



**2016** **GEOFLUID**  
Drilling & Foundations

Piacenza  
5-8 Ottobre  
[www.geofluid.it](http://www.geofluid.it)

# CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA MEDIANTE INDAGINI GEOFISICHE PROFONDE SULLA PIANA DI VERRÈS (VALLE D'AOSTA)

Pietro Capodaglio (\*), Mario Naldi (\*\*), Fulvio Simonetto (\*)

(\*) Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, Sezione SRE  
Loc .Grande Charrière 44, 11020 St. Christophe (AO)



(\*\*) Techgea srl, Loc. Amerique 9 11020 Quart (AO)





# INTRODUZIONE

A fronte di una disponibilità straordinaria di acqua dolce, garantita dalla copertura glaciale che ricopre circa il 5% del territorio e dalla fusione stagionale delle nevi in quota, le condizioni di ricerca idrogeologica in Valle d'Aosta non sono ovunque favorevoli:

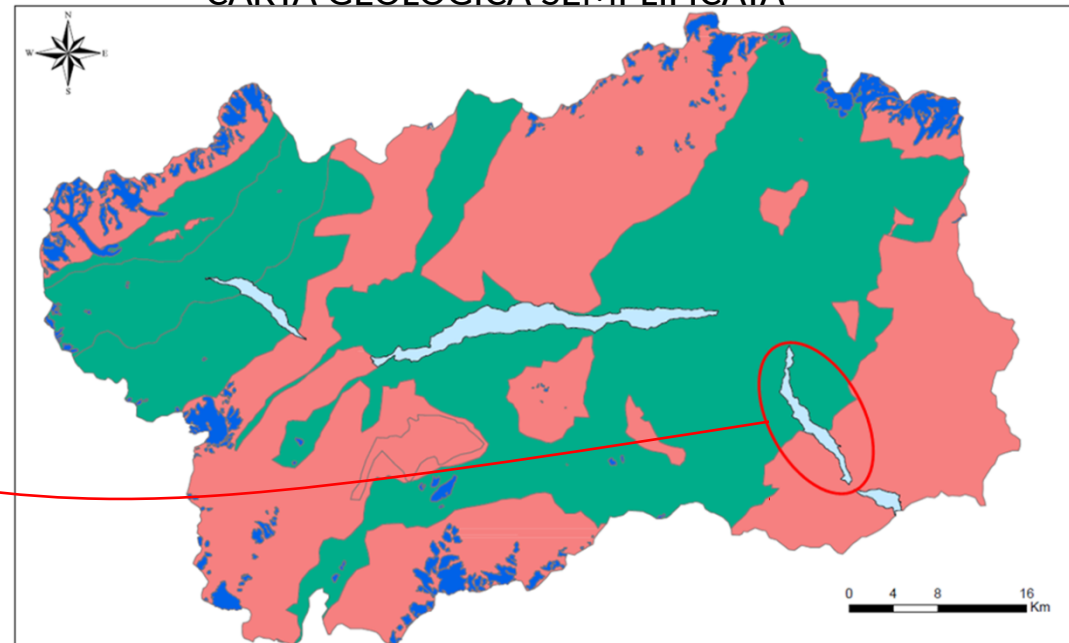
- La **maggior parte del territorio è montuoso e prevalgono litotipi metamorfici** (poco permeabili per fessurazione) e subordinati depositi glaciali a matrice fine
- **L'approvvigionamento idrico dei centri abitati deriva dalla captazione di sorgenti a portata generalmente modesta**, ma in genere sufficienti a soddisfare il fabbisogno
- Gli unici **corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza**, sfruttati anche a scopo industriale, risultano **localizzati quasi esclusivamente sul fondovalle principale** (depositi alluvionali della Dora Baltea sovrapposti a depositi fluvio-glaciali e glaciali).

CARTA GEOLOGICA SEMPLIFICATA

## Legenda

-  LOC3\_Compleksi fratturati in rocce di litologia mista
-  LOC2\_Granitico-metamorfico
-  LOC1\_Apparati glaciali
-  AV\_Depositi delle vallate alpine\_

Area di studio □ Piana di Verrès



# STATO DELLA CONOSCENZA DEI CORPI IDRICI DI FONDOVALLE

Nonostante l'importanza strategica dei **corpi idrici di fondovalle**, il loro assetto idrogeologico profondo è al momento poco conosciuto per i seguenti motivi:

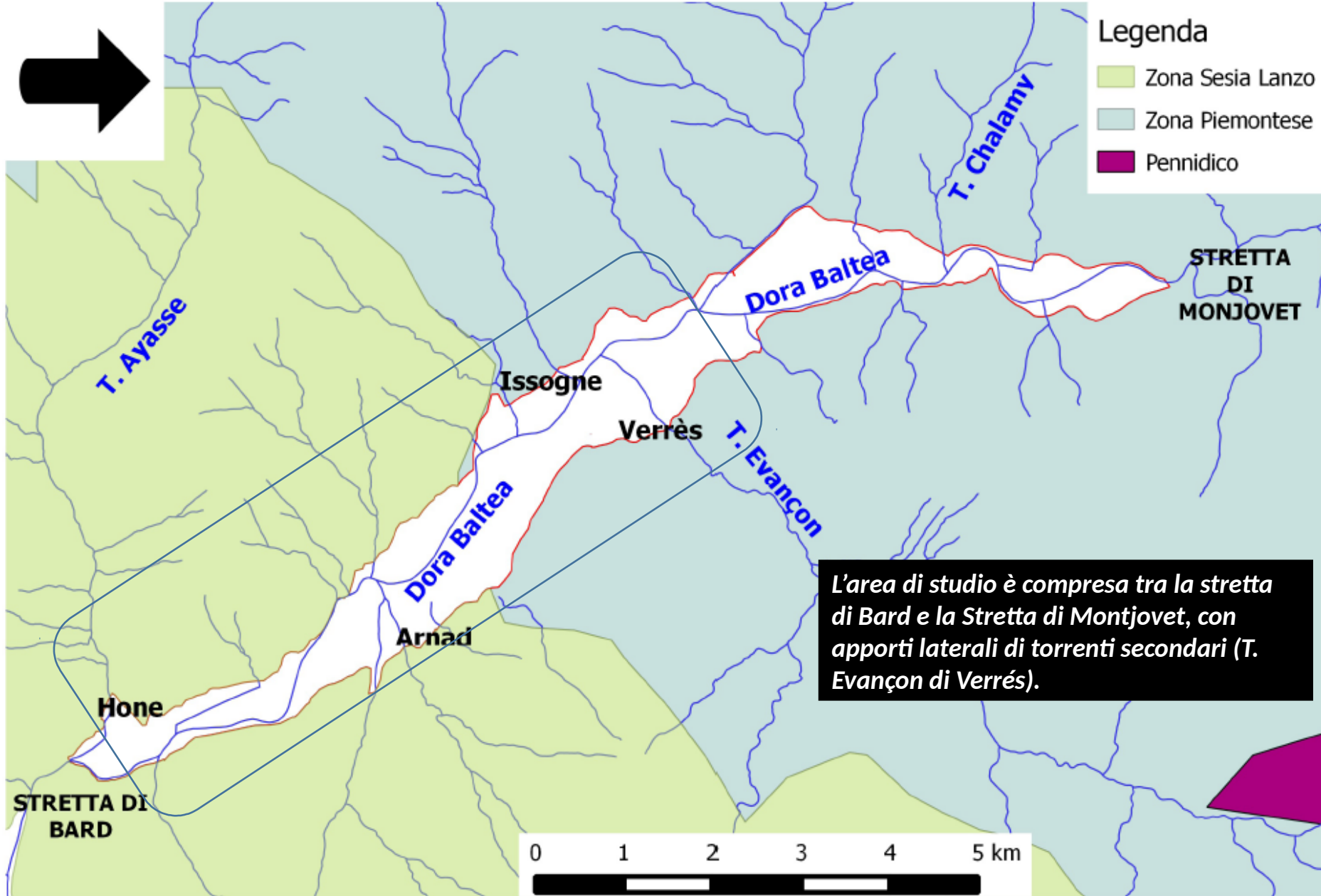
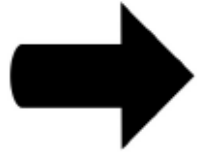
- I **dati litostratigrafici** derivanti dalla perforazione di pozzi sono **in genere limitati ai primi 20-30 m di profondità**, con rari casi di pozzi più profondi (entro i 100 m di profondità). Si tratta di depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi, con livello freatico in equilibrio idrodinamico con la Dora Baltea (principale fiume del fondovalle)
- Il substrato roccioso, atteso ad una profondità di alcune centinaia di metri, non è mai stato raggiunto in perforazione □ **si ignorano spessori e caratteristiche dei depositi alluvionali e fluvio-glaciali, così come l'eventuale esistenza di acquiferi profondi**

# PRINCIPALI MOTIVI DI INTERESSE DELLO STUDIO

Particolarità dell'area di studio (piana di Verrès, ca 10 kmq):

- mai indagata esaustivamente prima d'ora
- al momento ampiamente sottoutilizzata per prelievi idrici rispetto alle proprie potenzialità conosciute (acquifero freatico)
- sostanzialmente priva di fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee

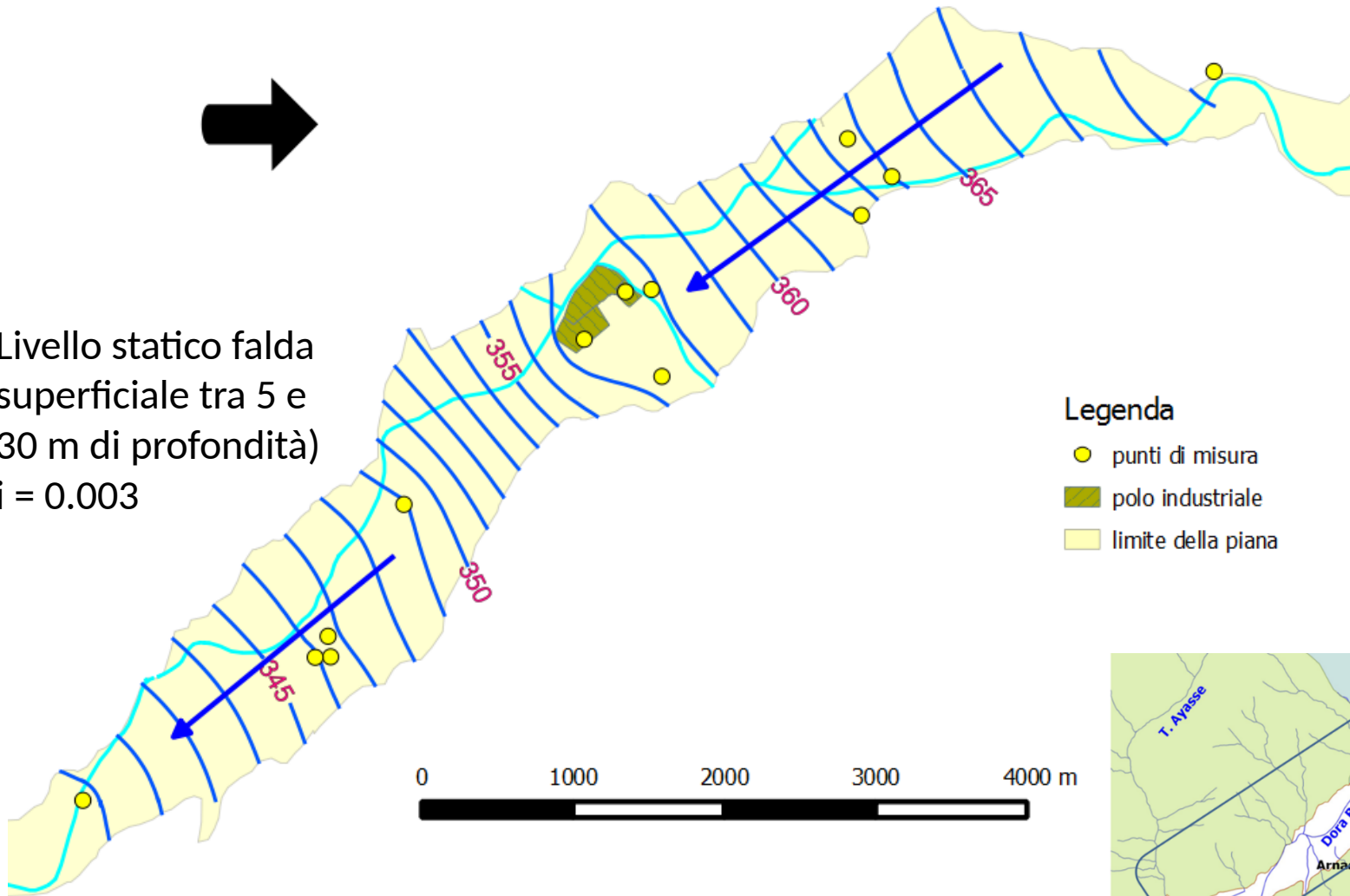
- Definire le caratteristiche litostratigrafiche dei depositi di colmamento della valle glaciale sepolta (**ALLUVIONALI, FLUVIO-GLACIALI, GLACIALI, FLUVIO-LACUSTRI**)
- Definire l'assetto idrogeologico dei depositi (**ACQUIFERO SINGOLO O ACQUIFERO MULTIFALDA**)
- Definire la profondità e l'andamento di massima del substrato roccioso (**BASE ACQUIFERO**).



# DATI IDROGEOLOGICI DI BASE - CARTA PIEZOMETRICA



1. Livello statico falda superficiale tra 5 e 30 m di profondità)
2.  $i = 0.003$

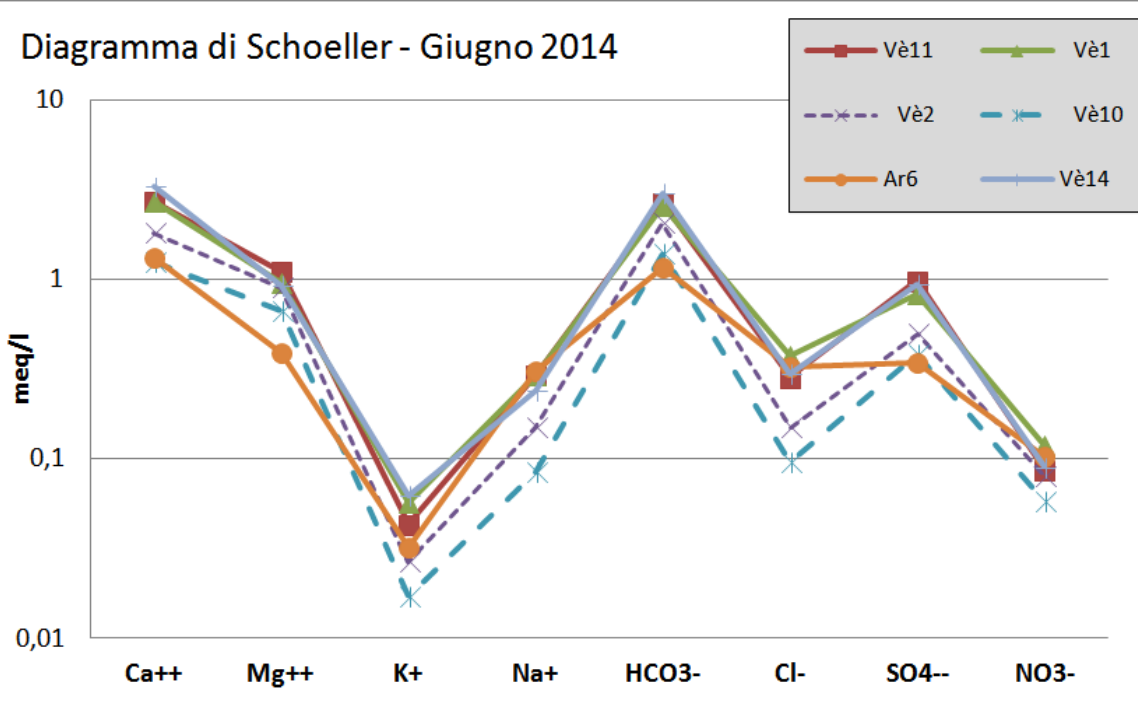


## Legenda

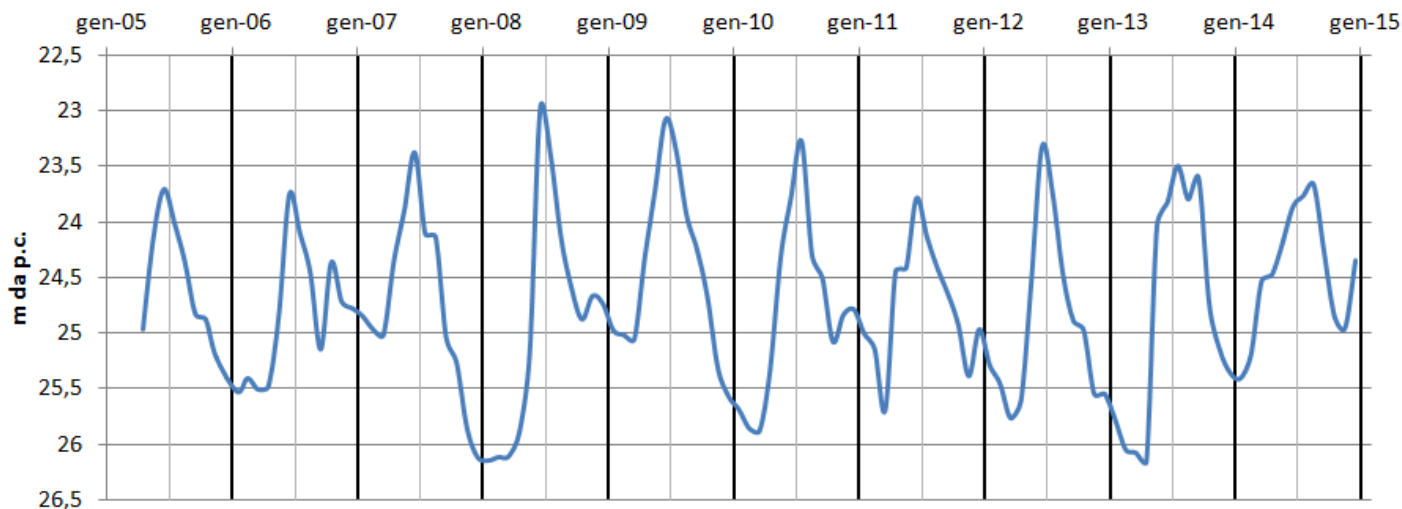
- punti di misura
- polo industriale
- limite della piana



Diagramma di Schoeller - Giugno 2014



1. Il chimismo dell'acqua è bicarbonato-calcico
2. La falda ha un andamento stagionale (Min inverno - Max estate)



Livello piezometrico di pozzo di monitoraggio (gennaio 2005-gennaio 2015)



# LIMITAZIONI ALLA SCELTA DEL METODO DI INDAGINE GEOFISICA

La zona di fondovalle dell'area in esame (Piana di Verrès) e, in generale, di tutta la Valle d'Aosta, presenta numerosi ostacoli alla pianificazione di indagini geofisiche profonde, legate sostanzialmente a:

- **Rumore elettromagnetico** diffuso ad ampio spettro di frequenza (generato dalle linee elettriche AT, dalla presenza di insediamenti industriali, urbani, sottoservizi, motori elettrici, ecc.)
- **Disturbo sismico** generato dal traffico veicolare dell'autostrada e della statale, dal rumore prodotto dalla Dora Baltea e affluenti, ecc.)
- **Ostacoli (strade, fabbricati, recinzioni)** al posizionamento dei sensori geofisici su lunghi allineamenti o su disposizioni areali
- **Difficoltà legate al posizionamento di sensori** (elettrodi) remoti in posizione perpendicolare rispetto allo stendimento (pareti vallive rocciose e strapiombanti)

Sono stati utilizzati differenti metodi geofisici, tra loro complementari:

- metodo geoelettrico multi-elettrodo (Electrical Resistivity Tomography - **ERT**), per definire le caratteristiche litostratigrafiche dei depositi fluvio-glaciali entro i primi **200 m di profondità**
- sondaggi elettromagnetici (**TDEM**), per valutare le caratteristiche dei depositi più profondi (tra **200 e 350-400 m di profondità**) con spire da 40x40 m a elevata intensità di corrente
- sondaggi di «rumore sismico» (Horizontal-to-Vertical Spectral ratio, **HVSR**) per valutare la frequenza caratteristica di sito (contrasto di impedenza profondo), associati a registrazioni di onde di superficie (**SASW**) con configurazioni circolari ad ampio raggio per valutare la velocità media delle onde di taglio del sottosuolo. La stima della frequenza caratteristica di sito e della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 100-150 m di profondità, permette di valutare la profondità del substrato roccioso

Le tecniche di indagine **ERT** e **TDEM** forniscono le caratteristiche di **resistività elettrica dei terreni**, strettamente legate alle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

La tecnica di indagine **HVSR** consente di determinare, attraverso il campionamento del rumore ambientale, la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno sul **substrato sismico** (picco di risonanza). La profondità del substrato sismico ( $H$ ) è **stimabile con buona approssimazione** con la seguente relazione tra velocità media delle onde di taglio ( $V_s$ ) e frequenza di risonanza  $f_0$ :

$$H = V_s / 4 f_0$$

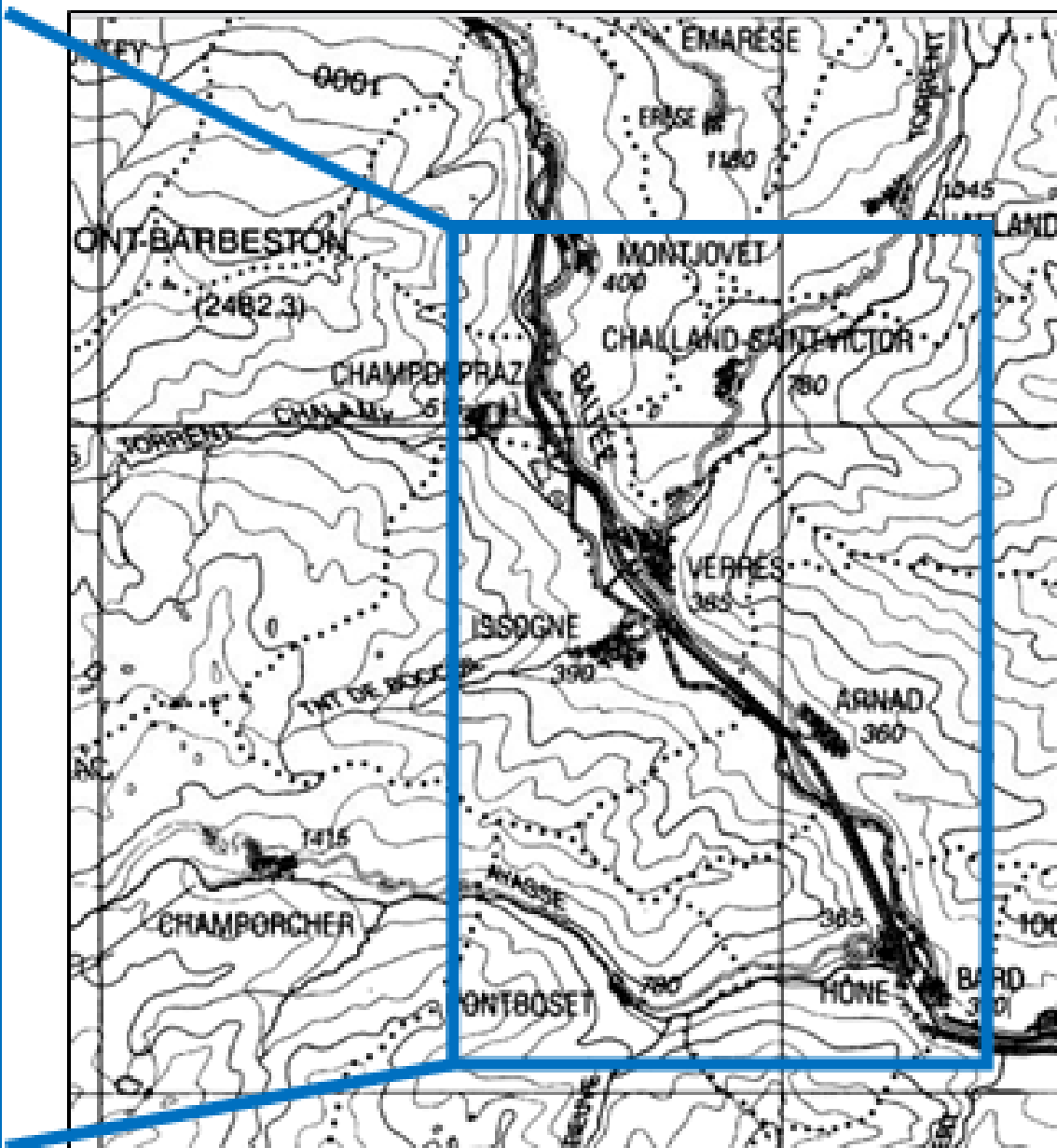
**Per l'elevato rumore ambientale, solo pochi punti sono risultati idonei per le prove TDEM e HVSR. L'indagine geoelettrica, meno sensibile al disturbo EM, ha fornito dati sempre ottimali. il confronto incrociato tra diversi metodi di indagine (*cross-correlation*) ha ridotto l'ambiguità interpretativa e ha permesso la definizione di un modello realistico del sottosuolo**

# PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE

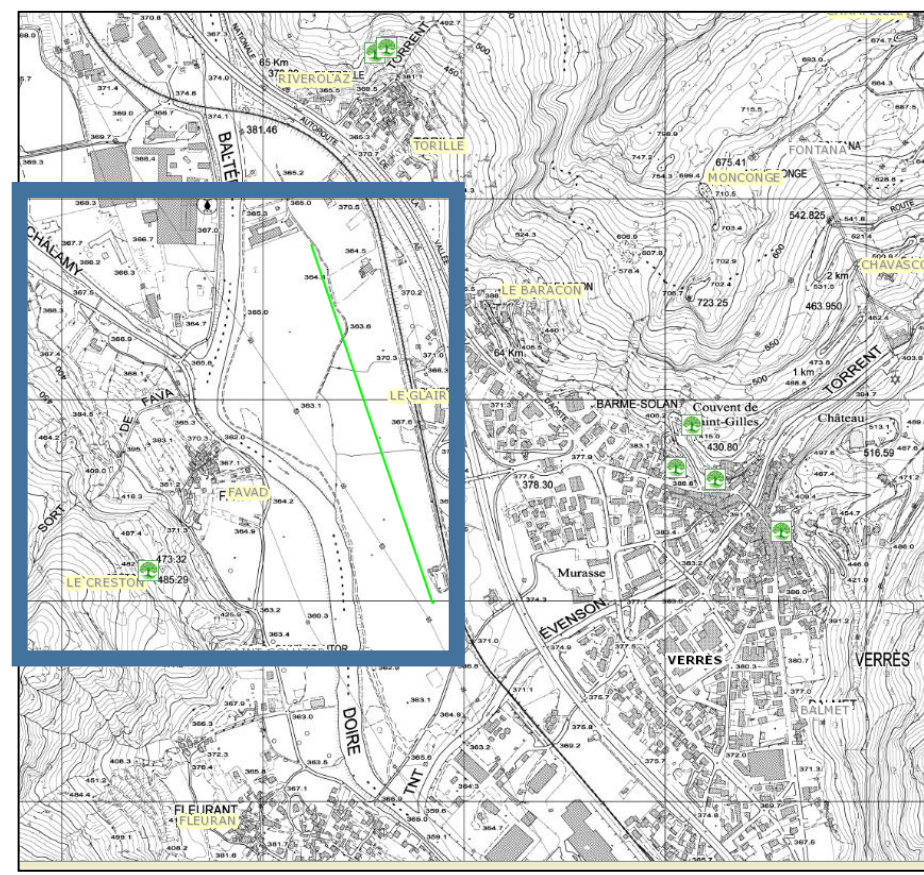
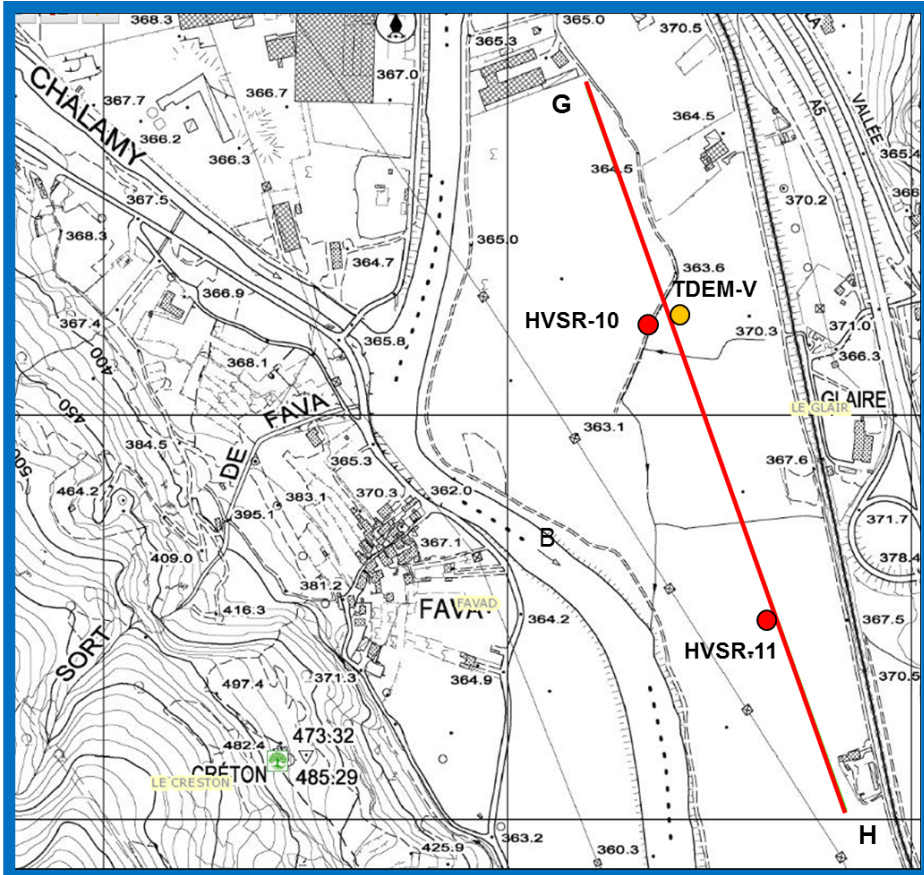


La Piana di Verrès è stata suddivisa in 4 subaree:

- Verrès Nord
- Verrès Sud
- Issogne
- Hone



# AREA DI VERRÈS NORD



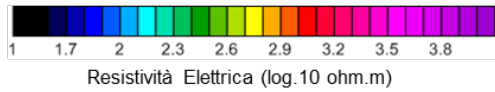
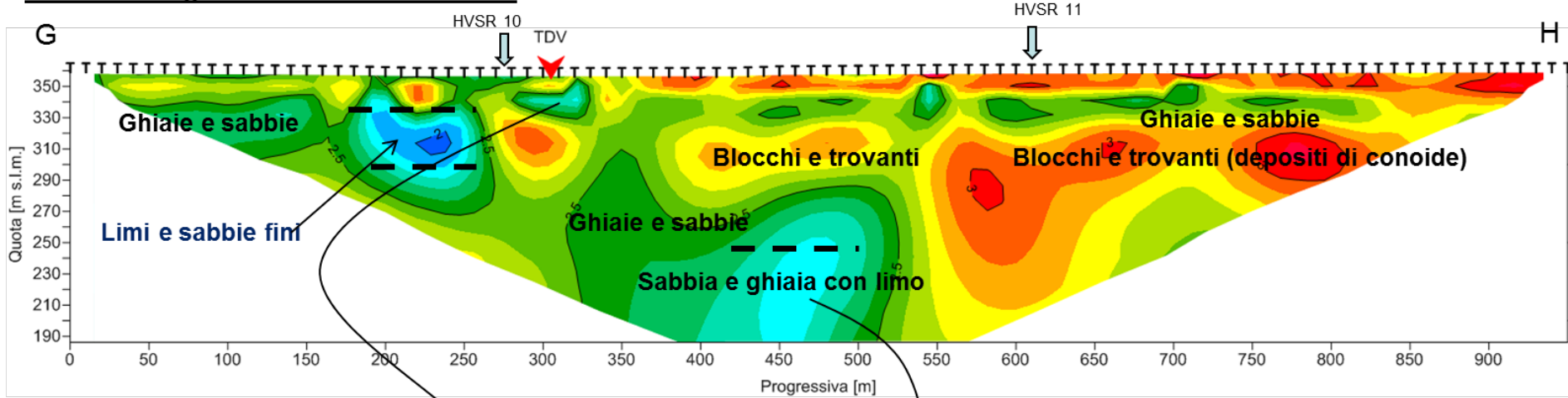
- Sondaggio elettromagnetico TDEM  
Loop 40x40 m,  $i_{max} = 20$  A
- Prova sismica HVS-11 (tempo di registrazione 4 ore)



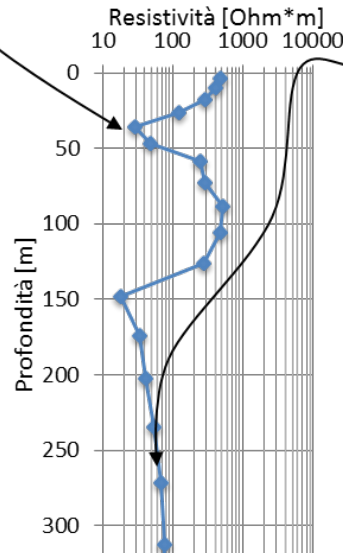
Sezione geoelettrica  
profonda(96 elettrodi  
spaziatura 10 m)

# RISULTATI INDAGINI - AREA DI VERRÈS NORD

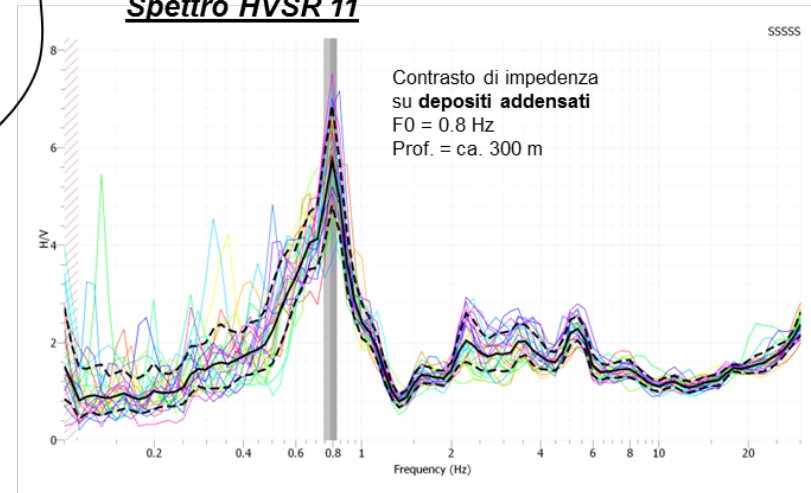
## Modello tomografico di resistività elettrica



## Sondaggio TDEM - TDV



## Spettro HVSr 11



## Ubicazione indagini

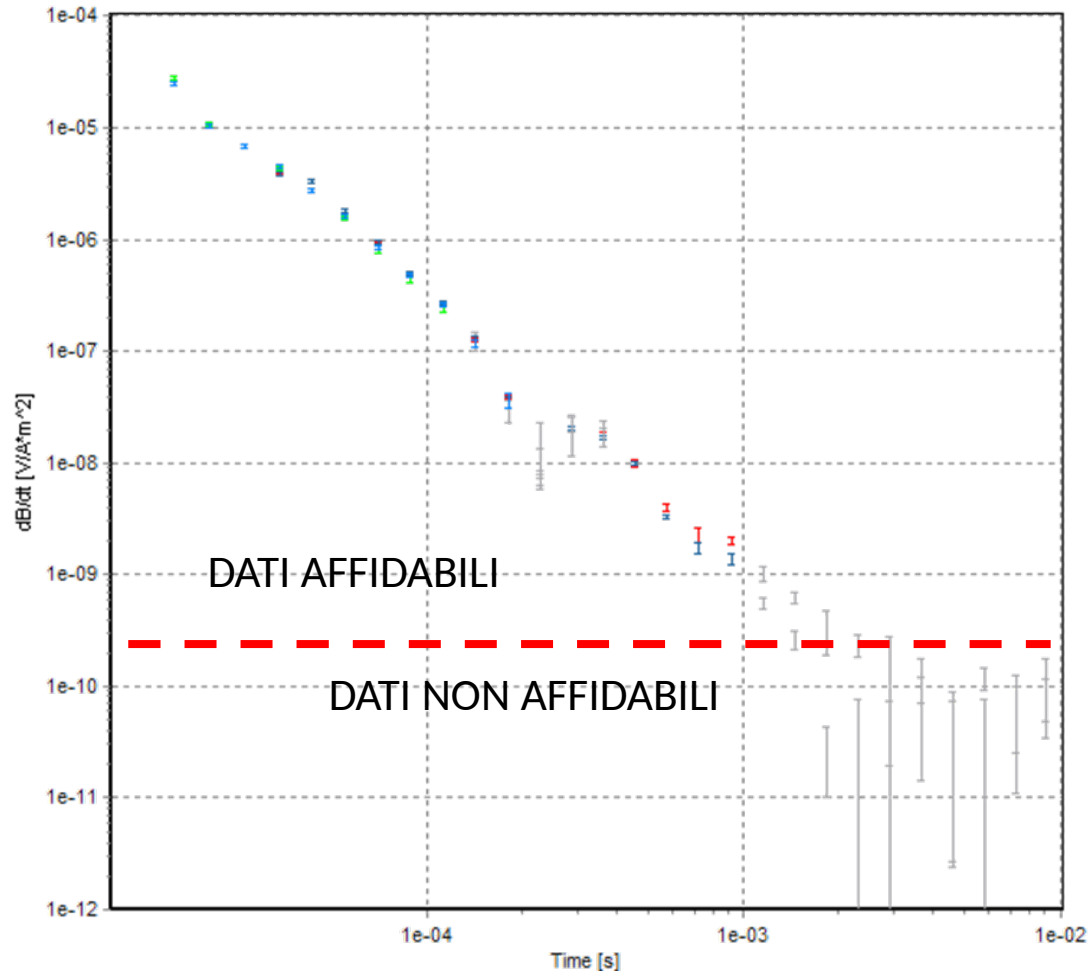


# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

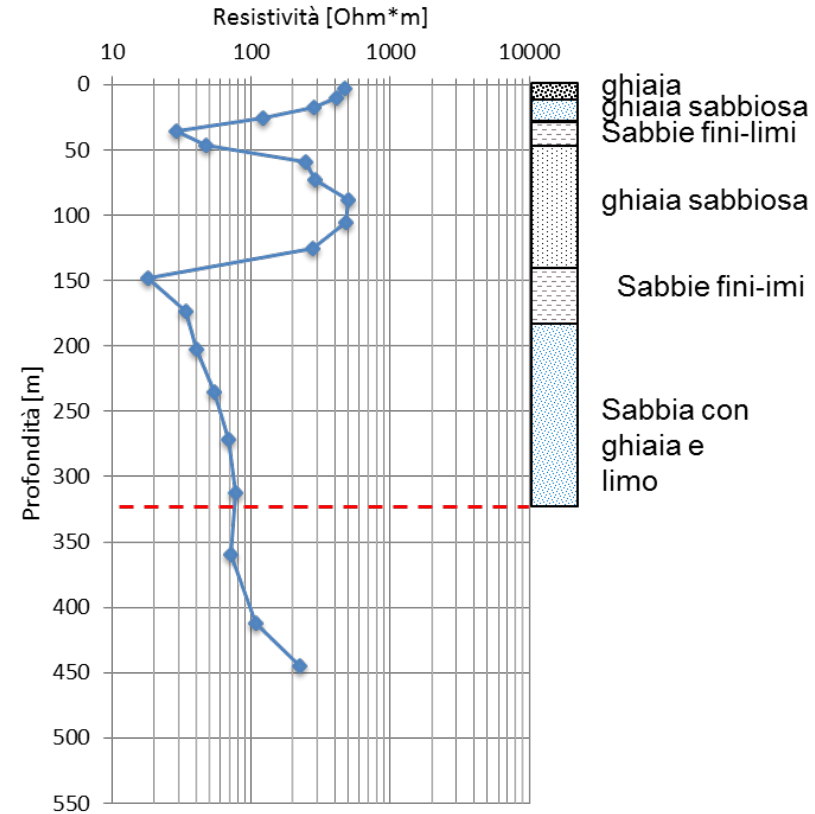
## AREA DI VERRÈS NORD - dettaglio profilo TDEM

Curva di decadimento del campo EM secondario

Average dB/dt Data RAPPORTO SEGNALE/RUMORE



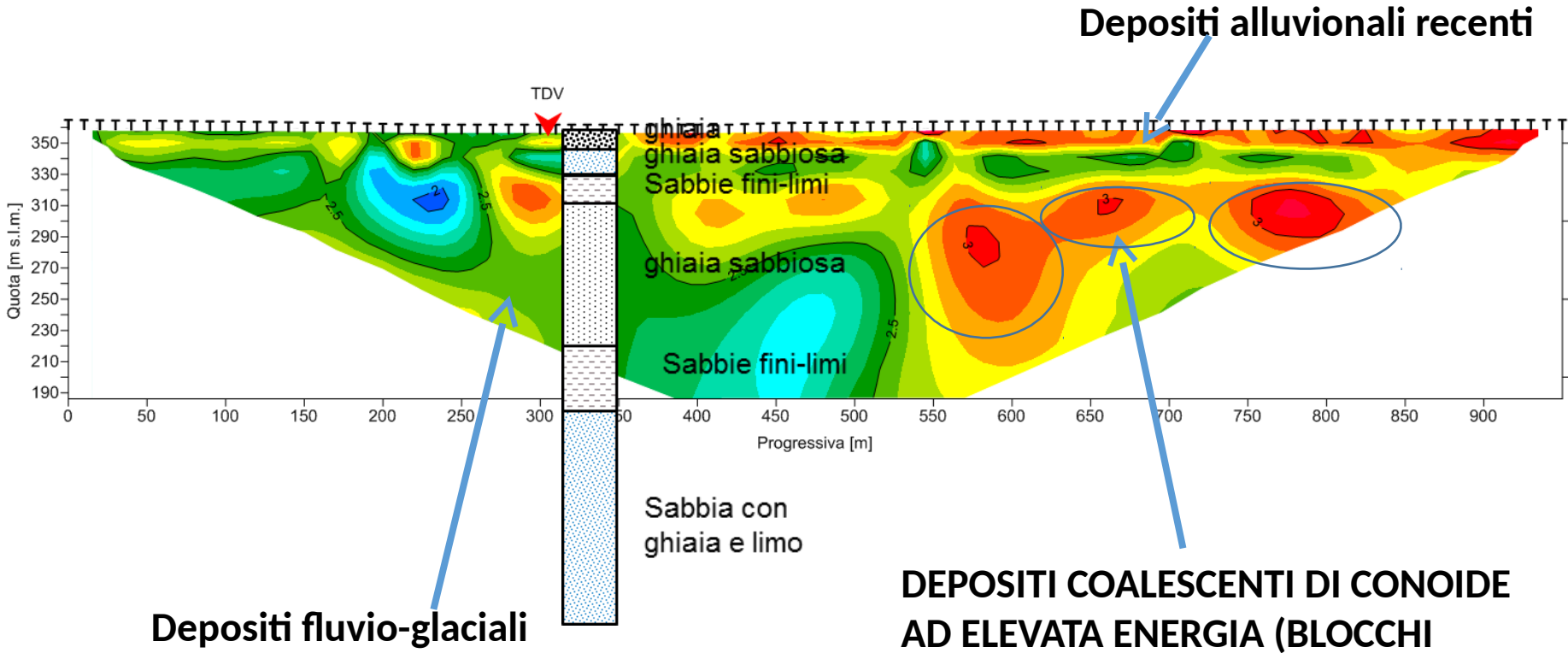
Profilo di resistività elettrica



1. Spessore depositi alluvionali e glaciali > 300 m
2. Da 150 m di profondità si rileva la presenza di matrice più fine

# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI VERRÈS NORD - MODELLO GEOLOGICO



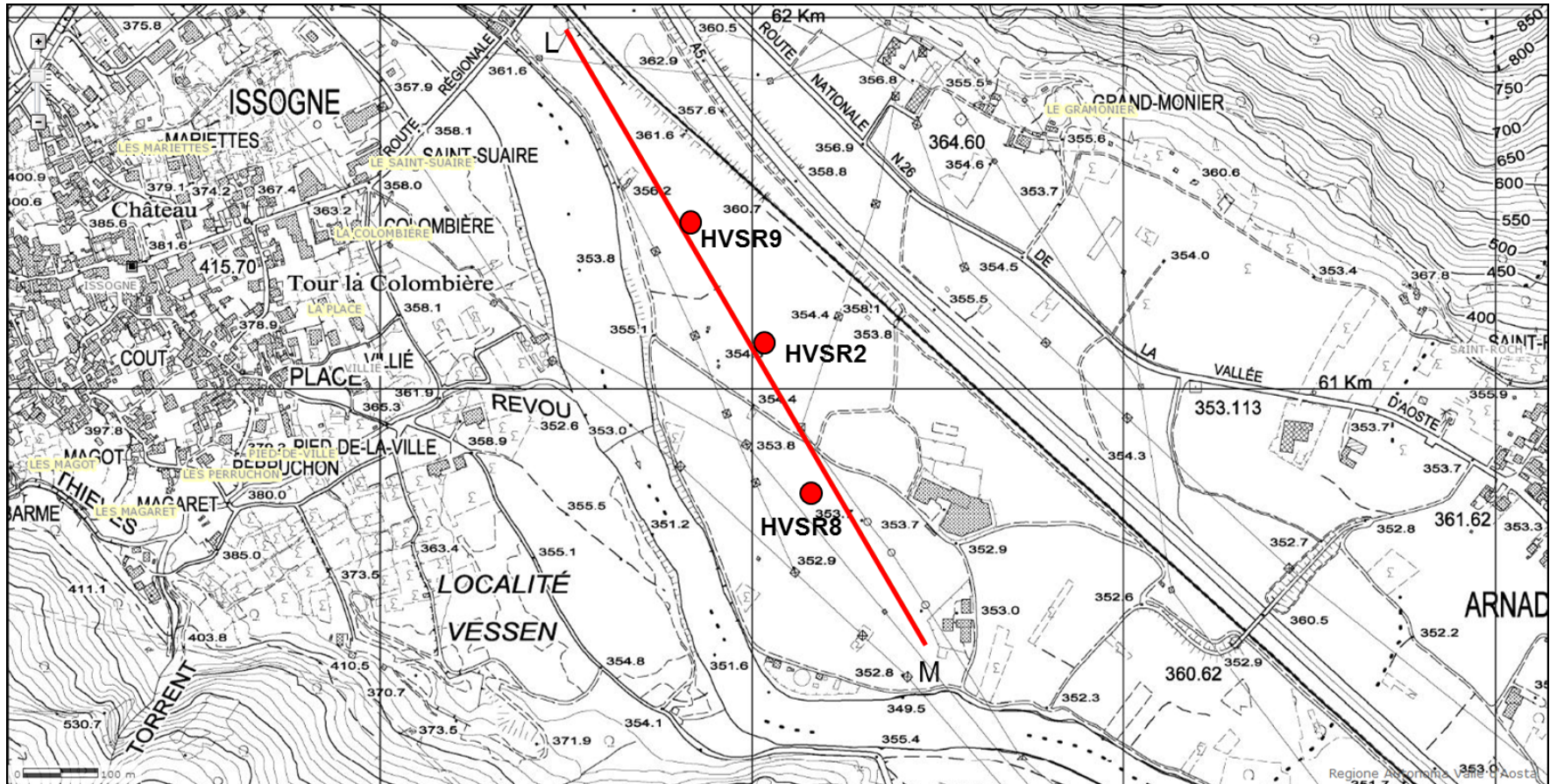
1. Spessore depositi alluvionali e glaciali > 300 m
2. Da 150 m di profondità si rileva la presenza di matrice più fine

**DEPOSITI COALESCENTI DI CONOIDE AD ELEVATA ENERGIA (BLOCCHI LAPIDEI) COALESCENTI DEL T. EVANÇON**  
 CONTRIBUTI LATERALI AI DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI DI FONDOVALLE



# PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI VERRÈS SUD



● Prova sismica HVSr

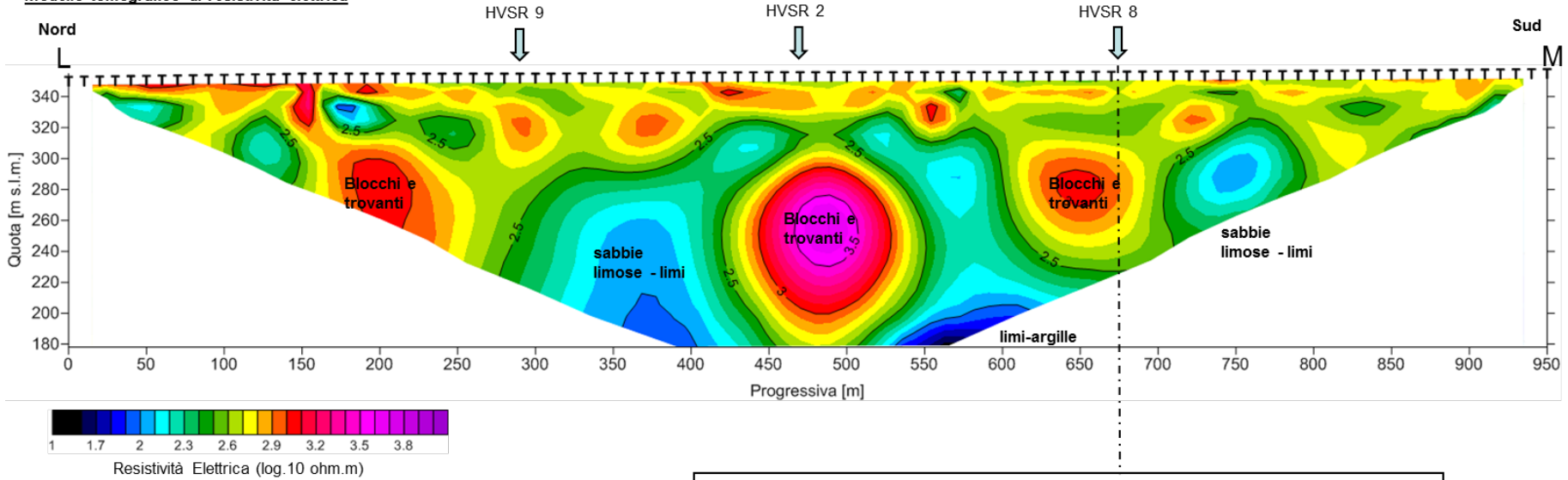
L  M

Sezione geoelettrica profonda

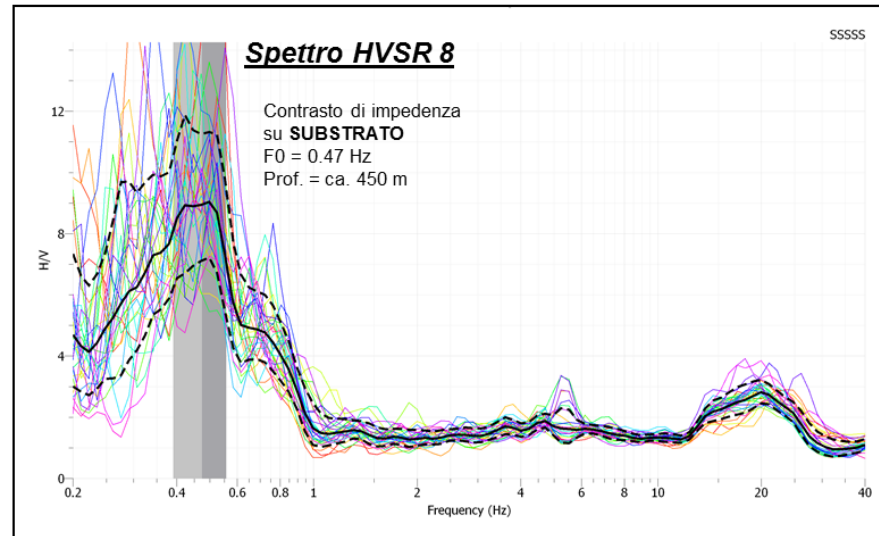
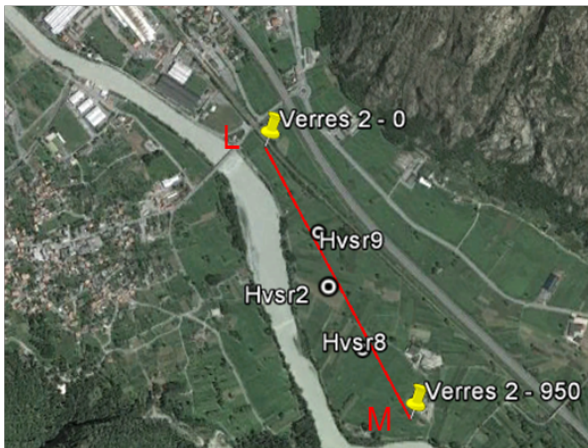
# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI VERRÈS SUD

Modello tomografico di resistività elettrica

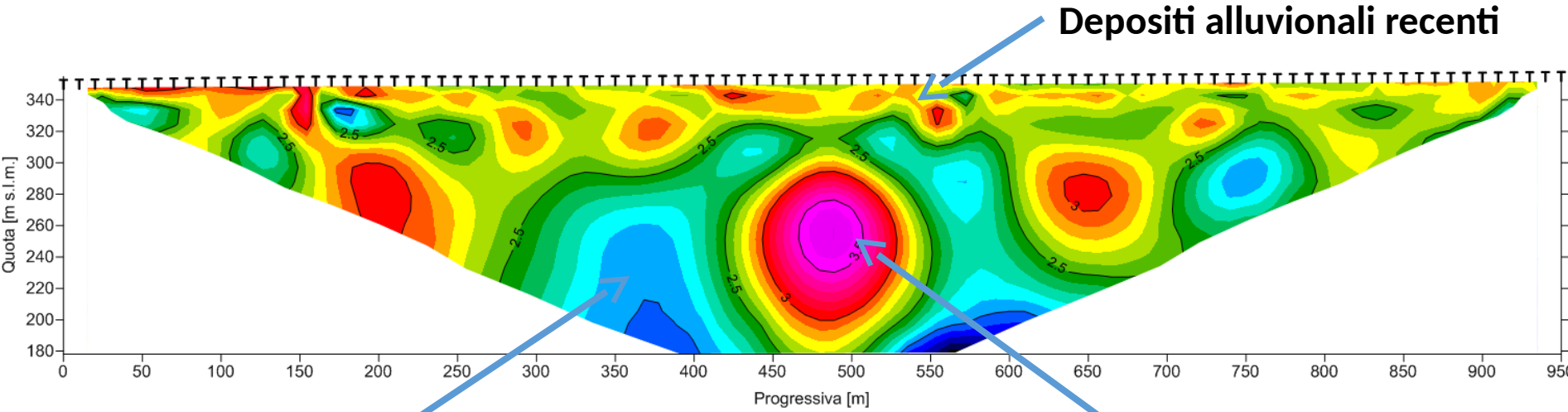


Ubicazione indagini

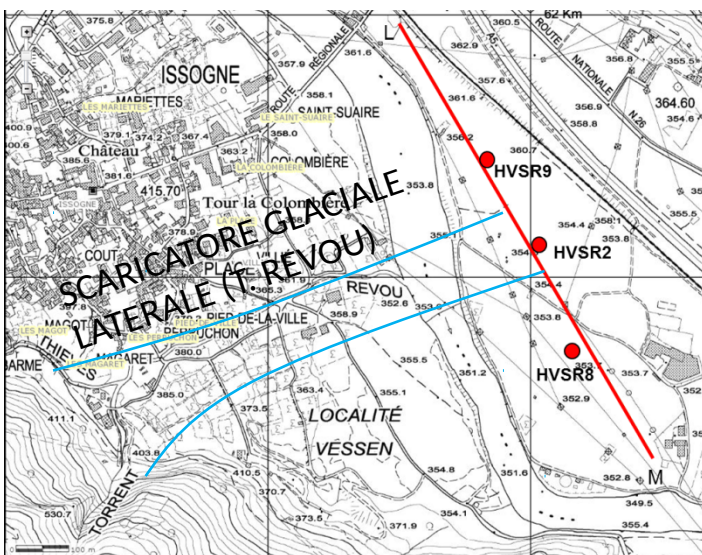


# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI VERRÈS SUD – MODELLO GEOLOGICO



**Depositi FLUVIO-LACUSTRI (LIMI E SABBIE FINI)**

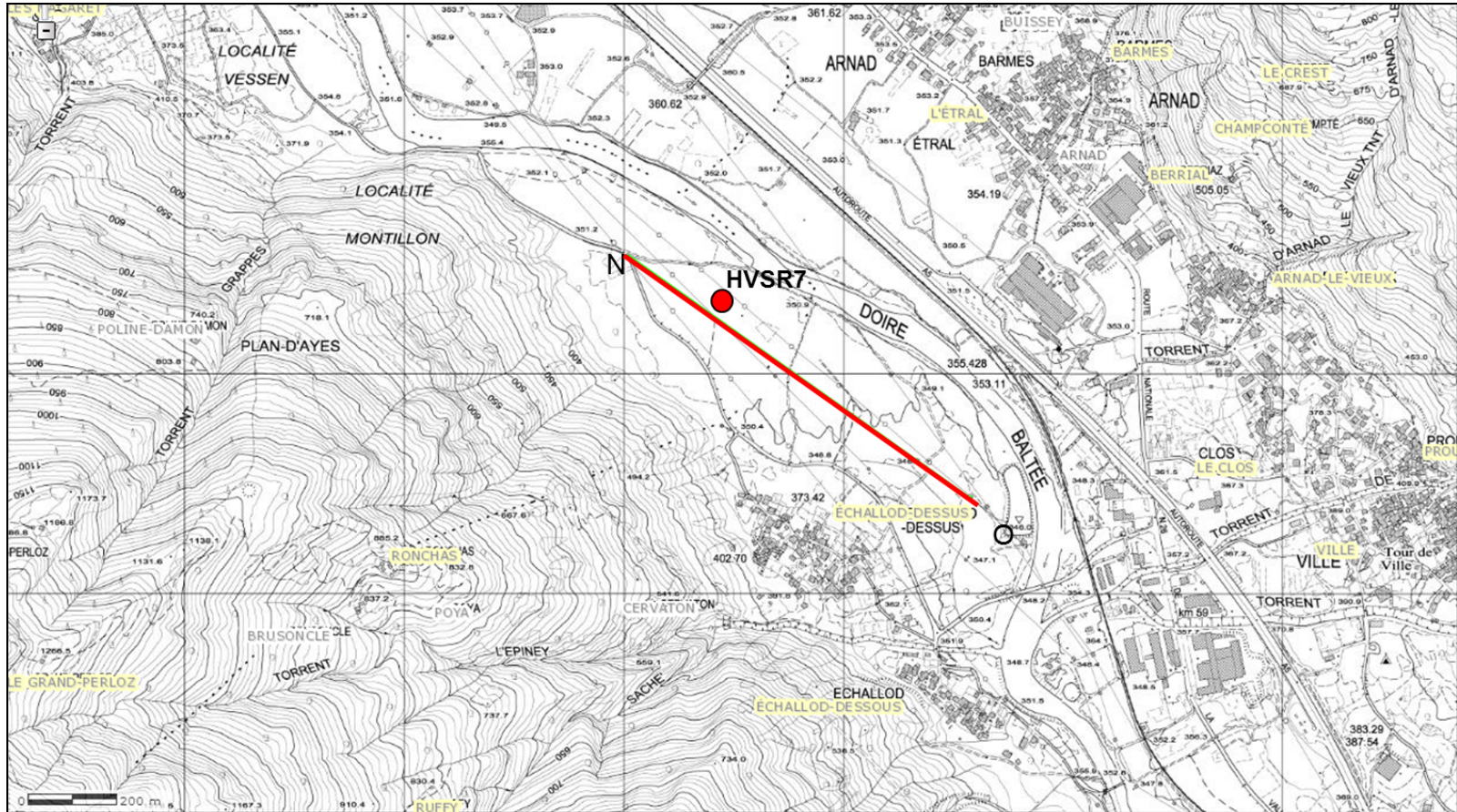


**DEPOSITI DI CONOIDE AD ELEVATA ENERGIA (BLOCCHI LAPIDEI) DEL T. REVOU**  
**CONTRIBUTI LATERALI AI DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI DI FONDOVALLE**

1. Spessore depositi alluvionali e fluvio-glaciali CIRCA 450 m
2. Da 150 m di profondità si rileva la presenza di DEPOSITI LACUSTRI INTERDIGITATI CON DEPOSITI MOLTO GROSSOLANI (AFFLUSSI LATERALI)

# PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI ISSOGNE



● Prova sismica HVSr

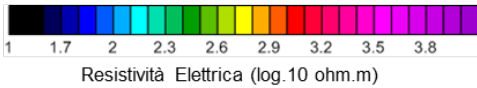
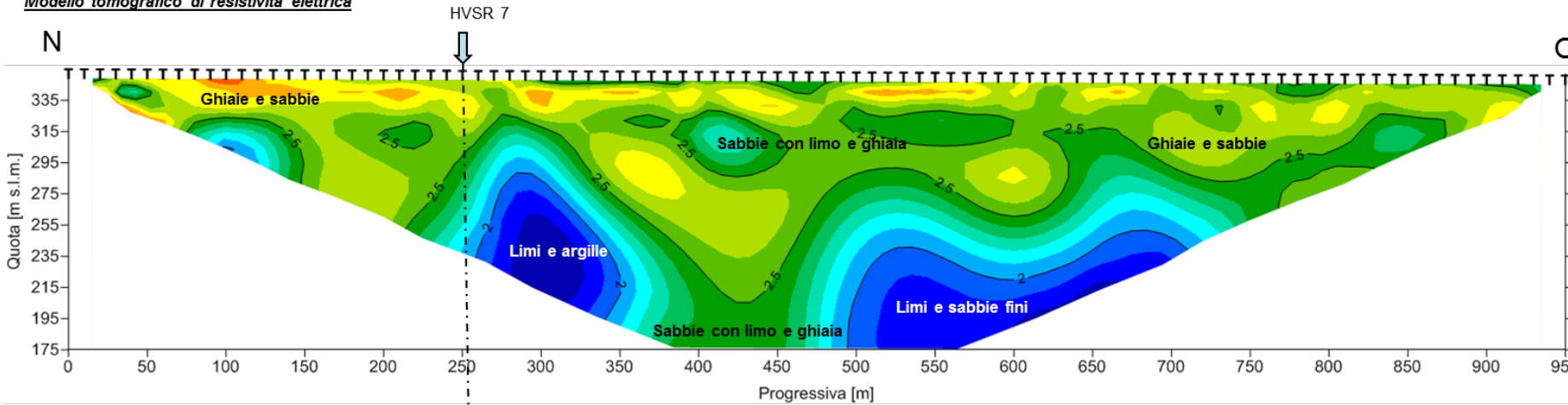
N

○

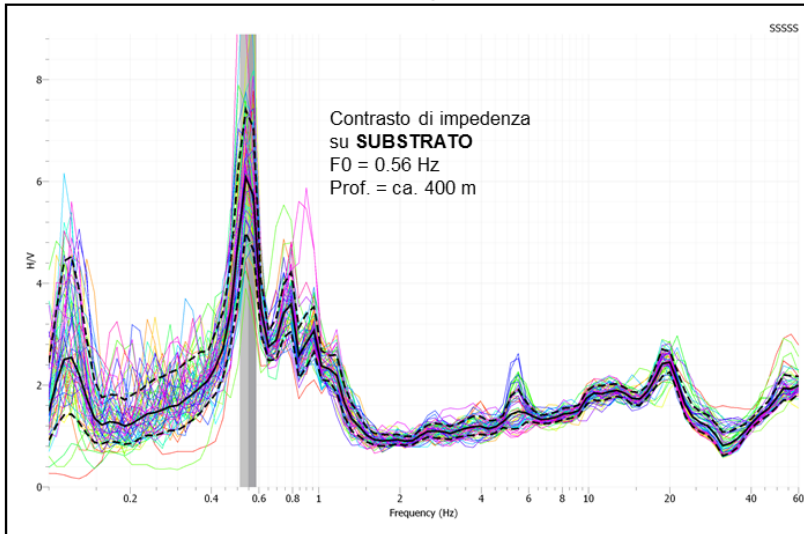
Sezione geoelettrica profonda

# PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE - AREA DI ISSOGNE

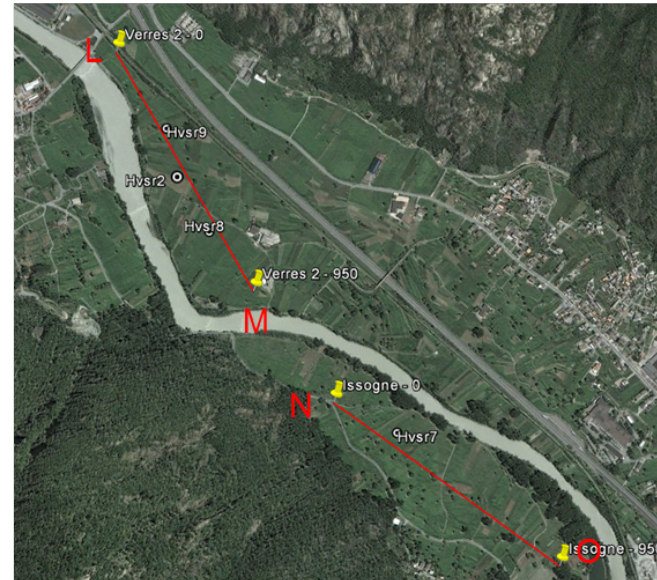
Modello tomografico di resistività elettrica



Spettro HVSr 7

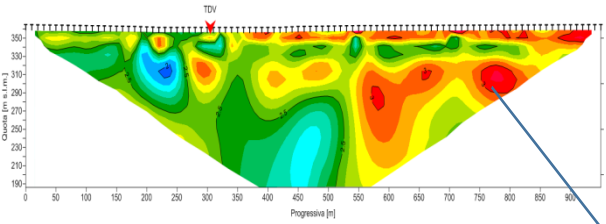


Ubicazione indagini

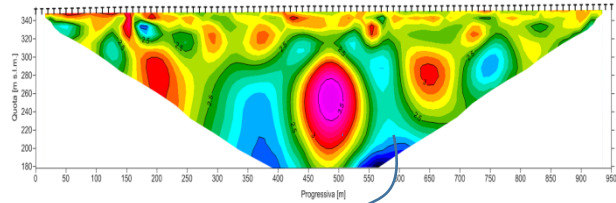


# AREA DI VERRÈS - ISSOGNE - MODELLO GEOLOGICO

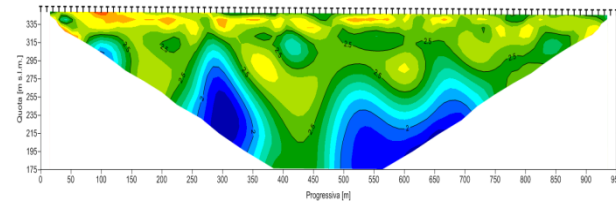
### VERRES NORD



### VERRES SUD



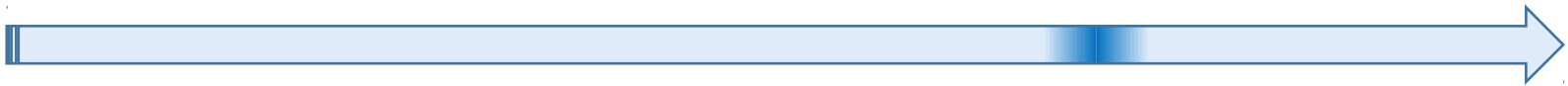
### ISSOGNE



depositi fluvio-lacustri interdigitati con depositi ad alta energia (affluenti laterali)

depositi fluvio-lacustri interdigitati con depositi fluvio glaciali

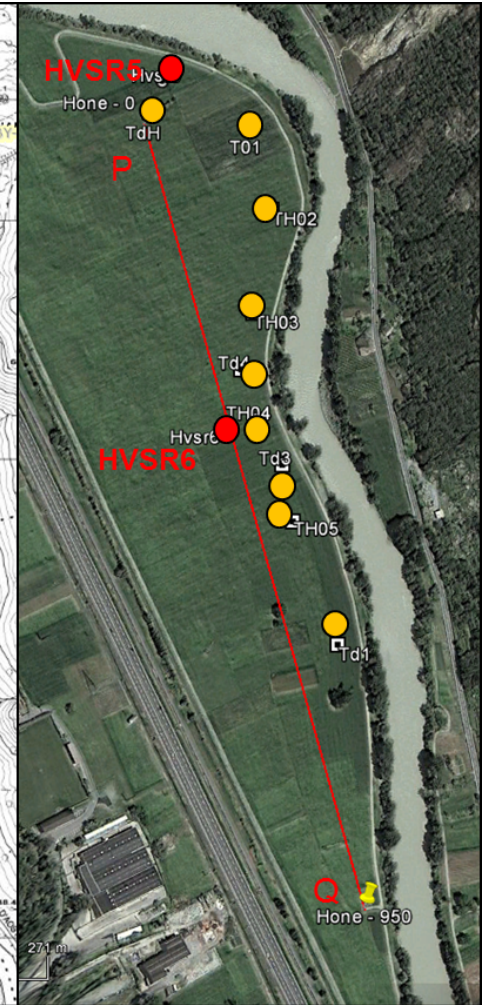
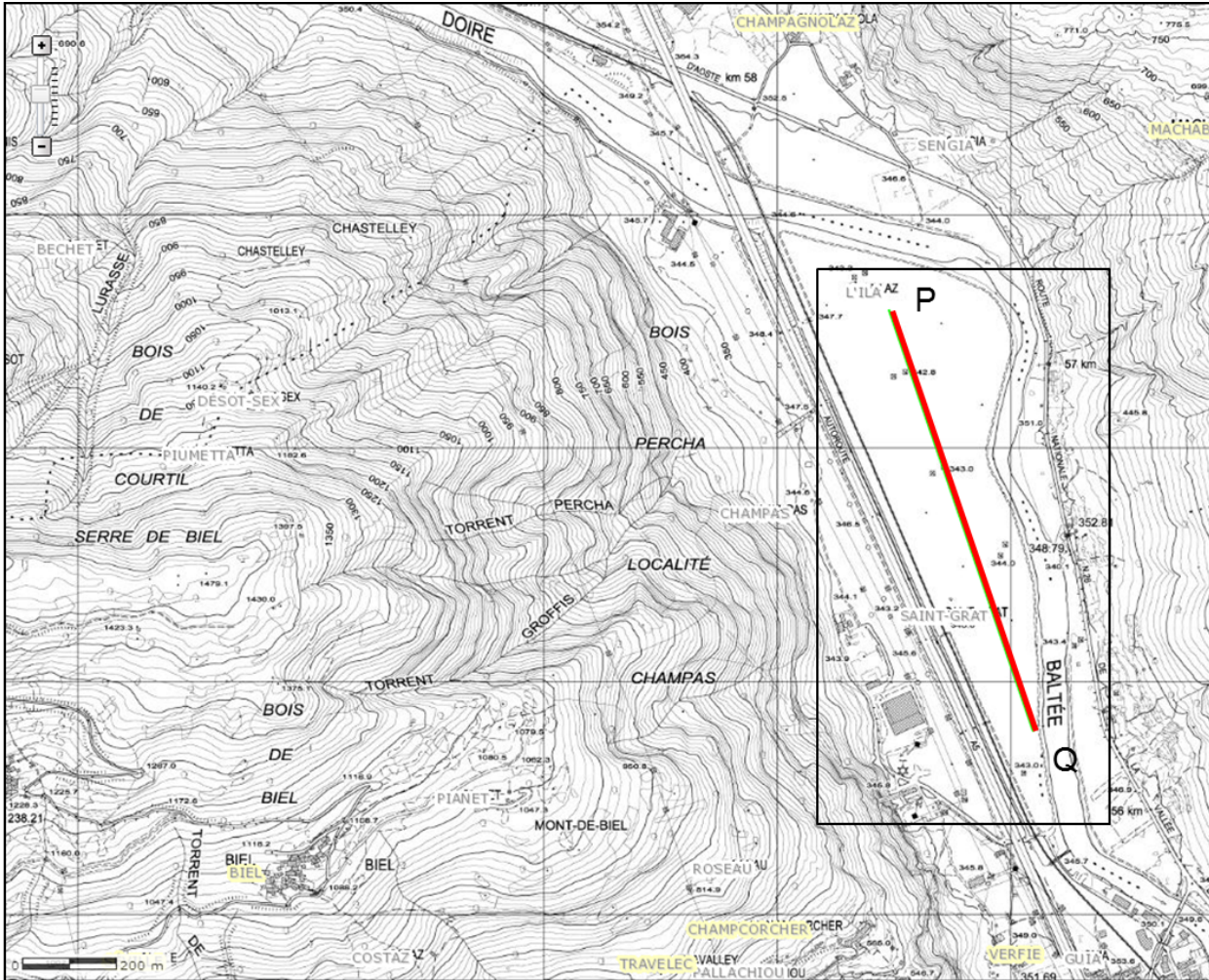
SUBSTRATO LAPIDEO (H = 400-450 m)



**AUMENTO DEI DEPOSITI LACUSTRI VERSO SUD CON RIDUZIONE DEGLI APPORTI TORRENTIZI LATERALI**

**SUBSTRATO A PROFONDITA' > 400 M**

# PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE AREA DI HÔNE



P

Q



Sondaggio elettromagnetico TDEM

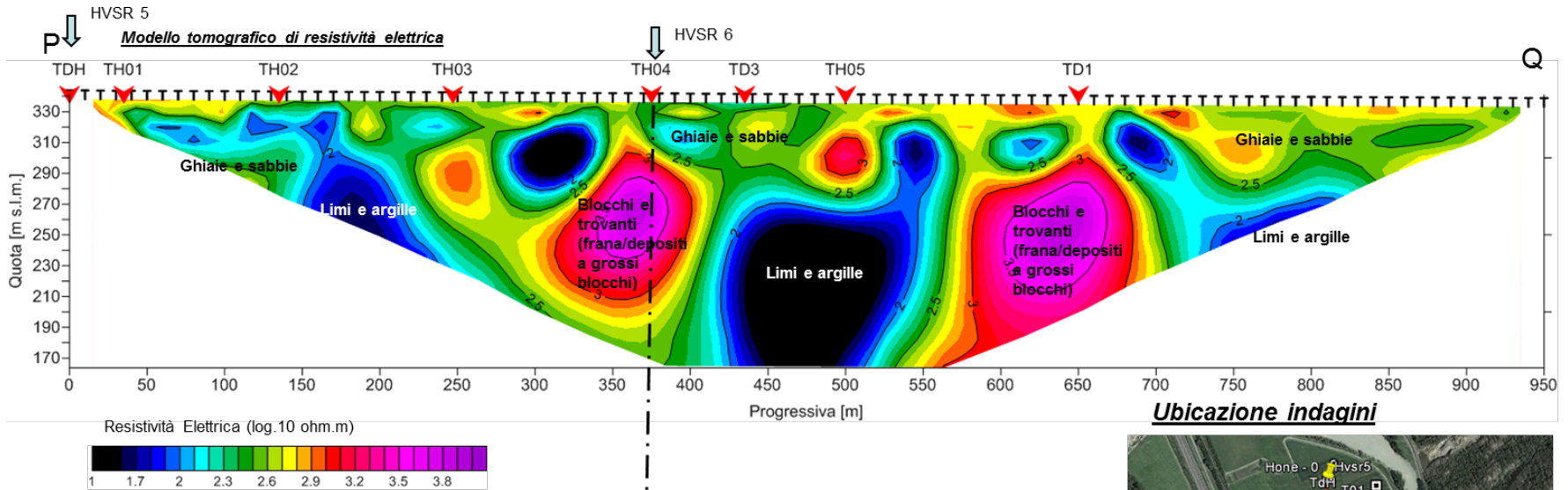


Prova sismica HVSR

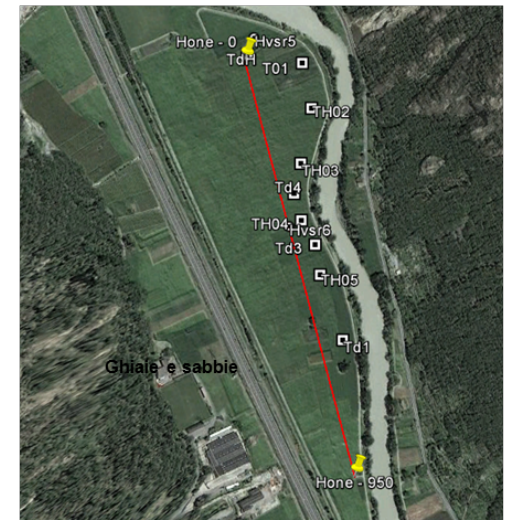
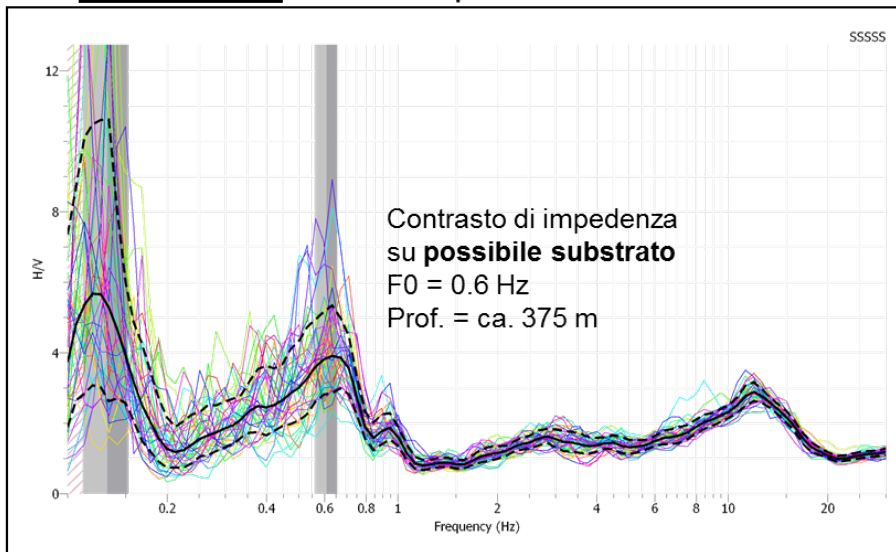
Sezione geoelettrica profonda

# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI HÔNE



**Spettro HVSR 6**

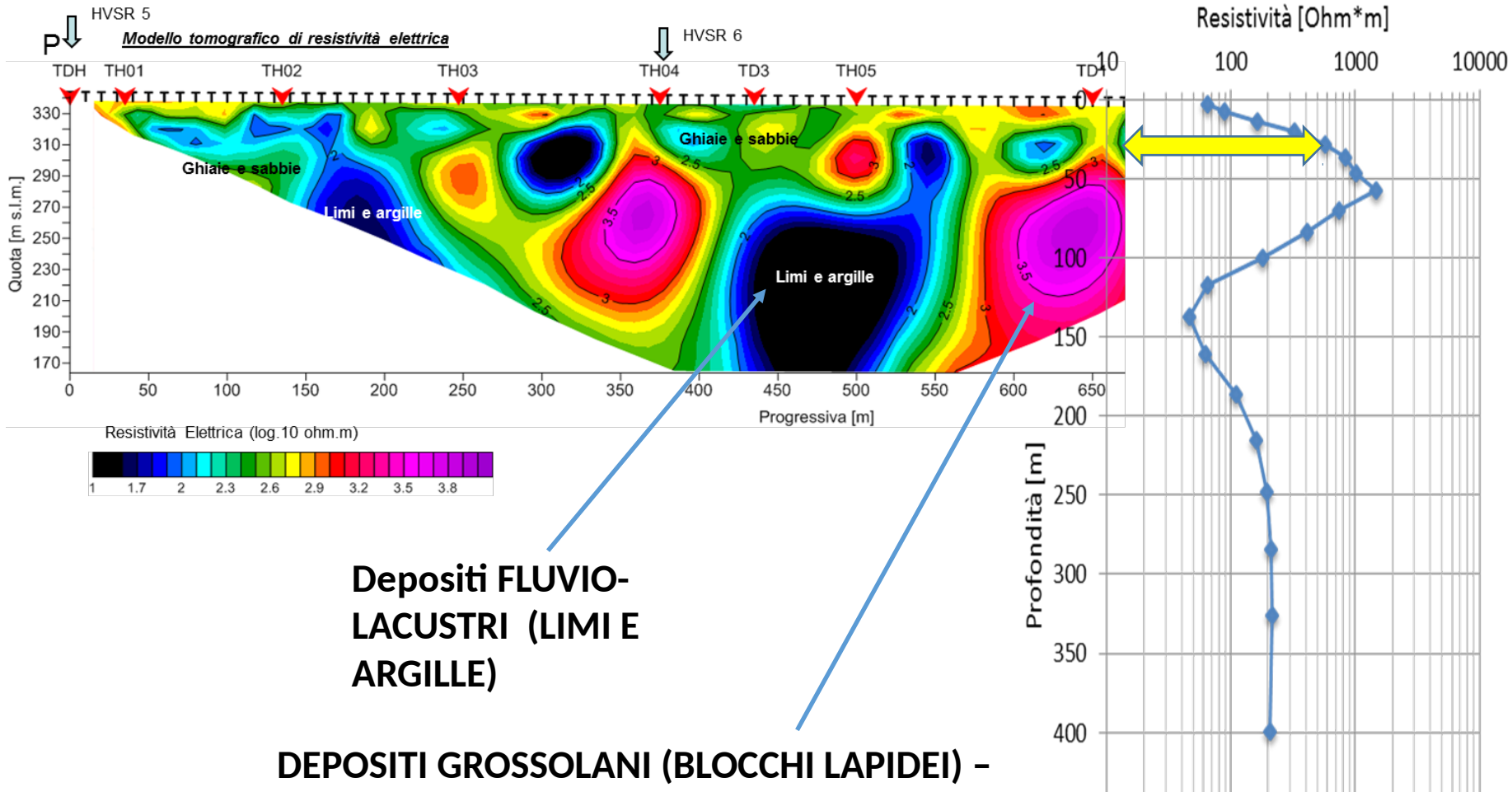




# RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

## AREA DI HONE

### SONDAGGIO TDEM TD1



**Depositi FLUVIO-LACUSTRI (LIMI E ARGILLE)**

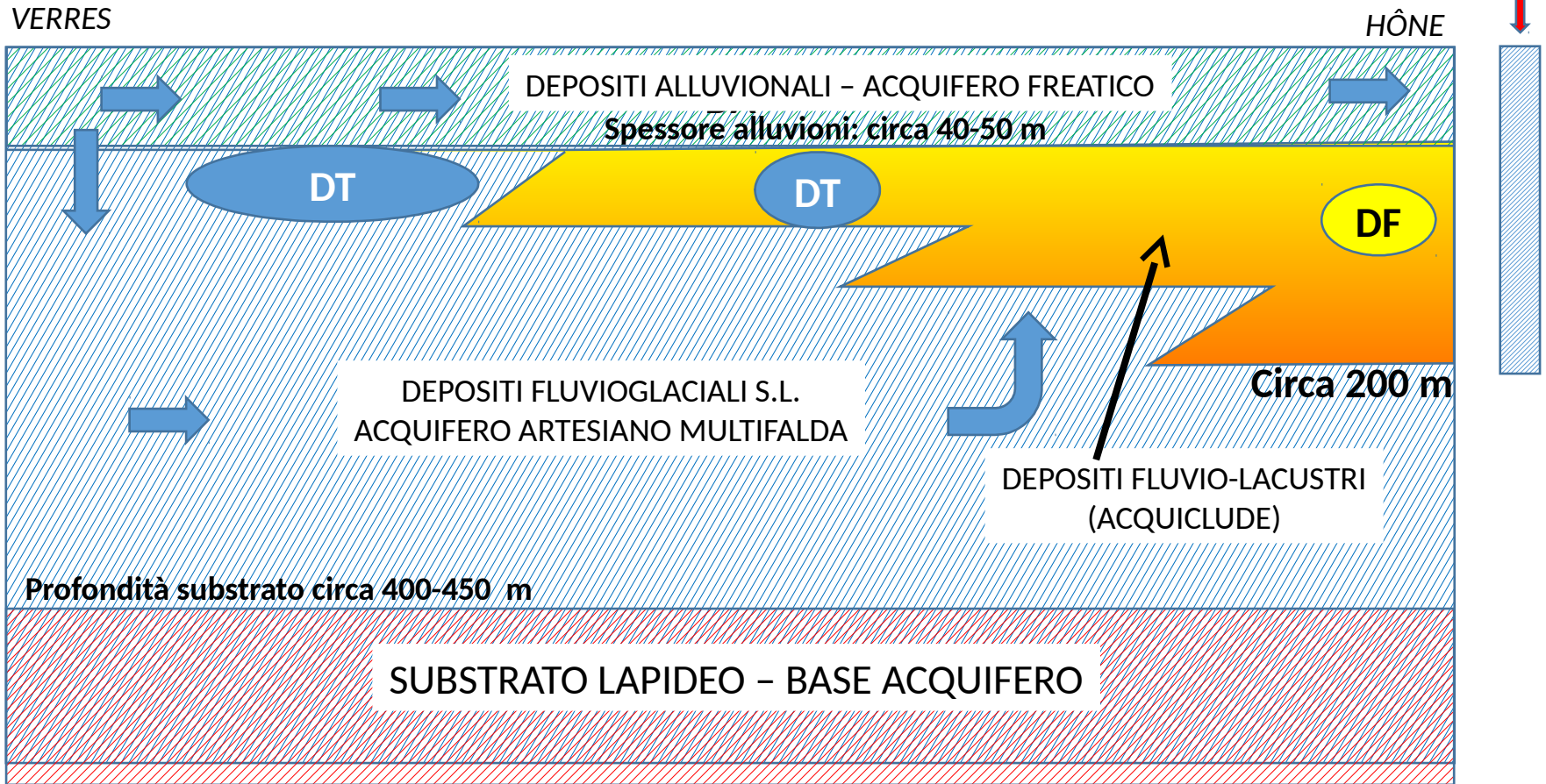
**DEPOSITI GROSSOLANI (BLOCCHI LAPIDEI) -  
PROBABILI DEPOSITI DI FRANA A BLOCCHI  
PARETI ROCCIOSE CON NICCHIE DI DISTACCO**

**SUBSTRATO A CIRCA 400 M**

# MODELLO IDROGEOLOGICO SEMPLIFICATO

## Sezione longitudinale

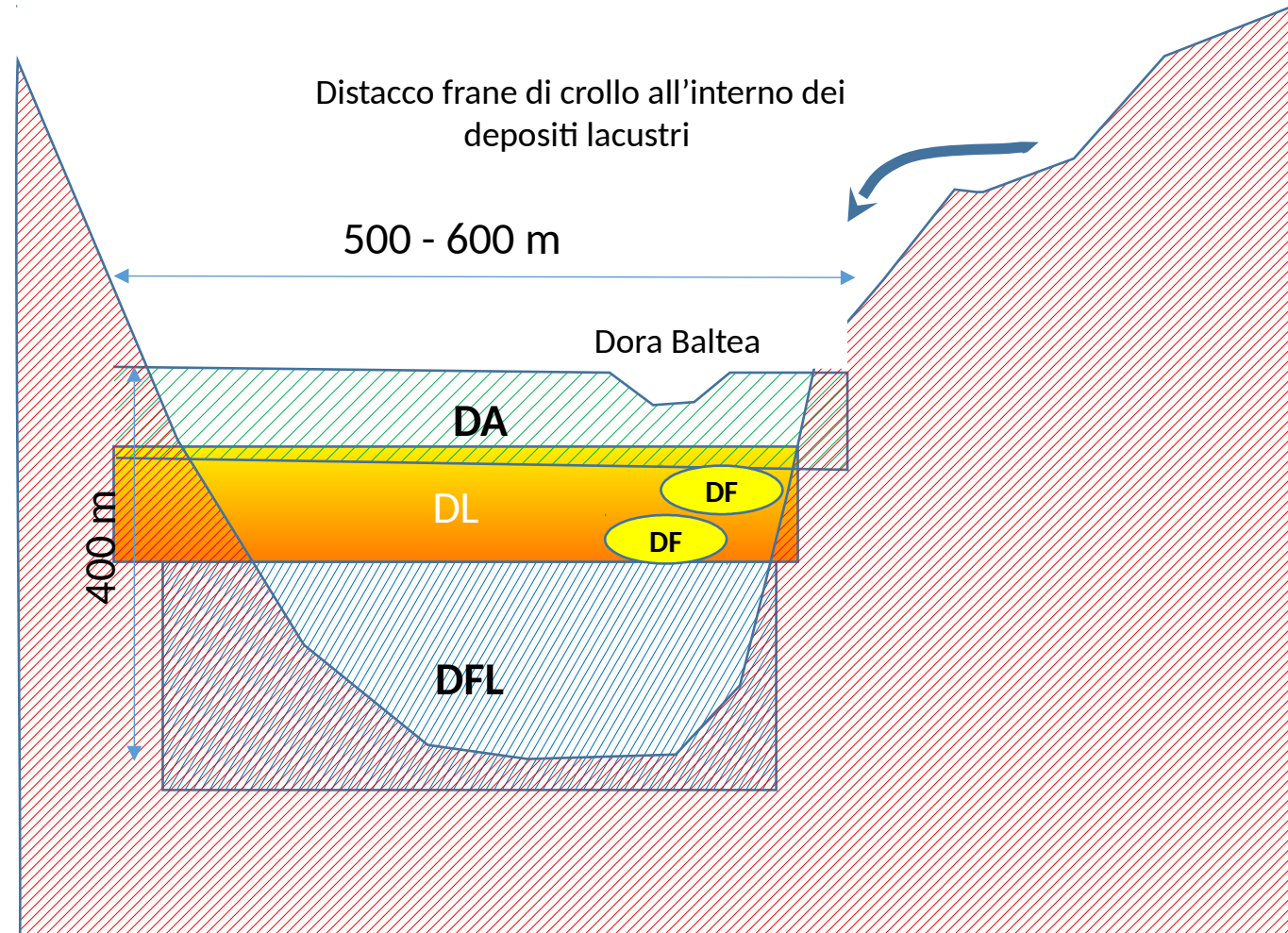
Sbarramento Stretta di Bard- (frane di crollo tardo/post-glaciali)



**LE FRANE DI CROLLO (DF) IN CORRISPONDENZA DELLA STRETTA DI BARD (RESTRINGIMENTO VALLIVO) HANNO DETERMINATO LO SBARRAMENTO DELLA DORA, CON FORMAZIONE DI UN BACINO FLUVIO-LACUSTRE (DEPOSITI LIMOSO-ARGILLOSI) INTERSECATO DAI DEPOSITI TORRENTIZI (DT) DEGLI AFFLUSSI LATERALI**

# MODELLO IDROGEOLOGICO SEMPLIFICATO

## Sezione trasversale (Hône)



DA = DEPOSITI ALLUVIONALI -  
ACQUIFERO FREATICO AD ELEVATA  
RICARICA

DF = DEPOSITI DI FRANA DI  
CROLLO (scarso apporto da  
ricarica)

DL = DEPOSITI FLUVIO-  
LACUSTRI (SBARRAMENTO  
FLUVIALE DA FRANE DI  
CROLLO)

DFL = DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI  
E GLACIALI - ACQUIFERO  
ARTESIANO PROFONDO

Le indagini geofisiche hanno evidenziato nella Piana di Verrés la presenza di un acquifero profondo (150-300 m di profondità), protetto dai sovrastanti depositi impermeabili/semi-permeabili limosi (Acquitardo).

Per caratterizzare il «giacimento» profondo in termini di caratteristiche idrogeologiche, produttività e qualità dell'acqua, si prevede per il prossimo futuro la perforazione di almeno 2 pozzi profondi .