

# **CARATTERIZZAZIONE delle AREE MINERARIE UN CASO STUDIO:**

## **La LAVORIA di SU ZURFURU**

**Luigi Marangio**

ISPRA

## Indice

1. Inquadramento
2. Caratteristiche dei siti minerari
3. La Laveria di Su Zurfuru
4. Il modello concettuale preliminare
5. Il Piano di indagini
6. Misure di Messa in sicurezza

## INQUADRAMENTO

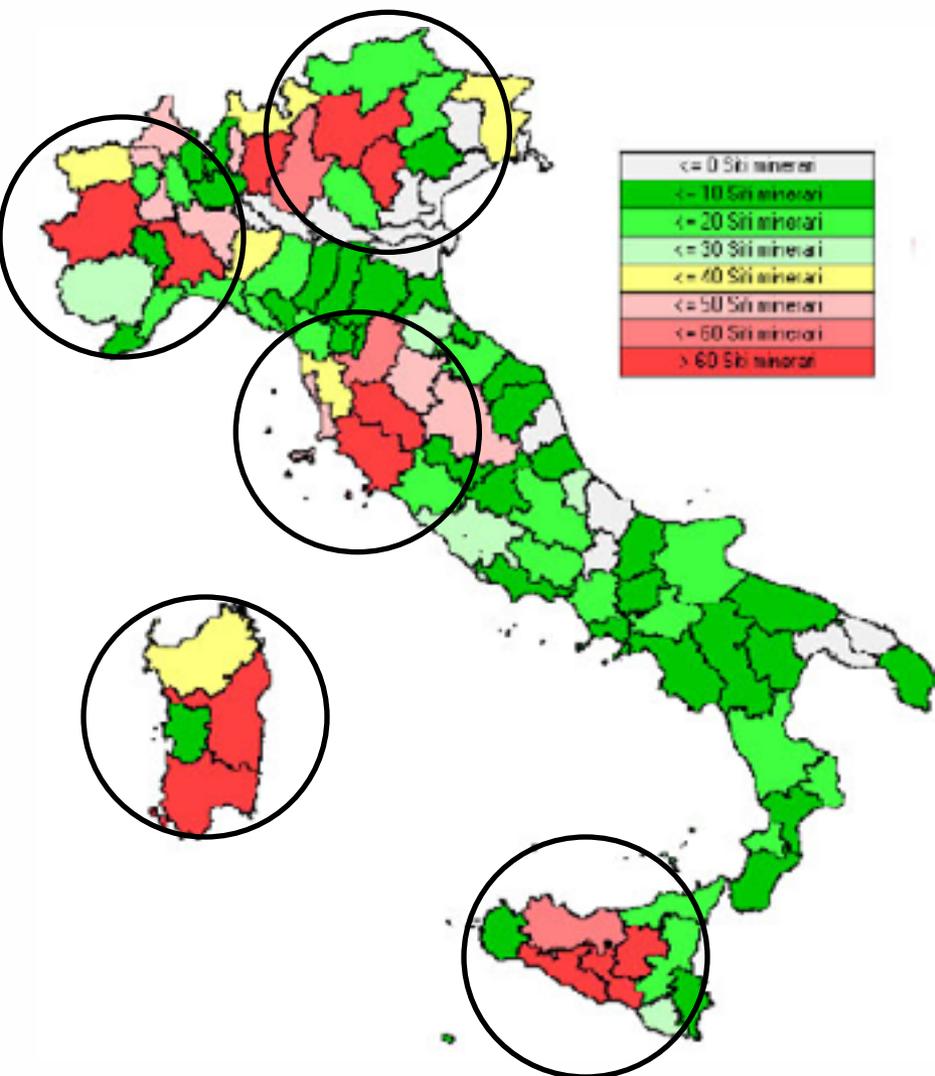


Nel Gennaio 2008 con OPCM n. 3640 “ Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni determinatisi in conseguenza dell'inquinamento delle aree minerarie dismesse del Sulcis - Iglesiente e del Guspinese della Regione Autonoma della Sardegna” le competenze delle aree minerarie ricadenti nel SIN passano alla RAS – Ufficio del Commissario delegato per l'emergenza ambientale delle aree minerarie



## INQUADRAMENTO

### I siti minerari In Italia

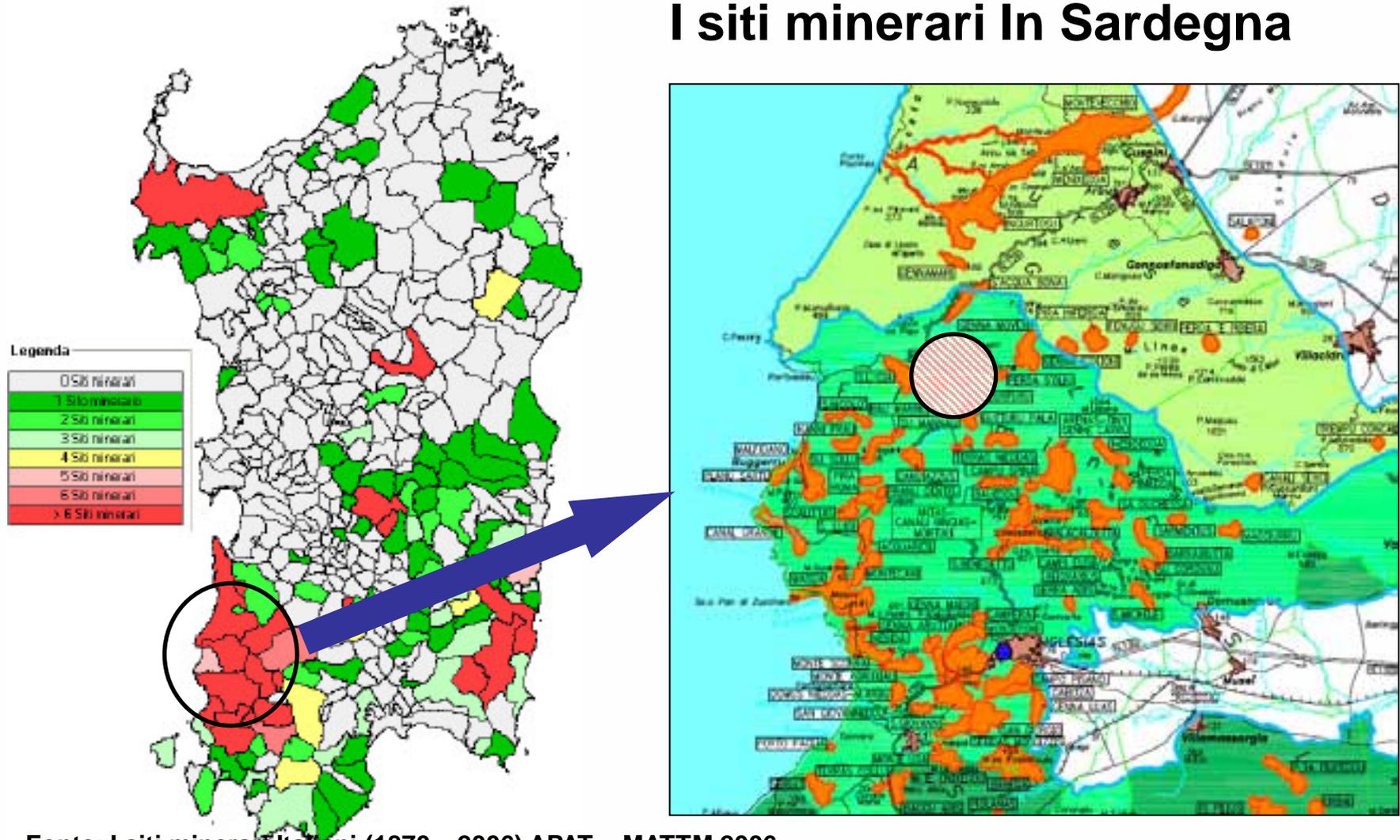


regione	% diffusione	TOTALE %
SICILIA	24,2	74,7
SARDEGNA	14,3	
TOSCANA	13,9	
PIEMONTE	12,5	
LOMBARDIA	9,8	
(tutte le altre regioni...)	(...)	25,2
<b>TOTALE</b>	2990 siti	100%

Fonte: I siti minerari Italiani (1870 – 2006) APAT – MATTM 2006

# INQUADRAMENTO

## I siti minerari In Sardegna



Fonte: I siti minerari Italiani (1870 – 2006) APAT – MATTM 2006

## INQUADRAMENTO

### I siti minerari nel Sulcis Iglesiente

	<b>Siti minerari dismessi</b>	<b>Superfici interessate da residui minerari</b>	<b>Volumi di residui minerari</b>
<b>Sardegna</b>	<b>169</b>	<b>14,9 Mm<sup>2</sup></b>	<b>71,1 Mm<sup>3</sup></b>
<b>Sulcis-Iglesiente-Guspinese</b>	<b>113 (66%)</b>	<b>13,1 Mm<sup>2</sup> (88%)</b>	<b>65,7 Mm<sup>3</sup> (92%)</b>

Fonte: RAS 2006



## INQUADRAMENTO

### La normativa

- *Regio Decreto 29 luglio 1927, n. 1443*
- *D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 relativa alle discariche di rifiuti*
- *2006/21/CE del 15 marzo 2006, Direttiva del Parlamento Europeo relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive*
- *D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 – Norme in materia ambientale*
- *D.Lgs 30 maggio 2008 n. 117*

**MANCANZA DI UNA NORMA SPECIFICA PER LE AREE MINERARIE DISMESSE**

## INQUADRAMENTO

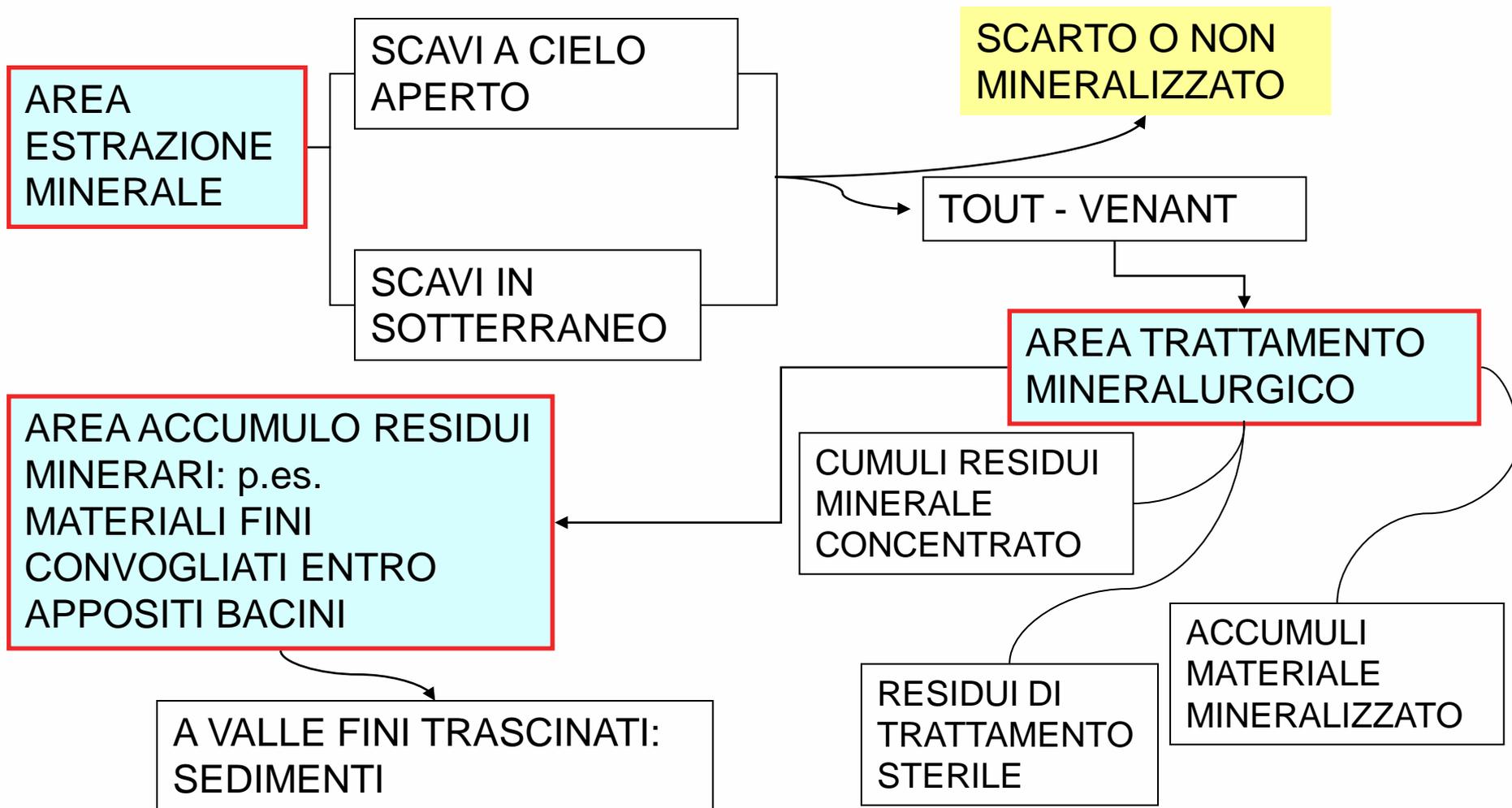
### criticità emerse e problematiche intrinseche

**PROBLEMATICHE  
MULTIDISCIPLINARI  
COMPLESSE**

- ∅ VALORI DI FONDO
- ∅ VOLUMETRIE IN GIOCO
- ∅ ATTIVITÀ MULTISECOLARE STRATIFICATA
- ∅ NESSUNA ATTIVITÀ DI MISE E/O BONIFICA DA PARTE DEL GESTORE
- ∅ INQUINAMENTO AMBIENTALE
- ∅ FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO
- ∅ STABILITÀ DEI VERSANTI
- ∅ DEGRADO DI STRUTTURE EDIFICI ED IMPIANTI
- ∅ PROPRIETÀ PUBBLICA
- ∅ RESIDUI MINERARI = RIFIUTI?

# CARATTERISTICHE DEI SITI MINERARI DISMESSI

## Fonti potenziali di contaminazione



## LA LAVERIA di SU ZURFURU



L'AREA DI INDAGINE (50ha) COINCIDE CON IL BACINO IDROGRAFICO SU CUI SONO STATE CONDOTTE LE ATTIVITÀ DI SCAVO, ESTRAZIONE, E ARRICCHIMENTO NONCHÈ DI ABBANCAMENTO DEGLI SCARTI MINERARI (TOUT VENANT, FINI DI LAVERIA).

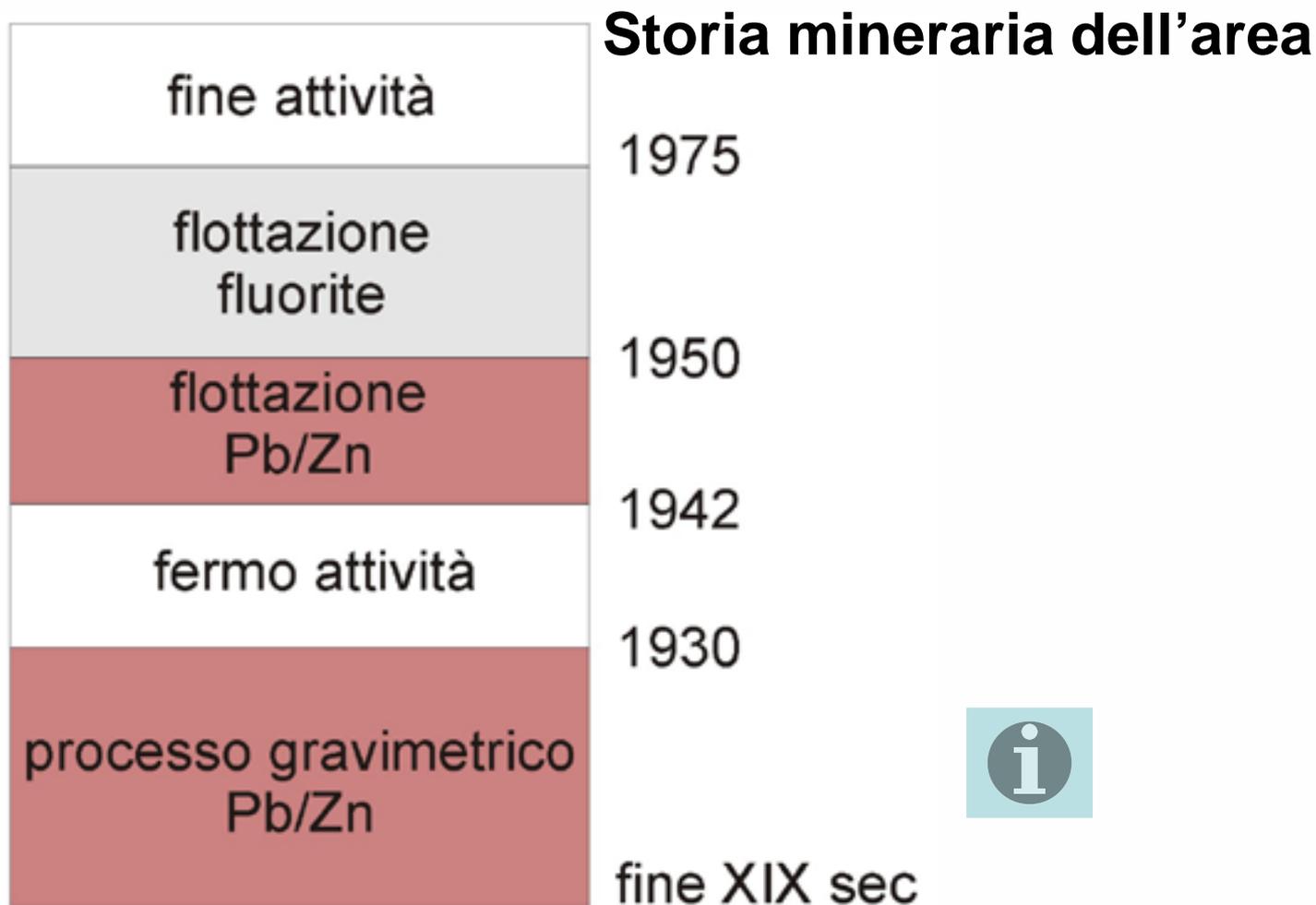


## LA LAVERIA di SU ZURFURU inquadramento geologico



FILONI A Qz PREVALENTE CON Pb, Zn, Fe (Ba, Mo, Sn, W, Co, Ni, As)

## LA LAVERIA di SU ZURFURU



# LA LAVERIA di SU ZURFURU

## I processi

GRAVIMETRICO

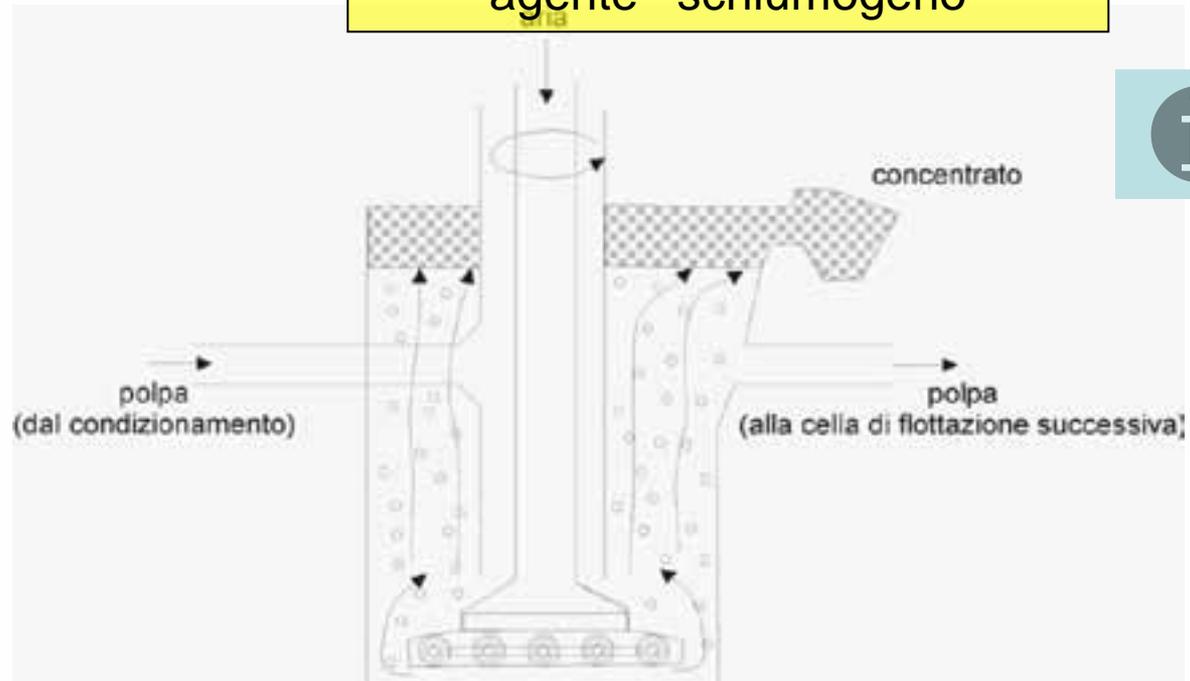
soda, per la correzione del pH;

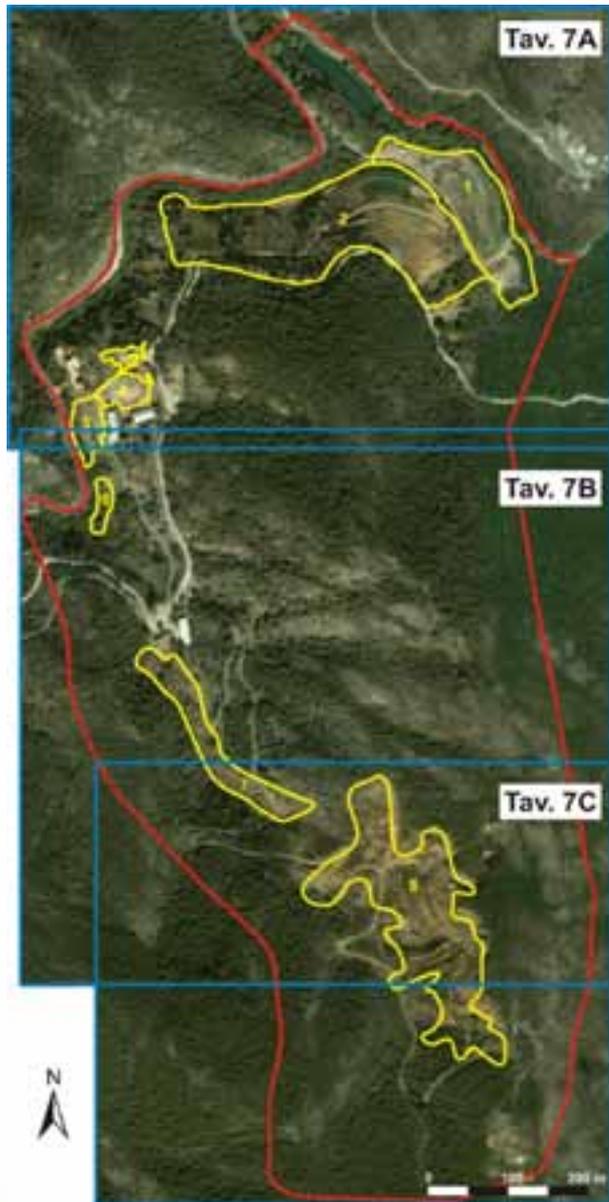
FLOTTAZIONE

oleina (acidi grassi di origine vegetale e/o animale) quale agente schiumogeno

reagenti

cianuro  
acido silicico  
solfato di Cu  
solfato di Zn





## LA LAVERIA di SU ZURFURU quadro d'unione



LIMITE AREA VASTA



CENTRI DI PERICOLO

## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

AREA 1

fini di decantazione derivati dal processo di flottazione per il recupero della fluorite messa in posto fra il 1969 e il 1973

area stimata  
11.300 mq  
profondità  
massime 5 – 6 m  
volume stimato  
62.000 mc



## LA LAVERIA di SU ZURFURU

### stato dei luoghi

AREA 2

abbancamento dei  
residui minerari  
derivanti dal  
processo  
gravimetrico  
anteriore al 1942

spessori  
molto variabili  
fino a 4 – 5 m



## LA LAVERIA di SU ZURFURU

AREA 3

stato dei luoghi

“sabbione”  
biancastro ricco  
di fluorite  
derivante dal  
processo  
gravimetrico



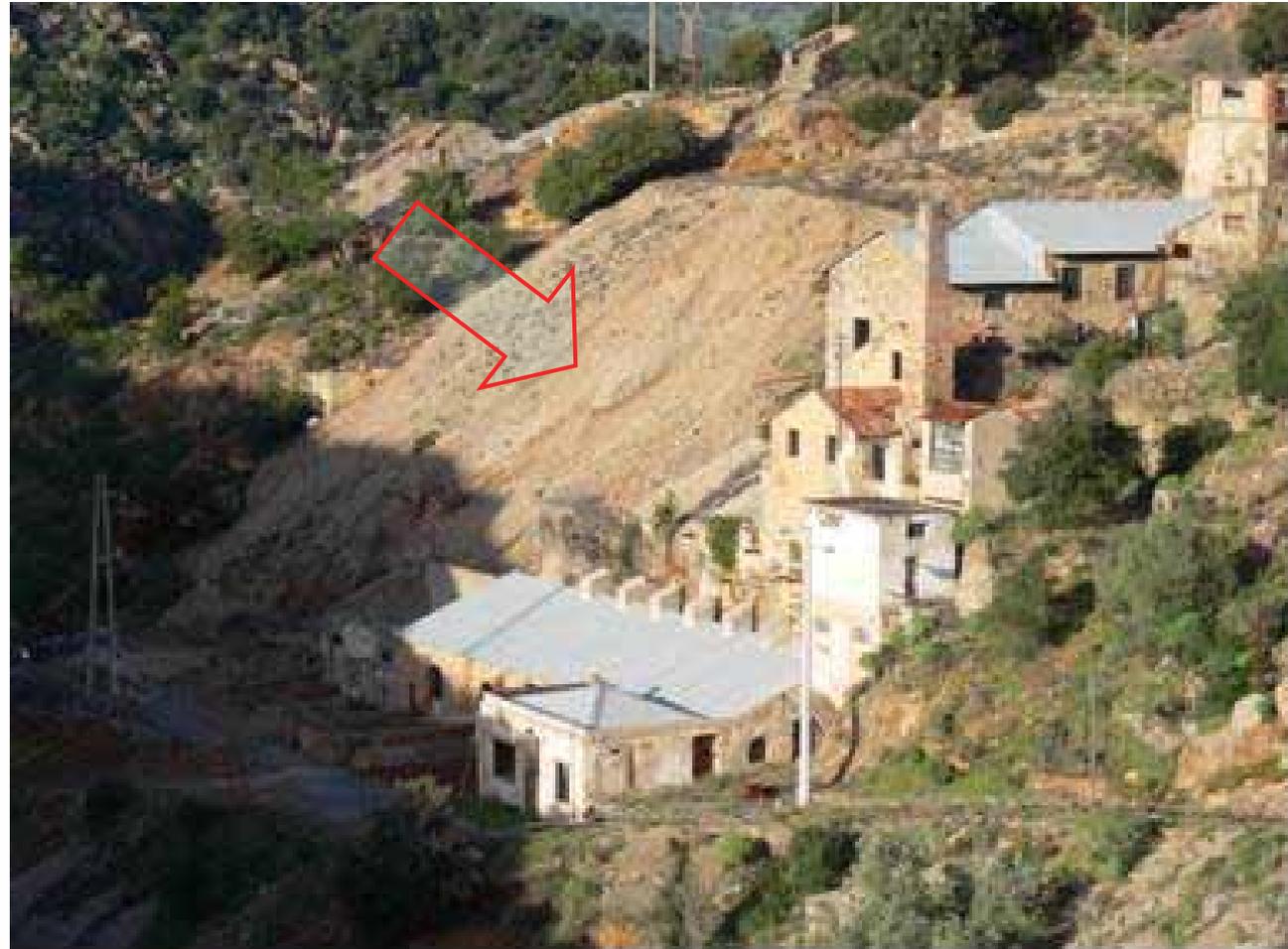
## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

AREA 4

scarti di vaglio  
 indicati in loco  
 come “tout venant”  
 inerenti la  
 lavorazione della  
 fluorite (galleria  
 pietra)  
 messa in posto  
 successiva al 1956

area stimata 1.800  
 mq  
 spessori  
 presumibilmente  
 fino a qualche  
 metro



## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

AREA 5

abbancamento dei  
fini derivanti dal  
processo  
gravimetrico per  
l'arricchimento di Pb  
e Zn  
periodo di  
abbancamento  
anteriore al 1942

area circa 2.300  
mq  
spessori variabili  
fino a 4 – 5 m.



## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

AREA 6

fini di decantazione  
derivati dal processo di  
flottazione per il  
recupero della fluorite  
messa in posto fra il  
1957 e il 1969

area stimata  
1.000 mq  
profondità  
sconosciute



alla fine degli anni '60 gran parte del materiale è scivolato nel sottostante Riu Mannu.

## LA LAVERIA di SU ZURFURU

rifiuti di  
 avanzamento talora  
 mineralizzati  
 presso le tramogge  
 di carico  
 In corrispondenza  
 dell'impluvio  
 presenza di depositi  
 fini legati al  
 trasporto solido dei  
 materiali più a  
 monte talora  
 abbancati con  
 sbarramenti in  
 legno o muratura

stato dei luoghi



Area complessiva c.a. 7.000 mq.

## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

rifiuti di avanzamento  
 roccia sterile  
 frantumata e lasciata  
 in prossimità  
 dell'imbocco delle  
 gallerie di  
 avanzamento  
 Presenti detriti di  
 pezzatura molto  
 grossolana talora  
 caratterizzati da  
 elevati tenori di  
 metalli



Volumetria stimabile 30.000 mc

## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

### ACQUE DI EDUZIONE

Dalle gallerie denominate “+80” e “Pietro” fuoriescono acque di eduzione. In particolare dalla galleria +80 scaturiscono acque di colore rossastro



Le acque delle due gallerie si riversano rispettivamente nei due corsi d'acqua superficiali Pubusino e Mannu.

## LA LAVERIA di SU ZURFURU

## stato dei luoghi

IMPIANTI



## LA LAVERIA di SU ZURFURU

stato dei luoghi

IMPIANTI:  
CELLE DI  
FLOTTAZIONE



## IL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

### **sorgenti primarie**

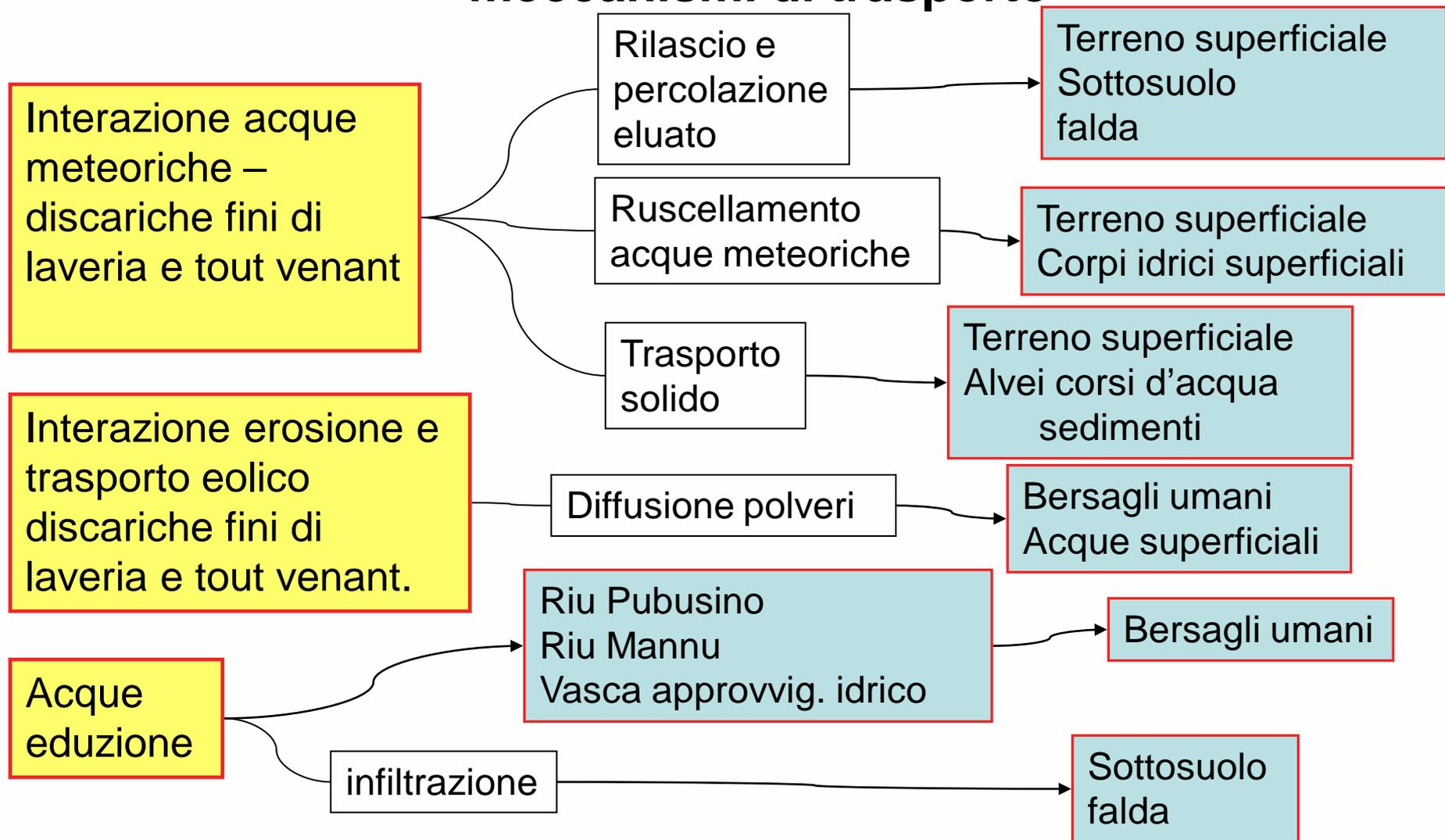
- discariche dei fini di laveria caratterizzate potenziali elevate concentrazioni di metalli pesanti
- discariche del tout venant; caratterizzate potenziali elevate concentrazioni di metalli pesanti
- gallerie di eduazione – drenaggio acido

### **sorgenti secondarie**

suolo e sottosuolo  
acque di falda  
acque superficiali  
sedimenti fluviali

# IL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

## meccanismi di trasporto



## PIANO DI INDAGINI

**1**

ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area quali elemento necessario per la formulazione del modello concettuale definitivo del sito

**obiettivi****2**

ricostruire l'estensione volumetrica dei corpi dei rifiuti minerari preliminarmente individuati valutandone l'impatto sulle matrici ambientali circostanti

**3**

verificare l'esistenza di inquinamento delle matrici ambientali prodotto dalle attività svolte sul sito e dai rifiuti minerari presenti

**4**

individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti, dalle fonti ai recettori anche potenziali

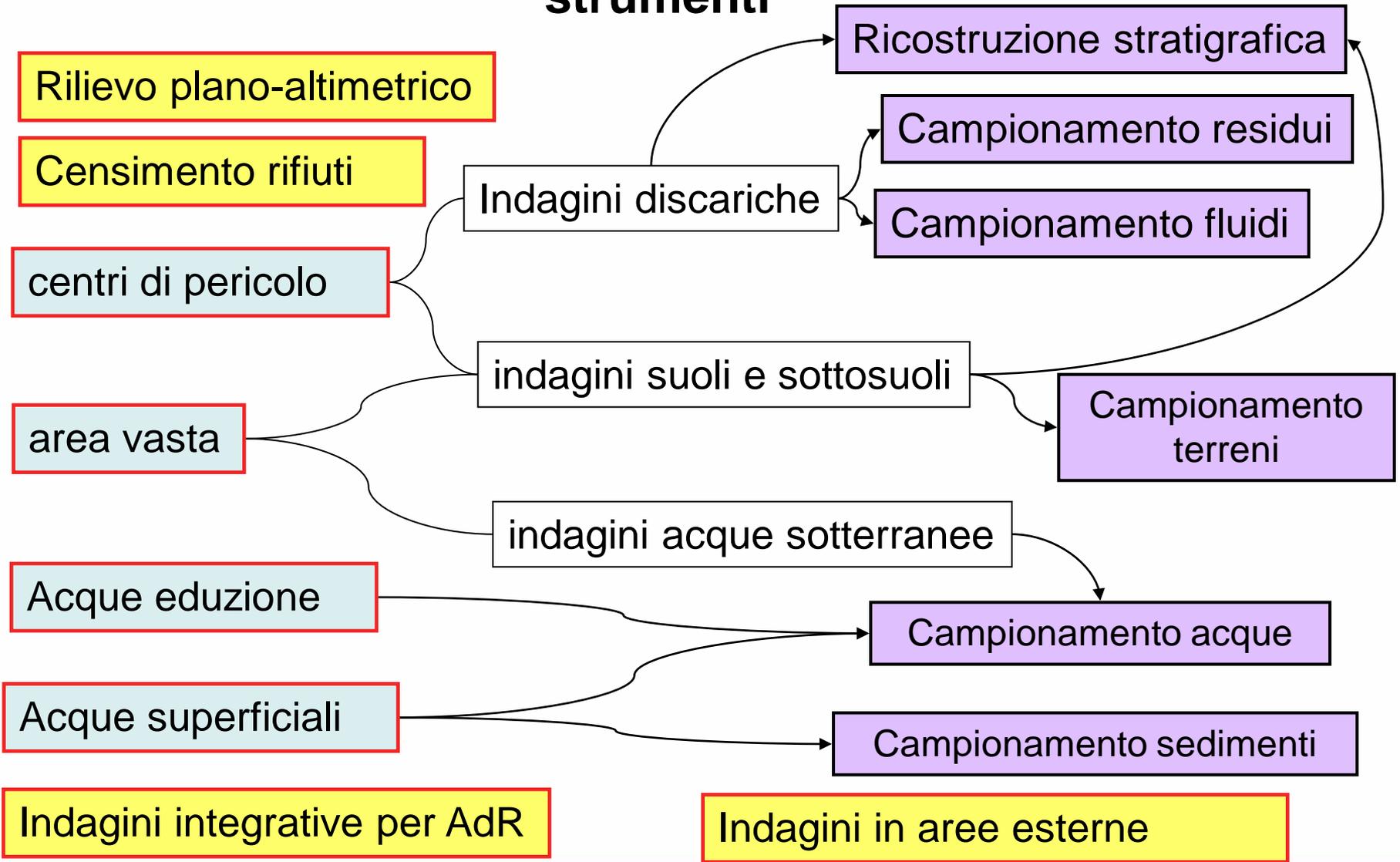
**5**

definire le indagini necessarie all'acquisizione di alcuni parametri funzionali ad una corretta e significativa esecuzione dell'Analisi di Rischio

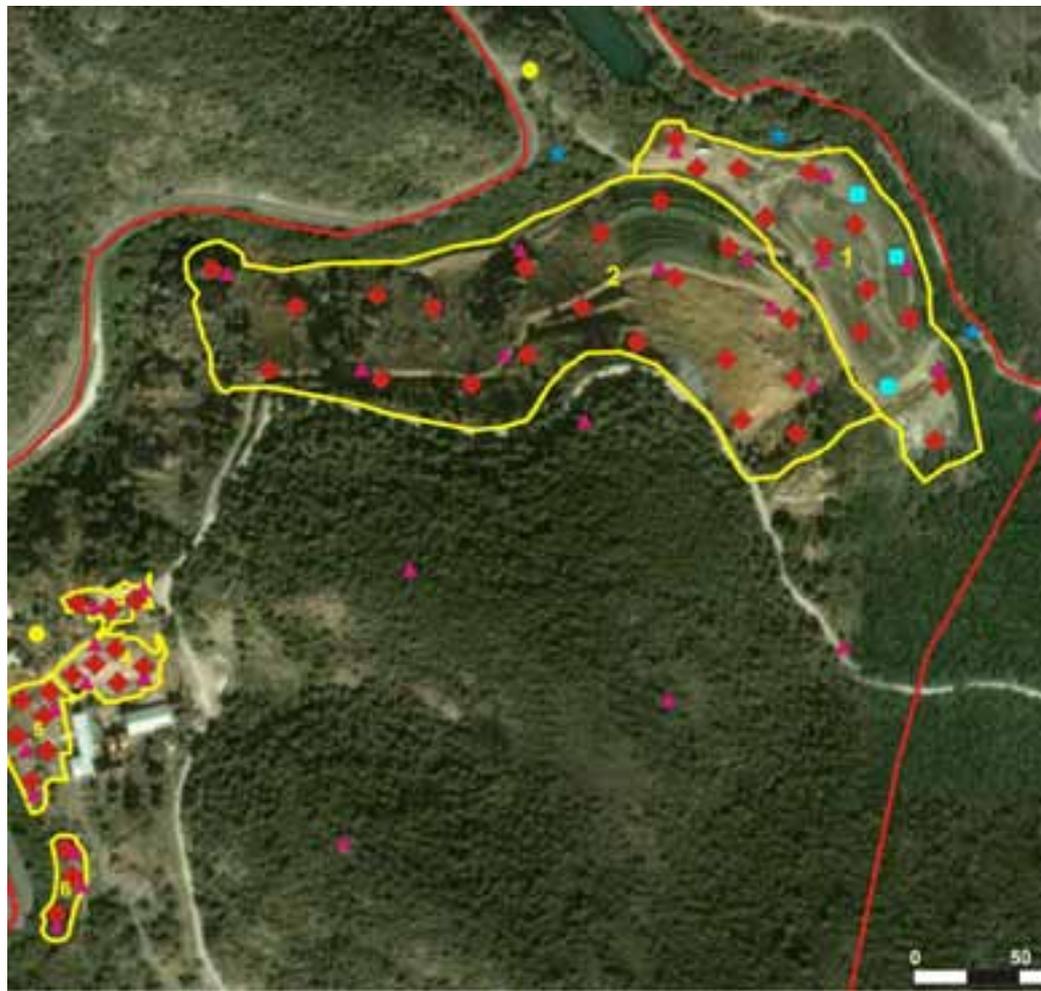


### PIANO DI INDAGINI

### strumenti

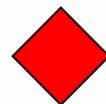


## PIANO DI INDAGINI



### Ubicazione stazioni

INDAGINI SUI CENTRI DI PERICOLO (DISCARICHE)

-  Stazioni di campionamento
-  Sondaggio attrezzato a pozzo di monitoraggio

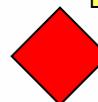
INDAGINI SU SUOLO SOTTOSUOLO FALDA

-  Stazioni di campionamento
-  Sondaggio attrezzato a piezometro

## PIANO DI INDAGINI

### Ubicazione stazioni

INDAGINI SUI CENTRI DI PERICOLO (DISCARICHE)



Stazioni di campionamento



Sondaggio attrezzato a pozzo di monitoraggio

INDAGINI SU SUOLO SOTTOSUOLO FALDA



Stazioni di campionamento



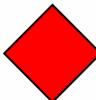
Sondaggio attrezzato a piezometro



## PIANO DI INDAGINI

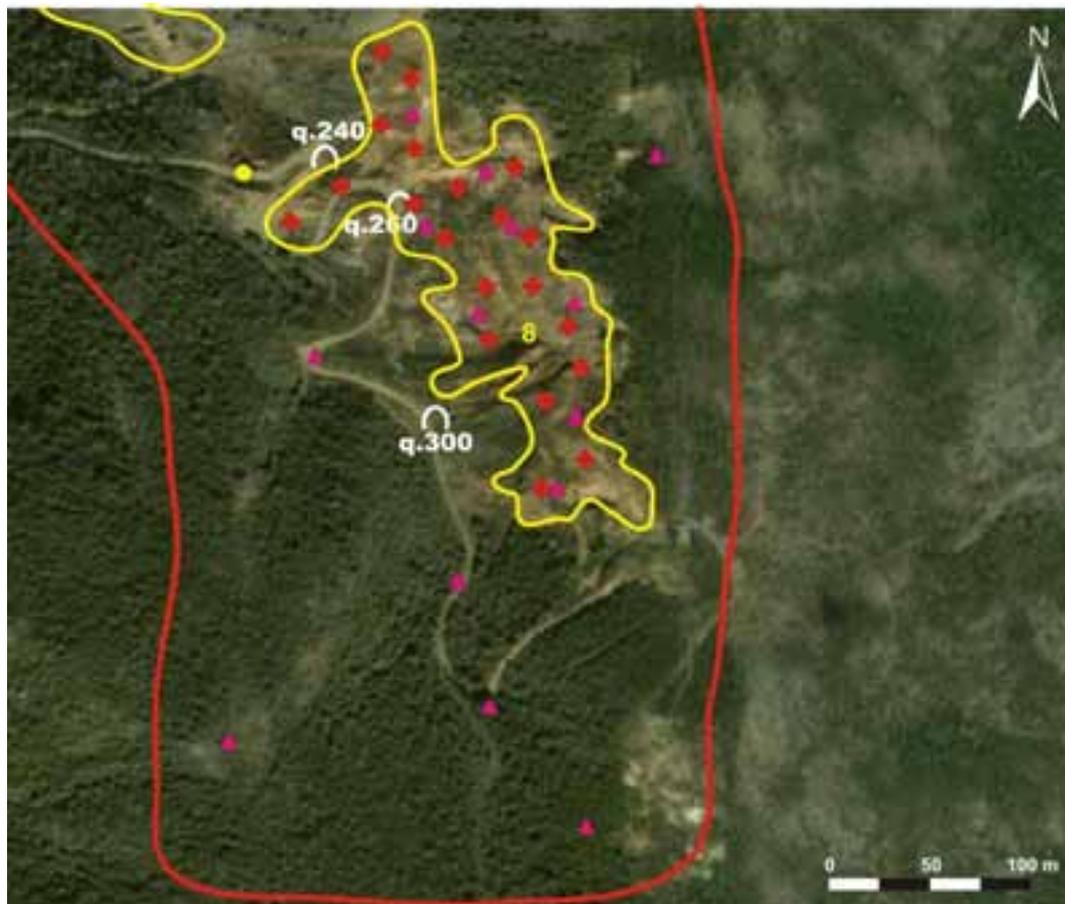
### Ubicazione stazioni

#### INDAGINI SUI CENTRI DI PERICOLO (DISCARICHE)

-  Stazioni di campionamento
-  Sondaggio attrezzato a pozzo di monitoraggio

#### INDAGINI SU SUOLO SOTTOSUOLO FALDA

-  Stazioni di campionamento
-  Sondaggio attrezzato a piezometro



### PIANO DI INDAGINI

#### Ubicazione stazioni



 Campionamento  
sedimenti e  
acque superficiali

 Campionamento  
acque eduazione

 Acque  
eduazione

## PIANO DI INDAGINI

### Rifiuti minerali

Sub-Area	RIFIUTI MINERARI			
	n. sondaggi (di cui pozzi di monitoraggio)	altre modalità	totale stazioni di campionamento	n. campioni presunti
AREA 1	15 (3)	-	15	45
AREA 2	8	12	20	36
AREA 3	1	2	3	5
AREA 4	-	5	5	5
AREA 5	4	2	6	14
AREA 6	-	3	3	3
AREA 7	2 (1)	5	7	11
AREA 8		20	20	20
<b>TOTALE</b>	<b>30 (4)</b>	<b>49</b>	<b>79</b>	<b>139</b>

## set analitico

As, Cd, Fe, Pb, Zn, Mn, Hg, Cu, Ni, Crtot, S, Se, St, V, cianuri liberi, fluoruri, solfati.

Su almeno il 15% di campioni, test di cessione con acqua satura in CO<sub>2</sub>

Confronto con CSC acque sotterranee

Per la valutazione della mobilità dei contaminanti

test acido-base  
lisciviazione con EDTA (test di biodisponibilità)

## PIANO DI INDAGINI

## set analitico

### *Suolo - sottosuolo*

Sub-Area	Suolo/sottosuolo			
	n. sondaggi (di cui piezometri)	altre modalità	totale stazioni di campionamento	n. campioni presunto
<b>AREA 1</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>15</b>
<b>AREA 2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
<b>AREA 3</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>AREA 4</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>AREA 5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>AREA 6</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>AREA 7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>AREA 8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Area vasta</b>	<b>9 (9)</b>	<b>18</b>	<b>27</b>	<b>72</b>
<b>TOTALE</b>	<b>20 (9)</b>	<b>42</b>	<b>62</b>	<b>129</b>

As, Cd, Fe, Pb, Zn, Mn, Hg, Cu, Ni, Cr tot, S, cianuri, fluoruri, idrocarburi C>12, C<12;  
Su top soil PCB, PCDD, PCDF, amianto

Per i sedimenti anche pH, pE, carbonio organico totale (TOC), granulometria, contenuto in acqua

## PIANO DI INDAGINI

### Acque sotterranee

Sub-Area	n. pozzi di monitoraggio (corpo rifiuti)	n. piezometri
AREA 1	3	
AREA 2		
AREA 3		
AREA 4		
AREA 5		
AREA 6		
AREA 7	1	
AREA 8		
Area esterna alle aree 1-8		9
<b>TOTALE</b>	<b>4</b>	<b>9</b>

## set analitico

As, Cd, Fe, Pb, Zn, Mn, Hg, Cu, Ni, Crtot, S, cianuri liberi, fluoruri, solfati, idrocarburi totali

da rilevare in sito parametri chimico-fisici

pH, Eh, temperatura, O2 disciolto e conducibilità



## PIANO DI INDAGINI

## set analitico

### *Acque superficiali*

pH, Eh, temperatura, O<sub>2</sub> disciolto e conducibilità (da determinare in campo)

As, Cd, Fe, Pb, Zn, Mn, Hg, Cu, Ni, Cr tot, S, cianuri liberi, fluoruri, solfati, idrocarburi totali

Il 10% dei campioni di acqua superficiale prelevati sarà soggetto a controanalisi per la validazione ad opera dell'Ente di Controllo.

## PIANO DI INDAGINI **Adr**

Determinazione parametri aggiuntivi per analisi di rischio

parametri minimi sito-specifici da determinare che comprendono tra gli altri:  
frazione di carbonio organico (foc) e pH nel suolo saturo e insaturo;  
parametri fisici (distribuzione granulometrica, peso di unità di volume) in corrispondenza di ogni significativo cambio di facies lungo la profondità d'indagine.  
conducibilità idraulica del terreno saturo

## IL FONDO GEOCHIMICO (naturale)

La normativa prevede (Art. 240 del D. Lgs. 152/06) che, nelle situazioni in cui i valori di fondo eccedono le CSC, quest'ultime possono essere assunte pari al valore di fondo per tutti i parametri superati. Nell'area vasta che comprende un'area mineraria, è possibile che siano presenti zone caratterizzate dalla presenza di mineralizzazioni e altre in cui queste sono assenti. Per questi motivi è possibile che l'analisi dei dati porti alla definizione di più valori di fondo naturale, relativi alle diverse zone individuate.

*fondo naturale delle aree arricchite*  
*fondo naturale aree "sterili"*  
*fondo antropico "storico"*  
*contaminazione s.s.*

Per la definizione dei valori di fondo geochimico saranno prelevati campioni di suolo e stream sediment in aree non interessate dalle coltivazioni minerarie

## Misure di messa in sicurezza

*Acquifero minerario*

Oltre ad impianti di depurazione tradizionali (es. trattamento con correttori di pH, agenti ossidanti, e flocculanti) gli interventi possono focalizzarsi su sistemi passivi, quali ad esempio filtri reattivi o tramite fitodepurazione, soprattutto in prossimità della galleria +80 (disponibilità di spazio)

*Residui minerali dispersi negli alvei fluviali*

Rimozione dei materiali eventualmente presenti lungo gli alvei dei Rii Mannu e Pubusinu.

*Opere idraulico-geotecniche, sistemazione degli alvei*

messa in opera di sistemi di protezione da azioni erosive, opere di contenimento al piede ed opere di ingegneria naturalistica sulle scarpate.

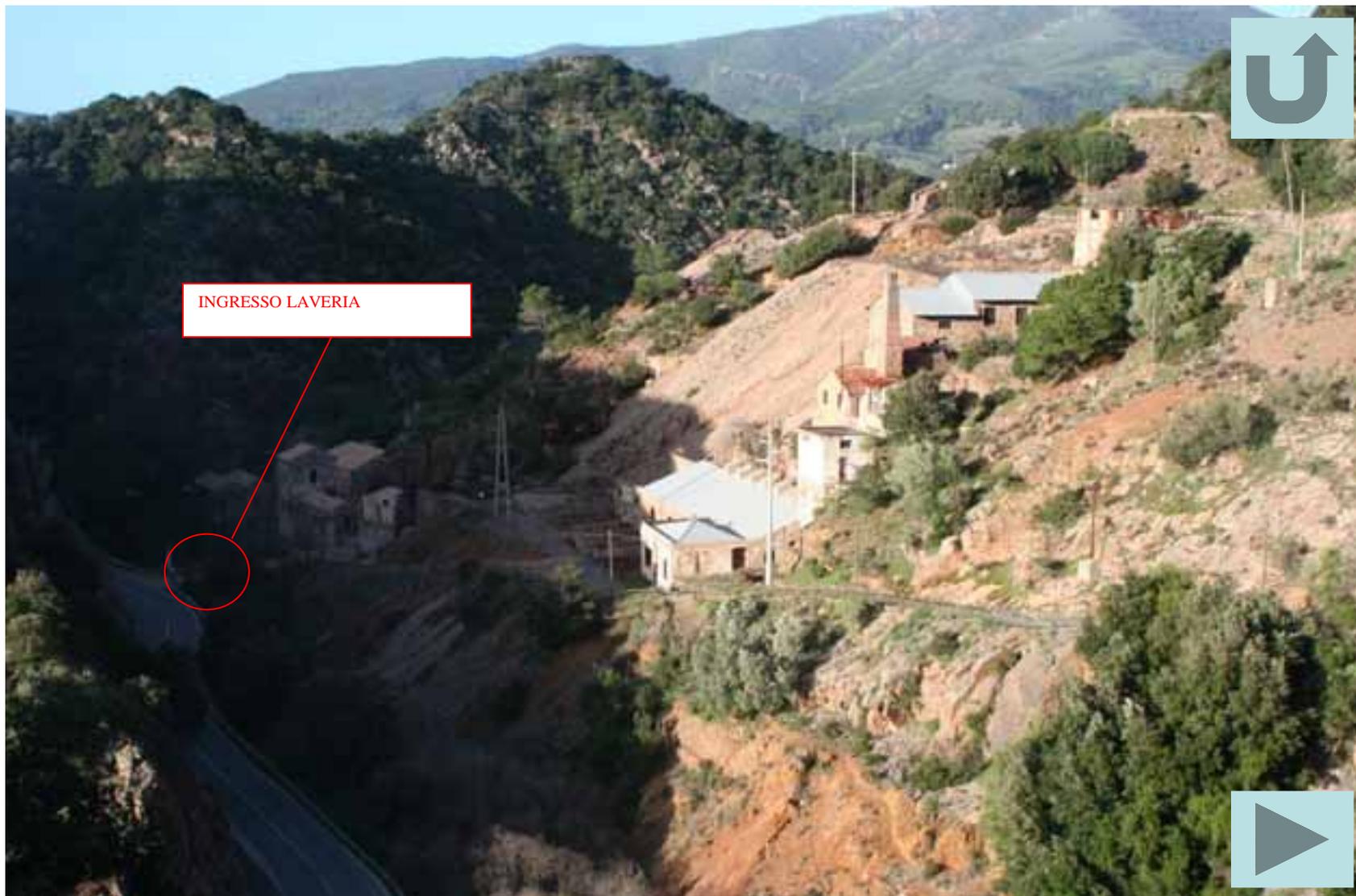
## Misure di messa in sicurezza

*Discariche minerarie*

Messa in opera di sistemi per la stabilizzazione di versante atti a contenere lo scivolamento verso valle dei residui minerari e/o a contenere la mobilità geochimica di alcuni contaminanti (es. ricoprimenti con biostuoie, geotessili ecc.), interventi di regimazione delle acque di ruscellamento

*Rifiuti dispersi*

Saranno rimossi in via prioritaria tutti i rifiuti costituiti da MCA, materiali ferrosi, calcinacci, ecc.







*THE VICTORIA MINING COMPANY LIMITED*  
 miniera di  
**GIOVANNI LUNGO**  
**PIANO** *topografico della condotta d'acqua e laveria a*  
*Su Sursuru*  
*Scala metrica di 1 a 2000*  
*Ministero De' Lavori Pubblici - Roma - Maggio 1881*



**APAT**  
 Piano di Caratterizzazione ex area mineraria "Su Sursuru"  
 Comune di Fiuminagione (CI)  
 Sito di Interesse Nazionale Sulcis-Iglesiente-Guspinese

<b>Tavola 4: Mappa Storica area laveria</b>		
maggio 2007	Rev. - 01	Scala - 1:1.000

Perimetrazione del sito di interesse nazionale  
SULCIS - IGLESIENTE - GUSPINESE



