

INDAGINE METALLURGICA SU OGGETTI DI FERRO DI EPOCA ROMANA RINVENUTI NELL'AREA DEL FRIULI CENTRALE E IPOTESI SULLA PROVENIENZA DELLA MATERIA PRIMA

Riccardo Luciano ALDEGHERI

Scopo dell'indagine

Il presente lavoro nasce dalla questione posta dal prof. Mirabella Roberti circa il possibile confronto tra gli oggetti di ferro trovati sul Magdalensberg in Carinzia e quelli rinvenuti in Aquileia¹ in considerazione dei rapporti tra le due città in epoca romana.² Si è proceduto ad una prima indagine metallurgica su oggetti di ferro di epoca romana rinvenuti in Friuli.

A questo riguardo G. Piccottini aveva presentato un contributo durante la XIII Settimana di Studi Aquileiesi nel 1982³. In tale occasione venne messo in risalto il fatto che mentre per gli oggetti del Magdalensberg vi sono sufficienti analisi metallurgiche, mancano invece esami

corrispondenti su oggetti rinvenuti in Italia e quindi si può fare un confronto sulle forme, ma non sulla materia prima utilizzata.

È parso dunque indispensabile operare una prima serie di analisi metallurgiche. Si è ritenuto inoltre sufficiente eseguirle su frammenti di ferro o parti prive di valore museale non volendo studiare, in questa prima fase, le tecniche di fabbricazione degli oggetti, bensì il ferro in quanto materia prima.

I risultati ottenuti hanno dimostrato la presenza, anche in Friuli, di metallo con contenuto di carbonio a livello dei moderni acciai da tempra e quindi corrispondente alle caratteristiche del *ferrum noricum* quale ritrovato sul Magdalensberg.

Descrizione dei campioni esaminati

SIGLA	DESCRIZIONE	DIMENSIONI	PESO Gr.	LUOGO DI RINV.
1	Chiodo forgiato	lung. mm 58	22	Pavia d'Udine

1 PICCOTTINI 1984, p. 10.

2 PICCOTTINI 1985, p. 35-47.

3 PICCOTTINI 1984, p. 14.

2	Chiodo forgiato	lunghezza mm 55	25
3	Disco forato	diam. mm 93	162
4	Bicuspide a base quadrata	lunghezza mm 88	38

Analisi Chimiche

ELEMENTO REPERTO

%	1	2	3	4
Carbonio	0,07/0,11	0,49*	0,003	0,441*
Manganese	/	0,02	/	/
Silicio	tracce	0,81**	0,01 tr	n.d.
Fosforo	0,008	0,006	0,021	n.d.
Zolfo	0,009	0,009	0,001	0,021*
Rame	/	0,02 tr	0,01 tr	n.d.
Cromo	/	/	/	n.d.
Nichel	/	/	0,01	n.d.
Molibdeno	/	/	/	n.d.
Alluminio	0,004 tr	0,051**	0,007 tr	n.d.
Vanadio	/	/	0,002 tr	n.d.
Titanio	/	0,01 tr	/	n.d.
Stagno	0,008 tr	/	/	n.d.

* valore molto attendibile ** valore non attendibile

tr valori da considerare come tracce

Indagini sulle caratteristiche meccaniche

Sui reperti sono state eseguite anche misure di durezza HRc e microdurezza HMV.

Campione n.	Durezza HRc		Durezza HMV
1	30/32		/
2	20/49	= ca.	93/508
3	27/28	= ca.	280
4	27/39	= ca.	274/383

Esame micrografico (Fig. 1-6)

I reperti n. 1, 2 e 4 sono stati inglobati in resine epossidiche ed esaminati al microscopio metallografico dopo le normali

operazioni di levigatura.

Tutti i campioni presentano notevoli inclusioni di scorie di fusione, prevalentemente ossidi esogeni (vedi micro).

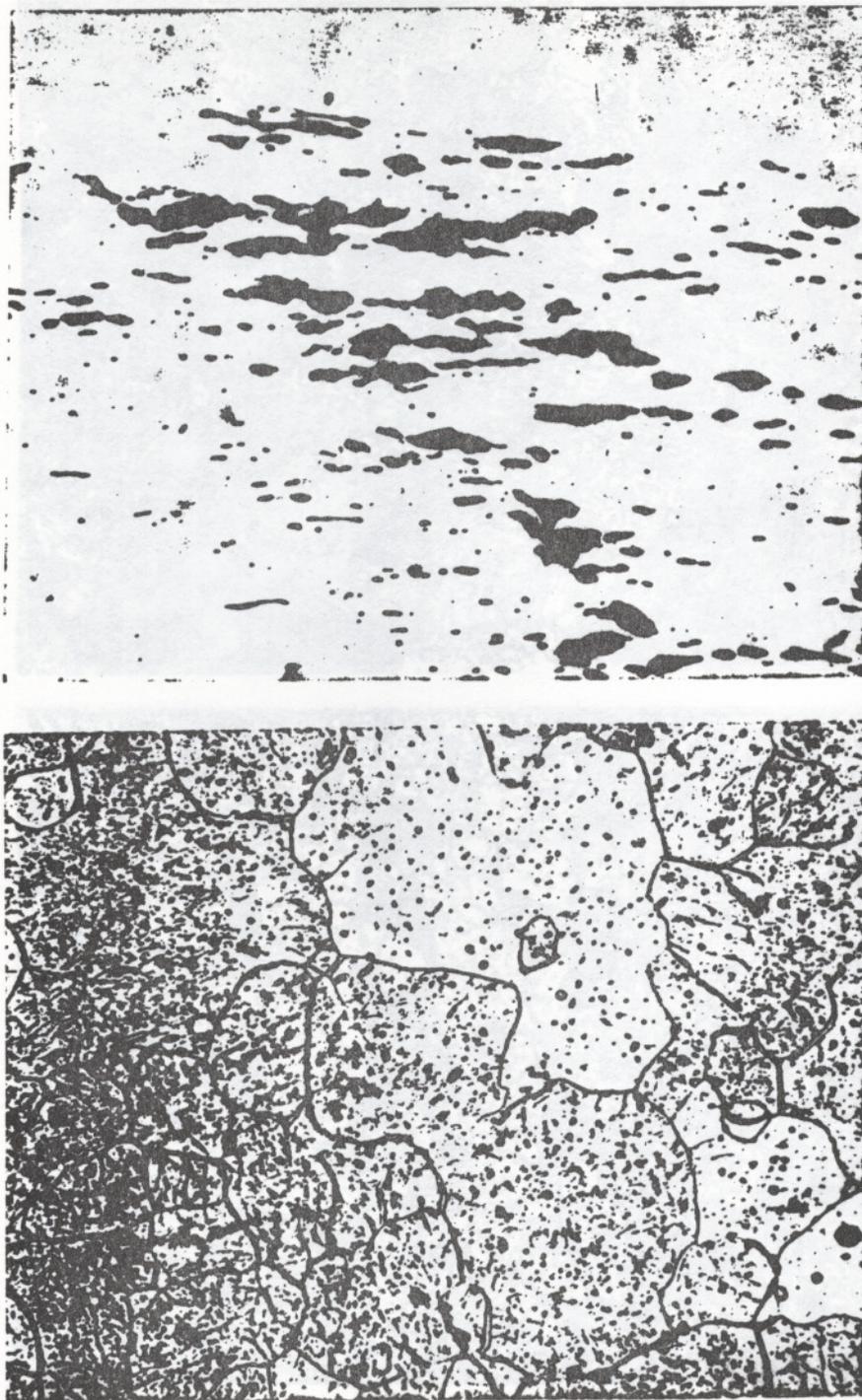


Fig. 1- Reperto n. 2: micrografie della sezione longitudinale (a: x100; b: x500).

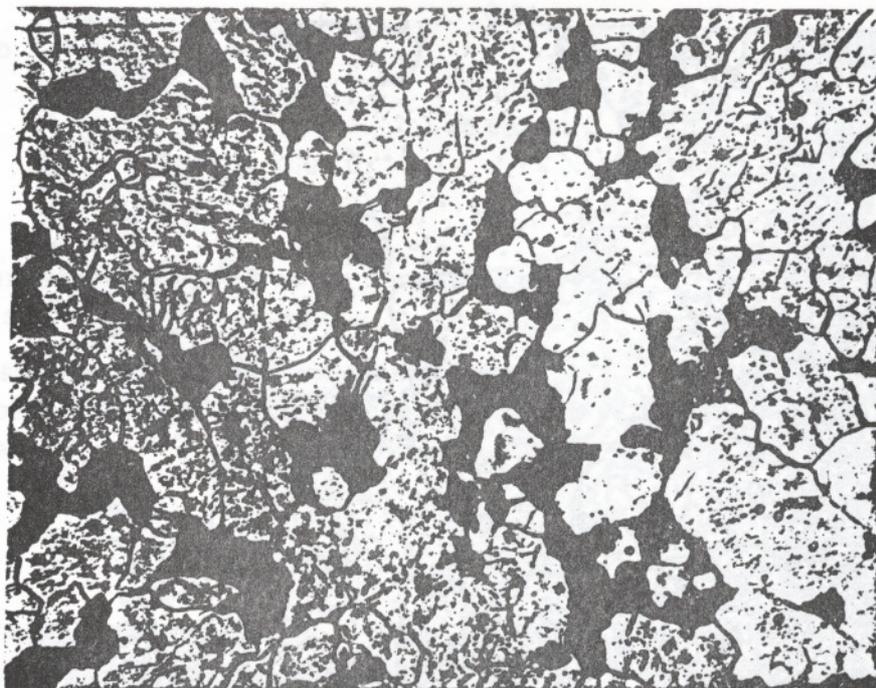


Fig. 2a - Reperto n. 2: micrografia della sez. longitudinale (x500).

Fig. 2b - Reperto n. 2: micrografia della sez. trasversale, lato appuntito (x500)

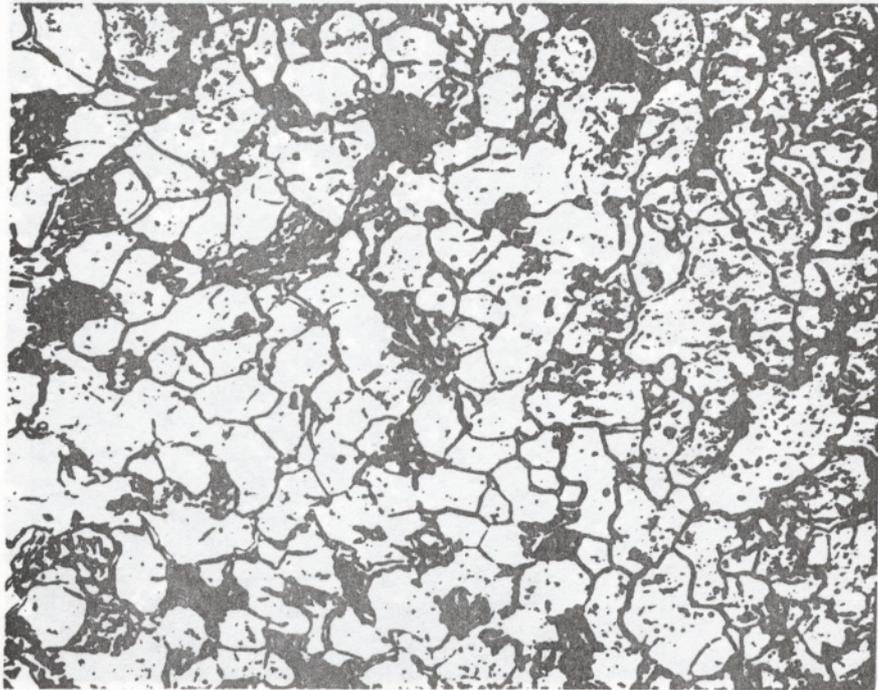


Fig. 3a - Reperto n. 2: micrografia della sez. trasversale, lato appuntito (x500). Fig. 3b - Reperto n.2: micrografia della sez. trasv., lato adiacente testa (x500).

L.ALDEGHERI - Indagine metallurgica su oggetti...

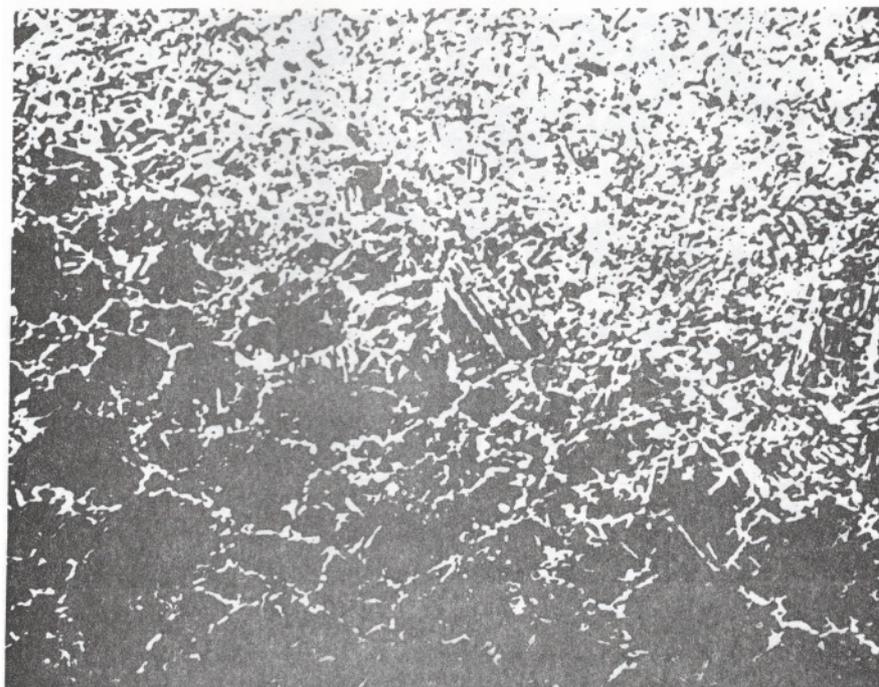


Fig. 4a - Reperto n. 2: micrografia della sez. trasv., lato adiacente testa (x500). Fig. 4b - Reperto n. 4: micrografia della sez. trasversale di un' estremità (x500).



Fig. 5 - Reperto n. 4: micrografia della sez. trasversale di un'estremità (x500).

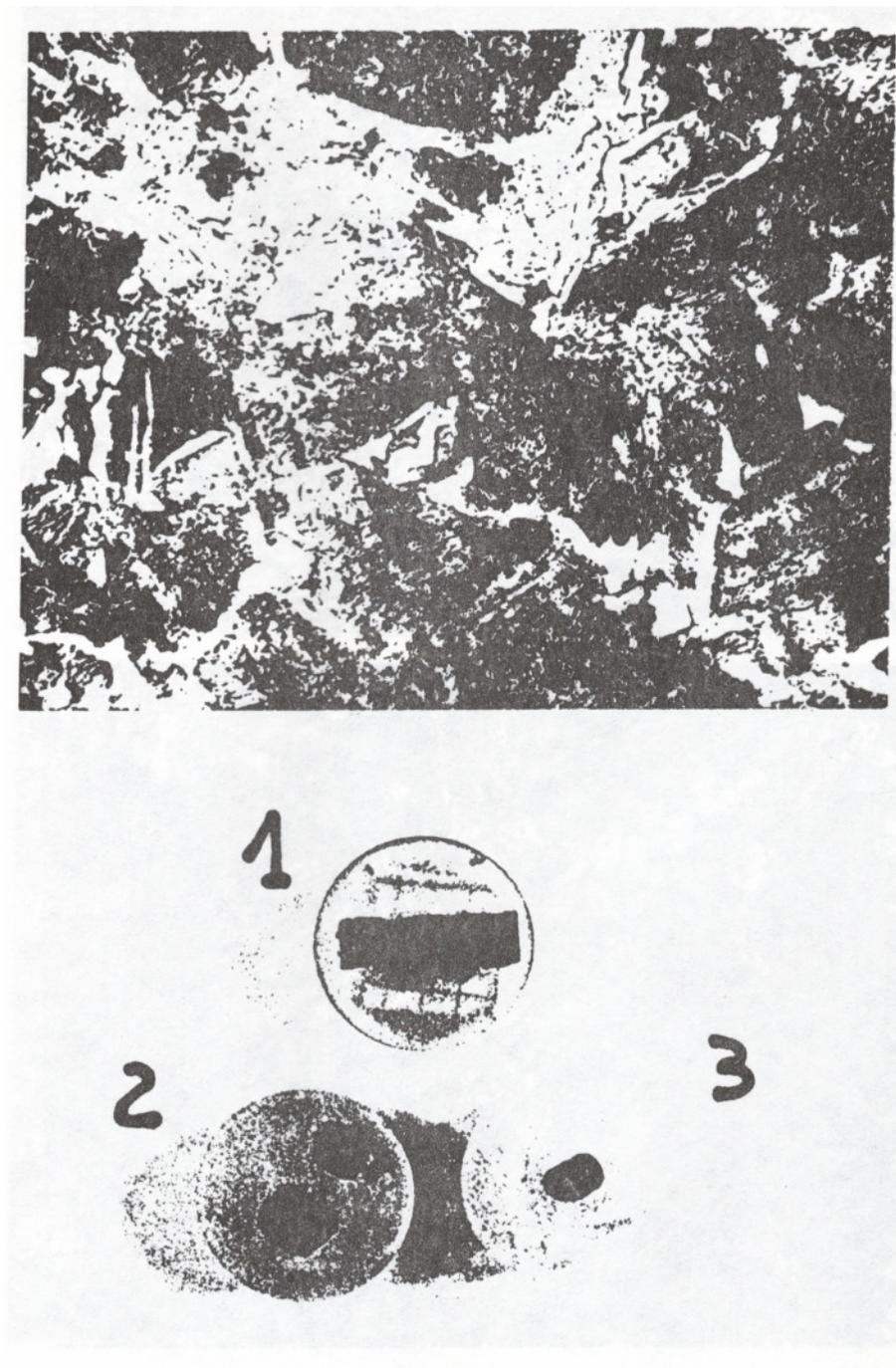


Fig. 6a - Reperto n. 4: micrografia della sez. trasversale di un'estremità (x500) Fig. 6b - Preparazione dei provini per l'esame microscopico.

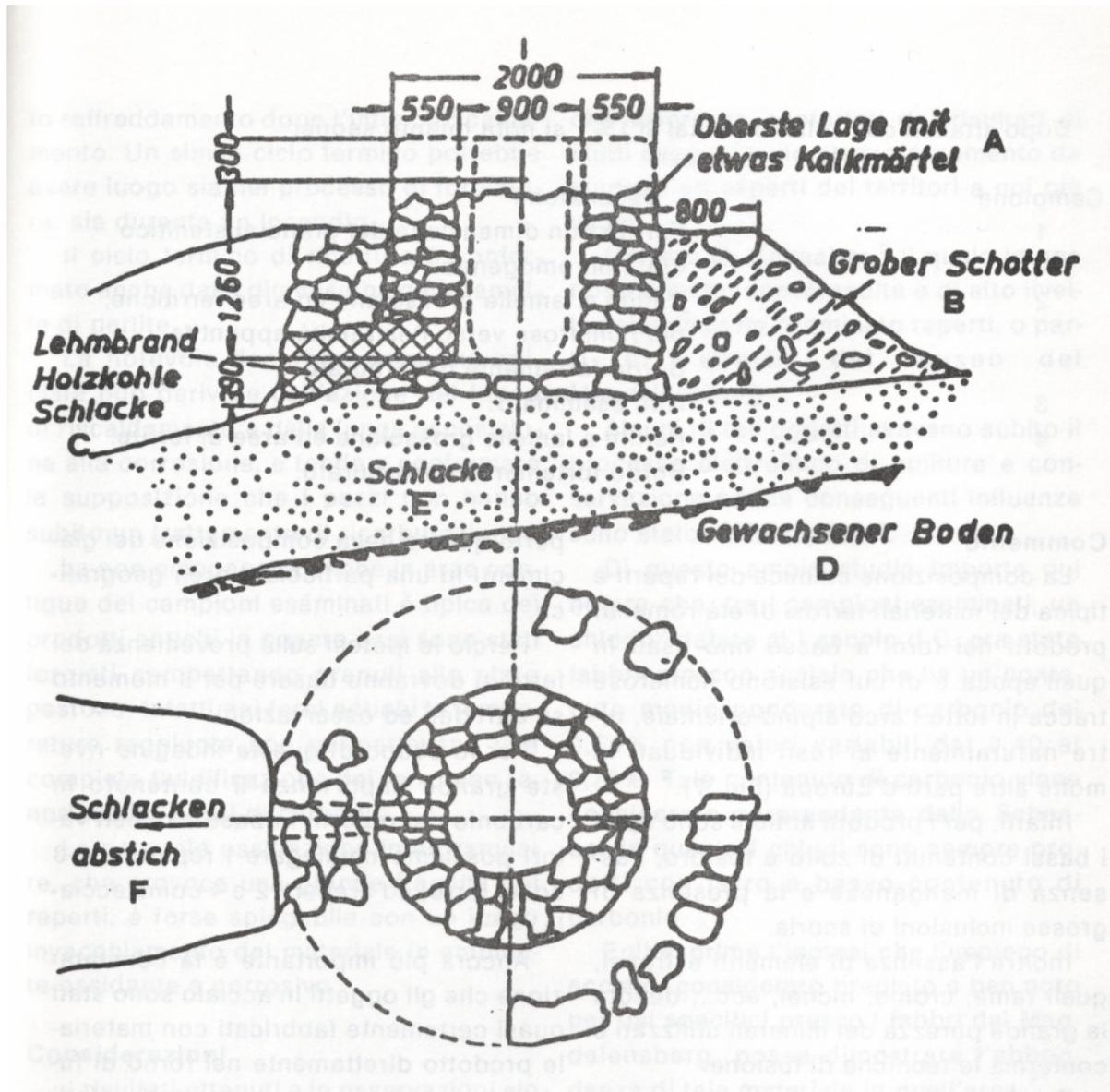


Fig. 7 - Forno a tino di Lolling (secondo W. Schuster e W. Schmid) da H. STRAUBE 1964.

- a) Strato superiore con malta di calce.
- b) Ghiaia grossolana.
- c) Argilla cotta, carbone di legna, scorie.
- d) Terreno di riporto.
- e) Scoria.
- f) Foro di spillatura delle scorie

Dopo attacco con soluzioni Nital al 1% si nota quanto segue:

Campione	Descrizione
1	Ferrite con dimensione del grano austenitico 4/5, non omogeneo.
2	Perlite a lamelle grossolane ed aree ferritiche, più numerose verso l'estremità appuntita. Bordo fortemente decarburato.
3	Non esaminato.
4	Perlite a lamelle grossolane ed aree di ferrite. Bordo fortemente decarburato.

Commento

La composizione chimica dei reperti è tipica dei materiali ferrosi di età romana, prodotti nei forni a basso tino usati in quell'epoca e di cui esistono numerose tracce in tutto l'arco alpino orientale, oltre naturalmente ai resti individuati in molte altre parti d'Europa (Fig. 7)⁴.

Infatti, per i prodotti antichi sono tipici i bassi contenuti di zolfo e fosforo, l'assenza di manganese e la presenza di grosse inclusioni di scoria.

Inoltre l'assenza di elementi estranei, quali rame, cromo, nichel, ecc., denota la grande purezza dei minerali utilizzati e conferma le tecniche di fusione.

Tale assenza, purtroppo, non permette per il momento di individuare con precisione le zone di provenienza del minerale, in quanto ciò sarebbe possibile solo in presenza di qualche elemento chimico specifico riscontrato tanto nel re-

perto quanto nella composizione dei giacimenti in una particolare area geografica.

Perciò le ipotesi sulla provenienza del ferro si dovranno basare per il momento su altri dati ed osservazioni.

Per lo scopo di questa indagine riveste grande importanza il contenuto in carbonio dei reperti. In base a questi valori possiamo catalogare i reperti 1 e 3 come ferro; ed i reperti 2 e 4 come acciaio.

Ancora più importante è la constatazione che gli oggetti in acciaio sono stati quasi certamente fabbricati con materiale prodotto direttamente nel forno di fusione primaria, e non sono stati quindi ricarburati successivamente allo stato di prodotti finiti.

Le durezze sono molto basse e sono tipiche del ferro dolce e dell'acciaio ricotto, cioè dell'acciaio che ha subito un len-

⁴ PLEINER 1958; J.W. GILLES 1958 F3; K.KAUS 1981, p. 80; A. RJAZANCEV 1964, p. 43.

to raffreddamento dopo l'ultimo riscaldamento. Un simile ciclo termico potrebbe avere luogo sia nel processo di forgiatura, sia durante un incendio.

Il ciclo termico di ricottura è confermato anche dalla dimensione delle lamelle di perlite.

La notevole decarburazione superficiale può derivare dall'azione del fuoco di riscaldamento e dalla lunga esposizione alla corrosione, e tende a confermare la supposizione che i pezzi non hanno subito un trattamento di ricarburazione.

La non omogeneità anche in aree contigue dei campioni esaminati è tipica dei prodotti antichi in quanto essi sono stati forgiati compattando granuli allo stato pastoso. Infatti nei forni antichi le temperature raggiunte non permettevano una completa fluidificazione del ferro con tenori medio-bassi di carbonio.

La notevole ossidazione intergranulare, che provoca una grande fragilità dei reperti, è forse spiegabile con un lungo invecchiamento del materiale in ambiente ossidante e corrosivo.

Considerazioni

I risultati ottenuti e le osservazioni sin qui espresse possono acquisire un qual-

che valore se confortati dai risultati di studi eseguiti sullo stesso argomento da studiosi ed esperti dei territori a noi più vicini.

Citiamo O. Schaaber⁵, il quale in una ricerca molto approfondita e di alto livello scientifico ha esaminato reperti, o parti di reperti, del museo del Magdalensberg.

Alcuni di tali oggetti avevano subito il processo elettrolitico di pulitura e conservazione con le conseguenti influenze sullo stato delle superfici.

Di questo ampio studio importa qui notare che, tra i campioni esaminati, un chiodo⁶ datato al I secolo d.C. era stato fabbricato con acciaio che ha un contenuto medio ponderato di carbonio del 0,53% con valori variabili dal 0,40 al 0,70%. Tale contenuto di carbonio viene considerato sorprendente dallo Schaaber in quanto i chiodi sono sempre prodotti con ferro a basso contenuto di carbonio.

Egli esprime l'ipotesi che l'impiego di acciaio, considerato pregiato e ben noto per usi specifici presso i fabbri del Magdalensberg, possa dimostrare l'abbondanza di tale materiale in quell'area⁷.

In connessione con la nostra indagine

⁵ SCHAABER 1963.

⁶ SCHAABER 1963, p.165.

⁷ SCHAABER 1963, p.169.

è da citare inoltre lo studio eseguito dallo stesso Schaaber su quattro bicuspidi⁸. A proposito di tali reperti vengono citate le varie opinioni circa la loro classificazione.

Secondo alcuni autori, le bicuspidi debbono essere considerate la forma di commercializzazione del ferro o dell'acciaio grezzo⁹, o addirittura la base contabile degli scambi (currency bars)¹⁰. Dopo un attento esame delle forme e della struttura metallurgica, lo Schaaber classifica le bicuspidi del Magdalensberg tra gli attrezzi (punzoni, punteruoli, ecc...).

I quattro esemplari da lui esaminati hanno un contenuto di carbonio che varia da 0,40 a 1,45%. È inoltre da notare che i due campioni a contenuto di carbonio molto elevato sono stati parzialmente temprati.

In base agli studi sui reperti di Magdalensberg lo Schaaber trae le seguenti conclusioni:

1) Nella città di Magdalensberg, e quindi nel periodo che va dal I secolo a.C. al I secolo d.C., esisteva un'attività metallurgica che disponeva di una notevole quantità di ferro ed acciaio che venivano esportati verso l'Italia ed oltre¹¹.

2) I fabbri di Magdalensberg distingue-

vano il ferro dall'acciaio e utilizzavano tali materiali sfruttando le loro caratteristiche tecnologiche nel modo più opportuno, in funzione del prodotto finito.

Infatti sono stati ritrovati utensili di ferro composti da strati di materiali a basso carbonio e strati con carbonio più elevato saldati tra loro mediante fucinatura. Si ottenevano così infatti degli attrezzi (per. es. coltelli) che univano i pregi della resistenza e durezza dell'acciaio alla tenacità del ferro che compensava la fragilità dell'acciaio.

3) Era anche nota la tecnologia della tempra totale e parziale degli acciai.

4) La presenza di così numerosi reperti ad alto contenuto di carbonio imponeva una revisione delle opinioni correnti sul funzionamento dei forni fusori di epoca romana e sui prodotti che se ne ottenevano, o perlomeno le opinioni sui forni di tipo norico (Rennofen) dovevano tener conto del fatto che per produrre acciaio direttamente nel processo fusorio, tali forni avrebbero dovuto raggiungere temperature di 1100 C - 1200 C in presenza di miscele adatte di minerali.

Bisognava supporre inoltre che i granuli di ferro che si formavano lontano dal flusso d'aria dei mantici raggiungessero un contenuto di carbonio superiore al 2%

8 SCHAABER 1963, p.169.

9 SCHAABER 1963, p.169 nota 20.

10 GAITZSCH 1978, p.15; FRONTINI 1988.

11 PICCOTTINI 1985, p.47.

e fossero quindi liquefatti e dessero poi luogo localmente nel raffreddamento a particelle di ghisa fragile. In questo modo si potrebbe spiegare la frase di Plinio *mirumque cum exoquatur vena, aquae modo liquari ferrum, postea in spongea frangi*.

Le ipotesi di Schaaber sono state confermate da uno studio condotto da Straube¹², il quale ha eseguito prove di fusione di minerali ferrosi in forni di tipo norico ricostruiti in base alle misure dimensionali rilevate su forni fusori ritrovati in strati archeologici di epoca romana¹³.

Le prove di fusione sono state eseguite simulando un apporto di aria soffiata attraverso gli ugelli con pressione e portata di ipotetici mantici della stessa epoca.

I masselli di ferro prodotti nel corso di queste prove hanno dimostrato che con tale tecnica si possono ottenere sia grumi di ferro con contenuto di carbonio inferiore a 0,10%, sia frammenti con contenuto di circa 3%. Tali frammenti rientrano nel campo delle ghise le quali appunto sono fluide a 1180 - 1420 C, che sono le temperature rilevate durante le prove mediante una termocoppia inserita nel forno.

È per noi interessante citare anche i

lavori di A. Rjazancev¹⁴ il quale, in base ai ritrovamenti di forni fusori nell'area di Bohinj (Slovenia nord-occidentale) ipotizza l'esistenza di un centro siderurgico operante già nell'età del ferro, nei periodi di Hallstatt e La Tène e durante l'occupazione romana, e la cui attività cessò nell'Alto Medioevo con le invasioni degli Avari e degli Slavi.

A Bohinj le attività siderurgiche ripresero nel Medioevo, intorno all'anno Mille, terminando definitivamente nel 1890.

Il Rjazancev ipotizza che i prodotti siderurgici venissero esportati come materia prima verso la vicina Italia¹⁵.

Si potrebbe allora immaginare una via commerciale che da Bohinj raggiungeva la pianura friulana passando per l'attuale Santa Lucia di Tolmino e località intermedie di rilavorazione e finitura.

Molto interessanti sono anche le prove pratiche di fusione dei minerali di ferro dell'area del Tricorno eseguite da Rjazancev negli anni 1961-62¹⁶. Le prove sono state eseguite riproducendo, in base a reperti, dei forni fusori molto primitivi.

In tali forni fondevano il minerale sfruttando il tiraggio naturale con l'apporto dei venti dominanti nella valle. Nel corso degli esperimenti sono stati ottenuti mas-

12 STRAUBE 1964.

13 STRAUBE 1964, pp.17-19.

14 RJAZANCEV 1964, p.43.

15 RIAZANCEV 1962a, pp.41-43; RIAZANCEV 1962b, p.30.

16 RIAZANCEV 1962b, pp.30-40; RIAZANCEV 1963, pp.85-89.

selli di ferro con contenuti di carbonio varianti da 0,02 fino a 3%.

Nel forno sono state registrate temperature fino a 1350 C.

Il metallo prodotto e le scorie risultanti corrispondono ai correlativi reperti archeologici raccolti in quella stessa area geografica. È interessante il particolare c'è il metallo prodotto contiene titanio nell'ordine dello 0,01 - 0,06% e che tale composizione viene considerata molto specifica e sufficiente a migliorare la qualità dell'acciaio così ottenuto.

Anche K. Kaus¹⁷ ha pubblicato un esauriente studio sulla produzione del ferro nel Burgenland (Norico orientale). In questa ricerca viene riportata l'individuazione di circa 19400 aree di estrazione del minerale. Tali scavi erano di poca profondità, ed alcuni sono databili al I secolo a.C.¹⁸. I residui dei forni sono definiti del genere Norico di tipo Burgenland.

Ciò che qui ci interessa è la valutazione della produzione annua che è stimata da un minimo di 12 ad un massimo di 100 tonnellate¹⁹. Di tale produzione il Kaus ipotizza, in base alle sue osservazioni, che la maggior parte fosse destinata al

mercato di Aquileia.

In questa località infatti nel 58 a.C. stazionavano tre legioni (VII, VIII e IX) ed in pochi giorni ne furono formate altre due (XI e XII)²⁰. Questa citazione ci riporta a quanto scritto da J. Sasel²¹ circa la quantità di ferro necessaria per fabbricare le armi in dotazione alle legioni romane.

Egli calcola che assumendo come base di calcolo il peso di 28 kg della panoplia di un legionario si arriva a 168 tonnellate di ferro necessarie per armare una legione. A queste cifre sono da aggiungere le quantità di ferro che servivano ai servizi ausiliari dell'esercito e le quantità di armi necessarie per rimpiazzare quelle che venivano disperse in battaglia.

Se consideriamo inoltre il ferro utilizzato nel territorio di Aquileia per usi civili, ci si rende conto che le quantità di materiali da spostare e lavorare erano veramente notevoli.

Infatti, in base alle analisi chimiche medie dei minerali e le analisi delle scorie residue delle fusioni di quell'epoca, si calcola che era necessario lavorare almeno 600 - 700 tonnellate di minerale per

17 KAUS 1981, pp.74 e ss..

18 KAUS 1981, pp.86-87.

19 KAUS 1981, p.88.

20 KAUS 1981, pp.88-89.

21 SASEL 1985, p.27.

produrre 100 tonnellate di ferro e quantità di carbone di legna nell'ordine di migliaia di tonnellate²².

Secondo Rjazancev nell'area alpina probabilmente la raccolta dei minerali avveniva durante l'estate ed il trasporto si poteva eseguire più agevolmente durante l'inverno sfruttando l'innevamento²³.

Rimane inoltre il problema di ritrovare gli accumuli delle scorie di fusione che dovevano raggiungere le 500 - 600 tonnellate per ogni 100 tonnellate di ferro prodotto.

Tali scorie dovrebbero essere ricercate nelle aree di fusione primaria. Ricerche in tal senso sono state promosse in Carinzia in tempi recenti nei pressi di Huttenberg²⁴.

A proposito dei depositi di scorie, prendiamo ad esempio l'area di Populonia in Toscana, dove i cumuli delle scorie di epoca etrusca venivano valutati a 2 milioni di tonnellate agli inizi degli scavi nel 1920²⁵.

Gli scavi a Populonia furono intrapresi su scala industriale²⁶ per il recupero delle scorie che furono riutilizzate come minerale di ferro in molte acciaierie d'Europa durante molti anni, tanto che nel

1972²⁷ la quantità totale delle scorie complessivamente estratte veniva stimata in 40 milioni di tonnellate.

Si può presumere che anche le scorie di epoca norica possano essere state riutilizzate a partire dal XVI secolo come materia prima nel moderno processo di fusione dei minerali. Tuttavia rimane la speranza di ritrovare alcuni depositi di scorie che potrebbero contribuire a chiarire la storia siderurgica dell'area alpina orientale.

Conclusioni

I reperti da noi analizzati sono molto simili nella composizione chimica e nella struttura metallurgica ai coevi reperti del Norico.

Dall'esame degli studi e da prove pratiche eseguite dagli autori citati, possiamo dedurre che i prodotti in ferro reperti nella nostra regione negli strati archeologici di epoca romana derivino principalmente da quella regione.

Si può inoltre ipotizzare una stretta correlazione tra il Norico e l'area di Aquileia anche per quanto concerne le conoscenze tecniche delle caratteristiche del ferro dolce e del ferro ad alto contenuto

22 GILLES 1958a, p.1965; KAUS 1981, p.87.

23 RJAZANCEV 1962a, p.43.

24 Informazione gentilmente fornitami dal prof. Piccottini che qui ringrazio.

25 D'ACHIARDI 1929, p.394.

26 WRUBEL 1929, pp.405 e ss..

27 FEDELI s.d., p.184 nota 36.

di carbonio e del loro impiego specifico. Molti autori infatti attribuiscono grande significato all'iscrizione aquileiese *faber aciarius*²⁸, che è l'unico esempio di uso della parola acciaio nel mondo antico. Alcuni autori ritengono che tale epigrafe indichi una specializzazione nella lavorazione di materiali ferrosi con contenuto di carbonio molto elevato²⁹.

Sotto il termine Norico si deve intendere un'area abbastanza vasta che comprende le odierne Carinzia, Slovenia e Stiria per quanto concerne le possibili fonti di approvvigionamento del ferro per l'Italia nordorientale.

La presente indagine si è limitata solo allo studio della materia prima e quindi sarà necessario che in futuro vengano eseguite ricerche sulla tecnologia di fabbricazione dei vari manufatti.

Sarà importante scoprire se anche nella nostra regione sono stati reperiti oggetti prodotti mediante accoppiamento per saldatura di ferro dolce ed acciaio e se si possono ritrovare oggetti che dimostrino processi di tempra totale o parziale.

Infatti alcune scorie ferrose raccolte in area archeologica durante gli scavi a Pavia di Udine dimostrerebbero che la rilavorazione di ferro di prima fusione ebbe luogo anche nell'area friulana. Infatti l'a-

nalisi chimica da noi eseguita sui campioni di scoria dimostra la loro similitudine con le scorie rinvenute sul Magdalensberg.

Ciò ci incoraggia a ricercare e studiare l'opera dei fabbri aquileiesi che dovevano aver raggiunto alti livelli di conoscenze tecniche che ancor oggi ci sorprendono e che non comprendiamo in modo sufficiente.

Note: sul reperto n. 4 sono state eseguite analisi con metodo molto affidabile. Molti elementi non sono stati determinati allo scopo di preservare una parte del campione per eventuali ulteriori indagini.

I valori non affidabili sono dovuti alla presenza di inclusioni nelle scorie.

Questa ricerca è stata resa possibile dal cortese contributo del dott. Maurizio Buora, conservatore dei Civici Musei di Udine.

Desidero ringraziare inoltre i dott. G. Nigrelli e C. Mantovani per la revisione della parte tecnica; le Direzioni ed i tecnici dei laboratori delle Ditte: Acciaierie A.B.S. s.p.a. di Cargnacco (UD), ARMCO Moly-Cop s.p.a. di Cividale (UD), Danieli s.p.a. di Buttrio (UD) per la gentile e competente collaborazione nella esecuzione delle analisi chimiche e metallurgiche.

28 PANCIERA 1957, p.29.

29 SPERI, 1985, p.414.

BIBLIOGRAFIA

- DACHIARDI G., 1929 - L'industria metallurgica a Populonia, in Studi Etruschi III.
- FEDELI F., s.d. - Populonia - Storia e territorio, Ed. all'insegna del Giglio, Firenze.
- FRONTINI P., 1988 - La metallurgia dalle origini all'età del ferro, n.17, Comune di Milano, Settore Cultura, Raccolte Archeologiche.
- GAITZSCH W., 1978 - Römische Werkzeuge, in Kleine Schriften zur Kenntnis der römischen Besetzungsgeschichte Südwestdeutschlands, n.19.
- GILLES J.W., 1958a - Versuhsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen, in Stahl und Eisen 78 (1958), n.23.
- GILLES J.W., 1958b - Neue Ofenfunde im Siegerland, in Stahl und Eisen 78 (1958), n.17.
- KAUS K., 1981 - Eisengewinnung und verarbeitung in der Frühzeit, in Sonderabdruck aus Leobener Grüne Hefte-Neue Folge, Heft 2, Montan-Verlag Wien 1981.
- PANCIERA S., 1957 - Vita economica di Aquileia in età romana, in Aquileia 1957, Venezia.
- PICCOTTINI G., 1984 - Utensili di ferro romani da Aquileia e dal Magdalensberg in Antichità Alto Adriatiche XXIV.
- PICCOTTINI G., 1985 - Führer durch die Ausgrabungen auf dem Magdalensberg, Klagenfurt.
- PLINIO C. - Nat. hist. 34.41 (Ausc. Le Bonnier 1935).
- PLEINER R., 1958 - Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen an vor und früngeschichtlichen Eishüttenplätzen in Böhmen und Mähren, in Stahl und Eisen 78 (1958) n.24.
- RJAZANCEV A., 1962a - Bobovci Julijskih Alp, elezar Tehnicna priloga IV n.2.
- RJAZANCEV A., 1962b - Poskusno taljenje bobovca v vetrni peci v Studorju, elezar Tehnicna priloga IV.
- RJAZANCEV A., 1963 - Drugo poskusno taljenje bobovca na Ušejci nad vasjo Studor, elezar Tehnicna priloga V, n.2.
- RJAZANCEV A., 1964 - Studor v luci anticnega elezarstva, elezar Tehnicna priloga VI, n.1.
- SASEL J., 1985 - I primordi di Aquileia nella politica di Roma, in Antichità Alto Adriatiche XXX.
- SCHAABER O., 1963 - Beitrage zur Frage des norischen Eisens Metallkundliche Grundlagen und Untersuchungen an Funden vom Magdalensberg, in Carinthia I, 153 (1963), H 1, n.2.
- SPERL G., 1985 - Die Technologie des Ferum noricum, in Lebendige Altertumswissenschaft, Verlag A.Holzhausens Nfg., Wien.

L.ALDEGHERI - Indagine metallurgica su oggetti...

STRAUBE H., 1964 - Erzreduktionversuche in Rennofen norischer Bauart, Kartner Museumschriften 35 (1964), Klagenfurt.

WRUBEL W., 1929 - Escavazione e separazione elettromagnetica delle scorie di ferro di fusione etrusca, in Studi Etruschi, III.

RIASSUNTO

L'Autore affronta il problema della possibile provenienza dall'area metallurgica del Magdalensberg di alcuni oggetti in ferro rinvenuti nel sito romano di Pavia di Udine. Con l'ausilio di analisi metallurgiche effettuate su alcuni frammenti è stato possibile provare la presenza anche in Friuli di metallo con caratteristiche corrispondenti al *ferrum noricum* del Magdalensberg. Vengono inoltre esaminati i più recenti contributi scientifici sull'argomento riguardanti l'area alpina orientale.

Riccardo Luciano ALDEGHERI
via S. Valentino 19,
33100 Udine