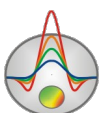


**Programma di interpretazione unidimensionale dei dati
dei sondaggi magnetotellurici (sondaggio MT, AMT e RMT).**

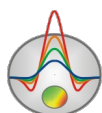
ZONDMT1D

Manuale utente

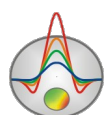


Indice

Scopo e funzionalità del programma.....	4
Novità della versione 2026.....	5
Requisiti di sistema.....	6
Installazione e rimozione del programma.....	6
Convenzioni adottate nel programma.....	7
Creazione e apertura del file dati.....	7
Impostazione della linea di profilo o profili per dati areali.....	9
Formato del file di dati testuale mdf.....	12
Finestra di inserimento dei dati di campo (MT Notepad).....	14
Salvataggio dei risultati dell'interpretazione.....	15
Esportazione dati.....	16
<i>Procedura di lavoro con il programma.....</i>	<i>17</i>
Finestra principale del programma.....	17
Barra degli strumenti della finestra principale del programma.....	19
Menu delle funzioni della finestra principale del programma.....	19
Tasti di scelta rapida.....	23
Libreria degli stili del programma.....	24
Finestra delle proprietà del programma (Program setup).....	24
Interpretazione dei dati di campo.....	35
Fitting automatico dei parametri del modello.....	35
<i>Oggetti del programma.....</i>	<i>36</i>
Model editor.....	36
Grafico delle curve teoriche e sperimentali (Data Editor).....	39
Tabella dei parametri (Model table).....	43
Sezione (Section).....	54
Pseudosezione (Pseudosection).....	59
Grafici di profilazione (Profile).....	61
<i>Funzionalità aggiuntive del programma.....</i>	<i>64</i>
Lavoro con dati CSAMT e CSRMT (modifiche con sorgente controllata).....	64
Lavoro con dati areali e visualizzazione 3D.....	65
Introduzione di informazioni a priori.....	71
Post-elaborazione dei dati di campo.....	75
Smoothing del modello.....	77
Opzioni di interpretazione congiunta dei dati di sondaggi MT (AMT, RMT) e VES.....	78



Menu Buffer per il confronto e l'archiviazione dei risultati dell'inversione.....	79
<i>Algoritmi del programma e modifiche della versione 2026.....</i>	<i>80</i>
Modello del mezzo e grandezze osservabili.....	81
Problema diretto MT (onda piana).....	81
Problema diretto con sorgente controllata (CSAMT, CSRMT).....	82
Inversione automatica.....	83
Inversione di profilo Pseudo 2D e areale Pseudo 3D.....	85
Smoothing dei dati di campo.....	86
Correttore di curve AK MT-Corrector.....	87
Matrice di correlazione e intervalli di confidenza.....	88
Nuvola di soluzioni equivalenti (Global search).....	89
Lettura dei file EDI.....	90
Elaborazione delle stazioni.....	90
Parametri-interruttori dei nuovi algoritmi.....	91
Raccomandazioni per l'interpretazione.....	92
<i>Impostazione degli oggetti grafici.....</i>	<i>92</i>
Finestra di dialogo impostazione palette.....	92
Editor degli assi.....	93
Editor dell'insieme di grafici.....	96
Editor del grafico.....	97
Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview).....	99
<i>Editor geologico delle sezioni.....</i>	<i>102</i>
<i>Appendice 1. Formato del file dati litologici.....</i>	<i>106</i>



Scopo e funzionalità del programma

Il programma «ZondMT1D» è destinato all'interpretazione unidimensionale dei dati di profilo dei sondaggi magnetotellurici nelle modifiche MT, AMT e RMT (inclusi quelli con sorgente controllata). L'interfaccia comoda e le ampie possibilità di rappresentazione dei dati consentono di risolvere nel modo più efficace il problema geologico posto.

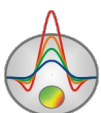
Il programma «ZondMT1D» offre uno strumento comodo per l'interpretazione automatica e semiautomatica (interattiva) dei dati di profilo e può essere utilizzato su personal computer compatibili IBM PC con sistema operativo Windows.

La resistività elettrica (resistività), misurata in ohmmetri (Ωm), caratterizza la capacità delle rocce di opporre resistenza elettrica al passaggio di corrente ed è la proprietà elettromagnetica più universale. Essa varia nelle rocce e nei minerali entro limiti molto ampi. Per le rocce sedimentarie, ignee e metamorfiche più diffuse, la resistività dipende dalla composizione mineralogica, dalle proprietà fisico-meccaniche e idrologiche delle rocce, dalla concentrazione di sali nelle acque sotterranee e in misura minore dalla loro composizione chimica, nonché da alcuni altri fattori (temperatura, profondità di giacitura, grado di metamorfismo, ecc.) [Khmelevskoy, 1997].

La resistività elettrica dei minerali dipende dai loro legami intracristallini. Per i minerali-dielettrici (quarzo, miche, feldspati, ecc.) con legami prevalentemente covalenti sono caratteristiche resistività molto elevate. I minerali-semiconduttori (carbonati, solfati, alogenuri, ecc.) hanno legami ionici e si distinguono per resistività elevate. I minerali argillosi (idromiche, montmorillonite, caolinite, ecc.) possiedono legami ionico-covalenti e si distinguono per resistività sufficientemente basse.

I minerali di minerale (nativi, alcuni ossidi) si distinguono per conduttività elettronica e conducono molto bene la corrente. I primi due gruppi di minerali costituiscono lo scheletro "rigido" della maggior parte delle rocce. I minerali argillosi creano uno scheletro "plastico", capace di adsorbire acqua legata, mentre le rocce con minerali "rigidi" possono saturarsi solo di soluzioni e acqua libera, cioè quella che può essere pompata fuori dalla roccia.

La resistività elettrica delle acque sotterranee libere varia da frazioni di Ωm con alta mineralizzazione totale fino a 1000 Ωm con bassa mineralizzazione. La composizione chimica dei sali disciolti nell'acqua non gioca un ruolo essenziale, pertanto dai dati di prospezione elettrica si può giudicare solo della mineralizzazione totale delle acque sotterranee. La resistività elettrica delle acque legate, adsorbite dalle particelle solide della roccia, è bassa e varia poco (da



1 a 100 Ωm). Ciò si spiega con la loro mineralizzazione sufficientemente costante (3-1 g/l). La mineralizzazione media delle acque dell'oceano mondiale è pari a 36 g/l.

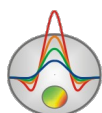
Poiché l'acqua di poro (libera e legata) si distingue per una resistività elettrica significativamente più bassa rispetto allo scheletro minerale della maggior parte dei minerali, la resistività delle rocce praticamente non dipende dalla sua composizione mineralogica, ma è determinata da parametri delle rocce quali porosità, fratturazione, saturazione d'acqua. Con il loro aumento la resistività delle rocce diminuisce a causa dell'aumento degli ioni nell'acqua sotterranea. Pertanto la conducibilità elettrica della maggior parte delle rocce è ionica (elettrolitica).

Con l'aumento della temperatura di 400, la resistività diminuisce di circa 2 volte, il che si spiega con l'aumento della mobilità degli ioni. Al congelamento la resistività delle rocce aumenta bruscamente, poiché l'acqua libera diventa praticamente un isolante e la conducibilità elettrica è determinata solo dall'acqua legata, che congela a temperature molto basse (inferiori a -500 C). L'aumento della resistività al congelamento di rocce diverse è diverso: aumenta di diverse volte per le argille, fino a 10 volte per le rocce dure, fino a 100 volte per i limi e le sabbie limose e fino a 1000 e più volte per le sabbie e le rocce clastiche grossolane.

Nonostante la dipendenza della resistività da numerosi fattori e l'ampio intervallo di variazione in rocce diverse, le regolarità fondamentali della resistività sono stabilite abbastanza chiaramente. Le rocce ignee e metamorfiche sono caratterizzate da resistività elevate (da 500 a 10000 Omm). Tra le rocce sedimentarie hanno resistività elevate (100 - 1000 Omm) il salgemma, i gessi, i calcari, le arenarie e alcune altre. Le rocce sedimentarie clastiche, di regola, hanno una resistività tanto maggiore quanto maggiore è la dimensione dei grani che compongono la roccia, cioè dipendono prima di tutto dal contenuto di argilla. Passando dalle argille ai limi, alle sabbie limose e alle sabbie, la resistività cambia da frazioni e prime unità di ohmmetri alle prime decine e centinaia di ohmmetri [Khmelevskoy, 1997].

Novità della versione 2026

Nella versione 2026 è stata eseguita una verifica completa dei moduli computazionali del programma: problemi diretti del sondaggio MT e della sorgente controllata, inversione monodimensionale e di profilo (Pseudo 2D/Pseudo 3D), procedure di smoothing dei dati, correttore di curve AK MT-Corrector, calcolo della matrice di correlazione e della nuvola di soluzioni equivalenti. Gli errori trovati sono stati corretti, le procedure più dispendiose in termini di tempo sono state accelerate senza modificare i modelli fisici utilizzati e i filtri digitali. Una



descrizione dettagliata degli algoritmi, delle correzioni apportate e dei nuovi parametri è fornita nella sezione «Algoritmi del programma e modifiche della versione 2026».

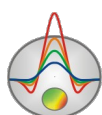
- Regolarizzazione per smoothness nell'inversione monodimensionale e in Pseudo 2D/3D: un piccolo termine stabilizzante viene ora introdotto nella matrice C^TC , e non nelle righe dell'operatore C , quindi non distorce più le differenze tra strati adiacenti.
- Sorgente controllata (CSAMT/CSRMT): corretto il segno delle correnti di spostamento, corretta l'allocazione della memoria (errore durante il lavoro su un singolo core e quando si salta la prima frequenza), accelerata la somma degli integrali di Hankel (stesso filtro), le derivate sono state verificate con differenze finite.
- La matrice di correlazione per i dati con sorgente controllata viene ora calcolata sulle derivate per la sorgente, e non sulle derivate dell'onda piana.
- La ricerca globale (nuvola di equivalenza) tiene conto della fase con spessori fissi e funziona correttamente quando vengono regolati solo gli spessori.
- La lettura dei file EDI viene eseguita dalla memoria in un'unica passata sul disco; il formato e l'insieme di blocchi supportati non sono cambiati.
- Smoothing settings e AK MT-Corrector sono stati accelerati; corretti errori nella selezione delle componenti e dei limiti dell'intervallo di frequenza.
- Inversione Pseudo 2D/3D: operatore veloce, matrice di Gram a blocchi, risolutore diretto a banda e preconditionatore di Jacobi a blocchi; corretto il calcolo dello static shift.

Requisiti di sistema

Il programma «ZondMT1D» può essere installato su un computer con sistema operativo Windows XP e superiori. Parametri di sistema raccomandati: processore P IV-2 GHz, 512 MB di memoria, risoluzione dello schermo 1024 X 768, modalità colore - True color. (Non modificare la risoluzione dello schermo durante il lavoro con i dati).

Installazione e rimozione del programma

Il programma «ZondMT1D» viene fornito tramite Internet. Il pacchetto di fornitura include il presente Manuale. Gli ultimi aggiornamenti del programma possono essere scaricati dal sito www.zond-geo.com.



Per installare il programma copiarlo nella directory desiderata (ad esempio, «Zond»). Per installare l'aggiornamento è sufficiente sovrascrivere la nuova versione del programma su quella vecchia.

Prima del primo avvio del programma è necessario installare il driver della chiave di protezione SenseLock. Per fare ciò aprire la cartella SenseLock (il driver può essere scaricato dal sito) e avviare il file InstWiz32.exe. Dopo aver installato il driver inserire la chiave. Se tutto è a posto nella barra di sistema inferiore apparirà un messaggio che la chiave è stata rilevata.

Per rimuovere il programma cancellare la cartella di lavoro del programma.

Convenzioni adottate nel programma

Ro_a – resistività apparente.

Phi - fase dell'impedenza, in gradi. Numero positivo (1° quadrante, 0-90 gradi).

Periodo, grandezza inversa della frequenza alla quale è stata effettuata la misurazione, in secondi.

Pseudopropfondità – profondità di investigazione approssimativa, legata allo spessore dello skin-layer.

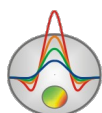
Tutte le grandezze geometriche del programma sono definite in chilometri.

Creazione e apertura del file dati

Per iniziare a lavorare con il programma «ZondMT1D» è necessario creare un file di dati di un formato specifico, contenente informazioni sui periodi di misurazione (in secondi) e i valori di resistività apparente e fase. Di solito un file contiene dati per un profilo di osservazione.

Come elemento di dati nel programma «ZondMT1D» si considera la curva di dipendenza della resistività apparente o della fase dal periodo. Pertanto i dati devono essere presentati come insieme di curve di sondaggio.

Field data files	Aprire file dati formato Zond, USF o MT
Project data files	Aprire file progetto formato Zond
Model data files	Aprire file modello
EDI data files	Aprire file formato EDI



J data files	Aprire file formato J
StrataGem data files	Aprire file StrataGem (*.*)
Zonge AVG files	Caricare un file di testo con estensione AVG, contenente i risultati delle misurazioni, ottenuti con l'apparecchiatura Zonge
EDI packet	Caricare file con dati batch formato EDI. Questa variante EDI viene utilizzata piuttosto raramente

I file di testo dei dati, organizzati nel formato del programma «ZondMT1D», hanno l'estensione «*.mdf» e «*.mdp». Il formato del file di dati è descritto in dettaglio nella sezione formato file di dati.

Per il corretto funzionamento del programma il file di dati non deve contenere:

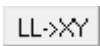
- curve con meno di 3 periodi
- simboli non standard che separano i record nella riga (utilizzare i simboli TAB o SPACE)
- valori assurdi dei parametri di misura

È consigliabile che il numero totale di misurazioni contenute in un singolo file non superi 50000, ciò influisce sulla velocità di lavoro. All'apertura di un file con estensione «*.mdp» vengono caricati non solo i dati di campo, ma anche il modello corrispondente all'interpretazione precedentemente eseguita.

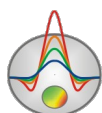
Il programma supporta anche i formati di dati più diffusi: EDI, Stratagem e J file. Per aprire questi file selezionare la voce corrispondente nel menu a discesa. Con la voce Field data file selezionata, il programma consente anche di importare file USF (Universal soundings format) e *.mt.

Nel caso in cui il file di origine non contenga dati sulle coordinate delle stazioni, all'apertura del file appare la finestra Stations locations (Fig. 1). In questa finestra l'utente può inserire le coordinate dei punti manualmente, copiarle da Excel o caricare un file di testo con le coordinate, utilizzando il pulsante .

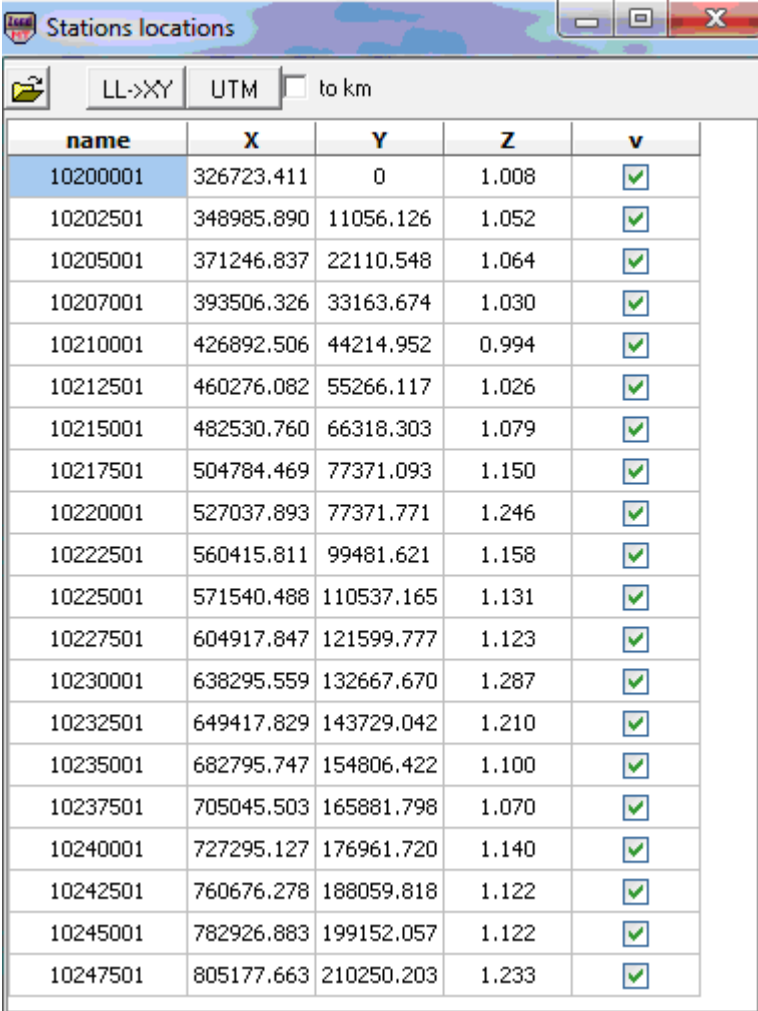
I pulsanti sulla barra degli strumenti consentono di eseguire le seguenti trasformazioni di coordinate:

 - ricalcolare le coordinate geografiche in rettangolari

 - trasformazione delle coordinate geografiche nel sistema UTM



☐ to km - impostare le unità di misura. Per impostazione predefinita le coordinate e le altezze sono espresse in metri, se si attiva il flag - in chilometri.

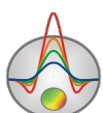


name	X	Y	Z	v
10200001	326723.411	0	1.008	☒
10202501	348985.890	11056.126	1.052	☒
10205001	371246.837	22110.548	1.064	☒
10207001	393506.326	33163.674	1.030	☒
10210001	426892.506	44214.952	0.994	☒
10212501	460276.082	55266.117	1.026	☒
10215001	482530.760	66318.303	1.079	☒
10217501	504784.469	77371.093	1.150	☒
10220001	527037.893	77371.771	1.246	☒
10222501	560415.811	99481.621	1.158	☒
10225001	571540.488	110537.165	1.131	☒
10227501	604917.847	121599.777	1.123	☒
10230001	638295.559	132667.670	1.287	☒
10232501	649417.829	143729.042	1.210	☒
10235001	682795.747	154806.422	1.100	☒
10237501	705045.503	165881.798	1.070	☒
10240001	727295.127	176961.720	1.140	☒
10242501	760676.278	188059.818	1.122	☒
10245001	782926.883	199152.057	1.122	☒
10247501	805177.663	210250.203	1.233	☒

Fig. 1 **Finestra Stations locations. Impostazione delle coordinate dei punti di sondaggio**

La tabella dei punti di sondaggio contiene le seguenti colonne: Name - nome del file di origine, X,Y,Z - coordinate e altezza del punto, v - includere o escludere il punto.

Impostazione della linea di profilo o profili per dati areali



Dopo il caricamento dei file di dati, il programma propone di impostare la linea/linee del profilo nella finestra Line settings (Fig. 2), in cui viene visualizzata la posizione dei punti di sondaggio sull'area. È possibile impostare sia una singola linea di profilo che più linee.

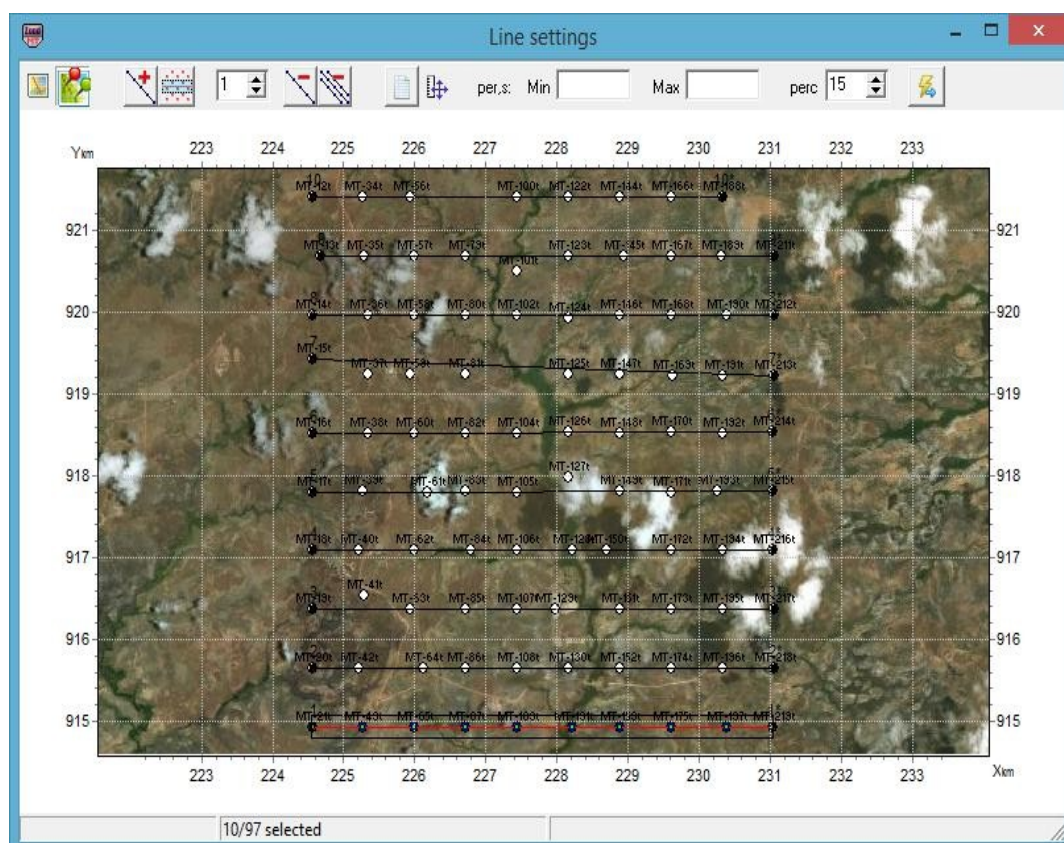
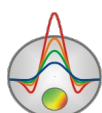


Fig. 2 Finestra di dialogo Line settings per impostare la linea/linee del profilo, lavoro con dati areali

Il pannello principale della finestra contiene le seguenti funzioni:

	Caricare un file raster di mappa (Load map) oppure tracciare le isolinee della topografia (Draw topography).
	Carica la mappa dell'area da internet. Le coordinate delle stazioni devono essere espresse in coordinate UTM. In caso di problemi con il caricamento inserire una chiave aggiornata nel campo Bing maps api_key.
	Aggiungere linea di profilo. Con il tasto sinistro del mouse si impostano i punti della linea di profilo, con il tasto destro – si imposta l'ultimo punto. Il clic destro del mouse richiama un menu aggiuntivo. Premendo il tasto destro del mouse compare un menu contestuale che consente di impostare le coordinate della

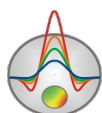


	linea, mantenere il cursore vicino ai punti, invertire la linea e tracciare linee automaticamente.
	Includere i punti di sondaggio nel profilo automaticamente. Vengono inclusi i punti che ricadono nell'area rettangolare intorno alla linea impostata.
	Impostare il numero del profilo attivo.
	Eliminare il profilo corrente.
	Eliminare tutti i profili.
	Aprire e modificare la tabella delle coordinate (dialogo Stations locations).
	Scegliere la scala di visualizzazione ad assi uguali o con riempimento massimo dell'area della finestra.
Frq: Min-Max	Impostare rispettivamente la frequenza minima e massima dei sondaggi. Le misurazioni al di fuori dell'intervallo selezionato non verranno caricate nel programma.
perc	Impostare la dimensione dell'area di selezione automatica dei punti di sondaggio nel profilo
	Passare alla modalità di inversione dei dati per il sistema di profili selezionato

Il programma consente di impostare più profili. Dopo l'impostazione del profilo e la selezione dei punti lungo di esso, tutti i punti inclusi nel profilo saranno visualizzati in colore blu. Si può anche escludere/includere un punto nel profilo tramite clic del tasto sinistro del mouse. Se la linea di profilo non passa direttamente attraverso i punti, la posizione della proiezione del punto di sondaggio sul profilo sarà visualizzata in colore verde. Dopo l'impostazione del profilo è necessario premere il pulsante di passaggio alla modalità di interpretazione dei dati , dopodiché apparirà la finestra principale del programma.

I dati, di norma, contengono informazioni per le modalità TM e TE. Dopo il caricamento sulla barra degli strumenti appariranno pulsanti aggiuntivi che consentono di selezionare il tipo di polarizzazione dei dati.

	Utilizzare i dati della modalità TM
	Utilizzare i dati della modalità TE
	Utilizzare le curve effettive (condizionalmente medie tra TM e TE)



Formato del file di dati testuale mdf

Il programma presenta un formato di dati universale, che include informazioni sulle coordinate e le altezze relative dei punti di sondaggio.

Formato dati del programma «ZondMT1D» data files (estensione *.mdf).

La prima riga - deve contenere la sequenza dei periodi (in secondi) ai quali sono state effettuate le misurazioni (in ordine crescente).

Seguono poi i record contenenti informazioni su ciascun punto di sondaggio sul profilo, raggruppati nei blocchi descritti di seguito.

Blocco di descrizione del punto di sondaggio

Prima riga - indicatore di inizio del blocco di descrizione del punto di sondaggio (deve contenere il record «{»).

Seconda riga - nome del punto di sondaggio.

Terza riga - parametri aggiuntivi del sondaggio.

Il primo record - coordinata del punto di sondaggio lungo il profilo, il secondo record - dislivello topografico (numero positivo; l'altezza minima è presa uguale a 0, le altre sono calcolate come elevazioni sopra di essa (in metri)).

La quarta e la quinta riga contengono, propriamente, le misurazioni di campo.

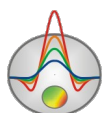
Ciascuna delle righe descritte deve iniziare con un record-chiave che indica al programma a quale tipo di dati attribuire i valori che seguono.

Valori delle chiavi di controllo che specificano il tipo di dati:

«Ro_a» –Resistività apparente.

«Phi» – Fase dell'impedenza (deve essere un numero positivo).

Se alla chiave viene aggiunto «_w» - in tale riga vengono specificati i pesi delle singole misure.



Il numero e la sequenza delle registrazioni nelle righe devono corrispondere rigorosamente al sistema di osservazioni descritto nella seconda e terza riga del file. In assenza di una misura su un determinato periodo, il suo valore viene sostituito con il simbolo «*».

Sesta riga – indicatore di fine del blocco di descrizione del punto di sondaggio (deve contenere la registrazione «}»).

La registrazione delle stazioni deve essere effettuata nella sequenza in cui sono disposte sul profilo (in ordine crescente di coordinata).

Quando si lavora con sorgente controllata, secondo lo schema mostrato in Fig. 3, nella prima riga del file occorre scrivere la parola chiave: controlled source. Dopo la chiave è necessario introdurre in sequenza le coordinate dell'inizio e della fine della linea di alimentazione: Ax Ay Bx By.

Ad esempio:

controlled source AB= -10000 -1000 -10000 1000

Inoltre, nel blocco di descrizione della stazione, dopo la riga con le coordinate, è necessario introdurre la posizione della linea ricevente e dell'antenna. Ad esempio:

EMN= 0 -0.5 0 0.5 Hc= 0 0 Hdir= 1 0

Dove EMN – quattro registrazioni - inizio e fine della linea ricevente Mx My Nx Ny, Hc – coordinate X e Y dell'antenna magnetica e Hdir – coseni direttori dell'antenna.

```
{
station1
0.0 1.0
EMN= 0 -0.5 0 0.5 Hc= 0 0 Hdir= 1 0
ro_a 37.016 36.857 44.230 48.167 52.694 61.749 72.687 76.278 79.726 83.422
phi 49.985 43.093 37.668 36.851 36.516 36.915 38.421 39.039 39.749 41.216
}
```

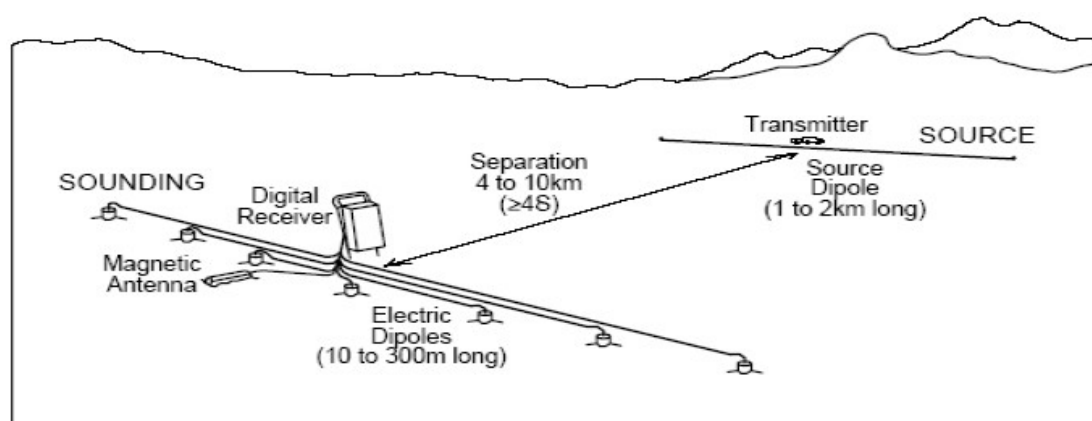
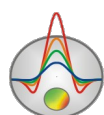


Fig. 3

Schema di sondaggio con sorgente controllata



Finestra di inserimento dei dati di campo (MT Notepad)

La finestra di dialogo è destinata all'inserimento di nuovi dati ed è accessibile nel menu principale del programma File/MT Notepad. In Fig. 4 è mostrata la finestra di dialogo dell'opzione MT Notepad.

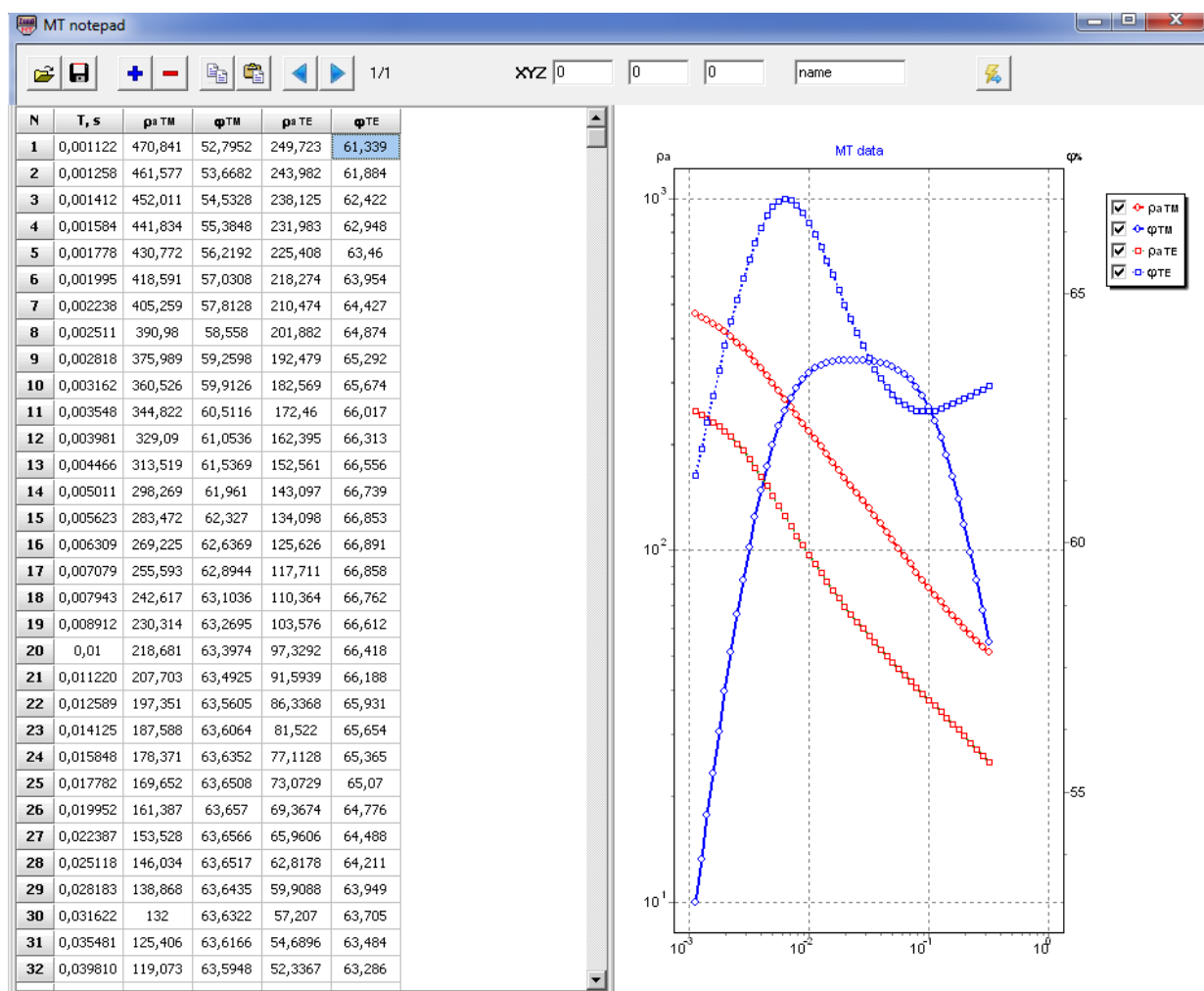
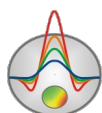


Fig. 4 Finestra di dialogo MT Notepad

La barra degli strumenti della finestra contiene i seguenti pulsanti:

	Apri file di dati per un singolo sondaggio o database per più sondaggi in formato *.txt
	Salva file per un singolo sondaggio o database per più sondaggi in formato *.txt



	Aggiungi punto di sondaggio
	Elimina il punto di sondaggio corrente
	Copia dati negli appunti
	Incolla dati nella stazione corrente dagli appunti
	Passa al punto adiacente
	Crea progetto e passa alla modalità interpretazione

I dati possono essere copiati nella tabella dall'applicazione MS Excel.

Nel campo XYZ è necessario specificare le coordinate del punto di sondaggio, nonché il nome del punto (campo «name» in Fig. 4).

Nell'area sinistra della finestra si trova una tabella contenente le seguenti colonne: la prima colonna T,s – periodo in secondi, quindi seguono le colonne contenenti i valori delle resistività apparenti (ρ_{aTM} e ρ_{aTE}) e delle fasi dell'impedenza (ϕ_{TM} e ϕ_{TE}) per le corrispondenti frequenze.

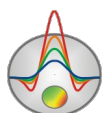
Utilizzare il pulsante  per creare i punti di sondaggio successivi. Dopo aver impostato tutti i parametri, premere il pulsante  per passare all'inversione.

Salvataggio dei risultati dell'interpretazione

Il risultato dell'interpretazione del profilo dati è memorizzato nel file «ZondMT1D» project files (estensione *.mdp). In questo file è memorizzato il nome del file con i dati di campo, i parametri selezionati e i limiti di variazione dei parametri per ciascun punto di sondaggio e molte altre impostazioni. Per salvare il risultato dell'interpretazione, si può premere il pulsante  della barra degli strumenti o la voce di menu corrispondente (File/Save data). Con l'opzione di salvataggio automatico attivata, il risultato dell'interpretazione verrà salvato automaticamente dopo un intervallo di tempo specificato.

Possibili varianti di salvataggio dei dati:

Project data files	Salvare il progetto corrente in un file mdp.
Field data files	Salvare i valori misurati in un file di testo mdf
XYZ model file	Salvare il modello del mezzo in un file tabulare



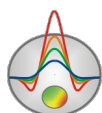
Section file	Salvare il modello corrente in formato sec (immagine grafica con riferimento degli angoli). Questo tipo di file può essere utilizzato come sfondo.
Project with calculated	Salvare il progetto corrente in un file, sostituendo i dati osservati con quelli calcolati.

Esportazione dati

Il programma «ZondMT1D» consente di esportare i dati in formato MS Excel, Auto CAD, nonché di creare file per l'utilizzo in altri programmi Zond. Questa funzione è accessibile nella scheda File/Export to.

Sono disponibili le seguenti opzioni di esportazione:

Excel report	Creare un file contenente informazioni di report per ogni punto di sondaggio, informazioni sulla distribuzione in frequenza dei valori misurati e calcolati di resistività apparente e fase dell'impedenza, coordinate del punto di sondaggio, ecc.
Excel map	Creare un file contenente il nome delle stazioni, le loro coordinate e i valori di resistività (calcolata) e la posizione della base di ciascuno degli strati in ogni punto di sondaggio (comodo per costruire mappe areali della distribuzione del parametro).
Pseudo BH data	Creare un file crt contenente i risultati dell'interpretazione sotto forma di colonne di pozzo. Tale file può essere aperto in un altro programma Zond per confronto.
SEG-Y file	Esportare il modello in un file formato Seg-Y.
CAD section	Esportazione di modelli in un file del programma AutoCad formato *.dxf.
MOD1D file	Salvare il modello in un file con estensione *.mod1d per uso successivo in altri programmi Zond.
Joint_inv file	Creare un file di dati per inversione congiunta, che può essere utilizzato da altri programmi unidimensionali Zond.



Quando si seleziona l'opzione Export/Pseudo BH data viene creato un set di dati nel formato dei dati di carotaggio e litologia. Questi dati sono utili da utilizzare, ad esempio, come riferimento nell'interpretazione di altri metodi nei programmi Zond, o nell'interpretazione di dati su profili adiacenti. In questo caso, i dati vengono caricati come colonne litologiche, la cui scala di colori corrisponde ai valori di resistività (Fig. 5).

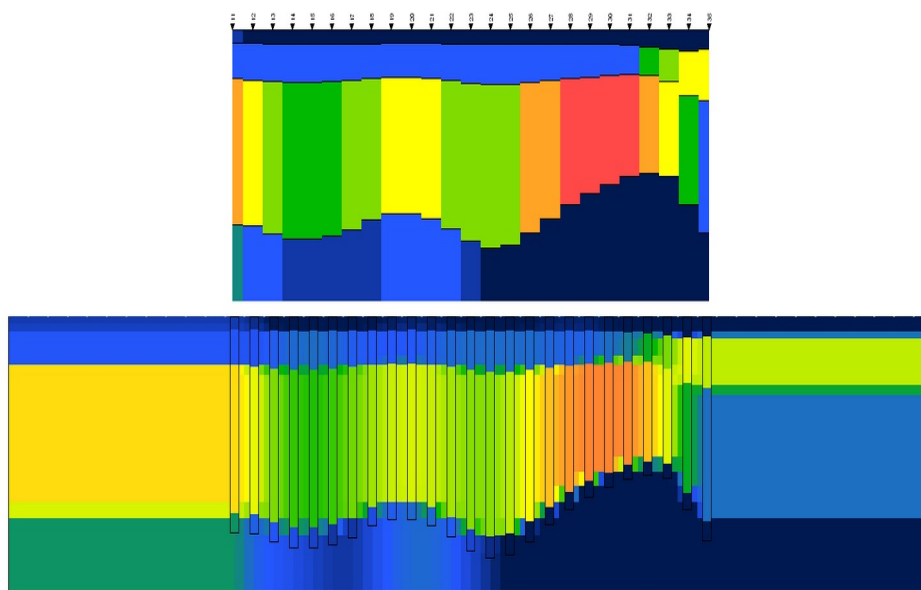


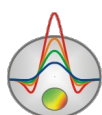
Fig. 5 **Esempio di utilizzo dell'opzione Export/Pseudo BH data**

Per confrontare i risultati di diversi metodi è possibile utilizzare anche la funzione di esportazione MOD1D file. Quando si utilizza questo file in un altro programma Zond o per un altro profilo durante un rilievo areale, il modello così salvato verrà caricato come nuovo modello.

Procedura di lavoro con il programma

Finestra principale del programma

Dopo il caricamento riuscito del/dei file, sulla barra degli strumenti della finestra principale del programma si attivano i pulsanti funzionali per lavorare con i dati, e nella sezione destra della barra di stato appare una breve informazione sul primo punto di sondaggio (Fig. 6). Spostando il cursore del mouse sulle finestre create durante il lavoro con il programma, nella sezione sinistra



della barra di stato della finestra principale vengono visualizzate le coordinate corrispondenti agli assi propri di quella finestra. La pressione del primo pulsante di sistema della finestra , indicata nello schema come "impostazione degli oggetti" richiama il menu contestuale, che consente di richiamare la finestra di dialogo delle impostazioni per ciascuno degli oggetti contenuti nella finestra. L'ordine di modifica degli oggetti è descritto in dettaglio nelle rispettive sezioni (Editor del modello, Sezione, Tabella dei parametri, Pseudosezione, Grafici di profilazione, Grafico delle curve teoriche e sperimentali).

Il secondo  e il terzo  pulsante permettono di spostarsi da un punto di sondaggio all'altro.

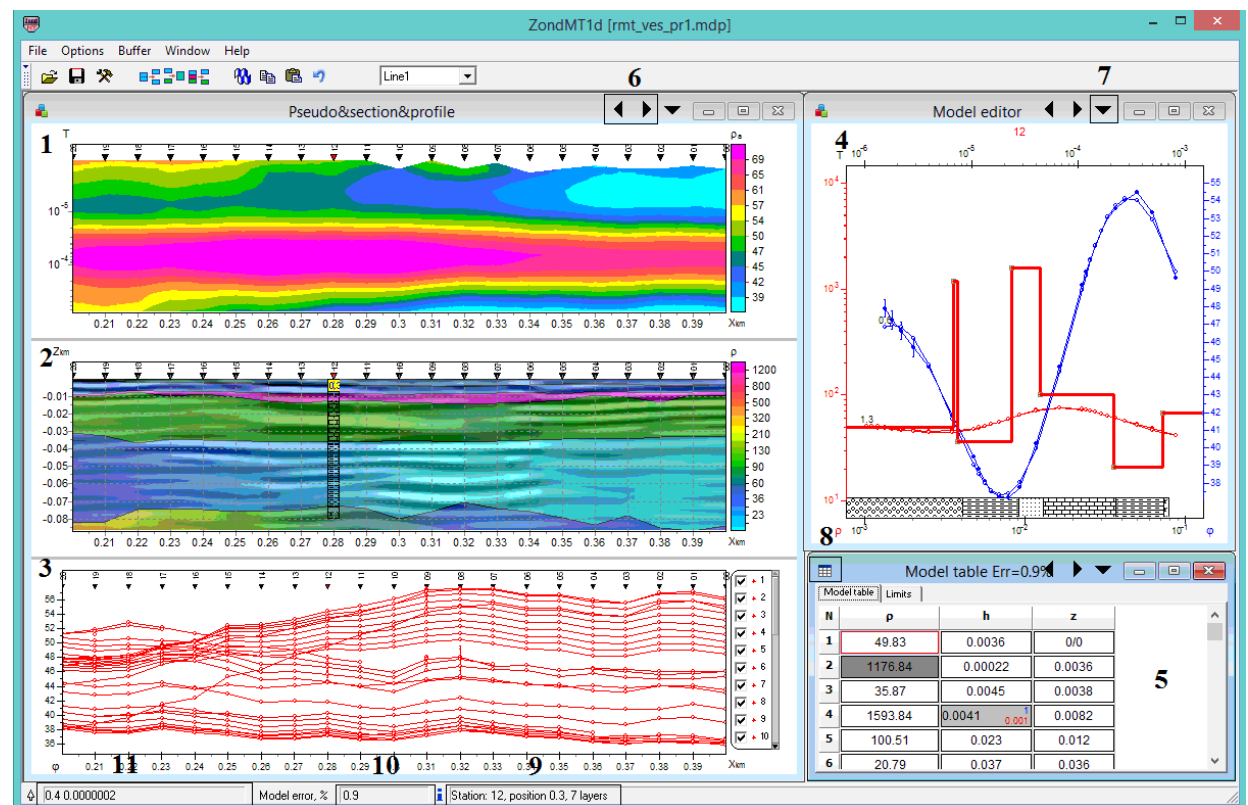
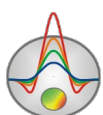


Fig. 6 Finestra principale del programma. I numeri indicano le seguenti finestre: 1 – pseudosezione, 2 – sezione, 3 – grafici di profilatura, 4 – editor del modello, 5 – tabella dei parametri; 6 – pulsanti di passaggio da un punto all'altro, 7 – pulsante di configurazione oggetti, 8 – pulsante opzioni aggiuntive, 9 – informazioni sul punto di sondaggio, 10 – errore di fit, 11 – posizione del cursore

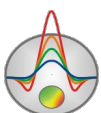


Barra degli strumenti della finestra principale del programma

La barra degli strumenti serve per richiamare rapidamente le funzioni più utilizzate nel programma. Contiene i seguenti pulsanti funzionali (da sinistra a destra):

	Aprire file di dati o progetto
	Salvare i risultati dell'interpretazione o altri dati.
	Avviare la finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri del programma.
	Unire due strati in uno con spessore pari alla somma degli spessori di entrambi.
	Aggiungere uno strato. Lo strato selezionato dall'utente viene diviso in due con spessori uguali (in scala logaritmica).
	Eliminare lo strato selezionato.
	Premendo il pulsante destro del mouse: visualizzare un menu popup in cui è necessario scegliere per quali punti verrà eseguita l'inversione: current – per il punto corrente, to end – dal punto corrente fino alla fine del profilo, to start – dal punto corrente fino all'inizio del profilo. Premendo il pulsante sinistro del mouse: avviare l'inversione nella direzione scelta o per il punto corrente.
	Copiare negli appunti il modello al picchetto corrente.
	Il tasto destro del mouse richiama un menu a comparsa con le seguenti opzioni: To end - copiare il modello dagli appunti nella stazione corrente e in tutte le successive (fino alla fine del profilo); To start - copiare il modello dagli appunti nella stazione corrente e in tutte le precedenti (fino all'inizio del profilo); unfixed only – copiare solo i parametri non fissati.
	Annullare l'ultima azione sulla stazione corrente.
	Selezione del profilo (quando si lavora con dati areali).
	Utilizzare i dati della modalità TM.
	Utilizzare i dati della modalità TE.
	Utilizzare le curve effettive.

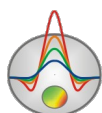
Menu delle funzioni della finestra principale del programma



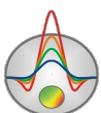
Se durante il lavoro con il programma è necessario richiamare un suggerimento su una funzione del menu, ciò si fa premendo il pulsante destro del mouse su quell'opzione.

Di seguito sono elencati i nomi delle voci di menu e il loro scopo:

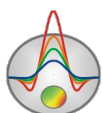
File	MT Notepad	Aprire la finestra di dialogo per l'inserimento dei dati di campo (dettagli).
File	Open data	Aprire file di dati o progetto in formato «*.mdf», «*.mdp» o file di altri formati supportati.
File	Save data	Salvare il risultato dell'interpretazione o altri dati.
File	Edit data	Aprire il file di dati utilizzato dal programma nell'editor Notepad.
File	Project information	Aggiungere informazioni sul progetto corrente (Nome della società, luogo di esecuzione dei lavori, nome del progetto, strumentazione, operatore, informazioni aggiuntive, ecc.).
File	Program setup	Avviare la finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri del programma (dettagli).
File	Units in file	Indicare le unità di misura nel file di dati (metri o chilometri).
File	Export to	Esportare dati o modello in (dettagli).
File	Load MOD1D/2D	Caricare un modello da un altro programma Zond o da un altro profilo in formato MOD1D o MOD2D.
File	Print preview	Richiamare la finestra di dialogo per la stampa del modello o dei dati (dettagli).
File	Recent	Aprire uno dei progetti aperti in precedenza.
File	Exit	Uscire dal programma.
Options	Set lines/coordinates	Impostare la linea del profilo(i) (quando si lavora con dati areali) (dettagli).
Options	Plane data	Visualizzare la mappa delle isolinee del parametro selezionato. (per dati areali) (dettagli).
Options	3D fence diagram	Richiamare la finestra di dialogo per la visualizzazione del modello volumetrico. Funziona con dati areali (dettagli).
Options	Geological editor	Richiama l'editor poligonale della sezione, che permette di sovrapporre facilmente oggetti geologici ai risultati dell'interpretazione geofisica (dettagli).



Options	Boreholes	Contiene un sottomenu con opzioni per lavorare con i dati di pozzo.
Options	Boreholes/Create/Edit borehole data	Richiamare la finestra di dialogo per creare (o modificare) colonne di informazioni di pozzo (dettagli)
Options	Boreholes/Load borehole data	Caricare dati di pozzo da un file di formato speciale. Tale file deve essere stato precedentemente salvato in questo o in un altro programma Zond. In questo modo è facile scambiare informazioni sui pozzi tra diversi progetti o programmi
Options	Boreholes/Remove borehole data	Rimuovere dati litologici o di carotaggio dal progetto.
Options	Invert&apriori	Contiene un sottomenu con opzioni aggiuntive per l'inversione e il controllo delle informazioni a priori.
Options	Invert&apriori/Load boundaries	Caricare confini a priori da un file di testo.
Options	Invert&apriori/Set boundaries	Richiama un dialogo ausiliario per inserire un insieme di confini a priori nella sezione. Se si dispone di informazioni precise sulla geometria degli orizzonti geoelettrici, è possibile inserirli tramite mouse. Quando si utilizzano confini a priori si raccomandano le seguenti impostazioni: smooth inversion, m0=median (vedi dettagli).
Options	Invert&apriori/Smooth model	Lisciare il modello corrente nelle direzioni orizzontale e verticale (dettagli).
Options	Invert&Apriori/ Global search	Procedura di ricerca del minimo globale della soluzione. Per eseguire con successo questa procedura è necessario impostare limiti di variazione dei parametri generali e individuali. La procedura non garantisce il raggiungimento del vero minimo globale della soluzione e il successo della sua applicazione dipende dai limiti di variazione dei parametri correttamente impostati.
Options	Data operations	Contiene un sottomenu con opzioni per l'elaborazione dei dati osservati (dettagli).
Options	Data operations/Denoise data	Procedura di correzione automatica dei dati osservati. In questa variante vengono rimossi solo i picchi bruschi sulle



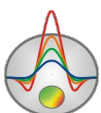
		curve. Si applica all'intero profilo. Si consiglia di salvare preventivamente i dati originali.
Options	Data operations/Smooth data	Procedura di correzione automatica dei dati osservati. In questa variante vengono rimossi i picchi bruschi e viene applicato un leggero lisciamiento delle curve. Si applica all'intero profilo. Si consiglia di salvare preventivamente i dati originali.
Options	Data operations/2D smoothing	Procedura di correzione automatica bidimensionale dei dati osservati. A differenza delle varianti precedenti, nell'analisi vengono utilizzate le caratteristiche delle curve dei sondaggi vicini e vengono soppressi gli static shift delle curve di resistività apparente. La procedura si applica all'intero profilo. Si consiglia di salvare preventivamente i dati originali.
Options	Data operations/Correct phases	Effettuare la correzione delle curve di fase. Ciò è necessario affinché i valori delle fasi si trovino nel primo quadrante (0-90).
Options	Data operations/Recalc eff data	Ricalcolare i valori delle impedenze effettive. È necessario utilizzare questa opzione se le procedure di elaborazione sono state applicate alle componenti dei dati e si pianifica l'inversione delle impedenze effettive.
Options	Data operations/Return original data	Tornare ai dati originali (prima dell'elaborazione).
Options	BiLog scale 1:1	Imposta la scala bilogarithmica per i grafici che visualizzano le singole curve di sondaggio.
Options	Cumulative resistance	Mostrare il grafico della resistività integrale del modello.
Options	Controlled source settings	Impostazioni dei parametri della sorgente controllata (quando si lavora con i metodi CSRMT e CSAMT) (dettagli).
Options	VES data	Contiene un sottomenu per lavorare con i dati di sondaggio elettrico verticale (inversione congiunta).
Options	Load VES data	Caricare i dati VES (dettagli).
Options	Remove VES data	Eliminare i dati VES.



Options	Joint inversion	Attivare la modalità di inversione congiunta con i dati VES.
Options	Display VES Plot	Visualizzare la finestra con le curve VES per la stazione corrente.
Buffer	Model 1,2...5	Salvare o caricare un modello negli/dagli appunti.
Buffer	Open	Aprire in una finestra tutti i modelli salvati negli appunti per la stazione corrente (dettagli).
Window	Tile vertical	Disposizione verticale delle finestre.
Window	Tile horizontal	Disposizione orizzontale delle finestre.
Window	MT "Standard"	Caricamento dello stile "Standard".
Window	MT "Interpretation"	Caricamento dello stile "Interpretation".
Window	MT "Vision"	Caricamento dello stile "Vision".
Window	Default	Disporre le finestre secondo l'impostazione predefinita per lo stile specificato
Help	About	Informazioni sul programma.
Help	Manual	Mostrare il manuale del programma.
Help	Check for updates	Verificare gli aggiornamenti del programma
Help	Error! Clear setting	Riavviare il programma in caso di errore
Help	Bing maps api_key	Se il caricamento automatico della mappa da internet non funziona, l'api-key corrente del programma ha superato il limite consentito di richieste. Si raccomanda di creare un proprio api-key nell'account Bing e inserirlo nel campo di immissione di questa opzione.
Help	Show news	Mostrare gli annunci delle novità di Zond Software.
Help	Send message to us	Inviare un messaggio agli sviluppatori. Il messaggio deve essere digitato in traslitterazione.

Tasti di scelta rapida

[Space]	Richiamare la procedura di fitting automatico del modello per questa stazione
[S]	Aggiungere uno strato. Lo strato selezionato dall'utente viene diviso in due con spessori uguali (in scala logaritmica).



[M]	Unire due strati in uno con spessore pari alla somma degli spessori di entrambi.
[D]	Eliminare lo strato selezionato.
->	Spostarsi alla stazione successiva
<-	Spostarsi alla stazione precedente
[Escape]	Interrompere il processo di fitting automatico.

Libreria degli stili del programma

Per la selezione utilizzare la scheda Window del menu funzioni della finestra principale del programma. La biblioteca contiene 3 varianti di configurazione degli oggetti.

Utilizzando lo stile Standard, l'utente opera simultaneamente con quattro finestre: la prima finestra contiene la pseudosezione, la sezione e i grafici di profilatura (con la possibilità di scegliere il parametro visualizzato), separati da un cursore mobile; nella seconda finestra si trovano i grafici (da uno a tre) di editing del modello; nella terza i grafici (da uno a tre) delle curve teoriche e sperimentali, la quarta finestra è la tabella dei parametri.

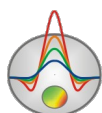
Nello stile Interpretation sono assenti il grafico delle curve teoriche e sperimentali e la finestra dei grafici di profilatura.

Nello stile Vision è assente il grafico delle curve teoriche e sperimentali.

Finestra delle proprietà del programma (Program setup)

La finestra permette di configurare le opzioni di salvataggio automatico del progetto, impostazione del modello iniziale, valori predefiniti e parametri di inversione; viene richiamata dal pulsante  della barra degli strumenti o dalla voce di menu corrispondente (File/Program setup).

Scheda Options



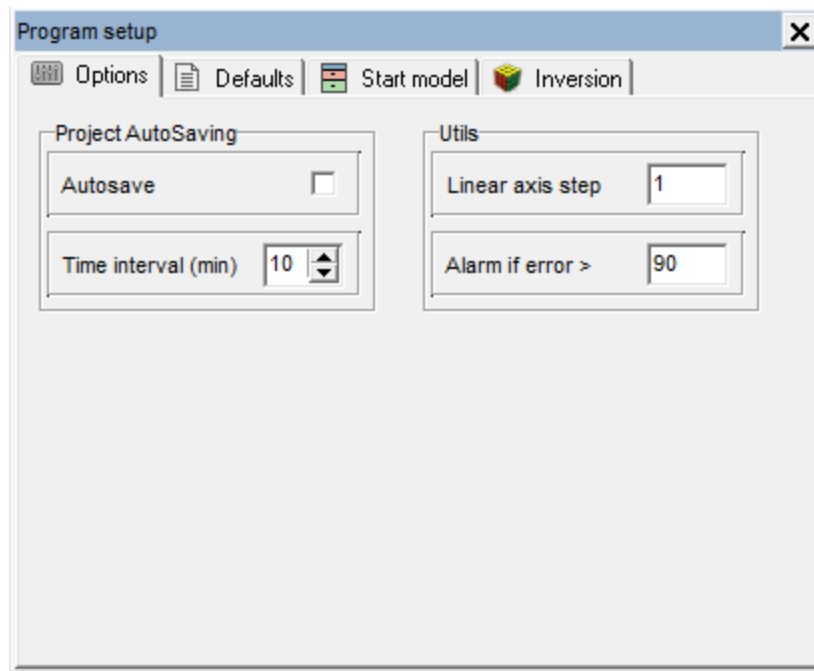


Fig. 7 Finestra Program Setup, scheda Options

Area Project AutoSaving – imposta la modalità di salvataggio automatico del progetto aperto.

Opzione Autosave – attiva la modalità di salvataggio automatico del progetto aperto a intervalli di tempo prestabiliti.

Campo Time interval – imposta l'intervallo di tempo in minuti dopo il quale avviene il salvataggio automatico del progetto (i dati vengono salvati in un file il cui nome è composto dal nome del file aperto, con l'aggiunta di 'Temp').

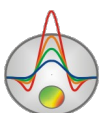
Area Utils – configura parametri aggiuntivi.

Campo Linear axis step – imposta il passo di suddivisione desiderato dell'asse lineare. Questa opzione viene utilizzata per modificare la scala dell'immagine.

Campo Alarm if error > – richiama una finestra di conferma dell'inversione di profilo se l'errore di fit sul picchetto corrente supera il valore specificato nel campo.

Scheda Default

Questa scheda è destinata all'impostazione di vari parametri utilizzati durante il lavoro con il modello. Le righe corrispondono al tipo di parametri degli strati (proprietà e spessore), le colonne alle opzioni (Fig. 8).



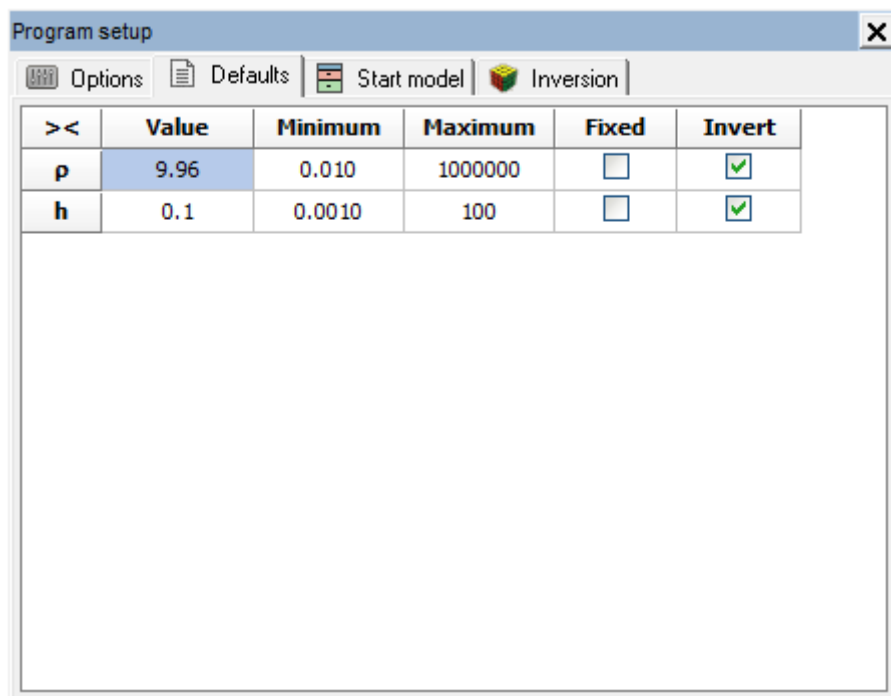


Fig. 8 Finestra Program Setup, scheda Defaults

Prima colonna Value – valore predefinito (utilizzato nell'impostazione del modello iniziale).

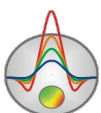
Seconda colonna Minimum – valore del limite inferiore di variazione del parametro predefinito. Utilizzato in Global search, se non sono impostati limiti individuali.

Terza colonna Maximum – valore del limite superiore di variazione del parametro predefinito. Utilizzato in Global search, se non sono impostati limiti individuali.

Quarta colonna Fixed – determina se il parametro di questo tipo deve essere fissato dopo la lettura del file di dati di campo. L'opzione non è attiva durante il caricamento del file di progetto.

Quinta colonna Invert – determina se il parametro di questo tipo deve essere corretto durante il fitting automatico.

Scheda Start model



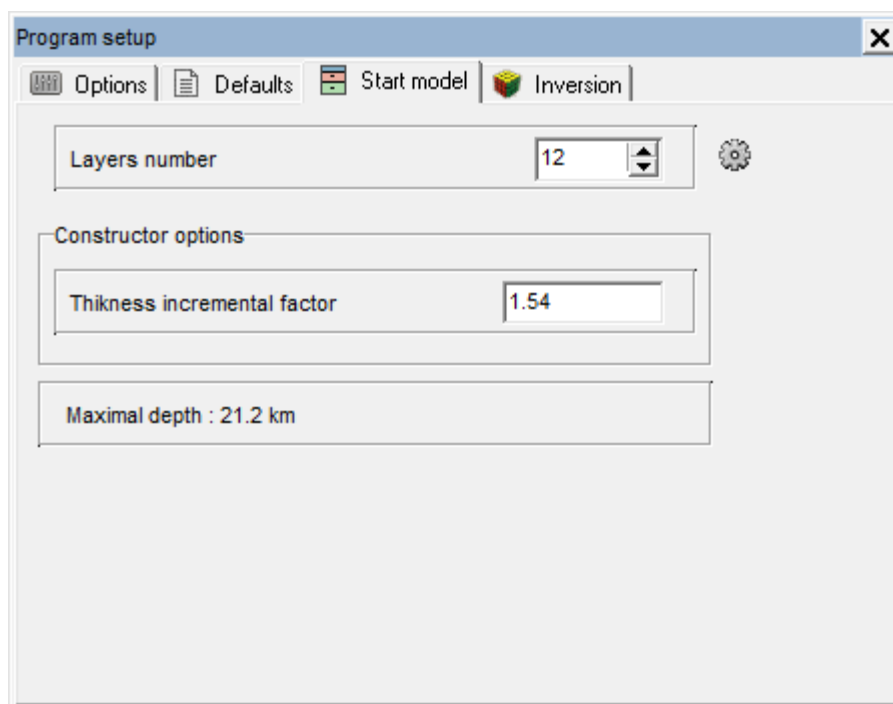


Fig. 9 Finestra Program Setup, scheda Start model

La scheda funge da costruttore del modello iniziale per tutte le stazioni del profilo.

Il numero di strati è specificato nel campo Layers number.

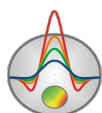
Area Constructor options – contiene opzioni destinate all'impostazione dei parametri iniziali del modello.

Campo Thickness incremental factor – imposta il coefficiente di incremento dello spessore di ogni strato successivo (limiti 1 – 4).

Valore Maximal depth – mostra la profondità massima per i parametri correnti di suddivisione del costruttore del modello.

Dopo aver impostato i parametri del modello iniziale, è possibile applicarli al progetto corrente senza chiudere la finestra di configurazione dei parametri del programma, premendo il pulsante .

Scheda Inversion



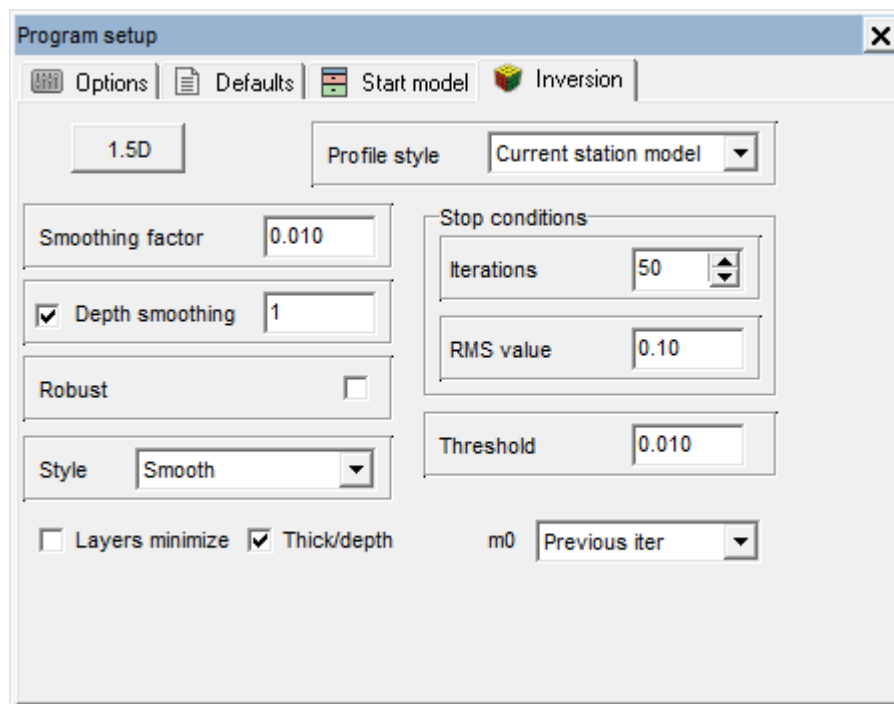


Fig. 10 **Finestra Program Setup, scheda Inversion**

Campo Profile style – determina lo stile del fitting automatico durante l'interpretazione di profilo.

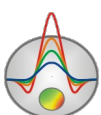
Valore Current station's model – come modello iniziale per il fitting viene utilizzato il modello alla stazione corrente.

Valore Start station's model – come modello iniziale per il fitting viene utilizzato il modello della stazione da cui è iniziata l'interpretazione.

Valore Previous station's model – come modello di partenza per il fitting viene utilizzato il modello della stazione precedente.

Campo Smoothing factor – imposta il valore iniziale del parametro di lisciamiento. Il valore di questo parametro dipende da molti fattori: numero di condizionamento del jacobiano, rapporto segnale-rumore nei valori misurati, numero di parametri del modello da determinare e viene scelto empiricamente. Per dati con alto livello di rumore o per ottenere una distribuzione più liscia si scelgono valori relativamente grandi del parametro di lisciamiento: 0.05 - 10; con alta qualità delle misure si utilizzano valori: 0.005 - 0.01.

Qui sotto (Fig. 11) sono mostrati i modelli ottenuti per tre valori del parametro di lisciamiento (0.01 –blu, 0.05 – rosso, 0.1 - nero).



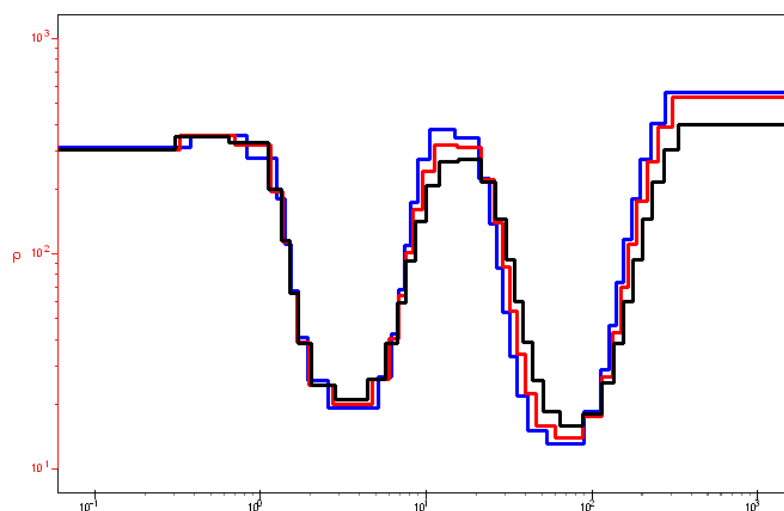


Fig. 11 **Modelli per diversi valori del parametro di lisciamento Smoothing factor (0.01 – blu, 0.1 – rosso, 1 - nero)**

Area Stop conditions - contiene le condizioni di termine del fitting automatico sulla stazione.

Campo di input Iteration s- imposta il numero massimo di iterazioni al raggiungimento del quale il processo di interpretazione automatica si arresta.

Campo RMS value – imposta l'errore di fit minimo al raggiungimento del quale il processo di interpretazione automatica si arresta.

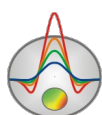
Opzione Depth smoothing - determina il grado di lisciamento del modello con la profondità (se l'opzione è attivata). Maggiore è il valore del parametro (1 - 10), più vengono mediati i parametri degli strati adiacenti nella parte profonda del modello. Viene utilizzato se nell'elenco del tipo di inversione Style è selezionato il valore Smooth o Focused in presenza di forte oscillazione del modello con la profondità.

Opzione Robust – questa opzione va attivata se nei dati sono presenti singoli forti outlier legati a errori di misura.

Opzione Style – tipo di procedura di ricostruzione dei parametri della sezione.

Valore Smooth – inversione con metodo dei minimi quadrati utilizzando operatore di lisciamento e minimizzazione aggiuntiva del contrasto. Come risultato dell'applicazione di questo algoritmo si ottiene la distribuzione più liscia dei parametri. Si raccomanda di utilizzare questo tipo di inversione nelle fasi iniziali dell'interpretazione. Il numero di strati nel modello deve superare significativamente il numero di strati del modello reale. È auspicabile che il numero di strati superi 10 e che i loro spessori siano fissati.

Valore Standard – inversione con metodo dei minimi quadrati con regolarizzazione tramite parametro smorzante. L'algoritmo consente di ottenere un modello del mezzo con confini netti.



L'uso incauto di questa modifica dell'inversione può talvolta portare a ottenere risultati instabili o aumento dello scarto quadratico medio. È meglio applicare questo metodo come raffinamento, dopo aver condotto l'inversione con l'algoritmo Smooth.

Valore Focused – inversione con metodo dei minimi quadrati utilizzando operatore di lisciamento e focalizzazione aggiuntiva del contrasto. Come risultato dell'applicazione di questo algoritmo si ottiene una distribuzione dei parametri a tratti liscia, cioè un modello costituito da strati con resistività costante. Si raccomanda di utilizzare questo tipo di inversione nelle fasi iniziali dell'interpretazione. Il numero di strati nel modello deve superare significativamente il numero di strati del modello reale. È auspicabile che il numero di strati superi 10 e che i loro spessori siano fissati. L'uso incauto dei parametri dell'inversione focalizzante può portare alla divergenza dell'algoritmo e all'ottenimento di modelli instabili.

Nella Fig. 12 i modelli ottenuti mediante tre algoritmi di inversione (standard – nero, focusing – blu, smooth – rosso).

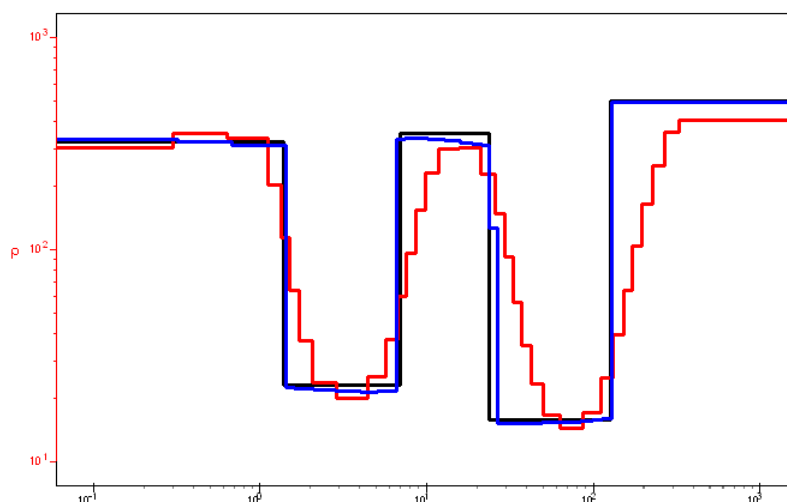
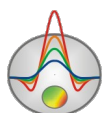


Fig. 12 **Modelli ottenuti utilizzando diversi algoritmi di inversione (Standard – nero, Focused – blu, Smooth – rosso)**

L'opzione Threshold – stabilisce il valore massimo di contrasto tra strati adiacenti, al raggiungimento del quale i parametri di questi strati non vengono mediati tra loro (cioè si considera che tra gli strati passi un confine). I valori di questo parametro si scelgono empiricamente (0.001-1). La scelta di un valore molto piccolo del parametro può portare alla divergenza dell'algoritmo (in tal caso occorre aumentarne il valore). Valori troppo grandi del parametro portano all'ottenimento di una distribuzione liscia.



Nella Fig. 13 sono mostrati i modelli ottenuti per due valori del parametro Threshold (0.01 – nero, 0.1 – rosso).

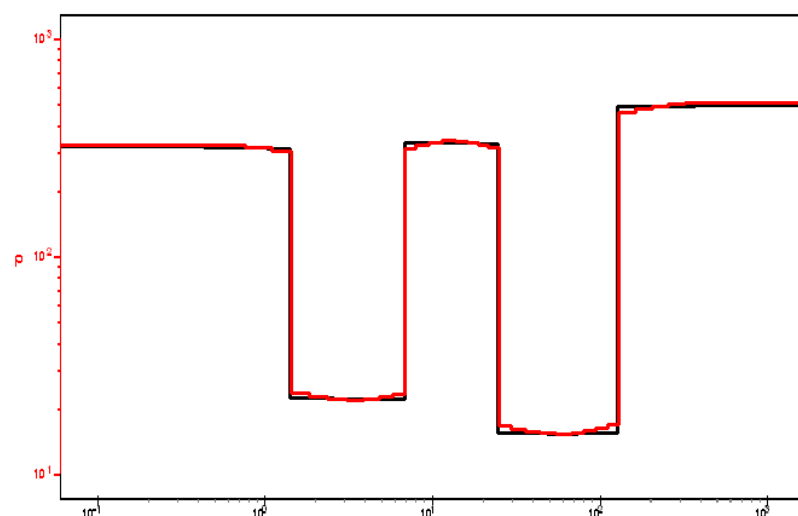


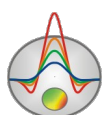
Fig. 13 **Modelli ottenuti per due valori del parametro di contrasto Threshold (0.01 – nero, 0.1 – rosso)**

L'opzione Layers minimize attiva la modalità di minimizzazione del numero di strati. Si utilizza in combinazione con una sezione multistrato e inversione focusing. Algoritmo di minimizzazione del numero di strati. Si sceglie un modello multistrato (10-15 strati) e inversione focusing (smoothing factor~0.1). Nel corso dell'inversione, gli strati vicini per parametro vengono uniti e il processo continua, ma già con un numero minore di strati.

L'opzione Thick/depth stabilisce la modalità di determinazione dello spessore (se questa opzione è attiva) o della profondità (se non attiva). La determinazione della profondità è utile nel caso in cui le profondità dei confini siano note e fissate. Nell'inversione di profilo con determinazione della profondità si raccomanda di impostare preliminarmente limiti "per default" alle profondità.

Il campo m0 – questa opzione ha un'influenza sostanziale sui risultati dell'inversione e definisce la variante di smoothing che verrà minimizzata durante l'inversione; m0 definisce il modello di riferimento, e smoothing factor - il grado di vicinanza ad esso.

Il valore Median model – m0=median model (modello di riferimento mediana del modello corrente) si utilizza per ottenere il modello di ambiente più liscio, nell'inversione multistrato. Anche questa variante deve essere utilizzata nell'inversione focusing o in presenza di confini a priori introdotti. Il grado di smoothing è determinato dal valore del campo smoothing factor.



Il valore Start model – m_0 =start model (modello di riferimento - modello alla prima iterazione, iniziale) si utilizza in presenza di un modello geoelettrico a priori del profilo, se è necessario che la deviazione del modello finale da quello iniziale non sia troppo forte. Si usa spesso nell'inversione multilivello, quando dopo ogni ciclo il modello viene liscato (ad esempio, orizzontalmente) e si esegue un nuovo ciclo di affinamento. Il grado di vicinanza al modello iniziale è determinato dal valore del campo smoothing factor.

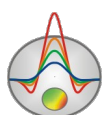
Il valore Previous iter - m_0 =previous model (modello di riferimento - modello all'iterazione precedente) si utilizza per ottenere modelli con il miglior errore di fit nell'inversione multistrato. In questa variante il smoothing non viene minimizzato, ma l'operatore favorisce un processo di convergenza più stabile. La velocità di convergenza è determinata dal valore del campo smoothing factor.

Il pulsante  richiama la finestra di dialogo per la configurazione dell'algoritmo speciale di inversione dei dati di profilo.

Durante il funzionamento di questo algoritmo, il modello del mezzo è rappresentato da una sezione orizzontalmente stratificata o sub-orizzontalmente stratificata (con limiti variabili gradualmente) nella parte inferiore. La parte superiore della sezione può variare fortemente da punto a punto (Fig. 14). Nella risoluzione del problema inverso vengono utilizzati diversi sondaggi adiacenti che hanno una parte inferiore comune e una parte superiore variabile. Il fit viene effettuato simultaneamente per tutte le curve nella finestra, con il punto centrale che riceve un peso maggiore nel calcolo dell'errore di fit (Fig. 15).

ρ_5	ρ_1	ρ_6
ρ_2		
ρ_3		
ρ_4		

Fig. 14 **Modello del mezzo nell'inversione 1.5D.**



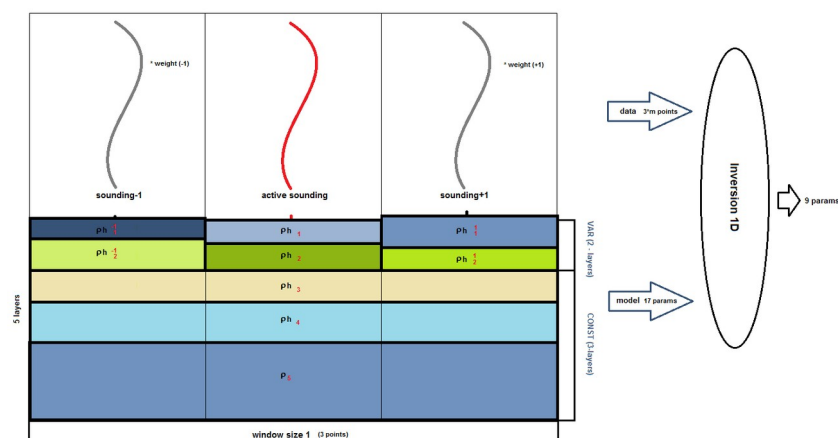
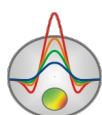


Fig. 15 Schema dell'inversione 1.5D

Per combattere l'effetto P, a ciascuna curva della finestra viene assegnato un parametro aggiuntivo – lo shift. Questo parametro viene minimizzato per tutte le curve durante il fit, riducendo così significativamente l'influenza dell'effetto P.

L'algoritmo proposto differisce dall'inversione standard per parametri aggiuntivi e per la costruzione dell'operatore di smoothing. I parametri che modellano l'effetto P hanno un peso inferiore rispetto agli altri. Le caratteristiche principali dell'algoritmo sono riportate di seguito.

- Il fit viene effettuato simultaneamente per diverse curve adiacenti – "nella finestra", con il punto centrale che riceve un peso maggiore nel calcolo dell'errore di fit
- L'effetto P di ciascuna curva viene adattato durante il processo di inversione
- A ciascuna curva corrisponde un modello proprio con parte inferiore comune e parte superiore variabile



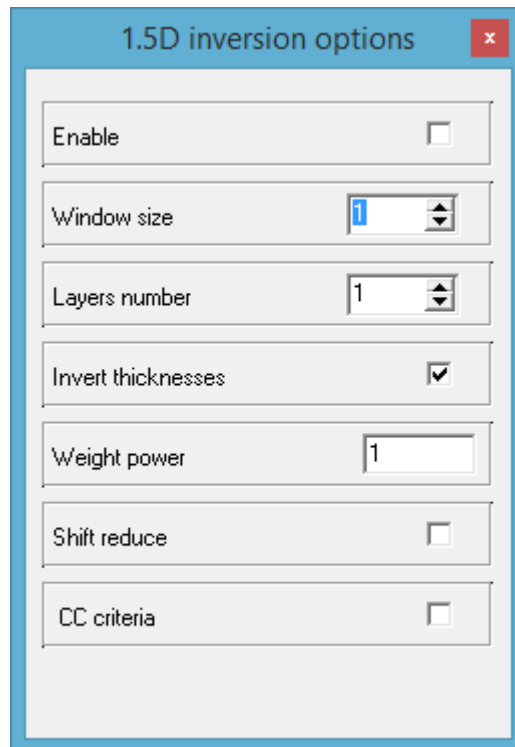


Fig. 16 **Finestra dei parametri dell'inversione 1.5D**

L'opzione Enable attiva questo algoritmo.

L'opzione Window size determina la dimensione della finestra per cui viene applicato l'algoritmo. Il valore 1 significa 3 sondaggi, 2 significa 5 sondaggi nella finestra.

L'opzione Layers number imposta il numero di strati che modellano la parte superiore (non omogenea) della sezione.

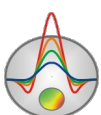
L'opzione Invert thicknesses indica se verranno adattati gli spessori dei primi strati che modellano la parte superiore (non omogenea) della sezione.

L'opzione Weight power imposta il coefficiente di riduzione del peso delle curve in funzione del grado di allontanamento dalla curva centrale della finestra (0 - tutte le curve della finestra hanno lo stesso peso).

L'opzione Shift reduce indica se l'effetto P verrà considerato durante l'inversione.

L'opzione CC criteria - utilizza il criterio di correlazione comune delle stazioni vicine.

Nella Fig. 17 sono riportati i risultati dell'algoritmo (A) in confronto con i risultati ottenuti con la metodologia standard (B).



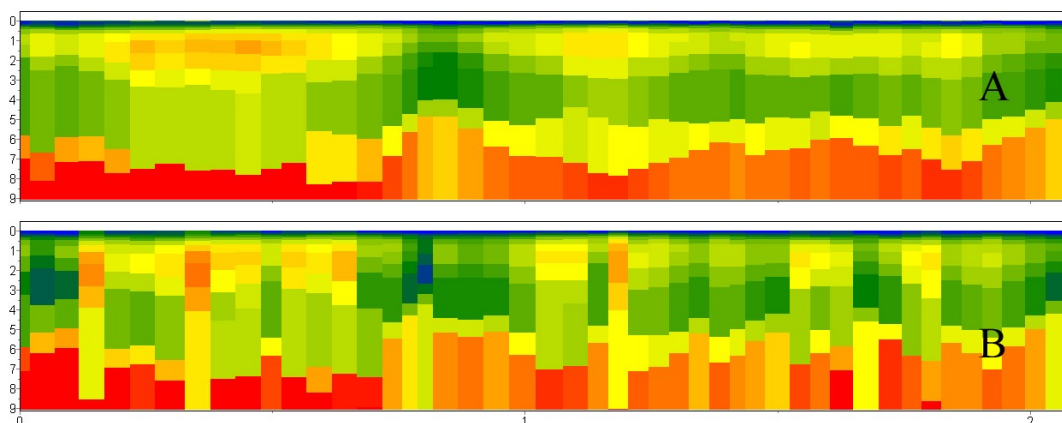


Fig. 17 **Confronto dei risultati dell'inversione 1D standard (B) e dell'applicazione dell'algoritmo di inversione 1.5D (A)**

Interpretazione dei dati di campo

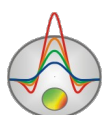
Il programma «ZondMT1D» consente di risolvere i problemi diretto e inverso monodimensionali del sondaggio MT. Il programma esegue il fit automatico delle resistività e degli spessori degli strati. È possibile fissare i parametri e impostare i limiti delle loro variazioni, nonché determinare la significatività (pesi) delle singole misure.

La modalità di interpretazione diventa disponibile dopo la lettura dei dati dal/dai file.

Fitting automatico dei parametri del modello

Viene applicato per un rapido fitting del modello di uno o di tutti i punti del profilo. Il fitting automatico viene effettuato minimizzando la deviazione quadratica media tra la curva calcolata e quella di campo con il metodo di Newton. Premere il pulsante  sulla barra degli strumenti con il tasto destro del mouse. Verrà visualizzato un menu a comparsa in cui è necessario scegliere per quali punti verrà eseguita l'inversione: current – per il punto corrente, to end – dal punto corrente fino alla fine, to end – dal punto corrente fino all'inizio del profilo. Dopo aver selezionato i punti, premere il pulsante  con il tasto sinistro del mouse.

Nella barra di stato vengono visualizzate informazioni sulla discrepanza relativa corrente tra la curva calcolata e quella di campo. Il fit termina al raggiungimento della discrepanza relativa



specificata tra la curva calcolata e quella di campo o al raggiungimento del numero specificato di iterazioni (vedere la sezione Finestra delle proprietà del programma).

L'adattamento automatico fornisce una soluzione non univoca, poiché le curve calcolate possono essere identiche per diversi modelli. Pertanto, durante l'adattamento automatico nella definizione del modello di partenza, è necessario tenere conto delle informazioni a priori sulla sezione geoelettrica. Se sono disponibili informazioni a priori affidabili sulla sezione geoelettrica studiata, è opportuno fissare i parametri noti o limitare l'intervallo della loro variazione nel modello di partenza, nonché aggiungere i confini geologici.

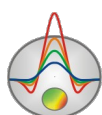
Oggetti del programma

L'interpretazione interattiva viene eseguita negli oggetti: Model editor, Section, Model table, la visualizzazione negli oggetti: Pseudosection, Profile, Data Editor, che appaiono automaticamente dopo il caricamento dei dati.

Model editor

Destinato alla visualizzazione delle curve di sondaggio di campo e calcolate, nonché alla visualizzazione e modifica della curva dei parametri del modello calcolato.

La Fig. 18 mostra la finestra dell'editor del modello. Le curve rossa e blu con cerchi pieni sono le curve sperimentali della resistività apparente (asse rosso sinistro) e della fase dell'impedenza (asse blu destro) in funzione del periodo (asse superiore). L'asse orizzontale inferiore corrisponde alla profondità (in km) per il modello, rappresentato dalla linea rossa continua.



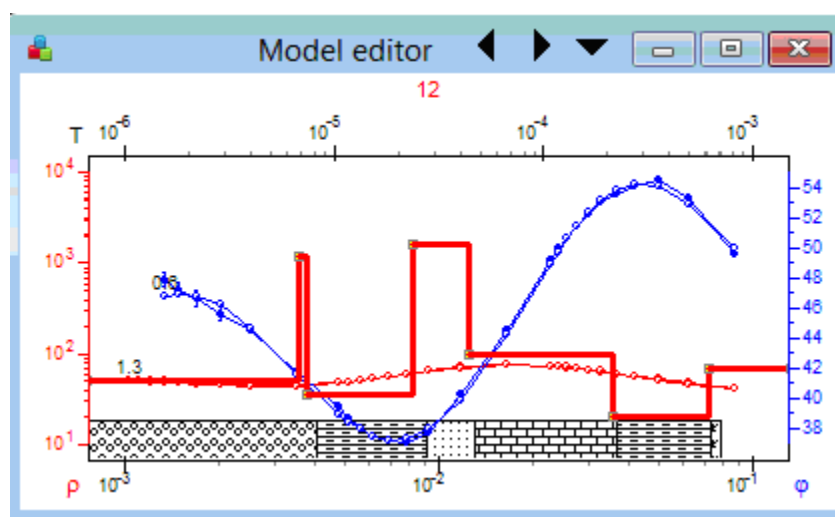


Fig. 18 Finestra dell'editor del modello con pozzo

I parametri grafici dei grafici osservati, calcolati e del modello possono essere impostati nella finestra di configurazione del grafico (clic destro+SHIFT sul grafico). I parametri dell'asse possono essere impostati nell'editor dell'asse (clic destro+SHIFT sull'asse).

La finestra può contenere uno, due o tre grafici analoghi, che consentono di modificare il modello su tre stazioni adiacenti.

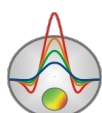
I parametri del modello vengono modificati con il mouse. Per modificare i parametri del modello è necessario posizionare il cursore sulla curva del modello (in questo caso la forma del cursore dovrebbe cambiare) e premere il pulsante sinistro del mouse, dopodiché trascinare la sezione selezionata della curva del modello con il pulsante del mouse premuto. Il cerchio verde sulla curva del modello mostra lo strato attivato.

La modifica della posizione dei segmenti verticali delle curve corrisponde alla modifica della geometria del modello (cioè degli spessori [pulsante destro] e delle profondità dei bordi superiori degli strati [pulsante sinistro]).

La modifica della posizione dei segmenti orizzontali delle curve del modello corrisponde alla modifica dei parametri degli strati del modello.

Il clic con il pulsante destro del mouse sui punti delle curve osservate richiama il menu contestuale, che consente di assegnare i pesi ai dati osservati:

Good point	Assegnare peso 1 al punto selezionato.
Bad point	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato.
Very bad point	Assegnare peso 0 al punto selezionato.
Good points >>	Assegnare peso 1 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.



Bad points >>	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.
Very bad points >>	Assegnare peso 0 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.
Good points <<	Assegnare peso 1 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Bad points <<	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Very bad points <<	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Delete point	Eliminare il punto
Delete point>>	Eliminare il punto e tutti i punti alla sua destra
Delete point<<	Eliminare il punto e tutti i punti alla sua sinistra

Il clic con il pulsante destro del mouse nell'area dell'oggetto richiama il menu contestuale con le seguenti opzioni:

Print preview	Aprire la finestra di dialogo di stampa del grafico.
Display legend	Mostrare o nascondere la legenda dei grafici.
Setup	Aprire la finestra di dialogo per impostare i parametri dell'oggetto.

L'opzione Setup richiama la finestra di configurazione dei parametri delle curve (Fig. 19)

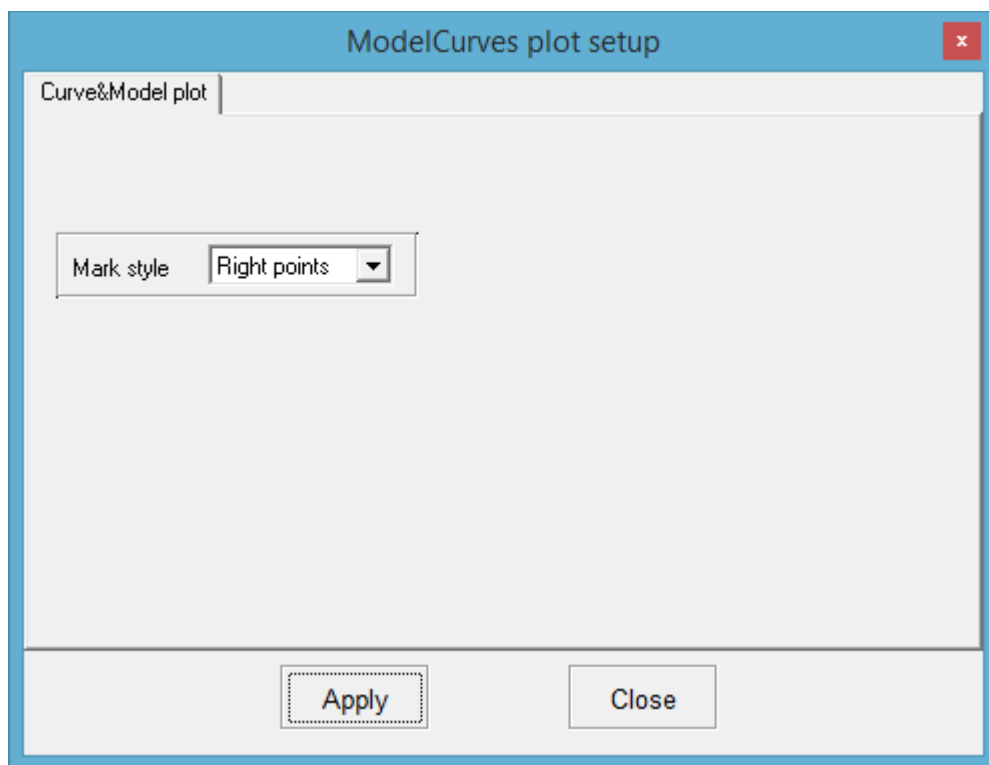
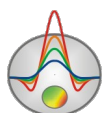


Fig. 19 Finestra di configurazione dei parametri delle curve



Il campo Mark Style definisce in che modo disegnare le etichette dei grafici.

Il valore Left points – a sinistra dei grafici.

Il valore All points – da punto a punto.

Il valore Right points – a destra dei grafici.

Il valore None – non disegnare le etichette dei grafici.

Grafico delle curve teoriche e sperimentali (Data Editor)

Visualizzato quando si seleziona lo stile Standard (scheda Window)

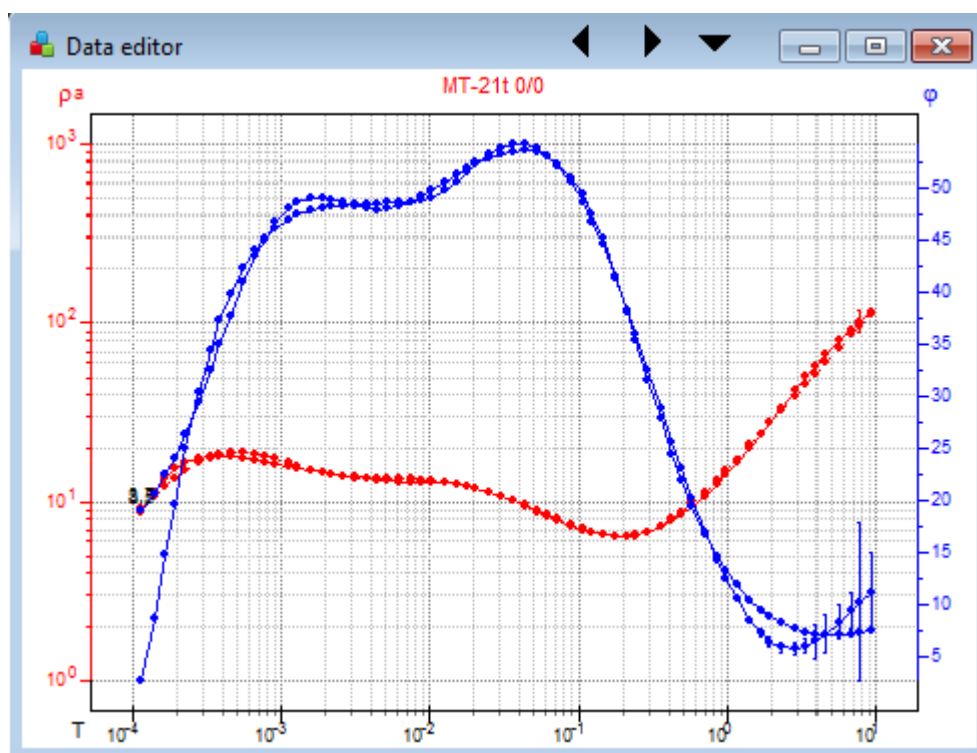
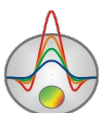


Fig. 20

Grafico delle curve teoriche e sperimentali

Il doppio clic del mouse nell'area dell'oggetto richiama il menu contestuale con le seguenti opzioni:

Print preview	Aprire la finestra di dialogo di stampa del grafico.
Display weights	Mostrare o nascondere i pesi dei punti sui grafici
Display legend	Mostrare o nascondere la legenda dei grafici.
Setup	Aprire la finestra di dialogo per impostare i parametri



	dell'oggetto.
--	---------------

L'opzione Setup richiama la finestra di configurazione dei parametri delle curve (Fig. 21)

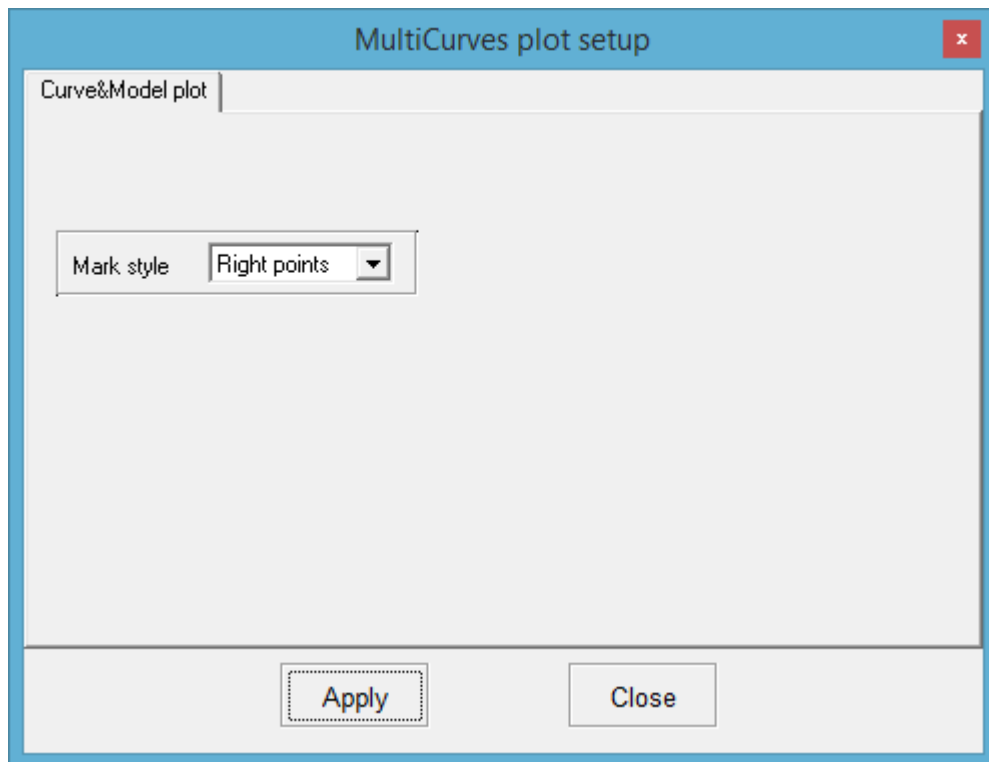


Fig. 21 **Finestra di configurazione dei parametri delle curve**

Il campo Mark Style definisce come disegnare le etichette dei grafici.

Il valore Left points – a sinistra dei grafici.

Il valore All points – da punto a punto.

Il valore Right points – a destra dei grafici.

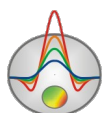
Il valore None – non disegnare le etichette dei grafici.

Il menu contestuale aggiuntivo viene richiamato premendo il pulsante Options  .

L'opzione Change orientation consente di modificare l'ordine di disposizione dei grafici di sondaggio per punti adiacenti: dall'alto verso il basso o da sinistra a destra.

L'opzione MultiCurves Plot Setup (vedi Fig. 21) richiama la finestra di configurazione dei parametri delle curve descritta sopra.

L'opzione Set MultiCurves Plot number consente di impostare il numero di punti di sondaggio adiacenti per i quali vengono visualizzate le curve simultaneamente (da 1 a 3).



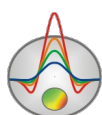
Il clic con il pulsante destro del mouse sui punti delle curve osservate richiama il menu contestuale, che consente di assegnare i pesi ai dati osservati:

Good point	Assegnare peso 1 al punto selezionato.
Bad point	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato.
Very bad point	Assegnare peso 0 al punto selezionato.
Good points >>	Assegnare peso 1 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.
Bad points >>	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.
Very bad points >>	Assegnare peso 0 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua destra.
Good points <<	Assegnare peso 1 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Bad points <<	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Very bad points <<	Assegnare peso 0.5 al punto selezionato e a tutti i punti alla sua sinistra.
Delete point	Eliminare il punto
Delete point>>	Eliminare il punto e tutti i punti alla sua destra
Delete point<<	Eliminare il punto e tutti i punti alla sua sinistra
Edit data	Modificare le curve

Per visualizzare i pesi, cliccare su un punto della curva con il tasto sinistro del mouse tenendo premuto il tasto ALT. Per nascondere i pesi, utilizzare il tasto destro del mouse con il tasto ALT premuto.

L'assegnazione dei pesi ai punti svolge un ruolo essenziale nell'adattamento automatico dei parametri del modello. I punti con peso 0 non vengono considerati nell'adattamento automatico. Il peso di un punto è determinato come segue: $= 1 - \text{varianza} / (\text{valore misurato})$. I pesi delle misure possono essere specificati nel file dati e vengono salvati nel file di progetto.

L'opzione Edit data è destinata all'editing manuale delle curve di sondaggio. Dopo aver selezionato questa opzione, appare la finestra di dialogo Edit data (Fig. 22)



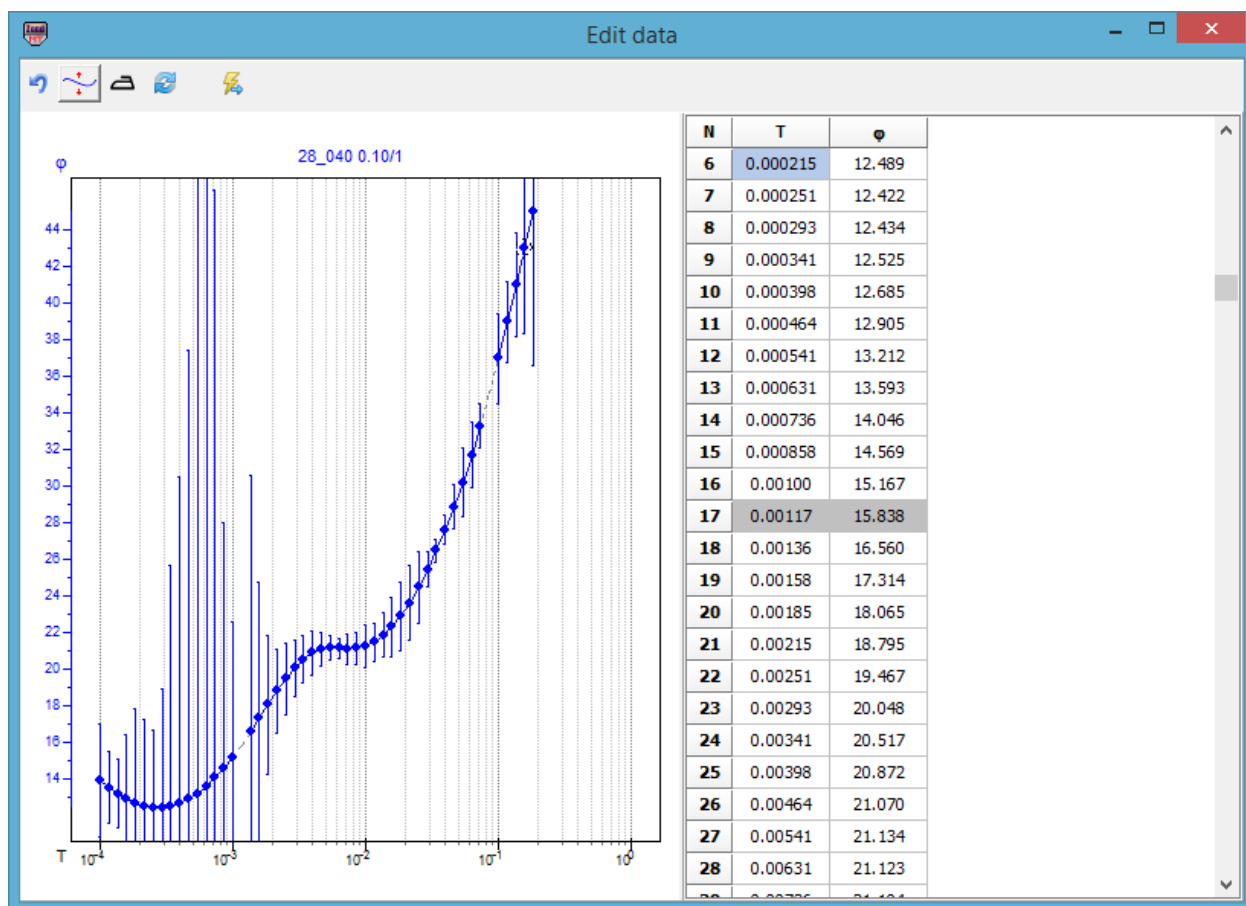
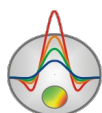


Fig. 22 Finestra di editing delle curve di sondaggio Edit data

La barra degli strumenti della finestra contiene i seguenti pulsanti:

	Annullare l'ultima azione
	Spostare un punto sulla curva di sondaggio
	Lisciare la curva
	Aggiornare
	Passare all'inversione

La finestra è composta da due aree. A sinistra viene visualizzata la curva da modificare in forma grafica. A destra è mostrata una tabella contenente i periodi e i valori del parametro modificato (fase dell'impedenza o resistività apparente). Per eliminare un punto sulla curva, utilizzare il tasto destro del mouse con il tasto ALT premuto. Nella tabella, il punto eliminato verrà visualizzato in grigio. Per ripristinare il punto, utilizzare il tasto sinistro del mouse con il



tasto ALT premuto. Al termine della modifica, passare all'inversione premendo il pulsante  sulla barra degli strumenti della finestra.

Tabella dei parametri (Model table)

Scheda Model table

La finestra di editing tabellare dei parametri del modello è destinata alla modifica dei parametri del modello tramite tastiera. La tabella contiene 3 colonne. Ogni riga della tabella contiene i parametri di uno strato.

La prima colonna contiene i valori di resistività degli strati, la seconda colonna lo spessore e l'ultima la profondità fino al bordo superiore degli strati considerando l'altezza del punto di sondaggio. Nel caso in cui per il parametro siano definiti limiti di variazione, il campo di output viene colorato con un determinato colore (grigio chiaro per impostazione predefinita). Se il parametro dello strato è fissato, il campo di output ha anche un proprio colore, grigio scuro per impostazione predefinita.

Il menu contestuale viene richiamato premendo il tasto destro del mouse sulle celle della tabella (Fig. 23). Se il clic viene effettuato sulla prima riga (intestazione della tabella), l'operazione selezionata nel menu verrà applicata a questo parametro di tutti gli strati (cell in questo caso viene sostituito con col). Se il clic viene effettuato sulla prima colonna, l'operazione selezionata nel menu verrà applicata a tutti i parametri di questo strato.

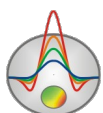
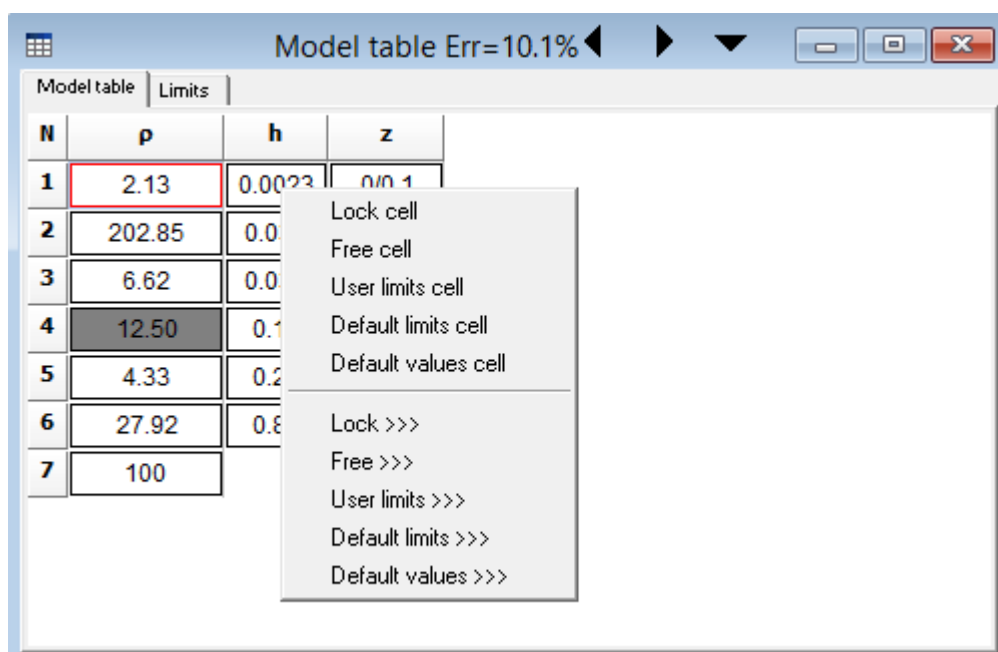
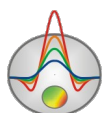


Fig. 23 **Menu di editing dei parametri del modello nella tabella**

Lock col/cell/row	Fissare il parametro.
Free col/cell/row	Rimuovere il fissaggio del parametro.
User limits col/cell/row	Impostare intervalli personalizzati di variazione del parametro.
Default limits col/cell/row	Impostare intervalli di variazione del parametro (predefiniti).
Default values col/cell/row	Impostare il valore del parametro uguale al valore predefinito.
Lock >>>	Fissare il parametro nel modello corrente e nei modelli di tutti i punti successivi.
Free >>>	Sbloccare il parametro nel modello corrente e nei modelli di tutti i punti successivi.
User limits >>>	Impostare intervalli personalizzati di variazione del parametro nel modello corrente e nei modelli di tutti i punti successivi.
Default limits >>>	Impostare intervalli di variazione del parametro (predefinito) nel modello corrente e nei modelli di tutti i punti successivi.
Default values >>>	Impostare il valore del parametro uguale al valore predefinito nel modello corrente e nei modelli di tutti i punti successivi.

Scheda Limites

Questa scheda viene utilizzata per impostare i limiti di variazione dei parametri (Fig. 24). I pulsanti sulla barra degli strumenti consentono di selezionare il tipo di parametro (resistività o spessore dello strato) per il quale verranno impostati i limiti di variazione. Il pulsante Auto assegna automaticamente i limiti per tutti i parametri di questo tipo, in base ai loro valori e alla percentuale di deviazione specificata. Sul grafico è raffigurato il modello del tipo di parametro selezionato (nero), il limite inferiore (rosso) e il limite superiore (blu) di variazione del parametro.



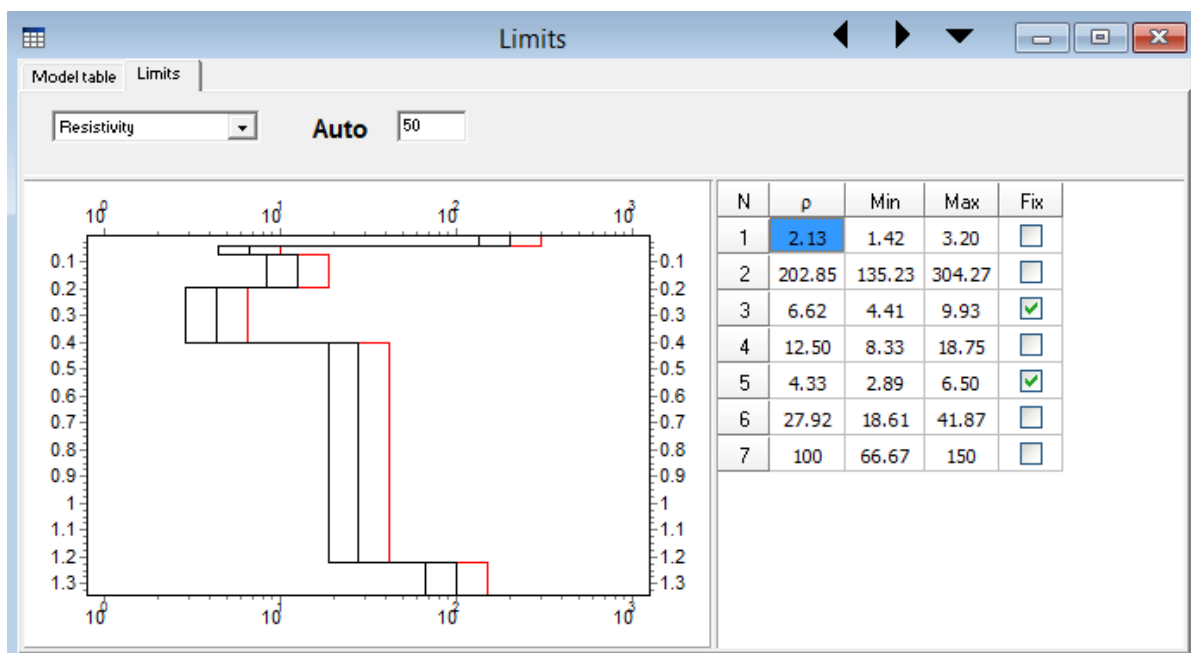


Fig. 24 Scheda Limites della tabella dei parametri del modello

I limiti inferiore e superiore dei parametri del modello si modificano con il mouse. I limiti di variazione dei parametri possono essere modificati nella tabella situata a destra del grafico.

Il menu contestuale aggiuntivo si richiama cliccando sull'icona ▼ nell'angolo in alto a destra della finestra (Fig. 25).

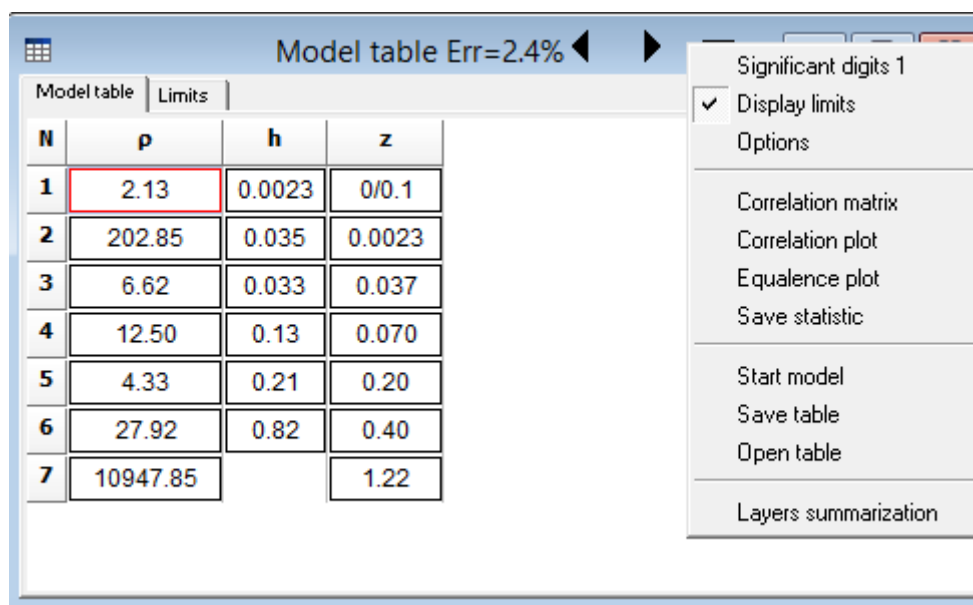
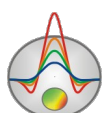


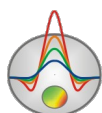
Fig. 25 Menu della tabella dei parametri del modello

Significant digits	Impostare la precisione con cui verranno
--------------------	--



	rappresentati i parametri.
Display limits	Mostrare o nascondere i limiti di variazione del parametro.
Options	Richiama la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri grafici della tabella.
Correlation matrix	Mostrare la matrice di correlazione e gli intervalli di confidenza dei parametri del modello.
Correlation plot	Richiamare la finestra di costruzione della mappa delle correlazioni per una coppia di parametri.
Equivalence plot	Richiamare la finestra di costruzione della nuvola di modelli equivalenti.
Save statistic	Salvare le statistiche per il modello in un file di testo.
Start model	Tornare al modello iniziale.
Save table	Salvare il modello corrente in un file (estensione MDL).
Open table	Caricare il modello da un file (estensione MDL).
Layers summarization	Richiama la finestra di dialogo di raggruppamento degli strati.

Il dialogo di raggruppamento degli strati (Layers summarization) serve per passare dai modelli multistrato, ottenuti come risultato dell'inversione di tipo (Smooth o Focused), a modelli con pochi strati, che sono più comprensibili dal punto di vista geologico. All'inizio dell'interpretazione, è comodo utilizzare un modello multistrato composto da 14-20 strati (Fig. 26).



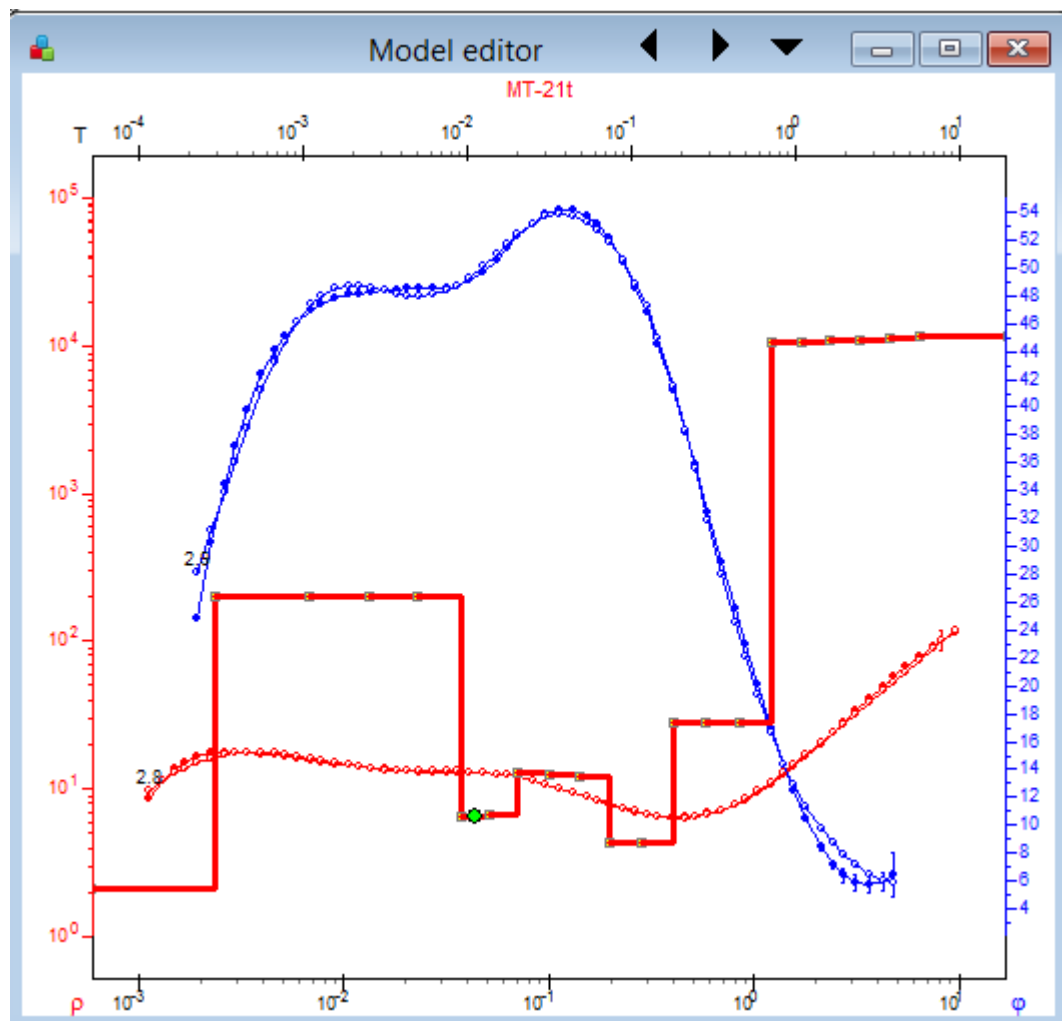
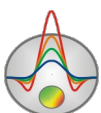


Fig. 26 **Esempio di modello multistrato**

Ai risultati di tale inversione (Smooth, Focused), nella maggior parte dei casi si deve approcciarsi come ad un'approssimazione iniziale per un'ulteriore interpretazione consapevole. Essi forniscono una comprensione della struttura geoelettrica approssimativa della sezione. Successivamente si passa al modello a pochi strati, mediante il dialogo Layer summarization (Fig. 27). Il nuovo modello è visualizzato sopra quello vecchio con una linea nera.



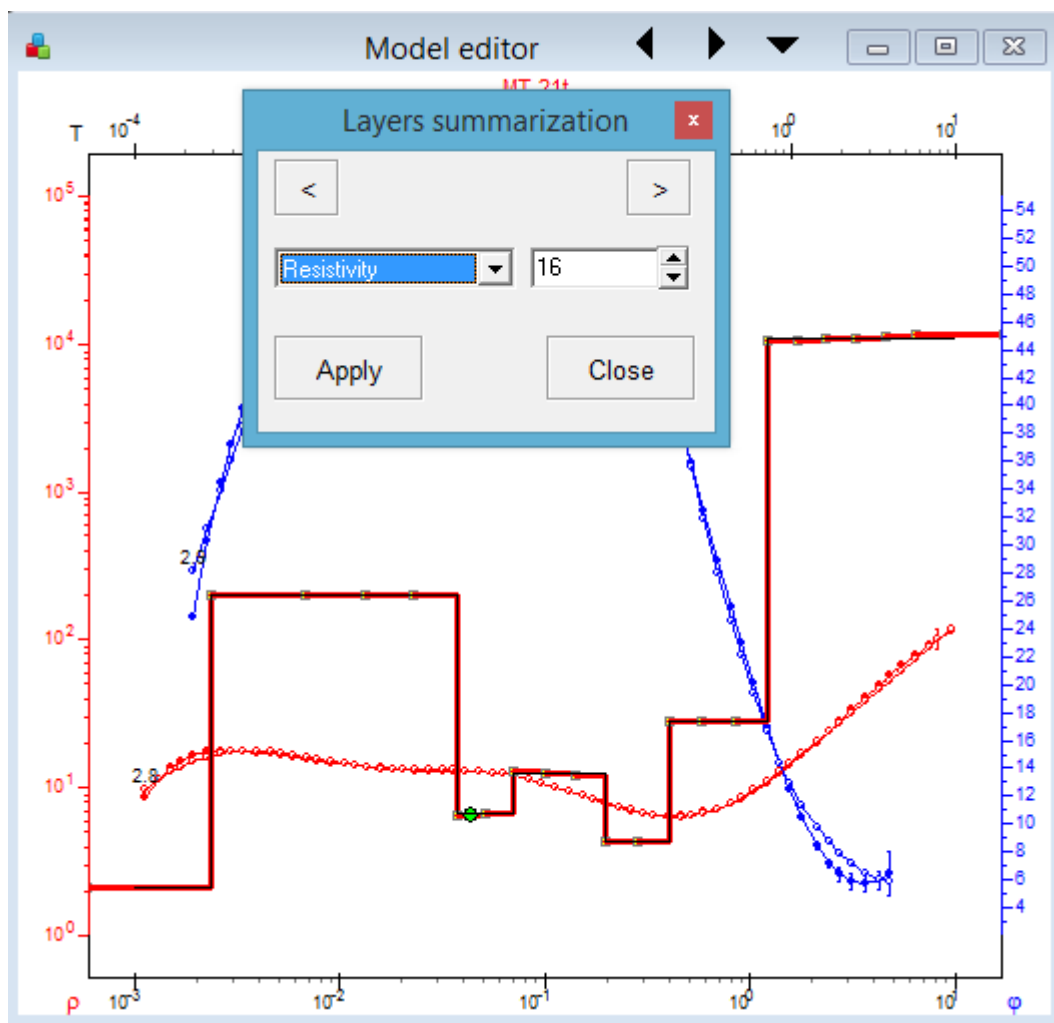
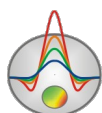


Fig. 27 **Dialog Layers summarization (linea rossa – modello multistrato, nera – modello raggruppato)**

Il campo di inserimento definisce il parametro di contrasto, al raggiungimento del quale due strati vengono uniti in uno.

Successivamente si fissano alcuni parametri e si effettua il fitting manuale o l'inversione Standard (Fig. 28).



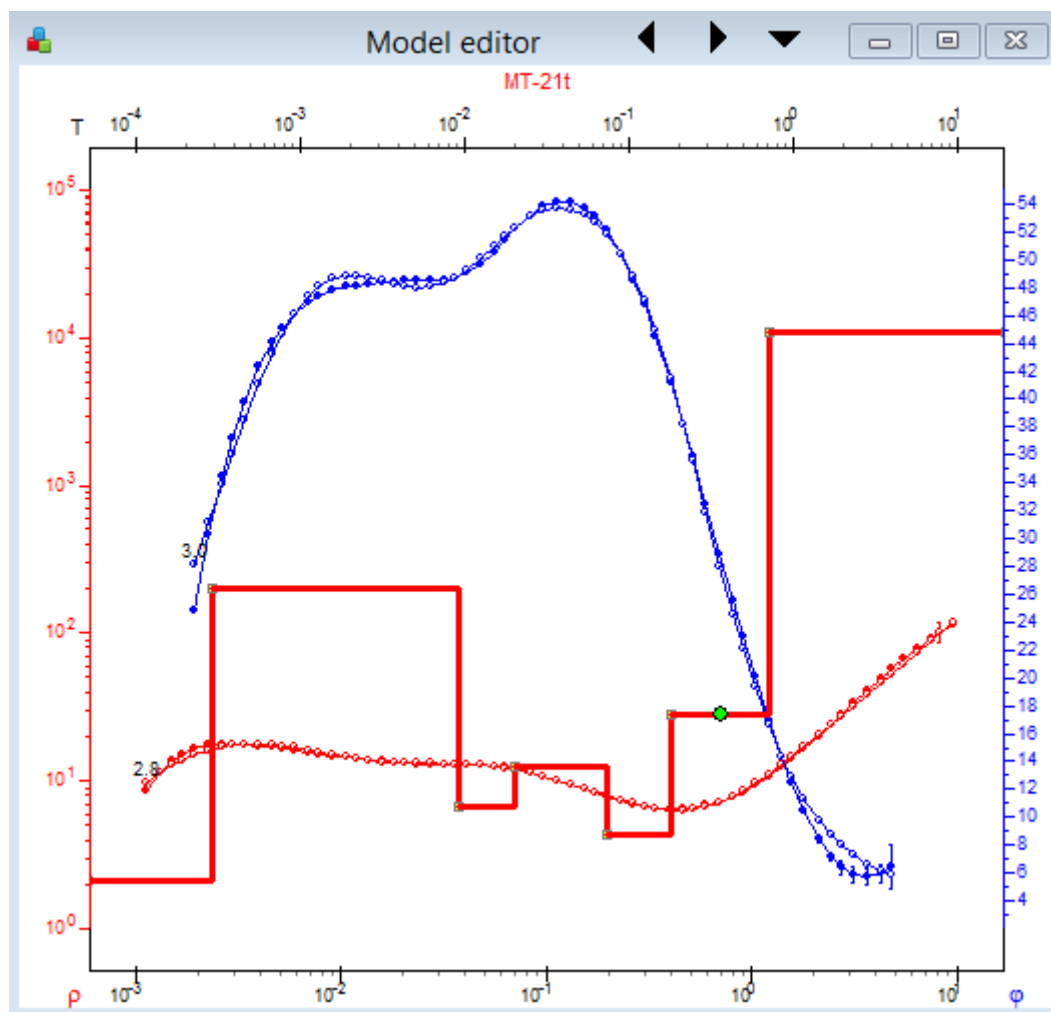
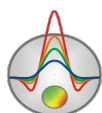


Fig. 28 **Esempio di risultati di inversione dopo l'applicazione della funzione Layers summarization**

Analisi dell'equivalenza. Nell'esplorazione geoelettrica è dimostrato il teorema di unicità del problema inverso nel caso di misure continue prive di errori. In pratica le misure vengono effettuate in un intervallo finito con una determinata discretizzazione e contengono inoltre errori. La presenza di errori e l'incompletezza dei dati trasforma l'unicità teorica della soluzione in non-unicità pratica della soluzione, cioè l'equivalenza di diverse soluzioni del problema inverso. Due sezioni geoelettriche si definiscono equivalenti se la discrepanza relativa dei dati per queste sezioni non supera la precisione delle misure di campo o l'errore di fit del fitting. Praticamente, l'azione del principio di equivalenza significa che alcuni parametri della sezione non possono essere determinati nel corso dell'interpretazione, se non sono noti alcuni altri parametri della sezione. L'azione del principio di equivalenza complica notevolmente l'interpretazione dei dati. La soluzione del problema consiste nel fissare singoli parametri (in base a informazioni a priori).



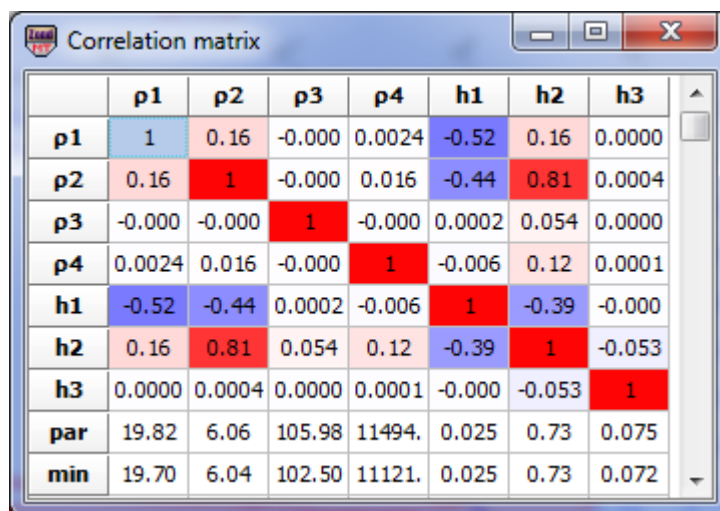
L'analisi dell'azione del principio di equivalenza si basa su due approcci - informativo-statistico per tutti i parametri del modello mediante costruzione della matrice di correlazione e calcolo diretto delle regioni di equivalenza per una coppia di parametri della sezione con la loro visualizzazione.

Un'altra variante di analisi dell'equivalenza è la costruzione di una nuvola di modelli equivalenti, cioè di una famiglia di curve modello che generano curve teoriche molto simili.

Di solito, si effettua prima una valutazione statistica dell'equivalenza di tutti i parametri, e poi l'indagine di singole coppie di parametri con alti coefficienti di correlazione.

La matrice di correlazione si richiama con l'opzione: Correlation matrix (Fig. 29). Sulla diagonale principale della matrice di correlazione si trovano i valori unitari. Se il coefficiente di correlazione è molto minore di uno in valore assoluto, allora i parametri della sezione per i quali è calcolato influenzano i dati in modo diverso e sono determinati con piccolo errore. In tal modo diventa possibile la loro determinazione separata.

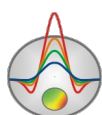
I parametri per i quali il coefficiente di correlazione in modulo è vicino a 1 sono congiuntamente indeterminati. Per aumentare la precisione della soluzione in questo caso è necessario fissare uno dei parametri equivalenti, se si riesce a ottenere informazioni indipendenti su di esso. In caso di forte correlazione tra parametri di strati adiacenti è necessario o fissare uno dei parametri correlati, oppure unire questi due strati in uno solo, cioè semplificare il modello.



	p1	p2	p3	p4	h1	h2	h3
p1	1	0.16	-0.000	0.0024	-0.52	0.16	0.0000
p2	0.16	1	-0.000	0.016	-0.44	0.81	0.0004
p3	-0.000	-0.000	1	-0.000	0.0002	0.054	0.0000
p4	0.0024	0.016	-0.000	1	-0.006	0.12	0.0001
h1	-0.52	-0.44	0.0002	-0.006	1	-0.39	-0.000
h2	0.16	0.81	0.054	0.12	-0.39	1	-0.053
h3	0.0000	0.0004	0.0000	0.0001	-0.000	-0.053	1
par	19.82	6.06	105.98	11494.	0.025	0.73	0.075
min	19.70	6.04	102.50	11121.	0.025	0.73	0.072

Fig. 29 Finestra Correlation matrix

Le ultime due righe della tabella mostrano gli intervalli di confidenza per ciascuno dei parametri. Gli intervalli di confidenza sono un criterio di affidabilità della determinazione dei parametri e sono legati alla sensibilità complessiva dei parametri della sezione. In caso di ampio intervallo di confidenza si considera che il valore del parametro sia determinato in modo



inaffidabile. Nella valutazione dell'ampiezza dell'intervallo di confidenza occorre tenere conto dei valori assoluti di resistività e spessore degli strati.

Un doppio clic del mouse sulla cella della matrice di correlazione richiama la mappa della dipendenza correlazionale (Correlation plot) per la coppia di parametri selezionata (Fig. 30).

La mappa della dipendenza correlazionale di una coppia di parametri rappresenta il piano delle isolinee dell'errore di fit tra i dati teorici per il modello corrente e i dati teorici per il modello modificato. Assumendo che i valori correnti dei parametri siano il centro della regione di equivalenza, vengono calcolate ancora alcune soluzioni del problema diretto per parametri variati attorno a tale punto e viene determinata la grandezza dell'errore massimo di scostamento dei dati dal centrale. Per costruire la mappa della correlazione tra due parametri, a ciascuno di essi viene assegnato un insieme di valori in un certo intervallo, viene calcolato l'errore di fit con i dati per il modello corrente e viene costruita la mappa delle isolinee. Se il parametro ha una distribuzione logaritmica, tutte le operazioni sopraindicate vengono eseguite con i logaritmi dei parametri. Sulla mappa di equivalenza vengono tracciate le isolinee dei valori degli errori massimi, che mostrano la configurazione della regione e i limiti di validità del principio di equivalenza. Regioni di equivalenza isometriche indicano l'assenza di correlazione delle stime dei parametri, regioni fortemente allungate indicano correlazioni tra le stime dei parametri. L'analisi della dipendenza correlazionale contribuisce all'individuazione efficace dell'equivalenza di due parametri.

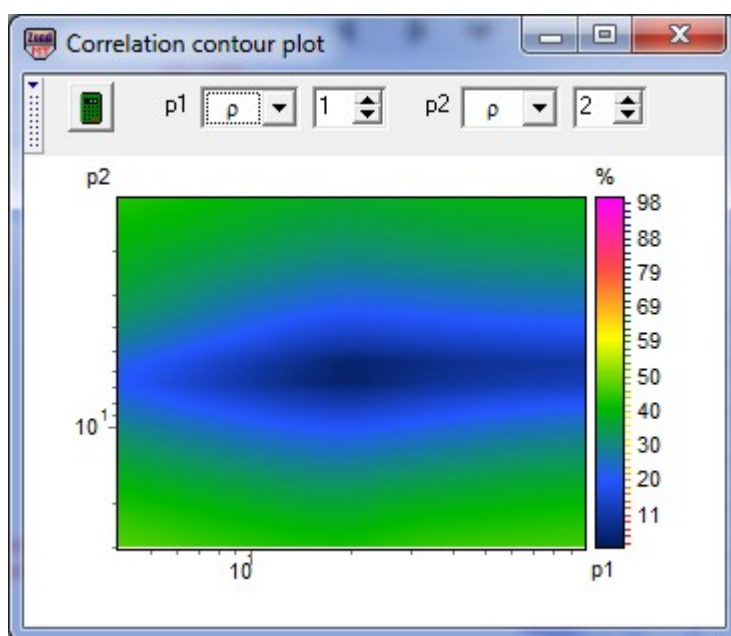
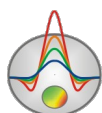


Fig. 30

Finestra Correlation contour plot



La scala cromatica stabilisce la relazione tra il valore dell'errore di fit e un determinato colore.

Campo p1 - imposta il tipo del primo parametro per il quale viene eseguita l'analisi della dipendenza correlazionale.

Campo p2 - imposta il tipo del secondo parametro per il quale viene eseguita l'analisi della dipendenza correlazionale.

I campi di input successivi impostano gli indici degli strati del primo e del secondo parametro, per i quali Campo p1 - imposta il tipo del primo parametro, per i quali viene eseguita l'analisi della dipendenza correlazionale.

■ - costruire la mappa della dipendenza correlazionale.

La finestra di costruzione della nuvola di modelli equivalenti viene richiamata dall'opzione: Equivalence plot. Essa implementa un algoritmo piuttosto oneroso in termini di risorse per la ricerca di modelli equivalenti, nell'ambito dell'errore assegnato, mediante metodo di enumerazione (Fig. 31).

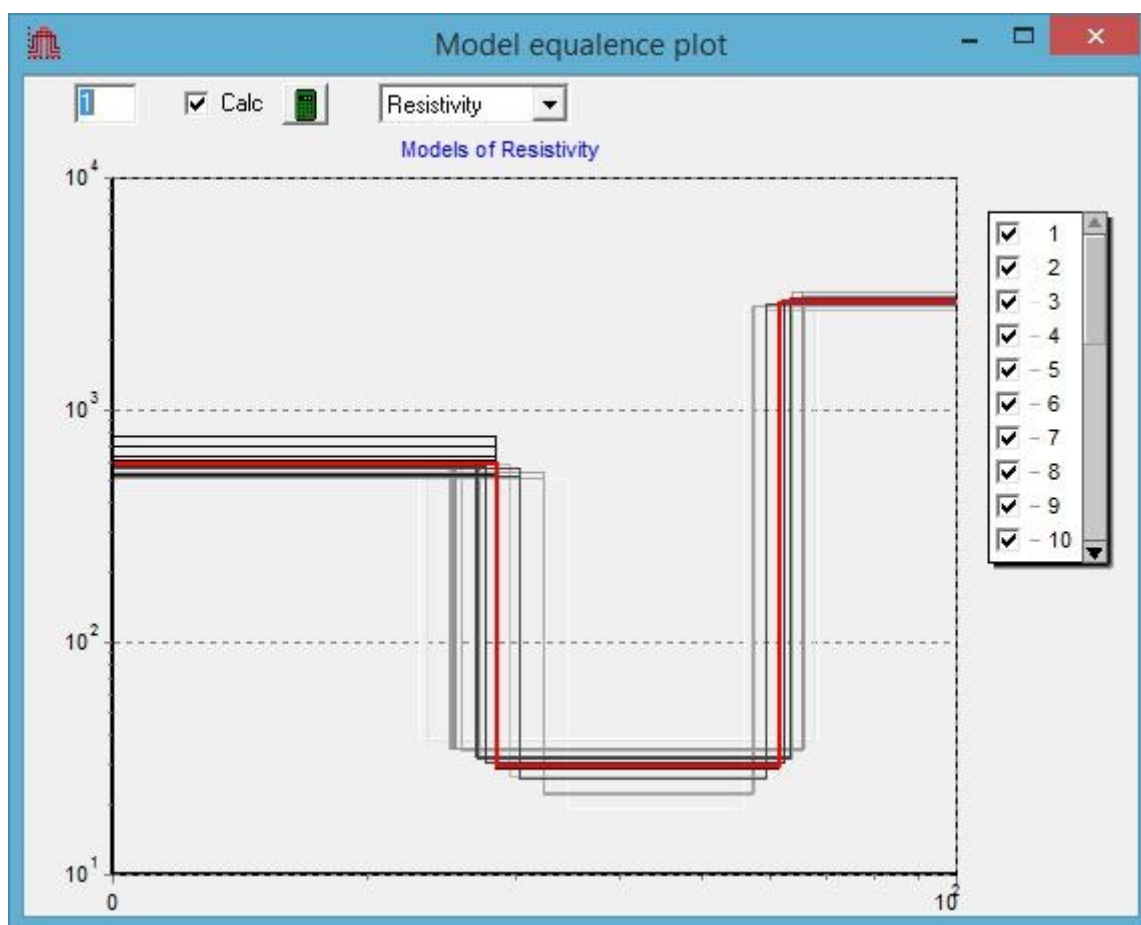
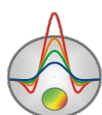


Fig. 31

Finestra Equalecence plot



È necessario impostare il livello minimo di errore, al raggiungimento del quale il modello sarà considerato equivalente a quello corrente (campo di input). Se l'opzione Calc non è attivata, i modelli equivalenti saranno calcolati per il valore dell'errore di fit del modello. Di solito questo livello viene scelto leggermente superiore all'errore di fit corrente. Successivamente è necessario selezionare il parametro per il quale verrà effettuato il calcolo (Resistivity). E quindi avviare la procedura di ricerca . Il risultato dell'algoritmo è un insieme di curve del modello. È possibile disattivare determinate curve dalla legenda a destra dell'immagine. Per passare da un grafico all'altro utilizzare lo scorrimento.

La finestra di dialogo per la configurazione dei parametri grafici della tabella viene richiamata dalla voce Options.

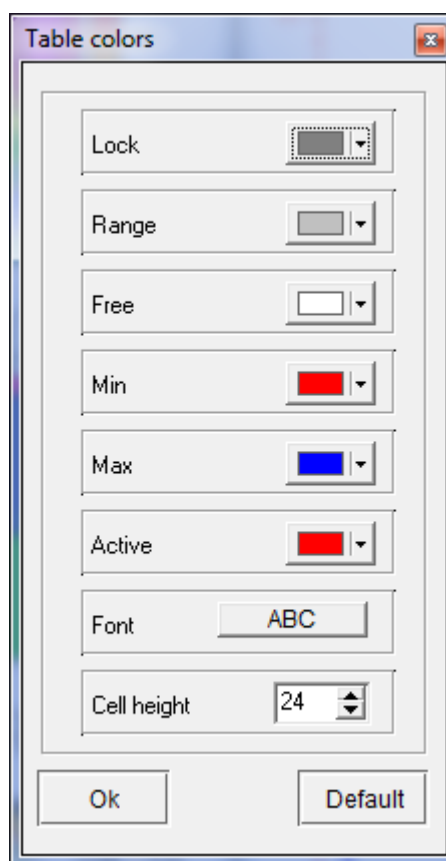
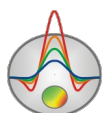


Fig. 32 **Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri grafici della tabella (Options)**

Opzione Lock – imposta il colore della cella il cui parametro è fissato.

Opzione Range – imposta il colore della cella per il cui parametro sono impostati i limiti.



Opzione Free – imposta il colore della cella per il cui parametro non sono impostati limiti.

Opzione Min – imposta il colore del limite minimo di variazione del parametro.

Opzione Max – imposta il colore del limite massimo di variazione del parametro.

Opzione Active – imposta il colore del bordo della cella attiva.

Opzione Font – imposta il carattere della cella

Opzione Cell height – imposta l'altezza della cella

Sezione (Section)

Questo oggetto serve per visualizzare la variazione della sezione geoelettrica lungo il profilo. La costruzione viene effettuata negli assi: coordinata lungo il profilo, profondità. La scala cromatica stabilisce la relazione tra il valore visualizzato e il colore (Fig. 33).

Quando il cursore si trova all'interno della sezione geoelettrica, lo strato sopra il quale si trova viene evidenziato con un cursore. Quando il cursore si avvicina al confine tra gli strati, la sua forma cambia e appare la possibilità di modificarne la posizione. Per fare ciò è necessario trascinare il confine selezionato nella posizione desiderata con il pulsante del mouse premuto (sinistro). Con il pulsante destro premuto, insieme a quello selezionato verranno spostati anche i confini sottostanti. Un doppio clic sullo strato richiama la finestra di dialogo per l'impostazione del suo parametro.

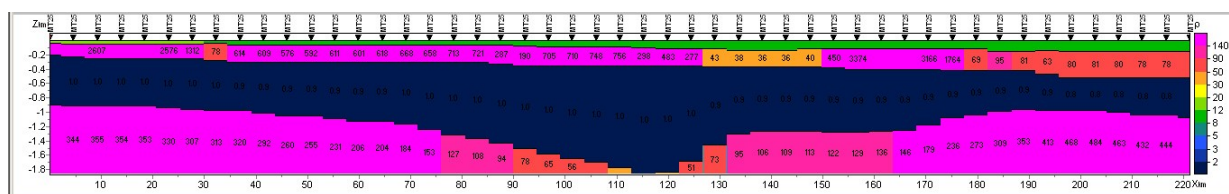
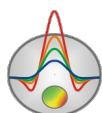


Fig. 33 Finestra della sezione geoelettrica

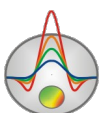
La modifica del valore massimo dell'asse verticale si effettua premendo il pulsante destro del mouse nella parte superiore (riduzione) o inferiore (aumento) della sua area.

Il doppio clic del mouse nell'area dell'oggetto richiama il menu contestuale con le seguenti opzioni:



Log data scale	Utilizzare la scala logaritmica per la scala dei colori.
Display labels	Mostrare le etichette (valori dei parametri) sugli strati.
Display ColorBar	Mostrare la scala dei colori.
Setup	Richiamare la finestra di dialogo per la configurazione dell'oggetto.
Print preview	Stampare la sezione.
Refresh section	Ridisegnare la sezione.
Save picture	Salvare la sezione in un file grafico.
Output settings	Richiamare la finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri di scala delle immagini grafiche esportate.
Layered section	Visualizzare la sezione come strati.
Layered section [topo]	Visualizzare la sezione come strati tenendo conto dei dati topografici.
Contour section	Visualizzare la sezione come isolinee.
Smooth section	Visualizzare la sezione come sezione lisciata (smoothed).
Add background	Aggiungere un'immagine di sfondo.
Remove background	Rimuovere l'immagine di sfondo.
Set bottom	Impostare manualmente il valore massimo dell'asse verticale.
Model interpolation	Interpolazione di tutti i modelli tra due punti di sondaggio specificati.
Bad data interpolation	Interpolazione dei modelli (con grande errore di fit) tra due punti di sondaggio specificati.
Column percent	Impostare la larghezza delle colonne del modello

La Fig. 34 mostra quattro varianti di rappresentazione della sezione geoelettrica.



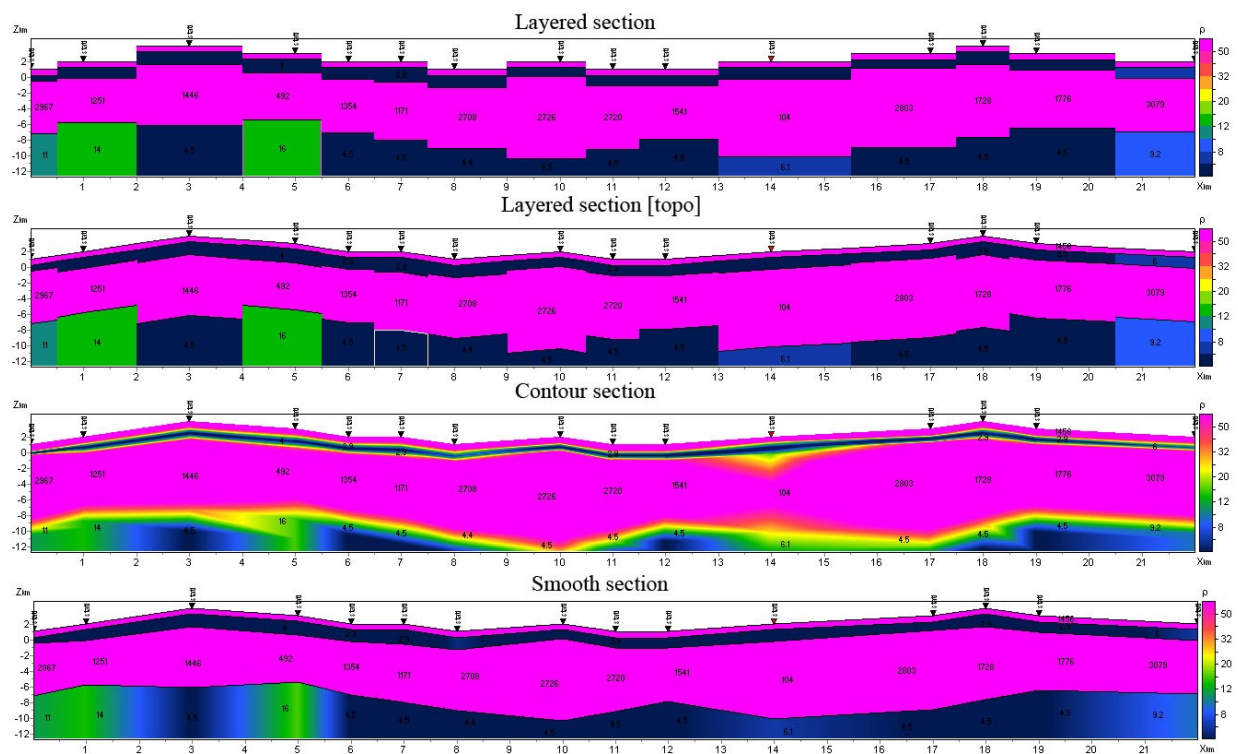


Fig. 34 Varianti di rappresentazione della sezione geoelettrica.

L'opzione Setup richiama la finestra di dialogo per la configurazione dei parametri della sezione (Fig. 35).

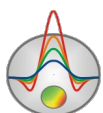
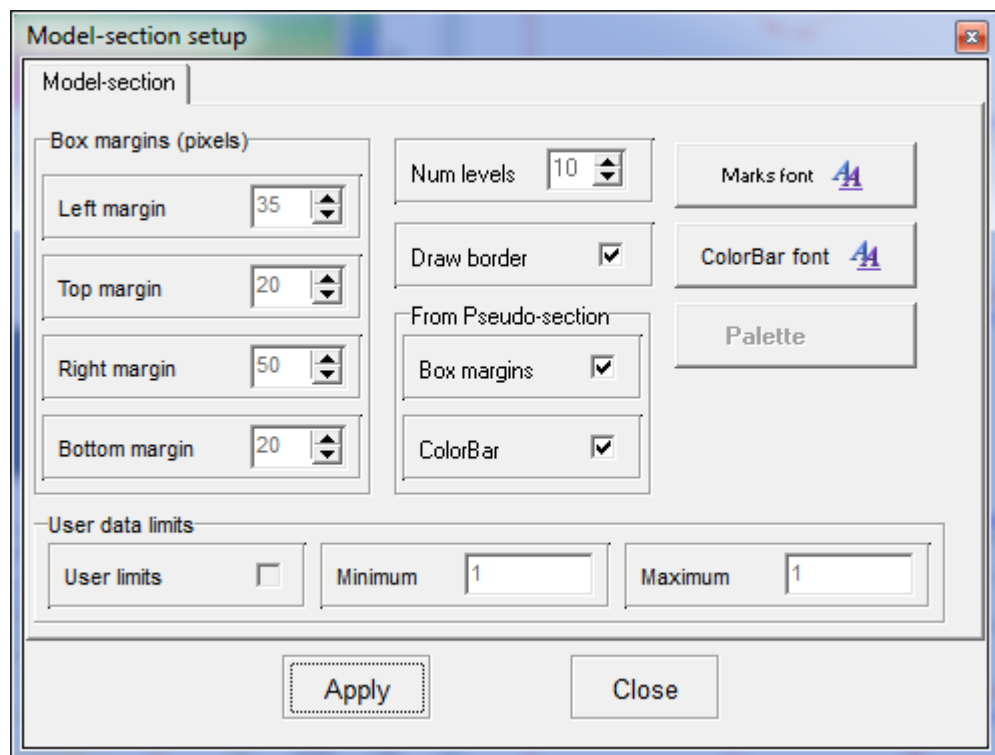


Fig. 35 **Finestra di configurazione dei parametri della sezione geoelettrica**

Area Box margins

Campo Left margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo sinistro della finestra.

Campo Right margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo destro della finestra.

Campo Top margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo superiore della finestra.

Campo Bottom margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo inferiore della finestra.

Campo Num levels – determina il numero di colori. Le sezioni sono definite con passo uniforme lineare o logaritmico, a seconda del tipo di dati.

Pulsante Palette – richiama la finestra di dialogo per la configurazione dei colori degli strati della sezione (maggiori dettagli).

Pulsante ColorBar font – richiama la finestra di dialogo per la configurazione del carattere della scala cromatica.

Pulsante Marks font – richiama la finestra di dialogo per la configurazione del carattere delle etichette degli strati.

Area User data limits

Opzione User limits - indica al programma se utilizzare i valori minimo e massimo dei dati oppure utilizzare i valori dei campi [Minimum] e [Maximum] nell'impostazione della scala cromatica.

Campo Minimum – imposta il valore minimo nell'impostazione della scala cromatica.

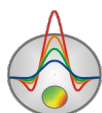
Campo Maximum – imposta il valore massimo nell'impostazione della scala cromatica.

Area From Pseudo-section

Opzione Box margins - indica al programma di utilizzare i valori dei margini dell'area Box margins corrispondenti alla pseudosezione.

Opzione ColorBar - indica al programma di utilizzare la scala cromatica corrispondente alla pseudosezione.

Il dialogo Output settings con l'opzione Automatic disattivata permette di configurare la scala verticale Vertical scale, la scala orizzontale Horizontal scale, la risoluzione dell'immagine esportata Print resolution in dpi e la dimensione del carattere Font size (Fig. 36).



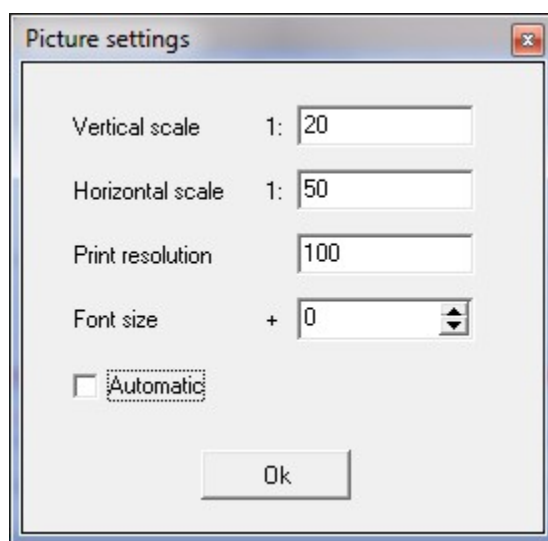


Fig. 36 Finestra di configurazione dei parametri dell'immagine esportata

L'opzione Add background è destinata all'inserimento di un'immagine di sfondo nell'area del modello. Questa funzione è utile in presenza di informazioni a priori (sezione geologica lungo il profilo), dati di altri metodi o per confrontare i risultati dell'inversione in diverse fasi. Il file di sfondo deve essere in formato bmp. Dopo aver selezionato questa opzione apparirà una finestra in cui è necessario stabilire la posizione del file esportato. Lo sfondo verrà visualizzato sopra il modello, mentre il livello dello sfondo è trasparente (Fig. 37, 38).

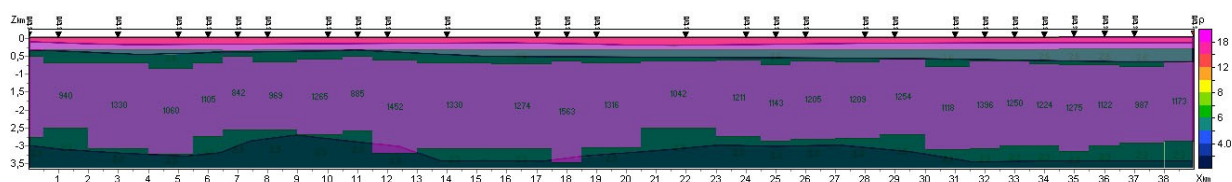


Fig. 37 Esempio di sfondo di sezione geologica

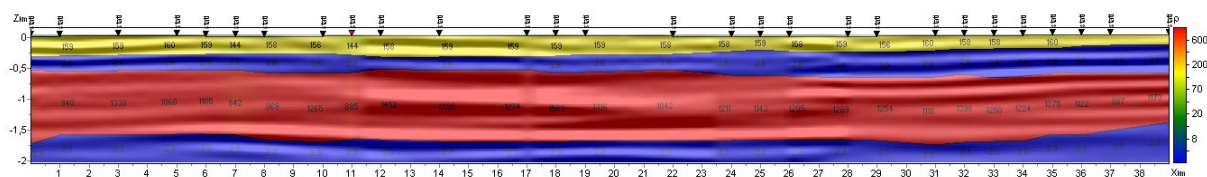
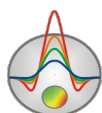


Fig. 38 Esempio di sfondo di sezione sismica



Pseudosezione (Pseudosection)

Questo oggetto serve per visualizzare la variazione dei valori osservati lungo il profilo, in forma di isolinee (Fig. 39).

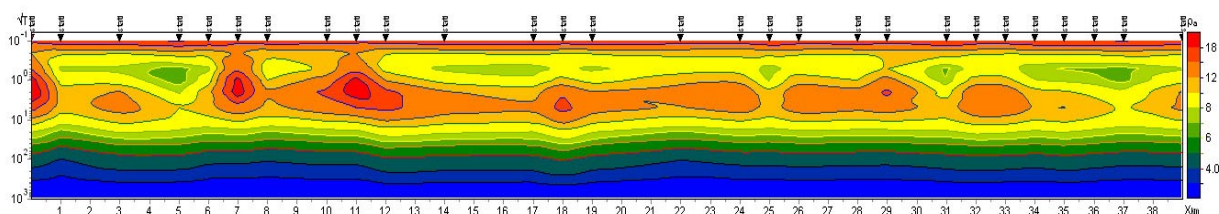


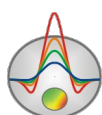
Fig. 39 **Esempio di pseudosezione della resistività apparente**

La costruzione viene eseguita negli assi: coordinata lungo il profilo, periodo. La scala cromatica stabilisce la relazione tra il valore visualizzato e il colore.

La pressione del tasto destro del mouse nell'area degli assi richiama il menu contestuale con le seguenti opzioni:

Setup	Aprire la finestra di dialogo per impostare i parametri dell'oggetto.
Print preview	Stampare la pseudosezione.
Log data scale	Utilizzare scala logaritmica per scala cromatica.
Smooth image	Attiva la modalità di riempimento gradiente continuo invece dei contorni.
Display grid	Mostrare le etichette dei punti di misura.
Display ColorBar	Mostrare la scala dei colori.
Save XYZ file	Salvare la pseudosezione in file di testo XYZ.
Save picture	Salvare la pseudosezione in file grafico.
Apparent resistivity display	Visualizzare la pseudosezione di resistività apparente.
Phase display	Visualizzare la pseudosezione di fase dell'impedenza.

L'opzione Setup è destinata alla configurazione dei parametri della pseudosezione (Fig. 40).



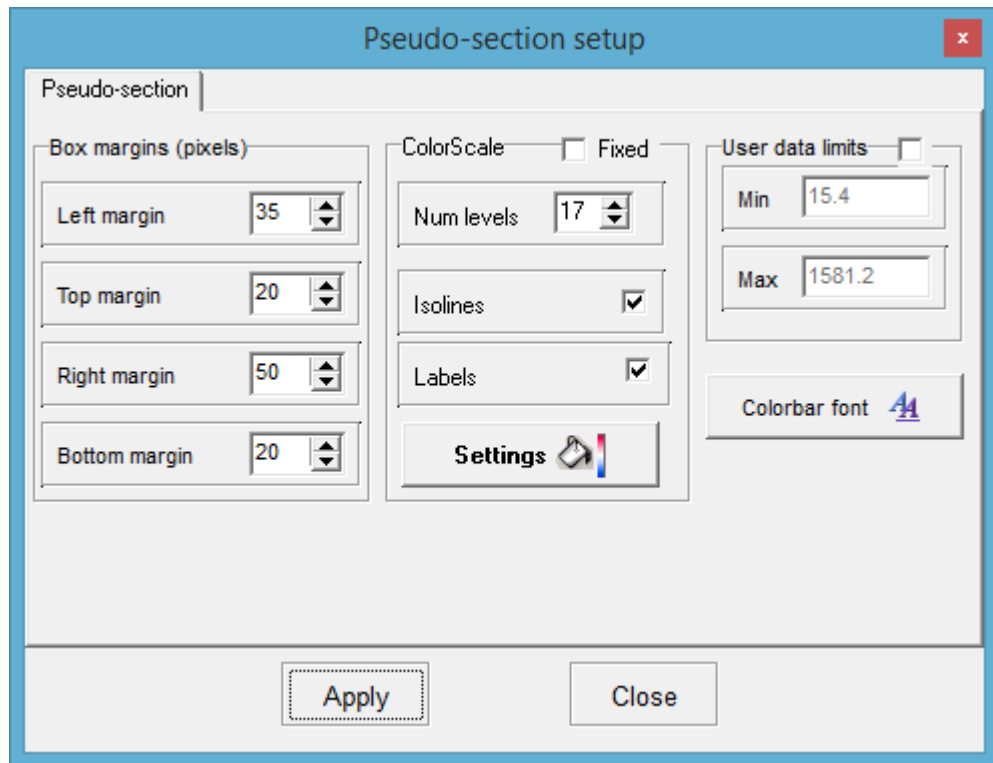


Fig. 40 Finestra di configurazione dei parametri della pseudosezione

Area Box margins:

Campo Left margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo sinistro della finestra.

Campo Right margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo destro della finestra.

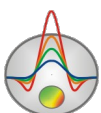
Campo Top margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo superiore della finestra.

Campo Bottom margin – imposta il margine (in pixel) dell'immagine dal bordo inferiore della finestra.

Area ColorScale:

Opzione Fixed - fissa la scala cromatica corrente.

Pulsante Settings – imposta la tavolozza dei colori (Fig. 41).



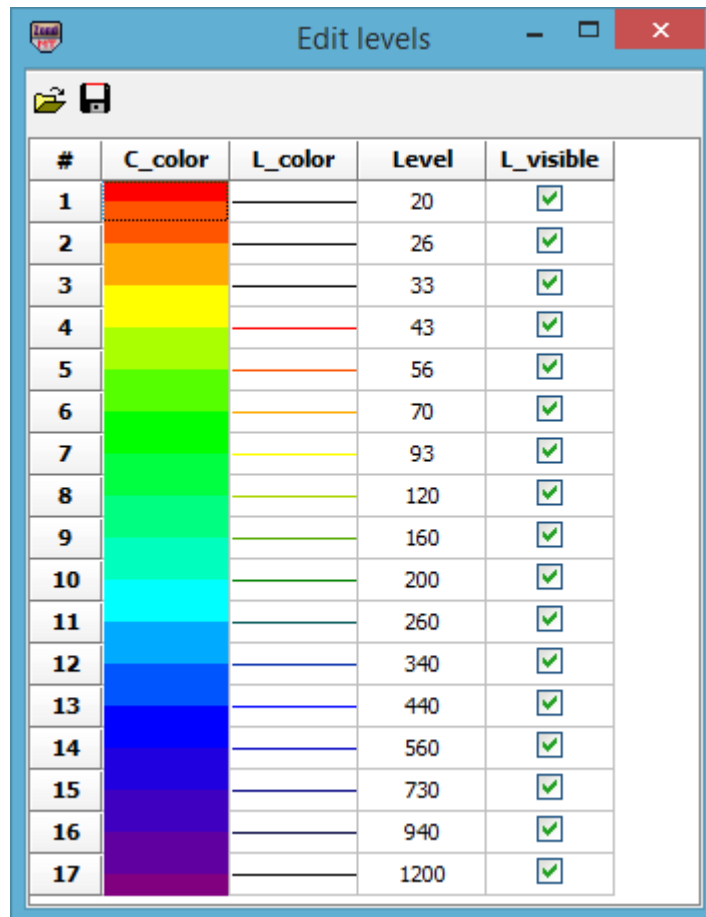


Fig. 41 Dialogo di configurazione della tavolozza dei colori

Campo Num levels – determina il numero di sezioni delle isolinee. Le sezioni delle isolinee sono definite da un passo lineare o logaritmico uniforme, a seconda del tipo di dati.

Opzione Isolines – indica al programma se disegnare le isolinee.

Opzione Labels – indica al programma se disegnare le etichette delle isolinee.

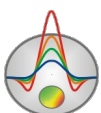
Opzione User data limits - indica al programma se utilizzare i valori minimo e massimo dei dati o utilizzare i valori dei campi Minimum e Maximum nella definizione delle sezioni delle isolinee.

Campo Minimum – imposta il valore minimo nella definizione delle sezioni delle isolinee.

Campo Maximum – imposta il valore massimo nella definizione delle sezioni delle isolinee.

Pulsante Colorbar font – richiama il dialogo di configurazione del carattere delle etichette.

Grafici di profilazione (Profile)



Questo oggetto serve per visualizzare i grafici di profilazione (teorici e sperimentali) a diversi periodi (Fig. 42). Disponibili solo per gli stili Standard e Vision.

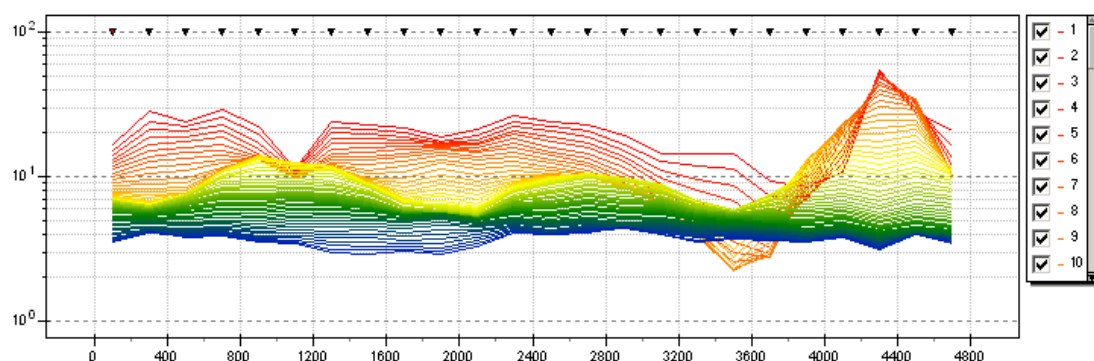


Fig. 42 Finestra dei grafici di profilazione

Il colore della curva corrisponde a un determinato periodo.

Per impostazione predefinita le curve teoriche sono rappresentate con linee continue, quelle sperimentali con linee continue con cerchi nei punti di misura. A ciascuna curva corrisponde un determinato colore, impostato nel dialogo di configurazione di questo oggetto. Le etichette sulle curve sperimentali indicano i numeri dei periodi per i quali sono costruite.

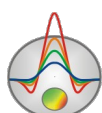
I parametri grafici dei grafici osservati e calcolati possono essere impostati nel dialogo di configurazione. I parametri dell'asse possono essere impostati nell'editor dell'asse (click destro+SHIFT sull'asse).

Quando si preme il pulsante sinistro del mouse su una curva, le curve per gli altri periodi scompaiono e riappaiono dopo il rilascio del pulsante. Lo spostamento del mouse con il pulsante destro premuto consente di spostare i grafici verticalmente. Per visualizzare solo un grafico, fare clic con il pulsante sinistro del mouse tenendo premuto il tasto SHIFT sull'elenco delle curve. Utilizzare lo scorrimento per passare ai grafici adiacenti. Per visualizzare nuovamente tutti i grafici, premere SHIFT+pulsante sinistro del mouse sull'elenco dei grafici.

Per visualizzare i pesi dei punti, fare clic sul punto della curva con il pulsante sinistro del mouse tenendo premuto il tasto ALT. Per nascondere i pesi, utilizzare il pulsante destro del mouse con il tasto ALT premuto.

La pressione del pulsante destro del mouse nell'area dell'oggetto richiama il menu contestuale con le seguenti opzioni:

Setup	Aprire la finestra di dialogo per impostare i parametri dell'oggetto.
Print preview	Stampare la pianta dei grafici.



Display calculated	Mostrare le curve teoriche.
Delete invisible	Rimuovere i grafici nascosti
Apparent resistivity display	Visualizzare i grafici di resistività apparente
Phase display	Visualizzare i grafici di fase dell'impedenza

La pressione del pulsante destro del mouse direttamente sui grafici richiama un menu a comparsa che consente di impostare i pesi ai punti dei grafici o eliminare singoli grafici.

L'opzione Setup serve per configurare i parametri dei grafici (Fig. 43).

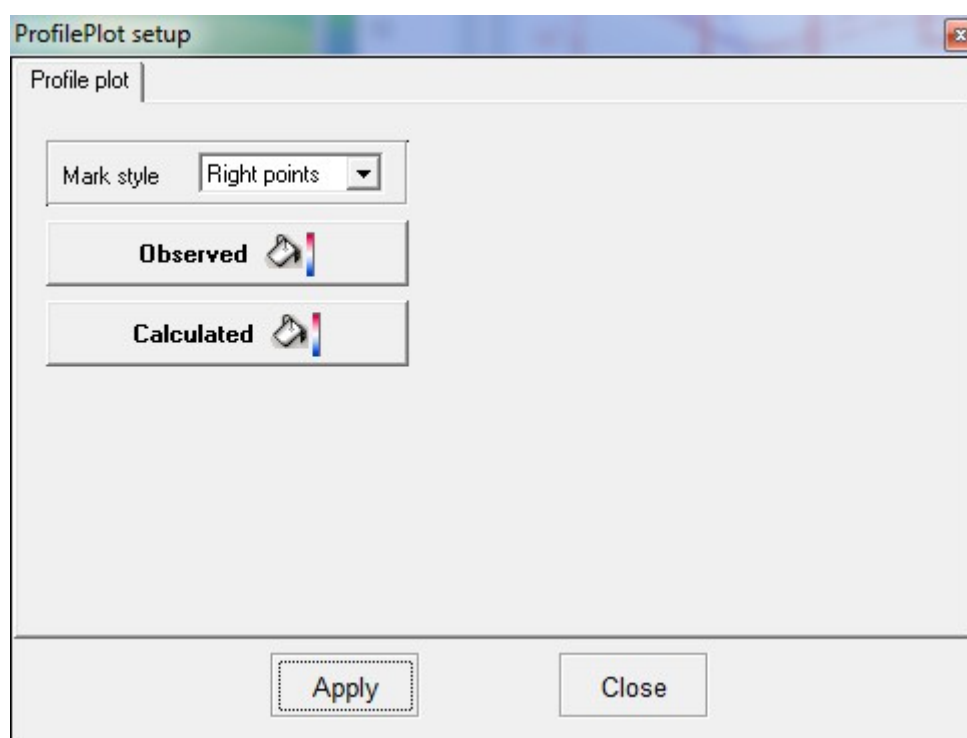


Fig. 43 **Finestra di configurazione dei parametri dei grafici di profilazione**

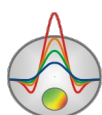
L'opzione Mark style definisce come disegnare le etichette dei grafici.

Il valore Left points – a sinistra dei grafici.

Il valore All points – da punto a punto.

Il valore Right points – a destra dei grafici.

I pulsanti Observed e Calculated richiamano la finestra di dialogo per configurare i parametri grafici delle curve osservate e calcolate (dettagli).



Funzionalità aggiuntive del programma

Lavoro con dati CSAMT e CSRMT (modifiche con sorgente controllata)

Quando si lavora con una sorgente controllata, spesso è necessario considerare la geometria dell'installazione della sorgente stessa e dei sensori riceventi. Se nei dati iniziali non sono fornite le informazioni corrispondenti, è possibile specificarle nella finestra di configurazione Controlled source settings (Options/Controlled source settings). Dopo aver premuto questa voce di menu, apparirà la finestra di dialogo Controlled source settings, in cui è possibile specificare i parametri dell'installazione (Fig. 44). Lo schema delle misurazioni è descritto nella sezione Formato del file dati.

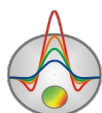
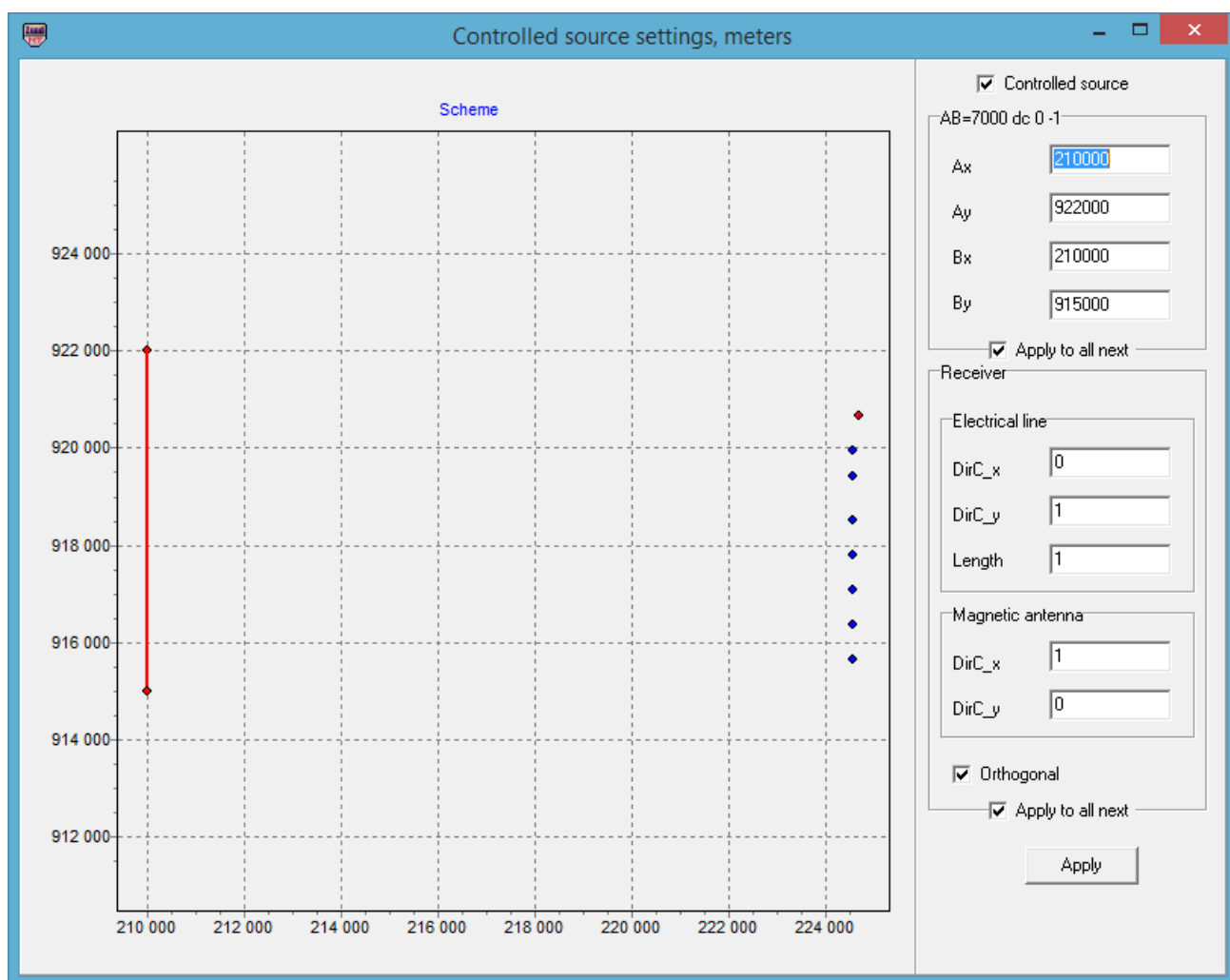


Fig. 44 **Finestra di dialogo per l'impostazione dei parametri della sorgente e dell'apparecchiatura ricevente Controlled source settings**

Selezionare la casella Controlled source nel caso in cui le misurazioni siano state effettuate utilizzando una sorgente controllata.

Le coordinate di inizio ($A_x A_y$) e fine ($B_x B_y$) della linea di alimentazione sono specificate nelle apposite finestre. Mentre si impostano le coordinate, nel campo verranno calcolati automaticamente la lunghezza della linea di alimentazione (AB) e il coseno direttore (dc).

Il campo Receiver è destinato all'impostazione della geometria dell'apparecchiatura ricevente. Nel campo Electrical line è necessario specificare i coseni direttori delle linee riceventi (DirC_X e DirC_Y) e la loro lunghezza (Length). Poiché, di norma, la lunghezza della linea di alimentazione supera significativamente le lunghezze riceventi, per visualizzare le linee nello schema è possibile impostare una lunghezza maggiore.

Con la casella Orthogonal selezionata, è sufficiente compilare il valore di almeno un coseno direttore. Tutti gli altri verranno compilati automaticamente, partendo dall'ortogonalità della configurazione corrente.

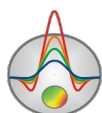
In caso contrario, è necessario specificare i coseni direttori dei sensori magnetici ed elettrici nelle finestre DirC_x e DirC_y.

Selezionare la casella Apply to all next se i parametri specificati sono validi per tutti i punti di sondaggio. Se la casella non è selezionata, dopo aver premuto il pulsante Apply, verranno applicati solo al punto di sondaggio corrente.

Lavoro con dati areali e visualizzazione 3D

Per impostare più linee di profili nel menu principale del programma selezionare Options/Set lines/coordinates. Successivamente apparirà la finestra di dialogo Line settings descritta in dettaglio nella sezione Impostazione della linea di profilo o dei profili per dati areali. Per passare da un profilo all'altro utilizzare la finestra  sulla barra degli strumenti della finestra principale del programma.

Opzione Plane data



L'opzione Plane data (Options/Plane data) consente di costruire piani di distribuzione del parametro selezionato (resistività, resistività apparente, quote, ecc.) in funzione della profondità o del periodo sull'area. La Fig. 45 mostra un esempio di costruzione della distribuzione della resistività sull'area.

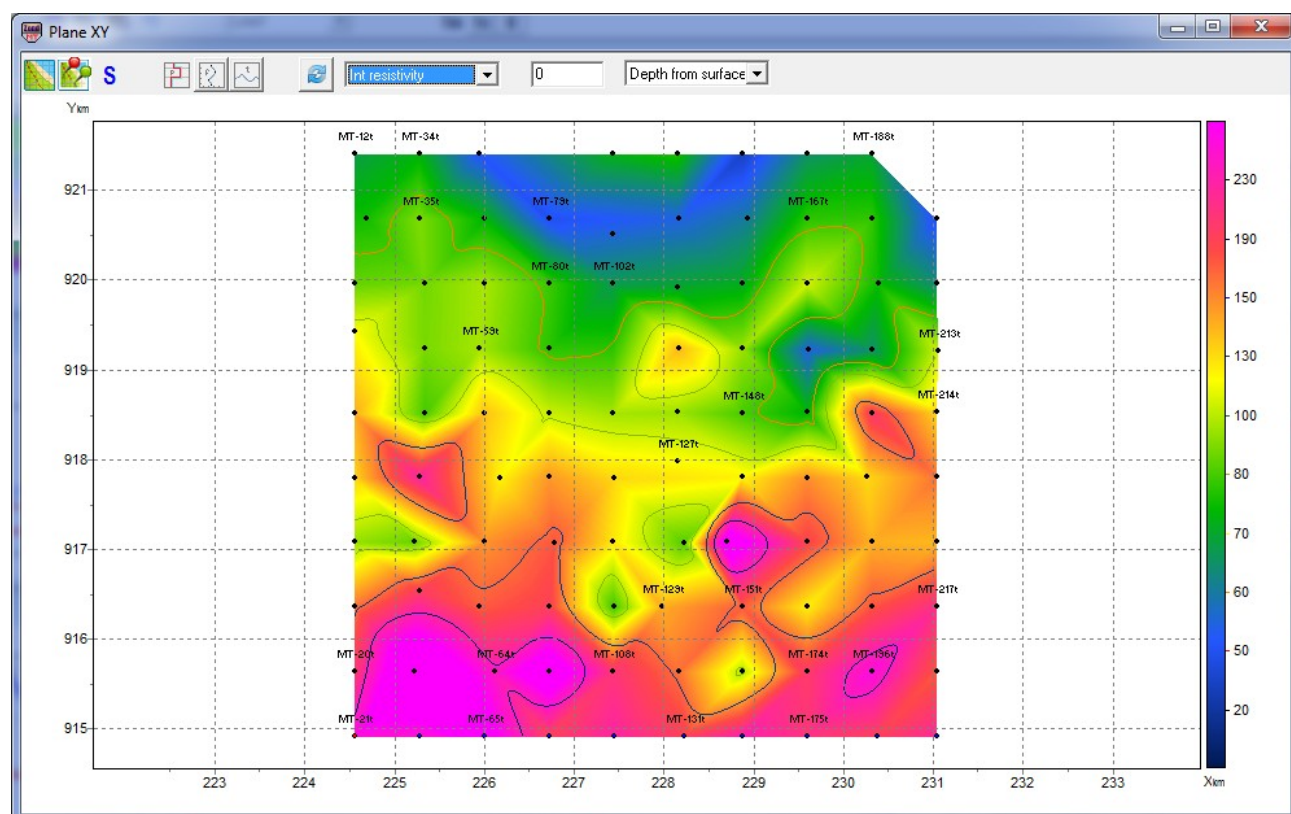
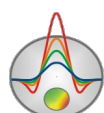
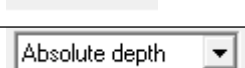


Fig. 45 **Finestra PlaneXY. Piano delle isolinee di resistività**

La barra degli strumenti della finestra contiene i seguenti pulsanti:

	Caricare un file raster di mappa (Load map) oppure tracciare le isolinee della topografia (Draw topography).
	Carica la mappa dell'area da internet. Le coordinate delle stazioni devono essere specificate in coordinate UTM. In caso di problemi di caricamento, inserire una chiave valida nel campo Bing maps api_key
	Esportare la mappa areale di distribuzione del parametro in Golden Software Surfer e avviare l'applicazione
	Costruire isolinee per i parametri del modello (resistività, conduttività o spessore)
	Costruire isolinee per i parametri misurati (resistività apparente o fase)



	dell'impedenza)
	Costruire isolinee per i valori delle quote
	Aggiornare la mappa corrente
	Parametro da visualizzare sulla sezione planare. Può essere un parametro del modello per la profondità selezionata o valori misurati
	Imposta la profondità della sezione del set di profili.
	Modalità di costruzione della sezione: absolute depth - vengono selezionati i valori dei parametri per una determinata profondità (quota) assoluta, depth from surface vengono selezionati i valori dei parametri per una determinata profondità dalla superficie, layer index – numero dello strato

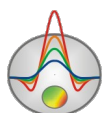
Nella costruzione dei parametri del modello, la barra degli strumenti contiene due campi che permettono di selezionare uno dei parametri e di specificare la profondità alla quale sarà visualizzato. Nel campo destro è necessario impostare il metodo di riferimento delle profondità: Depth from topo – i valori di profondità sono riferiti dalla superficie, Absolute depth – si utilizzano valori assoluti di profondità, Layer index – la mappa delle isolinee è costruita per lo strato specificato.

Nella costruzione delle isolinee dei parametri misurati, il numero dello strato corrisponde alla griglia dei periodi dei dati di partenza.

Opzione 3D fence diagram (Options/ 3D fence diagram)

Questa opzione è destinata alla visualizzazione tridimensionale dei risultati dell'interpretazione lungo i profili. Dopo aver selezionato questa opzione appare la finestra 3D section viewer. La barra degli strumenti della finestra contiene i seguenti pulsanti:

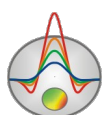
	Anteprima di stampa
	Ruotare il modello 3D
	Carica la mappa dell'area da internet. Le coordinate delle stazioni devono essere specificate in coordinate UTM. In caso di problemi di caricamento, inserire una chiave valida nel campo Bing maps api_key
	Costruire un set di sezioni orizzontali nel programma surfer.



	Mostrare la mappa orizzontale. La profondità della mappa dalla superficie è impostata in chilometri nella finestra a destra
	Imposta la profondità della sezione del set di profili con un piano orizzontale
☒ Depth from surface	Modalità di costruzione della sezione orizzontale. Se l'opzione è attiva, la sezione è costruita per la profondità specificata dalla superficie, altrimenti per la quota assoluta specificata
	Premendo questo pulsante si impostano scale uguali per tutti gli assi. In questo caso, a destra appare una finestra che consente di specificare il rapporto delle scale per ciascun asse
	Impostazione dell'asse verticale Z

La finestra 3D section viewer contiene tre schede:

La scheda Lines (Fig. 46) è destinata alla modifica delle coordinate di inizio e fine dei profili, nonché all'impostazione dei profili che saranno visualizzati nel modello 3D. A sinistra nella finestra è posizionata una tabella contenente i nomi dei profili, le coordinate di inizio e fine. Per visualizzare un profilo sul modello 3D è necessario selezionare la casella nell'ultima colonna della tabella (V – visible). A destra viene visualizzata la mappa dei profili. Il profilo attivo è visualizzato in rosso. È disponibile la possibilità di modifica delle proprietà degli assi, richiamabile con il tasto destro del mouse tenendo premuto il tasto Shift. Per maggiori dettagli sulla configurazione dei parametri degli assi vedere la sezione Editor degli assi.



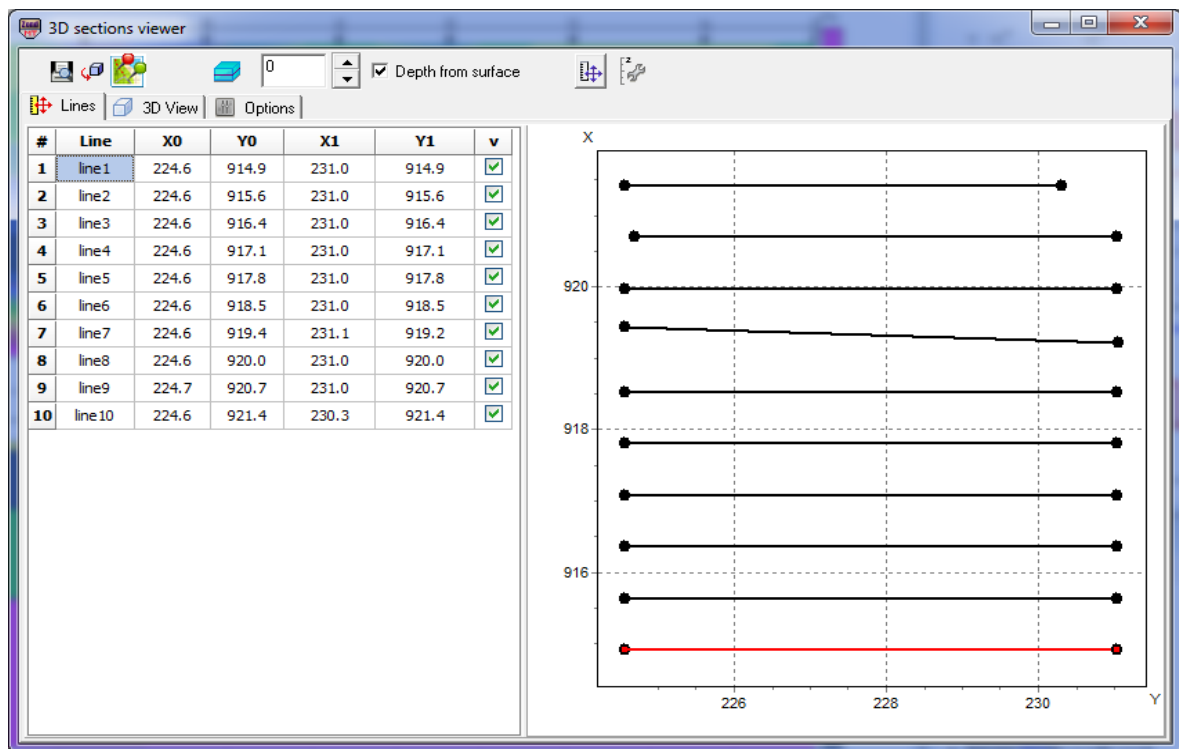


Fig. 46 Finestra 3D section viewer, scheda Lines.

La scheda 3D view (Fig. 47) è destinata alla visualizzazione del modello 3D.

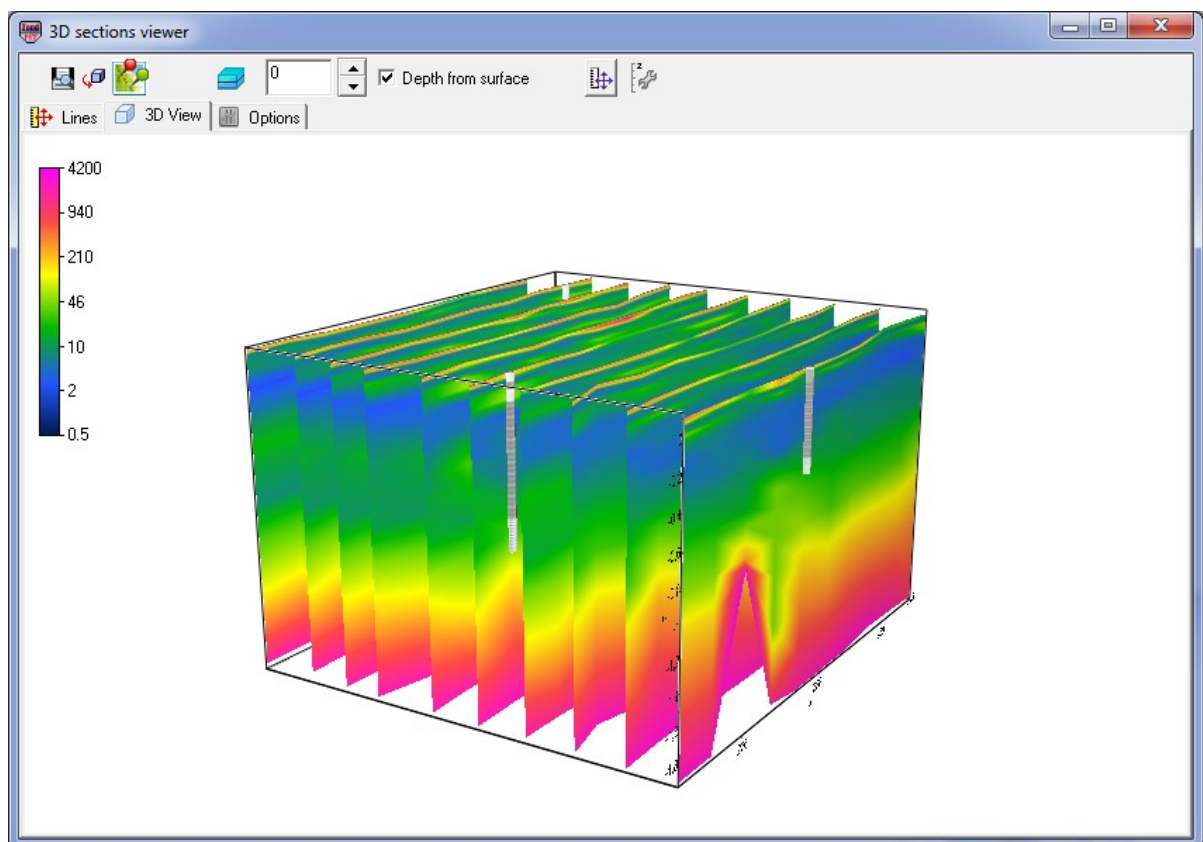
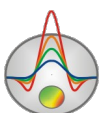


Fig. 47 Finestra 3D section viewer, scheda 3D view



La scheda Options (Fig. 48) è destinata alla configurazione dei parametri dell'immagine.

L'area Color scale permette di configurare i parametri di riempimento. Il pulsante Palette richiama la finestra di dialogo per la configurazione del riempimento (dettagli). L'area Color scale limits permette di impostare il minimo e il massimo per la scala cromatica manualmente o di scegliere la modalità automatica di determinazione dei limiti, selezionando la casella corrispondente.

Opzione Continuous se l'opzione è attiva, la sezione sarà costruita utilizzando una tavolozza cromatica continua, altrimenti un insieme di contorni.

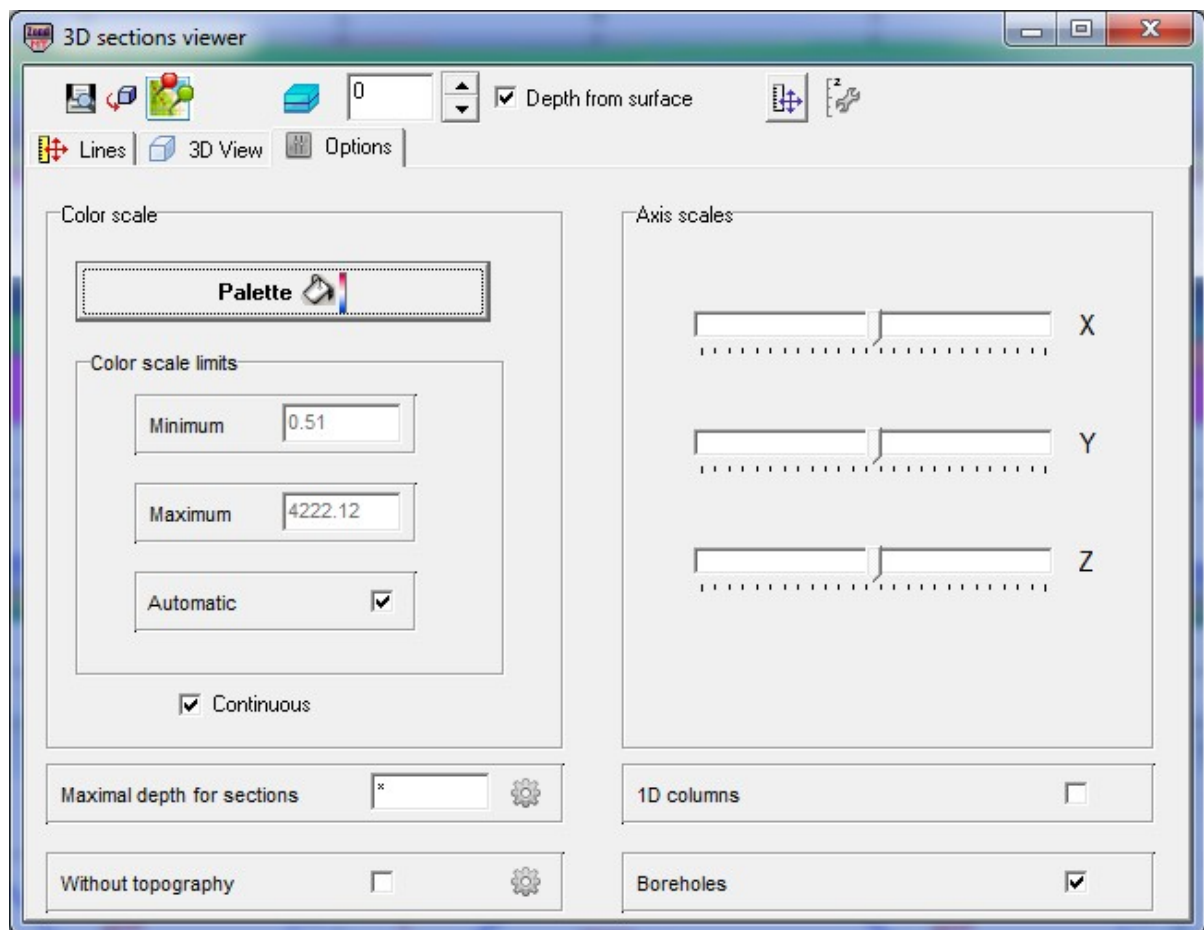
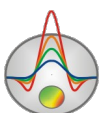


Fig. 48 Finestra 3D section viewer, scheda Options

L'area Axis scales è destinata all'impostazione delle scale degli assi. Le scale si impostano solo con il pulsante premuto  sulla barra degli strumenti della finestra.



Campo Maximal depth for sections – imposta la profondità limite, al di sotto della quale le sezioni saranno troncate.

Campo Without topography - permette di costruire le sezioni senza tener conto delle quote topografiche dei sondaggi. Questo è utile se si desidera costruire un modello con asse verticale logaritmico.

Opzione 1D Columns mostrare i modelli 1D sotto forma di pseudo-pozzi. I colori degli strati sono scelti in base alla scala cromatica.

Opzione Boreholes mostrare i dati di pozzo nella visualizzazione tridimensionale. In caso di un numero elevato di pozzi nel progetto, la loro visualizzazione può richiedere un tempo considerevole.

Introduzione di informazioni a priori

La disponibilità di informazioni a priori (dati di pozzo) permette di aumentare significativamente l'affidabilità delle sezioni geoelettriche ottenute. Il programma «ZondMT1D» dispone di un modulo integrato che permette di visualizzare i dati a priori in forma grafica sulle sezioni.

Creazione e aggiunta del file di litologia

Per creare o modificare le informazioni sui pozzi, nel menu principale del programma è necessario selezionare Options/Boreholes/Create/Edit borehole data. Apparirà la finestra di dialogo del modulo Add borehole data (Fig. 49).

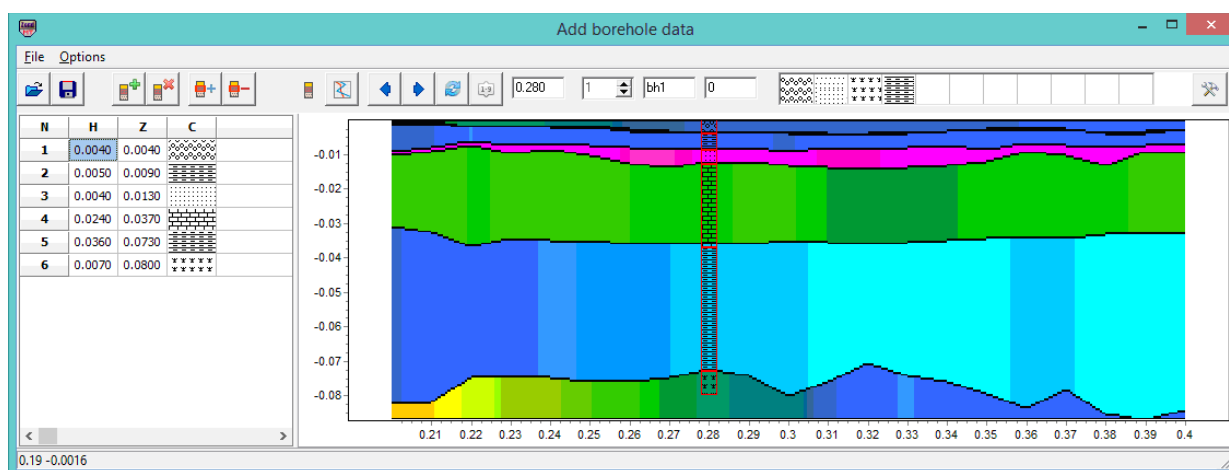
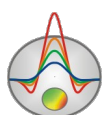
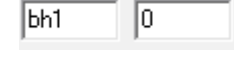


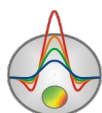
Fig. 49 Finestra di dialogo di creazione del file litologico Add borehole data



La barra degli strumenti della finestra di dialogo contiene i seguenti pulsanti:

	Aprire il file di litologia
	Salvare il file di litologia
	Creare un nuovo pozzo
	Eliminare un pozzo
	Aggiungere uno strato nel pozzo
	Eliminare uno strato nel pozzo
	Imposta il tipo di dati del pozzo: colonna litologica. Altrimenti dati di carotaggio (grafico).
	Caricare i dati di carotaggio
	Passare al pozzo precedente
	Passare al pozzo successivo
	Aggiornare la finestra di visualizzazione dei dati
	Ordinare i pozzi per coordinata
	Imposta la coordinata orizzontale (lungo il profilo) e il numero del profilo, se il progetto è costituito da più linee.
	Etichetta per il pozzo (non più di 5 caratteri) e angolo della sua inclinazione nel piano XZ.
	Selezionare il colore di riempimento della finestra di visualizzazione dei pozzi (nell'esempio – rosso).
	Opzioni aggiuntive

Il modulo contiene due finestre principali. A sinistra si trova la Finestra dati, contenente una tabella con le seguenti colonne: N – numero d'ordine dello strato, H – spessore dello strato in chilometri, Z – profondità del tetto dello strato in chilometri, C – tipo di riempimento. Nella finestra di destra i dati dei pozzi sono visualizzati in forma grafica.



Per creare nuovi dati di pozzo è necessario premere il pulsante  sulla barra degli strumenti. Dopodiché nella Finestra dati apparirà una nuova tabella. Mediante il pulsante  è necessario impostare il numero di strati desiderato. Successivamente è necessario modificare la tabella, impostando i valori di spessore o profondità del tetto di ciascuno strato, nonché scegliere il tipo di riempimento in accordo con la litologia. La finestra di configurazione del riempimento Pattern Color Editor viene richiamata con un doppio clic del pulsante sinistro del mouse nella colonna C della finestra dati (Fig. 50). Il programma offre una ricca scelta di riempimenti litologici. Nell'opzione Color è possibile scegliere il colore del riempimento.

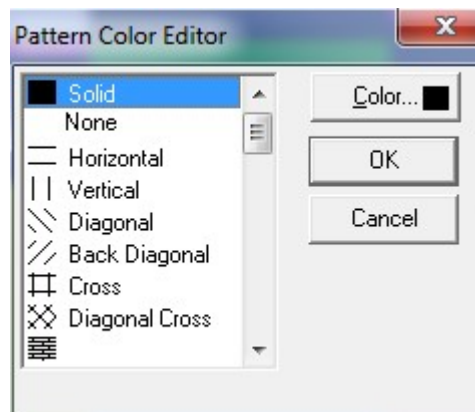
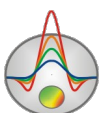


Fig. 50 **Finestra dell'editor di riempimento**

Dopo aver completato l'inserimento dei dati del pozzo è necessario premere il pulsante  e il pozzo apparirà nella finestra grafica. Successivamente è necessario impostare le coordinate orizzontale e verticale del pozzo sulla barra degli strumenti in chilometri, dopodiché il pozzo sarà rappresentato in accordo con le proprie coordinate. Nella finestra grafica il pozzo attivo è visualizzato in colore rosso.

Per facilitare il lavoro con un gran numero di pozzi il programma offre la possibilità di creare una tavolozza. Per creare una tavolozza selezionare il riempimento necessario nella colonna dei riempimenti della Finestra dati, dopodiché cliccare con il pulsante destro del mouse nell'area dei riempimenti sul pannello principale del programma. In questo modo può essere creato un insieme di riempimenti, che successivamente può essere salvato. Per questo premere il pulsante





e selezionare Save default palette. L'insieme salvato di riempimenti può essere utilizzato nella creazione di un nuovo file di dati litologici e di carotaggio ( - **Load default palette**).

La funzione Set percent, disponibile premendo il pulsante  è destinata alla modifica della scala di visualizzazione dei dati dei pozzi in forma grafica.

Dopo il salvataggio del file dati verranno creati diversi file: *.crt – progetto del modulo, che può essere caricato nel programma «ZondMT1D» e *.txt – file per ciascun pozzo, i nomi corrispondono alla coordinata orizzontale e verticale. Per maggiori dettagli sul formato del file litologico si veda l'Appendice 1.

Per aggiungere dati sui pozzi da file utilizzare il comando Options/Boreholes/Load borehole data. I dati sui pozzi saranno visualizzati sia sulla sezione geoelettrica che nell'area dell'editor del modello (Fig. 51).

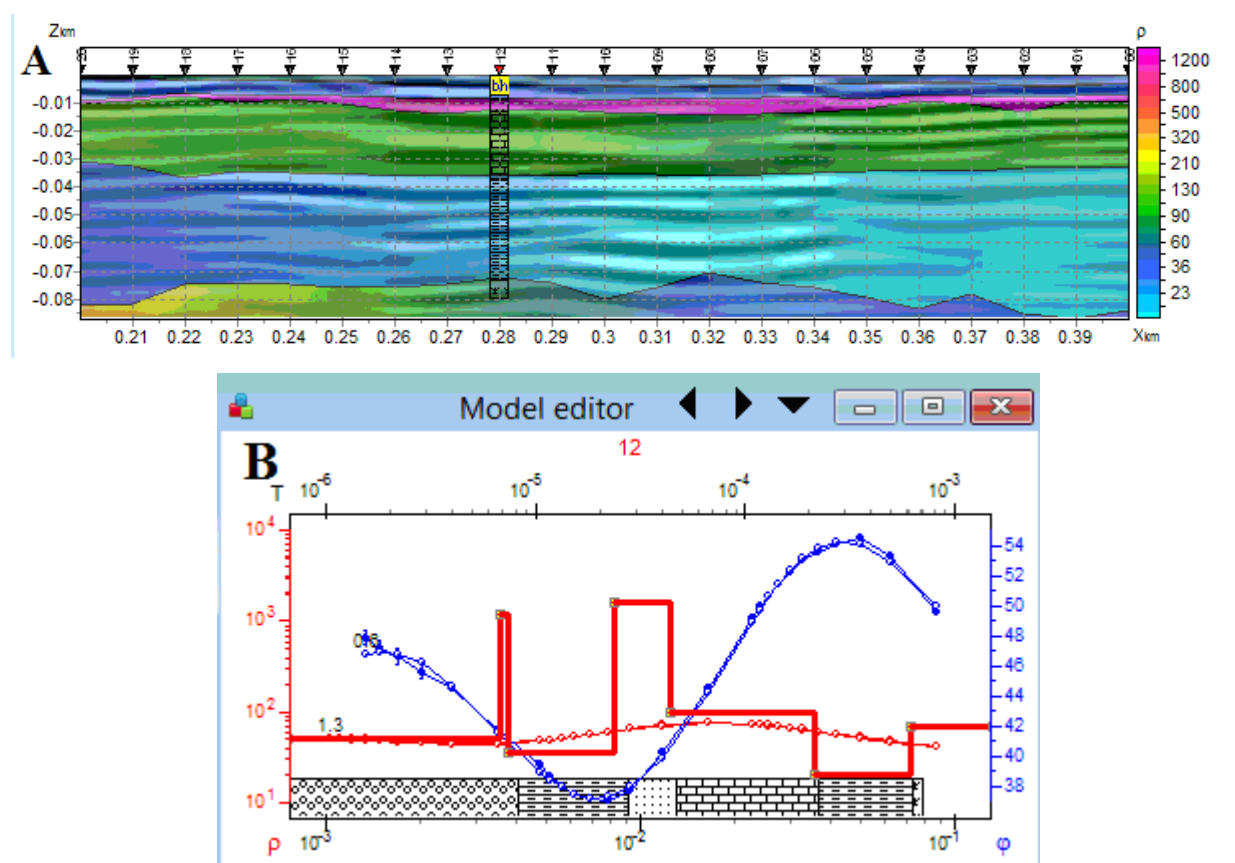
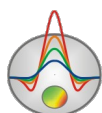


Fig. 51

Visualizzazione dei dati litologici sulla sezione geoelettrica (A) e nell'editor del modello (B)



Possono essere aggiunti anche dati di carotaggio. Per questo nella finestra Add borehole data premere il pulsante . I dati di carotaggio possono essere aggiunti a una colonna litologica già esistente.

Introduzione di limiti geologici (Opzione Set boundaries)

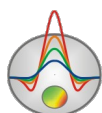
La barra degli strumenti è disponibile nel menu Options Options/Invert&Apriori/Set apriori boundaries e permette di impostare e considerare durante l'inversione informazioni geologiche a priori sotto forma di limiti. Dopo aver selezionato questa opzione appare un insieme di strumenti, contenente i seguenti pulsanti:

	Enable/Disable editing boundaries mode	Attivare/Disattivare la modalità di modifica dei limiti
	Add new boundary	Aggiungere un nuovo confine
	Delete boundary	Eliminare tutti i confini
	Save boundaries to file	Salvare i confini in un file
	Load boundaries from file	Caricare i confini da un file

L'introduzione di confini geologici a priori nel problema inverso è una tecnica fondamentale per migliorare la qualità dell'interpretazione. Da un lato, aumenta la stabilità del problema, dall'altro riduce l'area di equivalenza e permette di ottenere una struttura più consistente. Nelle aree del modello dove i parametri sono poco sensibili, questo è praticamente l'unico modo per ottenere un risultato accettabile.

Prima di impostare i confini si raccomanda di eseguire l'inversione scegliendo nella scheda Inversion della finestra delle proprietà del programma il tipo di inversione (Style) – Smooth e attivare il fitting per profondità (selezionando la casella nel campo Thick/depth). Maggiori dettagli sulle impostazioni dei parametri di inversione nella sezione Finestra delle proprietà del programma.

Sulla sezione geoelettrica ottenuta si dovranno tracciare i confini tenendo conto dei dati dei pozzi o partendo da rappresentazioni a priori sulla struttura dell'area studiata. L'impostazione dei confini si effettua con il pulsante sinistro del mouse quando è attiva la modalità di modifica dei confini. La chiusura del confine si effettua con il pulsante destro del mouse. Nel tracciare i confini non si dovrebbero usare molti nodi. È auspicabile che i confini siano il più lisci possibile.



Dopo aver tracciato i confini si deve riavviare l'inversione, che sarà eseguita tenendo conto dei confini assegnati (Fig. 52).

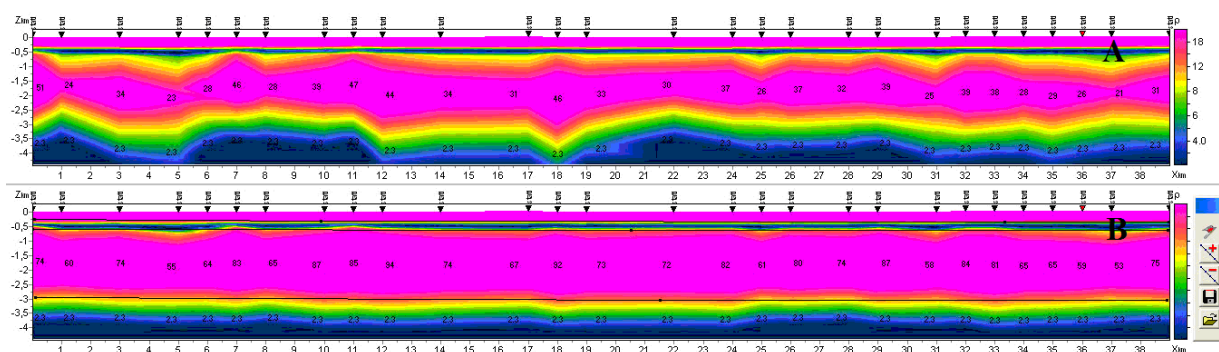
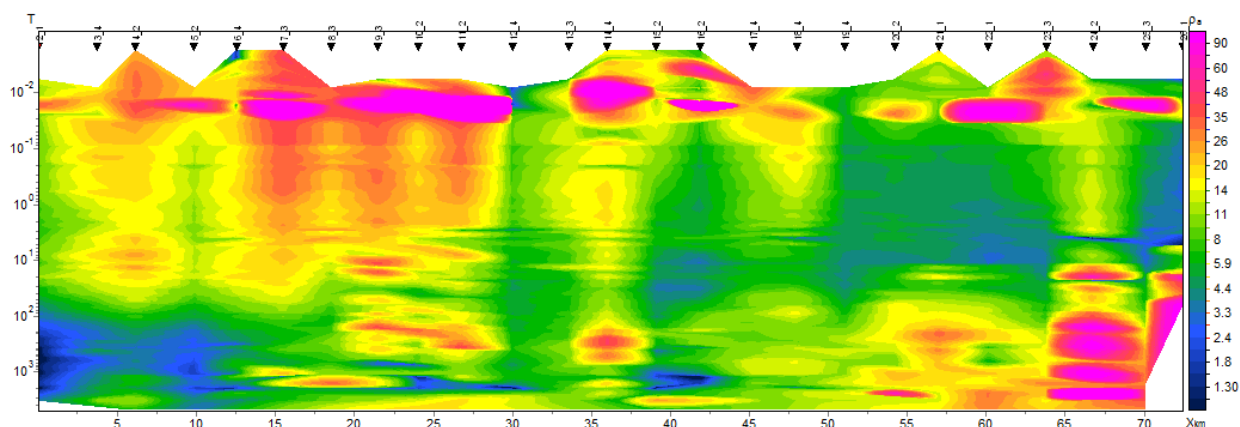


Fig. 52 Esempio di sezione geoelettrica dai risultati dell'inversione senza (A) e con (B) i confini geologici

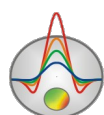
Post-elaborazione dei dati di campo

Il programma ZondMT1D permette di elaborare dati di profilo. Nel menu Options/Data operations sono disponibili tre funzioni: Denoise data, Smooth data e 2D smoothing. Per annullare le operazioni e tornare ai dati originali è disponibile l'opzione Return Origin data. Usare queste funzioni con cautela, poiché un lisciamento troppo forte dei dati può portare alla perdita anche di informazioni utili.

A



B



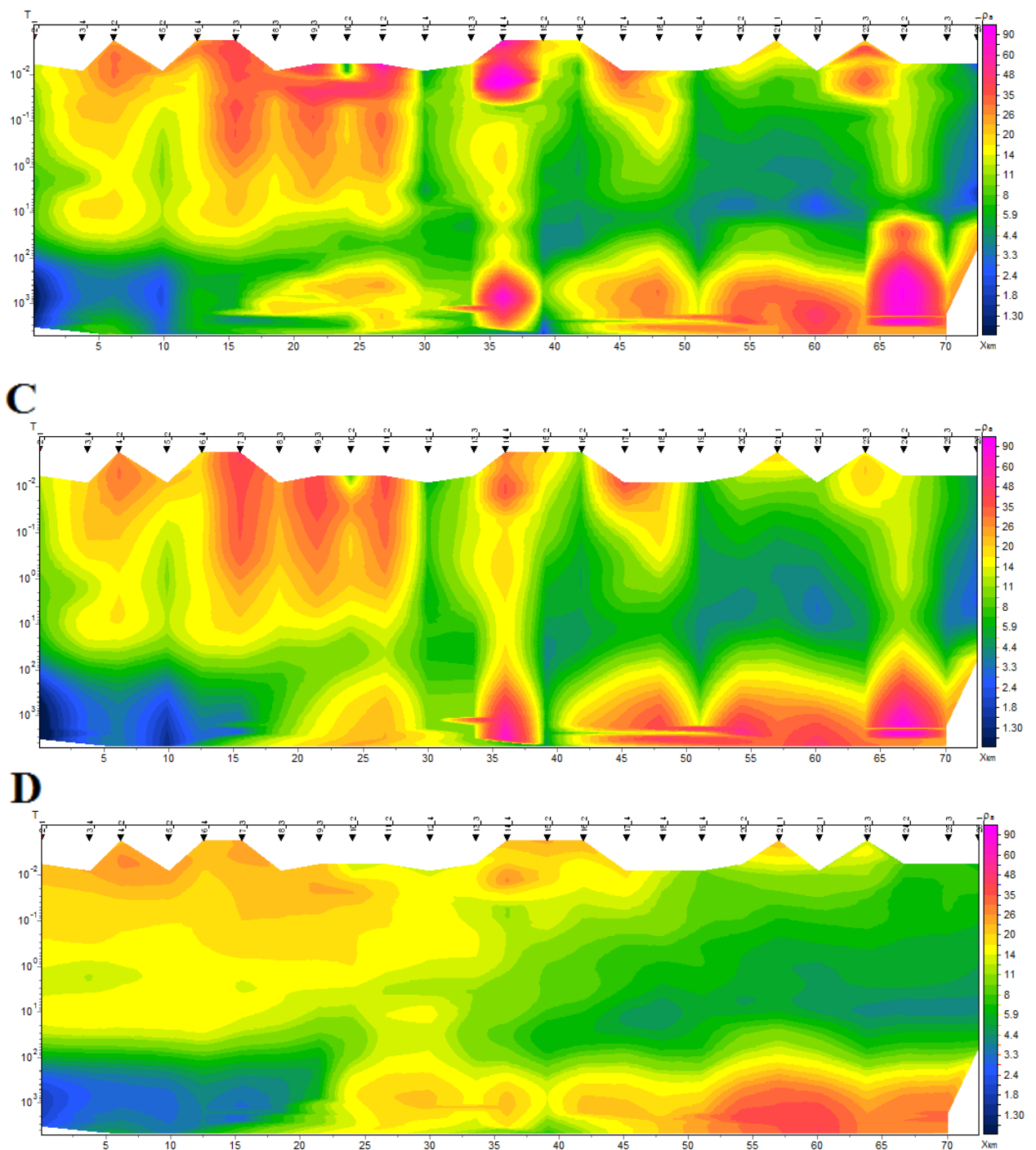
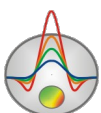


Fig. 53 **Esempio di applicazione delle funzioni di elaborazione al profilo dei dati: A: dati originali, B: risultato dell'applicazione dell'operazione Denoise data, C: risultato dell'applicazione dell'operazione Smooth data, D: risultato dell'applicazione dell'operazione 2D smothing**



Smoothing del modello

Il programma ZondMT1D permette di lisciare la sezione geoelettrica calcolata (Fig. 54). Per questo nel menu Option/ Invert&apriori selezionare la funzione Smooth model. Il lisciamento viene eseguito automaticamente, modificando sia i confini degli strati che i valori di resistività.

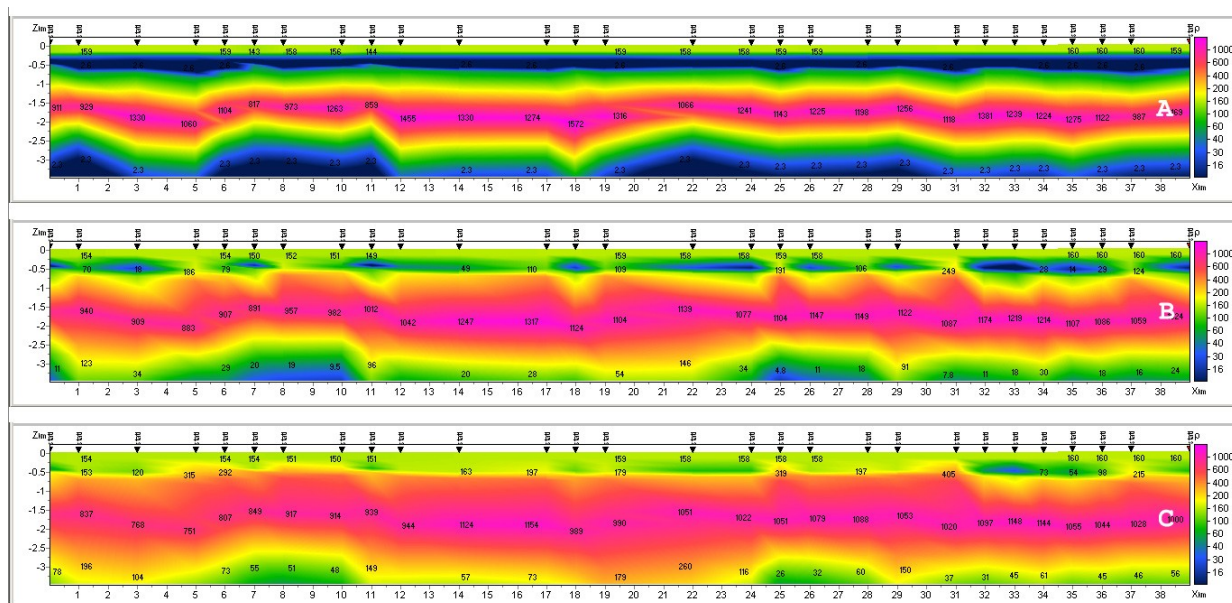


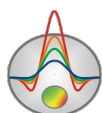
Fig. 54 **Esempio di applicazione della funzione Smooth model. A- modello iniziale, B – dopo l'applicazione dell'opzione Smooth model, C – dopo la ripetuta applicazione dell'opzione Smooth model.**

Opzioni di interpretazione congiunta dei dati di sondaggi MT (AMT, RMT) e VES

Questa funzionalità è destinata all'interpretazione congiunta di dati AMT (MT, RMT, CSAMT, CSRMT) e VES.

La sezione è accessibile nel menu principale del programma Options/VES Data. Nel menu sono disponibili le seguenti opzioni:

Load VES data	Caricare dati VES in formato TXT (il formato del file è descritto di seguito).
---------------	--



Remove VES data	Eliminare i dati dei sondaggi VES.
Joint inversion	Inversione congiunta dei dati VES e dei sondaggi MT
Display VES plot	Mostrare la finestra dei grafici VES.

Il file di testo dei dati VES deve contenere i seguenti valori, scritti in righe:

ab/2 – metà della lunghezza della linea di alimentazione

mn – lunghezza della linea di ricezione

app.res – resistività apparente

Nella finestra dei grafici VES Plot sono visualizzati i grafici della resistività apparente (Fig. 55). In rosso è mostrata la curva misurata, in blu quella fittata come risultato dell'inversione congiunta. È possibile modificare le proprietà degli assi, l'editor si richiama con il pulsante destro del mouse tenendo premuto il tasto Shift. Maggiori dettagli sull'impostazione dei parametri degli assi nella sezione Editor degli assi.

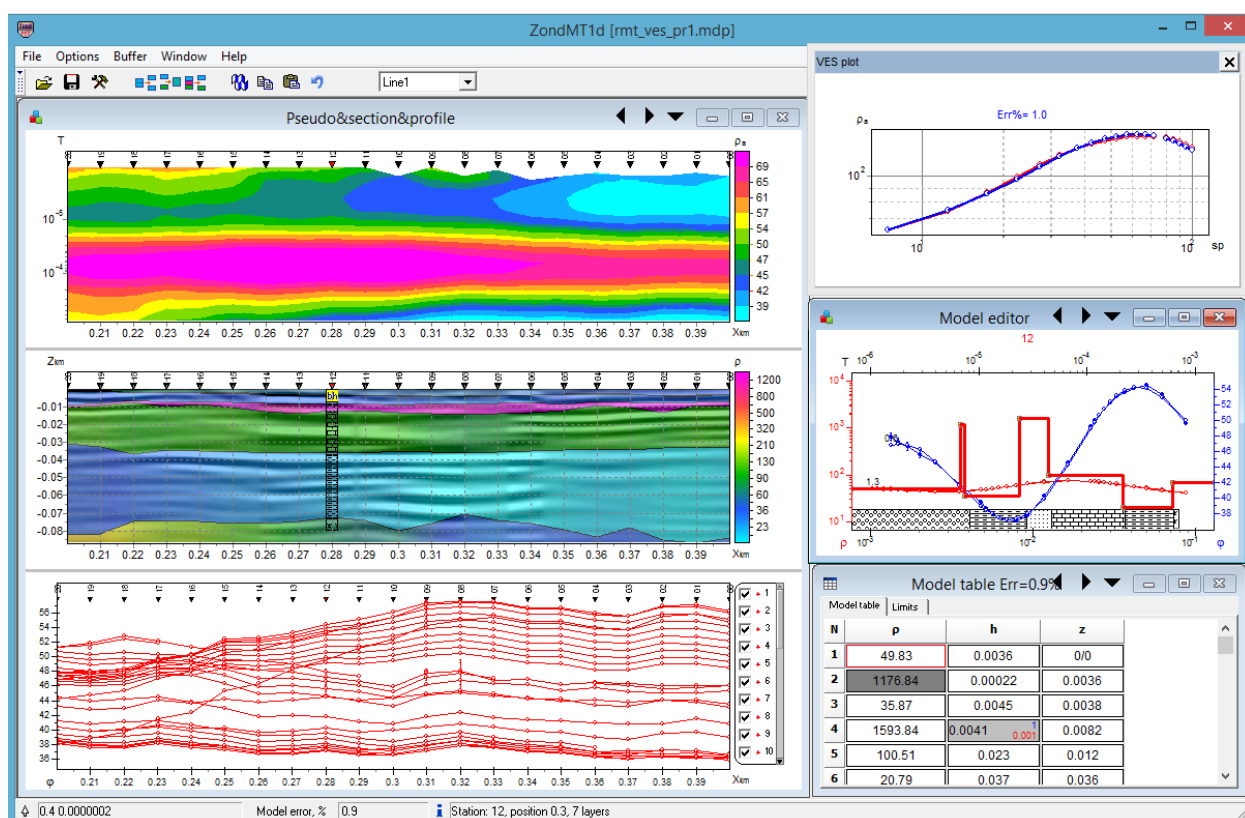
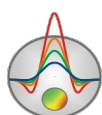


Fig. 55 Visualizzazione dei grafici delle curve VES. Risultati dell'inversione congiunta dei dati RMT e VES

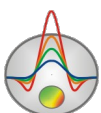


Menu Buffer per il confronto e l'archiviazione dei risultati dell'inversione

Il menu Buffer della finestra principale del programma consente di confrontare i risultati dell'inversione dei dati ottenuti utilizzando parametri diversi. Dopo il calcolo del primo modello, accedere al menu Buffer e selezionare Model 1. Nella finestra di dialogo che appare è possibile assegnare un nome al modello che rifletta, ad esempio, i parametri utilizzati nell'inversione. In questo modo, possono essere salvati da 1 a 5 modelli.

Dopo il salvataggio del modello, apparirà un segno di spunta accanto al nome. Cliccando su un modello precedentemente salvato, appare una finestra di dialogo che consente di caricare il modello selezionato come modello corrente (pulsante From Buffer) o di salvare il modello corrente come modello selezionato (pulsante To Buffer).

L'opzione Open nel menu Buffer apre tutti i modelli salvati per la stazione di sondaggio corrente in un'unica finestra (Fig. 56).



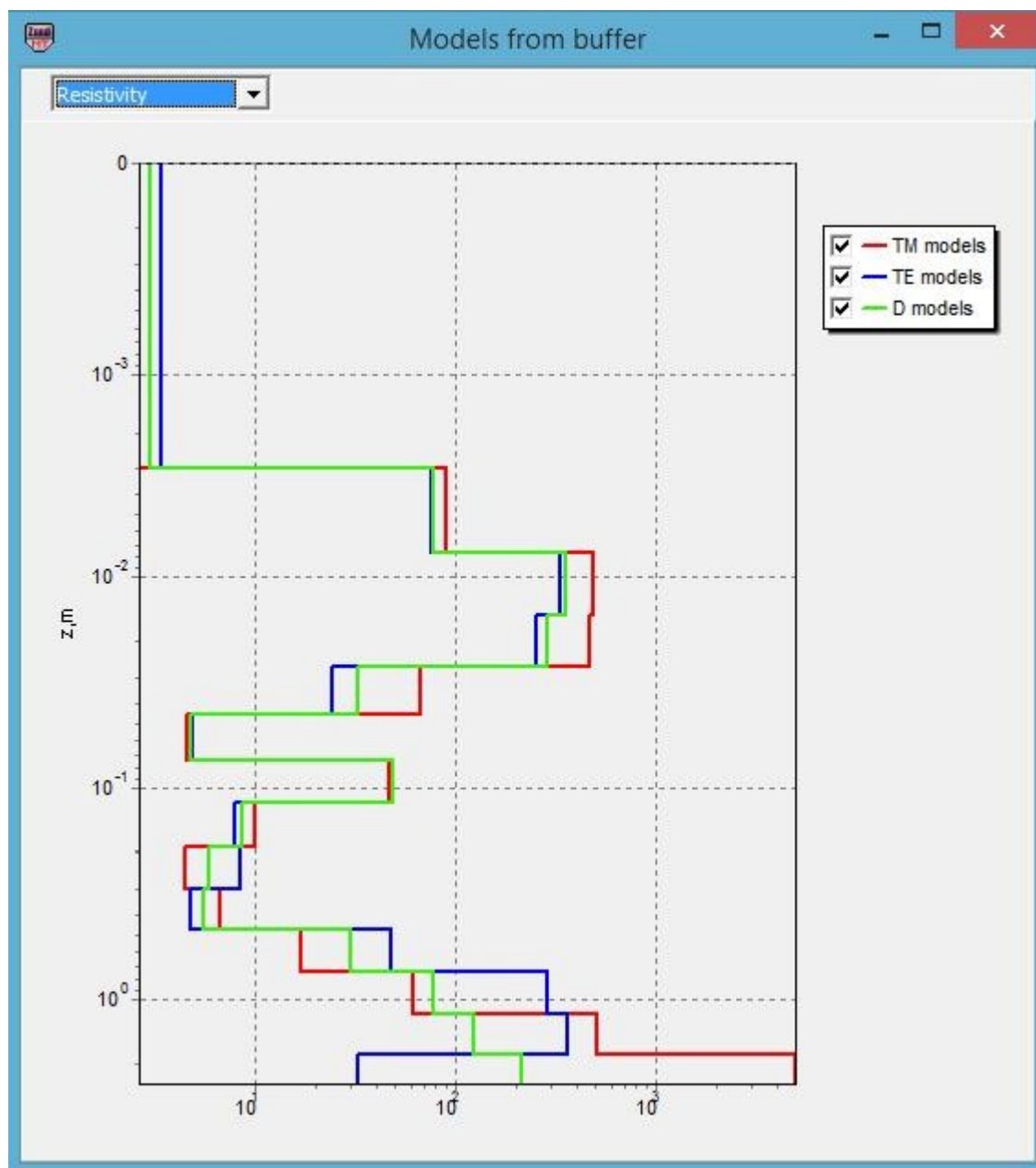
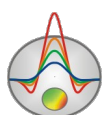


Fig. 56 Due modelli per una stazione di sondaggio, aperti in un'unica finestra

Algoritmi del programma e modifiche della versione 2026

Questa sezione descrive ciò che il programma calcola in ciascuna fase del lavoro: quali modelli fisici vengono utilizzati nei problemi diretti, come è strutturata l'inversione, come vengono valutate l'affidabilità e l'equivalenza dei modelli ottenuti e come funzionano le procedure di elaborazione dei dati. Per ciascun blocco sono elencate le correzioni e le ottimizzazioni implementate nella versione 2026. Le informazioni aiutano a scegliere consapevolmente le impostazioni e a valutare correttamente i risultati dell'interpretazione.



Modello del mezzo e grandezze osservabili

Il mezzo è descritto da una sezione orizzontalmente stratificata di N strati. Ogni strato è definito dalla resistività elettrica specifica ρ_i ($\Omega \cdot m$) e dallo spessore h_i ; l'ultimo strato è un semispazio omogeneo. Tutte le grandezze geometriche del programma sono espresse in chilometri (per leggere i file in metri si utilizza la voce di menu File/Units in file). La permeabilità magnetica di tutti gli strati è assunta pari a $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Le grandezze osservabili sono la resistività apparente ρ_a e la fase dell'impedenza φ , calcolate dalle componenti del tensore di impedenza Z per le modalità TM (Z_{xy}), TE (Z_{yx}) o dall'impedenza effettiva (convenzionalmente media):

$$\rho_a = |Z|^2 / (\omega \mu_0), \quad \varphi = \arg Z, \quad \omega = 2\pi/T$$

Qui T è il periodo in secondi. L'impedenza è espressa in unità di Ω (V/m per A/m). La pseudoprodifondità, utilizzata nelle pseudosezioni, è correlata alla prodifondità dello skin layer $\delta \approx 0.503 \cdot \sqrt{(\rho_a \cdot T)} \text{ km}$ e fornisce solo una stima approssimativa della prodifondità di indagine.

Problema diretto MT (onda piana)

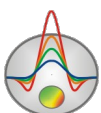
Per un'onda piana l'impedenza alla superficie del mezzo stratificato è calcolata mediante una formula ricorrente dal basso verso l'alto. Per ciascuno strato il numero d'onda $k_j = \sqrt{(-i\omega\mu_0/\rho_j)}$ (dipendenza temporale $e^{i\omega t}$), l'impedenza d'onda dello strato $Z_j^0 = i\omega\mu_0/k_j$. Impedenza al tetto dello strato j :

$$Z_j = Z_j^0 \cdot (Z_{j+1} + Z_j^0 \cdot \tanh(k_j \cdot h_j)) / (Z_j^0 + Z_{j+1} \cdot \tanh(k_j \cdot h_j)), \quad Z_N = Z_N^0$$

Le derivate di ρ_a e φ rispetto ai parametri del modello (ρ_j , h_j) sono calcolate analiticamente con la stessa procedura ricorrente (matrice jacobiana). Nella versione 2026 le derivate analitiche sono state verificate mediante confronto con differenze finite. L'inversione è eseguita in logaritmi dei parametri e dei dati: le righe del jacobiano contengono le derivate $\partial \ln \rho_a / \partial \ln \rho_j$, $\partial \ln \rho_a / \partial \ln h_j$, per la fase – le derivate $\partial \varphi / \partial \ln \rho_j$ con un fattore di peso che porta la fase e il logaritmo della resistività apparente a una scala confrontabile.

Static shift

Quando la correzione dello static shift è attivata, per ogni stazione viene aggiunto un parametro s – moltiplicatore della curva di resistività apparente ($\ln \rho_a \rightarrow \ln \rho_a + \ln s$). La fase non dipende dallo static shift, pertanto lo shift è determinato dal misfit tra la curva di ampiezza e la curva di fase. Il parametro di shift è regolarizzato separatamente (penalità sulla deviazione di $\ln s$ da zero), il che esclude il "trasferimento" dello shift nella resistività degli strati superiori.



Problema diretto con sorgente controllata (CSAMT, CSRMT)

La sorgente è una linea elettrica messa a terra AB di lunghezza finita sulla superficie, rappresentata dalla somma di dipoli elettrici orizzontali. Il ricevitore registra le componenti orizzontali dei campi elettrico (E_x , E_y) e magnetico (H_x , H_y); le direzioni delle linee e dei sensori sono specificate dai coseni direttori nella finestra Controlled source settings. I campi in ogni punto sono espressi tramite integrali di Hankel (Sommerfeld) della forma

$$I(r) = \int_0^\infty F(m, \omega, \rho, h) \cdot J_0, I(m \cdot r) dm$$

dove J_0 , J_1 sono le funzioni di Bessel, m è la frequenza spaziale, F è il kernel calcolato per un mezzo stratificato in modo ricorsivo (componenti TE e TM della riflessione R_{te} , R_{tm}). Gli integrali sono calcolati con il metodo di filtrazione digitale lineare: l'integrale è sostituito dalla somma dei valori del kernel nei nodi di una griglia logaritmica m_k con pesi dei filtri W_0 , W_1 dipendenti dalla distanza. La resistività apparente effettiva e la fase sono determinate dal rapporto delle componenti E/H (secondo la formula di Cagniard) tenendo conto di tutte le zone della sorgente – prossima, intermedia e lontana. Pertanto nella zona prossima, dove l'approssimazione a onda piana non è applicabile, il programma riproduce correttamente la caratteristica crescita di pa e diminuzione della fase con il periodo.

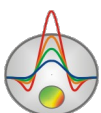
Il numero d'onda nello strato tiene conto delle correnti di conduzione e delle correnti di spostamento:

$$k^2 = \omega^2 \mu_0 \epsilon \epsilon_0 - i \omega \mu_0 / \rho, \quad u = \sqrt{m^2 - k^2}$$

La permittività dielettrica relativa ϵ è significativa solo alle alte frequenze RMT su rocce ad alta resistività.

Correzioni nel calcolo della sorgente controllata

- Il segno del contributo delle correnti di spostamento in k^2 è stato reso conforme alla dipendenza temporale adottata (in precedenza il contributo $\omega^2 \mu \epsilon$ era considerato con segno opposto). Su un modello di verifica con resistività fino a $1000 \Omega \cdot m$ e frequenze fino a 10 kHz la variazione di pa non supera $4 \cdot 10^{-5}$ (in relativo), ma per sezioni ad alta resistività e alte frequenze la correzione è significativa.
- Gli array delle derivate del kernel ora sono allocati in base al numero effettivo di strati e nodi del filtro. In precedenza erano creati solo in modalità multithread e solo durante l'elaborazione della prima frequenza: su un computer con un solo core o in assenza di dati alla prima frequenza il calcolo del jacobiano terminava con un errore di accesso alla memoria, e dopo la modifica del numero di strati potevano essere utilizzati array di



dimensioni obsolete. Analogamente è stata corretta l'allocazione degli array dei moduli, delle derivate rispetto alla resistività e allo spessore per la stazione.

- Le derivate della resistività apparente e della fase rispetto alle resistività e agli spessori (funzione GETDER) sono state verificate con differenze finite: concordanza al livello di 10^{-3} di errore relativo per tutti gli strati e le frequenze.

Accelerazione del calcolo della sorgente controllata

Viene utilizzato lo stesso filtro digitale e la stessa griglia di frequenze spaziali della versione precedente, pertanto i risultati coincidono entro l'arrotondamento (la massima discrepanza relativa è 0 sul modello di verifica). L'accelerazione è ottenuta grazie all'organizzazione dei calcoli:

- i moltiplicatori del kernel indipendenti dalla distanza ($1/(m+R_{tm})$, $1/(m+R_{tm})^2$, combinazioni di derivate) sono calcolati una volta per ogni nodo del filtro, e non per ogni coppia «nodo–distanza»;
- nei cicli interni di sommatoria l'aritmetica complessa è eseguita senza chiamate di funzioni (peso reale $\times$ numero complesso);
- i prodotti accumulati nel calcolo delle derivate del kernel sono calcolati in $O(N)$ operazioni invece di $O(N^2)$, dove N è il numero di strati.

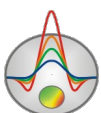
Su un modello di verifica (6 strati, 25 frequenze, calcolo dei campi e del jacobiano) il tempo di calcolo si è ridotto da 0.735 a 0.316 s (di 2.3 volte); con l'aumento del numero di strati il guadagno aumenta. L'interruttore csIntFast (modulo MagDipoleOLD) permette di tornare allo schema di somma originale per confronto.

Inversione automatica

Il fitting del modello è eseguito con il metodo regolarizzato di Gauss–Newton (Levenberg–Marquardt). Ad ogni iterazione si risolve il sistema per l'incremento dei parametri Δm (in logaritmi):

$$(J^T W J + \alpha \cdot C^T C + \lambda \cdot I) \cdot \Delta m = J^T W \cdot (d - F(m)) - \alpha \cdot C^T C \cdot (m - m_0)$$

dove J è la matrice jacobiana, W è la matrice diagonale dei pesi dei punti (con gli errori e i pesi robusti), d sono i dati osservati, $F(m)$ sono i dati calcolati, C è l'operatore di smoothing (differenze dei parametri degli strati adiacenti), m_0 è il modello di riferimento, α è il parametro di regolarizzazione (campo Smoothing factor), λ è il parametro di damping, selezionato ad ogni iterazione. L'errore di fit è espresso dalla deviazione quadratica media (RMS, %) dei logaritmi della resistività apparente e della fase.



Stili di inversione

- Standard – minimizzazione del misfit con damping di Marquardt; produce un modello con il numero minimo di strati, adatto per un piccolo numero di strati.
- Smooth – minimizzazione del misfit e della rugosità (operatore C, norma L2); produce una distribuzione liscia della resistività. Raccomandato per modelli multistrato (10 o più strati).
- Focused – stabilizzazione focalizzata: i pesi delle righe dell'operatore C sono ricalcolati ad ogni iterazione in modo che i confini netti con contrasto superiore a Threshold non siano lisciati. Risultato – un modello a tratti liscio con confini netti.

L'opzione Depth smoothing aumenta il peso del lisciamiento con la profondità, il che sopprime le oscillazioni spurie nella parte inferiore della sezione, meno vincolata dai dati. L'opzione Robust attiva il ripesamento iterativo dei punti (norma vicina a L1): i punti con misfit anomalmente grandi ricevono un peso minore. I tipi di norma di regolarizzazione L0, L1, L2 e Stabilizer sono selezionabili nel menu Options/Invert&apriori/Smoothness type.

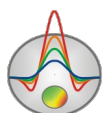
Correzione: l'aggiunta alla regolarizzazione è inserita in C^TC

Per la stabilità della soluzione alla matrice di smoothing viene aggiunta una piccola quantità diagonale (0.01 per lo stile Smooth e 0.001 per lo stile Focused). In precedenza questa quantità era scritta nella diagonale dell'operatore C stesso e, di conseguenza, entrava in C^TC e nel membro destro $C^T \cdot C(m - m_0)$ al quadrato e nei termini incrociati, mescolandosi con le differenze degli strati adiacenti. Di conseguenza l'aggiunta stabilizzante distorceva i pesi relativi della regolarizzazione tra gli strati. Ora l'operatore C contiene solo le differenze degli strati adiacenti (con pesi che tengono conto dei confini e dell'informazione a priori), e l'aggiunta stabilizzante è inserita direttamente nella diagonale della matrice C^TC . La correzione è stata eseguita nell'inversione monodimensionale (modulo LayerWork) e in modo coerente nell'inversione Pseudo 2D/3D (moduli invq2d, invq3d).

Inoltre è stato corretto: le righe dell'operatore di smoothing senza peso individuale in precedenza erano moltiplicate per il valore del misfit di regolarizzazione $C(m - m_0)$ di quella riga (se positivo); ora si usa un array di pesi separato, di default uguale a uno.

Vincoli sui parametri e scelta del passo

I limiti di variazione dei parametri (scheda Defaults, tabella del modello, modalità Limites) vengono considerati nella scelta della lunghezza del passo: se il modello di prova esce dai limiti ammissibili, il passo per il parametro corrispondente viene ridotto. Per le profondità dei confini l'intervallo ammissibile è compreso tra i punti medi degli strati adiacenti con un margine pari allo spessore minimo. Nella versione 2026 questo intervallo nella scelta del passo è stato reso coerente con l'intervallo utilizzato per la scrittura dei parametri nel modello (in precedenza il



limite superiore della profondità veniva erroneamente ampliato dello spessore massimo invece di essere ristretto dello spessore minimo, e il limite inferiore per il primo confine non considerava lo spessore del primo strato).

Arresto delle iterazioni

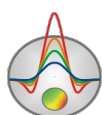
Le iterazioni si interrompono al raggiungimento del numero specificato di iterazioni (Iterations), quando l'errore di fit scende sotto il livello specificato (RMS value) o in assenza di una riduzione significativa dell'errore di fit. Il risultato è il modello dell'ultima iterazione.

Inversione di profilo Pseudo 2D e areale Pseudo 3D

I comandi Pseudo 2D e Pseudo 3D (menu contestuale del pulsante di inversione di profilo) eseguono l'inversione congiunta di tutte le stazioni del profilo o dell'area con vincoli laterali: alla regolarizzazione monodimensionale in profondità si aggiunge una penalizzazione per le differenze tra parametri degli strati omonimi di stazioni adiacenti. Per Pseudo 2D si considerano adiacenti le stazioni successive lungo il profilo, per Pseudo 3D – le stazioni individuate per distanza in pianta. Si risolve un sistema comune per tutte le stazioni; la matrice ha una struttura sparsa a blocchi (blocco della stazione e collegamenti con le adiacenti).

Accelerazione e correzioni Pseudo 2D/3D

- Operatore compilato di moltiplicazione matrice per vettore (iqFastOp) – senza creazione di thread ad ogni moltiplicazione.
- I blocchi di Gram $J^T J$ s per ogni stazione vengono calcolati una volta per iterazione (iqGram) invece di due moltiplicazioni $J^T(Jv)$ ad ogni passo del risolutore iterativo.
- Scelta del risolutore (iqSolver): 0 – AbiPCG originale, 1 – GMRES(m), 2 – BiCGStab, 3 – LU a banda diretto (se la banda è troppo larga viene utilizzato automaticamente GMRES). Per impostazione predefinita per Pseudo 2D si usa LU a banda, per Pseudo 3D – GMRES.
- Precondizionatore di Jacobi a blocchi per stazioni (iqPrec=1) invece di diagonale.
- L'aggiunta stabilizzante di smoothing viene incorporata in $C^T C$ una sola volta (con normalizzazione sulla lunghezza del collegamento), come nell'inversione monodimensionale.
- Lo static shift della stazione è incluso nel blocco della stazione, riceve un damping separato e un peso corretto nel jacobiano (in precedenza il peso della derivata rispetto allo shift non considerava i pesi dei dati, e l'indice del parametro di shift in Pseudo 2D poteva puntare a una stazione estranea).
- La funzione obiettivo nella scelta della lunghezza del passo considera la penalizzazione della deviazione dal modello di riferimento, come il sistema di equazioni.



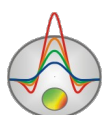
Su un profilo di test di 30 stazioni, 25 strati e 30 periodi il tempo proprio dell'inversione di profilo (escluso il problema diretto) nell'implementazione analoga si è ridotto da 2.4 a 0.14 s per Pseudo 2D e da 0.84 a 0.32 s per Pseudo 3D. Ogni accelerazione può essere disabilitata con l'apposito interruttore (vedi tabella dei parametri di seguito).

Smoothing dei dati di campo

I comandi del menu Options/Data operations (Smooth data, 2D smoothing) e la finestra Smoothing settings servono per la soppressione di disturbi casuali nelle curve prima dell'inversione. Il lisciamiento viene eseguito in scala logaritmica dei periodi: la curva viene approssimata da una spline di smoothing, la cui rigidità è impostata dai cursori. Parametri utilizzati della finestra Smoothing settings:

Parametro	Funzione
Vert smoothness	Smoothing delle curve lungo l'asse dei periodi (da 0.01 a 10, scala logaritmica). Maggiore è il valore, più vengono soppressi i picchi locali.
Hor smoothness	Smoothing lungo il profilo (vincolo tra curve di stazioni adiacenti). 0 – le stazioni vengono elaborate indipendentemente.
Procedure dimension	1D – ogni curva viene lisciata separatamente; 2D – congiuntamente con le stazioni vicine.
Static shifts correction	Modalità di stima dello static shift delle curve di resistività apparente durante lo smoothing.
Phase weight	Peso della curva di fase rispetto alla curva di resistività apparente nello smoothing concordato.
Preview / Apply	Anteprima del risultato e applicazione dello smoothing ai dati.

Lo smoothing viene eseguito in modo concordato per la resistività apparente e la fase: per un mezzo unidimensionale la fase è legata alla pendenza della curva $\rho_a(T)$ tramite una relazione di dispersione ($\varphi \approx 45^\circ - 45^\circ \cdot d \ln \rho_a / d \ln T$ in prima approssimazione, esattamente – tramite trasformata di Hilbert). Pertanto le curve lisce rimangono fisicamente compatibili e la discordanza tra ampiezza e fase può essere utilizzata per la stima dello static shift. Per tornare ai dati originali si utilizza il comando Return original data.



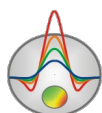
Correzioni e accelerazione dello smoothing

- Il peso della derivata nell'operatore di smoothing è stato ricondotto al peso utilizzato nello schema principale; corretti un errore di indicizzazione (spostamento di una posizione) nel calcolo del jacobiano e la pesatura della diagonale della matrice normale.
- La matrice normale del metodo ($J^T W J$) viene assemblata a blocchi per stazioni (smGram), la regolarizzazione viene assemblata una volta in forma sparsa, il punto migliore della ricerca unidimensionale del parametro di smoothness non viene ricalcolato (smGoldReuse), la moltiplicazione multithreading viene utilizzata solo quando il numero di parametri supera smParMin.
- Vengono memorizzate in cache le matrici delle derivate se non sono cambiati il tipo di dati e la suddivisione per periodi.

Correttore di curve AK MT-Corrector

La finestra AK MT-Corrector (File/AK corrector) è destinata all'editing interattivo e allo smoothing delle curve di sondaggio MT per tutte le componenti del tensore di impedenza (XY, YX, XX, YY), tipper (TX, TY) e curve effettive prima del caricamento dei dati nel programma principale. La scheda Import/Export serve per il caricamento dei file (inclusi EDI) e l'esportazione dei risultati, la scheda Processing – per l'elaborazione.

Elemento	Funzione
Component	Selezione della componente da elaborare (XY, YX, XX, YY, TX, TY, Eff).
Curves	Visualizzazione delle curve delle altre componenti e della curva effettiva per confronto.
Phases range	Intervallo di visualizzazione delle fasi: automatico, 0:90 o -180:180.
1D processing / 2D processing	Smoothing con spline lungo i periodi (cursore f) o congiuntamente per periodi e profilo (cursori 2D e f).
Static shifts	Do correction – smoothing con correzione dello static shift; No correction – senza correzione; Only correction – solo spostamento delle curve senza modifica della loro forma.
Robust	Smoothing robusto: i punti con grandi deviazioni ricevono peso minore.
Smooth error gates	Smoothing del corridoio degli errori insieme alle curve.
Use reference spline	Utilizzare la spline costruita precedentemente come



	riferimento.
Process all / SS correction	Elaborare tutte le stazioni; eseguire la correzione degli static shift lungo il profilo.
Deselect / Flip sign	Esclusione dei punti selezionati dall'elaborazione, inversione di segno dei punti selezionati (ad esempio, per componenti con fase invertita).
Plot statistic / Plot spline misfits	Costruzione della statistica di elaborazione e delle deviazioni dei dati dalla spline di smoothing.

Correzioni e accelerazione AK MT-Corrector

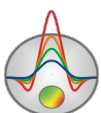
- Nello smoothing concordato la selezione dei punti di resistività apparente viene eseguita secondo la maschera della componente selezionata (in precedenza veniva sempre utilizzata la maschera della prima componente), la fase – secondo la maschera di fase di questa componente.
- Eliminato l'overflow dei limiti dell'array nella ricerca ripetuta dell'intervallo nella procedura di smoothing; i valori calcolati al di fuori dell'intervallo di frequenza della componente elaborata vengono azzerati.
- Nel liscio bidimensionale (modulo sm2d1) l'operatore delle connessioni viene costruito in un solo passaggio: i vicini della stazione vengono trovati una sola volta, corretto il confronto dei momenti temporali (tramite l'array tt invece di ti). La matrice normale viene assemblata utilizzando la struttura separabile dell'operatore (smFastGram); per sistemi di dimensione 4 e superiori viene utilizzata la decomposizione LDL^T ottimizzata. Su un set di test di 30 stazioni e 40 frequenze il tempo è stato ridotto da 31 a 6.1 s con risultato completamente identico.
- Corretta la condizione di selezione delle componenti nella ricerca dei punti con fase invertita.

Matrice di correlazione e intervalli di confidenza

Il comando Correlation matrix costruisce la matrice di correlazione dei parametri del modello corrente. La matrice di covarianza viene stimata tramite linearizzazione nell'intorno della soluzione trovata:

$$Cov = \sigma^2 (J^T W J + \epsilon I)^{-1}, \quad rij = Covij / \sqrt{(Covii \cdot Covjj)}$$

dove J è il jacobiano nei logaritmi dei parametri, W sono i pesi dei punti, $\sigma = 0.03$ è il livello di errore relativo dei dati assunto (3 %), ϵ è una piccola aggiunta (valore proprio medio / 100) che garantisce l'invertibilità in presenza di parametri insensibili. I parametri a cui i dati sono



insensibili vengono esclusi dall'inversione. Per i parametri logaritmici l'intervallo di confidenza viene visualizzato come $\exp(\ln p \pm s/2)$, dove $s = \sqrt{\text{Covii}}$; per i parametri lineari come $p \pm s/2$.

Interpretazione: valori di $|rij|$ prossimi a 1 indicano equivalenza – i dati determinano solo una combinazione dei parametri (ad esempio, la conduttanza longitudinale h/ρ di uno strato conduttivo sottile o la resistenza trasversale $h \cdot \rho$ di uno strato ad alta resistività). Tali strati si raccomanda di fissarli secondo dati a priori o di accorparli.

Correzioni

- Per le stazioni con sorgente controllata le derivate vengono calcolate tramite il problema diretto della sorgente. In precedenza, a causa di un errore nella struttura dell'operatore condizionale, le derivate della sorgente venivano sempre sostituite dalle derivate dell'onda piana, e la matrice di correlazione per CSAMT/CSRMT non corrispondeva alla configurazione reale.
- Per i parametri lineari corretto il calcolo dei limiti dell'intervallo (in precedenza venivano utilizzati p/s e $p \cdot s$ con indice errato).

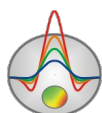
Nuvola di soluzioni equivalenti (Global search)

Il comando Global search (Options/Invert&apriori/Global search) esegue una ricerca globale con il metodo di ricottura simulata molto veloce (VFSA). I parametri del modello (logaritmi delle resistività e degli spessori) vengono perturbati casualmente entro i limiti definiti nella scheda Defaults o individualmente per i parametri (in assenza di limiti individuali gli spessori variano di un fattore 5 in ciascuna direzione). La perturbazione segue la distribuzione di Ingber con temperatura t :

$$y = \text{sign}(u - \frac{1}{2}) \cdot t \cdot ((1 + 1/t)^{|2u-1|} - 1), \quad m' = m + y \cdot (max - min)$$

La temperatura decresce secondo la legge $t_k = t_0 \cdot \exp(-k^{1/n})$, dove n è il numero di parametri da determinare. I modelli di prova per cui lo spessore totale esce dai limiti 0.5...2 rispetto a quello iniziale vengono scartati. La funzione obiettivo è il quadrato medio dell'errore pesato dei logaritmi della resistività apparente e della fase (in scala 1/10 di grado) più, per gli stili Smooth/Focused, la penalità di rugosità con il coefficiente di smoothing. Il modello con errore minore viene sempre accettato, quello con errore maggiore viene accettato se soddisfa il criterio di soglia. Il miglior modello trovato viene salvato nella stazione.

La finestra Model equivalence plot mostra la famiglia di modelli il cui errore non supera il livello di errore specificato (campo Error). Più ampia è la nuvola a una data profondità, peggio è risolto il parametro.



Correzioni

- La selezione dei dati per la funzione obiettivo viene effettuata in base alla presenza del campo. In precedenza veniva utilizzato l'indicatore di inversione del parametro (invert), quindi con spessori fissati la fase non veniva considerata nell'errore di fit.
- Dall'errore di fit vengono esclusi i punti con peso nullo, valori calcolati mancanti e valori non positivi della resistività apparente.
- Eliminata la divisione per zero nella penalizzazione della rugosità quando si adattano solo gli spessori.

Lettura dei file EDI

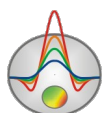
I file in formato SEG EDI vengono letti con i comandi File/Open data (EDI data files, EDI packet). Sono supportati i blocchi >HEAD (coordinate LAT, LONG, ELEV, REFLAT, REFLONG, REFELEV, valore dei dati mancanti EMPTY), >=DEFINEMEAS, >=MTSECT (NFREQ), >FREQ, i blocchi dell'impedenza >ZXXR, >ZXXI, >ZXYR, >ZXYI, >ZYXR, >ZYXI, >ZYYR, >ZYYI con dispersioni (.VAR), i blocchi del tipper >TXR.EXP, >TXI.EXP, >TYR.EXP, >TYI.EXP con dispersioni, nonché i blocchi di resistività apparente e fase (>RHOXY, >RHOYX, >PHSXY, >PHSYX ecc.). La voce File/Units in file/[EDI] Z from rho/phs imposta il ripristino dell'impedenza dalla resistività apparente e dalla fase; la voce [EDI] one file one station – lettura di ogni file come stazione separata.

Errori: la dispersione dell'impedenza viene ricalcolata in errore del logaritmo della resistività apparente e della fase ($\sigma p/\rho = 2 \cdot \sigma Z/|Z|$, $\sigma \phi = \sigma Z/|Z|$ rad); le formule sono state verificate.

Nella versione 2026 il file EDI viene letto interamente in memoria con un'unica operazione, l'analisi di stringhe e numeri viene eseguita dal buffer. Questo elimina la lettura carattere per carattere del file di testo e gli accessi ripetuti al disco, il che è particolarmente evidente nel caricamento di pacchetti di centinaia di file e nel lavoro con dischi di rete. Vengono utilizzati solo strumenti compatibili con Delphi 7 (TFileStream, Val); non vengono introdotte nuove variabili globali. Il comportamento in caso di errori è preservato: un numero non leggibile viene assunto pari a zero, un file non accessibile – vuoto.

Elaborazione delle stazioni

- Durante il caricamento di dati monolineari senza file di linee, le stazioni vengono ordinate per coordinata lungo il profilo. In precedenza, a causa di un errore di indice nella procedura di ordinamento, l'ordine delle stazioni non cambiava e, con un file non ordinato, il profilo veniva visualizzato con intersezioni.

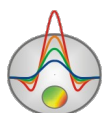


- L'ordine di elaborazione delle modalità protette e delle limitazioni demo non è stato modificato.

Parametri-interruttori dei nuovi algoritmi

I nuovi algoritmi sono attivati per impostazione predefinita. Ciascuno di essi è controllato da una costante tipizzata all'inizio del modulo corrispondente, il che consente, se necessario, di tornare allo schema di calcolo precedente e confrontare i risultati.

Parametro (modulo)	Valore predefinito e funzione
csIntFast (MagDipoleOLD)	true – somma veloce degli integrali di Hankel per sorgente controllata (stesso filtro); false – schema originale.
iqFastOp (invq2d, invq3d)	true – operatore compilato di moltiplicazione per la matrice del sistema.
iqGram (invq2d, invq3d)	true – blocchi di Gram delle stazioni invece di $J^T(Jv)$.
iqSolver (invq2d / invq3d)	3 / 1 – risolutore: 0 AbiPCG, 1 GMRES(m), 2 BiCGStab, 3 LU a banda.
iqPrec	1 – preconditionatore Jacobi a blocchi per stazioni; 0 – diagonale.
iqGmresM	30 – lunghezza del restart GMRES.
iqBandMaxMB, iqBandMaxFlop	64 MB, $2 \cdot 10^8$ – limiti di memoria e volume di calcolo per LU a banda; se superati si usa GMRES.
iqFixCx, iqGoldSkip, iqJacFix	true – correzione dell'indicizzazione con più parametri invertibili, eliminazione del ricalcolo del punto migliore della ricerca unidimensionale, memorizzazione solo degli elementi non nulli del jacobiano.
iqFixEps, iqFixMaxl (invq3d)	true – correzioni del calcolo della funzione obiettivo e della lunghezza delle connessioni.
smGram, smGoldReuse, smParMin (smun3d)	true, true, 8000 – matrice normale a blocchi, riutilizzo del punto migliore, soglia per moltiplicazione multithread.
smFastGram (sm2d1)	true – assemblaggio veloce della matrice normale dello smoothing bidimensionale AK MT-Corrector.



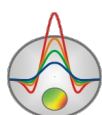
Raccomandazioni per l'interpretazione

- Prima dell'inversione visualizzare tutte le curve, escludere gli outlier evidenti (pesi dei punti) e, se necessario, eseguire il lisciamento. Non applicare un lisciamento eccessivo: potrebbe rimuovere caratteristiche utili delle curve.
- Iniziare con l'inversione Smooth su un modello multistrato (15–30 strati) con Smoothing factor moderato (0.01–0.05), quindi, se necessario, raffinare il modello con lo stile Focused o Standard su un modello con un numero inferiore di strati.
- Per dati di profilo utilizzare Pseudo 2D, per dati areali – Pseudo 3D: i vincoli laterali sopprimono l'instabilità delle singole stazioni.
- Attivare la correzione dello static shift se le curve di resistività apparente delle stazioni vicine sono spostate parallelamente con fasi coerenti.
- Valutare l'affidabilità del modello tramite la matrice di correlazione, la nube di equivalenza e la profondità di indagine (Draw DOI). Gli strati con elevata correlazione dei parametri e nube ampia vanno interpretati solo tramite combinazioni di parametri (conduttanza, resistenza trasversale).
- Per dati con sorgente controllata è obbligatorio impostare la geometria della sorgente e dei ricevitori (Controlled source settings); in zona vicina l'interpretazione a onda piana produce modelli sistematicamente distorti.

Impostazione degli oggetti grafici

Finestra di dialogo impostazione palette

Il dialogo è destinato alla configurazione della palette dell'oggetto del programma e viene richiamato dal pulsante Palette (Fig. 57). Il dialogo consente di selezionare una delle palette predefinite (arcobaleno diretto e inverso, scala di grigi, ecc.) o di creare una scala personalizzata. Per aggiungere un cursore sulla scala utilizzare il pulsante destro del mouse con il tasto Ctrl premuto. Per rimuovere un cursore utilizzare il tasto Delete. È anche possibile salvare una palette personalizzata utilizzando il pulsante , o caricare una già esistente utilizzando il pulsante .



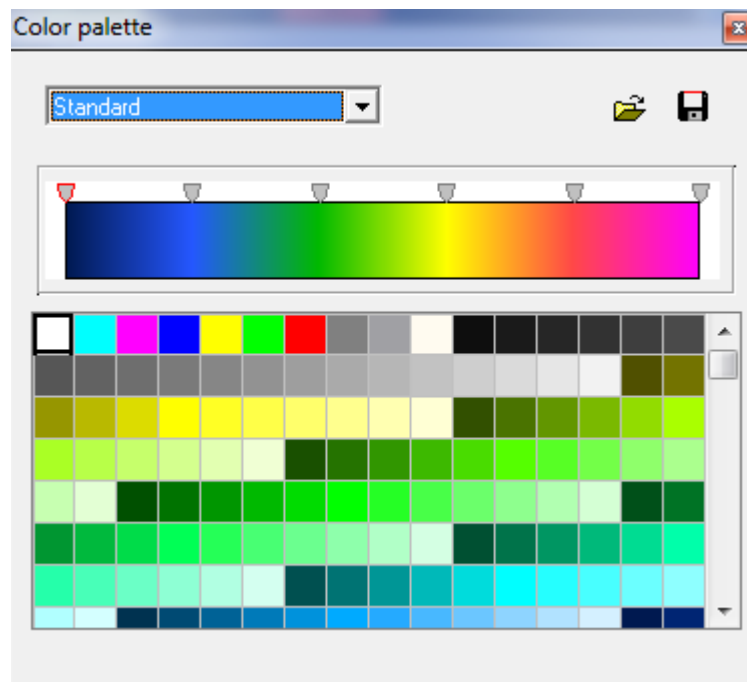


Fig. 57 Dialogo di configurazione dei parametri della palette

Editor degli assi

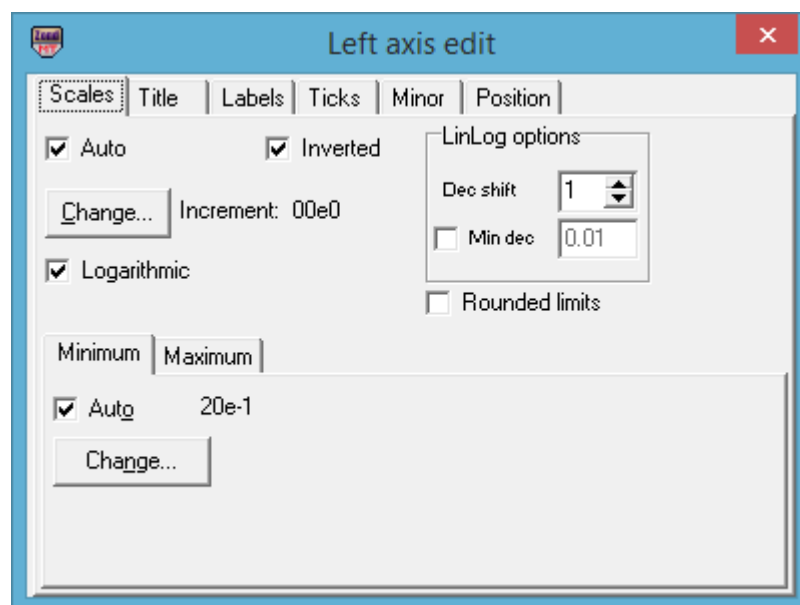
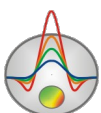


Fig. 58 Finestra dell'editor degli assi



L'editor è destinato alla configurazione dei parametri grafici e di scala degli assi. Può essere richiamato facendo clic con il pulsante destro del mouse con il tasto SHIFT premuto sull'asse di interesse. Apparirà un menu a comparsa con tre voci: Options, Default e Fix range. La prima richiama il dialogo «Editor degli assi», la seconda imposta i valori uguali ai valori predefiniti, la terza fissa l'asse nei limiti correnti.

La prima scheda del dialogo Scales contiene le opzioni relative alla configurazione dei parametri di scala dell'asse.

L'opzione Auto indica al programma in che modo determinare il minimo e il massimo dell'asse. Se l'opzione è attivata, i limiti dell'asse vengono trovati automaticamente, altrimenti vengono specificati dall'utente nelle aree Minimum e Maximum.

L'opzione Inverted determina l'orientamento dell'asse.

Il pulsante Increment change richiama il dialogo per l'impostazione del passo delle etichette dell'asse.

L'opzione Logarithmic imposta la scala dell'asse - logaritmica o lineare. Nel caso di un asse a segno alternato, è necessario utilizzare inoltre le opzioni dell'area LinLog options.

L'area LinLog options contiene opzioni destinate alla configurazione dell'asse lineare-logaritmico. La scala lineare-logaritmica consente di rappresentare dati a segno alternato o contenenti zero in scala logaritmica.

L'opzione Dec Shift imposta l'offset (in decadi logaritmiche) rispetto al limite dell'asse massimo in modulo fino a zero. La decade minima (pre-zero) ha scala lineare, le altre logaritmica.

L'opzione Min dec specifica e fissa il valore della decade minima (pre-zero), se l'opzione è attivata.

L'opzione Rounded limits indica al programma se arrotondare i valori di minimo e massimo dell'asse.

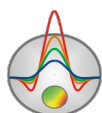
Le aree Minimum e Maximum contengono un insieme di opzioni per la configurazione dei limiti degli assi.

L'opzione Auto determina in che modo viene determinato il limite dell'asse - automaticamente o specificato tramite il pulsante Change.

La scheda Title contiene le opzioni relative alla configurazione del titolo dell'asse.

Scheda Style:

L'opzione Title determina il testo del titolo dell'asse.



L'opzione Angle determina l'angolo di rotazione del testo del titolo dell'asse.

L'opzione Size determina l'offset del testo del titolo dell'asse. Con 0 impostato, l'offset viene trovato automaticamente.

L'opzione Visible consente di mostrare/nascondere il titolo dell'asse.

Scheda Text:

Il pulsante Font richiama la finestra di configurazione del carattere per il titolo dell'asse.

Il pulsante Outline richiama la finestra di configurazione delle linee di contorno delle lettere del titolo dell'asse.

La scheda Labels contiene le opzioni relative alla configurazione delle etichette dell'asse.

Scheda Style:

L'opzione Visible consente di mostrare/nascondere le etichette dell'asse.

L'opzione Offset imposta lo spostamento percentuale del limite dell'asse rispetto al suo valore effettivo.

L'opzione Angle definisce l'angolo di rotazione del testo delle etichette dell'asse.

L'opzione Min separation % imposta la distanza percentuale minima tra le etichette.

Scheda Text:

Il pulsante Font richiama la finestra di configurazione del carattere per le etichette dell'asse.

Il pulsante Outline richiama la finestra di configurazione delle linee di contorno delle lettere delle etichette dell'asse.

La scheda Ticks contiene le opzioni relative alla configurazione dei segni principali dell'asse.

Il pulsante Axis richiama la finestra di configurazione della linea dell'asse.

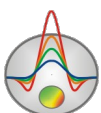
Il pulsante Grid richiama la finestra di configurazione delle linee della griglia dei segni principali dell'asse.

Il pulsante Ticks richiama la finestra di configurazione delle linee dei segni principali esterni dell'asse. L'opzione Len imposta la loro lunghezza.

Il pulsante Inner richiama la finestra di configurazione delle linee dei segni principali interni dell'asse. L'opzione Len imposta la loro lunghezza.

L'opzione At labels only indica al programma di disegnare i segni principali solo in presenza di un'etichetta sull'asse.

L'opzione Axis behind imposta l'ordine di disegno degli assi e dei grafici.



La scheda Minor contiene le opzioni relative alla configurazione dei segni intermedi dell'asse.

Il pulsante Ticks richiama la finestra di configurazione delle linee dei segni intermedi esterni dell'asse.

Il pulsante Grid richiama la finestra di configurazione delle linee della griglia dei segni intermedi dell'asse.

L'opzione Length imposta la loro lunghezza.

L'opzione Count imposta il numero di segni secondari tra i segni principali.

La scheda Position contiene le opzioni che definiscono le dimensioni e la posizione dell'asse.

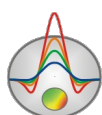
L'opzione Position % imposta lo spostamento dell'asse sul grafico rispetto alla posizione standard (in percentuale della dimensione del grafico o in unità dello schermo, a seconda del valore selezionato dall'opzione Units).

L'opzione Start % imposta lo spostamento dell'inizio dell'asse sul grafico rispetto alla posizione standard (in percentuale della dimensione del grafico).

L'opzione End % imposta lo spostamento della fine dell'asse sul grafico rispetto alla posizione standard (in percentuale della dimensione del grafico).

L'opzione Other side consente di disegnare l'asse dal lato opposto. Se l'opzione viene applicata all'asse inferiore, l'asse verrà disegnato in alto.

Editor dell'insieme di grafici



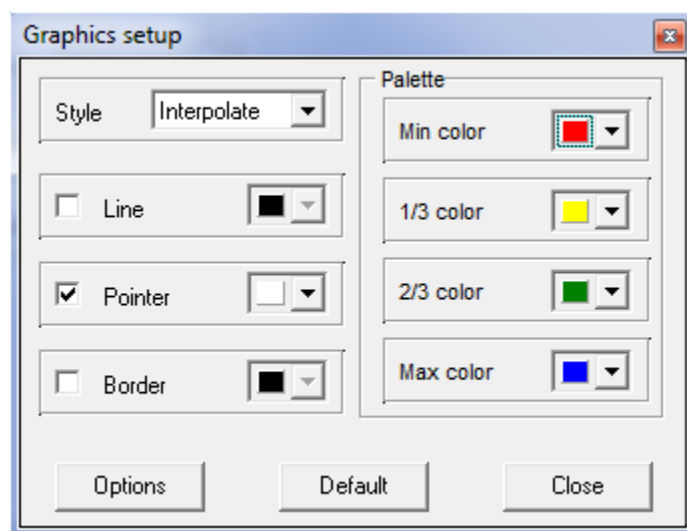


Fig. 59 **Finestra dell'editor dell'insieme di grafici**

L'editor è destinato alla configurazione della sequenza di colori dell'insieme di grafici.

L'opzione Style imposta l'algoritmo di definizione della tavolozza dei colori per i grafici.

Selezionando il valore Interpolate si utilizza una tavolozza di interpolazione, costruita utilizzando i colori specificati nelle opzioni: min color, 1/3 color, 2/3 color e max color. Il valore Constant imposta lo stesso valore di colore (opzione color) per tutti i grafici. Il valore Random assegna colori casuali a tutti i grafici

L'opzione Line consente di specificare un colore determinato per le linee di connessione dei grafici. Con l'opzione disattivata viene utilizzato il colore della tavolozza, altrimenti viene utilizzato il valore del colore specificato in Line.

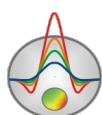
L'opzione Pointer consente di specificare un colore determinato per il riempimento degli indicatori dei grafici. Con l'opzione disattivata viene utilizzato il colore della tavolozza, altrimenti viene utilizzato il valore del colore specificato in Pointer.

L'opzione Border consente di specificare un colore determinato per il contorno degli indicatori dei grafici. Con l'opzione disattivata viene utilizzato il colore della tavolozza, altrimenti viene utilizzato il valore del colore specificato in Border.

Il pulsante Options richiama la finestra di configurazione del grafico (maggiori dettagli).

Il pulsante Default imposta le configurazioni dei grafici ai valori predefiniti.

Editor del grafico



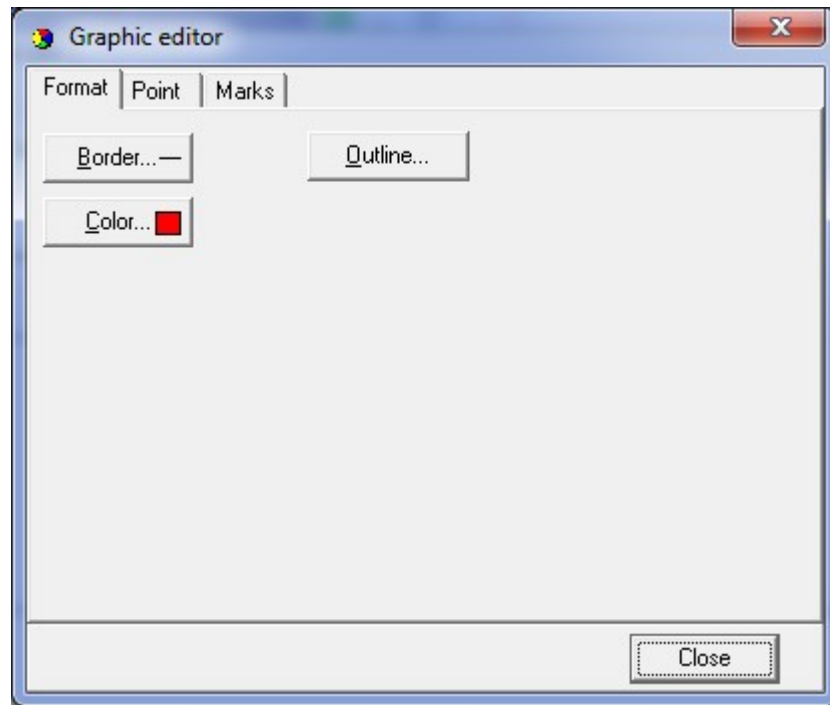


Fig. 60 **Finestra dell'editor del grafico**

L'editor è progettato per configurare l'aspetto del grafico. Può essere richiamato facendo clic con il tasto destro del mouse tenendo premuto il tasto SHIFT sul grafico.

La scheda Format contiene le impostazioni delle linee di connessione del grafico.

Il pulsante Border apre la finestra di dialogo per configurare i parametri delle linee di connessione del grafico.

Il pulsante Color apre la finestra di dialogo per la selezione del colore del grafico.

Il pulsante Outline apre la finestra di dialogo per configurare i parametri del contorno delle linee di connessione del grafico.

La scheda Point contiene le impostazioni dei marcatori del grafico.

L'opzione Visible consente di mostrare/nascondere i marcatori del grafico.

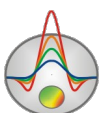
L'opzione Style imposta la forma del marcatore.

L'opzione Error gates consente di visualizzare gli intervalli di confidenza del punto di misura, se questi sono definiti.

L'opzione Width imposta la larghezza del marcatore in unità schermo.

L'opzione Height imposta l'altezza del marcatore in unità schermo.

Il pulsante Pattern apre la finestra di dialogo per la selezione dei parametri di riempimento del marcatore.



Il pulsante Border apre la finestra di dialogo per configurare i parametri della linea di contorno del marcatore.

La scheda Marks contiene le impostazioni delle etichette dei marcatori del grafico.

Scheda Style.

L'opzione Visible consente di mostrare/nascondere le etichette dei marcatori del grafico.

L'opzione Draw every consente di disegnare ogni seconda, terza, ecc. etichetta a seconda del valore selezionato.

L'opzione Angle determina l'angolo di rotazione del testo delle etichette dei marcatori.

L'opzione Clipped stabilisce se disegnare l'etichetta del marcatore quando essa esce dall'area del grafico.

La scheda Arrows serve per configurare l'aspetto della freccia che va dall'etichetta al marcatore.

Il pulsante Border apre la finestra di dialogo per configurare i parametri della linea della freccia.

L'opzione Length imposta la lunghezza della freccia.

L'opzione Distance imposta la distanza tra la punta della freccia e il marcatore del grafico.

La scheda Format contiene le impostazioni grafiche per la cornice attorno all'etichetta del marcatore.

Il pulsante Color apre la finestra di dialogo per la selezione del colore dello sfondo della cornice.

Il pulsante Frame apre la finestra di dialogo per configurare la linea della cornice.

L'opzione Round frame consente di visualizzare la cornice con angoli arrotondati.

L'opzione Transparent imposta uno sfondo trasparente dell'etichetta.

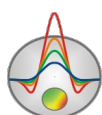
Scheda Text:

Il pulsante Font apre la finestra di dialogo per configurare il carattere per le etichette dei marcatori.

Il pulsante Outline apre la finestra di dialogo per configurare le linee di contorno delle lettere delle etichette

dei marcatori.

Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview)



La finestra di dialogo di anteprima di stampa può essere richiamata nel menu principale del programma File/Print preview. È inoltre accessibile facendo doppio clic con il mouse nell'area di qualsiasi oggetto del programma. Quando si accede alla finestra di dialogo dal menu principale sono disponibili due opzioni:

L'opzione Station è destinata alla stampa delle curve di sondaggio e del modello per la stazione corrente (Fig. 61). I parametri del modello sono visualizzati sotto forma di tabella contenente il numero, il valore della resistività, lo spessore e la profondità del bordo superiore dello strato.

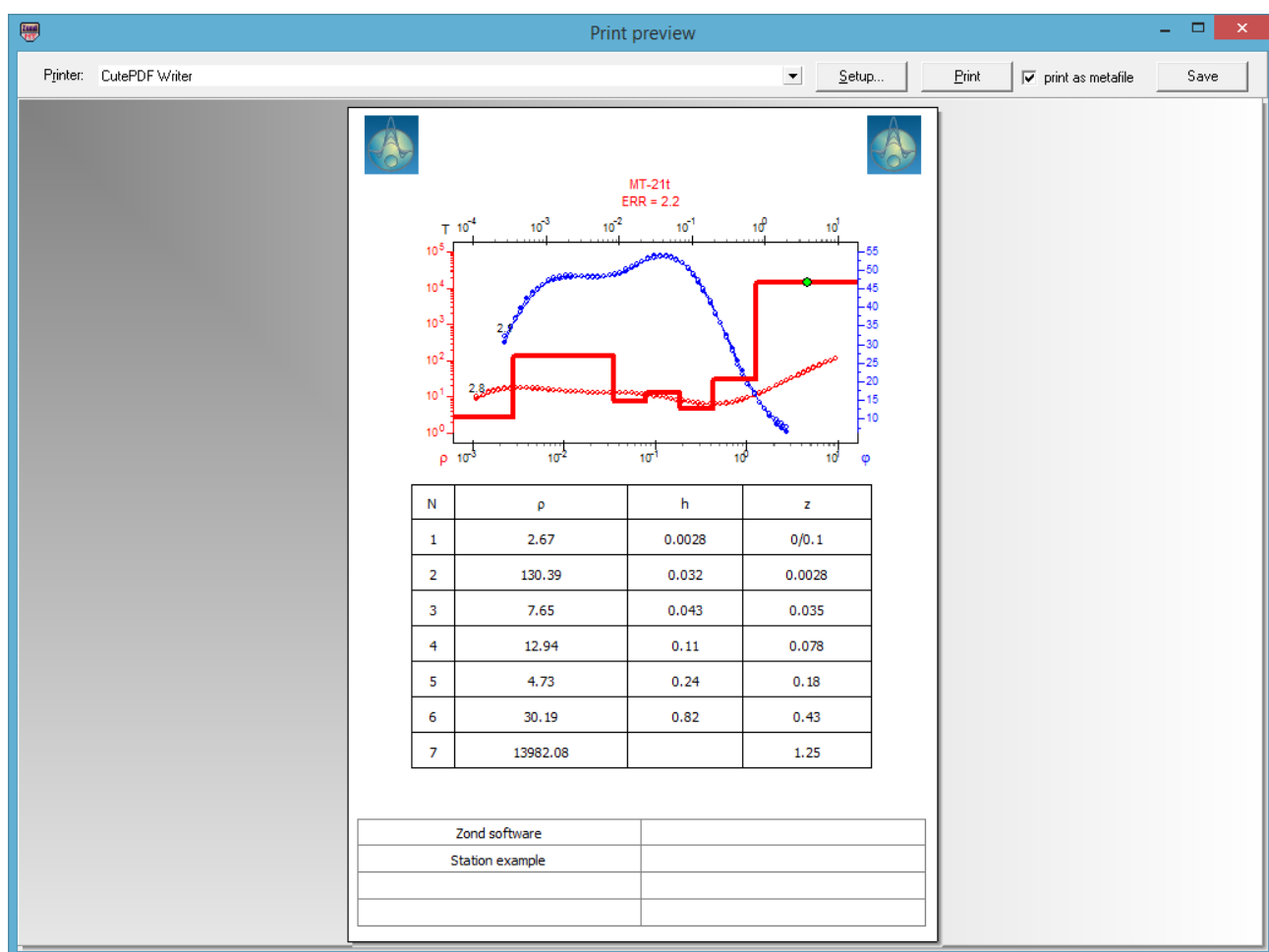
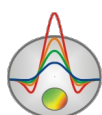


Fig. 61 Finestra Print preview/Station

L'opzione Section è destinata alla stampa della sezione geoelettrica (Fig. 62).



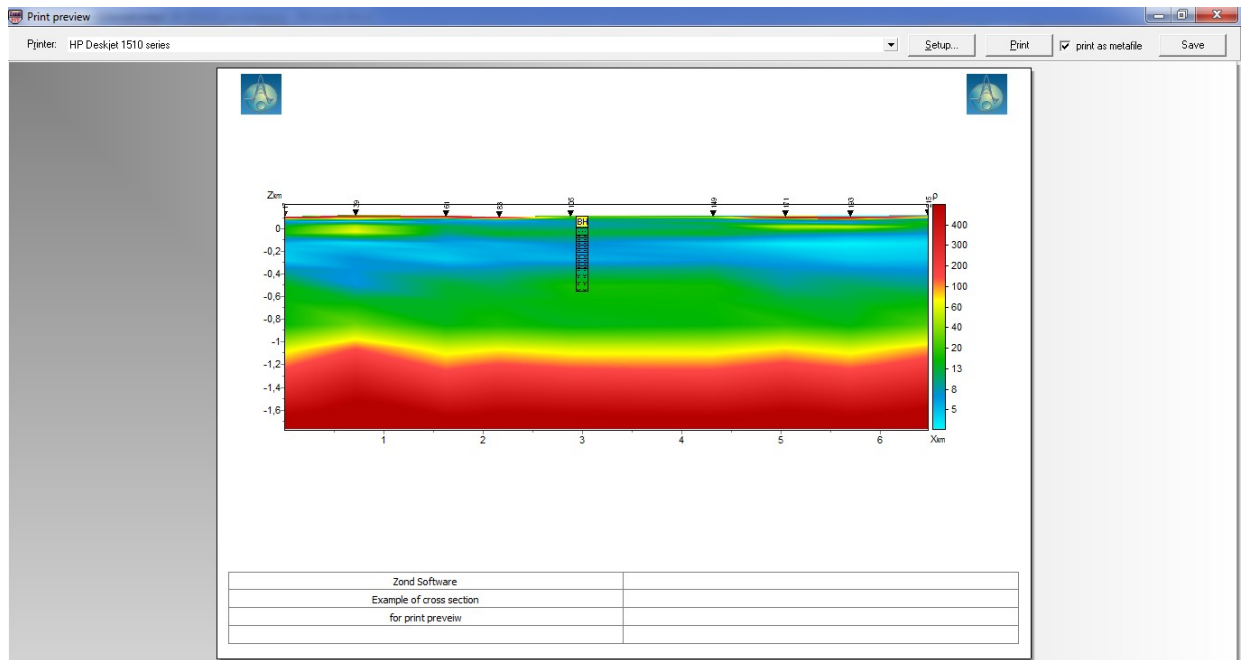


Fig. 62 **Finestra Print preview/Section**

Per spostare l'oggetto di stampa sul foglio utilizzare il tasto sinistro del mouse.

Nel menu principale della finestra Print Preview sono posizionati i seguenti pulsanti

Printer: selezione della stampante per la stampa. Nel menu che si apre è possibile selezionare una delle stampanti configurate.

Setup... - pulsante di configurazione della stampa. Nella finestra che si apre è possibile selezionare il formato e l'orientamento della carta, le proprietà di stampa, il numero di pagine per foglio e altri parametri.

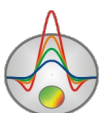
Print - con questo pulsante, dopo aver modificato i parametri necessari, è possibile inviare il disegno in stampa.

☒ **print as metafile** - inviare in stampa o salvare l'immagine in formato vettoriale.

Save - salvataggio in bitmap files.

I quadrati nella parte superiore del foglio sono destinati a timbri, sigilli o loghi aziendali. Fare clic con il tasto destro del mouse sul quadrato e nella finestra che appare selezionare l'immagine raster da inserire. Le dimensioni del quadrato possono essere modificate con il mouse.

Nella parte inferiore del foglio si trova una tabella modificabile. Per aggiungere testo, fare clic con il tasto destro del mouse nell'area della tabella e nella finestra che appare digitare il testo



necessario. È anche possibile salvare tutti i commenti in table files premendo il pulsante , o caricare le iscrizioni già salvate premendo il pulsante .

Editor geologico delle sezioni

Per costruire un modello geologico-geofisico (eseguire l'interpretazione geologica) serve la finestra dell'editor del modello geologico Geological editor, richiamata tramite il menu Options / Geological editor. L'editor consente di creare in modalità interattiva un modello geologico basato sul modello corrente del progetto, dati di sondaggio, dati di altri programmi del pacchetto Zond e informazioni raster a priori; stampare le sezioni ottenute nella scala specificata, salvare ed esportare i risultati.

All'apertura della finestra dell'editor del modello geologico, in essa viene visualizzato il modello corrente del progetto (Fig. 63).

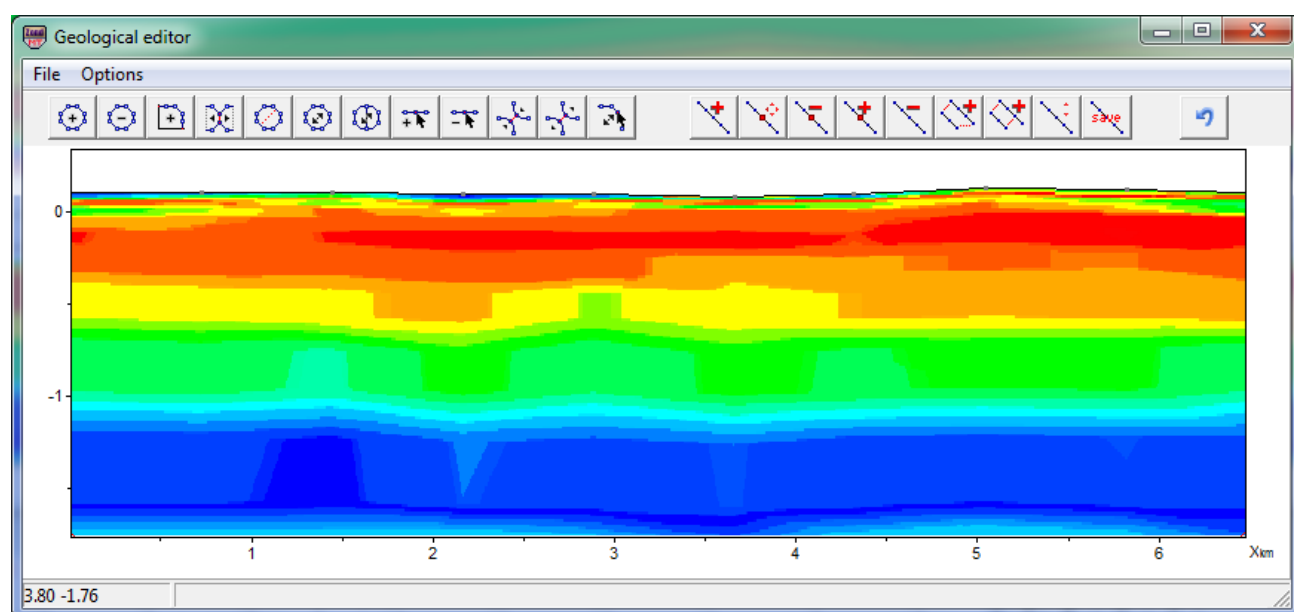
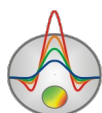


Fig. 63 Finestra dell'editor del modello prima dell'inizio del lavoro

Per l'interpretazione geologica nella barra degli strumenti sono previsti due set di pulsanti: uno è destinato alla creazione di corpi poligonali (con possibilità di modificare i campiture, riempimenti, stile dei bordi, ecc.), l'altro – per disegnare singole linee sulla sezione. Questi possono essere utilizzati per indicare alcuni elementi della struttura geologica (ad esempio, piani di faglie tettoniche) o in generale aumentare la chiarezza della sezione interpretativa.



Strumenti per la creazione di corpi poligonali:

	Aggiungi poligono		Elimina poligono
	Crea poligono collegato		Scollega poligono
	Sposta poligoni collegati		Aggiungi punto
	Sposta poligono		Sposta parte del poligono
	Eliminare il punto		Separa punti collegati
	Sposta punto		Unisci punti

Strumenti per la creazione di linee:

	Crea linea		Sposta nodo
	Elimina linea		Chiudi polilinea
	Sposta linea		Chiudi polilinea
	Aggiungi nodo		Salva modifica
	Elimina nodo		Annulla

Un esempio di sezione geoelettrica geologica creata e del modello geologico creato sulla sua base è presentato nella figura sotto. La voce di menu File/Remove picture consente di rimuovere lo sfondo – la sezione del parametro su cui si basa l'interpretazione (Fig. 65).

Tramite la voce di menu File/Save section è possibile salvare il risultato in formato *.sec per lavorare in altri programmi del pacchetto Zond o come immagine raster. La voce di menu Options/Model setup consente di impostare la scala dell'immagine per l'esportazione o la stampa (File/Print preview).

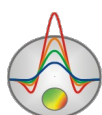
Open section – consente di caricare il file di sfondo (immagine grafica).

Save section – consente di salvare il modello geologico-geofisico corrente in formato grafico.

Il menu Options della finestra Geological editor contiene le seguenti funzioni:

Automatic scaling – attivare la modalità di regolazione automatica delle scale dell'immagine.

Model setup – richiamare la finestra di dialogo di configurazione dell'area di visualizzazione del modello.



Delete all poly – eliminare tutti gli elementi del modello geologico.

Output settings – richiamare la finestra di dialogo di configurazione dei parametri dell'immagine esportata.

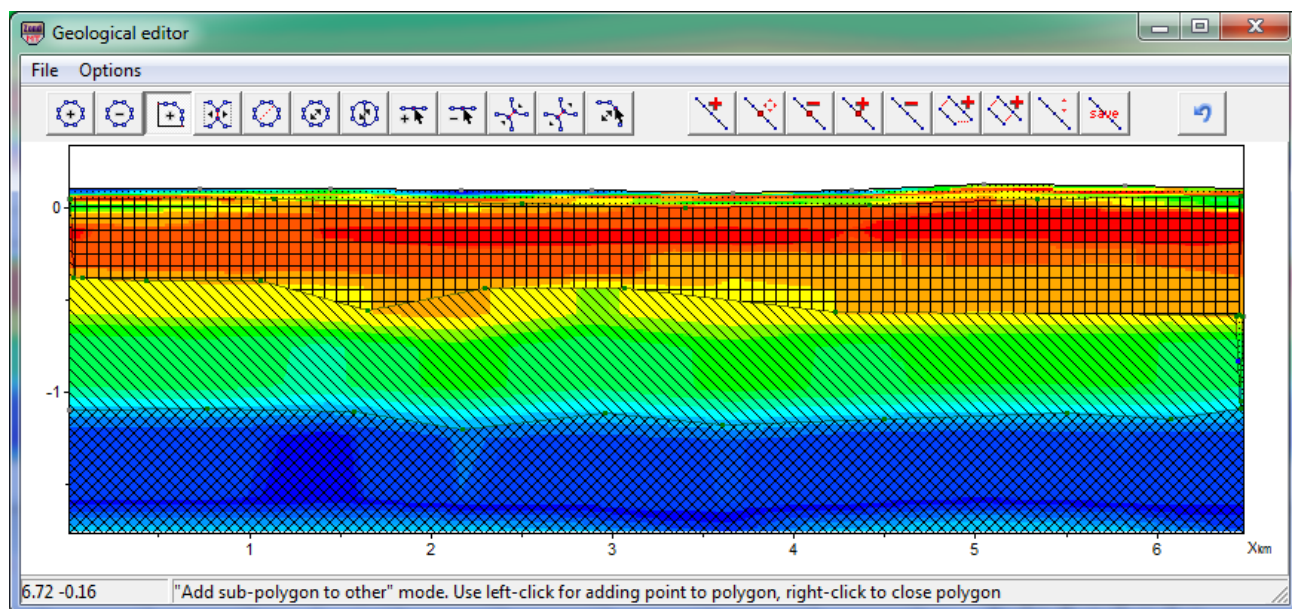


Fig. 64 Finestra dell'editor del modello: sezione di resistività e interpretazione geologica

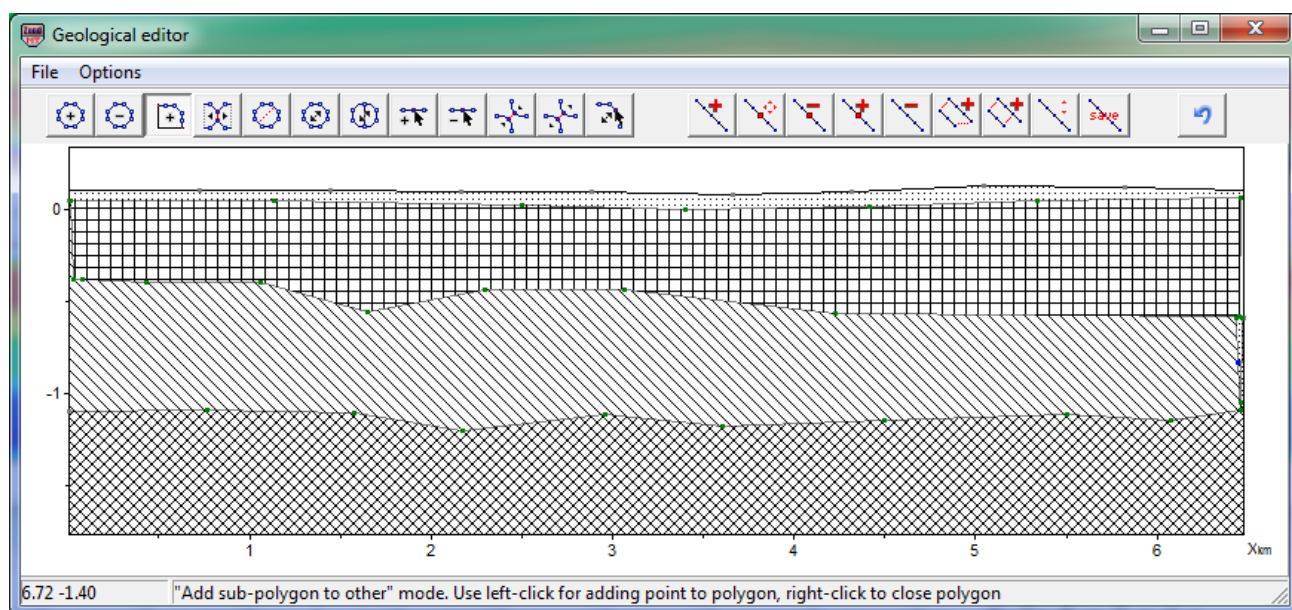
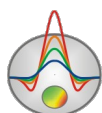


Fig. 65 Finestra dell'editor del modello: sezione geologico-geofisica dai risultati dell'interpretazione

Finestra di dialogo di configurazione dei parametri del poligono

Questa finestra di dialogo viene utilizzata per configurare diversi parametri dei poligoni, e viene richiamata con un doppio clic del mouse sul poligono di interesse.



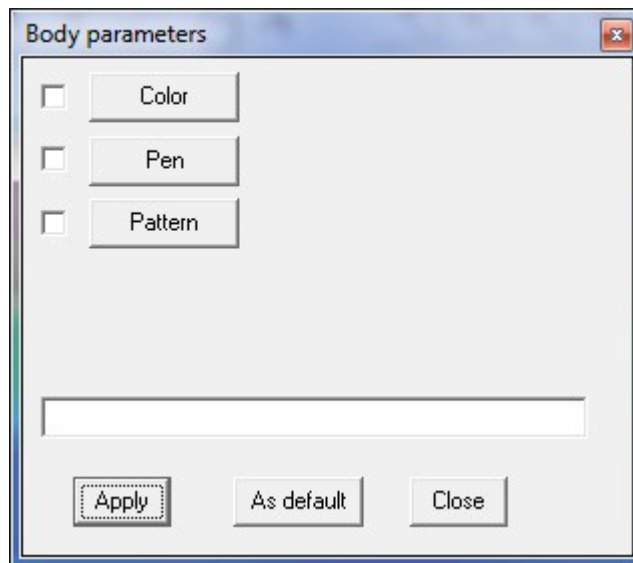


Fig. 66 **Finestra di dialogo di configurazione dei parametri del poligono**

Il pulsante Color – richiama la finestra di dialogo di selezione del colore di riempimento del poligono. Se l'opzione è attivata, il colore selezionato verrà utilizzato in tutti i poligoni del modello.

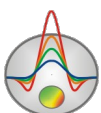
Il pulsante Pen – richiama la finestra di dialogo di configurazione dei parametri del bordo del poligono. Se l'opzione è attivata, i parametri selezionati verranno utilizzati in tutti i poligoni del modello.

Pulsante Brush – apre la finestra di configurazione dei parametri di riempimento del poligono. Se l'opzione è attivata, i parametri selezionati saranno utilizzati in tutti i poligoni del modello.

Pulsante Gradient – apre la finestra di configurazione dei parametri di riempimento a gradiente del poligono.

Pulsante Font – imposta i parametri del carattere per l'etichetta.

Sotto si trova il campo la cui etichetta sarà visualizzata sul poligono.



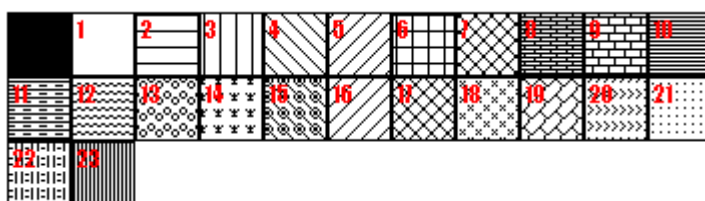
Appendice 1. Formato del file dati litologici

Le colonne litologiche sono memorizzate in file di formato specifico. Il primo tipo di file con estensione txt contiene i dati litologici veri e propri.

Nella creazione del file con informazioni litologiche si utilizza la seguente struttura del file:

La prima colonna contiene la profondità (dalla superficie terrestre) dell'orizzonte litologico. La seconda colonna deve essere riempita con zeri. La terza colonna è il colore dello strato nella colonna litologica. La quarta colonna è il tipo di tratteggio nella colonna litologica.

Di seguito è riportato l'elenco dei primi 23 tratteggi che possono essere utilizzati nella creazione della colonna litologica.



Di seguito è riportato un esempio di file di dati litologici.

```
0 1 0 13 Tetto strato 1
4 1 0 13 Base strato 1
4 1 0 19 Tetto strato 2
11 1 0 19 Base strato 2
11 1 0 27 Tetto strato 3
16 1 0 27 Base strato 3
```

Il secondo tipo di file (estensione *.crt) è un file di controllo che specifica il tipo di dati e il metodo di visualizzazione. Segue la descrizione della struttura del file CRT per la visualizzazione dei dati litologici per un numero arbitrario di pozzi.

2280.txt Prima riga - nome del file con dati di carotaggio o litologia

BH2280 Seconda riga - Etichetta del pozzo (sarà visualizzata sul pozzo)

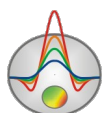
18 2 2 1 0 1 0 0 Terza riga contiene i parametri di controllo -

Valore 18 – coordinata del pozzo sul profilo.

2 - larghezza dell'immagine (in percentuale della lunghezza del profilo, di solito 1 - 20).

2 - tipo di visualizzazione dei dati 0 - 3.

0 - dati di carotaggio (in forma di grafico);



1 - dati di carotaggio (colonna a colori per interpolazione) per la visualizzazione dei dati si utilizza la scala di colore della sezione;

2 - colonna litologica;

3 - dati di carotaggio (colonna a colori) i colori dei dati visualizzati corrispondono alla scala del modello, il colore sulla colonna è scelto in accordo con il valore della scala di colore del modello;

1 - Parametro di normalizzazione dei dati dei diagrammi di carotaggio 0 - 2.

0,1 – per tutti i dati si utilizza un minimo e massimo comune;

1,2 - sottrarre da ogni diagramma di carotaggio il suo valore medio;

0 - Indice del metodo di carotaggio (se è necessario visualizzare contemporaneamente più tipi di carotaggio, occorre inserire gli indici per ciascuno dei metodi) 0 – n-1, dove n – numero di metodi.

1 - Colore del grafico.

0 - Scala dei dati logaritmica 0, lineare 1.

0 – Spostamento verticale del pozzo rispetto alla superficie terrestre.

3246.txt descrizione del pozzo successivo sul profilo

BH3246

102 2 2 1 0 1 0 0

Materiali aggiuntivi:

Videotutorial sul canale youtube:

https://www.youtube.com/channel/UCGtpriIZkc9CsLfiuz4VvmQ?view_as=subscriber

Gruppo di supporto su linkedin:

<https://www.linkedin.com/groups/6667336/>

Progetti dimostrativi Zond:

<ftp://zond-geo.com/>

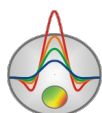
Username: download@zond-geo.com

Password: 12345

Il programma non funziona con il dongle USB

1) Il driver del dongle non è installato o è installato in modo non corretto. Su alcuni sistemi il dongle viene riconosciuto correttamente come dispositivo HID e non è necessario installare il driver, ma su altri no ed è necessario installarlo. Link per scaricare il driver: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. In Gestione dispositivi il dongle deve apparire come "Senselock Elite"

2) Il periodo di aggiornamenti gratuiti è terminato. In questo caso è necessario utilizzare l'ultima versione funzionante oppure acquistare ulteriori 2 anni di aggiornamenti.



Zond geophysical software

3) A volte, quando si commuta il dongle in modalità HID, il sistema potrebbe non riconoscerlo come dispositivo HID. In questo caso è necessario riportarlo in modalità USB con l'aiuto di una piccola applicazione che può essere scaricata dal seguente link: <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip> "senseswitch.exe" viene avviato da cmd con il comando: `senseswitch.exe usb`

