

PROPONENTE:



PROGETTAZIONE:



## U. O. GEOLOGIA

## PROGETTO DEFINITIVO

### RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA DI S.BARBARA

INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO

### ELABORATI GENERALI

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

SCALA :

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

FEW1    40    D    69    IG    GE0115    001    A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione	G. Riggi	Novembre 2010	R. Briganti	Novembre 2010	G.Venditti	Novembre 2010	Dott. F. MARCHESE Novembre 2010

File: FEW1-40-D-69-IG-GE0115-001-A.doc

n. Elab.:

INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CENNI METODOLOGICI</b> .....	<b>3</b>
2.1	TOMOGRAFIA GEOELETRICA .....	3
2.2	REMI .....	5
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>ATLANTE FOTOGRAFICO</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b> .....	<b>16</b>

	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA  E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO  ELABORATI GENERALI  RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>PROGETTO  FEW1</b>	<b>LOTTO  40 D 69</b>	<b>CODIFICA  IG</b>	<b>DOCUMENTO  GE 01 15 001</b>	<b>REV.  A</b>	<b>FOGLIO  2/16</b>

## 1 PREMESSA

Lo scopo dell'indagine era quello di fornire elementi geognostici areali per la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del sito ove è prevista la costruzione di una collina schermo.

Il programma geognostico iniziale era quello di effettuare 4 profili di tomografia geoelettrica per complessivi 1500m e di 8 profili di sismica passiva la cui ubicazione era stata proposta sulla sola base cartografica e di foto aeree che mostravano una superficie priva di ostacoli naturali o artificiali.

In fase operativa la realtà dei luoghi si è dimostrata nettamente differente con una fitta vegetazione arbustiva e ostacoli fisici (recinzioni e depressioni riempite di acqua) che hanno costretto a una modifica del programma iniziale aumentando il numero dei profili e anche la lunghezza complessiva a 1700m. La nuova disposizione consente comunque una analoga distribuzione areale delle informazioni del sottosuolo contando anche su un maggior numero di profili ReMi che da 8 passano a 10.

I dati di tomografia elettrica sono stati acquisiti con uno strumento multi elettrodo con configurazione polo-dipolare e spaziatura elettrica di 7m. La lunghezza massima di un array è di 430m espandibili con tecnica di rolla long. La strumentazione impiegata è prodotta dalla LGM Lippmann (Schaufling-Germany) mod. 4-Punkt light 10W.

I dati di sismica passiva sono stati acquisiti con uno strumento 24 canali con geofoni da 4,5Hz interspaziati di 2m. L'acquisitore è prodotto dalla Seismic Source (Ponca City-Oklahoma) mod. Daq LinkII.

	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO ELABORATI GENERALI RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>PROGETTO FEW1</b>	<b>LOTTO 40 D 69</b>	<b>CODIFICA IG</b>	<b>DOCUMENTO GE 01 15 001</b>	<b>REV. A</b>	<b>FOGLIO 3/16</b>

## 2 CENNI METODOLOGICI

### 2.1 Tomografia geoelettrica

La tecnica dell'imaging elettrico (o tomografia elettrica) adotta una procedura automatizzata sia per l'acquisizione che per l'elaborazione e consente di raccogliere dati elettrici del sottosuolo con una densità elevata impiegando cavi multicore con spaziatura interelettrodica molto piccola (generalmente 1-2m ed anche meno).

In pratica, il rilievo consiste dapprima nel posizionare gli elettrodi nel terreno secondo arrays 2D o 3D , quindi nell'effettuare il collegamento ai take-out dei cavi che portano il segnale (di input ed output) all'unità di misura.

Da software vengono poi impostate la configurazione prescelta ed i relativi parametri geometrici (passo di misura, numero di misure ecc.). Le misure sono ciclicamente ripetute fino ad un massimo di 4-6 volte qualora non si raggiunga prima una stabilizzazione della lettura (indicata da un basso scarto percentuale tra il 2-6%). Le misure non soddisfacenti, comunque salvate nel data set, potranno essere eliminate in sede di analisi. Per ottenere una densità di valori idonea alla costruzione di una pseudosezione di resistività è necessario che il passo di misura non superi la distanza interelettrodica.

Il primo risultato dell'analisi è costituito da una pseudosezione che è solo rappresentativa della sezione reale. Ritrae, infatti, l'andamento della resistività apparente, una specie di valore mediato, con la pseudopropfondità, calcolata con semplici considerazioni geometriche. Ogni misura viene posta convenzionalmente al centro del quadripolo attivo ed alla pseudopropfondità che gli compete.

I dati acquisiti in campagna e rappresentati secondo pseudosezioni (2D) o pseudopiani (3D) vengono successivamente elaborati per risalire alla elettrostratigrafia reale (resistività vera) del volume indagato che si ottiene utilizzando una tecnica di inversione.

Il sistema è interfacciato ad un PC su cui è installato un software (GeoTest 2.0) che lavora su piattaforma Windows per gestire l'attivazione successiva e programmata di 4 elettrodi alla volta (due di corrente e due di potenziale nel caso configurazioni convenzionali quali Wenner, Schlumberger, dipolo-dipolo o polo-polo).

Le misure vengono effettuate con periodo di misura che può essere compreso tra 0,8s e 0,12s con cicli di alcuni secondi; i voltaggi variano da un minimo di 0,2mV a massimi di 300V picco-picco mentre l'intensità di corrente varia da minimi di 0,001 mA a massimi di 100A.

Ogni valore di resistività apparente fornito strumentalmente è il risultato di un ciclo di misura che è costituito generalmente da 3-8 ripetizioni delle misure. Il valore proposto rappresenta il risultato di una media mobile tra le letture (minimo di 3 letture) protratta fino al punto in cui la differenza tra successive letture scende al di sotto di scarti compresi tra 3 e 5%.

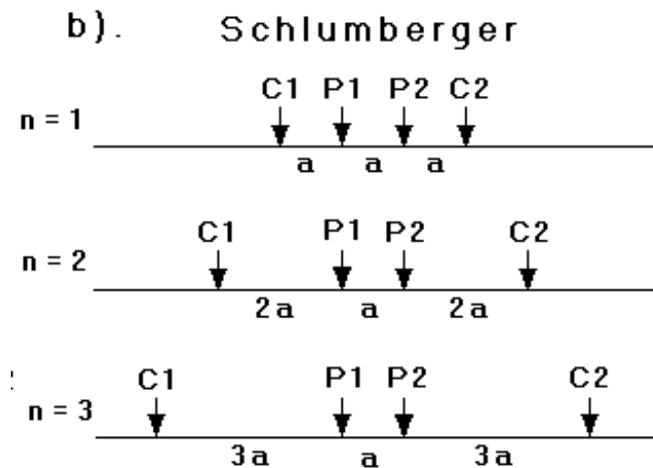
Per evitare disturbi legati a fenomeni di polarizzazione le misure sono separate da un ritardo di regime che di default è fissato a 2500ms.

Nelle indagini geoelettriche è possibile scegliere diversi tipi di configurazioni in base a criteri che considerano, ad esempio, il tipo di target da individuare, la profondità massima da raggiungere o la sensibilità delle misurazioni condotte. Le configurazioni si distinguono in base alla distribuzione geometrica della programmazione di attivazione delle coppie di elettrodi attivati per l'acquisizione.

Nel caso in questione è stata adottata in acquisizione la configurazione polo-dipolo equatoriale (Half-Schlumbergeer) con il seguente array geometrico: max. 62 elettrodi interspaziati di 7.0m prevedendo la tecnica di roll along per transetti di lunghezza superiore a 430m; sono stati impostati un numero di livelli di misura sufficienti per raggiungere profondità massima di 100-120m.

La configurazione tipo Half-Schlumberger è una variante della configurazione Schlumberger che pone un elettrodo di corrente (C2) all'infinito (per convenzione circa 8xmassima apertura tra polo corrente (C1) e dipolo di potenziale P1P2).

La configurazione tipo Schlumberger prevede che l'interdistanza (a) tra gli elettrodi esterni di corrente (C1,C2) e quelli interni di potenziale (P1,P2) sia uguale (a) o multipla (na) di quelli interni. L'aumento della penetrazione della corrente nel terreno si ottiene tramite allargamenti dell'interdistanza degli elettrodi di corrente per multipli unitari di  $a(2a;3a;..9a)$  fino ad un massimo di 8/9 aperture. Successivamente si passa all'allargamento dell'interdistanza tra gli elettrodi di potenziale e si comincia un nuovo livello. Lo schema sotto riportato permette di comprendere la modalità di apertura del quadripolo.



Questo tipo di arrangiamento è molto vantaggioso per la risoluzione verticale e la capacità penetrativa della corrente.

L'elaborazione è effettuata in termini bidimensionali con inversione del modello utilizzando il software Res2Dinv v3.55 prodotto dalla Geotomo (Malesia).

Di seguito viene esposto il procedimento utilizzato comunemente per l'analisi:

- Il procedimento di calcolo prevede la suddivisione iniziale del volume in una griglia di regolarizzazione (analoga a quella impiegata nelle computazioni ad elementi finiti). Ad ogni cella della griglia viene attribuito un valore di resistività sulla base dei dati misurati ed a quelle di confine viene impostata una resistività pari alla media delle letture eseguite.
- Il modello iniziale viene quindi sottoposto ad un processo di inversione che utilizza una routine conosciuta con il nome di smoothness-constrained least-square method (de Groot-Hedlin e Constable 1990, Sasaki 1992) implementata con una tecnica di ottimizzazione quasi-Newtoniana (Loke e Barker 1996a) che la velocizza notevolmente. Le elaborazioni considerano in blocco tutti i dati acquisiti ed ottimizzano un modello a celle di resistività. Questo modello è meno viziato dalla assunzione di una elettrostratigrafia piana valida per il monodimensionale e risulta, quindi, più adattabile alle complesse geometrie che si incontrano nella realtà.
- L'inversione ha termine al momento in cui si ottiene una buona coincidenza, in senso statistico (scarto quadratico medio), tra i dati sperimentali e quelli teorici (confronto tra pseudosezioni misurate e calcolate).
- Disponendo di una taratura (sondaggio meccanico o dati desunti da scavi) il modello geoelettrico del sottosuolo proposto al termine dell'analisi può essere ricondotto a quello geolitologico.

	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA  E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO  ELABORATI GENERALI  RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>PROGETTO  FEW1</b>	<b>LOTTO  40 D 69</b>	<b>CODIFICA  IG</b>	<b>DOCUMENTO  GE 01 15 001</b>	<b>REV.  A</b>	<b>FOGLIO  5/16</b>

## 2.2 ReMi

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves).

Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremiti. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica.

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Un apposito grafico (spettro di potenza p-f) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza  $f$  (Hz) ed in ordinata lo slowness, che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo.

Per il trattamento di questo tipo di dati è stato utilizzato il software ReMi® aggiornato alla sua ultima versione V.5 e commercializzato dalla Optim LLC (Reno, Nevada -USA). L'approccio analitico si basa sugli studi condotti da J.Louie presso la Nevada University.

In questo contesto si è potuta utilizzare la stratigrafia di alcuni sondaggi geognostici eseguiti e ricondurre il modello sismico a una struttura semplice compatibile anche con quello elettrico.

	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA</b> <b>E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>ELABORATI GENERALI</b> <b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>PROGETTO</b> <b>FEW1</b>	<b>LOTTO</b> <b>40 D 69</b>	<b>CODIFICA</b> <b>IG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GE 01 15 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6/16</b>

### 3 ANALISI DEI RISULTATI

Il contesto operativo è marcatamente conduttivo tanto che il range di valori misurato e calcolato è compreso tra 3 e 50ohm m con marcata prevalenza di resistività inferiori a 20ohm m.

I modelli ottimizzati consentono di definire una struttura a tre strati elettricamente differenziabili in un orizzonte superiore resistivo superiore a 10ohm m, un orizzonte intermedio con resistività inferiore a 10ohm m e il substrato (argille di Meleto) con resistività superiore a 10ohm m.

All'interno del substrato, in alcuni profili, compare un corpo resistivo che è attribuibile a un banco di lignite sulla base della stratigrafia del sondaggio S1.

L'orizzonte superiore generalmente resistivo si differenzia per valori tra la parte più centrale e quella periferica: nella prima, a parità di spessore (10-12m), i materiali sono nettamente più resistivi di quelli che si trovano nelle parti esterne (inizio Sez3, sez.5 ad es.)

Il corpo intermedio molto conduttore è costituito dai riporti (S2 che li attraversa per 40m senza raggiungere il substrato). Il suo comportamento geoelettrico è molto omogeneo arealmente lo spessore variabile da 5m a 30m. Questi materiali sono litologicamente diversi da quelli soprastanti (resistivi e attribuiti ai riporti di chiusura) e per questo molto ben differenziabili.

Il substrato delle Argille di Meleto si differenzia dalla porzione bassa dei riporti per l'incremento di resistività a basso gradiente che si stabilizza in profondità attorno a 20 ohm m.

La posizione corretta di questo contatto è stata possibile grazie alla taratura dei sondaggi meccanici.

I modelli qui presentati sono il frutto del supporto fornito dalla calibrazione; quelli preliminari basati su informazioni incerte che ponevano il substrato a profondità ben maggiori di quelle reali erano il risultato di un numero elevato di iterazioni che esasperavano la struttura alla ricerca del minimo scarto quadratico medio tra dati sperimentali e dati calcolati. La realtà si è dimostrata differente e ciò ha favorito la produzione di modelli nettamente meno complicati.

Questa constatazione ha fornito una guida anche per la modellazione dei dati sismici che sono stati ridotti a una struttura a 3 strati (4 solo nel R07 molto prossimo ad S1 e dove è stato inserito il banco di lignite a  $V_s=500\text{m/s}$ ) rappresentata da un orizzonte superiore, generalmente veloce ( $200 < V_s < 300\text{m/s}$ ), che poggia su un corpo soffice ( $170-200\text{m/s}$ ) a sua volta seguito da una base più rigida ( $V_s > 300\text{m/s}$ ).

Comparando questi sismostrati con gli elettrostrati si trova una buona corrispondenza in termini di spessore e di variazione di caratteristiche fisiche (tenore in acqua/ addensamento).

In particolare si osserva che la parte più superficiale quando resistiva è anche veloce (con contenuti spettrali tipici di presenza di onde guidate e di sovrapposizione modale) mentre quando i valori diminuiscono (zone periferiche) anche le  $V_s$  tendono ad abbassarsi e avvicinarsi a quelle tipiche del riporti conduttivi (strato intermedio). Vedasi ad esempio il differente comportamento spettrale tra R04 (S2) e R03 (S3).

Sotto il profilo delle  $V_s$  il substrato litologico non ha le caratteristiche di un bedrock bensì quelle di un materiale mediamente addensato.

	<b>RIAMBIENTALIZZAZIONE DELL'AREA MINERARIA S.BARBARA</b> <b>INTERVENTI DI IMPLEMENTAZIONE DELLA FUNZIONE ECOLOGICA</b> <b>E PAESAGGISTICA DELLA COLLINA SCHERMO</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>ELABORATI GENERALI</b> <b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>PROGETTO</b> <b>FEW1</b>	<b>LOTTO</b> <b>40 D 69</b>	<b>CODIFICA</b> <b>IG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GE 01 15 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>7/16</b>

#### 4 CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche eseguite nel bacino di Santa Barbara, geoelettrica e sismica passiva, hanno permesso di acquisire elementi significativi per ricostruire il modello geofisico del sito e, mediante i dati stratigrafici dei 4 sondaggi meccanici, tentare una traduzione dei parametri fisici in parametri litologici.

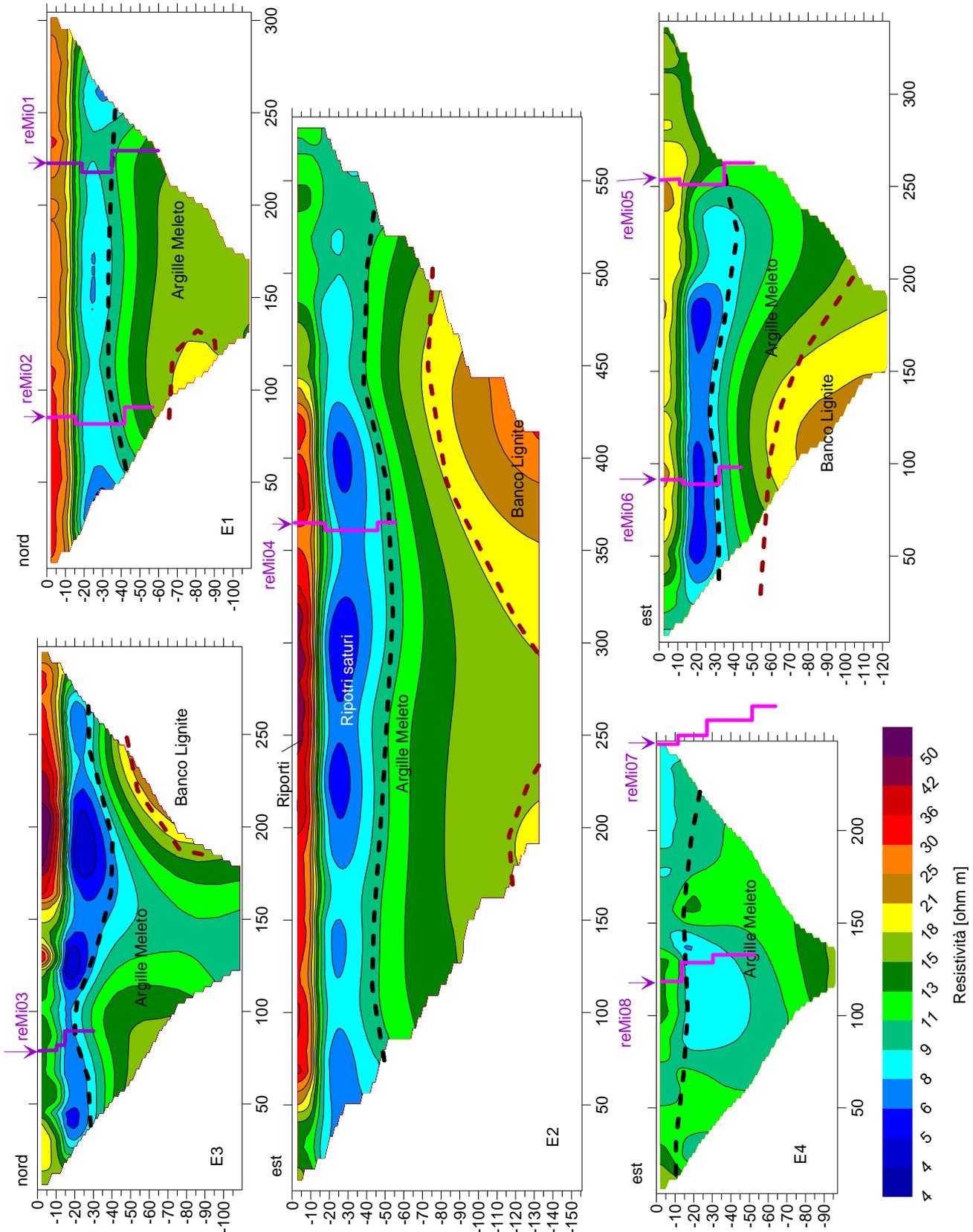
In particolare è emerso come siano riconoscibili i depositi antropici da quelli naturali e come le variazioni dei parametri fisici dei riporti siano riconducibili a variazioni di natura litologica e geotecnica. I riporti superiori (primi 5-15m) sono i materiali che mostrano la maggiore disomogeneità areale in virtù anche della modalità di conferimento.

Il modello geologico-geotecnico finale si otterrà compendiando tutte le informazioni relative alla natura del sottosuolo di cui quelle geofisiche costituiscono solo una parte. Essa consente tuttavia di ottenere una visione complessiva di notevole importanza per il corretto inserimento di tutti i dati puntuali.

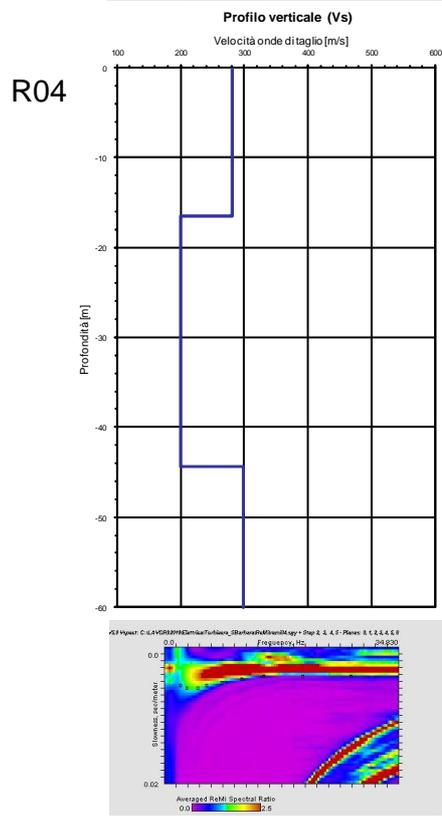
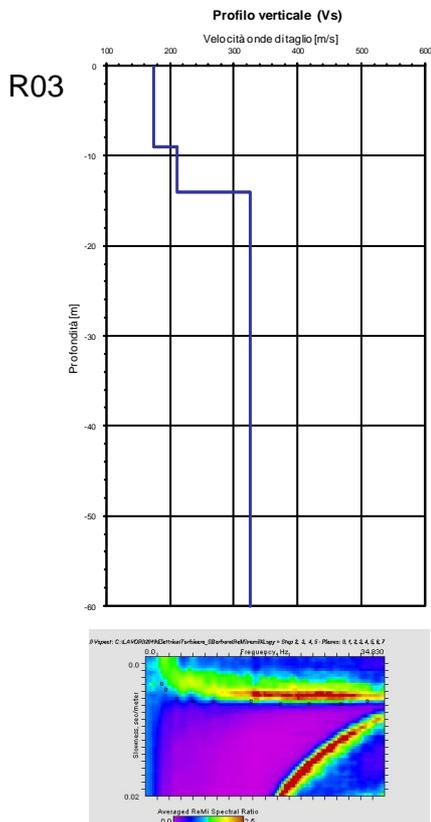
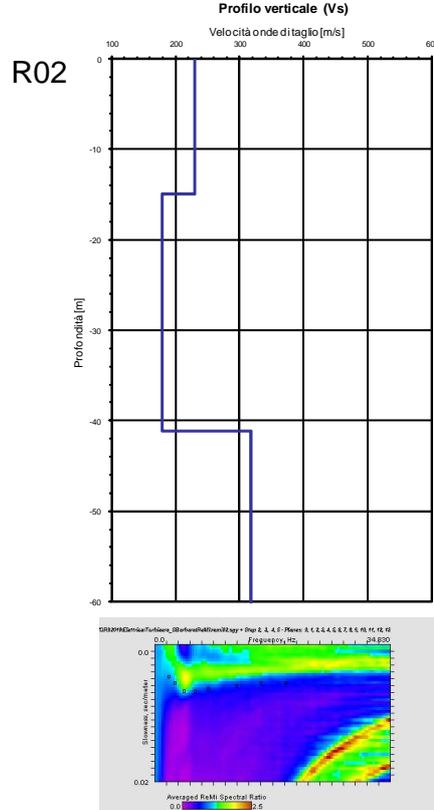
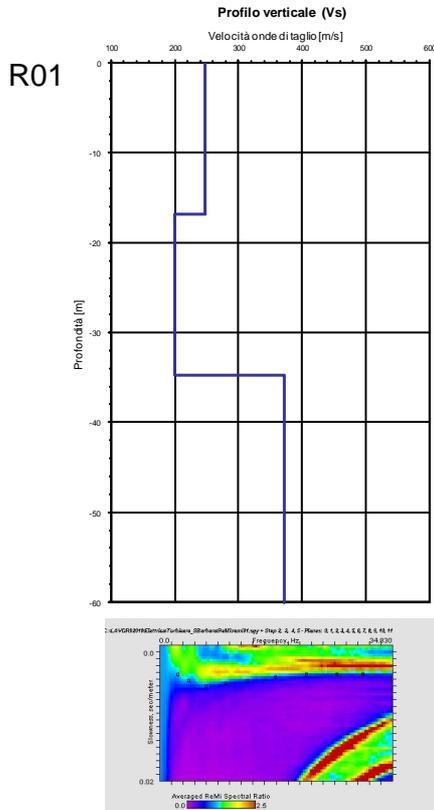
## 5 ATLANTE FOTOGRAFICO

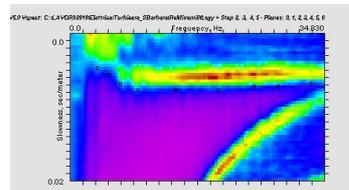
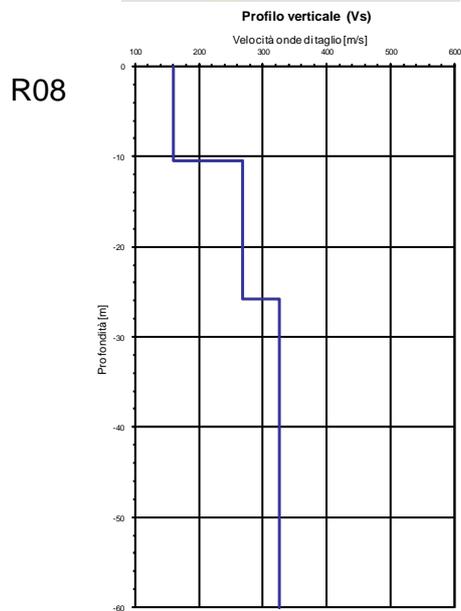
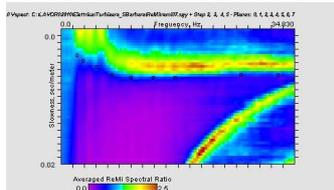
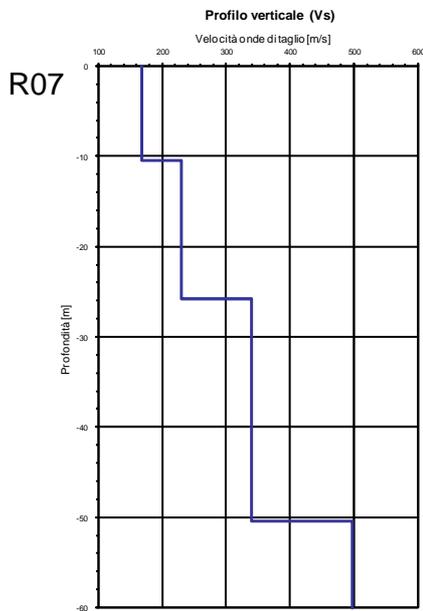
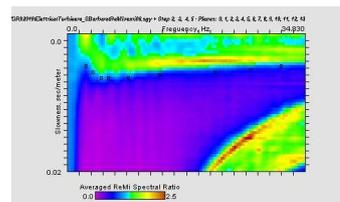
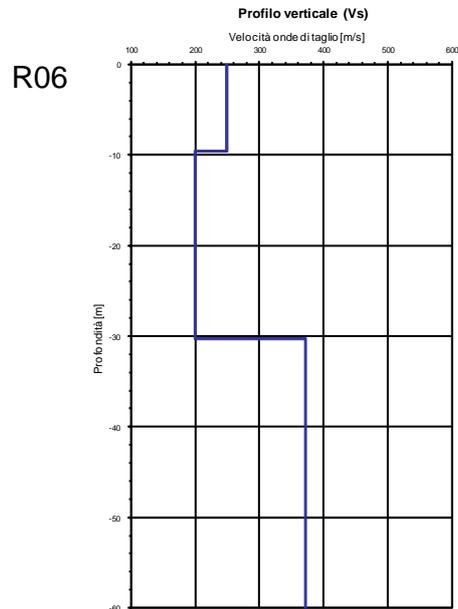
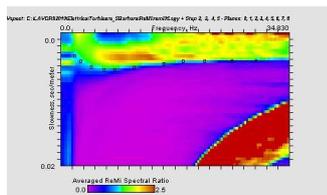
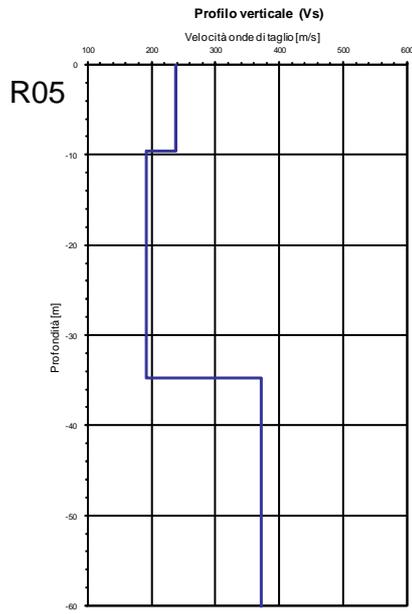














## 6 UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

