

# LA MINIERA DISMESSA DI SALAFOSSA (VENETO NE): PRESENZA, ACCUMULO E MOBILITA' DI METALLI POTENZIALMENTE TOSSICI IN DIVERSE MATRICI AMBIENTALI

**Stefano Covelli<sup>1</sup>, Elena Pavoni<sup>1,2</sup>, Gianpiero Adami<sup>2</sup>,  
Elena Baracchini<sup>2</sup>, Roberto Cattelan<sup>3</sup>, Matteo Crosera<sup>2</sup>,  
Andrea Emili<sup>1</sup>, Davide Lenaz<sup>1</sup>, Pablo Higuera<sup>4</sup>, Elisa Petranich<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Matematica e Geoscienze - Università di Trieste

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche - Università di Trieste

<sup>3</sup>Veritas Laboratori S.p.A. - Venezia Fusina

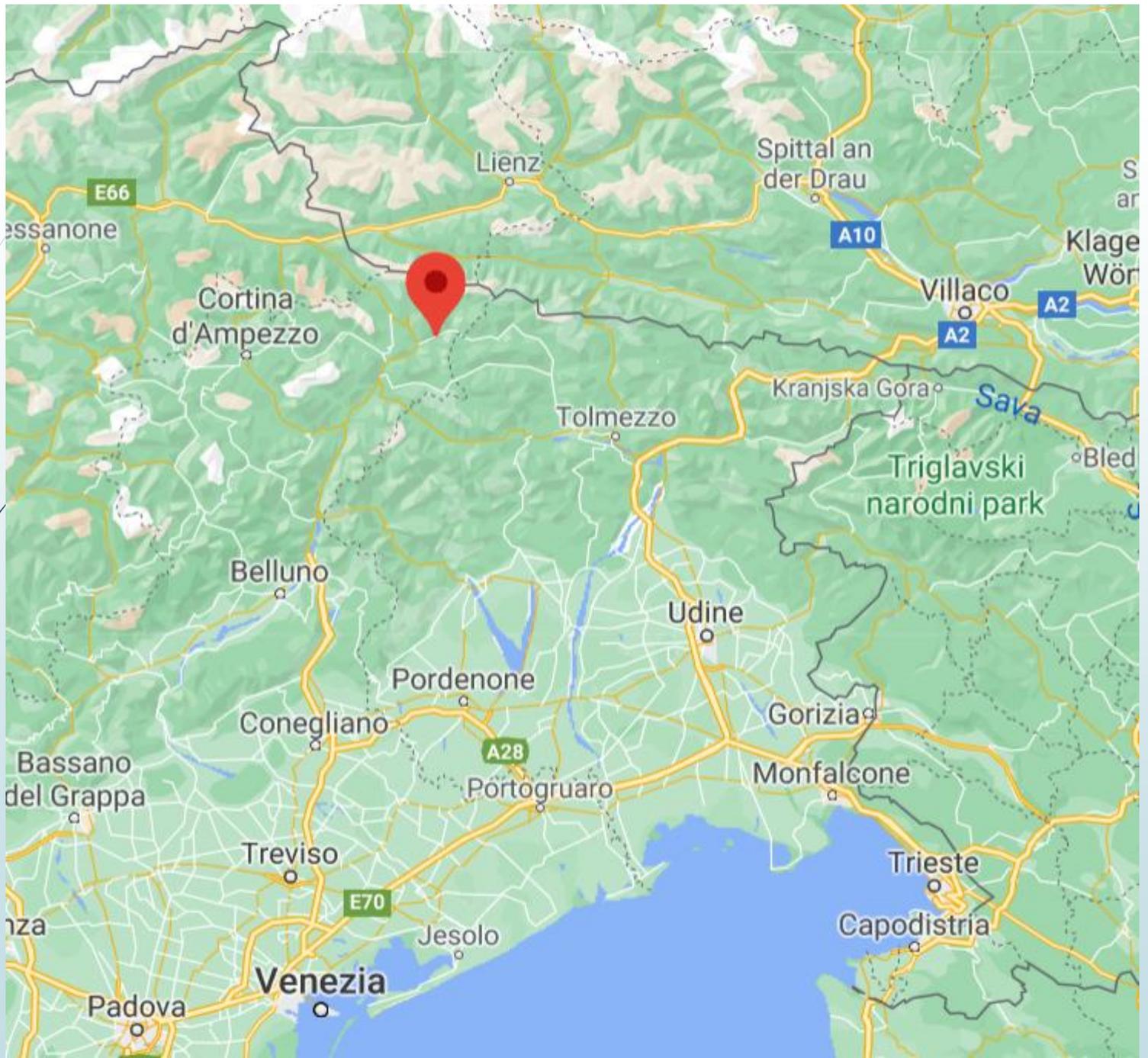
<sup>4</sup>Istituto Geologia Aplicada, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real (España)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
Dipartimento di  
Scienze Chimiche e Farmaceutiche



Veneto

Google

Street View



Camping Valvi  
Snc Di De Zolt.

PlaVe

SR355

Strada Regionale

Navigation controls including a compass, zoom in (+) and zoom out (-) buttons, a street view pegman icon, and a close (X) button.

## LA MINIERA DI SALAFOSSA

Il giacimento piombo-zincifero

- Blenda ZnS (482.000 t)
- Galena PbS (92.000 t)
- Pirite FeS, Marcasite FeS<sub>2</sub>



Le aree minerarie dismesse come sorgenti puntuali di contaminazione



# LA MINIERA DI SALAFOSSA: INQUADRAMENTO GEOLOGICO

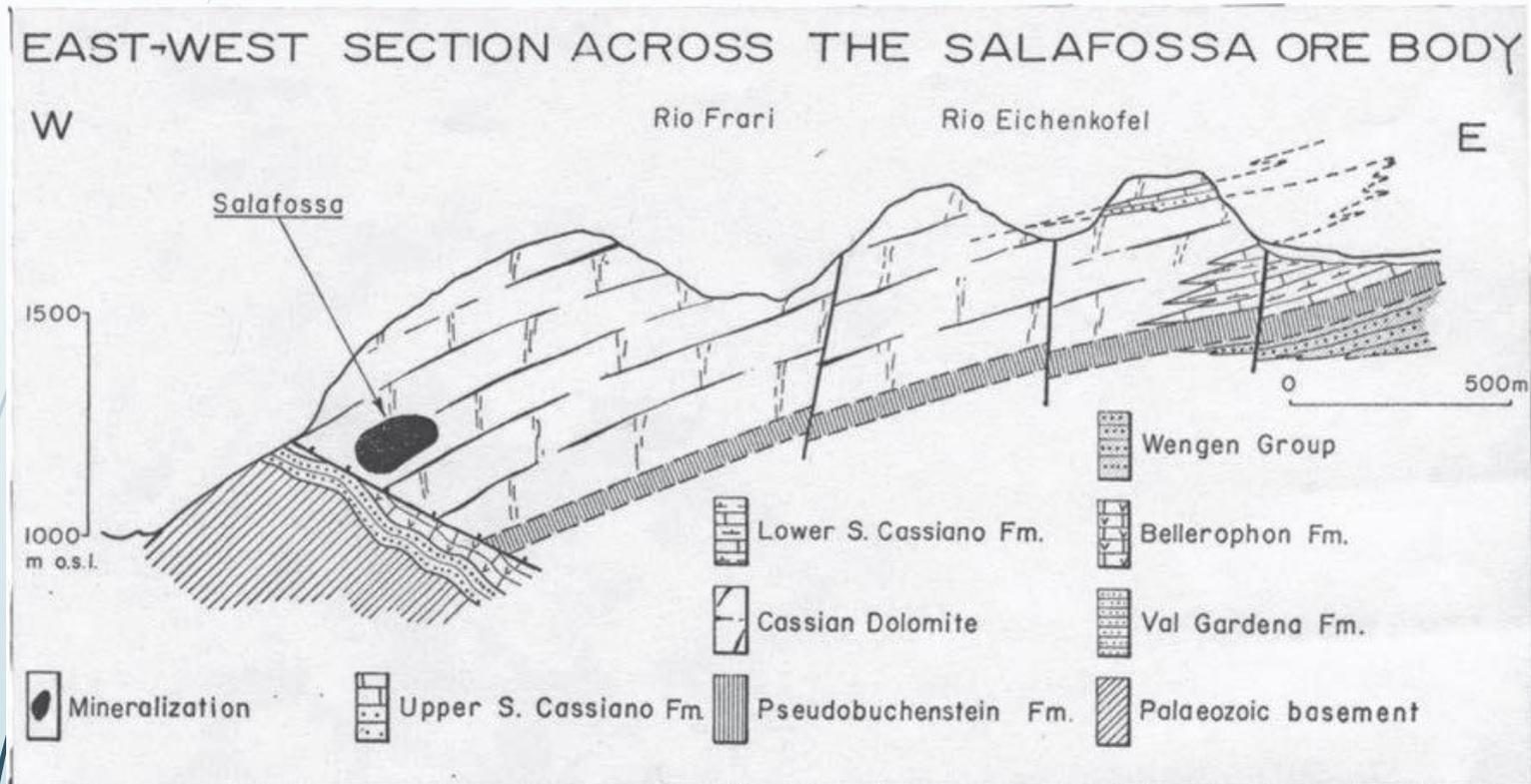
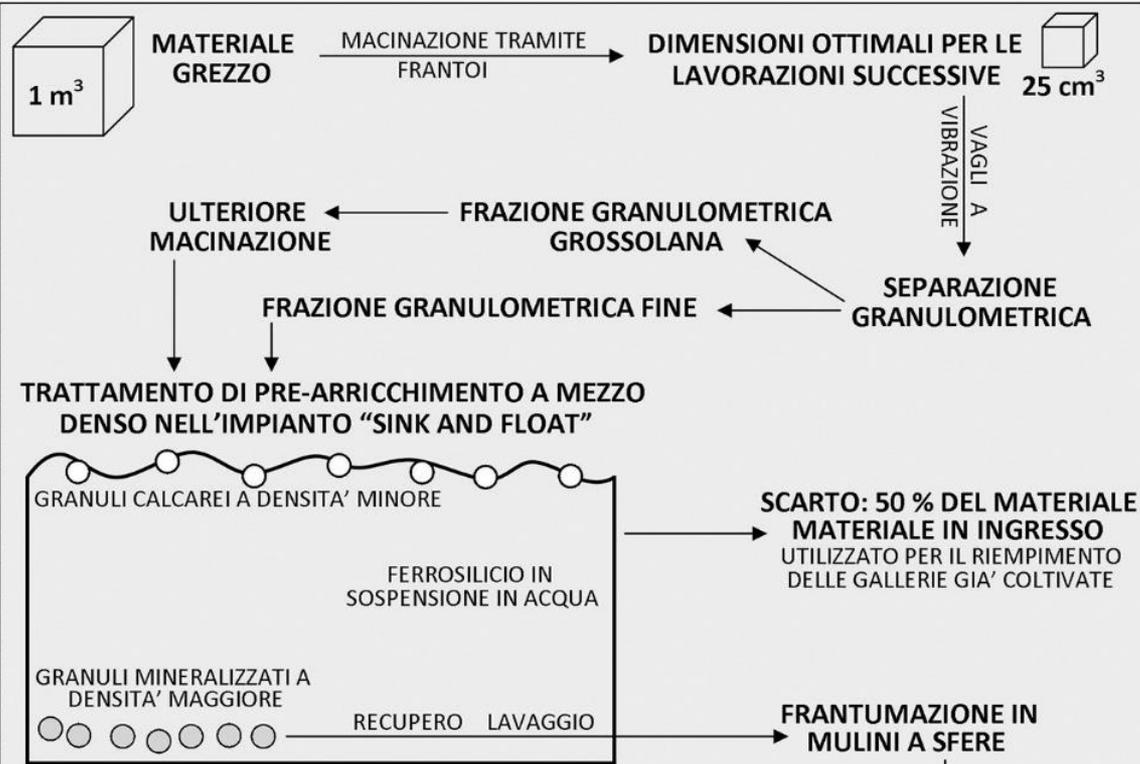


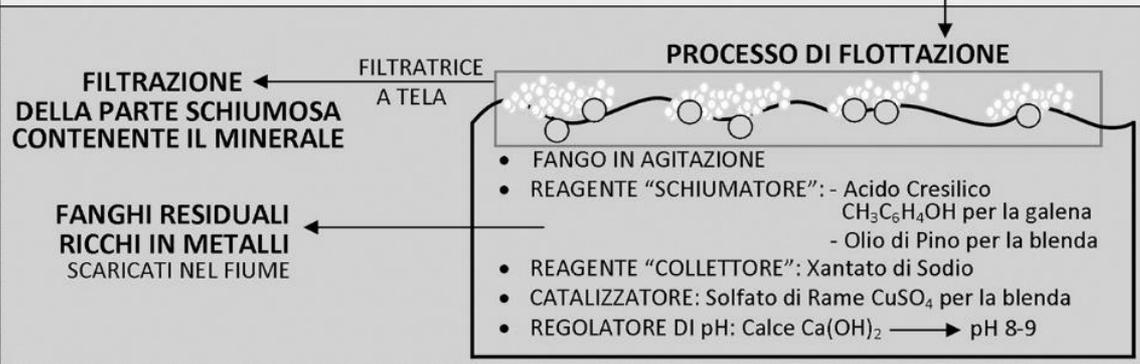
Figura 2.1.1 Assetto stratigrafico e strutturale del giacimento di Salafossa lungo una sezione geologica est - ovest (tratto da Assereto et al., 1977).

# LA MINIERA DI SALAFOSSA

## Processi di lavorazione



**PROCESSI FISICI**



**PROCESSI CHIMICI**



# LA MINIERA DI SALAFOSSA

Caratterizzazione geochimico-ambientale preliminare

Problematiche ambientali connesse alla dismessa attività estrattiva

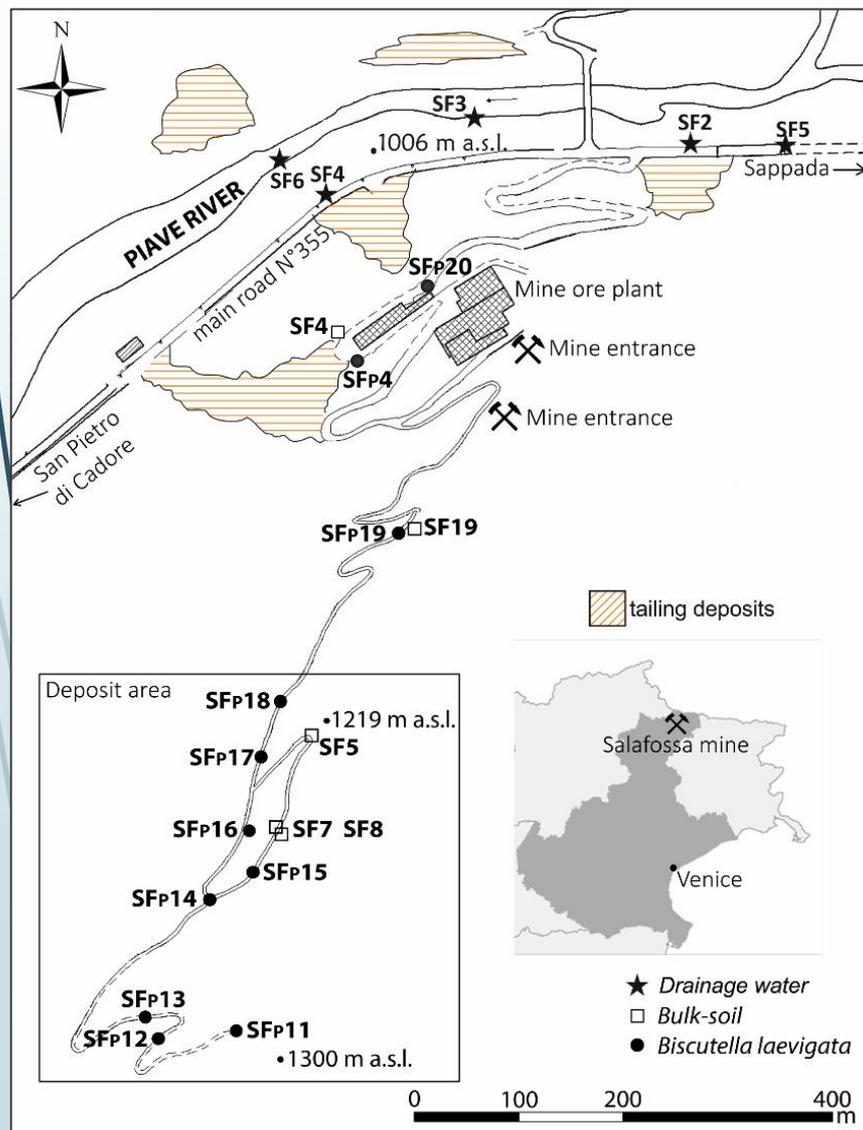


Zn Pb As Cd Sb Tl

- OBIETTIVO:
- Caratterizzazione geochimico-ambientale più approfondita
  - Studio dei processi di rimobilizzazione ed accumulo di elementi in tracce potenzialmente tossici

# CAMPIONAMENTO

## L'area esterna della miniera

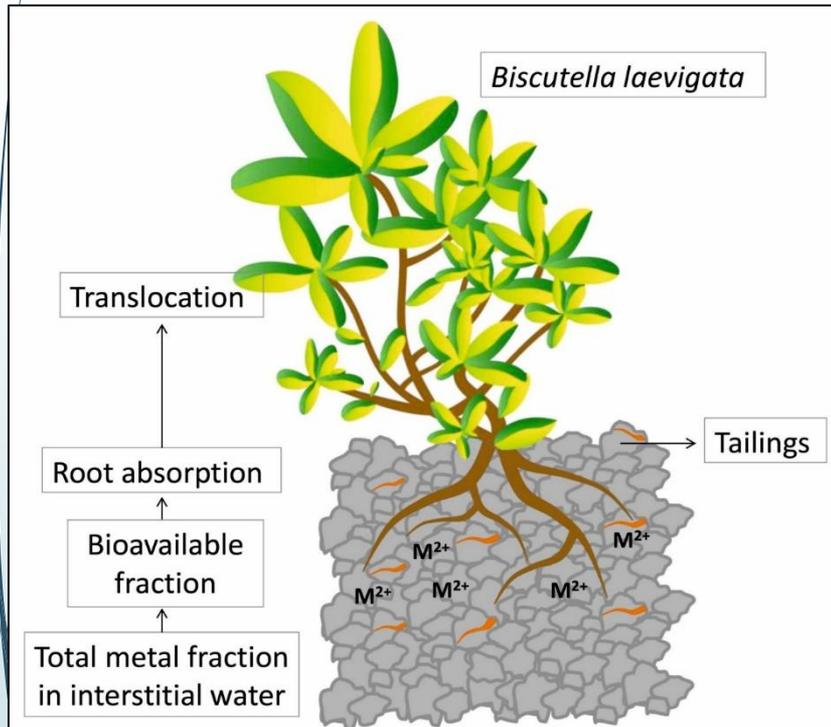


- Suoli e residui di lavorazione
- *Biscutella laevigata*: rizo-suolo, radici e foglie
- Acque di drenaggio



# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

*Biscutella laevigata* L.



- Metallofita facoltativa
- Specie iperaccumulatrice di Tallio (TI)

Bulk-suolo

Rizo-suolo

Radici

Foglie

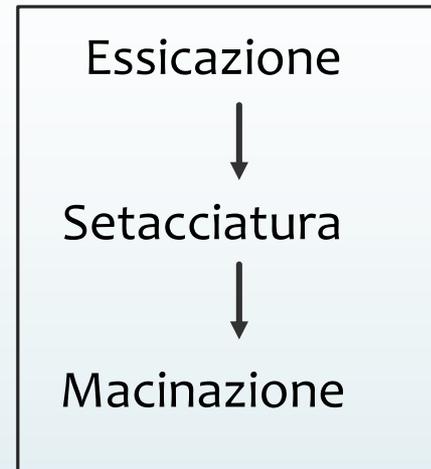
# PREPARAZIONE DEL CAMPIONE ALL'ANALISI

## Operazioni di laboratorio



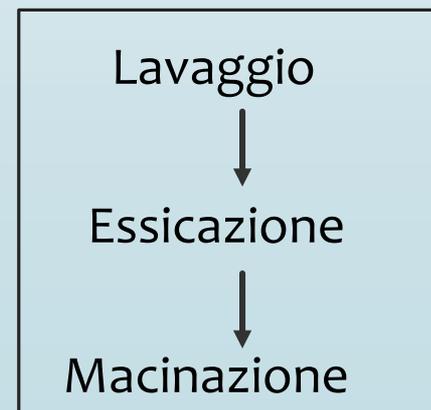
### MATRICE INORGANICA

- Suoli
- Rizo-suoli
- Residui di lavorazione



### MATRICE ORGANICA

- Radici
- Foglie



# PREPARAZIONE DEL CAMPIONE ALL'ANALISI

## Solubilizzazione, estrazione e «leaching test»



- Suoli
- Rizo-suoli

Leaching Test  
 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HNO}_3$   
acqua piovana

Estrazione  
frazione  
biodisponibile

**DTPA**

Diethylene Triamine  
Penta-acetic Acid



- Residui di lavorazione
- Suoli
- Rizo-suoli

Solubilizzazione con  
attacco acido totale in  
un sistema chiuso

$\text{HNO}_3 - \text{HCl} - \text{HF}$

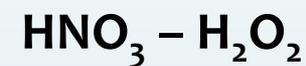
# PREPARAZIONE DEL CAMPIONE ALL'ANALISI

Solubilizzazione, estrazione e leaching test

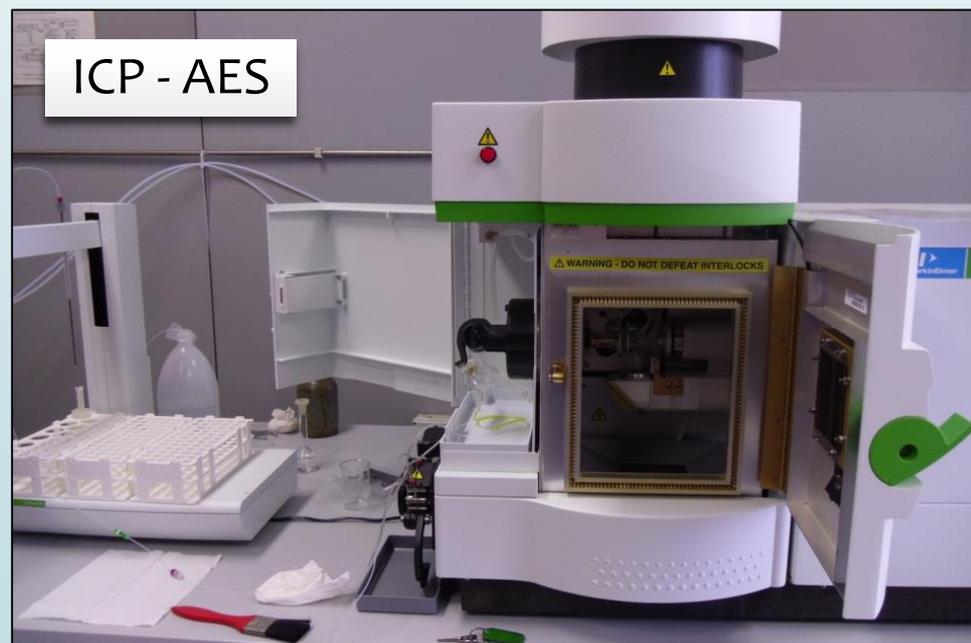


- Radici
- Foglie

Solubilizzazione con attacco acido totale in un sistema aperto

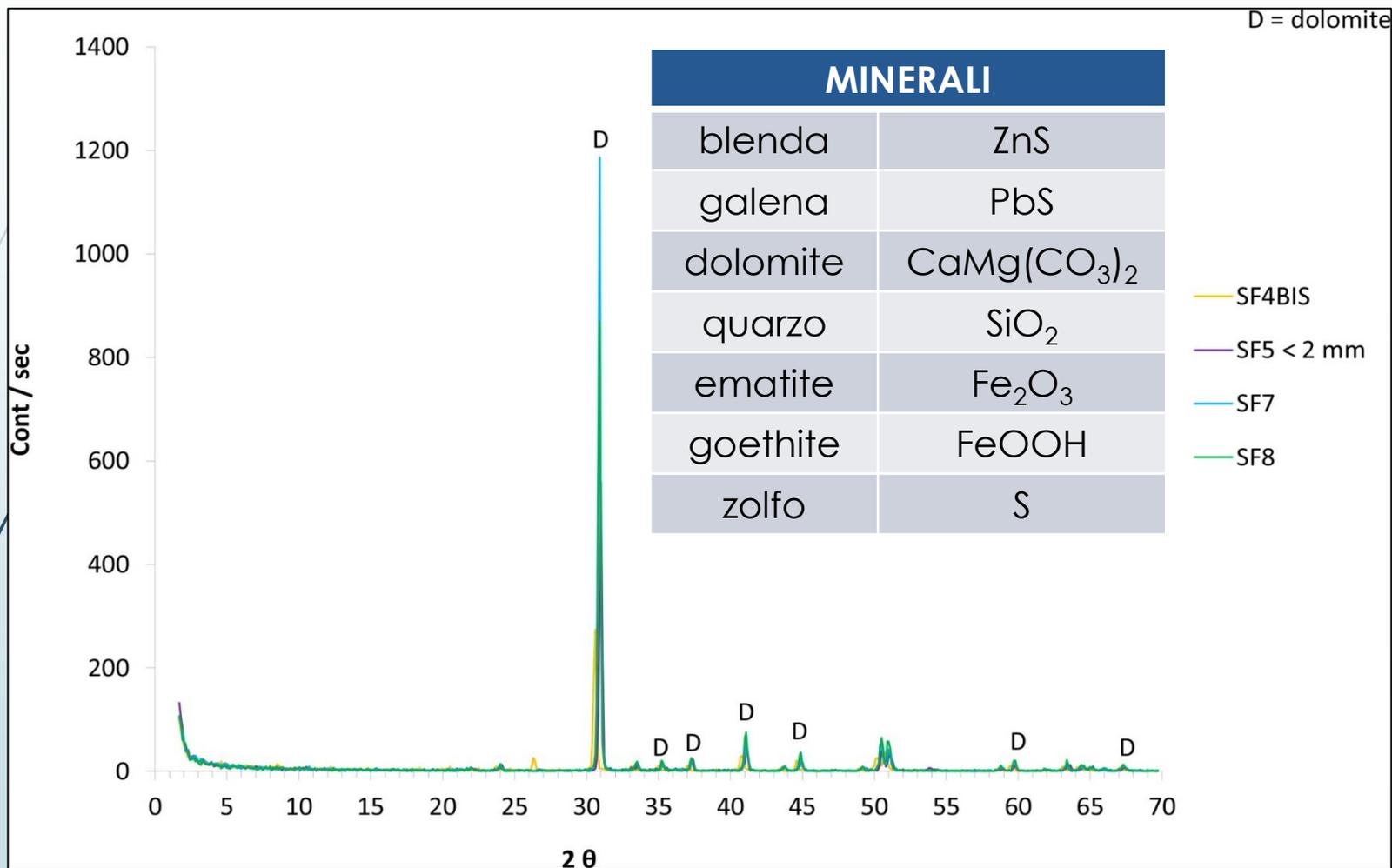


spettrometria di emissione  
atomica al plasma  
accoppiato induttivamente



# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

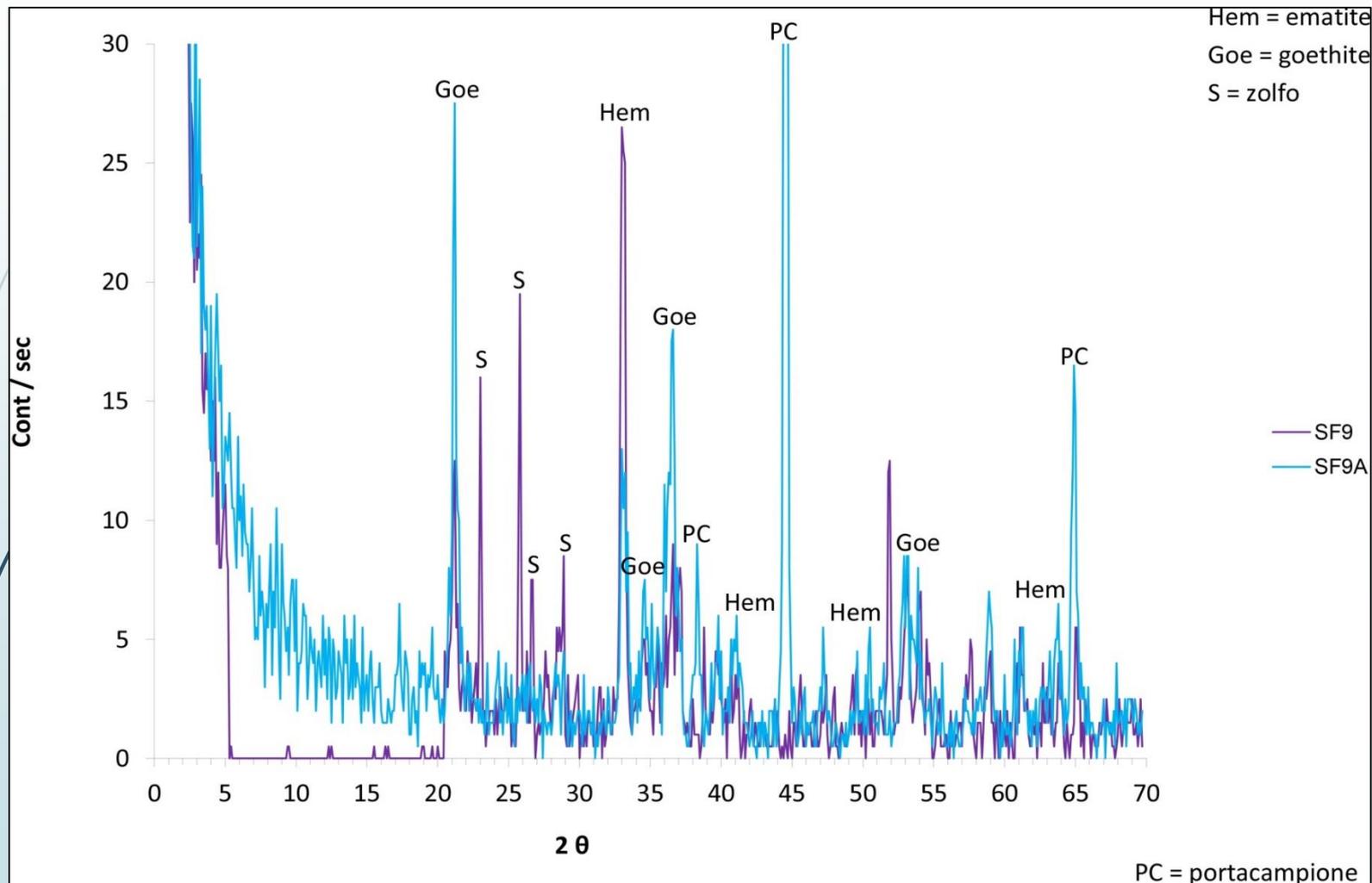
## Composizione mineralogica



SF4BIS laveria; SF5, SF7 e SF8 deposito di materiale sterile

# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

## Composizione mineralogica



Analisi mineralogica di alcuni campioni di residui di lavorazione prelevati in corrispondenza dell'area esterna della miniera di Salafossa (SF9A campione superficiale, SF9 subsuperficiale).

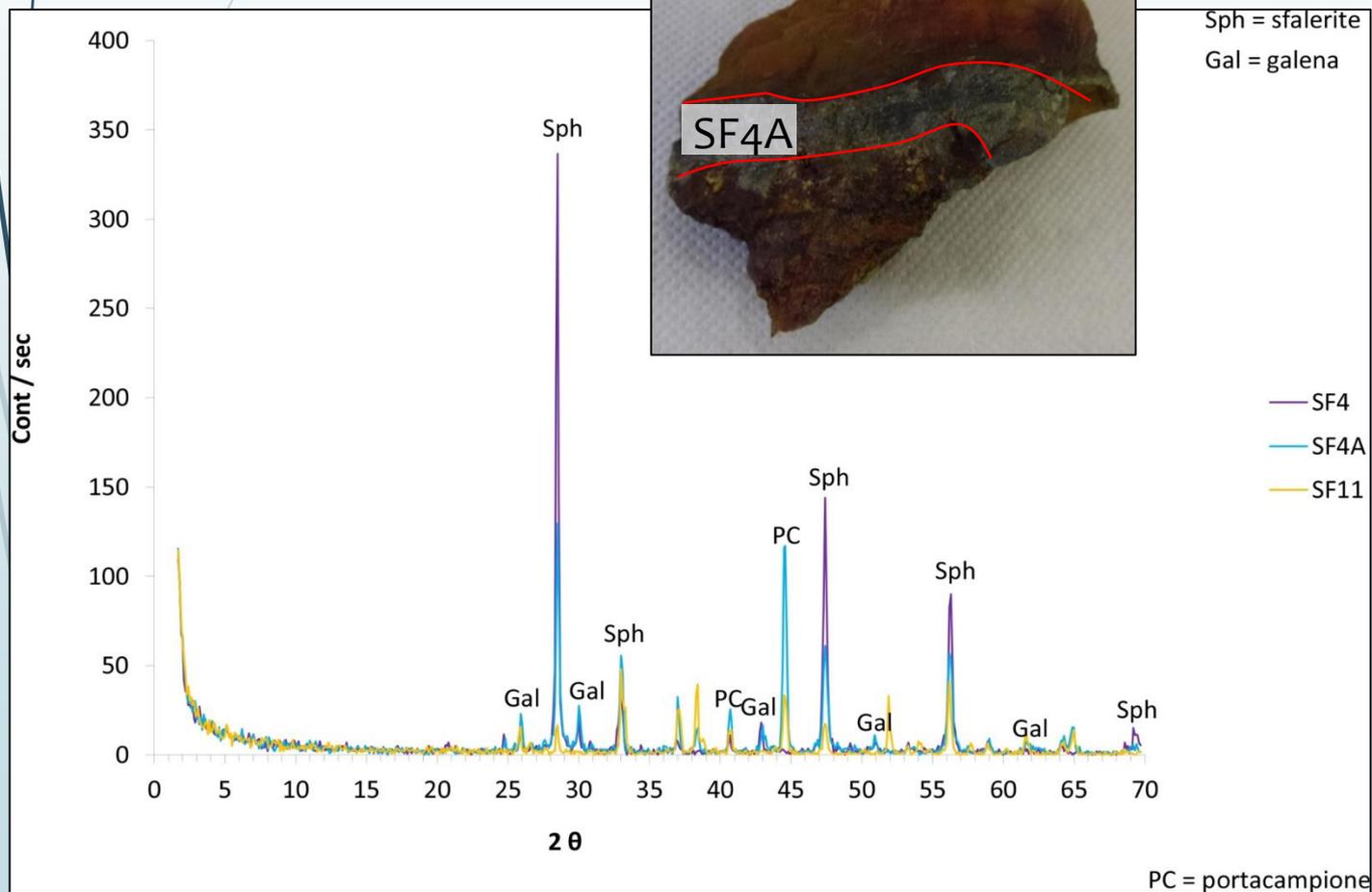
# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

Composizione mineralogica

Edificio laveria



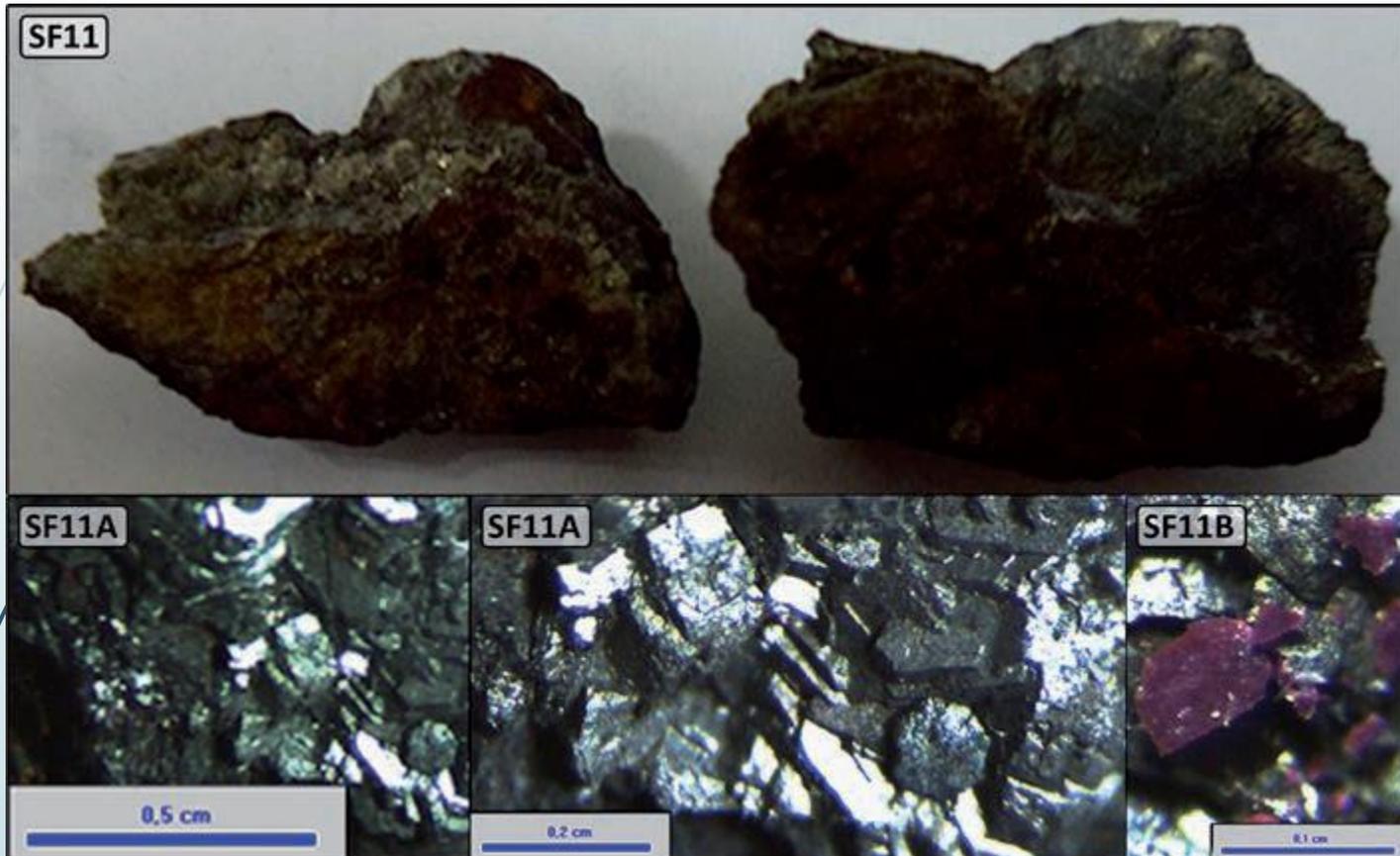
Sph = sfalerite  
Gal = galena



Laveria  
Deposito sterile

# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

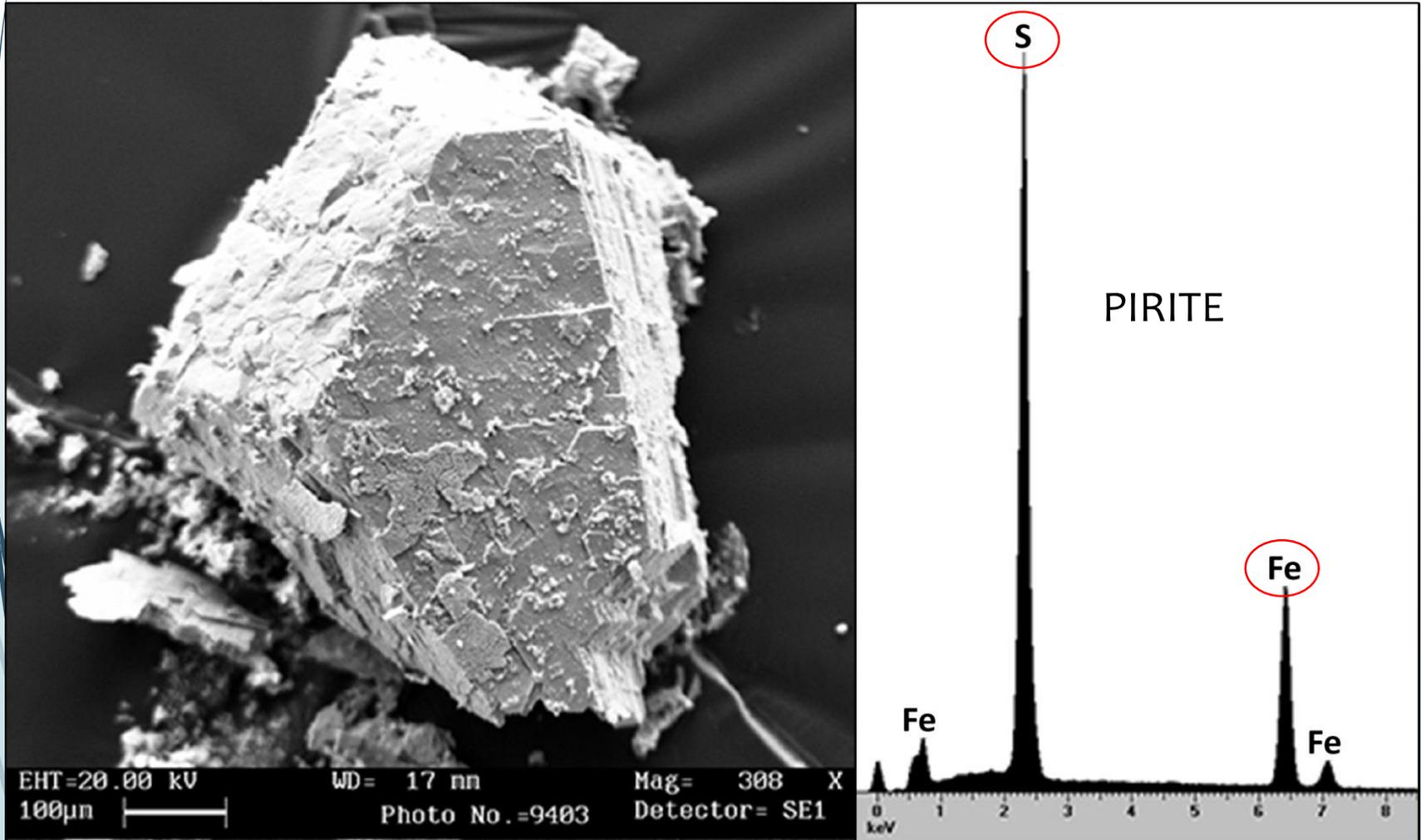
Microanalisi chimica semi-quantitativa



Dettaglio relativo alle cristallizzazioni identificate sul campione SF11, piccolo frammento proveniente dalla zona adibita al deposito del materiale sterile

# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

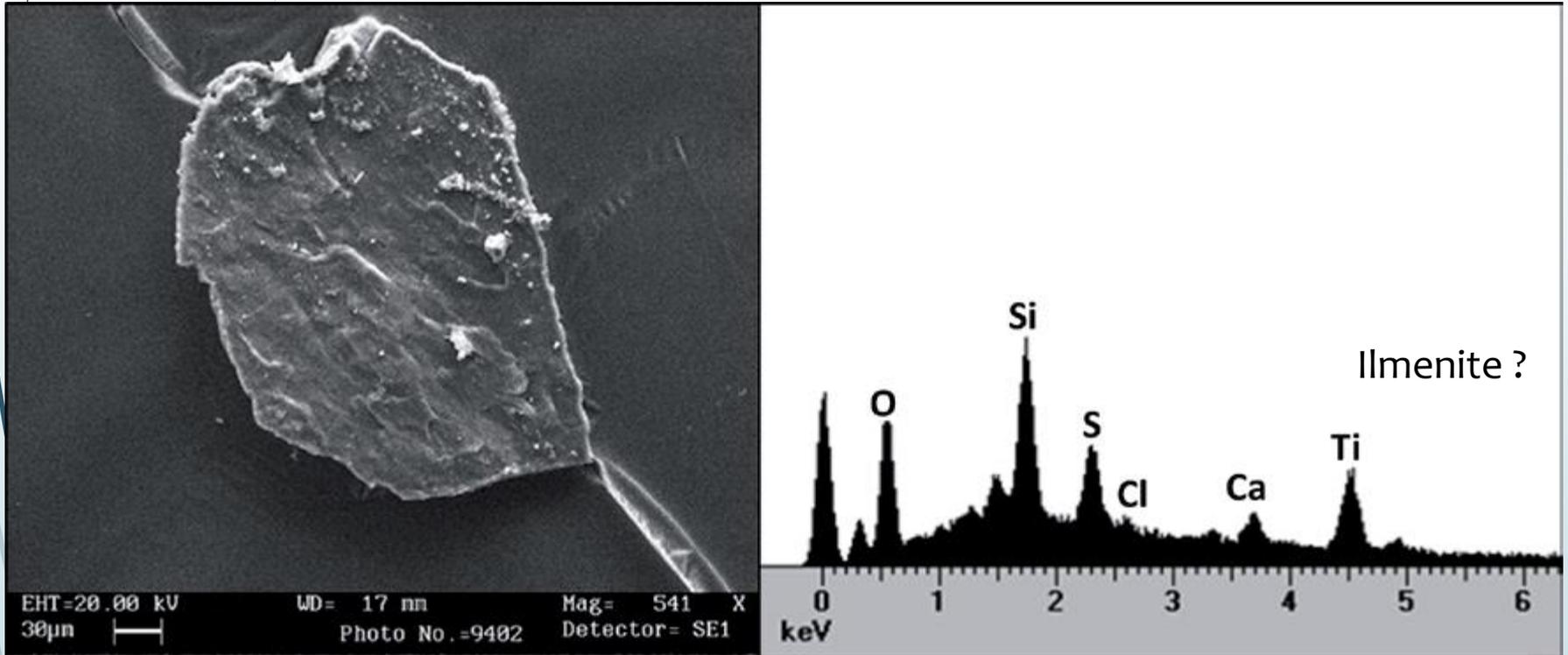
Microanalisi chimica semi-quantitativa



Risultati della microanalisi chimica semi-quantitativa eseguita sul cristallo di aspetto metallico con lucentezza dorata (SF11A).

# SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

## Microanalisi chimica semi-quantitativa

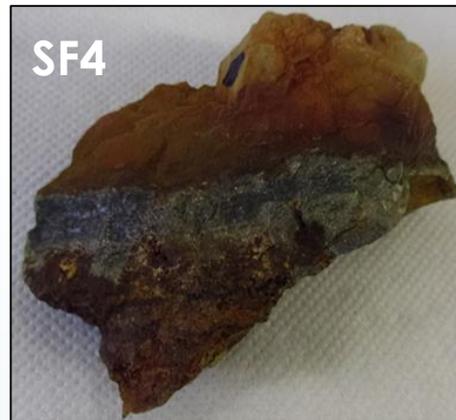


Risultati della microanalisi chimica semi-quantitativa eseguita sulla patina rosso-violetta (SF11B).

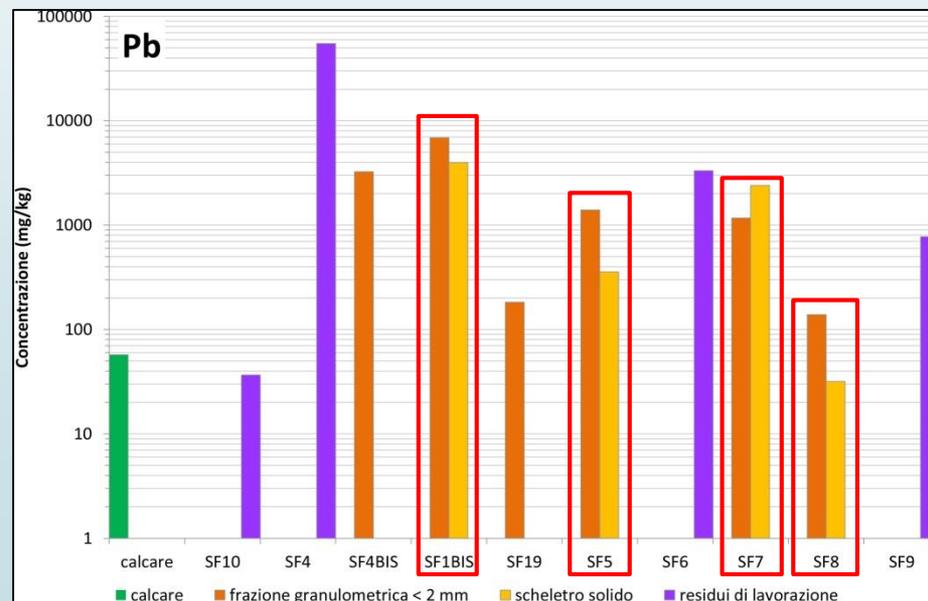
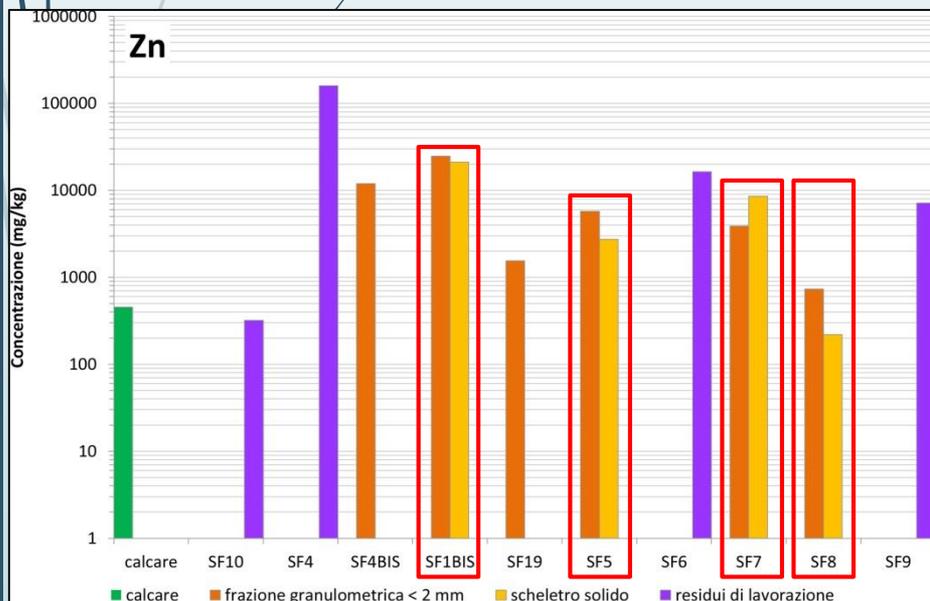
# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

## Suoli e residui di lavorazione

- Frazione granulometrica < 2 mm
- Scheletro solido (2 mm – 2 cm)
- Frazione granulometrica > 2 cm



METALLI PESANTI  
POTENZIALMENTE TOSSICI

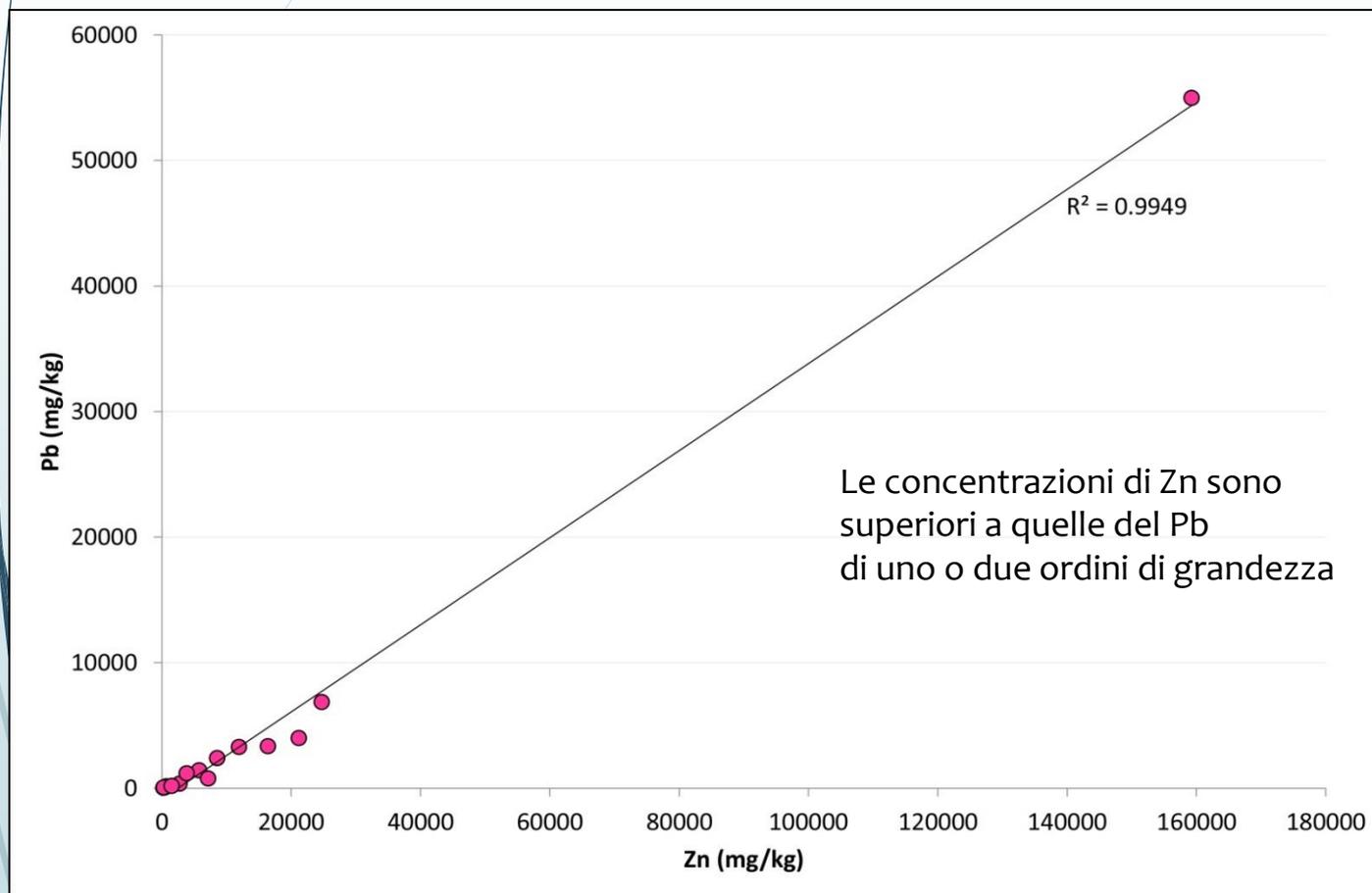


# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Suoli e residui di lavorazione

blenda ZnS

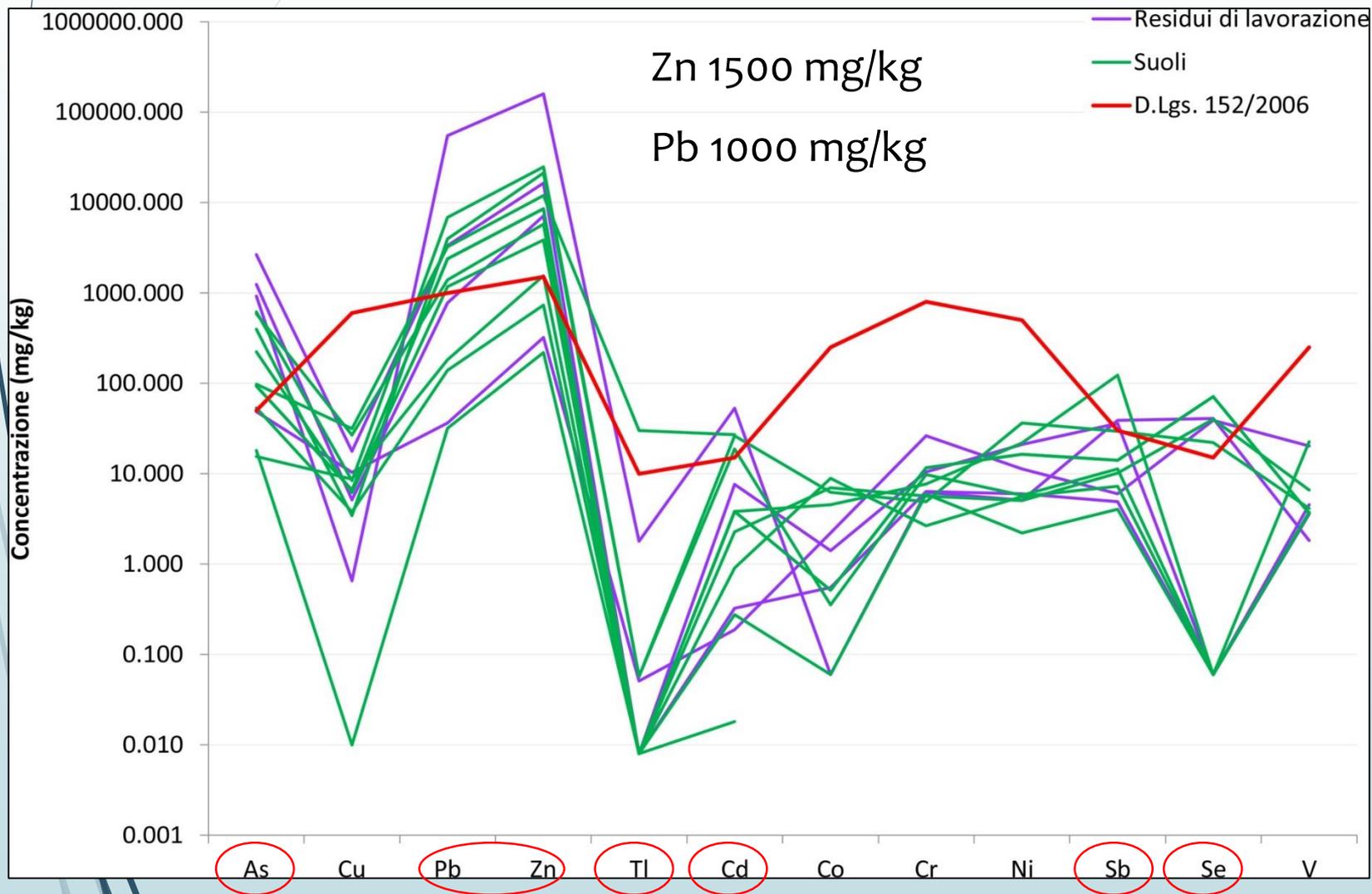
galena PbS



la mineralizzazione estratta a Salafossa presenta un tenore medio di Zn superiore a quello del Pb (4,90 % di Zn e 0,95 % di Pb)

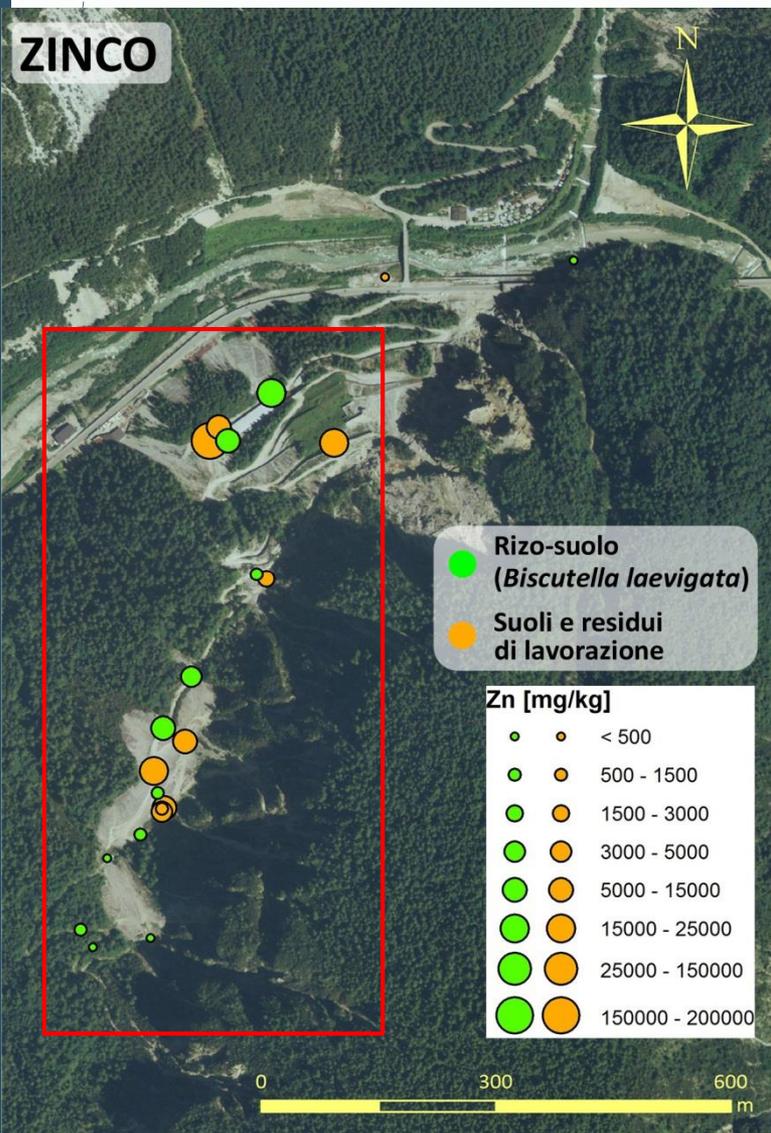
# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Confronto con la normativa: colonna B (D.Lgs. 152/2006)



# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Distribuzione spaziale delle concentrazioni nei suoli

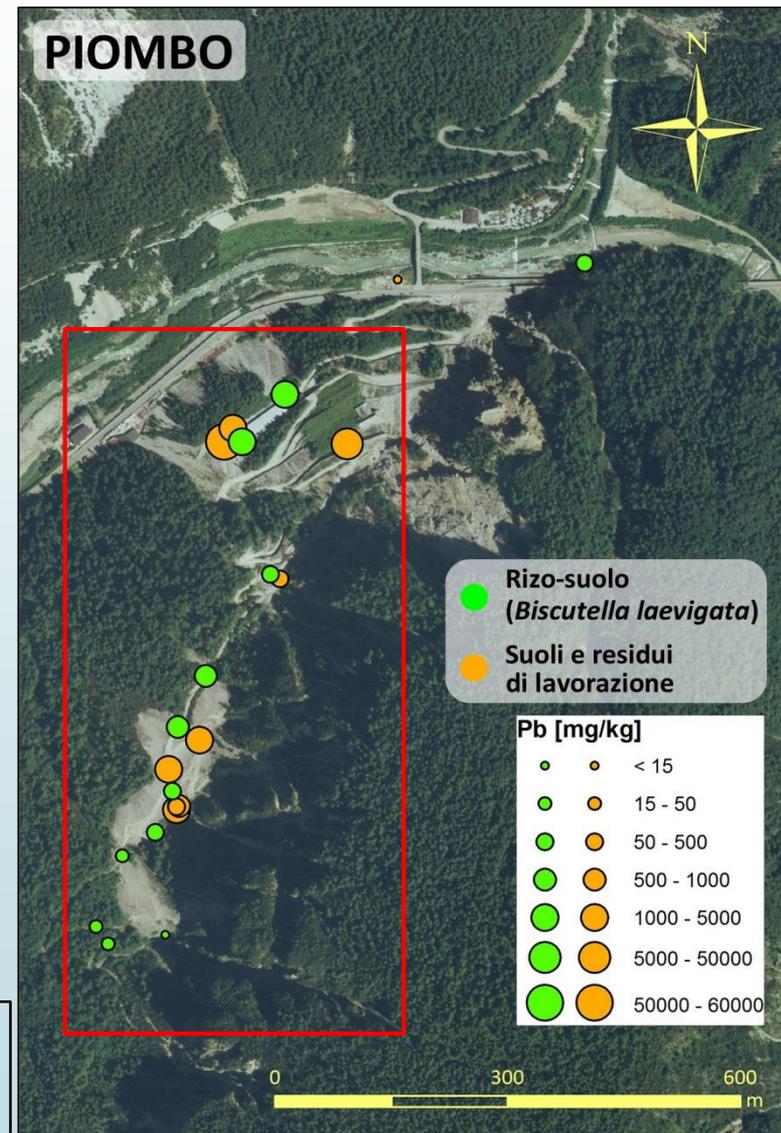


LAVERIA

AUMENTO DELLE CONCENTRAZIONI

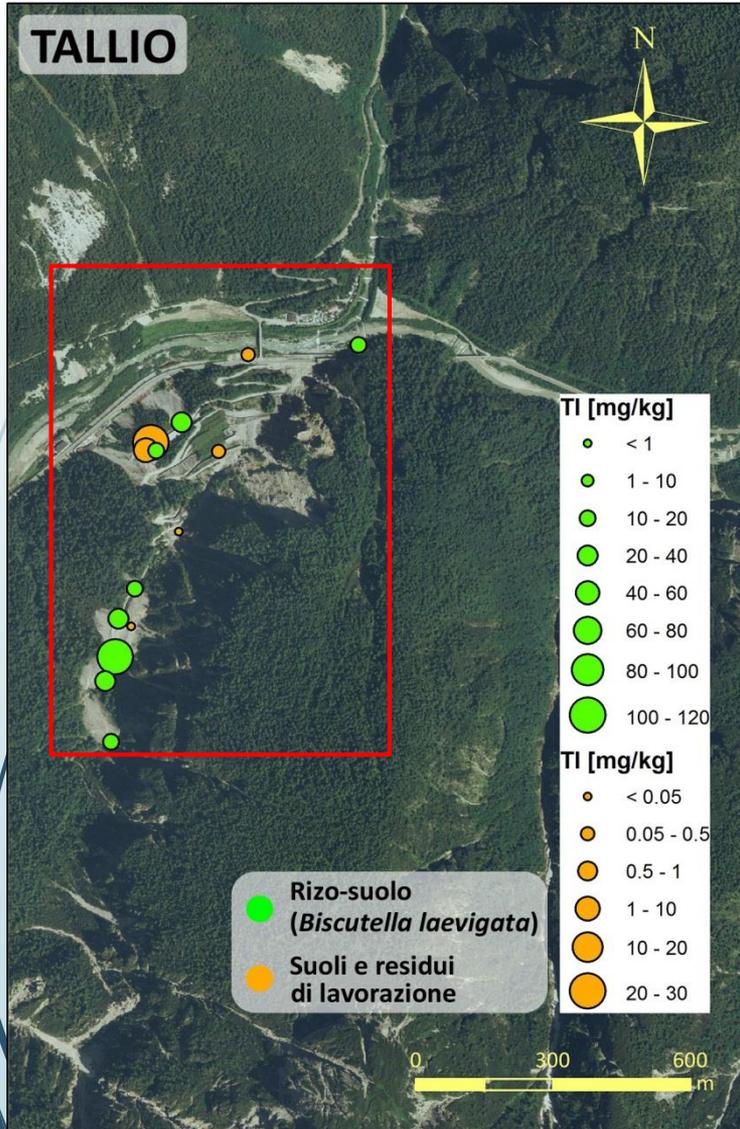
RIZO-SUOLI

ZONA DI DEPOSITO



# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Distribuzione spaziale delle concentrazioni di Tallio nei suoli



LAVERIA

DIMINUIZIONE DELLE CONCENTRAZIONI

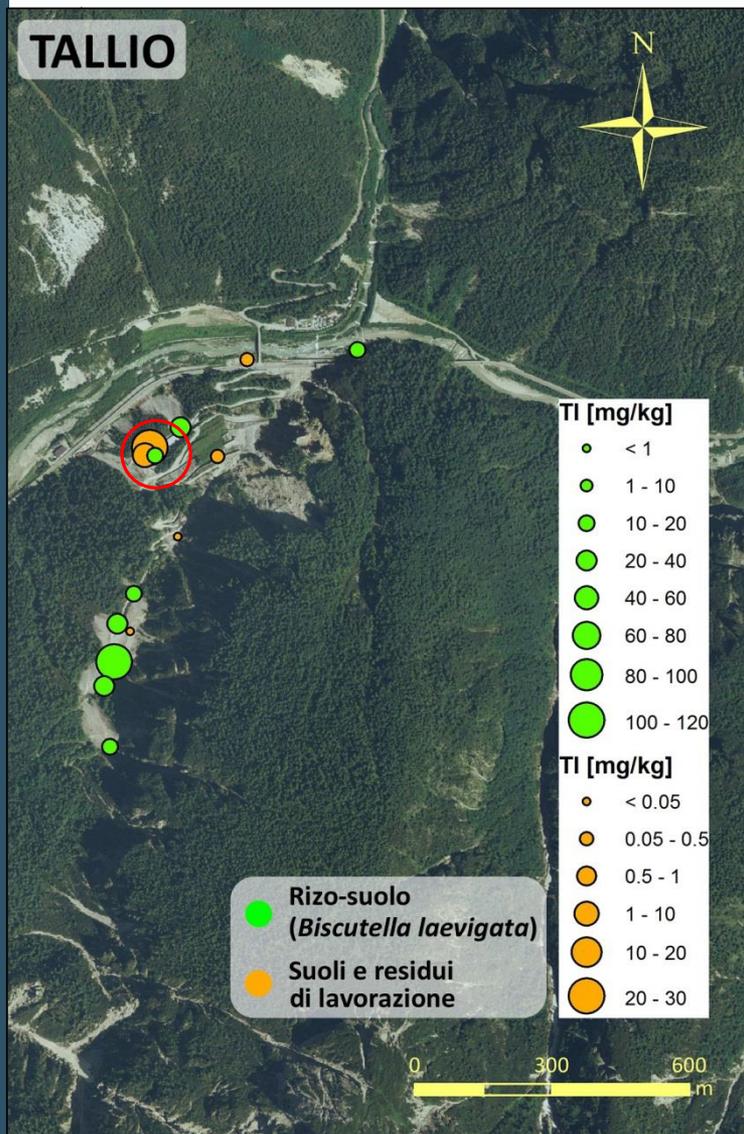
RIZO-SUOLI

ZONA DI DEPOSITO

**Superamento della  
soglia limite di 10  
mg/kg (D.Lgs.  
152/2006)**

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Distribuzione spaziale delle concentrazioni di Tallio in matrice minerale



Suolo SF4BIS

30,09 mg/kg

Residuo di lavorazione

SF4

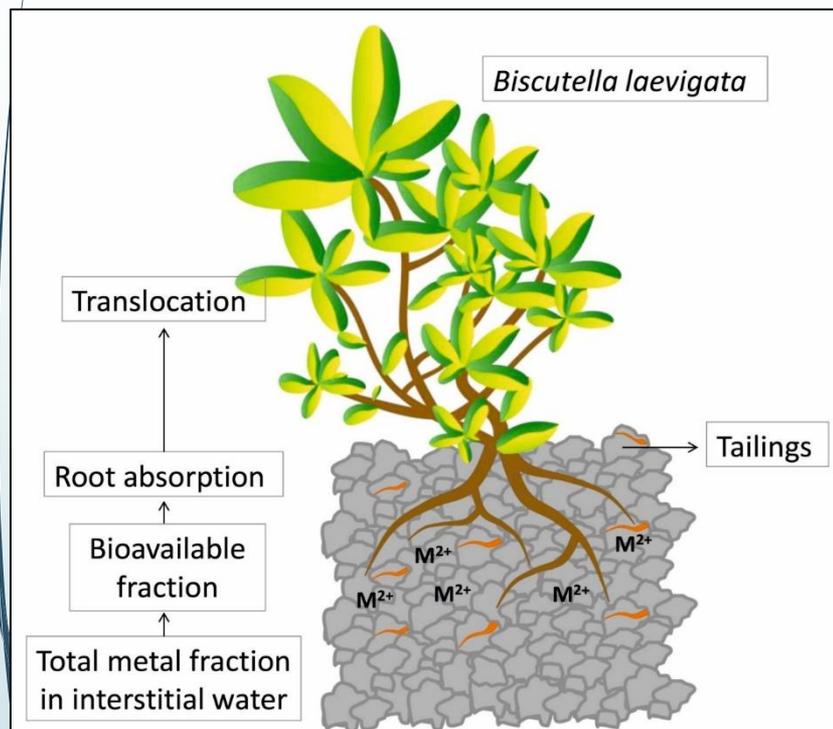
1,79 mg/kg



ETEROGENEITÀ DEI DEPOSITI DI MATERIALE RESIDUALE

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

## *Biscutella laevigata* L.



- Metallofita facoltativa
- Specie iperaccumulatrice di TI

Bulk-suolo → Valutazione frazione biodisponibile nel suolo

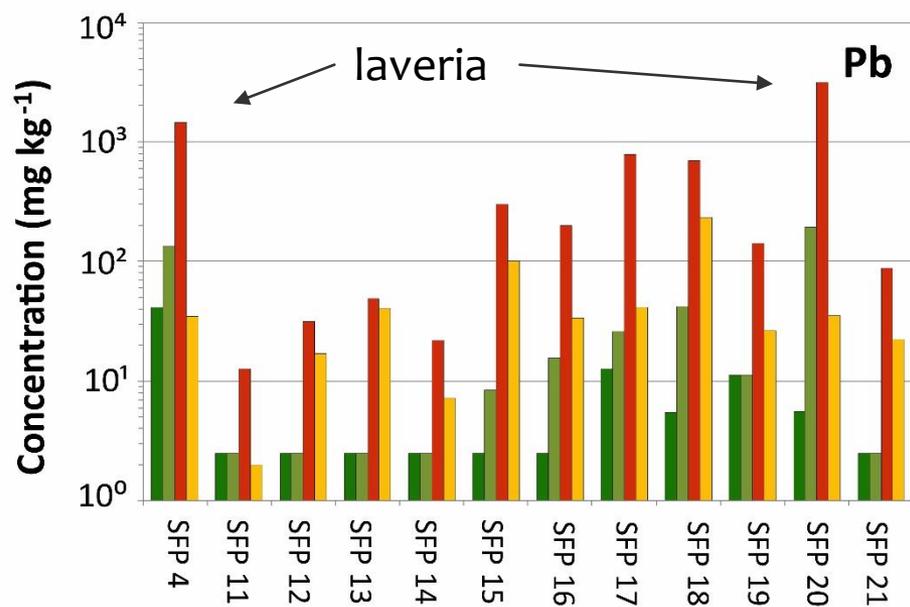
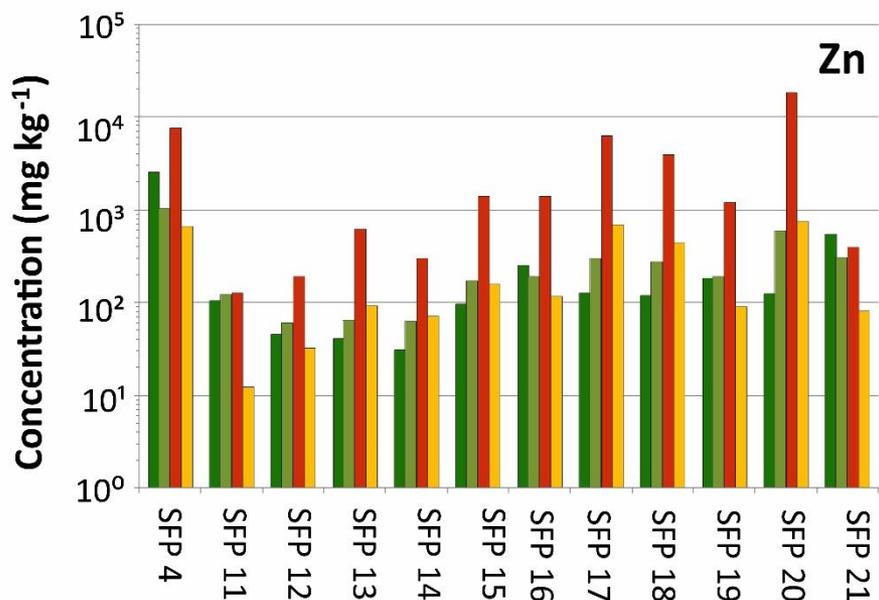
Rizo-suolo → Valutazione frazione biodisponibile per l'assorbimento

Radici → Valutazione dell'assorbimento radicale

Foglie → Valutazione della traslocazione

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

## Assorbimento radicale (Pb) e traslocazione (Zn)



Leaves

Roots

Rhizo-soil total

Rhizo-soil extracted



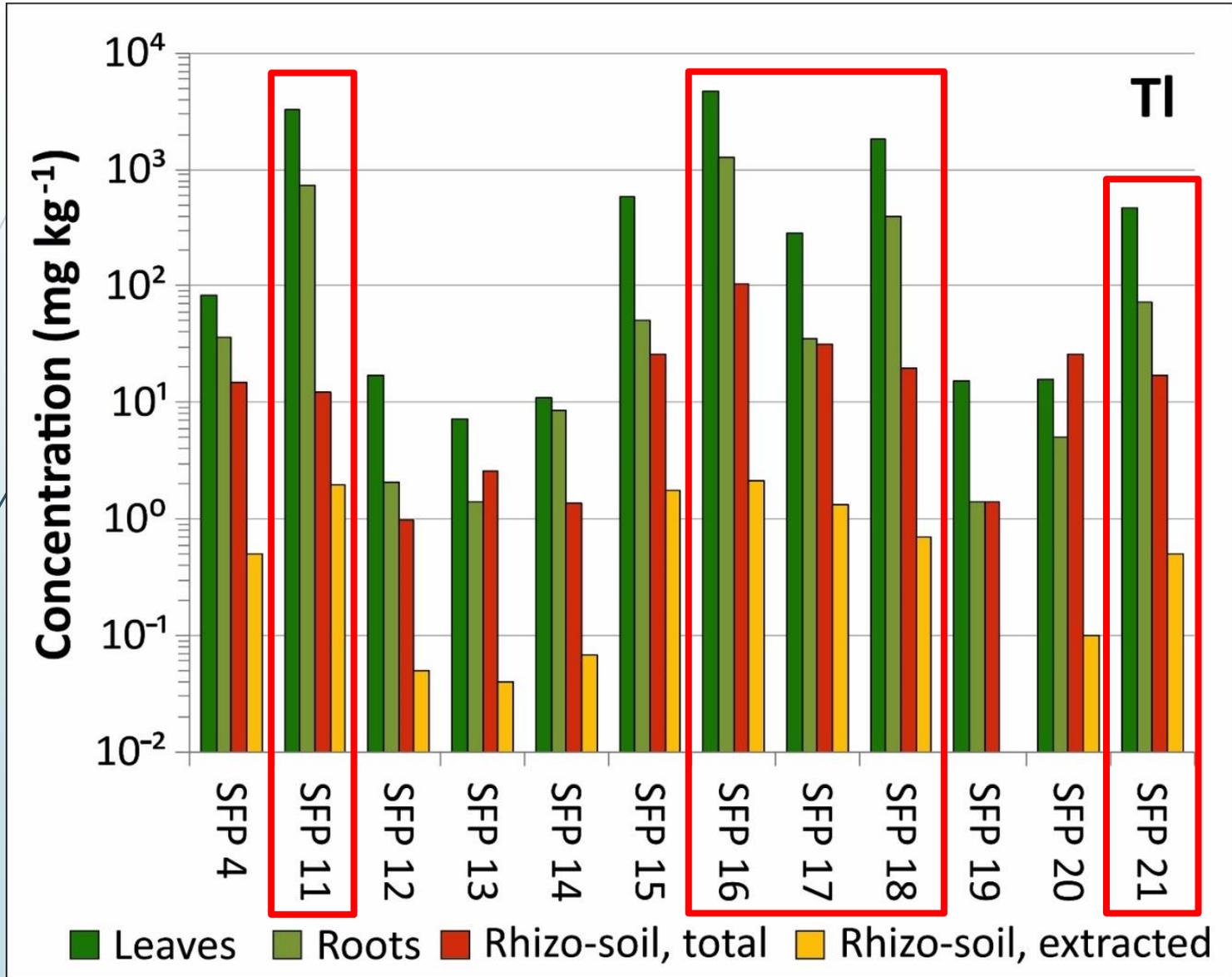
biodisponibilità ?

Zn in radici e foglie >  
Zn estratto da rizo-suolo



# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

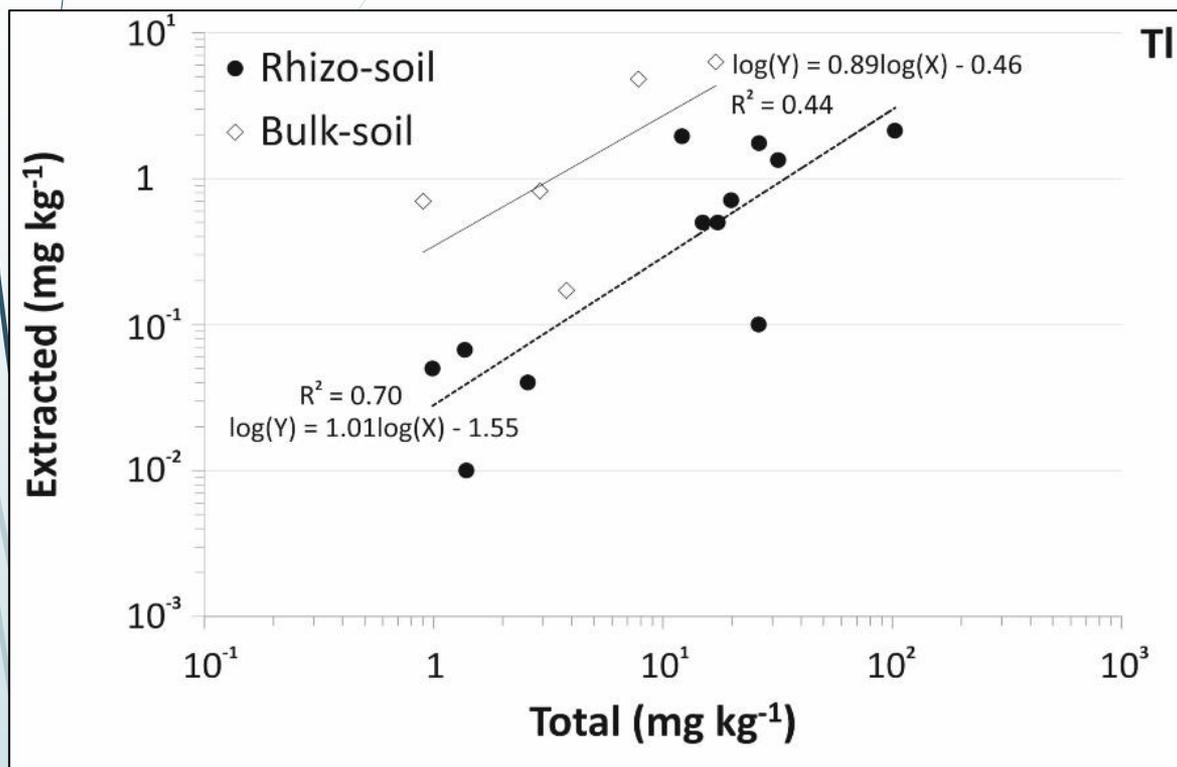
Assorbimento radicale e traslocazione del Tallio



# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Biodisponibilità del **Tallio** in suolo e rizo-suolo

**ESTRATTO** vs TOTALE

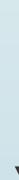


**DTPA (0.005 M)**  
**Soluzione estraente**

Suolo (Bulk)      Rizo-suolo

Total <lod-17.0      1.0-102.8  
( $\text{mg kg}^{-1}$ )

**Extr.** <lod-6.3      <lod-2.0  
( $\text{mg kg}^{-1}$ )

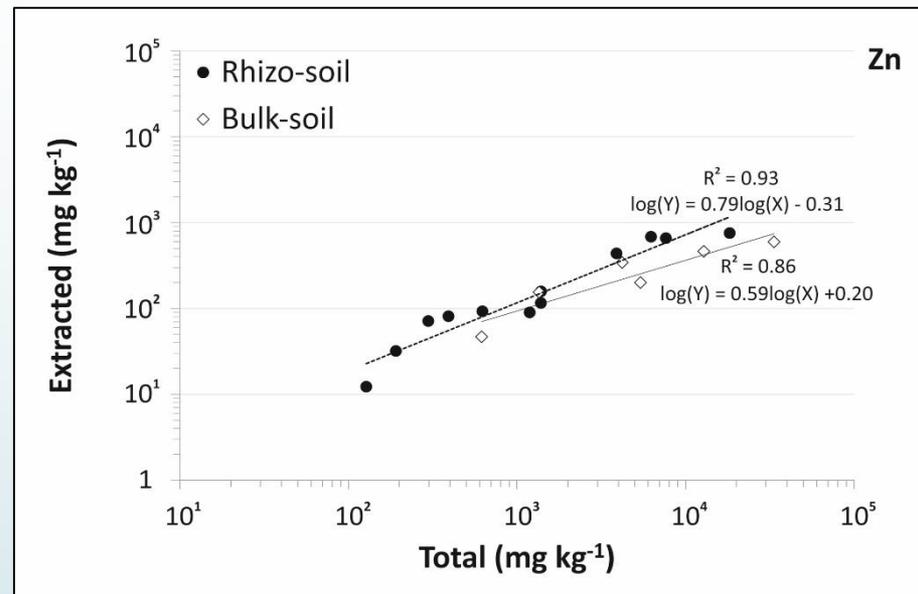
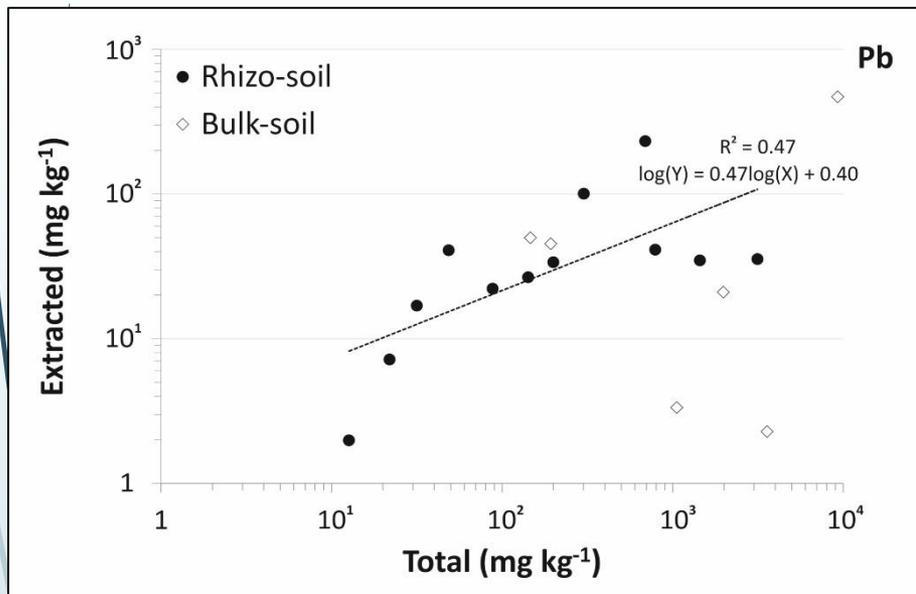


La relazione tra concentrazione estratta vs totale del metallo è più significativa nei campioni di rizo-suolo (percentualmente meno ricchi di TI estraibile): la *B. laevigata* favorisce l'assorbimento radicale del TI.

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Biodisponibilità di **Pb** e **Zn** in suolo e rizo-suolo

**ESTRATTO** vs **TOTALE**



Suolo (Bulk)      Rizo-suolo

Total    146-9284    13-3144  
(mg kg<sup>-1</sup>)

Extr.    2.3-470    2.0-231  
(mg kg<sup>-1</sup>)

Suolo (Bulk)      Rizo-suolo

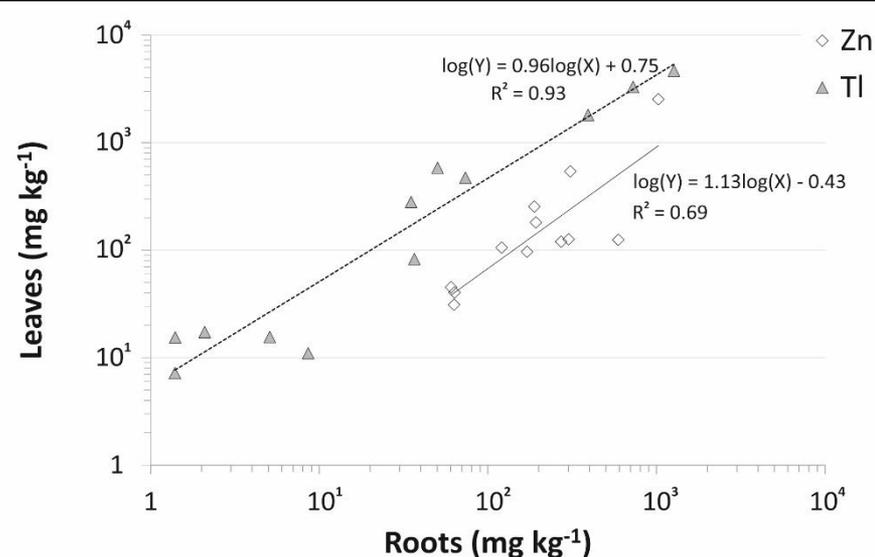
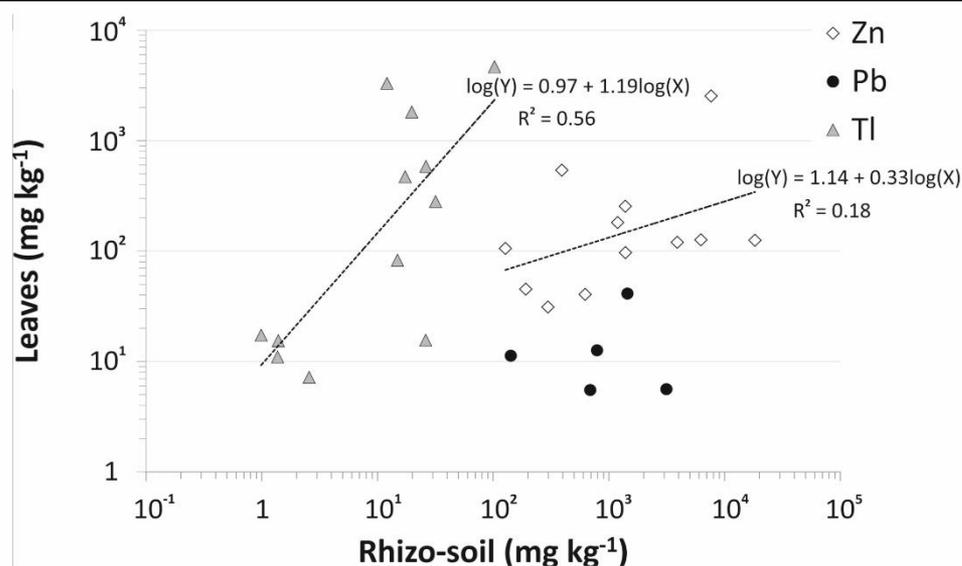
Total    1351-33489    127-18297  
(mg kg<sup>-1</sup>)

Extr.    47-595    12-754  
(mg kg<sup>-1</sup>)

La *B. laevigata*, attraverso il processo di acidificazione della rizosfera, potrebbe favorire l'alterazione della Galena in Cerussite. La dissoluzione di quest'ultima potrebbe aver reso il Pb maggiormente biodisponibile (estratto).

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

## Relazione suolo – pianta per Zn, Pb e Tl



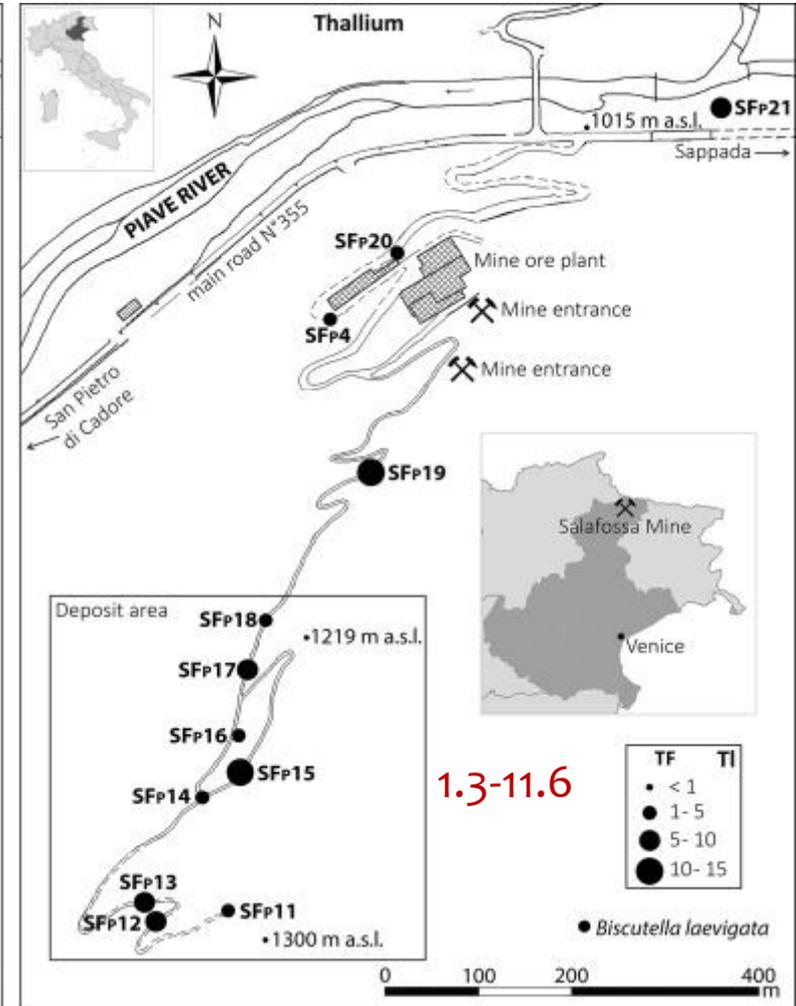
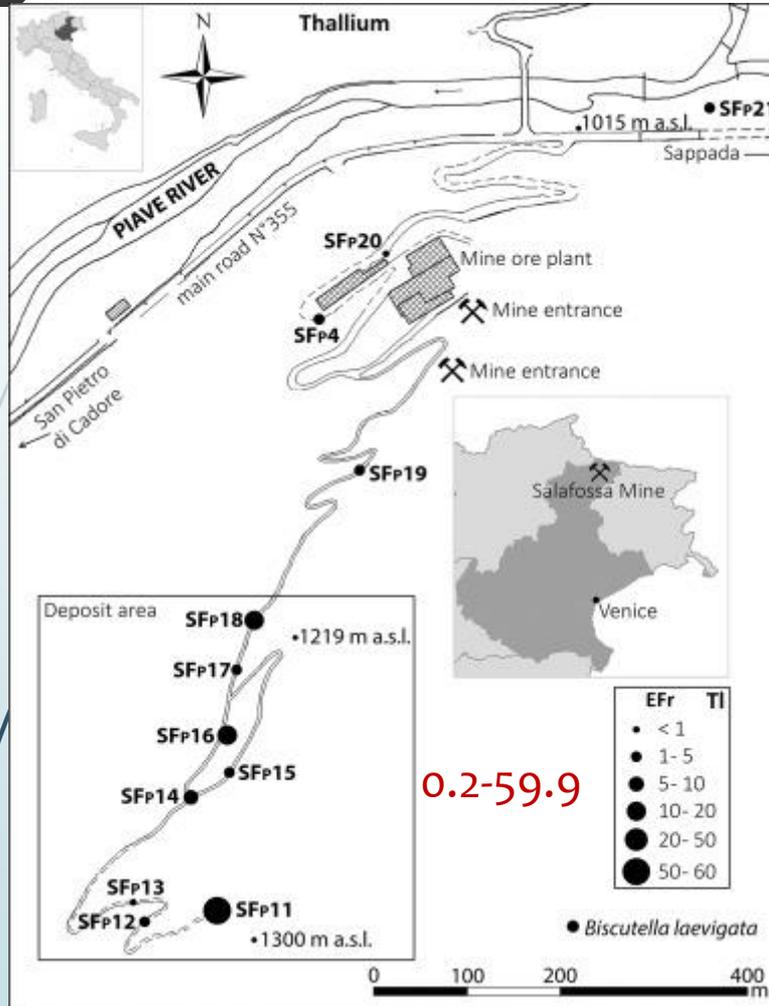
**(SF<sub>p</sub>16) Tallio max (mg kg<sup>-1</sup>) : 102.8 (Rizo-suolo), 1267 (Radici), 4657 (Foglie)**

Gli elevati coefficienti di correlazione testimoniano la tendenza della *B. laevigata* all'assorbimento, e conseguente traslocazione, del Tallio presente nel corrispondente rizo-suolo.

Stesse relazioni non sono significative per il Pb (non disponibile) e solo parzialmente per lo Zn.

# L'AREA ESTERNA DELLA MINIERA

Enrichment Factor (EF) e Translocation Factor (TF) per il Tallio



$$EF = \frac{[Tl]_{radici}}{[Tl]_{rizo-suolo}}$$

$$TF = \frac{[Tl]_{foglie}}{[Tl]_{radici}}$$

# CONCLUSIONI

## ❖ SUOLI E RESIDUI DI LAVORAZIONE

- Elevate concentrazioni di elementi in tracce anche potenzialmente tossici
- Eterogeneità nella distribuzione spaziale delle concentrazioni
- Individuazione delle zone critiche

## ❖ MATRICE VEGETALE

- La procedura di estrazione (DTPA) ha evidenziato che il TI è presente nel suolo in una forma biodisponibile per l'assorbimento radicale
- Bioaccumulo del TI negli individui di *B. laevigata*
- Influenza della *B. laevigata* sulla biodisponibilità del TI e degli altri elementi in tracce

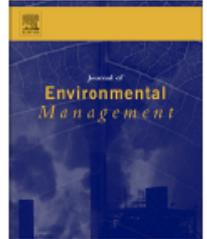


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Environmental Management

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jenvman](http://www.elsevier.com/locate/jenvman)



Research article

### Bioaccumulation of thallium and other trace metals in *Biscutella laevigata* nearby a decommissioned zinc-lead mine (Northeastern Italian Alps)

Elena Pavoni <sup>a</sup>, Elisa Petranich <sup>a</sup>, Gianpiero Adami <sup>b</sup>, Elena Baracchini <sup>b</sup>, Matteo Crosera <sup>b</sup>, Andrea Emili <sup>a</sup>, Davide Lenaz <sup>a</sup>, Pablo Higuera <sup>c</sup>, Stefano Covelli <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Mathematics and Geosciences, University of Trieste, Italy

<sup>b</sup> Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences, University of Trieste, Italy

<sup>c</sup> IGeA - University of Castilla La Mancha, Almadén, Ciudad Real, Spain



... alla prossima puntata: le acque di drenaggio!



Foto S-Team, progetto Salafossa