

**31.1995**

**MUSEO TRIDENTINO  
DI SCIENZE NATURALI**

**PREISTORIA  
ALPINA**

rivista fondata da Bernardino Bagolini

# Studio petroarcheometrico di scorie di fusione della fine dell'Età del Bronzo e confronti con scorie dell'Età del Rame/Bronzo Antico in Trentino

ENRICO CATTOI, CLAUDIO D'AMICO & SIMONA FABRIS

ABSTRACT – CATTOI E., D'AMICO C. & FABRIS S., 2000 – Petroarchaeometry study of Final Bronze Age smelting slag and comparison with Chalcolithic Period /Early Bronze Age slags in Trentino. [Studio petroarcheometrico di scorie di fusione della fine dell'Età del Bronzo e confronti con scorie dell'Età del Rame/Bronzo Antico in Trentino]. *Preistoria Alpina*, vol. 31, pp. 125-145.

Evidence of ancient metallurgical activity regarding the production of copper has been found in furnace remains from two distinct periods and in two different areas of Trentino. Evidence of the most ancient period, that can be dated between Chalcolithic Period and Early Bronze Age, is distributed in central Trentino at valley floor sites in Valdadige. The second series of evidence refers to the foundry remains, which operated during the Trentino Late Bronze Age, these finds are distributed in Eastern Trentino (Valsugana). The research presents a petrology and chemical study of smelting slags found in these sites. This paper provide new positive elements of knowledge about the ancient production of metal as well as important indications regarding the areas of ore extraction.

PAROLE CHIAVE: *Età del Rame, Età del Bronzo Recente/Finale, Scorie metallurgiche, Archeometallurgia, Archeometria.*

KEY WORDS: *Chalcolithic Period, Late/Final Bronze Age, Smelting slag, Archaeometallurgy, Archaeometry.*

Enrico Cattoi - Via Narzelle 26, I-38062 Arco.

Claudio D'Amico - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna, P.zza Porta S. Donato 1, I-40126 Bologna.

Simona Fabris - Via Narzelle 26, I-38062 Arco

## INDICE

### ABSTRACT

#### 1. INQUADRAMENTO ARCHEOLOGICO E ARCHEOMETRICO

##### 1.1. L'Età del Rame e del Bronzo in Trentino

##### 1.2. Le scorie studiate: quadro archeologico

##### 1.2.1. Romagnano: a) Loch, b) Tof de La Val

##### 1.2.2. Area di Luserna: Platz von Mozze e Bisele di Sotto

##### 1.2.3. Area dell'alta Val del Fersina: a) Acqua Fredda, b) Campivo di Palù, c) Malga Cambroncoi

##### 1.2.4. Area di Castel Tesino: Valscura

##### 1.3. Le fonti minerarie più probabili

#### 2. STUDIO PETROGRAFICO DEI REPERTI

##### 2.1. Campionamento delle scorie e metodi di studio

##### 2.2. Analisi mesoscopica

##### 2.3. Caratteri petrografici delle scorie

##### 2.4. Conclusioni dalla petrografia

#### 3. STUDIO GEOCHIMICO

##### 3.1. Caratteri chimici

##### 3.2. Analisi dei diagrammi binari

#### 4. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

##### 4.1. Considerazioni sul processo di fusione

##### 4.2. Confronti tra gruppi dell'Età del Rame

##### 4.3. Confronti tra gruppi dell'Età del rame e del Bronzo

##### 4.4. Conclusioni

## 1. INQUADRAMENTO ARCHEOLOGICO E ARCHEOMETRICO

### 1.1. *L'Età del Rame e del Bronzo in Trentino*

Le favorevoli condizioni geomorfologiche e la strategica posizione occupata dalla conca di Trento, aperta alla confluenza delle direttrici di penetrazione della Valsugana e della Valle dei Laghi nel bacino atesino, hanno determinato, fin dalla preistoria, l'ininterrotto succedersi in zona della presenza umana. Inoltre la ricchezza del territorio di giacimenti cupriferi ha consentito un loro intenso sfruttamento per la produzione di rame.

La documentazione più antica, risalente Eneolitico-Bronzo Antico, è data da una serie di siti in gran parte concentrati nel fondovalle atesino: Riparo di Romagnano, Riparo di Acquaviva di Besenello, Riparo di La Vela, Riparo Gaban di Martignano. A questo stesso periodo appartengono resti di forno e di scorie di fusione individuati sulle colline di Montesei di Serso e di Cros del Cius presso Pergine Valsugana (MARZATICO, 1997).

Per quanto riguarda la produzione di rame nella successiva età del Bronzo Medio, mancano fino ad ora testimonianze, anche se sono stati rinvenuti diversi manufatti che attestano una produzione metallurgica locale, come mostrano i resti delle palafitte di Ledro (RAGETH, 1974).

Per il Bronzo Recente e gli inizi del Bronzo Finale (XIII-XI secolo a.C.) ci sono numerose testimonianze di un forte sviluppo della produzione di rame. L'attività fusoria non si localizza più nella valle dell'Adige ma si sposta in Valsugana, in aree montane a quote superiori ai 1000 m: Valle dei Mocheni, zona del Tesino e nell'altopiano di Lavarone e Luserna (PERINI, 1989).

L'intenso sfruttamento delle risorse minerarie e il forte sviluppo della produzione di rame sono largamente testimoniati da numerosi siti, oltre un centinaio, con vasti depositi di scorie di fusione. Le testimonianze dell'antica attività estrattiva sono andate cancellate dalla ripresa di coltivazione dei giacimenti durante il medioevo, mancano perciò indicazioni precise su come si svolgesse il lavoro in miniera. Abbondantissime sono invece le testimonianze dei processi di lavorazione (PREUSCHEN, 1973; SEBESTA, 1992, PERINI, 1989).

### 1.2. *Le scorie studiate: quadro archeologico*

Continuando le ricerche condotte da G. Sebesta e E. Preuschen, dal 1968 si sono fatte molte

scoperte in siti trentini, in particolare durante scavi archeologici sistematici, che hanno portato l'attenzione sull'antica produzione di metallo nel territorio atesino (Fig. 1).

Le scorie studiate in questo lavoro provengono da siti sia dell'Eneolitico-Bronzo Antico sia del Bronzo Recente-Finale, sono quindi rappresentative di entrambi i periodi di forte sviluppo dell'attività metallurgica.

La tabella 1 dà indicazioni essenziali su questi materiali.

Età	Campione	Località fusoria	Tipo
Bronzo	MT1a	Platz von Mozze - Luserna	piatta
	MT1b	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr1a	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr2	Bisele di Sotto - Luserna	bollosa
	MBr6	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr7	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr1b	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr3	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr8	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MBr10	Platz von Mozze - Luserna	piatta
	MBr11	Platz von Mozze - Luserna	piatta
	MBr13	Platz von Mozze - Luserna	bollosa
	MT6	Campivo - Palù del Fersina	bollosa
	MBr19	Campivo - Palù del Fersina	piatta
	MBr20	Campivo - Palù del Fersina	bollosa
	MBr21	Malga Cambroncoi	bollosa
	MBr22	Malga Cambroncoi	bollosa
	Rame	MT7	Acqua Fredda - Passo del Redebus
MBr23		Acqua Fredda - Passo del Redebus	bollosa
MBr24		Acqua Fredda - Passo del Redebus	bollosa
MBr25		Acqua Fredda - Passo del Redebus	bollosa
MBr16		Valscura - Castel Tesino	piatta
MBr17		Valscura - Castel Tesino	bollosa
MBr18		Valscura - Castel Tesino	bollosa
MT2	Loc - Romagnano	bollosa	
MT3	Tof de la Val - Romagnano	bollosa	
MT5	Tof de la Val - Romagnano	bollosa	

Questi ritrovamenti nel Trentino portano nuovi positivi elementi di conoscenza sull'antica produzione di metallo e la sua cronologia e altrettanto importanti indicazioni riguardo le aree delle operazioni e le strutture dei forni. Dimostrano che nel periodo tra la fine dell'Eneolitico e l'inizio dell'Età del Bronzo le fonderie erano distribuite in siti del fondovalle su conoidi vicino a ripari di roccia o in aree più aperte ma sempre su ghiaia. Inoltre le strutture erano a forma di catino rivestito di argilla o a fornace quadrangolare di pietra con un lato aperto (PERINI, 1989).

Tra il Bronzo Recente e gli inizi del Bronzo Finale i fondovalle vennero abbandonati e l'attivi-

tà fusoria si trasferì ad alta quota tra i 1000 e i 2000 metri s.l.m. Le aree prescelte per l'impianto di forni fusori erano di norma localizzate lungo pendii ghiaiosi e sabbiosi, in corrispondenza di risorse idriche (PERINI, 1989).

Secondo Sebesta (1992) certe aree vaste, pianeggianti ed a quote all'incirca costanti, ma prive di mineralizzazioni di rame, servirono soltanto per portarvi i minerali arricchiti e trasformarli in metallo (minerali trasferiti anche con lunghi percorsi). Queste zone offrivano abbondante legname e fondenti specifici.

Il lavoro estrattivo-fusorio alla fine dell'età del Bronzo, nelle aree fin qui considerate, deve essere stato così intenso da richiedere l'abbattimento del bosco in modo tale da trasformarlo in spazi aperti di notevole vastità.

La mancanza assoluta di mineralizzazioni di rame per l'altopiano Lavarone-Luserna, dovuta alla natura geologica delle serie carbonatiche mesozoiche, induce a ritenere che un'altra causa, cioè la presenza abbondante di legname, abbia fatto scegliere queste zone come aree fusorie. La frequentazione e le inoppugnabili testimonianze di operazioni fusorie non possono essere spiegate se non con lo sfruttamento del legname di questo vasto altopiano per la lavorazione delle materie prime.

In tal modo questa attività demolitrice e la mancata crescita degli alberi, per il terreno reso sterile in parte (carbonaie) ed inquinato (sali di rame-residui ferrosi), aprì la strada ad una nuova attività: il pascolo nell'Età del Ferro, al punto che alcuni terreni come a Terrebis impedirono la crescita spontanea della vegetazione per qualche millennio (PREUSCHEN, 1973).

Un contributo chiarificatore in merito al problema della collocazione cronologica di questi resti si ebbe nel 1963, da uno scavo condotto sul luogo fusorio n. 2 in località Platz von Mozze presso Luserna, che portò alla luce gran quantità di ceramica solamente dell'Età del Bronzo Finale.

### 1.2.1. Romagnano

#### a) Loch

Solamente il campione MT2 proviene da questa località ma non se ne conosce l'esatta posizione stratigrafica in quanto dono di privati al Museo. Il sito è localizzato a Sud di Trento, alla destra del fiume Adige, sul vasto conoide alluvionale del Rio di Bondone, formatosi al piede del monte, ortogonalmente alla valle. La prima scoperta di un insediamento preistorico nella zona, dovuta a Renato Perini, risale all'autunno 1968; scavi sistematici hanno avuto luogo nella primavera del 1969 e sono stati praticati negli anni succes-

sivi per iniziativa del Museo Tridentino di Scienze Naturali.

#### b) Tof de La Val

Provengono da questa località le scorie MT3 e MT5. La stazione è situata a Nord di Romagnano Loc. Fu scoperta in seguito a lavori di grandi sbancamenti eseguiti tra il 1968 e il 1972 per l'estrazione della ghiaia. Un piccolo scavo condotto dal Museo Tridentino di Scienze Naturali portò alla scoperta di un forno fusorio a forma di stretto bacino ellissoidale spesso 4,5 cm, di numerose scorie di fusione, frammenti di ugello e alcuni frammenti di ceramica poco significativi. Per la presenza delle scorie di fusione, analoghe a quelle de La Vela, l'insediamento è stato collocato nella fase locale di Polada A (PERINI, 1973).

### 1.2.2. Area di Luserna

#### Platz von Mozze e Bisele di Sotto

In questo sito è stata rinvenuta la maggior parte delle scorie analizzate: MT1a e b, MBr1a, b, MBr2, MBr3, MBr6, MBr7, MBr8, MBr10, MBr11 e MBr13.

Qui Ernst Preuschen aveva effettuato nel 1963 uno scavo dove trovò scorie, buche di pali, ossa di animali, utensili di pietra per il trattamento di metalli e abbondanti ceramiche. La ceramica trovata permise di datare ugualmente il sito all'Età del Bronzo Finale (PREUSCHEN, 1973; PERINI, 1989).

### 1.2.3. Area dell'alta Val del Fersina

#### a) Acqua Fredda

A questo sito appartengono le scorie MT7 e MBr23, MBr24 e MBr25. Gli scavi condotti dal 1979 ad oggi hanno portato alla luce nove forni fusori associati a discariche di scorie grossolane, nonché a macine, incudinelle e resti di contenitori e ugelli in ceramica (PERINI, 1989; CIERNY, *et. al.*, 1995).

I forni di forma quadrangolare sono ricavati in batteria all'interno di una struttura muraria a secco rivestita di argilla negli spazi destinati alla fusione (MARZATICO, 1997).

#### b) Campivo di Palù

Provengono da questa località le scorie MT6, MBr19 e MBr20, che sono state datate all'Età del Bronzo Recente. Un piccolo sondaggio seguito da una serie di scavi portò alla scoperta di uno strato di sabbia, sotto l'odierna superficie, ricco di scorie e di frammenti di queste. Nelle vicinanze sono state trovate anche alcune entrate di miniere, discariche e strutture murarie (SEBESTA, 1992).

### c) Malga Cambroncoi

Qui sono stati rinvenuti i reperti MBr21 e MBr22 appartenenti all'Età del Bronzo finale. Si tratta di una installazione di vaste proporzioni a scopo fusorio a 1710 metri, poco coperta da vegetazione, circa 300 m a occidente dell'edificio della malga. Si è trovata pure un'area a forma di ciambella, di 5 x 9 m, di scorie grezze frantumate in piccole pezzature. Vicino alla sorgente furono condotti un attento esame magnetometrico e un piccolo scavo che portarono alla scoperta di strati spessi di carbone con grandi scorie intatte e di resti di argilla bruciata appartenenti a strutture che sono andate distrutte (PERINI, 1989).

#### 1.2.4. Area di Castel Tesino

##### Valscura

Appartengono a questa località le scorie MBr16, MBr17 e MBr18. In questa valle, in un'area disturbata da movimenti di terra, vicino al torrente furono trovati grandi depositi di scorie intatte e frammentate assieme a resti ceramici del Bronzo Finale simili a quelli trovati nei bassi livelli del sito di Acqua Fredda (PERINI, 1989). Nei pressi dei Masi Zotta, a quota 1110 m, sulla destra idrografica della valle sono state rinvenute scorie grezze con spessori medi di 7-9 cm e scorie lisce sottili fino a 1 mm di spessore assieme a un'area di forni fusori di prima e seconda fusione (SEBESTA, 1992).

### 1.3. Probabili fonti minerarie

Lo studio delle scorie di fusione dell'Età del Rame e del Bronzo può offrire parametri archeometrici di interpretazione per problemi come la provenienza del minerale metallifero e le tecniche di estrazione per fusione.

Relativamente al primo di questi problemi, cioè la provenienza della materia prima, è evidente che i vincoli di provenienza sono ristretti alle esistenti emergenze metallifere in aree circostanti le zone dove sono state trovate le scorie, in un raggio che potrà essere precisato a posteriori solo dopo lo studio archeometrico. La posizione delle zone che presentano delle mineralizzazioni nel Trentino può essere distinta rispetto alla Valle dell'Adige: giacimenti ad occidente dell'Adige, in Val di Non e nelle Giudicarie, e giacimenti ad oriente dello stesso fiume, situati principalmente nell'area della Valsugana e della Valle del Fersina (PREUSCHEN, 1973).

L'esame dei giacimenti mostra che solo in pochissimi di essi si possono riconoscere chiare tracce di attività estrattiva preistorica. Questo fatto può dipendere dalla modestissima entità dei giacimenti stessi, del tutto insufficiente perchè potes-

sero rimanere percettibili fino ad oggi chiari segni di una antichissima coltivazione; può però aver avuto la sua parte anche la forte azione di cancellamento operata da azioni successive, dagli agenti atmosferici e dalla vegetazione, favorita del resto dal clima assai adatto per questi fenomeni. Anche l'attività mineraria di età recente può aver determinato un sensibile occultamento di tracce.

Dalla collocazione topografica dei resti minerari e fusori è possibile trarre qualche conclusione.

Per cominciare con le Valli Giudicarie, cioè con il Trentino ad occidente dell'Adige, si constata qui che non vi è nota alcuna fonderia dell'età preistorica. Anche se questo risultato della ricerca non può essere considerato definitivo, tuttavia appare in questa zona poco probabile un'attività di età preistorica di una qualche importanza. Si tratta per lo più di giacimenti a solfuri misti che a differenza delle Alpi orientali pare che qui non venissero utilizzati in metallurgia durante l'Età del Bronzo.

Un terreno ricco di risultati in questo senso lo troviamo solamente nel Trentino ad oriente dell'Adige. L'abbondanza delle fonderie sulle montagne disposte intorno alla Valsugana e alla Val dei Mocheni prova una ricca attività mineraria in età preistorica.

Infatti i più consistenti giacimenti, che hanno dato luogo a estrazione nel corso dei tempi e fino alla seconda metà di questo secolo, sono localizzati in quest'area, sia in connessione con le vulcaniti atesine (Valle del Fersina), sia legati all'idrotermalismo diffuso anche nel basamento filadico e plutonico di Cima d'Asta, sia infine connessi alle metamorfite prealpine nel basamento a Calceranica e Vetriolo. La situazione mineraria di riferimento utile alla presente ricerca può essere schematizzata nella figura 2, ove sono messe in evidenza le principali aree giacimentologiche nel basamento (B) e nelle serie vulcaniche atesine (V).

## 2. STUDIO PETROGRAFICO DEI REPERTI

### 2.1. Campionatura delle scorie e metodi di studio

I campioni presi in esame nel presente studio derivano da due campionature: la prima viene sempre segnalata con la sigla MBr e comprende 20 esemplari di cui 9 provenienti dal sito campionato di Platz von Mozze (Luserna), una da Bisele (Luserna), due da Campivo (Palù), due da Malga Cambroncoi, tre da Acqua Fredda (Passo del Re-

debus) e tre da Valscura (Castel Tesino). Si tratta di scorie del Bronzo Recente e soprattutto Finale campionate da D'Amico (Luserna) e consegnate all'Ufficio Beni Archeologici della Provincia di Trento.

La seconda campionatura è siglata MT e comprende sette esemplari derivanti due ancora da Platz von Mozze, uno da Campivo, uno da Acqua Fredda e tre da Romagnano. Questi ultimi sono attribuiti dubitativamente all'Eneolitico Recente – inizi Bronzo Antico. Gli altri sono del Bronzo Recente o Finale come i primi e corrispondono a raccolte sempre dell'Ufficio Beni Archeologici di Trento.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi difrattometriche, chimiche (analisi termiche, assorbimento atomico, fluorescenza) e ad un attento studio con microscopio ottico.

Prima di procedere ad operazioni di preparazione dei campioni è stata fatta un'analisi ad occhio nudo e allo stereomicroscopio attraverso cui è stato possibile misurare e dare una descrizione della morfologia esterna e del colore di ogni campione di cui peraltro è stato registrato il peso.

## 2.2. Analisi macroscopica

Dall'analisi macroscopica non si evidenziano differenze tra scorie rinvenute in siti differenti ma si possono distinguere due gruppi in base alle caratteristiche morfologico-strutturali mesoscopiche.

Il primo raccoglie i campioni lastriformi, compatti, omogenei, duri e pesanti, con forma piano convessa. Al tatto presentano da un lato una superficie prevalentemente liscia, leggermente ondulata e a volte con qualche bitorzolo, senza spigoli vivi, di aspetto metallico e di colore scuro con rare macchie giallo-rossastre di alterazione; sul lato opposto compaiono ondulazioni più fitte e, trasversalmente a queste, minuscole creste, il tutto coperto da una patina terrosa color marroncino. La sezione si presenta con frattura concoide, di lucentezza metallica con una massa di fondo riflettente, di color antracite, senza inclusi e con rarissime bolle di diametro inferiore al millimetro.

Il secondo gruppo comprende tutti gli altri campioni con forma grosso modo isodiametrica, scoriacei, pesanti, con frequenti bollosità fino a sei millimetri di diametro distribuite casualmente. La superficie dei reperti è irregolare, accidentata e scabrosa. Il colore è grigio scuro con una patina superficiale terrosa di color marrone chiaro. La sezione si presenta irregolare per l'ampia diffusione di vacuoli di ogni dimensione. Il colore della

matrice è prevalentemente grigio scuro, con lucentezza metallica, con inclusi a scala millimetrica bianchi e più grandi rosati e giallastri, per lo più già riconoscibili ad occhio per quarzo e frammenti rocciosi. All'interno delle bollosità si nota la presenza di patine di alterazione di solito di color rossastro e talora verde.

## 2.3. Caratteri petrografici delle scorie

Tutte le scorie si presentano in sezione sottile come un aggregato disordinato con matrice nerastra intersecata da cristalli e granuli di neoformazione, da residui di rocce utilizzate per la carica del forno e da bollosità. Le percentuali di ciascuna porzione sono molto variabili e possono anche ridursi a zero per singoli componenti.

La pasta di fondo è totalmente opaca, afanatica, nera per la presenza di sostanze carboniose (presumibilmente nero-fumo) non quantificabile. Essa è variamente punteggiata da cristalli di fayalite di neoformazione, nonché da residui di quarzo da filladi in una serie di reperti o da vulcaniti per lo più acide in un'altra serie di reperti. I due tipi di residui coesistono solo di rado e, in ogni modo, con prevalenza dell'uno o dell'altro.

Le bollosità possono essere più o meno diffuse con differenti diametri dei vacuoli che sono spesso tondeggianti e, non di rado, riempiti da trame limonitiche o ematitiche.

La fayalite, ora abbondante e fitta nella matrice, ora più rada ha spesso forma idiomorfa con crescite scheletriche; altre volte ha aspetto aghi-forme e micro-spinifex; altre volte appare isodiametrica. Essa è stata otticamente definita in XRD. Talora è interessata da fratture irregolari con lievi alterazioni lungo le fratture.

Non è escluso che tra i cristalli otticamente meno leggibili ci sia anche della pigeonite o della clinoenstatite, come ha rilevato il collega Girani in altre scorie dello stesso tipo mediante microanalisi al SEM (GIRANI, 1996). L'esame XRD mostra la presenza di clinopirosseni.

La presenza di magnetite, supportata da XRD, non è di facile individuazione, se non per alcuni campioni, per via della scarsa quantità e della possibile confusione con la matrice nera.

Il quarzo può essere presente in grossi cristalli fratturati o in aggregati granoblastici, entrambi tipici delle filladi del basamento sudalpino. Sono presenti anche, e talora numerosi, i brandelli di filladi, strutturalmente molto ben riconoscibili ma con le fasce o lenticelle da originariamente micaceo-cloritiche ridotte ad un impasto, macchiettato, a carattere amorfo, e forse in parte a vetro. In altri

campioni i cristalli di quarzo, con feldspati e biotite alterata, eventualmente ossidati, sono interni ad una struttura porfirica a fondo da minutissimo a microgranulare. Infine il quarzo può essere presente in singoli cristalli o in aggregati idrotermali allungati incrociati con porzioni ampiamente diffuse ricristallizzate o residuali da rocce effusive.

Dall'esame petrografico si notano, al di là dei caratteri comuni, alcune differenze tra i diversi gruppi di scorie, che meritano di essere messi in evidenza.

I cinque gruppi distinti per provenienza indicano che:

nel gruppo di Luserna si distinguono chiaramente, dal punto di vista della struttura e della composizione, due insiemi dalle caratteristiche opposte: il primo, quello delle scorie piatte, ha una percentuale di matrice nerastra relativamente alta (36-40%), poche bolle (4-10%), poco quarzo (0-15%) e molti neocristalli di fayalite (35-60%).

Il secondo insieme è quello delle scorie bollose con minore matrice (15-30%), più bolle (10-25%), molto quarzo (20-60%) e neocristalli fayalitici in minore quantità (10-25%). Il quarzo appare solo di origine filladica per l'intero gruppo. I cristalli di olivina sono prevalentemente isodiametrici e fittamente distribuiti.

Il gruppo di Romagnano è composto solamente da scorie bollose con una percentuale di matrice media (20-35%), media bollosità (10-20%), molto quarzo e filladi (25-50%) e pochi neocristalli (20%) proprio come lo stesso tipo di scorie del gruppo di Luserna. Simili a questo gruppo sono anche le caratteristiche del quarzo e della fayalite.

La scoria piatta del gruppo di Palù presenta percentuali del 60% di matrice, del 20% di bolle e del 15% di quarzo; la quantità di neocristalli è uguale (5%). Le rimanenti scorie bollose contengono molta matrice (25-50%), alta bollosità (25-35%), molto quarzo (20-40%) e pochi neocristalli (10-20%). Anche in questo caso le caratteristiche delle scorie bollose sono molto simili a quelle dei gruppi precedenti eccetto che per il quarzo che risulta essere prevalentemente di natura idrotermale, e gli inclusi rocciosi di natura vulcanica, e per i cristalli di olivina qui prevalentemente aghiformi.

Nel gruppo di Castel Tesino è presente una sola scoria piatta con 45% di matrice, 40% di neocristalli e poche microbolle e quarzo. Le altre due scorie di questo gruppo sono bollose e mostrano molta matrice (30-45%), alta bollosità (15-50%), medie quantità di quarzo (10-20%) e fayalite neoformata (5-40%). Il quarzo è prevalentemente idrotermale. I cristalli di olivina presentano strutture

caratteristiche microspinfex in cristalli molto allungati e paralleli.

Tra scorie piatte e compatte e scorie bollose si notano le seguenti diversità:

nel gruppo di Luserna e di Castel Tesino le prime hanno prevalenti cristalli di fayalite, molta matrice con poche bolle e quarzo, a differenza di quella di Palù che ha moltissima matrice e pochi neocristalli.

#### 2.4. Conclusioni dalla petrografia

Dai risultati ottenuti si può chiaramente concludere che l'uso dei materiali reagenti (filladi e quarzo filladico o vulcaniti e quarzo idrotermale) è nettamente diverso, in dipendenza non solo della natura dei materiali locali, ma probabilmente anche di apporti minerali differenti.

La mancanza di materiali residuali diversi da quarzo e filladi nei gruppi di Luserna e di Romagnano, e in particolare la mancanza di quarzo idrotermale, induce a pensare che anche il rifornimento minerario fosse strettamente legato alle metamorfite.

Al contrario la prevalenza o unica presenza di quarzo idrotermale e di vulcaniti nei materiali dei gruppi di Palù e Castel Tesino, induce a ipotizzare un rifornimento da aree mineralizzate idrotermali in zone vulcaniche, peraltro in pieno accordo con la geologia dell'area di Palù (Foglio Trento).

Solo la scoria MBr25, ritrovata nell'area di Palù, rivela una tipologia petrografica simile a quella delle scorie di Luserna, molto incongrua rispetto al contesto. Sarà necessario per trarre conclusioni fare altre verifiche, per vedere se si tratta di un interessante caso di importazione di materia prima, o forse di un banale errore di attribuzione del campione.

L'esame petrografico dà, per tutti, univoche indicazioni di processo. L'abbondanza di quarzo, dell'uno o dell'altro tipo, spesso in situazione di corrosione e arrotondamento, la nascita di abbondante fayalite come materiale di processo, e la grande abbondanza di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  totale indicano chiaramente che il quarzo è stato volontariamente aggiunto per l'eliminazione del ferro dal minerale utilizzato per l'estrazione del rame.

Questo minerale può essere quindi soltanto calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ) o forse anche , o piuttosto, vista l'abbondanza di ferro e di fayalite, pirite cuprifera ( $\text{Fe}[\text{Fe},\text{Cu}]_2\text{S}_2$ ).

Si ha in tal modo un'indicazione estremamente forte che nelle aree con scorie a relitti filladici (Luserna, Romagnano), il materiale utilizzato pro-

venisse dalle lenti mineralizzate entro le filladi del basamento cristallino della Valsugana (Foglio n. 21 Trento, 1:100000), che sono note nell'area di Vetriolo e di Calceranica; in quest'ultima zona è esistita, fino a qualche decennio fa, una miniera di pirite cuprifera in attività. Anche per ragioni logistiche andrebbe scelta Calceranica (circa 500 metri s.l.m., ai piedi della salita verso Luserna) più vicina sia a Luserna che alla Val d'Adige, piuttosto che Vetriolo (circa 1500 metri s.l.m., sul versante Nord-Est della Valsugana).

La calcopirite, per le stesse ragioni, doveva essere il minerale principale utilizzato anche nelle altre aree, che sono pure aree tradizionalmente minerarie (PREUSCHEN, 1973; SEBESTA, 1992), ove la calcopirite è nota essere presente in quantità sensibili.

### 3. STUDIO GEOCHIMICO

Le scorie sono state sottoposte ad analisi termiche, di fluorescenza e assorbimento atomico; per effettuare tali studi è stata operata una selezione del materiale eliminando le porzioni rocciose o quarzose più grossolane e prendendo per la polverizzazione le parti più scure e meno eterogenee delle scorie; parti peraltro che contengono variabili quantità di detriti più minuti.

I dati chimici non rappresentano quindi né le scorie nella loro globalità (eliminazione degli inclusi più grandi che porterebbero essenzialmente aumento di  $\text{SiO}_2$ ), né solo la parte nerastra afanitica o minuta di neocristallizzazione delle scorie. Esse servono per vedere rapporti di quantità dei valori chimici che permettono di avere indizi sulle tecniche del processo estrattivo soprattutto per quanto riguarda il minerale utilizzato e le aggiunte di materiale reagente con questo per procedere all'estrazione fusoria.

#### 3.1. Caratteri chimici

La caratterizzazione chimica più generale delle scorie può essere discussa attraverso i grafici a barre delle figure 13 e 14, che permettono di esaminare, in modo visivamente facile, i tratti chimici fondamentali, le variazioni interne, le eterogeneità ovvero le omogeneità, le variazioni eventuali delle scorie delle quattro zone o siti considerati in questa tesi.

Nel dettaglio il carattere di fondo è che  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  totale costituiscono il 75-80% delle sco-

rie, con  $\text{SiO}_2$  dal 29% al 53% e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  totale dal 25 al 50%, con una chiara correlazione inversa (fig. 15), peraltro ovvia, in valori a somma 100, per parametri aventi quella proporzione percentuale.

Complessivamente Castel Tesino e Palù pur essendo gruppi eterogenei si distinguono per le loro medie di silice rispettivamente più bassa (36%) e più alta (44%) di quelle raggruppate degli altri due siti (Luserna 40%, Romagnano 39%). Riguardo al ferro totale i gruppi sono molto più simili, tanto che le medie cadono molto vicine (37-40%).

Il contenuto in  $\text{TiO}_2$  è generalmente basso, con media 0,25% ed eterogeneo con valori compresi tra 0,10 e 0,47%.

Nell'insieme i gruppi sono moderatamente distinti con il massimo di contenuto per il sito di Castel Tesino (media 0,35%) e il minimo per quello di Luserna (media 0,23%).

Anche nel caso dell'alluminio la distribuzione generale è molto eterogenea con valori compresi tra 5 e 10% e media a 7%. Si nota una correlazione positiva tra valori di  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Si nota che Castel Tesino è più alto in alluminio (media 9%) degli altri gruppi che sono molto più raggruppati e più eterogenei (media 7%).

Per il manganese la distribuzione è molto eterogenea con valori compresi tra 0,09 e 0,79% e media a 0,29%.

Nell'insieme i valori di manganese sono alquanto bassi e raggruppati in due insiemi distinti con Luserna e Romagnano che addirittura coincidono come media e formano il gruppo col più basso contenuto (media 0,23%).

La distribuzione di  $\text{CaO}$  è eterogenea con oscillazioni tra 2 e 7% e media a 4%.

Anche qui si notano due raggruppamenti dove Castel Tesino (media 4,5%) e Luserna (media 5%) si attestano su contenuti maggiori.

Si può notare che sodio e potassio hanno entrambi distribuzioni eterogenee e spaziano rispettivamente da 0 a 1% e da 0 a 4%.

Il contenuto in fosforo è molto basso (0,22%) e la distribuzione è eterogenea.

Lo zolfo è molto eterogeneo sia a livello globale sia nei singoli gruppi; le medie dei valori sono però raggruppate tra 0,86 e 1,33%.

Anche per il rame la distribuzione è eterogenea con valori abbastanza vari compresi tra 0,77% per Castel Tesino e 1,58% per Romagnano.

La distribuzione dello zinco è anch'essa molto eterogenea con valori compresi tra 0,03 e 2,04%.

La distribuzione comune di V e Cr è molto eterogenea e indica una somiglianza tra i gruppi di Palù, Romagnano e Luserna che si discostano da Castel Tesino.

Le distribuzioni di **Co**, **Ni** e **Pb** sono molto eterogenee e non sembrano indicare particolari somiglianze fatta eccezione per il nichel in Romagnano che è stabile intorno a una media di 47ppm.

Sembra di poter evidenziare da tali grafici una marcata affinità tra il gruppo di Luserna e di Romagnano, sia negli elementi maggiori ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ) sia in quelli minori ( $\text{Cr}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Nb}$ ).

### 3.2. Analisi dei diagrammi binari

Per buona parte degli elementi e ossidi analizzati si è proceduto alla realizzazione di diagrammi binari per evidenziare possibili differenze o analogie tra i gruppi.

In base ai risultati della petrografia risulta che la natura dei relitti contenuti nelle scorie permette di distinguere tre gruppi fondamentali:

uno con relitti filladici, rappresentato dai campioni di Luserna e Romagnano;

uno con relitti idrotermali e vulcanici, rappresentato da Campivo, Cambroncoi e Acqua Fredda;

un terzo di Castel Tesino, rappresentato da residui filladici e quarzo idrotermale ma senza vulcaniti.

I risultati delle analisi chimiche permettono di vedere se queste distinzioni sussistono o vanno corrette e in generale se altre informazioni oltre a quelle petrografiche sono da sottolineare.

Considerando il primo gruppo cioè quello con relitti quarzo-filladici si può vedere che gli elementi litofili che in massa derivano dai frammenti di rocce hanno una certa dispersione di dati che complessivamente non sembra mostrare importanti differenze tra il gruppo di Luserna e quello di Romagnano.

Le variazioni interne sono forti per  $\text{SiO}_2$ , bassa, e soprattutto  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , alto, nelle scorie liscie rispetto a quelle bollose.

La differenza sembra quindi dovuta a variazioni dentro il processo che ha esito nella formazione di scorie differenti. Le scorie di Romagnano rientrano complessivamente nelle variazioni di quelle di Luserna con qualche differenza sistematica per esempio più bassi valori di  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ba}$  (molto basso per Romagnano) mentre le altre differenze sembrano rientrare in variazioni compatibili con la stessa campionatura (come è stato preso il campione da analizzare). L'unica differenza che si vorrebbe sottolineare è il valore di  $\text{CaO}$  che pur essendo variabile è abbastanza fortemente più ricco a Luserna che a Romagnano.

In generale i valori di  $\text{CaO}$  sono tutti decisa-

mente più alti di quelli che ci si possono attendere da un chimismo quarzo-filladico dei relitti rocciosi, nè esistono altri tipi di relitti che possono giustificarlo, questo suggerisce che il  $\text{CaO}$  rappresenti un additivo alla miscela di fusione presumibilmente dovuta all'aggiunta di roccia carbonatica in piccole quantità (vedi anche GIRANI, 1996), utilizzata in quantità un po' superiori a Luserna rispetto a Romagnano e di cui non rimane altro indizio che quello chimico.

Più notevoli differenze pare di poter cogliere da alcuni elementi metallici come  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$  e  $\text{As}$  legati presumibilmente alle mineralizzazioni e/o ai processi di estrazione per fusione. Poichè tutti questi elementi sono più alti in quantità a Romagnano che a Luserna, sembra possibile ipotizzare che si tratti non di differenze primarie, ma di una più efficiente fusione del minerale metallico a Luserna che a Romagnano. Ciò potrebbe testimoniare un progresso tecnologico tra Età del Rame e Tardo Bronzo.

Tuttavia per tutti questi elementi è da notare una notevole dispersione di valori che suggeriscono casualità forse legata all'eterogeneità del materiale metallifero. Per esempio il campione MT2 di Romagnano mostra correlativamente molto bassi  $\text{Pb}$  e  $\text{As}$  ma non altrettanto bassi  $\text{Cu}$  e  $\text{Ni}$ .

Risulta quindi che la campionatura che qui si è potuto esaminare, è forse troppo debole per poter trarre conclusioni definitive in questi confronti. Gli indizi che esse offrono andranno verificati su un ampliamento di campionatura.

Le scorie che contengono relitti sia idrotermali che vulcanici dell'area della Valle del Fersina mostrano una notevole eterogeneità compositiva ma non una decisa differenza rispetto alle precedenti considerate se non per  $\text{Na}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sr}$  e  $\text{Ba}$ . È probabile che alcune di queste differenze, per esempio  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Mg}$  e  $\text{P}$ , sono legate alle differenze litologiche (quarzo-filladi versus vulcaniti prevalentemente acide) mentre altre, per esempio  $\text{Zn}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Co}$ , e  $\text{Ba}$  (particolarmente differente) possono essere riferite a differenze di approvvigionamento minerario.

Tuttavia ancora una volta prevale la notazione della grande dispersione dei valori. A solo titolo di esempio l'alta media di  $\text{As}$  riferita al gruppo di Palù è esclusivamente frutto dell'altissimo valore di  $\text{As}$  di MT7 e di conseguenza questa osservazione non può servire a creare una differenza ma a sottolineare la diversità di alcuni dati legata alle eterogeneità compositive e/o di sviluppo della fusione.

Va brevemente discussa però la distribuzione di  $\text{CaO}$  nelle scorie di residui idrotermali e vulcanici. Tale valore è molto più basso degli altri e

per quanto un po'variabile, è complessivamente compatibile con i chimismi delle litologie relitte. Sembra perciò in questo caso che non vi sono state aggiunte nella miscela di fusione di rocce carbonatiche, in accordo con la localizzazione in aree prive di queste rocce delle scorie dell'area di Palù. Ciò per converso sottolinea la probabilità che carbonati venissero aggiunti nelle altre aree.

Le scorie di Castel Tesino, a residui filladici e idrotermali, ripropongono lo stesso tema della notevole eterogeneità interna, con qualche valore distintivo come Cr, Zr, Zn, Nb e La. Anche nelle scorie di Castel Tesino CaO è abbastanza alto e può suggerire l'uso di addizioni carbonatiche.

## 4. CONCLUSIONI

### 4.1. Considerazioni sul processo di fusione

Le osservazioni più vistose che offrono le scorie, sono la corrosione con arrotondamento e consumo del quarzo aggiunto come additivo da un lato e la formazione di una più o meno abbondante massa amorfa su cui spicca neocristallizzazione ora aghiforme, ora scheletrica, ora idiomorfa, dell'olivina e in minor misura di un pirosseno pure ferifero e di magnetite.

Questa parte nera contiene anche materiale carbonioso del tipo del nero-fumo e prodotti di ossidazione limonitica e malachitica avvenute sulla scoria seppellita.

Trascurando queste ultime e portandoci al tempo degli effetti della fusione risulta evidente da tutte le analisi che il punto principale di questo processo è l'utilizzazione del quarzo come reagente per fissare il ferro liberando il rame della calcopirite che veniva raccolto nei catini fusori.

La formazione di olivina ferifera e dei minori pirosseni e magnetite è da vedere proprio come una scissione del solfuro originario per permettere la raccolta del rame.

Nel processo, per ragioni meno comprensibili, appaiono essere stati utilizzate anche piccole porzioni di carbonati, perchè solo in questo modo si può spiegare la relativa alta quantità di CaO nelle scorie che non sarebbe compatibile col chimismo filladico.

Del resto queste quantità di CaO relativamente alte si trovano nelle scorie che hanno utilizzato le filladi, ma contemporaneamente si ritrovano in regioni ricche di rocce carbonatiche. Per converso le scorie a relitti vulcanitici sono meno ric-

che di CaO, tranne le eccezioni, e si trovano in rocce prive di materiale carbonatico.

La temperatura raggiunta all'interno dei forni è stata sicuramente alta a sufficienza da amorfizzare e talora vetrificare tutte le porzioni filladiche a cloriti, miche e feldspati e intaccando anche il quarzo. La formazione di un vetro da questi materiali indica che la temperatura raggiunta superava i 1000° C.

La presenza di molti residui ricchi di quarzo e contemporaneamente la neoformazione di fayalite e in minor quantità di pirosseni pigeonitici come minerali di processo nella matrice amorfa della scoria, suggeriscono che il processo principale per l'estrazione del rame sia stato quello di bloccare il ferro in legami silicatici in modo che il rame fluisse nella fusione. Il processo non è stato totalmente efficiente come indica la presenza di residui di calcopirite nelle scorie esaminate (GIRANI, 1996).

Le scorie più lisce e compatte sono quasi prive di relitti di quarzo e composte in prevalenza assoluta di materiale minuto e di olivine di neoformazione. Queste scorie sono considerate (STORTI, 1990) prodotti di seconda selezione del processo fusorio. In realtà questo non sembra affatto necessario e si può anche pensare che rappresentino semplicemente delle porzioni dove il consumo totale del materiale siliceo o la scarsa presenza di questo abbiano permesso il collasso o la compattazione della matrice e delle sue neomineralizzazioni forse in una parte più interna del forno fusorio.

### 4.2. Confronti tra gruppi dell'Età del Rame

Possibili differenze o analogie tra i gruppi dell'Età del Rame studiati da Girani M. (1996) ed i campioni del gruppo di Romagnano, pure dell'Età del Rame, considerati in questo lavoro sono state evidenziate attraverso lo studio di alcuni diagrammi.

Considerando le variazioni  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  totale nel diagramma binario di figura si ha un comportamento del tutto comparabile tra i tre gruppi. Questo diagramma suggerisce che il grosso dei materiali era comune nel rifornimento metallurgico ad Acquaviva, a Gaban e a Romagnano.

Anche il diagramma  $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  mostra un inserimento pieno nella correlazione positiva che pare indubbio attribuire alla comune derivazione da materiale metamorfico, come le filladi incluse nelle scorie. In particolare le scorie di Romagnano sembrano assomigliare un po' di più a quelle di Gaban, piuttosto che a quelle di Acquaviva.

Una forte dispersione è evidente nel diagramma  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  dove il gruppo Gaban è chiaramente

te ripartito in due sottogruppi, l'uno ricco di  $K_2O$ , l'altro più povero; a quest'ultimo è simile il gruppo di Romagnano. Questa ripartizione è facilmente correlabile ad una prevedibile eterogeneità degli additivi litici nel quadro delle variazioni filladiche (D'AMICO, 1964). Gli additivi filladici del gruppo di Gaban e Romagnano sono dati sia da filladi micaceo-cloritiche (alto  $K_2O$  e  $Al_2O_3$ , più basso  $MgO$ ) che da filladi cloritiche (più alto  $MgO$  e basso  $K_2O$ ). Gli additivi di Acquaviva assomigliano al secondo gruppo, con accentuazione ancora maggiore del carattere magnesifero, legato presumibilmente alla natura cloritica delle filladi.

Il diagramma  $Zn/Fe_2O_3$  ripropone l'omogeneità del gruppo di Acquaviva e l'eterogeneità del gruppo Gaban diviso in due sottogruppi, uno più ricco in Zn rispetto all'altro. Il gruppo di Romagnano si ripartisce tra i due sottogruppi. Ciò suggerisce abbastanza nettamente una eterogeneità di dettaglio del rifornimento minerario per Gaban e Romagnano geologicamente però della stessa natura della fonte omogenea di Acquaviva.

La variazione Cu/S mostra una complessiva correlazione positiva, in accordo con la documentata presenza di calcopirite residua evidenziata da M. Girani (1996): il rame delle scorie è contenuto essenzialmente in solfuri residui, testimonianza di una mediocre efficienza del trattamento metallurgico.

Nel diagramma CaO/Sr si hanno due linee correlative: una per Acquaviva e una diversa ma eterogenea per Gaban. In questo caso il gruppo di Romagnano sembra seguire piuttosto la distribuzione di Acquaviva. Data l'attribuzione della presenza di CaO soprattutto ad aggiunte carbonatiche di processo è da supporre che a Romagnano ed Acquaviva fossero in uso tecniche fusorie simili poichè il CaO, usato come additivo in forma presumibilmente carbonatica, era forse dato da calcari dolomitici per Acquaviva e Romagnano, mentre a Gaban pare prevalente un uso di piccole aggiunte di calcari non magnesiferi. Questa osservazione può suggerire che i siti di Acquaviva e Romagnano, usando materiali più omogenei tra loro, fossero più padroni del controllo tecnico rispetto a Gaban. È evidente però che osservazioni come questa necessitano di varie verifiche, da farsi in future occasioni. Per ora si tratta solo di indizi.

In conclusione, si può dire che i dati chimici indicano una analogia di rifornimenti di materia prima per i siti di Gaban e Romagnano; precisamente da fonti di approvvigionamento entrambe filladiche, ma eterogenee con rappresentanti ora prevalentemente cloritici ora più normalmente filladici. Entrambe mostrano una certa diversità di dettaglio dalla fonte di Acquaviva, anche se tutte,

sono da riferire con ogni probabilità al basamento filladico di Calceranica.

La distribuzione di Cu e S indica una somiglianza di rifornimento di minerale di rame tra tutti i gruppi, che hanno una fonte prevalentemente calcopirite.

La distribuzione di CaO e Sr fa pensare invece che nei siti di Romagnano e Acquaviva vi fosse una comune tecnica fusoria o un uso degli stessi additivi minerali.

Si ricorda tuttavia che data l'esiguità del numero di scorie del sito di Romagnano, questa analisi richiederebbe, per verificare quanto detto sopra, un aumento del numero dei campioni.

#### 4.3. Confronti tra gruppi dell'Età del Rame e del Bronzo

Dal diagramma binario  $SiO_2/Fe_2O_3$  di figura risulta evidente la solita generale e chiara correlazione inversa. I gruppi dell'Età del Bronzo sembrano occupare però un intervallo più ampio, verso più alte quantità di  $SiO_2$ .

Gli elementi litofili (per esempio i diagrammi  $MgO/Al_2O_3$ - $K_2O/Al_2O_3$ ), legati in gran parte alle rocce utilizzate come materia prima per l'estrazione del minerale, mostrano che i gruppi dell'Età del Rame e il gruppo di Luserna dell'Età del Bronzo si dispongono in una zona abbastanza unitaria dei diagrammi, che lascia chiaramente capire una comune fonte di rifornimento per quanto eterogenea. Per converso il gruppo di Palù indica con chiarezza una differente fonte di approvvigionamento. Si deduce che nonostante il gap temporale tra i gruppi dell'Età del Rame e quello di Luserna dell'Età del Bronzo, la fonte di minerale, pur eterogenea, è rimasta la stessa, individuata negli accumuli piritosi dell'area di Calceranica.

Considerando i minerali metallici si osserva una grande dispersione dei campioni che sono però raccolti in due gruppi distinti di scorie: uno ad alto contenuto in Zn, per lo più con scorie dell'Età del Rame, e uno a basso contenuto di Zn, con scorie dell'Età del Bronzo, in particolare per l'area di Palù. Va detto tuttavia che sovrapposizioni di campi sono evidenti nel diagramma.

Nel diagramma Cu/S i gruppi sono molto più sovrapposti e quindi danno indicazioni omogenee di prevalente sfruttamento di calcopirite. Solo per alcune scorie di Luserna è chiara la presenza di altri solfuri relitti (pirite?).

Dal diagramma CaO/Sr risulta una chiara diversità tra i gruppi, che sembra legata al contesto geologico: nelle aree ove si trovano rocce carbonatiche si ha una correlazione con alto rapporto

CaO/Sr. Ciò vale sia per i siti eneolitici (Gaban, Romagnano e Acquaviva) sia per quello del Bronzo di Luserna. Per i siti di Palù la correlazione appare del tutto diversa, con più basso rapporto CaO/Sr e quindi uso non di rocce carbonatiche, peraltro assenti in loco (Fig. 17)

#### 4.4. Conclusioni

In conclusione, si può considerare ipotesi assai attendibile che un'importante fonte di rifornimento metallifero abbia funzionato nel Trentino centro-orientale tra l'Età del Rame e l'Età del Bronzo. Si tratta dei depositi piritosi metamorfici di Calceranica, che hanno presenze importanti di calcopirite e blenda, contenuti entro metamorfiti filladiche aventi livelli particolarmente ricchi di cloriti.

La petrografia e la chimica delle scorie danno indirizzi univoci in questa direzione, anche ove mostrano delle eterogeneità di dettaglio, che sono però non solo compatibili, ma da attendersi, in una situazione come quella di Calceranica (cfr. MORRA, 1964 e OGNIENE, 1966).

Le stesse litologie filladiche forniscono il

materiale quarzoso che funge da additivo di reazione per eliminare il ferro della calcopirite fissandolo in fayalite e così liberare il rame per la fusione.

Sarà da definire in termini archeologici perchè il materiale veniva portato o nell'altopiano (Luserna, in Età del Bronzo), o in Val d'Adige (Gaban, Acquaviva e Romagnano, in Età del Rame).

In queste stesse aree, sia in Età del Rame che del Bronzo, venivano aggiunte piccole quantità di rocce carbonatiche per l'estrazione metallurgica. Questo fatto, incontrovertibile chimicamente, non è chiaro in termini di processo.

Nell'Età del Bronzo furono utilizzati altri depositi calcopiritici, legati alle vulcaniti permiane (area della Val Fersina).

Le scorie relative mostrano differenze nei rapporti tra metalli (per esempio meno Zn), ma soprattutto in termini di additivi litici per la reazione di fusione: vulcaniti e quarzo idrotermale invece di filladi e quarzo filladico. In questa stessa area vi è chiaramente un'altra variazione nella tecnica degli additivi, perchè non ci sono indicazioni di additivi carbonatici, peraltro geologicamente assenti dall'area.

**RIASSUNTO** - Sono state effettuate analisi chimiche su 24 scorie metallurgiche di interesse archeologico dell'Età del Bronzo Recente - Finali su tre dell'Età del Rame. I ventisette reperti, selezionati dalla campionatura del Museo Tridentino di Scienze Naturali e dall'Ufficio Beni Archeologici di Trento, presentavano diverse tipologie (scoriacee e lisce-compatte) e differenti aree di rinvenimento per cui è stata fatta un'indagine preliminare volta a controllare se esistono differenze significative che possano orientare alla provenienza della materia prima utilizzata per l'estrazione del rame. Dodici scorie dell'Età del Bronzo provengono dalla zona di Luserna (di cui tre lisce-compatte), tre da Palù del Fersina (una liscia-compatta), due da Malga Cambroncoi, quattro dal Redebus e tre da Castel Tesino (una liscia-compatta). Le tre scorie dell'Età del Rame sono state rinvenute nella zona di Romagnano. I riferimenti minerari utilizzabili nell'area del Trentino sud-orientale, ove si trovano le scorie fusorie qui considerate, sono geologicamente riferibili a tre grandi complessi: a) Basamento sudalpino, con metamorfiti di basso grado (filladi, epigneiss, porfiroidi) intruse da filoni e corpi plutonici; b) Vulcaniti permiane; c) Coperture permo-mesozoiche. Sono state altresì effettuate ventisette analisi di sezioni sottili di scorie i cui risultati petrografici sono stati fondamentali per la corretta identificazione delle possibili fonti minerarie. I dati così ottenuti sono stati confrontati tra loro per poter evidenziare, dove esistenti, differenze fra tipologie delle scorie e fra età di appartenenza. Questo lavoro ha permesso di avere una idea della diffusione della metallurgia del rame nell'antichità nel Trentino orientale e di capire tipo e provenienza delle materie prime metallifere; ha inoltre fornito indicazioni sul processo di fusione, sul grado tecnologico raggiunto e sulle differenze di approvvigionamento tra i vari siti metallurgici.

**SUMMARY** - 24 smelting slags of Late Bronze Age and 3 of Chalcolithic Period have been analysed chemically. 27 remains present different typology (flat and bollose) and different areas of finding. Preliminary research study significant difference to understand the possible provenances of first material used for extraction of copper. 12 slags of Bronze Age come from Luserna, 3 from Palù del Fersina, 2 from Malga Cambroncoi, 4 from Redebus and 3 from Castel Tesino. 3 slags of Chalcolithic Period are found in Romagnano. Ore reference for South-East Trentino, where found slags, are geologically relate to three big groups: south-alpine basament: metamorphic rocks (low degree); permian volcanic rocks; Permian-mesozoic covering. Slags have been analysed witch fine section (binocular microscope): slags are rich in lithic derelicts and in quartz. These are in a vitreous matrix, that contains iron and silica (fusions temperature is about 1100°C). Petrography results was very important to identify the possible ore source. This papir have supply information about the fusions process, the technological level and about the possible provenances.

## BIBLIOGRAFIA

- BAGOLINI B., 1978 - Le manifestazioni artistiche dei cacciatori-raccoglitori al sorgere della metallurgia, L'arte preistorica nell'Italia settentrionale, Verona, 21-26.
- BAGOLINI B., 1980 - Le origini dell'età dei metalli, Il Trentino nella preistoria del Mondo Alpino, Trento, 93-138.
- BAGOLINI B., FASANI L., 1982 - Problemi sulla fine del Neolitico ed il passaggio all'Età del Bronzo nel versante meridionale della regione alpina centrale, Atti X Simp. Neol. Età Bronzo in Europa, Verona, 343-355.
- BAGOLINI B., 1984 - Alcuni aspetti dell'Età del Rame nelle regioni padane e alpine, The Deya Conference of Prehistory, Oxford, 437-453.
- BAGOLINI B., BROGLIO A., 1985 - Il ruolo delle Alpi nei tempi preistorici (dal Paleolitico al Calcolitico), Studi di paleontologia in onore di Salvatore M. Puglisi, 687-705.
- BARGOSSO G. M., 1982 - La formazione delle ignimbriti rioclitiche inferiori nell'area meridionale del sistema vulcanico atesino (Valsugana, Trentino), Mineral. Petrogr. Acta, Bologna, 26, 91-107.
- CIERNY J., WEISGERBER G. & PERINI R. 1992 - Ein spätbronzezeitlicher Hüttenplatz in Bedollo/Trentino. In: Lippert und Spindler (Hrsg.), Festschrift zum 50 jährigen Bestehen des Institutes für Ur-und Frühgeschichte der Leopold-Franzens - Universität Innsbruck, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 8, pp. 97-105, Bonn.
- CIERNY J., MARZATICO F., WEISGERBER G., 1995 - Endbronzezeitliche Kupferproduktion im Trentino, *Der Anschnitt*, 47, pp. 82-91.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G., - Prehistoric Copper metallurgy in the southern Alpine Region, pp.25-33.
- COLBERTALDO D., 1964 - Il giacimento a fluorite, blenda e galena di Vignola di Valsugana (Trento), L'industria mineraria nel Trentino-Alto Adige, Economia Trentina, 2, pp. 135-145.
- D'AMICO C., 1964 - Le metamorfite della Valsugana occidentale, Mineral. Petrogr. Acta, 10, pp. 1-42, Bologna.
- D'AMICO C., GHEZZO C., 1963 - La sequenza delle vulcaniti permiane nell'area meridionale del sistema atesino (Trentino), Mineral. Petrogr. Acta, 9, pp. 289-306, Bologna.
- DAL RI L., 1970 - Tracce di attività mineraria di epoca preistorica nell'area corrispondente all'attuale regione Trentino-Alto Adige, Diss. Padua.
- FABRIS B. B., DE PIERI R., DETOMASO G., OMENETTO P., 1964 - Nuove osservazioni sul giacimento a solfuri misti di Cinque Valli in Valsugana, L'industria mineraria nel Trentino-Alto Adige, Economia Trentina, 2, pp. 41-48.
- GIRANI M., 1996 - Studio petrografico-archeometrico di scorie di fusione dell'Età del Rame in Trentino, tesi di laurea.
- HAUPTMANN A., PIEL M., SCHRÖDER B., 1992 - Naturwissenschaftliche Untersuchungen an bronzezeitlichen Kupferverhüttungsschlacken von Acqua Fredda/Trentino, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 8, Innsbruck.
- HAUSER L., 1986 - Die Bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen. In: Fennhals über Kurtatsch, *Der Schlern*, 60, pp. 75-87.
- HAUSER L., NOTHDURFTER H., 1988 - Die Bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen aus Fennhals. In: Denkmalpflege in Südtirol, pp. 177-190.
- LANZINGER M., MARZATICO F., CAVADA E., PISU N., TOMASI M., BOTTERI M., 1990 - La piana di Pergine nell'Età dei metalli, Il castello di Pergine, Trento, 43-58.
- MARZATICO F., 1986 - Scambi e commerci nel Trentino preromano, Economia Trentina, 35, pp. 75-104, Trento.
- MARZATICO F., 1986 - Gli insediamenti di Dosso Alto di Rovereto e di Nomi Cef nel quadro della Recente Età del Bronzo, Annuario storico della Val Policella, pp. 85-86, Verona.
- MARZATICO F., 1990 - La cronologia dell'Età del Bronzo Recente nella regione Trentino-Alto Adige (Italia nord-orientale), Numero special consacré aux Actes du Ve Colloque sur les Alpes dans l'antiquité, pp. 201-218, Aosta.
- MARZATICO F., 1991 - L'area di Trento in età preromana, con particolare riferimento alla collina di Villazzano e Povo, Quaderni del Circolo Culturale di Villazzano, 2, pp. 2-43, Trento.
- MARZATICO F., 1992 - Esempi di produzione e circolazione degli oggetti in metallo in Trentino-Alto Adige dall'Età del Bronzo all'Età del Ferro, Archeometallurgia, ricerche e prospettive, 691, Bologna.
- MARZATICO F., PERINI R., 1993 - Ricerca archeometallurgica: importanti studi in Val dei Mocheni e Luserna, Palù del Fersina, pp.2-9.
- MARZATICO F., 1997 - L'industria metallurgica nel Trentino durante l'età del Bronzo. In: Bernabò Brea M./Cardarelli A., Eremaschi M. (eds), Le terramare. La più antica civiltà padana, pp. 570-576, Milano.
- MORRA A., 1964 - La miniera di Calceranica, L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige, Economia Trentina, 1, 2, 4, 5, pp. 180-188.
- MURARA G., 1966 - Le mineralizzazioni a solfuri misti nelle vulcaniti atesine, formazione andesitica, dell'alta Val Fersina (Trentino), Atti Symp. Intern. Giacimenti Minerari Alp., 2, pp. 471-493, Trento.
- NOTHDURFTER H., 1993 - Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und Südtirol. In: Steuer et Zimmermann (ed.), Montanarchäologie in Europa, Sigmaringen, pp. 67-81.
- OGNIBENE L., 1966 - Note sul cristallino antico e sul giacimento di pirite di Calceranica, Atti Symp. Intern. Giacimenti Minerari Alp., 3, pp. 911-927, Trento.
- PEDROTTI A., 1995 - La statuaria antropomorfa dell'Età del Rame nell'arco alpino, Le statue stele di Arco, pp. 11-39, Trento.
- PELLEGRINI E., 1992 - Aspetti regionali e relazioni interregionali nella produzione metallurgica del Bronzo Finale nell'Italia continentale: i ripostigli con pane a piccone, Archeometallurgia, ricerche e prospettive, pp. 589-603, Bologna.

- PERINI R., 1971 - I depositi preistorici di Romagnano-Loc (Trento), *Preistoria Alpina*, 7, pp. 106-142, Trento.
- PERINI R., 1971 - Fiaavè - Doss dei Giustinaci (Notizia preliminare sull'insediamento del Bronzo Recente), *Studi Trentini di Scienze Naturali*, 48, pp. 3-11.
- PERINI R., 1973 - Romagnano - Tof de La Val, *Preistoria Alpina*, 9, Trento, 245-249.
- PERINI R., 1974 - Caratteri nella fase del Bronzo Antico nella regione Trentino-Alto Adige, *Preistoria Alpina*, 10, Trento, 85-93.
- PERINI R., 1989 - Evidence metallurgical activity in Trentino from Chalcolithic times to the end of the Bronze Age, Per Giuseppe Sebesta, pp. 377-404, Trento.
- PERINI R., 1990 - Età del Bronzo nel Trentino, *Die ersten Bauern*, 2, Schweiz. Landmuseum, Zürich, pp. 233-244.
- PERINI R., 1992 - Profilo cronologico dell'Età del Bronzo nel Trentino, *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie*, 8, pp. 451-4, Innsbruck61.
- PERNA G., 1964 - 1964-1975: undici anni di studi minerari nel Trentino-Alto Adige, *L'industria mineraria nel Trentino-Alto Adige*, 4, 47-51.
- PIEL M., 1990 - Archäometallurgische Untersuchungen an bronzezeitlichen Kupferschlacken aus dem Trentino. Diplomarbeit unpubl. Inst. F. Geologie, Univ. Bochum.
- PIEL M., HAUPTMANN A. & SCHRODER B., 1992 - Naturwissenschaftliche Untersuchungen an bronzezeitlichen Kupferverhüttungsschlacken von Acqua Fredda/Trentino. In: Lippert und Spindler (edit.), *Festschrift zum 50 jährigen Bestehen des Institutes für Ur- und Frühgeschichte der Leopold-Franzens - Universität Innsbruck*, pp. 463-472.
- PREUSCHEN E., 1962 - Der urzeitliche Kupferbergbau von Vetriolo (Trentino), *Der Anschnitt*, 14, pp. 3-7.
- PREUSCHEN E., 1965 - Das urzeitliche Kupfer-Verhüttungsgebiet von Lavarone (Trentino), *Der Anschnitt*, 17, pp. 8-13.
- PREUSCHEN E., 1968 - Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino, *Der Anschnitt*, 20, pp. 3-15.
- PREUSCHEN E., 1973 - Estrazione mineraria dell'Età del Bronzo nel Trentino, *Preistoria Alpina*, 9, Trento, 113-150.
- RAGETH J., 1974 - Der lago di Ledro im Trentino und seine Beziehungen zu den alpinen und mitteleuropäischen Kulturen, *Bericht der RGK*, 55, pp. 62-82.
- SEBESTA G., 1992 - La via del rame, *Economia Trentina*, Supplemento n° 3, Calliano.
- STORTI C., 1990 - Esame delle scorie del forno di fusione di Vela Val Busa (Tn), *Sibirium*, 21, pp. 349-361, Como.
- WEISGERBER G., 1996 - Trentino (Italien), *Jahresbericht 1995, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum*, 62, pp. 46-48.

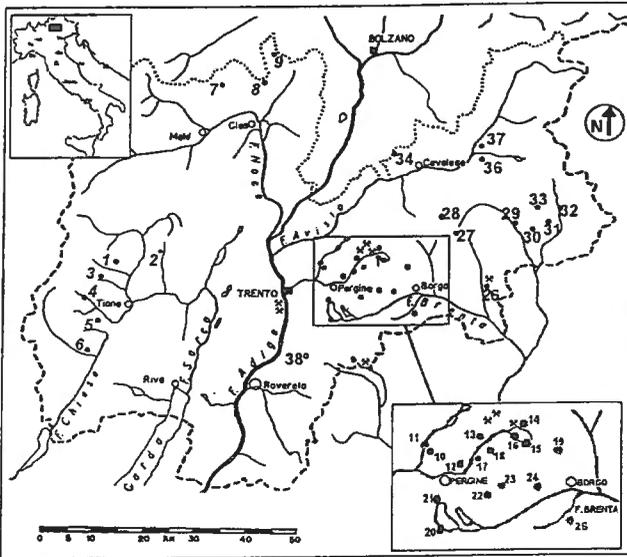


Fig. 1 – Carta delle località fusorie e delle mineralizzazioni a pirite e calcopirite in Trentino: 1-San valentino, 2-Val Dagone, 3-Vardesina, 4-Val di Breguzzo-Monte Agosta, 5-Giuggia, 6-Val Daone, 7-8-9 Cles Sanzeno (Monte Ain, Tregiovo, Lauregno), 10-Nogare, 11-Quadrata, 12-Variago/Fontanelle, 13-Sant'orsola /Canopi, 14-Palù del Fersina, Lago e malga Erdemolo, Laner, Canezza, 15-Val Cava, Val Slomperi, Malga Matrebis, Valar, 16-Aulbis/Gruben, 17-Frassilongo, 18-Fierozzo, 19-Suerta, 20-Calceranica, 21-Vignola, 22-Vetriolo, 23-Cinquevalli/Roncegno, 24-Tesobo, 25-Valsella, 26-Castel tesino, 27-Valconserie, 28-Forcella, Valsorda, 29-Pralongo, 30-Zortea, 31 Bedole, 32-Terre Rosse, 33-Cima d'Arzon, 34-San Lugano, 36-Maigola, 37-Miniera Bedovina, 38-Valgola, X = scavi archeologici (Perna, 1964 modificato).

Fig. 1 – Sites with evidence of metallurgical activities in Trentino: 1-San valentino, 2-Val Dagone, 3-Vardesina, 4-Val di Breguzzo-Monte Agosta, 5-Giuggia, 6-Val Daone, 7-8-9 Cles Sanzeno (Monte Ain, Tregiovo, Lauregno), 10-Nogare, 11-Quadrata, 12-Variago/Fontanelle, 13-Sant'orsola /Canopi, 14-Palù del Fersina, Lago e malga Erdemolo, Laner, Canezza, 15-Val Cava, Val Slomperi, Malga Matrebis, Valar, 16-Aulbis/Gruben, 17-Frassilongo, 18-Fierozzo, 19-Suerta, 20-Calceranica, 21-Vignola, 22-Vetriolo, 23-Cinquevalli/Roncegno, 24-Tesobo, 25-Valsella, 26-Castel tesino, 27-Valconserie, 28-Forcella, Valsorda, 29-Pralongo, 30-Zortea, 31 Bedole, 32-Terre Rosse, 33-Cima d'Arzon, 34-San Lugano, 36-Maigola, 37-Miniera Bedovina, 38-Valgola, X = archeological digs (Perna, 1964).

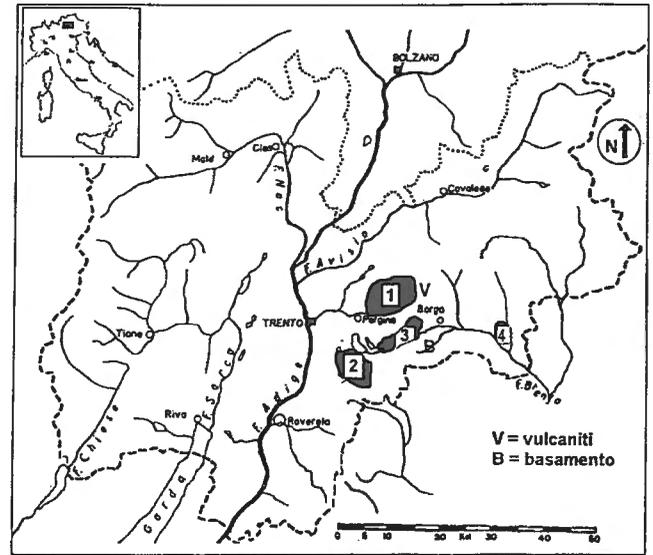


Fig. 2 – Carta delle aree minerarie: 1-Alta Val del Fersina, 2-Caldonazzo e Lavarone, 3-Levico, Vetriolo e Roncegno, 4-Castel Tesino.

Fig. 2 – Distribution of the mining areas: 1-Alta Val del Fersina, 2-Caldonazzo and Lavarone, 3-Levico, Vetriolo and Roncegno, 4-Castel Tesino.

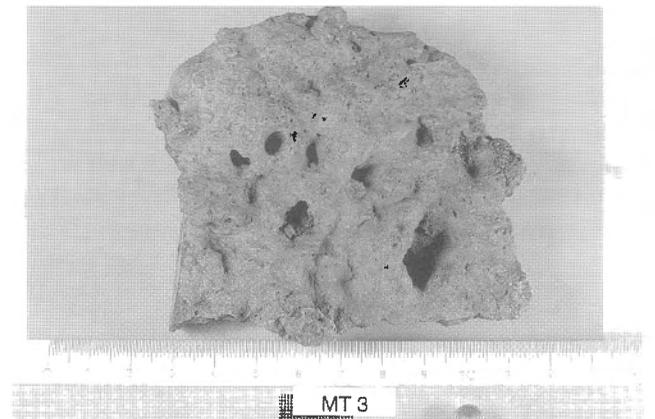


Fig. 3 - MT3: scoria di fusione bollosa con evidenti patine di ossidazione.

Fig. 3 - MT3: smelting large and flaked slag with evidence of oxidation.

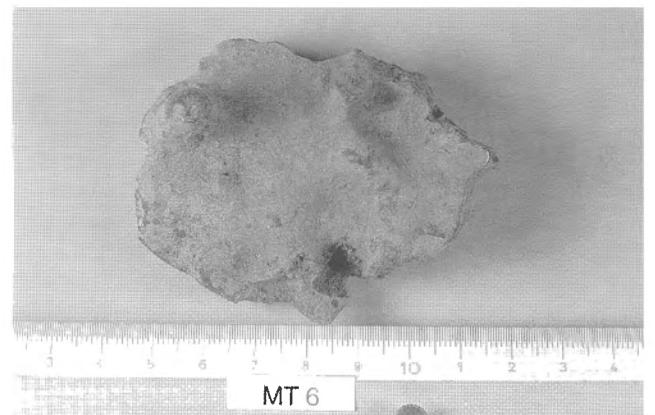


Fig. 4 – MT6: scoria di fusione piatta e compatta.

Fig. 4 – MT6: smelting flat round slag.



Fig. 5 – MBr 24: sezione di scoria bollosa con visibili grossi inclusi quarzo-filladici e vacuoli.

Fig. 5 – MBr 24: cross section of large and flaked slag with big.

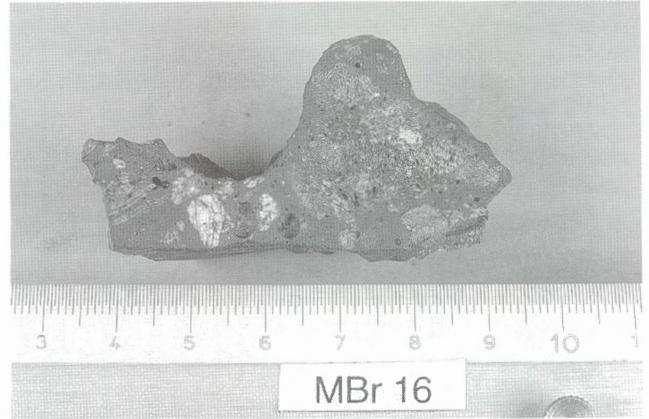


Fig. 6 – MBr 16: sezione di scoria piatta e compatta con visibili rari inclusi quarzosi.

Fig. 6 – MBr 16: cross section of flat ruond slag.

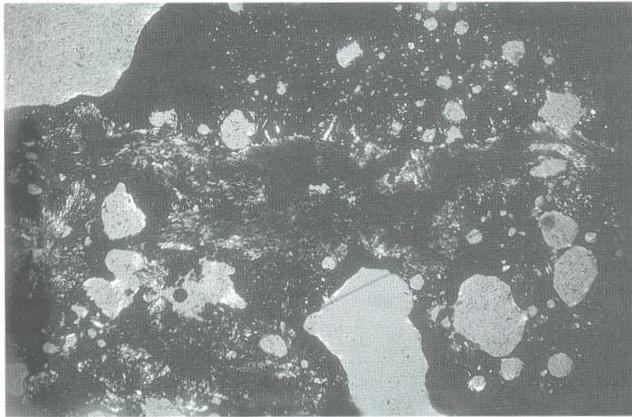


Fig. 7 – Sezione sottile di MBr 2a: visibile massa nerastra e frequenti vacuoli di varia ampiezza (3.5x).

Fig. 7 – Thin section of MBr 2a.

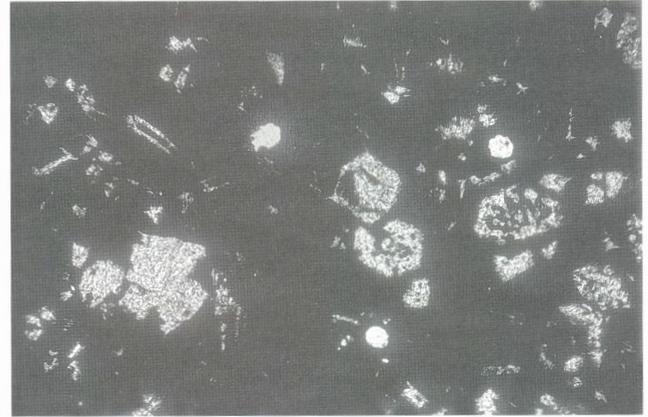


Fig. 8 – Sezione sottile di MBr 11: visibili motivi di neocrystallizzazione di olivina (10x).

Fig. 8 – Thin section of MBr 11.

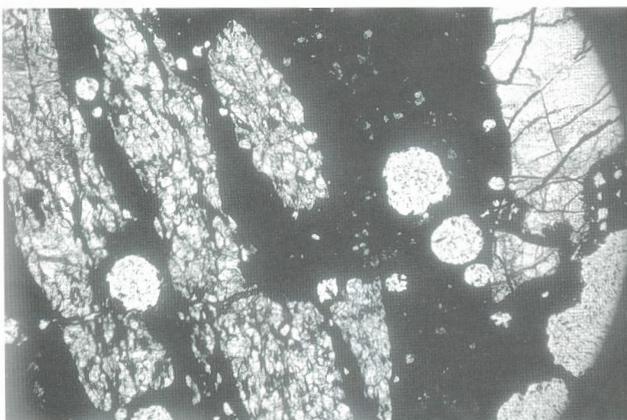


Fig. 9 – Sezione sottile di MT2: visibili quarzo e resti filladici (3.5x).

Fig. 9 – Thin section of MT2.

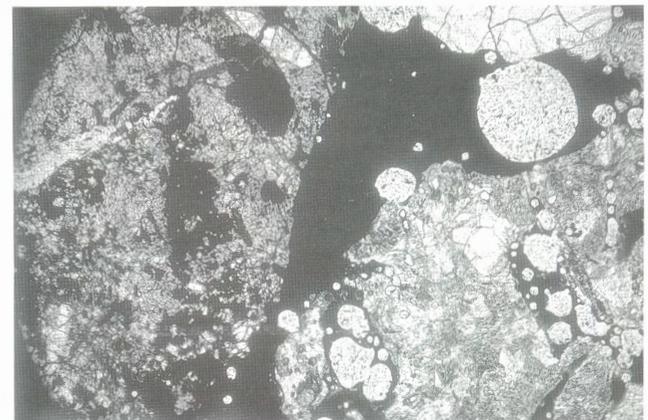


Fig. 10 – Sezione sottile di MT7: visibili resti andesitici e porfido (3.5x).

Fig. 10 – Thin section of MT7.

Campione	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	S	Cu	Zn	H2O	Totale
MT1a	31,68	0,23	5,60	48,02	0,24	2,69	6,84	0,17	1,45	0,19	1,07	0,35	1,10	0,37	100,00
MT1b	38,57	0,30	5,99	39,37	0,25	2,93	6,84	0,23	1,27	0,21	0,79	1,94	0,52	0,79	100,00
MBr1a	46,36	0,17	5,06	35,67	0,09	1,45	3,68	0,19	1,35	0,14	2,32	0,95	0,50	2,07	100,00
MBr1b	36,59	0,17	7,52	39,81	0,29	4,34	3,98	0,35	0,93	0,12	1,55	1,02	0,53	2,80	100,00
MBr2	38,88	0,29	6,75	37,57	0,30	5,03	6,75	0,22	1,47	0,18	0,81	0,59	0,36	0,82	100,00
MBr3	38,78	0,14	6,91	39,00	0,29	4,27	3,63	0,28	0,85	0,15	1,12	0,70	0,54	3,33	100,00
MBr6	43,36	0,25	6,24	36,13	0,19	1,48	3,76	0,37	1,18	0,22	1,10	0,68	1,53	3,50	100,00
MBr7	45,55	0,26	6,56	34,37	0,20	2,79	4,24	0,19	0,97	0,19	1,58	0,62	0,94	1,53	100,00
MBr8	39,63	0,22	6,60	37,54	0,20	2,57	3,65	0,25	1,35	0,19	1,90	0,58	0,61	4,73	100,00
MBr10	35,48	0,20	6,71	43,03	0,30	3,94	3,33	0,45	0,91	0,14	1,28	0,78	0,74	2,71	100,00
MBr11	28,78	0,17	5,76	49,47	0,25	2,98	4,57	0,30	1,28	0,19	1,31	1,35	0,95	2,65	100,00
MBr13	53,19	0,33	7,72	24,91	0,14	3,17	2,95	0,40	0,98	0,21	1,18	1,03	0,66	3,13	100,00
MT6	45,52	0,32	8,84	31,03	0,45	1,24	5,67	1,03	3,62	0,57	0,09	0,77	0,14	0,71	100,00
MBr19	45,56	0,21	6,87	40,65	0,47	1,48	1,93	0,15	0,73	0,14	0,87	0,60	0,03	0,31	100,00
MBr20	49,68	0,12	6,39	33,92	0,34	0,99	1,61	0,26	0,79	0,15	0,80	0,77	0,05	4,13	100,00
MBr21	52,33	0,10	4,73	30,79	0,26	0,55	2,87	0,34	1,86	0,41	0,95	1,35	0,26	3,20	100,00
MBr22	39,71	0,16	4,59	44,16	0,23	0,64	2,33	0,20	0,69	0,49	1,59	1,22	0,11	3,88	100,00
MT7	35,92	0,31	10,18	43,12	0,79	1,36	2,31	0,38	1,08	0,20	0,81	1,78	1,77	0,00	100,00
MBr23	43,08	0,37	9,44	36,09	0,26	2,45	2,21	0,35	1,98	0,30	1,10	0,67	0,53	1,16	100,00
MBr24	41,38	0,37	9,13	37,17	0,25	2,28	2,31	0,27	1,96	0,31	1,59	1,32	0,57	1,10	100,00
MBr25	43,43	0,29	9,92	32,40	0,27	4,03	2,71	0,23	1,56	0,27	0,69	1,50	0,17	2,53	100,00
MBr16	46,13	0,23	7,73	31,89	0,26	4,11	3,71	0,40	0,73	0,18	0,60	0,51	0,98	2,55	100,00
MBr17	32,94	0,35	9,55	40,94	0,34	4,48	5,39	0,32	0,79	0,17	1,36	0,85	2,04	0,48	100,00
MBr18	28,83	0,47	10,00	45,84	0,49	2,54	4,95	0,17	0,76	0,17	0,93	0,95	0,48	3,42	100,00
MT2	37,75	0,20	5,23	45,12	0,22	3,11	4,41	0,15	0,51	0,14	0,77	1,63	0,33	0,43	100,00
MT3	42,36	0,35	7,88	36,66	0,22	3,89	2,33	0,12	0,48	0,12	1,31	1,84	0,31	2,13	100,00
MT5	38,18	0,28	7,12	40,90	0,25	3,59	3,26	0,15	0,46	0,12	1,32	1,27	1,87	1,22	100,00

Fig. 11 – Elementi maggiori (%).

Fig. 11 – Major elements (%).

Campione	V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	As
MT1a	33	40	369	41	43	48	74	3	122	11	38	519	60
MT1b	35	44	423	45	50	62	105	8	61	15	57	238	132
MBr1a	23	29	229	33	57	33	66	4	140	0	33	355	174
MBr1b	27	24	381	9	19	28	58	5	90	10	35	235	45
MBr2	38	50	462	40	51	55	99	6	138	11	52	100	53
MBr3	27	26	363	10	22	31	67	3	76	12	25	216	44
MBr6	33	32	198	39	42	30	80	5	99	4	36	1947	170
MBr7	33	38	232	42	34	37	111	6	94	13	44	1148	91
MBr8	34	37	250	11	31	37	129	11	100	10	35	457	52
MBr10	31	28	308	11	22	36	110	7	79	13	36	331	51
MBr11	30	35	497	18	23	33	82	11	88	12	28	484	47
MBr13	30	29	88	25	24	25	182	16	80	16	45	682	63
MT6	32	29	173	41	177	130	124	6	587	11	37	267	35
MBr19	38	34	94	33	31	39	47	4	335	9	41	51	63
MBr20	40	23	72	3	25	46	51	7	675	12	30	61	41
MBr21	23	15	196	7	65	85	70	5	355	13	28	985	82
MBr22	27	33	249	36	34	43	50	7	125	12	42	295	139
MT7	43	41	2479	49	44	60	115	9	660	34	89	2393	1666
MBr23	46	52	163	45	77	64	111	7	261	25	65	667	105
MBr24	47	51	186	43	77	57	90	10	229	27	55	741	83
MBr25	53	49	184	15	60	86	140	9	334	30	49	178	109
MBr16	36	36	258	9	18	40	199	14	85	21	57	624	39
MBr17	45	61	245	42	32	57	136	7	133	24	66	1029	76
MBr18	54	81	219	57	43	46	121	14	144	28	84	157	65
MT2	30	28	354	49	16	26	85	7	44	16	51	194	55
MT3	41	42	202	47	8	11	139	8	22	3	70	3417	255
MT5	39	40	217	44	13	17	108	7	4	5	64	1555	144

Fig. 12 – Elementi minori (ppm).

Fig. 12 – Minor elements (ppm).

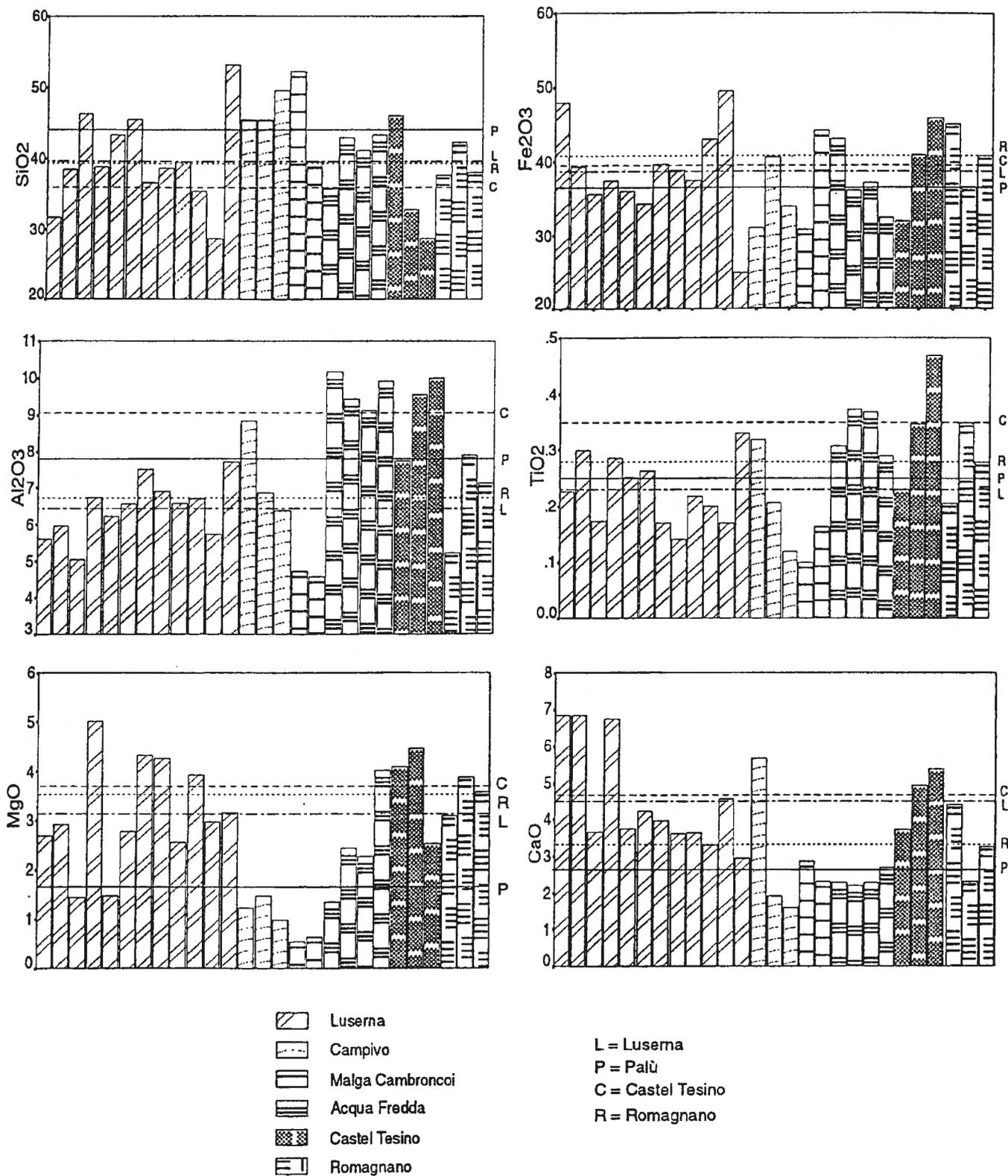


Fig. 13 – Diagrammi a barre della concentrazione di alcuni elementi maggiori (%).  
 Fig. 13 – Diagrams indicating concentration of some major elements (%).

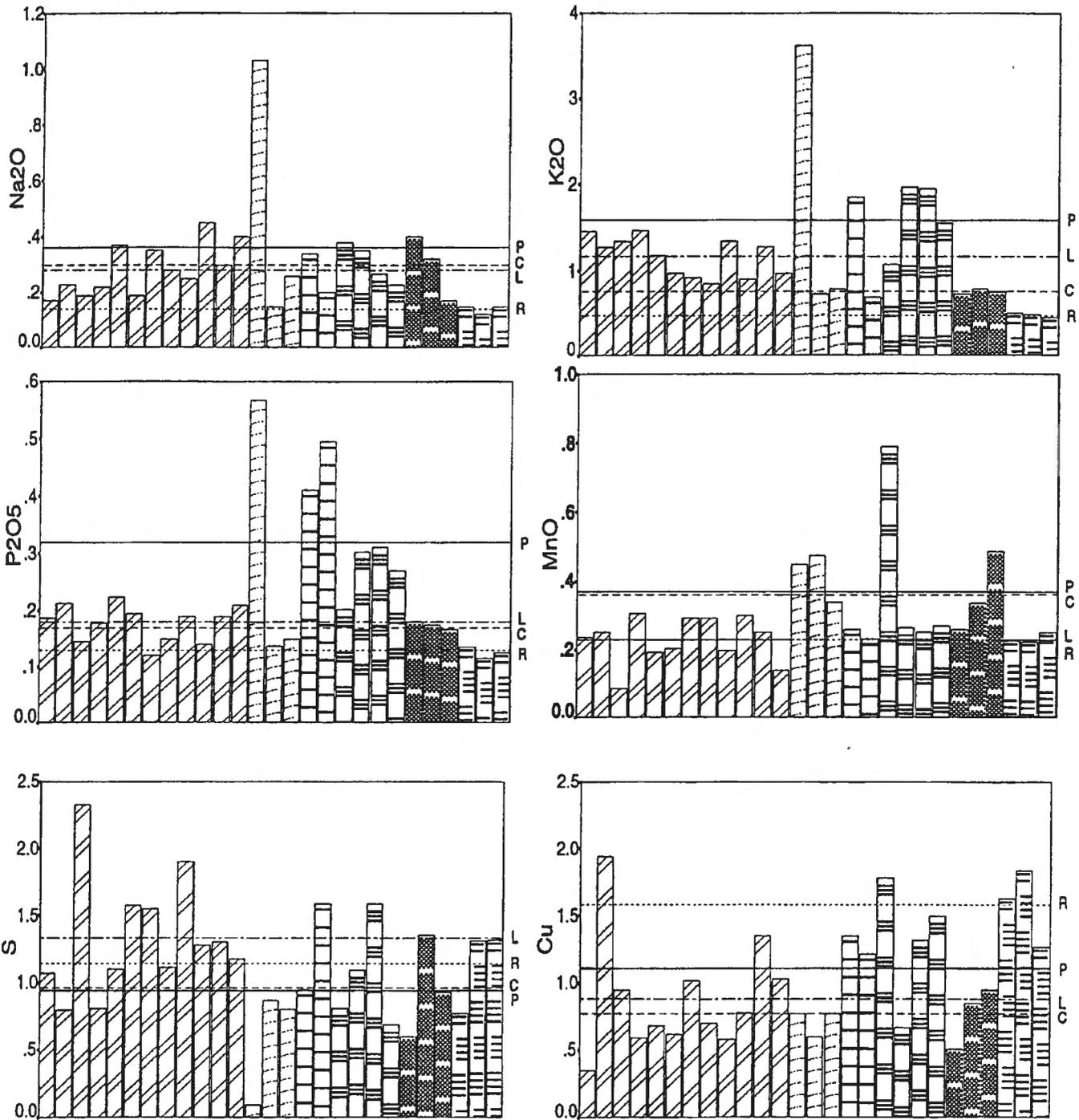


Fig. 14 – Diagrammi a barre della concentrazione di alcuni elementi maggiori (%).

Fig. 14 – Diagrams indicating concentration of some major elements (%).

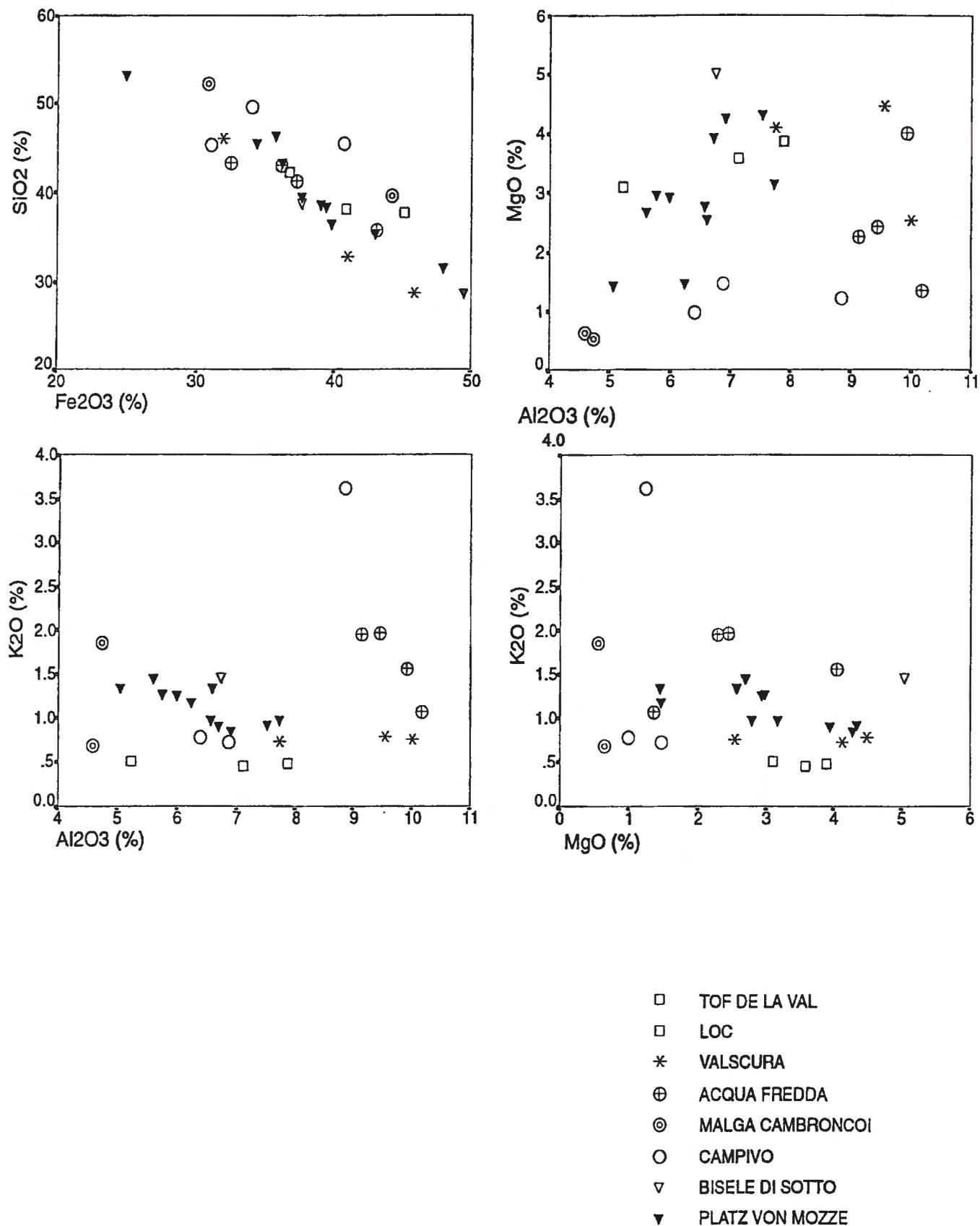


Fig. 15 – Diagrammi binari tra le concentrazioni di alcuni elementi.

Fig. 15 – Binary diagrams indicating concentration of some elements.

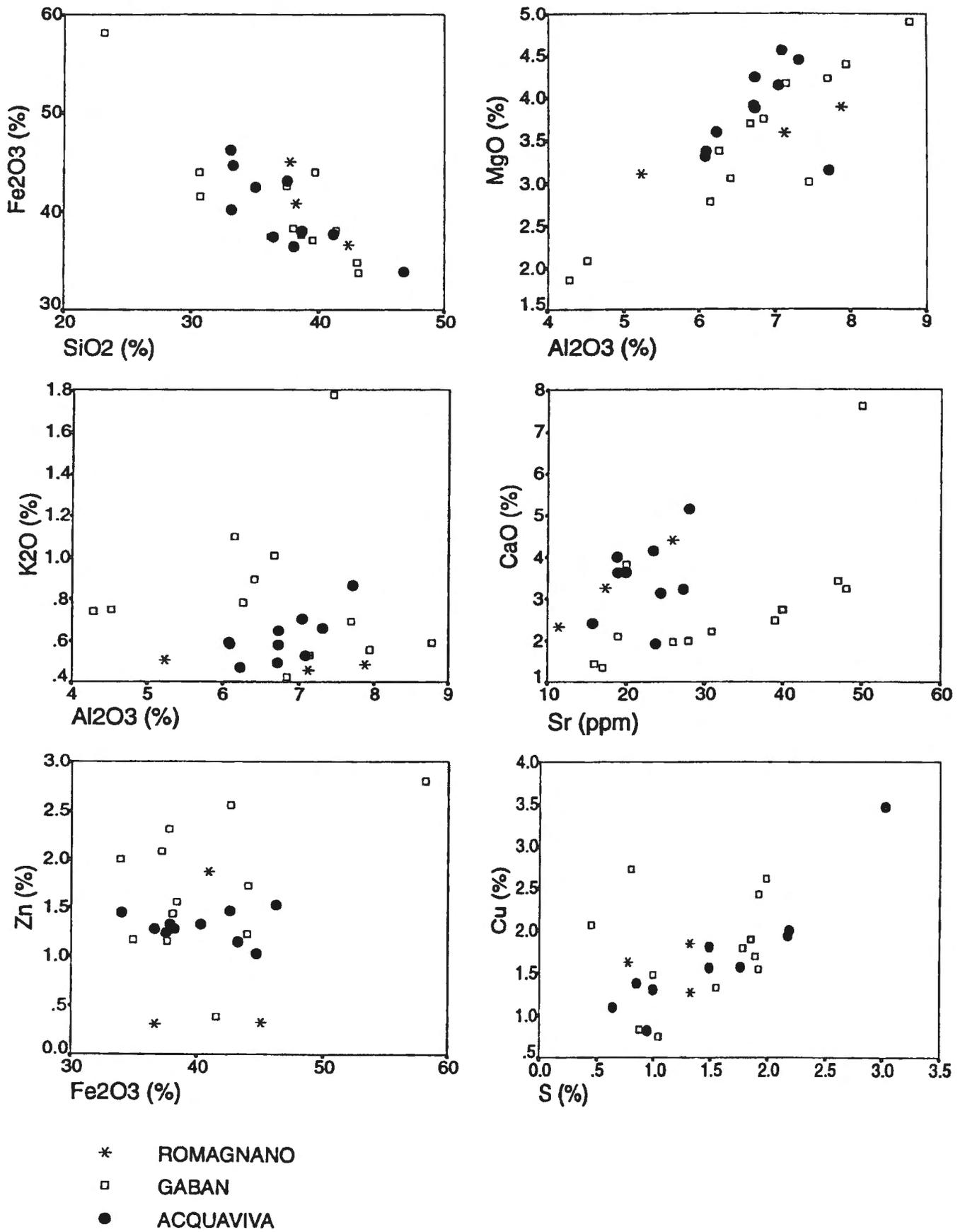


Fig. 16 – Diagrammi binari tra le concentrazioni di alcuni elementi.  
 Fig. 16 – Binary diagrams indicating concentration of some elements.

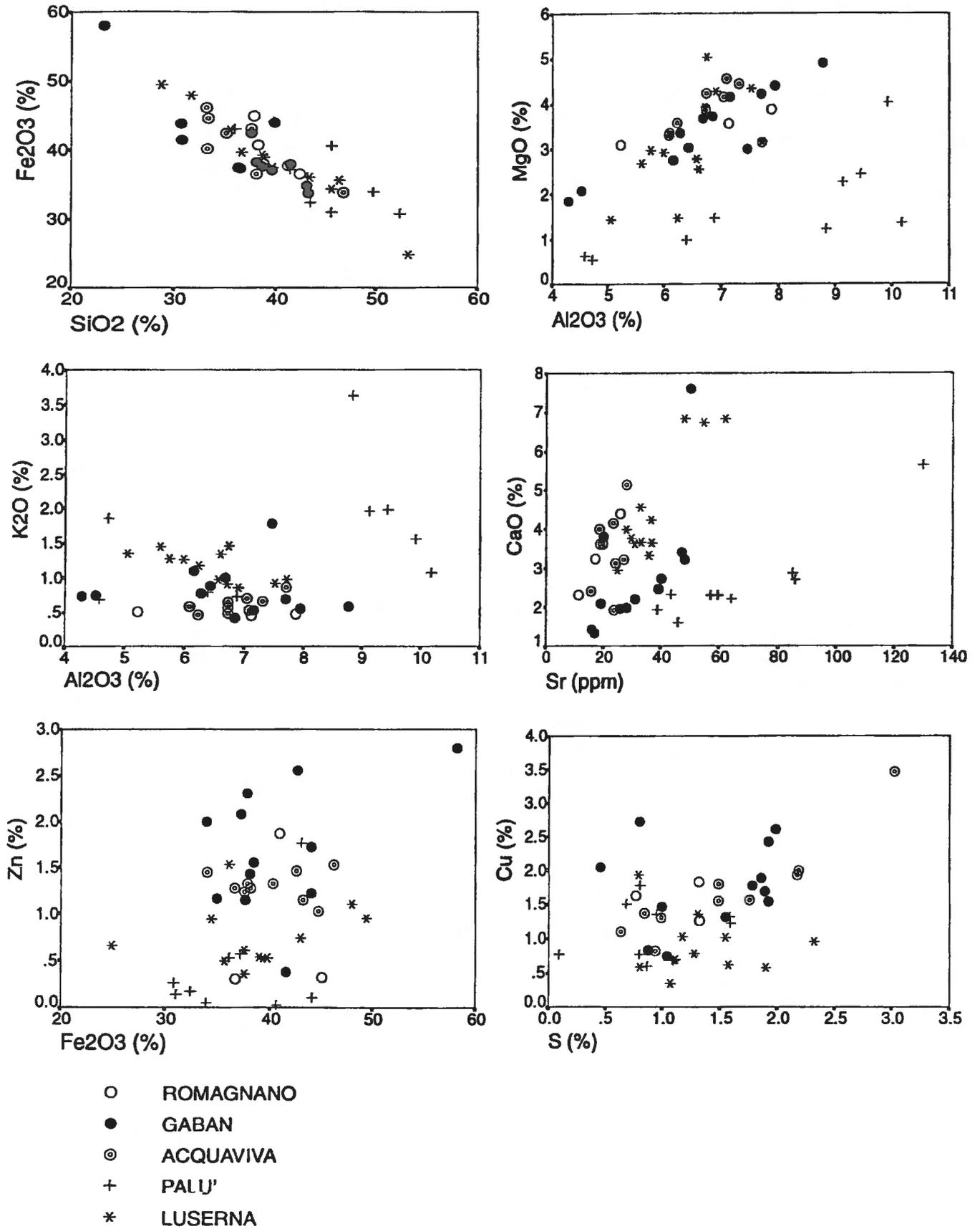


Fig. 17 - Diagrammi binari tra le concentrazioni di alcuni elementi.  
 Fig. 17 - Binary diagrams indicating concentration of some elements.