

LE RADICI DELLA TERRA
LE MINIERE OROBICHE VALTELLINESI
DA RISORSA ECONOMICA A PATRIMONIO CULTURALE DELLE COMUNITÀ
TRA MEDIOEVO ED ETÀ CONTEMPORANEA

a cura di Paolo de Vingo



Le radici di una identità



COMITATO REDAZIONALE

Direttore scientifico della Collana: Rita Pezzola

Comitato scientifico: Alessandra Baruta (Museo Valtellinese di Storia e Arte di Sondrio)
Giorgio Baruta (Società Storica Valtellinese)
Luisa Bonesio (Museo dei Sanatori di Sondalo)
Luca Cipriani (Alma Mater Studiorum – Università di Bologna)
Edoardo Colonna di Paliano (Politecnico di Milano)
Paolo de Vingo (Università degli Studi di Torino)
Massimo Della Misericordia (Università Milano-Bicocca)
Angela Dell’Oca (Diocesi di Como)
Stefano Lucarelli (Università degli Studi di Bergamo)
Riccardo Rao (Università degli Studi di Bergamo)
Marilisa Ronconi (Associazione culturale Ad Fontes)
Alessandro Rovetta (Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano)

La collana “Le radici di una identità” nasce per raccogliere, in volumi tematici multidisciplinari, i risultati scientifici e le esperienze maturate nei percorsi di tutela, ricerca e valorizzazione applicati al territorio, attivati tra il 2018 e il 2021 nel mandamento di Sondrio nell’ambito del Progetto Emblematico Maggiore “Le radici di una identità. Temi strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio” (Rif. Pratica Fondazione Cariplo 2017-1241). Il progetto è finanziato da Fondazione Cariplo e Regione Lombardia; soggetto capofila è la Comunità Montana Valtellina di Sondrio (www.radicidentita.it).

La collana, dopo il progetto, resta aperta per accogliere ulteriori ricerche sul territorio, nella varietà dei loro temi, fondate su indagini originali.

“Le radici di una identità”, per garantire la qualità scientifica di quanto viene pubblicato sulle proprie pagine, adotta un sistema di valutazione anonima (*blind peer review*) dei saggi.

Le opere della presente collana sono rilasciate nei termini della licenza *Creative Commons non commerciale* e sono disponibili in perpetuo e in modo completo su *Repository* certificati.

Amministrazione

Comunità Montana Valtellina di Sondrio
Via Nazario Sauro, 33 – 23100 Sondrio
Telefono 0342/210331 – info@cmsondrio.it

Presidente: Tiziano Maffezzini

Segretario: Elena Castellini

Ufficio Turismo e Cultura: Luca Moretti, Francesco Ghilotti

Radici Lab: Marta Zecca, Alice Melchiorre, Annalisa Cama, Pietro Azzola



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-aa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli ne massimizza la visibilità e favorisce la facilità di ricerca per l'utente e la possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp

LE RADICI DELLA TERRA
LE MINIERE OROBICHE VALTELLINESI
DA RISORSA ECONOMICA A PATRIMONIO CULTURALE
DELLE COMUNITÀ TRA MEDIOEVO ED ETÀ CONTEMPORANEA

a cura di Paolo de Vingo

Saggi di
Giorgio Baratti, Paolo Bertero, Costanza Cucini,
Piergiovanni Damiani, Alfredo Dell'Agosto, Paolo de Vingo,
Francesco Ghilotti, Pierangelo Melgara, Rita Pezzola, Ilyes Piccardo,
Riccardo Rao, Maria Pia Riccardi, Ilaria Sanmartino

Volume realizzato con il contributo dell'Università degli Studi di Torino, con il contributo del Comune di Piateda di Valtellina (Sondrio) e della Comunità Montana Valtellina di Sondrio.



Comune di
Piateda di Valtellina



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



COMUNITÀ MONTANA
VALTELLINA DI SONDRIO

Fotografie

Lo specifico credito fotografico è segnalato, dove richiesto, nelle singole didascalie.

Autorizzazioni

Archivio del comune di Fusine (fig. 3, p. 345; fig. 26, p. 356; fig. 29, p. 359; figg. 35-36-37-38, p. 362); Archivio di Stato di Milano (fig. 3, p. 161; fig. 9, p. 261; fig. 25, p. 270; fig. 27 p. 271); Archivio di Stato di Sondrio (fig. 10, p. 261; fig. 34, p. 276; fig. 24 p. 355); Archivio di Stato di Modena (fig. 1, p. 44; figg. 22-23-24-25, pp. 103-106); Archivio fotografico Basilica di Sant'Ambrogio, Archivio e Biblioteca capitolare (fig. 8, p. 91); Archivio parrocchiale di Boffetto (fig. 33, p. 276; fig. 1, p. 287, fig. 2, pp. 288-289, fig. 3, p. 291; fig. 4, p. 293; fig. 5, p. 295; fig. 6, pp. 296-297); Archivio Storico della Confraternita dell'Assunta di Morbegno (figg. 6-7-8, pp. 48-50); Biblioteca di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova (fig. 3, pp. 200-201); ISPRA, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia (fig. 2, pp. 306-307); Museo Archeologico di Milano (fig. 6, p. 90); Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Torino (fig. 7, p. 90); Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le provincie di Como, Lecco, Monza Brianza, Pavia, Sondrio, Varese (figg. 9-10-11-12, pp. 92-94).

Tavole ed elaborazioni grafiche

Paolo Bertero (figg. 3-4, pp. 161-162; figg. 15-16, p. 264; fig. 21, p. 267; fig. 4, p. 346; fig. 8, p. 347; fig. 15, p. 351; fig. 19, p. 352); Marco Brigatti (fig. 1, p. 382); Rossana Managlia (figg. 4-5, pp. 88-89; figg. 20-21-22-23-24-25, pp. 102-107; fig. 1, pp. 186; fig. 1, pp. 254-255; figg. 1-2, pp. 343-344); Davide Mulattieri (fig. 20, p. 266); Portale di Valtellina Outdoor (fig. 2, p. 187); Maria Pia Riccardi (tabb. 1-2-3, pp. 172-173; figg. 1-2-3-4-5-6-7, pp. 174-178); Marco Tremari (fig. 29, p. 272; fig. 23, p. 354; fig. 28, p. 358; fig. 34, p. 361); Federico Zoni (fig. 1, p. 121).

Impaginazione e grafica

Studio Leksis, Milano.

Isbn: 9788835139164

Copyright © 2022 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale* (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

INDICE

Introduzione. Il paesaggio minerario della Valtellina orobica: un patrimonio da esplorare, da conoscere e da valorizzare <i>Paolo de Vingo</i>	pag. 7
--	--------

Contesto e metodo della ricerca

Tra paesaggio costruito e paesaggio documentario. Stato e prospettive delle ricerche sulla metallurgia orobica in Valtellina (secoli X-XV) <i>Rita Pezzola</i>	» 21
Tempo delle miniere e tempo dei minatori nelle Alpi orobiche valtelinesi. Un patrimonio culturale secolare tra fonti storiche e dati archeologici <i>Paolo de Vingo</i>	» 51
Fucine, ferrari e lavorazione del ferro nella Valtellina del basso medioevo <i>Riccardo Rao</i>	» 111
Archeologia dei paesaggi d'altura e del ferro, spunti metodologici <i>Giorgio Baratti</i>	» 123
Rilievo, cartografia storica e georeferenziazione <i>Paolo Bertero</i>	» 153
Studio petro-archeometrico di indicatori della prima fase del processo siderurgico. Il territorio di Piateda e di Fusine <i>Maria Pia Riccardi, Costanza Cucini</i>	» 163
Paesaggi arqueo-minerari sulle Orobie. Prospettive di valorizzazione per la Comunità Montana Valtellina di Sondrio <i>Francesco Ghilotti</i>	» 179

Area della Val Venina (Piateda)

Inquadramento geologico dell'area della Val Venina (Piateda) <i>Alfredo Dell'Agosto</i>	pag. 195
La Val d'Ambria verso la polarizzazione sociale. Paesaggio, società ed economia (secoli XIV-XV) <i>Ilyes Piccardo</i>	» 203
Le strutture del ciclo minerario-metallurgico nel territorio di Piateda tra fonti scritte ed evidenze materiali <i>Paolo de Vingo, Ilaria Sanmartino</i>	» 221
L'estimo preteresiano di Boffetto. Un'inedita fonte cartografica settecentesca per la storia della metallurgia <i>Pierangelo Melgara</i>	» 277

Area del Monte Vitalengo (Val Cervia - Val Madre)

Inquadramento geologico dell'area monte Vitalengo (Val Cervia - Val Madre) <i>Alfredo Dell'Agosto</i>	» 301
Estrazione, preparazione e gestione del ciclo minerario-metallurgico a Fusine e nel suo territorio tra fonti storico-archivistiche e strutture produttive <i>Paolo de Vingo, Ilaria Sanmartino</i>	» 309
Storia familiare e storia produttiva a Cedrasco. Approfondimenti prosopografici (secoli XV-XVIII) <i>Piergiovanni Damiani</i>	» 363
Ringraziamenti	» 391
Abstract	» 393
Autori	» 405

TEMPO DELLE MINIERE E TEMPO DEI MINATORI
NELLE ALPI OROBICHE VALTELLINESI.
UN PATRIMONIO CULTURALE SECOLARE
TRA FONTI STORICHE E DATI ARCHEOLOGICI

Paolo de Vingo

1. Scelte iniziali

Il paesaggio valtellinese è caratterizzato da segni secolari tracciati dalla presenza umana e dallo stretto rapporto di dialogo che si è sviluppato tra territorio, risorse produttive e comunità in base alle quali l'ambiente è stato modificato e, nel caso di quello minerario, riuscendo a portare con sé, attraverso lo scorrere del tempo, le prove di questa interazione. La capacità dell'uomo di trasformare e mantenere il territorio rendendolo paesaggio culturale è la principale caratteristica dell'identità alpina. Tra le attività di sostentamento e di potenziale arricchimento che i contesti alpini lombardi hanno garantito, almeno tra la tarda epoca medievale e gli inizi della moderna, possiamo annoverare la zootecnia dei capro-ovini e lo sfruttamento boschivo che alimentava sia le attività artigianali legate alla trasformazione diretta del legname sia quelle minerarie, svolte in quota nei forni di arrostitimento e, più a valle, nelle botteghe o negli altoforni situati lungo il corso di fiumi e torrenti, di cui sfruttavano la forza motrice¹.

Molti sono gli storici lombardi che nel passato hanno descritto la presenza e la diffusione dei minerali di ferro presenti delle Orobie ma nessuno di questi ha mai stabilito con precisione a quale fase storica attribuire lo sviluppo iniziale dello sfruttamento delle risorse minerarie. Questa incertezza riguarda anche uno dei periodi più fecondi per le attività minerarie valtellinesi, cioè i secoli compresi tra medioevo ed età moderna, quando sappiamo che gli indici quantitativi e qualitativi delle manifatture legate al ciclo dei metalli ferrosi raggiunsero livelli produttivi molto alti. Le considerazioni di Paolo Giovio (1483-1552) sullo sviluppo delle attività minerarie, anche se focalizzate

1. P. Rebuschini, *Descrizione statistica della provincia di Valtellina giusta lo stato in cui trovasi l'anno 1883*, Milano 1835.

sulle miniere lecchesi della Val Varrone, possono essere estese anche a quelle orobiche. Lo scrittore umanista aveva osservato come, procedendo con lo scavo lungo i filoni del materiale, le gallerie in alcuni casi giungessero su «rottami e frantumi», traendo dalla presenza di questi accumuli di materiale la conferma che gli uomini in altre epoche «vi avessero lavorato intorno [...]» oltre al fatto che «[...] si eran rinvenuti istrumenti antichi e di strana forma». La quantità del minerale accumulato «non poteva sicuramente essere se non opera di molti secoli e di molte braccia»².

Tutti gli storici economici del mondo antico sono concordi nel considerare non lineare il livello di sviluppo raggiunto dal mondo romano, non essendo possibile definire in modo preciso la capacità distributiva dei beni o la capacità organizzativa delle diverse attività lavorative³. La ricerca ha seguito percorsi diversificati ma è indubbio che uno degli aspetti più rilevanti dello studio dei sistemi economici antichi è la possibilità di contestualizzare gli strumenti economici e comprendere il valore del prodotto ottenuto, unitamente alla capacità di commercializzazione dei singoli manufatti. Forse la lavorazione dei metalli è quella che si presta in modo più efficace a essere accostata a due principi fondanti ogni attività artigianale, il valore delle persone unito a quello delle cose, cioè la capacità-abilità produttiva associata alla qualità del manufatto ottenuto. Per comprendere meglio questa duplice dinamica, è possibile ragionare sulle esperienze degli apprendisti altomedievali e dei pratici-*maistri* del forno tardomedievali (intorno al 1480). Dei primi conosciamo molto poco ed è possibile che avessero acquisito le competenze pratiche necessarie svolgendo periodi di apprendistato accanto al padre, prima di affiancarlo o sostituirlo nella gestione della bottega. Degli altri sappiamo che erano perfettamente in grado di governare e conoscere le singole variabili produttive, avendo maturato le conoscenze necessarie per intervenire in tutte le diverse fasi del processo di trasformazione. Normalmente sono figli di maestri da forno e quindi le loro prime esperienze sono il risultato di anni di lavoro trascorsi accanto al padre, osservandolo, ascoltando consigli, raccogliendone suggerimenti e ricordi risalenti anche alla generazione precedente, nel caso di una dinastia artigianale familiare. I trattati di Vannoccio Biringuccio (*De la pirotechnia*) e di Georgius Agricola (*De re metallica*) sono pubblicati intorno al 1540 e al 1556 e quindi posteriori rispetto ai primi pratici, la cui presenza è attestata nelle fonti documentarie quasi un secolo prima, dalla seconda metà

2. G.B. Giovio, *Commentari su Como e il Lario*. La prima edizione di Giovanni Battista Giovio (1748-1814), risale al 1795 sotto lo pseudonimo di Poliante Lariano e fu realizzata presso la stamperia Ostinelli di Como.

3. P.L. D'Eredità, *Storia dello sviluppo economico medievale. L'Europa occidentale dalla fine dell'impero romano alla scoperta dell'America*, Mimesis Edizioni, Milano 2014, pp. 52-57.

del Quattrocento in poi. I pratici non conoscevano il funzionamento teorico del forno né tantomeno possedevano le basi di chimica siderurgica necessarie a comprendere le diverse fasi di lavorazione: essi disponevano solo della loro esperienza, maturata prima sotto la guida del padre e poi sviluppatasi in modo personale. Sappiamo però che i *maistri* da forno erano uomini alfabetizzati, in grado di leggere, scrivere, disegnare ed elaborare una contabilità amministrativa e produttiva molto precisa di tutto quello che serviva per realizzare un impianto produttivo e per farlo funzionare in modo ottimale⁴.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, bisogna riconoscere che gli storici medievisti si sono posti il problema della formazione del valore nei sistemi economici alto e basso medievali ma oltre alla necessità di stabilire un prezzo di mercato per la terra, considerata bene essenziale e prioritario delle attività economiche medievali, operazione utile a comprenderne il valore, sarebbe opportuno ipotizzare anche una conversione del valore di ogni singolo utensile in denaro, per capire quale potesse essere la effettiva circolazione dei beni funzionali allo svolgimento delle attività produttive, slegata dalla ricerca del profitto individuale⁵.

Se esaminiamo con attenzione le fonti tardoantiche, a partire dalla prima metà del V secolo, è possibile riconoscere le prime attestazioni che dimostrano la capacità di attribuire un valore ai singoli attrezzi associato, nei secoli altomedievali, al riconoscimento del peso economico dei *censi* in ferro ricevuti, ad esempio, dai monasteri⁶. Un articolo della *Regula monachorum* richiedeva ai monaci di prestare molta attenzione alla cura delle *ferramenta* del monastero. Se le stesse fonti confermano che alcuni santi, tra cui Benedetto, si erano adoperati per riparare quelli inutilizzabili o per recuperare quelli perduti, crediamo sia possibile riconoscere rilevanza economica ai singoli strumenti. Gli inventari carolingi descrivono singolarmente ogni utensile in ferro, mentre elencano in modo sbrigativo e approssimativo quelli in legno, definendoli semplicemente «[...] utensilia lignea ad ministrandum sufficienter [...]», e quindi attribuendo loro un valore marginale⁷.

Occuparsi della produzione metallurgica altomedievale è importante, perché corrisponde a una fase economica in cui si è in grado di valutare non solo la qualità del risul-

4. M. Calegari, *Forni «alla bresciana» nell'Italia del XVI secolo*, in M. Calegari, R. Vergani (a cura di), *Miniere e metallurgia. Archeologia di un sapere (secoli XV-XVIII)*, in «Quaderni Storici», vol. 24, n. 70 (1), 1989, pp. 77-84; M. Calegari, *Nel mondo dei pratici: molte domande e qualche risposta*, in «Altronovecento», n. 10, 2005, pp. 6-7; E. Baraldi, *Una nuova età del Ferro: macchine e processi della siderurgia*, in P. Braunstein, L. Molà (a cura di), *Il Rinascimento italiano e l'Europa. Produzioni e tecniche*, vol. III, Fondazione Cassamarca - Angelo Colla Editore, Vicenza 2007, p. 211.

5. M. Vallerani, *Valore delle cose e valore delle persone. Dall'antichità all'Età moderna*, Viella, Roma 2018, pp. IX-X.

6. P.L. D'Eredità, *Storia dello sviluppo economico medievale. L'Europa occidentale dalla fine dell'impero romano alla scoperta dell'America*, cit., pp. 111-121.

7. P. Galloni, *Il sacro artefice. Mitologie degli artigiani medievali*, Laterza, Roma-Bari 1998, pp. 25-26.

tato finale del manufatto ma anche di riconoscere le competenze di coloro che sapevano realizzarlo. I secoli altomedievali sono perciò formativi della capacità personale e individuale di capire il valore delle cose distinguendolo da quello delle persone, cioè dall'attitudine e dalla capacità materiale e cognitiva necessarie a ottenerle. Gli articoli delle legislazioni romano-germaniche consentono di comprendere il peso economico delle persone, di definire la posizione sociale dei lavoratori e quindi di fissare una gerarchia dei valori sociali altomedievali. Le *Leges Burgundionum* e le *Leges Alamannorum* stabilivano che uccidere un fabbro implicava un risarcimento di 50 soldi e da 40 a 50 soldi nel caso di fabbri semplici, *spatarii* oppure di orafi: queste indicazioni sono estremamente significative, sia perché definiscono la maggiore o minore importanza del ruolo professionale, sia la condizione o l'eventuale condizione di servitù, in quanto è possibile che esistessero fra gli artigiani anche lavoratori liberi e non servili⁸ (*Figure 1-3*).

Le saghe nordiche (*Volundarkvidha*, Saga dei Volsunghi, Canzone dei Nibelunghi, *Beowulf*, *Thidrekssaga*) riconoscono ai fabbri una posizione privilegiata nel mondo germanico; i contesti funerari merovingi (Hérouvillette), longobardi italiani (Centallo, Grupignano, Cividale) e slavo-pannonici (Poysdorf, Brno) dimostrano che, se in una società fondata su valori militari si concedeva a questi artigiani di essere sepolti con i propri utensili, spesso abbinati con le armi, si trattava non solo di uomini liberi ma si riconosceva al ruolo dell'artigiano una posizione autorevole e di alto livello sociale, in un mondo in cui forza e competenze pratiche erano forse probabilmente predominanti sulle capacità intellettive⁹ (*Figure 4-5*).

In queste considerazioni rientra perfettamente la società longobarda, nella quale coloro che si dedicavano alla metallurgia appaiono spesso in qualità di uomini liberi impegnati in transazioni commerciali¹⁰. Sono sempre le aree lombarde che dimostrano di avere tra VII e X secolo una capacità produttiva in distinti settori delle arti del fuoco in grado di alimentare una tradizione manifatturiera secolare. Nel Museo Archeologico di Milano è conservata la lastra funeraria di Lucifero – datata tra la metà del VI e gli inizi del VII secolo – orafo illustre, amante dei racconti e sempre amico della letizia il quale, vissuto con merito, morì felice, giocondo, moderato e onesto, visse più o meno trentotto

8. Ivi, pp. 17-18.

9. P. de Vingo, *The problems of Langobard goldworks in Northern Italy: written sources versus archaeological data*, in I. Baldini, A.L. Morelli (a cura di), *Luoghi, artigiani e modi di produzione nell'oreficeria antica*, Ornamenta 4, Ante Quem, Bologna 2012, pp. 311-320.

10. V. La Salvia, F. Zagari, *Aspetti della produzione metallurgica longobarda. Note sulla tomba del fabbro di Grupignano e sullo sviluppo dell'attrezzatura longobarda*, in Paolo Diacono e il Friuli altomedievale (secoli VI-X), Atti del XIV Congresso Internazionale di Studi sull'Alto Medioevo, Cividale del Friuli-Bottenicco di Moimacco, 24-29 settembre 1999, Fondazione Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo, Spoleto 2001, pp. 870-871.

anni, fu deposto il quinto giorno delle calende di settembre [28 agosto] nella prima indizione, così riportano la sua lettura e trascrizione. Testimonianza straordinaria, la lastra ricorda con un testo affettuoso dalla sintassi incerta, la figura di un artigiano (probabilmente milanese), il cui nome Lucifero, cioè “portatore di luce”, si adatta perfettamente alla sua professione di orafo. Il testo pone molta attenzione, oltre che sul carattere amicale del personaggio, sulla sua condizione agiata, indicata dalla formula [*vir honestus*] la quale, in età tardoromana e altomedievale, connotava una importante situazione economica e rendeva implicito riconoscere a questa persona rispetto e onorabilità¹¹ (Figura 6).

In età carolingia i fabbri sembrano quasi scomparire dal contesto socio-economico e potrebbe essere interessante verificare se esista un rapporto tra il loro scarso numero e una eventuale riduzione in servitù. Nella corte di *Annapes* (Lille), importante azienda agricola delle aree merovinge nordorientali, nella quale erano allevati duecento capi di bovini, gli ispettori carolingi non individuano neppure un *ferrarius* ma inventariano attrezzi agricoli in ferro (scuri, succhielli, ascia, raschietto, falci, falcetti, pale ferrate). Analoghe osservazioni possono essere fatte per il Registro delle proprietà (*Polyptychon*) di due abbazie caroline, Prüm (Germania) e Montier-en-Der (Francia)¹². Soltanto a Boussy-en-Drouais, uno dei numerosi possedi di Saint-Germain-des-Près, compaiono due fucine che producono armi piuttosto che utensili agricoli¹³.

In Italia settentrionale la prima indicazione che sembrerebbe confermare come il valore delle cose e quello delle persone fossero ritornati a essere un concetto univoco, potrebbe essere individuata nella capacità produttiva degli artigiani specializzati, parallelamente a un miglioramento della condizione sociale, quando nel 792 tre *aurifices* pavesi intervengono come testimoni in favore di un collega. Una delle attestazioni di autocoscienza artigianale più antica, in relazione a una manifattura di fabbro, compare su un puntale di cintura ageminata e placcata (660-690) della necropoli longobarda (t. 17) di Collegno nel torinese. Si tratta di una iscrizione incompleta, della quale è stata interpretata la prima parte nella forma di una invocazione cristiana «† DOMINE [...]» e quella finale «[...] [M]AGISTER [...]»¹⁴ (Figura 7).

11. P. de Vingo, *Metallurgical handcraft among western German population between the VIth and the VIIth centuries: handicraft working, manufacturing and decorative techniques*, in *Archaeometallurgy in Europe*, Atti del Convegno, Milano, 24-26 settembre 2003, Associazione Italiana di Metallurgia, Milano 2003, p. 616.

12. G. Duby, *Le origini dell'economia europea*, Laterza, Roma-Bari 1983, p. 19.

13. G. Duby, *L'economia rurale nell'Europa medievale*, Laterza, Roma-Bari 1984, pp. 30-32.

14. C. Giostra, *Luoghi e segni della morte in età longobarda: tradizione e transizione nelle pratiche dell'aristocrazia*, in G.P. Brogiolo, A. Chavarría Arnau (a cura di), *Archeologia e società tra tardo antico e alto medioevo*, SAP Società Archeologica, Mantova 2007, pp. 332-333; V. La Salvia, *Le arti del fuoco*, in G.P. Brogiolo, F. Marazzi, C. Giostra (a cura di), *Longobardi. Un popolo che cambia la storia*, Catalogo della mostra, Skira, Milano 2017, p. 190; S. Gavinelli, *Testimonianze grafico-letterarie di epoca longobarda in Piemonte e dintorni*, in C. Lambert, F. Pastore (a cura di), Atti del Convegno

Un secondo esempio, molto significativo, è attestato in una delle formelle della parte posteriore dell'altare del monastero milanese di S. Ambrogio dove, per volontà del committente, il *dom(i)nus Angilbertus*, ritratto in uno dei due tondi centrali con il nimbo rettangolare in atteggiamento autocelebrativo mentre dona il manufatto alla chiesa, è raffigurato nel clipeo attiguo anche il fabbro-orefice Vuolvinio denominato *Wolvinius magist(er) phaber*¹⁵. È interessante constatare che già nel corso del X secolo lo stesso complesso monastico era detentore di una significativa ricchezza economica poiché era in grado di imporre ai suoi servi presso la corte di Limonta, che controllava grazie a una donazione di Lotario (835), censi in ferro¹⁶ (Figura 8).

A partire dal IX secolo, tre *aurifices* pavesi (824) sono *possessores* delle stesse *mansiones* in cui esercitano la loro professione, mentre artigiani specializzati vengono chiamati a presenziare nei giudizi comitali, come nel caso di Adalberto, orafo piacentino (885). Nella Milano altomedievale lo spazio urbano situato in prossimità delle mura massimiane, conobbe la formazione di un polo economico legato alla presenza della Zecca, denominata “Moneta Pubblica”, principale centro pulsante degli affari di cui in quegli anni erano protagonisti mercanti, monetieri e artigiani. Nella documentazione altomedievale lombarda compaiono numerosi *negotiatores*, *argenterii* e *monetarii*, alcuni residenti a Milano, altri provenienti dalle aree del contado inurbate nel corso dei secoli IX e X a partire da Domenico *negotiator*, figlio di Materno delle *quinque vias* e Teoderace, anche lui identificato delle *quinque vias*, Heremperto monetario la cui abitazione confinava con quella del fabbro Gisederio (980), a sua volta vicino al calzolaio Madelberto, fino ad arrivare alla casa *solariata* del *negocians* Pietro, figlio di Ariberto¹⁷. Nel 1091 l'arcivescovo di Pisa rilascia un privilegio a favore dei fabbri pisani *ut ad fabrilia negotia libere eant*¹⁸. Anche in Italia meridionale si assiste a un processo ana-

Nazionale di Studi, *Erat hoc sane mirabile in regno Langobardorum... Insediamenti montani e rurali nell'Italia longobarda alla luce degli ultimi studi*, Monte Sant'Angelo (FG), 9-12 ottobre 2014, Arci Postiglione, Salerno 2019, p. 121.

15. S. Gavinelli, *Il gallo di Ramperto: potere, simboli e scrittura a Brescia nel secolo IX*, in F. Forner, C.M. Monti, P.G. Schmidt (a cura di), *Margarita amicorum. Studi di cultura europea per Agostino Sottili*, Vita & Pensiero, Milano 2005, pp. 414-415; M. Petoletti, “*Urbs nostra*”: *Milano nello specchio delle epigrafi arcivescovili dell'Alto Medioevo (sec. VIII-IX)*, in I. Foletti, I. Quadri, M. Rossi (a cura di), *Milano allo specchio. Da Costantino al Barbarossa, l'autopercezione di una capitale*, Viella, Roma 2016, pp. 16-17; I. Foletti, *La firma artistica, i miti vasariani e Wolvinius magister faber*, in «Venezia Arti», vol., XXVI, 2017, pp. 40-43; M. Petoletti, *La produzione epigrafica a Milano ai tempi del vescovo Ansperto (868-881)*, in «Italia medievale e umanistica», vol. 58, 2017, pp. 4-5.

16. M. Tizzoni, *Il Medioevo*, in M. Tizzoni, P. Invernizzi, M. Lambrugo (a cura di), *Memorie dal sottosuolo. Per una storia mineraria della Valsassina*, Bellavite Editore in Missaglia, Lecco 2015, p. 59; V. La Salvia, *Monasteri e attività mineraria nell'Italia alto medievale. Suggestimenti e problemi*, in «Hortus Artium Medievalium», vol. 23, n. 1, 2017, p. 355.

17. E. Salvatori, *Spazi mercantili e commerciali a Milano nel medioevo: la vocazione del centro*, in A. Grohmann (a cura di), *Proceedings of the 11th International Economic History Congress*, Milano, 12-16 settembre 1994, Edizioni Scientifiche Italiane, Perugia 1994, pp. 245-246; V. La Salvia, *Monasteri e attività mineraria nell'Italia alto medievale. Suggestimenti e problemi*, cit., p. 353.

18. M. de Villard, *L'organizzazione industriale nell'Italia longobarda durante l'altomedioevo*, in «Archivio Storico Lombardo», vol. XLVI, n. I-II, 1919, pp. 66-67.

logo con personaggi come *Clemens Tallapetra* di Aversa e *Bricius magister ferrarius* di Salpi presso Barletta che compaiono in documenti di compravendita¹⁹.

Le strutture monastiche sono i principali centri produttivi in grado di soddisfare le esigenze della stessa comunità religiosa o committenze esterne. Per questo esiste un collegamento diretto tra attività minerarie e metallurgiche, foreste curtensi e mulini poiché, se il minerale grezzo è fondamentale per alimentare la produzione, legno e acqua sono indispensabili per la metallurgia e la lavorazione. Infatti i singoli monasteri o si trovano in aree ricche di giacimenti ferrosi e di minerali di superficie oppure dispongono di proprietà, anche in aree molto lontane, da cui possono trarre tutto quello che serve per attivare il ciclo produttivo nel suo insieme²⁰.

Nei secoli altomedievali, le fonti scritte confermano che nelle aree alpine prossime a Valtellina, Valcamonica (nel bresciano), Valseriana e Valle Scalve (nel bergamasco) le attività estrattive e la metallurgia del ferro erano già organizzate e operative per estrarre e trasformare il minerale grezzo. Questa deduzione è confermata, perlomeno per le aree bresciane, sia dai dati dello scavo di Ponte Val Gabbia III in Valcamonica (cfr. *infra*), contesto siderurgico tardoantico e altomedievale nel quale sono attestate la produzione e la decarburazione volontaria della ghisa (V-VI secolo) e il passaggio a strutture di riduzione simili a un prototipo di altoforno (XI-XIII secolo)²¹, sia scorrendo la trascrizione dei beni del monastero di Santa Giulia a Brescia dove viene indicata la riscossione tra IX e X secolo dalle proprietà della Valcamonica e della Valseriana di un tributo (censo) in ferro grezzo o in utensili agricoli²². Particolarmente importante per la Valle Scalve è un privilegio con il quale Enrico III di Franconia (1016-1056), detto il Nero, confermava alle comunità locali la possibilità di commercializzare il proprio ferro in tutta la valle senza corrispondere alcun dazio ma versando il solo tributo annuale di cento libbre di ferro alla corte regia di Darfo in Valcamonica²³.

Nonostante il Polittico del monastero femminile di S. Giulia di Brescia non descriva lo svolgimento di attività artigianali – in ambito monastico la sola eccezione è rappresentata da S. Vincenzo al Volturmo dove sono stati individuati diversi laboratori produt-

19. R. Licinio, *L'artigiano*, in G. Musca (a cura di), *Condizione umana e ruoli sociali nel Mezzogiorno normanno-svevo*, Atti delle nonde Giornate normanno-sveve, Bari, 17-20 ottobre 1989, Edizioni Dedalo, Bari 1991, pp. 153-185.

20. P. Toubert, *Dalla terra ai castelli. Paesaggio, agricoltura e potere nell'Italia medievale*, Einaudi, Torino 1995, p. 143.

21. C. Cucini Tizzoni, M. Tizzoni, *Alle origini dell'altoforno: i siti della Val Gabbia e della Val Grigna a Bienno in Valcamonica*, in P.P. Poggio, C. Simoni (a cura di), *Musei del ferro in Europa e in Italia. La ricerca storica e le esperienze di conservazione e valorizzazione*, Atti del Convegno, Brescia-Tavernole sul Mella, 24-25 settembre 2004, Edizioni Grafo, Brescia, 2006, p. 21.

22. V. La Salvia, *Monasteri e attività mineraria nell'Italia alto medievale. Suggerimenti e problemi*, cit., pp. 354-355.

23. F. Menant, *Pour une histoire médiévale de l'entreprise minière en Lombardie*, in «Annales. Economies, sociétés, civilisations», École des Hautes Études en Sciences Sociales, vol. XLII, 1987, pp. 779-796, in particolare p. 782.

tivi – riporta però quanto molti poderi indipendenti, localizzati sulle colline metallifere delle Prealpi lombarde, devono in canoni in ferro o in utensili al monastero stesso: 340 libbre di ferro, 29 vomeri, 3 scuri, 1 mannaia, 4 falci, 2 forche. La consistente quantità di metallo consente di ipotizzare che nel monastero stesso, o nelle sue pertinenze, esistessero officine in grado di trasformare la materia prima in prodotti finiti, mentre è estremamente interessante constatare come la tipologia dei manufatti consegnati sia funzionale alla produzione e alle attività agricole e alla gestione del paesaggio agrario, bosco e incolto inclusi, come lascia intendere la presenza di scuri²⁴.

Queste stesse osservazioni funzionano per i possessi monastici di Montier-en-Der, Saint-Germain-des-Près, Prüm (nelle Ardenne), Fulda, Weissenburg e Saint-Rémi di Reims, dove compaiono canoni in ferro grezzo, armi o strumenti agricoli così consistenti da confermare in modo implicito sia un approvvigionamento diretto delle materie prime sia la capacità gestionale della *fabbrica abbatis* da parte di un monaco-camerario che organizzava il lavoro di uno o più monaci-artigiani, frequentemente ragazzi di umili condizioni affidati al monastero e avviati alla fase di noviziato e di apprendistato oppure un servo affrancato per i suoi meriti che prendeva i voti.

Nei secoli altomedievali, nonostante molte aree lombarde conoscano la presenza di attività metallurgiche oppure vedano transitare lungo percorsi stradali e fluviali i risultati di questo impulso produttivo, rendendo deducibile il loro svolgimento, le fonti storiche per il settore valtellinese sembrerebbero posticipare alla metà del XIII secolo sviluppi manifatturieri analoghi²⁵. Indicazioni indirette che consentono di ipotizzare attività estrattive anteriori al XIII secolo giungono da alcuni contesti insediativi come San Bartolomeo de Castelàz in Valdisotto e Teglio, dove sono state individuate testimonianze archeologiche compatibili con la metallurgia del ferro nei secoli altomedievali²⁶.

Nel primo caso si tratta di una piccola quantità di scorie di fusione ferrose in strati datati al IV-IX secolo, indicatori di una modesta attività di lavorazione del ferro in ambito locale. Per quanto riguarda Teglio, gli scavi archeologici effettuati nel cortile di un albergo (Hotel Combolo), in previsione della costruzione di un parcheggio interrato, hanno posto in luce un edificio ligneo con fondazione in pietra, datato alla prima età

24. V. La Salvia, *Monasteri e attività mineraria nell'Italia altomedievale. Suggestioni e problemi*, cit., p. 335.

25. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, in P. Braunstein (a cura di), *La sidérurgie alpine en Italie (XII^e-XVII^e)*, École française de Rome, Rome 2001, p. 216.

26. L. De Vanna, *Scavi nei centri urbani della Valtellina. Schede*, in V. Mariotti (a cura di), *La Valtellina nei secoli. Studi e ricerche archeologiche. Ricerche e materiali archeologici*, vol. II, SAP Società Archeologica, Mantova 2015, p. 355.

imperiale e in uso fino al V-VI secolo. Lo spazio interno era suddiviso in ambienti polifunzionali funzionanti come singoli laboratori artigianali specializzati in attività distinte. Accumuli di ossa bovine e ovine in uno di questi vani interni farebbero pensare alla macellazione del bestiame e alla lavorazione della carne, mentre piccoli crogioli e scorie ferrose di scarto, compatibili con lavorazioni metallurgiche molto semplici, sono stati individuati lungo il perimetrale meridionale esterno della struttura²⁷. La centralità di queste attività, e conseguentemente la loro importanza, è confermata dalla continuità con cui vengono documentate fino al VII secolo, quando un nuovo edificio viene realizzato nello stesso spazio occupato dal precedente²⁸ (Figura 9).

In Italia settentrionale, solo a partire dal X secolo è ipotizzabile che la competenza tecnologica venisse trasmessa dal genitore ai figli, poiché i documenti segnalano la presenza di dinastie di orafi e di fabbri. Per le aree italiane meridionali si conosce un accordo del 1175 tra il monastero di Conversano e il fabbro Petracca, nel quale il sottoscrittore si impegna, assieme ai suoi figli, a restaurare gratuitamente il forno del monastero in cambio di una vecchia casa. I figli accettano di versare ai monaci una libbra di cera ogni anno nel caso in cui dovessero cambiare mestiere²⁹. Questo implica che le conoscenze tecniche erano trasmesse secondo una discendenza patrilineare oppure con una forma di apprendistato-*fosterage* cioè con il trasferimento del giovane prescelto presso la famiglia del *magister faber* dal quale poteva essere adottato, soprattutto in assenza di eredi maschi³⁰. Se le competenze gestionali possono essere ricondotte ad ambito religioso o pubblico-personale le due unità produttive essenziali nel ciclo di lavorazione, forni di arrostitimento (estrazione della materia prima) e fucine (trasformazione del lingotto grezzo) sono sempre collocate in prossimità delle aree boschive e delle risorse idriche. Quando nel 1109 Bernard de Ponthieu (1046-1117) decide di fondare un monastero nella valle della Loira a Thiron-Gardais, sceglie di farlo in un territorio incolto e, nel momento in cui giunge sul posto, vede venirgli incontro fabbri e taglialegna che escono dal bosco «[...] fabri tam lignarii quam ferrarii [...]»³¹.

Se i due ambiti fondamentali della metallurgia medievale hanno necessità di essere riforniti continuamente di legname e di carbone – e quindi il rapporto con il bosco ha implicazioni pratiche e contingenti – è pur vero che sia la tipologia lavorativa e sia lo

27. Ivi, pp. 355-357.

28. Ivi, p. 358.

29. R. Licinio, *L'artigiano*, cit., pp. 179-180.

30. M. Ryan, *Fine metalworking and the early irish monasteries: an archaeological evidence*, in J. Bradley (a cura di), *Settlement and society in medieval Ireland*, Boethius Press, Kilkenny 1988, p. 36.

31. M. De Villard, *L'organizzazione industriale nell'Italia longobarda durante l'altomedioevo*, cit., p. 55.

spazio della foresta hanno implicazioni anche culturali. Per quanto riguarda il primo aspetto dobbiamo considerare come era effettivamente percepito il lavoro in miniera, cioè un tipo di attività che consentiva di estrarre materia grezza dalle viscere della terra e di trasformarla con il fuoco in beni di consumo e di utilizzo per la comunità. Per comprendere il secondo aspetto è inevitabile domandarsi quale fosse la sua percezione nella mentalità popolare: il bosco era una potenziale porta pronta ad aprirsi verso uno spazio altro o diverso, perché la gente comune non lo percepiva solo come il luogo frequentato dai boscaioli ma anche come il rifugio di banditi, di animali feroci, di forze ostili alla collettività umana e quindi come un ambito di transito e di passaggio³². Le narrazioni fiabesche collocano sempre nella fitta boscaglia il confine invisibile che separa il mondo degli uomini dai regni fatati e conseguentemente il fabbro non è solo partecipe di questo spazio ambiguo e misterioso ma il suo contatto quotidiano con il metallo e con il fuoco – e quindi con la capacità di trasformare la materia inerte – lo rende portatore di una duplice sacralità³³. Non è casuale che nel “Signore degli Anelli”, il mondo immaginario creato da John Ronald Tolkien, lo spazio delle foreste nella Terra di Arda (Vecchia Foresta, Foresta di Fangorn, Bosco Atro) sia considerato come un luogo tetro e crudele al cui interno sono conservate le radici di tutti i terrori e di ogni malvagità³⁴.

La collocazione culturale e spaziale dello *smidh*, il suo abbinamento con figure mitologiche pagane, la capacità di lavorare il metallo e di controllare il fuoco, di realizzare manufatti portatori di alti valori materiali e simbolici, rende i fabbri sospettabili più di altri artigiani di intrattenere rapporti con potenze oscure e infernali. Infatti non è un caso che in alcuni testi agiografici altomedievali compaiano episodi nei quali Satana si impossessa di due fabbri. Nel primo si tratta di:

Godolaicus quidam faber ex Lemovecas civitate, arreptus a demone, vinctus catenis collum vel brachiis, cum duobus ductoribus, unus, qui praeibat, et alius, qui retrorsum traheret, quia quemcumque adprehendere potuisset, aut manibus trucidaret aut dentibus laniaret [...]³⁵.

32. P.L. D'Eredità, *Storia dello sviluppo economico medievale. L'Europa occidentale dalla fine dell'impero romano alla scoperta dell'America*, cit., pp. 103-111.

33. P. Galloni, *Il sacro artefice. Mitologie degli artigiani medievali*, cit., pp. 29-30.

34. J.R.R. Tolkien, *La realtà in trasparenza. Lettere*, in H. Carpenter, C. Tolkien (a cura di), Rusconi, Milano 2001, pp. 540-541; R. Tosi, *L'arte di Tolkien. Colori, visioni e suggestioni dal creatore della Terra di Mezzo*, Alcatraz, Milano 2018, pp. 40-42.

35. *Vita Pardulfi Abbatis Waractensis*, in B. Krusch, W. Levison (a cura di), *Passiones Vitaeque Aevi Merovingici Sanctorum cum Supplemento et Appendice*, Hannoverae-Lipsiae 1820, p. 32.

Il secondo esempio coinvolge

[...] *faber Licerius nomine turbolenti daemonis arreptus insania, ita bestiali feritate proruperat, ut catenis collo manibusque revinctis, vix ad beati viri traheretur praesentiam: inde miserabilior, ut qui sustinebat ab hoste violentiam, ipsi adderetur altera poena per vincula [...]*³⁶.

Nel primo caso solo il prodigioso intervento di S. Pandolfo, abate di Waracti (attuale Guéret-Dipartimento Creuse) e nel secondo, quello di S. Germano, vescovo di Parigi, riuscirono ad allontanare il Maligno.

Anche nel medioevo fabbri e orefici sono spesso assimilati agli artigiani che svolgono *officia illicita* e sia per le modalità e sia per i risultati delle loro attività sono avvolti da un alone di stregoneria. Nel XIII secolo, Mattia di Nürnberger riporta la notizia di Enrico, figlio di un *faber*, dedito contemporaneamente alla teologia e alla necromanzia «[...] *Erat autem in diebus illis quidam frater Heinricus de Ysena Swevus de Ordine Minorum, filius fabri, lector Moguntinus, theologus et nigromanticus, qui dum demonem cuidam bone mulieri in specie viri diu cohabitantem [...]*»³⁷. Le caratteristiche negative che contraddistinguono il trinomio precedentemente descritto (metallo, fucina e fabbro) sono estensibili anche alla figura del minatore, poiché non mancano le testimonianze che disprezzano il lavoratore del sottosuolo con considerazioni che tralasciano la differenziazione sociale e sottolineano piuttosto la sua presunta vita sregolata e peccaminosa³⁸. Il passaggio da queste valutazioni ad accuse di inclinazioni eretiche è molto breve e infatti nel 1138 una scomunica proveniente da Chartres colpisce i minatori delle cave montane di Bovinant, incolpati di intrattenere oscuri e turpi rapporti con il Maligno³⁹. La considerazione degli spazi minerari in una dimensione simbolica, ermetica e magica permane ancora in Trentino agli inizi del XIX secolo, quando si credeva che il Diavolo, con le sembianze di un ariete nero o di un serpente (aspio), potesse essere il custode di tesori conservati nelle miniere abbandonate. La cronaca riporta che il 14 luglio 1826 il professore Giambattista Garzetti scriveva da Trento ad Antonio Mazzetti a Milano

36. *Vita Germani Episcopi Parisiaci*, in B. Krusch, W. Levison (a cura di), *Passiones Vitaeque Aevi Merovingici Sanctorum cum Supplemento et Appendice*, Hannoverae-Lipsiae 1820, p. 384.

37. *Chronica Mathiae de Nuwenburg*, in A. Hofmeister (a cura di), *Monumenta Germaniae Historica, Scriptores Rerum Germanicarum, Nova Series, Tomus IV*, Berlin 1924-1940, pp. 1-496 (qui a p. 28).

38. P.J. Hesse, *Artistes, artisans ou prolétaires: les hommes de la mine au Moyen Âge*, in X. Barral I Altet (a cura di), *Artistes, artisan et production artistique au Moyen-Âge*, I, Picard, Paris 1986, p. 469.

39. P. Galloni, *Il sacro artefice. Mitologie degli artigiani medievali*, cit., p. 30.

[...] Da alcuni di si narra esservi nei campi tra Caldonazzo e Calceramica un serpente mostruoso con due piedi, col capo come quello di un gatto: dicesi che col solo soffio e lo spavento facesse morire una giovane di 16 in 18 anni. Se ne contano cose da disgradarne un basilisco, di que' da quel veleno fine che nascono, secondo il fior di virtù, dall'uovo d'un gallo. Dalle confuse dicerie non ho ancora potuto rilevare a che divisa vada vestito questo brutto biscione: né ben bene se esso in effetto vi sia [...]⁴⁰.

2. Tempo di miniere e di minatori in Valtellina

I dati archeologici hanno confermato che tra tardoantico e altomedioevo nelle aree alpine lombarde la capacità di gestione delle attività siderurgiche aveva raggiunto un elevato livello di competenza. Nel territorio di Bienno in Valcamonica lo scavo del sito di Ponte Val Gabbia III ha dimostrato che già nel V-VI secolo esistevano maestranze in grado di effettuare la decarburazione volontaria della ghisa fornendo un impulso fondamentale al perfezionamento tecnologico della metallurgia del ferro⁴¹. Se il passaggio dal metodo diretto a quello indiretto rappresentò una innovazione tecnica decisiva per lo sviluppo della siderurgia, soltanto con il XIII secolo si ebbero importanti implicazioni di ordine economico, politico, amministrativo e legislativo. La progressione conoscitiva delle competenze ingegneristiche sia civili e sia militari favorì l'introduzione di nuove tecniche di estrazione del minerale e della lavorazione dei metalli che determineranno, specialmente nelle aree tedesche, il rinnovamento e il potenziamento di tutto il settore minerario metallurgico⁴².

Le fonti storiche medievali relative allo sfruttamento delle miniere di ferro nel territorio valtellinese non attestano un utilizzo uniforme di queste risorse, poiché le attività estrattive più significative sono documentate, dal XIII secolo in poi, in tutto il Bormiese (Alta Val Zebrù), in Valdidentro, nella valle di Livigno e in Val Fraele⁴³. Il settore valtelli-

40. S. Weber, *Un serpente mostruoso con due piedi e testa da gatto*, in «Studi trentini», Rivista trimestrale della Società per gli Studi trentini, anno I, IV trimestre, 1920, p. 265.

41. Per i risultati degli scavi in Val Gabbia, si veda C. Cucini Tizzoni, M. Tizzoni, *Alle origini dell'altoforno: i siti della Val Gabbia e della Val Grigna a Bienno in Valcamonica*, in P.P. Poggio, C. Simoni (a cura di), *Musei del ferro in Europa e in Italia. La ricerca storica e le esperienze di conservazione e valorizzazione*, cit., pp. 24-26.

42. A. Gattiglia, M. Rossi, C. Sanna, *Inquadramento storico e restauro conservativo di utensili manuali in acciaio dal complesso minerario di Punta Corna (Usseglio)*, in M. Rossi, A. Gattiglia (a cura di), *Terre rosse, pietre verdi e blu cobalto. Miniere a Usseglio. Prima raccolta di studi*, Museo Civico Alpino "Arnaldo Tazzetti", Gorgonzola 2011, p. 206; R. Farinelli, *Dall'Erzgebirge alla Toscana di Cosimo I Medici: il lavoro minerario e metallurgico secondo «le ordine et statuti [...] sopra le cave et meneri del 1548*, in R. Farinelli, G. Santinucci (a cura di), *I codici minerari nell'Europa preindustriale: archeologia e storia*, Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze 2014, pp. 94-99.

43. E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, in R. Deputazione di Storia Patria per la Lombardia (a cura di), *Atti e memorie del Terzo Congresso Storico Lombardo*, Cremona, 29-31 maggio 1938, dott. A. Giuffrè Editore, Milano 1939, pp. 4-6.

nese settentrionale è infatti caratterizzato dalla presenza di ricchi giacimenti di limonite, a esclusione della Val Zebrù, dove si trovano vene di magnetite⁴⁴. I dati archeologici testimoniano come i centri urbani, tra cui Sondrio, ricevessero consistenti quantità di semilavorati per alimentare le botteghe dei fabbri locali nella forma di masselli in ferro, di peso standardizzato, definiti nei documenti come *broza* nel bormiese, *quadrones* o *regones* nella bassa Valtellina⁴⁵.

Nei secoli tardomedievali la superficie attualmente occupata da Piazza Garibaldi, ai margini del quadrante sud-occidentale del centro storico sondriese, si presentava come un ampio spazio aperto esteso oltre la cinta muraria, con un fossato che nel Trecento circondava tutta la città raccordandosi poi sulla sommità della collina con la cortina muraria di Castel Masegra⁴⁶. Nel 2007 opere di riqualificazione funzionale di Piazza Garibaldi hanno consentito di condurre indagini archeologiche in estensione, durante le quali sono stati individuati i perimetrali settentrionale, meridionale e orientale di un edificio costruito in blocchi di pietra privi di legante. La struttura, a pianta presumibilmente quadrangolare con una superficie interna di 130 mq, è stata interpretata come la bottega di un fabbro-ferraio in attività a Sondrio, oltre le mura urbane, poco distante dal torrente Mallero, nel corso del XIV secolo (*Figura 10*). Il piano di calpestio della bottega era tagliato da diverse buche di palo di forma circolare e di medie dimensioni, compatibili con la presenza di pali lignei per sostenere paratie in materiale deperibile, funzionali a suddividere lo spazio interno. Lo scavo ha consentito di riconoscere due distinte aree da fuoco presenti nella bottega: la prima, collocata nell'angolo sud-est dell'officina, si presenta con un focolare e relativo piano di cottura mentre la seconda, situata in quello opposto a nord-ovest, consiste in un fornello a doppia camera con fossa di combustione interna e condotto di collegamento al forno fusorio (*Figure 11-12*). Lo svuotamento di questa struttura ha restituito una ferratura equina frammentaria e abbondanti scorie relative alla lavorazione del ferro. Una struttura di forma circolare rivestita in pietra, equidistante dai due punti da fuoco, potrebbe corrispondere al pozzetto di contenimento dell'acqua per effettuare la tempra⁴⁷.

Un secondo intervento di scavo a Sondrio, nei giardini di proprietà pubblica (Palazzo Sassi De' Lavizzari), ha restituito un piccolo ambiente monovano, datato tra il XII e il primo quarto del XIV secolo. In questo caso la presenza di abbondante materiale car-

44. B. Hofmann, *Bormio e la lavorazione del ferro sull'Ofenberg*, in «Bollettino Storico Alta Valtellina», vol. 16, 2013, p. 305.

45. T. Bagiotti, *Storia economica della Valtellina e della Valchiavenna*, Banca Popolare di Sondrio, Sondrio 1958, p. 178.

46. L. De Vanna, *Scavi nei centri urbani della Valtellina. Schede*, cit., pp. 312-315, pp. 333-340.

47. Ivi, pp. 323-325.

bonioso individuato nell'angolo nord-ovest del sito, riconducibile a un ambito da fuoco non strutturato e la grande quantità di crogioli frammentari, tutti di piccole dimensioni, potrebbe indiziare una lavorazione *in situ* di manufatti metallici attraverso la gettata da fusione⁴⁸.

Il primo documento che conferma lo svolgimento di attività metallurgiche in Valtellina è un atto del 1269 nel quale compare un forno per la riduzione del ferro funzionante a Semogo, in Valdidentro⁴⁹. Lo stesso impianto ritorna in un contratto del 1272 come «furni et fuxine et carbonilium et noglanarum et stocaverunt de Semogo»⁵⁰ quando viene concesso in locazione, con contratto di durata quinquennale e per un costo annuo di ventotto imperiali, dal Comune di Bormio a una società di cui facevano parte Gervasio Marioli, con un ruolo dirigenziale, e un chierico di nome Urprando⁵¹. È interessante anche sottolineare come il documento non indichi un semplice *furnus* ma un insieme di strutture e di depositi e quindi presupponga la presenza di unità produttive complesse. Le lavorazioni del forno e della fucina di Semogo proseguono per buona parte degli anni Ottanta del XIII secolo, come attesta un contratto di locazione, tra nuovi contraenti, elaborato nel 1286 nel quale si riconferma lo sdoppiamento delle strutture e di conseguenza la trasformazione, nello stesso contesto, del minerale in ghisa e poi in ferro «[...] pro ficto furni et fuxine [...]»⁵². Un documento del 1288, indicava la necessità di effettuare importanti riparazioni nel forno⁵³. Il silenzio delle fonti si protrae fino al 1370 quando, in un contratto di vendita, compare una *fuxine iacentis in Burmio in valle de Semogo* relativamente alla quale non possiamo stabilire una correlazione diretta con la struttura produttiva più antica⁵⁴.

Dal XIV in poi anche nelle valli limitrofe, come quella di Livigno, si registrano attività estrattive abbinate con quelle siderurgiche⁵⁵. In un contratto di locazione venticinquennale del 1332, il comune di Bormio affittava a una società, composta dagli stessi amministratori comunali «[...] unius ayrallis furnum et foxinam de uno fogolare et reclane et carbonile iacentes in Livigno in Torto [...]»⁵⁶, definendo un tipo di attivi-

48. Ivi, p. 334.

49. E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, cit., p. 5; F. Menant, *Pour une histoire médiévale de l'entreprise minière en Lombardie*, cit., p. 784; M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., p. 216.

50. Ivi, pp. 235-236.

51. E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, cit., pp. 4-5.

52. Ivi, p. 236.

53. Ivi, p. 237.

54. Ivi, p. 251.

55. F. Squarzina, *Notizie sull'industria mineraria in Lombardia*, in «Rassegna L'industria mineraria», 1960, p. 10.

56. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., pp. 245-246.

tà complessa, organizzata in più edifici, con le due materie prime fondamentali per la produzione, carbone e minerale grezzo per caricare il forno di arrostitimento, la fucina per completare la lavorazione e chiudere il processo di trasformazione «[...] et dominus nezeariis ad ipsum furnum et fucinam [...]»⁵⁷. La distinzione di costo presente negli Statuti del Comune di Bormio (articolo 249) tra la medesima quantità di *ferrum elaboratum* e quella di *ferrum crudum* «[...] imperales duos pro qualibet centenariorum ferri elaborati et imperiale unum pro qualibet centenariorum ferri crudi [...]» conferma l'utilizzo del metodo di riduzione indiretta del ferro e la sua possibile estensione a tutto il territorio bormiese⁵⁸.

Un forno per la riduzione del ferro doveva essere attivo dal 1354 nella vicina Val Fraele a Cazabella in località “Gras de Forn”, in prossimità del passo di S. Giacomo⁵⁹, con una lunga continuità di utilizzo poiché in un atto di vendita del 1370 figura «Plebanus filius quondam Fanchini de Albertis de Burmio in manibus Johannis filli Nicoleti ser Gervaxii de Albertis de Burmio» il quale cedeva «de sexta parte inter sex partes unius furni a ferro [...] iacentis in Cazebelle»⁶⁰. In Val Fraele il *furnus Cazebelle* potrebbe essere rimasto attivo almeno fino al 1548, quando fu sostituito da un nuovo impianto in località Presurazza per sfruttare le risorse minerarie del monte “Cassa del Ferro”, i cui giacimenti dovevano essere così abbondanti da garantire un utilizzo almeno fino in età moderna⁶¹. Gli Statuti bormiesi confermano la centralità gestionale comunale, poiché due articoli vietavano sia lo svolgimento di qualsiasi attività estrattiva in tutto il territorio bormiese sia la commercializzazione del minerale ottenuto (articolo 219) «[...] nullus metallus, vene ferree vel argenti aut alicuius metalli, si invenirentur in toto territorio Burmii, sint alicuius forensis et illa metallum que nuper essent inventa et de cetero invenirentur per forenses sint poenitus communis [...]» ribadendo lo stesso esplicito divieto poco oltre (articolo 222) «[...] et quod nulla persona debeat conducere nec conduci facere aliquam venam extra territorium Burmii [...]»⁶².

Per quanto riguarda la Valtellina centrale, le fonti attestano, anche se in quantità in-

57. E. Baraldi, M. Calegari, *Pratica e diffusione della siderurgia “indiretta” in area italiana (secoli XIII-XVI)*, in P. Braunstein (a cura di), *La siderurgia alpina in Italia (XII^e-XVII^e)*, cit., p. 140.

58. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., p. 235.

59. F. Prandi (a cura di), *Inventario dei Toponimi Valtellinesi e Valchiavennaschi. Territorio Comunale di Piateda*, Società Storica Valtellinese, 37, Sondrio 2012, p. 320.

60. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., p. 251.

61. R. Giacomelli Motta, *Locazione del forno di Fraele nel XVII secolo*, in «Bollettino Storico Alta Valtellina», vol. 10, 2007, p. 89.

62. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., p. 251.

feriore rispetto al bormiese, operazioni di cavatura del minerale grezzo a partire dal XIV secolo in poi. Enrico Besta, riprendendo la testimonianza di Francesco Saverio Quadrio, ricorda che i giacimenti metalliferi nelle valli Belvisio e Ambria «onde si traeva molto ferro [...] che erano state celebri sotto i Visconti» erano ormai ridotte, nella prima metà del Settecento, «[...] a grandi scavi pieni d'acqua [...]»⁶³. Sempre nella parte centrale valtellinese il lato orobico della Val Madre e della Val Cervia, comprese in quel settore corrispondente al territorio della Pieve di Berbenno, sulla quale il vescovo di Como esercitava dal secolo X le proprie prerogative feudali – nello specifico il possesso e il controllo delle vene metallifere – affidandone la gestione produttiva a un nucleo di antiche famiglie feudatarie vescovili quali i Capitanei, i de Vallevi e i Beccaria di Sondrio⁶⁴. Un documento del 1236, relativo al pagamento da parte della famiglia Baroncelli di Valleve di un canone di affitto al monastero bergamasco di Altino per lo sfruttamento minerario di una proprietà dei Bruzzoni, attesta l'applicazione del metodo indiretto di riduzione del ferro, poiché il pagamento del fitto annuale corrispondeva a «[...] medium centariorum ferri cohti in taiolis sive in vercellis [...]». Il riferimento ai *ferri cohti* sembrerebbe confermare lo sdoppiamento del processo di lavorazione del minerale in ghisa e la successiva cottura della ghisa, trasformata in ferro. Interessante è il sostantivo *taiolis*, con il quale venivano indicati i semilavorati ottenuti proprio dalla decarburazione della ghisa⁶⁵. Nel 1325, Giacomo Capitanei, cedeva tutti i suoi diritti sulle vene metallifere della valle di Zero (Val Cervia) a *ser* Amedeo del fu *dominus* Ardizzone de Vallevi. Nel novembre del 1452, Giacomina Capitanei, della medesima famiglia sondriese, con il consenso del marito Antonio Beccaria concedeva in locazione perpetua ai fratelli Donato e Biasino de Vallelevi, i monti della Val Madre e della Val Cervia e, in particolare, la possibilità di scavare e possedere tutte le vene di ferro esistenti e consegnando, per il diritto acquisito, un censo annuale in ferro cotto⁶⁶.

Le fonti confermano anche nella Valtellina meridionale significative operazioni di escavazione dal XIV secolo in poi. Nel primo caso (Val Tartano) si tratta di vene metallifere localizzate tra la Valle dei Lupi e il passo Dordona, conosciute nella toponomastica locale come *Caxiolo*, dove le attività estrattive compaiono in alcuni atti di Simone del-

63. F.S. Quadrio, *Dissertazioni critico-storiche intorno alla Rezia di qua dalle Alpi oggi detta Valtellina*, dott. A. Giuffrè Editore, Milano 1755, pp. 24-25; E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, cit., pp. 6-7.

64. P. Mainoni, *La politica dell'argento e del ferro nella Lombardia medievale*, in P. Braunstein (a cura di), *La sidérurgie alpine en Italie (XII^e-XVII^e)*, cit., p. 438.

65. C. Cucini Tizzoni, *Dieci anni di ricerche sulla siderurgia lombarda: un bilancio*, in P. Braunstein (a cura di), *La sidérurgie alpine en Italie (XII^e-XVII^e)*, cit., p. 39.

66. L. Dell'Avanzo Stefani, *L'estrazione e la lavorazione del ferro a Fusine*, in «Bollettino della Società storica Valtellinese», vol. 42, 1989, p. 236.

la Porta, notaio di Talamona. Un primo documento di vendita del 1344 riguarda attività estrattive svolte a Dordona con il quale «[...] Guarischi de Fondra qui stat in loco de Talamona» vende a Vincenzo del fu Pietro «[...] de octo partibus una pars pro indiviso metali unius a fero siti in loco et territorio de Talamona ubi dicitur in Dordona», mentre in un secondo atto notarile del 1345 viene indicato un sito estrattivo identificato come *vene de Caxirolo*⁶⁷. Per il secondo ambito (Val Gerola) in prossimità del Lago Inferno, poco oltre il nucleo insediativo di Gerola a una quota compresa tra i 2.000 e i 2.143 m s.l.m. sono state rilevate e studiate sia coltivazioni a cielo aperto e sia in galleria di ematite e siderite, il cui sfruttamento è inquadrabile tra XV-XVI secolo. Lo conferma una trincea sub-verticale estesa per una lunghezza di 110 m, profonda tra gli 8-10 m e ampia circa 1.85 m. In questo complesso minerario è stata documentata una galleria coperta, costruita a secco, funzionante come manica di collegamento con una struttura in pietra, verosimilmente alloggio temporaneo degli operai che lavoravano nella escavazione dei filoni ferrosi⁶⁸.

Una serie di atti risalenti al primo ventennio del XIII secolo conferma la ricchezza di questo nucleo giacimentologico e la possibilità che il loro sfruttamento fosse avvenuto già in età medievale sotto il controllo di due famiglie locali, i Curtoni e i Ruffoni⁶⁹. Un contratto redatto il 4 agosto 1326, relativo alla gestione di un impianto in località “Cagamoquio” (Val Gerola), indica nella famiglia *De Curtonibus* i gestori del *furnus*, diversifica una produzione di ghisa sia frantumata che in blocco «[...] ferrum grussum et menustrum et masse [...]» e il trasporto della ghisa per la fase di raffinazione in una fucina situata in un contesto diverso rispetto al forno «[...] totum ipsum ferrum grossum et menustrum ad fuxinam sita in valle Girole ubi dicitur in Vedrano [...]»⁷⁰.

3. Scavare e trasformare la pietra

L'escavazione della vena avveniva nel periodo compreso tra i mesi di novembre e aprile. I minatori – spesso isolati da tutti in base alla maggiore o minore quantità di neve caduta durante i mesi invernali – lavoravano in una unità produttiva abbinati a

67. C. Marchesi, *Talamona alla metà del Trecento: economia e società alla luce degli atti di Simone della Porta*, in «Bollettino della Società storica valtellinese», vol. 42, 1993, pp. 35-36.

68. C. Cucini Tizzoni, *Dieci anni di ricerche sulla siderurgia lombarda: un bilancio*, cit., pp. 46-47.

69. M. Arnoux, *Innovation technique, intervention publique et organisation du marché: aux origines du district sidérurgique de la Valteline (XIII^e-XIV^e siècles)*, cit., p. 226.

70. Ivi, pp. 239-241.

un garzone incaricato di trasportare il materiale scavato in una zona esterna con un secchio o con una carriola. Per provocare crepe nella roccia e rendere più agevole la fase di estrazione veniva utilizzato il fuoco (*mise à feu, firesetting, Feuersetzen*) anche se questa soluzione riempiva di fumo le gallerie. Nei giorni non lavorativi, in prossimità del fronte di scavo veniva ammassata una consistente quantità di legna, la cui accensione riscaldava fortemente la roccia favorendone la fratturazione e lo sgretolamento e rendendo quindi più agevole le operazioni di abbattimento manuale. In Italia, modalità di utilizzo del “lavoro a fuoco” sono attestate nel Piemonte ossolano, anche se le uniche indicazioni archeologiche medievali (XIII secolo) relative al suo impiego sono documentate nella miniera lombarda della Grigna in Valsassina⁷¹ (Figura 13).

Per gli inconvenienti che questo tipo di tecnica creava, Georg Bauer (1494-1555), soprannominato “Agricola” nel trattato più noto di metallurgia, il *De re metallica* (1556), poneva molta attenzione sui problemi di aerazione dei cunicoli, suggerendo di sventolare drappi o utilizzare mantici per allontanare il fumo dopo avere spento il fuoco. Se si voleva seguire una vena che scendeva nelle profondità del giacimento, era indispensabile realizzare pozzi e gallerie di servizio che mettessero il cunicolo principale in comunicazione con la superficie per garantire un’aerazione sufficiente e quindi il ricambio dell’aria⁷² (Figura 14).

Uno dei problemi essenziali delle miniere preindustriali era rappresentato dalla necessità di eduazione delle acque meteoriche, la cui presenza non rendeva agevoli le attività svolte nelle gallerie sotterranee. Inizialmente le acque piovane venivano raccolte dai minatori in recipienti e trasportate a mano nelle aree esterne del giacimento per essere smaltite, ma poi si iniziarono a tracciare sul fondo delle cavità canalizzazioni indirizzate verso la superficie o in direzione di pozzi di raccolta. Le gallerie di eduazione erano situate nella parte inferiore del deposito minerario e nel loro scavo veniva tenuta in considerazione la necessità di garantire una pendenza sufficiente a consentire il deflusso lungo il lato montano del giacimento dell’acqua accumulata nei cunicoli superiori⁷³.

Nel *De re metallica* di Agricola vengono illustrati nuovi macchinari, azionati da ani-

71. R. Vergani, *L’attività mineraria e metallurgica: argento e rame*, in P. Braunstein, L. Molà (a cura di), *Il Rinascimento italiano e l’Europa. Produzioni e tecniche*, vol. III, cit., p. 227.

72. M.-C. Bailly Maître, *Les mines médiévales et modernes*, in R. Francovich (a cura di), *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche*, Atti del V Ciclo delle lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano (SI) - Campiglia Marittima (LI), 9-21 settembre 1991, Edizioni All’Insegna Del Giglio, Firenze 1993, pp. 364-371.

73. M. Casagrande, *Paesaggi minerari del Trentino*, in D. Angelucci, L. Casagrande, A. Colecchia, M. Rottoli (a cura di), *APSAT 2. Paesaggi d’altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, SAP Società Archeologica, Mantova 2013, p. 187.

mali o da ruota idraulica, per sollevare l'acqua dalle parti più profonde della miniera. Macchine simili a quelle rappresentate da Agricola sono attive nello Harz e in Sassonia, in Boemia e in Slovacchia intorno al XVI secolo. In Italia la sola indicazione sulla presenza di un macchinario per sollevare le acque è riferibile a una miniera argentifera del Vicentino dove, in una cronaca cinquecentesca, si descrive un impianto nel quale due ruote idrauliche ponevano in funzione “trombe” aspiranti. Occorre ricordare che, nonostante questo tipo di macchinari riflettano innovazioni tecnologiche molto importanti, è probabile che nella penisola italiana non abbiano trovato ampie applicazioni considerando che ancora nel XVIII secolo, nelle miniere bresciane di ferro in Val Trompia, significative per la quantità di minerale estratto, e quindi del loro indice di produttività e di ricavo economico, gli allagamenti venivano risolti con pompe a mano, o scavando gallerie di scolo oppure, nella peggiore delle ipotesi, abbandonando la coltivazione mineraria⁷⁴ (Figura 15).

Per illuminare le gallerie si impiegavano torce in legno, lucerne in terracotta o lumi scavati nella pietra e posizionati in punti strategici nelle gallerie⁷⁵. Per le operazioni di escavazione si utilizzavano punteruoli in ferro dotati di una sola o di una doppia punta a estremità appuntita o piatta, immanicati perpendicolarmente al lato lungo. Trattandosi di utensili abbastanza semplici, rispetto al tipo di impiego, era fondamentale che fossero realizzati con metallo di buona qualità e, nel caso in cui fosse stato necessario ripararli, veniva allestita una piccola forgia nelle aree antistanti la miniera⁷⁶.

La vena individuata – seguita dai minatori pagati a peso di minerale pulito – dove la roccia era più facilmente fratturabile, era ridotta in pezzatura piccola a colpi di mazza. Il carbone necessario per il funzionamento dei forni di riduzione veniva ottenuto con lenta e imperfetta combustione di cumuli di legna di castagno, di faggio, di leccio o di rovere realizzati negli spiazzati boschivi da carbonai locali ma specializzati in questa attività⁷⁷. Nel frattempo, si aprirono nuovi sfruttamenti minerari utilizzando armature in legno per realizzare e sostenere cunicoli preferenziali di accesso al giacimento, in terreni inadeguati dal punto di vista geologico, identificati come “traversobanchi”, uti-

74. R. Vergani, *L'attività mineraria e metallurgica: argento e rame*, cit., pp. 227-229.

75. C. Cucini Tizzoni, *Dieci anni di ricerche sulla siderurgia lombarda: un bilancio*, cit., p. 43; M. Casagrande, *Paesaggi minerari del Trentino*, cit., p. 186.

76. M.-C. Bailly Maître, *Les mines médiévales et modernes*, cit., pp. 362-371; A. Gattiglia, M. Rossi, C. Sanna, *Inquadramento storico e restuaro conservativo di utensili manuali in acciaio dal complesso minerario di Punta Corna (Usseglio)*, cit., pp. 214-222.

77. R. Francovich, *Vocabolo Mineraria, archeologia*, in R. Francovich, D. Manacorda (a cura di), *Dizionario di Archeologia*, Laterza, Roma-Bari 2000, p. 190; F. Zagari, *Il metallo nel Medioevo. Tecniche, strutture, manufatti*, Palombi Editori, Roma 2005, p. 60.

lizzando quasi esclusivamente legname posto a contrasto nelle pareti o per puntellare singoli blocchi delle volte⁷⁸.

Con lo scavo delle gallerie in orizzontale, dei fornelli e dei pozzi e con lo sviluppo delle coltivazioni, la tecnica di armamento in legno si estese molto rapidamente, affiancando la realizzazione di sistemi di drenaggio dei pozzi più efficaci per sostituire il poco efficiente secchio usato per raccogliere il minerale, trasportarlo in superficie a mano mediante un sistema combinato di scale e carrucole, incassato alle pareti attraverso incavi nella roccia⁷⁹ (*Figura 16*). La fase di estrazione del minerale contenuto nel giacimento avveniva con metodi diversi ma sempre con sistemi di coltivazione con ripiena in cui a ogni spoglio anche parziale del giacimento, seguiva il riempimento del vuoto creato con materiali sterili. Normalmente le caratteristiche delle rocce incassanti il giacimento sono di tale fragilità e quasi predisposte al franamento che i diversi vuoti avevano tendenza a chiudersi in brevissimo tempo dopo le operazioni di scavo. Nella coltivazione con ripiena si procedeva sopra il materiale di riporto creando verso la parte superiore gradini che venivano abbattuti con le mine. Il materiale della ripiena arrivava dall'alto attraverso un apposito "fornello", mentre il minerale abbattuto veniva trasportato in direzione della "galleria di carreggio"⁸⁰.

Alla fase di estrazione seguiva quella di preparazione del minerale stesso organizzata in quattro sottofasi distinte. La prima prevedeva la selezione, la seconda la frantumazione, la terza il suo arrostitimento e la quarta il lavaggio in acqua. Inizialmente in uno spazio antistante la miniera, si effettuava la separazione del minerale dalla roccia inutile con punteruoli. Poi si provvedeva alla frantumazione (mediante pestatoio) e alla riduzione del minerale in elementi più piccoli e al suo arrostitimento per eliminare il maggiore numero possibile di impurità. Al termine, una selezione accurata asportava i frammenti troppo "torrefatti" perché ritenuti non adeguati, se non addirittura dannosi, al processo di fusione. Infine, il minerale veniva lavato mediante immersione in fosse ricolme di acqua, con la sola finalità di eliminare tutte le impurità rimaste dopo il lungo trattamento, raccolto e avviato nel ciclo siderurgico⁸¹.

Nel tardomedioevo sono molto rari i documenti iconografici che descrivono in modo

78. P. Fluck, P. Benoit, *Les techniques minières à l'époque moderne (de la Renaissance au XVIII^e siècle). Approche par l'archéologie*, in R. Francovich (a cura di), *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche*, Atti del V Ciclo delle lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano (SI) - Campiglia Marittima (LI), 9-21 settembre 1991, Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze 1993, pp. 382-383.

79. C. Cucini Tizzoni, *Dieci anni di ricerche sulla siderurgia lombarda: un bilancio*, cit., p. 46.

80. F. Zagari, *Il metallo nel Medioevo. Tecniche, strutture, manufatti*, Palombi Editori, Roma 2005, pp. 56-57.

81. G. Marchesi, L. Mura, *Il forno fusorio di Livemmo (BS)*, in «Archeologia Medievale», vol. XXXIII, 2006, p. 455; L. Mura, *Le indagini archeologiche*, in G. Marchesi (a cura di), *Il forno fusorio di Livemmo, Pertica Alta. Lo studio, il lavoro e l'inventiva*, FCB Fondazione Civiltà Bresciana, Brescia 2009, pp. 57-71.

preciso tutta la successione operativa, iniziata con la fase di estrazione del minerale fino alla sua trasformazione nel forno e poi alla lavorazione nella fucina. Le uniche fonti iconografiche disponibili che descrivono tutte le operazioni sono manoscritti figurati religiosi utilizzati, alla fine del XV secolo, nelle funzioni delle chiese parrocchiali delle città minerarie. In un graduale datato al 1513, appartenente alla città francese di Saint-Dié-des-Vosges (Francia centro-orientale), compare la rappresentazione di un minatore intento a movimentare un carrello pieno di minerale seguendo una linea di carreggio. Nella stessa immagine si vede che, dopo una prima selezione, un operaio frantuma i grossi blocchi sopra un'incudine, mentre in quella successiva il materiale utilizzabile viene lavato in un recipiente e setacciato lungo un corso d'acqua e quindi lavorato nella forgia collocata sul piazzale antistante la miniera⁸².

Prima in Sassonia, in Boemia, poi tra la Bassa Sassonia e la Sassonia-Anhalt e infine nella Baviera meridionale, si sperimentarono macchine per il sollevamento dell'acqua alimentate da motori a trazione animale e, dove la presenza di corsi d'acqua lo consentiva, anche con motori idraulici (*Figura 17*). Nonostante le aree europee fornissero già dalla seconda metà del Duecento una precoce dimostrazione di capacità e iniziativa tecnica applicando alla produzione energetica la forza idraulica per trasformare la materia prima e riconoscendo leggi che regolamentavano lo sfruttamento del patrimonio forestale, la possibilità concreta di applicare il motore idraulico ai sistemi per edurre l'acqua segnò una svolta decisiva nella tecnologia mineraria soltanto a partire dal XV secolo⁸³. In questo periodo si impiantarono nelle gallerie i primi sistemi a rotaia per il trasporto su carrelli del minerale estratto ed è abbastanza frequente il ritrovamento di lampade, in terracotta e poi in metallo⁸⁴ (*Figura 18*).

Gli investimenti economici più significativi funzionali a garantire lo sviluppo delle attività metallurgiche si hanno dall'estrazione del minerale di piombo argentifero dai ricchi giacimenti a Freiberg in Sassonia, con un processo che prevedeva, dopo la cavatura del minerale, il suo lavaggio, la frantumazione e la fusione sottoponendolo a ripetuti processi di "coppellazione", fino a ottenere l'argento nel suo massimo grado di purezza⁸⁵. Nella penisola italiana i primi segni di ricerca sul piombo argentifero trentini sono stati datati al ¹⁴C, con una approssimazione del 95%, al 1096, mentre a Bergamo il vesco-

82. P. Mane, *L'immagine della produzione e delle tecniche*, in P. Braunstein, L. Molà (a cura di), *Il Rinascimento italiano e l'Europa*, vol. III, cit., p. 182.

83. F. Menant, *Pour une histoire médiévale de l'entreprise minière en Lombardie*, cit., pp. 784-785.

84. Fluck, P. Benoit, *Les techniques minières à l'époque moderne (de la Renaissance au XVIII^e siècle). Approche par l'archéologie*, cit., p. 387.

85. R. Vergani, *L'attività mineraria e metallurgica: argento e rame*, cit., p. 218.

vo aveva titolo sulle miniere di argento dal 1077, invece a Trento solo dal 1178, con una conferma dei poteri pubblici nel 1189⁸⁶. Anche in Valtellina si registra una situazione analoga, per cui la prima indicazione relativa allo svolgimento di attività estrattive locali si riferisce all'argento nel territorio di Poschiavo. Si tratta di un contratto datato 28 maggio 1220 con il quale Eginone, avvocato di Matsch, a nome del Comune di Poschiavo e del vescovo di Coira, concedeva per ventinove anni i diritti sulle miniere argentifere. Le operazioni di sfruttamento sarebbero state controllate da una società amministrata da Lanfranco *de Pesce* di Como e da Frigerio di Clausura per conto del comune valtellinese⁸⁷. Nel 1201 il contratto veniva rinnovato ma il 27 settembre 1213, su richiesta di Lanfranco *de Pesce* e dei suoi soci, si decideva una sua risoluzione anticipata. Secondo il Marchioli il settore estrattivo era localizzato in località Argentera in prossimità del lago Bianco del Bernina dove il toponimo rimanderebbe alla presenza di vene argentifere⁸⁸.

Alla fase di transizione fra XII e XIII secolo risale la possibilità di applicare energia idraulica al funzionamento dei mantici e dei magli nelle miniere argentifere delle aree alpine trentine e tirolesi e nelle industrie siderurgiche in Westfalia, Stiria, Carinzia, Lorena e Delfinato, mentre nel XV secolo sono perfezionati fino a raggiungere la loro forma classica altoforni a "ossigenazione forzata" per immettere aria con il sistema del "doppio mantice", azionati mediante la forza idraulica per ottenere e controllare temperature superiori ai 1.200 °C⁸⁹ (Figura 19).

La prima attestazione relativa all'utilizzo della forza motrice dell'acqua negli opifici risale alla fine del XIII secolo in Westfalia dove, grazie ad analisi al ¹⁴C e a ceramica medievale ritrovata *in situ*, una soffiaria idraulica è stata datata al 1270 ca., mentre in Stiria le tecnologie idrauliche sono impiegate dal 1290, in Slesia dal 1328 e in Boemia dal 1344. Nella penisola italiana settentrionale l'applicazione dell'energia idraulica alle ferriere liguri risale al XIII secolo; un forno da ferro con installazioni idrauliche è funzionante nel 1251 a Scalve (BG), mentre nel 1282 a Bruzolo in Val Susa (TO) è documentata una fucina idraulica, così come a Bovegno (BS) in Val Trompia nel 1314. Nel bresciano a Edolo è attestata nel 1346 la presenza di un mantice collegato a una ruota idraulica utilizzato per alimentare una fucina per la riduzione del minerale «[...] unam

86. Ivi, p. 219; P. Zammatteo, *L'arte mineraria sulle Alpi centrali e la diffusione delle idee nei secoli XII-XIV*, in G. Sanga, P.P. Viazzo (a cura di), *La cultura dei minatori sulle Alpi*, in «La ricerca folklorica», vol. 71, 2016, p. 41.

87. D. Marchioli, *Storia della valle di Poschiavo*, vol. I, Stabilimento Tipografico Emilio Quadrio, Sondrio 1886, pp. 42-44; E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, cit., p. 3

88. D. Marchioli, *Storia della valle di Poschiavo*, cit., p. 44.

89. V. Serneels, *Kommentiertes Wörterverzeichnis der frühen Eisenindustrie. Vocabulaire raisonné de la sidérurgie ancienne*, in *Minerai, scories, fer*, Cours d'initiation à l'étude de la métallurgie du fer ancienne et à l'identification des déchets de cette industrie, Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt, Basel 1997, pp. 78-79.

fossinam ab aqua pro coquendo ferro et aliam fossinam a manu pro laborando ferrum coctum et illud bazegando, ambas cum manticis et aliis instrumentis et feramentis necessariis [...]»⁹⁰.

Nel 1427 Mariano Iacopo, detto il Taccola (1381-1453/1458), ingegnere senese, disegnava nel *De machinis* uno dei primi impianti per la riduzione diretta del minerale di ferro, nel quale compare una ruota idraulica il cui asse orizzontale, mediante camme, trasmette il movimento di aspirazione a due mantici⁹¹. Lo stesso Taccola richiama la nostra attenzione su due particolari molto interessanti. Con il primo specifica che nella *fabricha* a focolare aperto si ottiene un fuoco più vivo se si impiegano mantici idraulici «[...] suffrandi in carbones ut fortiter incendantur [...]» mentre con il secondo chiarisce che le camme, cioè le *palas*, sono funzionali per azionare un maglio. Anche nel Codice Atlantico in un disegno (foglio 959 r.) di Leonardo Da Vinci (1452-1419) compare la veduta di una fornace nella quale sono riprodotte le medesime attrezzature⁹².

I macchinari idraulici adottati nella siderurgia europea consentirono di aumentare le capacità produttive e di migliorare lo sfruttamento del minerale. I forni a pozzetto seguivano una logica produttiva antica, la quale prevedeva di scavare una fossa nel terreno, rivestirne le pareti in pietra e argilla refrattaria e disporre al suo interno strati successivi di minerali ferrosi alternati a carbone di legna⁹³. Questo veniva incendiato e per la combustione prodottasi, alimentata da mantici a mano, a una temperatura compresa tra 800 e 1.000 °C, si otteneva la liquefazione della ganga, la quale dava origine a una massa spugnosa informe. Il risultato di questa prima operazione, il blumo, veniva ricollocato in un impianto a focolare aperto, riscaldato fino a 800 °C e battuto con un maglio per eliminare le scorie semiliquide e per essere trasformato in un massello di ferro e acciaio⁹⁴. I forni a catasta corrispondono a una evoluzione della tipologia precedente ma con alcuni importanti accorgimenti strutturali: il focolare di riduzione non era più realizzato nel terreno ma poggiava su un basamento sul quale erano posizionati combustibile e minerale. Un muro verticale proteggeva i mantici dall'azione del fuoco⁹⁵. I primi impianti nei quali era utilizzata questa doppia soluzione produttiva, con un evidente riferimento alla

90. M.E. Cortese, *L'acqua, il grano, il ferro. Opifici idraulici medievali nel bacino Farma-Merse*, Edizioni All'Insegna Del Giglio, Firenze 1997, pp. 143-144.

91. Ivi, pp. 65-67.

92. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., pp. 202-203.

93. A seconda del legno impiegato si poteva cambiare la qualità del ferro, nel senso che con la rovere e il faggio e tutte le essenze selvatiche si otteneva un ferro meno pastoso, mentre con il castagno e le essenze domestiche si produceva un carbone leggero che bruciava rapidamente e rendeva il ferro molto pastoso. Su questo aspetto tecnico, G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, in «Working Paper IRCrES», n. 1, 2016, p. 15.

94. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., p. 205.

95. F. Zagari, *Il metallo nel Medioevo. Tecniche, strutture, manufatti*, Palombi Editori, Roma 2005, p. 65.

presenza di ruote idrauliche funzionali sia per immettere aria forzata e sia per azionare il meccanismo del maglio (*molendini ferri*), sono stati localizzati in Svezia, dove nei documenti vengono identificati come *molendino ubi fabricatur ferrum* (1197), Alto Palatinato *fluvius ferricudinae* (1240), Linguadoca e Pirenei *molendina ferraria* oppure *molina ferri* (1311), Paesi Baschi *ferreria de agua* (1335), Boemia, Francia *martinetus* (1315) e Contea di Bar *forge faisant der per yawe* (1323)⁹⁶. I forni a camino sono strutture con una camera di combustione circolare raccordata a un camino cilindrico (in altezza si sviluppa per 1,50 m circa) rivestito con materiale refrattario (laterizi o pietra ollare). Sul fondo si trovava l'apertura, frequentemente protetta da una piccola struttura a corridoio mentre i fori per i mantici erano normalmente posti ai lati⁹⁷.

Le fonti, a partire dal X-XI secolo, attestano una nuova tipologia di fornace identificata come forno a manica la quale, pur non differenziandosi formalmente da quelle precedenti, introduceva alcuni elementi presenti nei primi prototipi di altoforni: un sensibile sviluppo in altezza e un aumento delle dimensioni della camera di combustione. Questa soluzione tecnologica è molto attestata nelle aree centro-europee (Germania, Repubblica Ceca, Ungheria e Austria), nonostante la produzione fosse funzionale a realizzare un solo pesante massello di ferro e acciaio accanto a una piccola quantità di ghisa⁹⁸.

Nella penisola italiana, impianti siderurgici strutturati su forni con basamento in materiale refrattario e un camino al cui interno si disponevano carbone e minerale a strati alterni, alimentati da soffierie a mantice azionate da un motore idraulico, identificati con il nome generico di *fabricae* o con quello più specifico di *ferriere*, sono attestati a partire dal XII secolo pressoché dovunque, a cominciare dalle aree toscane (Pisa, Livorno, Siena, San Galgano), a quelle liguri, salentine (Amalfi), laziali, calabresi (Stilo, Arena, Pazzano) e siciliane (Messina)⁹⁹. Per comprendere il volume complessivo del minerale grezzo importato, è interessante ricordare che nel corso di una sola annualità (1277) la quantità del minerale elbano commercializzato attraverso gli scali di Recco, Rapallo, Lavagna, Sestri Levante, Monterosso, Levanto, Chiavari e Voltri per rifornire le *ferriere* del Comune di Genova aveva raggiunto le 540 tonnellate¹⁰⁰.

96. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., p. 205.

97. F. Zagari, *Il metallo nel Medioevo. Tecniche, strutture, manufatti*, cit., p. 66.

98. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., p. 205.

99. Sul restauro conservativo di un mantice piemontese da forgia degli inizi del XIX secolo, M. Ferrari, *Il mantice da forgia del Villaretto di Usseglio: un caso di studio*, in M. Rossi, A. Gattiglia (a cura di), *Terre rosse, pietre verdi e blu cobalto. Miniere a Usseglio. Seconda raccolta di studi*, Museo Civico Alpino "Arnaldo Tazzetti", Gorgonzola 2011, pp. 240-244.

100. Occorre anche ricordare che il minerale elbano, oltre a essere di qualità molto buona (quasi il 70% di ferro), era di facile estrazione, poiché le miniere venivano coltivate a cielo aperto per gradoni, avevano inoltre il vantaggio di esse-

Per ottenere ferro o acciaio dalla ghisa (nei documenti medievali viene indicata come *ferrum crudum*) si poteva utilizzare anche un *furnus* simile al precedente, nel quale minerale grezzo e carbone di legna venivano caricati con le stesse modalità ma, implementando la ventilazione forzata, si realizzava la lega ferro-carbonio, cioè ghisa con un tenore di carbonio superiore al 2%, la quale raggiunta la temperatura di 1.200 °C poteva essere estratta dal fondo della struttura¹⁰¹. La ghisa raffreddata veniva ricollocata in un focolare aperto nel quale la capacità dei mantici idraulici consentiva di riscaldarla e di portarla alla temperatura di fusione di 1.200 °C. Grazie alla maggiore ossigenazione ottenuta, il carbonio bruciava formando ferro allo stato solido il quale, sottoposto a martellatura attraverso pesanti magli, raggiungeva la sua forma finale. Un documento genovese del XV secolo, in cui viene regolata una disputa tra maestri, dimostra come i cambiamenti siano avvenuti nei medesimi impianti produttivi. Là dove prima si lavorava «[...] ad fornellum [...] ad duos focos [...]» si passò alla modalità definita «[...] ad infornandum [...] ad unum focum [...]» che si svolgeva, come gli stessi inventari specificano, nel *foxinato* o *fucinale*¹⁰².

Le prime notizie di impianti dotati di queste caratteristiche risalgono al XIII secolo nella Svezia centrale (Dalarne-Vestmanland) e nella Ruhr (Markisches Sauerland) – in questo caso i forni da ghisa sono stati datati con il ¹⁴C fra 1205 e il 1300 – mentre nelle Alpi Centrali italiane il primo *furnus* compare nei documenti nel 1179 ad Ardesio, *furnus* e *fuxina* a Schilpario nel 1251 e a Semogo nel 1286¹⁰³.

La ghisa ottenuta dal forno, nota come *ferrazzo* o *ferro agro*, veniva rifusa in fucine di nuova concezione, che impiegavano soffierie idrauliche particolarmente potenti, necessarie per produrre le alte temperature (circa 1.200 °C) funzionali a liquefarla per ottenere getti, ferro e acciaio (per il quale occorre arrivare a 1.350 °C)¹⁰⁴. Da questo momento in poi, i prodotti siderurgici potevano essere differenziati nei rispettivi cicli di lavorazione e comprendevano ghisa (lega ferro-carbonio con un tenore di carbonio superiore al 2,1%), ferro e acciaio (lega ferro-carbonio con un tenore di carbonio inferiore al 2,1%).

Una terza possibilità produttiva – tutto il ciclo di lavorazione e trasformazione si svolgeva in un unico impianto a focolare aperto – prevedeva, dopo la miscelazione di

re abbastanza vicine alla costa, per cui il materiale poteva essere caricato sulle navi senza eccessivi costi. Su questo, G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, cit., p. 8.

101. A. Gattiglia, M. Rossi, C. Sanna, *Inquadramento storico e restauro conservativo di utensili manuali in acciaio dal complesso minerario di Punta Corna (Usseglio)*, cit., pp. 201-205.

102. G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, cit., p. 7.

103. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., pp. 206-207.

104. Ivi, p. 207.

minerale e carbone da legna, la combustione, alimentata da un adeguato sistema di ventilazione, portata a una temperatura prossima ai 1.200 °C. La liquefazione della ganga era accompagnata dalla formazione di un blumo di ferro spugnoso, favorito dal continuo rimescolamento, affidato a un operaio il quale utilizzava, per questa operazione, un utensile definito negli inventari strumentali *lanzino per chalcare la vena*. Esso raggiungeva la forma definitiva di una barra di ferro solo dopo essere stato sottoposto a continue operazioni di riscaldamento e battitura al maglio. Officine produttive di questo tipo compaiono inizialmente nelle aree rurali pedemontane genovesi sia a Ponente (Voltri, Campo Ligure, Rossiglione, Masone e Voltaggio) che a Levante (Podesteria di Chiavari) nella seconda metà del XIV secolo – mantenendo negli atti notarili medievali il nome di *ferriere* – per poi diffondersi sia nella restante parte della penisola italiana insulare e peninsulare (Cerveteri, Ronciglione, Bracciano, Canino, Tolfa) con il nome di *fabrica*, sia in molte aree europee (Francia, *forge à la génoise*, Paesi Baschi e Catalogna, *ferriera alla genobesa o farga*)¹⁰⁵ (Figura 20).

Le nuove botteghe necessitavano di almeno sei-otto lavoratori con compiti diversi (maestro, vicario del maestro, scaldatore, pestatori, magliettiere, apprendista e aiutanti), della disponibilità della risorsa idrica e di quella boschiva perché acqua in rapida caduta voleva dire avere energia motrice a ciclo continuo, così come la disponibilità del carbone di legna rendeva possibile la fase di trasformazione della materia prima. Ecco la ragione per la quale le vallate appenniniche liguri, caratterizzate da rapidi cambi di dislivello, dalle differenti condizioni di temperatura tra il versante costiero e quello montano, in grado di favorire la condensa dell'umidità in pioggia – e quindi implementare la portata naturale di numerosi torrenti (Cerusa, Leira) – furono la premessa fondamentale per azionare meccanicamente magli e maglietti dei mulini da ferro costruiti lungo il loro percorso¹⁰⁶.

La seconda *conditio sine qua non*, fondamentale per assicurare il corretto funzionamento di una ferriera, era la disponibilità di combustibile il più vicino possibile al contesto produttivo, per la necessità di contenere i costi del trasporto. A partire dalla prima metà del XVI secolo, la ferriera sarà il tipo di impianto più diffuso in area mediterranea con un limite importante costituito dalla disponibilità di vene ricche e facilmente fusi-

105. M. Calegari, *Origini insediamento, inerzia tecnologica sulla siderurgia ligure d'antico regime*, in «Quaderni Storici», vol. 46, anno XVI, fascicolo I, 1981, pp. 288-292; M. Cavallini, *Tecniche fusorie e di affinazione del ferro*, in «Proposte e ricerche. Economia e società nella storia dell'Italia centrale», vol. XXXVII, 2014, p. 13.

106. A partire dal 1520 nelle aree liguri il vocabolo “maglietto” poteva indicare sia la sede di officine più piccole accanto a quella principale sia anche un elemento importante della *ferriera* cioè il grosso martello o mazza battente. Per questa precisazione componentistica, G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, cit., p. 7.

bili, prive di zolfo, quali erano le ematiti elbane e pirenaiche (accontentandosi di ciò che si riusciva a ottenere, poiché in questi impianti non era possibile produrre acciaio)¹⁰⁷.

Quando ci si accorse che il carbone prodotto dal legno di castagno o di faggio era più adatto a estrarre dall'ematite elbana un ferro malleabile non pare casuale che il porto di Voltri, nella Liguria occidentale, divenne uno dei luoghi di sbarco preferiti di questo minerale, gestito dalla "Maona del ferro", un'organizzazione commerciale che assunse la gestione esclusiva del commercio del minerale di ferro elbano su tutto il territorio della Repubblica di Genova¹⁰⁸. Il ruolo di Voltri come epicentro sul quale veniva fatta convergere la materia ferrosa grezza rimase inalterato nel corso dei secoli, mentre quello di ambito produttivo ebbe una durata temporale abbastanza limitata, perché questo tipo di impianto necessitava di notevoli quantità di carbone (circa 12.500 sacchi/annui) e le risorse boschive voltresi vennero rapidamente consumate¹⁰⁹.

Nel XVI secolo la produzione di un cantaro di ferro (48 kg) comportava il consumo di dieci secchi di carbone di castagno da 25-28 kg i quali, per il rapporto 5:1 esistente tra legna e carbone, erano il risultato della carbonizzazione di 15 quintali di legna. Questo spiega la ragione per cui le ferriere bruciavano il bosco più vicino rispetto al punto di sbarco del minerale, poi tendevano a spingersi sempre più lontano finché fosse possibile rendere economicamente sostenibile il costo del trasporto del combustibile. Così le prime officine voltresi tardomedievali esaurirono abbastanza presto la loro attività mentre, agli inizi del Cinquecento, aumentarono in numero e in produttività quelle localizzate nelle finitime valli appenniniche soggette al controllo di varie famiglie (Spinola, Doria, Del Carretto) ma tutte legate alla classe dirigente della Repubblica di Genova¹¹⁰.

Il punto di forza delle ferriere genovesi, e di tutte quelle che utilizzavano lo stesso principio produttivo, era rappresentato essenzialmente dal numero limitato di maestranze necessarie a garantire il loro funzionamento e dalla limitata quantità di capitali

107. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., pp. 207-208.

108. La Maona, dalla metà del Quattrocento alla fine del Cinquecento, fu controllata da esponenti dell'aristocrazia familiare genuense e da personaggi di origine popolare-borghese i quali avevano intuito la possibilità di ottenere elevati guadagni dal controllo del commercio del ferro. Su questo, M. Calegari, *Strategie commerciali e tecnica di produzione: la Maona genovese del ferro e la siderurgia ligure di antico regime*, in «Studi & Notizie», CSST CNR, vol. 14, 1986, pp. 56-57; G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, cit., p. 7.

109. La traduzione in chilogrammi non è facile perché il peso del carbone cambia in base alla qualità del legno. Un metro cubo di carbone di "legno forte" pesa da 200 a 340 chilogrammi, mentre la stessa quantità di "legno semidolce" pesa da 180 a 200 chilogrammi. Su questi dati che determinano importanti differenze economiche, G. Ghiglione, *Le ferriere genovesi in età preindustriale: aspetti tecnici, innovazione e declino*, cit., p. 15.

110. P. Piccardo, R. Amendola, M.R. Rinasco, M.G. Ienco, G. Pellati, E. Stagno, T. Pirlo, *Sviluppo dell'attività metallurgica in Liguria: il ferro in valle Stura dal XIV al XVIII secolo*, in «La Metallurgia italiana – International Journal of the Italian Association for Metallurgy», luglio-agosto 2008, pp. 27-28.

necessari per la loro attivazione, in rapporto a quello che era possibile ottenere, cioè un ottimo ferro malleabile. Questi vantaggi tecnici ed economici garantiranno il loro mantenimento in attività fino in epoca moderna e lo stesso Nicolis di Robilant lo avrebbe definito come «[...] un ferro di non alta qualità adatto soltanto per impiegarsi per bolzoni e chiavi per fabbriche di case [...]»¹¹¹.

Un ferro da edilizia, quindi, per i suoi limiti ma anche per le sue qualità intrinseche rappresentate specialmente dalla sua malleabilità che lo rendeva adatto a essere trasformato nella grande varietà di chiodi necessaria a fermare in unità le tante articolazioni in legno delle abitazioni e nelle pesanti componenti delle “incatenature”. Un ferro utile per essere “bollito”, cioè saldato per forgiatura, e quindi prodotto in barre di lunghezza variabile per il trasporto a dorso di mulo e poi forgiato in cantiere per adattarle alle dimensioni richieste¹¹².

La diffusione delle *ferrerie* – impostesi rapidamente in un quadro di sviluppo della tecnologia siderurgica europea – coincise tra la fine del Quattrocento e gli inizi del Cinquecento con quella di una seconda generazione di forni da ghisa i quali, abbinati a macchine soffianti più potenti e allo sviluppo in altezza del *cannecchio* – il forno poteva riferirsi sia a tutta la struttura in cui era alloggiato il *cannecchio* sia alla sola torre di riduzione, mentre il *cannecchio* era esclusivamente la torre di riduzione – erano in grado di garantire una maggiore capacità produttiva, un aumento della durata delle condizioni riducenti e della temperatura e, quindi, della resa del minerale, una diminuzione del numero delle colate giornaliere e la possibilità di produrre getti direttamente dal forno¹¹³ (*Figura 21*).

Un secondo elemento di novità è la registrazione dello spostamento dei “maestri da forno” e dei loro subordinati fra varie regioni europee: non si tratta di un casuale flusso migratorio ma attesta la diffusione di nuovi sistemi tecnologici i quali, con il movimento di dirigenti e maestranze (carbonai, fabbrichieri, minatori) garantivano lo sviluppo e il miglioramento della tecnica produttiva, che senza la conoscenza dei *magistri* sarebbero rimasti inapplicati. Uno di questi personaggi merita di essere ricordato poiché si tratta di un “maestro” da forno valtellinese. Jacopo Tachetto, aveva circa quarant’anni quando giungeva nel 1496 a Fornovolasco, poche abitazioni poste a 400 m di altitudine

111. B. Nicolis de Robilant, *Essai géographique suivi d'une topographie souterraine, minéralogique, et d'une docimasia des États de S.M. en terre ferme*, in «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences [de Turin]», Première partie, Années 1784-1785, Torino, pp. 191-304.

112. P. Piccardo, R. Amendola, M.R. Rinasco, M.G. Ienco, G. Pellati, E. Stagno, T. Pirlo, *Sviluppo dell'attività metallurgica in Liguria: il ferro in valle Stura dal XIV al XVIII secolo*, cit., p. 28.

113. G. Marchesi, L. Mura, *Il forno fusorio di Livemmo (BS)*, cit., pp. 455-456.

nel cuore delle Alpi Apuane. Arrivava, dopo un viaggio di più giorni, da Gerola, il borgo principale della valle omonima situata nella parte iniziale della Valtellina, voluto da Ercole I d'Este per realizzare sotto il monte Pania un nuovo complesso siderurgico. Jacopo Tachetto, conosciuto anche come Tachettino, era stato chiamato dagli Estensi non solo come *maistro* del forno – e quindi riconoscendo in modo implicito le sue conoscenze tecniche fondamentali per garantire un efficace funzionamento dell'impianto – ma per costruire una nuova struttura produttiva e una *fabricha* con tre fucine per affinare la ghisa. Tachetto era giunto a Fornovolasco per realizzare il forno necessario alla fusione e questo implicava non solo una perfetta conoscenza del processo di trasformazione (qualità e modi di impiego del minerale, carbone e fondente) ma anche il possesso delle competenze per realizzare le strutture complementari (elementi essenziali del processo di affinazione) e delle conoscenze degli utensili da impiegare nelle varie fasi di lavorazione, per ognuno dei quali disponiamo di una raffigurazione schematica, del peso e di una breve definizione in base al loro diverso utilizzo¹¹⁴ (*Figure 22-25*).

Le attività protoindustriali siderurgiche postmedievali derivavano da una cultura tecnica specifica, coinvolgente esperti che venivano da lontano, in modo particolare i bergamaschi, ritenuti i migliori specialisti in questa attività manifatturiera e anche i genovesi, per la loro perfetta conoscenza della riduzione del minerale nelle *ferriere*¹¹⁵. Accanto a Milano, da secoli uno dei centri di riferimento essenziali per la siderurgia europea, si imposero Genova, Brescia, Bergamo, Venezia, Firenze e Siena che rifornivano di manodopera qualificata il mercato italiano, mentre la medesima situazione si riproduceva in Europa per Namur, Anversa e Norimberga, per ricordare solo quelli principali¹¹⁶.

Forse la conferma non solo di quanto intenso fu questo scambio tecnologico ma anche di una diffusione quasi simultanea delle migliorie introdotte da nord a sud in Europa è fornita da quella che possiamo considerare come la principale e più significativa innovazione nel panorama siderurgico tardomedievale, cioè i forni a tino. Questa nuova unità produttiva, nota nelle aree scandinave come *Osmund* e in quelle tedesche come *Stückofen*, corrispondeva a un tipo di struttura a sezione cilindrica o quadrata con

114. E. Baraldi, *Per un'archeologia dei forni alla bresciana*, in M. Calegari, R. Vergani (a cura di), *Miniere e metallurgia. Archeologia di un sapere (secoli XV-XVIII)*, in «Quaderni Storici», vol. 24, n. 70 (1), 1989, pp. 101-103; M. Calegari, *Nel mondo dei pratici: molte domande e qualche risposta*, cit., pp. 4-6; E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., pp. 211-213.

115. M. Calegari, *Il basso fuoco alla genovese: insediamento, tecnica, fortuna (secoli XIII-XVIII)*, in «Quaderni», CNR, 1, 1997, pp. 35-38.

116. M. Calegari, *Forni «alla bresciana» nell'Italia del XVI secolo*, cit., pp. 96-97; E. Baraldi, *Ordigni e parole dei mastri da forno bresciani e bergamaschi: lessico della siderurgia indiretta in Italia fra XII e XVII secolo*, in P. Braunstein (a cura di), *La siderurgia alpine in Italia (XII^e-XVII^e)*, cit., pp. 168-170; E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., pp. 214-216.

uno sviluppo in altezza pari al doppio o al triplo dei forni a “manica” che normalmente non superava i due metri. Il maggiore sviluppo in altezza abbinato a un flusso d’aria costante – prima garantito dalle soffierie a mantici in cuoio e in seguito dalle trombe idroeoliche – divennero meccanismi sempre più perfezionati, favorendo quelle reazioni di ossidoriduzione che, provocando la fusione del minerale di ferro, garantivano la produzione di ghisa di buona qualità¹¹⁷. Le trombe idroeoliche o trombe ad acqua erano impianti per la produzione di aria compressa attraverso un flusso di acqua costante fatto precipitare con violenza sul fondo di un tamburo circolare in legno o in pietra bombata, il quale generava forti correnti d’aria che, attraverso condutture, inizialmente lignee poi in ferro, erano funzionali ad aumentare la combustione di forni e fucine¹¹⁸ (*Figura 26*).

La tromba idroeolica comparve nella seconda metà del Cinquecento e fu illustrata, solo per ricordare due dei trattati più significativi, da Giovanni Battista della Porta (1571-1645) nel *Magiae Naturalis* e da Giovanni Branca (1571-1645), architetto e ingegnere, ne *Le Machine*, stampato a Roma nel 1629, dove venivano descritti nuovi macchinari, uno dei quali alimentava la fucina di un fabbro, funzionando grazie a una serie di valvole che regolavano e/o interrompevano il flusso dell’acqua, per ridurre o annullare il getto d’aria prodotto¹¹⁹. Nella *Descrizione della Valle Sabbia fatta da Bartolomeo Soldo ad istanza dell’Illustrissimo Signor Vincenzo Gussoni* del 1608, conservata nella Biblioteca Civica Queriniana di Brescia (Sezione manoscritti), viene descritta la prima tromba idroeolica alpina, in abbinamento con un forno fusorio:

[...] Lavinone. Fa da Settecento anime et ha molti edifitij de focine, et un forno da ferro, qual forno senza mantici, senza rota, ma solo col vento causato da l’acqua che artificiosamente casca in certe concavità artificiosamente fatte, lavora colando la vena et facendo il ferro, come fanno li altri forni che vanno con rote et mantici, va con manco spesa assai, cosa stupenda et degna d’essere veduta [...]¹²⁰.

Parti di questo macchinario in legno e in metallo sono state riconosciute nello spazio esterno attiguo alla fucina Bazzi a Fusine (cfr. *infra* il testo di P. de Vingo, I. Sanmartino).

117. Ivi, pp. 209-211.

118. Ivi, pp. 202-203.

119. B. Boni, *Sull’origine italiana delle trombe idroeoliche*, in «La Metallurgia italiana – International Journal of the Italian Association for Metallurgy», vol. XIII, 1958, pp. 167-174. pp. 170-171; E. Baraldi, *Mantici idraulici, trombe, forni e fucine, fabbriche e ferriere in Italia dal XIII al XVIII secolo*, in A. Nesti, I. Tognarini (a cura di), *Il ferro e la sua archeologia*, in «Ricerche storiche», anno XXXI, 1-3, gennaio-dicembre, 2001, pp. 54-55.

120. G. Marchesi, *Cosa stupenda et degna d’essere veduta: la tromba idroeolica in Valle Sabbia agli inizi del Seicento*, Comune di Lavenone, Lavenone 2004, pp. 44-45.

La ghisa presenta caratteristiche meccaniche inferiori al ferro, ma la possibilità di lavorarla attraverso la fusione con questi nuovi impianti siderurgici favorì la sua diffusione nella produzione manifatturiera, anche se il maggior peso dei masselli ottenuti rese indispensabile disporre presso le “fucine grosse” di magli azionati ad acqua. Per migliorare le sue proprietà meccaniche – e quindi consentire un suo utilizzo anche per la produzione di utensili, armi e armature – era necessario sottoporre la ghisa a un processo di decarburazione. Questa operazione veniva eseguita con successivi riscaldamenti di masselli di ghisa entro bagni di ghisa liquida ai quali erano alternate sedute di martellatura all’incudine¹²¹. Se nella documentazione delle aree valtellinesi orobiche di XIV-XV secolo si parla di ferro crudo (*ferrum crudum*) e di ferro cotto (*ferrum coctum*) è possibile ipotizzare che nei secoli medievali si praticasse lo sdoppiamento del processo produttivo avendo acquisito le competenze tecnologiche per effettuare la rilavorazione del ferro a partire dalla ghisa. Tre importantissimi riferimenti indicano la presenza di fucine nelle quali avveniva la seconda lavorazione del metallo: un impianto è attestato a Morbegno nel 1383 (*fluxina pro asetilando*), un altro nel 1385 ad Arigna (*fucina pro absutilando*), mentre un terzo nel 1511 nel territorio di Boffetto (*fluxinam unam ab aqua pro sitilando*)¹²² (Figure 27-28).

La comparsa delle armi da fuoco, oltre a rivoluzionare le tecniche di combattimento, contribuì a incentivare lo sviluppo della metallurgia e la definizione di tecniche per lo sfruttamento intensivo dei giacimenti minerari. Philippe Braunstein e Luca Molà riconoscono a questa fase storica una componente metallica e utilitaristica molto più accentuata di quanto non le sia mai stata attribuita in passato, poiché le novità tecniche di questo periodo compaiono e trovano applicazione nella diversità operativa e funzionale di tutto il settore minerario, a cominciare dalla gestione razionale dello spazio delle nuove miniere e dal migliore sfruttamento di quelle più antiche, nelle officine dove si raffinano i metalli, nelle fucine, nei forni di fusione delle campane e dei cannoni, nelle botteghe degli armaioli o nei laboratori dei fabbri dove si lavorano i masselli e si producono attrezzi agricoli, negli opifici dove si realizzano macchinari industriali o funzionali alla trasmissione energetica¹²³. Lo spostamento degli apprendisti e dei maestri contribuisce in tutta Europa alla diffusione delle tecniche e del sapere, allo sviluppo del patrimonio conoscitivo e tecnico-pratico dove si saldano elementi tradizionali e innova-

121. E. Baraldi, *Una nuova età del ferro: macchine e processi della siderurgia*, cit., p. 205.

122. E. Besta, *L'estrazione e la lavorazione dei metalli nella Valtellina Medioevale*, cit., p. 359 e nota 10, p. 361; F. Prandi, *Inventario dei toponimi valtellinesi e valchiavennaschi*, cit., p. 96 e nota 417.

123. P. Braunstein, L. Molà, *Introduzione*, in P. Braunstein (a cura di), *La sidérurgie alpine en Italie (XII^e-XVII^e)*, cit., pp. X-XI.

tivi. Vecchi sono i beni strumentali forniti dalla siderurgia, ma rinnovati nel controllo della carburazione che, a partire dal XIV secolo, rende l'acciaio il prodotto di un mercato specializzato. Nuova è la polvere da sparo che modifica in modo sostanziale le basi degli scontri militari e lo sfruttamento delle coltivazioni minerarie in modo più proficuo e più redditizio perché, nonostante il suo impiego avesse aumentato i rischi per la sicurezza dei minatori, consentiva di avanzare molto più rapidamente nelle operazioni di estrazione della materia prima¹²⁴.

In ambito minerario la polvere da sparo rappresentò la principale innovazione del periodo moderno, poiché rese possibile produrre esplosivi con i quali si aprivano passaggi nella roccia in tempi rapidissimi.

Dalle aree altoatesine (XVI secolo) e da Schio (1574), nel territorio vicentino provengono le prime notizie di utilizzo della polvere nera per queste finalità¹²⁵. Le tracce di questa tecnica sono riconoscibili soprattutto per la presenza di fori (o fornelli o camere) di mina (*böhren und schiessen, boring and shooting, drilling and shooting*) descritti con estrema precisione nel 1594 da Giovanni Battista Martinengo «[...] facendo un picciol foro nel sasso della montagna con la polvere dell'artiglieria voleva aprire per forza, et spezzar il monte, et così scoprire quello che là dentro vi si stava nascosto [...]» nei quali si introduceva la carica esplosiva adattando al suo interno un innesco¹²⁶.

Per creare il “foro da mina” si utilizzava la tecnica della perforazione a percussione che poteva essere realizzata a barramina o a mazzetta. Con la perforazione a “barramina” si utilizzava il “fioretto intestatore”, un punteruolo terminante a una estremità con uno o più orli taglienti e su quella opposta con una superficie circolare di percussione, per segnare e preparare il punto (verosimilmente 3-4 cm di profondità) dove poi si proseguiva col fioretto normale facendolo ruotare di 1/8-1/10 di giro a ogni colpo in modo da ottenere incisioni radiali che realizzavano un foro cilindrico. Gli angoli di taglio non erano sempre gli stessi poiché per le rocce dure si cercava di realizzare fori di mina con angoli di 70°-110° mentre per quelle più tenere angoli di 45° o anche inferiori. Con la perforazione a mazzetta si impiegavano gli stessi utensili precedenti ma si colpivano le estremità inferiori dei punteruoli (pistolotti) con martelli denominati “mazzette” oppure “mazze”. Per poter abbattere la roccia era necessario eseguire sul fronte di scavo un

124. Ivi, pp. IX-X.

125. R. Vergani, *Gli usi civili della polvere da sparo (secoli XV-XVIII)*, in S. Cavaciocchi (a cura di), *Economia e energia (secoli XIII-XVIII)*, Atti della XXXIV Settimana di Studi dell'Istituto Internazionale di Storia Economica “F. Datini”, Prato 15-19 aprile 2002, Le Monnier, Grassano, Bagno a Ripoli 2003, p. 872; R. Vergani, *L'attività mineraria e metallurgica: argento e rame*, cit., p. 229.

126. R. Vergani, *Gli usi civili della polvere da sparo (secoli XV-XVIII)*, cit., p. 872.

dato numero di fori da mina secondo uno schema prestabilito, riempirli con esplosivo e accendere le micce a esso collegate provocando un'esplosione che in ambito minerario è conosciuta come “volata”¹²⁷.

In ambito valtellinese fori da mina sono stati riconosciuti sul fronte di cava a cielo aperto della miniera della Val Venina (2.165 m) (*Figure 29-30*). Questa osservazione ci consente di dedurre la qualità del filone minerario più antico, poiché se l'abbattimento proseguì anche in età tardomedievale-moderna è possibile che il minerale grezzo presentasse una concentrazione ferrosa molto alta e fosse conseguentemente importante il suo approvvigionamento a opera delle maestranze addette al rifornimento del forno di arrostitimento sottostante (cfr. *infra* il testo di P. de Vingo, I. Sanmartino).

A partire dal XVII secolo le Alpi centrali lombarde, collegate per quanto riguarda le conoscenze produttive con il settore transalpino austriaco (Stiria e Carinzia), erano uno dei poli siderurgici europei oltre al distretto vallone (Haine, Sambre, Mosa) e a quello germanico (Turingia, Sassonia, Hartz). Per comprendere meglio lo sviluppo evolutivo dei due versanti alpini è importante ricordare che gli scambi tecnologici erano molto frequenti, tanto che è possibile ipotizzare che le aree austriache abbiano adottato un tipo di altoforno con sezione quadrata a doppio tronco piramidale, quasi certamente indotto da quelli in uso nelle opposte vallate italiane centro-meridionali (Camonica, Trompia e Sabbia)¹²⁸. Nel 1722 René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) pubblicava *L'Art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu*, uno dei primi trattati di metallurgia moderna. Questo volume segnò il declino del “mondo dei pratici” poiché la manifattura del ferro non veniva più presentata sulla base della competenza acquisita ma sui processi fondati sulla conoscenza scientifica.

La differenza essenziale tra la nuova tradizione siderurgica e quella antica fu determinata dal cambiamento del combustibile, cioè dal passaggio dal carbone di legna a quello fossile. Quest'ultimo non poteva essere utilizzato se non dopo opportuna eliminazione dei solfuri tramite distillazione a caldo. Inoltre il carbone si trovava nel sottosuolo in varie forme adatte alla produzione siderurgica primaria: il territorio inglese era favorito da questo punto di vista, poiché molto ricco di giacimenti di litantrace e antracite particolarmente energetici. A partire dalla seconda metà del XVI secolo e dalla fine di quello successivo, si cercò di produrre il carbone fossile lavorato, chiamato *coke*. Nel 1730 Abraham Darby riuscì ad applicare questo combustibile al processo metallurgi-

127. M. Casagrande, *Paesaggi minerari del Trentino*, cit., p. 188.

128. C. Cavagnaro, *Tiranti storici negli edifici storici in muratura: conoscenza e caratterizzazione meccanica*, Università di Genova, Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Tesi di Laurea in Architettura, a.a. 2014-2015, pp. 74-75.

co, anche se il suo inserimento in una prospettiva industriale risale agli anni successivi (1735-1740).

Se le aree valtellinesi, e nello specifico quelle orobiche, seppero recepire tutte le trasformazioni tecnologiche postmedievali, delle quali il forno a “canecchio” di tradizione bergamasca e la tromba idroeolica furono le più significative, il mantenimento del combustibile a legna, legato alle forme siderurgiche antiche, sembra confermare che il passaggio verso una concezione produttiva moderna non si determinò mai¹²⁹. Se a questo uniamo i divieti di nuovi tagli boschivi con conseguente maggiorazione del prezzo del carbone naturale, la posizione e le difficoltà di accesso delle singole miniere con filoni minerari poco redditizi, l'aumento dei costi dei trasporti, la mancanza di manodopera qualificata (minatori, mulattieri, operai) per un fenomeno migratorio in costante aumento, la concorrenza del ferro belga e inglese, di qualità inferiore ma meno costoso, è possibile capire perché i forni fusori orobici cessarono la loro attività alla metà del XIX secolo. Il solo altoforno produttivo rimase quello di Premadio, in Valdidentro, attivo fino al 1875¹³⁰.

4. Fare ferro in Valtellina: una sintesi di metodo

Per le aree valtellinesi tardocinquecentesche abbiamo indicazioni abbastanza precise solo su un unico impianto (1591), quello di Vedello, per ricostruire quale specifico tipo di forno per la lavorazione del ferro fosse stato adottato. Sulla base dei dati disponibili possiamo ipotizzare impianti collocati entro un edificio, non quindi in spazi aperti, e che il protoaltoforno più utilizzato fosse il canecchio bresciano-bergamasco alimentato da energia idraulica. La realizzazione di opifici siderurgici di questo tipo comportava una buona dose di conoscenze tecniche, una notevole precisione e cura nella preparazione delle infrastrutture idrauliche, delle canalizzazioni e della ruota per alimentare il funzionamento dell'impianto¹³¹. Dalla lettura dei documenti si riconosce una rigida organizzazione dello spazio interno vincolata alla posizione degli alberi motori delle ruote idrauliche.

129. M. Tizzoni, *Il Rinascimento e Leonardo da Vinci in Valsassina*, in M. Tizzoni, P. Invernizzi, M. Lambrugo (a cura di), *Memorie dal sottosuolo. Per una storia mineraria della Valsassina*, cit., pp. 86-87.

130. S. Zazzi, *Origine e vicende della ferriera di Premadio nel contesto dell'attività mineraria in Alta Valtellina*, in «Bollettino Storico Alta Valtellina», vol. 10, 2007, pp. 103-104; E. Prandi, *Inventario dei toponimi valtellinesi e valchiavennaschi*, cit., pp. 86-87.

131. M.E. Cortese, R. Francovich, *La lavorazione del ferro in Toscana nel Medioevo*, in «Ricerche storiche», vol. XXV, n. 2, 1995, pp. 447-448.

La ricostruzione delle tecnologie impiegate negli impianti valtellinesi di lavorazione del ferro e, più in generale, la possibilità di capire il sistema organizzativo-gestionale della produzione siderurgica medievale si è rivelata operazione molto difficile e complessa per la presenza di pochi dati documentari. Le ricognizioni territoriali ci hanno posto di fronte al prolungato utilizzo delle strutture produttive conservate, mentre la distruzione per fenomeni naturali, di uno degli opifici più antichi – quello di Vedello descritto nelle fonti documentarie (cfr. *infra* il testo di P. de Vingo, I. Sanmartino) – ha reso estremamente difficoltosa la possibilità di datare con precisione le unità produttive individuate, essenzialmente forni per arrostitimento situati a quote alpine medio-alte. Le stesse riflessioni possono essere estese alle botteghe dei fabbri, considerando che nel caso specifico di Fusine, di tutte quelle elencate nelle fonti (cfr. *infra* i testi di P. Damiani e di P. de Vingo, I. Sanmartino) la sola sopravvissuta è quella di proprietà della famiglia Bazzi.

Oltre a questo, occorre aggiungere che quando il riconoscimento di una miniera è accompagnato da una datazione incisa in prossimità del suo ingresso ed è ipotizzabile una relazione diretta, nelle fonti scritte ci sono poche indicazioni sullo sfruttamento di quei filoni ferrosi e non abbiamo idea se il riferimento cronologico inciso (1620 per il giacimento del passo Scigola e 1657 per quello della Scaletta) si riferisca alla fase iniziale o finale delle operazioni minerarie. Il quadro che, fino a pochi anni fa, era associato ai siti minerari valtellinesi, era quello di una produzione per autoconsumo ma è stato smentito in modo assoluto. A questo possiamo aggiungere che la maggiore originalità ed efficacia del nostro contributo può essere riconosciuta nella capacità di ampliare la dimensione cronologica, differenziando epoche e spazi, seguendo la trasformazione temporale degli aspetti economici, sociali e tecnologici, senza la quale non è possibile conoscere e capire il paesaggio minerario valtellinese. Chi si occupa di miniere e di minerali sottovaluta il dato archeologico e altrettanto frequentemente si verifica la stessa situazione ma a parametri opposti. Le indicazioni che le fonti archivistiche ci stanno consegnando (cfr. *infra* i testi di R. Pezzola, R. Rao e I. Piccardo) segnalano la presenza attiva di una pluralità di forze – dove un ruolo determinante fu svolto dalle famiglie aristocratiche locali (Curtoni, Ruffoni, Quadrio, Beccaria, Capitanei nei secoli medievali) – e una notevole complessità produttiva, in un quadro economico ancora in buona parte legato allo scambio e al rifornimento di unità produttive situate poco oltre il versante orobico valtellinese.

Si può anzi sottolineare come il valore commerciale della produzione metallurgica non fosse relegato solo a scelte produttive locali ma si rivolgesse a un mercato più am-

pio di quanto finora prospettato. Sulla base della documentazione notarile conosciuta, si può concludere che tra XI e XVI secolo il mercato interno è il riferimento prevalente, ma non esclusivo per gli artigiani del ferro valtellinesi. Si tratta di un ambito commerciale molto esteso, dove agiscono aristocrazie famigliari con forte potere di acquisto, una popolazione abbastanza numerosa, moltissimi chierici e un passaggio pressoché ininterrotto, lungo gli assi stradali alpini, di *mercatores* e di pellegrini. Tuttavia, il relativo benessere degli artigiani (spesso proprietari di una casa e di una vigna) non deriverebbe dal successo particolare delle loro manifatture ma piuttosto dalla possibilità di dedicarsi anche ad altre attività, specialmente nel settore agricolo o in quello silvo-pastorale¹³². Questo ci fa capire la presenza di un alto grado di specializzazione in sinergia con un consistente investimento di capitali nella produzione, da parte delle famiglie aristocratiche locali e di singoli *mercatores* che trovavano nella possibilità di commercializzare il minerale grezzo o i semilavorati, verso Milano e Bergamo, una fonte di reddito e di guadagno molto più sicura piuttosto che impegnarsi in operazioni finanziarie e nel commercio del denaro dal quale sembrano restare abbastanza distanti.

132. P. de Vingo, *Utensili da lavoro, armi, oggetti della vita quotidiana e religiosa della Valtellina tra Medioevo e prima età moderna*, in V. Mariotti (a cura di), *La Valtellina nei secoli. Studi e ricerche archeologiche. Ricerche e materiali archeologici*, vol. II, SAP Società Archeologica, Mantova 2015, pp. 678-680.

Tempo delle miniere e tempo dei minatori nelle Alpi orobiche valtelinesi



Figura 1. Jehan de Grise, *Romanzo di Alexander*, Biblioteca Bodleiana, Oxford. Manoscritto 264, 1340 ca., dettaglio con due garzoni intenti nelle operazioni di politura di una lama di spada.



Figura 2. Jehan de Grise, *Romanzo di Alexander*, Biblioteca Bodleiana, Oxford. Manoscritto 264, 1340 ca., dettaglio con due garzoni intenti nella brunitura di una lama di spada.



Figura 3. Jehan de Grise, *Romanzo di Alexander*, Biblioteca Bodleiana, Oxford. Manoscritto 264, 1340 ca., dettaglio con due garzoni intenti ad affilare una lama di spada con mola in pietra a manovella.

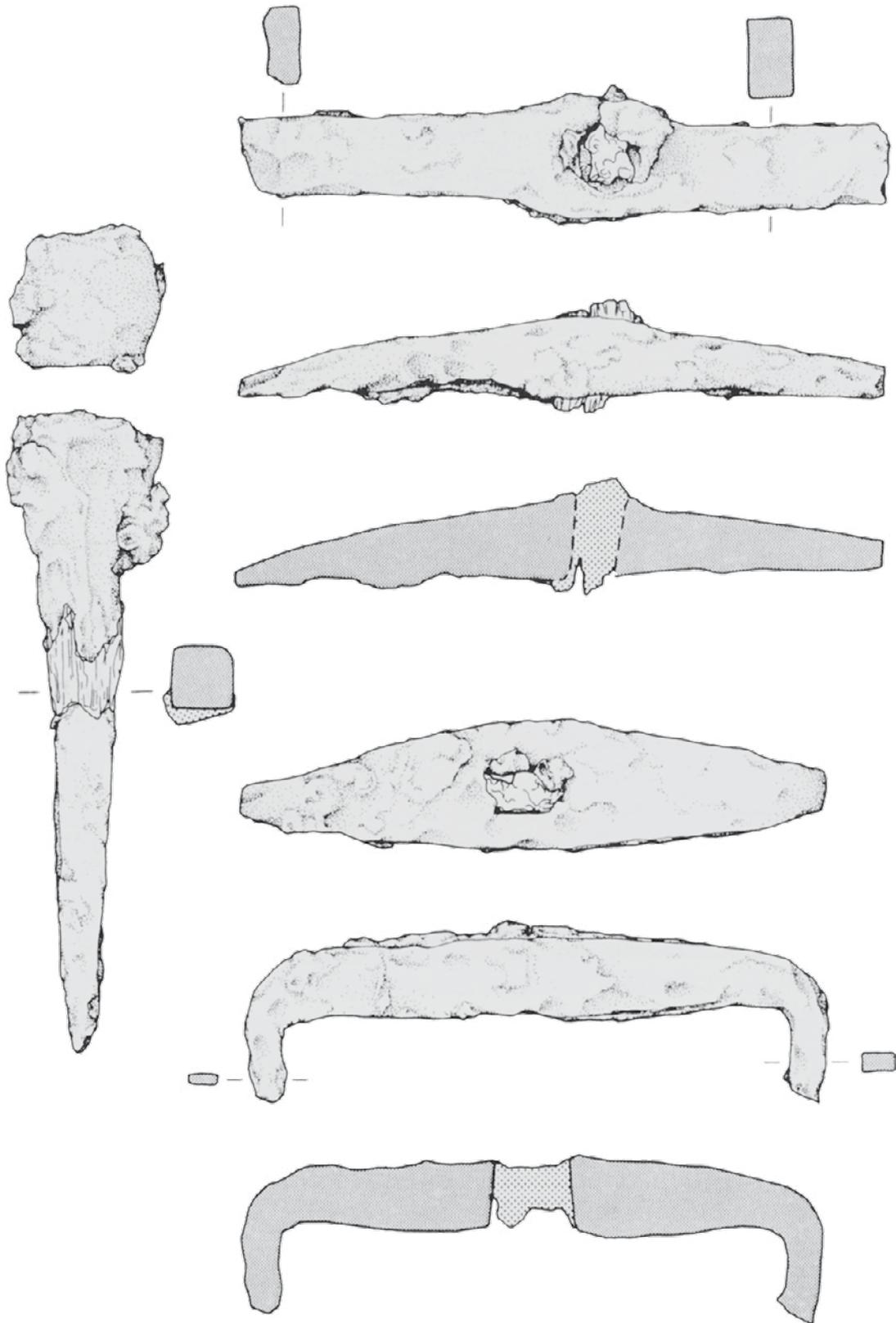


Figura 4. S. Gervasio di Centallo (Cuneo), utensili in ferro dal corredo della tomba 12.



Figura 5. Brno-Kotlářská (Repubblica Ceca), corredo della tomba di orefice.

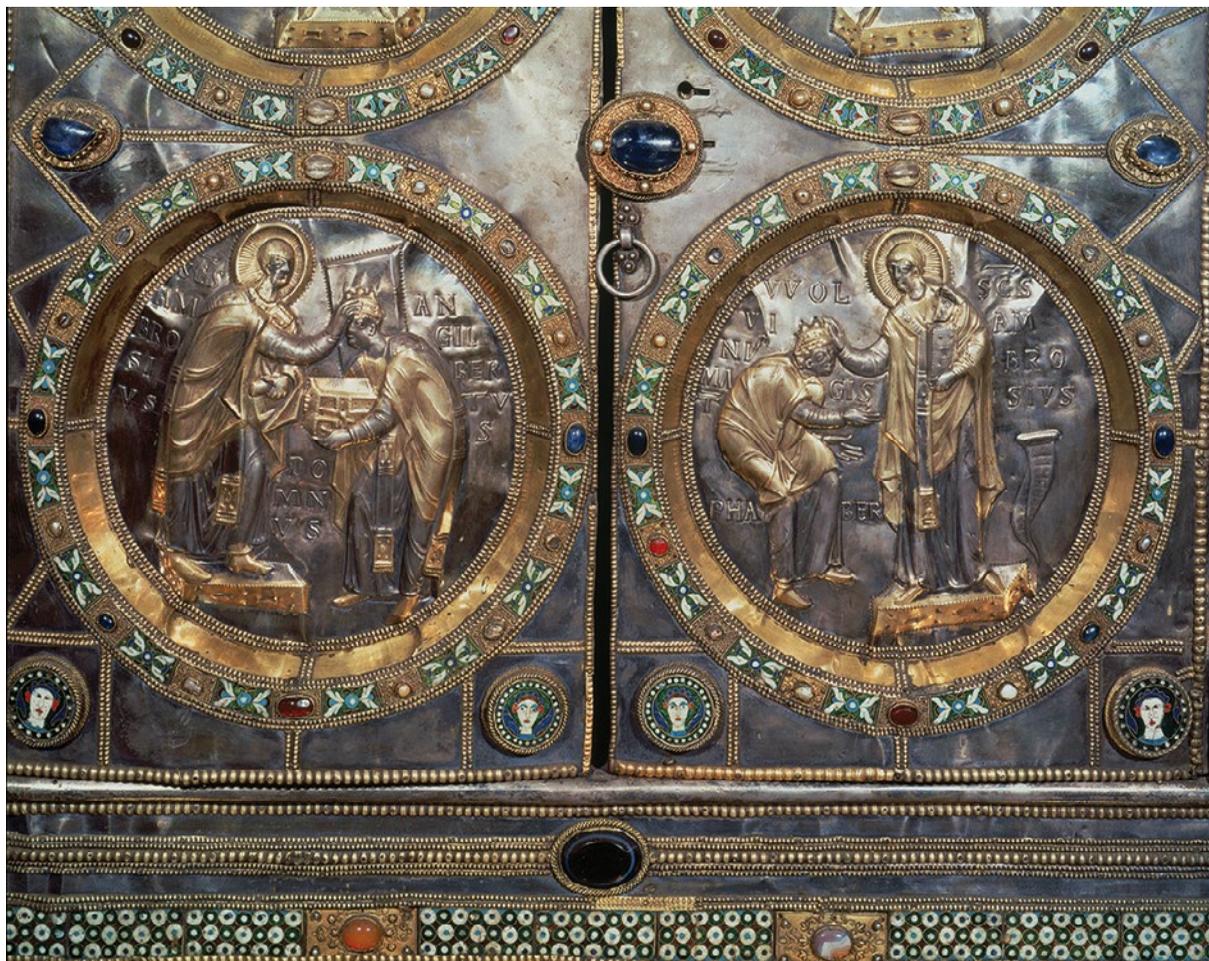


Figura 8. Basilica di Sant'Ambrogio (Milano), formelle centrali nella parte retrostante dell'altare di Volvino.

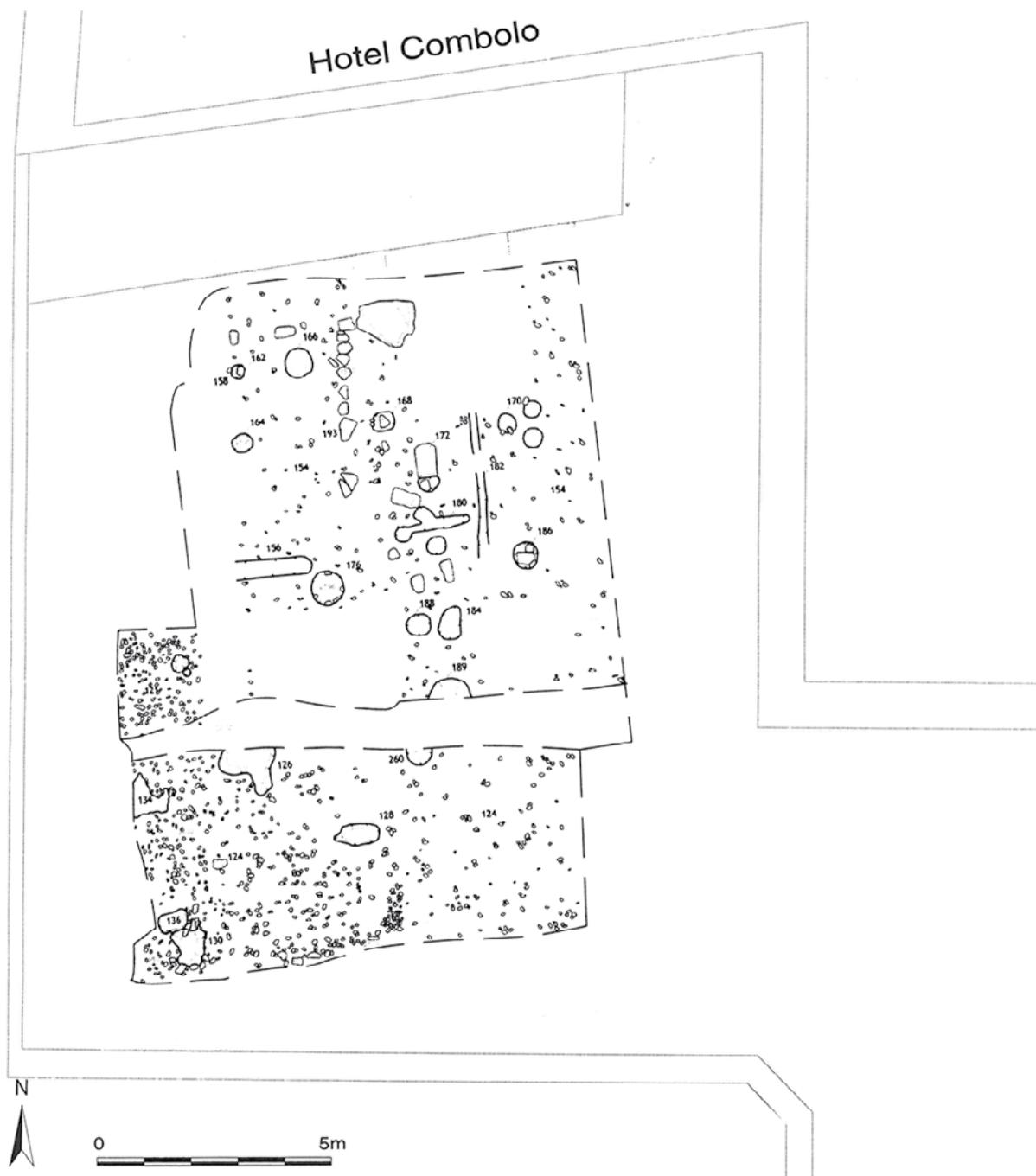
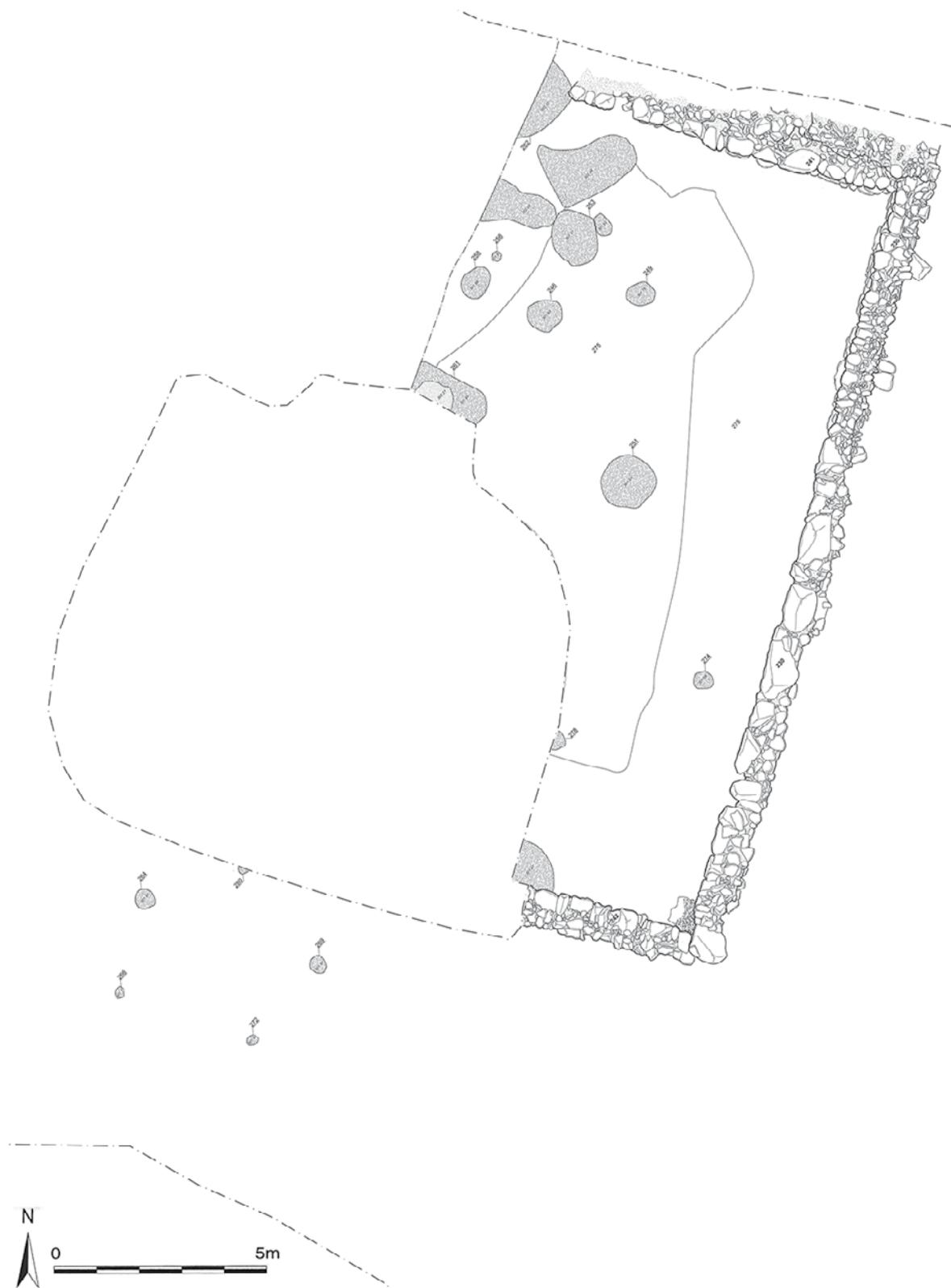


Figura 9. Teglio (Sondrio), planimetria dell'edificio costruito nel corso del I-II secolo d.C. e in uso fino al V-VI secolo d.C.



*Figura 10. Piazza Garibaldi (Sondrio),
planimetria della bottega artigianale bassomedievale di un fabbro ferraio.*

Paolo de Vingo

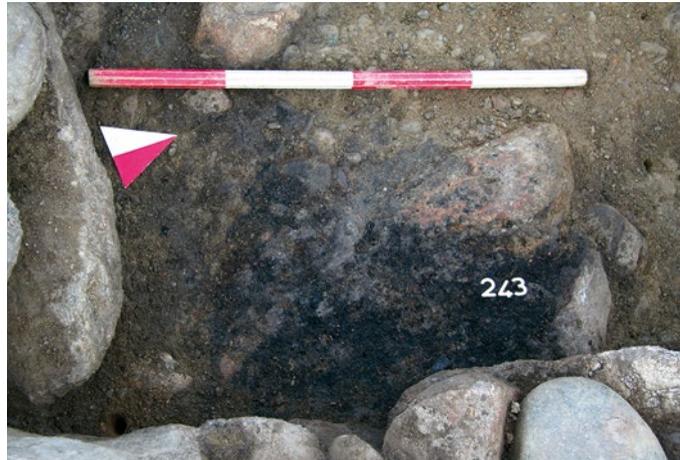


Figura 11. Piazza Garibaldi (Sondrio), piano di cottura del focolare della bottega artigianale del fabbro ferraio.



Figura 12. Piazza Garibaldi (Sondrio), il fornello della bottega artigianale del fabbro ferraio.

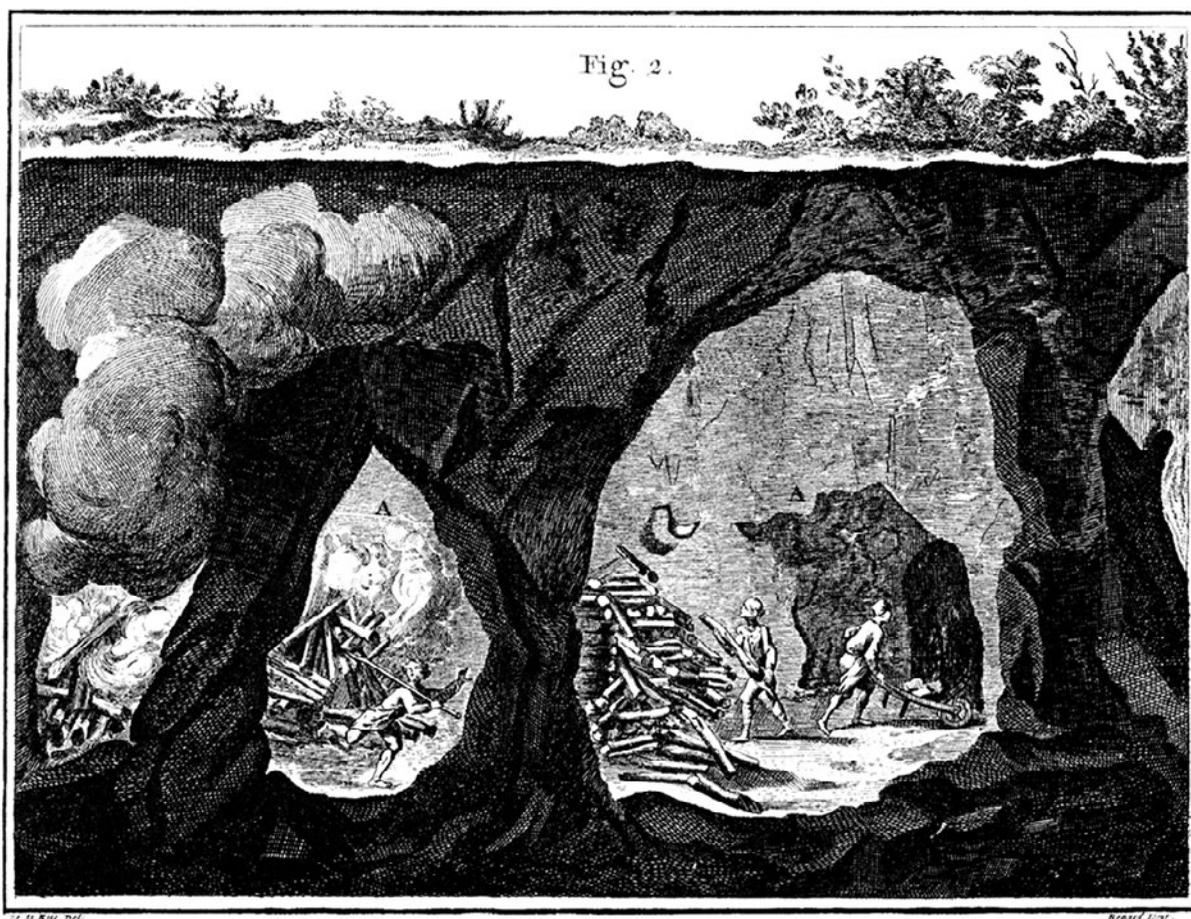


Figura 13. *L'Encyclopédie, Art des Mines*, planche IV.2, D. Briasson & F. Le Breton, Paris, 1753, accatastamento della legna e accensione del fuoco per favorire la fratturazione della roccia in una galleria sotterranea.

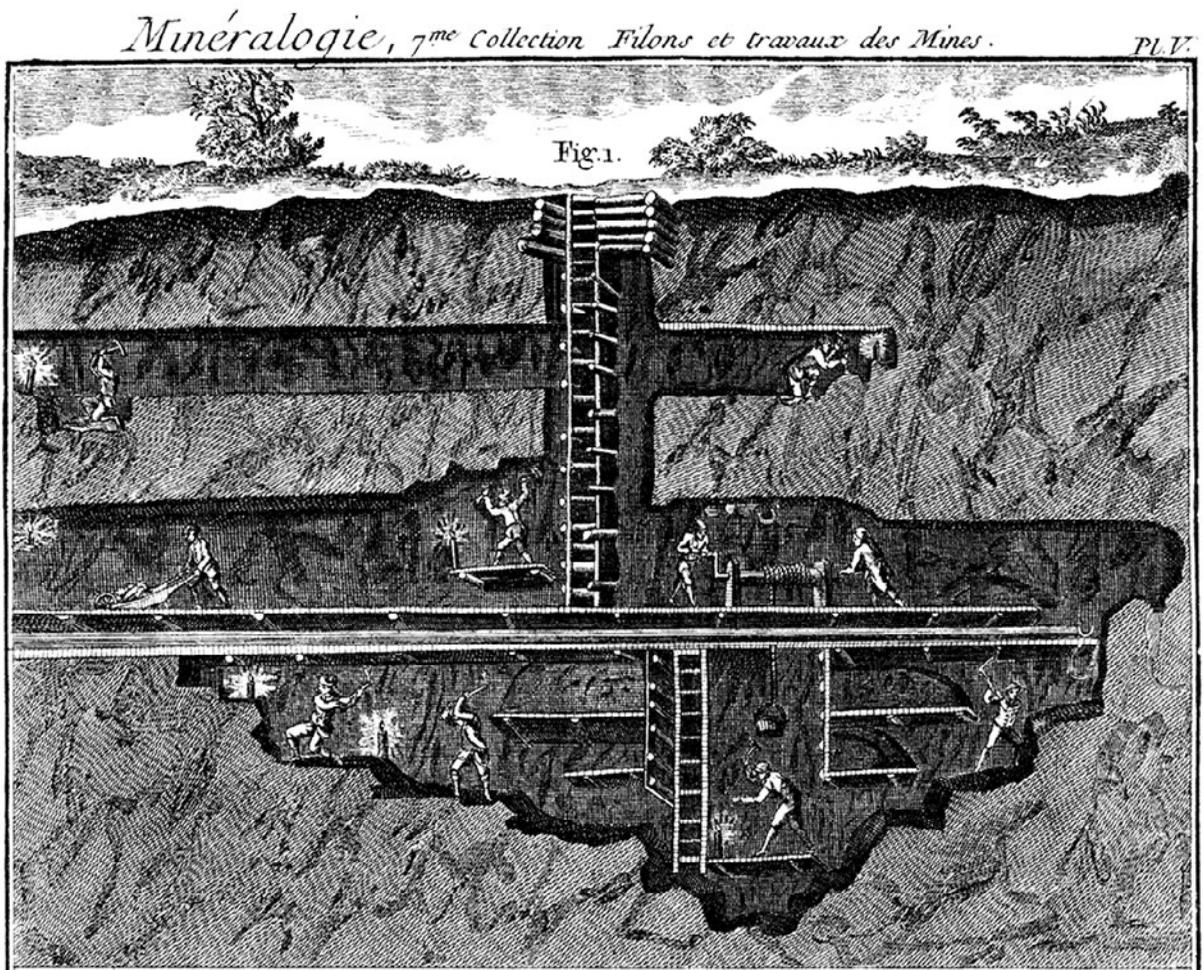


Figura 14. *L'Encyclopédie, Art des Mines*, planche V.1, D. Briasson & F. Le Breton, Paris, 1753, sezione di uno scavo in profondità con la galleria principale di discesa e i cunicoli di escavazione mineraria.

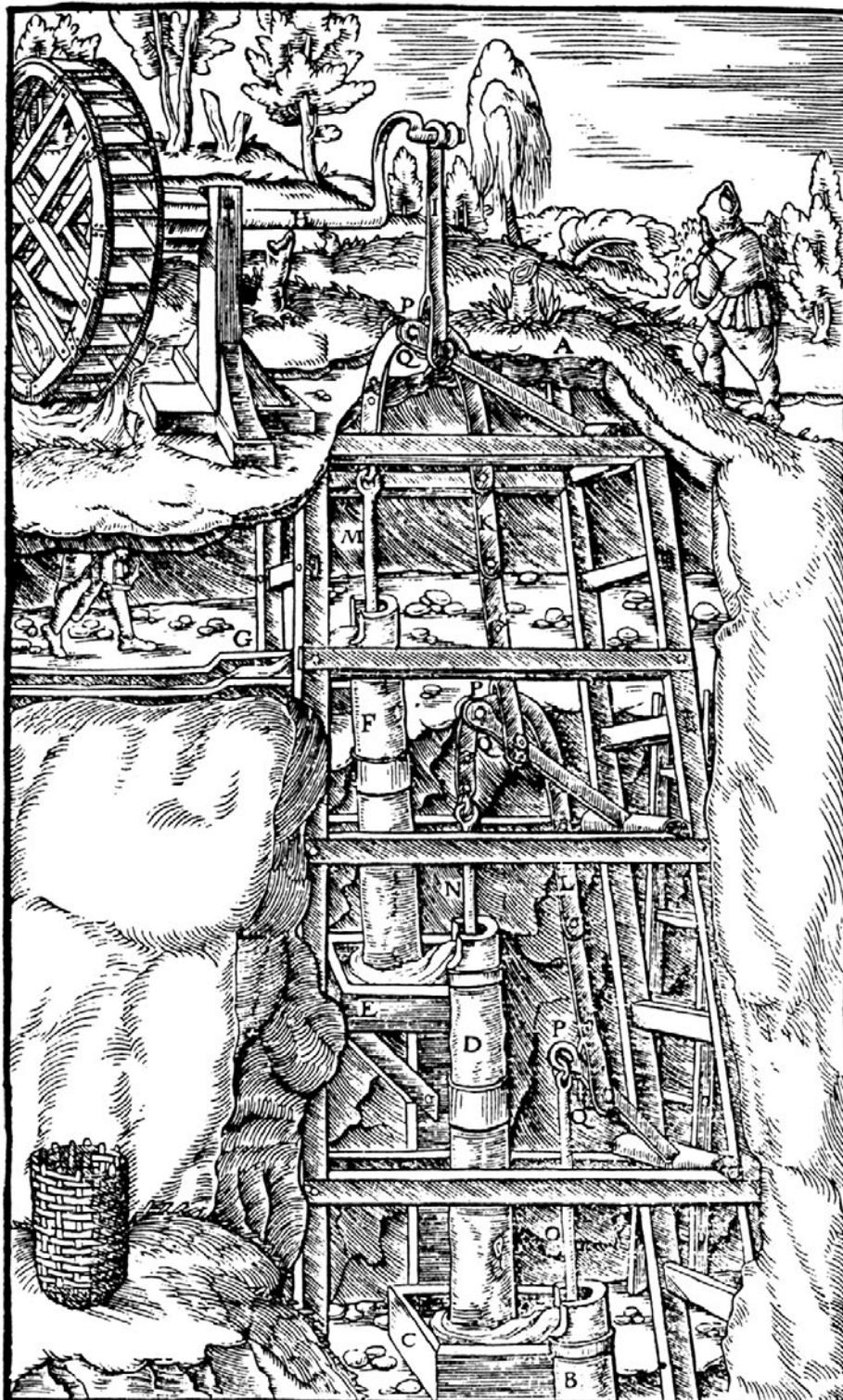


Figura 15. Agricola, *De re metallica*, libro VI, p. 185, pompa a stantuffo per prosciugare i cunicoli minerari azionata da una ruota idraulica: A. Pozzo; B. Ultimo condotto; C. Laghetto primo; D. Secondo condotto; E. Lago secondo; F. Terzo condotto; G. Canale; H. Ferro serrato nella trave; I. Primo palo largo; K. Secondo palo largo; L. Terzo; M. Primo palo tondo; N. Secondo; O. Terzo; P. Travicelli; Q. Branche.

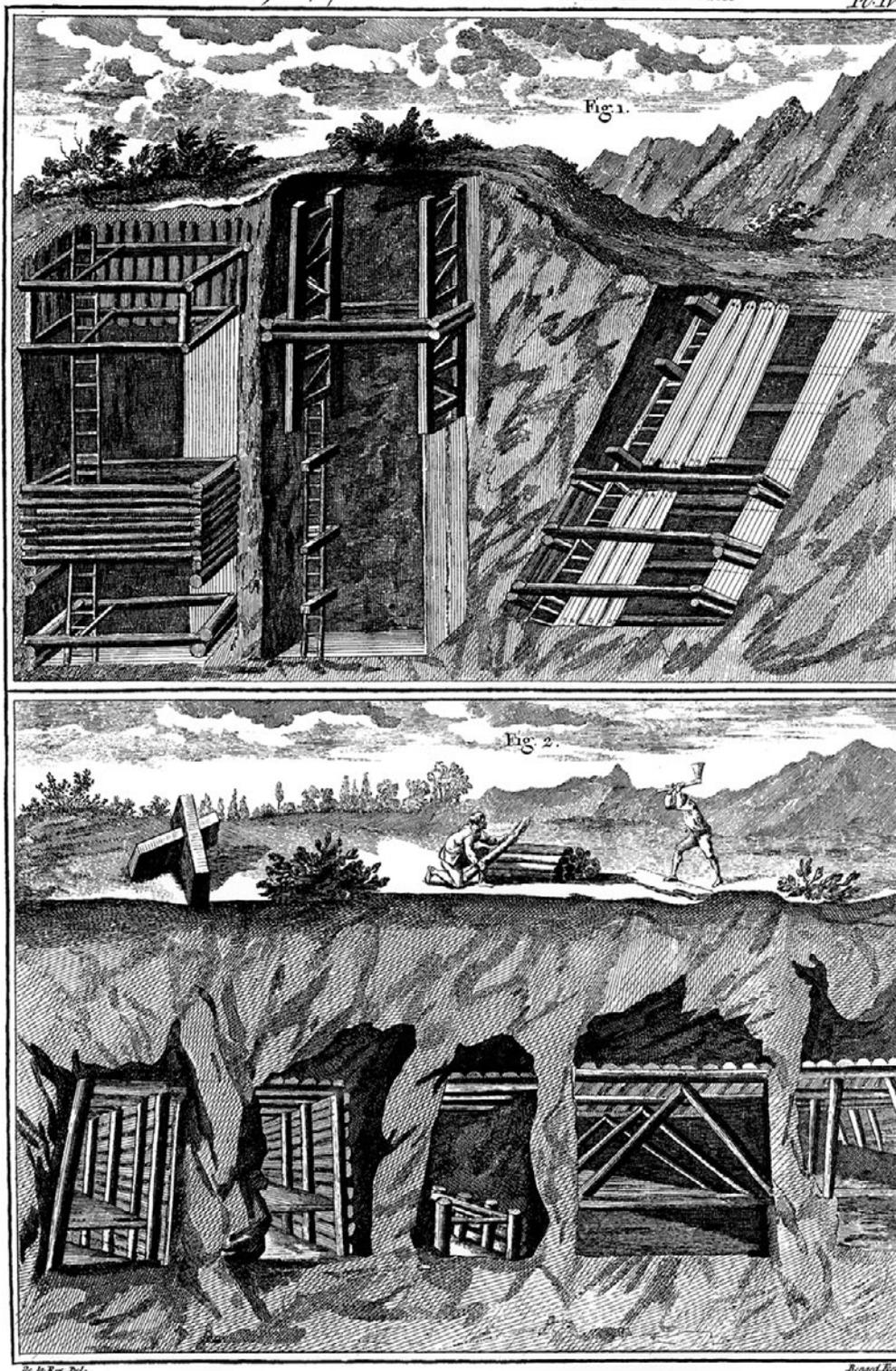


Figura 16. *L'Encyclopédie, Art des Mines*, planches IV.1-2, D. Briasson & F. Le Breton, Paris, 1753:

1. sistemi di armatura delle gallerie di discesa con sviluppo verticale e obliquo;
2. sistemi di armatura delle gallerie orizzontali di escavazione mineraria.

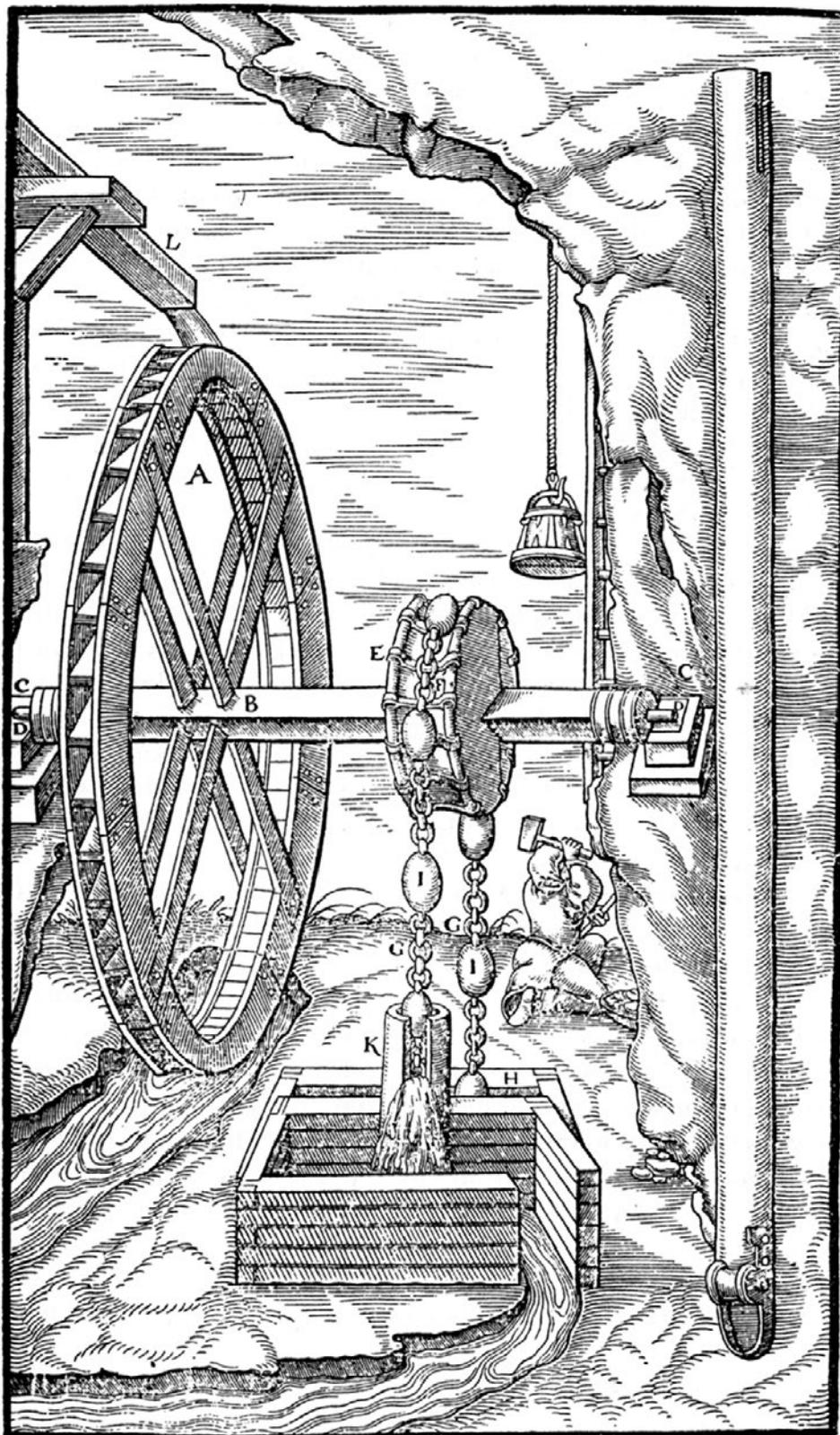


Figura 17. Agricola, *De re metallica*, libro VI, p. 16, ruota idraulica.

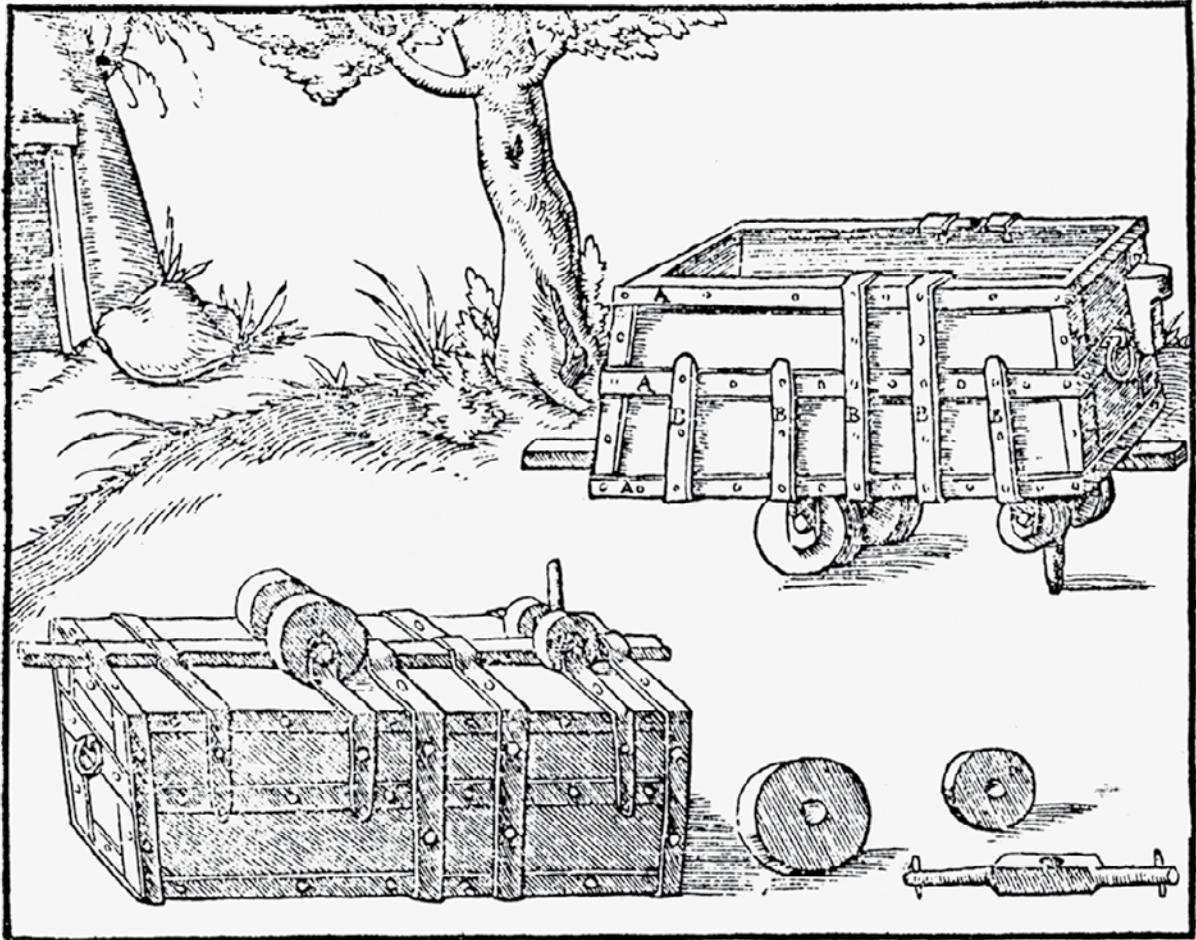


Figura 18. Agricola, *De re metallica*, libro VI, p. 15, carriola da miniera adatta a spostarsi su rotaie piatte di legno.

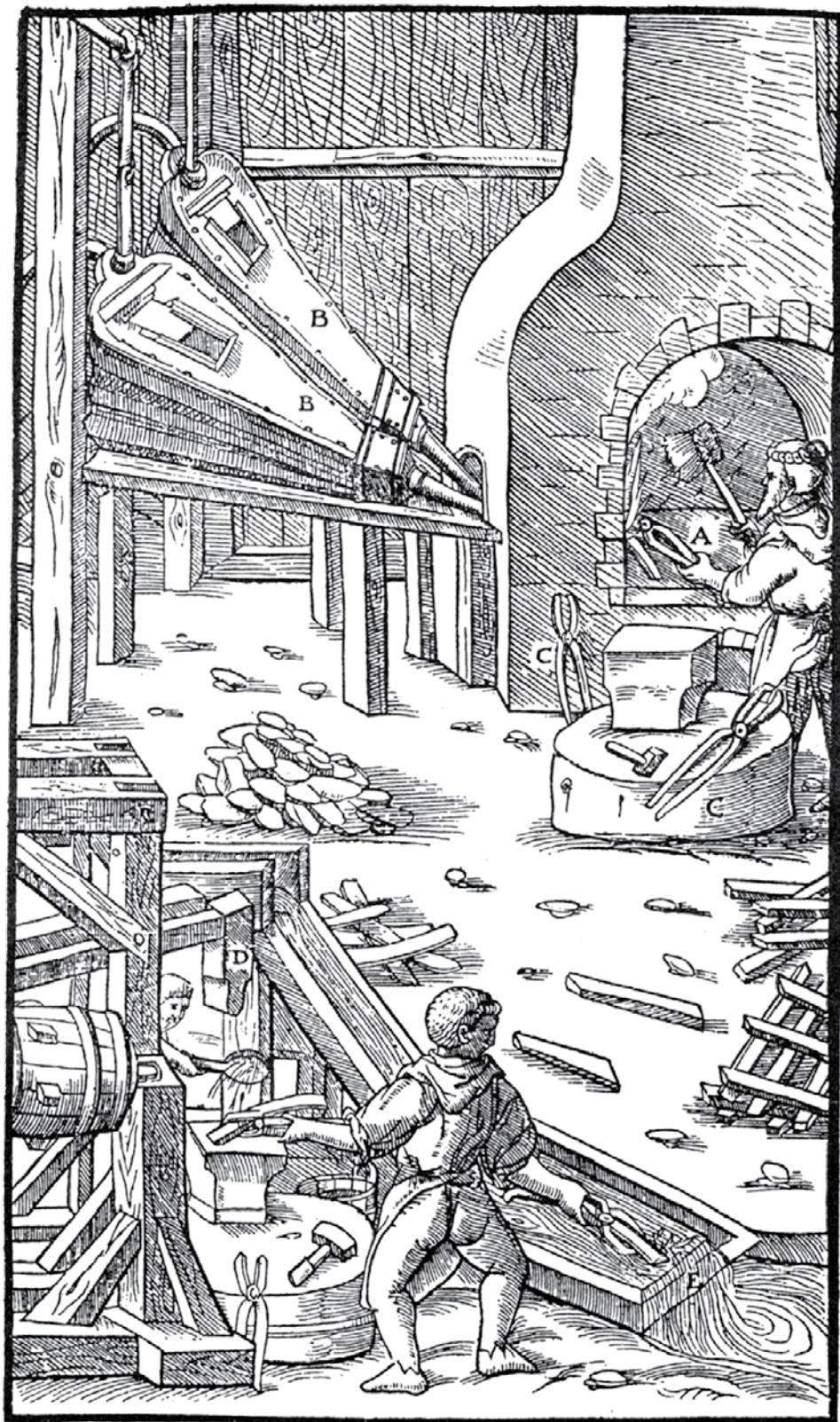


Figura 19. Agricola, *De re metallica*, libro IX, p. 36, maglio laterale e coppia di mantici.

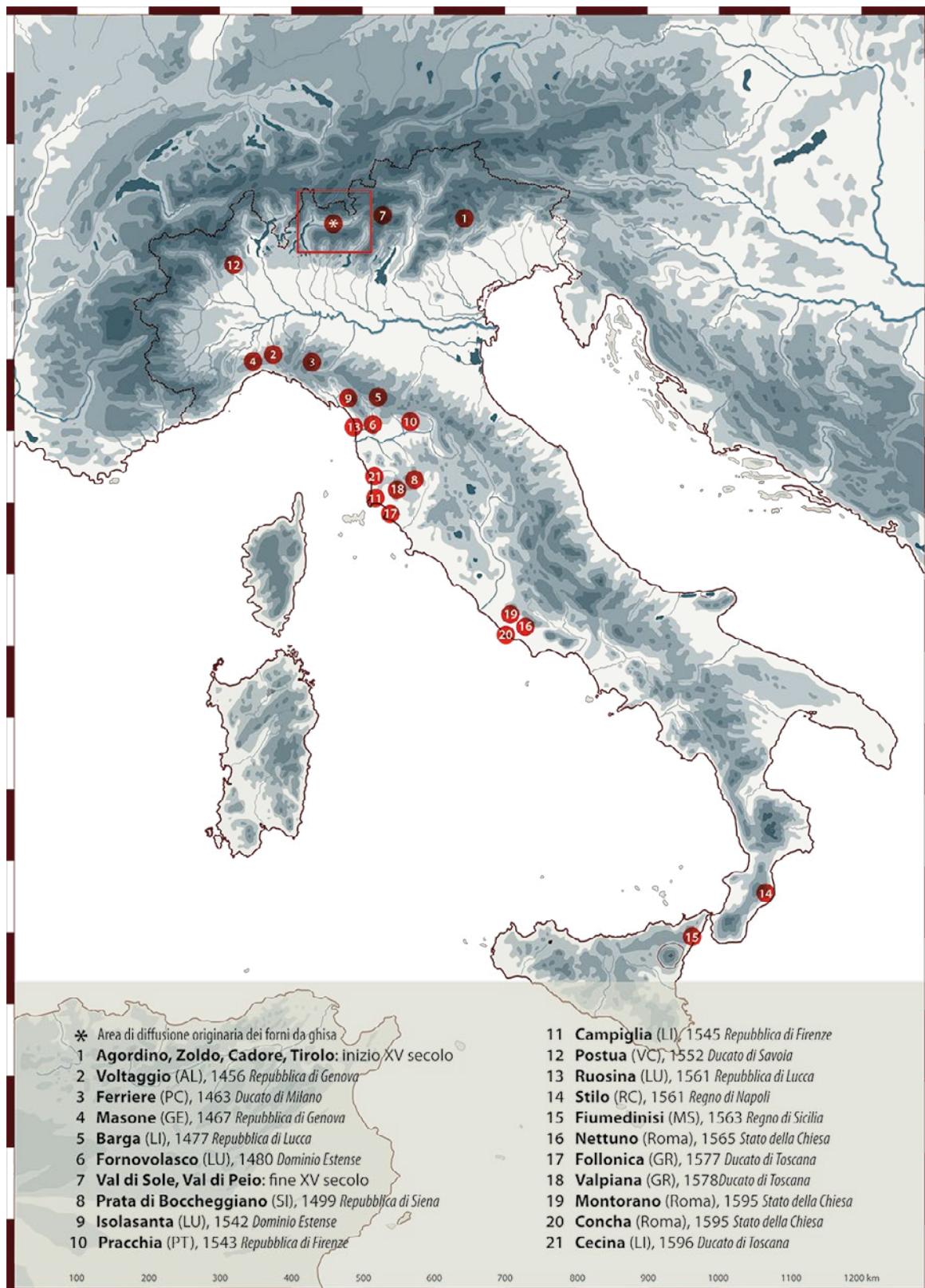


Figura 20. Diffusione dei forni da ghisa nella penisola italiana.

Tempo delle miniere e tempo dei minatori nelle Alpi orobiche valtelinesi

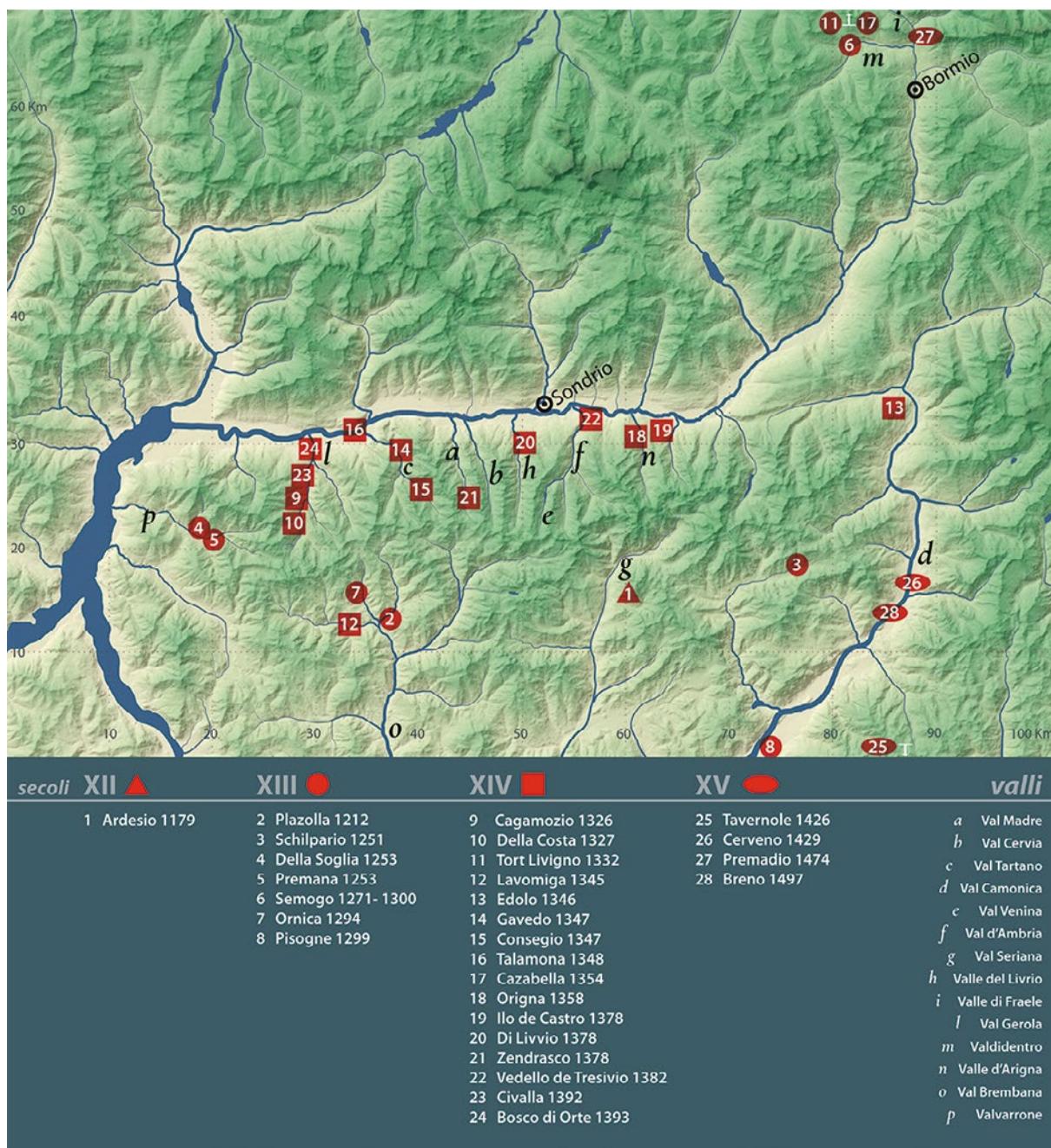


Figura 21. Distribuzione dei forni da ghisa nelle Alpi lombarde tra XII e XV secolo secondo le fonti scritte.

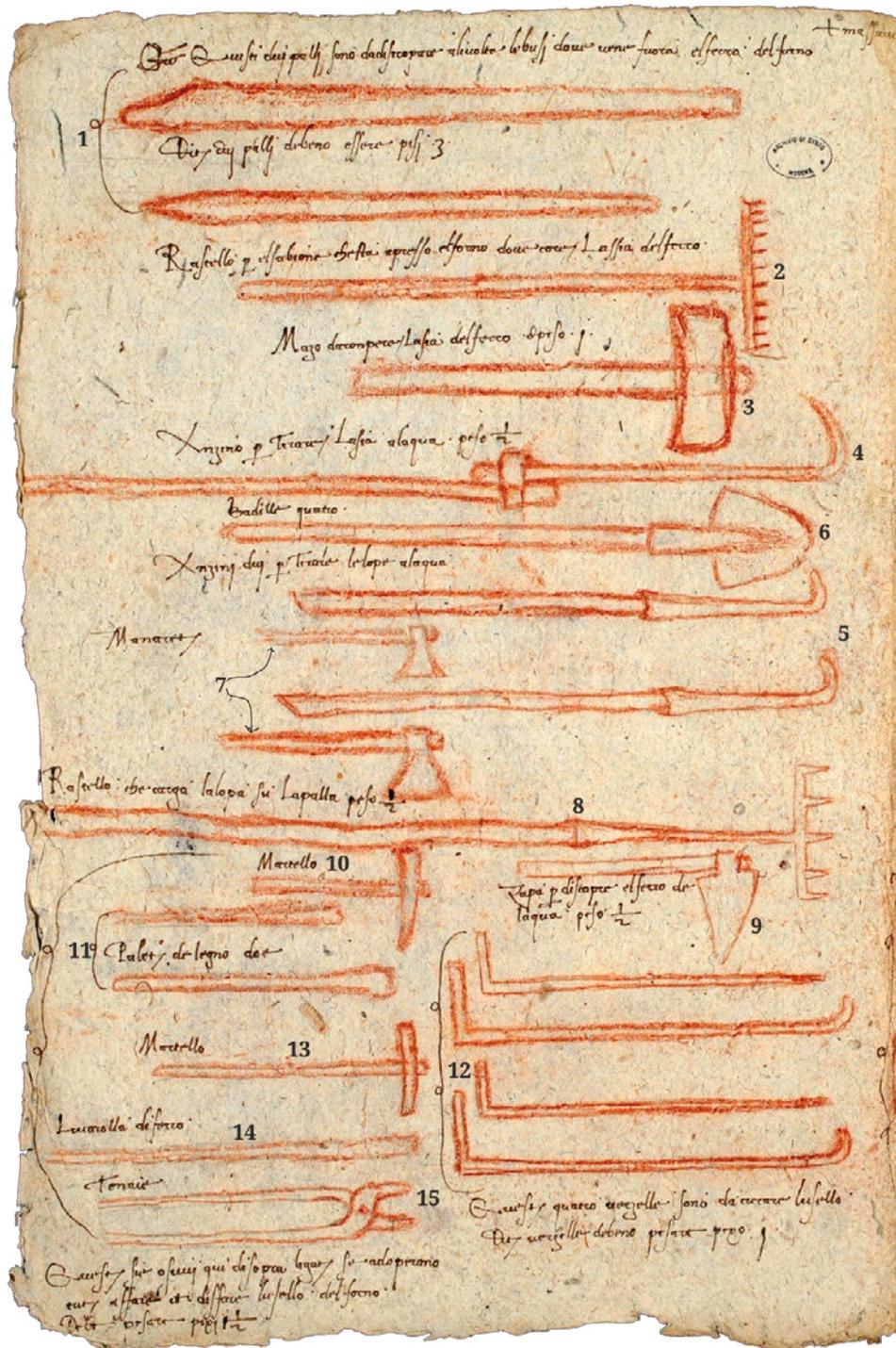


Figura 22. Archivio di Stato di Modena, Archivio per Miniere 4, fascicolo 1498-1543, utensili per il funzionamento del forno, disegno a mano libera, matita rossa su carta straccia grigio-azzurra: 1. Questi due palli sono da distropare a le volte le busi dove vene fuora el ferro del forno. Diti due palli debeno essere pesi 3; 2. Rastello per el sabione che sta apresso el forno dove coce la sia del ferro; 3. Mazo da rompere la sia del ferro de pesi 1; 4. Anzino per tirare la sia a laqua peso 11/2; 5. Anzini dui per tirare le lope a laqua; 6. Badille quatro; 7. Manaretti; 8. Rastello che carga la lopa su la palla peso 1/2; 9. Zapa per discoprire el ferro de laqua peso 1/2; 10. Martello; 11. Paletti de legno doe; 12. Queste quatro verzelle sono da curare l'usello. Dete verzelle debeno pesare pexo 1 1/2; 13. Martello; 14. Levarolla di ferro; 15. Tenaie. Queste sie o ferri qui di sopra legati se adoperano tuti a fare et disfare l'usello del forno. Debeno pesare pexi 1 1/2.

Tempo delle miniere e tempo dei minatori nelle Alpi orobiche valtelinesi

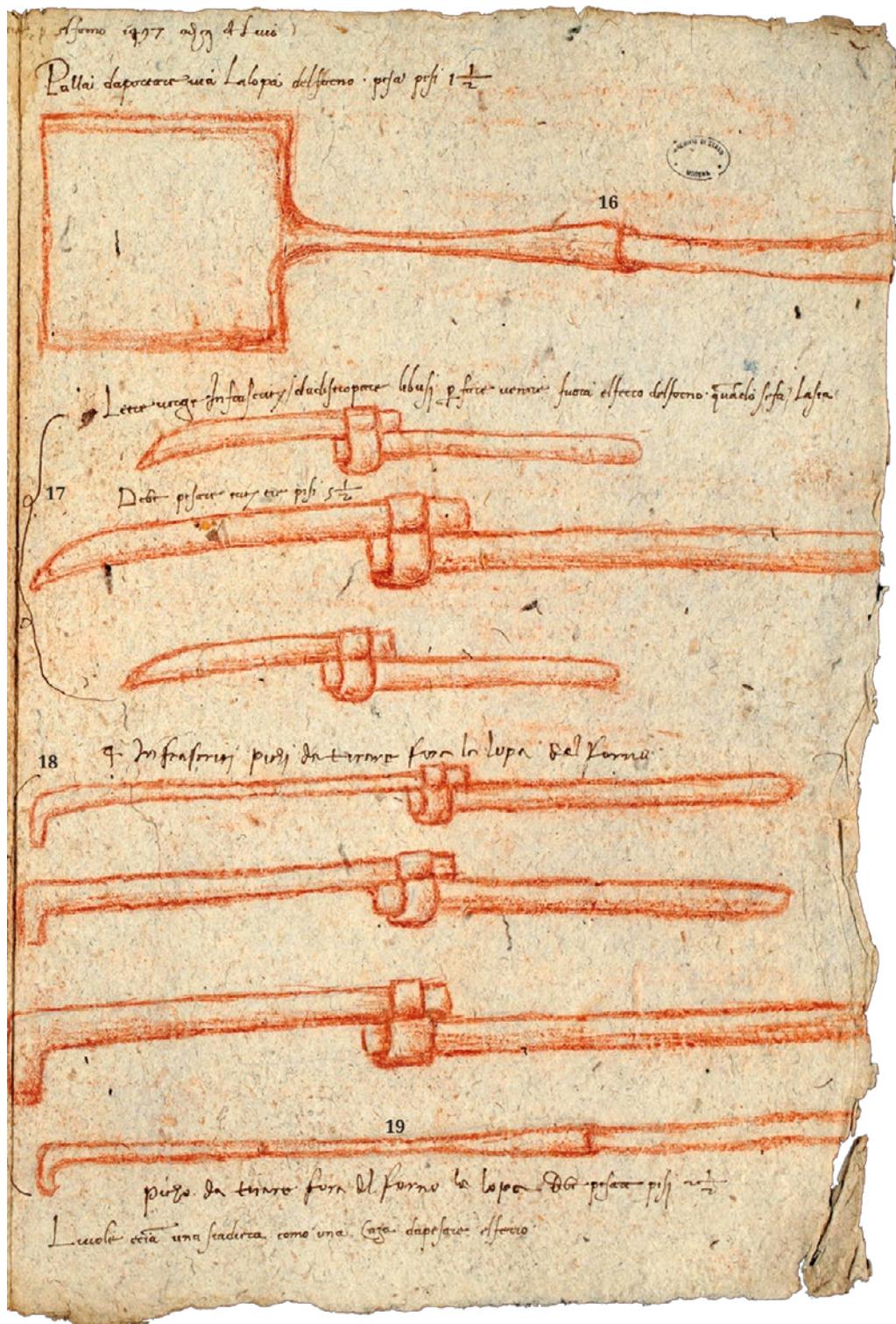


Figura 23. Archivio di Stato di Modena, Archivio per Miniere 4, fascicolo 1498-1543, utensili per il funzionamento del forno, disegno a mano libera, matita rossa su carta straccia grigio-azzurra; 16. Palla da portare via la lupa pesi 11/2; 17. Le tre verge infrascrite da distropare li busi per fare venire fuori el ferro del forno quando se fa la sia. Debe pesare tuti tria pesi 5; 18. Quattro infrascritti pichi da tirare fora la lupa dal forno; 19. Picho da tirare fora del forno la lupa debe pesare pesi 2 1/2. Li vuole etiam una stadera come una casa da pesare el ferro.

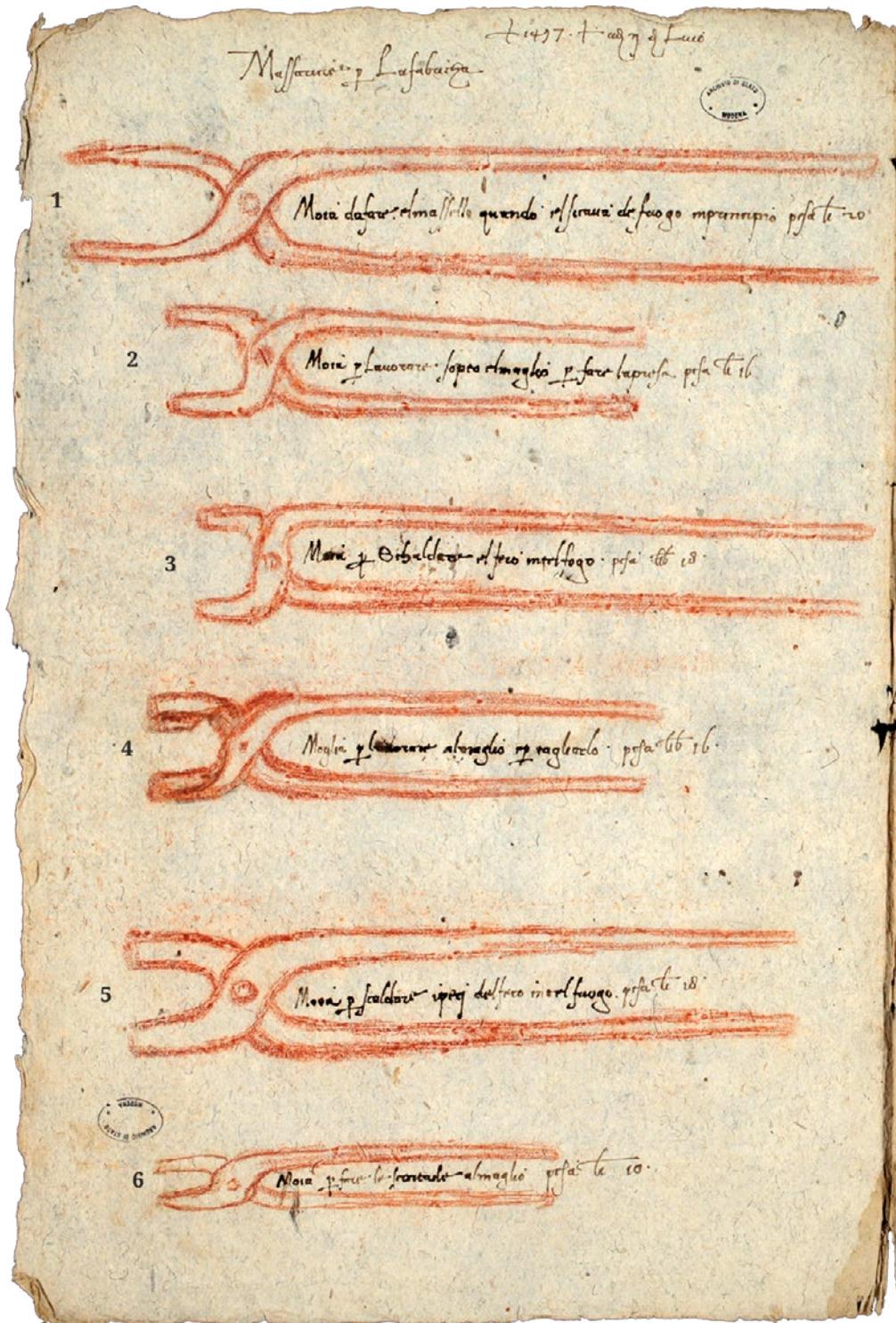


Figura 24. Archivio di Stato di Modena, Archivio per Miniere 4, fascicolo 1498-1543, utensili per il funzionamento del forno, disegno a mano, matita rossa su carta straccia grigio-azzurra; 1. Moia da fare el massello quando el se cava de fuogo in principio; pesa libre 20; 2. Moia per lavorare sotto el maglio per fare la presa, pesa libre 16; 3. Moia per scaldare el fero in tel fuogo, pesa libre 18; 4. Moia per lavorare al maglio e per tagliarlo, pesa libre 16; 5. Moia per scaldare i peci del fero in tel fuogo, pesa libre 18; 6. Moia per fare le scartade al maglio, pesa libre 10.

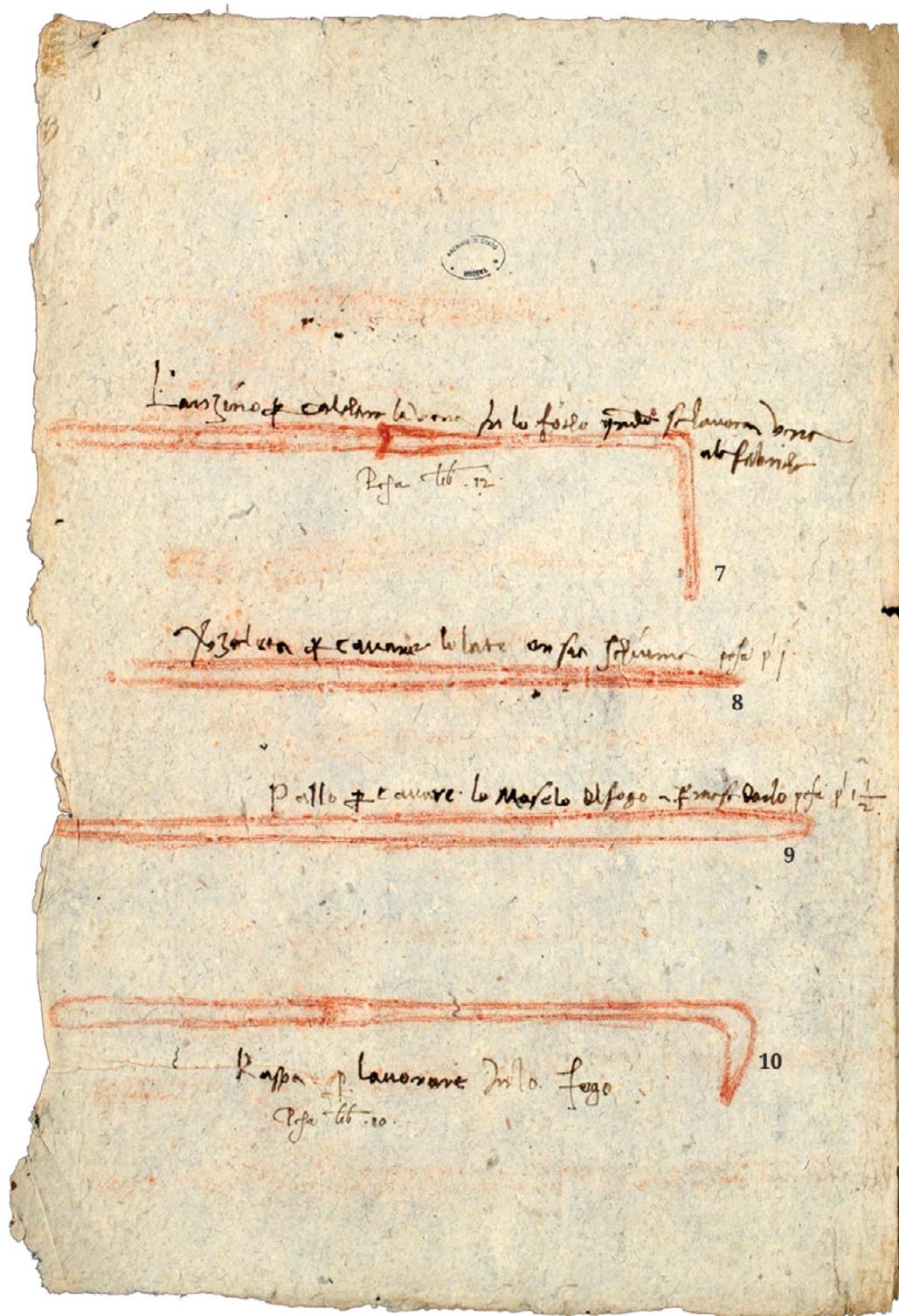


Figura 25. Archivio di Stato di Modena, Archivio per Miniere 4, fascicolo 1498-1543, utensili per il funzionamento del forno, disegno a mano libera, matita rossa su carta straccia grigio-azzurra; 7. Lanzino per calchare la vena su lo focho quando se lavora vena ala fabrica, pesa libbre 12; 8. Azaleta per cavare lo late on sia schiuma, pesa pesi 1; 9. Pallo per cavare lo maselo del fogo e per maselarlo pesa pesi 1; 10. Raspa per lavorare in lo fogo.

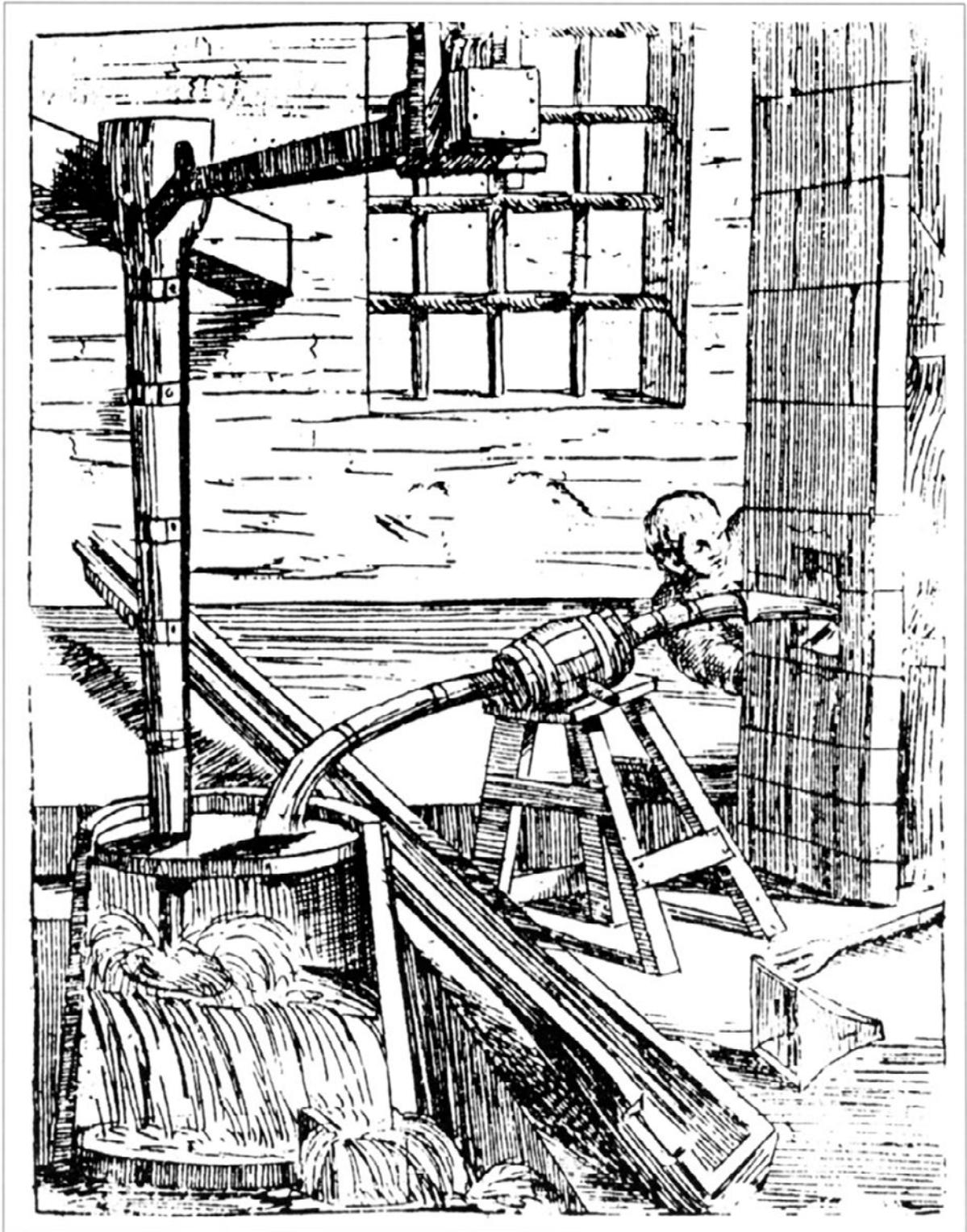


Figura 26. Marco Antonio della Fratta et Montalbano, *Pratica minerale. Trattato*, Manolesi, Bologna 1678, tromba idroeolica per la ventilazione di fucine e forni fusori.

Tempo delle miniere e tempo dei minatori nelle Alpi orobiche valtelinesi



Figura 27. Il tempo immobile di una fucina del territorio lombardo (foto Paolo de Vingo).

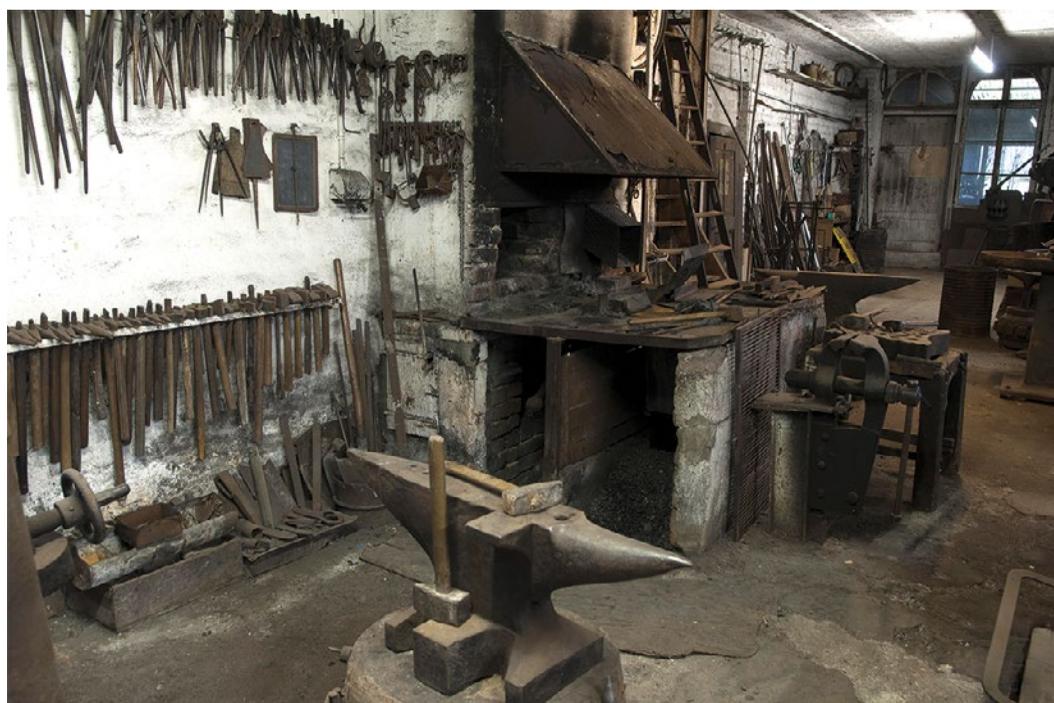


Figura 28. Nel tempo immobile della fucina gli utensili del fabbro sono pronti per essere impiegati (foto Paolo de Vingo).



Figura 29. Val Venina (2.165 m), fronte di cava a cielo aperto con foro di mina visibile sulla parete (foto Enrico Croce).

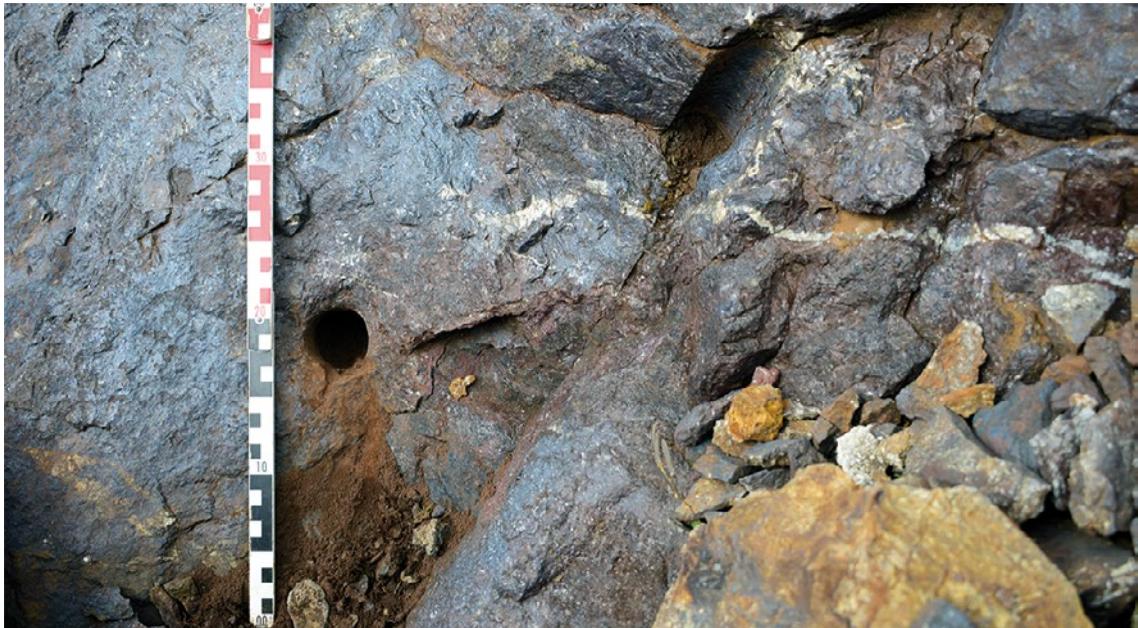


Figura 30. Val Venina (2.165 m), fronte di cava a cielo aperto con foro di mina in corso di preparazione (foto Enrico Croce).



Collana
Le radici di una identità

Il volume raccoglie i contributi di un approfondito lavoro di ricerca svolto dal Dipartimento di Studi Storici dell'Università degli Studi di Torino e dai suoi collaboratori, sia sulle Alpi orobiche valtellinesi sia in numerosi archivi, per documentare il patrimonio minerario di due enti appartenenti alla Comunità montana Valtellina di Sondrio: i Comuni di Piateda e di Fusine. Viene così restituita una prima documentazione su quanto ancora rimane dei giacimenti minerari e delle strutture produttive, testimoni muti ma eterni di un passato produttivo sviluppatosi nei secoli medievali e protrattosi, con fasi alterne, fino all'età contemporanea.

Lo studio della storia mineraria di queste valli coincide con quello delle comunità e dei suoi singoli membri. Ripercorre la vita, la fatica,

la dedizione, il pericolo a cui andarono incontro centinaia di operai semplici e specializzati, somieri, *magistri* dei forni, carbonai e fabbri, eredi di una complessa catena produttiva che rappresenta una delle specializzazioni lavorative più antiche di questo settore territoriale, le cui radici affondano in un terreno difficile e ostico allo svolgimento delle attività umane. Gli uomini sono riusciti, attraverso i secoli, a dissodare queste terre e a sfruttare quello che la natura offriva per affermare la propria presenza sul territorio. Oggi, la crescita della consapevolezza nelle singole comunità può restituire valore a queste testimonianze, mostrando la necessità di custodire e conservare tradizioni lavorative che non possono, e non devono, essere dimenticate.