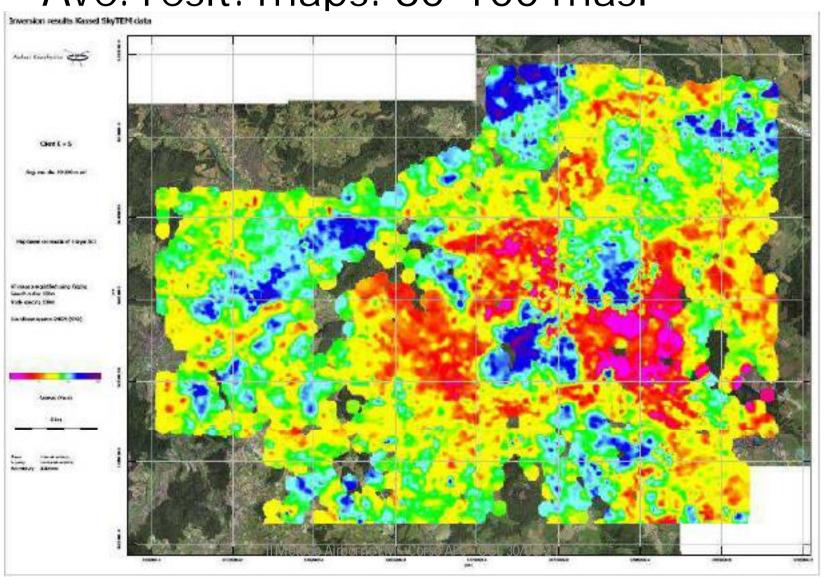
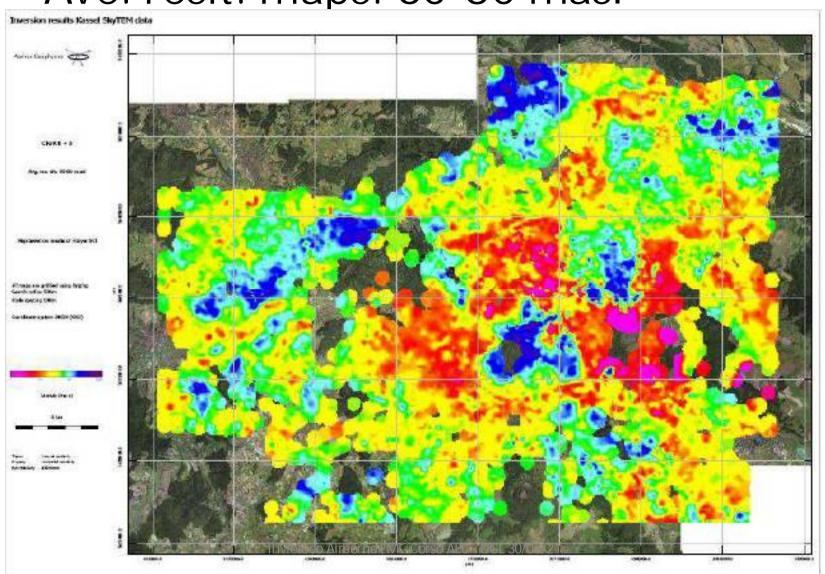
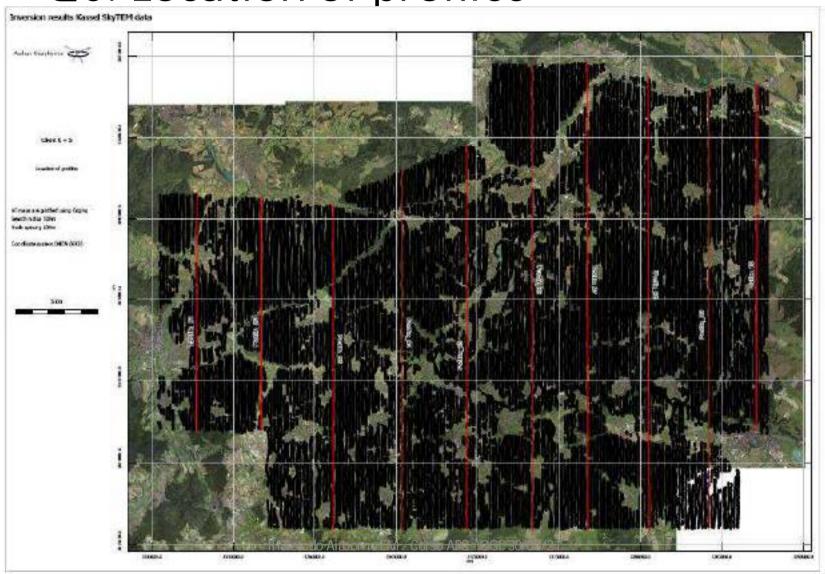
# Ave. resit. maps: 80-100 masl



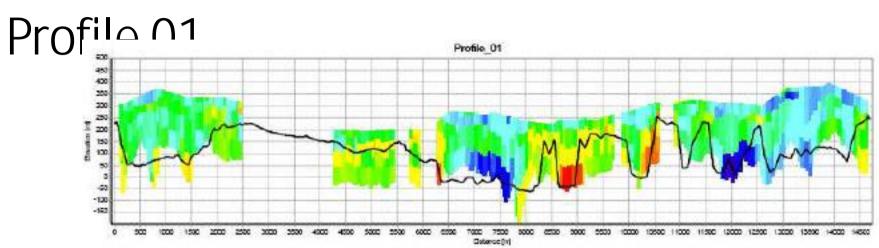
## Ave. resit. maps: 60-80 masl

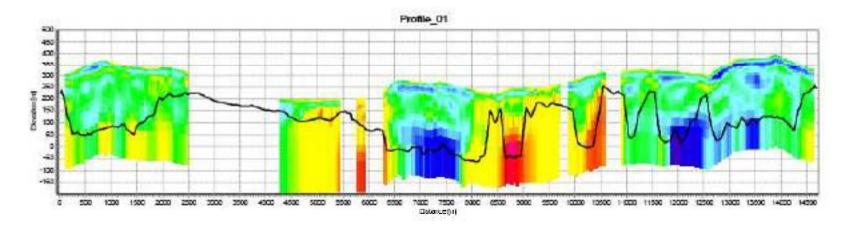


# QC: Location of profiles

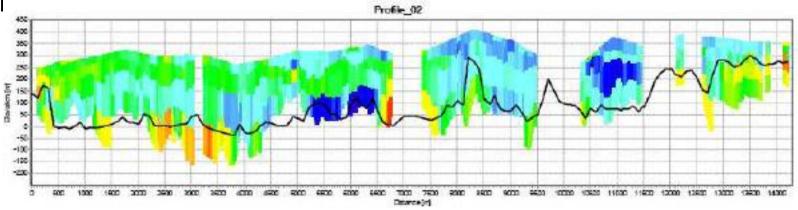


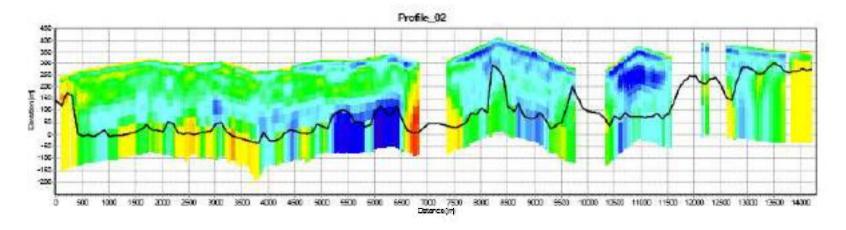




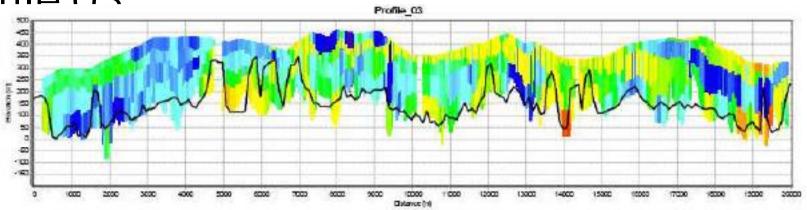


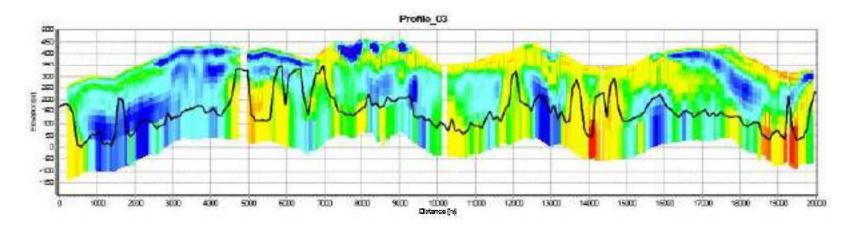
# Profila no



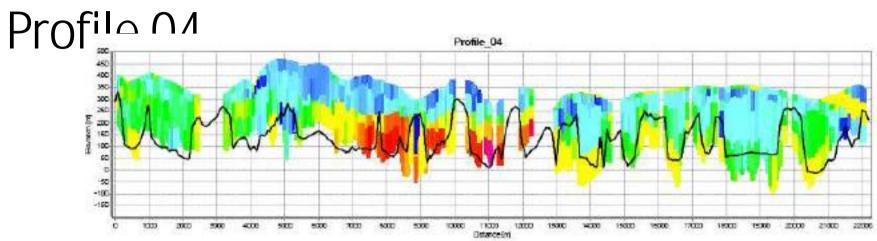


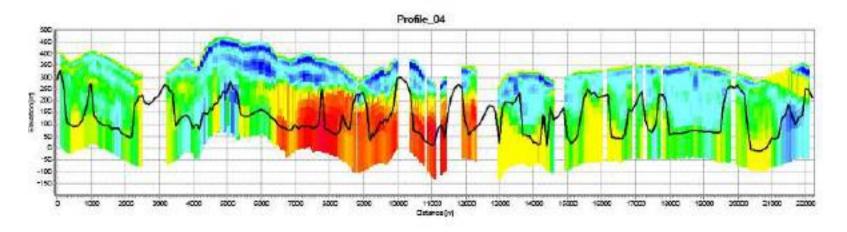
Profila na

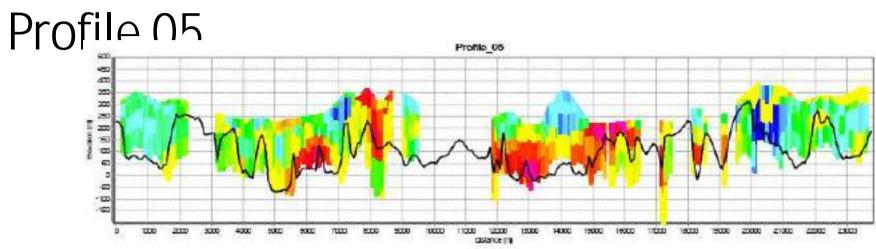


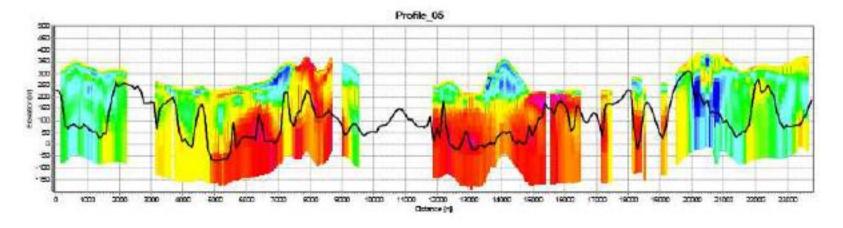




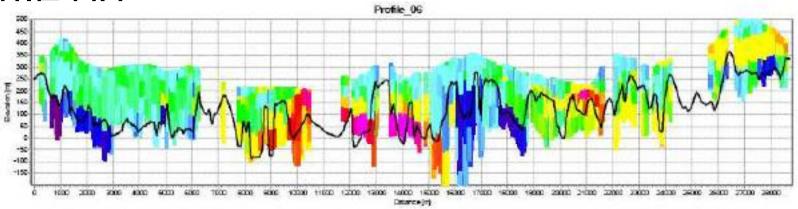


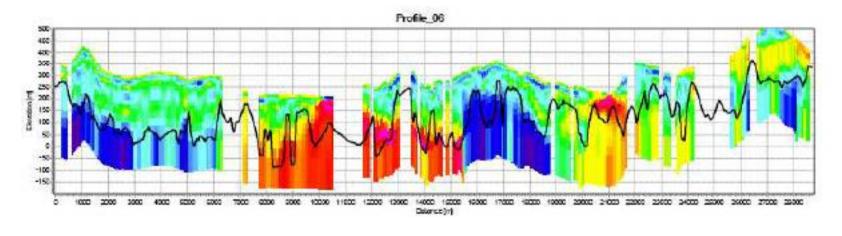


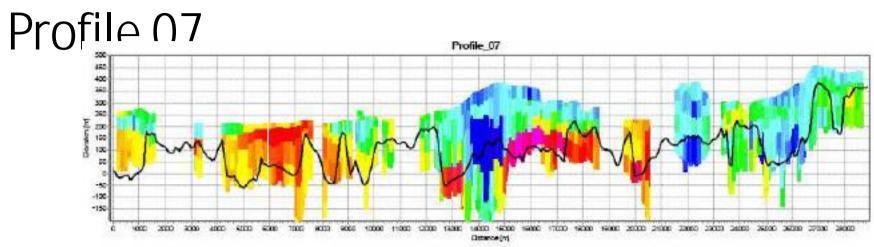


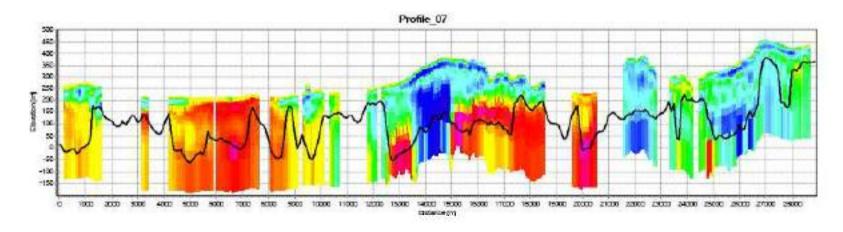


## Profila NA

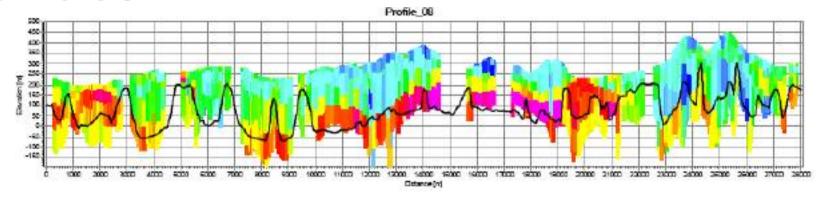


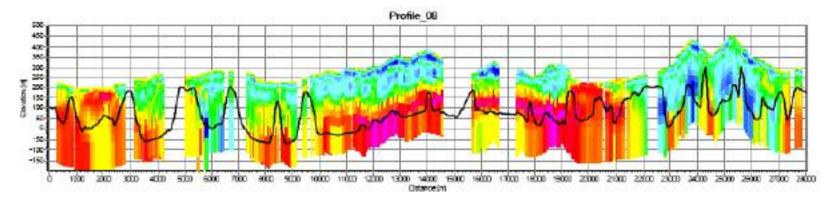




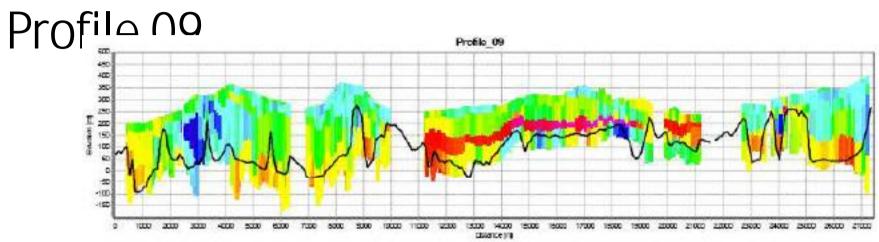


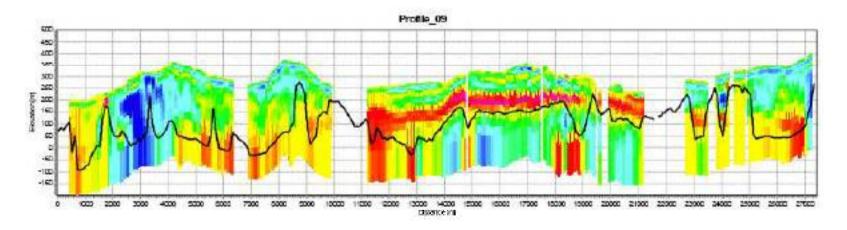
### Profile 08



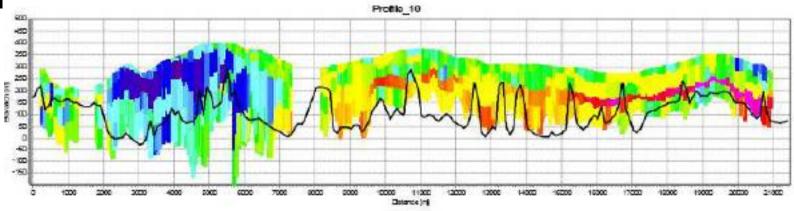


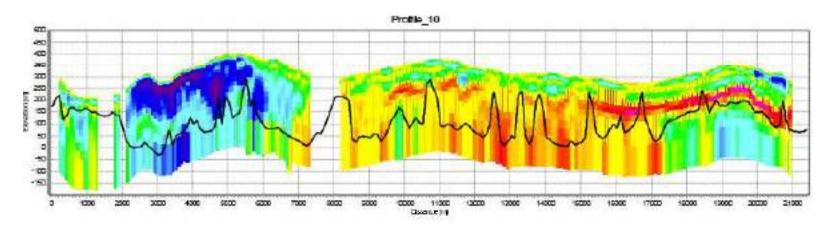


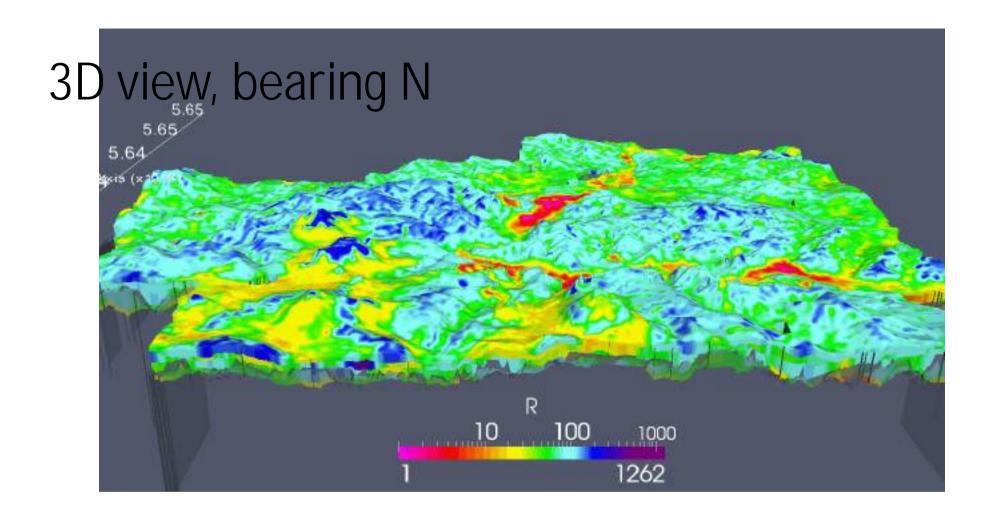


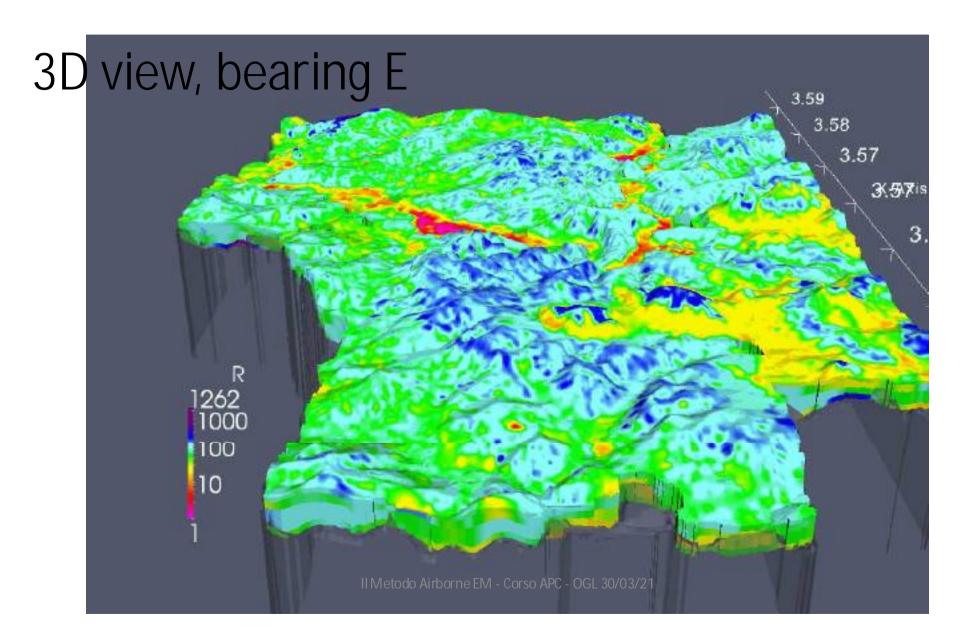


# Profilo 10









video

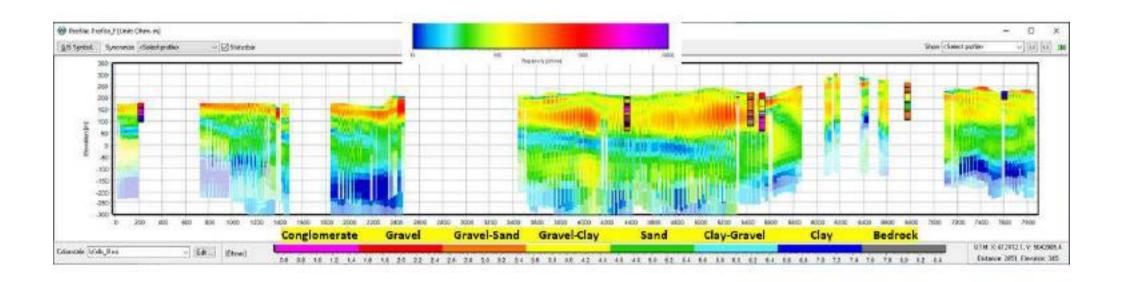
# IL METODO AIRBORNE EM COME STRUMENTO PER LO STUDIO DI PROBLEMATICHE IDREOGEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

#### Dott. Geol. Antonio Menghini

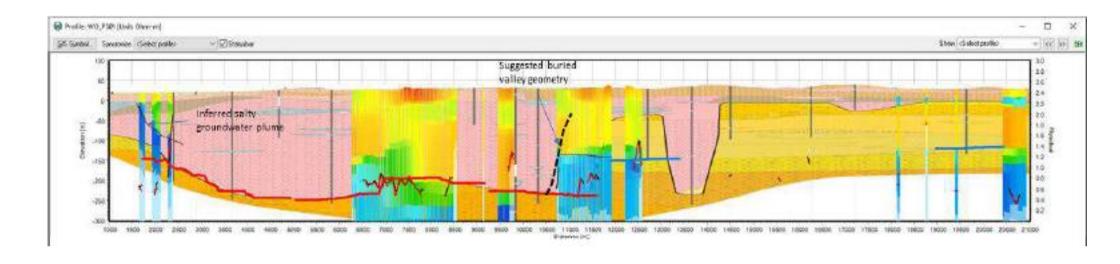
- Descrizione del metodo EM
- Implementazione su un sistema airborne
- Processing dei dati
- Inversione
- Interpretazione
- Case-studies
- Potenziali applicazioni sul territorio Italiano



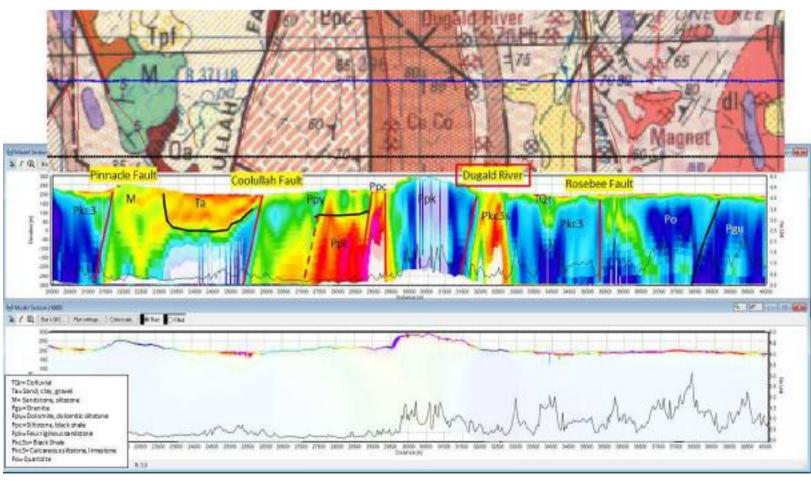
### Stratigrafie da pozzo



### Sezioni geologiche



### Carte geologiche



# IL METODO AIRBORNE EM COME STRUMENTO PER LO STUDIO DI PROBLEMATICHE IDREOGEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

#### Dott. Geol. Antonio Menghini

- Descrizione del metodo EM
- Implementazione su un sistema airborne
- Processing dei dati
- Inversione
- Interpretazione
- Case-studies
- Potenziali applicazioni sul territorio Italiano



# Applicazioni principali

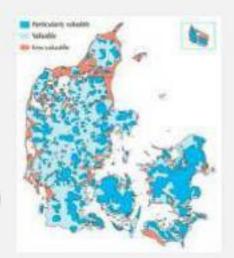
- Mappatura cuneo salino
  - Gestione di zone costiere sottoposte ad alte pressioni antropiche (popolazione, agricoltura) e ambientali (climate change)
- Gestione acque sotterranee
  - Vulnerabilita' acquiferi, estrazione sostenibile
- Mappatura inquinanti
  - Su larga scala, ad esempio da discariche
- Geotecnica/pianificazione
  - Mappatura potenziali areee franose, infrastrutture, zone di subsidenza
- Geotermia
  - Estrazione sostenibile, mappatura bassa entalpia

# Denmark

#### Danish Groundwater Mapping and Geodata Management

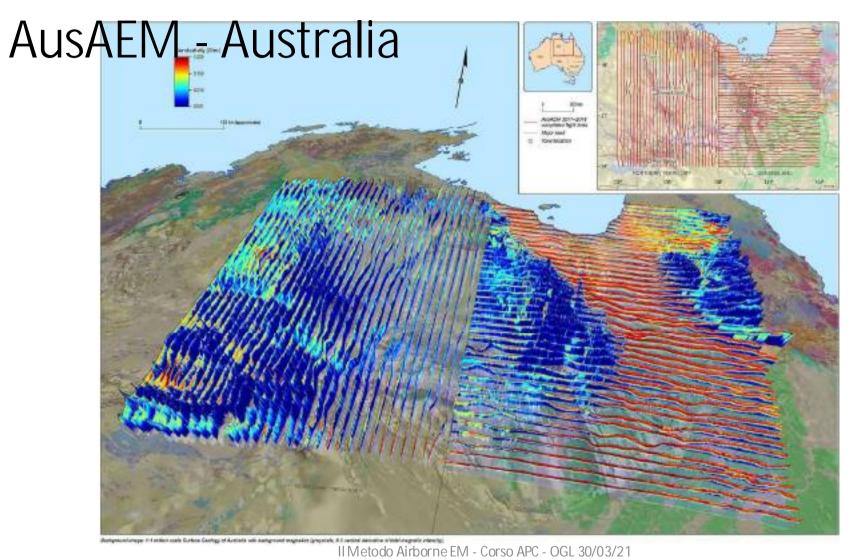
#### THE DANISH LAW OF GROUNDWATER PROTECTION (1998)

- · Drinking water must be naturally clean and untreated groundwater
- · Categorized recharge areas
  - · Recharges area of major value |40%|
  - · Recharges area
  - · Recharges area of limited value
- · Dense groundwater mapping (40%)
  - · Resource today and future
  - Vulnerability towards pollution
- Funding
  - · Taxes on groundwater withdrawals
  - . € 0,07 pr. m3 ~ € 15 mil per year
- · Time perspective
  - Mapping finished in 2015, total cost approx. € 250 mil



California (Central valley)





### Aarhus Geofisica esperienze nel Mondo in applicazioni idrogeologiche

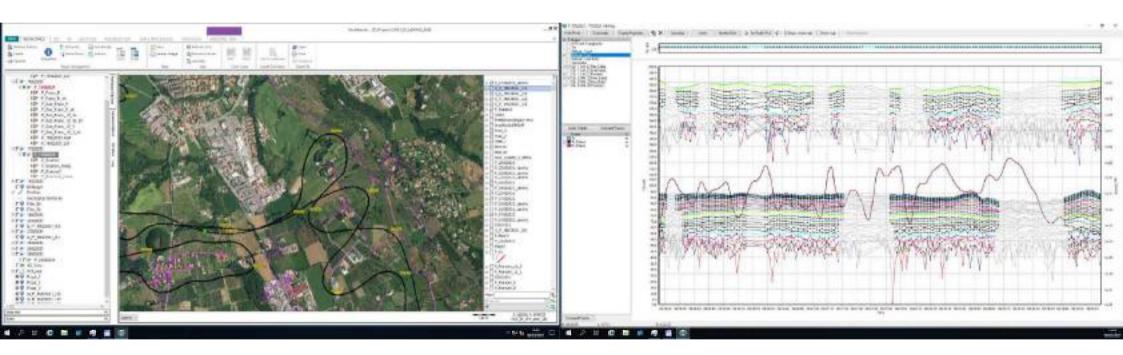


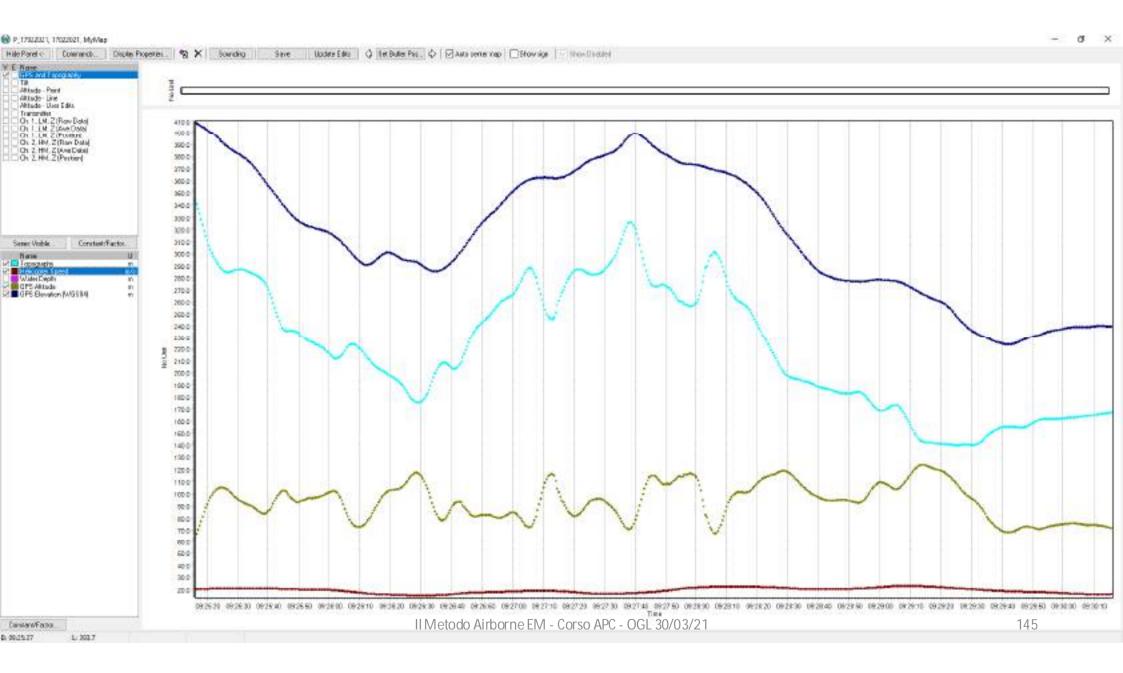
# Esperienze nel Mondo (solo idrogeologia)

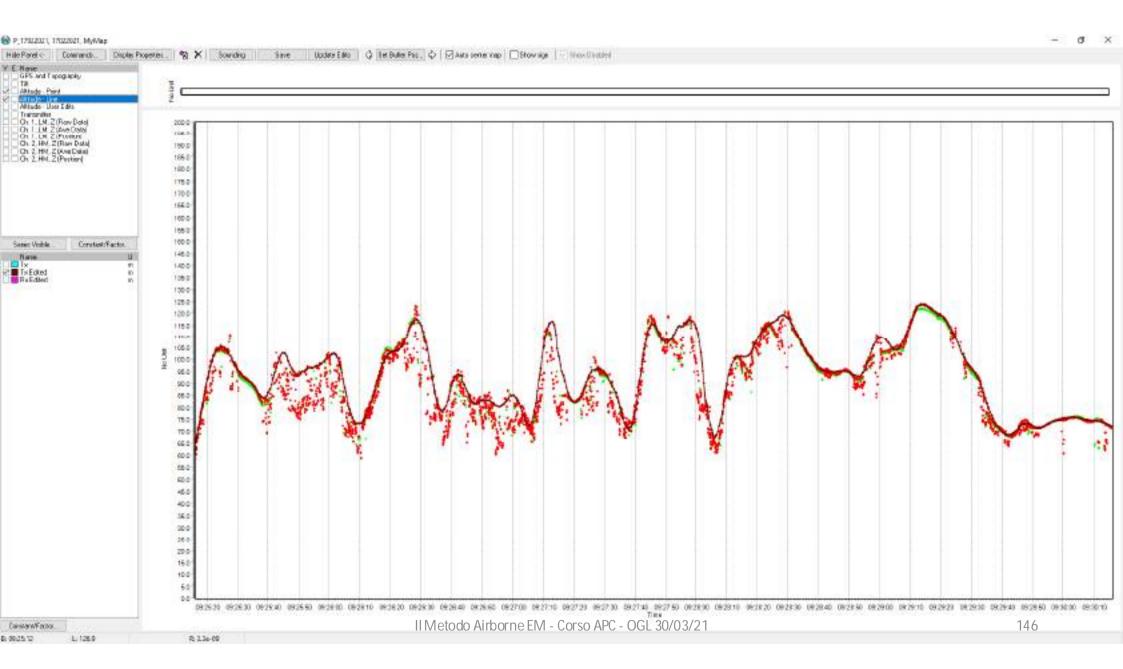
- Malesia (Johor)
- Bassa Sassonia, Germania (LBEG)
- Peace River, British Columbia, Canada (Geoscience BC)
- Danimarca (Rethink Water)
- Cheyenne, Wyoming, US (Geotech)
- Dunea, Olanda (Artesia)
- Isole di Guadalupa e Martinica, Francia (BRGM)
- Isola di Reunion, Francia (BRGM)
- Perth, Australia (Department Of Water)

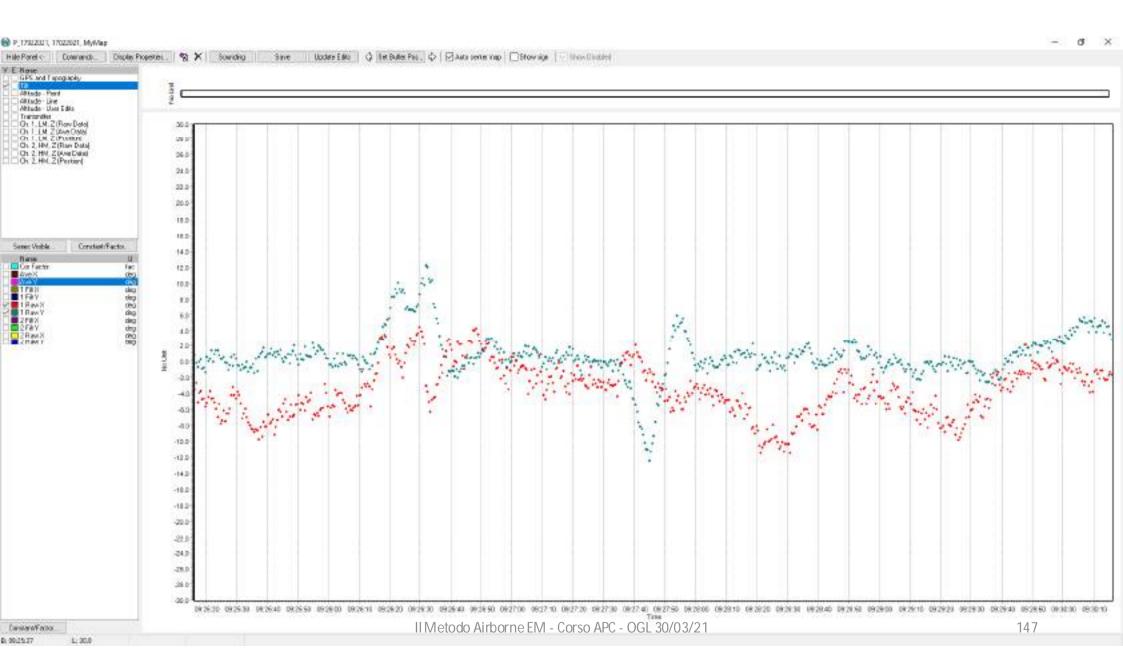
# Esperienze in Italia

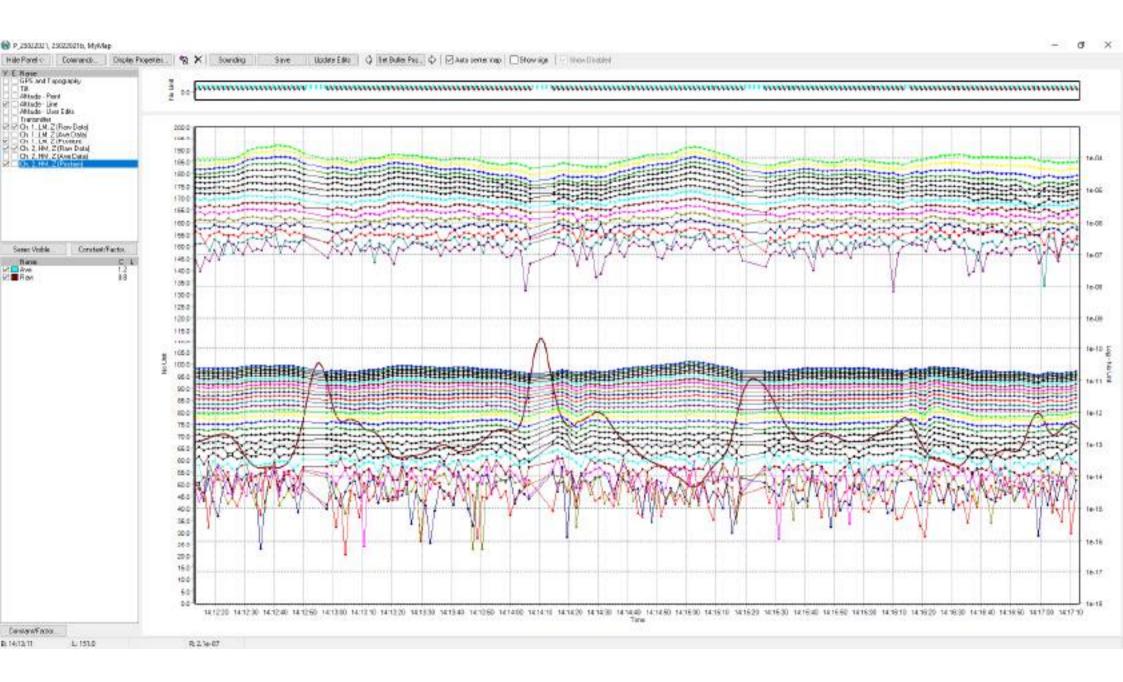
- CNR (Progetto Vigor e Laguna di Venezia)
- CAP Milano
- A2A Brescia (nel 2021)

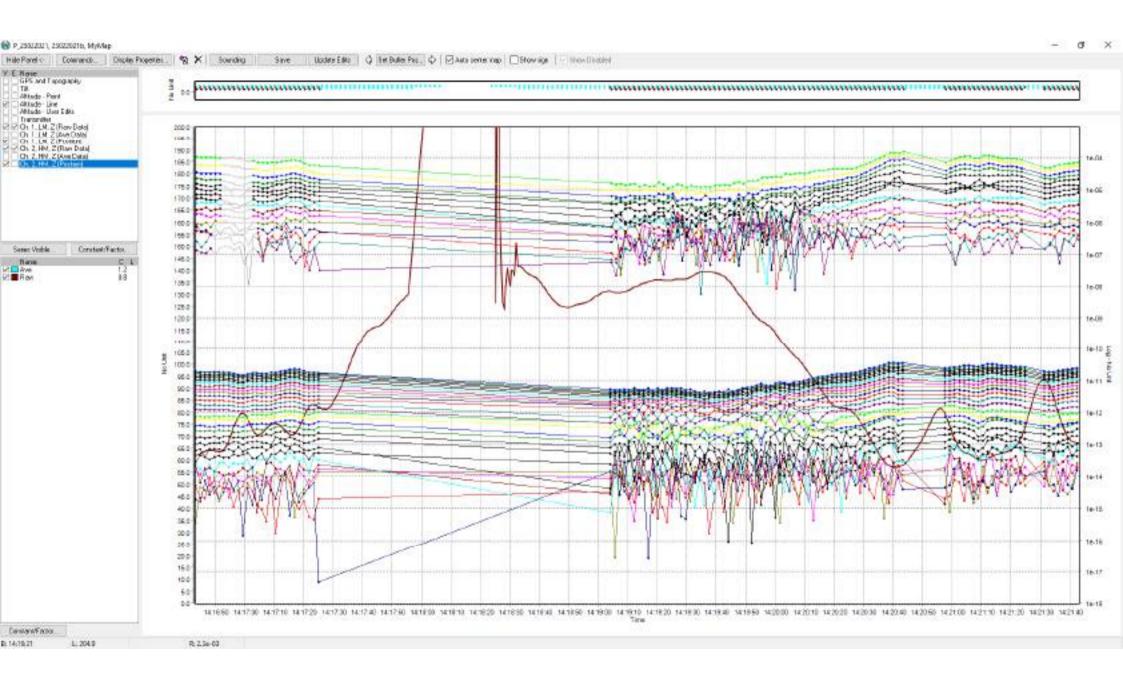




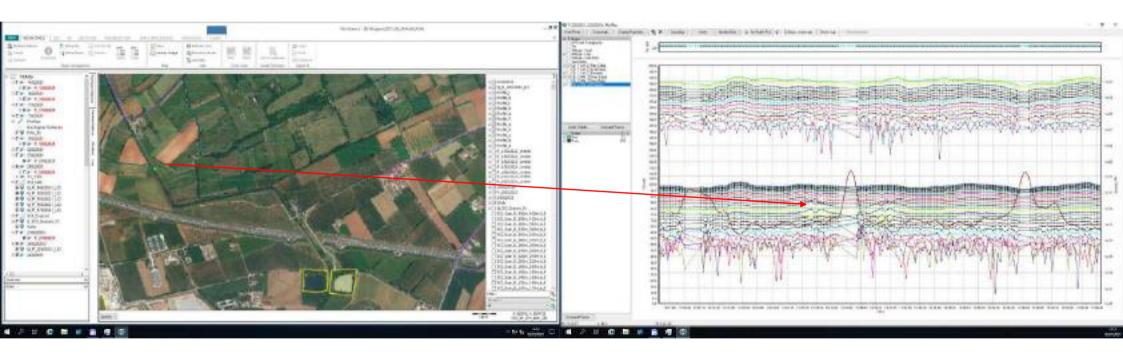




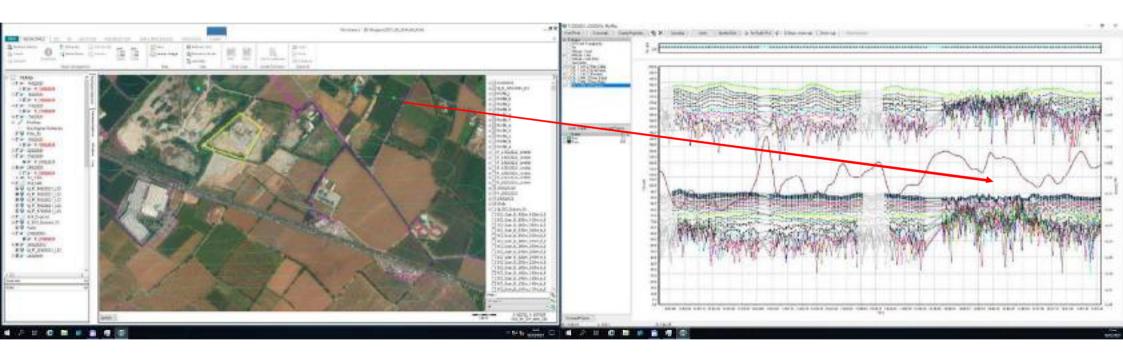


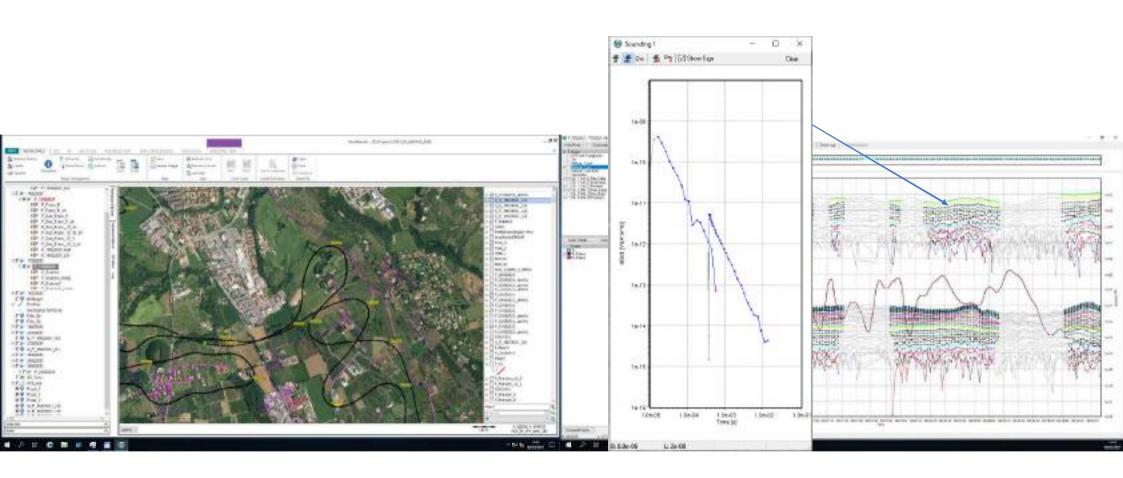


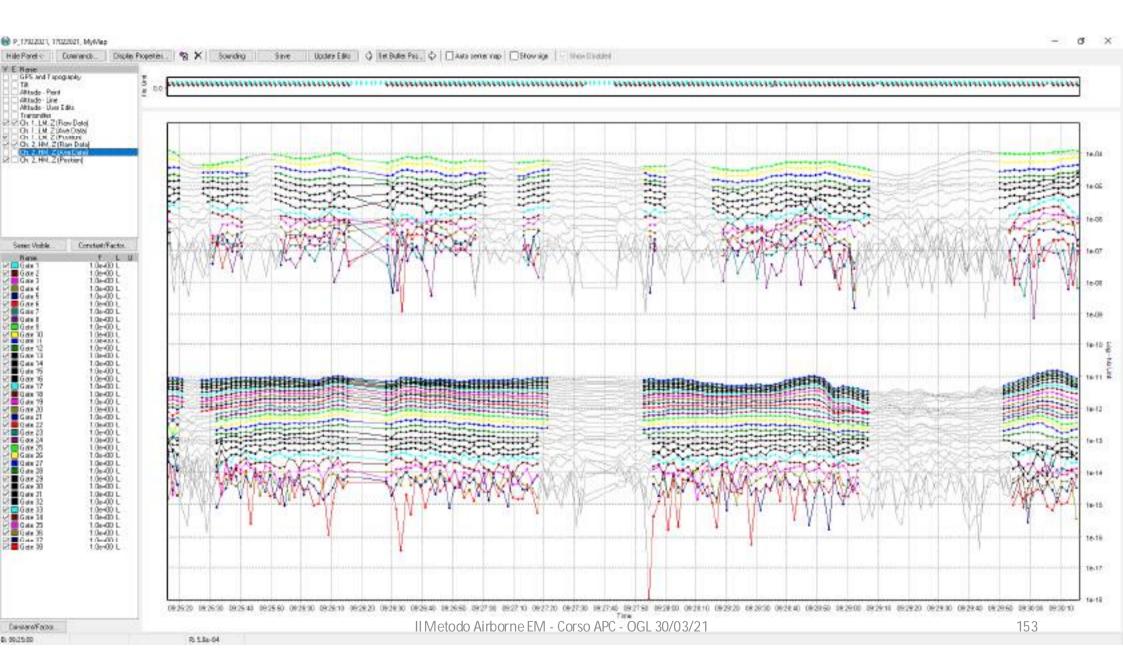
# Coupling

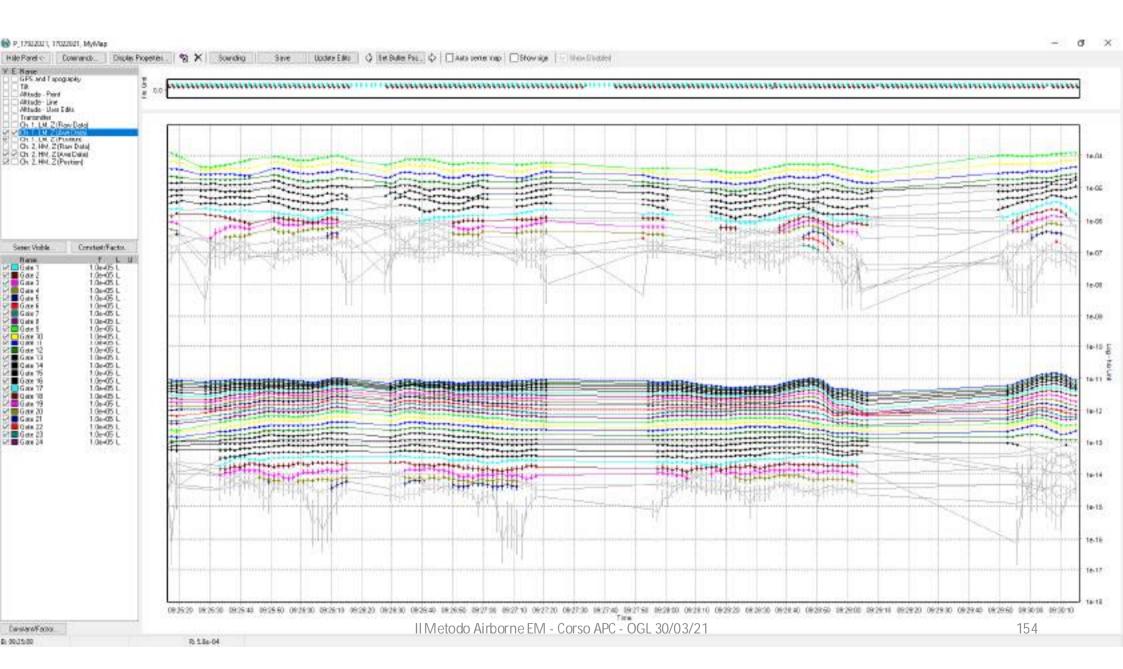


# Coupling

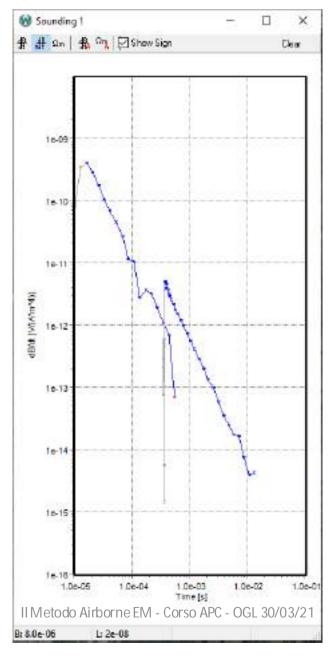


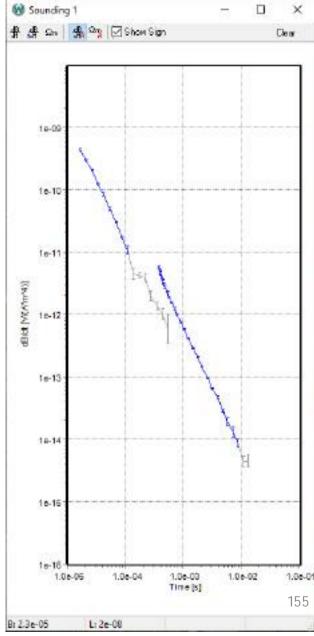


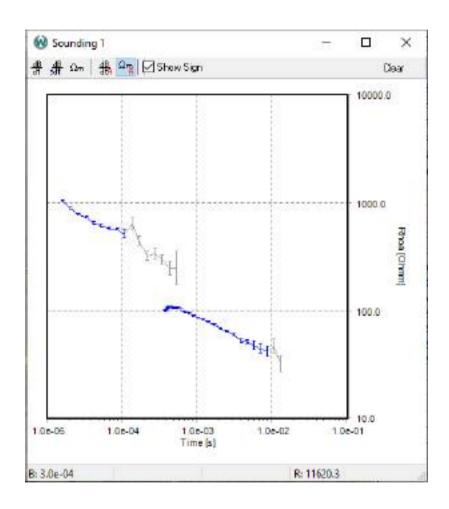


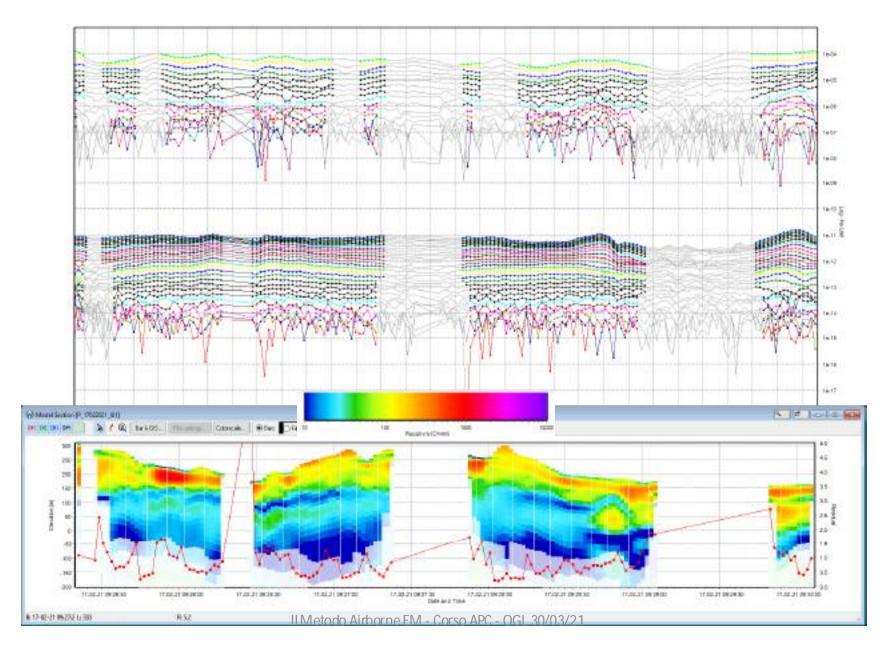


# Effetto del filtraggio



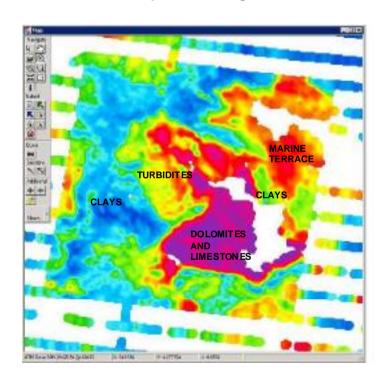


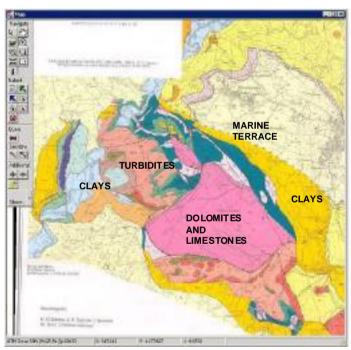




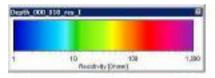
### Geological mapping

Resistivity at 5 mbgl



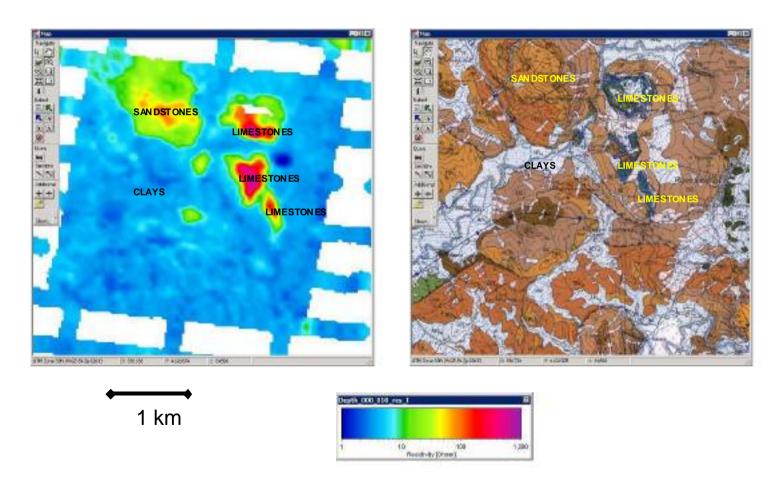






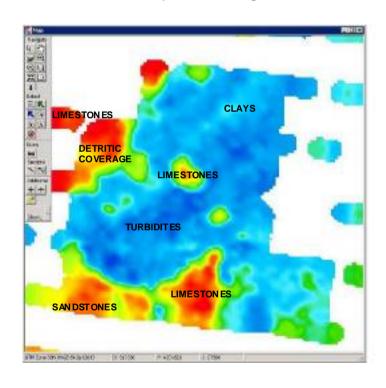
# Geological mapping

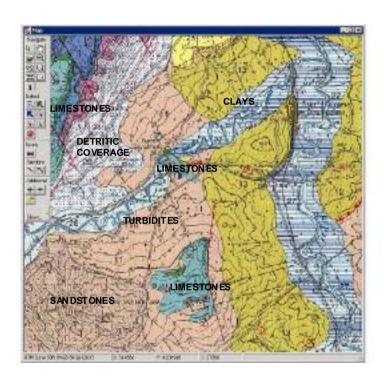
Resistivity at 5 mbgl



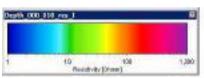
# Geological mapping

### Resistivity at 5 mbgl

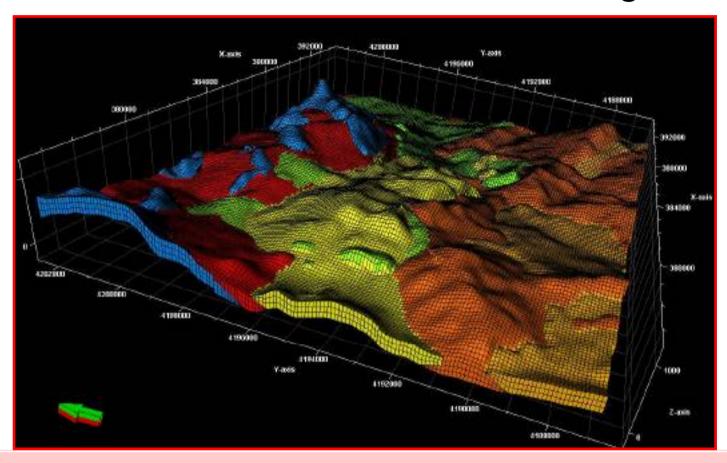








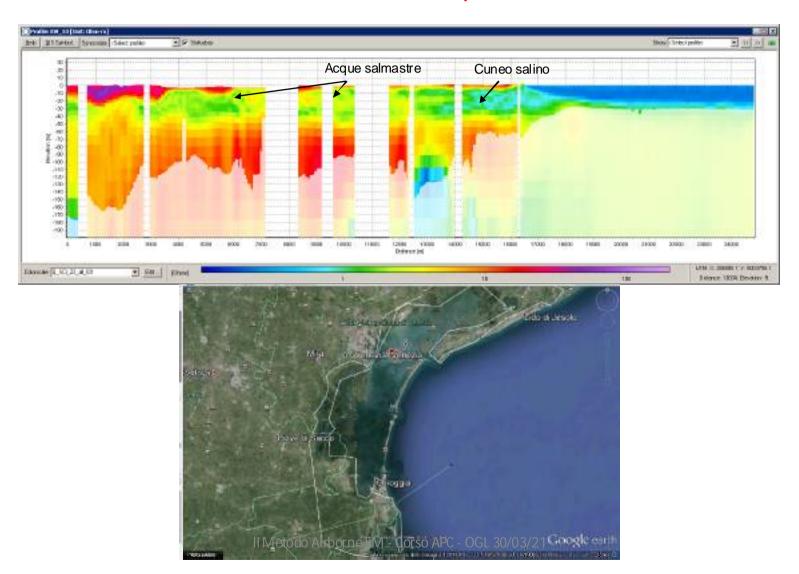
# 3D GEOLOGICAL MODEL Structural gridding



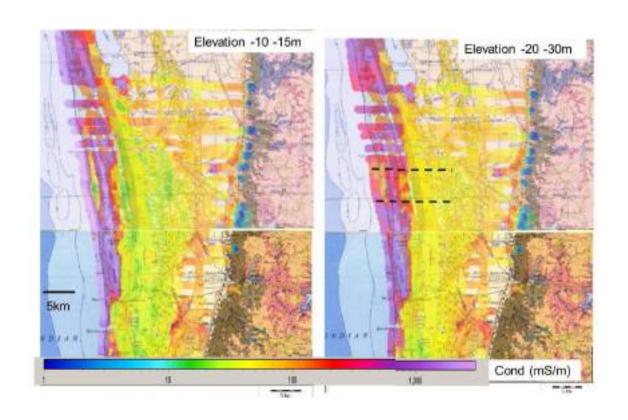
- Neogene Deposits (Miocene-Pliocene)
- Tavernola Fm. (Miocene)

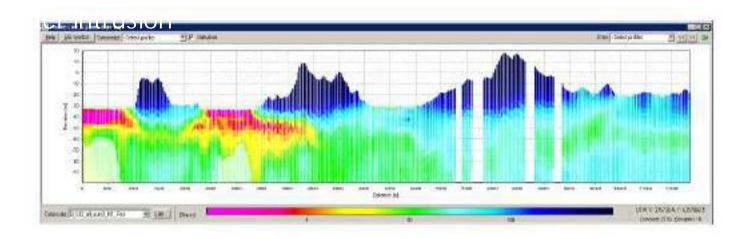
- Numidian Flysch GS member (Oligocene-Miocene)
  - Numidian Flysch, PC member GL 30/03/21 (Oligocene-Miocene)
- Sicilide Domain (Cretaceous-Eocene)
  - Carbonate Imerese Domain (Triassic-Oligocene)

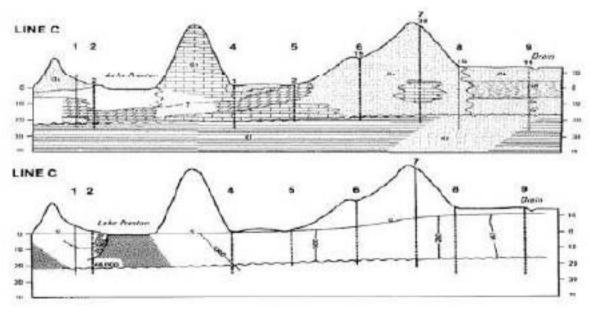
### Mappatura cuneo salino (Venezia) nello spazio



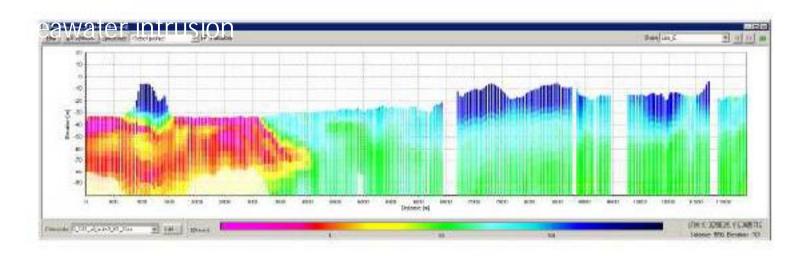
### Mappatura cuneo salino (Australia, Perth)

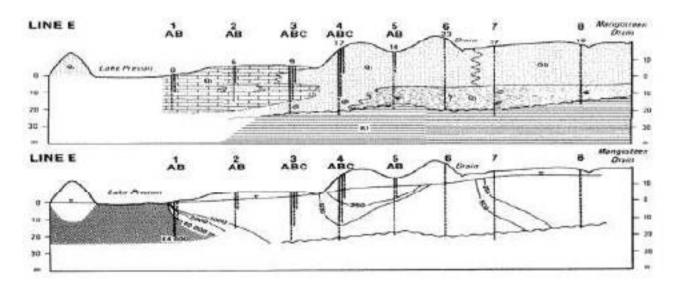




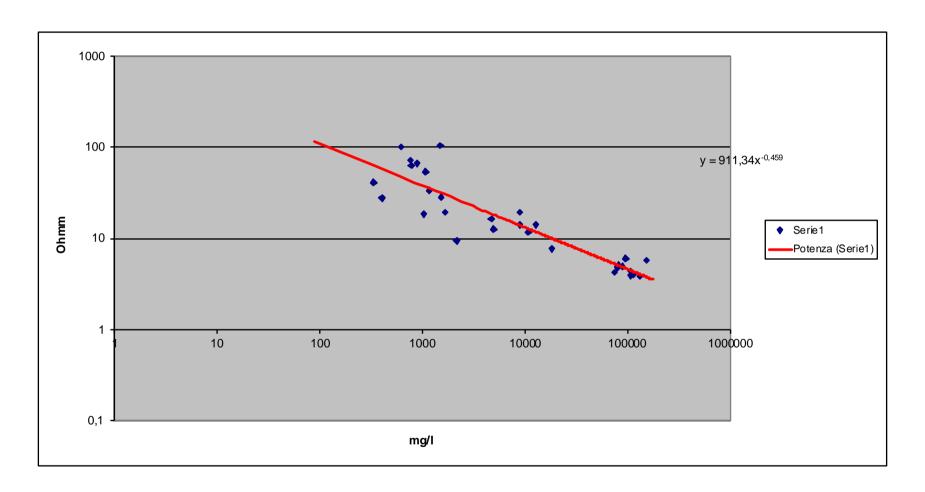


II Metodo Airborne EM - Corso APC - OGL 30/03/21

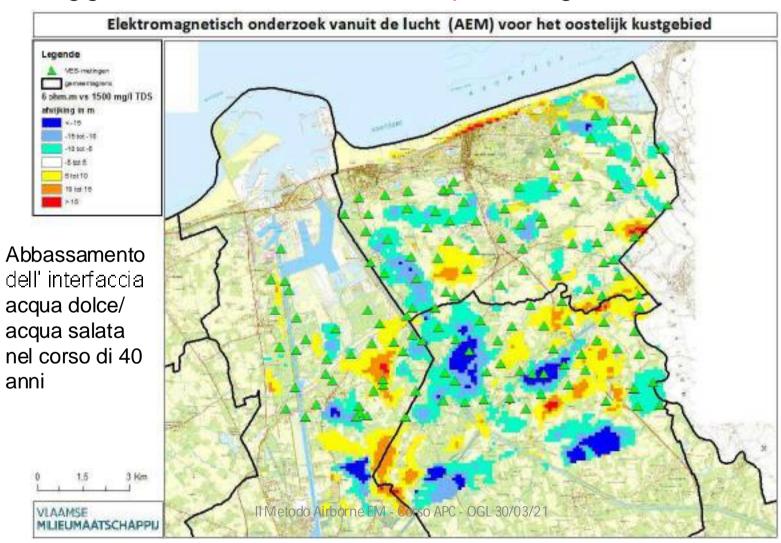




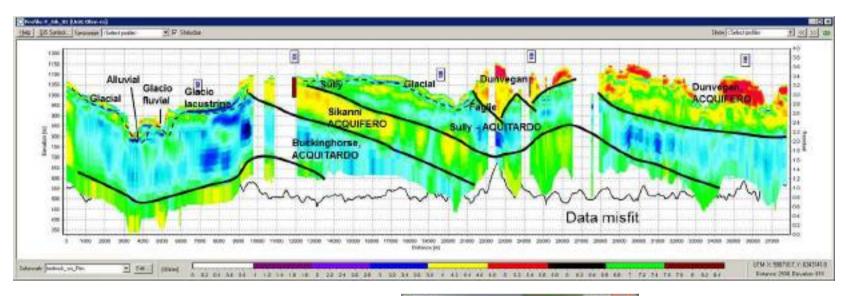
### Comparison salinity-AEM resistivity of all the aquifers

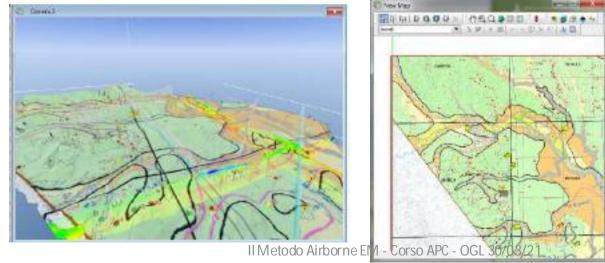


### Monitoraggio cuneo salino nel tempo (Belgio)



### Mappatura (idro)geologica (Canada)





# Lithological Voxel model

501 481 465 441 428 401 300 Ithologies 180 948 -C2\_clay:till 228 S\_shale D2\_clamicton saist D3 eliamicton dital 24,000 6,000 16.010 18,600 20,000 22,000 26,010 25,003 G\_gravel. SA\_sand S2\_sit, sandy'sit

Sand\silty till and glaciolacustrine clay

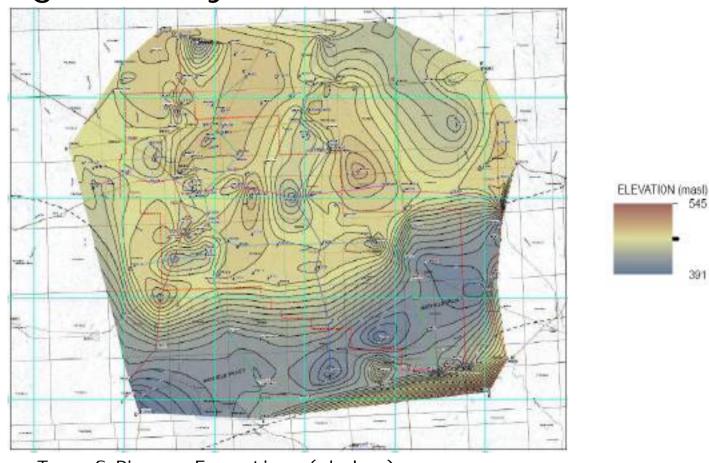
Clay-till

Meltwater sand and gravel

Shale bedrock



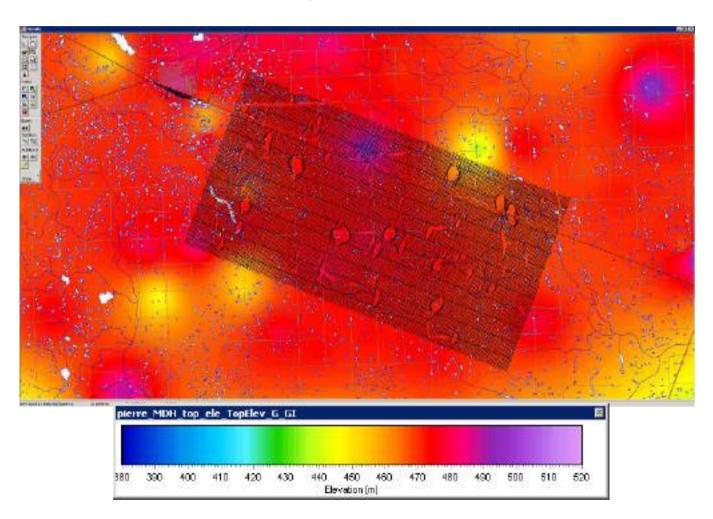
# Bedrock geometry from boreholes



Top of Pierre Formation (shales)

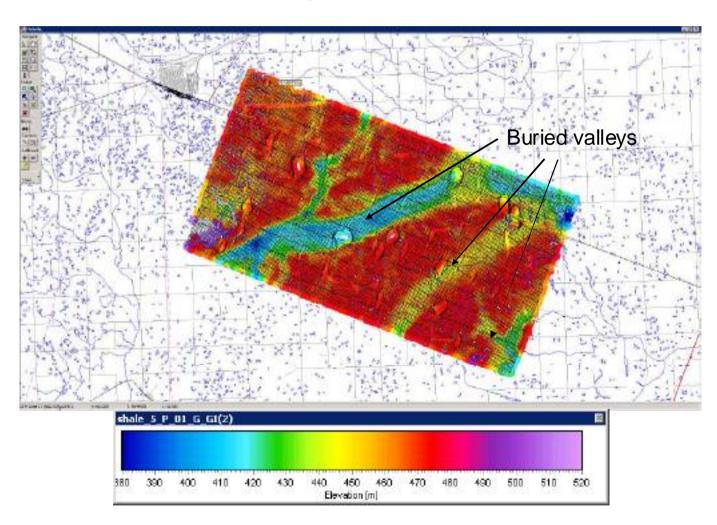
### Bedrock geometry from boreholes

Detail on the survey area

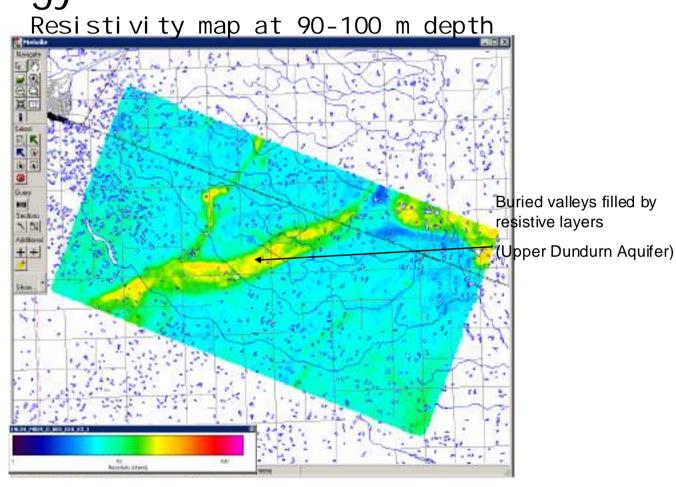


### Bedrock geometry from AEM and BH

Detail on the survey area

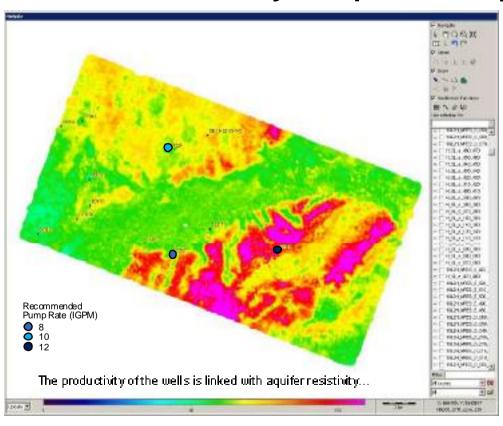


# Hydrogeology from AEM

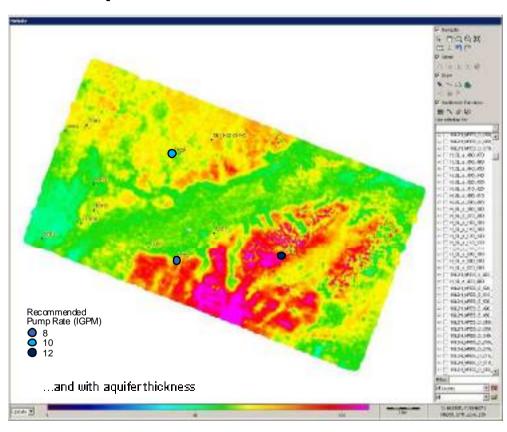


# Resistivity at depth 30-40 m

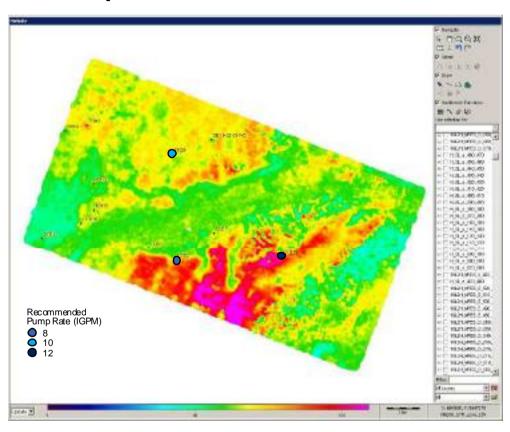
### Link between resistivity and productivity



# Resistivity at depth 40-50 m



# Resistivity at depth 50-60 m



Correlation between Transmissivity and Transverse Resistance

Borehole	Aquifer	rho (ohm-m)	Thickness (m)	TR (ohm-m2)	RPR (IGPM)
73552	UDA	65	19,8	1287	8
63114	UDA	102	34,7	3539,4	12
81324	UDA	29,7	79,2	2352,24	10
7 42 17	EM	23,5	27	634,5	8
SE_16_22_05	LFA	25	60	1500	20
68934	LFA	22	46	1012	8

Legend

UDA = Upper Dundurn Aquifer

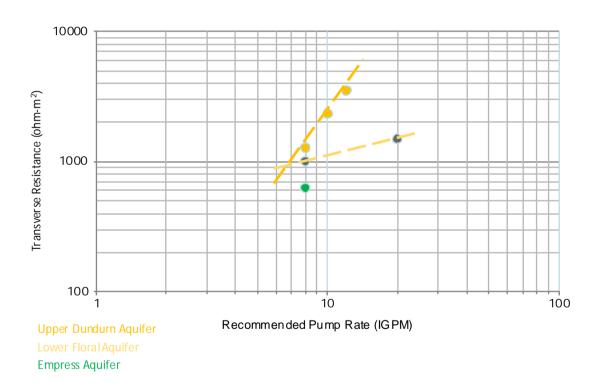
LFA = Lower Floral Aquifer

EM = Empress Aquifer

TR = Transverse Resistance

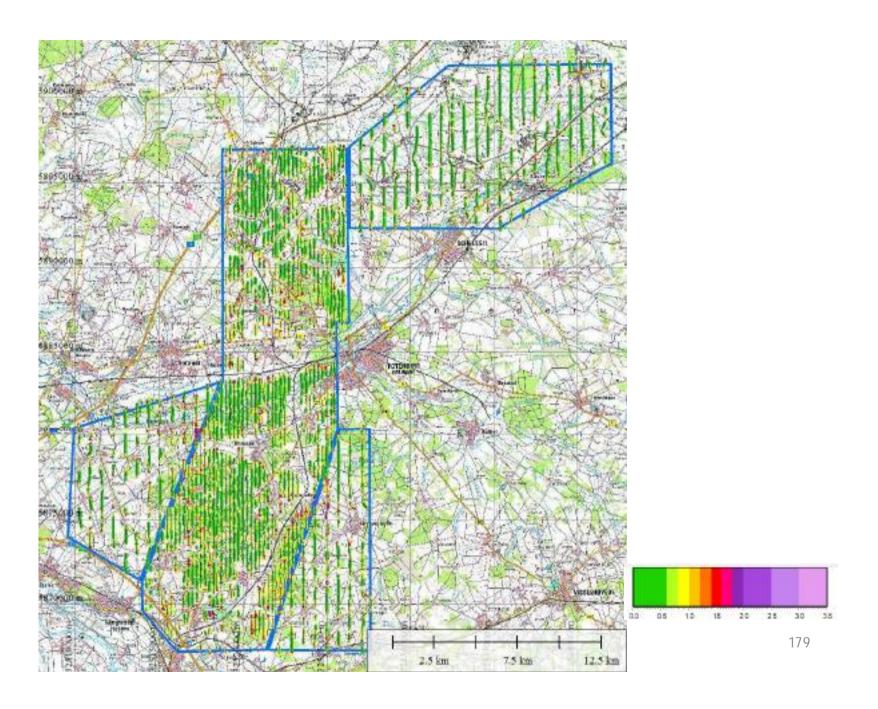
RPR = Recommended Pump Rate

### Correlation TR-RPR



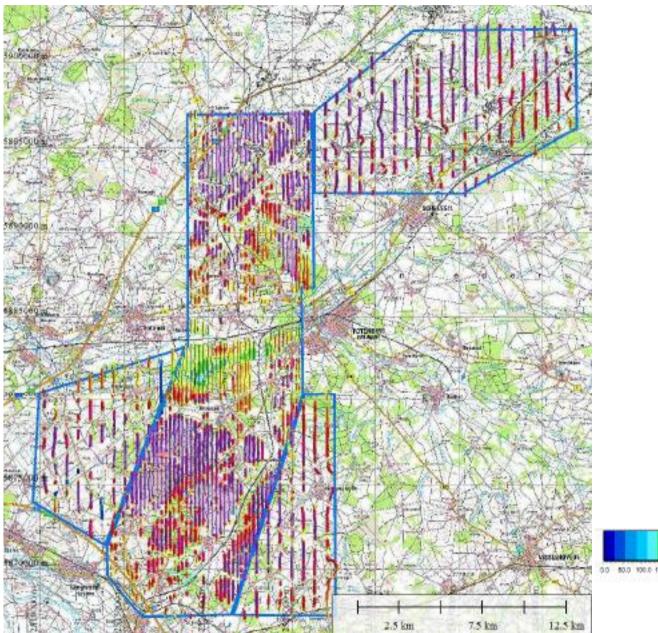
### Germania

Data misfit



### Germania

DOI





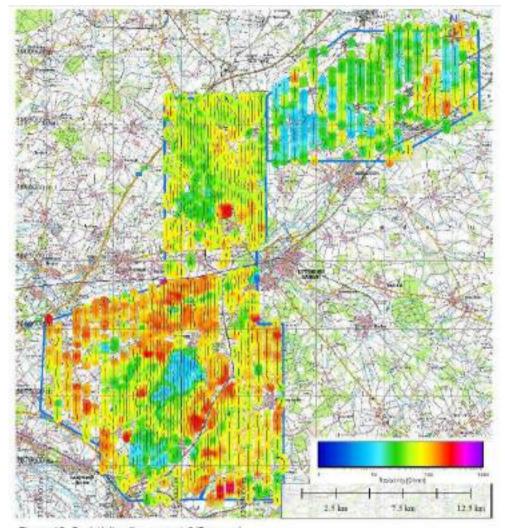


Figure 13. Resistivity slice map at 0/5 m a.s.l.

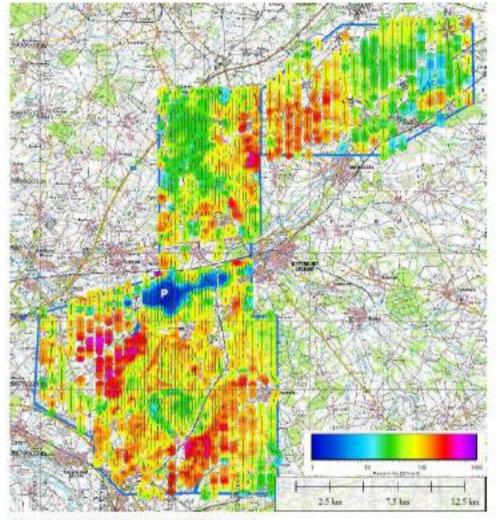


Figure 14. Resistivity slice map at -50/-45 m a.s.l.

P = Plume ad elevata salinità

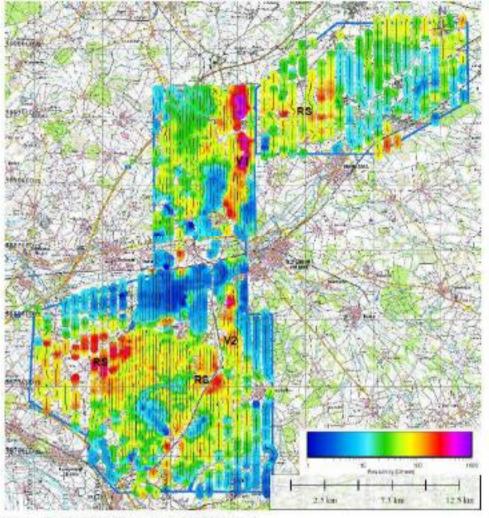


Figure 15. Resistivity slice map at -100/-90 m a.s.l.

V1, V2 = Acquiferi glaciali sepolti (paloevalli) RS = Substrato resistivo (acquifero sabbioso)

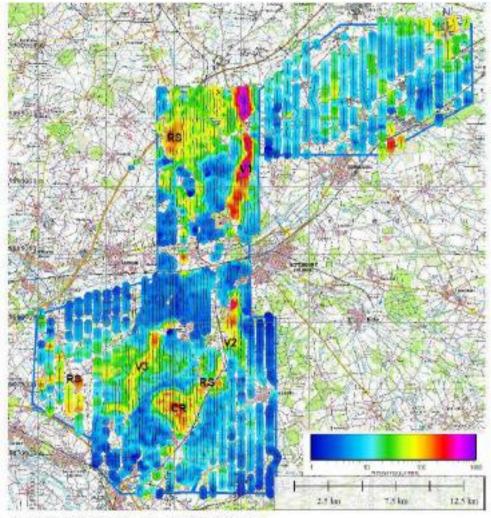


Figure 16. Resistivity slice map at -150/-140 m a.s.l.

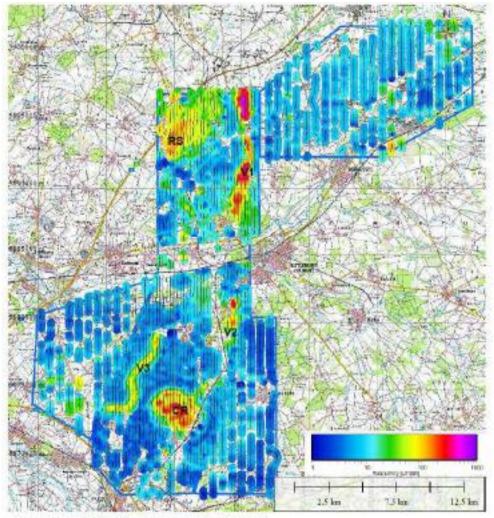


Figure 17. Resistivity slice map at -200/-190 m a.s.l.

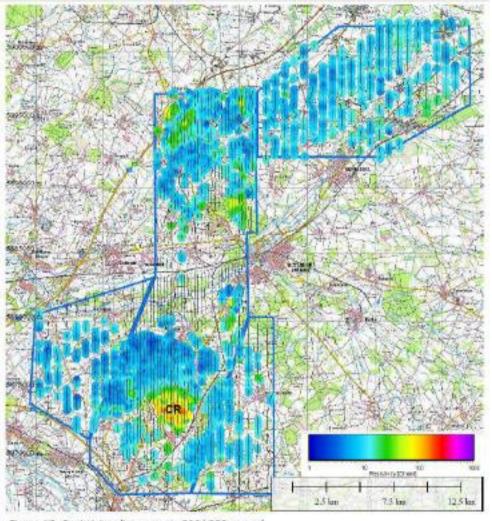


Figure 18. Resistivity slice map at -300/-280 m a.s.l.

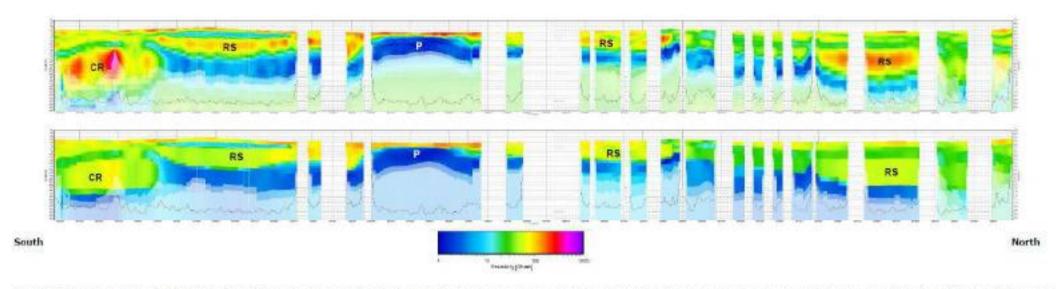
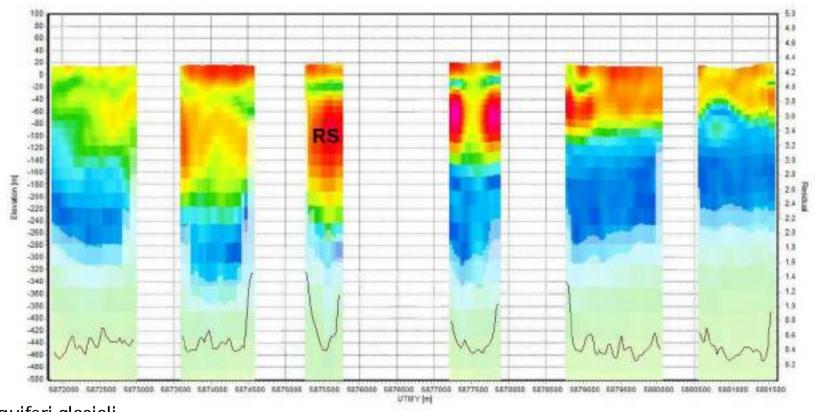


Figure 19. Vertical resistivity profile of L10250. Smooth (top) and Sharp modelling (bottom). The black line shows the data misfit for each inversion (values to be read on the right vertical scale). Layers below the DCII are shaded according to two different estimation (more or less conservative).



V1, V2 = Acquiferi glaciali sepolti (paloevalli) RS = Substrato resistivo (acquifero sabbioso) CR = Bedrock

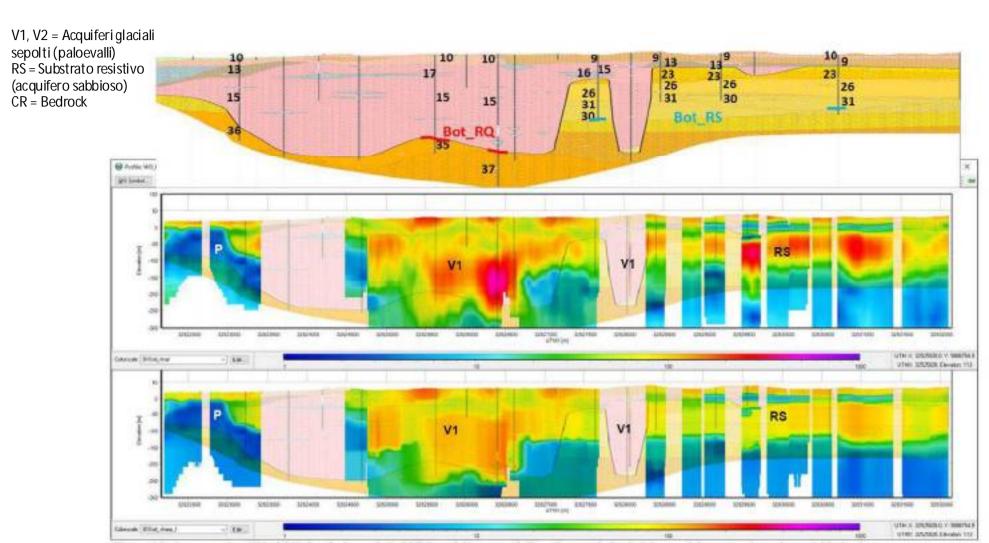


Figure 23. Cross section WO\_PS01 (top), Smooth (middle) and Sharp modelling (bottom). Resistivity models are projected as gridded values.

V1, V2 = Acquiferi glaciali sepolti (paloevalli) RS = Substrato resistivo (acquifero sabbioso) CR = Bedrock

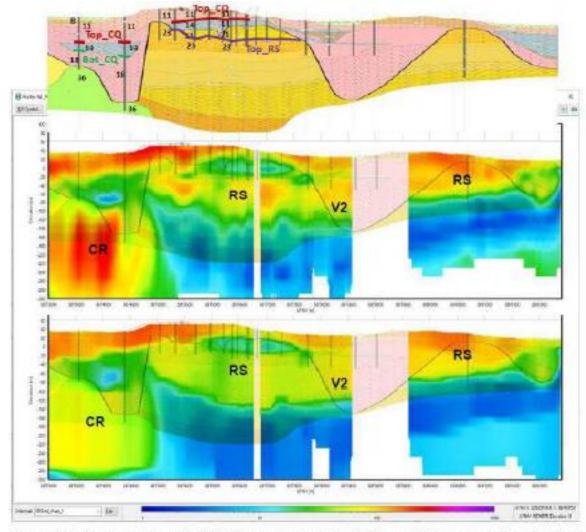


Figure 24. Cross section WL\_PS02 (top), Smooth (middle) and Sharp modelling (bottom). Resistivity models are projected as gridded values.

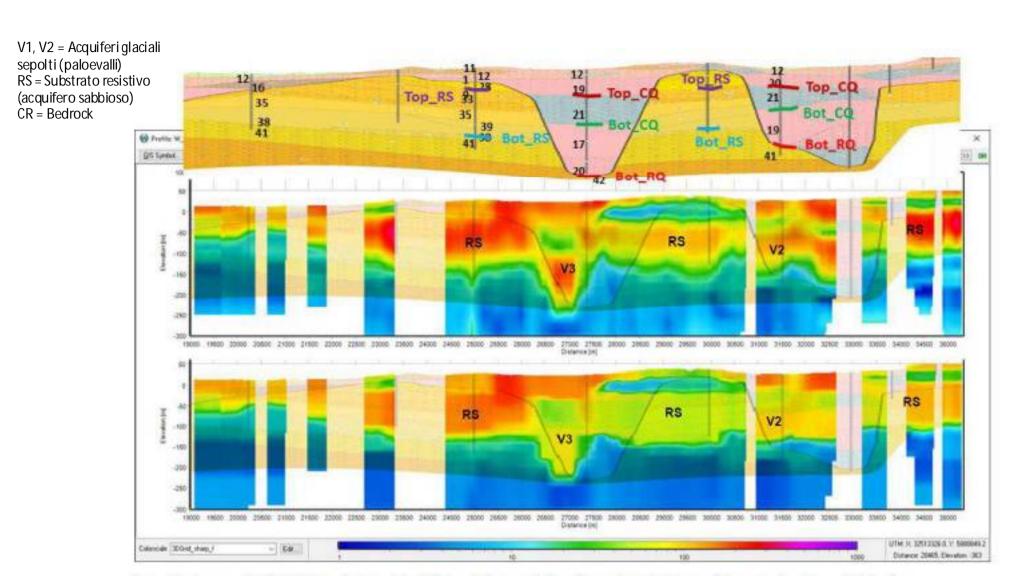


Figure 25. Cross section W\_PS01 (top), Smooth (middle) and Sharp modelling (bottom). Resistivity models are projected as gridded values.

# Visione 3D del plume ad elevata salinità



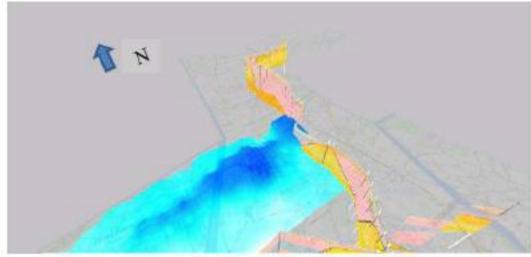
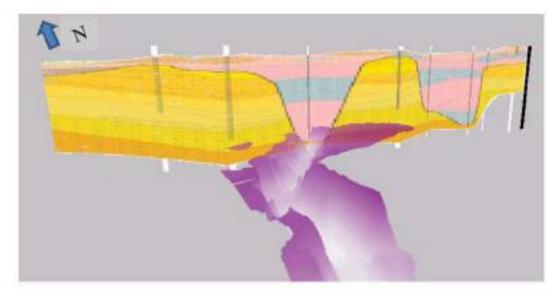


Figure 29. 3D view from SW of the top of the conductive surface close to the Wumme river.

#### Visione 3D di una delle paleovalli glaciali



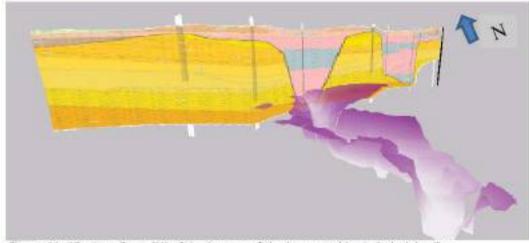


Figure 30. 3D views from SW of the bottom of the intepreted buried glacial valley.

## Mappatura faglie Per idrotermalismo o rischio sismico

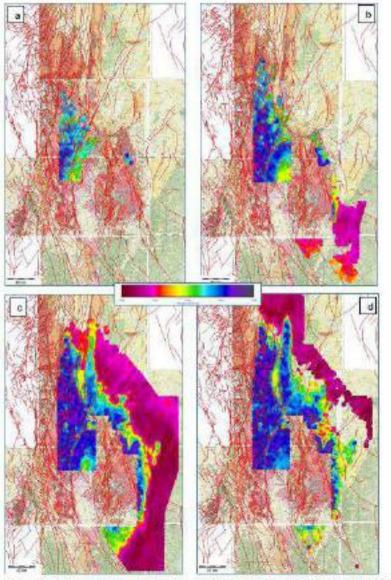


Figure 10. Resistivity slice maps (elevation a.s.l.): 360-380 m (a), 240-260 m (b), 100-120 m (c), -100/-80 m (d). Major faults are displayed by the red lines.

### Possibile integrazione di AEM e remote sensing sulla subsidenza

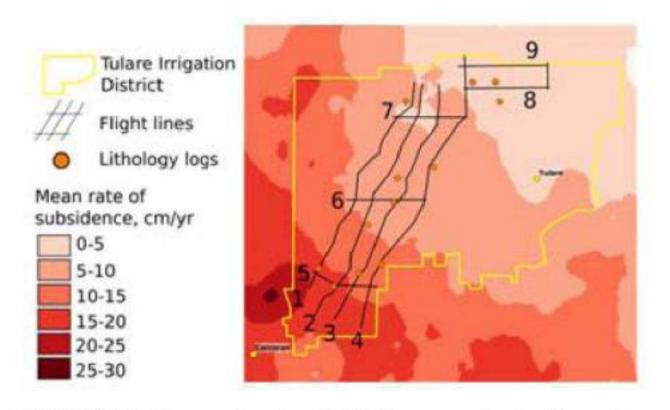
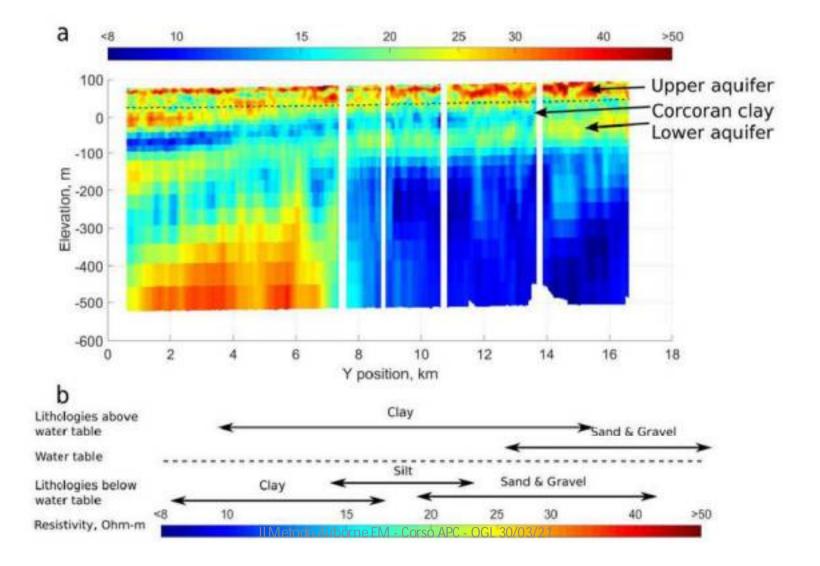
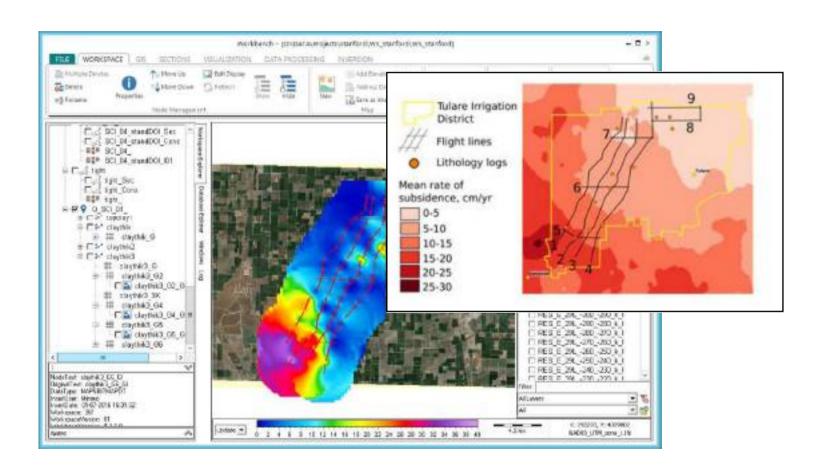
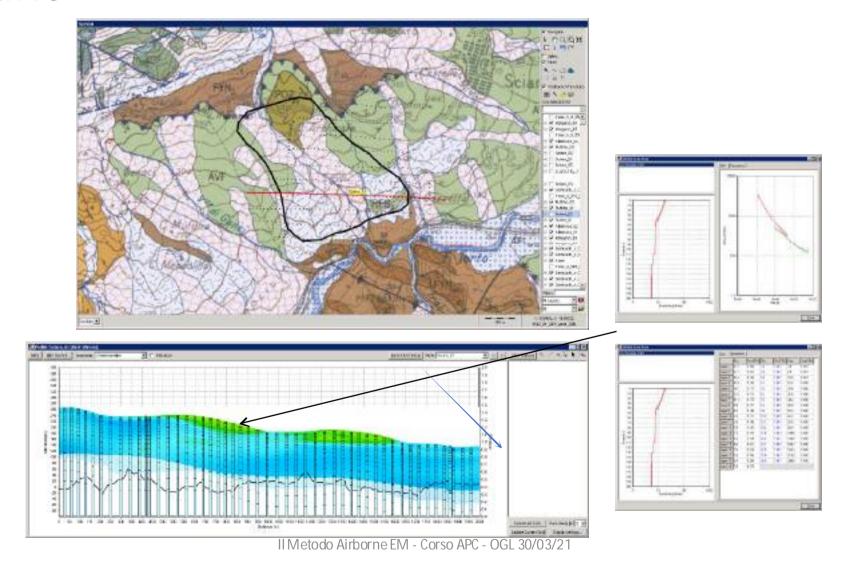


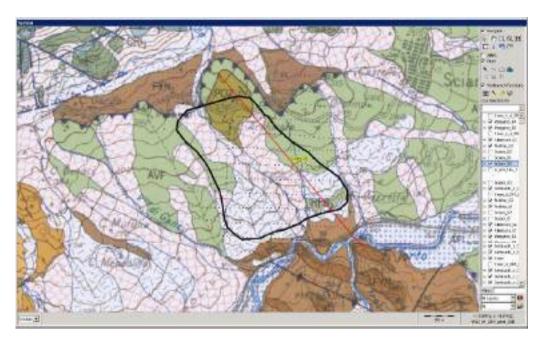
FIGURE 1. Image showing InSAR-mapped subsidence in the area of the Tulare Irrigation District. Also shown in the figure are the AEM flight Mines Airborne EM - Corso APC - OGL 30/03/21

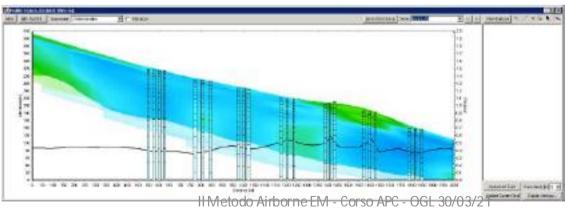




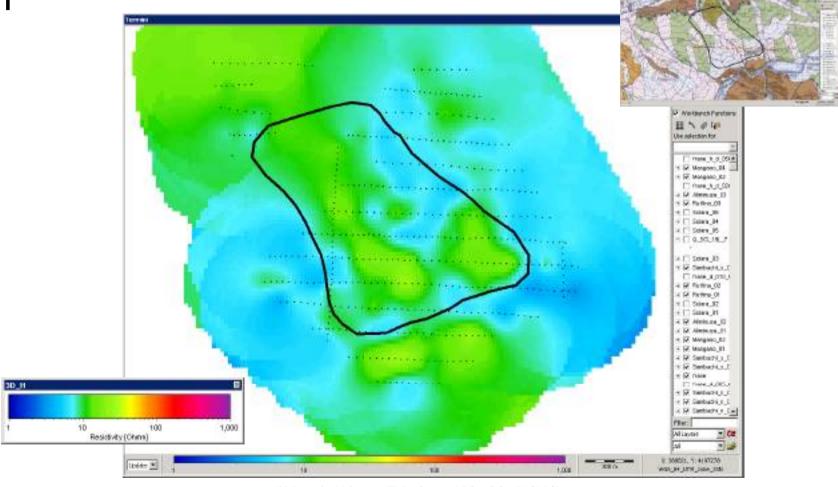
## Frane



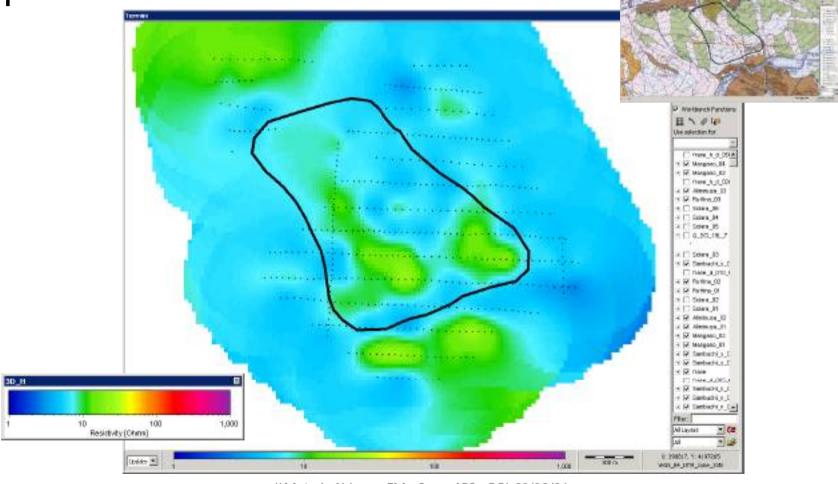




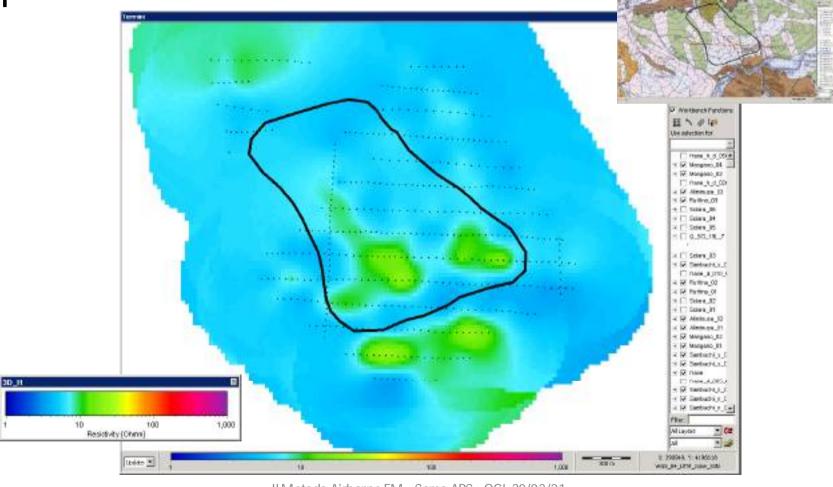
# Depth 5-10 m



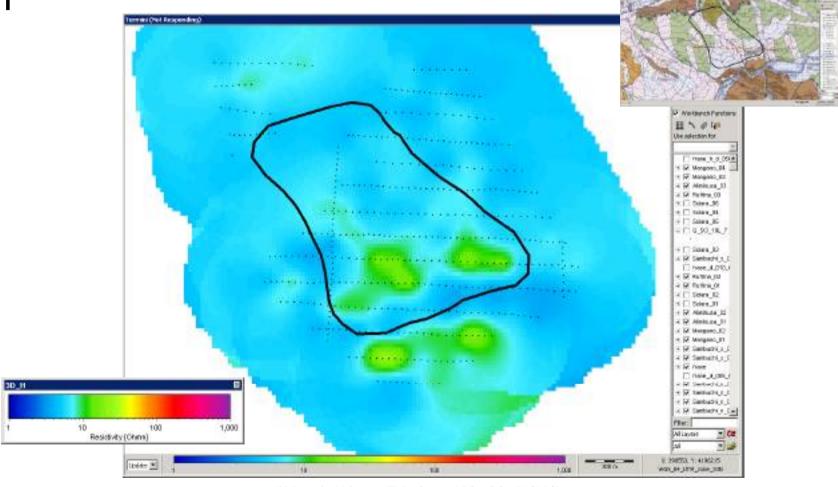
# Depth 10-15 m



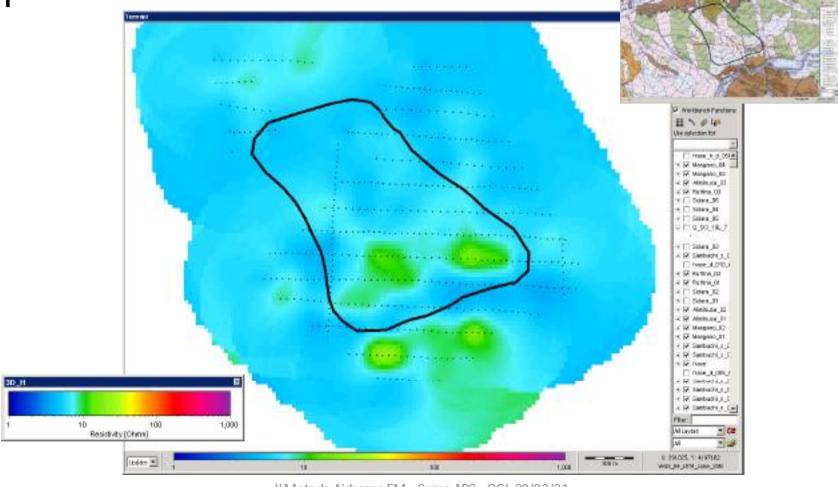
# Depth 15-20 m



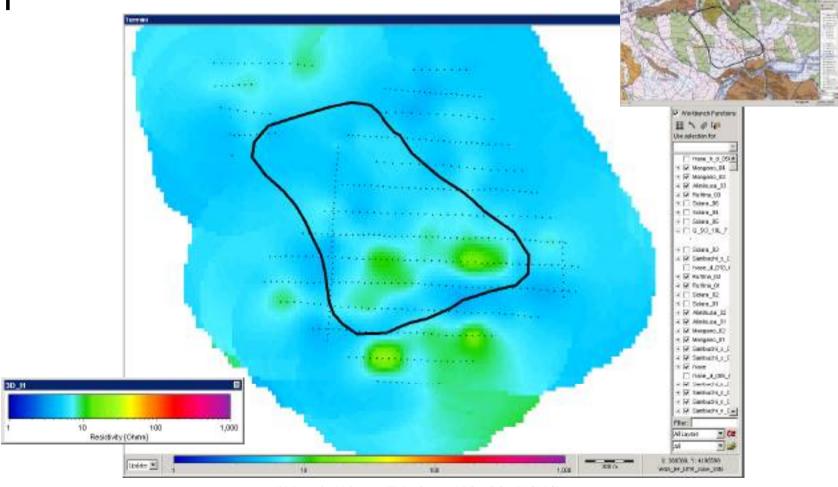
# Depth 20-25 m



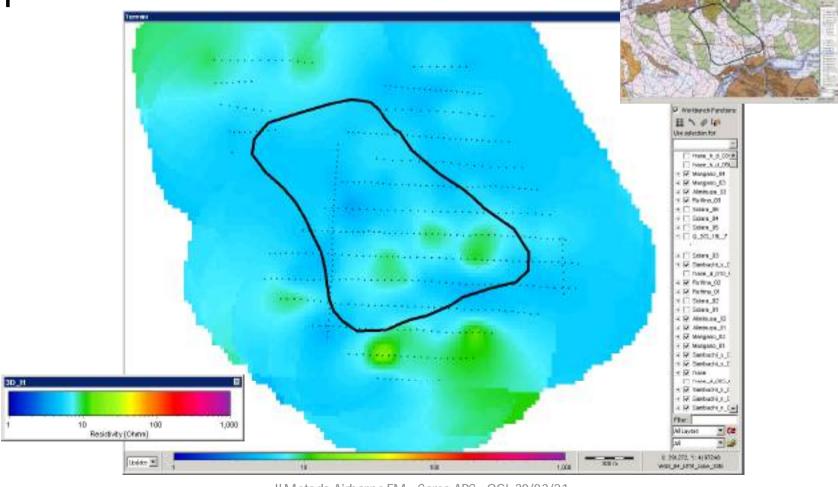
# Depth 25-30 m



# Depth 30-35 m

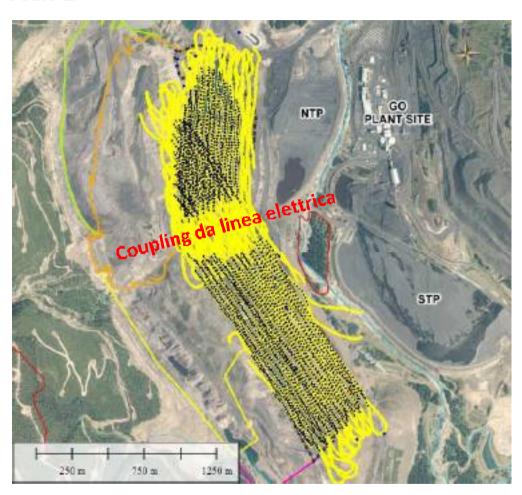


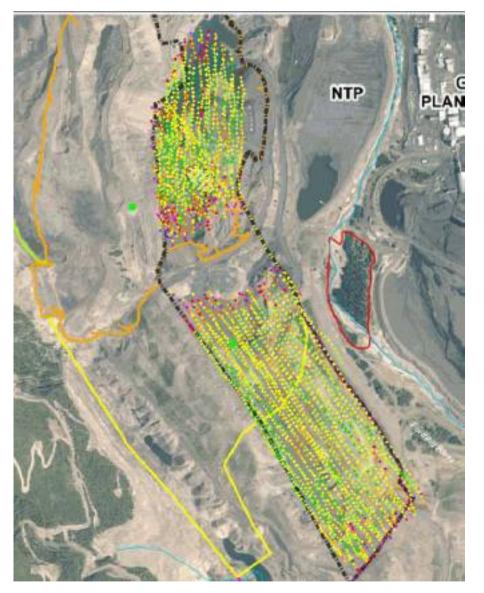
# Depth 40-45 m



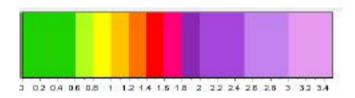
## Caratterizzazione ambientale

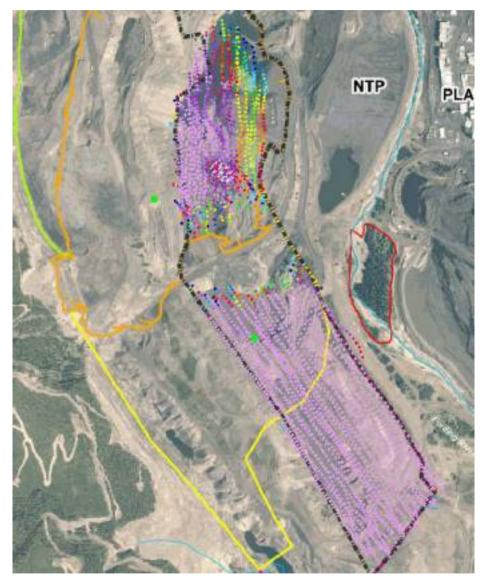
Canada, British Columbia Miniera di carbone dismessa



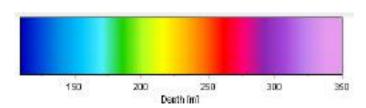


#### Data misfit





#### DOI



II Metodo Airborne EM - Corso APC - OGL 30/03/21

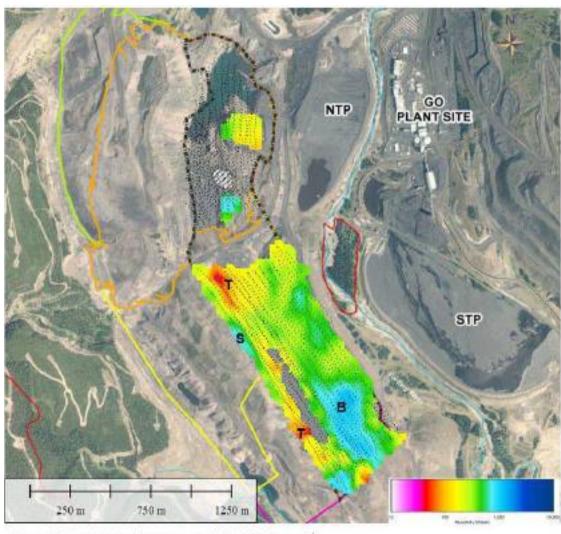


Figure 12. Resistivity slice map at 1700-1710 m a.s.l.

B= zona di combustione

S= Bedrock arenaceo

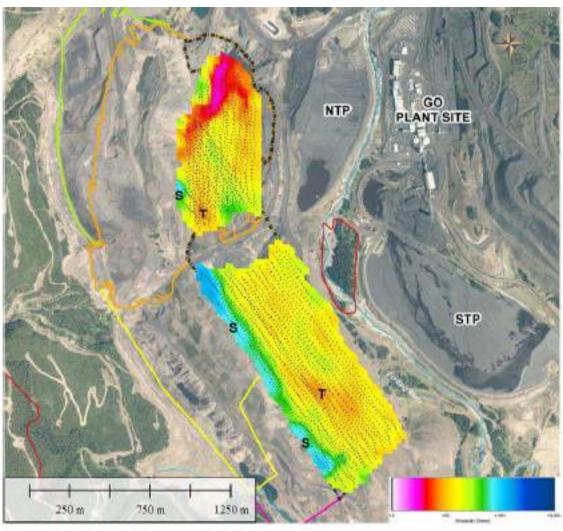


Figure 13. Resistivity slice map at 1650-1660 m a.s.l.

B= zona di combustione

S= Bedrock arenaceo

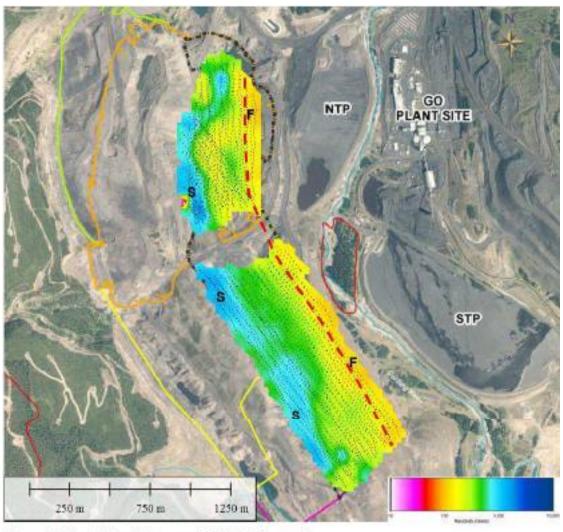


Figure 14. Resistivity slice map at 1600-1610 m a.s.l.

B= zona di combustione

S= Bedrock arenaceo

F= Bedrock scistoso

Linea rossa tratteggiata= Faglia di Erickson

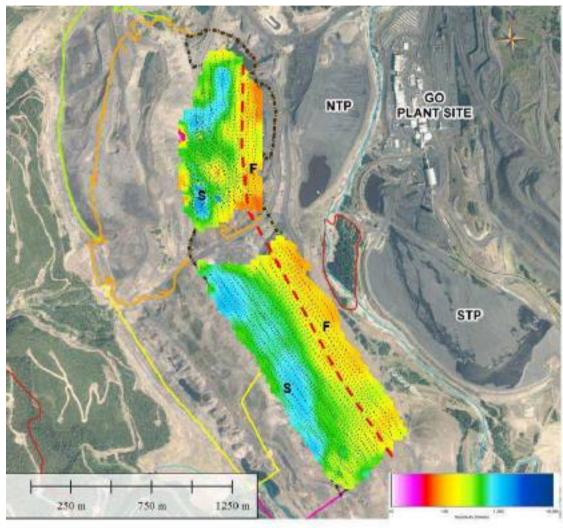


Figure 15. Resistivity slice map at 1550-1560 m a.s.l.

B= zona di combustione

S= Bedrock arenaceo

F= Bedrock scistoso

Linea rossa tratteggiata= Faglia di Erickson

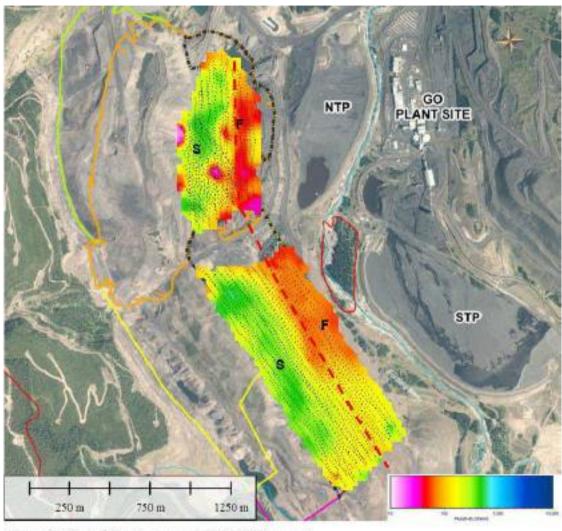


Figure 16. Resistivity slice map at 1500-1510 m a.s.l.

B= zona di combustione

S= Bedrock arenaceo

F= Bedrock scistoso

Linea rossa tratteggiata= Faglia di Erickson

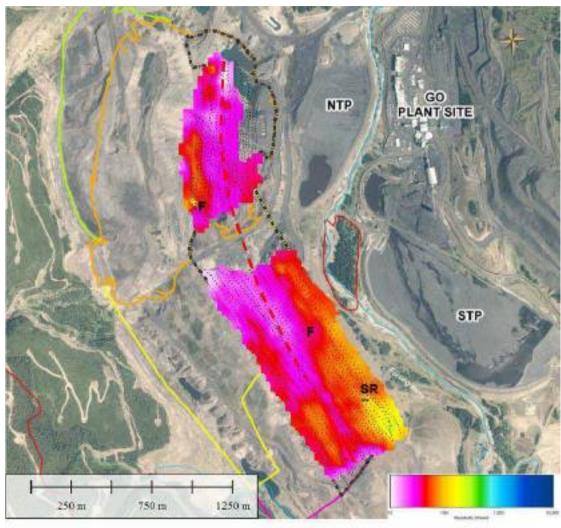


Figure 18. Resistivity slice map at 1400-1410 m a.s.l.

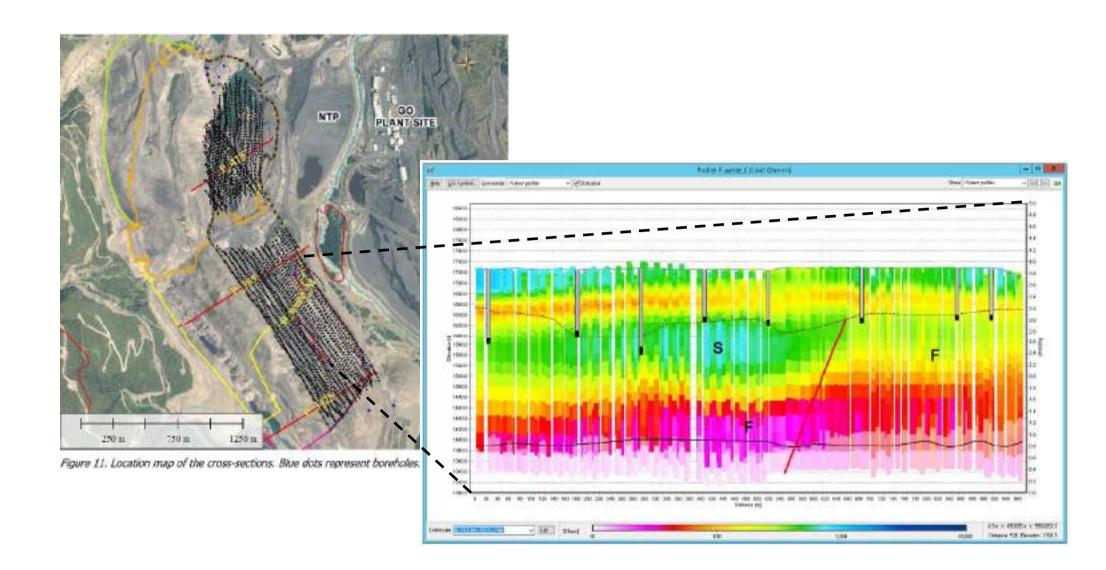
B= zona di combustione

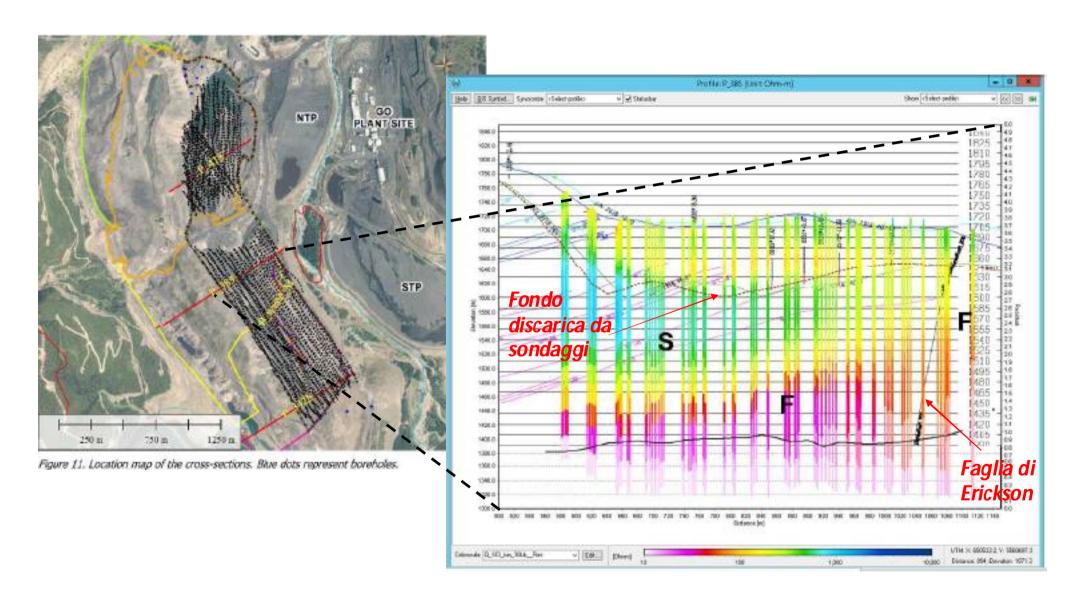
S= Bedrock arenaceo

F= Bedrock scistoso

Linea rossa tratteggiata= Faglia di Erickson

SR= Bedrock scistoso-arenaceo-quarzoso





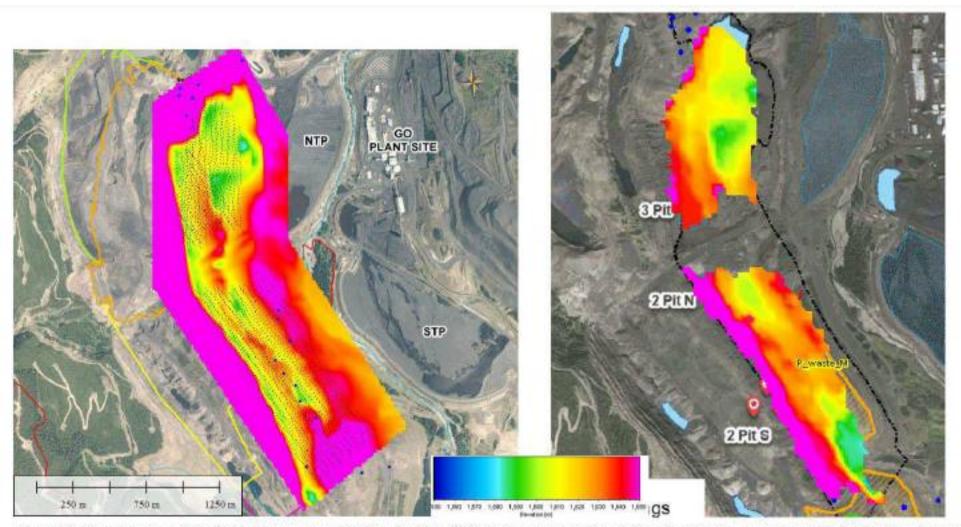
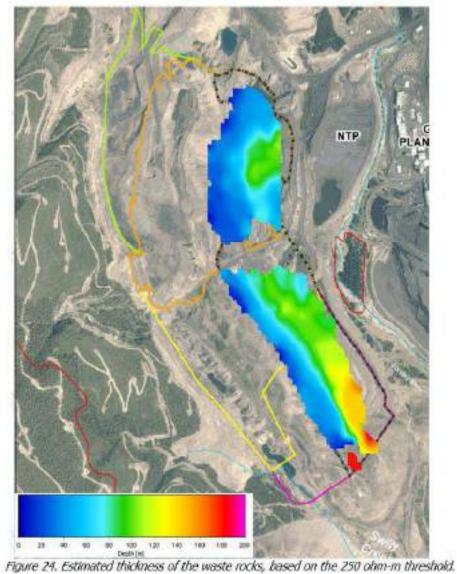
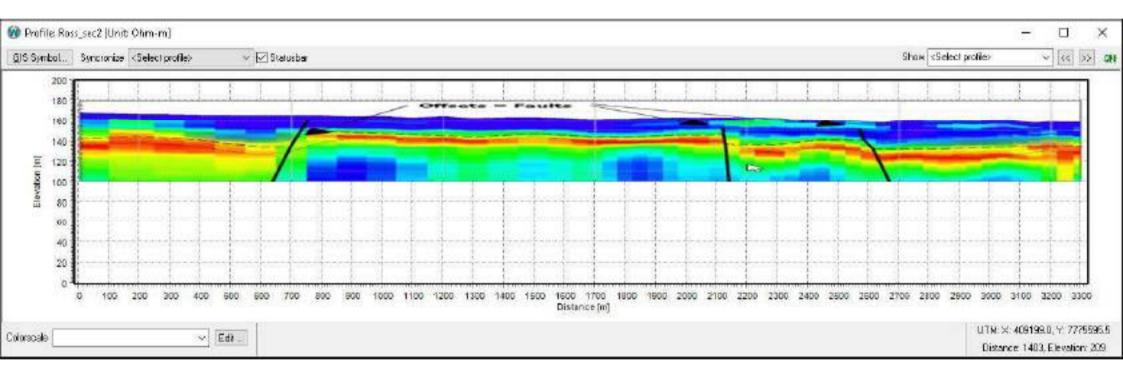


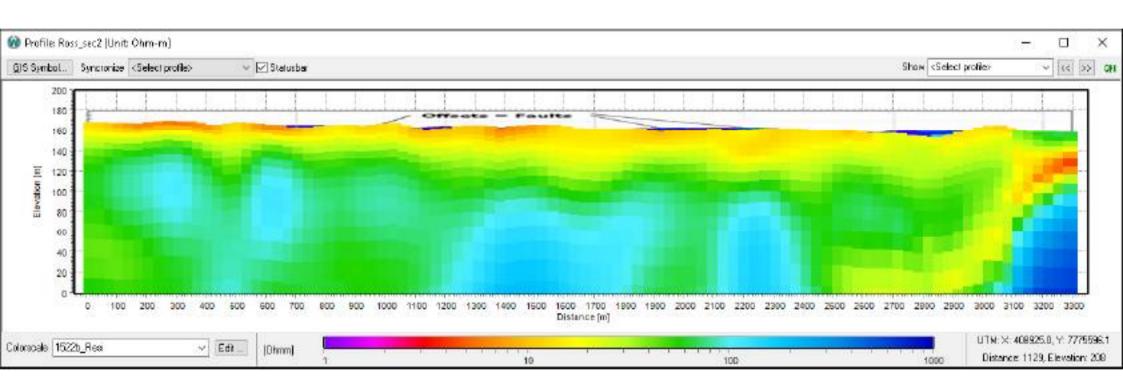
Figure 23. Elevation map of the bedrock top, as provided by the client (left) and as recovered by picking the 250 ohm-m surface (right). The blue dots represent the boreholes.



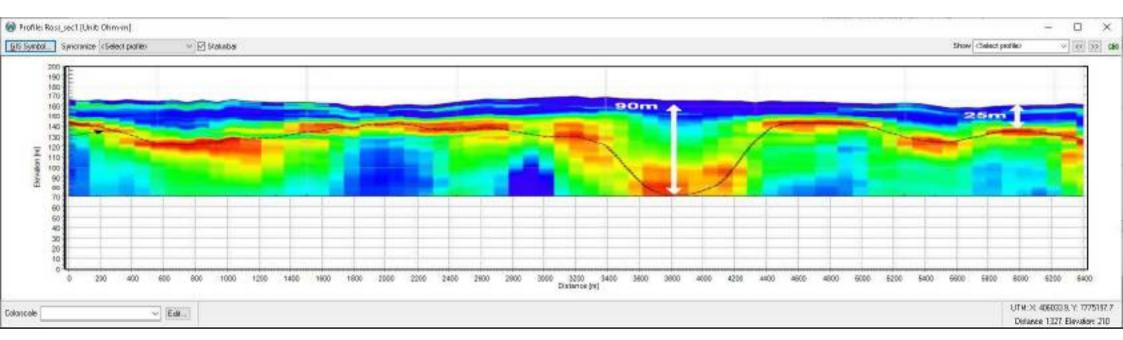
## Stima dello spessore dei rifiuti minerari

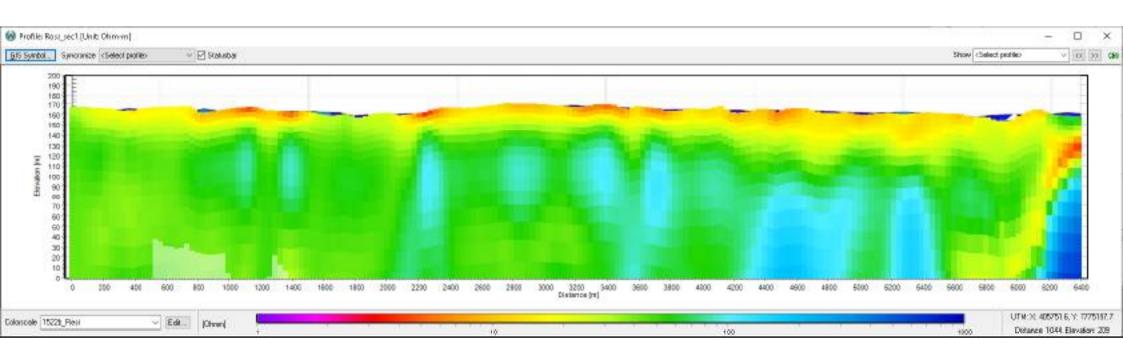
## Rischio sismico





La copertura più amplificabile è più conduttiva





La copertura più amplificabile è più conduttiva

# IL METODO AIRBORNE EM COME STRUMENTO PER LO STUDIO DI PROBLEMATICHE IDREOGEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

#### Dott. Geol. Antonio Menghini

- Descrizione del metodo EM
- Implementazione su un sistema airborne
- Processing dei dati
- Inversione
- Interpretazione
- Case-studies
- Potenziali applicazioni sul territorio Italiano



## Idrogeologia

(ricerca acquiferi, mappatura cuneo salino, inquinanti, input per modellizzazione idrogeologica)

## Geotecnica

(grandi movimenti franosi, grandi infrastrutture, subsidenza)

## Pianificazione urbanistica

(amplificazione sismica, rischio sismico e idrogeomorfologico)

## Limiti del metodo

- Non può essere utilizzato in zone urbanizzate (distanza minima da qualsiasi infrastruttura = 100 m)
- Risoluzione superficiale talvolta modesta
- Non è conveniente su superfici di dimensioni relativamente piccole (pochi Kmq)
- Può trovare problemi nel modelling di strutture fortemente 3D o con marcate variazioni topografiche
- Non è in grado di risolvere strati resistivi sottili

## Il Futuro

- Inversione 3D
- Sistemi su droni
- Idrogeofisica
- IP e SPM



#### DESCRIZIONE

Il presente volume approfondisce gli aspetti teorici, pratici ed applicativi riguardanti la tecnica Elettromagnetica ad Induzione FDEM, ovvero metodo elettromagnetico induttivo nel dominio delle frequenze in geofisica applicata.



#### Descrizione del libro

Le tecniche geofisiche hanno fatto passi da gigante nel corso degli ultimi vent'anni. Ciononostante rappresentano ancora una branca delle Scienze della Terra le cui potenzialità non sono ancora utilizzate appieno dai professionisti, è altrettanto vero che alcuni aspetti della geofisica sono più facilmente comprensibili, e questo ne facilità l'uso quotidiano, mentre altre sfaccettature richiedono un approccio più complesso e ciò ne limità fortemente l'adozione. Questo manuale si propone di fornire un'ampia e dettagliata

leggi di più

# Il metodo Airborne Em: un approccio innovativo allo studio del territorio

Antonio Menghini<sup>1</sup>, Andrea Viezzoli<sup>2</sup>

#### Riassunto

Si riportano alcuni casi di applicazione del metodo airborne EM, con finalità idrogeologiche, geotecniche e ambientali. La continua innovazione, sia nel campo della strumentazione che della elaborazione dei dati, ha reso sempre più versatile questa tecnica, in grado di fornire dati di notevole dettaglio su aree molto vaste, garantendo anche una notevole profondità di indagine, con tempi e costi inimmaginabili per la classica geofisica "a terra".

I campi più frequenti di applicazione riguardano la ricerca di corpi idrici sotterranei, in termini di valutazione della loro potenzialità e vulnerabilità, lo studio dei fenomeni di ingressione marina lungo be accurate. It then requires accurate processing and inversion, in order to achieve quantitative models free from artifacts. We present briefly the methodology, some key aspects for its successfull application, and some case studies.

Following these insights, in 1889, a second edition

#### Termini chiave/Keywords

Acque sotterranee, Elettromagnetismo nel dominio del tempo, TDEM,

Groundwater, Time Domain Electromagnetics, TDEM, Airborne Electromagnetics

Premessa

## IL METODO AIRBORNE EM PER LA GEOLOGIA APPLICATA: IL WORKSHOP DI GEOITALIA

ANTONIO MENGHINI

Geofisico am@aarkusgea.com ANDREA VIEZZOLI

Geofisico av@aarhusgeo.com

Nell'ambito di Geoitalia 2011, svoltosi lo scorso mese al Lingotto di Torino, è stato organizzato un Workshop sul metodo airborne elettromagnetico (AEM), applicato all'idrogeologia, alla geotecnica e all'ambiente. Questa tecnica geofisica è in grado di fornire informazioni di estremo dettaglio, con una risoluzione laterale notevole, nell'ordine di poche decine di metri, e sino a notevoli profondità (mediamente oltre i 200 m), coprendo zone molto vaste, nell'ordine di decine o centinaia di kmq.

Per tali motivi si tratta sicuramente di un







# Un nuovo strumento a disposizione degli idrogeologi: il metodo Airborne EM

A new tool available for hydrogeologists: the Airborne EM method

Andrea Viezzoli, Antonio Menghini

Riassunto: La metodologia Airborne EM ha ormai raggiunto un grado di maturità tale da poter costituire un valido strumento per la modellizzazione idrogeologica. E' infatti in grado di fornire una distribuzione dettagliata della resistività elettrica, così da poter estrarre informazioni di tipo stratigrafico e, in taluni casi, idrochimico. Per ottenere però questo risultato è richiesta una elevata performance da parte degli strumenti utilizzati, così come un accurato processing dei dati. Si forniscono una serie di esempi di applicazione del metodo AEM per la risoluzione di problemi legati alla mappatura delle risorse idriche sotterranee, all'intrusione marina ed al miglioramento dei modelli idrogeologici in generale.

#### Introduzione

I casi di applicazione del metodo Airborne Elettromagnetico (AEM) in ambito idrogeologico, sono stati negli ultimi anni sempre più numerosi, grazie alla continua innovazione, sia a livello di strumentazione che di processing dei dati. Oltre a coprire, come sono in grado di fare gran parte dei metodi geofisici, eventuali gaps laterali e verticali, determinati da un insufficiente distribuzione dei dati idrogeologici disponibili, il metodo AEM offre la possibilità di indagare aree molto vaste, della dimensione di un bacino idrogeologico (quindi nell'ordine di decine di Km²), mantenendo comunque un notevole dettaglio (si va da circa 20 m per quanto riguarda la risoluzione laterale, a meno di 5 m per quella verticale), così da

# am@aarhusgeo.com

www.aarhusgeo.com