

## PROBLEMI DELLA METALLURGIA ETRUSCA \*

Sono grato al Presidente, ai Colleghi tutti dell'Istituto di Studi Etruschi e Italici per il tema affidatomi; ma la loro fiducia mi impone un compito grave, che supera le mie possibilità. Questa non è una delle solite frasi introduttive di formale modestia. Riflette la realtà. Poichè, proprio in questi ultimi tempi, più ho estesa e approfondita la ricerca sul rame, i bronzi, lo stagno della nostra preistoria e protostoria, e più si è svelata una complessità di fatti e di problemi, in parte imprevisi, che in questo momento mi assillano.

Lo sanno i Colleghi ed amici Annibaldi, Caputo, Degani, Drago, Lollini, Puglisi, Rittatore, che ho tormentati anche chiedendo e richiedendo cimeli, notizie, e che ringrazio qui vivamente.

Permettete: sono un po' come un mosaicista che tenta ricostruire immagini e disegni di un mosaico distrutto, di cui ha solo reperito alcuni tasselli, che li ha anche sistemati, ma, per le molte lacune, non riesce ancora a decifrarne l'assieme logico e coerente.

L'argomento, «Problemi della metallurgia etrusca», richiederebbe parecchie lezioni. Concederete che la mia sia una prolusione. Il tema che affronto è soprattutto quello del rame, stagno, bronzo, dei metalli non ferrosi in genere, nella preistoria e protostoria italiana. Riguarderà cioè i metalli e i processi metallurgici, che costituiscono pure il fondamento della metallurgia etrusca, e dovrò estendermi perciò al periodo italico pre-etrusco. Mi atterrò piuttosto nel campo delle mie ricognizioni.

---

\* Si riporta tal quale il testo della prolusione tenuta a Chiusi il 25 maggio 1959.

## LE FONTI DEL RAME

È ben risaputo che almeno in alcune regioni della Eurasia, nel cosiddetto eneolitico, si è impiegato rame nativo, sia forgiato che fuso. Il rame nativo, quando nella fusione non abbia subito inquinamenti, è nettamente riconoscibile all'analisi chimica per l'alta purezza che in genere attesta, la quale raggiunge e supera talvolta quella del metallo raffinato elettrolitico odierno, che può toccare il 99,98%.

È stato detto che da noi si ebbero in Toscana (Montecatini), Sardegna, Liguria, disponibilità di rame nativo locale. Il tutto appare finora di scarso rilievo, comunque non definito.

La prima metallurgia del rame, il trattamento dei minerali ossidati più semplici (cupriti, azzurriti e simili, forse anche silicati ricchi), è stata rapidamente superata dalla elaborazione di minerali solforati, assai più diffusi. In Toscana fu dato particolare rilievo ai cantieri minerari di Montecatini (Val di Cecina), considerati un tempo fra i più ricchi d'Europa, dove risulta essersi trovato anche rame nativo, ma soprattutto si estrasse calcocite (solfuro di rame), il cui trattamento può essere stato meno complesso di quello richiesto dalle calcopiriti del gruppo sud-etrusco di Capanne Vecchie, Fenice Massetana, Boccheggiano, Montieri, Val Fucinaia, Monte Calvo nel Campigliese.

I proto-etruschi, consentitemi il termine vago, e gli etruschi ebbero di certo ragguardevoli disponibilità di minerali di rame nella regione in cui è fiorita la loro civiltà. Di questa metallurgia, cioè degli impianti per il ricavo e la elaborazione del rame, ben poco conosciamo salvo il celebre rudere del forno di Val Fucinaia descritto da Minto, che però è tardo. Il compianto etruscologo lo assegnava al periodo fra villanoviano e quello orientalizzante. Esso riguardava senza dubbio il trattamento delle calcopiriti e, con ogni evidenza, dei minerali locali. Appartiene ad uno stadio già evoluto della metallurgia del rame, con probabilità ad un tipo definitivo anche nella successiva epoca classica.

Le ascendenze del forno di Val Fucinaia, piuttosto che al Nord vanno ricercate nel Medio Oriente: si ricollega alla lontana, per la tecnica metallurgica, al forno, di recente illustrato dagli archeologi israeliani, di Tel Quasil (presso Tel Aviv), datato dal XII all'XI secolo a. C., che si giudicò importato dai Filistei. Ma il forno etrusco appare in più stretti rapporti con quelli dell'epoca di Salomone (IX e X secolo a. C.), cioè delle officine imponenti sboccanti a

Ezion Geber nel Golfo di Akaba, discendenti a loro volta dalla tecnica anteriore, sviluppata in Siria e quindi risaliente alla Mesopotamia e all'Anatolia (1).

Dell'epoca preistorica propriamente detta abbiamo in Italia scarse e sparse reliquie, almeno da quanto finora ho potuto esaminare, di cui parlerò tra poco, dato che risultano sempre più significative.

È opinione di esperti qualificati che la riduzione dei minerali ossidati (per il Medio Oriente e la Mesopotamia, intesa nei collegamenti di questa col Golfo Persico) debba datarsi al terzo millennio a. C., mentre « l'arrostimento » (desolforazione) e la fusione per rame dei minerali solforati risalirebbe a circa il XV secolo a. C.. La metallurgia più complessa delle galene, per il piombo e anche per l'argento che possono contenere, si riporta più lontano, al 3° millennio a. C.

È probabile che tali datazioni per il rame oggi debbano rivedersi e retrodatarsi.

#### IL RAME NEL MEDIO ORIENTE E PRESSO SUMER E AKKAD

Non possiamo trascurare la recente decifrazione di alcune tavolette di Sumer e Akkad, da tempo acquisite, che riguardano la metallurgia del rame e del bronzo. Desumo le notizie dalla recentissima pubblicazione (del 1959) di Martin Levey, della Temple University di Filadelfia, Pa..

Il testo di Martin Levey si intitola: « Chemistry and chemical technology in Ancient Mesopotamia ». Dirò per incidenza che negli U.S.A. si è costituita la Società di Chimica Archeologica, che svolge un'ampia attività.

Consentitemi. Dunque, nella prima metà del 3° millennio a. C. era attivo il commercio fra Ur (il celebre porto dei Sumeri) e una località detta Dilmun, del Golfo Persico (il luogo non è ancora bene identificato). Questo, più o meno lo sapevamo. Ma oggi sappiamo che le fonti erano molteplici. Nelle tavolette cui alludo si indicano (siamo nel campo del commercio) tre provenienze del metallo: rame di Dilmun - rame di Melukka - rame di Makkan.

(1) Per la discussione in merito ai forni, rimando alla mia prolusione apparsa nel volume « Tyrrenica », Ed. Istituto Lombardo di Sc. e Lettere (1957), pagg. 95 e segg. In merito ai forni di Palestina richiamo: B. MAISLER, *Israel Exp. Journal*, vol. I (1950-51), 74; NELSON GLUCK, *The other side of the Jordan*. Ed. Am. School of Orient. Research (1940), pagg. 93 e segg.

Esisteva anche una classifica merceologica assai dettagliata. Sono sette i tipi

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1) <i>rame pesante</i>          | 5) <i>rame puro</i>                       |
| 2) <i>rame battuto</i>          | 6) <i>rame minerale o da minerale</i>     |
| 3) <i>ram fuso</i>              | 7) <i>rame soffiato o anche consumato</i> |
| 4) <i>rame mediocre o medio</i> |   |

Siamo davanti a specificazioni che fanno molto ponderare. Forse i primi due tipi riguardano il rame nativo; i tipi *sei* e *sette* si riferiscono certamente a rame dai solfuri; specie il *sette*, il più grezzo, accenna, col termine « consumato » o « soffiato », al metallo grezzo, detto anche nero, prodotto per ossidazione delle mattes o metalline di rame, che sono gli intermedi solforati arricchiti, ottenuti, come è ben noto, dalla fusione dei minerali solforati di rame.

Appare oggi meno incerto che il rame venisse importato a Sumer dall'Anatolia, particolarmente da Tishmurna e da Dumit (est di Hattusas e Kultepe), probabilmente dalle miniere non lontane di Ergani, dove le calcopiriti ricche sarebbero state trattate per metallina o per rame nero, di poi affinato a metallo nelle predette località. A Ergani si rinvennero scorie arcaiche al 4% di rame che provengono certamente da minerali ricchi.

Dalle fonti che ho richiamato risulta anche una documentazione analitica finalmente esatta dei bronzi.

I cimeli elencati risalgono a circa :

per Tepe Gawra :

*3450 a. C. periodo di Ubaid nordico*

*2250 a. C. periodo accadico*

*2000 a. C. periodo 3<sup>a</sup> dinastia di Ur.*

per Tel Billa :

*2300 a. C. periodo accadico*

Queste tabelle indicano il tenore di stagno e la progressione relativa: a Tepe Gawra si giunge al 6% e fino al 15,7%, per le ascie datate al 2250 a. C.

Dalle stesse ricette e specificazioni commerciali dei sumero-accadici, si è dedotto che lo stagno era aggiunto come tale, con dosatura prescritta.

Apparirebbe che in oriente il bronzo, che vorrei dire naturale, da minerali misti, o da rame e cassiterite (per cementazione), che si data alla fine del 3° millennio a. C. forse ebbe una importanza secondaria. È presumibile che si disponesse precocemente dello stagno.

L'ottenimento dello stagno regolo dovrebbe perciò retrodatarsi. Finora da alcuni competenti era stato fatto risalire alla seconda metà del 2° millennio a. C..

La tecnologia dello stagno, dal lato termotecnico, è più semplice di quella del rame: la temperatura di riduzione della cassiterite è relativamente bassa. Per il rame devono raggiungersi, anche per la sola fusione, temperature di 1100° e oltre. I forni per ceramica più volte citati, di Susa, di Sialk ad es., che si fanno risalire al 4° millennio a. C. e oltre, erano già atti a conseguire tali temperature.

Si usa indicare come Centro 1° della metallurgia la regione ad Oriente del Caspio; come Centro 2° la regione sud fra il Mar Nero e il Caspio; Centri 3° Cipro, la Troade, il Danubio, la Boemia; 4° l'Italia centrale e nord.

Questa diffusione geografica e cronologica può essere accettata se si considera soltanto l'estrazione del rame; ma per quanto concerne la elaborazione, l'affinamento, la stessa produzione sistematica del bronzo con stagno dosato, la posizione del Golfo Persico, di Ur, della regione Sud-Mesopotamica, appare preminente come centro di diffusione del bronzo per la datazione più lontana.

La cronologia della metallurgia riguardante il Mediterraneo dovrà forse riesaminarsi in base alle acquisizioni cui accenno.

Assolvetemi, per questa mia premessa. L'esame approfondito della metallurgia mesopotamica e di quella del Mediterraneo orientale (Egitto compreso) si presenta tuttora basilare per la ricognizione della metallurgia preistorica sud-italica ed etrusca.

#### LE FONTI DEL RAME INTERESSANTI L'ITALIA E L'ETRURIA

Inizio la ricognizione dal Nord: Tirolo e regione di Salisburgo.

In questa regione appare soprattutto imponente la coltivazione della miniera di calcopirite di Mitterberg, presso Mühlbach-Bischofshofen (Salisburgo). Sono ben noti i rilievi e la ricostruzione di Zschocke e Preuschen e gli studi anche recenti di Pittioni. Si è decifrata anche l'organizzazione del lavoro minerario. La metallurgia veniva esercitata presso le miniere. Il periodo di attività più

intenso è stato datato dal 1600 al 400 a. C. Si è desunto che il gettito complessivo, invero non ben definito nel tempo, sarebbe stato di circa 20.000-30.000 t.

Gli AA. che ho citati hanno affermato che la produzione del rame alpino, da sola, poteva soddisfare la richiesta di rame di larga parte dell'Europa Centrale: certo, per quell'epoca fu ingente.

Non entro in ulteriori dettagli, ma devo insistere che, quando discutiamo di rame e di bronzo preistorici nel Nord d'Italia, dobbiamo tenere presente la notevole produzione cui accenno. Quel rame è certamente pervenuto almeno ad alcune delle nostre stazioni preistoriche.

Sui minerali e sul rame alpino possediamo una recentissima ricognizione analitica di R. Pittioni su cui non posso qui soffermarmi.

*Toscana* - Purtroppo, per la Toscana, potremmo ripetere oggi quanto diceva Julius Andree nella sua monografia del 1922 (*Bergbau in der Vorzeit*):

« Le notizie sulla estrazione (mineraria) del rame della preistoria in Italia sono molto scarse. Soltanto in Toscana si citano le antiche miniere di Montanto, Temperino, Monte Calvo e Montecatini. Sono note anche le miniere oggi abbandonate di Campiglia Marittima, poi quelle di Monte Rombolo, presso la Grotta Lanzi, di Boccheggiano, di Montieri, dove vennero scoperti lavori minerari preistorici ».

Tutto ciò si riferisce alle nostre pubblicazioni che vanno dal 1874 al 1910 (2).

---

(2) Dalla « Rivista del Servizio Minerario nel 1904 » del Corpo Reale delle Miniere, a pag. 206 si indica: « *Le Miniere di Rame del Distretto di Firenze* ».

« Furono attive le miniere di rame di Boccheggiano, Fenice, Capanne Vecchie, Montecatini e Poggio al Guardone; fu pure attiva la ricerca Temperino.

La produzione dei minerali di rame fu complessivamente di tonn. 148.775 del valore di lire 2.658.554, cioè tonn. 5148 di prima, del valore di lire 374.418, tonn. 131.627 di terza del valore di lire 1.924.136 e tonn. 12.000 di minerali di terza, piritoso, del valore di lire 360.000.

Si ebbe quest'anno, in confronto con l'anno scorso, una minor produzione di minerali di I ed un grande aumento di minerali poveri o di III dovuto alla produzione della miniera Temperino della Società Etruscan»....

« In conseguenza il rame metallico ricavabile trattando il minerale prodotto dalle miniere di questo Distretto ascende a tonn. 3006, quantità superiore di tonn. 325 a quella dell'anno precedente ».

Invero, la materia è talvolta confusa, fra rame e stagno. Dobbiamo ricostruire questo quadro minerario. È certo che urteremo nella difficoltà, se non impossibilità, di definire i minerali dei giacimenti che gli antichi esaurirono.

Su Boccheggiano, Mosso cercò qualcosa di significativo: fu un antesignano. Nella sua nota raccolta di ricerche varie, nel vol. II, del 1910, « Le origini della Civiltà Mediterranea », si trova il capitolo intitolato: « *Come le impurità del rame possano servire per riconoscere la provenienza* ». Si occupa del noto deposito di certi Venturi e Marri. Sono ripostigli rinvenuti presso Campiglia Marittima. Presenta tre analisi: due accette di Venturi, un panetto di rame di Marri.

Le analisi sono esatte, ma incomplete. Le accette sono del Bronzo II, secondo Pigorini (direi avanzato): rispettivamente con 8,29 e 6,95% di stagno. Il pane, dai dosaggi fatti eseguire da Mosso, risulta di metallo assai impuro: 95,7% di rame, assente lo stagno. Dalle mie recenti determinazioni spettrografiche di alta esattezza, risulta probabile che quel rame sia lo stesso metallo con cui si fusero le accette cui accenno, pur non essendo in rapporto diretto la composizione del bronzo rispetto alle impurezze del rame presunto in partenza. Non si dosarono argento e nichel, ma si notò la presenza significativa di bismuto e di zinco, di cui mi occuperò in seguito.

Per il tipo del metallo grezzo, si può anche dedurre che sia stato ottenuto dai minerali locali, calcopirite, e con una tecnica relativamente primitiva.

Mosso, per il raffronto, fece eseguire dall'allora celebre Laboratorio Fresenius di Wiesbaden le analisi complete di due campioni di pirite cuprifera di Boccheggiano. Le analisi sono ineccepibili; ma raffrontare la calcopirite d'oggi con il rame del Bronzo II è un po' azzardato. Anzitutto perchè nulla sappiamo della calcopirite impiegata effettivamente dai nostri antichi progenitori; poi perchè l'esame dei bronzi e del rame non si estese a tutti i componenti secondari della pirite, e non sappiamo se nelle analisi dei metalli vennero trascurati, o non esistevano, ad es. l'argento e il nichel. Dalle analisi di Mosso appaiono i rapporti fra argento e rame dell'ordine dello 0,75 di Ag su 100 Cu e dello 0,3 di Ni sempre su 100 Cu; rapporti che potevano essere significativi se confrontati con quelli del metallo. Sono comuni altresì, al minerale e ai metalli,

il bismuto, lo zinco, che costituiscono come ho detto un indizio non trascurabile per la ricognizione della provenienza.

Tutto sommato, il rame delle formelle del ripostiglio detto di Marri è stato probabilmente prodotto, con un processo alquanto primitivo, dai minerali toscani tipo Boccheggiano, più o meno corrispondenti per composizione a quelli analizzati da Mosso.

Possiamo concludere che nell'Etruria, fra Bronzo I e II, si è esercitata la metallurgia del rame dalle calcopiriti locali, se anche dobbiamo attendere ulteriori e più profonde ricognizioni.

I processi metallurgici dovevano essere assai meno perfetti di quello che ci svelano, se pure incompiutamente per deficienza di indagini, i forni di Mancini a Temperino; ma questi appartengono evidentemente ad un'età più recente: alla transizione fra il Villanoviano ed il periodo orientalizzante disse Minto, come ho già ricordato.

*Sardegna* - L'Isola, nelle epoche preistoriche e protostoriche, era relativamente ricca di rame. Negli ultimi decenni due centri minerari furono attivi, oggi spenti e abbandonati, presso Alghero (Cala Bona), presso Domus Novas, a Sa Duchessa.

Abbiamo le interessanti notizie e descrizioni di Taramelli, che riguardano anche minerali e impianti metallurgici o di fonderia per rame e bronzo.

Le ricognizioni e le revisioni del Taramelli (1914) rispondono alla realtà: il popolo dei nuraghi dominava la metallurgia del rame e del bronzo, che era diffusa nell'isola. Poche regioni del mondo ci hanno lasciato relitti più numerosi e significativi.

Purtroppo, molto materiale, interessante dal lato metallurgico, è andato disperso, come risulta da una recente ricognizione compiuta nel Museo di Cagliari dal dr. Virginio Toja, mio antico allievo ed aiuto, oggi Direttore delle Officine Metallurgiche di Monteponi.

Sono stati reperiti alcuni campioni di minerali, di prodotti intermedi, che sono all'analisi. L'acquisizione, come riferirò tra poco, è di questi giorni.

A questo punto dirò solo che i pochi cimeli di ornamenti cuprici della cultura megalitica di Angelo Rujo sono stati certamente importati. Presentano i caratteri degli analoghi del Mediterraneo orientale, com'è noto. Non si hanno però analisi esatte. I famosi pani, « talenti », di Serra Mixi, cipro-minoici, attestano come all'epoca relativa non fosse ancora sviluppata la metallurgia dai minerali indigeni. In epoca posteriore, la Sardegna, se non esportò



— il che non può escludersi — ebbe però autosufficienza di metallo proprio, impiegato su così vasta scala dai nuragici.

I ruderi ed i residui rinvenuti svelano che, per larga parte almeno, la produzione del rame proveniva dal trattamento di calcopiriti, come in Toscana. Finora non è stato però rinvenuto in Sardegna un rudere cospicuo come quello di Temperino. Allo stato attuale delle nostre conoscenze ho concluso, con i miei collaboratori, che appare un certo parallelismo fra la metallurgia del rame e la fusione del bronzo del popolo dei nuraghi e degli etruschi. Questa è conclusione provvisoria, che riflette ovviamente l'aspetto delle nostre conoscenze metallurgiche attuali.

In chiusa a questa sommaria rassegna, dovrei intrattenermi sulle fonti nordiche del rame (regione della Saale: alto Danubio), in raffronto con le fonti mediterranee (Cipro, Anatolia).

Oggi a noi sfugge quanto riguarda l'Italia del Sud e la Sicilia. È aperto ancora un compito immenso per la archeo-metallurgia italiana.

Per il rame nordico avrò occasione di qualche accenno nel corso di questa rassegna.

Dirò infine che, anche per i metalli antichi, soprattutto per il rame, in Italia si attestano fonti molteplici, con una complessità di tipi che rendono particolarmente difficile la ricostruzione cui ci siamo accinti.

Oggi, gli archeo metallurghi americani usano il termine di « sofisticato » per intendere la miscela di metalli di varia provenienza; è certo che anche nel bronzo antico i nostri cimeli sono « sofisticati », e perciò tanto più difficile è la ricerca delle fonti del metallo.

Passo ora a presentarvi un quadro, se pure modesto, della ricognizione generale che ho in atto sul rame antico primario rinvenuto in Italia, e da me e dai miei collaboratori esaminato a fondo in attesa di ulteriori cimeli.

#### LA FUSIONE DEL RAME IN ITALIA E I RELITTI RELATIVI

Sono scarsi in Italia i cimeli di rame grezzo fuso, ma a grado che l'interessamento degli amici che mi aiutano si estende, si scoprono qua e là, nei nostri Musei, residui quasi dimenticati che presentano grande interesse.

Oggi disponiamo delle mie recenti analisi complete del metallo di due formelle di Reggio Emilia, corrispondenti rispettivamente ai numeri di quel Museo 8574 e 8573, l'una del peso di 455 g, l'altra di 574 g, fornitemi dall'amico Degani. Si tratta di quelle focacce del ripostiglio detto della Baragalla, località non lontana dalla terramara della Montana, scoperte da Chierici circa 80 anni or sono. Queste formelle vennero citate da Säflund nel noto testo, senza analisi.

Altra focaccia grezza da me analizzata è quella proveniente dal deposito di Montemerano, presso Saturnia (Grosseto). Mi è stata favorita dal Collega Caputo. Il ripostiglio cui accenno venne esaminato dal Colini e discusso da Patroni nella sua « Preistoria ». Del materiale cuprico eneolitico che accompagnava la piastrella dirò in seguito.

Per la Sardegna dispongo delle recenti analisi esatte e complete dovute al mio valoroso collaboratore dr. Virgnio Toja, che ho ricordato, e riguardano due dei panetti rinvenuti nel tesoro nuragico di Abini, presso Teti, oggi al Museo di Cagliari.

Posso infine utilizzare l'analisi del R. Arsenale di Torino, del 1908, del panetto rinvenuto da Mosso a Coppa Nevigata.

La tabella seguente (I) si riferisce alle analisi esatte finora compiute sui campioni indicati; vi appare anche l'analisi di un residuo di fonderia del Museo di Reggio Emilia, di cui parlerò in seguito.

Le analisi cui accenno ci offrono anzitutto una notevole diversità di leghe. A Reggio Emilia, nello stesso ripostiglio, abbiamo due tipi: l'uno al 99,96% (alta purezza), l'altro al 97,58% (sensibilmente impuro).

Anche ad Abini-Teti le due formelle sono diverse. Le piastrelle di Montemerano sono di un tipo medio, che si differenziano dalle altre per il tenore più alto di nichel.

A prima vista i dati cui accenno possono non sembrare significativi. In realtà lo sono, assai più di quanto ci attendevamo.

Perdonate se ora vi assillo con dati tecnici di dettaglio.

Anzitutto, da uno stesso ripostiglio o fonderia, risultano formelle di rame certamente fuse e colate con lo stesso metodo e coeve, ma diverse per composizione chimica. Cioè, tutte le fonderie, presumibilmente più arcaiche, da Grosseto e Reggio E., fino ad Abini e a Coppa Nevigata, fondevano rame, o forse, meglio, *rifondevano rame impuro per affinarlo* in piccole masse. Di qui, fatalmente, le diversità, la variabilità della composizione del metallo, che attesta

TABELLA I

L. CAMBI - *Problemi della metallurgia etrusca - Studi Etruschi* vol. XXVII

N	PROVENIENZA	MUSEO	OGGETTO	RAMF	STAGNO	PIOMBO	ARGENTO	NICHEL	ARSENICO	ANTIMONIO	BISMUTO	FERRO	ZINCO	SOLOFO
1	Ripostiglio della Baragalla	Reggio E. N. 8573	Panetto peso 520 g.	97,442	0,005	1,15	0,040	0,010	0,90	0,055	0,008	0,330	0,120	0,140
2	Idem	Idem N. 8574	Panetto peso 455 g.	99,958	0,005	0	0	tracce	0,005	0	0	0,175	0,120	0,06
3	Provincia di Reggio Emilia	Reggio E. N. 26	Residuo di fonderia: bloccetto; peso 430 g.	98,87	0	0,20	0,040	tracce	0	tracce	0	0,270	0	0,620
4	Ripostiglio di Montemarano	Firenze	Piastrella peso 212 g.	97,322	0,005	0,020	0,005	0,025	0,010	0,007	0	2,450	0,050	0,110
5	Tesoro di Abbi-Teti	Cagliari	Panetto peso 870 g.	97,96	0,14	0,986	Presente (Ag-Au)	0,099	tracce	0	0	0,180	0,287	—
6	Idem	Idem	Panetto peso 500 g.	98,90	0,15	0,064	presente	0,025	0,15	tracce	presente	0,140	0,824	—
7	Coppa Navigata	Napoli	Panetto	97,250	tracce	0,096	tracce	0,472 (Ni+Co)	0,011	tracce	0,043	1,75	tracce	0,302

*N. B.* - Le analisi da 1 a 6 sono inedite, eseguite da L. Cambi e collab.  
Al N. 6 si riportano i dati di A. Mosso ricordati nel testo.

la mancata omogeneizzazione recata dalle fusioni su più grande scala. Si tratta sempre di piccole fonderie sparse.

Inoltre, le diverse composizioni fra i vari depositi, accennano a provenienze diverse dei minerali. Qui siamo all'avvio; ma tutto porta a concludere che « circolasse » attivamente il metallo grezzo. Forse, per ora solo apparenti, vi sono risposdenze fra il rame di Sardegna, di Toscana e di Emilia.

Più saliente: di frequente, i piccoli pani esaminati sono nicheliferi, e poichè quasi di certo alcuni provengono da minerali indigeni (Etruria, Sardegna), la discriminazione fin qui tentata fra rame nordico nichelifero e rame mediterraneo non nichelifero, assume un valore assai relativo, e implica una revisione delle diagnosi compiute da Otto e Witter, particolarmente.

Infine, fatto non meno importante dal lato metallurgico: la totalità dei cimeli è ferrifera; il tenore di ferro passa da 0,14% fino a 2,45%, e il ferro è accompagnato da solfo. Questo è sicura testimonianza che si tratta di rame da calcopiriti. Si tratta di rame grezzo, proveniente dai solfuri misti ferriferi, non ancora pienamente affinato. Questo rame fin dove è nostro o è stato importato? Oggi lo presumiamo per gran parte di origine toscana, ma non possiamo concludere in merito.

L'uso di quel tipo di rame grezzo è diffuso anche al nord. In Germania si rinvennero focacce simili ad es. a Freiberg, nel bacino della Saale e nella regione di Salisburgo (Mittersee).

L'assieme di questi cimeli, da qualunque minerale specifico provengano, ci attesta che il rame si ricavava da calcopiriti o minerali analoghi; indica sicuramente una comune metallurgia, di grado non ancora pienamente evoluto, che recava a prodotti semi-affinati analoghi.

Il nostro sguardo ritorna ora al forno del Temperino. Questo rudere testimonia la piena metallurgia etrusca del rame; i modesti relitti più arcaici cui ho accennato, sono primitivi; anche se, forse, relativamente di epoca tarda, riproducono una tecnica lontana. Fra le piccole fonderie, di cui vi parlerò, e quella di Campiglia (Temperino) intercorre una enorme distanza, misurata col metro della metallurgia. Certo, sarebbe di grande portata se trovassimo le testimonianze di una evoluzione, oppure dimostrassimo uno sbalzo improvviso della tecnica. Non devo certo illustrare a voi questo argomento.

## RELITTO DI FONDERIA TERRAMARICOLA

Non posso lasciare il tema. In questi ultimi mesi ho ripreso ad esaminare (la ricerca è ancora in atto) un cimelio di fonderia di Reggio Emilia. Avevo già analizzato alcuni blocchi, modesti, di scorie cuprifere che probabilmente erano in relazione con il rame e i bronzi del ripostiglio della Baragalla di cui ho detto. Allora, dalle sommarie informazioni del vecchio catalogo Chierici, Degani mi indicò un blocco di circa 5 Kg. di scoria e metallo parzialmente fusi, che Chierici descrisse nel 1879, indicandolo di periodo incerto, proveniente però dalla regione terramaricola emiliana.

È evidente che si tratta di una carica di crogiuolo abbandonata prima della fusione completa (il refrattario del crogiuolo, il fornello, sono andati dispersi).

Il prof. Degani mi ha consentito di fare una analisi profonda. L'antico fonditore è stato colto nell'atto flagrante della fusione che ha abbandonato. Aveva gettato nel crogiuolo rame grezzo, che vedremo, rottami di oggetti di bronzo (isolammo una punta di falce, un pezzo di spada o di pugnale, un frammento di boccola di una scure o di un martello). Questi rottami sono profondamente ossidati; il loro rame è in forma di ossidulo, cioè dell'ossido che si genera ad alta temperatura (sopra i 1000°).

Che cosa fondeva il nostro antenato? Non possiamo dire a quale prodotto finale volesse arrivare, *ma la prima sua tappa era quella di ottenere rame affinato*. Non possiamo nemmeno sapere se dalle scorie avrebbe recuperato stagno per successivo trattamento, che peraltro non sarebbe stato agevole.

Nel crogiuolo, al fondo, trovammo blocchi di rame puro adiacenti a rame ferrifero, al 3-4% di ferro, analogo a quello delle formelle che ho prima illustrato.

Ripeto: siamo davanti ad una fusione affinante del rame rimasta incompiuta. Siamo sul piano delle « formelle » grossetane e sarde.

Ho avuto anche il dubbio che la fusione fosse dovuta ad un predone di epoca recente. Ma la presenza del metallo ferrifero arcaico, l'assieme della modesta operazione, portano a riconoscere come il fonditore fosse a servizio delle genti delle terramare.

Le ricerche sono in atto per definire più profondi dettagli metallurgici. Quel residuo informe è in effetto una piccola miniera. Vi informerò in seguito compiutamente.

## STAGNO E BRONZO

Mi avvio alla chiusa e debbo affrontare l'altro problema grave: quello dello stagno, che è tutt'uno con quello dei bronzi primigenii propriamente detti.

È risaputo. La metallurgia del bronzo presenta due grandi fasi metallurgiche. La prima, arcaica, della lega prodotta fondendo rame in presenza del minerale di stagno, cassiterite, in ambiente riducente per carbone. Questo metodo è stato chiamato di « cementazione », cioè basato sullo spostamento dal minerale, ad opera del carbone, dello stagno che si lega con il rame.

La seconda è quella classica dell'impiego dello stagno regolo, ottenuto per trattamento metallurgico proprio delle cassiteriti.

Il bronzo di cementazione, nell'oriente mesopotamico, sembra oggi incerto, almeno dopo il 3° millennio a. C.; forse ha corrisposto ad un periodo di rapida transizione, come ho accennato al principio. Oggi abbiamo però la certezza che nel bacino del Tirreno ebbe duratura e vasta applicazione.

In queste ultime settimane, Virginio Toja, esaminando su mio invito i cimeli raccolti da Taramelli e fortunatamente non dispersi (e molto è andato disperso, come dissi), al Museo di Cagliari, fra il molto bronzo e i materiali provenienti dal ripostiglio di fonditori di Forraxi Nioi, presso Nuragus (l'antica Valeria), a dieci chilometri circa al nord di Barumini, ha trovato che vi sono raccolti una decina di panetti lenticolari di rame, analoghi a quelli di Abini-Teti già nominati, e circa 10 Kg di cassiterite in pezzatura grossa da 1 a 3 cm. *Rinvenne anche un residuo di fonderia costituito da rame scorificato che ingloba frammenti di cassiterite.*

L'analisi e i saggi petrografici finora compiuti, fanno escludere che si tratti di cassiterite locale, come quella trovata di recente in Sardegna negli schisti di Gonnas Fanadiga. Si è portati ad escludere che provenga dal giacimento di Campiglia Marittima (Monte Valerio).

I dati analitici che presento attestano minerale tipico ad alta purezza:

*biossido di stagno 96,58% pari al 76,08% di stagno*

Appare cioè probabile che la cassiterite non provenga dal bacino del Mediterraneo, e si è indotti a considerare i minerali iberici e della Cornovaglia. Per quanto non si possa escluderla in modo

assoluto, appare assai poco probabile la provenienza dalla regione stannifera sassone-boema.

Posso concludere che i nuragici antichi, e i più recenti, usavano cassiterite, importata, e non stagno metallico per produrre il bronzo.

La cassiterite è stata rinvenuta anche in altre fonderie nuragiche, ma nulla attesta la produzione dello stagno, mentre il minerale stesso è in evidente associazione alla fusione per bronzo.

È vero che il popolo dei nuraghi scese fino ad epoca tarda, ma, tenace conservatore, mantenne il processo metallurgico che risale al tempo della civiltà primigenia e che esercitò con grande maestria quale fonditore di bronzo.

Il tempo mi vieta di addentrarmi in più complesse considerazioni metallurgiche. Ma se la mia ignoranza non è troppo profonda, siamo davanti a un fatto singolare e nuovo, se volete atteso anche, che ci impone un nuovo esame dei bronzi arcaici di Toscana, poichè è molto probabile che i proto-etruschi seguissero lo stesso processo metallurgico dei nuragici.

Sorge il problema: quando è stato ottenuto lo stagno in Toscana, o meglio in quale periodo o momento preistorico si inizia l'utilizzazione coerente per bronzo dei minerali del Campigliese? Il tema è il mio assillo di questi ultimi anni.

#### LE LEGHE DI RAME DELLA PREISTORIA D'ETRURIA

Esporrò la ricognizione seguendo un ordine che vorrei dire metallurgico.

*Cultura di Rinaldone.* Ho esaminato a fondo tutti i cimeli cuprici dei sepolcreti di Ponte S. Pietro e di Garavicchio (Viterbo), dovuti a Cardini e Rittatore, in cui si rinvennero anche alcuni ornamenti (gioielli) di antimONIO puro, che ho descritti.

La relazione relativa è in corso di pubblicazione in *Studi Etruschi*.

Qui siamo nell'eneolitico propriamente detto. I cimeli cuprici sono tutti di rame ad alto titolo, se pure variabile; forse provengono da fonti diverse, ma sono privi di stagno. Gli uomini di Rinaldone non conoscevano, o non usavano, nè bronzo, nè le leghe bronzo-simili arsenicali di cui dirò. Il rame non era prodotto, con quasi certezza, nella regione.

*Monte Bradoni.* Or sono due anni, esaminai i cimeli della grotta

TABELLA II.

I. Cammi - *Problemi della metallurgia etrusca - Studi Etruschi* vol. XXVII

N	LOCALITÀ DEL RINVENIMENTO	MUSEO	OGGETTO	RAVE	STAGNO	POMBO	ARGENTO	NICHEL	ARSENICO	ANTIMONIO	BISMUTO	FERRO	ZINCO
1	Ripostiglio di Montemerano Saturnia - Grosseo	Firenze N. 1	Pugnaletto	98,223	0	0,0005	0,035	0,015	1,70	0,007	0,005	tracce	0
2	idem	Idem N. 2	Pugnaletto	98,674	0	0,04	0,015	0,016	1,10	0,15	0,003	tracce	0,002
3	idem	Idem N. 3	Pugnaletto	97,972	0	0,048	0,030	0,010	2,10	0,015	0,005	tracce	0
4	idem	Idem N. 88934	Accetta	99,904	0	0,001	0,050	0,003	0,04	0	0	tracce	0,002
5	idem	Idem N. 88935	Pugnale	99,010	0	0	0,040	0,04	0,010	0	0	tracce	0
6	idem	Idem N. 88936	Pugnale	97,313	0	0,18	0,25	0,25	1,80	0,43	0	tracce	0,002
7	idem	Idem N. 75365	Pugnale	94,327	0,001	0,015	0,035	0,005	5,40	0,19	0,007	tracce	0,020
8	idem	Idem N. 75364	Pugnale lama	92,709	0,001	0,085	0,020	0,015	6,90 (+)	0,25	0,020	tracce	0
9	idem	Idem N. 75364	Pugnale chiodi	99,8785	0,0005	0,040	0,015	0,005	0,050	0,010	0,001	tracce	0
1	Monte Bradoni	Roma M. Pigorini	Lamina N. 62527	95,08	0	0,05	0,12	0,05	4,50	0	0,20	0	0
2	idem	Idem	Pugnaletto N. 62525	95,28	0	0,03	0,05	0,05	4,50	0	0,00	0	0
3	idem	Idem	Pugnale N. 62526	94,58	0	0,03	0,08	0,05	5,20	0	0,06	0	0
4	idem	Idem	Pugnale N. 62529	94,50	0	0,16	0,06	0,08	4,80	0	0,05	0	0
A	Remedello	Reggio E.	Daga	91,70	0	0	0,20	tracce	7,80	0	0,12	0	0

N.B. - I tenori segnati con (+) sono stati confermati per via chimica.

I tenori di Cu sono tutti colorati per differenza a 100 della somma degli elementi dosati; pertanto non si è tenuto conto dell'eventuale presenza di ossigeno e zolfo che potrebbe in realtà abbassare il tenore calcolato di Cu.

Il silice e il magnesio, anche se spettrograficamente rivelati presenti, non sono stati presi in considerazione perchè ritenuti provenienti da incrostazioni superficiali o inclusioni di scorie.

Il campione 75364 riguarda il pugnale e i chiodi ad esso uniti: risultano nettamente diversi.

Risultano spettrograficamente non visibili su tutti i cinesi cupriferi di Monte Bradoni:

Stagno, Oro, Ferro, Zinco, Cobalto, Antimonio.

(A) Analisi di Otto e Witter: Handt der Aeltesten vorgeesch. — Metallurgie in Mitteleuropa. J. A. Barth, Leipzig (1952) pag. 118, fig. n. 299, fotogr. Tav. 4.



sepolcrale di Monte Bradoni, presso Volterra. Colini aveva classificato di stagno i famosi bottoni ivi rinvenuti, con i fori a V (tipici dei megalitici). Non ritornerò su questa avventura dei nostri preistorici: i bottoni sono di antimonio puro. I cimeli cuprici non sono di bronzo: sono di rame legato all'arsenico (5÷4,5% di As).

A Monte Bradoni non appaiono cioè nè stagno nè bronzo.

*Monte Merano.* In ultimo ho analizzato a fondo un gruppo di cimeli cuprici del ripostiglio di Montemerano, che ho già citato, favoriti dalla premura amichevole di Caputo.

Le armi di Montemerano non sono di bronzo; alcune sono di rame ad alto titolo, altre di rame arsenicale e due con titoli di arsenico vicini a quelli delle leghe di Monte Bradoni e del famoso pugnale di tipo minoico di Remedello.

Cioè, Montemerano, Remedello e M. Bradoni presentano leghe del periodo di transizione dal rame al bronzo, quelle che dissi bronzo-simili, sarei tentato a dire sub-eneolitiche; della epoca in cui, riconosciute le caratteristiche meccaniche, soprattutto la durezza, delle leghe di rame, si sono prodotte dai minerali misti leghe arseno-cupriche, che non ebbero lunga vita per ragioni tecniche che discuterò in altra sede.

Concludo: al livello preistorico di Monte Bradoni, ed anche di Montemerano, non risulta l'uso dello stagno in Etruria, che appare posteriore.

Merita che mi soffermi brevemente sul *rame arsenicale*, che si considera in generale come prodotto in un momento di transizione, fra il calcolitico ed il bronzo propriamente detto.

I cimeli finora reperiti, o riconosciuti, in Italia sono relativamente pochi, ma significativi. Li riassumo per tipi nella tabella seguente (II).

Osservo che la daga cupro-arsenicale di Remedello è fra le più ricche in arsenico d'Europa (in Oriente sono assai più rare le leghe del tipo). Rilevanti sempre per il titolo in arsenico sono le leghe di M. Bradoni e di Montemerano.

I tipi più poveri in arsenico tra i cimeli del ripostiglio di Montemerano, sono stati probabilmente prodotti da leghe arsenicali più ricche, diluite con il rame medio affinato, come il « panetto » che ho sopra illustrato.

Aggiungo: i metallurghi della « alabarda » (di Montemerano) conoscevano a fondo la lega e il rame, e li differenziavano dall'uso.

La lama è arsenicale, cioè di lega dura, ma i grossi chiodi o ribattini sono di rame dolce, come svelano le nostre analisi.

Cioè, ancora, i fonditori di rame arsenicale erano tutt'altro che primitivi. La fusione di rame grezzo contenente arsenico risulta intenzionale. Quasi certamente si attuò in regione in cui si disponeva di arseniuri minerali di rame, come le enargiti od analoghi. Siamo nell'anticamera del bronzo propriamente detto, forse nel momento stesso in cui le leghe rame-stagno già si affermavano (3).

Sorge la domanda: dove possiamo collegarci in Europa per le leghe cupro-arsenicali che ci interessano? Risulta da Otto e Witter: Spagna

<i>El Argar, pugnale cordonato</i>	. . . . .	<i>As 3,30%; Bi 0,01%</i>
<i>El Officio, pugnale semplice</i>	. . . . .	<i>As 3,00%; Bi tracce</i>
Germania ( <i>Saale</i> )		
<i>Ripostiglio di Dieskau:</i>		
<i>pugnale cordonato</i>	. . . . .	<i>As 4,60%; Bi 0,005%</i>
<i>pugnale a grande costola</i>	. . . . .	<i>As 7,00%; Bi tracce</i>

Cioè le leghe rinvenute fin qui in Italia (Etruria), quelle iberiche, come le germaniche, sembrano attestare una comune origine mineraria e metallurgica.

Si impone l'estensione delle nostre ricerche. Non certo per demolire i grandi meriti dei nostri maggiori archeologi scomparsi, ma per porre in evidenza la necessità delle ricerche esatte attuali, repute opportuno citare alcuni giudizi del passato anche recente.

Patroni (La Preistoria, pag. 680), a proposito del metallo della presunta alabarda di Montemerano (Saturnia), dice: « il nostro esemplare è massiccio: sarà forse al 7% di stagno, perchè la forma è molto arcaica ». Riconosce però che l'arma « ricorre in foggie particolarmente simili nella Spagna, perciò di probabile importazione dalla penisola iberica ».

SUB-APPENNINICO PICENO. Sempre sul problema della datazione della fusione arcaica del bronzo in Italia, non posso tacere di un altro indizio, che credo interessante dal lato cronologico.

(3) In Italia finora non si sono riconosciuti cimeli cupro-antimoniali. L'antimonio, in funzione analoga a quella dell'arsenico, appare alquanto diffuso nell'Europa nord orientale. Particolarmente interessante è la fonderia di leghe cupro-antimoniali, anche piombifere, di Velen St. Vid (Ungheria), descritta da K. Von Mike (1929): cfr. J. G. D. CLARK, *Prehistoric Europe* (1952) pag. 125 e seg.

Delia Lollini rinvenne nel sub-appenninico, a Bachera di Cingoli (Macerata), alcuni modesti pezzi di scoria cuprica e di metallo unitamente a cimeli di bronzo. Dovrei concludere che si fondesse bronzo da minerale di stagno. Ho esaminato quei residui; li riesaminerò in base a nuove acquisizioni. Certo, la conclusione cui accenno è grave e perciò finora non l'ho divulgata.

Si direbbe che laggiù, nella vallata appenninica, pervenissero rame e cassiterite, probabilmente, da oltre mare.

Questo filo, anche se tenue, dobbiamo perseguirlo.

Comunque approfitto di questa appendice per dire che i bronzi del sub-appenninico di Cingoli sono di classe relativamente nobile: attestano un alto tenore di stagno, fino al 20%, quale finora ho riscontrato solo in alcuni oggetti delle terramare.

#### BRONZO DI ORNAMENTI PROTOVILLANOVIANI E TERRAMARICOLI.

Inoltre, vidi che i pochi, piccoli ornamenti di Pianello di Genga e dello strato protovillanoviano di Ancona preistorica erano costituiti da strane leghe piombifere, di cui ho dato le prime notizie l'anno scorso al Convegno di Studi Etrusco-Piceni in Ancona. Queste leghe hanno affinità con alcune di qualche ornamento del villanoviano di Fermo e della Etruria.

Ho esteso l'esame a cimeli analoghi, sempre di « bigiotteria » delle stazioni terramaricole. Si tratta in genere, ancora di leghe particolari che, come le precedenti, si differenziano da quelle dei bronzi degli utensili, delle armi e simili.

La conclusione però è stata questa: lo strato terramaricolo si distingue nettamente da quello protovillanoviano. La metallurgia fine delle due facies culturali appare come proveniente da due mondi diversi.

Aggiungo che i cimeli ornamentali, tratti recentemente dalla palafitta dell'Isolone del Mincio, analoghi per forma ad alcuni di quelli terramaricoli, appartengono allo stesso tipo metallurgico, e per questa palafitta possediamo oggi una datazione quasi esatta, desunta dal carbonio 14, presso il Centro di Pisa: risale al 1100-1200 a. C.

Questo degli ornamenti appare un tema minore, però gli ornamenti più arcaici di Ponte S. Pietro e di Monte Bradoni, di antimonio, ci portano a rivolgere lo sguardo al Mediterraneo orientale e al Caucaso. I cimeli terramaricoli più recenti e quelli protovilla-

noviani ci portano a guardare verso il Nord, ma a due regioni metallurgiche diverse, finora non precisabili.

Vi ho certamente deluso, cari colleghi, ma Vi ho parlato nell'atto stesso delle ricerche. La materia è ancora viva, là, sul banco del mio laboratorio, e non ho saputo sottrarmi dal presentarvi l'opera mia e dei miei collaboratori, modesta se volete, ma alimentata da una passione che è sempre accesa. Il nostro sguardo è rivolto alle origini della metallurgia e della fonderia in Etruria e nella preistoria d'Italia. A noi necessitano tutte le critiche e tutti i vostri aiuti.

Anche i cosiddetti tecnici possono sognare, e il sogno non è nuovo. I metallurghi primitivi erano dei nomadi, un po' come gli zingari d'oggi, forse una specie di casta chiusa, circumfusi da un'atmosfera di magia, come i siderurgisti attuali presso alcune popolazioni negre. Operavano il miracolo del connubio del fuoco con le terre metallifere per liberare, creare il metallo, sempre prezioso, sempre palpitante nella fiamma. Non potrebbero, questi maghi metallurghi vaganti, essere i portatori, i diffusori di riti, di lingue anche?

Allora la traccia del metallo, i tenui stami che ho cercato di tessere, potrebbero indicare anche le vie di alcune apparenti rivoluzioni dalla preistoria alla nostra protostoria.

Presunzione superba di metallurgo, voi direte. Ma quel mosaico che cerco di ricomporre, anche solo per qualche pezzo, è offerto a voi, sarà offerto a voi, che con inesausta lena e veggenza vi dedicate al nostro lontano passato.

LIVIO CAMBI