pianetaterra®
Le Scienze della Terra per la Società
La Terra: stella per una anno, pianeta per sempre

Ministero dell'Università e della Ricerca
Diffusione della Cultura Scientifica – Pr. 2008

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO
ALMA UNIVERSITAS TAURINENSIS
Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche

INTRODUZIONE
ARCHEOLOGIA
GEOLOGIA
BIBLIOGRAFIA
CREDITI
INDICE
AIUTO

RONDOLERE

UN INCONTRO FRA LA STORIA DEL PIANETA E LA STORIA DELL'UOMO

Introduzione

La nostra storia e quella della terra sono inseparabili;
le sue origini e la sua storia sono le nostre,
il suo futuro sarà il nostro futuro.

(dalla «Dichiarazione internazionale dei diritti della "Memoria della Terra"» -Digne- 1991)

Animazione di Marvel (da Wikimedia Commons, 2009)

Il progetto **"Le Scienze della Terra per la lettura del Territorio: contributo alla ricostruzione dell'attività archeomineraria e archeometallurgica nell'alta Valsessera (prov. Biella)"**

Ogni angolo del pianeta è stato ed è modellato da processi geologici imponenti, in tempi inimmaginabili se rapportati ai ritmi che scandiscono le attività umane. Anche dove queste dinamiche non sono facilmente intuibili, ne hanno profondamente condizionato la natura, modellando il paesaggio e determinando la distribuzione delle risorse naturali.

L'Anno internazionale del Pianeta Terra (IYPE: International Year of Planet Earth, inaugurato nel febbraio 2008 dall'UNESCO), annoverava tra i propri obiettivi la diffusione delle conoscenze finora acquisite sul nostro Pianeta grazie alle Scienze della Terra, con un ampio programma di attività, che di fatto hanno coinvolto l'intero triennio 2007-2009.
Questo progetto, co-finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, nell'ambito della Diffusione della Cultura Scientifica (Legge 10/01/2000, n.6) si inserisce fra le iniziative che intendono promuovere la cultura tecnico-scientifica, favorendo la comunicazione con il mondo della ricerca universitaria, così da far crescere una diffusa consapevolezza sull'importanza della scienza e della tecnologia per la vita quotidiana e per lo sviluppo sostenibile della società.
In particolare il progetto vuole contribuire a diffondere la cultura tecnico-scientifica relativa ad alcuni aspetti geo-giacimentologici, archeominerari ed archeometallurgici del territorio alpino, focalizzandosi sul sistema estrattivo e siderurgico di Rondolere (prov. Biella).

Destinatari del progetto sono gli allievi degli Istituti scolastici della provincia di Biella (e non solo) e tutti coloro che, come singoli cittadini od appartenenti ad associazioni pubbliche e private, pongono l'attenzione su una maggior conoscenza del territorio e sono alla ricerca di un turismo "esigente" dal punto di vista scientifico e culturale.

Le pagine che seguono possono essere un utile approfondimento per la visita al sentiero didattico Giovanni Battista Rei, allestito presso l'area archeologica di Rondolere, mettendo a disposizione gli strumenti fondamentali e scientificamente corretti per una lettura in chiave geologica del territorio anche da parte di chi non ha conoscenze specialistiche.

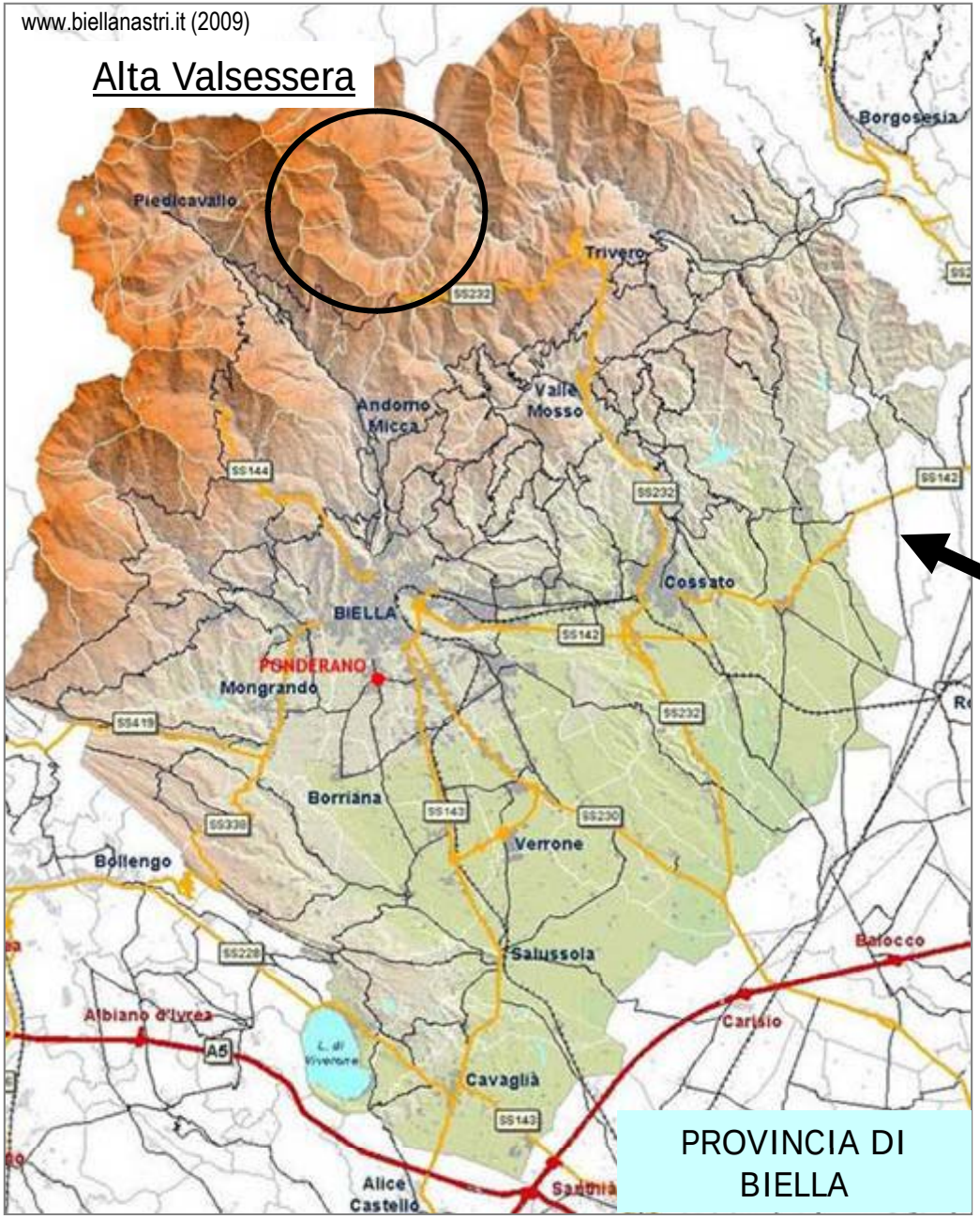
Rondolere: storie che si incontrano

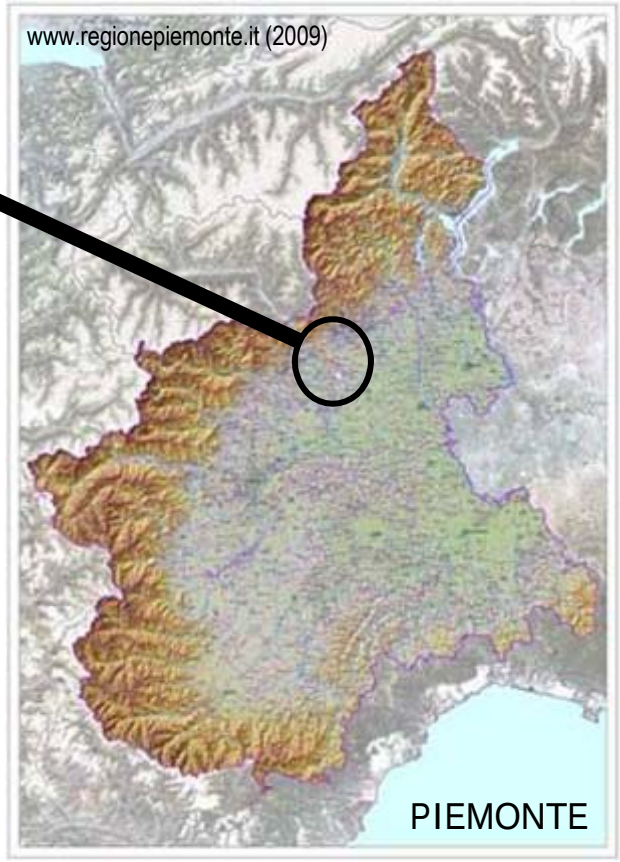
Racconteremo di un luogo dove la storia dell'Uomo e quella del Pianeta si sono incontrate. Qui, sorprendentemente, gli strumenti utilizzati dalla geologia ci aiuteranno non soltanto a comprendere i processi che hanno trasformato la Terra e tutt'ora ne modellano l'aspetto. Lo studio delle rocce, in particolare, ci guiderà anche in un viaggio di scoperta nella storia degli uomini che hanno lavorato in Alta Valsessera, dove nel passato la presenza di giacimenti di ferro è stata alla base di una fiorente attività: quella mineraria.

E' da qui che partiremo per un percorso a ritroso nel tempo, al momento in cui a Rondolere c'erano minatori e fabbri, e ancora più indietro, nell'epoca lontanissima in cui si sono formate le rocce sfruttate per l'estrazione.

L' Alta Valsessera

L' Alta Valsessera si trova nella parte settentrionale della provincia di Biella. Si estende per circa 9000 ettari e, come si capisce dal nome, comprende la parte a quote più alte dell'intera vallata.





L' Alta Valsessera

E' un territorio complesso: rilievi e dorsali interne, gole e salti di roccia le danno un aspetto impervio, con altitudini che variano dai 537 m del Santuario del Cavallero ai 2556 m della Cima di Bo.

I principali rilievi che segnano i suoi limiti sono le creste che si sviluppano fra la Cima di Bo e monte Barone a Nord, al confine con la Valsesia; sul versante meridionale, affacciato sulla valle Strona, si snoda invece la strada a mezza costa che collega le valli Sessera e Cervo e che prende il nome di Panoramica Zegna.

A Ovest, i confini con la valle Cervo sono segnati dalla cresta fra Bocchetto Sessera e Cima di Bo, con le cime di Bonom e delle Guardie e del Cravile; infine, ad Est, il territorio si apre sulla parte bassa della vallata, con le ultime alture di Gemevola (o Cornabecco) e Pissavacca fino al Santuario del Cavallero, ideale "imbocco" dell'alta valle.

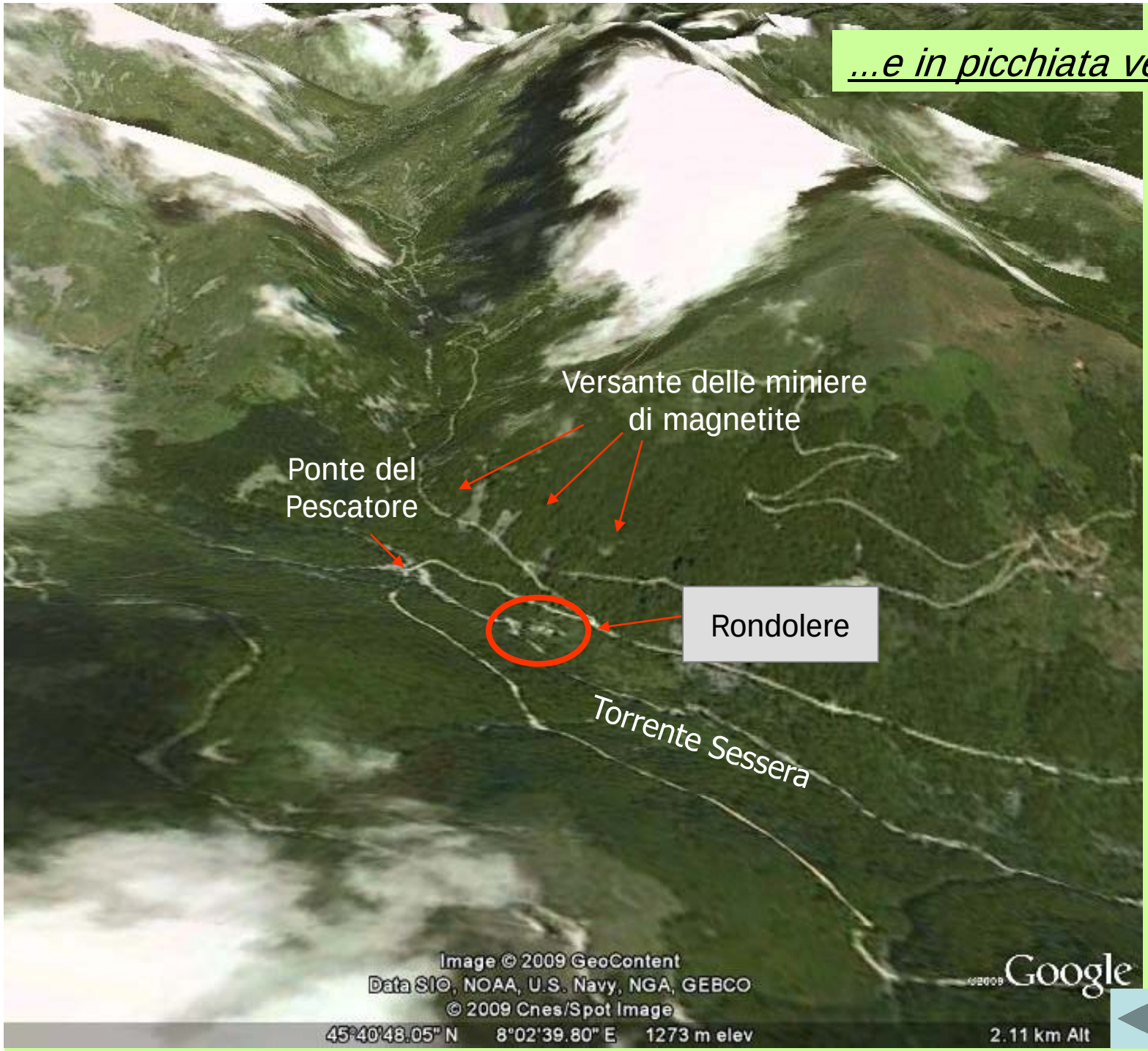
In volo sull'Alta Valsessera...

Il suo carattere aspro e selvaggio l'ha da sempre resa inospitale all'uomo e per questo non ci furono mai insediamenti fissi.

Per secoli però gli uomini hanno utilizzato le risorse dell'alta valle.

Fra queste vennero sfruttati i boschi per la produzione di carbone e le miniere di magnetite: ciò che permise la produzione e la lavorazione del ferro a Rondolere

...e in picchiata verso Rondolere



Il versante mineralizzato, sfruttato per l'estrazione del minerale, si trova sulla sponda destra del Sessera.

Sulla stessa sponda è l'area archeometallurgica di Rondolere, poco a valle del "Ponte del Pescatore", dove veniva lavorato il materiale estratto.

L'AREA ARCHEOLOGICA DI RONDOLERE

Nel settembre 2005 è stato presentato ed aperto al pubblico il sito archeologico di Rondolere.

Ciò che rende speciale quest'area è la testimonianza eccezionale di un completo ciclo produttivo precedente l'epoca industriale: un'attività che durò meno di trent'anni, a cavallo fra 1700 e 1800.

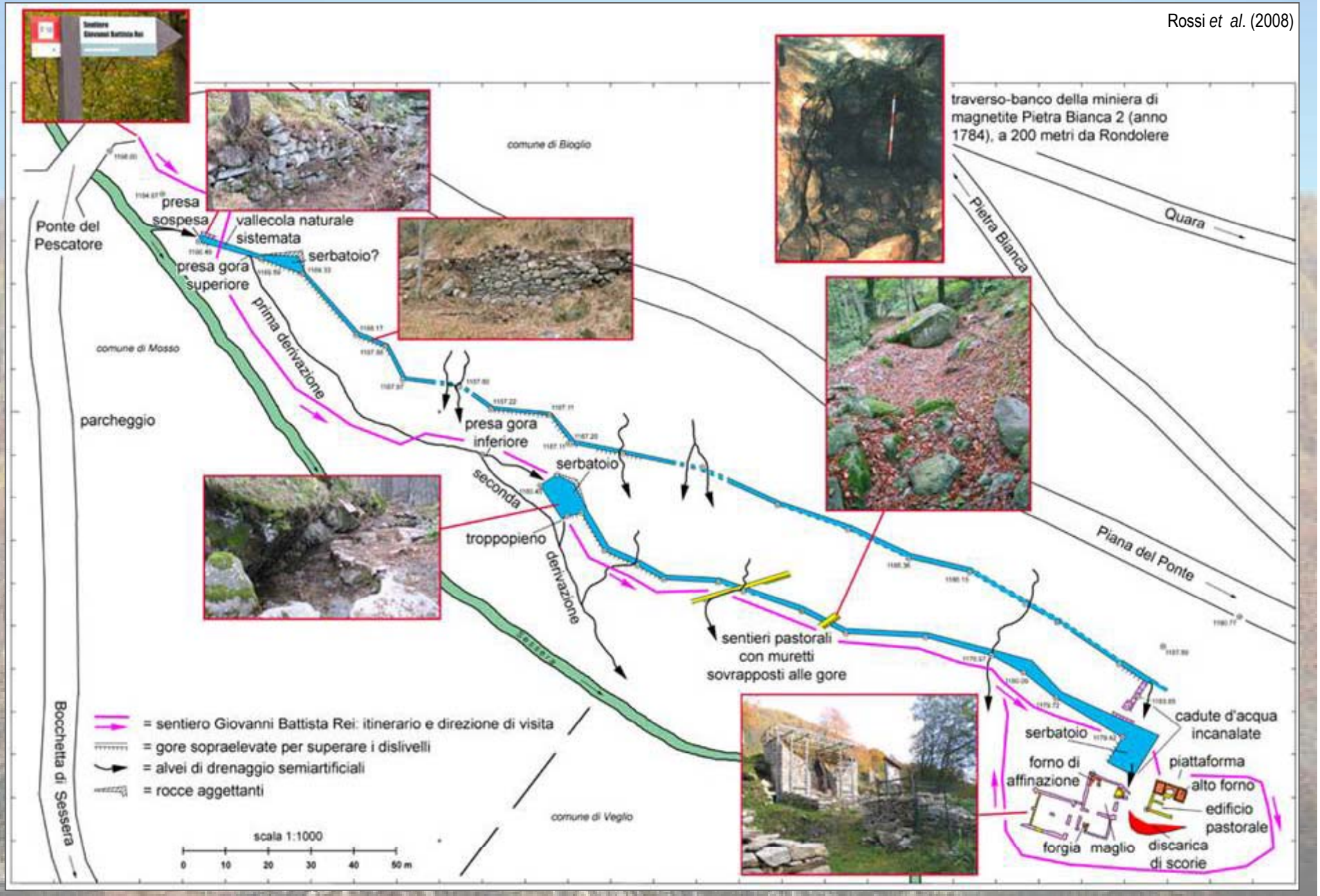
Nel raggio di poche centinaia di metri si trovano sia le miniere dalle quali veniva estratta la materia prima - non visitabili - sia le strutture di lavorazione del materiale estratto.

Un percorso guidato da pannelli informativi permette di scoprire l'antico altoforno per la fusione del minerale, il maglio per la sua lavorazione, la fucina.

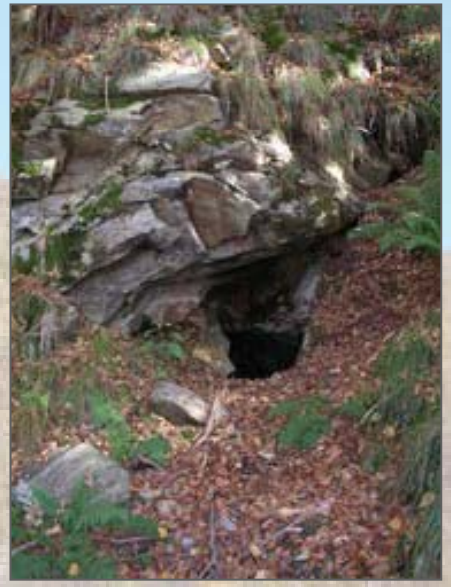
Il percorso parte dal Ponte del pescatore. Giunti al complesso di edifici lo si può osservare dall'alto, scendere di fronte all'alto forno e visitare infine il resto delle costruzioni: tutto questo era il cuore dell'attività di produzione.

Rossi *et al*. (2008)

traverso-banco della miniera di magnetite Pietra Bianca 2 (anno 1784), a 200 metri da Rondolere



Già nel 1500 si sfruttava la ricchezza in ferro dell'alta valle, con tecniche di lavorazione più rudimentali. In questo periodo, ad esempio, ci si aiutava con il fuoco per fratturare la roccia ed estrarre il minerale: con il calore la materia si dilata, ma minerali diversi possono dilatarsi in misura maggiore o minore gli uni rispetto agli altri. Per questo la roccia era sottoposta a tensioni che la fratturavano, facilitando il lavoro ai minatori che scavavano per estrarre il minerale da utilizzare.



Anche gli impianti di lavorazione erano tecnologicamente poco avanzati: si trovavano inizialmente molto vicini alle miniere, in modo da non trasportare il minerale troppo lontano, e non sfruttavano la forza meccanica dell'acqua.

Ciò che noi possiamo vedere oggi sono invece i resti di un periodo successivo: un'attività mineraria che si sviluppò alla fine del 1700 per proseguire fino a metà 1800.

La tecnologia in questo periodo era più avanzata ed efficiente; i minatori sfruttavano la forza degli esplosivi, anche se il solo materiale che si trovava sul posto non era più sufficiente e veniva importato per lo più dal Canavese.

Chi si ritrovò a costruire e organizzare il complesso di Rondolere dal nulla aveva davvero buone conoscenze scientifiche e tecnologiche.

La scelta della posizione fu strategica: l'attività era favorita dall'abbondanza di legname, necessario per la produzione del carbone che alimentava i forni in funzione.

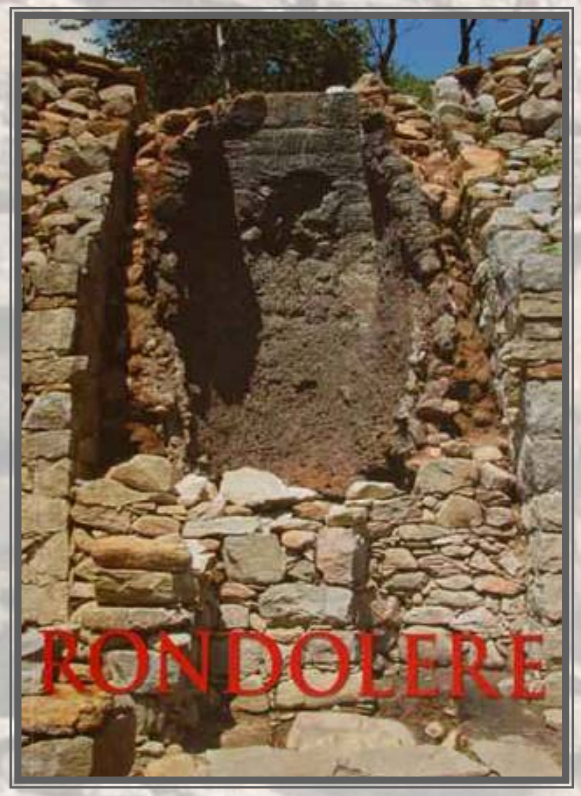
Inoltre le strutture si trovavano in una posizione comoda per far giungere il minerale estratto ai siti di lavorazione; le miniere si trovavano al di sopra del complesso e il minerale veniva fatto scendere lungo degli scivoli di legno. Questi scivoli si chiamano "fornelli di gettito" ma qui il fuoco non c'entra!

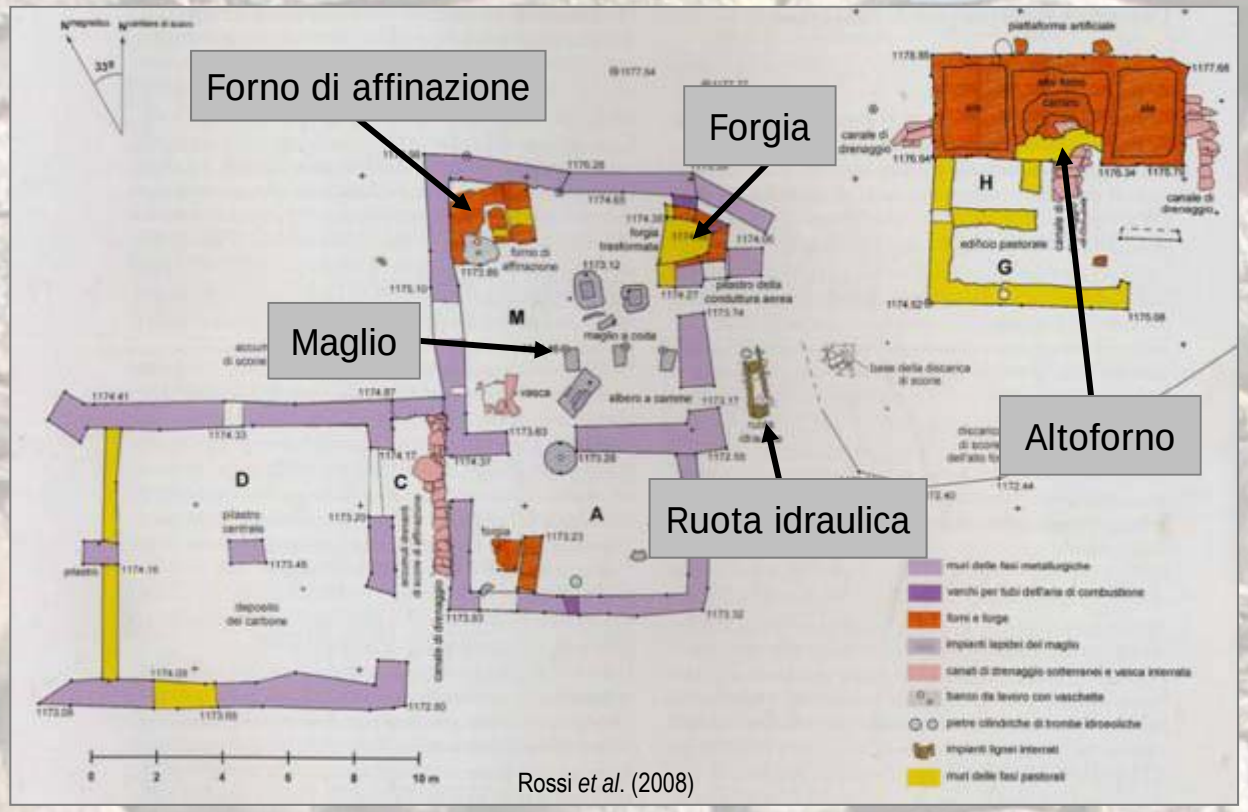
Era inoltre importantissima la vicinanza all'acqua del fiume, di cui veniva sfruttata la forza idraulica: vicino, ma non troppo, per essere al sicuro dalle inondazioni.

In effetti l'area siderurgica non fu mai inondata: gli studi sul suolo hanno permesso di capire che non ci sono sedimenti alluvionali - cioè portati dal fiume - contemporanei o posteriori alla installazione metallurgica.

I "progettisti" del tempo, insomma, avevano fatto un ottimo lavoro!

Le strutture





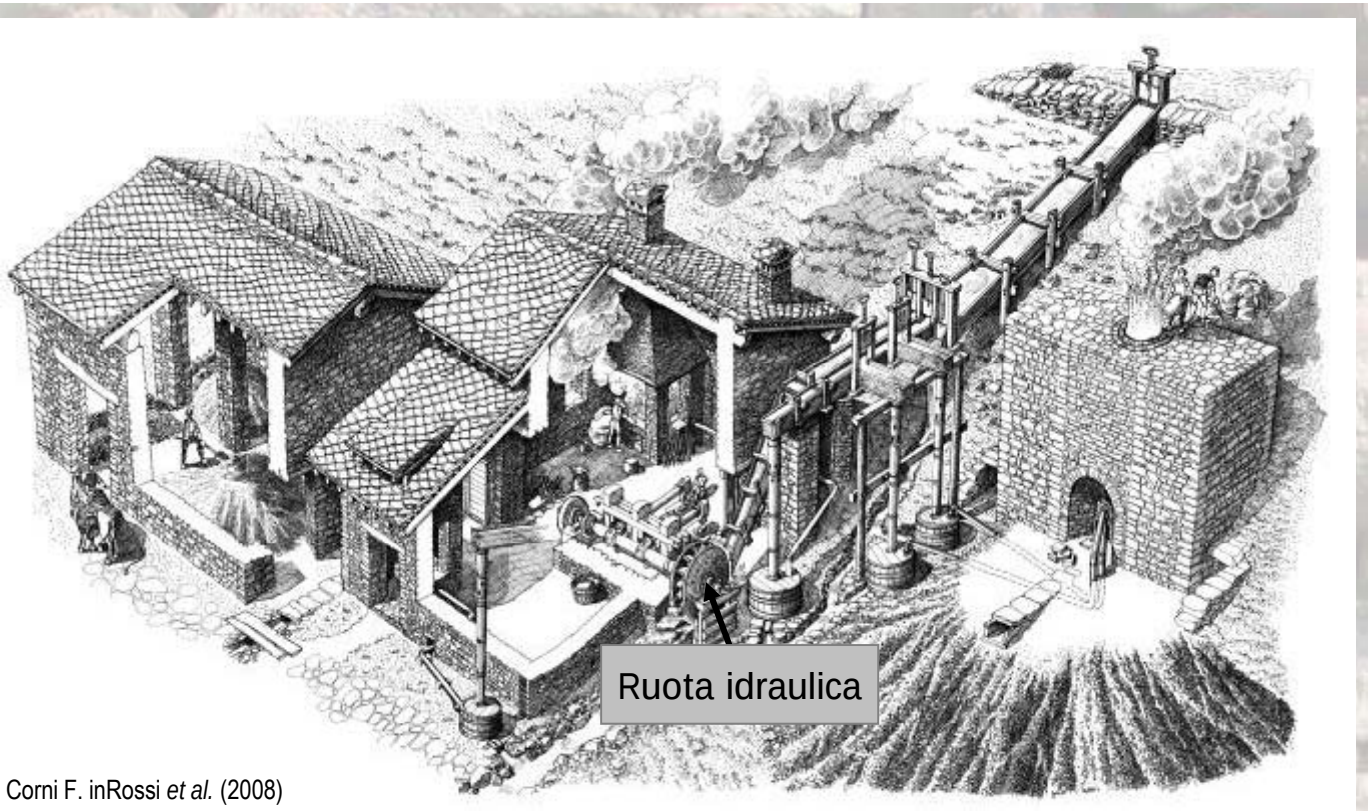
Rossi *et al*. (2008)

Planimetria quotata degli edifici di Rondolere prima dei restauri ricostruttivi

"Rondolere. Un'area archeometallurgica del XVIII secolo in alta val Sessera (Biella)": la guida archeologica del sito di Rondolere, edita nel 2008 grazie al Ministero per i Beni e le Attività culturali in sinergia con la "Comunità Montana Valle di Mosso"

Le strutture

Come dovevano apparire gli impianti durante l'attività metallurgica



Corni F. inRossi *et al.* (2008)

Corni F. in Rossi *et al.* (2008)

Le strutture metallurgiche attualmente preservate

L'alto forno di Rondolere prima del restauro

Un altoforno è una fornace la cui struttura permette di raggiungere le alte temperature alle quali il ferro fonde. Il prodotto che si ottiene è la ghisa, una lega di ferro e carbonio dalla quale, con ulteriori lavorazioni, si produce l'acciaio.

Anche quelli usati oggi dall'industria metallurgica sono altiforni: il processo è lo stesso, anche se le strutture sono molto più avanzate ed efficienti.

L'ALTOFORNO

Era uno spiazzo elevato dietro al forno (in questo caso un terrapieno artificiale) che facilitava l'accesso alla bocca del forno, per riempirlo con le materie prime: il minerale da fondere, il combustibile e il fondente.

Gli altiforni primitivi come quello di Rondolere erano addossati al pendio, perché era necessaria una "piattaforma di caricamento".

L'alto forno dopo il restauro

Corni F. in Rossi *et al.* (2008)

Come doveva apparire l'altoforno nel periodo di attività

Il funzionamento del forno

Bocca: da qui veniva caricato, cioè riempito, l'alto forno, ma non dobbiamo immaginarlo come un enorme pentolone pieno di minerale da fondere, con sotto un fuoco acceso. Si alternavano invece strati di minerale, carbone e fondente.

Man mano che negli strati sottostanti il carbone bruciava e il minerale fondeva, dall'alto venivano aggiunti nuovi strati di materie prime.

Qui la temperatura raggiungeva i 300°C circa.

Rossi *et al.* (2008)

Tino: a questa altezza del forno il ferro contenuto nelle rocce si combinava con l'ossigeno contenuto nell'aria. La temperatura poteva aumentare fino a 700°C.

Ventre: la temperatura aumentava tanto da fare fondere il ferro che, colando attraverso il carbone, cominciava a combinarsi con il carbonio. Il combustibile infatti, bruciando, oltre ad aumentare la temperatura liberava il carbonio in esso contenuto.

Sacca: era qui che le temperature raggiungevano i massimi livelli, fra i 1100 e i 1600°C. A questo livello si trovavano carburo di ferro e scorie (i materiali di scarto), ma anche ferro, carbonio, ossigeno e ossidi. Qui arrivavano anche i tubi che portavano l'aria, pompata da un marchingegno chiamato tromba idroeolica. Senza l'ossigeno contenuto nell'aria non sarebbe possibile la combustione del carbone.

La ghisa fuoriusciva da un foro posto sul fondo e attraverso piccoli canali finiva nelle lingottiere: stampi scavati nel terreno di fronte al forno, dove la ghisa raffreddava formando i blocchi - i lingotti - da inviare alla fucina per essere lavorati.

Crogiolo: vi si raccoglievano i prodotti finali dell'alto forno, cioè ghisa fusa e scorie fuse. Poiché la ghisa è più pesante finiva sul fondo e sopra ci galleggiavano le scorie: in questo modo era possibile ... "scremare" il tutto, separando le scorie dalla ghisa.

Le materie prime

Il minerale estratto e sfruttato a Rondolere era la magnetite. E' un minerale di ferro e fra quelli reperibili nelle vicinanze, era il più abbondante, più ricco in ferro e di più semplice lavorazione.

La magnetite è, come suggerisce il nome, magnetica: una sua varietà viene addirittura chiamata "calamita naturale"; nell'immagine a fianco si nota come la limatura di ferro è attratta da questo minerale.

Magnetite

CC Ra'ik (2008)

Carbonaia

CC Marcotullio123 (2008)

Il carbone usato come combustibile era prodotto grazie all'abbondante legname presente nella valle: i boschi erano estesi e le carbonaie numerose. Ancora oggi è possibile vedere gli spazi pianeggianti dove la legna veniva accatastata e trattata dai *carbunìn*, i carbonai.

Un'altra materia prima necessaria era il fondente: serviva a facilitare la separazione del ferro dalla ganga, cioè il complesso di minerali inutili che si trovavano insieme al ferro e che, fondendo e separandosi dal metallo fuso, formavano le scorie.

Fondente

Serneels V. in Rossi *et al.* (2008)

Castelli (2009)

Scorie

Non sappiamo però quale fondente si usasse a Rondolere; sulla piattaforma di caricamento sono stati ritrovati resti di pietrisco calcareo, che sicuramente poteva servire a questo scopo. Le analisi delle scorie invece fanno pensare venisse usato un altro minerale, la dolomite (un carbonato di calcio e magnesio).

LA FUCINA

Era il luogo dove si “batteva il ferro”, cioè lo si lavorava a caldo per dare ai pezzi la forma desiderata.

Il reparto di fucinatura comprendeva il forno di affinazione, un doppio maglio, una forgia e tutti gli strumenti utilizzati per la lavorazione del metallo.

Ruderi del forno di affinazione durante i restauri

Come doveva apparire il forno di affinazione

IL FORNO DI AFFINAZIONE

La ghisa ottenuta dall’altoforno era un materiale duro da lavorare, fragile e bolloso a causa dell’eccessivo contenuto in carbonio. Per diminuire la quantità di carbonio presente al suo interno, la ghisa veniva più volte scaldata nel forno di affinazione e battuta con il maglio.

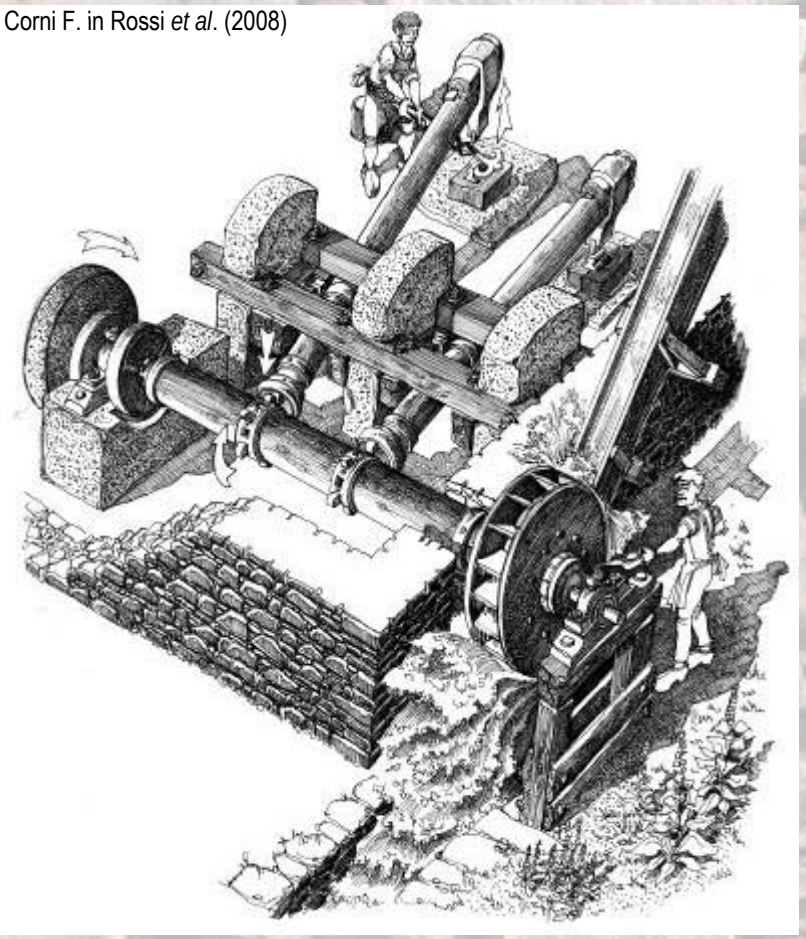
Grazie all’alta temperatura e alla ventilazione forzata il carbonio si combinava con l’ossigeno dell’aria e, formando anidride carbonica, si disperdeva attraverso il camino del forno.
In questo modo si otteneva l’acciaio, che poteva essere lavorato, sempre a caldo, per ottenere gli oggetti finali.

Quello di affinazione è un forno che raramente viene ritrovato negli scavi. Il ritrovamento di questa struttura rende l’area archeologica di Rondolere importante e un po’ speciale!

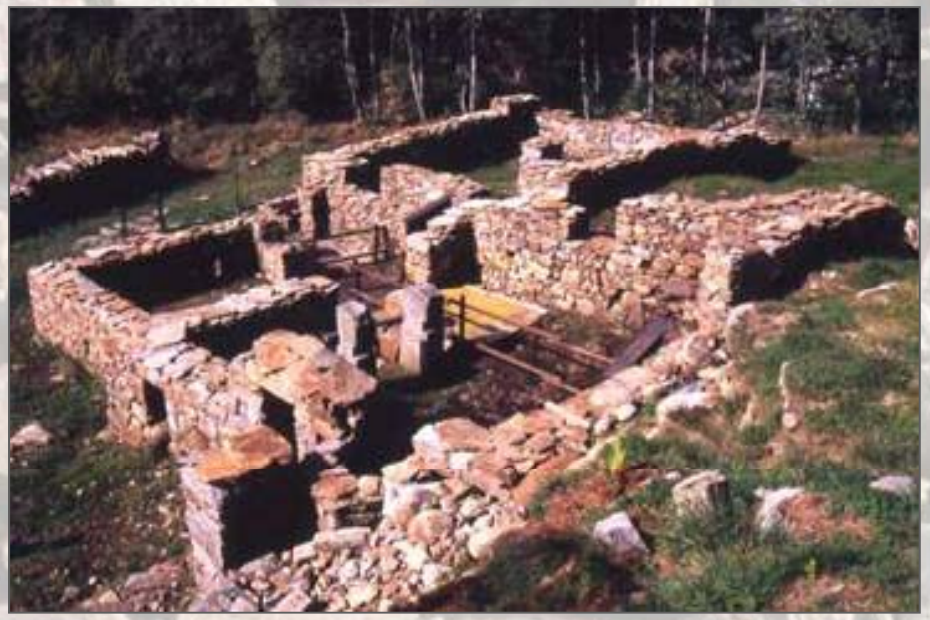
IL MAGLIO

Era la struttura con cui si spezzettava la ghisa da affinare e per lavorare l'acciaio fino a ottenere i prodotti finiti.

Corni F. in Rossi *et al*. (2008)



Il maglio e la ruota idraulica, come dovevano apparire durante l'attività metallurgica



Il maglio e l'area della fucina, come si presentano oggi

Il maglio era una sorta di enorme martello, in questo caso era doppio, cioè c'erano due mazze battenti, mosse grazie alla forza idraulica. Una ruota mossa dall'acqua era collegata a due lunghe strutture in legno che sostenevano le mazze battenti e che salivano e scendevano al girare della ruota, battendo così il materiale posto sulle incudini.

LA “TROMBA IDROEOLICA”

Corni F. in Rossi *et al*. (2008)

Come doveva apparire la tromba idroeolica durante l’attività metallurgica

L’acqua garantiva anche l’aerazione dei forni: era garantita da una struttura detta “tromba idroeolica”, che sfruttando un salto d’acqua creava uno spostamento d’aria. E’ un po’ più facile intuirne il funzionamento se pensiamo al vento più o meno forte che sentiamo vicino alle cascate.

Per portare l’acqua del fiume all’impianto furono costruiti due canali, le gore, che deviavano l’acqua del torrente Sessera verso l’area di lavorazione fino a un terrapieno artificiale, costruito in modo da creare il dislivello necessario a favorire la caduta d’acqua.

LE MINIERE

Interno del traverso-banco: Era la galleria che serviva a raggiungere la zona ricca di minerale: la magnetite .

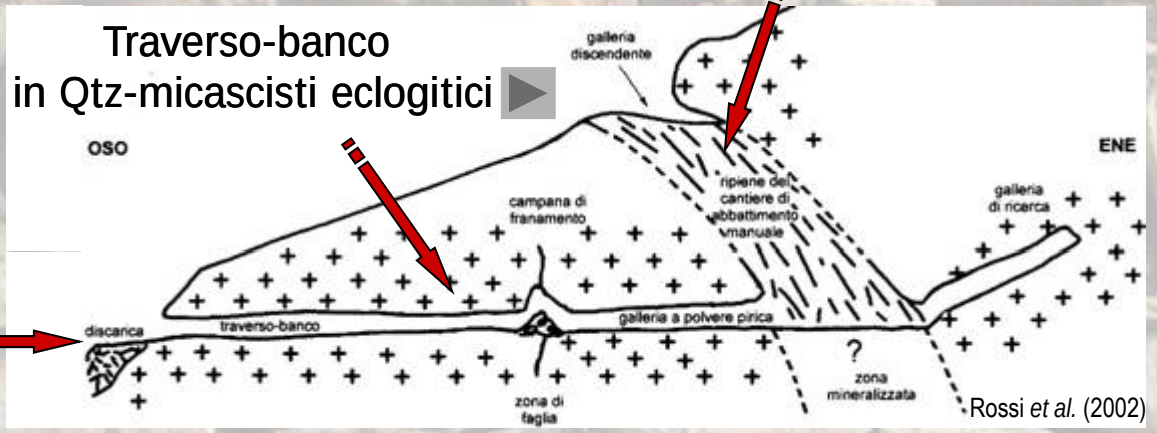
Il traverso banco attraversava una zona sterile, le cui rocce cioè non erano ricche di minerale.

Galleria discendente

Imbocco

Zona mineralizzata della galleria discendente

Traverso-banco in Qtz-micascisti eclogitici



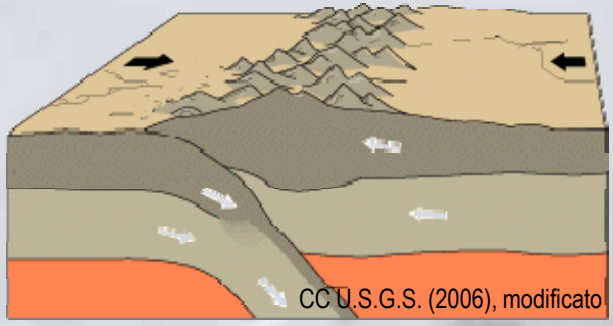
Rossi *et al.* (2002)

Approfondimento sugli aspetti archeologici

LA GEOLOGIA DELL'ALTA VALSESSERA

La magnetite, sfruttata per la produzione di ferro, ha origini lontanissime nel tempo, legate ai processi che a partire da circa 65 milioni di anni fa formarono le Alpi.

Due placche continentali, quella africana e quello europea, si scontrarono e si corrugarono, dando origine alle montagne. Una parte delle rocce del continente europeo finì addirittura sotto quello africano!



CC U.S.G.S. (2006), modificato

Le rocce furono così sottoposte a pressioni e temperature altissime: in alcuni casi si crearono pieghe, in altri le rocce giunsero a fondersi.

Le rocce fuse risalirono lungo le fratture della crosta terrestre. Il magma non sempre fuoriusciva con eruzioni vulcaniche: poteva anche raffreddare all'interno della crosta, formando i cosiddetti plutoni.

CC Rolf Cosar (2006)

L'Alta Valsessera si trova proprio sul confine fra le due placche crostali che anticamente si sono scontrate. Qui possiamo trovare sia le rocce degli antichi continenti, sia quelle formate dal magma risalito verso la superficie.

Fra le due placche c'è anche una frattura della crosta: una *faglia*.

Grazie a una carta geologica, cioè una carta dove con colori diversi sono rappresentate rocce diverse, possiamo scoprire l'esistenza di differenti tipi di rocce con diverse storie.

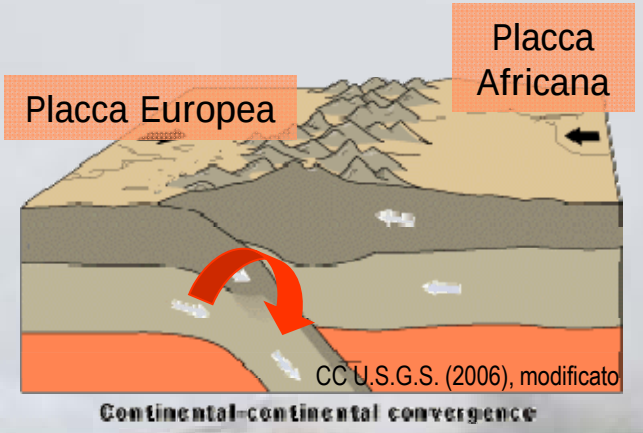
Corpi magmatici delle Valli Cervo e Sessera

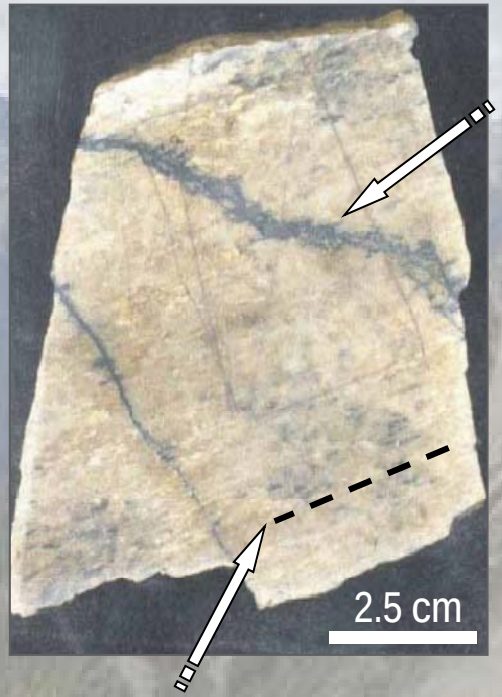
Si tratta di vicende legate all'orogenesi alpina, cioè la formazione delle Alpi.

La Zona Sesia-Lanzo

E' una porzione della placca africana che ha avuto un destino piuttosto avventuroso durante i complicati movimenti tettonici che originarono le Alpi.

A mano a mano che la placca europea "sprofondava" sotto quella africana (il processo si chiama *subduzione*), ne "grattugiava" via un po', trascinando con sé i lembi strappati.





vene idrotermali a tormalina

scistosità di alta pressione

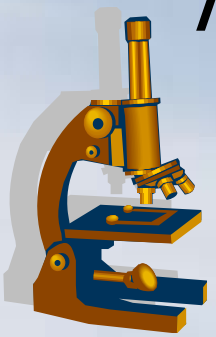
Le rocce della cosiddetta Zona Sesia Lanzo sono proprio quelle strappate via durante la subduzione, sottoposte prima ad altissime pressioni e poi riportate in superficie: un viaggio davvero movimentato!

Micascisti eclogitici

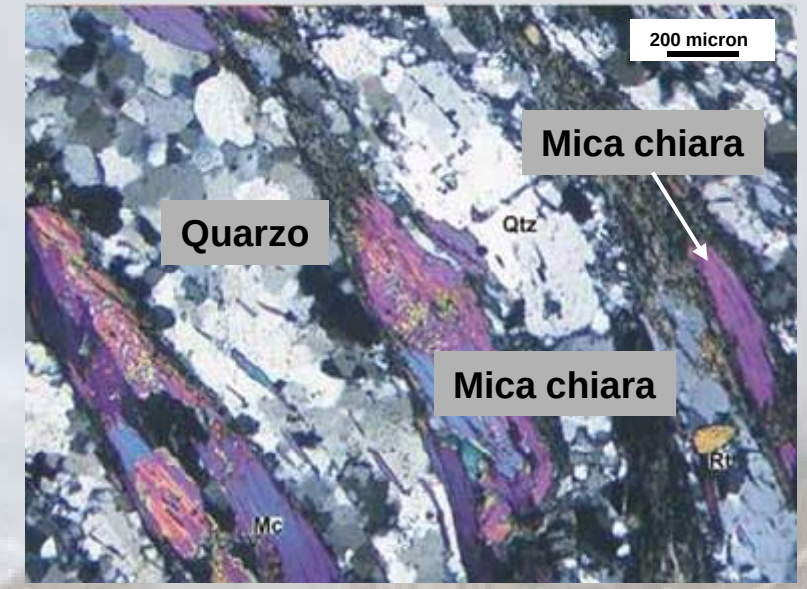
Le rocce che vediamo affiorare in Alta Valsessera si chiamano micascisti eclogitici.

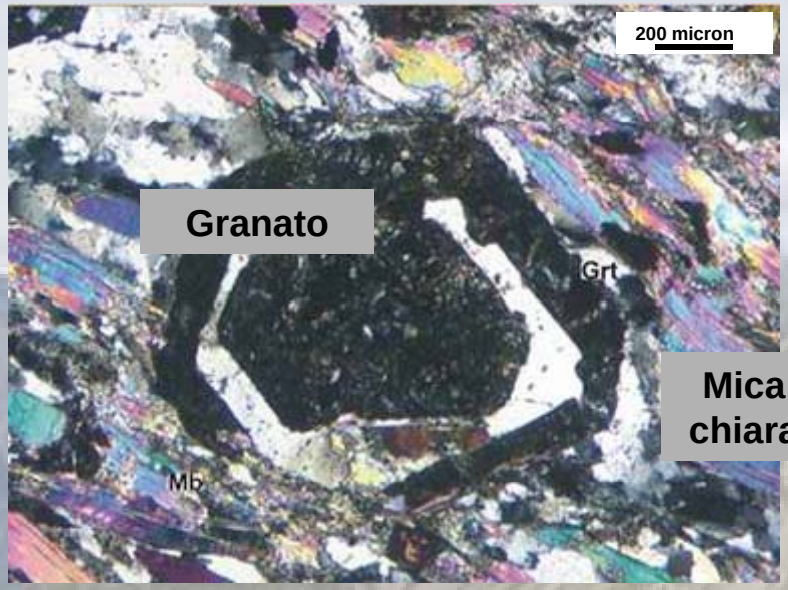
A causa delle alte pressioni orientate a cui sono stati sottoposti, i minerali che le formano sono disposti tutti nella stessa direzione: una struttura che prende il nome di *scistosità*.

I micascisti eclogitici visti al microscopio ottico



Cristalli allungati e orientati nella stessa direzione hanno forma e posizione adatti a ... "stare più comodi" se schiacciati da pressioni enormi! In questo caso si tratta di mica chiara. In queste immagini ha colori così vivaci perché è vista attraverso due lenti dette polarizzatori.



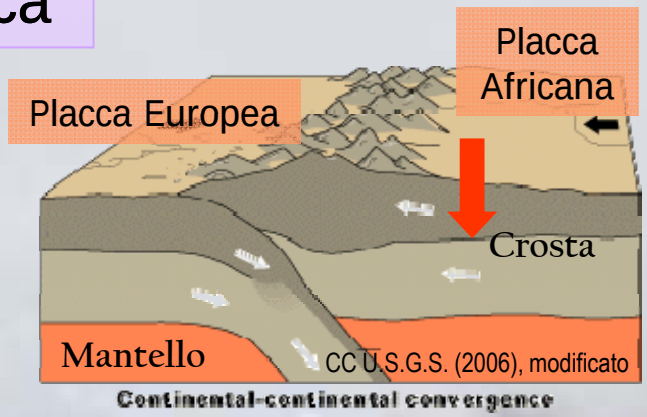


Ciò che resta di un minerale, il granato, nelle rocce che appartenevano alla placca africana.

I vari processi di trasformazione a cui è stata sottoposta la roccia in profondità hanno fatto si che un minerale, probabilmente la mica chiara, sia stato sostituito da altri due: biotite e clorite.

La Zona Ivrea-Verbano e la Linea Insubrica

Faceva parte della placca africana: era la parte più profonda, più vicina al mantello. A differenza della Zona Sesia Lanzo, però, durante l'orogenesi non è stata trascinata in profondità prima, e in superficie poi.



Gabbri stratificati

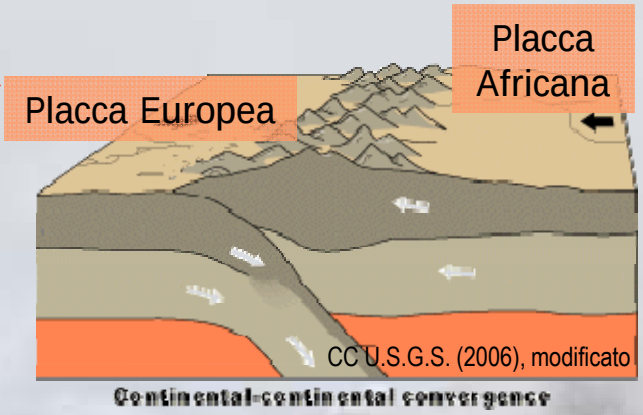
Le rocce della Zona Ivrea-Verbano che affiorano in Valsessera sono gabbri stratificati, così chiamati perché osservandoli si possono distinguere livelli in cui sono concentrati minerali diversi.

Fra la Zona Sesia-Lanzo e la Zona Ivrea-Verbano passa la Linea Insubrica: è una faglia, cioè una spaccatura della crosta terrestre. In corrispondenza alla Linea Insubrica le rocce appaiono fratturate a causa dell'attrito.

Rocce fratturate a Bocchetto Sessera

Il massiccio del Monte Rosa

La seconda montagna più alta d'Europa dà il nome alla formazione geologica di cui fa parte: è una porzione della crosta continentale europea trasformata durante il ciclo orogenico alpino.



Il Monte Rosa visto dalla Valsessera

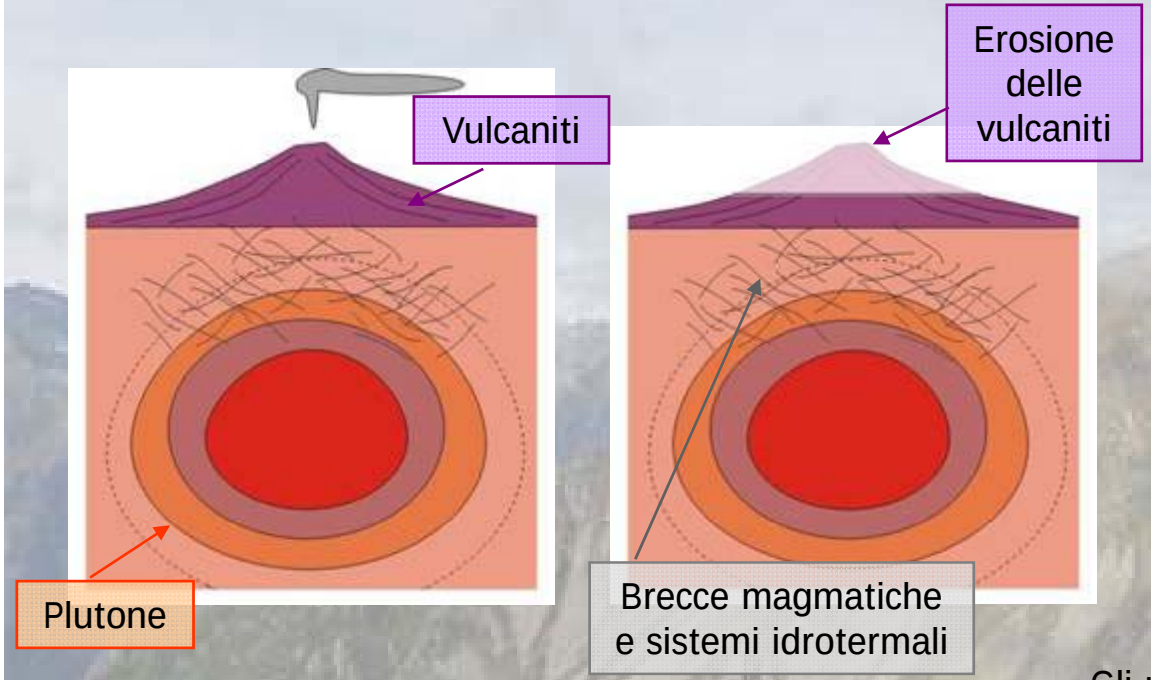
In Valsessera non affiorano rocce del Monte Rosa: il massiccio si trova più a nord.

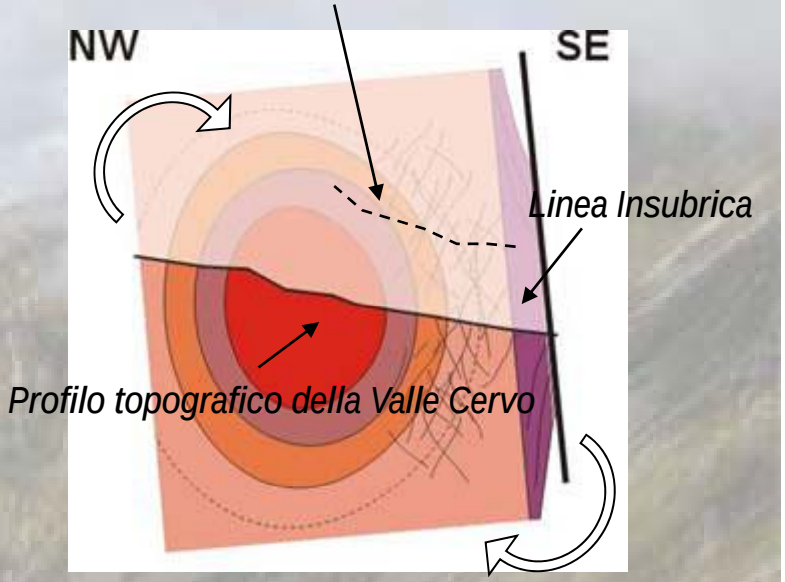
Gneiss appartenente al massiccio del Monte Rosa

Approfondimento sugli aspetti geologici

Corpi magmatici delle Valli Cervo e Sessera

Nelle fasi finali dell'orogenesi alpina, circa 30 milioni anni fa si formò il plutone della Valle Cervo: è una massa di magma raffreddata lentamente poco sotto la superficie della crosta terrestre, nella zona che ora più o meno corrisponde alle valli Cervo e Sessera; nello stesso tempo ebbero luogo - sì, proprio in Valsessera! - eruzioni e colate vulcaniche.





Mentre il magma era quasi del tutto solidificato erano ancora presenti dei fluidi caldi, che si infiltrarono nelle fessure delle rocce sovrastanti: allargando le fessure e rompendo le rocce formarono sistemi idrotermali e brecce magmatiche.

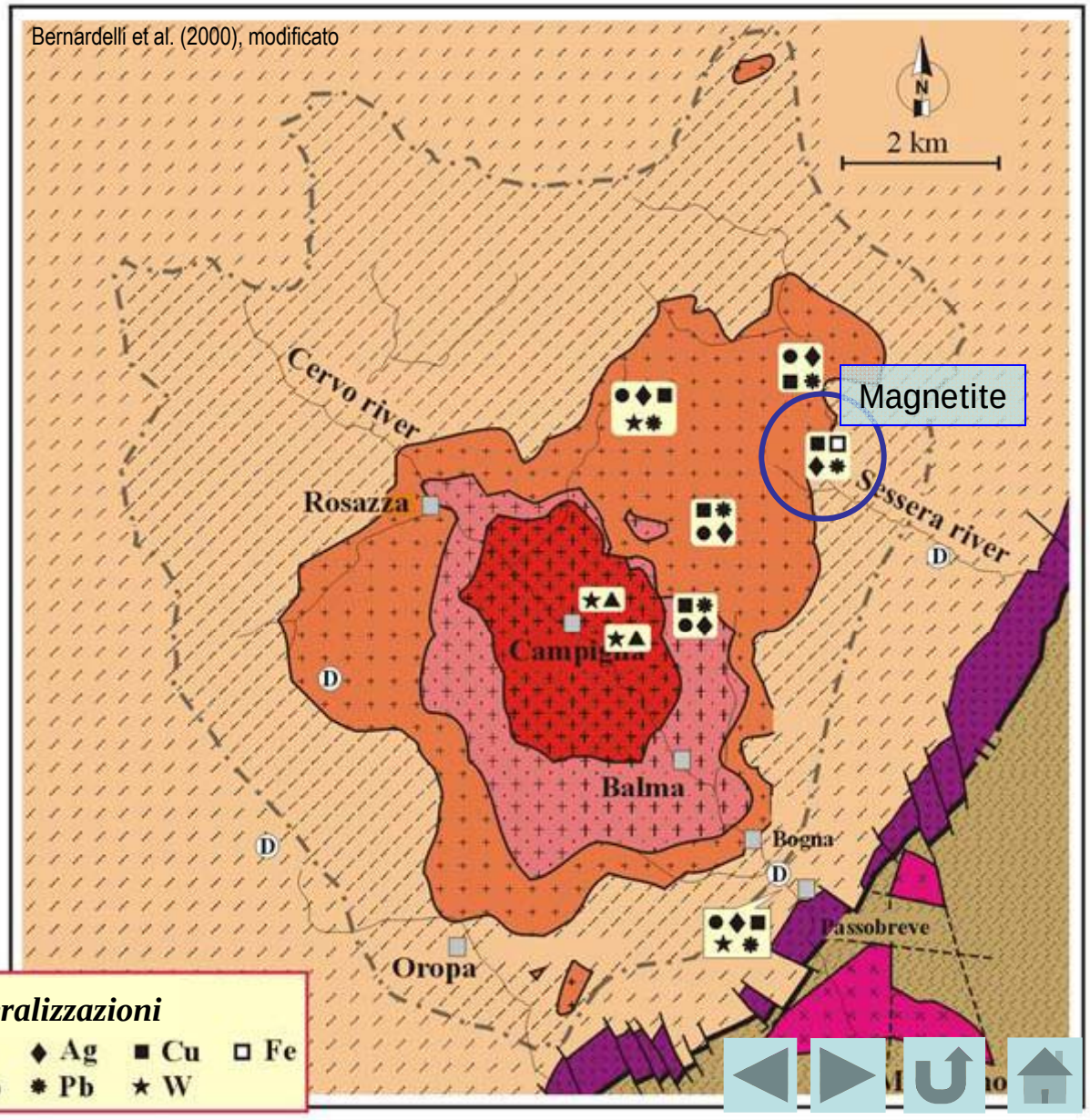
Gli ultimi movimenti tettonici ribaltarono il blocco di crosta.

Da allora solo l'erosione ha modellato il territorio, scavando le valli fino a dare loro l'aspetto con cui le conosciamo ora.

Il plutone della Valle Cervo e l'origine della magnetite

Il plutone della Valle Cervo è formato da gusci concentrici, un po' come una cipolla, fatti da rocce di composizione diversa. Raffreddando ha anche modificato le rocce che lo contenevano, formando intorno a sé una zona detta "aureola di contatto".

La magnetite sfruttata a Rondolere si è formata durante le fasi finali della formazione del plutone.



Età (in milioni di anni)

29-33 Ma vulcaniti

32 Ma D filoni magmatici

31-34 Ma Stock di Miagliano

30-31 Ma *Le rocce del plutone:*

- granodiorite
- sienite
- monzosienite e monzonite

Zona Sesia Lanzo con aureola di contatto

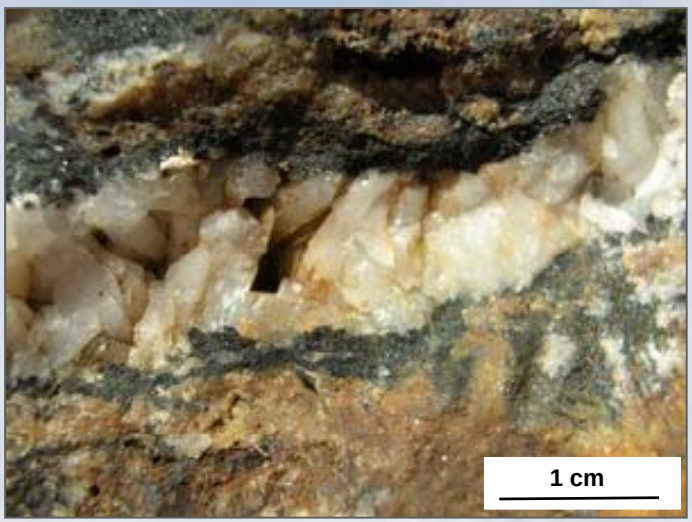
Zona Ivrea Verbano

Rocce del plutone e vulcaniti

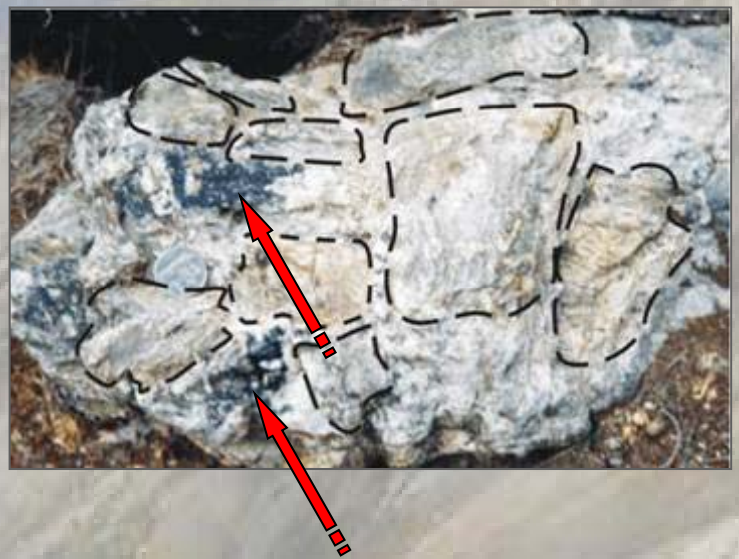
Monzoniti lungo il crinale posto fra la cima del Monticchio e la cima di Bunom

Vulcaniti nei pressi di Bocchetto Sessera

Sistemi idrotermali e brecce magmatiche



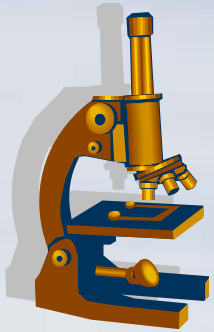
I sistemi idrotermali hanno formato vene con bei cristalli di quarzo al centro e tormalina ai bordi (a sinistra), e vene di tormalina i cui cristalli sono cresciuti “a ventaglio” (a destra).

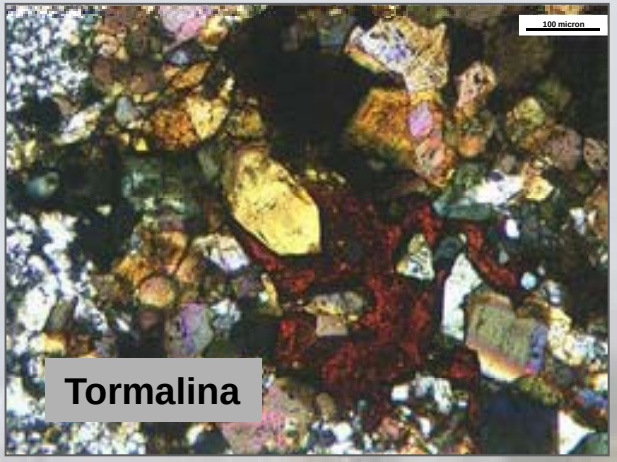


sacche di tormalina

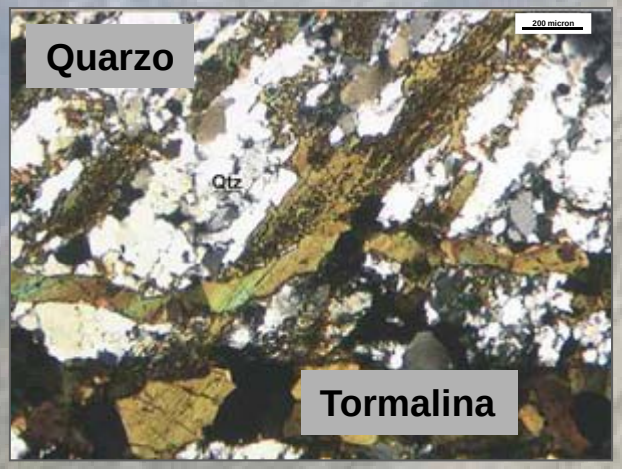
Quando il materiale fuso si insinua con forza nelle fessure della roccia le frantuma: si forma così una breccia magmatica, formata da porzioni della roccia incassante “tenute insieme” dal fuso solidificato.

Sistemi idrotermali e brecce magmatiche visti al microscopio ottico

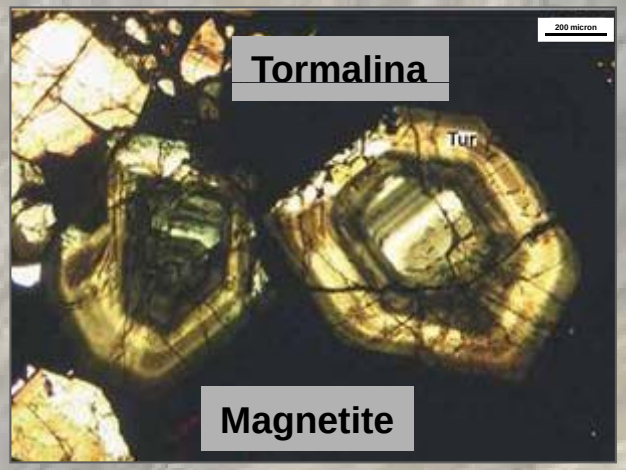




La disposizione a ventaglio dei cristalli di tormalina si nota anche al microscopio; nell'immagine a sinistra i cristalli di tormalina appaiono colorati, anziché verdi come nelle altre immagini, perché sono visti attraverso due lenti dette polarizzatori, che deviano i raggi luminosi.



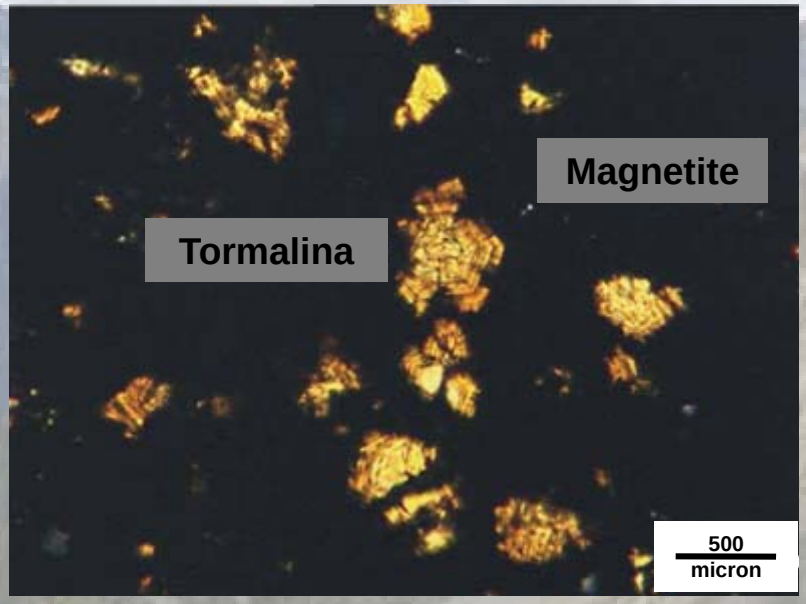
Le vene di tormalina si sono formate in una roccia costituita prevalentemente da quarzo

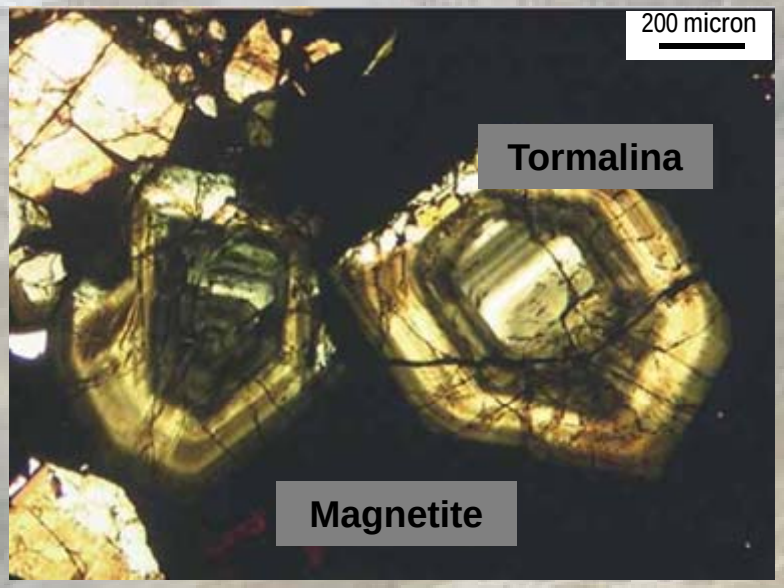


Una vena di tormalina e magnetite: la materia prima per produrre il ferro!

Il materiale destinato alla fusione

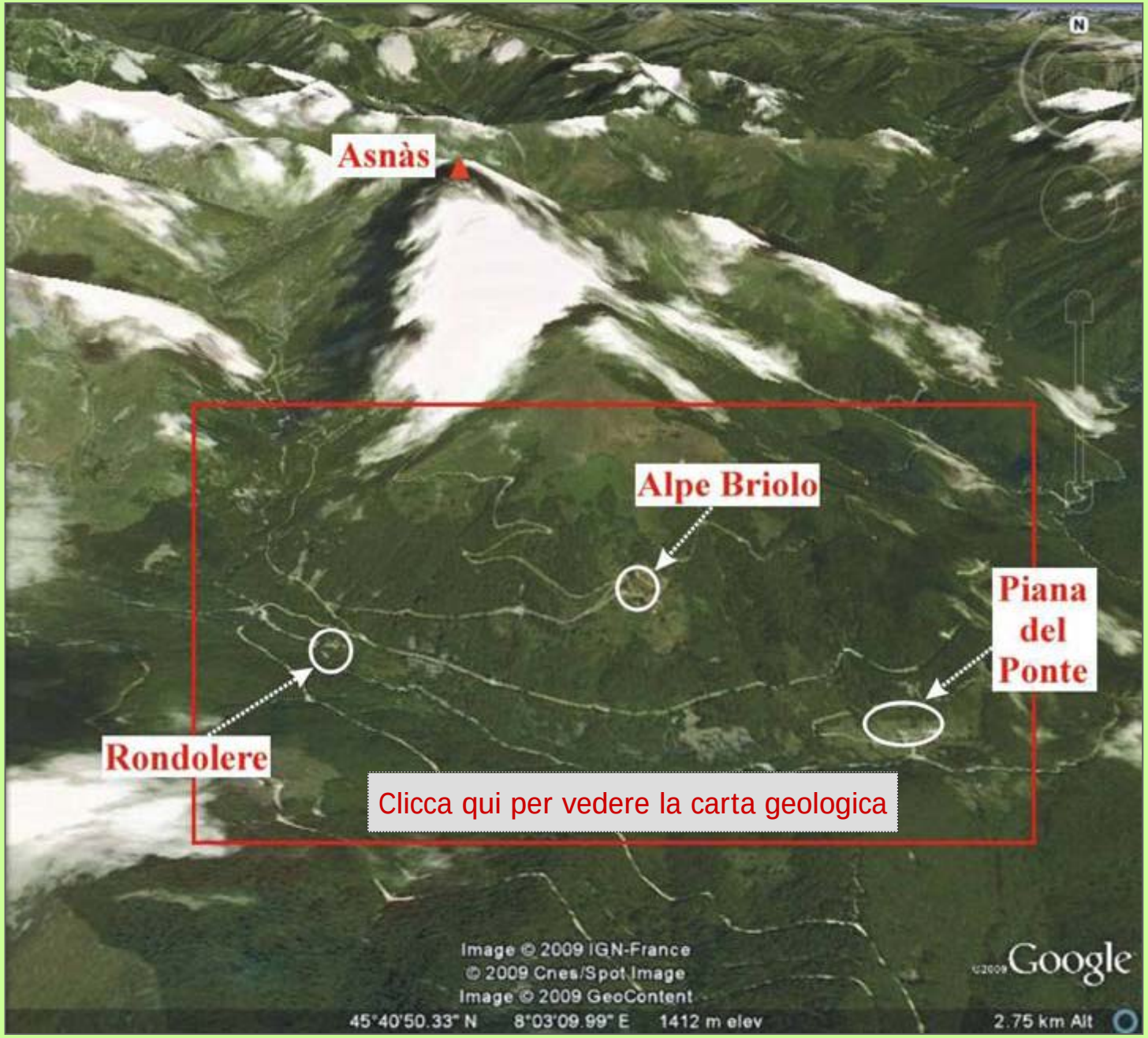
Nel sito di Rondolere sono stati ritrovati i resti della magnetite destinata ad essere fusa; in questo caso il processo non è avvenuto e possiamo quindi riconoscere ancora perfettamente la struttura della roccia.





Il campione di tormalina rinvenuto nel sito confrontato con un campione fresco, raccolto vicino alle miniere, visti attraverso il microscopio ottico.

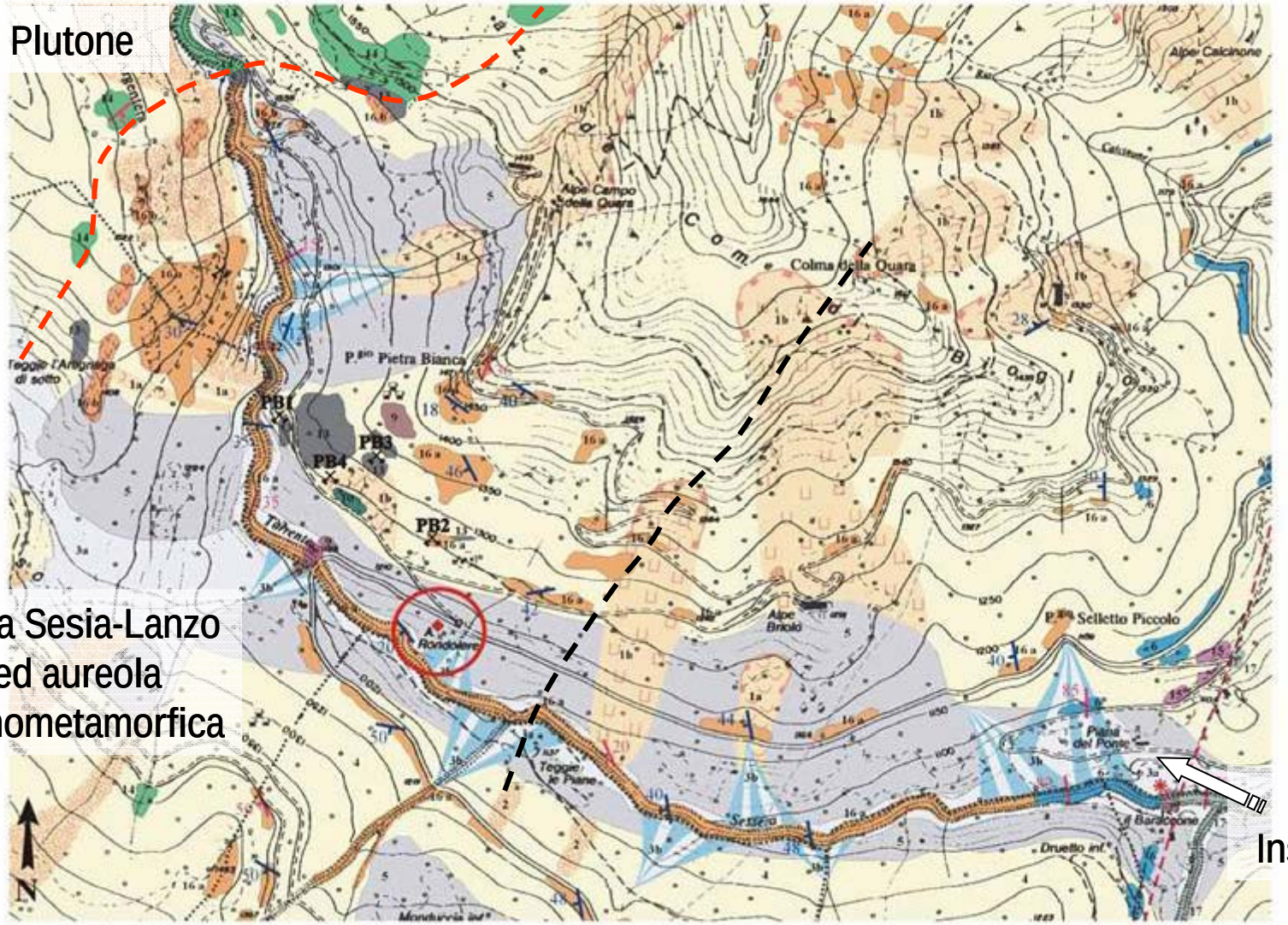
Carta geologica dell'area tra Costa l'Argentera e Piana del Ponte



E' stata realizzata una carta geologica dell'area di Rondolere: la carta comprende la zona racchiusa dal riquadro rosso.

Carta geologica dell'area compresa fra Costa l'Argentera e Piana del Ponte (Valsessera, prov. Biella)

Ilaria Selvaggio, 2006



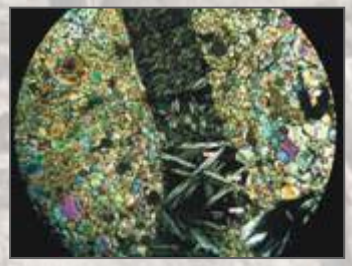
I materiali di costruzione dell'altoforno: una storia complessa

Non è difficile immaginare che il forno dovesse essere costruito in modo da non fondersi come il ferro...
Quali rocce furono scelte? E come le ha trasformate la continua"cottura" a cui sono state sottoposte negli anni di attività metallurgica?

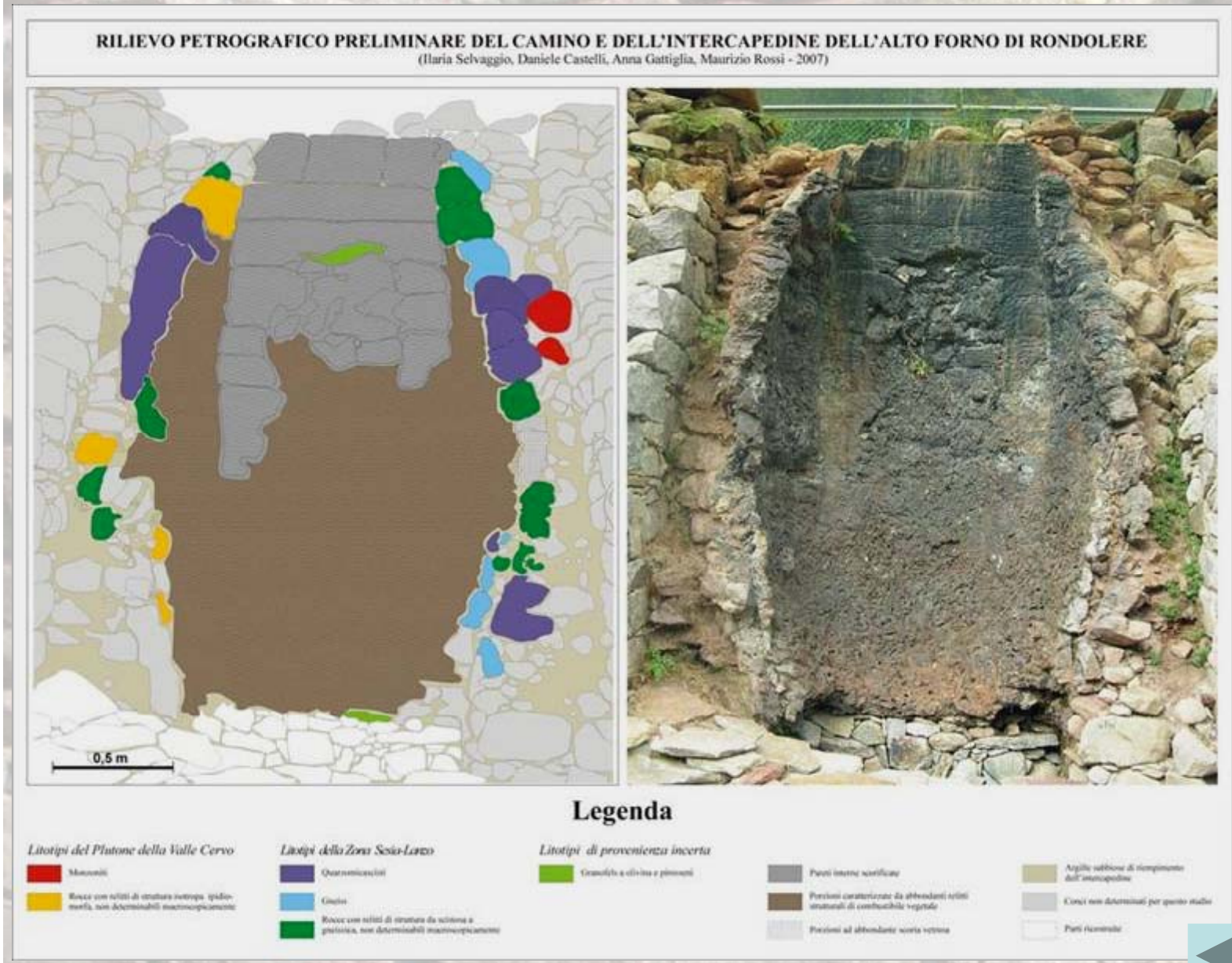
Per scoprilo ci siamo arrampicati sul forno, in modo da vederlo più da vicino ...

... abbiamo raccolto campioni di materiale

E ci abbiamo anche ... guardato dentro!



Grazie all'osservazione del forno, all'analisi e allo studio dei materiali che lo costituivano, è stata ricostruita quest'immagine. Analogamente a una carta geologica, colori diversi indicano rocce diverse: con una sola occhiata, tante informazioni.



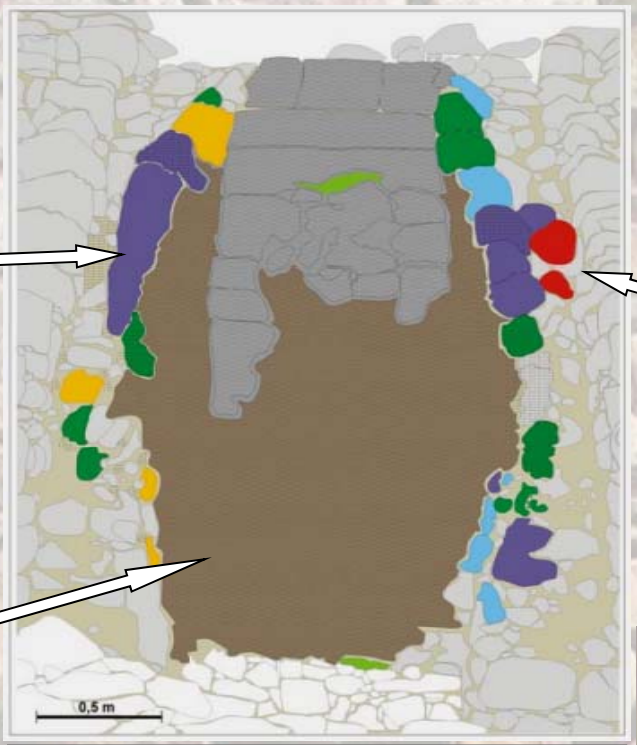
Per la costruzione dell'altoforno sono stati utilizzate rocce reperibili nelle vicinanze: quarzomicascisti, gneiss micacei, monzoniti e sieniti.

Devono però essere risultate poco adatte alle alte temperature: in una fase successiva, infatti, sono stati utilizzati gneiss feldspatici e serpentiniti, non presenti nella zona.

I blocchi di pietra squadrati utilizzati prendono il nome di *conci.*

Le rocce dell'altoforno

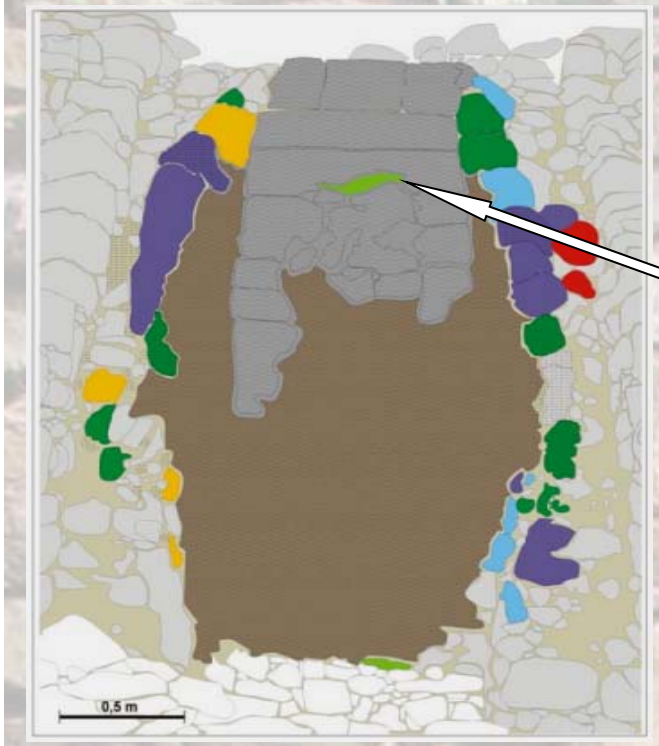
Quarzomicascisti



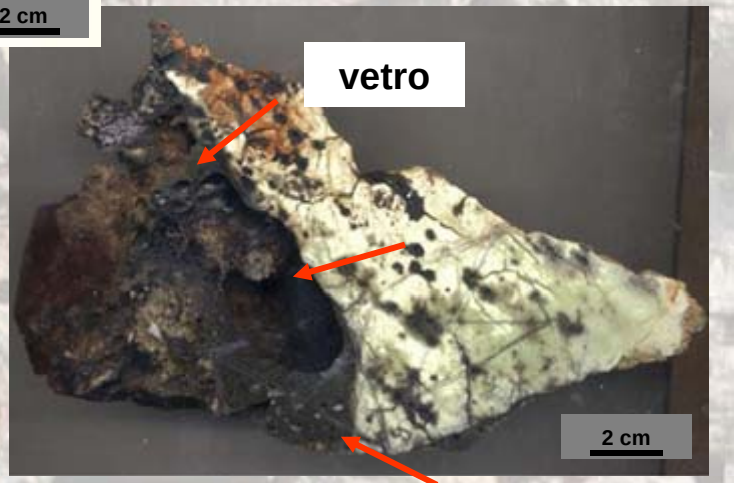
Le pareti interne del forno sono rivestite dai resti del minerale fuso, dove si vedono impronte e resti di carbone.

Materiale vetroso infiltrato fra i conci

Sieniti e monzoniti porfiriche



Granofels a olivina

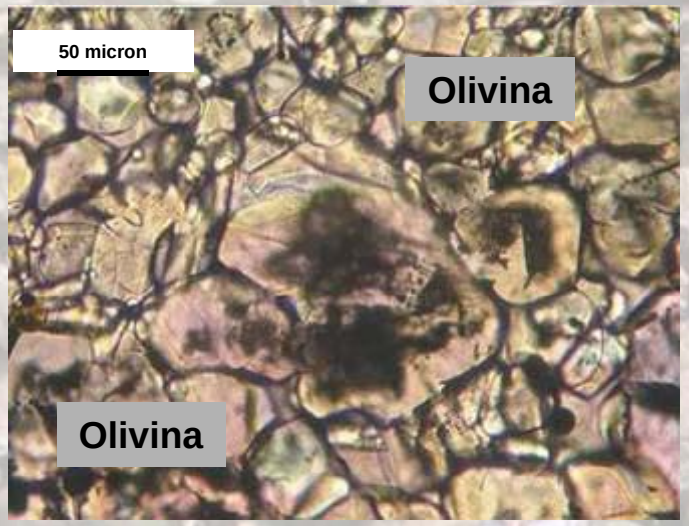


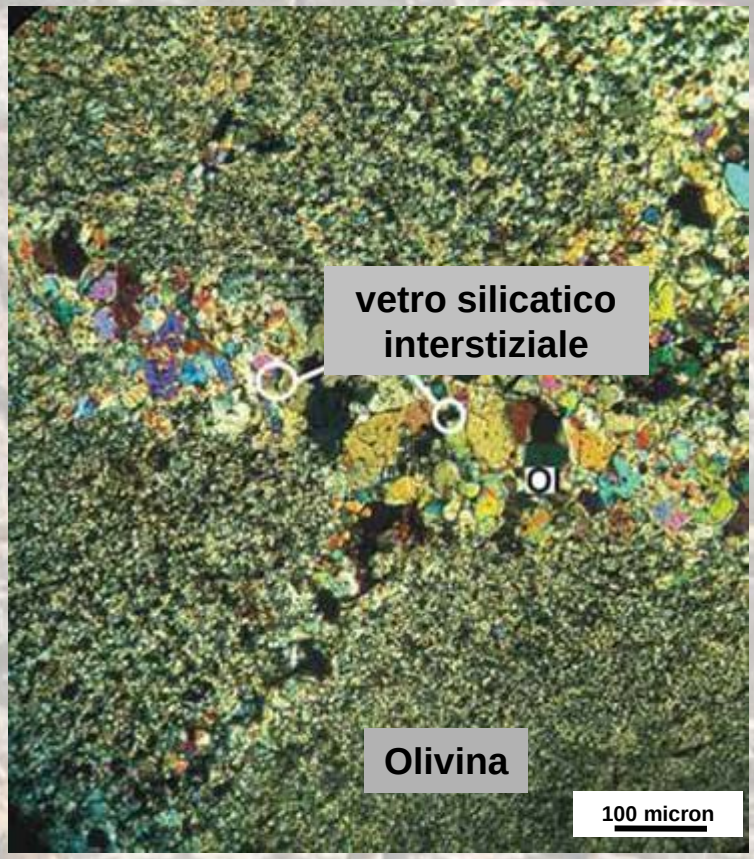
Concio con vetro

Serpentiniti alterate dal calore (termoalterate). Il campione ritrovato faceva parte del forno ma non è stato possibile ricostruirne la posizione esatta.

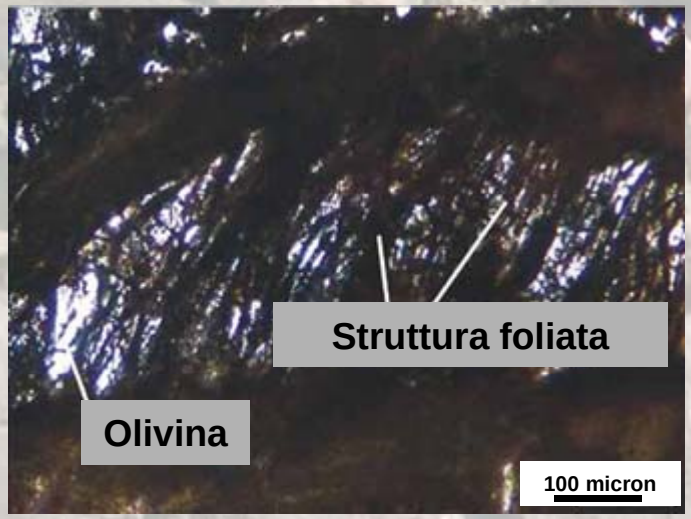
Granofels a olivina

Sono rocce costituite da olivina, un silicato di ferro e magnesio. I cristalli di olivina sono tondeggianti e di diverse dimensioni e negli interstizi è presente del vetro.





Ciò che rende interessante queste rocce è che si notano anche le strutture tipiche delle rocce da cui derivano: le serpentiniti.



La struttura foliata (cioè orientata) dei granofels a olivina suggerisce che queste rocce derivino da altre rocce chiamate serpentiniti in cui, per effetto delle alte temperature raggiunte nell'altoforno, l'originario serpentino che le costituiva è stato sostituito dall'olivina.

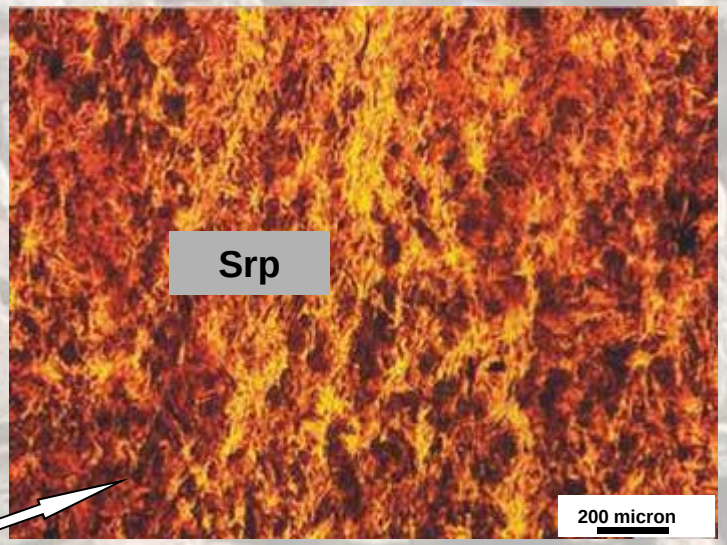
Immagini al microscopio ottico

Serpentinite termoalterata

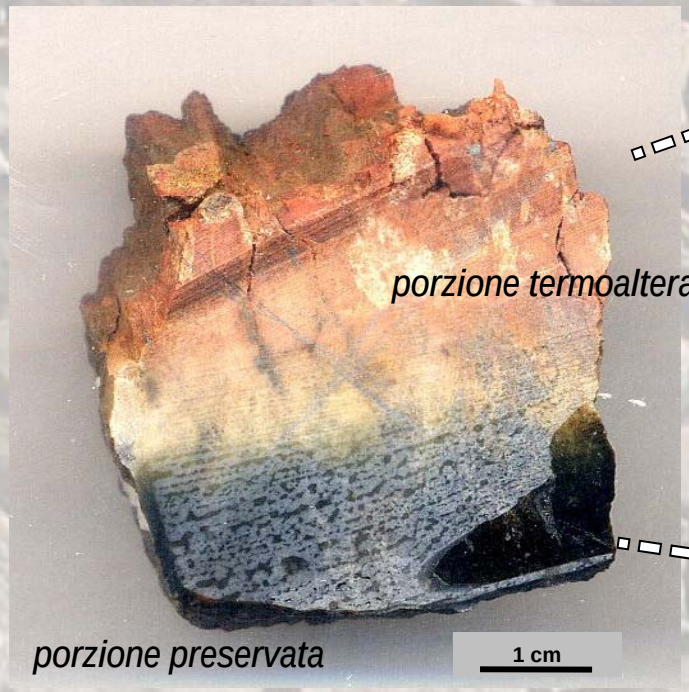
Questa serpentinite è stata sottoposta al calore del forno, ma probabilmente si trovava più lontana dalla sua parte più interna e più calda rispetto ai granofels.

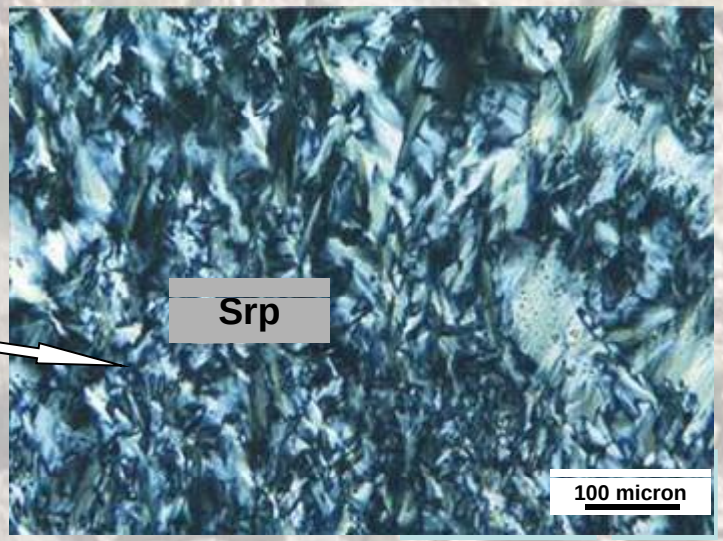
Nell'immagine in basso il minerale è pressochè inalterato.

In alto si riconosce ancora la struttura nonostante la rubefazione, ossia il colore rossastro assunto per la termoalterazione.



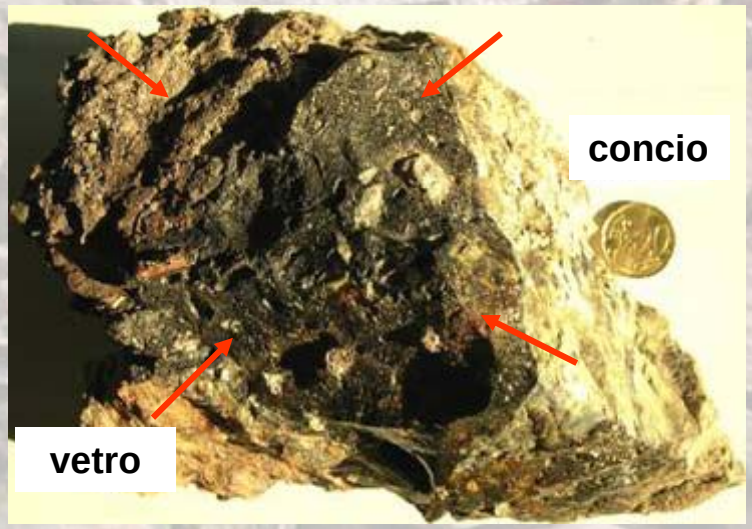
Immagini al microscopio ottico

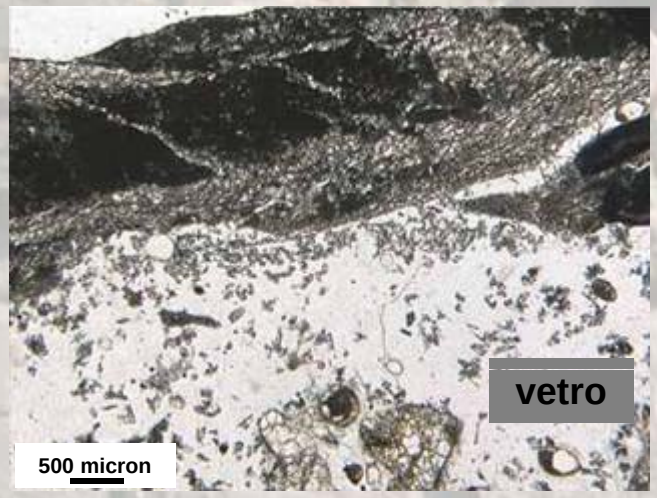




I vetri aderenti ai conci

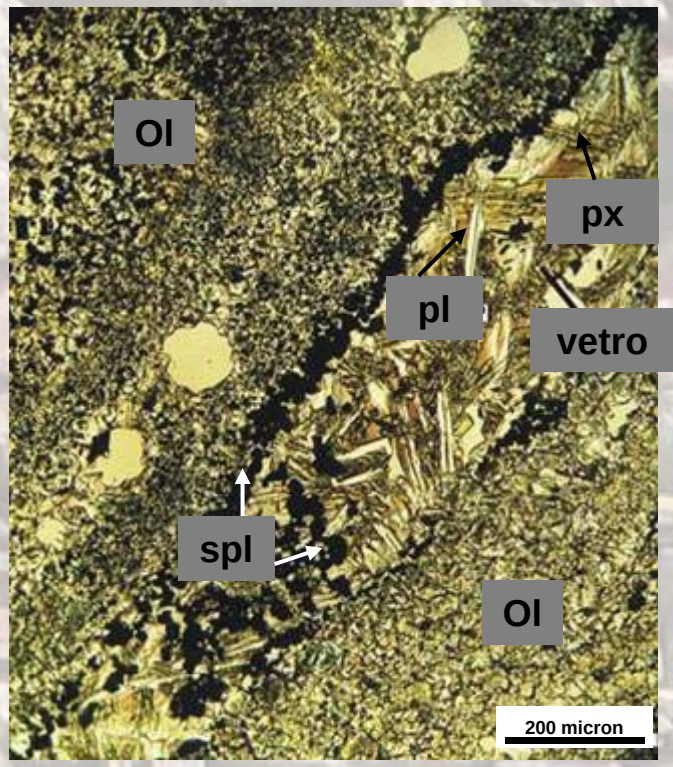
Osservando le pareti del forno si nota anche del materiale vetroso: si tratta di materiale fuso che si è raffreddato velocemente. Forma delle spalmature oppure riempie fratture all'interno dei conci. Ha diverse tonalità di colore – da chiaro a bruno scuro – e al suo interno si trovano diversi tipi di minerali.





Una spalmatura di vetro su un granofels a olivina, che si riconosce nella parte alta dell'immagine

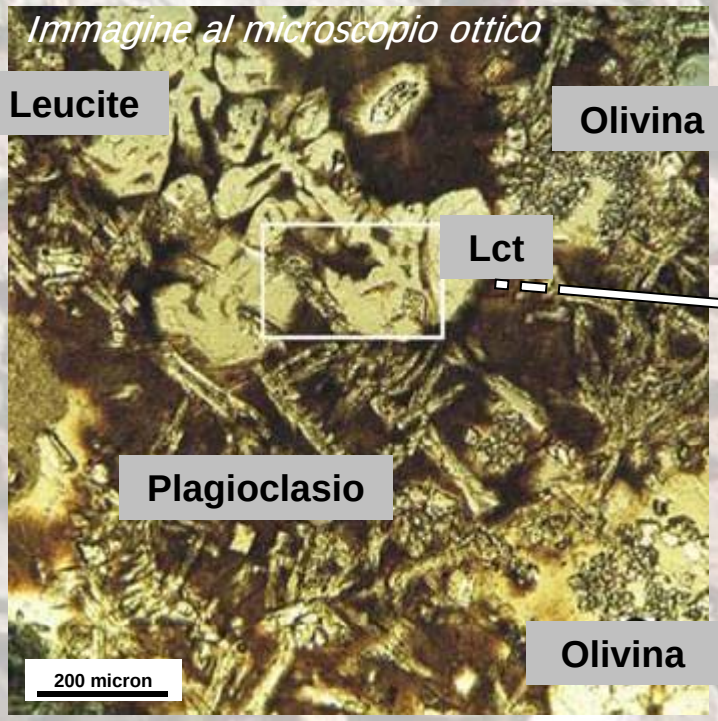
Immagini al microscopio ottico

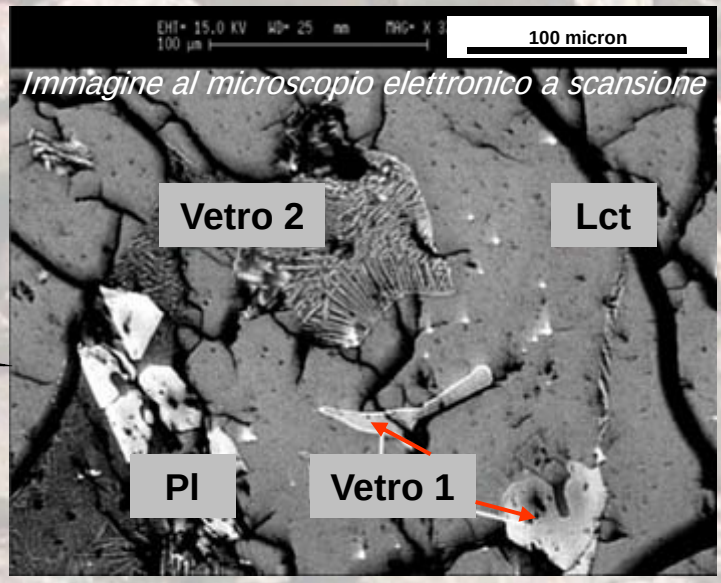


Una frattura riempita di vetro al cui interno si sono formati pirosseni e plagioclasio. Lungo i bordi si è invece concentrato dello spinello.

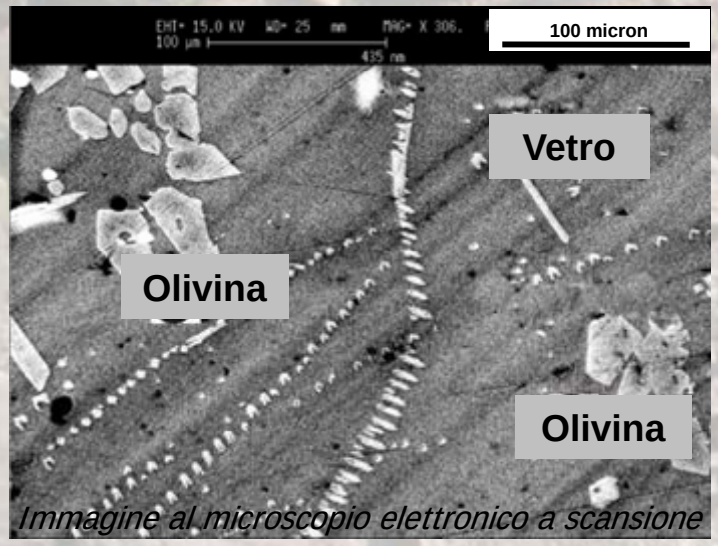
Le analisi fatte sui vetri hanno rivelato composizioni molto simili a quella delle scorie .

I cristalli contenuti nei vetri

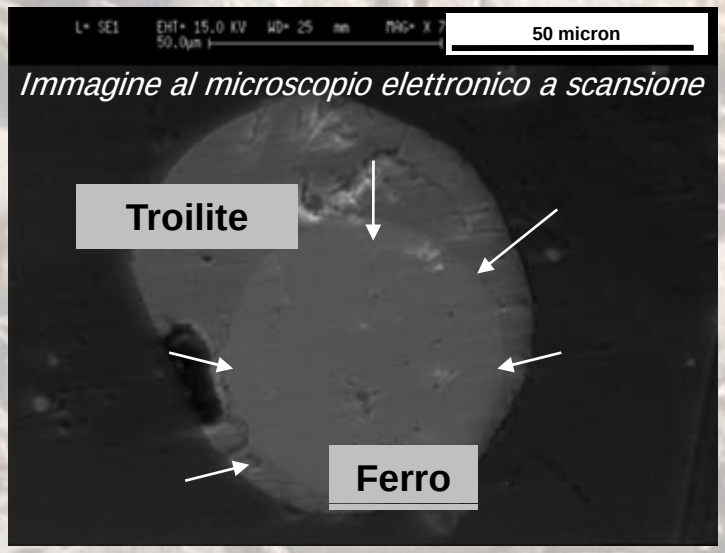




Il riquadro in un dettaglio: un cristallo di leucite contiene vetro e minuscoli cristalli di plagioclasio in formazione



Cristalli in formazione



Ferro nativo all'interno di un guscio di troilite (FeS, un solfuro di ferro)

I cristalli contenuti nei vetri

All'interno dei vetri non si osservano solo cristalli cresciuti durante il rapido raffreddamento del materiale fuso. In queste immagini vediamo anche alcuni tipi di materiali che hanno resistito al calore senza fondere, come le argille e il quarzo. Probabilmente le argille erano usate per realizzare il rivestimento interno del forno: sono infatti materiali refrattari, cioè resistenti alle alte temperature.

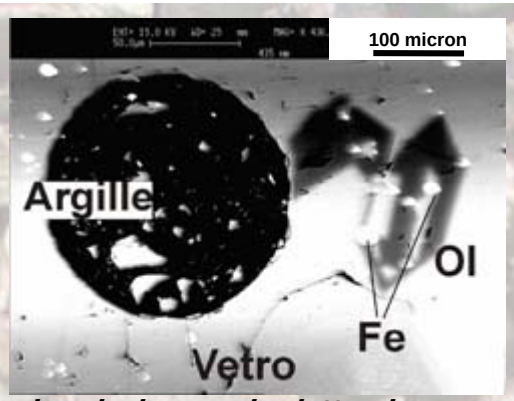
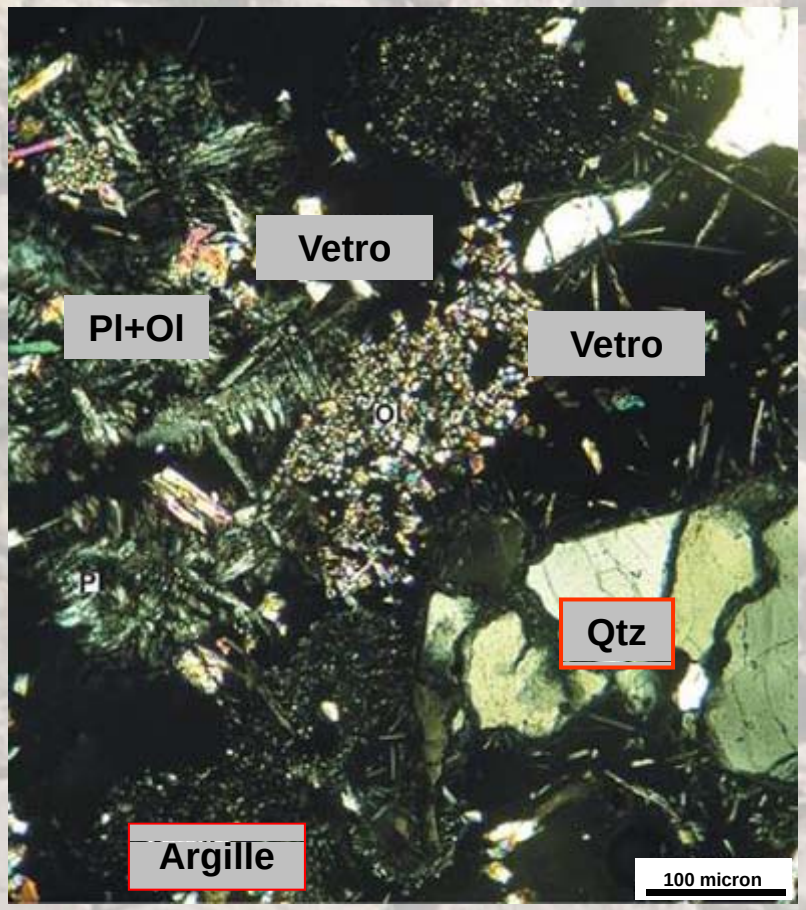
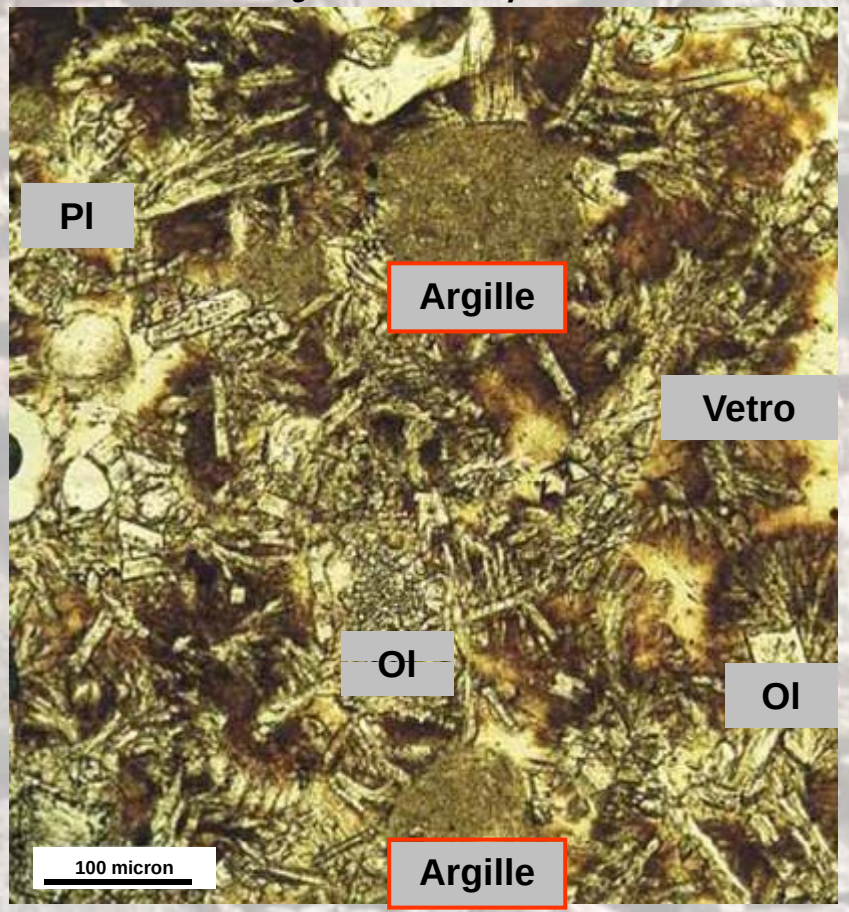


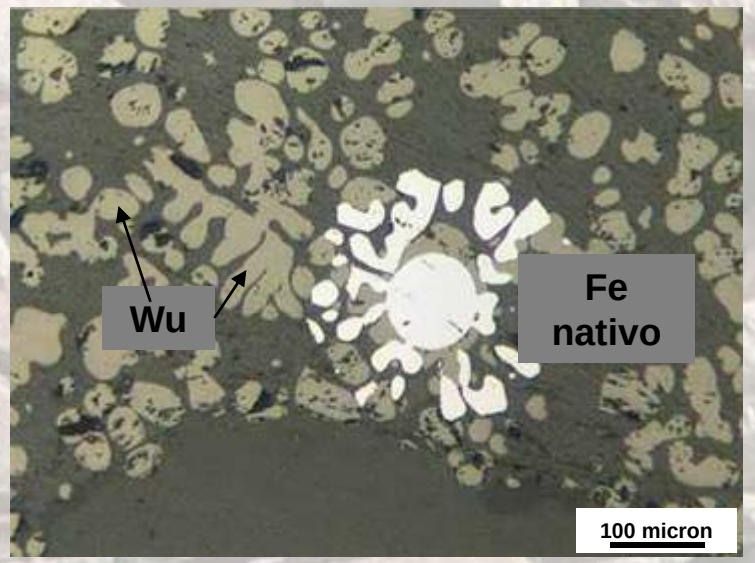
Immagine al microscopio elettronico a scansione



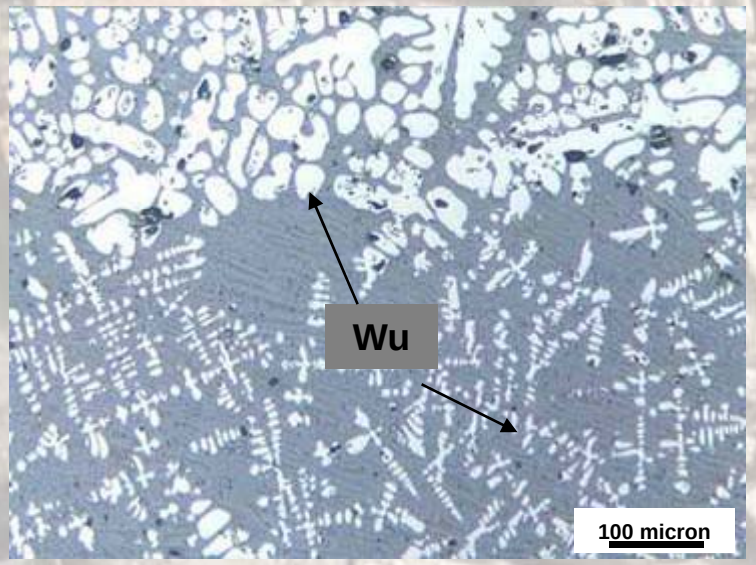


Immagini al microscopio ottico

Le scorie



Immagini al microscopio ottico



Le scorie rappresentano il prodotto di scarto del processo di fusione. Se l'altoforno funzionava correttamente, quindi, le scorie non contenevano ferro.

Non sempre però tutto andava per il verso giusto: se osservate al microscopio alcune scorie mostrano infatti la presenza di wustite, un ossido di ferro che può formarsi per errore durante i processi che avevano luogo nell'altoforno. Il ferro, che avrebbe dovuto combinarsi con il carbonio e formare la ghisa si era invece ossidato, finendo nella scoria destinata ad essere eliminata.

Approfondimento degli aspetti archeologici

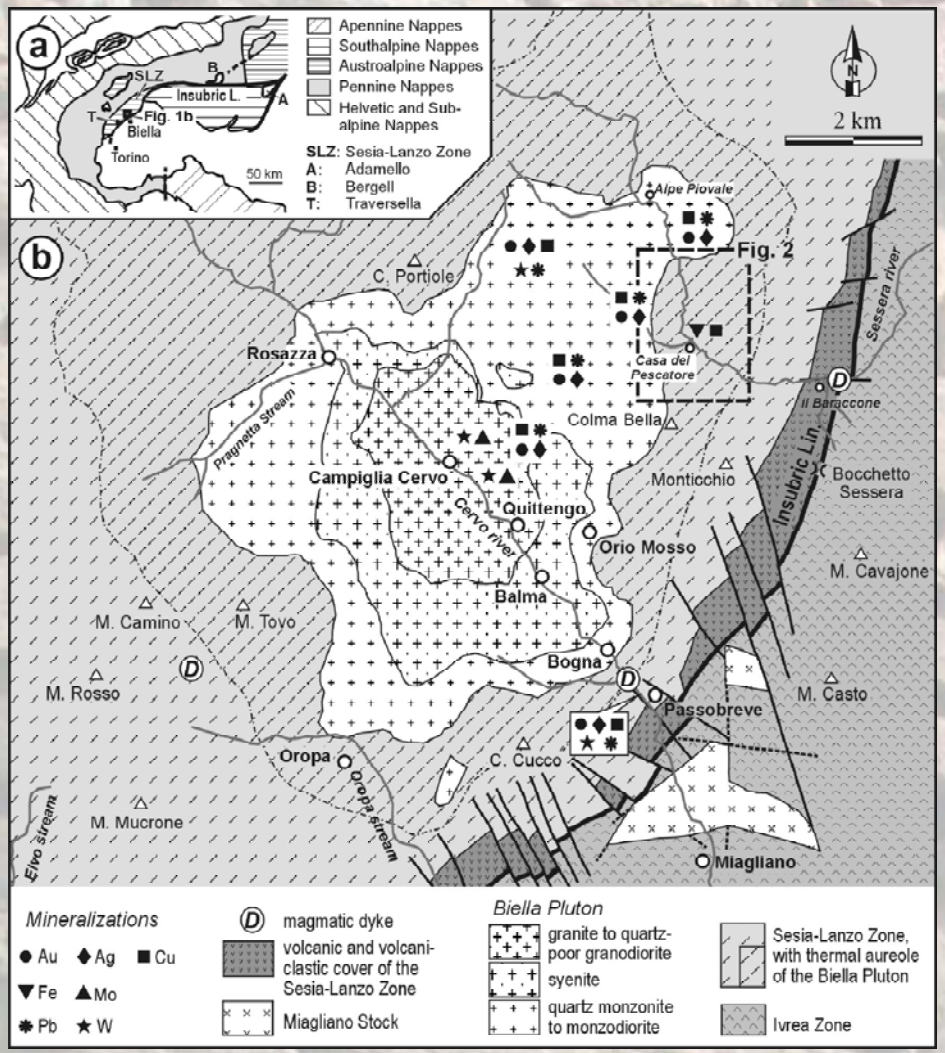
Le approfondite ricerche archeologiche svolte nell'area di Rondolere hanno messo in luce un complesso di strutture archeosiderurgiche di concezione proto-industriale. L'installazione comprendeva un alto forno, un forno di affinazione della ghisa prodotta dall'alto forno, un maglio a coda a due teste battenti, alcune forge, quattro trombe idroeoliche con relative condutture sotterranee dell'aria compressa, una ruota idraulica a pale o a cassette, un deposito del carbone di legna, due gore che si alimentavano dal Torrente Sessera e fornivano la forza idraulica necessaria all'azionamento del maglio e delle soffierie. Gli impianti, sorti tra il 1784 ed il 1788, sono rimasti attivi sino al 1813 o poco dopo. Nel corso della sua vita operativa l'alto forno ha subito diversi raddobbi, in relazione con il deterioramento derivante dall'uso e con l'evoluzione tecnica (Rossi & Gattiglia, 2007; cfr. anche Rossi *et al.*, 2002 per una descrizione dettagliata delle strutture).

L'altoforno, la cui metà anteriore non è conservata, è stato costruito contro terreno grazie alla realizzazione di un dosso artificiale (Di Gangi, 2001; Rossi *et al.*, 2002): questo negli altiforni primitivi favoriva l'accesso alla bocca, dove si scaricavano minerale, combustibile e fondente (Rossi, 2003). E' costituito da pietre squadrate e presenta all'interno un rivestimento quasi completo di materiale fuso per il calore e riconsolidatosi per raffreddamento. Lo studio petrografico e minerochimico preliminare dei campioni provenienti dall'impianto metallurgico di Rondolere (conci dell'alto forno e scorie di riduzione) ha permesso di raccogliere importanti informazioni finalizzate alla definizione petrografica dei lapidei utilizzati e alla ricostruzione del loro ruolo funzionale e della posizione nell'ambito dell'impianto (Selvaggio, 2006; Rossi *et al.*, 2008).

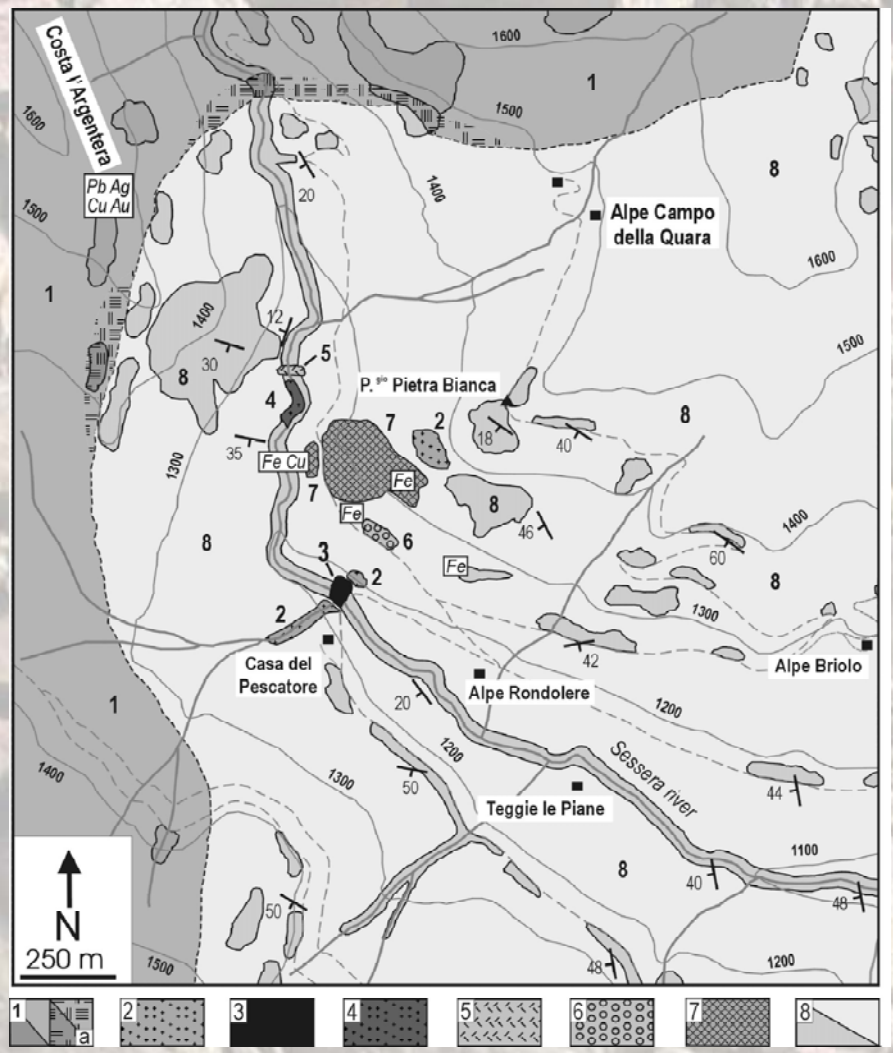
Approfondimento degli aspetti geologici

Il sito di Rondolere è situato al margine nordoccidentale del cosiddetto Plutone di Biella, un corpo intrusivo legato all'evoluzione tardo-collisionale delle Alpi Occidentali, messosi in posto nell'Oligocene (30-31 Ma: Bigioggero *et al.*, 1994 e Romer *et al.*, 1996, in Castelli *et al.*, 2007) a livelli crostali relativamente superficiali, all'interno della crosta continentale eclogitizzata della Zona Sesia-Lanzo.
Il Plutone di Biella affiora poco a NW della Linea Insubrica, si tratta di un corpo composito con una struttura grossolanamente concentrica comprendente un nucleo di composizione granitica, avvolto da una corona sienitica a sua volta racchiusa in un anello esterno di tipo monzonitico. Il magmatismo oligocenico nell'area è inoltre rappresentato: i) da vulcaniti e vulcanoclastiti coeve (31.5 Ma) di composizione andesitica affioranti in prossimità della Linea Insubrica ed interpretate quali coperture vulcano-sedimentarie della Zona Sesia-Lanzo, ii) dal piccolo corpo quarzo-monzodioritico di Miagliano, intruso nelle rocce della Zona Ivrea-Verbano a 34-31 Ma ed affiorante a SE della Linea Insubrica, iii) da un corteo filoniano intruso sia nella Zona Sesia-Lanzo che nella Zona Ivrea-Verbano (e.g. Bigioggero *et al.*, 1994 e Callegari *et al.*, 2004 , in Castelli *et al.*, 2007).
Dati paleomagnetici, geologici e petrologici indicano un successivo basculamento verso SE sia delle rocce magmatiche che delle rocce incassanti. Ne consegue che lungo la Valle Cervo e la Valsessera sono esposti livelli crostali da relativamente più profondi (a NW) a più superficiali (verso SE), come evidenziato dall'abbondante attività idrotermale al margine orientale del plutone in porzioni della Zona Sesia-Lanzo, corrispondenti all'originario tetto dell'intrusione (e.g. Bernardelli *et al.*, 2000; Rossetti *et al.*, 2007; con bibl. rel.). In merito a tale attività idrotermale, questa è rappresentata - in alta Valsessera - da brecce ricche di tormalina e diversi tipi di sistemi di vene (tra cui vene a quarzo e plagioclasio, a quarzo e tormalina, ad ankerite, quarzo e solfuri). Le relazioni di terreno e le paragenesi di vena e di alterazione suggeriscono uno stretto legame tra l'evoluzione tardo-magmatica del plutone di Biella e almeno gli stadi precoci dell'attività idrotermale multifasica, caratterizzati dalla circolazione di fluidi con elevato contenuto in boro (Rossetti *et al.*, 2007).

Schema geologico del plutone e carta geologica dell'area di Rondolere ▶



Schema geologico semplificato del Plutone di Biella esposto in Valle Cervo e Valsessera (da Rossetti *et al.*, 2007). Il riquadro corrisponde all'area rappresentata nell'immagine a destra.



Carta geologica dell'alta Valsessera nell'area di Rondolere (Rossetti *et al.*, 2007). 1) quarzo monzoniti e monzoniti del Plutone di Biella e brecce magmatiche (a) al contatto con le rocce incassanti della Zona Sesia-Lanzo; 2) monzogabbri a orneblenda e biotite; 3) gabbronoriti e quarzo-dioriti; 4) quarzo monzodioriti a cordierite; 5) quarzosieniti alcalifeldspatiche; 6) facies orbicolari a plagioclasio, quarzo, tremolite e tormalina; 7) brecce idrotermali; 8) metamorfici indifferenziate della Zona Sesia-Lanzo.

Bibliografia

BERNARDELLI P., CASTELLI D., ROSSETTI P., 2000. Tourmaline rich ore-bearing hydrothermal system of lower Valle Cervo (western Alps, Italy): field relationships and petrology. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 80(3): 257-277, Stäubli Verlag AG, Zürich.*

BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G.V., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G.B. (eds) (1990): Structural Model of Italy, Sheet 1. C.N.R., S.E.L.C.A., Florence, Italy.

CASTELLI D., GOSSO G, ROSSETTI P, SPALLA M.I, ZANONI D, ZUCALI M., 2007. Guide-book to the DRT 2007 Workshop Field Excursion on the subducted continental crust of the Sesia-Lanzo Zone (Monte Camino-Monte Mucrone; Oropa-Biella, Western Italian Alps). *XVI DRT Conference 2007 Milano, Valle Po-Valle Varaita and Oropa-Biella: Sept. 24 - Oct. 2, Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 9: 35-70.*

DI GANGI G., 2001. L'attività mineraria e metallurgica nelle Alpi Occidentali Italiane nel Medioevo in Piemonte e Valle D'Aosta: fonti scritte e materiali. *BAR International Series, Oxford, 951: 124-140.*

ROSSETTI P., AGANGI A., CASTELLI D., PADOAN M., RUFFINI R., 2002. Magmatic versus hydrothermal activity in the roof zone of the Valle del Cervo pluton (Italian Western Alps). *81ª Riunione Estiva della Società Geologica Italiana, Torino 10-12 sett. 2002, "Cinematiche collisionali tra esumazione e sedimentazione", Riassunti delle comunicazioni orali e dei poster, pp. 285-286, Litografia GEDA, Torino.*

ROSSETTI P., AGANGI A., CASTELLI D., PADOAN M., RUFFINI R., 2007. The Oligocene Biella pluton (Western Alps, Italy): new insights on the magmatic vs. hydrothermal activity in the Valsessera roof zone. *Per. Mineral., Spec. Issue "In honour of Ezio Callegari on his retirement", 76, 223-240.*

ROSSI M., 2003. Miniere e metallurgia in Alta Valsessera (Biella). Mostra documentaria. Torino-Valle Mosso. *Antropologia Alpina - Comunità Montana Valle Mosso (in CD-ROM)*.

ROSSI M., 2006. L'area archeo-metallurgica di Rondolere (alta val Sessera –BI) (fine XVIII – inizio XIX secolo). *Archeologia e territorio. IX Borsa Mediterranea del Turismo Archeologico, Paestum 2006,(dir. A. Pasqua Recchia): 94-97. Roma.*

ROSSI M., GATTIGLIA A., 2007. Un destino minerario e metallurgico. *In "Aquile, argento, carbone. Indagine sull'Alta Valsessera". Fabbrica delle ruota, Pray Biellese. Catalogo a cura di Vachino G., pp. 63-90. DocBi-Centro Studi Biellesi, Biella.*

ROSSI M., GATTIGLIA A., ROSTAN P., 2002. Miniere e metallurgia in alta Valsessera. *Studi e ricerche sull'alta Valsessera, 2: 137-196. DocBi-Centro Studi Biellesi, Biella.*

ROSSI M., GATTIGLIA A., PANTÒ G., 2008. Rondolere. Un'area archeometallurgica del XVIII secolo in alta val Sessera (Biella). *Ed. All'insegna del Giglio, Firenze*

SELVAGGIO I., 2006. Mineralizzazioni a magnetite dell'alta Valsessera: aspetti geologico-petrografici e archeometallurgici. *Tesi di laurea inedita, Università di Torino*.

Siti web

Google Earth, 2009

http://www.antropologiaalpina.it

http://www.regionepiemonte.it

http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page

http://www.biellanastri.it

Aiuto

Cliccare sui **PULSANTI GRIGI** nella pagina iniziale per entrare nelle diverse sezioni: **Introduzione**, **Archeologia**, **Geologia**, **Glossario**, **Bibliografia**, **Crediti**, **Indice**.

In ogni pagina, in fondo a destra, si trovano quattro pulsanti azzurri:

Avanti di una pagina

Indietro di una pagina

Torna alla pagina appena letta

Pagina iniziale

Le parole evidenziate con un pulsante grigio e il pulsante rimandano a una pagina collegata.

E' il pulsante di collegamento alle immagini al microscopio relative alla pagina corrente.

Tutti i toponimi citati nel testo compaiono nelle rappresentazioni cartografiche, nelle restituzioni 3D del territorio di Google Earth© e nelle fotografie relative alla parte introduttiva sull'alta Valsessera.

Crediti

Daniele Castelli, Piergiorgio Rossetti Chiara Groppo	Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche, Università di Torino
Maurizio Rossi, Anna Gattiglia	Museo Civico Alpino “A. Tazzetti” (Usseglio, TO) e Antropologia Alpina - Centro per la Ricerca e la Documentazione in Scienze Umane, Torino
Bruno Messiga, Maria Pia Riccardi	SMALAB (Laboratorio di Scienza dei Materiali Antichi), Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

con la consulenza di Ilaria Selvaggio

<u>Immagini:</u>

Salvo dove diversamente indicato le immagini sono di Ilaria Selvaggio.

Le immagini in cui il nome dell’autore è preceduto dal simbolo *CC* sono tratte dal sito Wikimedia Commons, archivio di immagini, suoni e altri file multimediali con licenza Creative Commons (alcuni diritti riservati).

Indice

- Introduzione
- Rondolere, storie che si incontrano
- L'alta Valsessera
- L'area archeologica di Rondolere
  - Le strutture
    - Altoforno
    - Le materie prime
    - La fucina
    - Il maglio
    - Le miniere
- La geologia dell'alta Valsessera
  - La Zona Sesia Lanzo
  - La Zona Ivrea Verbano e la Linea Insubrica
  - Il Monte Rosa
  - I corpi magmatici delle valli Cervo e Sessera
  - Il materiale destinato alla fusione
  - Carta geologica
- I materiali di costruzione dell'alto forno
- Approfondimento degli aspetti archeologici
- Approfondimento degli aspetti geologici
- Bibliografia
- Aiuto
- Crediti