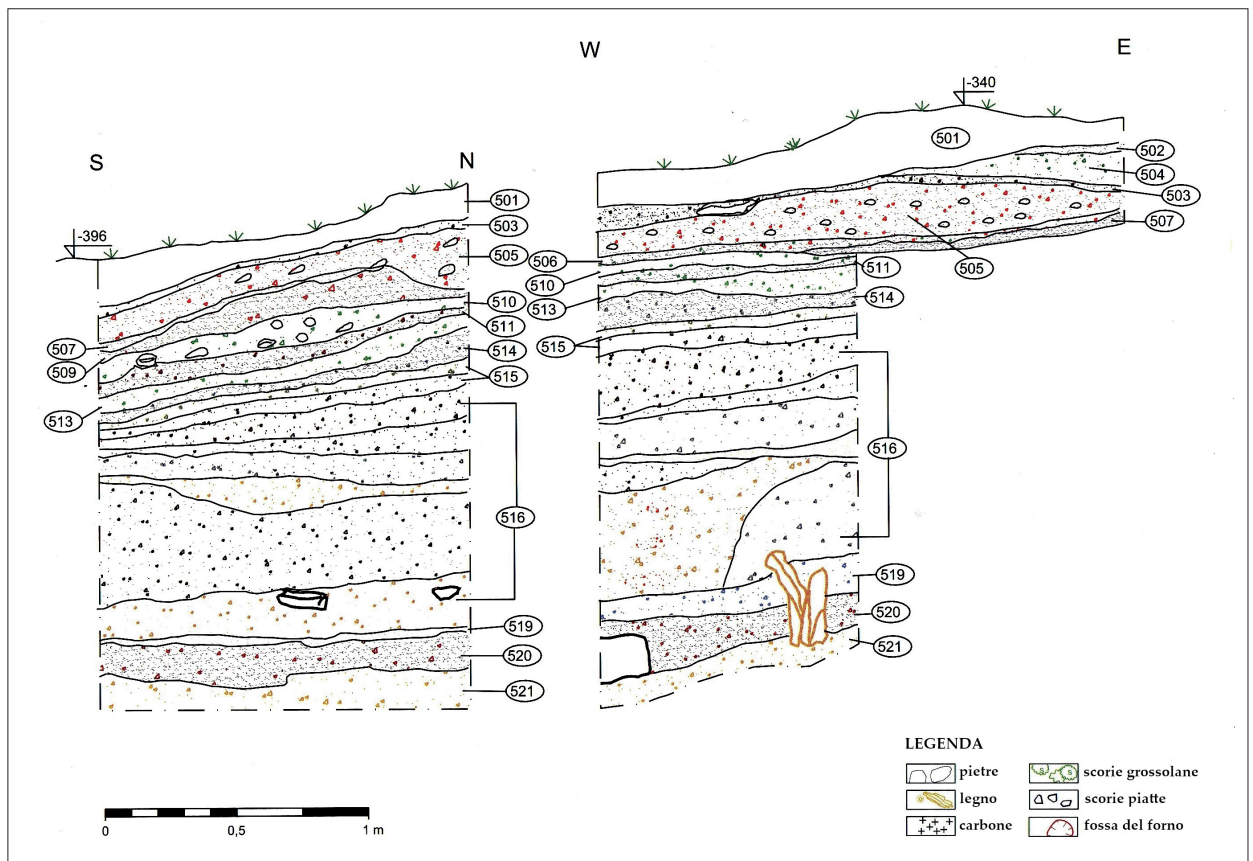


Fig. 14. Acqua Fredda al Passo di Redebus. Sequenza stratigrafica rilevata nelle sezioni S-N e W-E del settore V (CIERNY 2008, plan 11).
 Fig. 14. Acqua Fredda at the Redebus Pass. Stratigraphic sequence of the S-N and W-E sections in excavation area V (CIERNY 2008, plan 11).

Il caso di Favogna/Fennhals

Il sito di Favogna/Fennhals, in comune di Cortaccia/Kurtatsch (BZ) è stato scoperto nel 1970, lungo un ripido versante a 1160 m sopra la valle dell'Adige (destra idrografica). Inizialmente furono identificati 4 forni, coperti da un cumulo di detriti calcarei alto quasi 2 m. Con le ricerche regolari eseguite negli anni '80 e '90 dall'Ufficio beni archeologici di Bolzano, è stato scoperto un quinto forno, meglio conservato²⁸.

I forni di Fennhals, in blocchi di fillade quarzifera particolarmente resistente al calore, sono di forma quadrangolare e misurano, in pianta, ca 60 x 50 cm per un'altezza massima di 70 cm.

Il fondo è intonacato in argilla e presenta una sorta di canale interpretato come elemento drenante per la scoria liquida; anche l'interno delle fornaci era intonacato con argilla che si presenta fortemente termo-alterata; il lato a valle si presenta sempre aperto.

Il quinto forno ha permesso, inoltre, il recupero di un ugello da mantice integro, di forma conica, lungo ca 30 cm, inserito nella parte inferiore del forno e a contatto con il riempimento interno. I forni sono allineati lungo un asse trasversale al pendio (Fig. 15) e gli elementi nn. 2, 3 e 4 sembrerebbero presentare un lato addossato a quello del forno vicino. Richiamano, sotto questo aspetto, la batteria di forni contigui della fase 2 di Acqua Fredda (settorio I), anche se a Favogna

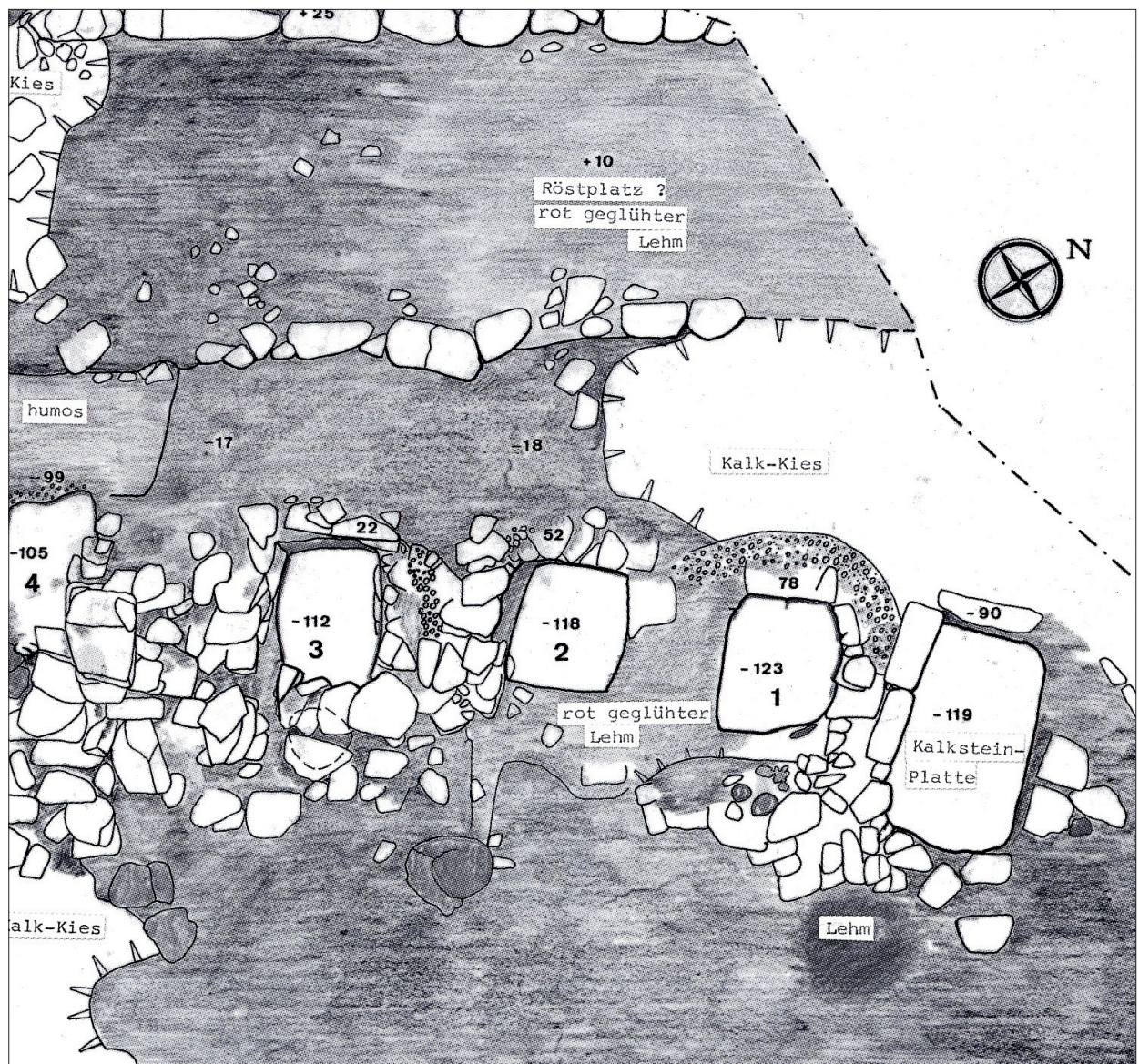


Fig. 15. La batteria di forni e il letto di arrostitimento individuati nel sito fusorio di Favogna/Fennhals presso Cortaccia/Kurtatsch (BZ) (NOTHDURFTER, HAUSER 1986).

Fig. 15. The battery of furnaces and the roasting bed found at Favogna/Fennhals, near Cortaccia/Kurtatsch (BZ) (NOTHDURFTER, HAUSER 1986).

²⁸ HAUSER 1986; NOTHDURFTER, HAUSER 1986; NOTHDURFTER 1993.

gna/Fennhals mancano evidenze di una muratura continua.

Il complesso comprende anche un letto di arrostimento, situato immediatamente a monte dei forni, che misura 1,2 x 4 m ca, ed è delimitato da una fila di pietre con rivestimento in argilla alterata dall'azione del fuoco (concotto). Infine, a valle dei forni, sono stati scoperti alcuni focolari, presso i quali è stata rinvenuta la maggior parte dei frammenti ceramici individuati nel sito fusorio.

I pochi elementi ceramici rinvenuti nel sito e attualmente editi (in prevalenza frammenti di orlo di forme troncoconiche, tronco-ovoidi, ovoidi e a profilo sinuoso) sono stati indicati come riferibili al Bronzo Recente (*Spätbronzezeit*) e datati tra XIV e XIII sec. a.C. (HAUSER 1986, p. 82). Tra i materiali editi non compaiono invece elementi riferibili con certezza alle fasi più avanzate dell'età del Bronzo (*facies* Luco/Laugen A).

Oltre alla cronologia (su base tipologica) più alta rispetto a quelle dei siti trentini, un altro importante elemento distintivo rispetto ai siti fusori della seconda fase sono le scorie, che a Favogna sono solamente quelle di tipo grossolano, o più precisamente "bollosi" (ANGUILANO *et alii* 2009; SCHIFFERLE *et alii* 2014). A questo proposito va citato il caso del sito fusorio WH/SP 5 dell'area produttiva di Kitzbühel (nord Tirolo) dove sono state portate alla luce una coppia di forni quadrangolari in muratura (dim. plan.: 50 x 80/100 cm), scorie massicce e mai del tipo piatto. Quest'ultima caratteristica, unica nell'area, è stata messa in relazione alla cronologia relativamente alta del sito, definita radiometricamente nell'ambito del XV sec.a.C. (KOCH WALDNER 2019, pp. 38-40).

Sinossi delle principali strutture produttive (PB, ES, MB, NC, ND, NP, FN)

Di seguito si propone la tipologia delle principali strutture produttive individuate nei siti fusori trentini, alla luce degli scavi di Acqua Fredda e dei più recenti interventi effettuati dall'Ufficio beni archeologici di Trento²⁹.

Forni

Sono usualmente definiti "forni" le strutture pirotecniche destinate al processamento di minerale e/o prodotti derivati (metallina) in ambiente controllato.

Forni quadrangolari in muratura

In Trentino ne sono stati riconosciuti almeno 16 esemplari, realizzati con pietrame locale adatto allo scopo, in genere "porfido" (vulcaniti permiane); dove questo scarseggia o è assente, come a Luserna, sono stati utilizzati il calcare o sottoprodotti delle lavorazioni, ossia scorie grossolane. I forni possono essere alloggiati direttamente contro terra, come nei casi di Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c) e Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021), oppure inseriti in strutture murarie (Acqua Fredda, cfr. *supra*) o addossati a strutture murarie di contenimento del versante (S. Orsola LV, SILVESTRI *et alii* 2021); conservano sempre e solo tre lati, ossia quello di fondo e i due laterali, realizzati con più corsi di blocchi rozzaamente squadrate (anche di notevoli dimensioni come ad Acqua Fredda: 70 x 30 cm) messi in opera con l'ausilio di pietrame minuto e materiale terroso (argilla e/o limo) come legante. Talvolta conservano tracce dell'originaria intonacatura con sedimento sulla superficie interna. Ad Acqua Fredda il fondo, di forma concava, è in genere scavato nel substrato, mentre a Sant'Orsola LV è stata rilevata una preparazione in piccole lastre di "porfido" posate con cura e fittamente accostate tra loro.

Non vi sono invece elementi certi per quanto riguarda la parte sommitale, ossia non è chiaro quanto l'elevato sia conservato in altezza.

È, probabilmente, la necessità di una rimozione agevole della parete frontale del forno, per poterne estrarre la carica trattata senza danneggiare il resto della struttura, che può spiegare la sistematica mancanza di questo lato.

In taluni casi (Acqua Fredda e Favogna/Fennhals) sono stati rinvenuti frammenti di ugelli da mantice in prossimità del lato aperto del forno.

Per quanto riguarda le dimensioni dello spazio interno, si osserva la presenza di un possibile modulo, che varia tra i 40 e i 60 cm di lato circa, attestato ad Acqua Fredda (6 su 6) a Luserna PvM (3 su 5) e a S. Orsola (2 su 2) e a Favogna/Fennhals, ma vi sono anche esemplari di dimensioni maggiori, praticamente doppie, come quelli di Luserna PvM (120 x 130 cm e 50 x 100 cm) e l'unico esemplare sufficientemente scavato di Fierozzo VC (105 x 90 cm).

I forni più piccoli, di ca 50 cm di lato, con 3 lati (conservati) in muratura appartengono ad una tipologia condivisa su entrambi i versanti alpini, come dimostrano diversi esempi da Mitterberg (Salsburghese, EIBNER 1982; 1992; STÖLLNER 2015a e bi-

²⁹ Si vedano da ultimi in questo volume i contributi relativi a Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a), Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021), Transacqua PA e AdF (BELLINTANI *et alii* 2021b), Fierozzo (BELLINTANI *et alii* 2021c); Sant'Orsola - Le Val (SILVESTRI *et alii* 2021); Lavarone, Loc. Malga Rivetta (NICOSIA, DE GUIO 2021) e la relativa bibliografia.

bliografia ivi citata), Jochberg (Tirolo, GOLDENBERG 2004; KOCH WALDNER, KLAUNZER 2015 e bibliografia ivi citata; KOCH WALDNER 2019), Oberhalbstein (Svizzera, TURCK 2019). Strutture più grandi, come quelle attestate a Luserna e a Fierozzo, trovano confronto sempre nel Tirolo, ad esempio a Mauk A (GOLDENBERG 2013; 2015; 2021) e a Rotholz, dove i due forni meglio preservati mostrano forma ovale e dimensioni interne 1,3 x 0,7 m (STAUDT et alii 2019, p. 286).

Forni "a fossa" (?)

Si tratta di alcune strutture individuate ad Acqua Fredda (forni nn. 1, 2 e 9), tutte pertinenti alla Fase 1. Sono costituite da una fossa di forma variabile (da sub-circolare a quadrangolare) dimensionalmente simile alle basi a catino dei forni in muratura documentati nello stesso sito. Il dubbio che possa trattarsi del residuo di originari forni in muratura, successivamente rasati da opere successive, è stata avanzata dagli stessi ricercatori per quel che riguarda il forno 2 (cfr. *supra*), sulla base delle caratteristiche del deposito (presenza della sola fossa, riempita anche con elementi pertinenti ad un'originaria perimetrazione con elementi lapidei e intonaco di argilla).

Gli altri due forni presentano invece una sorta di perimetrazione della fossa su tre lati, con elementi (lastre o pietrame) di "porfido" non disposti in corsi sovrapposti.

Nelle fasi avanzate dell'età del Bronzo, l'ipotesi di strutture fusorie prive di alzata in muratura non trova confronti, né in ambito locale, né nelle regioni minerarie transalpine. Resta pertanto il dubbio che anche nel caso dei forni nn. 1 e 9 gli elementi lapidei perimetrali possano aver fatto parte di un'originaria struttura muraria non più conservata.

Altre strutture pirotecniche

Non precisamente classificabili, data la non adeguata documentazione grafica e fotografica, ma forse sempre riferibili a forni, sono le 6 "conche"

individuate in loc. Terrebis di Frassilongo (Valle dei Mocheni) (ŠEBESTA 1992, pp. 154-155)³⁰; più problematica, invece, è l'interpretazione della grande struttura individuata in loc. Cinque Valli (Roncegno Terme) (ŠEBESTA 1992, pp. 111-116)³¹.

Strutture complesse

In tutti i casi noti (Acqua Fredda, Fierozzo VC, Luserna PvM, S. Orsola LV) i forni non si presentano mai come elementi singoli, ma sempre in numero superiore a uno.

Il caso più noto è quello dei 4 forni di Acqua Fredda - fase 2 (nn. 3-6, cfr. *supra*), incassati in un muro continuo, che può essere definito "batteria a monoblocco", intendendo per "batteria" un insieme di elementi cooperanti in una funzione comune (Fig. 16a). Questo particolare complesso richiama per certi aspetti quello di Favogna/Fennhals (cfr. *supra*), dove però i quattro forni non sembrerebbero nicchie ricavate all'interno di un muro, ma piuttosto singoli elementi allineati, con pareti laterali in appoggio le une alle altre.

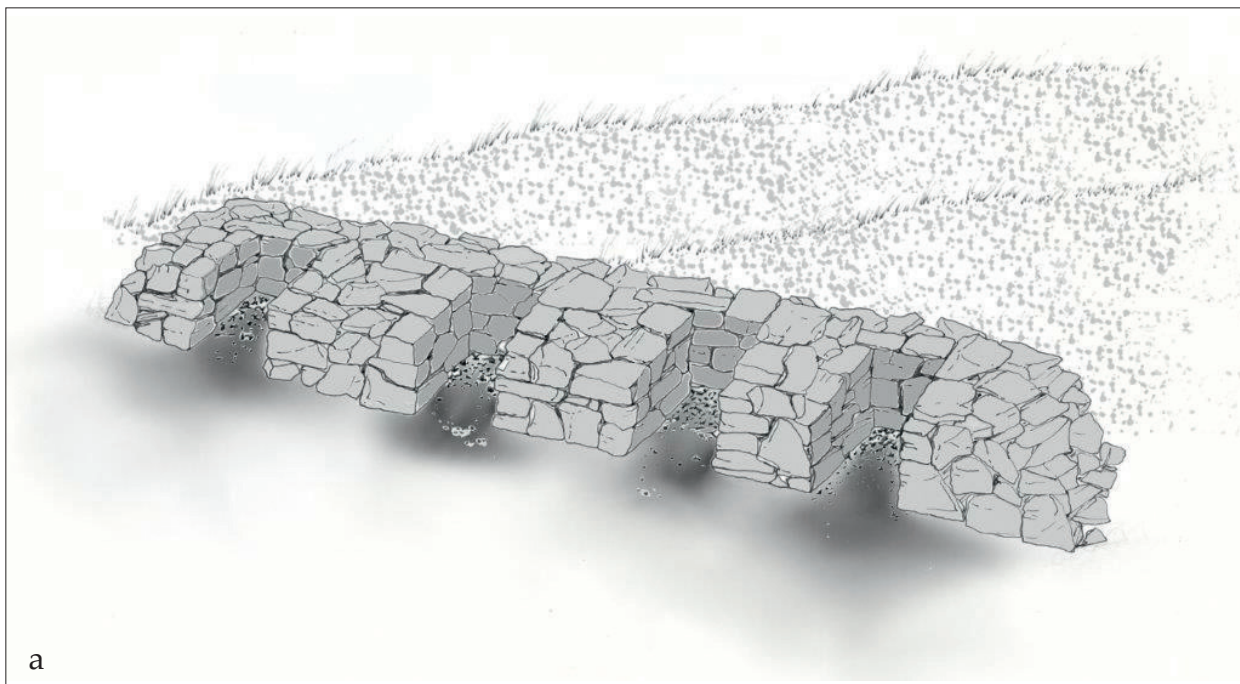
Più nota, anche nelle regioni nord-alpine (Jochberg/Kitzbüchel, KOCH WALDNER 2019; GOLDENBERG 2004; Eisenerzer Ramsau, KLEMM 2015), è la modalità dei forni "in coppia", ossia con un lato in condivisione o in appoggio (Luserna PvM, NICOLIS et alii 2021; Fierozzo VC, BELLINTANI et alii 2021c) (Fig. 16b).

Solo a livello di ipotesi potrebbero essere definite come varianti in questa categoria anche le "coppie" (?) di strutture con elementi contigui, ma non aderenti, rinvenuti a Acqua Fredda (Fase 1, forni 1 - 2 e 7 - 8, cfr. *supra*) e a S. Orsola LV (Fig. 16c, SILVESTRI et alii 2021). A S. Orsola LV i due forni rinvenuti sono distanti circa un metro l'uno dall'altro. Tuttavia, la limitata estensione dello scavo (S. Orsola LV) e/o l'interferenza di strutture pertinenti ad altre fasi (Acqua Fredda) non consentono considerazioni più precise in merito.

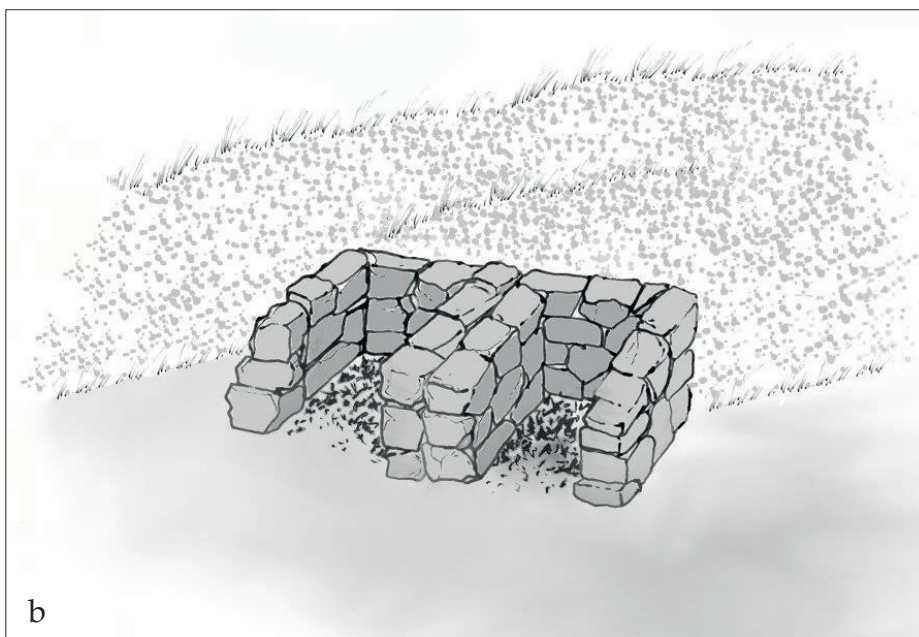
Attualmente, non vi è modo di attribuire le differenze tipologiche, dimensionali o di complessità delle strutture (batterie; coppie) a una precisa fase cronologica o all'associazione con specifiche strutture o residui di lavorazione.

³⁰ Nel caso di Frassilongo, loc. Terrebis, l'autore parla di fosse di diametro tra 21 e 30 cm, profonde 11-15 cm, grossomodo allineate su due file, rinvenute nell'area di scavo n. 1. Le fosse dovevano presentare uno o più strati di rivestimento ("argilla" e "polvere di carbone") e un riempimento di carbone e scorie grossolane. Nell'adiacente area di scavo 2 (ŠEBESTA 1992, p. 154, fig. 312) furono rinvenute, in sequenza dall'alto: uno strato di scorie grossolane e sabbia di scorie (7-9 cm), uno strato di sabbia di scorie e carbone (10-15 cm) uno strato di scorie piatte (3 cm) ed infine uno "straterello" di cenere con "minuti frammenti di argilla cotta e un ultimo strato con carbone e scorie "lisce" (riconoscibili come scorie piatte dalle figg. 322 e 323 di p. 157) e frammenti di "cotto". Non è chiaro invece da quali strati provengano i frammenti di ceramica ("un centinaio"), tra cui un frammento di ugello da mantice, riferibili all'età del Bronzo Recente e Finale (figg. 333 e 334, p. 161).

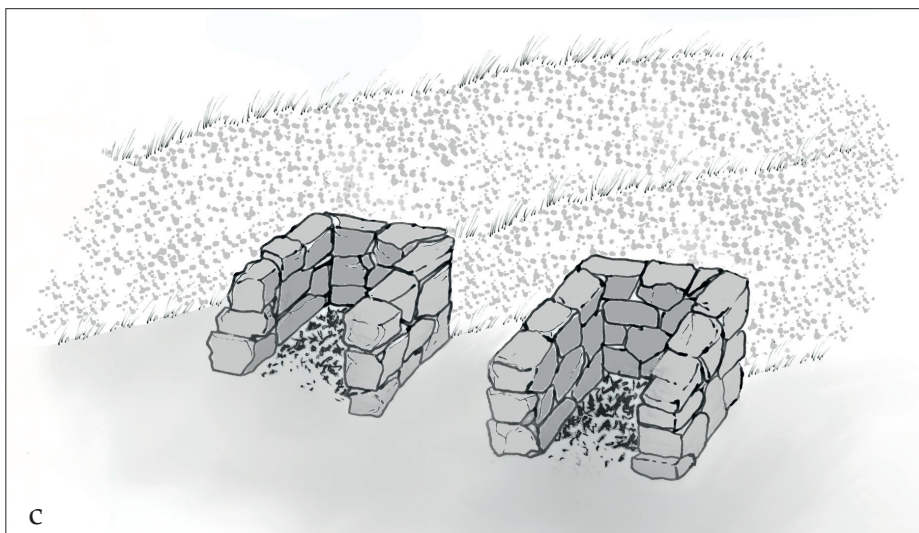
³¹ A Cinque Valli è stata portata in luce una struttura di forma sub-circolare di dimensioni considerevoli (160 x 130 cm), costituita da pietre irregolari, tra cui un frammento di macina, e con fondo in concotto (argilla termo-alterata); del riempimento (ceneri, carbone) facevano parte anche frammenti di concotto. Nei livelli superiori dello scavo era stata rinvenuta sabbia di scorie e in prossimità della struttura anche scorie piatte, il che lascia supporre che anche questa probabile struttura pirotecnicologica sia assegnabile alla metallurgia primaria protostorica trentina.



a



b



c

Fig. 16. Tipologia dei forni fusori trentini: a batteria (16a), coppia (16b), forni singoli (16c). Disegno N.D.

Fig. 16. Different types of smelting furnaces in Trentino: battery (16a), pair (16b), single furnaces (16c). Illustration by N.D.

Focolari

Si tratta di strutture di combustione che, per diversi motivi, dalla conformazione complessiva all'assenza di tracce di esposizione a temperature superiori a 1000°C, non sono riferibili a forni fusori. Possibili "focolari" (*feuerstellen*) sono stati individuati per la prima volta negli scavi condotti nel 1963 a Luserna PvM da Preuschen (1965, fig. 3, nn. 1-4). Sempre a Luserna, nell'area degli scavi condotti negli anni 2000 dall'Ufficio beni archeologici di Trento³², è stata interpretata come probabile focolare la struttura US 162, una fossa quadrangolare (esterno: 120 x 140 cm; interno: 80 x 45 cm) foderata con elementi litici di origine calcarea e grosse scorie grossolane, che delimitano un avvallamento colmato di residui carboniosi.

Cinque focolari sono presenti anche ad Acqua Fredda – fase 2 (settori VI e VII, cfr. *supra*). Qui sono addossati a due strutture murarie parallele. Circa il possibile utilizzo dei "focolari", il gruppo di lavoro Bochum-Trento operante ad Acqua Fredda ha avanzato due ipotesi: strutture domestiche oppure strutture "impiegate nella fase successiva della lavorazione del metallo, vale a dire nella fusione in crogioli, di cui peraltro ad Acqua Fredda mancano per ora testimonianze" (CIERNY *et alii* 2004, p. 132). A Favogna/

Fennhals alcuni focolari sono stati rinvenuti poco a valle dei forni, ossia nell'area che presenta la maggior concentrazione di reperti ceramici (ANGUILANO *et alii* 2009, p. 376).

A Transacqua PA (BELLINTANI *et alii* 2021b) sono state individuate, ma non completamente indagate, strutture che potrebbero essere pertinenti sia a resti di forni smantellati che a focolari (UUS 505; 514). Nel caso, invece, del "focolare" US 517 (Figg. 17a, b), completamente scavato e oggetto di indagini archeometriche, è possibile affermare che l'intervallo di temperatura a cui la struttura è stata esposta va da 450° a 800° C e che il sedimento presente all'interno della struttura corrisponde a sabbia quarzosa. L'ipotesi che sembra maggiormente sostenibile è quella di un utilizzo per il riscaldamento di locali rocce metamorfiche per agevolarne la frantumazione e ottenere sabbia a base di quarzo, utile al processamento dei solfuri di rame. Analoghe considerazioni potrebbero essere estese anche per la struttura US 327, non sottoposta a specifiche indagini, ma che presenta caratteristiche macroscopiche, in particolare il sedimento contenuto all'interno, molto simili a US 517. Tali osservazioni sembrerebbero congruenti anche con quanto emerso dalle indagini archeometriche eseguite sulle scorie di questo e altri siti trentini³³.

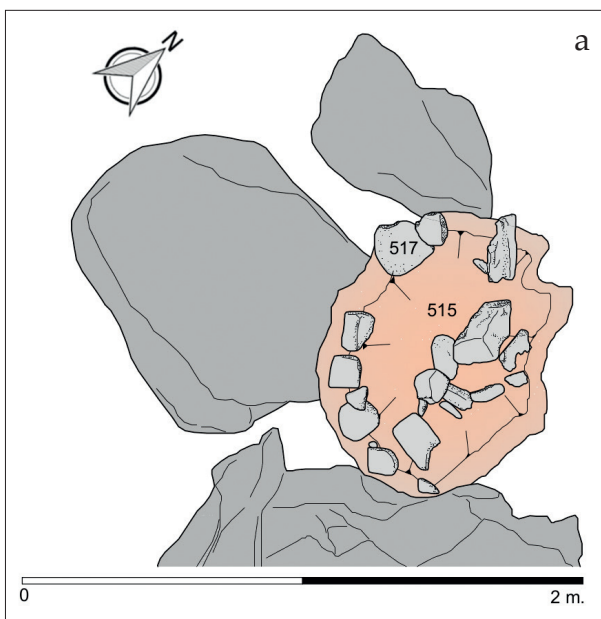


Fig. 17. Focolare US 517 da Transacqua – Pezhe Alte (BELLINTANI *et alii* 2021b): rilievo (a) e foto (b).

Fig. 17. Hearth SU 517 at Transacqua – Pezhe Alte (BELLINTANI *et alii* 2021b): drawing (a) and photo (b).

³² Cfr NICOLIS *et alii* 2021.

³³ Concerning the deliberate addition of quartz during the slagging step ... we suppose that quartz was added in order to obtain a quartz-oversaturated system. Such an excess of quartz helped to promote the separation of iron from the sulphidic ore, producing a fayalitic slag without any tapping process ... The extensive analyses of several Alpine copper districts allowed us to identify the Calceranica and/or Vetriolo mines in Valsugana as the possible sources that supplied the Luserna site ... The fine-grained silicate gangue of these mines ... is inconsistent with the coarse slags of Luserna, in which the quartz added is mainly characterized by large grains... the consistent amount of quartz measured in the coarse slags of other LBA Trentino sites (Transacqua and Segonzano, which are located in different Trentino districts and were supplied by other mines) strongly suggests a standardized addition of excess quartz, which implies a standardized LBA Alpine slagging process (ADDIS *et alii* 2016, pp. 108-109).

È possibile, pertanto, che nella categoria “focolari” siano attualmente rubricate strutture pertinenti a diverse funzioni: da elementi collegati al processo di *smelting*, come nel caso di Transacqua PA, a possibili focolari domestici (Favogna/Fennhals), mentre l’idea di strutture per la raffinazione del metallo non trova alcun supporto nell’attuale documentazione degli scavi.

Letti di arrostimento

Si tratta di resti di piazzole di forma allungata e regolare, delimitate da pietrame di varie dimensioni, con superfici alterate termicamente e/o da chimismi legati all’attività fusoria, ben riconoscibili per l’accentuato cromatismo, nei toni del giallo e del rosso. L’interpretazione di tali strutture come apparati dedicati all’ossidazione del minerale e di prodotti intermedi del processo fusorio è mutuata dalla letteratura di settore nord-alpina. Tali strutture sono infatti documentate in Austria, a partire dal Bronzo medio, a Mitterberg (EIBNER 1982; ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932 pp. 76-79, tab. III-VIII; STÖLLNER 2019a, pp. 23-25), Mauken (GOLDENBERG *et alii* 2012, pp. 74-76; GOLDENBERG 2013, pp. 109-110, figg. 30-31; GOLDENBERG 2021), Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, pp. 284 e seg. e biblio ivi citata; STAUDT 2021), Jochberg (GOLDENBERG 2004, pp. 169-170; 2015, pp. 156-160), Eisenerzer Ramsau (KLEMM 2010; 2015 pp. 197-198); in Svizzera (Oberhalbstein) a Alp Natons e, probabilmente, a Val Faller, Plaz (datati all’età del Ferro, TURCK 2019, pp. 213 e seg.).

In Trentino, gli esemplari meglio documentati sono quelli di Luserna PvM e Transacqua AdF. A Transacqua AdF (Figg. 18a, b) è stata individuata solo la parte terminale di un letto di arrostimento,

dove tuttavia è stata rilevata una sequenza di preparazioni pavimentali (almeno 2), realizzate con scorie piatte e argilla, probabilmente corrispondenti ad altrettante fasi di utilizzo (BELLINTANI *et alii* 2021b).

L’accurata preparazione del fondo è probabilmente dovuta alla necessità di raccogliere la maggior quantità possibile del materiale al termine del processo di arrostimento. A Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) sono state scavate 4 strutture (UUSS 134, 50, 170, 177) con dimensioni che variano da 4,90 a 8 m di lunghezza per una larghezza compresa tra 1,10 e 1,80 m (Fig. 19).

Generalmente i livelli di riempimento dei letti di arrostimento sono costituiti da strati limosi – argillosi, con presenza di carboni e tracce di esposizione al fuoco. A Luserna PvM e a Lavarone - Malga Rivetta (NICOSIA, DE GUIO 2021) sono state rinvenute scorie frantumate anche di dimensioni sub-centimetriche (tipo “sabbia di scorie”), mentre in nessun caso sono state riconosciute componenti legate al minerale primario (calcopirite).

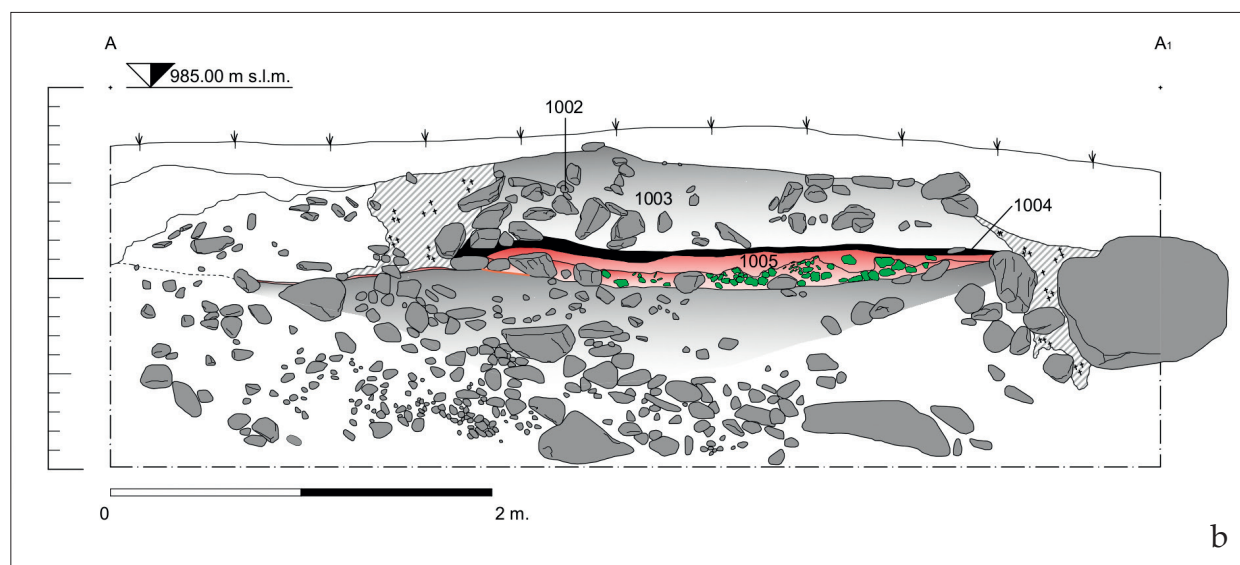


Fig. 18. Resti del letto di arrostimento individuato a Transacqua – Acquedotto del Faoro (BELLINTANI *et alii* 2021b). Foto generale (a) e rilievo della sezione (b) (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 18. Remains of the roasting bed found at Transacqua – Acquedotto del Faoro (BELLINTANI *et alii* 2021b). General photo (a) and section drawing (b) (BELLINTANI *et alii* 2021b).



Fig. 19. Letto di arrostitimento US 134 da Luserna - Platz Von Motze (NICOLIS *et alii* 2021).

Fig. 19. Roasting bed SU 134 at Luserna - Platz Von Motze (NICOLIS *et alii* 2021).

Strutture in legno

Tracce consistenti di strutture in legno sono state portate alla luce a Vetriolo (cfr. *supra*), ad Acqua Fredda (cfr. *supra*) e a Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a). Si tratta di pali appuntiti, assi e grandi tavole, presumibilmente pertinenti a strutture in elevato (coperture, tettoie, recinzioni ecc.). In tutti gli altri siti oggetto di scavo sono presenti, tra le strutture negative, quelle generalmente interpretate come alloggiamenti di elementi lignei (buche di palo) che, tuttavia, non sono mai state riconosciute in raggruppamenti regolari, tali da poter ricostruire la planimetria dell'originaria struttura o almeno parte di essa.

Recinzioni

Negli scavi condotti da Preuschen a Vetriolo nel 1960, in particolare nel secondo sondaggio, quello eseguito all'estremità superiore dell'area della discarica di scarti di lavaggio, venne in luce una "primitiva struttura lignea" (PREUSCHEN 1962 figg. 3, 5). Si tratta di un allineamento di paletti lungo circa 6 m cui erano collegati perpendicolarmente e in posizione sia orizzontale che verticale, una serie di pali appuntiti parzialmente lavorati. Sulla base di analoghi rinvenimenti sul versante nord alpino, l'autore avanzò l'ipotesi di strutture di consolidamento dei cumuli non compatti del materiale della

discarica, che avevano lo scopo di proteggere dalle frane i siti di lavaggio ubicati più a valle.

Tale rinvenimento ha fornito una possibile interpretazione all'interfaccia sub-verticale (US 27) dello strato cumuliforme di sabbia di scorie (US 28) individuata nel Settore 1 degli scavi condotti a Segonzano P (settore 1 - fase 3), dove la graniglia, successivamente al degrado dell'originaria recinzione di contenimento, avrebbe mantenuto l'originario assetto grazie al concrezionamento della massa (Figg. 20a, b; BELLINTANI *et alii* 2021a). Anche nella successiva fase 4 sono stati rinvenuti indizi di probabili recinzioni di contenimento, ossia buche per palo ai margini dei principali accumuli di scorie.

Strutture formalmente simili sono venute alla luce anche ad Acqua Fredda: si tratta di tre gruppi di pochi elementi lignei in assetto ortogonale e alcune buche di palo collegate ad essi, presenti davanti ai forni, sia della prima che della seconda fase, ad una distanza inferiore al metro. Inoltre, all'interno di una di queste è stato ritrovato un ammasso di scorie grossolane e frammenti di rivestimento di forno. In questo caso è probabile che si tratti di strutture di servizio legate al funzionamento dei forni.

Bonifiche (?)

Lungo il margine SO del bacino idrico di Segonzano P, elementi lignei pertinenti alla prima fase del sito,

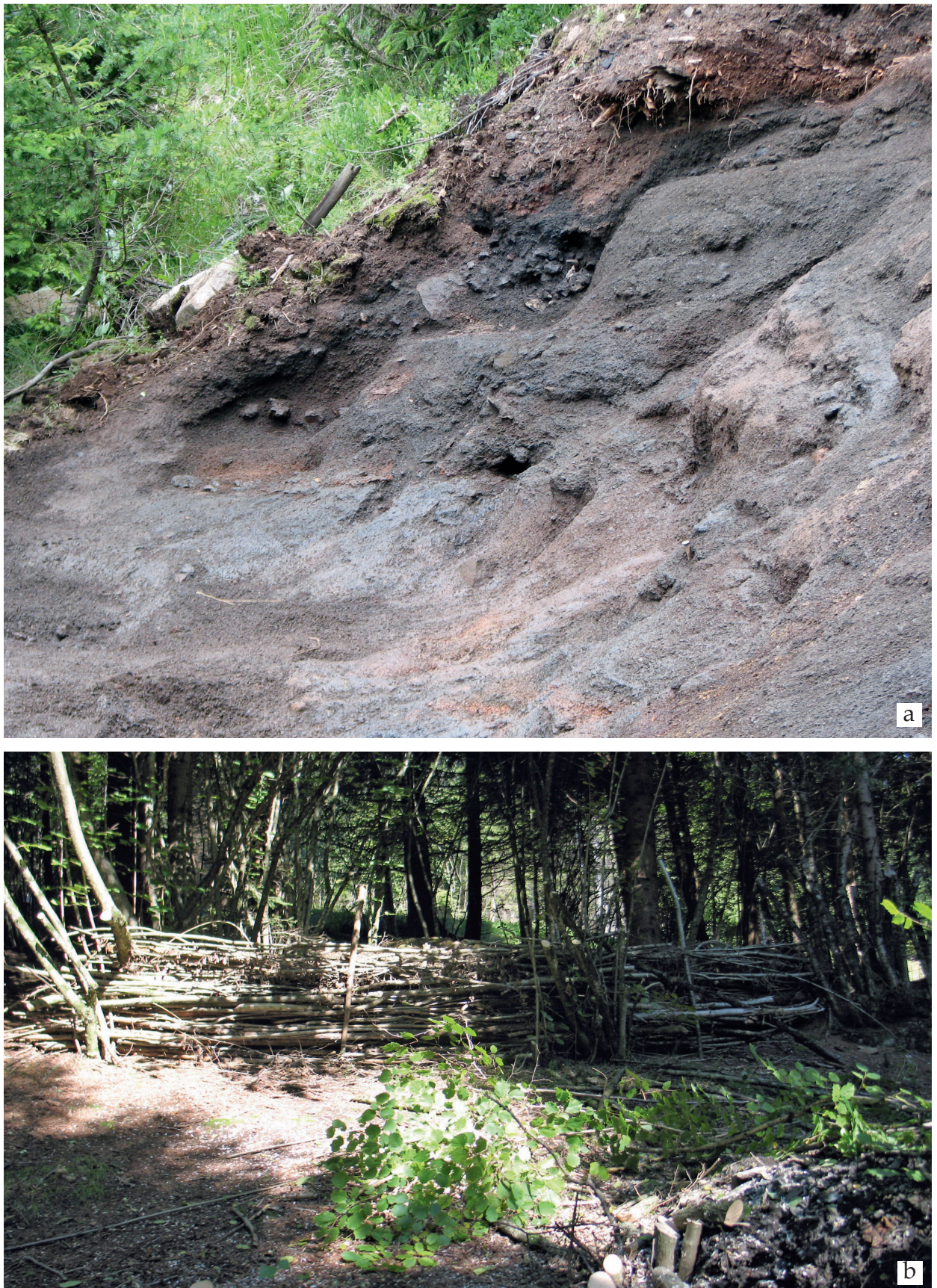


Fig. 20. Segonzano loc. Peciapian, Area A, Settore 1, Fase 3: a) evidenze di interfacce verticali nella sezione nord dell'accumulo di sabbia di scorie del Settore 1; b) ricostruzione ipotetica della struttura (BELLINTANI *et alii* 2021a).
 Fig. 20. Segonzano loc. Peciapian, Zone A, Excavation area 1, phase 3: a) the shape of the slope of the slag sand deposit in the northern section of the slag heap might be indicative of gabions or walls to retain slag dumps; b) hypothetical reconstruction of the structure (BELLINTANI *et alii* 2021a).

come paletti e piccole travi (UJSS 86-90), nonché resti iso-orientati di ramaglie (US 31), sembrerebbero potersi riferire a strutture di contenimento e/o di bonifica della sponda dell'area umida dedicata al lavaggio delle scorie da ri-processare, nonché a discarica delle parti inservibili (BELLINTANI *et alii* 2021a).

Strutture connesse ad impianti di laveria

Nella terza fase di Acqua Fredda doveva essere attiva una canaletta, foderata in legno, che deviava l'acqua dall'omonimo Rio (Figg. 21a, b). Secondo Cierny, la canaletta, sulla cui sponda destra è stata rinvenuta una macina, era collegata al processo di trattamento del minerale e/o della sabbia di scorie (CIERNY *et alii* 2004, p. 132; CIERNY 2008, p. 60, plan. 28, 29, 54).

Tettoie (?)

A Fierozzo VC, in fase e di fronte ai forni 1 e 2, sono state individuate alcune buche, profonde fino a 70 cm, di cui si può ipotizzare la funzione di sostegno per una copertura dell'area di lavoro (BELLINTANI *et alii* 2021c). Buche di palo sono attestate in molti siti fusori anche a nord delle Alpi (crf. più avanti paragrafo "Organizzazione dell'area delle lavorazioni").

Altre strutture lignee

Da Acqua Fredda provengono anche resti di tavole e altri elementi lignei che sono stati interpretati come sedili o passerelle su terreno umido (crf. *supra*).

Altre strutture murarie

Accanto alle strutture pirotecniche (forni, letti di arrostitimento e i cosiddetti "focolari") spesso si trovano i resti di strutture in muratura a secco, come ad esempio quelle della fase 2 di Acqua Fredda, in particolare le due murature parallele del settore VI che, a differenza di quella del settore I, non contengono forni, ma sembrano essere collegate all'attività dei focolari (crf. *supra*). Nel caso del muro individuato a S. Orsola LV (Figg. 22a-c; SILVESTRI *et alii* 2021) risulta invece abbastanza chiara la funzione di contenimento del versante per la creazione del pianoro su cui insistono i forni; tale funzione è stata prospettata anche per il lacerto di muro individuato a Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) che, tuttavia, non sembra immediatamente collegabile alle strutture pirotecniche emerse dagli scavi.

Un possibile confronto viene da Rotholz (Austria (STAUDT *et alii* 2019, p. 288), discusso più avanti nel paragrafo "Organizzazione dell'area delle lavorazioni".

Strutture negative

Alcune grandi fosse, come quelle rinvenute a Luserna PvM (UJSS 91, 90, 89, 88, NICOLIS *et alii* 2021) o ad Acqua Fredda (Fosse 1-3 del settore VI, crf. *supra*) di dimensioni variabili tra 110 e 240 cm di diametro

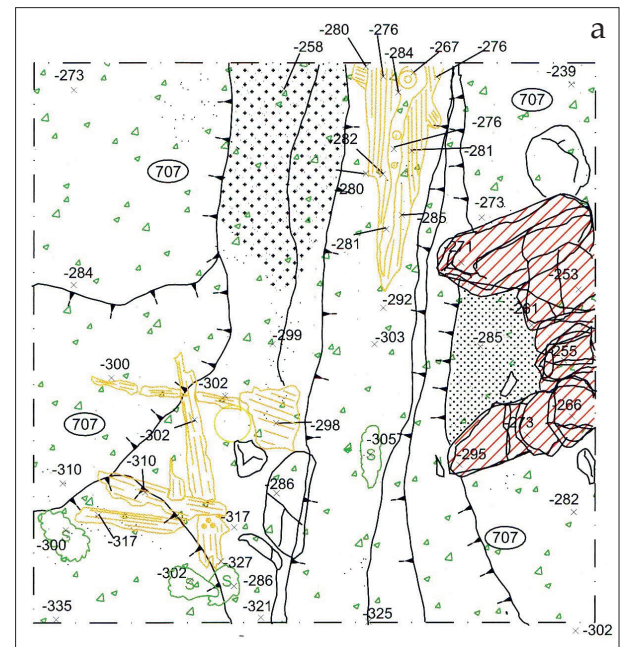


Fig. 21. Acqua Fredda al Passo di Redebus – Settore VII - Fase 3: canaletta con rivestimento in legno. Rilievo (a) e foto (b) (CIERNY 2008, taf. 19.1, plan 28B).

Fig. 21. Acqua Fredda at the Redebus Pass – Excavation area VII - phase 3: water channel with part of the wood still preserved. Drawing (a) and photo (b) (CIERNY 2008, taf. 19.1, plan 28B).

e profondità tra 40 e 160 cm e ricolme di pietrame, sono state considerate come pertinenti ad azioni di defunzionalizzazione e smantellamento di strutture produttive. È possibile anche che piccole fosse venissero scavate per prelevare materiale da costruzione.

Dimensioni minori (90 x 54 cm, prof. 50 cm) ha invece la fossa di S. Orsola LV, rinvenuta a poca distanza dal forno 1 (Fig. 22b). La struttura ha forma ovale e non presenta tracce di scottatura. Il riempimento è caratterizzato da: una fitta stesura di pezzi di grandi dimensioni di scorie grossolane; un riempimento di clasti di porfido e, a contatto con il fondo, una lente carboniosa. Il pozzetto sembra essere stato utilizzato come deposito di scorie grossolane deposte ordinatamente al suo interno e risulta obliterato dalla progressiva crescita del piano di calpestio circostante (US 8, SILVESTRI *et alii* 2021).

Simili strutture sono documentate anche a nord delle Alpi. Nel sito di Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, pp. 287-289; STAUDT 2021) diversi pozzetti sono stati messi in relazione con un possibile trattamento delle scorie. Anche in TURCK 2019 sono citati 3 pozzetti in due diversi siti (Gruba I e Val Faller, p. 220). Molto interessante il fatto che per il terzo, n. 621 nel sito Gruba I, gli autori ipotizzano, dal momento che presenta tracce di esposizione al fuoco e contiene molti piccoli frammenti di quarzo (p. 213), che possa essere servito per processare quarzo da aggiungere come flussante (p. 223), come proposto per l'US 517 del sito trentino di Transacqua (BELLINTANI *et alii* 2021b).

KOCH WALDNER 2019 (p. 39) cita 4 pozzetti, 2 riempiti di scorie e 2 di pietre, ipotizzando, vista la posizione alle spalle dei forni, che fungano da rinforzo delle strutture.

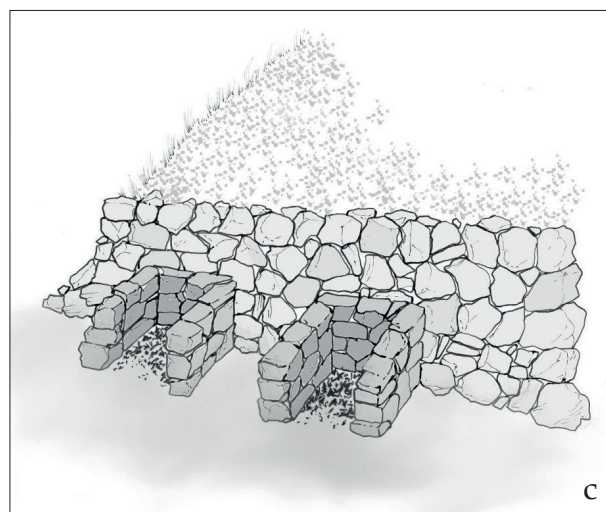
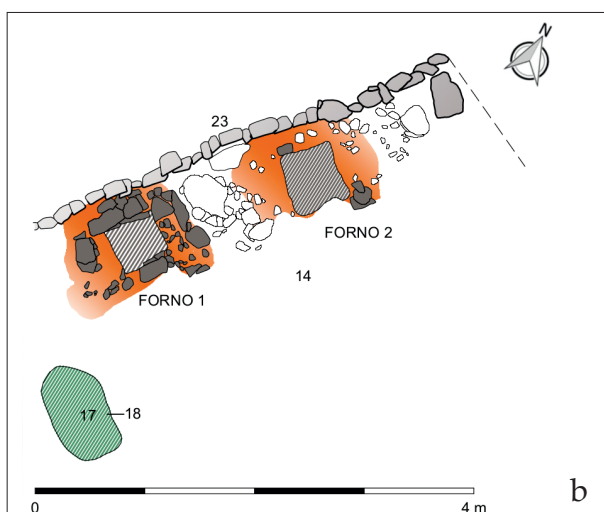


Fig. 22. S. Orsola Le Val: immagine dello scavo (a), planimetria (b) e ricostruzione grafica (c) dell'area dei forni con il muro di contenimento del versante (SILVESTRI *et alii* 2021). Grafica N.D.

Fig. 22. S. Orsola Le Val: general view of the excavation area (a), plan (b) and reconstruction (c) of the working surface with the furnaces, delimited uphill by a dry stone wall (SILVESTRI *et alii* 2021). Illustration by N.D.

Attrezzature mobili: incudini, percussori, macine

Un lavoro non ancora portato a compimento è quello della classificazione formale e funzionale degli attrezzi mobili legati alle lavorazioni della metallurgia primaria. Vale la pena, tuttavia, richiamare brevemente il primo (e anche unico) lavoro sulla tipologia di questi materiali in ambito trentino: quello proposto da Ernst Preuschen (1962; più in generale si veda ad esempio STÖLLNER *et alii* 2019b, figg. 2 e 20 per la metallurgia e WRIGHT 1992 per la terminologia). Grazie allo studio degli strumenti, prevalentemente in “porfido” (vulcaniti permiane), venuti alla luce nello scavo delle aree di estrazione e lavaggio del minerale di Vetriolo, l'autore propose un loro inquadramento nell'ambito di due fasi di lavorazione del minerale, finalizzate all'ottenimento della maggior superficie possibile da esporre ai trattamenti termici. Alla frantumazione più grossolana, con produzione di frammenti di roccia superiori a 5 mm di spessore, sarebbero pertinenti incudini e incudinelle (da 20 a 60 cm di larg. max) caratterizzate dalla presenza, sulla superficie di lavoro, di coppelle create dalla percussione (Figg. 23a e 24a). Le pietre usate come percussori, di forma irregolarmente

tondeggiate, hanno un diametro attorno ai 5-10 cm (Fig. 23b). La frantumazione fine, per la produzione di granuli inferiori a 3 mm di spessore, avrebbe invece comportato l'utilizzo di vere e proprie macine, costituite da un elemento inferiore fisso, a superficie concava, e uno superiore mobile a superficie convessa. La superficie dell'elemento inferiore è caratterizzata dalla presenza di sottili scanalature parallele che ne aumenterebbero la mordenza nel processo di macinazione (Fig. 24b). Strumenti simili a quelli di Vetriolo, descritti da Preuschen, sono stati rinvenuti anche in molti siti fusori, in particolare incudini, percussori e macine a sella³⁴. Ad Acqua Fredda, oltre alla macina a sella a superficie liscia rinvenuta accanto alla canaletta artificiale probabilmente destinata al trattamento del minerale e/o delle scorie da riprocessare (cfr. *supra*), sono stati ritrovati diversi esemplari di incudini e percussori (CIERNY 2008, tavv. 3-6) collegabili certamente al ri-processamento delle scorie grossolane (da cui la sabbia di scorie), senza escludere eventuali ulteriori trattamenti del minerale primario³⁵.

Rappresenta un *unicum*, al momento, il ritrovamento di una paletta in legno nella discarica di sabbia di scorie di Segonzano P, che trova confronto sia nei coevi contesti nord-alpini che in altre regioni minerarie, sempre nell'ambito delle fasi di lavaggio del minerale e/o delle scorie³⁶.



Fig. 23. a) piccola incudine in porfido a coppella singola e b) percussore in arenaria da Transacqua Pezhe Alte, US 303 (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 23. a) small anvil stone made of porphyry and b) hand stone made of sandstone from Transacqua-Pezhe Alte, SU 303 (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 24. a) incudine con sei coppelle (lung. max 31 cm) e b) frammento di macina rigata (lung. max 28 cm) da locc. ignote (Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina di San Michele all'Adige TN).

Fig. 24. a) anvil stone with 6 depressions (length max 31 cm) and b) fragment of a grindstone (length max 28 cm) from unknown localities (Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina di San Michele all'Adige TN).



³⁴ Non ancora chiarita è la differenza funzionale tra le macine a sella a superficie liscia e quella a superficie rigata.

³⁵ Tuttavia, nelle pubblicazioni relative ad Acqua Fredda non si fa mai menzione dell'eventuale rinvenimento di minerale.

³⁶ Per le specifiche si rimanda a: BELLINTANI *et alii* 2021a.

Scorie: tipologia, discariche e problemi aperti (ES, PB)

Le scorie

Basandosi sulle analisi chimiche soprattutto delle due principali classi di scorie, quelle grossolane (*Schlackenkuochen*) e quelle piatte (*Plattenschlacken*), a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso sono state formulate diverse ipotesi relative alle fasi del processo che si riferiscono all'utilizzo dei forni³⁷.

La cosiddetta "sabbia di scorie" (*Schlackensand*), presente in un limitato numero di siti, è stata oggetto di un primo importante contributo grazie alle analisi condotte da Metten (2003) su campioni prelevati ad Acqua Fredda. Secondo l'autrice la sabbia sarebbe il residuo di operazioni di macinatura di scorie grossolane dal cui lavaggio sarebbero stato recuperato materiale da ri-processare (in particolare metallina).

Più recentemente il gruppo di ricerca afferente all'Università di Padova, diretto da Gilberto Artioli e Ivana Angelini, ha condotto indagini su scorie grossolane e piatte provenienti da Luserna PvM, Segonzano P e Transacqua PA. Per quanto riguarda il trattamento in forno, sono state distinte tre fasi (ADDIS *et alii* 2016). Nella prima (*slagging*/scorificazione) una carica composta da minerale arrostito e frantumi di quarzo (con funzione di fondente) sarebbe stata riscaldata a temperature superiori a 1200°C per produrre una metallina a basso contenuto di rame (Matte A); come residuo si avrebbe la scoria grossolana. La seconda fase (*matting*/produzione di metallina) vedrebbe la trasformazione della metallina A in composto a maggior contenuto di rame (metallina B) con produzione di scorie "massive", un tipo con caratteristiche intermedie tra quelle grossolane e quelle piatte. Nella terza fase (*smelting*/estrazione del rame) si avrebbe la produzione di rame grezzo, metallina e scorie piatte.

Anche secondo HANNING *et alii* 2015 i vari tipi di scorie sarebbero il risultato di più *steps* del processo, in particolare le scorie piatte sarebbero il risultato dell'ultimo passaggio, il raffinamento della *matte*, che potrebbe non avvenire in forno ma in una struttura aperta.

Con l'obiettivo di sistematizzare e implementare le informazioni relative ai diversi tipi di scorie rinvenuti nei siti trentini, tra il 2006 e il 2009 l'Ufficio beni archeologici di Trento ha effettuato un primo campionamento (2000 elementi registrati) finalizzato alla costituzione di un database per la classificazione morfologica, morfometrica e composizionale delle scorie³⁸. L'obiettivo principale dello studio, ancora in corso, verte sul riconoscimento di specifiche tipologie, sulla ricorrenza dei tipi nei diversi siti e infine sulle relazioni tra le caratteristiche macroscopiche dei manufatti e la loro composizione chimica. Attualmente sono stati distinti 4 tipi di scorie:

1. scorie grossolane (*Schlackenkuochen*, Fig. 25a);
2. scorie piatte (*Plattenschlacken*, Fig. 25b) ossia sottili, con spessore compreso tra 0,2 e 0,8 cm, struttura omogenea e superfici che possono essere lisce, rugose o granulari; in alcuni casi possono avere spessore tra 1 e 1,2 cm, ma con le stesse caratteristiche del tipo precedente;
3. scorie "massive" con spessore superiore a 1,8 cm e una densità più elevata nella parte interna (Fig. 25c);
4. "sabbia di scorie" (Fig. 25d), composta da piccoli frammenti (granulometria 1 - 3 mm) ottenuti dalla macinatura di altri tipi di scoria. Il termine "sabbia" viene mantenuto in quanto tradizionale, ma non è del tutto corretto dal punto di vista della granulometria e in quanto non di origine naturale. Per quanto riguarda le indagini di caratterizzazione composizionale, nell'ambito della già citata ricerca di dottorato in corso presso l'università di Bochum, sono state effettuate analisi di scorie piatte, considerate un caratteristico correlato dei processi di estrazione del rame della tarda età del Bronzo della regione sud-alpina. Nel progetto in esame è stata analizzata la composizione chimica e mineralogica di circa un centinaio di campioni di scorie, raccolti da 10 diversi siti fusori, in parte provenienti da scavi regolari e in parte da ricognizioni di superficie³⁹.

In sintesi, all'attuale stato della ricerca è possibile affermare che:

- le scorie piatte derivano da un raffreddamento di materiale processato al di sopra di una massa liquida, poichè presentano, nella maggior parte

³⁷ Cfr nota 9.

³⁸ Il database, elaborato in collaborazione con Livia Stefan, è inedito; ad oggi è stata pubblicata solo una breve nota in BELLINTANI *et alii* 2010. Si è proceduto, in primo luogo, alla definizione di un dizionario terminologico, dato che nella letteratura archeometallurgica la terminologia utilizzata non è ancora omogenea e condivisa (cfr. REITMAIER-NAEF 2019). I campi del database comprendono le seguenti voci: dimensioni, caratteristiche delle facce, (per le scorie piatte), peso, presenza e tipo di bordo, presenza/assenza di inclusioni di quarzo, diametro massimo delle inclusioni, impronte di carbone, inclusione di frammenti di minerale non reagito e/o di altri frammenti di scorie.

³⁹ I siti da cui sono stati selezionati i campioni sono: Segonzano P, Transacqua AdF, Fierozzo VC, Luserna PvM, Malga Millegrubbe, Pinè lago delle Piazze, Malga Pontara, Malga Regnana, Malga Laghetto, Passo Vezzena sud. In particolare sono state esaminate 20 sezioni sottili mediante microscopia ottica e microscopia elettronica a scansione (SEM) per stabilire la struttura delle scorie, nonché la presenza, la forma e le dimensioni delle inclusioni di solfuri. Il microscopio SEM con EDX è stato usato per analizzare la composizione delle scorie mediante la scansione di varie sotto-aree nella matrice, la composizione delle inclusioni e la presenza di fasi di ossidazione sulle superfici per determinare la posizione della scoria al momento del raffreddamento. Infine, una scoria grossolana, intera e con un diametro di 20 cm, è stata sezionata trasversalmente per permettere l'analisi, mediante XRF portatile, di oltre un centinaio di punti della parte interna, evitando le inclusioni e bersagliando la matrice, per un confronto con le scorie piatte.

dei casi, superfici lisce o increspate su entrambe le facce. In altri casi una delle superfici (mai entrambe) mostra chiaramente che la scoria si è raffreddata su una superficie irregolare e granulare, probabilmente il terreno. L'analisi della morfologia dei frammenti dimostra che la forma originale era circolare, spesso a bordi arrotondati. Le scorie piatte sono composte principalmente da fayalite (ortosilicato di ferro del gruppo delle olivine - Fe_2SiO_4), il che indica che sono state originate ad una temperatura intorno a 1150 - 1200 ° C. Le scorie piatte sembrano avere una composizione eutettica ideale, con uno spessore medio di 0,5 cm e raramente contengono inclusioni macroscopicamente visibili;

- le scorie grossolane sono molto più disomogenee rispetto a quelle piatte e contengono più inclusioni di quarzo, carbone e minerali non reagiti. Potrebbero essere interpretate come materiali parzialmente liquefatti ("scorie immature") composti da inclusi di varia natura e aree interamente liquefatte, costituite principalmente da fayalite con inclusioni di solfuri (Cu-Fe). Quest'ultime aree sono apparentemente non molto diverse dalla matrice delle scorie piatte. E' possibile ipotizzare che queste scorie si formassero e raffreddassero lentamente dentro il forno fusorio;
- la "sabbia di scorie" è composta da piccoli frammenti di scoria (granulometria 1 - 3 mm). Alcuni dei granuli sono composti da fayalite, ma nella maggior parte dei casi si tratta di quarzo.

Anche la "sabbia di scorie", come le scorie piatte, si trova solo nei siti fusori del tardo Bronzo. Deriva da scorie (probabilmente grossolane, come ricostruito sperimentalmente degli scriventi) frantumate, macinate e successivamente sottoposte a lavaggio, al fine di separare e raccogliere minerale non reagito, metallina e gocce di rame rimasti nella scoria.

Non chiarita rimane la questione della presenza della "sabbia di scorie" solo in un ridotto numero di casi (9% dei siti censiti).

L'ipotesi di un processo produttivo parzialmente diverso è stata avanzata sulla base delle differenze composizionali delle scorie grossolane e piatte dei siti di Transacqua PA, Luserna PvM e Segonzano P (ADDIS *et alii* 2017). Secondo questo studio, l'efficienza del processo di Transacqua PA e, sebbene in minor misura, di Luserna PvM, sarebbe stata decisamente superiore a quella dei siti caratterizzati dai grandi depositi di sabbia di scorie (nel caso in esame: Segonzano P) dove, al contrario, sarebbe stato necessario riprocessare le scorie grossolane, poiché contenenti quantità significative di solfuri di rame (ADDIS *et alii* 2017, pp. 997-998).

In alternativa, si potrebbe pensare che la mancanza di bacini di cattura (le aree umide) di questo materiale fine e la sua conseguente dispersione lungo il ver-

sante ne abbiano impedito l'individuazione⁴⁰ o, più semplicemente, che tali depositi non siano ancora stati individuati (come ipotizzato per Luserna PvM).

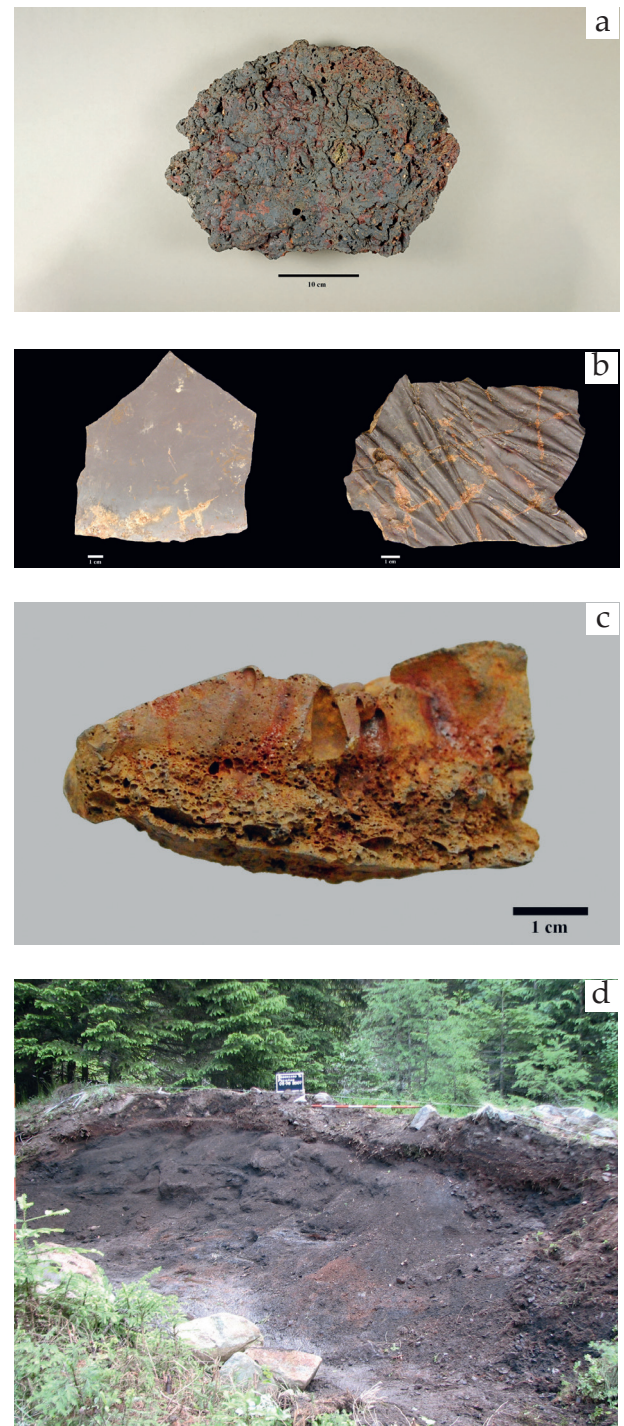


Fig. 25. Esempi di scoria grossolana (a), scoria piatta (b), massiva (c) e accumulo di sabbia di scorie (d) da Segonzano Peciapian (BELLINTANI *et alii* 2021a).

Fig. 25. Examples of coarse slag (Schlackenkuchen) (a), plate slag (Plattenschlacke) (b), massive slag (c) and "slag sand" or ground slags (d) from Segonzano Peciapian (BELLINTANI *et alii* 2021a).

⁴⁰ Il versante su cui si colloca la discarica di Luserna PvM è particolarmente ripido ed è difficile pensare che la sabbia di scorie possa essersi accumulata lungo il pendio.

Discariche di fonderia e altre concentrazioni di scorie

Già nelle prime indagini di Preuschen e poi di Šebesta, si trovano spesso riferimenti a “discariche”, intese però come discariche di miniera o di laveria, ossia accumuli di materiale di risulta dell'attività estrattiva e/o di officine di arricchimento del minerale.

L'unica discarica collegata a un sito fusorio di cui si ha qualche notizia precedentemente alle indagini sistematiche effettuate ad Acqua Fredda, è la discarica di Terrebis di Frassilongo in Val dei Mocheni (ŠEBESTA 1992, p. 150-153; fig. 306)⁴¹. L'autore individuò un'area (Fig. 26), su versante, lunga 79,9 m con larghezza variabile tra 15 e 19 m, dalla cui superficie vennero recuperate 15 “incudinelle” in “porfido” (ŠEBESTA 1992, fig. 305) e “macinelli” (percussori); nei tre sondaggi eseguiti in corrispondenza della parte alta della discarica vennero in luce anche scorie di tipo grossolano, piatto e sabbia di scorie. A lato della discarica, presso la traccia di un piccolo torrente, furono individuati anche 5 “levigatoi” (macine), un contesto pertanto simile a quello della canaletta artificiale (con macina rinvenuta sul margine destro della stessa) di Acqua Fredda – settore VII.

La discarica di Terrebis sembrerebbe richiamare, almeno per forma e dimensioni, quella di Fierozzo VC dove preliminari indagini di tutela⁴² hanno permesso di individuare la presenza di una (o due) discariche, costituite da scorie piatte, grossolane e sabbia di scorie, lungo il versante e a valle degli impianti fusori⁴³ (Fig. 27).

Nel caso di Luserna PvM⁴⁴, solo due limitati sondaggi sono stati eseguiti lungo il versante a valle del pianoro dove sono collocate le strutture pirotecologiche. Il sondaggio VIII (CIERNY 2008, plan. 41) documenta un imponente deposito archeologico di oltre due metri di spessore, con una sequenza di almeno cinque strati costituiti da scorie grossolane e piatte, con diversa frequenza da un'unità stratigrafica all'altra⁴⁵. La mancanza, in tale sequenza, di strati di sabbia di scorie potrebbe essere dovuta semplicemente al fatto che il deposito non è stato

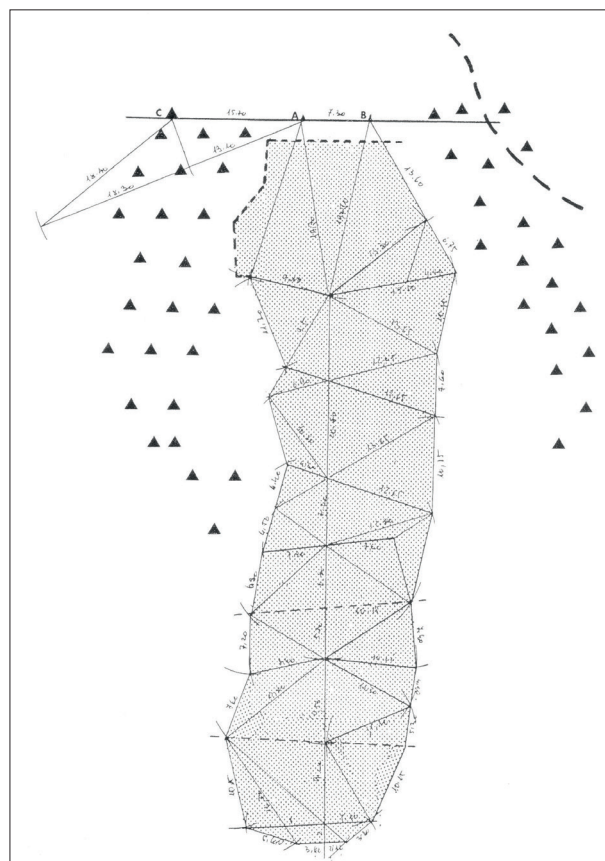


Fig. 26. La discarica di Terrebis (da ŠEBESTA 1992, fig. 306).
Fig. 26. The slag dump at Terrebis (from ŠEBESTA 1992, fig. 306).

qui scavato fino alla base e/o alla collocazione di questo tipo di scorie più a valle, dato che il limite della discarica non è stato individuato. A tal proposito va però considerato il caso di Transacqua PA, dove è stata individuata ed esattamente perimetrata una discarica di scorie di fusione dei tipi piatto e, in minor misura, grossolano, priva di concentrazioni rilevabili di “sabbia di scorie” (Fig. 28).

Apparentemente diverse sono le discariche di Acqua Fredda (cfr. *supra*) e Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a). In entrambi i casi la parte inferiore, in senso altimetrico, dell'areale interessato dai depositi di discarica, è caratterizzata dalla presenza di notevoli quantità di “sabbia di scorie”, con stra-

⁴¹ La discarica di Frassilongo, loc. Terrebis dovrebbe trovarsi in prossimità di uno dei siti di estrazione mineraria citati da Preuschen (1973, p. 125). Šebesta (1992, pp. 150-151) individua qui evidenti tracce di processamento termico del minerale (Cfr *infra*), ossia indizi di un sito fusorio. Tuttavia, dalle scarse notizie fornite dall'autore, non è chiaro se oltre che all'attività fusoria la discarica non sia da riferire anche ad attività mineraria: l'unico cenno alle componenti primarie della discarica parla di “ganga e sabbia di scorie” (ŠEBESTA 1992, p. 151).

⁴² Cfr BELLINTANI *et alii* 2021c.

⁴³ Non è chiaro se si tratti di un'unica discarica di oltre 200 m di lunghezza o di due (110 e 70 m rispettivamente, con larghezza variabile da 10 a 30 m). Tuttavia anche per Fierozzo VC mancano dati sulla stratificazione del deposito.

⁴⁴ PREUSCHEN 1965; CIERNY 2008, pp. 214-215, plan 36-48.

⁴⁵ È interessante notare la coincidenza tra quanto espresso da Preuschen negli anni '60 e le inferenze derivate dalle analisi delle scorie eseguite oltre 40 anni dopo dall'Università di Padova. Preuschen (1965), di fronte all'inusuale quantità di scorie piatte (derivanti dal processamento della metallina) che caratterizza il deposito nel suo complesso, avanzò l'ipotesi che qui si lavorassero anche metalline prodotte altrove. Analogamente, il gruppo di ricerca dell'Università di Padova ha osservato che il segnale isotopico registrato dalle scorie di Luserna coincide in larga misura con quello dei giacimenti della Valsugana (Calceranica) ma è più esteso e di ciò potrebbe essere causa sia la presenza di minerale da giacimenti superficiali scomparsi, sia il parziale utilizzo di minerale proveniente da altre mineralizzazioni come quelle della Val dei Mocheni (ANGELINI *et alii* 2015, p. 275).

tificazioni tabulari che, nel caso di Acqua Fredda, superano i due metri di spessore.

A differenza della sabbia di scorie, le scorie grossolane e quelle piatte sono apparentemente presenti tanto nell'area delle strutture quanto nelle discariche a valle delle stesse.

A Segonzano nell'area della discarica di "sabbia di scorie" le scorie degli altri tipi sono presenti ma comunque in misura molto minoritaria rispetto alla sabbia. Per quanto riguarda le scorie piatte, emblematico è il caso di Luserna PvM, dove la maggior parte dell'area indagata con scavo⁴⁶ è interessata, appena al di sotto dei livelli più superficiali, da un vasto deposito di scorie (US 65) di spessore variabile, che può raggiungere i 40 cm. Nel contempo, come si è detto, potenti strati a scorie piatte sono stati rinvenuti anche nella discarica a valle degli



Fig. 27. Discariche di scorie da Fierozzo Valcava, al centro dell'immagine (BELLINTANI *et alii* 2021c).

Fig. 27. Slag heaps at Fierozzo Valcava (central part of the photo, BELLINTANI *et alii* 2021c).

impianti piro-tecnologici. Ad Acqua Fredda ne sono segnalati due piccoli accumuli (dai 20 ai 40 cm di spessore) in corrispondenza dei margini occidentale e orientale del muro di contenimento dei forni di seconda fase (CIERNY 2008, plan. 2, 3, 4, 6) e loro presenza è segnalata anche nella sottostante discarica, in un momento successivo ai depositi di sabbia di scorie. Le scorie piatte potevano inoltre essere riutilizzate sia all'interno del processo fusorio, come indica la loro presenza all'interno delle scorie grossolane, sia nell'approntamento di strutture produttive, come il fondo del letto di arrostitimento di Transacqua – Acquadotto del Faoro.

Anche le scorie grossolane si rinvencono tanto presso le strutture fusorie quanto nelle discariche e il loro riciclaggio, per ricavarne materiale da riprocessare, sembra essere la principale causa della formazione dei depositi di sabbia di scorie. Le scorie grossolane sono anche servite come materiale da costruzione per i forni a Luserna PvM (dove i litotipi termoresistenti, come vulcaniti e metamorfiti, sono pressoché assenti) e, in misura più contenuta, ad Acqua Fredda; sempre a Luserna PvM numerose scorie grossolane intere sono state rinvenute raggruppate su file ravvicinate e parallele (US 48, NICOLIS *et alii* 2021), possibile modalità di stoccaggio prima del loro riutilizzo.

Infine, solo in due casi è stata calcolata la quantità di scorie prodotte sulla base di una valutazione del loro volume e peso specifico: Acqua Fredda (800-1000 oppure 1000-1500 t di sabbia di scorie, cfr. *supra*) e Transacqua PA (tra 100 e 200 t di scorie piatte)⁴⁷.



Fig. 28. Discarica di scorie da Transacqua Pezhe Alte (sezione del deposito, BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 28. Slag heap at Transacqua Pezhe Alte (cross-section, BELLINTANI *et alii* 2021b).

⁴⁶ In particolare i settori B e C degli scavi Nicolis (Cfr. NICOLIS *et alii* 2021).

⁴⁷ Altro caso in cui è stata proposta una stima del quantitativo di scorie prodotte è quello di Roncegno – Malga Castello 1 (CIERNY 2008, pp. 161-162). Si tratterebbe di 80-100 t di sabbia di scorie disperse su di una superficie di ca 220 m². Non è chiaro tuttavia, se una superficie così limitata sia realmente rappresentativa dell'intero sito.

Forma e organizzazione interna dei siti (PB, ES)

Caratteristiche generali

Per quanto riguarda l'estensione e l'organizzazione delle strutture e degli spazi all'interno dei siti connessi alla metallurgia primaria protostorica trentina, dobbiamo di necessità concentrarci solo sui cosiddetti siti fusori, per i quali i dati principali sono stati raccolti nella Tab. 1⁴⁸ dato che, come si è detto, ben poco sappiamo delle miniere e delle officine di arricchimento del minerale⁴⁹.

Anche nel caso dei siti fusori, tuttavia, i complessi scavati estensivamente non sono molti e in nessun caso è possibile affermare con certezza che tutte le principali componenti di un sito fusorio siano state indagate. In altri termini quelli che sembrerebbero essere gli insiemi strutturali fondamentali e caratteristici di queste officine, ossia: letti di arrostimento, forni, impianti per il trattamento di altre materie prime o per il riciclaggio di prodotti secondari e infine le discariche di scorie, non sono mai stati messi in luce tutti nello stesso sito. Altro elemento fondamentale per una corretta interpretazione dei dati è quello dell'esatta definizione della cronologia dei siti: solo nel caso di Acqua Fredda abbiamo una precisa suddivisione in fasi del deposito archeologico indagato, con datazioni su base crono-tipologica e radiometrica. Detto questo, vale comunque la pena tentare alcune considerazioni di tipo comparativo sui casi oggetto di scavo.

L'estensione massima a oggi registrata per un sito fusorio è quella di Segonzano P (Area A), che si stima attorno a 5200 m², cui seguono Acqua Fredda e Fierozzo VC (tra 2500 e 3000 m² ca.) Luserna PvM (1850 m² ca.)⁵⁰ e infine Transacqua PA e Terrebis (tra 1000 e 1500 m² ca.).

Va però precisato che tali superfici non sono immediatamente comparabili tra loro. Solo a Segonzano P. e a Transacqua PA sono state condotte indagini mirate a perimetrare e sondare in profondità l'originario areale occupato dai depositi archeologici. Tuttavia, ciò ci consente di affermare che esistono siti fusori di dimensioni considerevolmente diverse, ossia fino a 4-5 volte superiori l'uno rispetto all'altro, ma non sappiamo quanto questa

osservazione sia estendibile agli altri siti. In altri casi, infatti, è molto probabile che l'area esplorata non corrisponda del tutto all'originario sito, o perché parzialmente distrutto (Acqua Fredda)⁵¹ o perché non interamente indagato.

Un'altra questione aperta, collegata a quella della diversa estensione dei siti, è quella relativa alla reiterazione del ciclo produttivo. Vi sono numerosi indizi che fanno pensare a un susseguirsi (presumibilmente stagionale) di fasi di attività e alla conseguente ricostruzione delle strutture o loro traslazione in aree diverse dello stesso sito. L'esempio più chiaro viene dall'area degli impianti fusori di Acqua Fredda (settori I e VI), dove sono state accertate non solo 3 distinte fasi cronologiche, ma anche una diversa dislocazione dei forni dalla prima alla seconda. Inoltre, è costante la presenza di residui di lavorazioni (scorie) a copertura delle strutture produttive individuate nei vari siti esaminati⁵², presenza che presuppone l'attività di forni più recenti in aree non indagate e poste presumibilmente più a monte (e rende difficile l'utilizzo di prospezioni non invasive). A ciò si aggiunga che le sequenze stratigrafiche dei depositi di sabbia di scorie di Acqua Fredda e di Segonzano P indicano una discontinuità nell'utilizzo delle aree di scarico, con serie di livelli di sabbia pura cui succedono, alla fine della sequenza, strati composti anche da altri tipi di scoria, carbone, pietrame e frammenti di intonaco termo-alterato. Si potrebbe pensare, pertanto, che i siti di maggiori dimensioni corrispondano a quelli che, per varie ragioni (disponibilità di combustibile, prossimità a zone di pascolo, ecc.), sono stati frequentati più a lungo e nei quali la successione degli impianti produttivi e dei residui delle lavorazioni, parzialmente sovrapposti o traslati all'interno dello stesso sito, hanno formato l'articolato e complesso palinsesto che gli scavi hanno portato alla luce. Non è da escludere, tuttavia, che anche diverse modalità del ciclo produttivo possano aver influito su questo aspetto, come nel caso, più sopra discusso, della formazione degli estesi depositi di sabbia di scorie.

Infine, nell'ambito delle indagini sui siti fusori non è mai emerso nulla che possa essere messo chiaramente in relazione con le fasi preliminari di

⁴⁸ Oltre ai siti indagati con scavo stratigrafico adeguatamente documentato, sono state prese in considerazione anche le informazioni riportate da Giuseppe Sebesta sul contesto di Frassilongo – Terrebis per il quale, tuttavia, la documentazione pubblicata è piuttosto carente.

⁴⁹ Si veda il caso già discusso di Vetriolo (*supra*).

⁵⁰ Le ricerche eseguite a Luserna PvM dai primi anni '60 del secolo scorso ad oggi hanno permesso di esplorare ca. 800 m² del sito con scavo stratigrafico, in particolare grazie alle recenti indagini dirette da Franco Nicolis. L'area occupata dalle strutture pirotecnologiche risulta di ca. 1250 m². Più a valle una discarica di scorie piatte e grossolane è stimata in ca. 600 m², per un totale di ca. 1850 m² di area interessata da depositi archeologici (Cfr. CIERNY 2008, Plan 36 e NICOLIS *et alii* 2021). Si deve comunque tener conto del fatto che le indagini sulla discarica non possono dirsi esaustive, non essendo stato precisamente individuato il limite inferiore (a valle) del deposito.

⁵¹ Come si è detto, ad Acqua Fredda una parte del deposito relativo all'area degli impianti fusori è stata asportata dai lavori stradali che ne permisero la scoperta. Sempre a questo proposito, vale la pena notare che la discarica di Acqua Fredda presenta un andamento allungato ben oltre il fronte delle batterie di forni messe in luce dagli scavi, indizio della possibile presenza di altre strutture fusorie a nord-ovest dell'area dei principali scavi (settori I e VI).

⁵² Esempi di ciò sono gli strati di sabbia di scorie della fase 3 di Acqua Fredda (cfr. *supra*) e di Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c), o gli strati di scorie piatte a copertura dei forni di Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) e di S. Orsola LV (SILVESTRI *et alii* 2021).

trattamento del minerale, il cosiddetto “arricchimento”⁵³. Pertanto, è al momento più sostenibile l’ipotesi che ai siti fusori giungesse il minerale già “arricchito”, ossia separato dalla ganga⁵⁴. Ciò vale in particolare per gli impianti lontani dalle aree minerarie come quelli degli Altopiani di Lavarone e Luserna, distanti dai 15 ai 25 km ca dall’area mineraria nota più vicina (Calceranica), con un dislivello da superare di circa 900 m⁵⁵.

Organizzazione dell’area delle lavorazioni

Per quanto riguarda l’organizzazione degli spazi adibiti alle strutture piro-tecnologiche, di norma ubicate su piccoli pianori naturali e/o terrazzamenti artificiali ricavati sul versante, i casi di Acqua Fredda e Luserna PvM offrono attualmente la migliore documentazione. Tuttavia, mentre il caso di Acqua Fredda è ben noto nella letteratura di settore (Fig. 12), quello di Luserna è stato chiarito solo dalle più recenti indagini (NICOLIS *et alii* 2021). A Luserna PvM (Fig. 29) sono stati portati alla luce una serie di 5 forni allineati cui corrisponde, a 3-4 m metri di distanza, un parallelo allineamento di 4 letti di arrostimento. Le strutture della parte nord del settore di scavo B (qq B-C/9-12) sembrano definire “unità di lavoro” costituite da una coppia di forni e da un letto di arrostimento, posti gli uni di fronte all’altro, come frequentemente documentato nei distretti minerari nord-alpini a partire dalla media età del Bronzo (KRAUS *et alii* 2015, p. 301). Alcuni esempi di forni a coppia con un lato adiacente e letto di arrostimento nelle vicinanze provengono dalla zona di Jochberg/Kitzbühel (sito WH/SP5 datato al XV secolo a.C., KOCH WALDNER 2019 pp. 39-40; sito WH/SP 1, GOLDENBERG 2004). Anche nel distretto di Eisenerzer Ramsau (KLEMM 2015, pp. 197-198) i forni si presentano a coppie con un lato in comune e letti di arrostimento immediatamente a monte, sebbene la tecnica costruttiva sia differente.

La struttura dei forni “in coppia” è attestata in Trentino anche a Fierozzo VC e non è da escludere che anche i forni 1 e 2 della prima fase di Acqua Fredda possano essere stati parte di originarie strutture in muratura di questo tipo. Rispetto alla singola struttura, la presenza di un secondo forno con un

lato condiviso o a contatto, potrebbe essere stata più funzionale sotto vari aspetti: la maggiore stabilità dell’apparato murario; il (necessario) preriscaldamento del secondo forno indotto dall’attività del primo; la possibilità di caricare e attivare una seconda struttura, mentre la prima è lasciata ad un lento raffreddamento, senza interrompere troppo a lungo l’attività. In parte tali osservazioni possono valere anche per i forni non a contatto (come nel caso di S. Orsola Le Val) che comunque dimostrano come il “modello” non fosse particolarmente rigido, in funzione delle condizioni ambientali o di altra natura.

Il fatto che ad Acqua Fredda siano presenti un gruppo di 5 elementi per la fase 1 e un gruppo di 4 per la fase 2 (la batteria a monoblocco) potrebbe essere indice di specifici insiemi funzionali sulla cui natura non possiamo ancora esprimerci. In altri termini non è chiaro se questi insiemi di strutture fusorie, organizzati in coppie (come a Luserna PvM, Fierozzo e forse Acqua Fredda - fase 1) o in gruppi di 4-5 elementi (batteria a monoblocco di Acqua Fredda - fase 2 e probabile batteria di Favogna/Fennhals), abbiano funzionato contemporaneamente, alternativamente o in successione, ossia se il numero dei forni fosse in relazione ai diversi passaggi del processo di *smelting* o non piuttosto alla necessità di rimpiazzare strutture che si degradavano dopo pochi cicli di lavorazione. Analoghe considerazioni sono state espresse anche nel caso della batteria di 4 forni portati alla luce nel sito fusorio di Rotholz (Fig. 30), nel nord Tirolo, dove anche le datazioni radiometriche confermano la pertinenza delle strutture alla medesima fase⁵⁶. A Luserna PvM i depositi carboniosi (US 84) conseguenti all’attività del letto di arrostimento US 51 coprono parzialmente il vicino letto di arrostimento US 177 e sono pertanto immediatamente successivi ad esso (NICOLIS *et alii* 2021). In questo caso si potrebbe pensare ad una successione di unità di lavoro (letto di arrostimento e coppia di forni) ma non è chiaro se nell’ambito di una stessa attività stagionale, oppure in momenti diversi.

Sempre da Rotholz viene un confronto per le strutture murarie a secco individuate ad Acqua Fredda, S. Orsola e Luserna PvM. Anche per il sito austriaco sono state espresse diverse ipotesi sulla funzione: muro di contenimento del versante o resti di strut-

⁵³ Solo nel caso di Acqua Fredda, come già detto, è stato ipotizzato che gli impianti destinati al trattamento delle scorie grossolane potessero aver lavorato anche il minerale (CIERNY *et alii* 2004, p. 132), ma tale assunto non viene ulteriormente giustificato.

⁵⁴ Secondo Preuschen e Eibner (cit. in STÖLLNER 2019b, p. 170), che condussero le prime indagini sistematiche nella discarica mineraria di Troiboden (Mitterberg – Austria; XV-XIII sec. a.C.) alla fine degli anni ‘60 del secolo scorso, il minerale “povero” (*chatty ore*) sarebbe stato trattato fino alla frantumazione fine, mentre le parti di minerale più ricche erano ridotte in pezzi della grandezza di una nocciola e mandati direttamente agli impianti fusori.

⁵⁵ Calceranica è il giacimento proposto come luogo di provenienza del minerale lavorato a Luserna PvM sulla base dell’analisi dei rapporti isotopici del piombo (ARTIOLI *et alii* 2016). Le distanze sono calcolate sulla base della viabilità attuale, ma sono coerenti con diversi percorsi di accesso agli altopiani ipotizzabili per l’età del Bronzo.

⁵⁶ Le datazioni radiometriche eseguite sono largamente sovrapponibili per le prime 3 strutture (Forno 1: 2916 ± 24 BP MAMS 29931, cal. BC 1207 – 1024, 2σ; Forno 2: 2936 ± 22 BP MAMS 29932, cal. BC 1213 – 1054, 2σ; Forno 3: 2939 ± 22 BP MAMS 29933, cal. BC 1215 – 1055, 2σ); il quarto forno potrebbe essere anche più antico, ma la sua datazione non è comunque incoerente con le prime tre (2994 ± 22 BP MAMS 29934, cal. BC 1367 – 1127, 2σ) (STAUDT *et alii* 2019, pp. 285-286).

tura connessa al trattamento del minerale e/o delle scorie (STAUDT *et alii* 2019, pp. 288-289)⁵⁷.

L'area delle lavorazioni potrebbe essere stata coperta da tettoie. E' ipotizzabile sulla base di buche di palo profonde e/o con inzeppature rinvenute a Fierozzo VC⁵⁸ e a Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, p. 287) dove gli autori suggeriscono anche un confronto etnografico con le coperture presenti nei tradizionali impianti fusori nepalesi. Anche in TOURK (2019, p. 213; sito Gruba I) viene ipotizzata la presenza di una copertura sulla base di 3 buche di palo nella zona di lavorazione.

Altre strutture lignee rinvenute sempre nell'area dei forni (ad es. ad Acqua Fredda) non sono facilmente interpretabili, se non legandole funzionalmente ai forni stessi (cfr *infra*).

Periodicamente l'area di lavoro doveva essere ripristinata, probabilmente a seguito del collasso dei forni e/o di altre strutture in muratura, i cui resti smantellati venivano gettati in grandi fosse, come quelle documentate ad Acqua Fredda e a Luserna PvM⁵⁹.

Il riprocessamento delle scorie: dalla laveria alla discarica

Uno specifico segmento nella produzione del rame è quello del riciclaggio delle scorie grossolane che è attualmente attestato in una ventina di casi in ambito trentino, tra cui quelli di Acqua Fredda e a Segonzano P. Grazie alle indagini su questi due complessi e al confronto con alcuni siti fusori nord-alpini è possibile definire, in linea di massima, l'organizzazione degli spazi e le caratteristiche delle strutture dedicate.

Il riprocessamento può essere distinto in tre principali attività: recupero delle parti riciclabili delle scorie grossolane (comprensivo di frantumazione, macinatura, lavaggio e stoccaggio); trattamento termico del materiale riciclabile; discarica del rifiuto (nel senso di smaltimento e deposito permanente in area dedicata). Le prime due azioni dovevano avvenire nell'area delle lavorazioni o in prossimità di essa, mentre la discarica si trovava più a valle. Come

si è già detto, solo ad Acqua Fredda sono state portate alla luce strutture pertinenti con buona probabilità a un impianto di laveria delle scorie grossolane macinate: una canaletta foderata in assi di legno, associata a una macina (settori VI, VII e VIII; Fig. 21). In ambito sud-alpino altre tracce di strutture forse riconducibili a impianti di macinatura e lavaggio delle scorie sono presenti a Terrebis (ŠEBESTA 1992, p. 153, fig. 308) e nell'area archeologica della palude di Lodner (Renon – Alto Adige, MARZATICO *et alii* 2010). In quest'ultimo caso sono stati rinvenuti resti lignei datati radiometricamente tra X e IX secolo a.C., analogamente alla fase 3 di Acqua Fredda, cui appartengono le strutture su menzionate⁶⁰.

Strutture di laveria delle scorie sono presenti anche nei distretti minerari del Nord Tirolo e in particolare: nel sito fusorio WH/SP 4 di Kitzbühel, datato tra XIV e XIII sec. a.C., dove sono state portate alla luce due canalette parallele e una vasca in legno (KOCH WALDNER 2019, pp. 40-42; fig. 13); nel sito fusorio di Rotholz in cui sono segnalate due vasche per lavaggio con foderatura in assi di legno e un canale, privo di rivestimento, colmato di sabbia di scorie (STAUDT *et alii* 2019, pp. 281-283; STAUDT 2021) ed infine a Mauk A (Brixlegg; GOLDENBERG, RIESER 2004; GOLDENBERG 2013, p.111, figg. 33-34; STAUDT *et alii* 2019; GOLDENBERG 2021), dove compare una vasca in legno in cui sono stati rinvenuti anche frammenti di fibre tessili, interpretati come elementi impermeabilizzanti⁶¹ (GOLDENBERG 2013) (Fig. 31).

Le laverie di scorie nord-alpine sono espressione di una tecnologia che richiama immediatamente gli impianti destinati al lavaggio del minerale, in particolare quelli del Mitterberg (STÖLLNER 2019b). Le tracce di strutture di contenimento della sabbia di scorie individuate a Segonzano P (fase 3, BELLINTANI *et alii* 2021a), al margine settentrionale della discarica, potrebbero trovare confronto con una struttura lignea interpretata come cassonatura per lo stoccaggio del minerale (collegata ad una vasca di lavaggio) rinvenuta nel sito di arricchimento del minerale a Sulzbach-bog (STÖLLNER 2019b, p. 175, fig. 9.2). L'ipotesi della necessità di separare diversi tipi di sabbia di scorie per ulteriori trattamenti era peraltro

⁵⁷ In prossimità della batteria di forni e di un letto di arrostitimento pluri-fase, è stato portato alla luce un muro in pietre a secco di 50 cm di altezza che in origine, secondo gli autori delle ricerche, potrebbe essere stato di un metro ca. Di tale struttura sono state date diverse interpretazioni: fondazione di una precedente struttura poi smantellata, oppure muro di contenimento e stabilizzazione del versante, funzionale alla costruzione di un letto di arrostitimento. Viene anche fatto notare che, immediatamente a valle del muro, erano presenti tre fosse riempite di sabbia di scorie. Non viene escluso, pertanto, anche il possibile collegamento della struttura muraria con un'attività connessa al trattamento di questo materiale. Anche nel caso di Acqua Fredda immediatamente a valle dell'estremità SE del muro 1 (settore IX), compare una piccola depressione contenente un cumulo di sabbia di scorie in più livelli, distinguibili per colorazione e granulometria che secondo Cierny (*et alii* 2004, p. 132) potrebbe essere state il residuo di pratiche di trattamento secondario delle scorie per il recupero del rame in esse contenuto.

⁵⁸ Cfr BELLINTANI *et alii* 2021c.

⁵⁹ Cfr NICOLIS *et alii* 2021.

⁶⁰ Età radiocarbonica 2715 ± 45 BP; 973-800 aC cal al 95,4% di probabilità. Tuttavia, anche qui, come ad Acqua Fredda, nessun materiale archeologico riferibile alla *facies* Luco/Laugen B è stato rinvenuto (MARZATICO *et alii* 2010).

⁶¹ La struttura è datata dendrocronologicamente al 1010 BC (anno di abbattimento). Tuttavia a Mauk A l'attività di riciclaggio delle scorie è indiziata già dall'inizio dell'attività del sito, ossia nel corso del XII sec. a C. (SCHIBLER *et alii* 2011, pp. 1264-1266; STAUDT *et alii* 2019, pp. 285-286).

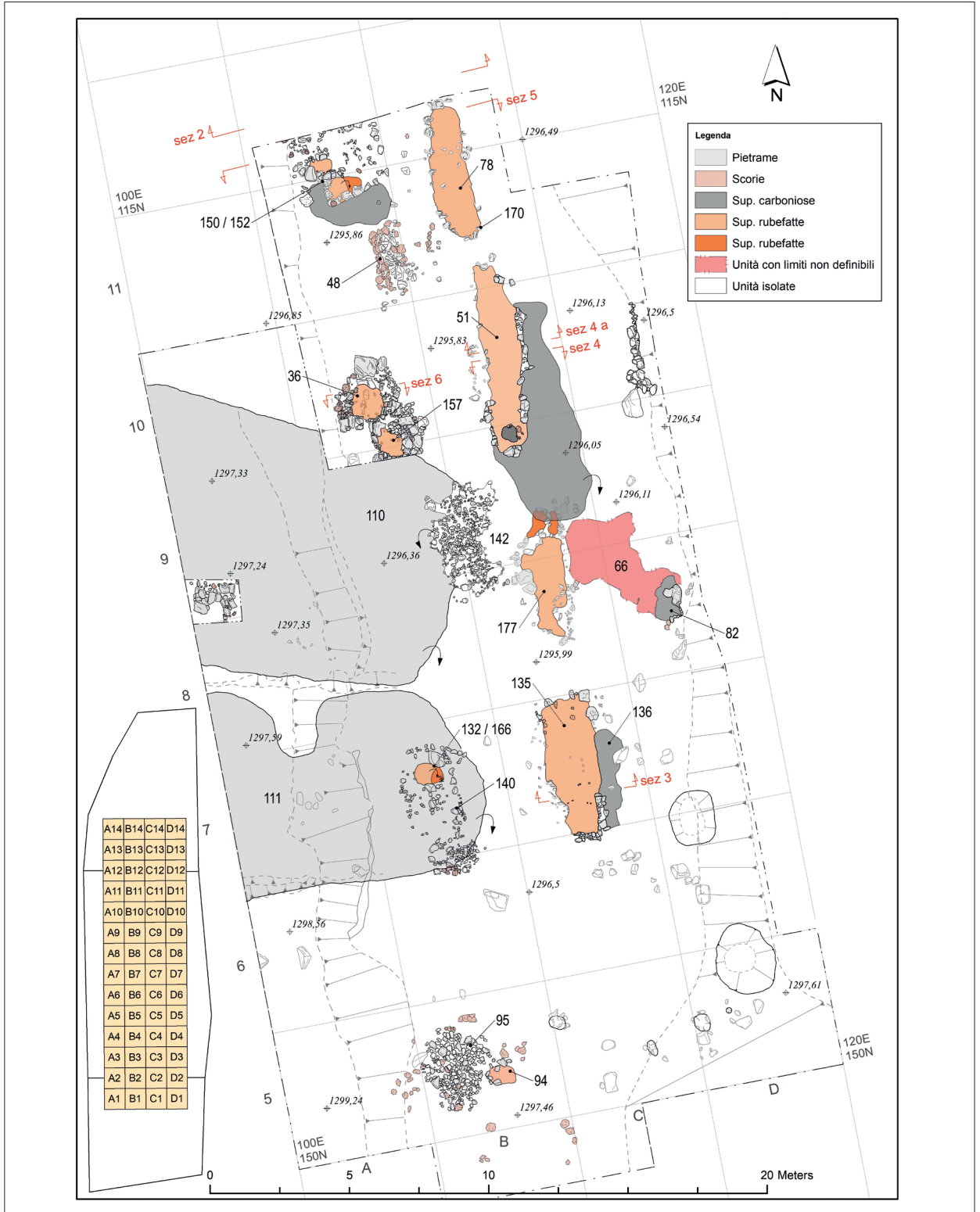


Fig. 29. Luserna Platz Von Motze: l'area indagata nelle ricerche condotte tra 2005 e 2010 (NICOLIS et alii 2021). Nel settore settentrionale dello scavo sono presenti degli insiemi di strutture pertinenti alla stessa fase stratigrafica costituiti da una coppia di forni e da un letto di arrostito posto di fronte ad essi: Coppia di forni USSU 77, 150 (qq. B11-12) e letto di arrostito US 170 (qq. C11-12); coppia di forni USSU 74-76 (qq. B9-10) e letto di arrostito US 50 (qq. C9-11). Nel settore meridionale sono presenti un letto di arrostito (US 177; qq. C8-9) cui non corrispondono strutture fusorie chiaramente riconoscibili (forse smantellate?) e infine più a S il forno US 140 (q. B7) e il letto di arrostito US 134 (q. C7).

Fig. 29. Luserna Platz Von Motze: the area investigated between 2005 and 2010 (NICOLIS et alii 2021). To the north, groups of structures belonging to the same phase are visible, consisting of pairs of furnaces with a roasting bed in front of them: furnaces SSUU 77, 150 (qq. B11-12) and roasting bed SU 170 (qq. C11-12); furnaces SSUU 74-76 (qq. B9-10) and roasting bed SU 50 (qq. C9-11). Roasting bed SU 177 (qq. C8-9) does not have clearly identified furnaces in association with it (maybe they were dismantled?). Further to the south, the furnace SU 140 (q. B7) and the roasting bed SU 134 (q. C7) are visible.

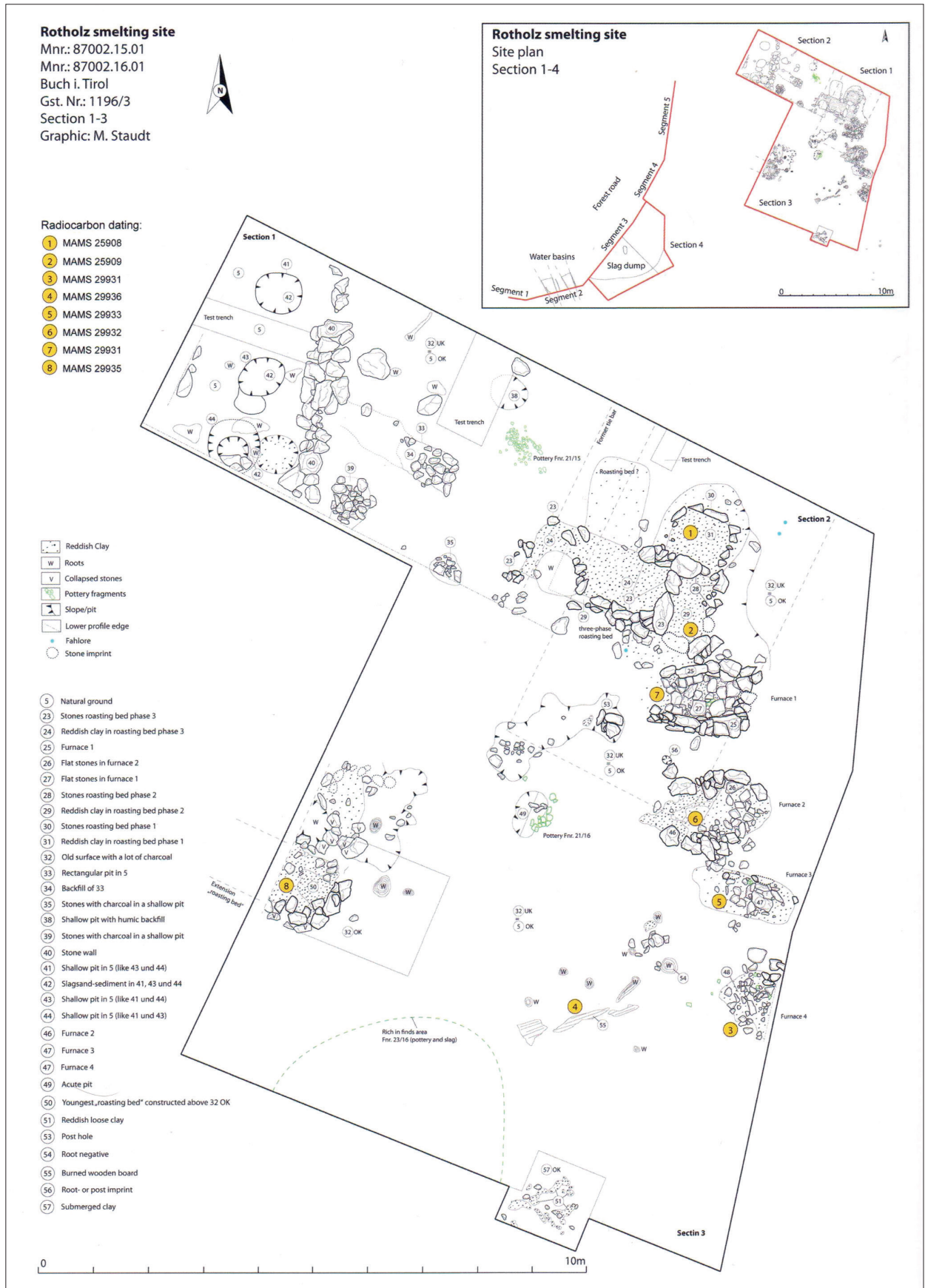


Fig. 30. Rotholz (Nord Tirolo – Austria). Batteria di 4 forni e letto di arrostimento (ripristinato due volte) pertinenti alla stessa fase stratigrafica. Le datazioni radiometriche sono coerenti per i forni 1, 2 e 3 che si collocherebbero tra la fine del XIII e l'XI sec. BC cal 2 sigma, mentre la datazione del n. 4 è precedente (1367-1127 BC cal 2 sigma) (da: STAUDT et alii 2019, fig. 48).

Fig. 30. Rotholz (North Tyrol – Austria). Group of 4 furnaces and a roasting bed (rebuilt 2 times) belonging to the same stratigraphic phase. The radiocarbon dates are consistent for the furnaces 1, 2 and 3 and date them between the end of the 13th and the 11th century BC cal 2 sigma, while the date for furnace n. 4 is older (1367-1127 BC cal 2 sigma) (from: STAUDT et alii 2019, fig. 48).

già stata avanzata nel caso di Acqua Fredda, dove le analisi eseguite su questi sedimenti avevano permesso di individuare tipi distinti di sabbie di scorie, caratterizzati da un diverso contenuto di rame (METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004). Per quanto riguarda le discariche di sabbia di scorie, possiamo notare che nei due casi trentini maggiormente indagati l'estensione è simile: 2239 m² ad Acqua Fredda e ca. 2000 m² a Segonzano P. All'interno delle aree umide su cui si affacciavano i due siti, tali depositi hanno andamento tabulare, ossia l'area doveva essere mantenuta pianeggiante. Inoltre, entrambi i casi sono presenti resti di strutture lignee interpretate come elementi di contenimento e, a Segonzano P – fase 1, anche come probabili strutture di bonifica della sponda dell'area umida⁶².



Fig. 31. Mauk A (Nord Tirolo, Austria). Vasca in legno per il lavaggio della sabbia di scorie (da: STAUDT *et alii* 2019, fig. 4).
Fig. 31. Mauk A (North Tyrol, Austria). Wooden basin for washing slag sand (from: STAUDT *et alii* 2019, fig. 4).

Il problema dei prodotti finali (PB)

Oltre ad alcuni esemplari di manufatti metallici rinvenuti nei principali siti oggetto di scavi regolari⁶³ che ben difficilmente possono essere considerati testimonianza di un'attività di metallurgia secondaria *in loco*, le tracce di rame metallico rinvenute nei siti fusori, presumibilmente riferibili alle ultime fasi del processo estrattivo, sono assai ridotte. Da Luserna PvM proviene una piccola lastra di forma irregolare, interpretabile come sgocciolatura o residuo di colata, proveniente da contesto non stratigrafico (Fig. 32). A S. Orsola LV singole gocce di rame sono state rinvenute all'interno dei due forni qui portati in luce⁶⁴. Non è quindi possibile definire, nemmeno a livello di ipotesi, quali siano stati gli ultimi passaggi della catena operativa della metallurgia primaria del rame. Sulla base dei pochi indizi archeologici e delle indagini archeometriche, è possibile pensare che i prodotti finali siano stati metallina e/o rame grezzo⁶⁵.

Singolare è anche il fatto che nell'area interessata dai siti fusori e nelle immediate vicinanze (Valsugana e Valle dell'Adige) non vi sono particolari concentrazioni di metallo grezzo e/o lavorato, ma solo evidenze di utilizzo di tipo elitario, non dissimili da quelle di regioni prive di risorse minerarie, come ad esempio la Pianura Padano-Veneta⁶⁶.

In un panorama così rarefatto, vale la pena riportare la notizia del rinvenimento, nei pressi di Luserna, di un "pane di rame", recuperato "in una discarica di materiale fusorio sopra Luserna" e fotografato da Giuseppe Šebesta nel 1968 (ŠEBESTA 1992, pp. 3, 127). Si tratterebbe di un manufatto di forma approssimativamente ellissoidale (22 x 16,5 cm) del peso di 4,75 kg⁶⁷ (Fig. 33).

Può essere utile, al proposito, uno sguardo ai distretti minerari nord-alpini e in particolare all'Alta Valle del Salzach e quella del suo affluente Saalach, dove sono stati individuati 46 siti che presentano lingotti (ca 1000 tra interi e frammentari per un peso complessivo di ca 300 Kg). I ripostigli sono ubicati soprattutto su alture o passi, ma anche in aree umide e insediamenti (LUTZ *et alii* 2019), mentre molto rari sono i rinvenimenti presso le aree di lavorazione mineraria e/o metallurgica, caratteristica che sembrerebbe comune al versante sud-alpino.

⁶² BELLINTANI *et alii* 2021a.

⁶³ 2 spilloni da Acqua Fredda, di cui uno tipo Fontanella a collo ingrossato e decorato (CIERNY *et alii* 2004, p. 136, fig. 27.4), 1 spillone con capocchia a chiodo decorata da Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) e 1 spillone tipo Wollmesheim da Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c).

⁶⁴ UUSS 27 e 28 (SILVESTRI *et alii* 2021).

⁶⁵ "The fayalitic flat slags, matte and raw copper are the products of the third step, which started by smelting the highly Cu-enriched Matte B". Così in ADDIS *et alii* 2016 (p. 109) a proposito di Luserna PvM; considerazioni simili sono state espresse anche per le analisi eseguite sulle scorie di Transacqua e Segonzano (ADDIS *et alii* 2017).

⁶⁶ Ci si riferisce in particolare ai ripostigli della tarda età del Bronzo di: Tragno-Crosano; Mezzocorona; Borgo San Pietro e Passo Vezzena. Bibliografia in: MARZATICO 2001, p. 398.

⁶⁷ Il condizionale è d'obbligo, in quanto del manufatto si conservano solo le scarse notizie riportate da Šebesta; l'autore, infatti, ne segnala la scomparsa al tempo della pubblicazione. Le due foto pubblicate da Šebesta a p. 3 e a p. 127 (Fig. 33) riportano solo le due facce del lingotto, mentre manca un'immagine della sezione. Supponendo che possa trattarsi di rame non alligato (peso specifico 8,96g/cm³) lo spessore dovrebbe aggirarsi attorno a 1,5 cm.

Tra i lingotti esaminati nel citato studio di Lutz, Krutter e Pernicka, quello di Luserna potrebbe trovare confronto con il tipo 1, definito come: “*planoconvex ingots ... showing an oval basic form, a bowl-formed cross section and a very distinctive bulging casting edge*” (LUTZ *et alii*, p. 365, fig. 2.1) che viene datato, sulla base della cronologia relativa centro-europea, alle fasi BzA2-BzB1⁶⁸.

Altri esemplari che possono richiamare il reperto di Luserna provengono dal Veneto e in particolare dal greto del fiume Piave (Fig. 34): si tratta di 5 masselli in metallo di cui uno rinvenuto in prossimità di Vas, nel bellunese e altri 4 nel tratto di fiume compreso tra Vidor e Moriago della Battaglia, nel trevigiano. Ad essi si è aggiunta più recentemente la segnalazione di un esemplare dal torrente Imperina, nei pressi della località Rivamonte Agordino (BL)⁶⁹.

I rinvenimenti di oggetti metallici nel fiume Piave, soprattutto spade e asce, sono da mettere in relazione a deposizioni votive o ripostigli collocati in zone prossimali all'alveo del fiume, come ad

esempio punti di guado, in funzione “*di scambio del metallo e di prodotti finiti*” (BIANCHIN CITTON 2006, p. 42). Data la vicinanza ad aree di possibile sfruttamento minerario pre-protostorico (come il Trentino orientale e l'Agordino) e la relazione con una delle più importanti vie di collegamento tra le Alpi e la pianura veneta (il fiume Piave) non è da escludere che si possa trattare di lingotti realizzati nelle officine di estrazione del rame, diretti ai centri di utilizzo di questa materia prima, come quelli della Pianura Padano-Veneta.

Per quanto riguarda la cronologia, l'esemplare di Vas è datato da Alpago Novello Ferrerio (1992, p. 366) tra 1200 e 1000 a.C., sulla base di un possibile collegamento con l'area mineraria trentina, mentre Bianchin Citton, che fornisce la prima notizia degli altri esemplari plavensi, attribuisce dubitativamente questi ultimi al Bronzo Medio-Recente, dato che a questo orizzonte cronologico sono attribuibili altri bronzi (spade e asce soprattutto) rinvenuti nel medesimo tratto del fiume Piave (BIANCHIN CITTON



Fig. 32. Lastrina di possibile rame da Luserna PvM.
Fig. 32. Possible piece of copper from Luserna PvM.



Fig. 33. Pane di rame da una discarica di materiale fusorio sopra Luserna, fotografato da Giuseppe Šebesta nel 1968; 22 x 16,5 cm; peso 4,75 kg. Attualmente disperso (da ŠEBESTA 1992, p. 3).

Fig. 33. Ingot from a slag heap above Luserna, photographed by G. Šebesta in 1968; dimensions 22 x 16,5 cm; weight 4,75 kg. Now missing (from ŠEBESTA 1992, p. 3).

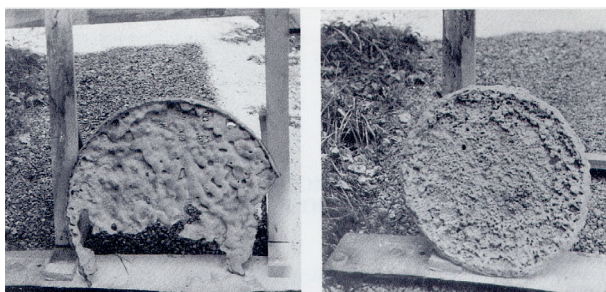


Fig. 34. Pani di rame dalle ghiaie del Piave.
Fig. 34. Copper ingots from the Piave river bed (Veneto).

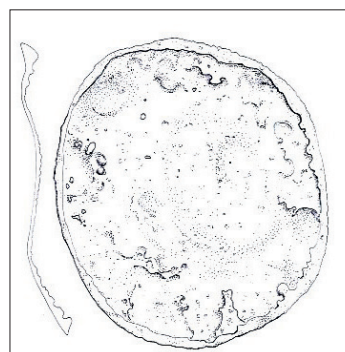


Fig. 35. Pane di rame datato all'età del Bronzo da Hlohovec (Slovacchia; da FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).
Fig. 35. Copper ingot dated to the Bronze Age from Hlohovec (Slovakia; from FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).

⁶⁸ Nello studio su menzionato viene precisato che la cronologia proposta si basa sia su associazioni con materiali diagnostici, sia su datazioni radiocarboniche ottenute da resti di carbone conservati sulla superficie dei lingotti (LUTZ *et alii* 2019, p. 365).

⁶⁹ L'esemplare di Vas, di forma ellissoidale, misura 40 x 60 cm e pesa 12,9 kg; quello da Ciano del Montello (TV) è di forma circolare (diam. 23 cm ca); quello da Crocetta del Montello (TV) è di forma sub rettangolare (26 x 23 cm); i due esemplari rinvenuti tra l'Abbazia di Vidor e Moriago della Battaglia sarebbero “di dimensioni un po' maggiori” (ALPAGO NOVELLO FERRERIO 1992, p. 366); infine, il pane da Rivamonte Agordino misura 18 x 16 cm, per un peso di 2,6 kg (<http://www.archeoagordo.it/>). Un pane simile a quelli veneti, sempre datato all'età del Bronzo, proveniente da Hlohovec (Slovacchia)(Fig. 35); l'esemplare misura 47 x 45 cm e pesa 5,71 kg (FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).

1989, p. 276). Tale datazione, o per meglio dire il suo estremo superiore, appare più vicina a quanto proposto per i lingotti austriaci.

Alcune considerazioni generali (PB)

Quanto emerso da questa riflessione sugli ultimi 15 anni di ricerche sul campo sulla metallurgia primaria protostorica del territorio trentino è semplicemente un quadro aggiornato sulle caratteristiche strutturali delle principali fonti archeologiche: i cosiddetti siti fusori, segmento terminale della catena operativa del rame grezzo.

In altri termini, si è volutamente evitato di entrare nel merito in modo analitico di altri fondamentali aspetti connessi a questo tematismo, come la ricostruzione paleoambientale, le connessioni dirette o indirette con altre attività (ad esempio il rapporto con la pastorizia stagionale alle alte quote), la caratterizzazione compositiva dei prodotti e l'analisi della loro circolazione, per i quali, quando necessario, si è rimandato alla recente letteratura. Questa scelta è stata motivata principalmente dall'urgenza di aggiornare e presentare lo *status quaestionis* dell'archeologia "sul campo", di fatto attualmente limitata alla pubblicazione delle ricerche svolte ad Acqua Fredda, presso il passo di Redebus (CIERNY 2008) e a pochi altri contributi preliminari. Il quadro che ne emerge è quello di una realtà articolata e complessa, per molti aspetti ancora scarsamente definita, ma che in futuro potrà essere bersagliata con domande sempre più precise sia sul piano della ricerca sul campo che di quella di laboratorio.

La cronologia (relativa e assoluta) è stata oggetto di particolare attenzione tanto a livello dei singoli contesti presi in esame in questo volume, quanto in un'aggiornata sintesi relativa al territorio trentino⁷⁰, poiché le novità introdotte dall'utilizzo sistematico delle datazioni radiometriche hanno permesso di prospettare una cornice temporale ben più ampia di quella basata sulla cronologia tradizionale, limitata al Bronzo Recente e al Bronzo Finale non terminale (ca. XIII-XI sec. a.C.). Sebbene manchino evidenze "forti" a livello di cultura materiale, il quadro storico proposto per lo sfruttamento protostorico dei giacimenti di rame del Trentino (ca XVI/XV – IX sec. a.C.) sembra più coerente sia con il nuovo scenario prospettato dalle indagini sulla caratterizzazione della provenienza del rame in ambito europeo, sia con la traiettoria della metallurgia estrattiva del versante nord-alpino da cui, come si dirà, potrebbe

aver avuto origine quella protostorica del versante meridionale delle Alpi centrali.

La prima fase della metallurgia estrattiva del Trentino e l'oscuro "periodo intermedio"

Come precedentemente ricordato, le prime testimonianze dell'estrazione del rame in ambito sud-alpino centro-orientale risalgono ad un momento avanzato dell'età del Rame e all'inizio dell'età del Bronzo (2500 - 2000 a.C. ca). Grazie alle indagini di caratterizzazione della provenienza del rame è stato osservato non solo che le scorie dei siti fusori trentino/altoatesini della prima fase presentano i medesimi segnali isotopici dei giacimenti cupriferi locali, ma anche che entrambi trovano buona corrispondenza in oggetti provenienti da diversi siti coevi dell'area veneta: Col del Buson, Cellore di Arano, Cisano, Montebelluna, Peri, Spessa, Gambarella (ARTIOLI *et alii* 2015; 2016). Che il fenomeno in questa fase abbia avuto una certa rilevanza e non fosse limitato al solo consumo locale lo indicherebbe anche la quantità di scorie rinvenute in alcuni siti (centinaia di chilogrammi nel caso di Milland)⁷¹. Tuttavia è chiaro che le caratteristiche tecnologiche e le dimensioni del fenomeno sono ben diverse da quelle registrate per la seconda metà del II millennio a.C. quando le quantità di scorie prodotte giungono all'ordine delle centinaia di tonnellate per sito.

Come già affermato, nella tradizionale letteratura di settore la successiva fase di attività estrattiva, spesso definita come "proto-industriale", è datata tra BR e BF1/2. Tuttavia, vi sono attualmente diversi motivi che inducono ad una revisione di tale cronologia. Un indizio archeologico rilevante, anche se indiretto, di attività estrattiva tra BA e BR è rappresentato dal sito di Gardolo di Mezzo, ca. 5 km a nord di Trento. Si tratta di un'area archeologica complessa (abitato plurifase, tumuli e necropoli con sepolture a incinerazione) frequentata dalla fine dell'età del Rame a tutta l'età del Bronzo (MOTTES *et alii* 2011; 2014; 2016). Qui diversi tipi di scorie di fusione sono presenti in tutta la sequenza stratigrafica del tumulo 1 (settore GARM2) riconducibile a tre fasi principali che sono datate: BA (I e II), BM e fine BM-BR. Ad un simile arco cronologico è datato il deposito relativo all'abitato ed anche in questo caso la presenza delle scorie sembra essere praticamente ubiquitaria⁷².

Il problema di una ridefinizione dello iato tra le due fasi della metallurgia pre-protostorica della re-

⁷⁰ PEARCE *et alii* 2019; 2021.

⁷¹ Alcuni autori parlano di: "... massive exploitation of ores in the Southern Alps and the systematic and well organized production of copper metal" (ARTIOLI *et alii* 2015, p. 82).

⁷² Va tuttavia precisato che l'area archeologica di Gardolo di Mezzo si trova nelle immediate vicinanze del sito fusorio di Riparo Marchi, dove è documentata attività solo per la fine dell'età del Rame e il BA iniziale (MOTTES *et alii* 2014). Anche se i dati sulla caratterizzazione compositiva e più puntuali conferme sulla collocazione cronologica delle scorie di Gardolo non sono ancora disponibili, l'ipotesi che possa trattarsi di residui di lavorazioni riferibili all'età del Rame/BA e/o al o BR/BF non è da escludere.

gione Trentino-Alto Adige si è posto anche a causa di alcune delle 46 datazioni radiometriche ottenute da 18 siti fusori⁷³ che sembrerebbero confermare un inizio più antico del BR per la seconda fase, ossia XVI-XV sec.a.C.

Ulteriori indizi in questo senso vengono, infine, dalle analisi di caratterizzazione della provenienza del rame di oggetti metallici (tipologicamente ben datati) dell'età del Bronzo italiana ed europea. Si tratta dei rapporti isotopici del piombo di oggetti in lega di rame datati tra il BA e il BR, provenienti dal territorio gardesano meridionale, pubblicati da Enst Pernicka e Paola Salzani (2011). Il successivo riesame da parte del gruppo di ricerca afferente all'Università di Padova ha permesso di stabilire la loro compatibilità con il segnale isotopico delle Alpi Sud-Orientali⁷⁴.

Uno scenario ben più vasto è quello delineato dalle recenti indagini su alcuni reperti dell'età del Bronzo scandinava. Sempre sulla base delle ipotesi messe in campo grazie alla diagnostica archeometrica, il rame del versante meridionale delle Alpi centro-orientali potrebbe avrebbe raggiunto la Danimarca e la Svezia già attorno al 1600-1500 a.C. Inoltre, nel periodo compreso tra 1500 e 1300 a.C., le miniere delle alpi italiane centro-orientali sarebbero state uno dei principali fornitori dell'Europa centrale e settentrionale⁷⁵.

A nord delle Alpi: il "modello Mitterberg"

Sulla base di queste considerazioni è pertanto possibile che per la cosiddetta seconda fase dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi sud-alpini sia proponibile un arco cronologico meno lontano da quello prospettato da Stöllner per i comparti minerari transalpini e in particolare dell'Austria (STÖLLNER 2009; 2010; 2015b; 2019). Secondo l'autore, lo sfruttamento dei giacimenti di *falherz/fahlore* (rame grigio) nord alpini avrebbe inizio già nel corso del V millennio a.C. e avrebbe mantenuto un carattere "sporadico" fino a tutto il III millennio a.C. Anche per buona parte del Bronzo antico è attestata la lavorazione di *falherz/*

fahlore, in particolare nella bassa Valle dell'Inn. Il passaggio alla fase dello sfruttamento "permanente" sarebbe avvenuto verso la fine del BA, tra XVIII e XVII sec.a.C. (Bz A2/B). Si tratterebbe di una nuova tecnologia, nata attorno ai grandi giacimenti di calcopirite del Mitterberg, le cui principali innovazioni sono: l'esplorazione dei filoni minerari anche in profondità con nuove attrezzature da scavo, come i picconi con immanicatura a cannone in rame o bronzo; nuove strutture di trattamento del minerale, in particolare i forni quadrangolari in muratura, e infine specifiche interazioni con altri ambiti produttivi, come ad esempio l'utilizzo di tritume di scorie come smagrante negli impasti ceramici. Il passaggio di questa nuova tecnologia, nel corso del Bronzo medio (Bz B), ai comparti minerari di Kitzbühel (Tirolo) e Eisenerz (Stiria) e poi lungo la "Grauwacke" (Austria centrale), avvenne come "pacchetto completo", o con pochissime variazioni, forse ad opera di specialisti provenienti e/o formati nel distretto di Mitterberg e anche grazie alla condivisione di molti tratti culturali (STÖLLNER 2015b). Lo sviluppo della nuova tecnologia estrattiva, che avrebbe prodotto più di 20.000 t di rame nero nell'arco un millennio, ha un primo picco tra XVI e XIII sec. a.C. (Bz C/D) cui segue una flessione attorno al XII sec. a.C. (Ha A1). Un secondo picco tra XI e X sec. a.C. (Ha A2/B1) è collegato alla ripresa dello sfruttamento di *falherz/fallore* nel Tirolo⁷⁶, mentre tende a diminuire l'attività nel Mitterberg. L'esaurirsi dell'attività mineraria transalpina si colloca tra IX e VII sec. a.C., contemporaneamente al picco dell'attività estrattiva del sale a Hallstatt.

La seconda fase: una tecnologia che viene dal Nord

L'ipotesi di un inizio più antico del BR per la fase di sfruttamento "proto-industriale" dei giacimenti cupriferi trentini trova maggiore consonanza con lo scenario prospettato per l'evoluzione del fenomeno a nord delle Alpi, in particolare con il momento di grande sviluppo del XVI sec.a.C. In sostanza, potrebbe collocarsi nel corso del BM la comparsa in ambito sud alpino di siti fusori con caratteristiche

⁷³ Per le specifiche si rimanda a: MARZATICO *et alii* 2010; PEARCE *et alii* 2019 e 2021.

⁷⁴ "As an example of the proficient use of the database, we attempted to interpret the provenance of the metal of a set of Early Bronze Age (EBA) objects recently analysed from the Garda area (PERNICKA, SALZANI 2011, table 4) ... Four of the objects plot in the low 206Pb part of the diagram and agree rather well with the Valsugana field (Calceranica and Vetriolo mines)" (ARTIOLI *et alii* 2014, p. 57). A questi bronzi datati al BAI e BAI andrebbero aggiunti: 2 asce a margini rialzati da Cisano (Inv. 5955; attribuita al BMII) e da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 2351; BMII-III), un'ascia ad alette da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 747; BMII-III), una spada a codolo tipo Rixheim da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 2356; BR) e una spada a codolo tipo Pépinville da Peschiera - Imboccatura Mincio (Inv. 673; BR) che rimandano ai campi definiti "Valsugana" o VMS (*Vulcanogenic Massive Sulphide*) e "Alto Adige-Trentino-Veneto" o AATV (ANGELINI *et alii* 2015, pp. 275-276, fig. 4). Lo stesso sembra potersi dire anche per una spada proveniente dalla necropoli di Olmo di Nogara (ARTIOLI *et alii* 2016, Tab. 4, pp. 36-37), datata alla fase centrale del BM (DE MARINIS, SALZANI 2005; CUPITÒ 2006) e per un ribattito, sempre dalla medesima località. Si ringrazia Ivana Angelini per la discussione su tali dati e le precisazioni in merito.

⁷⁵ LING *et alii* 2019, p. 32; PEARCE *et alii* 2019, pagg. 119-120 e bibliografia relativa; 2021 e bibliografia relativa.

⁷⁶ Secondo Stöllner, la presenza in questa fase di leghe a base di rame estratto sia da calcopirite che da *falherz* potrebbe essere dovuta a difficoltà nell'approvvigionamento dello stagno e alla sua parziale sostituzione con un tipo di rame che richiede una minore quantità del secondo alligante per ottenere le medesime caratteristiche funzionali (STÖLLNER 2019, p. 13).

strutturali (forni, letti di arrostimento e relativa organizzazione) in buona parte già definite e relativamente standardizzate e che sembrano mantenersi invariate, nei tratti principali, fino all'inizio dell'età del Ferro. Non è chiaro attualmente se la nuova tecnologia sia "migrata" a sud dello spartiacque alpino in un momento di temporaneo abbandono dei giacimenti dell'Alta Valsugana e della Valle dei Mocheni, oppure abbia portato innovazioni al modello di sfruttamento più antico.

Vale la pena sottolineare i principali elementi di confronto tra le regioni minerarie, a partire dall'ubicazione e dalle caratteristiche geomorfologiche dei siti fusori. Già dal Bronzo medio quelli del distretto di Eisenerz, in Stiria, si trovano a quote comprese tra 710 e 1700 m s.l.m., prossimi a corsi d'acqua, ubicati su pianori, lungo pendii spesso ripidi, con discarica di scorie posta a valle delle strutture (KLEMM 2010; 2015) esattamente come nel caso trentino. Inoltre, come per gli Altipiani di Lavarone e Luserna, anche nella bassa Austria sono documentati siti fusori relativamente distanti dalle fonti di minerale e anche qui il fenomeno sembra connesso al privilegio dato alla vicinanza alle fonti di combustibile (PREUSCHEN 1965; TREBSCH, PUCHER 2013). Più difficile fare raffronti sulle dimensioni dei siti fusori, spesso non riportate e/o non riconosciute. Va tuttavia segnalato che casi di siti di dimensioni ragguardevoli come quello di Priggglitz, nella Bassa Austria, esteso per circa 3,3 ettari (TREBSCH, PUCHER 2013, p. 123), non sono noti in Trentino dove i siti maggiormente estesi raggiungono o superano di poco il mezzo ettaro (cfr. Tab. 1).

Per quanto riguarda le strutture, i forni a pianta quadrangolare di ca 50 cm di lato, con 3 lati (conservati) in muratura appartengono ad una tipologia condivisa su entrambi i versanti alpini, come dimostrano diversi esempi da Mitterberg (Salisburghe) ⁷⁷, Jochberg (Tirolo) ⁷⁸ e Oberhalbstein (Svizzera, TURCK 2019). Strutture più grandi, come quella attestata a Fierozzo, trovano confronto sempre nel Tirolo ad esempio a Mauk A (GOLDENBERG 2013; 2015; 2021) e Rotholz (STAUDT et alii 2019; STAUDT 2021).

Ancor più importante, sotto l'aspetto dell'origine

della tecnologia, sono i puntuali riscontri anche nell'organizzazione delle unità produttive, in particolare gli insiemi composti da forni in coppia, associati a letti di arrostimento (Luserna PvM), che trovano confronto nel distretto di Eisenerz Ramsau (KRAUS et alii 2015; KLEMM 2015, pp. 197-198) e a Jochberg/Kitzbüchel (sito WH/SP5 datato al XV secolo a.C., KOCH WALDNER 2019 pp. 39-40; sito WH/SP 1, GOLDENBERG 2004) ⁷⁹.

Ciò che non sembra trovare confronto a nord delle Alpi è la batteria di Acqua Fredda, con 4 forni incassati in un'unica struttura muraria, che potrebbe, pertanto, essere vista come un'innovazione specificamente sud-alpina, riferibile alla *facies* Luco/Laugen A. Altro elemento discordante tra sud e nord delle Alpi è l'assenza, sul versante meridionale, delle ceramiche con impasto "a scorie".

Il momento di maggiore sviluppo della seconda fase della metallurgia primaria trentina è collocabile approssimativamente tra BR e BF2. Parzialmente coincidenti con questo lasso temporale sono altri due fenomeni probabilmente connessi con l'acme della produzione trentina: da un lato la flessione significativa dell'attività estrattiva del Mitterberg (e la ripresa di quella di *falherz* del Tirolo) e dall'altro lo sviluppo di uno specifico e ben riconoscibile insieme di elementi di cultura materiale, ossia la *facies* archeologica "Luco/Laugen A" (BR2-BF1/2), tipico del versante meridionale delle Alpi centro-orientali, ma con proiezioni anche a nord dello spartiacque ⁸⁰.

Forse le (poche) differenze notate nelle caratteristiche e nell'organizzazione dei siti fusori dei due versanti alpini potrebbero essere ricondotte a fenomeni di adattamento locale e/o a un maggiore controllo che le *élites* Luco avrebbero esercitato sulle attività estrattive e di lavorazione del minerale ⁸¹.

Tornando al dibattito in corso sulla provenienza dal versante meridionale delle Alpi centro-orientali, ed in particolare dal Trentino, di una quota considerevole del rame utilizzato nell'età del Bronzo europea, anche le indagini recentemente compiute su manufatti italiani datati tra XIV e XI sec. a.C. confermano quanto già espresso per l'inizio della seconda metà del II millennio a.C. in ambito nord

⁷⁷ EIBNER 1982; 1992; STÖLLNER 2015 e bibliografia ivi citata.

⁷⁸ GOLDENBERG 2004; KOCH WALDNER, KLAUNZER 2015 e bibliografia ivi citata; KOCH WALDNER 2019.

⁷⁹ Anche la presenza (o assenza) della "sabbia di scorie", esito collaterale dei processi di arricchimento dei residui di lavorazione del minerale, sembra essere un fenomeno comune ai due versanti alpini. La sabbia è attestata nel Tirolo a partire dal BM, come a Jochberg (XIV sec. a.C.; GOLDENBERG 2004) e più tardi (XII-XI sec. a.C.) a Mauk dove ne sono state stimate ca 100 t (SCHIBLER et alii 2011, p. 1260, fig. 6; GOLDENBERG 2013, p. 110) e a Rotholz (STAUDT et alii 2019; STAUDT 2021). In altri siti specificamente indagati sotto questo aspetto e approssimativamente coevi, come il sito 3 della valle di Eselbachgraben (1300-750/700 a.C.) nell'area mineraria di Raxgebiet, nella Bassa Austria (LARREINA-GARCIA et alii 2015) e nel sito S1 di Eisenerz nella valle di Ramsau, nella Stiria (KRAUS et alii 2015) la sabbia di scorie non compare.

⁸⁰ Per quanto riguarda la crono-tipologia e la cronologia assoluta della *facies* "Luco/Laugen A" si rimanda alle discussioni dei dati (anche da bibliografia progressiva) presentate in MARZATICO et alii 2010; MARZATICO 2012 e PISONI, TECCHIATI 2019. In estrema sintesi si segnala che, grazie soprattutto ai contesti stratigrafici alto-atesini di Ganglegg - Sluderno/Schluderns e Appiano San Paolo/Epapan St.Pauls, l'inizio della *facies* Luco/Laugen A è stato indicativamente posto tra la fine del XIII e/o l'inizio del XII sec. a.C., mentre il limite inferiore, ossia il passaggio alla *facies* Luco/Laugen B, è stato indicato in MARZATICO (et alii 2012, p. 135) entro l'XI sec.a.C. (... *Luco/Laugen B pottery approximately dating to the 11th-10th/9th centuries BC* (Ha A2-B1/B2) mentre Pisoni e Tecchiati pongono tale passaggio attorno alla metà del X sec.a.C. (PISONI, TECCHIATI 2019, p. 131).

⁸¹ Da ultimi e per la bibliografia progressiva: PEARCE 2007; BELLINTANI 2014; MARZATICO 2019.

europeo, ossia la presumibile rilevanza continentale dei giacimenti cupriferi sud-alpini⁸².

Stando ai risultati delle indagini condotte da Jung, Mehofer e Pernicka (JUNG *et alii* 2011) il rame trentino (inteso come materia prima) avrebbe interessato la Pianura Padana e le regioni del versante adriatico fino alla Puglia. Di particolare interesse, inoltre, il caso del centro "proto-industriale" di Frattesina di Fratta Polesine, in prossimità dell'antico Delta padano: recenti indagini isotopiche condotte su 24 elementi in lega di rame e uno in piombo provenienti dai ripostigli della fase 2 del sito (BF2), indicherebbero, salvo due casi, una provenienza della materia prima dalla regione sud-alpina centro-orientale⁸³. Anche per questa fase, i segnali isotopici dei bronzi scandinavi analizzati, in particolare quelli danesi, indicano nel territorio sud-alpino uno dei maggiori fornitori di rame della ricca metallurgia nordica (MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019). Analoghe considerazioni sono state espresse a seguito di indagini di caratterizzazione della provenienza condotte su un centinaio di bronzi provenienti dal ripostiglio di Varbitsa (Bulgaria) datato tra XIII e XII sec. a.C.: la maggior parte dei campioni analizzati risponderrebbero al segnale isotopico "AATV" del territorio sud-alpino (STOS GALE 2017).

Per quanto riguarda, infine, il momento conclusivo dello sfruttamento minerario protostorico in Trentino, anche la tradizionale datazione a un momento iniziale/centrale del Bronzo finale è oggi messa in discussione dalle datazioni radiometriche che ne sposterebbero il termine inferiore nel corso della prima età del Ferro (IX sec. a.C. ca). Si tratta di una datazione ancora una volta in linea con quanto attestato a nord delle Alpi ma, diversamente da quanto visto per le fasi precedenti, non ancora supportata da altri indicatori probanti di tipo archeologico o archeometrico.

Va tuttavia osservato che il passaggio all'età del Ferro coincide anche con il forte ridimensionamento demografico e della "cultura materiale" del mondo Luco/Laugen (*facies* Luco/Laugen B) e con la fine del grande polo proto-industriale medio polesano (Frattesina - Villamarzana), mentre nei nuovi centri protourbani veneti i prodotti della metallurgia secondaria (e non solo) lasciano intravedere una rete di scambi orientata da un lato verso la valle del Piave e il mondo hallstattiano e dall'altro verso l'ambito villanoviano bolognese (CAPUIS, GAMBACURTA 2015). È probabile che ciò sia anche indice del cambiamento delle fonti di approvvigionamento di materie prime strategiche, come il rame.

Ringraziamenti

Si ringrazia Aydin Abar (Università di Bochum) per la traduzione del testo di Jan Cierny sulle ricerche condotte ad Acqua Fredda (CIERNY 2008) e per la relativa discussione dei dati.

⁸² ARTIOLI *et alii* 2016; JUNG *et alii* 2011; JUNG, MEHOFER 2013; STOS-GALE 2017; MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019; JUNG 2020; MEHOFER *et alii* 2021.

⁸³ In particolare, 12 campioni risultano coerenti con il segnale definito "Valsugana" da VILLA, GIARDINO (2019, p. 257-258 e tab. C), corrispondente al campo "Valsugana VMS" (Calceranica, Vetriolo, Valle Imperina) di ARTIOLI *et alii* 2016, e altri 11, compreso il campione prelevato da un lingotto di piombo, con quello "Trentino-Alto Adige e Veneto" (Southalpine AATV di ARTIOLI *et alii* 2016).

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

| | Bedollo - Acqua Fredda | Fierozzo - Valcava | Frassilongo - Terrebis | Luserna - Malga Rivetta | Luserna - Platz von Motze | S.Orsola - Le Val | Segonzano - Peciapian | Transacqua - Acquedotto del Faoro | Transacqua - Pezhe Alte |
|--|---|--|---|-------------------------------|---|--|--------------------------|---|----------------------------|
| Estensione presunta | ca 2500-3000 mq di cui 2339 mq = discarica. | 3000 mq ca. di cui 2300 mq = area sud e 700 mq = area nord | ca 1500 mq (discarica) | | ca 1850 mq (+?) di cui 1250 mq ca = area strutture; 600 mq ca = discarica | non det | 5200 mq | non det. | 1157 mq |
| area interessata da indagini stratigrafiche | 188 mq | 105 mq | 27 mq | 20 mq | ca 800 mq | 27 | 125 mq | 10 mq | 58 mq |
| sito plurifase | sì (forni pertinenti a fasi stratigrafiche diverse) | sì (sabbia di scorie a copertura dei forni) | | | sì (forni pertinenti a fasi stratigrafiche diverse) | Stratigrafia: possibile; 14C: possibile | possibile | | ? |
| Forni: alloggiamento | incassati in struttura muraria contro terra | contro terra | | | contro terra | addossati a a struttura muraria | | | |
| Forni - dim interno in cm | n.1:60x70 n.2:65x60 n.3: 50x70x80 n.4: 50x80 n.5: 40x50 n.6: 30x40 n.7: 40x40 n.8: 40x40 | Forno 1: 105 x 90 | n.1: d.25 n.2:d.26 n.3: d.30 n.4: d.30 n.5: d.21 n.6: d.29 | | US 140: 60 x 55 US 74: 55 x 60 US 76: 120 x 130 US 77: 50 x 65 US 150: 50 x 100 | F.1: 45x40 F.2: 54x49 | | | |
| Forni: materiali impiegati | lastre e blocchi di porfido | blocchi di porfido e altro materiale lapideo | | | US 140: blocchi di calcare (esterno) e porfido (interno); UUS 74 e 76: blocchi di calcare; us 77: blocchi di calcare, porfido e scorie grossolane (?); US 150: blocchi di calcare e scorie grossolane | F1 e 2: blocchi di porfido legati con argilla | | | |

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. *Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.*

| | Bedollo - Acqua Fredda | Fierozzo - Valcava | Frassilongo -Terrebis | Luserna -Malga Rivetta | Luserna - Platz von Motze | S.Orsola - Le Val | Segonzano - Peciapian | Transacqua - Acquedotto del Faoro | Transacqua - Pezhe Alte |
|--|--|--------------------|-----------------------|------------------------|---|--|--|---|-------------------------|
| Forni - superficie pareti interne | tracce di intonacatura in argilla | | | | tracce di intonacatura in argilla (forni UUSS 140; 76; 74) | tracce di intonacatura in argilla | | | |
| Forni - fondo | n.1: concavo n.2: concavo n.3: concavo n.4: concavo n.5: piatto n.6: ? n.7: concavo n.8: ? n.9: concavo | | | | | F.2 - USS30: piccole lastre di porfido posate con cura e fittamente accostate tra loro | | | |
| Forni - tracce di utilizzo in più azioni e/o fasi | Forno 8: probabile ricostruzione | | | | | | | | |
| Altre strutture murarie | sett.I: struttura muraria con incassi per forni - lung. almeno 4 m; sett. VI: 2 strutture murarie parallele - lung 6,7 m. | | | | struttura muraria US 79 (contenimento del versante ?) | struttura muraria di contenimento del versante e delimitazione del piano di lavoro | | | |
| Focolari dim.in cm | nn.1-4-sett. VI n.5-sett.VII; quadrangolari con un lato aperto; dim. lato esterno: 60-65; fondo piano; no tracce forte alteraz.fermica | | | | US 162 esterno: 120x140 - interno: 80x45cm; fossa con elementi lapidei debolmente termoalterati | | US 48: elementi lapidei strutturati debolmente termoalterati | US 327; UUSS 505; 514: aree subrettangolari rubefatte; US 517: struttura con elementi in porfido esposti a temperature comprese tra 450° e 800° | |

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

| | Bedollo - Acqua Fredda | Fierozzo - Valcava | Frasilongo - Terrebis | Luserna - Malga Rivetta | Luserna - Platz von Motze | S. Orsola - Le Val | Segonzano - Peciapian | Transacqua - Acquedotto del Faoro | Transacqua - Pezhe Alte |
|---|---|--|-----------------------|-------------------------|--|--|--|---|------------------------------|
| Letti di arrostimento - n. elementi | | | | 1? | 4 (UUSS 134, 50, 170, 177) | | | 1 (UUSS 1001-1009) | |
| Letti di arrostimento - dimensioni in cm | | | | | US 134: 500x150; US 177: 490x110; US 170: 530x180; US 50: 800x150 | | | larg.: 250 cm | |
| Letti di arrostimento - più azioni e/o fasi | | | | | evidenza di reiterazione del piano di lavoro solo per struttura US 50 | | | almeno 2 sequenze di preparazione del piano di lavoro con scorie piatte | |
| strutture lignee (comprese buche di palo) dim. in cm | Sett. I e VI - fase 1 e 2, resti di assi e pali: possibili strutture di contenimento. Sett. VI - fase 2, resti di tavola: possibili sedili e/o passerelle | 4 buche di palo (UUSS 17, 20, 7 e 22, forse pertinenti a tettoie | | | | | | | UUSS 511; 513: buche di palo |
| Grandi strutture negative (buche; fosse) dimensioni in cm | sett. VI - fase 3: due fosse (240x110 x prof 80 e 180x160 x prof. 40) possibili discariche | | | | US 91 (d=200 cm p=160 cm) con residui combustione; | US 18: fossa d. 90x54 cm; p. 50 cm con scorie grossolane | UUSS 9: 11; 21; 34; 73-82: buche di palo; US 27: negativa di volparone (?) | | |

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

| | Bedollo - Acqua Fredda | Fierozzo - Valcava | Frassilongo - Terrebis | Luserna - Malga Rivetta | Luserna - Platz von Motze | S.Orsola - Le Val | Segonzano - Pecipian | Transacqua - Acquedotto del Faoro | Transacqua - Pezhe Alte |
|-----------------------------------|---|---------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| Laverie | 1 macina presso canaletta artificiale | | 5 macine rigate presso corso d'acqua naturale | | | | | | |
| presenza scorie grossolane | sì | sì | sì | sì | sì | sì | sì | no | stimate 100 - 200 t. di scorie prevalentemente piatte |
| presenza scorie piatte | sì | sì | sì | sì | sì | sì | sì | sì | |
| presenza sabbia di scorie | stimate: 800 - 1000 t. (Cierny <i>et alii</i> 2004); 1000 - 1500 t. (Cierny 2008) | sì | sì | sì | sì | no | sì | no | no |
| Bibliografia | Cierny <i>et alii</i> 2004; Cierny 2008, pp. 43-67 | Bellintani <i>et alii</i> 2021c | Šebesta 1992, pp. 150-165 | Nicosia, De Guio 2021 | Nicolis <i>et alii</i> 2021 | Silvestri <i>et alii</i> 2021 | Bellintani <i>et alii</i> 2021a | Bellintani <i>et alii</i> 2021b | Bellintani <i>et alii</i> 2021b |

Bibliografia

- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2012, *Final Bronze Age copper slags from Luserna (Trentino, Italy)*, in G. VEZZALINI, P. ZANNINI (a cura di), *Atti VII Congresso Nazionale di Archeometria*, Modena, 22-24 febbraio 2012, Patron Editore, Bologna. CD proceedings, 2012.
- ADDIS A., ANGELINI I., NIMIS P., ARTIOLI G. 2016, *Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): interpretation of the metallurgical process*, "Archaeometry", 58, pp. 96-114.
- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2017, *Late Bronze Age copper smelting in the southeastern Alps: How standardized was the smelting process? Evidence from Transacqua and Segonzano, Trentino, Italy*, "Archaeological and Anthropological Sciences", 9(5), pp. 985-999.
- ALPAGO NOVELLO FERRERIO L. 1992, *Pane di fusione di rame da Vas (Belluno)*, "Sibrium", XXI, 1990-91, pp. 363-367.
- ANFINSET N. 2011, *Social and technological aspects of mining, smelting and casting copper: an ethnoarchaeological study from Nepal*, Veröffentlichungen aus dem Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, 181, Bochum.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., PEDROTTI A., TECCHIATI U. 2013, *La metallurgia dell'età del Rame dell'Italia settentrionale con particolare riferimento al Trentino e all'Alto Adige. Le risorse minerarie e i processi di produzione del metallo*, in R.C. DE MARINIS (a cura di), *L'Età del Rame. La pianura padana e le Alpi al tempo di Ötzi*, Roccafranca-Brescia, pp. 101-116.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I. 2015, *La metallurgia preistorica del rame nell'Italia nord orientale: quadro d'insieme e recenti sviluppi*, in G. LEONARDI, V. TINÈ (a cura di), *Preistoria e protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, Firenze, pp. 271-277.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERRAUCH H. 2002a, *Smelting slags from Copper and Bronze Age archaeological sites in Trentino and Alto Adige*, in C. D'AMICO (a cura di), *Atti del secondo Congresso Nazionale di Archeometria*, Bologna 29 gennaio-1 febbraio 2002, Patron Editore Bologna, pp. 627-638.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERRAUCH H. 2002b, *Analisi di scorie di estrazione del rame provenienti da siti dell'età del Bronzo dell'Alto Adige*, in B. BAUMGARTEN, V. MAIR, H. SCHÖLZHORN (a cura di), *Atti 5° Workshop Internazionale delle Miniere Ridannal Monteneve*, Bolzano 15-22 settembre 2002, Provincia Autonoma di Bolzano-Museo di Scienze Naturali Alto Adige, Bolzano, pp. 7-14.
- ANGUILANO L., OBERRAUCH H., HAUSER H., REHREN T., ARTIOLI G. 2009, *Copper smelting at Fennhals-Kurtatsch (South Tyrol)*, in J.F. MOREAU, R. AUGER, J. CHABOT, A. HERZOG (eds.), *Proc. ISA 2006, 36th Intern. Symposium on Archaeometry*, Quebec City, Canada 2-6 May 2006, "Cahiers d'archéologie du CELAT", 25, Série Archéométrie, n. 7, CELAT, Université Laval, Quebec, pp. 375-382.
- ARTIOLI G., 2010, *Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*, Oxford University Press, Oxford.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., ADDIS A., VILLA I.M. 2014, *Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results*, "Historical Metallurgy", 47(1), 2013, pp. 51-59.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., TECCHIATI U., PEDROTTI A. 2015, *Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age*, "Journal of Archaeological Science", 63, pp. 78-83.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., VILLA I.M. 2016, *A lead-isotope database of copper ores from the South-eastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy*, "Journal of Archaeological Science", 75, pp. 27-39.
- AVANZINI M., BARGOSSO G.M., BORSATO A., SELLI L. 2010, *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 060, Trento*, Trento.
- BELLINTANI P. 2014, *Il ruolo delle Alpi nella circolazione dell'ambra baltica nel Mediterraneo centrale nel corso dell'età del Bronzo*, in P.L. CELLAROSI, R. CHELLINI, F. MARTINI, A.C. MONTANARO, L. SARTI, R.M. CAPOZZI (eds.), *The Amber Roads, The ancient cultural and commercial Communication between the peoples*, Proceedings of the 1st International Conference on Ancient Road (Republic of San Marino, 3-4.04.2014), Millenni. Studi di Archeologia Preistorica, 10, pp. 273-311.
- BELLINTANI P., SILVESTRI E. 2018, *Il rame del Trentino nella protostoria: nota di aggiornamento*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2018, pp. 43-52.
- BELLINTANI P., MOTTESS E., NICOLIS F., SILVESTRI E., STEFAN L., BASSETTI M., DEGASPERI N., CAPPELLOZZA N. 2010, *New Evidence of Archaeometallurgical Activities During the Bronze Age in Trentino*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPEL (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 277-282.
- BELLINTANI P., DEGASPERI N., BASSETTI M., BIAGIONI S., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O., RIZZOLI E., SILVESTRI E., VACCARO C., VOLPE L. 2021a, *Il sito fusorio di Segonzano località Peciapian. Ricerche 2007, 2008, 2011, 2013*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della*

- ricerca sul campo, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., DEGASPERI N., BASSETTI M., VACCARO C., VOLPE L. 2021b, *I siti fusori di Transacqua loc. Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro. Ricerche 2007 e 2008*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., PAGAN N., BASSETTI M., MARTINELLI N. 2021c, *Il sito fusorio di Fierozzo, loc. Valcava (TN). Ricerche 2012*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BIANCHIN CITTON E. 1989, *Dal Neolitico alla fine dell'età del Bronzo*, in D. GASPARINI (a cura di), *Due villaggi della collina trevigiana, Vidor e Colbertaldo*, Comune di Vidor, pp. 257-320.
- BIANCHIN CITTON E. 2006, *La circolazione del metallo nel Veneto orientale tra la seconda metà del III e il II millennio a.C. Rapporti tra nord e sud delle Alpi*, in E. BIANCHIN CITTON, M. TIRELLI (a cura di) ...ut ... rosae ... ponerentur. *Scritti in ricordo di Giovanna Luisa Ravagnan*, "Quaderni di Archeologia del Veneto", serie speciale 2, pp. 35-45.
- CAPUIS L., GAMBACURTA G. 2015, *Il Veneto tra il IX e il VI secolo a.C.: dal territorio alla città*, in G. LEONARDI, V. TINÈ (a cura di), *Preistoria e protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, pp. 449-459.
- CASTELLARIN A. (a cura di) 1982, *Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000*, C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Tecnoprint, Bologna.
- CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE M.A., MERCIER J.L., PICOTTI V., PINI G.A., PROSER G., SELLI R. 1992, *Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Apennines*, "Annales Tectonicae", 6 (1), pp. 62-94.
- CASTELLARIN A., SELLI L., PICOTTI V., CANTELLI L. 1998, *La tettonica delle Dolomiti nel quadro delle Alpi Meridionali Orientali*, "Memorie della Società Geologica Italiana", 53, pp. 133-143.
- CATTOI E., D'AMICO C., FABRIS S. 2000, *Studio petroarcheometrico di scorie di fusione della fine dell'età del Bronzo e confronti con scorie dell'età del Rame/Bronzo Antico in Trentino*, "Preistoria Alpina", 31 (1995), pp. 125-145.
- CATTOI E., D'AMICO C., GASPAROTTO G., GIRANI M. 2001, *Petroarcheometry of copper smelting slag in Trentino; provenance and process data*, "Preistoria Alpina", 33 (1997), pp. 151-154.
- CIERNY 1997, *Rame, stagno e bronzo*, in F. MARZATICO, L. ENDRIZZI (a cura di), *Ori delle Alpi*, Catalogo della mostra, Trento Castello del Buonconsiglio, 20 giugno - 9 novembre 1997, Quaderni della sezione archeologica Castello del Buonconsiglio Monumenti e collezioni provinciali - n° 6, pp. 75-82.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22, Bochum.
- CIERNY J., HAUPTMANN A., HOHLMANN B., MARZATICO F., SCHRÖDER B., WEISGERBER G. 1995, *Endbronzzeitliche Kupferproduktion im Trentino. Ein Vorbericht*, "Der Anschnitt", 47/3, Bochum, pp. 82-91.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G. 2004, *La riduzione del rame in località Acqua Freda al Passo di Redebus (Trentino) nell'età del Bronzo Recente e Finale. Risultati preliminari delle ricerche*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 125-154.
- CUPITÒ M. 2006, *Tipocronologia del Bronzo medio e recente tra l'Adige e il Mincio sulla base delle evidenze funerarie*, Saltuarie dal Laboratorio del Piovego, vol. 7, Padova.
- D'AMICO C., GASPAROTTO G., PEDROTTI A. 1998, *Scorie eneolitiche di Gaban e Acquaviva (Trento). Caratteri, provenienza ed estrazione del metallo*, in C. D'AMICO, C. LIVADIE (a cura di), *Le scienze della Terra e l'Archeometria*, Napoli 20-29 febbraio 1997, Istituto Universitario Suor Orsola Benincasa, Napoli, pp. 31-38.
- DE GUIO A. 2012, *Interfacce di bronzo per una vita da pecora. Il fenomeno della pastorizia nell'area prealpina veneto-trentina in età preromana: archeologia ed etnoarcheologia*, in M.S. BUSANA, P. BASSO (a cura di), *La lana nella Cisalpina romana. Economia e società. Studi in onore di Stefania Pesavento Mattioli*, Atti del Convegno Padova-Verona 18-20 maggio 2011, pp. 43-66.
- DE GUIO A., FRIZZO P. 2010, *Archeometallurgia, marcatori e impatto ambientale: linee sperimentali di ricerca del progetto "Ad Metalla", "Padusa"*, XLVI, pp. 35-62.
- DE GUIO A., SARTOR V., NICOSIA C., DANTI A., CAVICCHIOLI M., BRESSAN C., PADOVAN C., DE ANGELI G., BETTO A., BOVOLATO C., ZAMBON D. 2006, *Archeologia di Montagna: il progetto "Ad Metalla", "Quaderni di Archeologia del Veneto"*, XXII, pp. 233-246.
- DELLA CASA PH., NAEF L., TURCK R. 2016, *Prehistoric copper pyrotechnology in the Swiss Alps. Approaches to site detection and chaîne opératoire*, "Quaternary International", 402, pp. 26-34.
- DE MARINIS R.C., SALZANI L. 2005, *Tipologia e cronologia dei materiali*, in L. SALZANI (a cura di), *La necropoli dell'età del Bronzo all'Olmo di Nogara*, "Memorie del Museo di Storia Naturale di Verona", II, 8, pp. 488-491.

- DETOMASO G. 2005, *Geologia, miniere e minerali del Perginese*, in N. FORENZA, G. DETOMASO, P. ZAMMATTEO, G. ZAMPEDRI (a cura di), *Minatori, miniere, minerali del Perginese*, Pergine (TN), pp. 91-133.
- EIBNER C. 1982, *Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen*, in B. HÄNSEL (Hrsg.), *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr., Prähistorische Archäologie in Südosteuropa 1*, Berlin, pp. 399-408.
- EIBNER C. 1992, *Der Kupferbergbau in den österreichischen Alpen in der Urzeit*, "Archäologie Österreichs", 3/1, 1992, pp. 12-16.
- FORENZA N., DETOMASO G., ZAMMATTEO P., ZAMPEDRI G. 2005, *Minatori, Miniere, minerali del Perginese*, Pergine Valsugana (TN).
- FURMANEK V., KRUTA V. 2002, *L'età d'oro dei Carpazi. Ceramiche e metalli dell'età del Bronzo della Slovacchia. 2300 – 800 a.C.*, Catalogo Mostra Castello di Spezzano, Comune di Fiorano Modenese.
- GOLDENBERG G. 2004, *Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 165-176.
- GOLDENBERG G. 2013, *Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal – Montanarchäologische Befunde*, in MONTANWERKE BRIXLEGG, K. OEGGL, V. SCHAFFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 89-122.
- GOLDENBERG G. 2015, *Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 151-163.
- GOLDENBERG G. 2021, *Prehistoric mining, beneficiation and smelting of copper ores in the Lower Inn Valley, North Tyrol, Austria*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- GOLDENBERG G., RIESER B. 2004, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 37-52.
- GOLDENBERG G., ANFINSET N., SILVESTRI E., BELGRADO E., HANNING E., KLAUNZER M., SCHNEIDER P., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2011, *Das Nepal-Experiment – experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, TH. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB-HiMAT vom 7.-10.10.2010 in Mühlbach*, Innsbruck University Press, pp. 83-90.
- GOLDENBERG G., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., HANKE K., HIEBEL G., HÜSTER-PLOGMANN H., HYE S., KLAUNZER M., KOVÁCS K., KRISMER M., LUTZ J., MAASS A., MOSER M., NICOLUSSI K., OEGGL K., PERNICKA E., PICHLER T., PÖLLATH N., SCHIBLER J., STAUDT M., STOPP B., THURNER A., TÖCHTERLE U., TOMEDI G., TROPPEL P., VAFTAR F., WEINOLD T. 2012, *Prähistorischer Kupfererzbergbau im Maukental bei Radfeld/Brixlegg im Unterinntal*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT. Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4, Wien 2011, pp. 61-110.
- GRAMOLA M. 2000, *L'attività mineraria del Monte Fronte*, in N. FORENZA, M. LIBARDI (a cura di), *Levico. I segni della storia*, vol. 1, Trento, pp. 227-255.
- HANNING E., HERDITS H., SILVESTRI E. 2015, *Alpines Kupferschmelzen – technologische Aspekte*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 225-231.
- HAUSER L. 1986, *Die bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen in Fennhals über Kurtatsch*, "Der Schlern", 60, H.1/2, pp. 75-87.
- HOHLMANN B., HAUPTMANN A., SCHROEDER B. 2004, *Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz von Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 261-267.
- JUNG R. 2020, *Frattesina between continental Europe and the Eastern Mediterranean*, "Padusa", 56, pp. 163-172.
- JUNG R., MEHOFER M. 2013, *Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: cooperation, trade or war?* "Archäologisches Korrespondenzblatt", 43/2, pp. 175-193.
- JUNG R., MEHOFER M., PERNICKA E. 2011, *Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th–11th Century B.C.E.)*, in P. BETANCOURT, S.C. FERRENCE (eds.), *Metallurgy: Understanding How, Learning why. Studies in Honour of James D. Muhly*, Prehistory Monographs, 29, Philadelphia, pp. 231-248.
- KLEMM S. 2010, *Bronze Age Copper Mining – Landscape Conditions and Land-Use in the Eisenerzer Alps, Styria (Austria)*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPEL (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 1st Mining in European History. Conference of the SFB-HiMAT, 12-15 november 2009*, Innsbruck, pp. 271-276.

- KLEMM S. 2015, *Bronzezeitliche Kupfergewinnung in den Eisenerzer Alpen, Steiermark*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 195-200.
- KOCH WALDNER T. 2019, *Bronze Age copper production in Kitzbühel, Tyrol*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, “Der Anschnitt”, Beiheft 42, Bochum, pp. 31-46.
- KOCH WALDNER T., KLAUNZER M. 2015, *Das prähistorische Bergbaugesamt in der Region Kitzbühel*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 165-173.
- KRAUS S., SCHRÖDER C., KLEMM S., PERNICKA E. 2015, *Archaeometallurgical studies on the slags of the Middle Bronze Age copper smelting site S1, Styria, Austria*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe III*, Proceedings of the 3rd International Conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum June 29 – July 1 2011, “Der Anschnitt”, Beiheft 26, pp. 301-308.
- LARREINA-GARCIA D., CECH B., REHREN T. 2015, *Copper Smelting in the Raxgebiet (Austria): A Late Bronze Age Alpine Industrial Landscape*, in P. SUCHOWSKA-DUCKE, S. SCOTT REITER, H. VANDKILDE (eds.), *Forging Identities. The Mobility of Culture in Bronze Age Europe*, BAR S2771, Volume 1, pp. 213-219.
- LING J., HJÄRTHNER-HOLDAR E., GRANDIN L., STOS-GALE Z., KRISTIANSEN K., MELHEIM A.L., ARTIOLI G., ANGELINI I., KRAUSE R., CANOVARO C. 2019, *Moving metals IV: swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe*, “Journal of archaeological science: reports”, 26, 101837 (<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.002>).
- LUTZ J., KRUTTER S., PERNICKA E. 2019, *Composition and spatial distribution of Bronze Age planoconvex copper ingots from Salzburg, Austria. First results from the “Salzburger Gusskuchenprojekt”*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, “Der Anschnitt”, Beiheft 42, Bochum, pp. 363-372.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino, vol. I, Preistoria e Protostoria*, Istituto Trentino di Cultura, Trento.
- MARZATICO F. 2011, *La metallurgia nel versante meridionale delle Alpi centro orientali: spunti di riflessione*, in A. ASPES (a cura di), *I bronzi del Garda*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona (2° serie), Sezione Scienze dell'Uomo, 11, pp. 9-26.
- MARZATICO F. 2012, *La Cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il Castel de Pedena: un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Atti del Convegno, Feltre (BL) 6 giugno 2009, Saltuarie del Laboratorio del Piovego, 9, Padova, pp. 177-204.
- MARZATICO F. 2019, *The Luco/Laugen culture: specific characteristics and external relations*, in S. HYE, U. TÖCHTERLE (eds.), *UPIKU:TAUKE, Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, 339, Bonn, pp. 343-359.
- MARZATICO F. 2021, *Produzione metallurgica primaria e circolazione del rame nelle Alpi sud-orientali fra dati acquisiti e problemi aperti*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- MARZATICO F., VALZOLGHER E., OBERRAUCH H. 2010, *Dating the Later Bronze Age metal production in the South-Central Alps. Some remarks on the relative and absolute chronology of the Luco-Laugen culture*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPEL (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck University Press, pp. 129-143.
- MEHOFER M., GAVRANOVIĆ M., KAPURAN A., MITROVIĆ J., PUTICA A. 2021, *Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC*, “Journal of Archaeological Science”, 129, e105378.
- MELHEIM A.L., GRANDIN L., PERSSON P.O., BILLSTRÖM K., STOS-GALE Z., LING J., WILLIAMS A., ANGELINI I., CANOVARO C., HJÄRTHNER-HOLDAR E., KRISTIANSEN K. 2018, *Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry*, “Journal of Archaeological Science”, 96, pp. 85-105. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.04.003>.
- METTEN B. 2003, *Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum*, “Metalla”, 10, 1.2, Bochum.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E. 2011, *The Bronze Age Tumuli of Gardolo di Mezzo (Trento, Italy) in the Adige Valley*, in E. BORGNA, E. MÜLLER CELKA (eds.), *Ancestral Landscapes. Burial mounds in the Copper and Bronze ages (Central and Eastern Euro-*

- pe - Balkans - Adriatic - Aegean, 4th-2nd millennium BC), Proceedings of the International Conference, Udine 14-19 Mai 2008, TMO 61, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, 2011 pp. 517-526.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E., STEFAN L. 2014, *Il sito archeometallurgico dell'età del Rame di Riparo Marchi in Valle dell'Adige (Trento)*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2014, pp. 39-43.
- MOTTES E., BASSETTI M., MAGGIONI C. 2017, *Nuove scoperte archeologiche a Gardolo di Mezzo (Trento). Necropoli a cremazione della Cultura di Luco/Laugen*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2016, pp. 149-151.
- NICOLIS F., CAPPELLOZZA N., BELLINTANI P. 2021, *Il sito di produzione metallurgica di Luserna, loc. Platz von Motze. Ricerche 2005 – 2016*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- NICOSIA C., DE GUIO A. 2021, *Lavarone, localita' Malga Rivetta*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- NIMIS P., OMENETTO P., GIUNTI I., ARTIOLI G., ANGELINI I. 2012, *Lead isotope systematics in hydrothermal sulphide deposits from the central-eastern Southalpine (northern Italy)*, "European Journal of Mineralogy", 24, pp. 23-37.
- NOTHDURFTER H. 1993, *Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol*, in H. STEUER, U. ZIMMERMANN (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa, Berichte zum Internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhütung in Europa“ in Freiburg im Breisgau vom 4. bis 7 Oktober 1990*, Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen.
- NOTHDURFTER H., HAUSER L. 1986, *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals*, Denkmalpflege in Südtirol/Tutela dei Beni culturali in Alto Adige, Landesdenkmalamt Bozen/Soprintendenza Provinciale ai Beni Culturali di Bolzano, Bolzano, pp. 177-190.
- PEARCE M. 2007, *Bright blades and red metal: Essays on north Italian prehistoric metalwork*, Accordia Research Institute, London.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2019, *Frattesina and the Later Bronze Age – Early Iron Age metals trade: the absolute chronology of smelting sites in the Trentino – Alto Adige/Südtirol*, "Padusa", 55, pp. 67-86.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2021, *L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino – Alto Adige/Südtirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PERINI R. 1989, *Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'età del Bronzo nel Trentino*, in BIBLIOTECA COMUNALE DI TRENTO (a cura di), *Per Giuseppe Sebesta. Scritti e nota bibliografica per il settantesimo compleanno*, Trento, pp. 377-404.
- PERINI R. 1992, *Evidence of metallurgical activity in Trentino from Chalcolithic times to the end of the Bronze Age*, in E. ANTONACCI SANPAOLO (a cura di), *Archeometallurgia. Ricerche e prospettive*, Atti del colloquio Internazionale di Archeometallurgia, 18-21 ottobre 1988, Bologna – Dozza Imolese 1992, pp. 54-80.
- PERNICKA E., SALZANI P. 2011, *Remarks on the analyses and future prospects*, in A. ASPES (a cura di), "I bronzi del Garda", *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona - 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo* 11-2011, pp. 89-98.
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo finale provenienti dall'ustrinum/luogo di culto funerario di Salorno Dos de la Forca (Cava Girardi) (BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, 2019, pp. 113-174.
- PREUSCHEN E. 1962, *Der urzeitliche Kupferbergbau von Vetriolo (Trentino)*, "Der Anschnitt", 14, H. 2, pp. 3-7.
- PREUSCHEN E. 1965, *Das urzeitliche Kupfer-Verhüttungsgebiet von Lavarone (Trentino)*, "Der Anschnitt", 17, H. 4-5, pp. 8-13.
- PREUSCHEN E. 1968, *Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino*, "Der Anschnitt", 20, H. 1, pp. 3-15.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- REITMAIER-NAEF L. 2019, *Copper smelting slag from the Oberalpboden (Canton of Grisons, Switzerland). Methodological considerations on typology and morphology*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 229-244.
- SCHIBLER J., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., GOLDENBERG G., HANKE K., HIEBEL G., HUSTER PLOGMANN H., NICOLUSSI K., MARTI-GRADEL E., PICHLER S., SCHMIDL A., SCHWARZ S., STOPP B., OEGGL K. 2011, *Miners and mining in the Late Bronze Age: a multidisciplinary study from Austria*, "Antiquity", 85, pp. 1259-1278.
- SCHIFFERLE L., KRISMER M., TROPPEL P. 2014, *Woher stammen die Kupfererze vom Fennhals (Kurtatsch, Südtirol)? Ein chemischer und mineralogischer Vergleich der Kupferschlacken mit ausgewählten Cu-führenden Erzvorkommen aus Südtirol und dem Trentino*, "Geo.Alp", 11, pp. 85-102.

- ŠEBESTA G. 1992, *La via del Rame*, Economia Trentina, supplemento n. 3, Calliano (TN).
- SELLI L. 1998, *Il Lineamento della Valsugana fra Trento e Cima d'Asta: cinematica neogenica ed eredità strutturali permo-mesozoiche nel quadro evolutivo del Sudalpino orientale (NE-Italia)*, "Memorie della Società Geologica Italiana", 53, pp. 503-541.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2014, *Evidence of mining without mines: smelting activity during the Bronze Age in Trentino*, in J. SILVERTANT (ed.), *Research and preservation of ancient mining areas*, 9th International symposium on archaeological mining history, Trento-Italy, 2014, pp. 88-103.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., NICOLIS F., BASSETTI M., BIAGIONI S., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O. 2015a, *New excavations at smelting sites in Trentino, Italy: archaeological and archaeobotanical data*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (Eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29 - July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 369-376.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015b, *Bronzezeitliche Kupferverüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 201-208.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., HAUPTMANN A. 2019, *Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 261-278.
- SILVESTRI E., DEGASPERI N., BASSETTI M., BELLINTANI P. 2021, *Il sito fusorio della tarda età del Bronzo Le Val di Sant'Orsola Terme (Tn) – scavi 2014*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- STAUDT M. 2021, *Recycling of "slag sand": the use of granulated copper smelting slag as tempering component in prehistoric pottery during the Late Bronze to Early Iron Age in North Tirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- STAUDT M., GOLDENBERG G., SCHERER-WINDISCH M., GRUTSCH C., LAMPRECHT R., ZEROBIN B. 2019, *The Late Bronze Age smelting site Rotholz in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 279-298.
- STÖLLNER T. 2009, *Prähistorische Montanreviere der Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand*, in K. OEGGL, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proc. 3. Milestone-Meeting SFB HiMAT 2008 (Innsbruck 2009), pp. 37-60.
- STÖLLNER T. 2010, *Copper and Salt – Mining Communities in the Alpine Metal Ages*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History Conference of the SFB-HIMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 297-313.
- STÖLLNER T. 2015a, *Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 175-185.
- STÖLLNER T. 2015b, *Humans approach to resources: Old World mining between technological innovations, social change and economical structures*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (Eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 63-82.
- STÖLLNER T. 2019a, *Enmeshment within resource-scapes – Eastern Alpine copper production of the Bronze and Early Iron Age*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 13-29.
- STÖLLNER T. 2019b, *Between mining and smelting in the Bronze Age – Beneficiation process in an Alpine copper producing district. Results of 2008 to 2017 excavations at the "Sulzbach-Moos"-bog at the Mitterberg (Salzburg, Austria)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 165-190.
- STOS-GALE Z.A. 2017, *The Aegean and the Black Sea connecting South East Europe and Anatolia in the Bronze Age: evidence from metal finds in Bulgaria, Greece and Western Turkey*, in *Objects*,

- Ideas and Travellers. Contacts between the Balkans, the Aegean and Western Anatolia during the Bronze and Early Iron age*, Conference to the memory of Alexandru Vulpe, November 10th-13th 2017, Tulcea, Romania, Book of abstracts, pp. 44-50.
- TREBSCHKE P., PUCHER E. 2013, *Urnenfelderzeitliche Kupfergewinnung am Rande der Ostalpen. Erste Ergebnisse zu Ernährung und Wirtschaftsweise in der Bergbausiedlung von Priggwitz-Gasteil (Niederösterreich)*, "Prähistorische Zeitschrift", 2013, 88 (1-2), pp. 114-151.
- TURCK R. 2019, *Organising smelting places. A keynote on Iron Age copper smelting in the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland)*, in R. TURCK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 209-228.
- VILLA I.M., GIARDINO C. 2019, *Analisi isotopiche del piombo su reperti bronzei di Frattesina*, in A. M. BIETTI SESTIERI, P. BELLINTANI, C. GIARDINO (a cura di), *Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio nella tarda età del Bronzo del Veneto*, "Atti Della Accademia Nazionale dei Lincei", Memorie, Classe di Scienze Morali, Storiche e Filosofiche, Serie IX. 39. I, pp. 255-262.
- WRIGHT K. 1992, *A Classification System for Ground Stone Tools from the Prehistoric Levant*, "Paléorient", 18-2, pp. 53-81.
- ZSCHOCKE K., PREUSCHEN E. 1932, *Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen*, Materialien zur Urgeschichte Österreichs, 6. Heft, Wien, Selbstverlag der Anthropologischen Gesellschaft in Wien.

Stampato da Publistampa Arti grafiche
nel mese di settembre 2021

Carta proveniente da foreste correttamente
gestite e altro materiale controllato.

