



Doctoral Thesis

**Isotope geochemistry and fluid inclusion studies on the late metamorphic gold-quartz veins of the Monte Rosa area, Northwestern Alps, Italy
the origin of metals and fluids**

Author(s):
Curti, Enzo

Publication Date:
1987

Permanent Link:
<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000402980> →

Rights / License:
[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 8263

ISOTOPE GEOCHEMISTRY AND FLUID INCLUSION STUDIES ON THE
LATE METAMORPHIC GOLD - QUARTZ VEINS OF THE MONTE ROSA
AREA, NORTHWESTERN ALPS, ITALY : THE ORIGIN OF METALS
AND FLUIDS.

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (E.T.H.), ZURICH

for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by:

Enzo Curti

Dipl. Natw. ETH Zürich

born : February 21, 1958

citizen of Mendrisio, Switzerland

Accepted on the recommendation of

Prof. V. Köppel, referee

Prof. M. Grünenfelder, co-referee

Prof. P. Lattanzi, co-referee

1987

ABSTRACT.

In the Monte Rosa area (northwestern Italian Alps) swarms of epigenetic, quartz-sulfide-gold-bearing veins occur within a terrane affected by a Tertiary regional metamorphism of greenschist to amphibolite grade. They are preferentially associated with felsic rocks of the upper Penninic nappes. Field evidence combined with available geochronological data imply emplacement ages postdating the metamorphic peak. The spatial distribution of the veins is related to late metamorphic large scale tectonic disturbances, which displace, truncate or fold the isograds.

Lead isotope compositions of galenas and other sulfides were compared with those of feldspars, clinozoisites and whole-rocks from various unaltered host-rocks. The data suggest derivation of the ore lead from the Caledonian metapelites, and possibly from the Hercynian granitoids, of the Monte Rosa and Camughera-Moncucco units, but rule out significant contributions from the neighbouring ophiolitic greenstones and associated stratiform massive sulfide deposits. The separation of the ore leads in two distinct data fields is probably the result of ore deposition from at least two hydrothermal systems, which were separated in space and possibly also in time.

Oxygen analyses yielded isotopic compositions consistent with a metamorphic origin of the ore fluids, except for the Toppa mine, where lighter, probably surface-derived water was involved. Fractionations between mineral pairs in metasediments and granites indicate metamorphic peak temperatures of 450-600 °C, in agreement with those inferred from petrological evidence. These temperatures and fluid inclusion data were used as input parameters in a simple model to predict the oxygen isotope compositions of gangue quartz. The comparison of predicted with experimental values shows that the model is consistent with the assumption that the fluids were generated by metamorphic devolatilisation within the metapelites and granitoids, in agreement with the lead isotope data.

Fluid inclusion microthermometry confirmed that the gold-transporting fluids are of metamorphic origin, as indicated by the ubiquitous presence of carbon dioxide in primary inclusions and by their low salinities.

Evidence was found that the CO₂-bearing brine mixed to some extent with an essentially aqueous, cooler solution. This dilution and cooling could have favoured gold precipitation, as low sulfur activities and low temperatures strongly reduce its solubility. The inclusion data, used in conjunction with depositional temperatures (estimated from arsenopyrite compositions) or with the inferred load pressures, allowed the determination of approximate P,T- conditions of trapping. The calculations indicate temperature ranges between 280-360 °C and fluid pressures exceeding 1.2 kbars for the Val Toppa and Val Sesia districts, whereas in the main district of Valle Anzasca temperatures of ore deposition were comprised between 350-475 °C and fluid pressures ranged from 0.8 to 1.5 kbars.

The results of this study suggest that the gold-bearing fluids were generated by metamorphic devolatilisation during the late stage of the Tertiary Alpine metamorphism. The lead, and possibly the gold, were supplied by rocks derived from the continental crust, in opposition to current genetic models for Archean gold deposits, which require a mantle source. Furthermore, it is indicated that regional metamorphism and extensional tectonics played an important role in the genesis of the Monte Rosa ores, in analogy with most greenstone-hosted, Precambrian gold-vein deposits.

RIASSUNTO.

Nella regione del Monte Rosa (Alpi nordoccidentali, Italia), affiorano gruppi di filoni auriferi a quarzo e solfuri. Sono prevalentemente associati alle rocce felsiche delle falde Pennidiche superiori, che hanno subito gli effetti di un metamorfismo regionale Terziario in facies scisti verdi-anfibolite. Dati geocronologici e di terreno implicano per la messa in posto dei filoni età posteriori al picco metamorfico Alpino. La distribuzione geografica delle mineralizzazioni è controllata, su scala regionale, da disturbi tettonici che interrompono, dislocano o piegano le isograde Alpine.

Le composizioni isotopiche del piombo nelle galene e in altri solfuri legati alle mineralizzazioni sono state paragonate a quelle determinate su feldspati, clinozoisiti e rocce totali separati da campioni freschi delle principali unità litologiche incassanti. I dati suggeriscono che il piombo concentrato nei filoni auriferi deriva probabilmente da metapeliti Caledoniane, e forse in parte da granitoidi Ercinici, formanti gran parte delle unità del Monte Rosa e di Camughera-Moncucco. Al contrario, si possono escludere contributi rilevanti dalle unità ofiolitiche e dai giacimenti pirritici stratiformi ad esse associati. La separazione in due campi isotopici ben distinti per i solfuri associati alle mineralizzazioni, definita da criteri di distribuzione geografica, indica che probabilmente furono attivi almeno due sistemi idrotermali, separati spazialmente e forse anche cronologicamente.

Gli isotopi dell'ossigeno hanno quasi sempre composizioni che concordano con l'ipotesi di un'origine metamorfica delle soluzioni aurifere. Unica eccezione è il giacimento di Val Toppa, per il quale i dati isotopici suggeriscono la presenza di acque superficiali. Dai frazionamenti isotopici tra varie coppie di minerali nei paraderivati Caledoniani e nei graniti Ercinici si ricavano temperature di 450-600 °C per il picco metamorfico, in accordo con quelle dedotte da equilibri di fase mineralogici. Unitamente a dati sulle inclusioni fluide, le temperature isotopiche sono state utilizzate quali parametri iniziali nella quantificazione di un modello genetico semplificato, con il quale si sono

calcolate le composizioni isotopiche dell'ossigeno nel quarzo associato ai filoni. Il confronto tra i valori calcolati e quelli determinati analiticamente rivela che il modello concorda con l'ipotesi di fluidi mineralizzanti generati per devolatilizzazione nelle metapeliti e/o nei granitoidi durante l'evento metamorfico Alpino, in accordo coi dati isotopici del piombo.

Le analisi microtemometriche su inclusioni fluide hanno confermato la natura metamorfica delle soluzioni aurifere. Ciò è indicato dalla costante presenza di anidride carbonica e da bassi valori di salinità nelle inclusioni primarie. Si è potuto inoltre appurare un parziale mescolamento tra il fluido a CO₂ e una soluzione più fredda essenzialmente acquosa. Tale mescolamento e conseguente raffreddamento possono aver favorito la precipitazione dell'oro, poichè l'abbassamento della temperatura e dell'attività dello zolfo causano una forte riduzione della solubilità dell'oro. I dati sulle inclusioni, combinati con le temperature di deposizione (determinate dalla composizione di arsenopiriti) oppure con le pressioni litostatiche dedotte dalla velocità di innalzamento dell'edificio Alpino, hanno permesso di ricavare approssimativamente le temperature e pressioni di intrappolamento dei fluidi mineralizzanti. I calcoli indicano temperature tra 280 e 360 °C e pressioni superiori a 1.2 Kbars per i giacimenti di Val Toppa e Val Sesia, mentre nel distretto principale di Valle Anzasca le temperature variavano da 350 a 475 °C, e le pressioni del fluido da 0.8 a 1.5 Kbars.

Dai risultati di questo studio si può concludere che i fluidi auriferi sono stati prodotti per devolatilizzazione durante la fase tardiva del metamorfismo Alpino Terziario. Il piombo, e forse anche l'oro, sono stati estratti da rocce di origine continentale. Tale conclusione si contrappone ai modelli attuali sulla genesi dei giacimenti auriferi Archeani, che richiedono rocce derivanti dal mantello quale fonti del metallo prezioso. Tuttavia, analogamente a quanto si osserva per la maggior parte dei giacimenti primari di età Precambriana nei "greenstone belts", si può desumere che processi metamorfici e tettonica estensiva hanno avuto un ruolo chiave nella formazione dei filoni auriferi del Monte Rosa.