



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA**  
**FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI**

*Corso di Laurea Specialistica in Geologia Applicata*

**Caratterizzazione di depositi argillosi nella Sardegna nord-occidentale mediante modelli di resistività elettrica**

**Relatore : Dr. Fabio Mantovani**

**Co-Relatore : Dr. Geol. Tommaso Colonna**

**Tesi di Laurea Specialistica di :**  
**Ivan Comes**

**ANNO ACCADEMICO 2007/2008**

# Sommario

- **Inquadramento geografico delle tre aree di lavoro**

*Pianificazione della campagna*

- **Contestualizzazione geologico-morfologica dei tre siti indagati**

*Descrizione delle principali litologie*

- **Indagini geoelettriche effettuate**

*Strumentazione utilizzata*

*Metodologia impiegata*

*Scelte effettuate per l'interpretazione delle tomografie*

- **Modelli di resistività 2D elaborati**

*Modelli stratigrafici semplificati*

- **Conclusioni**



# Inquadramento geografico **Nurra settentrionale**



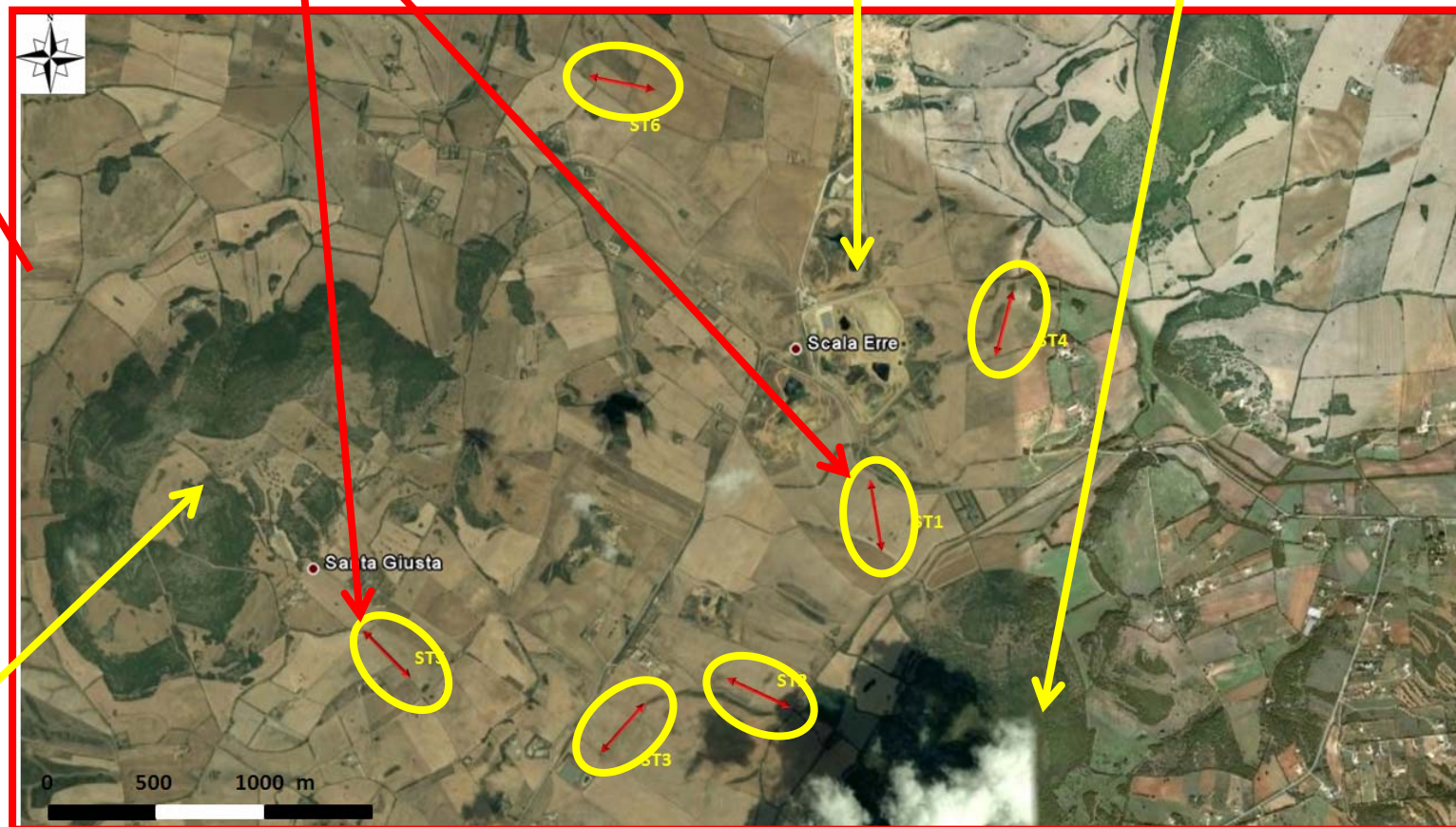
**Monte Elva**

**Indagini  
geoelettriche**

**Discarica di  
RSU**

**Localizzata a  
circa 4 Km a S  
di Pozzo S.  
Nicola**

**Monte  
Santa  
Giusta**



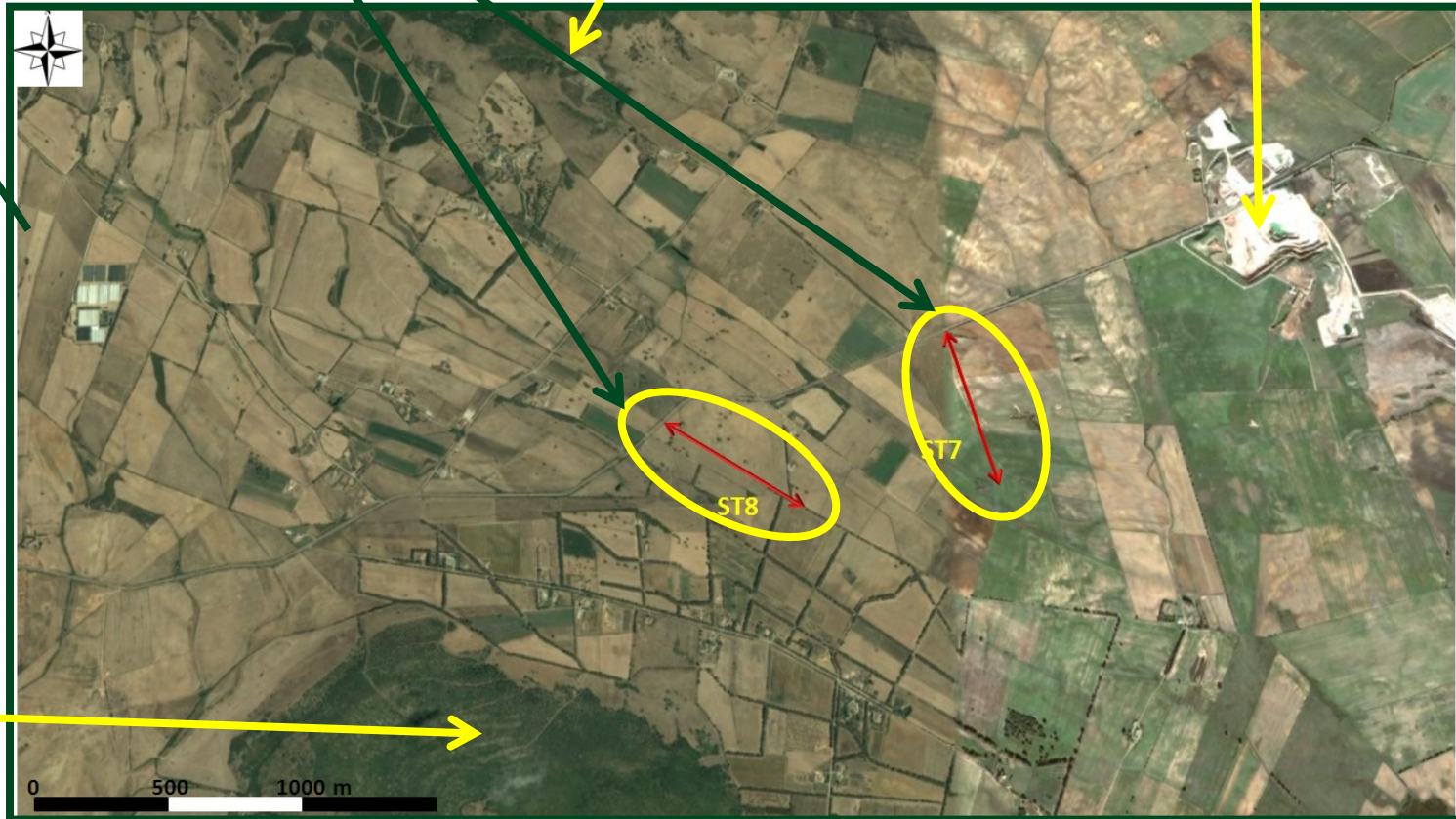
# Inquadramento geografico Nurra centro-meridionale



**Indagini  
geoelettriche**

**Monte forte**

**Cava argille**



**Localizzata a  
circa 3 Km a NE  
di S. Maria la  
palma**

**Monte  
Zirra**



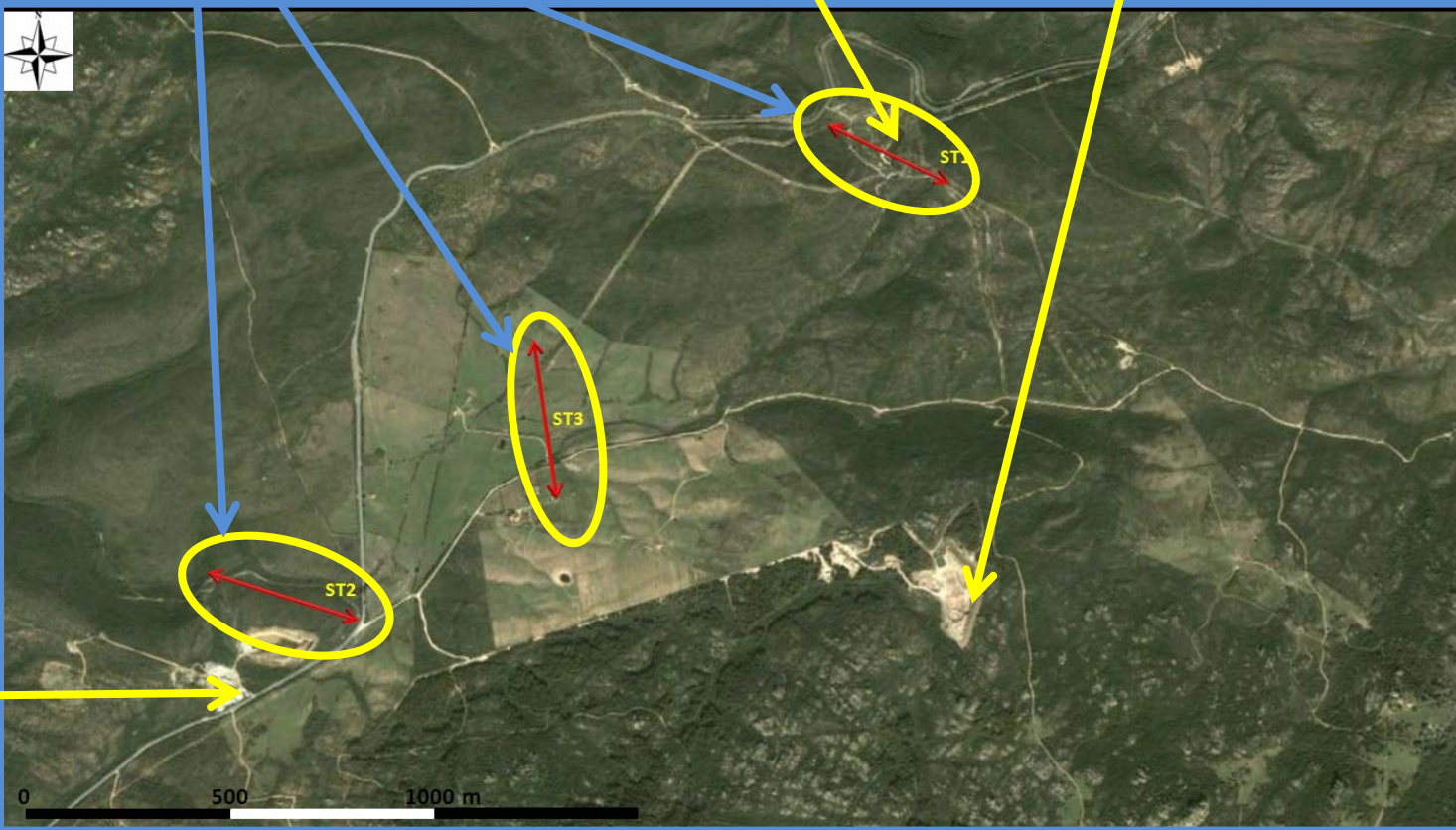
# Inquadramento geografico Gallura nord-occidentale



**Indagini  
geoelettriche**

**Cava  
bentoniti 1**

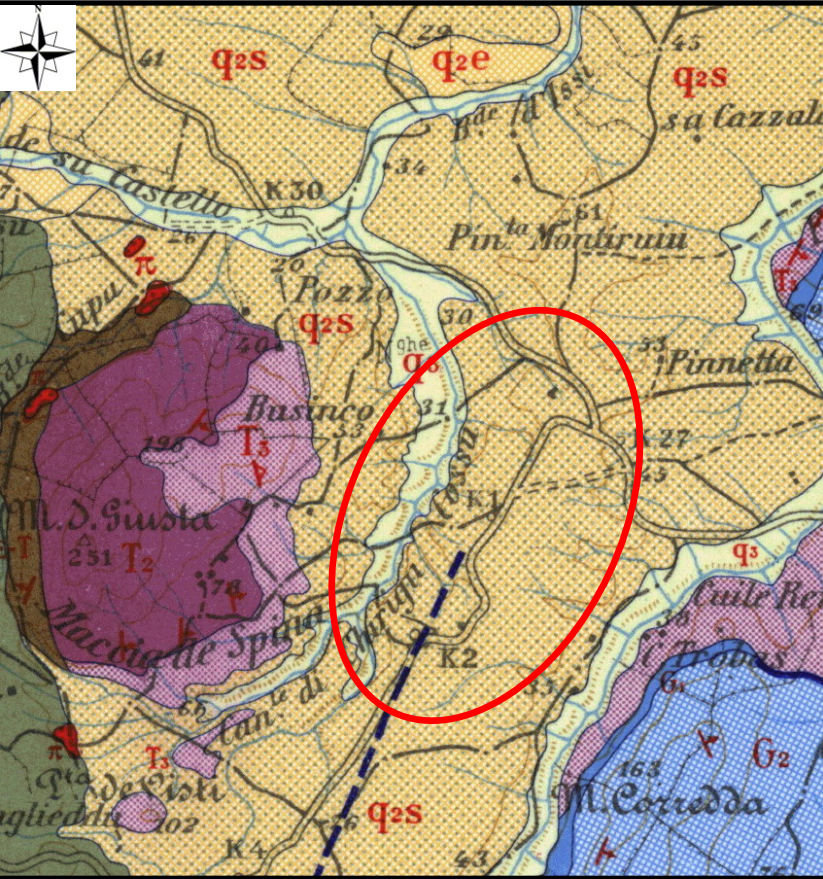
**Cava granito**



**Localizzata a  
circa 5 Km a NE  
di Trinità  
D'Agultu**

**Cava  
bentoniti 2**

# Contestualizzazione geologico-morfologica **Nurra settentrionale**



Alluvioni fluviali recenti e attuali (Olocene)



Alluvioni ciottolose, ad elementi grossolane, prevalentemente quarzosi (pleistocene)



Calcarei compatti oolitico-pisolitici (Giura-Lias)



Fitte alternanze di calcari, con marne, argille varicolori gessifere e lenti di gessi (Trias)



Calcarei grigi compatti, sottilmente stratificati, calcari oolitici a cristalli di gesso con resti di gasteropodi (Trias)

(Ritaglio ingrandito della carta geologica della Sardegna foglio nord scala 1: 200.000)

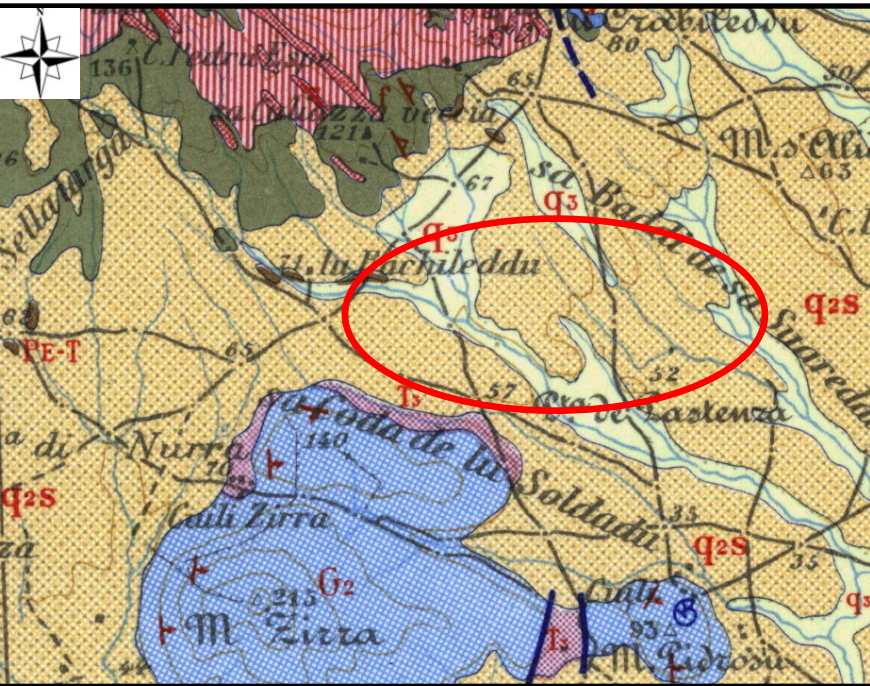


# Litologie indagate nella **Nurra Settentrionale**



- ✓ **Basamento Ercinico (Paleozoico), composto da filladi e arenarie del Buntsandstein.**
- ✓ **Area soggetta a diversi movimenti tettonici. Presenza di pieghe.**
  - ✓ **Depositi argillosi (Miocene), originati da alluvionamento da parte di alteriti, composizione illitico-caolinitica, isolate lenti di quarzo con ciottoli, impronte di radici.**
- ✓ **Conglomerati di copertura clasto-sostenuti ad elementi di solo quarzo in matrice sabbiosa povera di argilla.**

# Contestualizzazione geologico-morfologica **Nurra centro meridionale**



(Ritaglio ingrandito della carta geologica della Sardegna foglio nord scala 1: 200.000)

Alluvioni fluviali recenti e attuali (Olocene)

Alluvioni ciottolose, ad elementi grossolane, prevalentemente quarzosi (pleistocene)

Calcari compatti oolitico-pisolitici (Giura-Lias)

Fitte alternanze di calcari, con marne, argille varicolori gessifere e lenti di gessi (Trias)

Filladi e filladi sericitiche

Quarziti compatte sericitiche

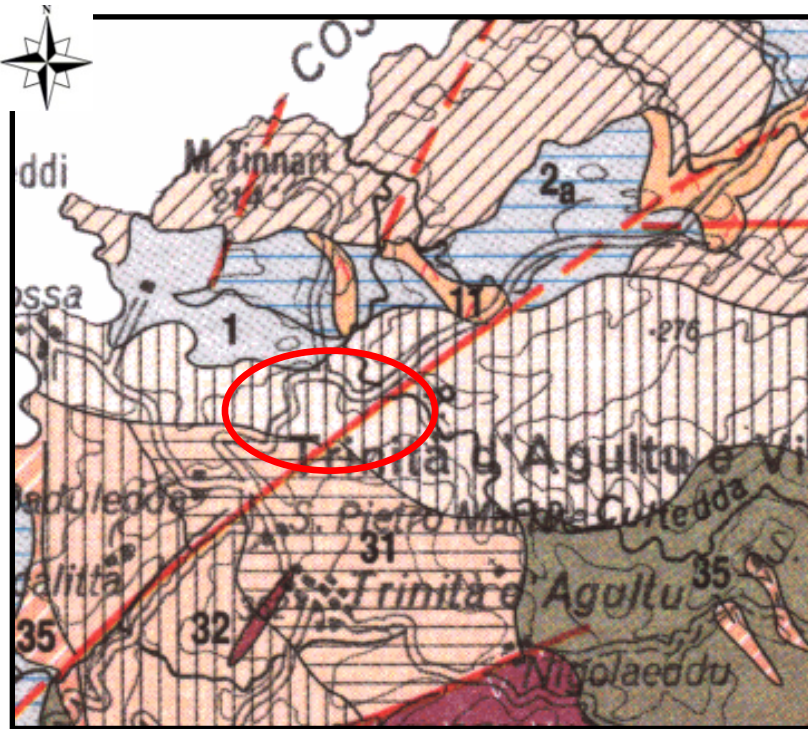


# Litologie indagate nella **Nurra centro-meridionale**

- ✓ **Basamento Ercinico (Paleozoico), composto da filladi e arenarie del Buntsandstein.**
- ✓ **Presenza di faglie trascorrenti e formazione di bacini di pull-apart.**
  - ✓ **Depositi argillosi (Miocene), originate da alluvionamento da parte di alteriti, composizione illitico-caolinitica, scarsa presenza di ciottoli quarzosi, impronte di radici.**
  - ✓ **Conglomerati di copertura clasto-sostenuti, composti da elementi di basamento, messi in posto per trasporto.**



# Contestualizzazione geologico-morfologica Gallura nord-occidentale



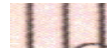
(Ritaglio ingrandito della carta geologica della Sardegna foglio nord scala 1: 200.000)



Rioliti, riodaciti in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate (Oligocene-Miocene).



Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbrici e colate, porfidi, lave e breccie andesitiche (Carbonifero sup.-Permiano)



Leucograniti equigranulari (Carbonifero sup.-Permiano).



Granodioriti monzogranitiche equigranulari (Carbonifero sup.-Permiano).



Granodioriti tonalitiche (Carbonifero sup.-Permiano).



Migmatiti leucogranitiche, nebuliti, agmatiti, gneiss (Precambriano (?)).



# Litologie indagate nella **Gallura nord-occidentale**



- ✓ **Basamento Ercinico (Paleozoico), composizione granitico granodioritica.**
- ✓ **Basamento estesamente fratturato e presenza di faglie.**
- ✓ **Depositi bentonitici (sequenza ignimbratica, riolitico-riodacitica) di età miocenica. Genesi in 4 fasi :**
  - Apertura di bacini*
  - Deposizione di vulcaniti*
  - Copertura da parte dei conglomerati*
  - Processo di bentonitizzazione*
- ✓ **Conglomerati di copertura frazionati e di esiguo spessore di composizione granitica.**

# Obiettivi

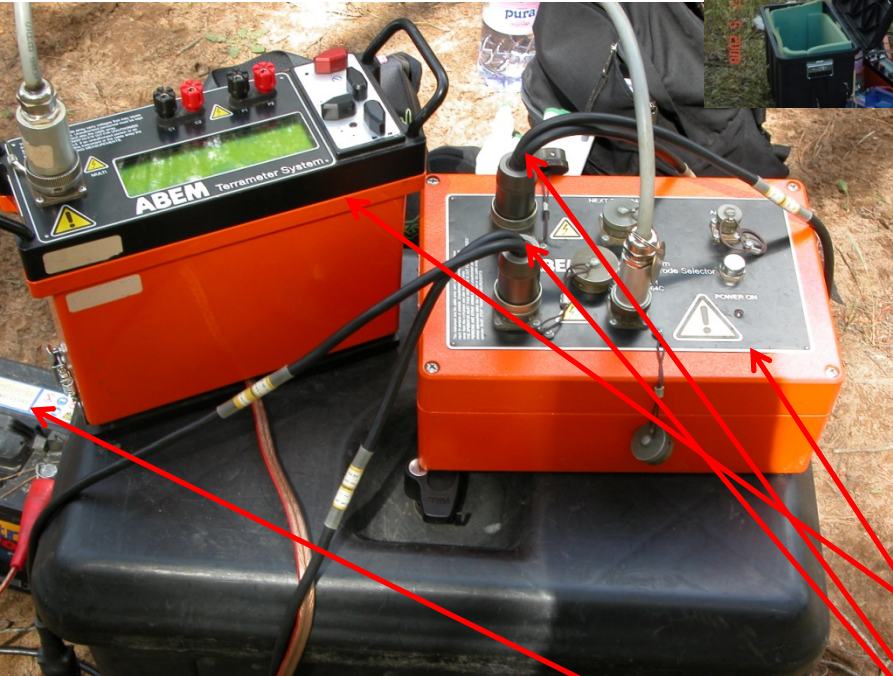
- ❑ Determinare e caratterizzare lo spessore dei **livelli argillosi** nelle tre aree indagate.
- ❑ Determinare la potenza dei **conglomerati** posti a copertura dei suddetti depositi.
- ❑ Determinare la profondità e geometria del **substrato**.
- ❑ **Calibrare** il metodo per l'individuazione di depositi di **argille bentonitiche** e **argille da laterizi** con finalità estrattive.
- ❑ **Revisione dell'assetto geologico-strutturale** delle tre aree indagate attraverso l'interpretazione delle tomografie elettriche effettuate.



# Strumentazione utilizzata (georesistivimetro)



Elettrodo di misura



Georesistivimetro monocanale

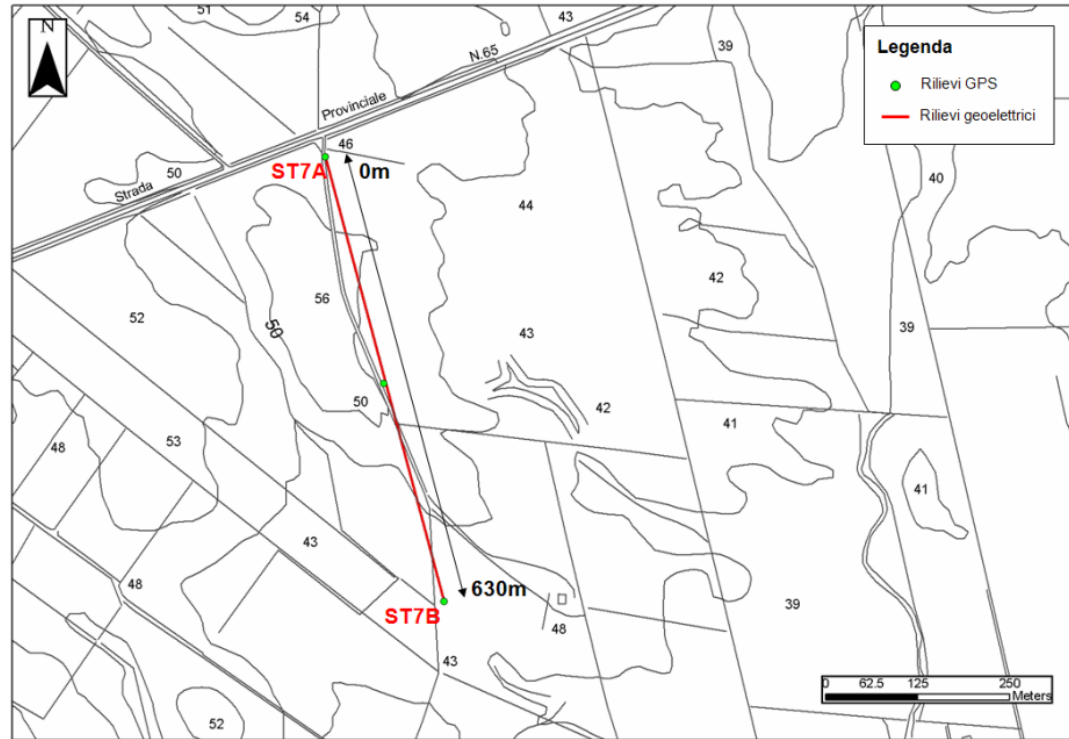
**Terrameter SAS1000 (ABEM)**

- Centralina di gestione del sistema
- LUND Imagin System (switchbox)
- Cavi multielettrodo 315 m; 630 m
- Batteria per l'alimentazione

# Acquisizione punti GPS

*Strumentazione utilizzata*

**GPS GS20 series (Leica Geosistem)**

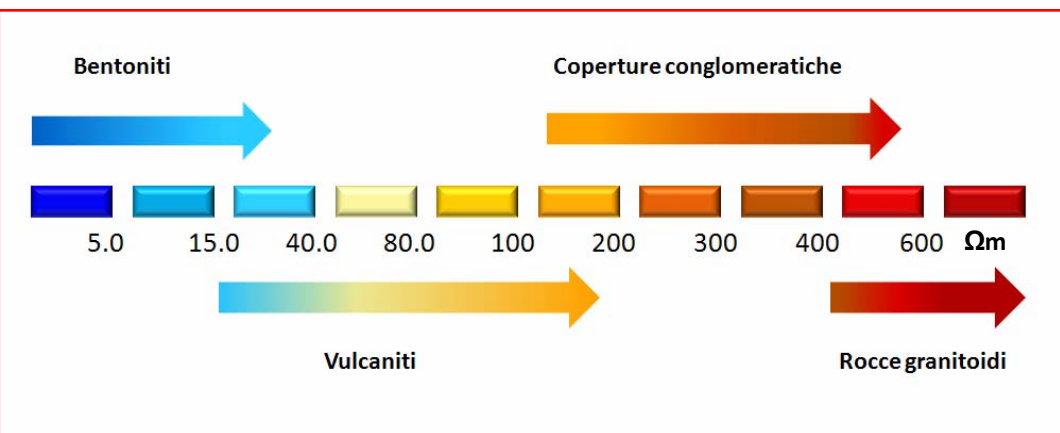
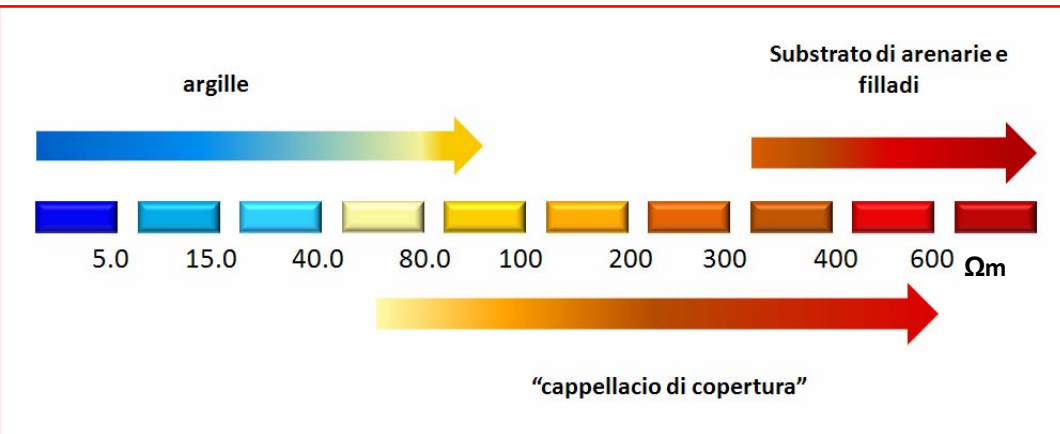


❖ **Acquisizione di 3 punti GPS per ogni stendimento.**

❖ **Errore nel posizionamento intorno ai 5 m, precisione adeguata ai nostri scopi.**



# Elaborazione della scala dei valori di resistività



Litologie	Range di resistività ( $\Omega m$ )
Arenarie	60 - $10^4$
Argille	10 - 120
Graniti	300 - $10^4$ e oltre
Quarziti	$2 * 10^4$ e oltre
Calcari e dolomie	100 - 5000
Filladi	10 - $10^4$

(Mussett A. E., Khan M. A.)

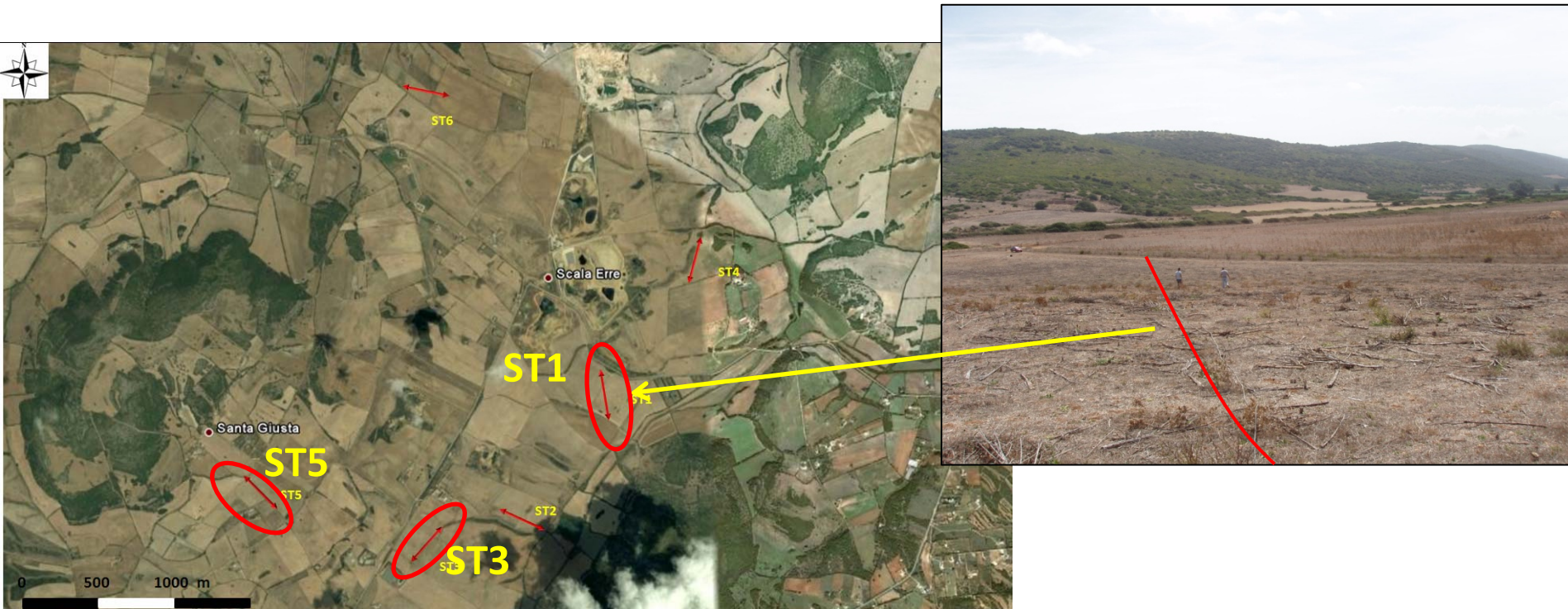
- Resistività espresse in  $\Omega m$ .
- Valori **NON UNIVOCI** per singole litologie (inevitabile sovrapposizione dei range).

# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

## Dati tecnici

- ✓ Lunghezza = 315 m
- ✓ Spaziatura interelettrodica = 5 m
- ✓ Max profondità investigazione = 60 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 612

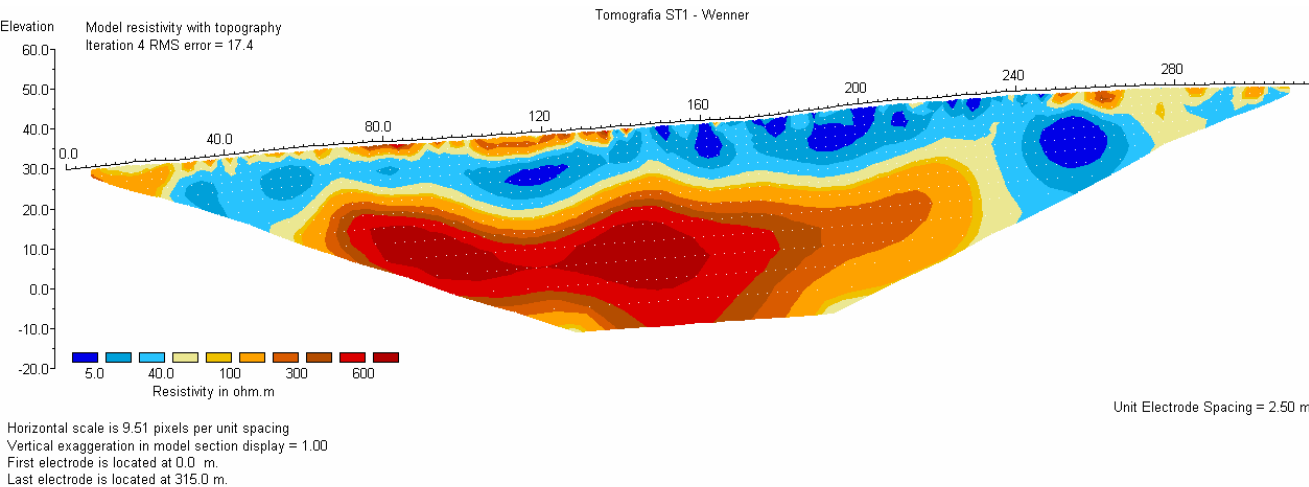
## Rilievo ST1





# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

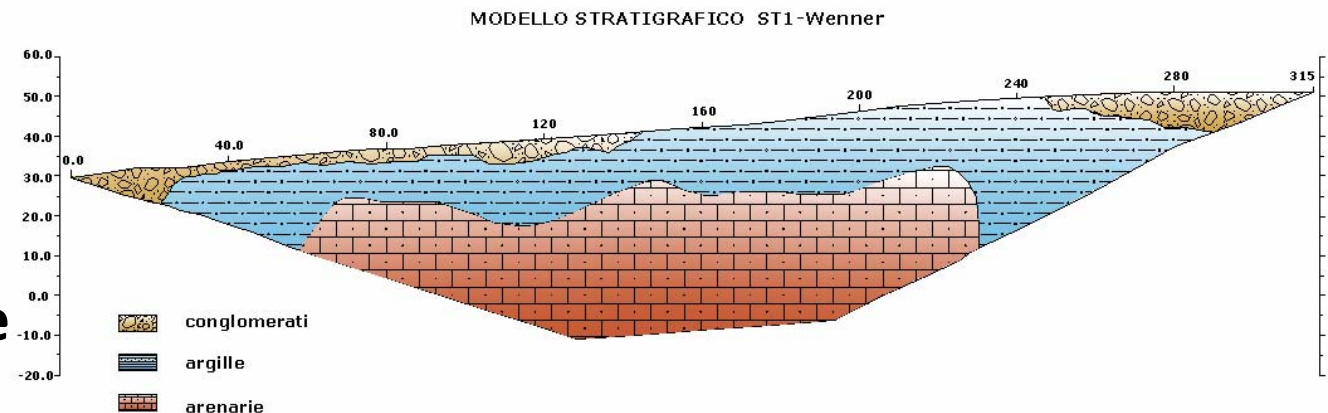
## **Rilievo ST1**



- ✓ **Acquisizione protocollo Wenner alpha.**
- ✓ **Resistività bedrock compatibile con arenarie, andamento irregolare.**

✓ **Spessore argille min. 10 m, max 15-20 m agli estremi stendimento.**

✓ **Coperture frazionate, spessore costante ~ 8 m.**

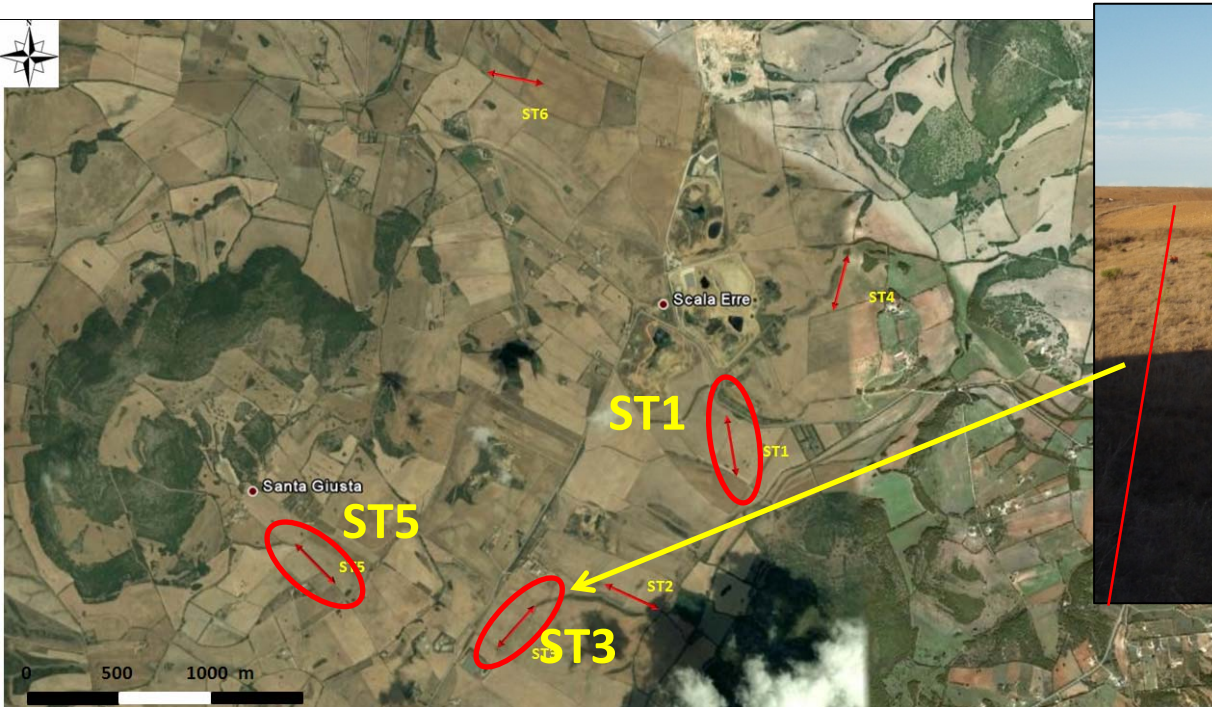


# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

## Dati tecnici

- ✓ Lunghezza = 315 m
- ✓ Spaziatura interelettroda = 5 m
- ✓ Max profondità investigazione = 60 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 640

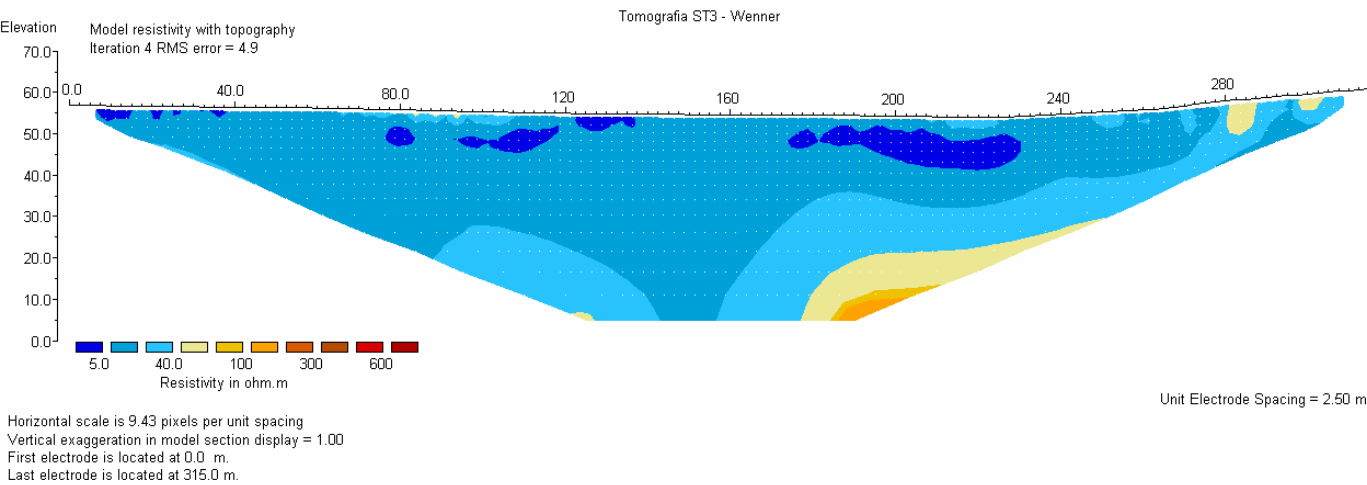
## Rilievo ST3





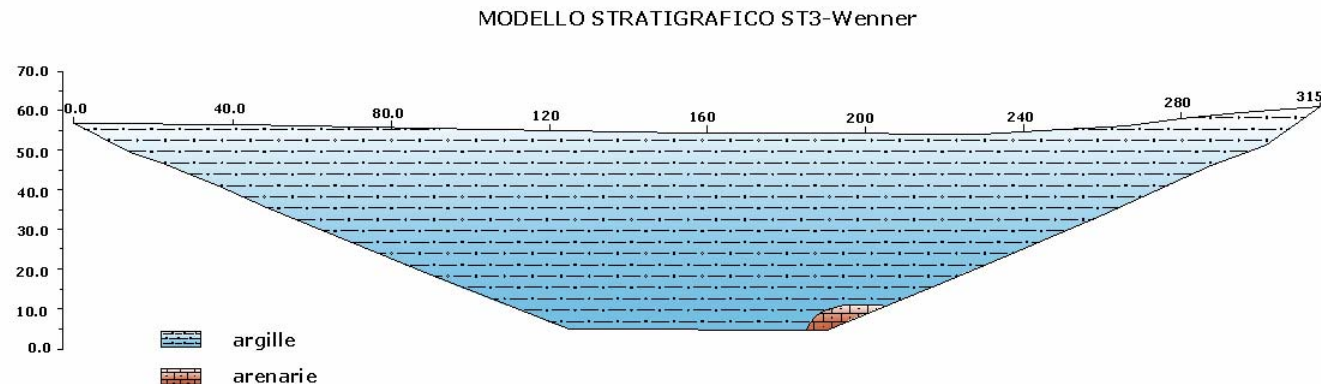
# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

## **Rilievo ST3**



- ✓ **Acquisizione protocollo Wenner alpha.**
- ✓ **Tetto del bedrock particolarmente profondo.**

- ✓ **Spessore argille oltre 45 m, affioranti in tutto lo stendimento e con bassa resistività.**
- ✓ **Coperture praticamente assenti.**

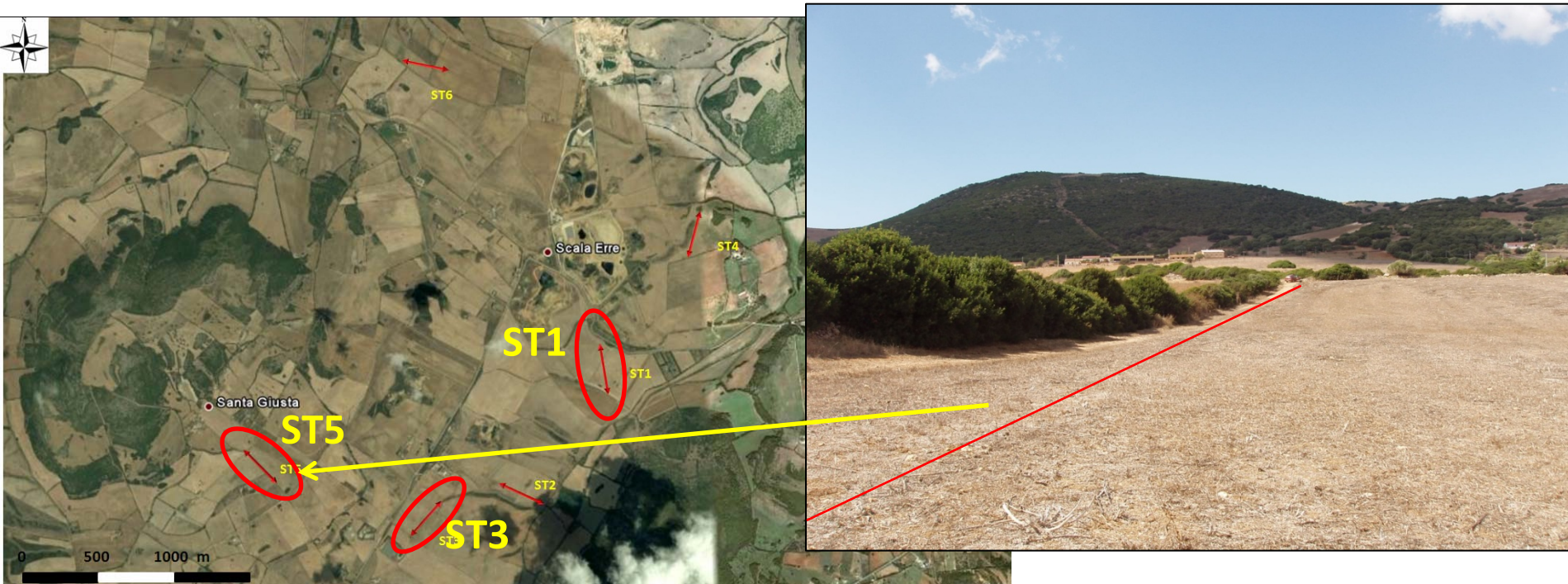


# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

## Dati tecnici

- ✓ Lunghezza = 315 m
- ✓ Spaziatura interelettroda = 5 m
- ✓ Max profondità investigazione = 60 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 1098

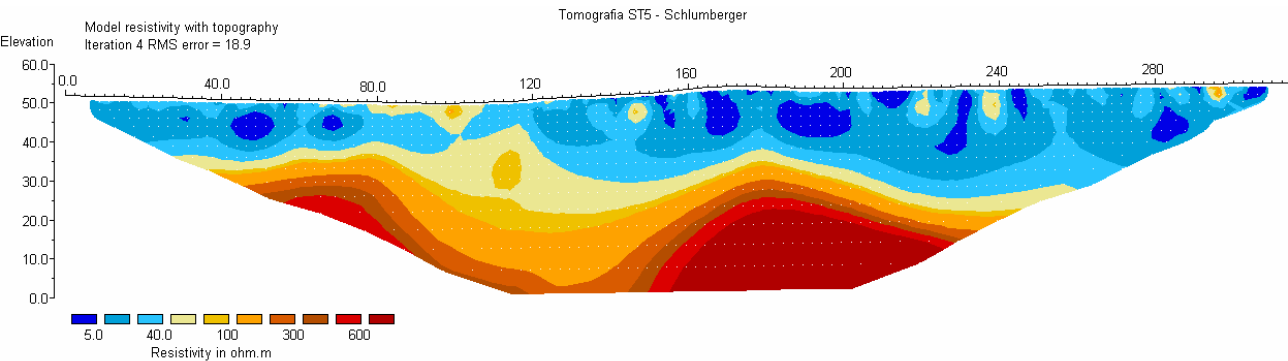
## Rilievo ST5





# Modelli di resistività **Nurra settentrionale**

## **Rilievo ST5**

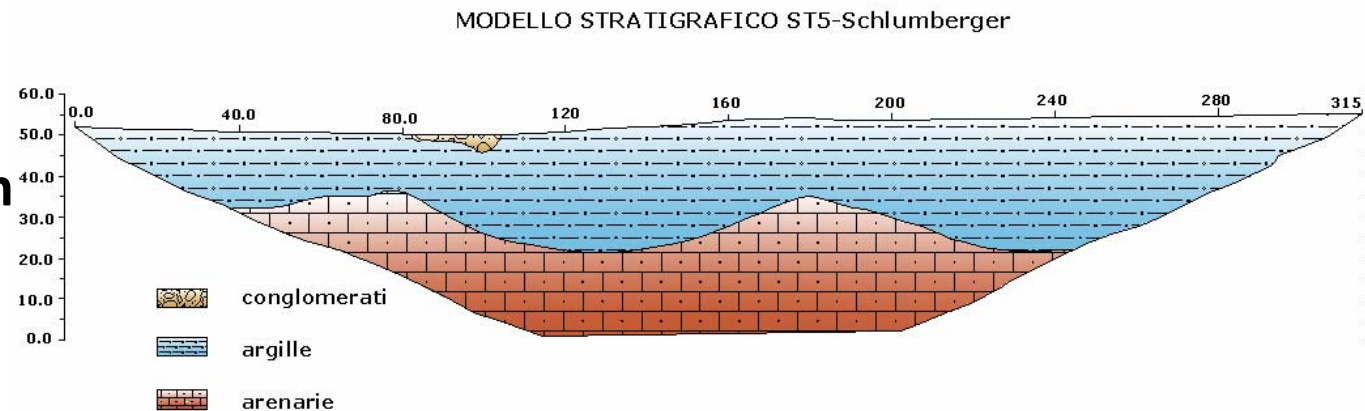


Horizontal scale is 9.43 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 1.00  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 315.0 m.

- ✓ **Acquisizione protocollo Schlumberger.**
- ✓ **Bedrock parzialmente alterato, andamento più regolare rispetto precedenti, risalita del tetto verso l'alto morfologico.**

✓ **Spessore argille  $\pm$  costante da 15 m a 20 m, assottigliamento con la risalita del substrato.**

✓ **Coperture quasi**

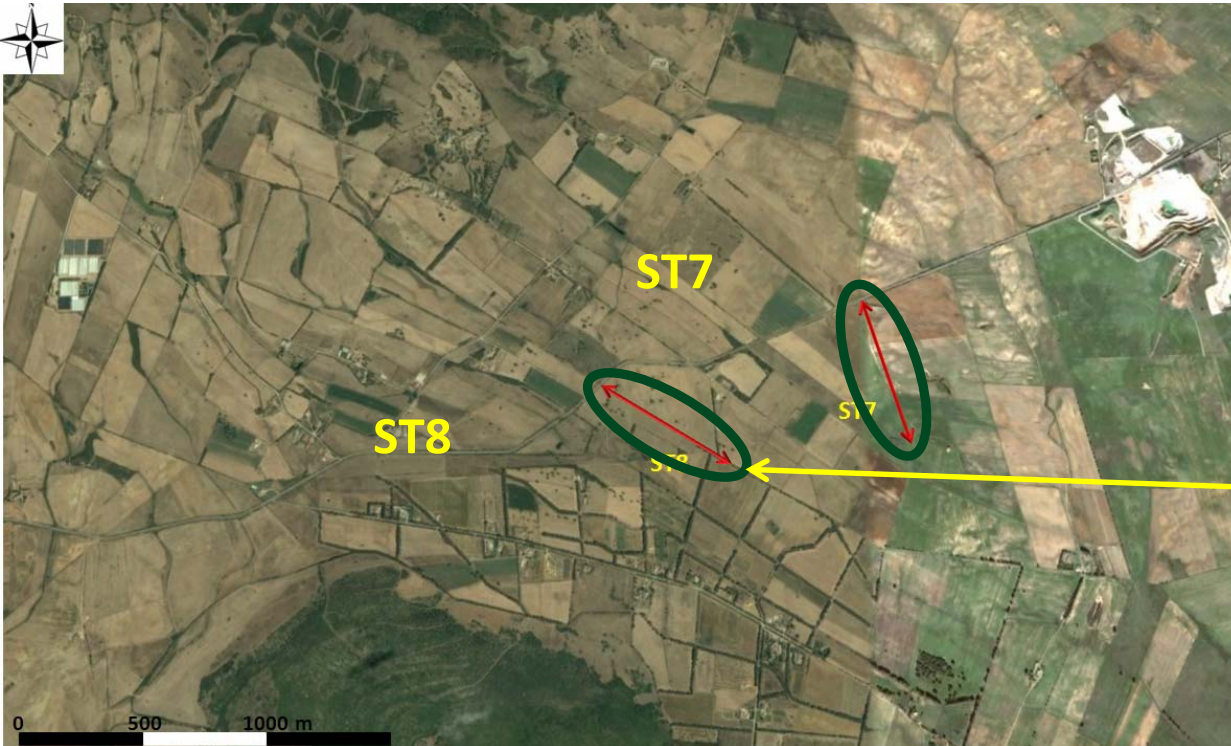


# Modelli di resistività Nurra centro meridionale

## Dati tecnici

- ✓ Lunghezza = 620 m
- ✓ Spaziatura interelettroda = 10 m
- ✓ Max profondità investigazione = 100 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 495

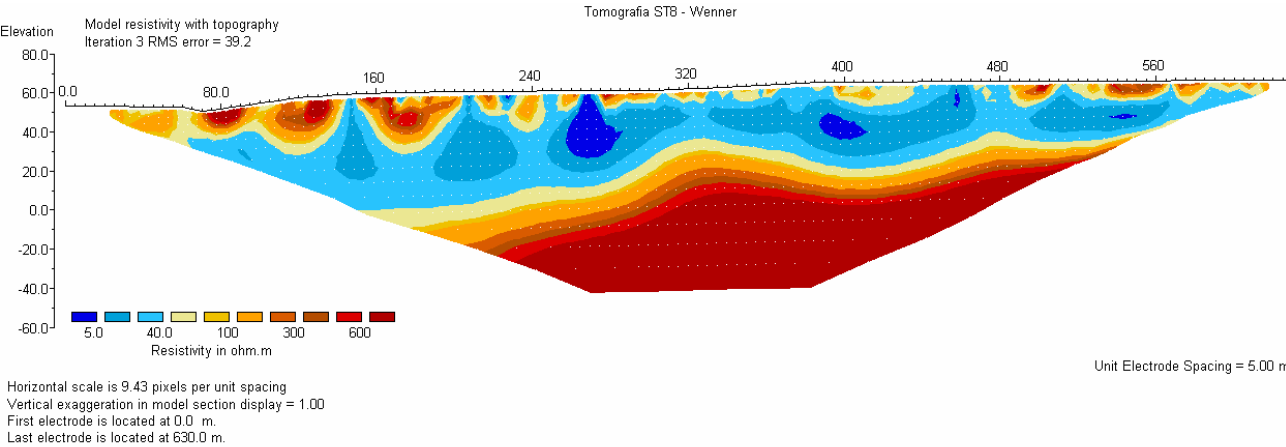
## Rilievo ST8





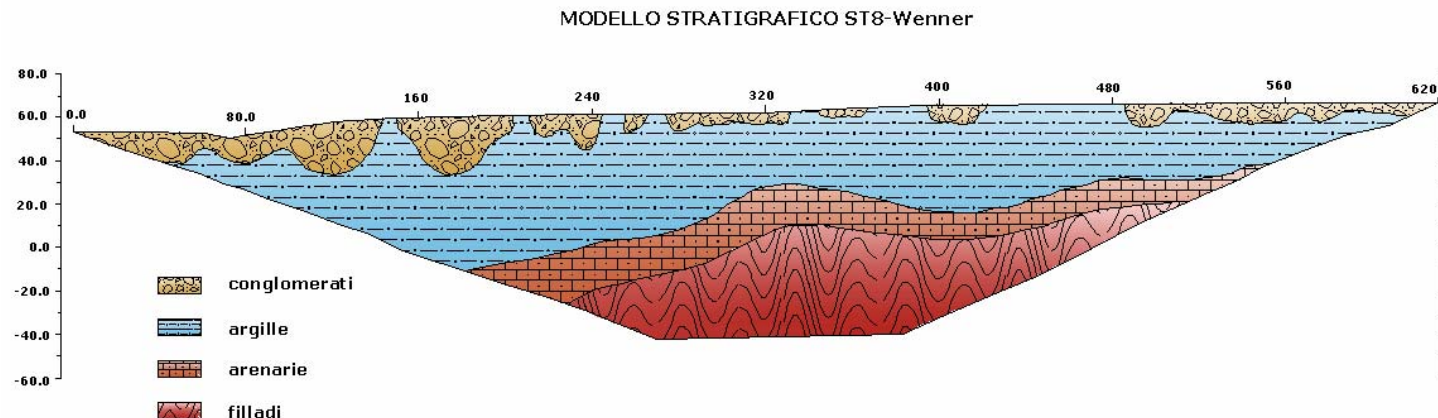
# Modelli di resistività Nurra centro-meridionale

## Rilievo ST8



- ✓ Acquisizione protocollo Wenner alpha.
- ✓ Intercettato il bedrock metamorfico (oltre 1000  $\Omega$ m), soprastante livello costante di arenarie, risalita del tetto verso il rilievo morfologico.

- ✓ Spessore argille ~ 25-30 m, andamento influenzato dal substrato e dalle coperture.
- ✓ Coperture irregolari e frammentate, spessori variabili.

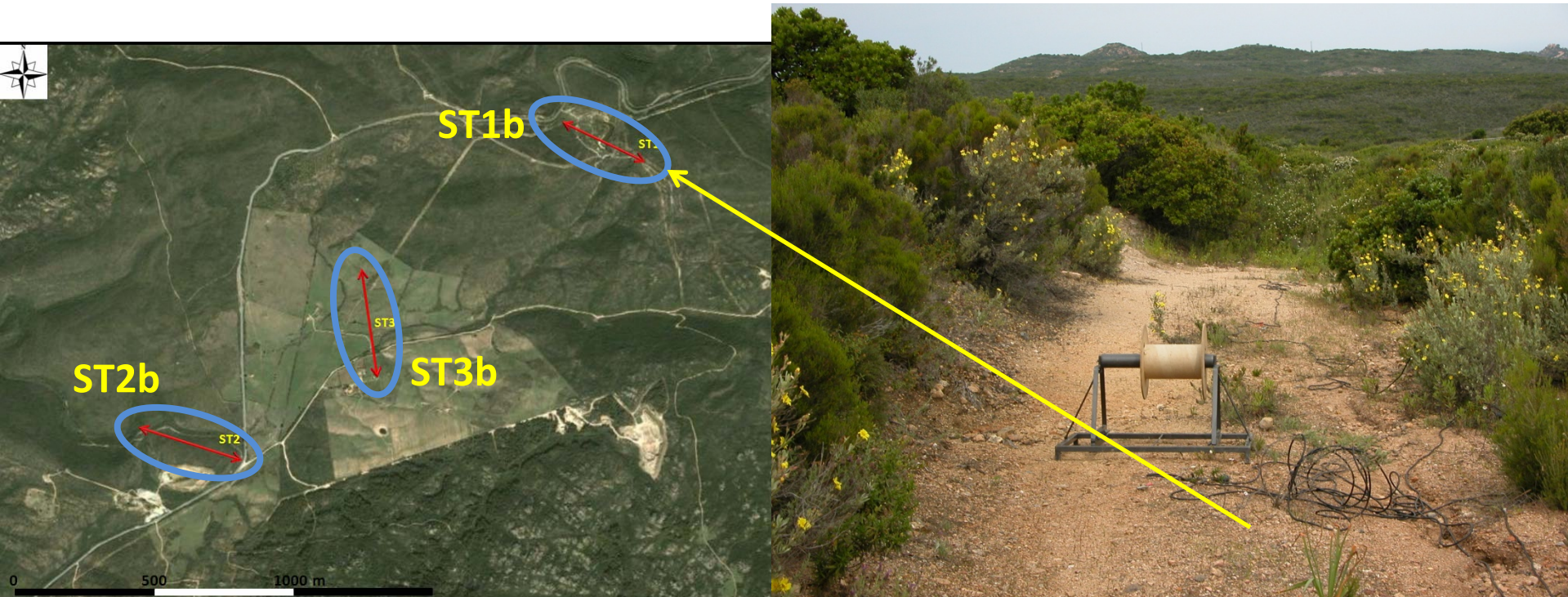


# Modelli di resistività Gallura nord-occidentale

## Rilievo ST1b

### Dati tecnici

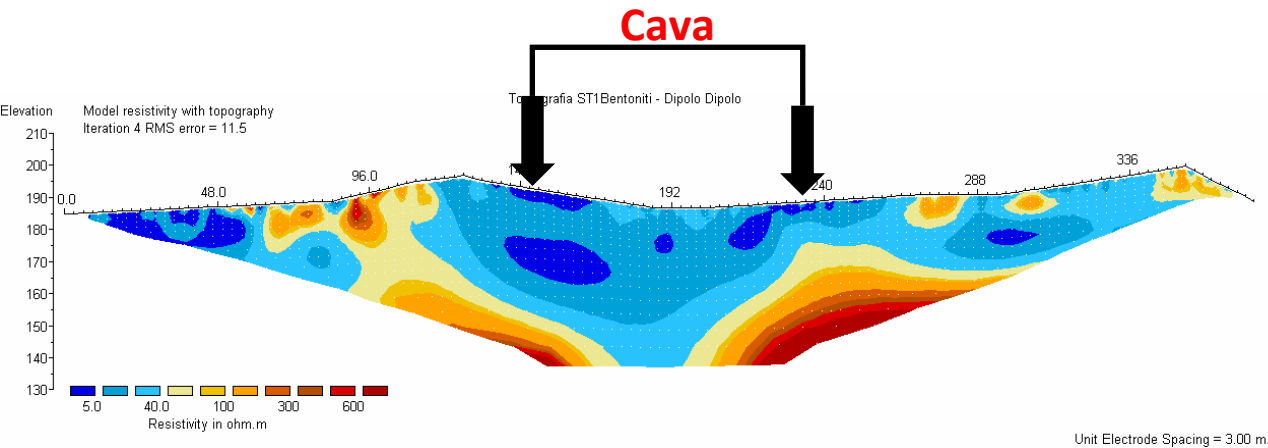
- ✓ Lunghezza = 378 m
- ✓ Spaziatura interelettrodica = 6 m
- ✓ Max profondità investigazione = 60 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 562





# Modelli di resistività Gallura nord-occidentale

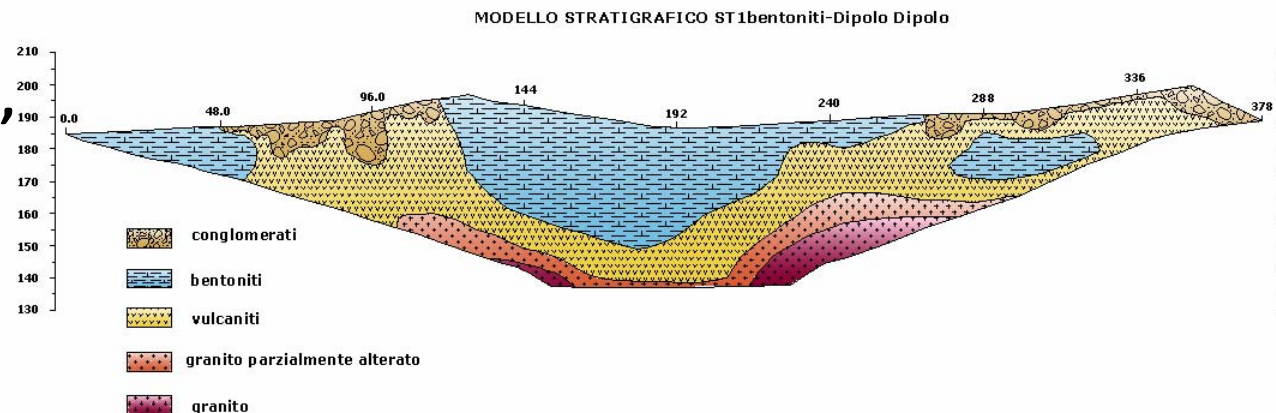
## Rilievo ST1b



- ✓ Acquisizione protocollo Dipolo Dipolo.
- ✓ Tomografia di taratura.
- ✓ Bedrock di composizione granitica, alterazione specie in senso verticale, compatto in profondità, il tetto risale verso gli alti morfologici.

✓ Bentoniti sviluppate soprattutto nel settore centrale, spessore max 35 m. sempre a contatto con le vulcaniti e mai con il basamento.

✓ Copertura discontinua, presente alle estremità del rilievo, resistività compatibile con graniti alterati.

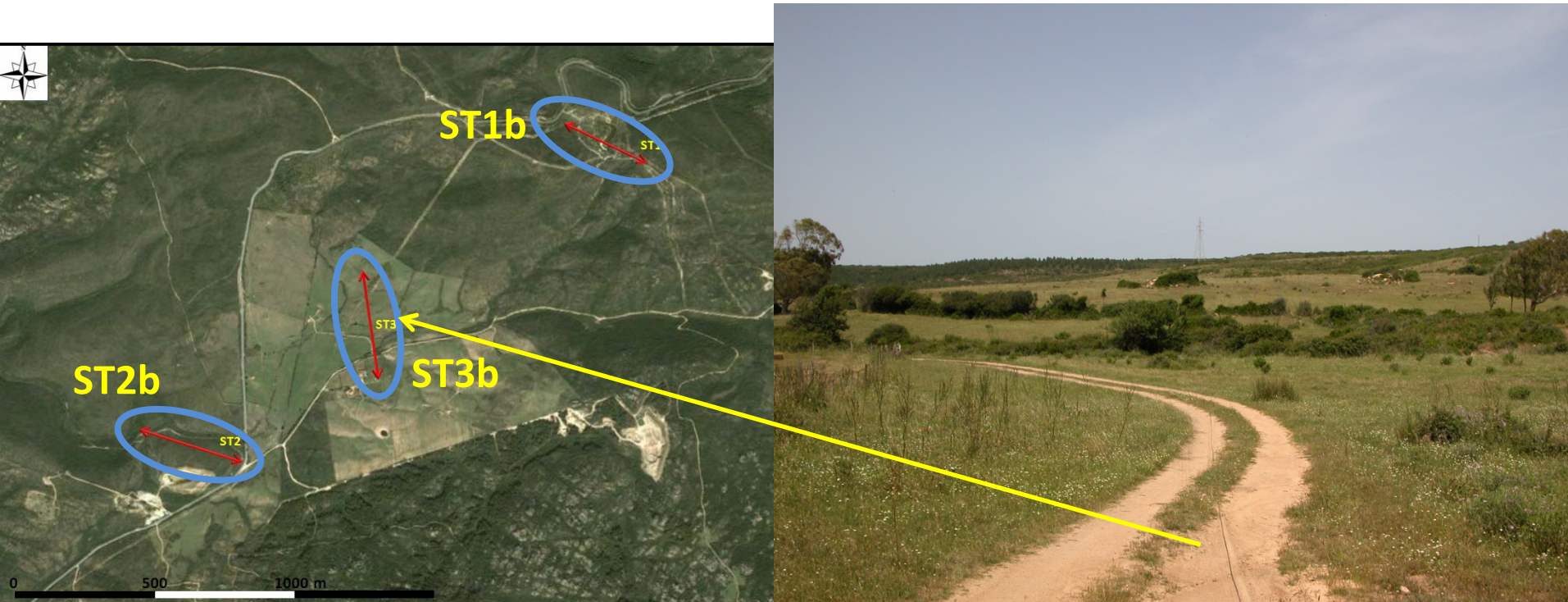


# Modelli di resistività Gallura nord-occidentale

## Dati tecnici

- ✓ Lunghezza = 470 m
- ✓ Spaziatura interelettrodica = 10 m
- ✓ Max profondità investigazione = 80 m
- ✓ Numero di dati usati per l'inversione = 327

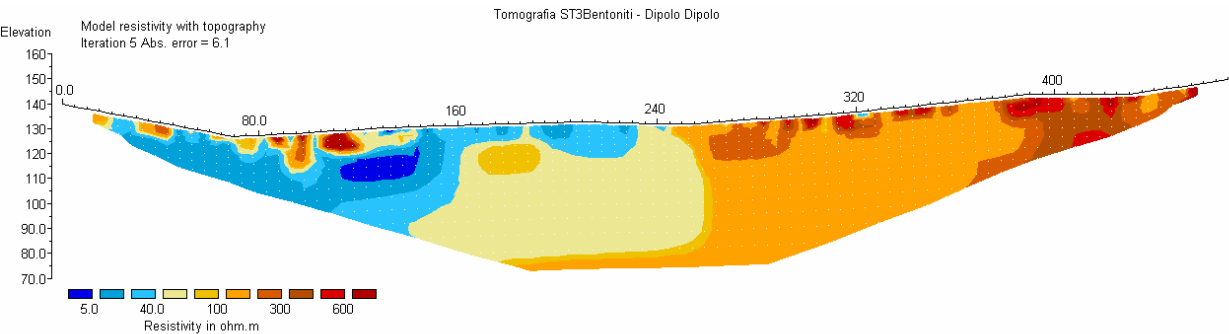
## Rilievo ST3b





# Modelli di resistività Gallura nord-occidentale

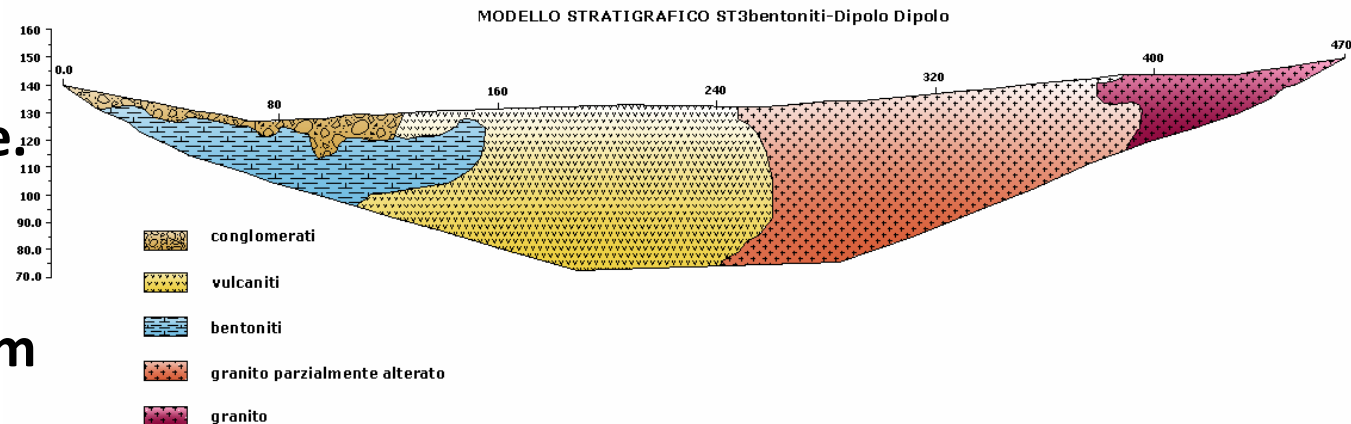
## Rilievo ST3b



Horizontal scale is 12.64 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 1.00  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 470.0 m.

- ✓ Acquisizione protocollo Dipolo Dipolo.
- ✓ Bedrock a composizione granitica, brusco cambio di resistività e pendenza della morfologia nel settore centrale (ipotesi faglia sub-verticale).

- ✓ Bentoniti sviluppate nel tratto iniziale della tomografia, spessore dai 10 m ai 30 m, resistività molto basse.
- ✓ Coperture presenti nel tratto iniziale del rilievo, spessori dai 3 m ai 10 m circa.



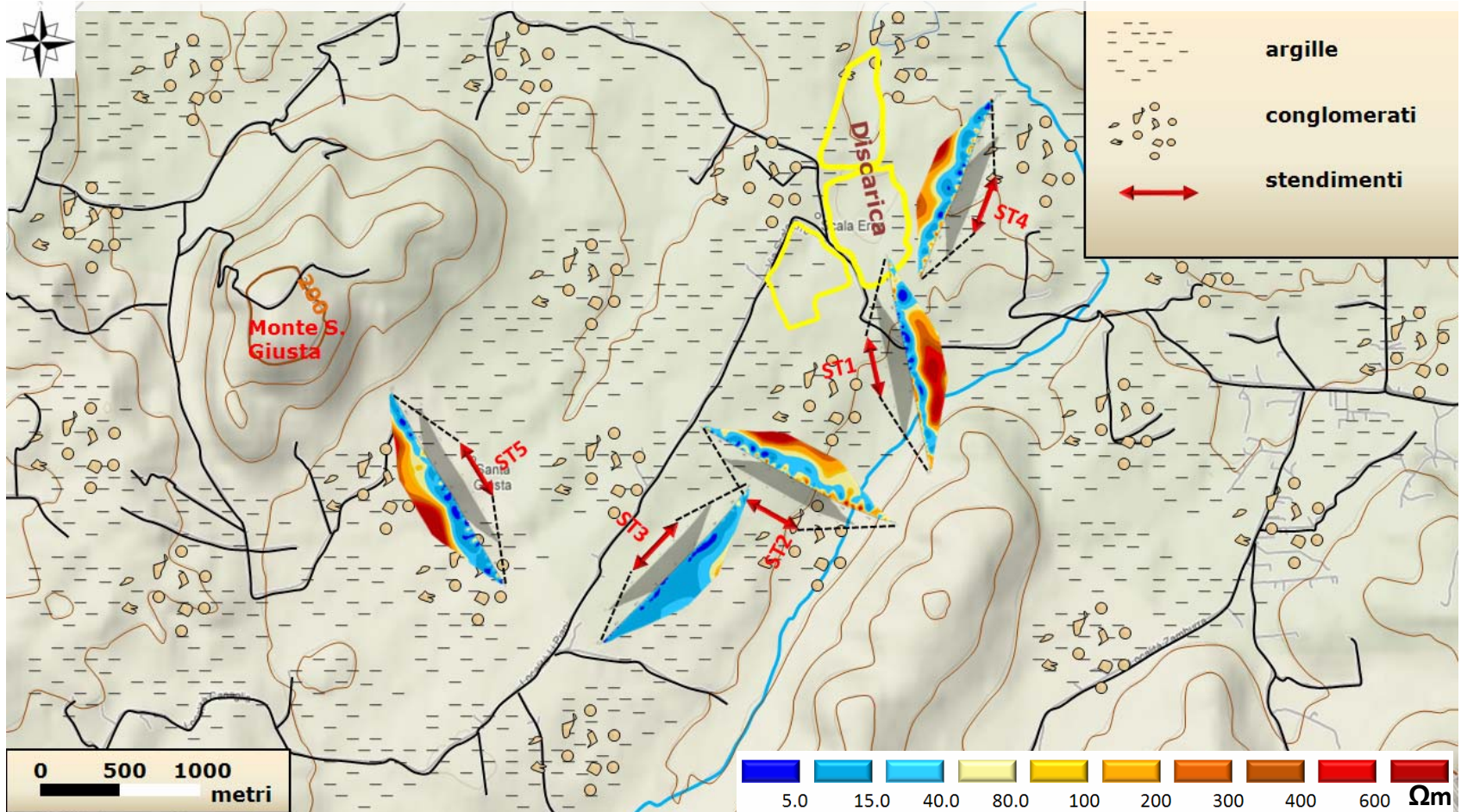
# Conclusioni **Nurra settentrionale**

**Basamento** irregolare; concordante con la morfologia principale; alterato; profondità del tetto che si spinge anche oltre i 60 m.

**Argille da laterizi** spessori in base a morfologia; coperture e substrato.

**Coperture** disposte in base a erosione selettiva a due differenti scale.

**Indicazione di una probabile area candidata all'estrazione**





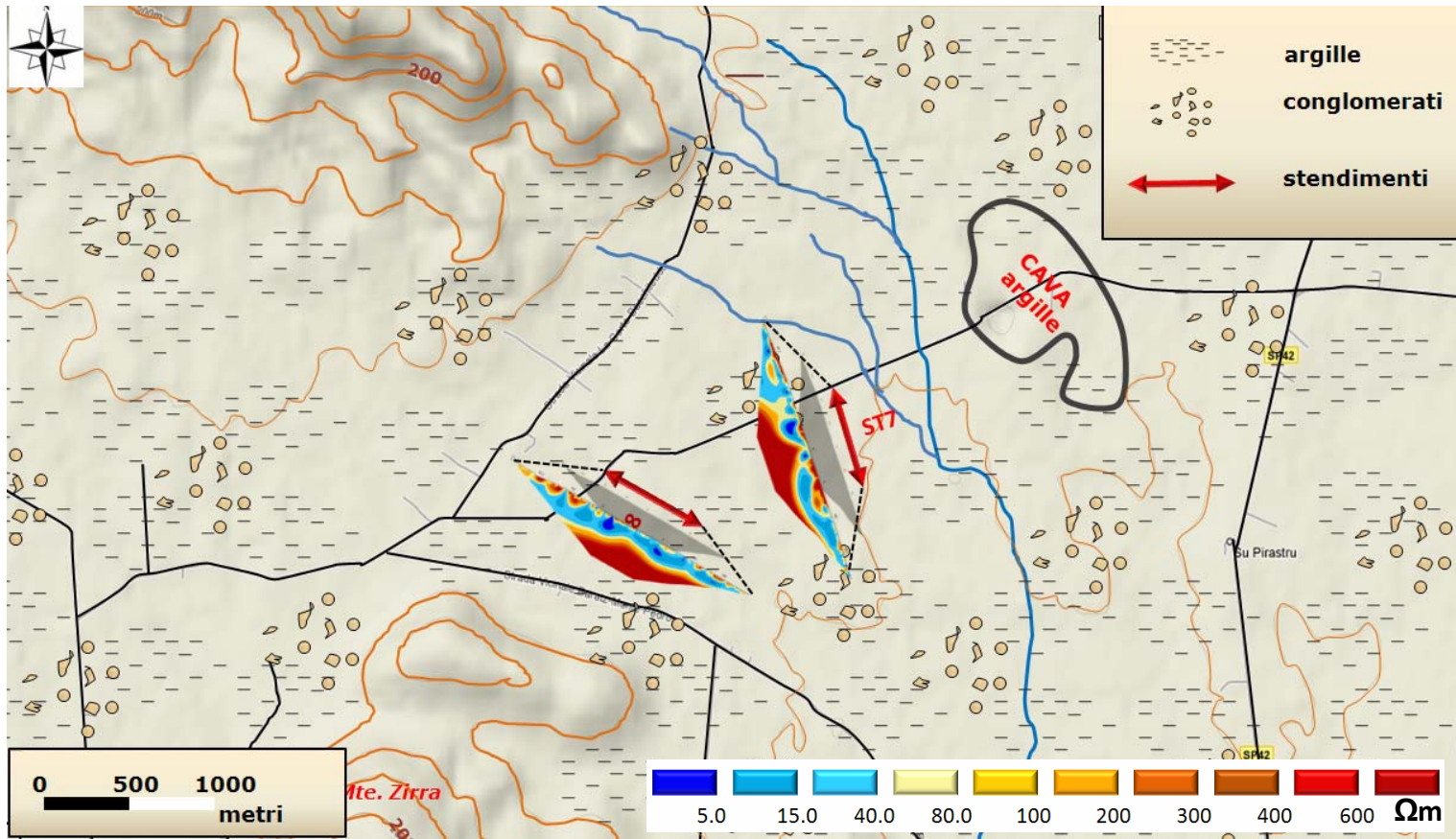
# Conclusioni Nurra centro-meridionale

**Basamento indagato fino al metamorfico; compatto; andamento irregolare; concorde con la morfologia principale; il tetto risale verso i rilievi.**

**Argille da laterizi andamento condizionato dal substrato; sviluppo maggiore dei depositi verso SE.**

**Coperture spessori modesti; più frazionate verso N; azione più incisiva dei corsi d'acqua a N.**

**Indicazione di una probabile area candidata all'estrazione**

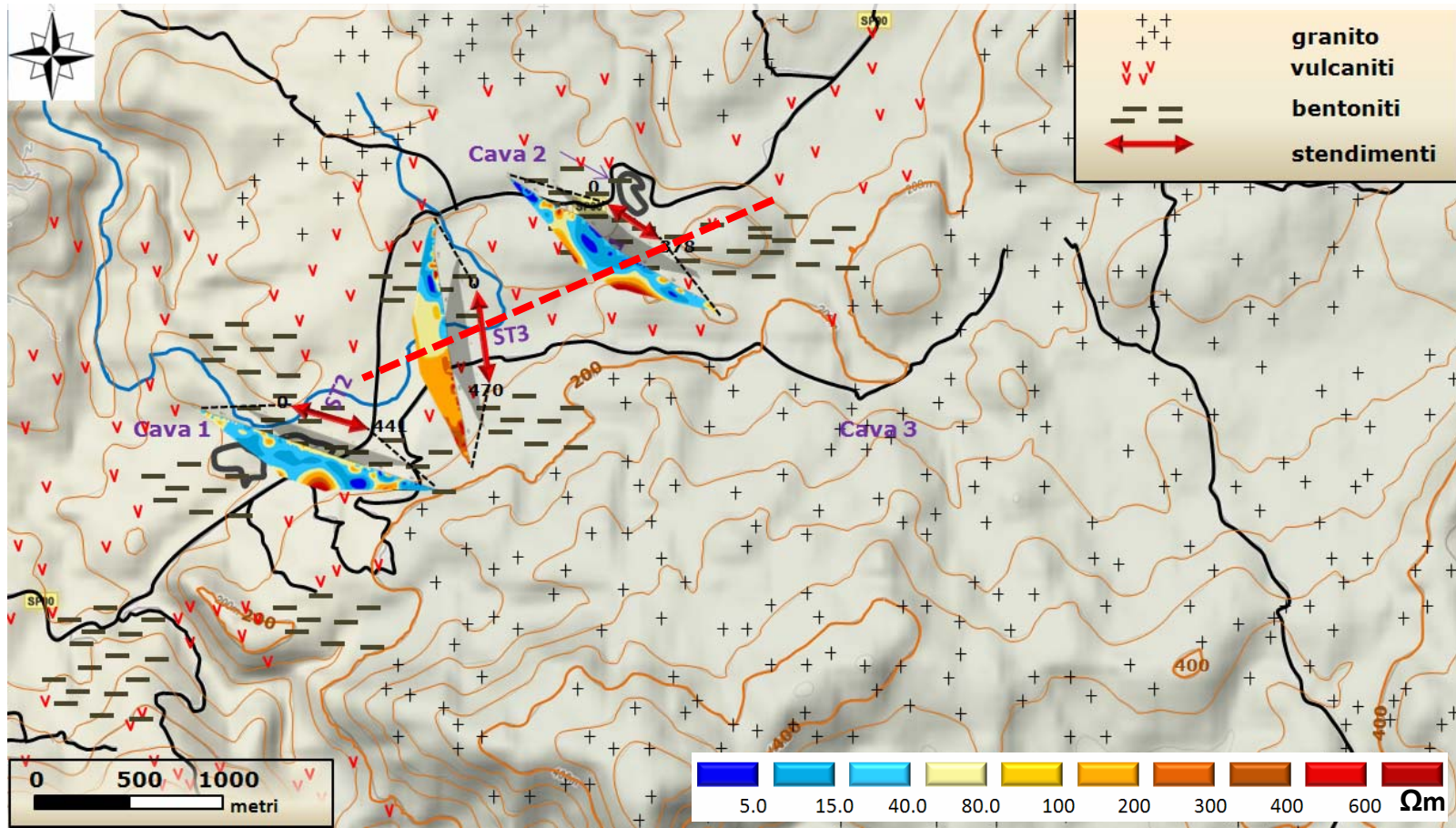


# Conclusioni Gallura nord-occidentale

**Basamento** composizione granitica; andamento del tetto concorde con la morfologia; fratturato e alterato soprattutto in senso verticale.

**Bentoniti** bassa resistività; a contatto con le vulcaniti; max concentrazione nelle discontinuità; bacino confinato da graniti che si chiude verso NE.

**Coperture** esiguo spessore; distribuzione irregolare non legata alla morfologia; influenzate dai corsi d'acqua e dall'attività estrattiva.





# Conclusioni finali

- **Indagati oltre 5 Km lineari e raccolte circa 13000 misure.**
- **Il metodo geoelettrico ha restituito ottimi risultati.**
- **Individuate per le prime due aree indagate possibili zone per l'apertura di cave per l'estrazione di argille da laterizi e tarato con successo il metodo geoelettrico per le bentoniti.**
- **Auspicabile incremento nell'uso del metodo geoelettrico tenuto conto dell'alto valore dei depositi indagati.**
- **Previsioni per un futuro lavoro (griglia di rilievi e modello 3D del sottosuolo).**

An aerial photograph of a coastal landscape. In the foreground, there is a dense green forest. A sandy beach and a small harbor area with some buildings and a boat are visible. The middle ground shows a bay with rocky islands and a large white building with a red roof. The background features rugged, reddish-brown rocky hills under a hazy sky. The text "GRAZIE PER L'ATTENZIONE" is overlaid in the center.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**





# Letture e interpretazione di una tomografia

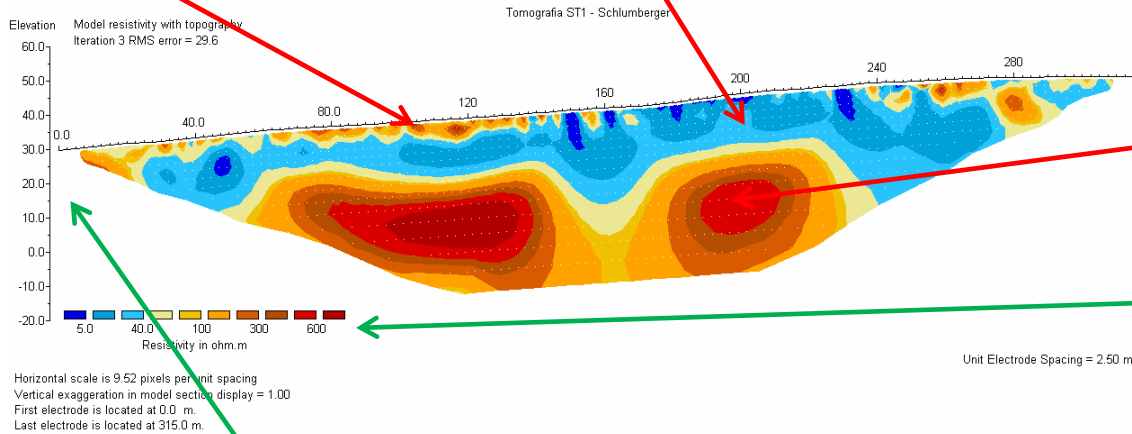
Coperture

Depositi argillosi

Lunghezza stendimento (315 m)

Basamento

Valori di resistività in  $\Omega\text{m}$



Quota(in metri) sul livello del mare

Informazioni relative alle litologie.

Informazioni tecniche

MODELLO STRATIGRAFICO ST1-Schlumberger

