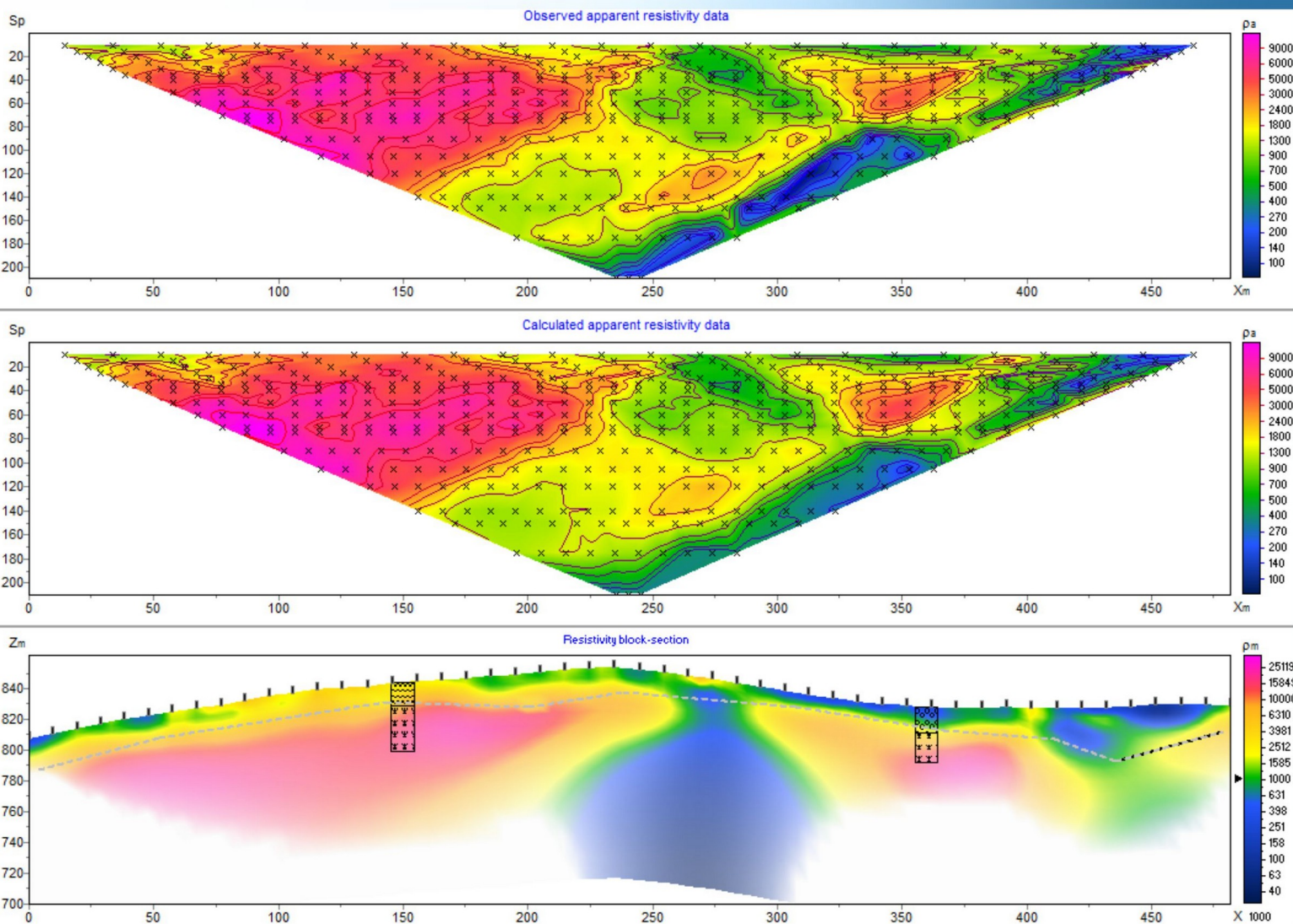


**Zond
Software**

ZondRes2D



|

Indice

<i>Introduzione.....</i>	<i>6</i>
<i>Requisiti di sistema.....</i>	<i>7</i>
<i>Installazione e disinstallazione del programma.....</i>	<i>7</i>
<i>Breve introduzione teorica.....</i>	<i>8</i>
<i>Finestra principale del programma.....</i>	<i>11</i>
Barra di accesso rapido.....	12
Descrizione delle funzioni del menu principale.....	13
Barra di stato.....	42
Tasti di scelta rapida.....	42
Filtro dei dati.....	43
Pannello degli elementi.....	43
Analisi della sensibilità e della risoluzione.....	43
Progetto areale.....	44
<i>Creazione di un sistema sintetico di misure.....</i>	<i>44</i>
<i>Caricamento dei dati di campo da file.....</i>	<i>53</i>
Formati supportati.....	53
Caricamento di più file.....	59
Importazione di dati di campagna da un file di testo o da una tabella Excel.....	60
<i>Preparazione dei dati per l'inversione.....</i>	<i>61</i>
Modulo di controllo della qualità dei dati.....	63
Inserimento e modifica delle informazioni topografiche.....	69
Gestione delle coordinate planimetriche degli elettrodi.....	72
Elaborazione dei dati di misure in ambiente acquatico.....	74
Elaborazione dei dati di misure tra pozzi.....	74
<i>Visualizzazione dei dati.....</i>	<i>75</i>
Piano dei grafici.....	76
Pseudosezione.....	77

Editor dei dati.....	80
Modellazione.....	81
Creazione della mesh del modello.....	82
Modifica del modello.....	85
Lavorare con il modello a blocchi (a celle).....	85
Modello a strati arbitrari.....	90
Modellazione poligonale.....	94
Salvataggio e utilizzo dei dati di modello.....	97
Interpretazione dei dati di campo.....	98
Impostazioni dei parametri di inversione.....	98
Inversione dei dati IP.....	108
Inversione dei dati di monitoraggio geoelettrico.....	113
Inversione congiunta dei dati magnetotellurici.....	117
Inversione congiunta dei dati TEM e del sondaggio in frequenza.....	120
Inversione congiunta dei dati di prospezione sismica.....	122
Inversione congiunta dei dati gravimetrici e magnetici.....	124
Interpretazione dei dati di potenziale spontaneo (SP).....	130
Valutazione dell'errore di fit dopo l'inversione.....	131
Informazioni a priori.....	132
Creazione di dati di pozzo.....	138
Finestra di dialogo Model smooth/raster.....	143
Risultati dell'interpretazione.....	144
Visualizzazione del modello.....	144
Lavorare con più modelli nello stesso progetto.....	146
Finestra di costruzione del modello geologico-geofisico.....	148
Visualizzazione 3D di modelli geoelettrici relativi a più profili.....	153
Salvataggio dei risultati.....	157
Funzionalità aggiuntive di esportazione in Excel.....	159
Impostazione dei parametri grafici.....	159

Finestra di dialogo per la configurazione dell'immagine esportata.....	159
Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri della sezione a contorni e della pseudosezione.....	160
Finestra di dialogo per la configurazione della tavolozza.....	163
Editor dei set di grafici.....	164
Editor del grafico.....	165
Editor degli assi.....	166
Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di visualizzazione del modello.....	170
Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview).....	171
<i>Bibliografia</i>	173
<i>Materiali aggiuntivi:</i>	174

Introduzione

Il programma **ZondRes2D** è progettato per l'interpretazione 2,5D dei dati di tomografia di resistività elettrica (ERT) con i metodi della resistività e della polarizzazione indotta (IP), nonché del metodo del potenziale spontaneo, nelle versioni terrestre, in pozzo e acquatica.

L'interfaccia intuitiva e le ampie possibilità di rappresentazione dei dati consentono di affrontare nel modo più efficace il problema geologico in esame.

Il programma **ZondRes2D** è uno strumento pratico per l'interpretazione automatica e interattiva dei dati di tomografia di resistività elettrica e può essere utilizzato su personal computer compatibili IBM PC con sistema operativo Windows. Una delle caratteristiche principali del programma è l'inversione congiunta di diversi metodi geofisici.

In **ZondRes2D** è disponibile un sistema di modellazione che comprende tutti i principali tipi di dispositivi utilizzati nel metodo della resistività. L'utente seleziona in modalità interattiva i parametri del dispositivo e il numero di punti di misura.

Il programma consente di determinare la metodologia di acquisizione ottimale durante la fase di progettazione dei rilievi elettrici. A tal fine, il sistema include una funzione per analizzare la capacità di risoluzione di un determinato dispositivo elettrodo. L'analisi consiste nello studio dell'influenza esercitata da una determinata parte del modello sui risultati delle misure, tramite la funzione di sensibilità:

$$S = \sqrt{\text{diag}(A^T A)}$$

L'analisi della sensibilità consente di scegliere in modo ottimale il tipo e i parametri del dispositivo elettrodo per risolvere il problema geologico in esame.

ZondRes2D dispone di un potente sistema di visualizzazione dei dati di profilo, di un editor delle misure e di un sistema per l'analisi della sensibilità e della capacità di risoluzione del metodo.

Per visualizzare i valori misurati e calcolati, nonché la loro differenza o i pesi delle misure, il programma utilizza due tipi di rappresentazione: il grafico dei dati e la pseudosezione.

Nell'editor dei dati è possibile visualizzare i parametri del dispositivo di misura, assegnare pesi (livelli di importanza) alle singole misure e correggere i valori delle caratteristiche misurate.

ZondRes2D utilizza un formato di file di dati semplice e intuitivo, che consente di combinare più tipi di dispositivi sullo stesso profilo. Le grandezze misurate possono essere la resistività

apparente, il rapporto segnale/corrente e la caricabilità apparente. Il programma consente di importare e visualizzare i risultati delle misure ottenuti con altri metodi, favorendo un approccio più completo all'interpretazione dei dati.

Oltre ai metodi della resistività e IP, il programma consente di eseguire l'inversione congiunta con i dati dei seguenti metodi: sondaggio magnetotellurico (MT), TEM, sismica a rifrazione, gravimetria e magnetometria.

Requisiti di sistema

Il programma **ZondRes2D** può essere installato su un computer con sistema operativo Windows 98 o versioni successive. Configurazione di sistema consigliata: processore PIV-2 GHz, 1 GB di memoria, risoluzione dello schermo 1024 X 768, modalità colore –True color. (Non modificare la risoluzione dello schermo mentre si lavora con i dati).

Poiché il programma utilizza risorse del registro di sistema, nei sistemi successivi a Windows XP deve essere eseguito come amministratore (fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona del programma e selezionare Esegui come amministratore).

Installazione e disinstallazione del programma

Il programma **ZondRes2D** è distribuito via Internet. La fornitura comprende il presente manuale. È possibile scaricare gli aggiornamenti più recenti del programma dal sito: <http://zond-geo.com/>.

Per installare il programma, salvarlo nella directory desiderata (ad esempio, C:\Zond). Per installare un aggiornamento, è sufficiente sovrascrivere la versione precedente del programma con quella nuova.

Prima di avviare il programma per la prima volta, è necessario installare il driver della chiave di protezione SenseLock. A tale scopo, aprire la cartella SenseLock (il driver può essere scaricato dal sito) ed eseguire il file InstWiz3.exe. Dopo aver installato il driver, inserire la chiave. Se tutto è corretto, nella barra delle applicazioni in basso comparirà un messaggio che indica che la chiave è stata rilevata.

Per disinstallare il programma, eliminare la directory di lavoro del programma.

Breve introduzione teorica

Resistività elettrica

La resistività elettrica (RE), misurata in $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ($\Omega\cdot\text{m}$), caratterizza la capacità delle rocce di opporre resistenza al passaggio della corrente ed è la proprietà elettromagnetica più universale. Nelle rocce e nei minerali varia entro un intervallo molto ampio: da 10^{-3} a 10^{15} $\Omega\cdot\text{m}$. Nelle rocce sedimentarie, ignee e metamorfiche più diffuse, la RE dipende dalla composizione mineralogica, dalle proprietà fisico-meccaniche e idriche delle rocce, dalla concentrazione dei sali nelle acque sotterranee e, in misura minore, dalla loro composizione chimica, oltre che da altri fattori (temperatura, profondità, grado di metamorfismo ecc.) [Khmelevskoy, 1997].

La resistività elettrica dei minerali dipende dai loro legami intracristallini. I minerali dielettrici (quarzo, miche, feldspati ecc.), caratterizzati da legami prevalentemente covalenti, presentano resistività molto elevate (10^{12} - 10^{15} $\Omega\cdot\text{m}$). I minerali semiconduttori (carbonati, solfati, alogenuri ecc.) presentano legami ionici e resistività elevate (10^4 - 10^8 $\Omega\cdot\text{m}$). I minerali argillosi (illite, montmorillonite, caolinite ecc.) hanno legami ionico-covalenti e si distinguono per la resistività relativamente bassa.

I minerali metalliferi (elementi nativi, alcuni ossidi) sono caratterizzati da conduzione 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 formano uno scheletro «plastico», capace di adsorbire acqua legata, mentre le rocce contenenti minerali «rigidi» possono saturarsi soltanto di soluzioni e acqua libera, cioè quella che può essere estratta dalla roccia.

La resistività elettrica delle acque sotterranee libere varia da frazioni di $\Omega\cdot\text{m}$, in presenza di elevata mineralizzazione totale, fino a 1000 $\Omega\cdot\text{m}$, in presenza di bassa mineralizzazione. La composizione chimica dei sali disciolti nell'acqua non ha un ruolo significativo; pertanto, i dati di prospezione elettrica consentono di stimare soltanto la 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 $\Omega\cdot\text{m}$). Ciò si spiega con la loro mineralizzazione relativamente costante (3-1 g/l). La mineralizzazione media delle acque oceaniche è pari a 36 g/l.

Poiché l'acqua nei pori (libera e legata) ha una resistività elettrica molto inferiore a quella dello scheletro minerale della maggior parte delle rocce, la resistività delle rocce è praticamente indipendente dalla loro composizione mineralogica ed è determinata da parametri quali porosità, fratturazione e saturazione idrica. All'aumentare di questi parametri, la resistività delle rocce

diminuisce per effetto dell'aumento degli ioni presenti nell'acqua sotterranea. La conduzione elettrica nella maggior parte delle rocce è quindi ionica (elettrolitica).

Con un aumento della temperatura di 40° la resistività diminuisce di circa 2 volte, fenomeno spiegato dall'aumento della mobilità degli ioni. Quando le rocce congelano, la resistività aumenta bruscamente, poiché l'acqua libera diventa praticamente un isolante e la conducibilità elettrica è determinata soltanto dall'acqua legata, che congela a temperature molto basse (inferiori a -50° C). L'aumento della resistività durante il congelamento varia a seconda del tipo di roccia: aumenta di alcune volte nelle argille, fino a 10 volte nelle rocce compatte, fino a 100 volte nei terreni argillosi e sabbiosi e fino a 1000 volte o più nelle sabbie e nelle rocce grossolane.

Nonostante la resistività dipenda da numerosi fattori e vari entro un ampio intervallo a seconda del tipo di roccia, le sue principali regolarità sono state definite con sufficiente precisione. Le rocce ignee e metamorfiche sono caratterizzate da resistività elevate (da 500 a 10 000 $\Omega \cdot m$). Tra le rocce sedimentarie, presentano resistività elevate (100 - 1000 $\Omega \cdot m$) il salgemma, il gesso, i calcari, le arenarie e alcune altre rocce. In generale, tra le rocce sedimentarie clastiche, la resistività aumenta con la dimensione dei granuli che le compongono, dipendendo cioè soprattutto dal contenuto di argilla. Passando dalle argille ai limi, alle sabbie limose e alle sabbie, la resistività varia da frazioni e pochi $\Omega \cdot m$ a decine e centinaia di $\Omega \cdot m$ [Khmelevskoy, 1997].

Caricabilità delle rocce

La polarizzazione è un complesso processo elettrochimico che si verifica quando attraverso la roccia passa una corrente continua o alternata a bassa frequenza (fino a 10 Hz). La caricabilità più elevata si osserva nei minerali metalliferi a conduzione elettronica (solfuri, solfosali, alcuni metalli nativi, alcuni ossidi, grafite, antracite). L'origine di questi potenziali di IP è associata alla cosiddetta polarizzazione di concentrazione e di elettrodo dei minerali metalliferi. Coefficienti di caricabilità fino al 2-6% si osservano sopra depositi sciolti saturi d'acqua contenenti particelle argillose. La loro caricabilità è dovuta alla deformazione degli strati esterni dei doppi strati elettrici che si formano al contatto tra la fase solida e quella liquida. La maggior parte delle rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie sature di acqua mineralizzata è debolmente polarizzabile.

Per valutare quantitativamente l'intensità della polarizzazione indotta si utilizza di norma il rapporto tra la tensione di polarizzazione ΔU_{IP} e la differenza di potenziale del campo esterno ΔU_{pr} dopo un determinato intervallo di tempo dallo spegnimento della corrente. Questo rapporto è chiamato coefficiente di caricabilità (caricabilità) delle rocce ed è espresso in %. Nella prospezione

geoelettrica nazionale, durante i rilievi sul campo con il metodo IP in modalità impulsiva, per caricabilità si intende il valore normalizzato della tensione nella linea di ricezione dopo 0.2-0.5 s dallo spegnimento della corrente:

$$\eta^{0.5} = \frac{U_{\text{BП}}(0.5c)}{U_{\text{ПП}}} \cdot 100\%$$

Nei modelli teorici e nello studio delle caratteristiche spettrali dell'IP si utilizza ampiamente il valore limite della caricabilità per $t=0$. Tale valore è chiamato stazionaria o caricabilità asintotica, ma talvolta semplicemente caricabilità.

Dal punto di vista dell'immunità ai disturbi è più vantaggioso utilizzare un parametro integrale: il valore medio della tensione su una determinata finestra temporale Δt , detto caricabilità:

$$M = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} \frac{U_{\text{BП}}(t)}{U_{\text{ПП}}} dt$$

Problema diretto e inverso della tomografia di resistività elettrica

Il calcolo della risposta geofisica di un modello con geometria e proprietà fisiche note è detto soluzione del problema diretto. Il processo inverso, ovvero la determinazione della geometria e delle proprietà fisiche del modello a partire dai valori osservati, è detto soluzione del problema inverso.

Per la soluzione del problema diretto e inverso (inversione), il programma utilizza il metodo degli elementi finiti, che fornisce risultati migliori rispetto ai metodi basati su griglia [Dey&Morrison, 1979; Lowry et al, 1989]. Nella modellazione del campo di una sorgente puntiforme, il mezzo viene suddiviso in una mesh di celle con resistività elettriche diverse. Il potenziale all'interno della cella è approssimato mediante una funzione di base lineare.

$$N(x, z) = \frac{(a + bx + cz)}{2A}$$

Il campo di una sorgente puntiforme all'interno di un mezzo bidimensionale ha una struttura tridimensionale. Utilizzando la trasformata di Fourier, è possibile trasferire la soluzione del problema nel dominio delle frequenze spaziali.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) - \lambda^2 \sigma \phi = -I \delta(x) \delta(z)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} + \nu \cdot \phi = 0,$$

dove U è il valore del potenziale spettrale, $\varphi\lambda$ è la frequenza spaziale, I è il valore della corrente, σ è la conducibilità elettrica del mezzo, δ è la delta di Dirac.

La soluzione successiva per un insieme di frequenze spaziali e l'applicazione della trasformata inversa di Fourier ai valori ottenuti del potenziale spettrale forniscono i valori cercati del potenziale della sorgente puntiforme nei nodi della mesh [Xu et al, 2000].

$$U(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \varphi(x, \lambda, z) \cos(\lambda \cdot y) d\lambda$$

Per la soluzione del problema inverso (inversione) si utilizza anche il metodo dei minimi quadrati con regolarizzazione. La regolarizzazione aumenta la stabilità della soluzione e consente di ottenere una distribuzione più uniforme della resistività o della caricabilità nel mezzo [Constable, 1987].

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m,$$

dove A è la matrice delle derivate parziali dei valori misurati rispetto ai parametri della sezione (jacobiano), C è l'operatore di smoothing, W è la matrice degli errori relativi di misura, m è il vettore dei parametri della sezione, μ è il parametro di regolarizzazione, Δf è il vettore degli errori di fit tra i valori osservati e quelli calcolati, R è l'operatore di focalizzazione.

Finestra principale del programma

La figura seguente mostra la vista generale del programma. La finestra è composta dalla barra del titolo, dai menu principali, dalle icone della barra di accesso rapido, dall'area di lavoro e dalla barra di stato.

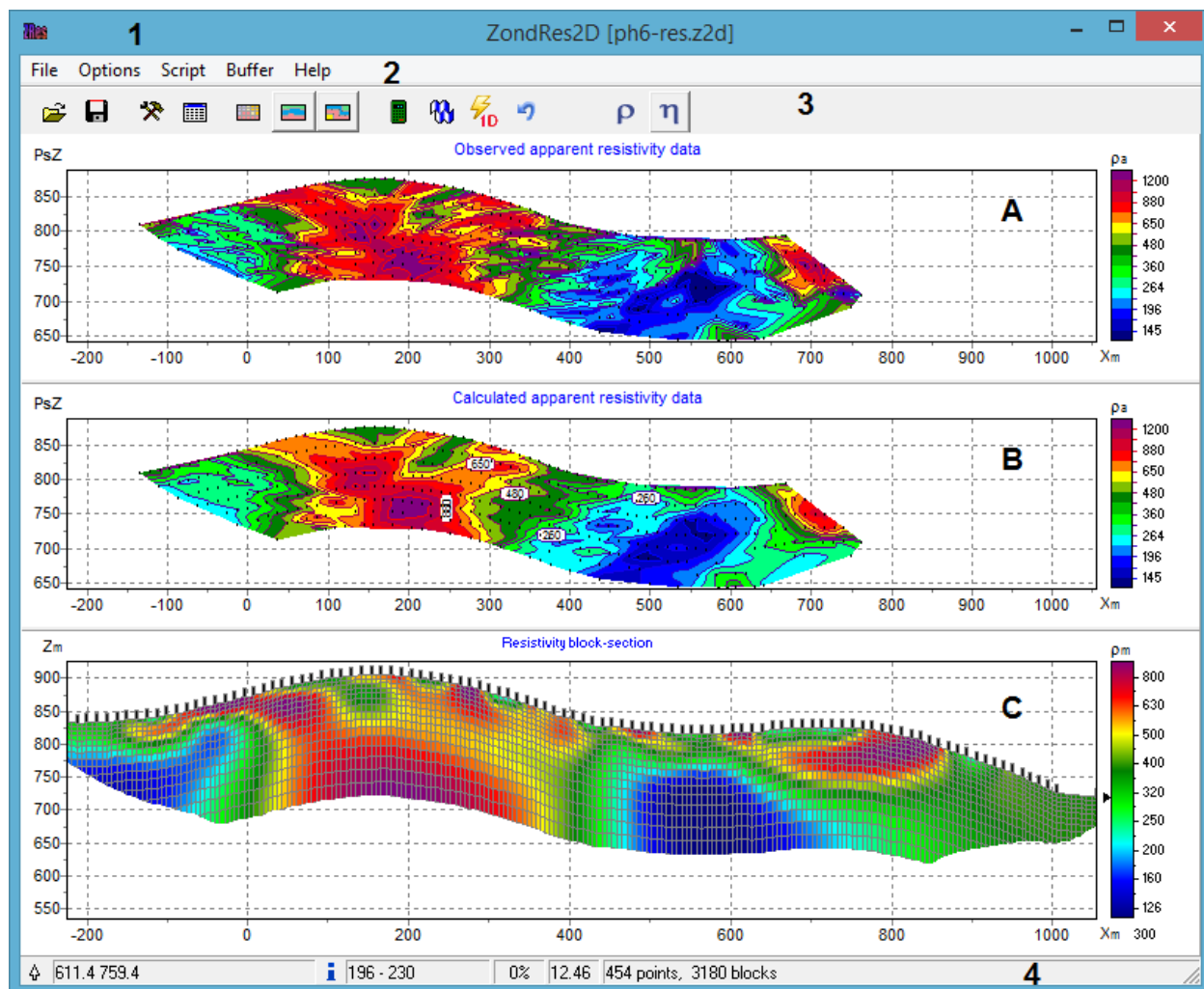


Fig. 1 Vista generale del programma: 1 – barra del titolo della finestra, 2 – menu principale, 3 – barra di accesso rapido, A – dati di campo, B – dati calcolati, C – modello 2D, 4 – barra di stato

Barra di accesso rapido

La barra degli strumenti, o barra di accesso rapido, consente di richiamare rapidamente le funzioni del programma utilizzate più spesso. Contiene i seguenti pulsanti:

	Aprire un file di dati (è possibile caricare più file).
	Salvare il file di dati.
	Richiamare la finestra di dialogo per configurare i parametri di inversione.

	Richiamare l'editor delle misure.
	Creare un progetto areale (finestra Area, vedere la sezione «Progetto areale»).
	Modalità modello a blocchi.
	Modalità modello a strati arbitrari.
	Modalità di modellazione poligonale.
	Avviare la procedura di soluzione del problema diretto.
 	Avviare la procedura di inversione o interromperla (premendo di nuovo il pulsante durante l'inversione).
	Avviare la procedura di inversione 1D. Con il clic destro si seleziona una delle opzioni: Pseudo 2D – inversione pseudo-bidimensionale, costituita da una serie di modelli 1D lungo il profilo (impostazione predefinita), oppure Pure 1D – un'unica sezione 1D per l'intero profilo.
	Annullare l'ultima modifica al modello del mezzo; con il clic destro si ripristina l'azione (Redo). I pulsanti possono essere utilizzati per passare da un risultato di iterazione all'altro.
	Passare alla modalità di interpretazione dei dati del metodo della resistività. Il pulsante è visibile se i dati contengono misure IP.
	Passare alla modalità di interpretazione dei dati del metodo della polarizzazione indotta. Il pulsante è visibile se i dati contengono misure IP.

Descrizione delle funzioni del menu principale

Per visualizzare durante il lavoro con il programma una guida relativa a una determinata funzione del menu, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'opzione corrispondente.

Di seguito sono elencati i nomi delle voci del menu principale e le relative funzioni:

File	
File / Open file	Aprire un file di dati o un progetto (è possibile caricare più file).
File / Import data from text/excel	Importare dati da un file di testo arbitrario (con più colonne) o da una tabella excel. L'utente deve specificare i nomi delle colonne nella prima riga della tabella.

File / Show data filter	Se l'opzione è attivata, all'apertura di un file di dati viene visualizzata la finestra di dialogo Data filter per selezionare le misure in base a intervalli di valori (vedere la sezione «Filtro dei dati»).
File / Save file	Aprire la finestra di dialogo per il salvataggio dei dati.
File / Edit file	Aprire il file di dati utilizzato dal programma nell'editor Notepad.
File / Create synthetic survey	Aprire la finestra di dialogo per la creazione di un sistema sintetico di misurazione terrestre per la modellazione. È possibile selezionare i parametri dei cavi e uno dei dispositivi tradizionali. Il protocollo creato può essere esportato in un file di testo. Questa modalità può essere utile per pianificare i lavori geofisici.
File / Create CBH survey	Aprire la finestra di dialogo per la creazione di un sistema sintetico di misurazione tra pozzi per la modellazione. È possibile selezionare i parametri dei cavi e uno dei dispositivi tradizionali. Il protocollo creato può essere esportato in un file di testo. Questa modalità può essere utile per pianificare le misurazioni tra pozzi.
File / Change electrode array	Aprire la finestra di dialogo per cambiare il sistema di misurazione (utilizzato nella modalità di modellazione). La geometria della disposizione (dei cavi) non può essere modificata. Questa opzione consente di ottenere rapidamente la risposta del modello per diversi tipi di dispositivi.
File / Print preview	Aprire la finestra di dialogo per stampare la finestra principale del programma.
File / Recent	File utilizzati di recente.
File / Exit	Uscire dal programma.
Options	
Options / Quality control module	Passare alla finestra di controllo qualità e modifica dei dati iniziali. Il modulo di controllo qualità può essere utilizzato per ispezionare ed elaborare i dati. Il modulo include una serie di opzioni per l'analisi automatica e semiautomatica degli errori nei dati. Prima di chiudere la finestra, ricordarsi di premere il

	pulsante app&exit o del&exit.
Options / Project information	Visualizzare le informazioni sul progetto caricato. È possibile modificarle.
Options / Mesh constructor	Aprire il costruttore della rete per la modellazione. Include una serie di opzioni per la creazione automatica della rete e impostazioni dettagliate per gli utenti esperti.
Options / Data editor	Editor delle misurazioni. Visualizza tutte le registrazioni in forma tabellare. Può essere utilizzato per escludere misurazioni dall'inversione, visualizzare le distribuzioni individuali del potenziale e della sensibilità, ecc.
Options / Program setup	Impostazioni principali del programma. La maggior parte delle impostazioni riguarda l'inversione.
Options / 3D fence diagram	Aprire la finestra di visualizzazione tridimensionale delle sezioni geoelettriche, tenendo conto delle loro coordinate reali. Per costruire più sezioni, è necessario caricarle da file mod2d.
Options / Geological editor	Creare una sezione interpretativa (geologica) basata sui dati geofisici. Per definire gli oggetti si utilizza un'interfaccia poligonale.
Options / Elements toolbox	Aprire il pannello degli elementi grafici: consente di aggiungere poligoni, linee e annotazioni testuali alla sezione del modello o alla pseudosezione (vedere la sezione «Pannello degli elementi»).
Options / Inversion / Set boundaries	Aprire la finestra di dialogo per definire i limiti che il programma terrà in considerazione durante l'inversione. Utilizzare questo strumento se si conosce con precisione la posizione dei limiti. Si consiglia di collocare i limiti il più vicino possibile alle linee guida della mesh. È preferibile utilizzare in combinazione: <i>Occam inversion</i> , <i>smoothness factor</i> = 0.1..1.
Options / Inversion / Whole model inv	Utilizzare questa opzione se non si è certi della scelta della profondità massima di investigazione o se l'inversione produce distorsioni ai bordi del modello. In genere, ciò è dovuto all'influenza di oggetti esterni al profilo di indagine. Se l'opzione è attivata, il programma inverte anche le celle esterne all'area visibile (rete esterna); in caso contrario, ai bordi della

	sezione viene utilizzato un modello 1D. Si consiglia di utilizzare questa opzione nell'inversione congiunta con dati AMT.
Options / Inversion / View iterations	Visualizzare la finestra con i modelli ottenuti a ogni iterazione dell'ultima inversione. Disponibile nella modalità con mesh, se è stata eseguita più di un'iterazione.
Options / Inversion / Optimization	Impostazioni dei parametri di ottimizzazione dell'inversione.
Options / Inversion / Optimization / Display Process	Visualizzare il processo di ottimizzazione durante l'inversione in una finestra separata. Funziona solo se è attivata l'opzione Line search.
Options / Inversion / Optimization / Line search	Ricerca del parametro di smorzamento ottimale a ogni iterazione (rallenta il processo di inversione di circa 3-4 volte). Nella maggior parte dei casi, questa opzione consente di raggiungere l'errore di fit minimo in poche iterazioni, ma aumenta la durata delle iterazioni e può far convergere la soluzione verso un minimo locale. Se l'opzione è disattivata, il comportamento del parametro di smorzamento è controllato da due parametri: <i>smoothing factor</i> (valore iniziale) e <i>factor</i> (fattore di riduzione).
Options / Inversion / Optimization / LCurve	Selezionare a ogni iterazione il parametro di regolarizzazione tramite la curva a L (compromesso tra l'errore di fit e la norma del modello), anziché il minimo dell'errore di fit. L'opzione è disponibile quando è attivata Line search.
Options / Inversion / Optimization / Lim based inv	Se i limiti globali di variazione dei parametri sono troppo ristretti o sono stati impostati limiti individuali per alcune celle, l'inversione tenterà di portare i parametri oltre i limiti definiti. Ciò può rallentare notevolmente la convergenza. In tal caso, si consiglia di attivare questa modalità di inversione, che riduce il contributo delle celle che superano i limiti definiti e utilizza norme speciali dei parametri che ostacolano tale superamento.
Options / Inversion / Optimization / Factor	Se l'opzione line search è disattivata, Factor controlla il comportamento del parametro di smorzamento durante l'inversione. Alla prima iterazione viene utilizzato il valore <i>Smoothing factor</i> ; a ogni iterazione successiva, questo valore viene diviso per il coefficiente specificato dall'utente. <i>Smoothing factor</i> può essere selezionato automaticamente se è selezionata

	l'opzione accanto al campo di inserimento <i>Smoothing factor</i> (nella scheda Model in Program setup).
Options / Inversion / Optimization / Layered term	Aprire la finestra di dialogo Extra layered term: termine aggiuntivo della funzione obiettivo che favorisce una struttura stratificata (orizzontale) del modello. Enable – attivazione; Pushing factor – peso del termine; Num top layers off – numero di strati superiori a cui il termine non si applica (0–5); Window size – dimensione della finestra (1–6).
Options / Inversion / Norms / Automatic sres scale	Per le configurazioni tra pozzi e alcune configurazioni di superficie, i valori di resistività apparente possono essere negativi. In questo caso, non è possibile applicare la norma logaritmica ai dati (ma è possibile applicarla ai valori assoluti). In questi casi, il programma utilizza una norma pseudologaritmica, che richiede l'impostazione del coefficiente lineare-logaritmico (deve essere vicino al livello di rumore). Se si imposta il valore -1, la selezione del coefficiente viene effettuata automaticamente. La funzione si attiva quando nel file viene utilizzata la chiave sres (anziché res).
Options / Inversion / Norms / Automatic IP scale	Per impostazione predefinita, il programma utilizza la norma pseudologaritmica per i dati IP. Se la selezione automatica del coefficiente lineare-logaritmico è disattivata, è necessario specificarlo (un valore prossimo al valore di fondo IP). Il valore -1 indica la ricerca automatica, il valore * la norma lineare per i dati IP. La modalità corrente (auto, linear o valore del coefficiente) è visualizzata nel nome della voce. La voce è disponibile quando sono presenti dati IP in modalità di inversione IP.
Options / Inversion / Resolution	Insieme di parametri per aumentare la risoluzione dell'inversione. L'opzione consente di aumentare il contributo delle celle poco sensibili e ridurre quello delle celle molto sensibili (in prossimità degli elettrodi). In questo modo aumenta la risoluzione, cioè la possibilità di individuare oggetti più piccoli in profondità. Utilizzare queste opzioni con cautela.
Options / Inversion /	Grado di uniformazione della sensibilità delle celle. x 1 – senza

Resolution / x 1 ... x 8, full normed	uniformazione; x 2, x 4, x 8 – grado crescente (le celle vengono scalate come $S^{-1/4}$, $S^{-1/3}$ e $S^{-1/2}$, dove S è la sensibilità integrale della cella); full normed – normalizzazione completa delle celle e dei dati in base alla sensibilità.
Options / Inversion / Smoothness	Insieme di opzioni per il controllo della levigatezza e dell'operatore di smoothing. Possono influire notevolmente sul risultato dell'inversione. Si riferiscono al secondo termine della funzione obiettivo $C^C*(m-m_0)$.
Options / Inversion / Smoothness / m0-start model	m0 (modello di riferimento) è un modello specificato dall'utente (o il risultato di un'inversione). In questo caso, l'obiettivo principale dell'inversione è ridurre l'errore di fit mantenendo il modello vicino a quello di riferimento. Il grado di vicinanza è controllato dal parametro <i>Smoothing factor</i> . Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i> .
Options / Inversion / Smoothness / m0-median model	m0 (modello di riferimento) è la mediana del modello all'iterazione corrente. L'obiettivo principale dell'inversione è ridurre l'errore di fit mantenendo il modello il più levigato possibile. La levigatezza è controllata dal parametro <i>Smoothing factor</i> . Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i> . È l'opzione migliore per l'uso di focused inversion o per un'inversione con limiti a priori.
Options / Inversion / Smoothness / m0-previous model	m0 (modello di riferimento) è il modello dell'iterazione precedente. L'obiettivo principale dell'inversione è ottenere l'errore di fit minimo con una convergenza stabile. La velocità di convergenza è controllata dal parametro <i>Smoothing factor</i> . Funziona con i metodi di inversione <i>Occam</i> e <i>Focused</i> . Per focused inversion talvolta potrebbe non fornire il risultato desiderato (un modello a tratti costante).
Options / Inversion / Smoothness / Type / L0, L1, L2	Tipo di norma dell'operatore di smoothing. L2 – norma quadratica (modelli levigati); L1 e L0 – norme robuste, che consentono limiti più netti.
Options / Inversion /	L'operatore di smoothing viene costruito tenendo conto della geometria reale della mesh del modello. In genere, ciò consente

Smoothness / Natural smoothness	di ottenere risultati di inversione più levigati.
Options / Inversion / Smoothness / Robust	Smoothing robusto. Se attivato, vengono impostati automaticamente Type = L0, il metodo Occam e il modello di riferimento m0 – il modello iniziale.
Options / Inversion / Smoothness / Vert robust only	Applicare lo smoothing robusto solo in verticale. Disponibile se Robust e Type = L0 sono attivati.
Options / Inversion / Smoothness / Average window	Ricerca del valore medio dei parametri del modello di riferimento m0 nella finestra, <i>Smoothness=median</i> .
Options / Inversion / Smoothness / Diagonal flatness filter	Smoothing diagonale durante l'inversione. Utilizzare questa opzione se la sezione contiene strutture inclinate.
Options / Inversion / Smoothness / Stabilizer	Impostare il valore dello stabilizzatore (0.05–1, valore predefinito 0.5), utilizzato nell'inversione con smoothing senza l'opzione Robust.
Options / Inversion / Smoothness / Adaptive	Operatore di smoothing adattivo: durante l'inversione viene ricostruito in base al modello corrente (con termini diagonali).
Options / Inversion / Smoothness / IGI forced	Costruire l'operatore di smoothing in base all'immagine di sfondo caricata (image guided inversion), indipendentemente dalla modalità di inversione congiunta. La voce è visibile se è stata caricata un'immagine di sfondo.
Options / Inversion / Joint inversion	Insieme di opzioni per l'inversione congiunta (nelle versioni precedenti – Cross-gradient).
Options / Inversion / Joint inversion / Pushing factor	Parametro principale dell'inversione congiunta, che controlla il grado di somiglianza delle immagini dei modelli dei due metodi. Di solito si sceglie per tentativi in un intervallo di 0-1000. Con valore zero, i modelli vengono determinati in modo completamente indipendente. Valori elevati del parametro possono causare un errore di fit in uno o in entrambi i metodi. Per bilanciare gli errori di fit, si possono impostare i pesi dei metodi corrispondenti.
Options / Inversion / Joint	Molto spesso la parte superiore della sezione è fortemente

inversion / Off-layers num	eterogenea e differisce da un metodo geofisico all'altro. In questi casi, è opportuno escludere alcuni strati dall'operatore Cross-gradient. La parte superiore sarà così libera di variare.
Options / Inversion / Joint inversion / Off in cut	Non considerare il termine dell'inversione congiunta nelle celle che ricadono nell'area di ritaglio della sezione (Cutting).
Options / Inversion / Joint inversion / MinMax range	Specificare l'intervallo di variazione dei parametri per il secondo metodo che partecipa all'inversione congiunta.
Options / Inversion / Joint inversion / From initial model	Utilizzare il modello iniziale per il secondo metodo: a ogni avvio dell'inversione, il modello del secondo metodo viene ricreato.
Options / Inversion / Joint inversion / Criteria	Criterio di collegamento dei modelli nell'inversione congiunta: Cross-gradient (cross-gradiente), Common correlation (correlazione comune; in questo caso i valori di Pushing factor sono 0-2), Variation information (variazione dell'informazione), Gramian (gramiano), Global-local correlation (correlazione globale-locale), Structure similarity (somiglianza strutturale).
Options / Inversion / Joint inversion / Draw isolines	Mostra le isolinee del modello del secondo metodo sopra il modello di resistività.
Options / Inversion / Joint inversion / IP data	Selezione dei dati IP per l'inversione congiunta. L'inversione congiunta con i dati IP consente di ottenere una migliore correlazione delle anomalie nelle sezioni.
Options / Inversion / Joint inversion / Seismic data	Selezione dei dati di sismica per l'inversione congiunta. Se si seleziona questa opzione, nel sottomenu compare la voce Background V off, che attiva la modalità in cui si minimizza il valore del cross-gradiente non per le velocità, ma per la loro componente anomala (al netto del fondo).
Options / Inversion / Joint inversion / Gravity data	Selezione dei dati gravimetrici per l'inversione congiunta.
Options / Inversion / Joint inversion / Magnetic data	Selezione dei dati magnetometrici per l'inversione congiunta.
Options / Inversion / Joint inversion / MASW data	Selezione dei dati MASW (onde superficiali) per l'inversione congiunta. I dati vengono caricati tramite Options / MASW data.
Options / Inversion / Joint inversion / BG image	Selezione dell'immagine di sfondo da usare come base per l'inversione congiunta. Si consiglia di utilizzare immagini in

	scala di grigi.
Options / Inversion / Joint inversion / Clusterization	Inversione con un termine aggiuntivo di clustering dei valori del modello. Se attivata, l'opzione Line search viene attivata automaticamente.
Options / Inversion / Joint inversion / IGI settings	Finestra di dialogo Image guided settings: fonte di levigatura sull' immagine di sfondo (Averaged blocks, Gradients, Structure tensor) e tipo di accoppiamento (Correlation, Gradients, None). La voce è visibile quando è attiva l'opzione BG image.
Options / Inversion / Invert only visible data	Invertire solo i dati visibili. In modalità grafici, disattivare dalla legenda i grafici che non devono partecipare all'inversione.
Options / Inversion / Static shifts	Correzione automatica degli shift galvanici sugli elettrodi di potenziale (Suppress P-static shift) o sugli elettrodi di corrente (Suppress C-static shift) durante l'inversione. Il programma modella lo shift galvanico come un addendo al logaritmo del valore. Si deve impostare il valore massimo assoluto dello shift in base alla distribuzione effettiva dei dati. Si consiglia di attivare la stima degli shift galvanici dopo 3-4 iterazioni di inversione senza shift galvanici.
Options / Inversion / Static shifts / Not suppress	Inversione senza soppressione degli effetti P/C.
Options / Inversion / Static shifts / Suppress P / C effects	Inversione con soppressione degli effetti P/C (shift galvanici sugli elettrodi). Il programma richiede il valore massimo dello shift (in unità ln, 0–3).
Options / Inversion / long line inversion	Questa procedura suddivide il profilo in più segmenti sovrapposti e li inverte separatamente. Nella maggior parte dei casi questo metodo è sconsigliato, naturalmente se il numero di elettrodi non supera 5000.
Options / Inversion / Underwater options	Impostazioni per l'elaborazione dei dati acquatici.
Options / Inversion / Underwater options / resistivity	Impostare la resistività dell'acqua.
Options / Inversion /	Attivare l'opzione per stimare la resistività dell'acqua durante

Underwater options / invert	l'inversione.
Options / Inversion / Underwater options / sublayers numbers	Impostare il numero di suddivisioni dello strato d'acqua (5-10).
Options / Inversion / Underwater options / water level	Impostare il livello dell'acqua (m). Gli elettrodi che si trovavano al precedente livello dell'acqua vengono spostati al nuovo livello.
Options / Inversion / Underwater options / tide correction	Correzione mareale: il livello dell'acqua e la topografia vengono spostati della quantità specificata (m).
Options / Inversion / Underwater options / load res profile	Caricare il profilo di resistività dell'acqua da un file di testo (due colonne: distanza e resistività). La resistività dell'acqua viene impostata sul valore medio geometrico e la stima della resistività dell'acqua viene disattivata. Dopo il caricamento, diventa disponibile la voce edit res profile per modificare il profilo nel grafico.
Options / Data / Apparent resistivity	Visualizzare i valori di resistività apparente.
Options / Data / Resistance (V/I)	Visualizzare i valori dei segnali normalizzati (V/A).
Options / Data / Pseudo-section	Visualizzare i dati calcolati e osservati sotto forma di pseudosezione.
Options / Data / Graphics-plot	Visualizzare i dati calcolati e osservati sotto forma di grafici.
Options / Data / Pseudo	Impostazioni di visualizzazione delle pseudosezioni (nelle versioni precedenti, alcune di queste voci si trovavano direttamente nel menu Data).
Options / Data / Pseudo / Vertical axis / PsZ	Visualizzazione della pseudo-profondità sull'asse verticale.
Options / Data / Pseudo / Vertical axis / Spacing	Visualizzazione della spaziatura sull'asse verticale.
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Calculated	Visualizzare la pseudosezione calcolata nella seconda sezione.

data	
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit	Visualizzare la pseudosezione degli errori relativi di fit nella seconda sezione.
Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data weights	Visualizzare la pseudosezione dei pesi delle misure nella seconda sezione.
Options / Data / Pseudo / Display every	Visualizzare un punto ogni N nella pseudosezione. Questa opzione si usa per volumi di misure elevati (>3000).
Options / Data / Graphs / Iso-CC graphics	Modalità di visualizzazione dei grafici in cui ogni grafico corrisponde a una determinata posizione della linea di corrente (elettrodo).
Options / Data / Graphs / Iso-PsZ graphics	Modalità di visualizzazione dei grafici in cui ogni grafico corrisponde a una determinata pseudo-profondità (fattore di configurazione).
Options / Data / Graphs / Iso-PP graphics	Modalità di visualizzazione dei grafici in cui ogni grafico corrisponde a una determinata posizione della linea di potenziale (elettrodo).
Options / Data / Graphs / Error gates	Visualizzare gli errori di misura come intervalli di confidenza nei grafici.
Options / Data / Arrays	Filtro di visualizzazione per tipo di configurazione: All (tutte), Pole-pole, Pole-dipole, Dipole-dipole (F – diretta, R – inversa), Symmetric, Gradient, Undefined. Nel menu vengono visualizzati solo i tipi di configurazione presenti nei dati.
Options / Data / Arrays / Perpendicular array	Modalità speciale di visualizzazione dei dati delle configurazioni elettroliche per misure parallele alla direzione di sviluppo delle strutture geologiche (perpendicolari al profilo). Un esempio è il caso in cui i sondaggi SEV vengono eseguiti trasversalmente al profilo. La voce è visibile se nei dati sono presenti le coordinate Y degli elettrodi.
Options / Data / X-position / Data X (3-electrodes)	Questo gruppo di opzioni consente di scegliere il metodo per calcolare la coordinata orizzontale (della pseudosezione) del punto di misura per una configurazione a tre elettrodi. «(A+O)/2» – la coordinata orizzontale si trova al centro tra l'elettrodo di corrente A e il centro della linea di potenziale O. «(M+N)/2» – la coordinata orizzontale si trova al centro tra gli

	elettrodi di potenziale M e N.
Options / Data / X-position / Data X (4-electrodes)	Questo gruppo di opzioni consente di scegliere il metodo per calcolare la coordinata orizzontale (della pseudosezione) del punto di misura per una configurazione a quattro elettrodi. Il gruppo di opzioni include il calcolo automatico della coordinata orizzontale – « Auto », il caso in cui la coordinata orizzontale si trova al centro tra gli elettrodi di potenziale – « M-O-N » e il caso in cui la coordinata orizzontale si trova tra i dipoli di corrente e di potenziale – « AB-O-MN ».
Options / Data / X-position / Reassign array(4) to	Assegnare a tutti i dispositivi a quattro elettrodi un tipo: Undefined, Dipole-dipole, Symmetric o Gradient. Il tipo assegnato viene utilizzato, in particolare, nel filtro Arrays.
Options / Data / U/AB/MN norming	Imposta una normalizzazione aggiuntiva rispetto alle lunghezze della linea di potenziale e della linea di corrente (con l'opzione Data/Resistance attivata). Questa opzione è utile quando la lunghezza della linea di potenziale varia in un intervallo ampio.
Options / Data / G-Res plot	Tracciare la resistività (del segnale normalizzato) in funzione del coefficiente del dispositivo (utilizzato per le misure in pozzo, per le quali non è possibile rappresentare i dati in altri modi).
Options / Model / Block-section	Visualizzare il modello sotto forma di blocchi.
Options / Model / Smooth-section	Visualizzare il modello con una tavolozza a interpolazione continua.
Options / Model / Contour-section	Visualizzare il modello come sezione a isolinee.
Options / Model/Resistivity	Visualizzare il modello di resistività.
Options / Model/Sensitivity	Visualizzare la funzione di sensibilità del modello come sezione a isolinee.
Options / Model / Model quality	Visualizzare la funzione di qualità del modello (sensibilità normalizzata rispetto all'errore di fit del modello).
Options / Model / DOI index	Algoritmo speciale per la stima della profondità di indagine DOI index. Si basa su due cicli di inversione con modelli di riferimento diversi. Il parametro DOI caratterizza l'influenza delle diverse parti del modello sui dati. Valori elevati indicano

	che non si dovrebbe più fare affidamento su quella parte del modello. Valori elevati di DOI nel primo strato del modello indicano che le celle sono troppo piccole rispetto alla risoluzione del dispositivo. L'algoritmo è attivo solo quando è selezionata l'opzione <i>Contour-section</i>. Questa opzione consente di stimare le dimensioni minime degli oggetti a una determinata profondità di cui ci si può fidare. A tale scopo, dopo aver calcolato l'indice, premere il tasto A sulla tastiera.
Options / Model / Sensitivity analysis	Aprire la finestra di analisi della sensibilità (vedere la sezione «Analisi della sensibilità e della risoluzione»).
Options / Model / Resolution analysis	Aprire la finestra di analisi della risoluzione (vedere la sezione «Analisi della sensibilità e della risoluzione»).
Options / Model / Set 1D model	Aprire la finestra di dialogo Start model and constraints per definire un modello iniziale stratificato e i limiti di variazione dei parametri. Disponibile in modalità mesh.
Options / Model / DOI as transparency	Sovrapporre alla sezione geoelettrica un profilo di trasparenza in funzione del parametro DOI. A tale scopo, calcolare prima DOI index, quindi passare a Options / Model / Resistivity e a Options / Model / Smooth-section: nella scheda Model comparirà DOI as transparency.
Options / Model / X:Z=1:1scale	Impostare uguali le scale di visualizzazione orizzontale e verticale del modello.
Options / Model / ModelEditor toolbar	Visualizzare la barra degli strumenti per la modifica della mesh e del modello.
Options / Topography / Topo coefficient	Impostare il coefficiente di deformazione della topografia con la profondità. Se nel progetto è definita la topografia, questo coefficiente determina la rapidità con cui la mesh si appiattisce fino a diventare orizzontale. 0 – ogni nuovo strato mantiene la stessa geometria del primo; 1 – l'ultimo strato della mesh è orizzontale.
Options / Topography / Strike	Imposta la direzione dello strike geoelettrico. In genere è uguale, a quella geologica. Si utilizza se il profilo non è perpendicolare alla direzione di giacitura degli strati. 0 – se il profilo è

	perpendicolare alla direzione di giacitura degli strati.
Options / Topography / KY number	Impostare il numero di frequenze spaziali ky (5–30) utilizzate per la soluzione del problema diretto 2.5D. Un numero maggiore aumenta la precisione e i tempi di calcolo.
Options / Topography / Import topography	Caricare i dati topografici del profilo da un file di testo (due colonne: x e y).
Options / Topography / Remove topography	Eliminare i dati topografici del profilo. Utilizzato a scopo di test.
Options / Topography / Restore topography	Ripristinare i dati topografici precedentemente eliminati, se per qualche motivo sono stati rimossi.
Options / Topography / Edit topography	Modificare i dati topografici del profilo in modalità tabella. È possibile copiare la topografia da una tabella di Excel.
Options / Topography / Graphic editor	Modificare la topografia del profilo nell'editor grafico.
Options / Topography / Smooth topo	Eseguire la media delle quote dei punti di misura adiacenti. Consente di ottenere una topografia più uniforme lungo il profilo.
Options / Topography / Set by mouse	Impostare la topografia del profilo con il mouse. Questa modalità è molto simile all'aggiunta di un limite a priori.
Options / Topography / Splined intermediate	Se l'opzione è attivata, per calcolare le quote dei nodi intermedi si utilizza l'interpolazione spline; altrimenti, si utilizza l'interpolazione lineare. L'opzione è disponibile se il progetto contiene dati topografici.
Options / Topography / Trend removal	Rimuovere il trend lineare della topografia: il profilo viene ruotato di un angolo di inclinazione determinato con il metodo dei minimi quadrati o impostato dall'utente. Non disponibile per dati marini e di pozzo.
Options / Topography / X factor	Moltiplicare tutte le coordinate orizzontali (distanze) del sistema di misura per un coefficiente specificato dall'utente.
Options / Topography / Reverse Line	Invertire il profilo di 180°.
Options / Topography / Shift Line	Spostare il cavo e la topografia di una distanza specificata (m).
Options / Import/Export /	Caricare un file con un grafico (due colonne: X e Y) oppure un

Import model/data	file mod2d per visualizzare il modello in una finestra separata.
Options / Import/Export / Remove model/data	Rimuovere dal progetto il modello/i dati importati.
Options / Import/Export / Model parts / Save selection	Salvare in un file di testo la parte selezionata del modello (modalità mesh).
Options / Import/Export / Model parts / Load selection	Caricare una selezione da un file di testo e inserirla nel modello (modalità mesh).
Options / Import/Export / Model parts / Extract 1d log	Esportare il modello 1D della posizione selezionata in un file di testo.
Options / Import/Export / Model parts / Load 1d log	Importare e integrare un modello 1D nel modello corrente.
Options / Import/Export / Background image	Insieme di opzioni per gestire l'immagine di sfondo.
Options / Import/Export / Background image / Load image	Caricare un'immagine di sfondo nei seguenti formati: bmp, png, sgy, sec. Il formato sec è un formato interno di Zond , che contiene l'immagine e le coordinate degli angoli.
Options / Import/Export / Background image / Remove background	Rimuovere l'immagine di sfondo dal progetto.
Options / Import/Export / Background image / Change sizes	Questa opzione consente di modificare in tempo reale le dimensioni e la posizione dell'immagine di sfondo personalizzata.
Options / Import/Export / Background image / Create shaded map	Utilizzare come immagine di sfondo la mappa delle ombre del rilievo costruita sulla base del modello corrente.
Options / Import/Export / Background image / Save background	Salvare l'immagine di sfondo in un file grafico.
Options / Import/Export / Background image / Apply relief filter	Applicare all'immagine di sfondo il filtro rilievo (ombreggiatura).
Options / Import/Export / Background image / Editor	Aprire l'editor dell'immagine di sfondo.
Options / Import/Export /	Aggiungere rumore durante il salvataggio dei dati del modello.

Save synthetic with noise	Nella finestra Noise settings si impostano Estimated current value, mA , Maximal noise level, mV e l'opzione Apply to IP .
Options / Import/Export / Export to Excel / Model	Salvare il modello corrente in una tabella Excel.
Options / Import/Export / Export to Excel / Data levels	Salvare i dati correnti in una tabella Excel.
Options / Import/Export / Import RAW data / COMx64, POLARES	Importare i dati di misura acquisiti con il sistema Mery/COMx64. Nella finestra Import data si specificano il file del protocollo (Protocol file) e il file dei dati (Data file), la spaziatura minima tra gli elettrodi e i valori minimo e massimo della resistività apparente; nelle schede Currents e Electrodes sono visualizzati le correnti e gli elettrodi; l'elenco Data set consente di selezionare il set di dati.
Options/Import/Export/ Import RAW data / ELECTROTEST	Importare i dati di misura acquisiti con il sistema ELECTROTEST.
Options / Import/Export / Import RAW data / ERAMULTIMAX	Importare i dati di misura acquisiti con il sistema ERA-MULTIMAX.
Options / Import/Export / Load MOD1D/2D and ZondIP1D	MOD1D/2D sono formati interni di Zond . Consentono di scambiare modelli tra programmi o progetti. Il modello importato verrà integrato in quello corrente.
Options / Import/Export / Save MOD1D/2D file	Salvare il modello nel formato MOD1D/2D per poterlo utilizzare in altri programmi di interpretazione Zond
Options / Import/Export / Export model to CAD (DXF)	Esportare il modello (sezione a isolinee in formato vettoriale) in un file DXF (Autocad).
Options / Import/Export / Export model to geosoft	Esportare il modello corrente nel formato del programma geosoft.
Options / Import/Export / Export GR pseudosection	Salvare la pseudosezione in un file di testo XYZ.
Options / Import/Export /	Esportare il modello corrente nel formato sismico del programma seg-y.

Export model to SEG-Y	
Options / Import/Export / Convert to VES (ZondIP1D)	Se i dati di tomografia di resistività elettrica contengono elementi di sondaggi 1D, è possibile selezionarli ed esportarli in un file zlf (zondip1d). Nella finestra Export to ZondIP1d le schede corrispondono alle configurazioni: Schlumberger/Wenner (Replace AB<=>MN), Pole-Dipole (AMN&MNB, AMN&MNB --> AMNB), Dipole-dipole (Sounding point: AB center / AB-MN center, Length AB, ABMN&MNAB), Pole-pole, Streamer (Land / Underwater / Floating). Minimum points – i sondaggi con un numero inferiore di punti vengono esclusi; Window, m – media dei sondaggi nella finestra (0 – nessuna media); Convert – esegue l’esportazione.
Options / Import/Export / Convert to 3D (ZondRes3D)	Convertire un insieme di file 2D (z2d) in un unico file Z3d (zondres3d). I file Z2d devono essere file di testo. Le coordinate XY dell’inizio e della fine della linea si specificano nella tabella 3D fence diagram.
Options / Import/Export / Direct drawing in Surfer	Costruire il modello corrente in Surfer. La costruzione è possibile dalla modalità <i>Contour section</i> . Possono verificarsi problemi se sono installate due versioni di Surfer o se le librerie di interscambio non sono installate.
Options / Cutting / Cutting angle	Insieme di opzioni per ritagliare le parti della sezione verso cui la sensibilità delle misure è bassa. In genere, la forma della sezione risultante dovrebbe essere simile a quella della pseudosezione e l’angolo di ritaglio dipende dal tipo di configurazione elettroica. L’impostazione non è applicabile ai dati tra pozzi (cross-hole).
Options / Cutting / Group cutted of cells	Unire le celle nell’area di ritaglio in strati 1D per l’inversione.
Options / Cutting / No cutting	Non ritagliare la sezione.
Options / Cutting / Cut by angle	Ritagliare i bordi del modello con l’angolo specificato.
Options / Cutting /	Il contorno di ritaglio viene costruito in base al livello di soglia della sensibilità specificato. Il livello di soglia è espresso in

Cut by sensitivity	percentuale della sensibilità massima.
Options / Cutting / User defined	Ritagliare la sezione in base al poligono definito dall'utente nella finestra User defined cutting polygon. È possibile eliminare il poligono o crearlo automaticamente dai dati (pulsante Create from data).
Options / Cutting / Semitransparent	Visualizzare l'area di ritaglio in semitrasparenza invece di nascondere completamente.
Options / Cutting / Extend bottom	Quando è impostata la topografia del profilo e il coefficiente di distorsione della topografia è <1 , l'opzione estende l'ultimo strato del modello fino alla parte inferiore della sezione.
Options / Cutting / Pseudo section bounded	Ritagliare la sezione in base alle coordinate orizzontali minima e massima della pseudosezione.
Options / Cutting / Write points out of cut	Selezionando questa opzione, nel file di testo XYZ viene esportato il modello intero; in caso contrario, viene esportata solo l'area visibile.
Options / Borehole / Create/Edit borehole data	Aggiungere (modificare) i dati di pozzo (colonne litologiche).
Options / Borehole / Load borehole data	Aprire e visualizzare un file con i dati dei log di pozzo e le colonne litologiche, nonché i file in formato mod1d (file di interpretazione monodimensionale).
Options / Borehole / Remove boreholes	Rimuovere dal progetto i dati dei log di pozzo e le colonne litologiche.
Options / Borehole / Set column width	Impostare la larghezza della colonna litologica nella visualizzazione della sezione (in percentuale della lunghezza del profilo).
Options / Extra / Model smooth/raster	Questo strumento consente di lisciare tutto il modello o una sua parte, oppure di raggruppare le celle in blocchi. L'opzione può essere utile per lisciare la parte superiore della sezione, fortemente eterogenea, oppure per l'inversione di tipo «blocks».
Options / Extra / IP units	Selezionare le unità di misura della polarizzazione indotta (IP): percentuale o mV/V (differiscono di un fattore 10).
Options / Extra / IP units / percents, mV / V	Selezione delle unità di misura della IP.

Options / Extra / IP units / Misfit in percents	Visualizzare l'errore di fit della IP in percentuale. Di norma l'errore medio viene visualizzato in percentuale, ma per alcuni tipi di misure (tra pozzi, IP) è più chiaro utilizzare l'errore assoluto.
Options / Extra / IP units / Multiply data	Moltiplicare tutti i dati IP per un fattore specificato (da -100 a 100). Si utilizza, ad esempio, per cambiare il segno o le unità di misura.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model	Impostazioni dell'immagine del potenziale e della sensibilità nella finestra del modello. La misura corrente si seleziona nella tabella data editor.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Potential isolines	Attivare la modalità di visualizzazione delle isolinee del potenziale per la posizione della linea degli elettrodi di corrente. La misura corrente si seleziona nella tabella dell'editor dei dati, che viene visualizzata dopo aver selezionato questa opzione.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Sensitivity isolines	Attivare la modalità di visualizzazione delle isolinee della sensibilità per ogni misura. La misura corrente si seleziona nella tabella dell'editor dei dati, che viene visualizzata dopo aver selezionato questa opzione.
Options / Extra / Potential& sensitivity in model / Sensitivity contours	Attivare la modalità di visualizzazione dei contorni della sensibilità per ogni misura. La misura corrente si seleziona nella tabella dell'editor dei dati, che viene visualizzata dopo aver selezionato questa opzione.
Options / Extra / Display Rho&IP together	Visualizzare le isolinee della caricabilità sopra il modello di resistività oppure, al contrario, le isolinee della resistività sopra il modello di caricabilità.
Options / Extra / Extra isoline color settings	Aprire la finestra di impostazione delle isolinee del secondo parametro dell'opzione precedente.
Options / Extra / Resistivity & IP summary plot	Aprire la finestra con l'immagine dei modelli di resistività e caricabilità.
Options / Extra / Resistivity & MF summary plot	Aprire la finestra con l'immagine dei modelli di resistività e del fattore metallico.
Options / Extra / Monitoring summary	Creare una sezione composita del monitoraggio (valore medio e variazione percentuale) in una finestra separata. Si aprono in una finestra separata due sezioni: 1. La sezione del valore medio del

	parametro. 2. La sezione della variazione percentuale di questo parametro. In questa finestra è inoltre possibile salvare o stampare le sezioni ottenute in formato bmp/png. È inoltre possibile esportare queste sezioni nel programma Surfer.
Options / Extra / Model&Data histograms	Visualizzare il grafico della distribuzione dei parametri apparenti e dei parametri reali del modello.
Options / Extra / Before loading	Per eseguire i comandi elencati di seguito nella sezione del menu Extra, è necessario attivarli prima di aprire il file di dati.
Options/Extra/ Before loading / Open in modeling mode	Aprire il file di dati in modalità di modellazione (i valori osservati non vengono visualizzati).
Options / Extra / Before loading / Include extended nodes	Aggiungere nodi supplementari ai bordi del modello. Può essere utile per le misure tra pozzi.
Options / Extra / Before loading / Round electrodes positions	Questa opzione riduce il numero di posizioni elettrodeiche distinte lungo il profilo. Il programma richiede la distanza minima tra gli elettrodi. Si utilizza in genere quando il cavo degli elettrodi di corrente è separato da quello degli elettrodi di potenziale. Impostare questo parametro con molta cautela (di norma, usando la spaziatura minima), soprattutto se le posizioni degli elettrodi sono specificate nel sistema UTM.
Options / Extra / Before loading / Round for sources(float)	Variante di arrotondamento in cui la griglia delle posizioni viene costruita in base agli elettrodi di corrente (per misure in acqua con cavi galleggianti).
Options / Extra / Before loading / Swap SR	Invertire gli elettrodi di corrente e di potenziale durante il caricamento (A, B ↔ M, N). L'opzione si applica a un solo caricamento, quindi viene disattivata.
Options / Extra / Before loading / Remove duplicates	Se il file di dati contiene misure ripetute, queste vengono eliminate.
Options / Extra / Before loading / Average duplicates	Se il file di dati contiene misure ripetute, queste vengono mediate.
Options / Extra / Array converting	Contiene opzioni per convertire le configurazioni a tre elettrodi in configurazioni a quattro elettrodi e per lavorare con

	l'«infinito».
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNB	Ricalcolare i dati delle configurazioni dirette e reciproche a tre elettrodi come dati di una configurazione a quattro elettrodi, ovvero la configurazione Schlumberger, se possibile.
Options / Extra / Array converting / Convert AMN&MNB → AMNA	Convertire le configurazioni reciproche a tre elettrodi in una configurazione anomala simmetrica AMNA, se possibile. Questa configurazione appartiene alla classe delle configurazioni per il metodo delle anomalie pure ed è priva dell'influenza del mezzo ospite orizzontalmente stratificato. È molto sensibile agli oggetti locali, soprattutto a quelli superficiali, presenta cambi di segno e non consente di calcolare la resistività apparente. L'inversione di questi dati va utilizzata come raffinamento, sulla base di modelli iniziali ottenuti con configurazioni tradizionali, per migliorare la risoluzione degli oggetti locali.
Options / Extra / Array converting / Calculate true app.res	Ricalcolare la resistività apparente utilizzando fattori geometrici calcolati numericamente, che tengono conto della topografia e, nelle misure in acqua, dello strato d'acqua. Disponibile in modalità mesh quando si interpretano dati di resistività.
Options / Extra / Array converting / Remote electrodes to infinite	Se le misure sono state effettuate con elettrodi «all'infinito» di cui sono specificate le coordinate, dopo aver applicato questa opzione questo elettrodo viene considerato idealmente infinito.
Options / Extra / Array converting / Edit remote electrodes position	Questa opzione consente di modificare le coordinate degli elettrodi «all'infinito».
Options / Extra / Remove data with big misfit	Aprire la finestra Data misfits con gli errori di fit delle misure (schede Scatter plot, Distribution, Cross-plot). Impostare una soglia per l'errore di fit oppure selezionare i punti; il pulsante Apply&exit elimina le misure selezionate e riporta alla modalità di inversione. L'inversione preliminare al filtraggio va eseguita con l'opzione robust reweighting scheme attivata.
Options / Extra / Remove empty records	Eliminare i record privi di valori misurati.
Options / Extra / Set user weights	Aprire la finestra Set weights per assegnare i pesi alle misure sul grafico.

Options / Extra / Copy calculated to measured	Sostituire tutti i valori osservati con quelli calcolati per il modello corrente; i pesi delle misure vengono impostati a 1. Si utilizza per generare dati sintetici.
Options / Extra / Display on electrode	Selezionare le etichette degli elettrodi: Nothing – nessuna etichetta, Index – numero dell’elettrodo, Distance – coordinata, RMS – errore relativo di fit per ogni elettrodo.
Options / Extra / EM coupling removal	Se le misure sono state effettuate in modalità ad alta frequenza (di norma 10-20kHz per i sistemi senza contatto), è possibile riportare i dati alla frequenza zero utilizzando questa opzione.
Options / Graphics / Observed graphics	Aprire la finestra di configurazione dei parametri dei grafici dei dati osservati.
Options / Graphics / Calculated graphics	Aprire la finestra di configurazione dei parametri dei grafici dei dati calcolati.
Options / Graphics / Smooth contours	Levigare i contorni del modello nella modalità di visualizzazione corrispondente (<i>Contour section</i>).
Options / Graphics / Smoothness degree	Grado di levigatezza della sezione (1–30). Più alto è il parametro di smoothing, più liscia è la sezione.
Options / Graphics / Set user isolines	Impostare i valori personalizzati delle isolinee. Disponibile per la sezione a contorni della resistività.
Options / Graphics / Blocky contours	Metodo alternativo per creare una sezione a contorni. Produce una struttura più blocchettata. È più lento rispetto al metodo standard.
Options / Graphics / Copy pseudo colors to model	Copiare le impostazioni della scala dei colori dalla pseudosezione al modello D.
Options / Graphics / High quality isolines	Disegnare isolinee smussate in alta qualità. A causa della bassa velocità, si consiglia di utilizzare questa opzione nella fase finale della produzione della grafica.
Options / Graphics / Bitmap out put settings	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri dell’immagine grafica durante l’esportazione.
Options / Graphics / Axis behind	Disegnare le griglie degli assi prima o dopo l’immagine della sezione.
Options / MT data / Load MT data	Caricare i dati MT. Entrambi i formati di testo m2d (zondmt2d) e mdm (zondmt1d) possono essere importati per eseguire

	un'inversione congiunta. Le coordinate delle stazioni (distanze, km) devono essere nello stesso sistema di coordinate del modello corrente.
Options / MT data / Invert MT data	Includere i dati MT nell'inversione congiunta con i dati del metodo della resistività.
Options / MT data / Components	Selezionare i componenti del campo magnetotellurico (TM, TE, tipper o impedenza effettiva) da includere nell'inversione.
Options / MT data / Components / TM inversion	Selezionare la modalità TM per l'inversione congiunta.
Options / MT data / Components / TE inversion	Selezionare la modalità TE per l'inversione congiunta
Options / MT data / Components / Tipper inversion	Selezionare il tipper per l'inversione congiunta
Options / MT data / Components / Eff inversion	Selezionare l'impedenza effettiva per l'inversione congiunta. Disponibile se sono state caricate entrambe le modalità, TE e TM.
Options / MT data / Show MT plot	Mostrare la finestra con i dati MT.
Options / MT data / With static shift	Correzione automatica degli shift galvanici dei dati MT durante l'inversione. Il programma modella lo shift galvanico come un addendo al logaritmo del valore. Si imposta il valore massimo assoluto dello shift in base alla distribuzione effettiva dei dati. Si consiglia di attivare la stima degli shift galvanici dopo 3-4 iterazioni dell'inversione senza correzione degli shift galvanici.
Options / MT data / Set weight of MT	Impostare il peso dei dati MT. Il peso consente di aumentare o diminuire l'errore di fit relativo del metodo.
Options / MT data / Eff / Berd impedance	Selezionare la definizione dell'impedenza effettiva: se l'opzione è attivata, viene utilizzata la formulazione di Berdichevsky; in caso contrario, si utilizza la media geometrica.
Options / Seismic data / Load SRT data	Per importare i dati, si utilizza un semplice file di testo con tre colonne, intestate come segue: «sx» – coordinata della sorgente (metri), «rx» – coordinata del ricevitore (metri), «fb» – primo arrivo (millisecondi). Le coordinate (distanze, m) devono essere

	nello stesso sistema di coordinate del modello corrente.
Options / Seismic data / Show SRT plot	Mostrare la finestra con i dati sismici.
Options / Seismic data / Invert SRT data	Includere i dati sismici nell'inversione congiunta per la modalità a strati arbitrari.
Options / Seismic data / Set weight of SRT	Impostare un peso globale per tutti i dati sismici nell'inversione congiunta. Il peso consente di diminuire o aumentare l'errore di fit relativo del metodo.
Options / MASW data / Load MASW data	Caricare i dati MASW (onde superficiali) da un file *.msw.
Options / MASW data / Show MASW plot	Mostrare la finestra con i dati MASW.
Options / MASW data / Invert MASW data	Includere i dati MASW nell'inversione congiunta. Se attivata, l'inversione dei dati SRT viene disabilitata.
Options / MASW data / Set weight of MASW	Impostare un peso globale per i dati MASW nell'inversione congiunta.
Options / MASW data / MASW cone	Impostare la larghezza dell'area di influenza del punto MASW verso l'alto e verso il basso.
Options / MASW data / PR&Rho	Impostare il coefficiente di Poisson (0.01–0.45) e la densità (0.3–4), utilizzati nel calcolo MASW.
Options / GraviMagnetic / Load new data	Caricare dati gravimagnetici da un file di testo (a più colonne). Le intestazioni delle colonne si inseriscono nella prima riga della tabella. I dati devono essere nello stesso sistema di coordinate (distanze) del modello corrente.
Options / GraviMagnetic / Add new data	Aggiungere i dati gravimagnetici al progetto.
Options / GraviMagnetic / Save data	Salvare i dati osservati e calcolati in un file di testo.
Options / GraviMagnetic / Field setting	Impostazioni dei parametri dei campi gravitazionale e magnetico.
Options / GraviMagnetic / Substract median grav	Sottrarre la mediana dalle osservazioni gravimetriche per ottenere il campo anomalo.
Options / GraviMagnetic / Substract median mag	Sottrarre la mediana dalle osservazioni magnetiche per ottenere il campo anomalo.

Options / GraviMagnetic / Inversion	Invertire i dati gravimetrici e magnetici in modalità poligonale.
Options / GraviMagnetic / Invert gravity	Imposta se invertire i dati gravimetrici nella modalità a modello a strati arbitrari.
Options / GraviMagnetic / Invert magnetic	Imposta se invertire i dati magnetici nella modalità a modello a strati arbitrari.
Options / GraviMagnetic / Set weight of gravity	Impostare un peso globale per tutti i dati gravimetrici nell'inversione congiunta. Il peso consente di diminuire o aumentare l'errore di fit relativo del metodo.
Options / GraviMagnetic / Set weight of magnetic	Impostare un peso globale per tutti i dati magnetici nell'inversione congiunta. Il peso consente di diminuire o aumentare l'errore di fit relativo del metodo.
Options / GraviMagnetic / Display GM window	Mostrare la finestra con i dati gravitazionali e magnetici e il modello (in modalità cross-gradient).
Script	
Questa opzione è necessaria per l'elaborazione batch di più file. Si registra e si elabora prima un file, poi si interrompe la registrazione e si applica lo script a tutti gli altri file.	
Script / Start recording script	Avviare la registrazione dello script. È necessario premere questo comando prima di aprire un nuovo file.
Script / Stop recording script	Terminare la registrazione dello script dopo l'elaborazione.
Script / Run packet processing	Selezionare l'elenco dei file a cui applicare lo script registrato per l'elaborazione batch.
Script / Save script file	Salvare lo script corrente in un file di testo.
Script / Load script file	Caricare uno script da un file.
Script / Preset / stable 1	Script predefinito. Strategia iterativa per ottenere risultati stabili, anche con dati di qualità molto bassa. Nel primo ciclo si utilizzano celle di inversione grandi; in ogni ciclo successivo si

	utilizza il modello ottenuto nel ciclo precedente (dopo lo smoothing) e si riduce la dimensione delle celle. Disponibile nella modalità mesh.
Script / Preset / PC-suppress	Script predefinito per sopprimere gli effetti P/C nei dati osservati: inversione con due strati superficiali (uno per i dati di pozzo), seguita dallo smoothing del modello. Si consiglia di utilizzarlo solo se i dati sono fortemente distorti. Disponibile nella modalità mesh.
Buffer	
Buffer	Il buffer consente di memorizzare fino a cinque modelli ottenuti con metodi diversi. È possibile confrontarli in una finestra dedicata; ciò può essere utile per confrontare i risultati dell'inversione ottenuti con impostazioni diverse.
Buffer / Model 1 ... Model 5	Salvare o caricare un modello nel/dal buffer
Buffer / Open	Mostrare una finestra con tutti i modelli presenti nel buffer. Può essere utile per confrontare i risultati dell'inversione ottenuti con impostazioni diverse
Help	
Help / About	Informazioni sul programma.
Help / Manual	Aprire il manuale del programma.
Help / Server	Selezione del server per verificare la disponibilità di aggiornamenti: zond-geo.com, zond-geo.co, kaminae.narod.ru.
Help / Error!!!Clear settings	Ripristinare tutte le impostazioni iniziali, che saranno applicate al successivo riavvio.
Help / Check for updates	Verificare la disponibilità di aggiornamenti.
Help / Map type	Tipo di immagine di sfondo cartografica: Sat1, Sat2, Sat3 (immagini satellitari), Streets (strade), Topo (topografica).
Help / Show news	Mostrare le notizie.
Help / Send message to us	Inviare un messaggio allo sviluppatore. I messaggi vengono trasmessi correttamente solo in caratteri latini. È quindi necessario usare la traslitterazione.

Quando si passa alla finestra «modello a strati arbitrari» (pulsante  della barra degli strumenti di accesso rapido della finestra principale del programma), diventano inoltre disponibili le seguenti opzioni di menu:

Layered / Model constructor	Aprire il costruttore di modelli a strati arbitrari.
Layered / Save to mesh	Incorporare il modello a strati arbitrari nel modello a mesh.
Layered / Load from mesh	Usare come parametri degli strati la media di tutte le celle appartenenti a ciascuno strato.
Layered / Set boundaries as apriori	Trasferire i limiti del modello a strati nei limiti a priori (Set boundaries), che vengono considerati nell'inversione del modello a mesh.
Layered / Layers2pols	Creare un modello poligonale a partire da quello a strati: i limiti degli strati diventano i limiti dei poligoni e i parametri dei poligoni sono pari ai valori medi dei parametri degli strati.
Layered / Invert Rho&IP	Inversione congiunta dei dati di resistività e IP con una geometria degli strati comune.
Layered / Invert boundaries	Adattare la geometria dei limiti durante l'inversione. Talvolta è necessario adattare solo i parametri (i limiti sono noti e fissati).
Layered / Draw labels	Visualizzare i valori della proprietà fisica nel nodo del parametro. La selezione del parametro da visualizzare viene effettuata nel costruttore.
Layered / Transparent	Non colorare gli strati. Consente di vedere l'immagine di sfondo con i risultati dell'inversione in modalità mesh e di definire un modello iniziale ottimale.
Layered / Edit mode	Attivare la modalità di modifica del mezzo a strati arbitrari. La modifica avviene con il mouse. I limiti si trascinano verticalmente; facendo clic sull'etichetta dello strato è possibile modificarne il valore del parametro.
Layered / Save layers	Salvare il modello a strati in un file di testo.
Layered / Load layers	Caricare un modello a strati da un file di testo.

Inoltre, passando alla modalità «modello a strati arbitrari», nella scheda delle opzioni è possibile utilizzare il metodo TEM e il sondaggio in frequenza.

Options / TDEM data / Load TDEM data	Per importare i dati si utilizzano i formati testuali TDF (<i>zondtem1d</i>) e USF (<i>universal sounding format</i>). Le coordinate (distanze, m) devono essere nello stesso sistema della modello corrente. L'inversione congiunta è supportata solo nella modalità «modello a strati arbitrari».
Options / TDEM data / Show TDEM data	Mostrare la finestra con i dati TEM o di sondaggio in frequenza.
Options / TDEM data / Invert TDEM data	Includere i dati TEM o di sondaggio in frequenza nell'inversione congiunta per un mezzo a strati arbitrari.
Options / TDEM data / TDEM cone	Aprire la finestra Sounding cone – larghezza della zona d'influenza del sondaggio in alto e in basso (in percentuale o in metri). Disponibile nella modalità modello a mesh.
Options / TDEM data / Set weight of TDEM	Imposta il peso complessivo di tutti i dati TEM/di sondaggio in frequenza per l'inversione congiunta. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.
Options / TDEM data / Data factor	Fattore moltiplicativo per i dati TEM/di sondaggio in frequenza (0.001–1000).

Quando si passa alla finestra di modellazione poligonale (pulsante  della barra degli strumenti della finestra principale del programma), diventano disponibili le seguenti opzioni di menu aggiuntive:

Modeling / Background image	Immagine di sfondo in modalità di modellazione poligonale: Load background – caricare, Show background – mostrare o nascondere, Remove background – rimuovere.
Modeling / Get values from mesh	Assegnare automaticamente i valori dei parametri ai poligoni. Il valore corrisponde alla media dei valori di tutte le celle del modello contenute nel poligono.
Modeling / Set values to mesh	Incorporare il modello poligonale nel modello a mesh.
Modeling / Save polygons	Salvare i poligoni in un file di testo.
Modeling / Load polygons	Caricare i poligoni da un file di testo.

Modeling / Remove all polygons	Eliminare i poligoni definiti dall'utente.
Modeling / Display color scale	Mostrare la scala dei colori accanto alla sezione.
Modeling / Colors from color scale	Assegnare i colori ai poligoni in base alla scala dei colori.

Inoltre, passando alla modalità di modellazione poligonale , nella scheda delle opzioni è possibile utilizzare il metodo del potenziale spontaneo (SP).

Options / Self potential / Load SP data	Caricare i dati SP. Per importare i dati si utilizza un semplice file di testo contenente quattro colonne: 1) punto di misura (metri), 2) posizione dell'elettrodo M (metri), 3) posizione dell'elettrodo N (metri), 4) valore osservato della differenza di potenziale. Le coordinate (distanze) devono essere nello stesso sistema della modello corrente. Il punto di misura è il punto medio tra M e N per il rilievo con configurazione a gradiente, oppure la coordinata dell'elettrodo mobile per il rilievo del potenziale.
Options / Self potential / Remove SP data	Eliminare i dati SP dal progetto.
Options / Self potential / Get SP from ERT	Estrarre i dati SP dai dati di tomografia di resistività elettrica. Spesso il file dei risultati della tomografia di resistività elettrica contiene già i valori SP.
Options / Self potential / Export to ZondSP2d	Esportare le osservazioni del metodo del potenziale spontaneo in un file di testo nel formato del programma ZondSp2d. Oltre ai dati, viene esportato il modello di resistività corrente nel formato MOD2D.
Options / Self potential / Redox factor vs Z	Definire l'andamento del potenziale del fattore determinante in funzione della profondità.
Options / Self potential / Use polygons resistivity	Se questa opzione è attivata, nel calcolo SP vengono utilizzati i valori di resistività dei poligoni; altrimenti vengono utilizzati quelli del modello a mesh.
Options / Self potential / Invert redox factor	Adattare la funzione di distribuzione delle sorgenti SP in funzione della profondità. La distribuzione dipende solo dalla coordinata Z.

	Per ogni poligono deve essere impostato il tipo di conducibilità. Il tipo di conducibilità (elettronica o ionica) si imposta nella finestra richiamata Body parameters(facendo doppio clic sul poligono). Se la casella è selezionata, è impostata la conducibilità elettronica; altrimenti, quella ionica.
Options / Self potential / Invert volume sources	Determinare la distribuzione volumetrica delle sorgenti all'interno di un poligono specificato dall'utente.
Options / Self potential / Remove volume sources	Eliminare la distribuzione volumetrica delle sorgenti.
Options / Self potential / Display SP window	Mostrare la finestra con i dati del metodo SP.

Barra di stato

La barra di stato si trova nella parte inferiore della finestra di lavoro del programma ed è suddivisa in più sezioni, che contengono informazioni diverse:

- Coordinate del cursore e della cella attiva.
- Parametri della cella attiva.
- Modalità di funzionamento dell'editor del modello.
- Indicatore di processo.
- Errore di fit relativo.
- Informazioni aggiuntive. Ad esempio, il numero di misure e di celle del modello oppure lo stato del processo durante l'inversione

Tasti di scelta rapida

Tasti cursore /cursore nell'editor del modello	Modifica della cella attiva del modello.
Delete/cursore nell'editor del modello	Ripristinare il parametro della cella al valore iniziale assegnato al semispazio.
Insert / cursore nell'editor del modello	Assegnare alla cella attiva il valore corrente.
F / cursore nell'editor del modello	Bloccare il valore della cella attiva.
X / cursore nell'editor del modello	Utilizzare lo strumento che seleziona le celle con valori simili.

V / cursore nell'editor del modello	Eliminare la selezione.
Ctrl+C / cursore nell'editor del modello	Tenendo premuti i tasti, spostare con il mouse l'area selezionata.
Su/giù / cursore sulla scala dei colori	Modificare il valore corrente.
Z / cursore nell'editor del modello	Impostare come corrente il valore della cella attiva.
S / cursore nell'editor del modello	Selezionare la cella attiva o annullarne la selezione.
A (tenere premuto) / cursore nell'editor del modello	Mostrare un cerchio che indica la dimensione dell'area di risoluzione nel punto in cui si trova il cursore. Disponibile dopo il calcolo dell'indice DOI.
Space	Calcolare il problema diretto.

Filtro dei dati

La finestra **Data filter** viene visualizzata all'apertura di un file di dati se è attivata l'opzione **File / Show data filter**. Nei campi della finestra di dialogo si impostano gli intervalli di valori ammessi: coordinate degli elettrodi (**Min/Max X, Y, Z**), spaziatura (**Min/Max spc**), resistività apparente (**Min/Max app.res**), caricabilità apparente (**Min/Max app.pol**), corrente minima (**Min current**), errore massimo (**Max error**) e peso minimo IP (**Min IP weight**). Le misure al di fuori degli intervalli impostati non vengono caricate. L'opzione **Remove empty records** elimina i record privi di valori misurati. Il pulsante **Apply** applica il filtro.

Pannello degli elementi

Il pannello **Element's toolbox (Options / Elements toolbox)** consente di aggiungere elementi grafici a una sezione del modello, a una pseudosezione o a un modello poligonale: poligoni, linee e testi. Il tipo di nuovo elemento si seleziona facendo clic con il pulsante destro del mouse sul pulsante di aggiunta. Il pannello contiene pulsanti per modificare la geometria dell'elemento, eliminare l'elemento attivo o tutti gli elementi, mostrarli o nasconderli, un elenco di elementi, un campo di testo e le impostazioni di linea e riempimento.

Analisi della sensibilità e della risoluzione

La finestra **Model resolution** viene visualizzata selezionando le voci **Options / Model / Sensitivity analysis** e **Options / Model / Resolution analysis**. La finestra è suddivisa in tre parti: il

modello corrente, la sensibilità integrale (o la risoluzione) e la sensibilità individuale (o la risoluzione) della cella selezionata facendo clic sul modello. I risultati possono essere salvati in un file tramite il pulsante sulla barra degli strumenti della finestra.

Progetto areale

Il pulsante **Create areal project** della barra degli strumenti apre la finestra **Area** per lavorare con più profili in un unico progetto. Alla creazione del progetto si specificano il nome del progetto (la relativa cartella viene creata accanto al programma) e il nome della prima linea, per la quale viene utilizzato il file di dati corrente. Si aggiungono nuove linee aprendo file di dati. La finestra mostra una tabella delle linee e la loro posizione in pianta; la linea attiva si seleziona facendo clic nella tabella o sulla pianta. Quando si passa da una linea all'altra, la linea corrente e il relativo modello vengono salvati. Facendo clic nella tabella tenendo premuto Ctrl si apre la finestra **Line coordinates** per impostare le coordinate iniziali e finali della linea (**X0, Y0, X1, Y1**; l'opzione **LonLat->UTM** converte le coordinate geografiche in UTM). La barra della finestra contiene inoltre pulsanti per eliminare una linea, caricare una carta topografica ed eseguire in sequenza l'inversione di tutte le linee a partire da quella attiva.

Creazione di un sistema sintetico di misure

Il sistema di osservazione (misure) può essere definito in due modi: selezionandolo direttamente nel programma oppure caricandolo da un file di dati (misure) creato in precedenza. È opportuno notare che il metodo «**Creazione di un sistema di misure in ZondRes2D**» consente di eseguire in modo efficiente la modellazione per dispositivi con spaziatura costante tra gli elettrodi, ovvero per cavi con spaziatura costante. Per eseguire la modellazione utilizzando sistemi di osservazione arbitrari, consultare la sezione del manuale «**Caricamento di un sistema di misure da un file di dati**».

Creazione di un sistema di misure in superficie in ZondRes2D

Per accedere alla finestra di dialogo contenente le impostazioni per la selezione dei parametri del sistema di misure per tomografia di resistività elettrica, si può utilizzare la voce del menu principale del programma: **File / Create synthetic survey**.

Con la scheda **Settings** è possibile creare una configurazione di misurazione utilizzando una qualsiasi delle configurazioni più comuni.

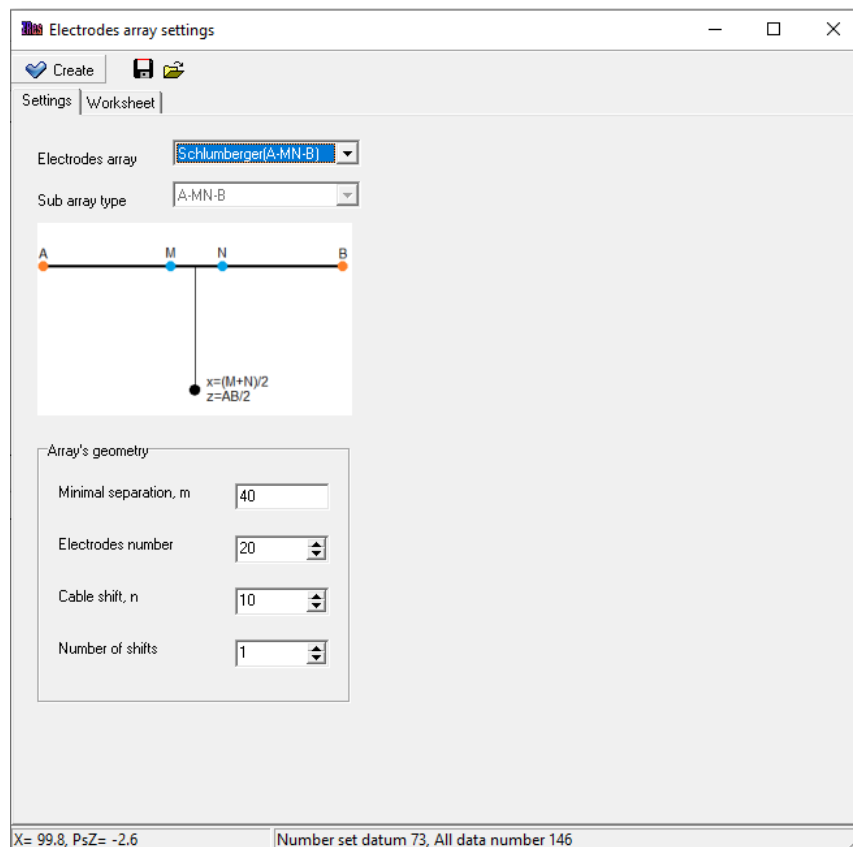


Fig. 2 Finestra di dialogo «Electrodes array settings», scheda «Settings»: selezione del tipo e delle principali caratteristiche della geometria della configurazione

Nella parte superiore della scheda è possibile selezionare il tipo di configurazione dall'elenco a discesa **Electrodes array**: bipolare (Pole-Pole, A-M), tripolare (Pole-Dipole, A-MN), dipolare (Dipole-Dipole, AB-MN), Wenner (Wenner, A-M-N-B), Schlumberger (Schlumberger, A-MN-B) e gradiente (Gradient, A-MN-B). Nella parte centrale della scheda **Settings** viene visualizzato il disegno corrispondente alla configurazione:

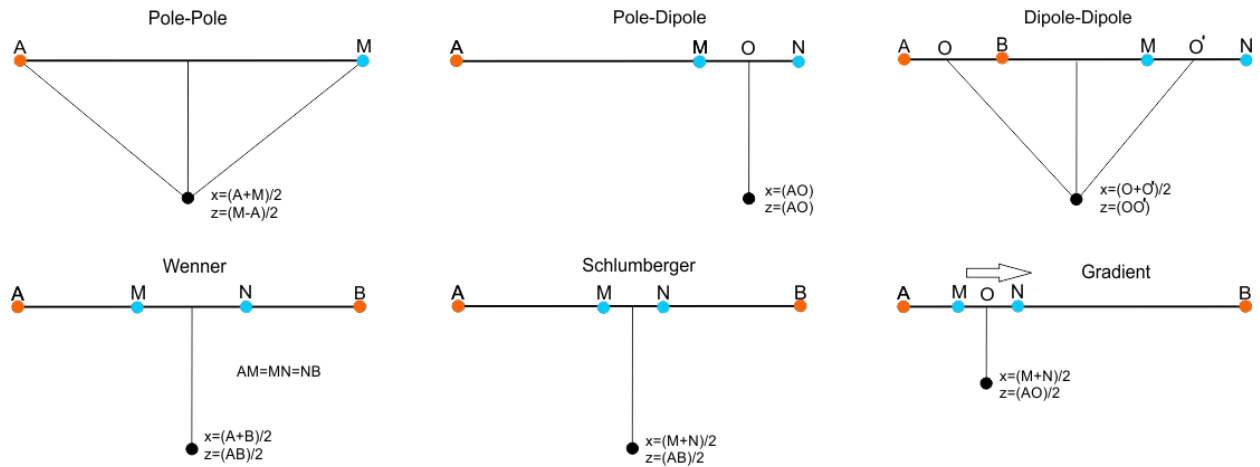


Fig. 3 Tipi delle configurazioni più comuni

L'elenco a discesa **Sub array type** consente di selezionare il sottotipo della configurazione definita sopra (ordine di disposizione degli elettrodi). Ad esempio, per una configurazione tripolare si può scegliere la configurazione diretta (Forward, A-MN), inversa (Reverse, MN-A) oppure la loro combinazione (A-MN&MN-A).

Nella parte inferiore della scheda **Settings** si trovano le impostazioni **Array's geometry**, che definiscono i principali parametri geometrici della configurazione di misurazione da creare:

Minimal separation, m - distanza minima tra gli elettrodi, in metri;

Electrodes number - numero di elettrodi in una singola disposizione (cavo);

Cables shift, n – valore dello spostamento tra disposizioni adiacenti, espresso in unità della distanza tra elettrodi («**Minimal separation, m**»);

Number of shifts – numero di spostamenti della disposizione (cavo) lungo il profilo. Se in questo campo si seleziona 0, viene visualizzata una sola disposizione del cavo.

La scheda **worksheet** (vedere la figura seguente) consente di configurare più dettagliatamente la geometria del sistema di acquisizione.

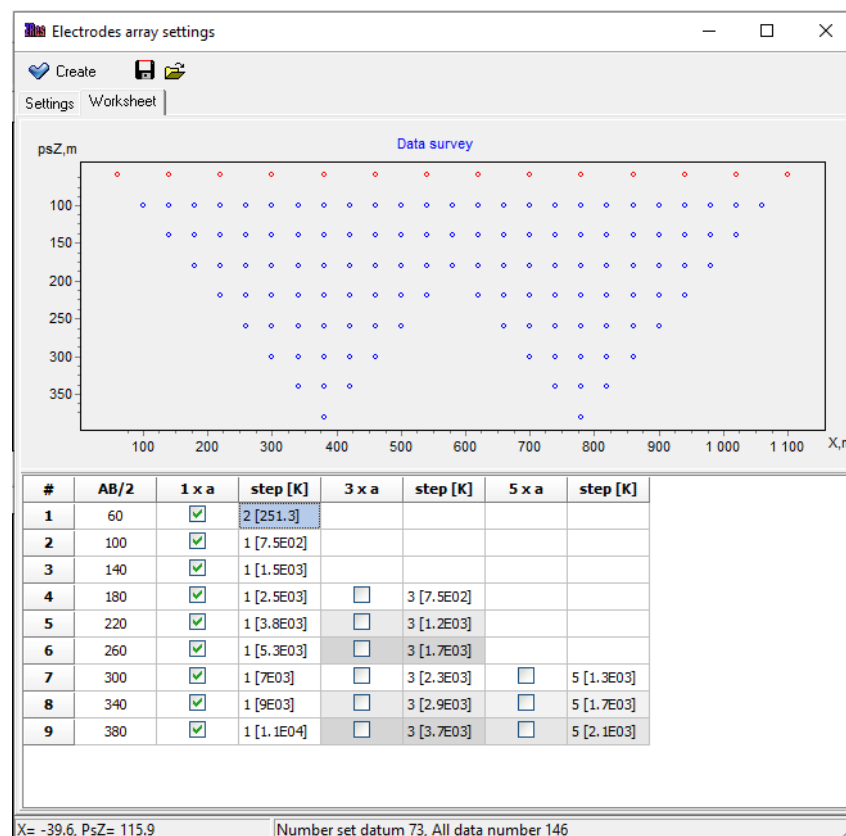


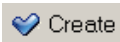
Fig. 4 Finestra di dialogo «Electrodes array setting», scheda «Worksheet»: ulteriori caratteristiche della geometria

Nella parte superiore della scheda **Worksheet** si trova la finestra **Data survey**, che contiene una rappresentazione grafica della configurazione di misurazione creata. Nella finestra **Data survey** i punti di acquisizione sono rappresentati schematicamente da cerchi. L'asse orizzontale mostra la distanza lungo il profilo in metri, mentre quello verticale mostra la spaziatura della configurazione in metri. Passando il cursore su un punto di acquisizione, è possibile visualizzare i numeri degli elettrodi corrispondenti. Ad esempio, **C1C4P2P3** per la configurazione **Schlumberger(A-MN-B)** significa che per questo punto di acquisizione vengono utilizzati gli elettrodi di corrente (Current) **1** e **4**, mentre gli elettrodi **2** e **3** sono utilizzati come elettrodi di potenziale (Potential).

Nella parte inferiore della scheda **Worksheet** si trova una tabella. La prima colonna contiene tutti i possibili valori di spaziatura in metri (**AO**, **OO**, **AB/2** o **AM/2** a seconda del tipo di configurazione selezionato). Per includere una determinata spaziatura nel sistema di misurazione, utilizzare la colonna «**M**» per la configurazione **Pole-pole(A-M)**. Per le altre configurazioni, l'inclusione della spaziatura è determinata dalla colonna «**n x a**» (in), dove **n** è un numero dispari, ad esempio «**1 x a**» o «**5 x a**». Il valore «**n x a**» rappresenta la lunghezza della linea di potenziale, dove «**a**» corrisponde a «**Minimal separation, m**», cioè alla distanza minima tra gli elettrodi del cavo. Ogni colonna «**step[K]**» successiva alla colonna «**n x a**» («**M**») definisce la frequenza (densità) delle misurazioni per la specifica spaziatura. Il valore di **step** può essere impostato manualmente per ogni spaziatura e

determina la frequenza (densità) delle misurazioni; il valore **[K]** (fattore geometrico della configurazione) viene calcolato automaticamente. Ad esempio, se nella colonna «**step[K]**» si imposta il valore 3 nella prima riga (prima spaziatura), le misurazioni vengono eseguite in un punto possibile ogni tre. Nella parte superiore della finestra **Data survey** rimane quindi visualizzato un punto di acquisizione ogni tre.

La configurazione di misurazione può essere salvata nei formati Syscal sequence (*.txt), ABEM sequence (*.xml), MAE sequence (*.sem), MAE sequence1, Multimax sequence (*.txt), AGI sequence (*.cmd), MAE instrument (*.sem) e Pasi sequence (*.gpd) mediante il pulsante  nell'angolo superiore sinistro della finestra di dialogo. Il pulsante **Load sequence** carica un protocollo esistente (Syscal *.txt, *.swi; MAE *.sem, *.semc) e crea un sistema di misurazione a partire da esso. Facendo clic con il tasto destro del mouse nella finestra **Data survey** si apre il menu **Filling by max coeff / Filling by max coeff [full]** – completamento del sistema di misurazione fino al coefficiente geometrico massimo specificato (10–10000, valore predefinito 2000).

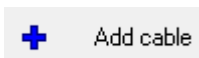
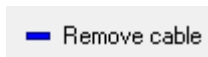
Dopo aver configurato i parametri dell'apparato di misura e aver premuto il pulsante  viene visualizzata la finestra di dialogo per configurare i parametri della mesh **Mesh constructor**. Nei campi **Start resistivity** (e **Start polarizability**) è possibile impostare la resistività elettrica (e la caricabilità) delle rocce incassanti. Dopo aver premuto il pulsante **Apply**, sulla barra degli strumenti della finestra principale del programma si attivano i pulsanti funzione per lavorare con i dati e nella sezione destra della barra di stato vengono visualizzate brevi informazioni sui dati e sul modello (numero di punti di misura e celle del modello 2D).

È possibile cambiare il sistema di misura mantenendo invariato il modello tramite l'opzione del menu principale del programma **File / Change electrodes array**, che riapre la finestra di dialogo per la creazione del sistema di misura.

Creazione di un sistema di misura tra pozzi in ZondRes2D

Per passare alla finestra di dialogo che contiene le impostazioni per la scelta dei parametri del sistema di misura tra pozzi, è possibile utilizzare l'opzione del menu principale del programma: **File / Create CBH survey**.

Nella scheda **Cables setup** (vedere la figura seguente) è possibile definire con il mouse la geometria del cavo sul piano XZ.

Aggiungere un cavo con il pulsante , specificando il numero di elettrodi e la spaziatura tra di essi in metri. Per eliminare un cavo, utilizzare il pulsante .

Dall'elenco a discesa **Cable#** è possibile selezionare il cavo (o la coppia di cavi) su cui si sta lavorando.

Il clic destro termina la creazione del cavo sul piano.

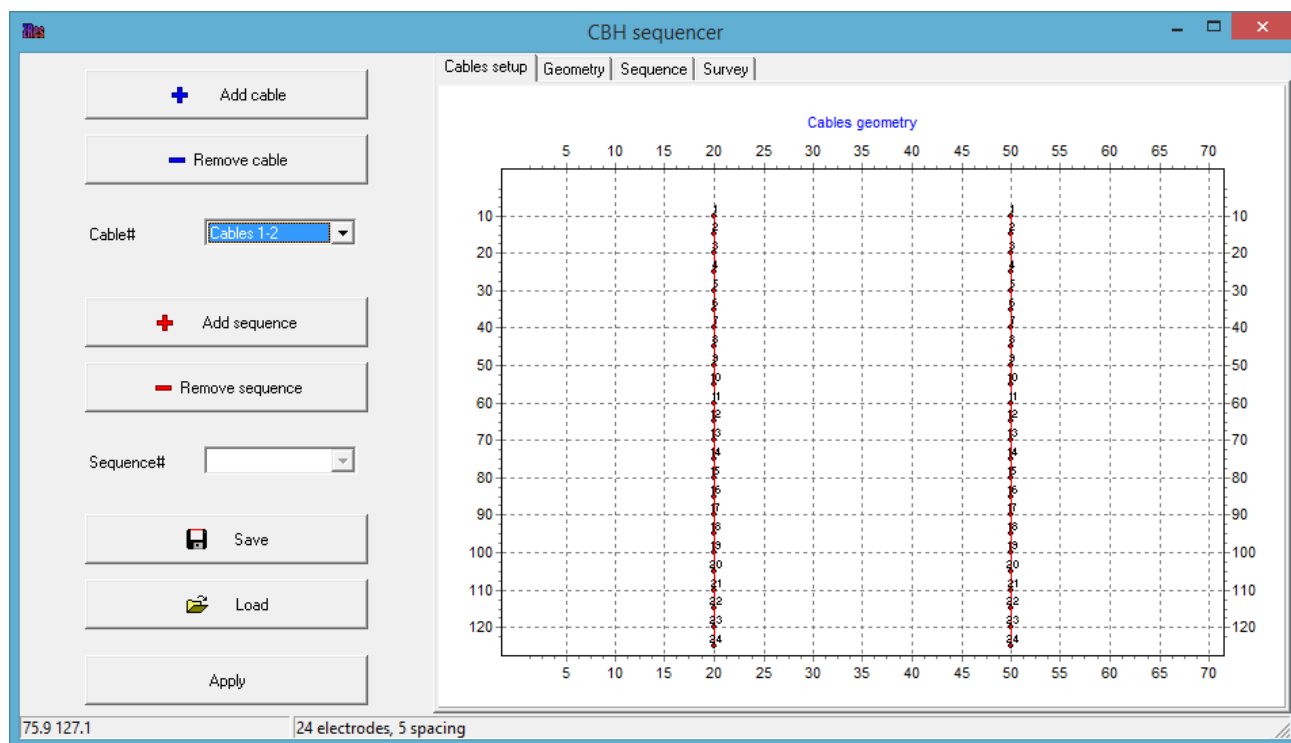


Fig. 5 Finestra di dialogo «CBH Sequencer», scheda «Cables setup»

Nella scheda **Geometry** (vedere la figura seguente) è possibile modificare la geometria degli elettrodi nella tabella.

La colonna Ind consente di specificare un indice intero per ciascun elettrodo.

Selezionando la casella nella colonna rmt, l'elettrodo viene considerato «remoto all'infinito».

La casella di controllo nella colonna skip esclude l'elettrodo dal cavo durante la creazione del protocollo.

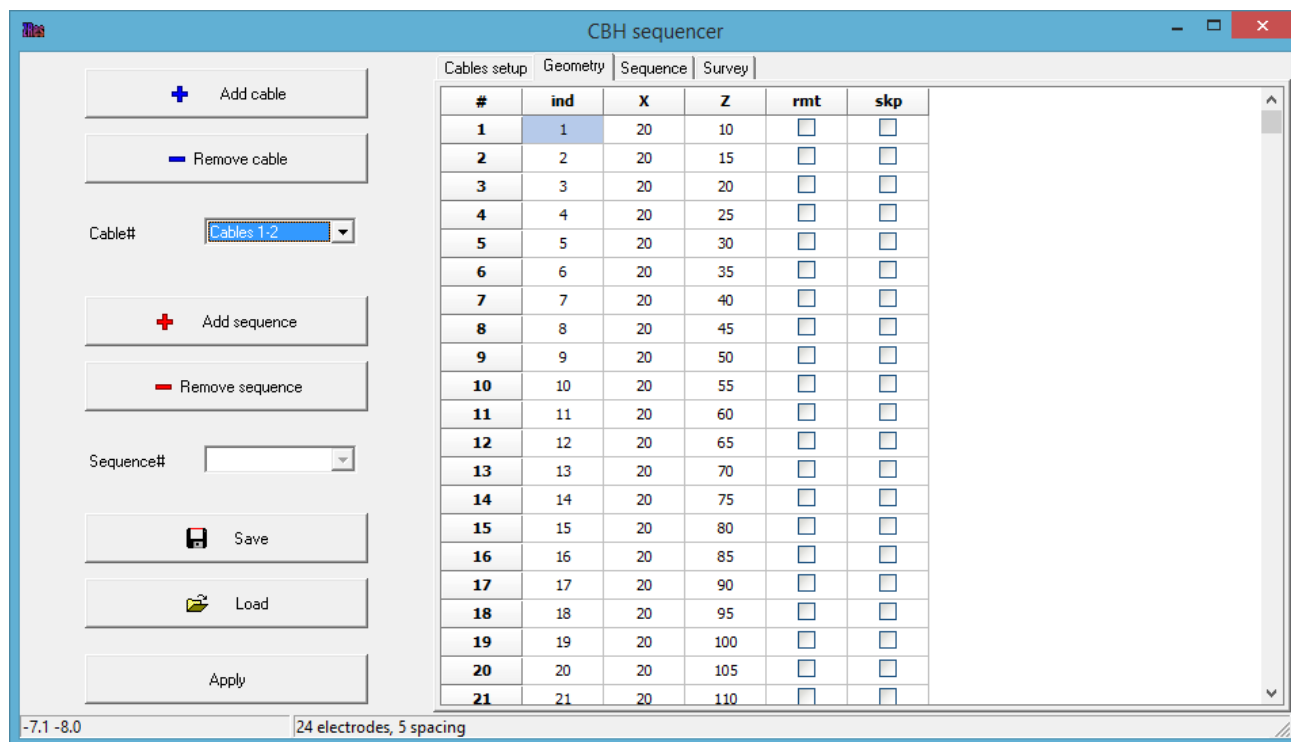


Fig. 6 Finestra di dialogo «CBH Sequencer», scheda «Geometry»

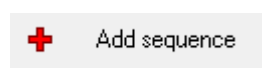
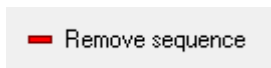
La scheda **Sequence** (vedere la figura seguente) serve a creare il protocollo di acquisizione. L'elenco a discesa **Array** consente di selezionare il tipo di configurazione: Pole-Pole, Pole-dipole, Dipole-dipole, Bipole-bipole. L'elenco a discesa **Geometry** consente di selezionare l'orientamento dei dipoli: Inline, Parallel, Arbitrary.

Nel campo **Filter** si impostano il coefficiente geometrico massimo (**MaxK**), la lunghezza minima e massima del dipolo (**MinDIP** e **MaxDIP**) e il controllo dei valori instabili (**Unstable test**). Si definiscono instabili i valori per i quali i coefficienti di configurazione sono molto sensibili agli errori nella geometria degli elettrodi.

Add reciprocity – aggiunge misure reciproche per configurazioni a 2 o 4 elettrodi.

Facendo clic su una riga della tabella, viene visualizzata la finestra **Array**, che mostra la posizione degli elettrodi della riga selezionata. La colonna **skip** consente di escludere la spaziatura selezionata.

La creazione del protocollo per il cavo e la configurazione selezionati si esegue con il pulsante

 **Add sequence** . Per eliminare il protocollo corrente, utilizzare  **Remove sequence** . Per ciascun cavo (o coppia di cavi) è possibile creare più protocolli con configurazioni diverse. La configurazione attiva si seleziona dall'elenco a discesa **Sequence#**.

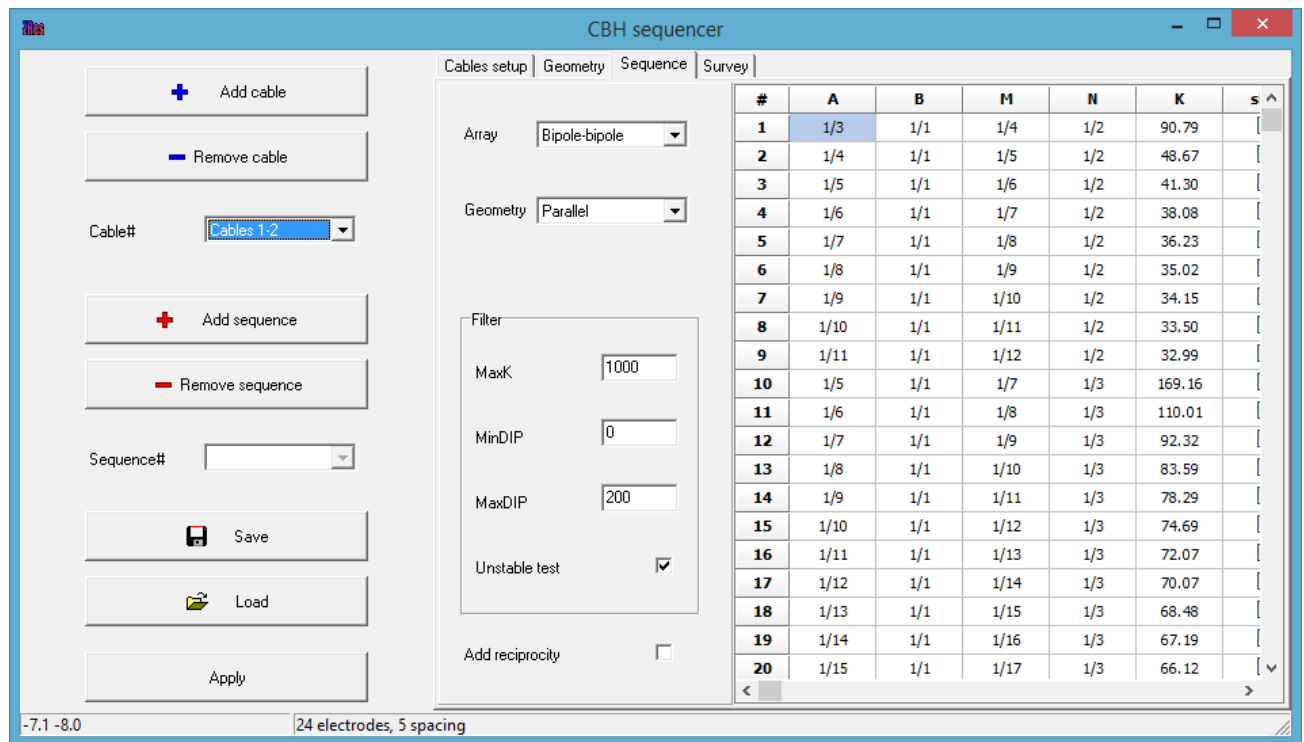


Fig. 7 Finestra di dialogo «CBH Sequencer», scheda «Sequence»

Nella scheda **Survey** (vedere la figura seguente) viene visualizzato lo schema di misura. Il protocollo di acquisizione può essere salvato con il pulsante  **Save** nei formati **Sequence project**, **ZondRes2D**, **MAE sequence**, **IRIS sequence**.

È possibile caricare il protocollo di acquisizione  **Load** in formato **Sequence project**.

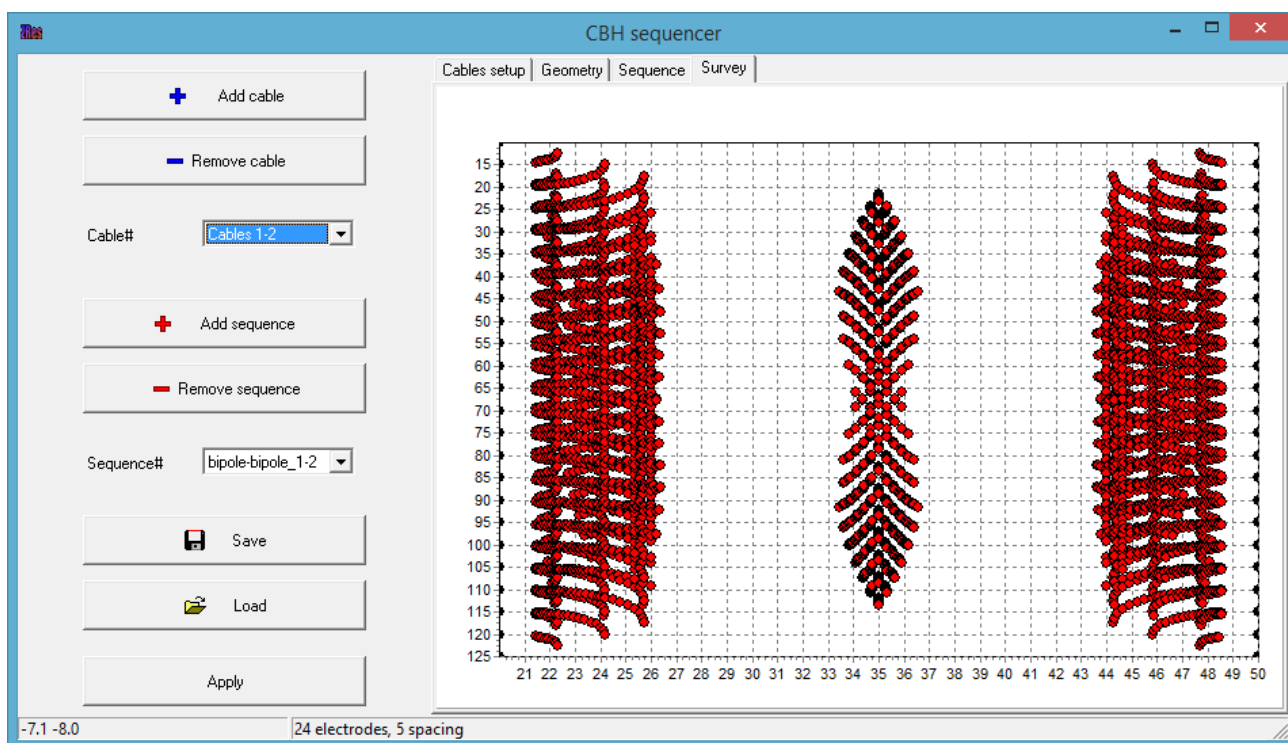


Fig. 8 Finestra di dialogo «CBH Sequencer», scheda «Survey»

Caricamento del sistema di misura da un file di dati

Un'alternativa alla creazione del sistema di misura è il caricamento di un file di dati. In modalità «Open in modeling mode».

Prima di aprire il file con le misure, è necessario passare alla modalità di modellazione: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**. Solo dopo questo passaggio si deve aprire il file di dati dal menu principale **File / Open file**. Questa opzione consente di eseguire la modellazione proprio per il sistema di misura utilizzato durante le indagini sul campo.

Non sarà possibile cambiare la configurazione nel menu **File / Change Electrodes array** se prima di aprire il file di misurazione non si è passati alla modalità di modellazione: **Options / Extra / Before loading / Open in modeling mode**.

Caricamento dei dati di campo da file

Formati supportati

Per iniziare a usare **ZondRes2D** in modalità di interpretazione, è necessario un file di dati in un formato specifico, contenente le coordinate degli elettrodi, la topografia e i risultati delle misure.

Oltre al proprio formato interno «ZondRes2D», supporta anche i formati di dati più diffusi: RES2DINV (Geotomo Software, M.H. Loke, Malaysia), SENSINV2D (Geotomographie, T. Fleschner, Germany), ABEM (Sweden), AGI (Advanced Geosciences, Inc., USA), Syscal (IrisInstruments, France), ProfileR (Lancaster Environment Centre, A. Binley) e altri. Il programma consente inoltre di importare file di dati testuali con formato tabellare arbitrario (opzione File / Import data from text/excel). Quando si seleziona la voce di menu «**File / Open file**», viene chiesto di scegliere il formato del file:

Zond data file[* .z2d]	Aprire un file di dati o un file di progetto in formato Zond (* .z2d, nonché * .zz2d, * .2dm, * .zml).
ProfileR data file [* .in]	Aprire un file di dati nel formato del programma ProfileR.
ABEM/AGI/SYSCAL text file	Aprire un file di dati nel formato ABEM/AGI/SYSCAL.
Res2dInv [* .dat], ARES	Aprire un file di dati nel formato del programma Res2dInv.
Sens2dInv [* .gem, * .imp, * .sen]	Aprire un file di dati nel formato del programma Sens2dInv.
Zond1d file conversion [* .zlf]	Importare dati da un file in formato Zond-IP 1D.
Program configuration [* .cfg]	Aprire un file dei parametri del programma.
Omega-48 data files	Aprire un file di dati nel formato Prosys (* .txt).
Skala-48/64 csv files	Aprire un file di dati nel formato Scala-48/64.
SmartTEM-24 file [* .ip]	Aprire un file di dati nel formato Smart TEM-24.
GDD instruments [* .gdd]	Aprire un file di dati nel formato GDD instruments.
MAE instruments [* .tsv]	Aprire un file di dati nel formato MAE instruments.
GeoSoft data [* .dat]	Aprire un file di dati nel formato GeoSoft.
Zonge data	Aprire un file di dati nel formato Zonge instruments.
LGM device	Aprire un file di dati nel formato LGM device.
Scientrix ERT	Aprire un file di dati nel formato Scientrix ERT.

PASI [*.gpd]	Aprire un file di dati nel formato PASI.
--------------	--

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

- caratteri non standard come separatori di record sulla riga (utilizzare i caratteri TAB o SPACE),
- valori assurdi dei parametri di misura (ad esempio, valori negativi della resistività apparente).

È consigliabile che il numero totale di misure contenute in un singolo file non superi 100 000 e che il numero di posizioni elettrode univoche non superi 2000.

Di norma, un file contiene i dati relativi a un unico profilo di osservazione. I file di dati testuali organizzati nel formato del programma **ZondRes2D** hanno estensione «*.z2d». Questo formato è descritto dettagliatamente nella sezione seguente «Formato del file di dati principale *.z2d»

Formato del file di dati di prova *.z2d

Il file *.z2d è un formato di dati universale che include informazioni sulle coordinate degli elettrodi di corrente e di potenziale, le quote relative della topografia e i valori misurati (segnale normalizzato o resistività apparente e caricabilità apparente).

Se non si utilizza un file specializzato *.z2d, è possibile creare un file *.z2d con qualsiasi editor di testo, ad esempio Notepad. Per poter caricare il file nel programma **ZondRes2D**, è necessario salvarlo e modificare l'estensione da *.txt a *.z2d.

I file in formato *.z2d possono avere strutture diverse: possono essere file di dati (la struttura di tali file è descritta di seguito) oppure file di progetto (creati dal programma al momento del salvataggio). Il file di progetto è binario e può essere letto solo con **ZondRes2D**. Contiene tutte le informazioni utilizzate durante il lavoro sul progetto: dati osservati, dati calcolati, modelli, informazioni a priori inserite, dati di altri metodi ecc.

Il file di dati può essere suddiviso convenzionalmente in due parti: 1) dati osservati; 2) dati topografici (se presenti).

Parte I del file di dati: dati osservati

Come file di input per la *tomografia di resistività elettrica classica*, il programma accetta un file con estensione *.z2d con la struttura seguente:

La prima riga contiene le chiavi di controllo che indicano al programma quali dati sono contenuti in ciascuna colonna.

In **ZondRes2D** si utilizzano le seguenti sigle (chiavi) per le coordinate degli elettrodi:

Elettrodi di corrente **C1 C2 C1z C2z C1y C2y** (dall'inglese Current)

Elettrodi di potenziale **P1 P2 P1z P2z P1y P2y** (dall'inglese Potential)

Le coordinate Y e Z degli elettrodi vanno inserite se necessario, ad esempio in caso di acquisizioni con sistema planare, sorgente immersa o misure in ambiente acquatico. [File di esempio – sample_with_z_source](#). La distanza lungo l'asse Y non deve superare 1/3 della spaziatura massima (distanza tra gli elettrodi di potenziale e di corrente). [File di esempio – sample_with_y](#). Quando si inseriscono le coordinate Z degli elettrodi, si tenga presente che i valori positivi indicano l'immersione dell'elettrodo rispetto alla superficie di misura. Le coordinate negative si utilizzano solo per le misure in ambiente acquatico (in questo caso, la superficie di misura è considerata il fondale).

Il segno * prima della chiave dell'elettrodo (ad esempio, *C1x) indica che l'elettrodo si trova a distanza; le sue coordinate devono essere considerate nei calcoli, ma non partecipa alla formazione della rete o dell'immagine.

Per i valori misurati:

Resistività apparente **Ro_a**

Modulo del segnale normalizzato (rapporto tra la differenza di potenziale e il valore dell'intensità di corrente) **Res**

Segnale normalizzato **SRes** (ad esempio, per misure con sorgente immersa, considerando il segno)

Nota! Si consiglia **SEMPRE** di utilizzare la grandezza **Res** o **SRes** per creare il file di dati, al fine di evitare errori in presenza di dati topografici.

Caricabilità apparente **Eta_a**

Come Eta_a si può utilizzare la caricabilità apparente, misurata nel dominio del tempo e calcolata con la formula:

$$\text{Eta_a (\%)} = (\Delta U_{\text{IP}} / \Delta U_{\text{pr}}) \cdot 100\%,$$

dove ΔU_{pr} è la differenza di potenziale durante il passaggio della corrente, ΔU_{IP} durante la pausa. Quando si utilizza la caricabilità, dividere prima per 10 i valori misurati.

L'errore, o peso delle misure, è specificato nella colonna con la chiave **Weight** e definisce la qualità delle misure. I pesi delle misure devono essere compresi tra zero e uno. Se non sono disponibili informazioni sugli errori di misura (ossia se manca la colonna con la chiave **Weight**), il programma assegna automaticamente il peso **1** a ciascuna misura.

Sono supportate anche le chiavi: **App.res** – equivalente a **Ro_a**; **SRes+** – segnale normalizzato con segno nel caso in cui l'elettrodo B abbia la stessa polarità di A; **Current** – intensità di corrente; **SelfP** – valori del potenziale spontaneo (SP). Una colonna dei pesi il cui nome contiene «ip» specifica i pesi dei dati IP. Le chiavi **ro_a1**, **ro_a2**, ... e **res1**, **res2**, ... specificano dati multicanale.

La seconda riga e quelle successive contengono i dati veri e propri, corrispondenti a ciascuna misura e registrati nello stesso ordine delle chiavi di controllo della prima riga.

Se in un profilo sono utilizzati dispositivi diversi (per numero di elettrodi), al posto delle coordinate dell'elettrodo mancante si inserisce il simbolo *.

Segue la colonna dei nodi aggiuntivi della mesh orizzontale (se necessario). La coordinata di ogni nuovo nodo viene inserita dopo il simbolo ***. I nodi aggiuntivi della mesh vengono generalmente introdotti per estendere l'area del modello oltre gli elettrodi terminali del cavo o in presenza di una topografia molto irregolare al di fuori del cavo.

Dopo la lettura del file, se necessario, i dati vengono normalizzati secondo la formula corrispondente alla resistività apparente in corrente continua:

$$\rho_a = G \cdot \frac{|U|}{C},$$

dove G è il fattore geometrico del dispositivo, U è il valore misurato e C è il valore dell'intensità di corrente.

Come file di dati di monitoraggio in ingresso, il programma accetta un file con estensione *.z2d della seguente struttura: le prime quattro colonne contengono le coordinate degli elettrodi; seguono le colonne intitolate res1, res2 ecc., che contengono i valori di Res ($\Delta U/I$) per il primo, il secondo e i successivi cicli di misura.

Di seguito è riportato un esempio dell'inizio di un file di dati di monitoraggio con dispositivo a tre elettrodi:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91
0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

Come file di dati del metodo di polarizzazione indotta nei domini della frequenza e del tempo, il programma accetta un file con estensione *.z2d della seguente struttura: la prima riga dopo la parola time_#chann contiene l'elenco dei tempi di ritardo per le misure nel dominio del tempo e delle frequenze per le misure nel dominio della frequenza. Segue una tabella le cui righe corrispondono ai punti di osservazione e le cui colonne contengono le coordinate degli elettrodi, i valori di **Res** ($\Delta U/I$) e i valori IP ai rispettivi tempi di ritardo (intestazioni delle colonne: **ipi1**, **ipi2** ecc.) e canali (frequenze) (intestazioni delle colonne: **mod1**, **mod2** ecc. per il modulo, **pha1**, **pha2** ecc. per la fase). Nell'inversione del modello di resistività elettrica, come dato di resistività apparente viene utilizzata la colonna **Res** considerando il fattore geometrico calcolato in base ai parametri del

dispositivo (posizione degli elettrodi). I valori delle colonne **mod1**, **mod2** ecc. possono essere utilizzati nell'inversione dei dati IP (adattamento dei parametri del modello Cole-Cole).

Esempio dell'inizio di un file di dati per misure nel dominio del tempo:

time_#chann	0.05	0.065	0.085	0.115	0.155					
C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5	
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194	
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215	
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239	

Esempio dell'inizio di un file di dati per misure nel dominio della frequenza:

time_#chann	0.0001592	0.000427	0.001145							
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3
0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012
10	*	15	20	0.002	0.002	0.002	0.002	-0.005	-0.009	-0.014

Per assegnare coordinate geografiche al profilo, inserire nel file la chiave **geocoord**, quindi specificare le coordinate iniziali e finali del profilo nel formato X0 Y0 X1 Y1, ad esempio:

geocoord 441000 442000 7230500 7230500

Parte II del file di dati: dati topografici

Se sono disponibili dati sulla topografia, segue una riga con la parola **topo**, quindi un elenco di coordinate e quote della topografia. Per l'interpretazione che tiene conto della topografia, è preferibile utilizzare come dati di ingresso i valori **res** (modulo del segnale normalizzato).

Quando si descrive la topografia del profilo di misura, la coordinata X può essere definita in due modi: in distanze lungo il cavo e in proiezioni orizzontali. Ai diversi metodi di definizione della topografia corrispondono le seguenti chiavi aggiuntive:

topo questa chiave si utilizza se le coordinate degli elettrodi e del rilievo topografico sono espresse in proiezioni orizzontali.

topo~ riduzione al piano orizzontale. La curva topografica viene approssimata con una retta mediante il metodo dei minimi quadrati, quindi viene ruotata, insieme a tutti i punti della topografia, fino a coincidere con l'asse orizzontale (vedere la figura seguente). Questo metodo va utilizzato quando il lavoro viene svolto lungo un pendio di cui si conoscono le quote assolute.

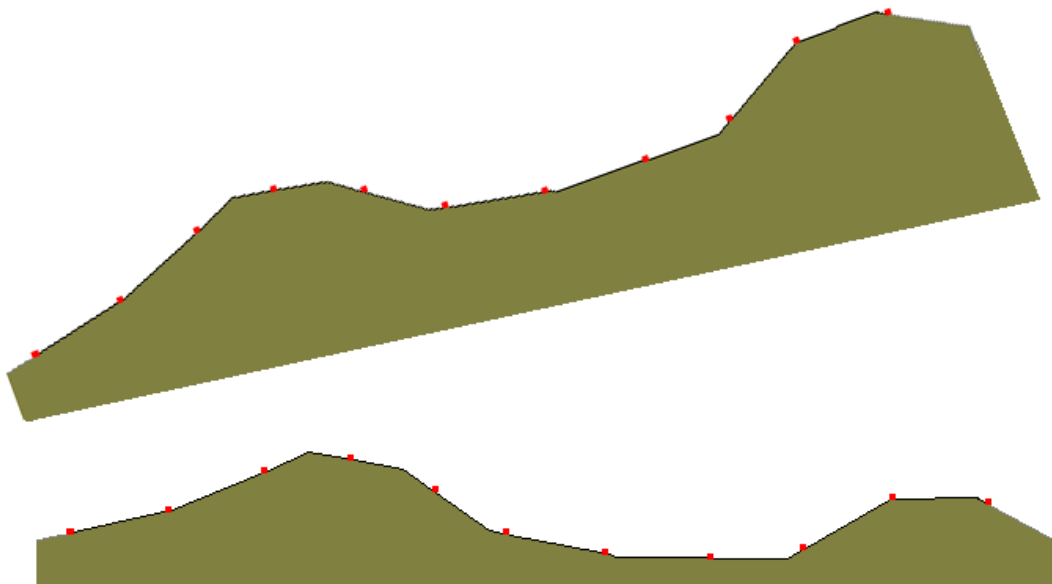


Fig. 9 Riduzione della topografia del pendio al piano orizzontale

topo# definizione delle coordinate del profilo in base alle lunghezze (“serpentina”). In questo caso, la coordinata orizzontale degli elettrodi è la distanza lungo il cavo (vedere la figura seguente), non la proiezione X. Le coordinate X degli elettrodi vengono ricalcolate dalle lunghezze alle proiezioni orizzontali. Nella riga successiva alla chiave, occorre specificare il riferimento di uno degli elettrodi **P** del cavo a un punto della topografia. Il secondo valore è la coordinata dell’elettrodo (in lunghezze), il primo è la corrispondente coordinata X nell’elenco delle quote topografiche.

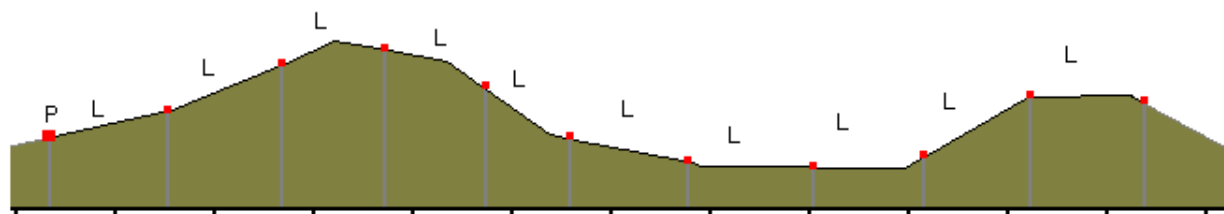


Fig. 10 Posizione degli elettrodi con spaziatura che tiene conto delle variazioni della topografia (lungo il cavo)

topo% è necessario specificare questa chiave se i dati iniziali sono **ro_a** (resistività apparente) calcolati per le proiezioni, ovvero se le distanze tra gli elettrodi vengono ricalcolate dalle distanze lungo il cavo (L) alle coordinate reali.

topo^ questa chiave è necessaria se le coordinate degli elettrodi nei dati topografici sono espresse in distanze lungo il cavo.

Le chiavi possono essere combinate, ad esempio, come segue: **topo~#**.

topow questa chiave si utilizza per interpretare dati acquisiti in ambienti acquatici (sulla superficie dell'acqua e sul fondo). In questo caso, come coordinate della topografia si utilizza il profilo del fondo o il profilo del fondo che prosegue sulla terraferma (se si utilizzano misure miste) (vedere la figura seguente). Nella stessa riga, separati da spazi, occorre specificare il livello dell'acqua (rispetto alle coordinate del profilo del fondo specificate di seguito, nel sistema di coordinate in cui è definita la topografia), la resistività elettrica dell'acqua e il numero di suddivisioni aggiuntive dello strato d'acqua (3-10). Gli ultimi due parametri possono essere modificati dal menu delle funzioni della finestra principale del programma: **Options / Inversion / Underwater options**. Si possono definire sistemi combinati, in cui le misure vengono effettuate sul fondo e sulla superficie dello strato d'acqua. A tal fine, occorre inserire le coordinate verticali degli elettrodi rispetto al livello del profilo del fondo.

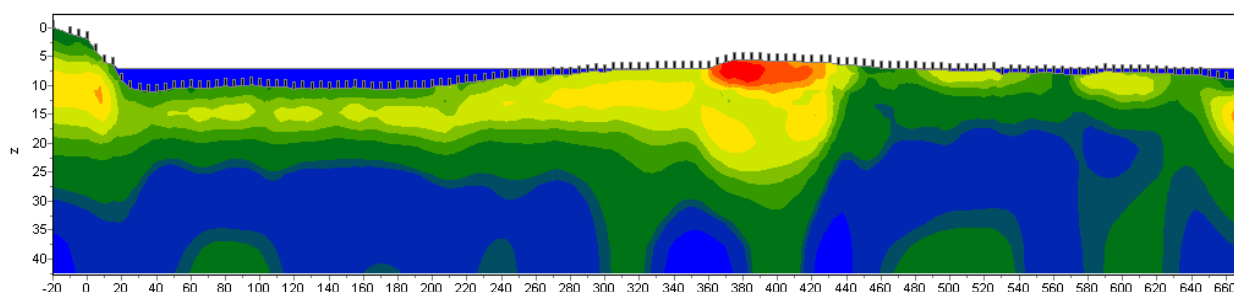


Fig. 11 Sezione geoelettrica ottenuta da misure miste sulla terraferma e in ambiente acquatico

topo*— in ambiente acquatico, questa chiave semplifica l'inserimento dei dati topografici se il cavo si trova sulla superficie dell'acqua (sistema mobile).

È inoltre necessario consultare le opzioni aggiuntive descritte nella sezione «Lavoro con dati di misure in ambiente acquatico».

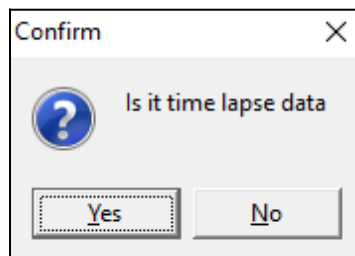
Caricamento di più file

Il programma consente di caricare contemporaneamente più file nei formati *.z2d, *.dat.

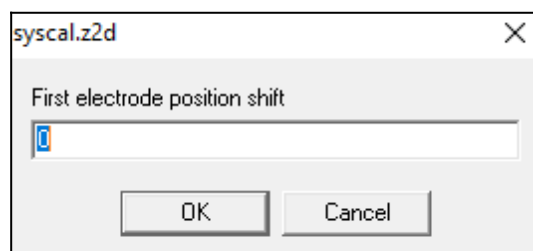
Questa funzione è utile nei seguenti casi:

- quando diverse configurazioni del cavo lungo il profilo si trovano in file separati;
- quando è necessario unire più acquisizioni in un unico file di monitoraggio;
- quando è necessario unire dati acquisiti lungo il profilo con configurazioni diverse.

Durante il caricamento dei file viene visualizzata una finestra di dialogo:



Se si seleziona **YES**, il programma unisce i file come se fossero un unico file di monitoraggio; se si seleziona **NO**, viene visualizzata una finestra che consente di specificare l'offset del primo elettrodo:



Importazione di dati di campagna da un file di testo o da una tabella Excel

L'importazione di dati da un file di testo con estensione *.txt o da un file tabellare Excel si esegue tramite la voce di menu **File/Import data from text/excel**. Dopo aver selezionato il file, viene visualizzata la finestra di dialogo per l'importazione dei dati (vedere la figura seguente). I pulsanti **Start** e **End** nella parte superiore della finestra di dialogo consentono di definire l'intervallo di dati da importare. Con il pulsante **Start** si specifica la prima riga. Con il pulsante **End** si specifica l'ultima riga.

Ogni cella della riga superiore della tabella nella finestra di dialogo contiene un elenco a discesa di chiavi: None, C1x, C2x, P1x, P2x, ro_a, res, eta_a, C1z, C2z, P1z, P2z, C1t, C2t, P1t, P2t, IP1, IP2, IPN. Per ogni colonna da importare, occorre selezionare la chiave corrispondente. L'elenco delle unità IP specifica le unità dei dati in ingresso: IP %, mV/V (i valori vengono divisi per 10), deg, mrad (i valori vengono convertiti in percentuale). Per completare l'importazione dei dati, premere il pulsante  OK.

N	C1x	C2x	P1x	P2x	ro_a	None	1
21	-0.0000000	4.47	152.39	102.43	105.37	None	1
22	4.47	8.94	18.45	13.66	133.23	C1x	1
23	4.47	8.94	23.37	18.45	132.95	C2x	1
24	4.47	8.94	28.36	23.37	112.67	P1x	1
25	4.47	8.94	33.33	28.36	102.76	P2x	1
26	4.47	8.94	38.29	33.33	103.47	ro_a	1
27	4.47	8.94	43.27	38.29	105.57	res	1
28	4.47	8.94	48.26	43.27	97.655	eta_a	1
29	4.47	8.94	53.08	48.26	87.515	0.028757	1
30	4.47	8.94	57.79	53.08	102.72	0.017851	1
31	4.47	8.94	62.61	57.79	119.72	0.010886	1
32	4.47	8.94	72.46	62.61	70.288	0.0070636	1
33	4.47	8.94	77.46	67.51	52.272	0.0061017	1
34	4.47	8.94	82.45	72.46	46.317	0.0047689	1

Fig. 12 Finestra di dialogo per il caricamento di dati da un file Excel

Preparazione dei dati per l'inversione

La preparazione dei dati per l'inversione comprende le seguenti operazioni: valutazione della qualità dei dati di campagna, eliminazione delle misure di scarsa qualità, assegnazione di pesi alle misure in base alla loro qualità, unione di più configurazioni in un unico profilo, filtraggio dei dati e inserimento delle informazioni topografiche.

La valutazione della qualità dei dati di tomografia di resistività elettrica può essere effettuata a due livelli: analisi delle statistiche standard ottenute durante l'elaborazione dei segnali e analisi della distribuzione dei risultati delle misure (valori di tensione e corrente). Il primo livello di valutazione viene generalmente eseguito nei programmi che gestiscono i sistemi di acquisizione. Il secondo livello, sotto forma di strumenti per il controllo della qualità e l'elaborazione dei dati, è implementato nel programma **ZondRes2D**.

La tomografia di resistività elettrica utilizza una quantità di informazioni significativamente maggiore rispetto ai metodi classici di profilazione e sondaggio. Per questo motivo, durante l'inversione si considera accettabile utilizzare dati con una certa percentuale di misure errate. Più

importante della percentuale di errore in sé è la distribuzione dell'errore nella sezione. Si possono distinguere tre casi:

- rumore non correlato (singoli valori anomali);
- livello complessivo di rumore elevato;
- rumore correlato in una determinata area della sezione.

Nel primo caso (rumore non correlato, valori anomali), la presenza di misure di scarsa qualità potrebbe non influire sui risultati dell'interpretazione, ma talvolta provoca una distorsione significativa del modello. Abbiamo osservato ripetutamente casi in cui una piccola percentuale di misure errate ha prodotto anomalie spurie sotto forma di sistemi di “dipoli compensati” (vedere la figura seguente). Queste si manifestano come anomalie locali alternate di resistività rispettivamente bassa e alta. In questa situazione, l'impiego di schemi robusti adattivi non è efficace: è necessario eliminare completamente i dati di scarsa qualità dall'inversione.

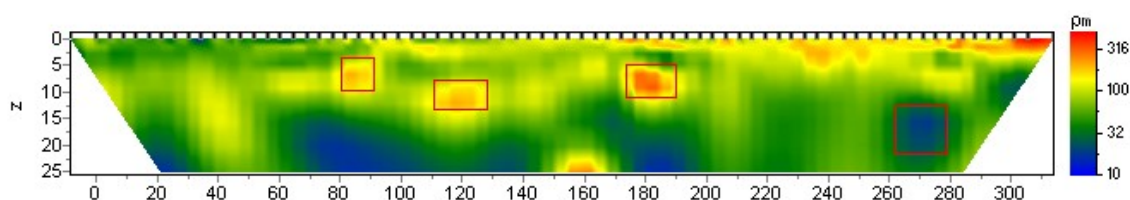


Fig. 13 Sezione di resistività elettrica con anomalie spurie dovute all'inversione di dati di campo di scarsa qualità

Il secondo caso (livello di rumore elevato) richiede il filtraggio dei dati. Ciò riduce notevolmente il livello di rumore, ma può comportare una diminuzione della risoluzione.

Il terzo caso (rumore correlato in una determinata area della sezione) è un problema più complesso, poiché per un'elaborazione adeguata è necessario comprendere la causa della scarsa qualità dei dati in quest'area. Ad esempio, la causa potrebbe essere la scarsa qualità della messa a terra di alcuni elettrodi, un disturbo esterno sistematico, un livello del segnale basso e così via. Occorre quindi, per quanto possibile, individuare innanzitutto la causa della scarsa qualità e poi trovare un modo per eliminarla. Il programma mette a disposizione diversi strumenti per analizzare i dati originali e risolvere questo problema.

Nella preparazione dei dati per l'inversione, occorre ricordare che quanto peggiore è la qualità dei dati, tanto meno affidabili saranno i risultati dell'inversione. Di conseguenza, se la qualità dei dati è scarsa o i dati sono assenti in una determinata area della sezione, il risultato dell'inversione relativo a tale area potrebbe non avere alcuna corrispondenza con la realtà.

In **ZondRes2D** la preparazione dei dati per l'inversione si esegue utilizzando lo strumento dedicato per il controllo della qualità e la modifica dei dati **Options / Quality control module**,

l'editor dei dati **Options / Data editor** e il grafico delle resistività apparenti **Options / Data / Graphics plot**.

Un'alternativa per l'analisi e la modifica dei dati di tomografia di resistività elettrica è offerta dal programma **ZondProtocol** del pacchetto Zond. Il programma consente di: definire il protocollo (automaticamente e in modo interattivo), visualizzare e analizzare i risultati delle misure, visualizzare separatamente i dispositivi, ricalcolare i dati secondo diversi dispositivi, importare ed esportare i dati e prepararli per l'inversione. Grazie alla facilità d'uso e alla piena compatibilità con il programma **ZondRes2D**, **ZondProtocol** consente di ottenere risultati di qualità direttamente sul profilo (vedere la figura seguente).

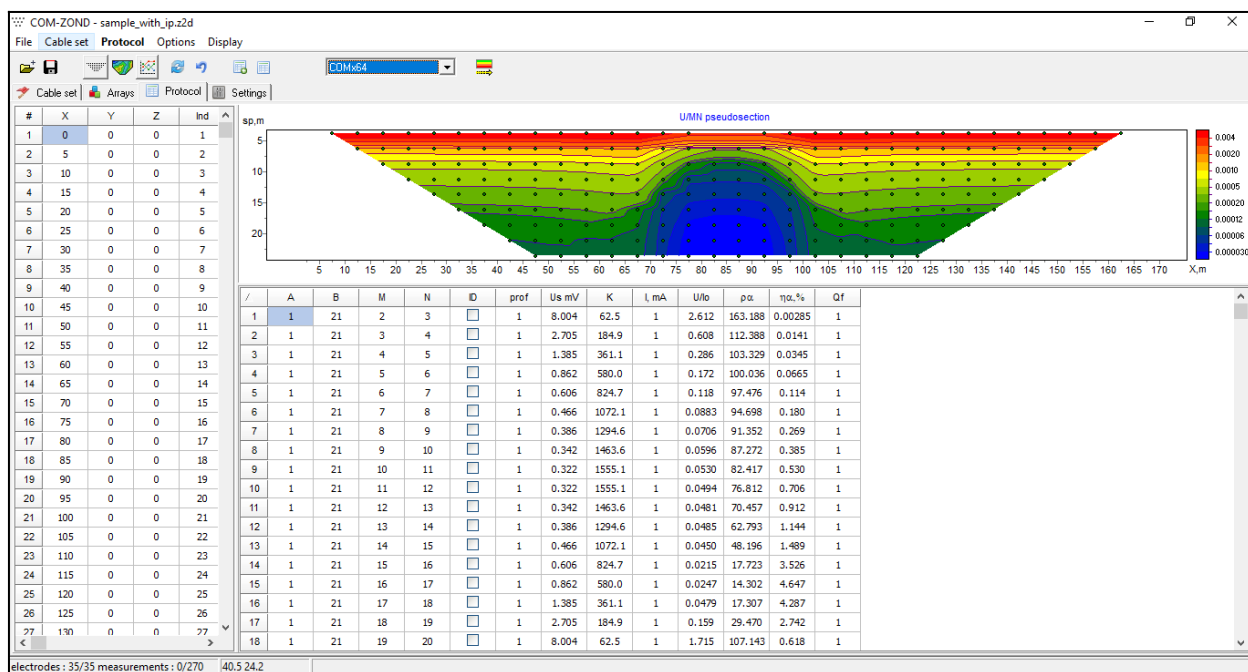


Fig. 14 Finestra di lavoro del programma ZondProtocol

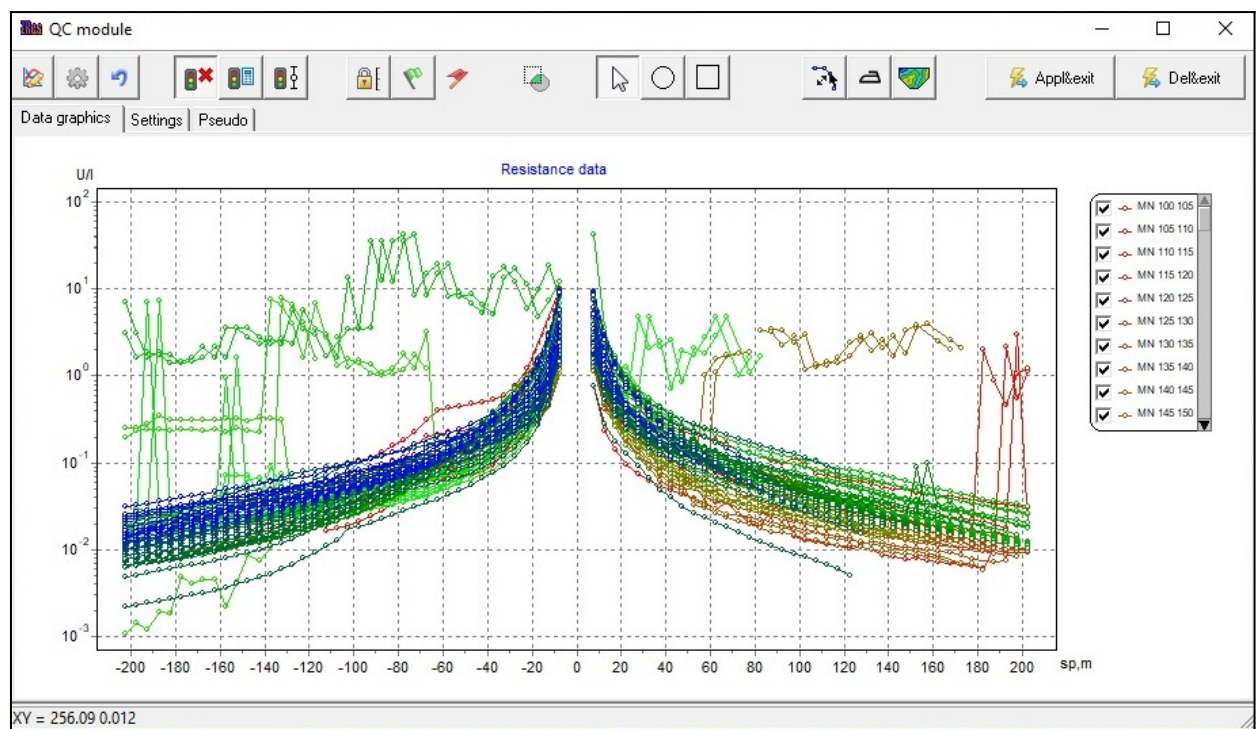
Modulo di controllo della qualità dei dati

In **ZondRes2D** è disponibile un modulo dedicato al controllo della qualità e alla modifica dei dati, accessibile dal menu **Options/Quality control module**. Il modulo consente di eseguire le seguenti operazioni sui dati:

- Visualizzare i risultati delle misure sotto forma di grafici di diversi parametri e di pseudosezioni dei dati relativi a diversi dispositivi;
- Se possibile, valutare la qualità dei dati (determinando i pesi delle misure) sulla base del principio di reciprocità (per alcuni dispositivi);
- Eliminare i dati direttamente dai grafici dei parametri visualizzati.

La possibilità di raggruppare i dati in base al dispositivo, al segnale, a diversi parametri geometrici e ai pesi delle misure, insieme alle opzioni di eliminazione manuale e automatica, consente di eseguire l'intero ciclo di controllo della qualità dei dati durante la preparazione per l'inversione.

La finestra del modulo di controllo della qualità contiene una barra degli strumenti e tre schede: i grafici dei parametri visualizzati (**Data graphics**, vedere la figura seguente), la selezione dei parametri da visualizzare (**Settings**) e le pseudosezioni (**Pseudo**).



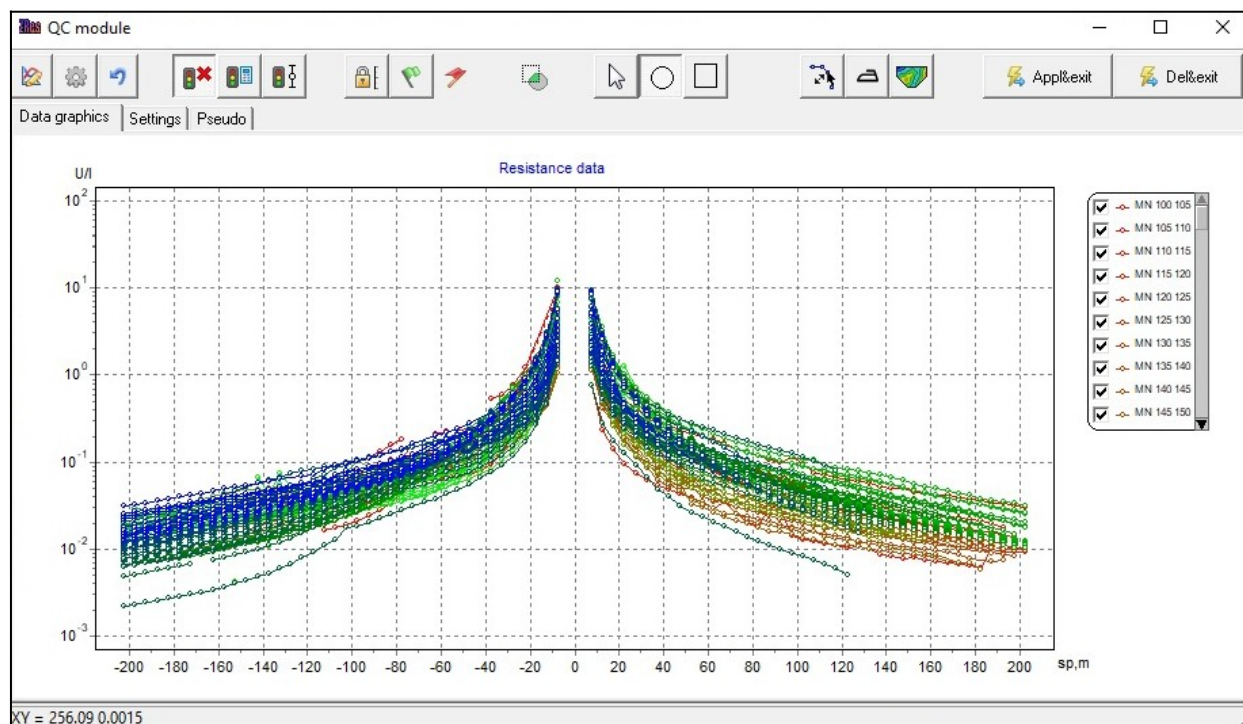


Fig. 15 Modulo di controllo della qualità, scheda Data graphics. I dati sono visualizzati con l'opzione Iso-MN centered. In alto sono riportati i dati originali. In basso, quelli modificati

La scheda **Settings** consente di selezionare i dispositivi sui cui dati operare (caselle di controllo **Electrodes array**: AMN, MNA, ABMN, MNAB, Symmetrical, NON-standard, Gradient, AM, MA), specificare il parametro di raggruppamento dei dati (**Graphics type**: Iso-PSZ, Iso-AB, Iso-AB centered, Iso-MN, Iso-MN centered, R-G plot, Misfit, Symmetric, Symmetric centered) e selezionare la grandezza da visualizzare: segnale normalizzato (V/MN/AB/I o V/I), resistività apparente, caricabilità apparente, tensione (Voltage) o corrente (Current) (vedere la figura seguente). L'opzione **Shifted** consente di traslare i grafici al livello medio del parametro visualizzato.

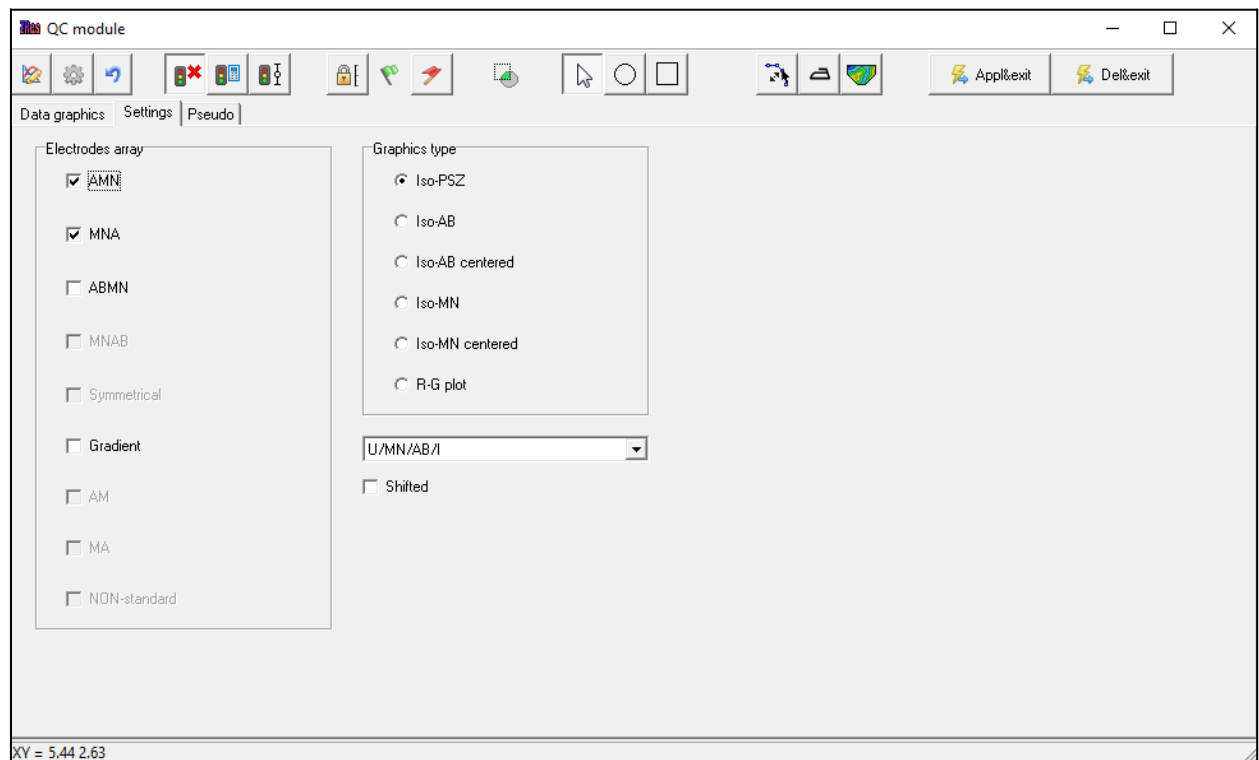


Fig. 16 Modulo di controllo della qualità, scheda «Settings»

Scheda **Pseudo** visualizza la pseudosezione (vedere la figura seguente). L'elenco nella scheda consente di selezionare il dispositivo diretto (**Forward array**) o reciproco (**Backward array**).

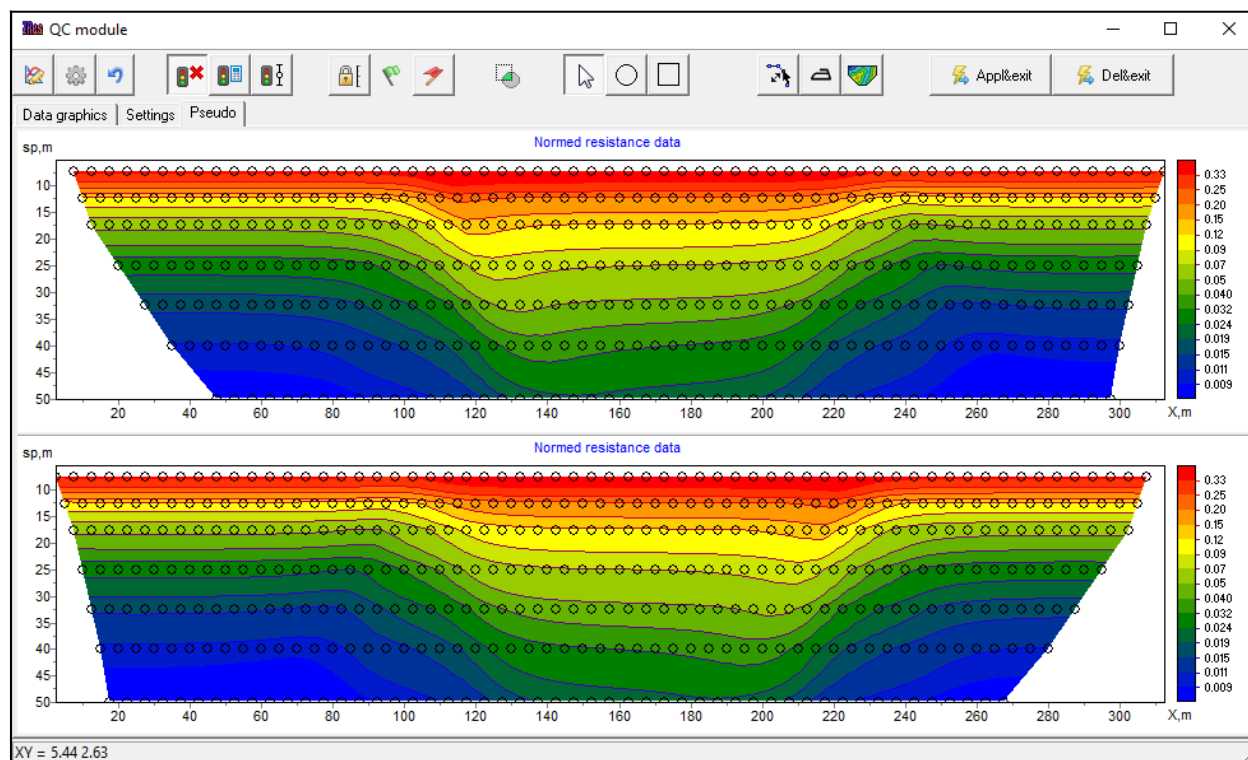


Fig. 17 Modulo di controllo qualità – scheda «Pseudo». Esempio di dati modellati. Due pseudosezioni per diverse configurazioni elettrodeiche

I grafici dei parametri selezionati sono visualizzati nella scheda **Data graphics**. Qui è possibile lavorare sui dati in modo interattivo utilizzando la barra degli strumenti. Le misure sono rappresentate da punti sui grafici. La posizione degli elettrodi corrispondente alla misura viene visualizzata nella parte inferiore della finestra dei grafici quando si seleziona il punto con il pulsante sinistro del mouse. I valori dei parametri relativi alla misura selezionata vengono visualizzati passando il mouse sul punto corrispondente del grafico.

La qualità dei dati può essere controllata in tre modi: in base ai pesi delle misure (forniti dallo strumento o calcolati secondo il principio di reciprocità), visivamente in base alla regolarità dei grafici e confrontando i dati originali con la soluzione del problema diretto ottenuta dal modello di inversione.

La visualizzazione dei pesi delle misure si controlla con il pulsante **Error gates** della barra degli strumenti, che apre il menu: **No error gates** – i pesi non vengono visualizzati; **Reciprocity errors** – vengono visualizzati i pesi determinati secondo il principio di reciprocità (se possibile per il sistema di misura in questione); **Errors as colors** – il colore dei punti del grafico corrisponde al peso della misura (verde – qualità buona, giallo – media, rosso – scarsa).

La visualizzazione dei grafici calcolati per il modello di inversione (tracciati con una linea tratteggiata) si controlla con il pulsante . Se i punti dei dati originali non corrispondono ai valori calcolati, le cause possono essere diverse:

- Questi dati sono fortemente influenzati dal rumore. In questo caso, i dati devono essere eliminati.
- È stato impostato un intervallo di variazione della resistività troppo ristretto. In questo caso, si può annullare il fissaggio dei parametri del modello o modificarli e ripetere l'inversione.
- La struttura geoelettrica è tridimensionale. In questo caso, è preferibile passare all'interpretazione tridimensionale, se la rete di osservazione lo consente.

Per eliminare i dati di qualità insufficiente, occorre selezionare i punti corrispondenti mantenendo premuto il pulsante  (modalità di selezione dei punti). È possibile selezionare i punti facendo clic con il pulsante destro del mouse, uno per volta (deve essere attivo lo strumento ) , oppure selezionando un'area del grafico (strumenti  o ). I punti selezionati sono contrassegnati da crocette sui grafici. I punti selezionati possono essere nascosti o visualizzati con il pulsante .

Il tipo di strumento di selezione si sceglie con il pulsante **Type of selector: Cursor, Circle, Rectangle**. Facendo clic con il tasto destro del mouse su un elettrodo nella finestra inferiore degli elettrodi, si apre un menu che consente di scegliere le etichette degli elettrodi (**Nothing, Indexes, Weights, Currents**) e di selezionare le misure in cui tale elettrodo è utilizzato come elettrodo di corrente (**Select C**) o di potenziale (**Select P**).

Con il pulsante  premuto, è possibile modificare le misure: con il pulsante sinistro del mouse si trascina il punto verso l'alto o verso il basso fino al valore desiderato.

Per impostare i parametri di visualizzazione dei grafici, utilizzare il pulsante  (parametri di linee e punti, come spessore, colore ecc.). Per fissare i limiti degli assi ed evitare che cambino automaticamente durante l'elaborazione dei dati, utilizzare il pulsante .

Il pulsante  apre un insieme di opzioni per lavorare con i grafici. Facendo clic su questo pulsante, è possibile selezionare o deselectare tutti i punti, smussare i punti selezionati (operazione sconsigliata), assegnare un peso ai punti selezionati, correggere il segno (più o meno) dei punti (di norma necessario per le misure in pozzo) e impostare l'opzione che collega sempre i punti in un

unico grafico. È inoltre possibile visualizzare gli «intervalli» (intervallo di confidenza) per ciascun punto del grafico (se questi dati sono presenti nel file).

Il pulsante  per lo smoothing apre il menu: **Level smoothing** – smoothing dei grafici (ogni applicazione successiva aumenta il grado di smoothing); **2D smoothing** – smoothing bidimensionale (finestra di dialogo **Smoothing settings: Smoothness, Weights from inversion, Preview, Apply**; solo per configurazioni a terra senza spostamento lungo Y); **Streamer data smoothing** – smoothing dei dati acquisiti con il cavo trainato. Lo smoothing è sconsigliato perché distorce i dati; va utilizzato solo in casi estremi e soltanto per dati fortemente influenzati dal rumore.

Il pulsante  aggiorna la pseudosezione (scheda **Pseudo**).

Per annullare l'ultima operazione, utilizzare il pulsante .

Le modifiche apportate ai dati durante la modifica nel QC module non vengono salvate per impostazione predefinita. Per salvare le modifiche e passare all'inversione, fare clic sul pulsante

. Per eliminare le modifiche selezionate e passare all'inversione, fare clic sul pulsante

. Facendo clic con il pulsante destro del mouse sul sottomenu, è possibile aprire il menu contestuale:

«**Remove Rho&IP**» – disponibile solo nella modalità di modifica del valore di resistività apparente. Elimina il punto di resistività selezionato e il valore di caricabilità corrispondente.

«**Remove all IP chan**» – elimina i valori di tutti i canali di caricabilità per il punto selezionato.

Options/Extra/Remove data with big misfit, che consente di eliminare rapidamente singoli dati con valori di errore elevati (dopo l'esecuzione dell'inversione).

Inserimento e modifica delle informazioni topografiche

Nel programma **ZondRes2D** la topografia può essere inserita in diversi modi:

- tramite un file di dati di testo z2d (per maggiori dettagli, vedere [Formato del file di dati di prova *.z2d, sezione «Parte II del file di dati: dati topografici»](#));
- tramite l'opzione di importazione delle informazioni topografiche dal menu principale del programma **Options / Topography / Import topography**. È possibile preparare un file in formato *.txt.

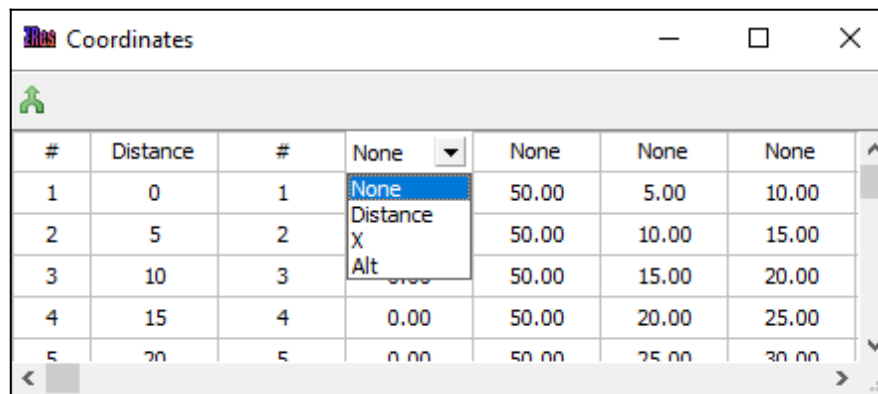


Fig. 18 Finestra di inserimento delle informazioni topografiche

L'opzione **Options / Topography / Import topography** apre una tabella, nelle cui colonne vengono caricati i dati dal file di testo selezionato (vedere la figura seguente). Nelle intestazioni delle colonne corrispondenti occorre selezionare X (coordinata orizzontale) oppure Distance (distanza lungo il cavo) e Alt (quota assoluta). La chiave corrispondente alla colonna della tabella si seleziona nella riga superiore. L'inserimento delle informazioni topografiche si conclude premendo il pulsante



- modifica o copia da una tabella Excel nella finestra

La voce di menu **Options / Topography / Edit topography** apre una finestra di dialogo che consente di modificare le informazioni topografiche tramite una tabella.

Topography editor		
#	cable pos, m	Elevation, m
1	0	220
2	5	222.50
3	10	225
4	15	223.50
5	20	222
6	25	221.65
7	30	221.30
8	35	220.65
9	40	220
10	45	219.75
11	50	219.50
12	55	217.75
13	60	216
14	65	217
15	70	218
16	75	218.25

☐ Fixed X
 ☐ XY

Fig. 19 Finestra di dialogo Edit topography

Per svuotare la colonna Elevation si utilizzino i tasti Ctrl+X. È quindi possibile copiare i dati da Excel (Ctrl+C) e incollarli in questa colonna.

Se l'opzione Fixed X è attivata, la coordinata X non cambia dopo l'impostazione delle quote; se è disattivata, la coordinata X cambia in funzione della distanza.

Attivare l'opzione XY se si desidera aggiungere le coordinate geografiche.

Facendo clic con il pulsante destro del mouse sulla tabella si apre un menu: **Interpolate empty** – interpola i valori non compilati; **Lon/Lat->UTM XY** – converte le coordinate geografiche in UTM; **Set floating array** e **Set underwater array** – imposta un cavo galleggiante o sul fondo (le quote negative corrispondono alla profondità dell'acqua).

Il pulsante dell'editor grafico apre la finestra **Topo editor**, nella quale è possibile interpolare i punti topografici selezionati con un andamento lineare o spline, smussarli, annullare le modifiche e applicare il risultato.

Il programma analizza i dati topografici e segnala eventuali chiavi non valide o dislivelli topografici assurdi. Di seguito sono riportate 2 eccezioni relative all'inserimento di valori topografici non plausibili:

- se la distanza (X) indicata nel file di dati è inferiore alla distanza reale tra gli elettrodi del cavo (Distance), all'apertura del file il programma chiederà di confermare la correttezza della «chiave topografica»;
- se la differenza di quota tra due elettrodi adiacenti è maggiore del valore Distance (distanza tra gli elettrodi lungo il cavo), il programma chiederà di confermare la correttezza della «chiave topografica» (vedere la figura seguente).

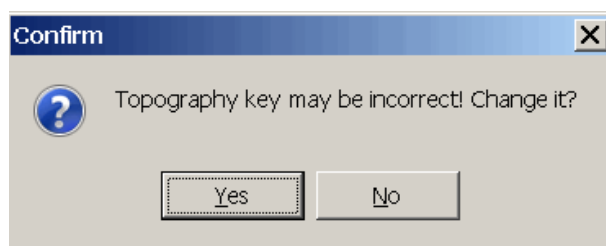


Fig. 20 Finestra di dialogo per la verifica della chiave topografica

Selezionando **No** la situazione rimane invariata; selezionando **Yes** il programma converte i dati topografici nel sistema di coordinate distanza lungo il cavo – quota.

Con le voci di menu **Options / Topography / Remove topography** e **Options / Topography / Restore topography** è possibile, rispettivamente, rimuovere e ripristinare i dati topografici.

La modalità di aggiunta della topografia tramite mouse può essere utile per prove (poiché è piuttosto approssimativa). Si richiama dalla voce di menu *set by mouse*. Il processo di definizione della topografia è simile a quello dei limiti a priori.

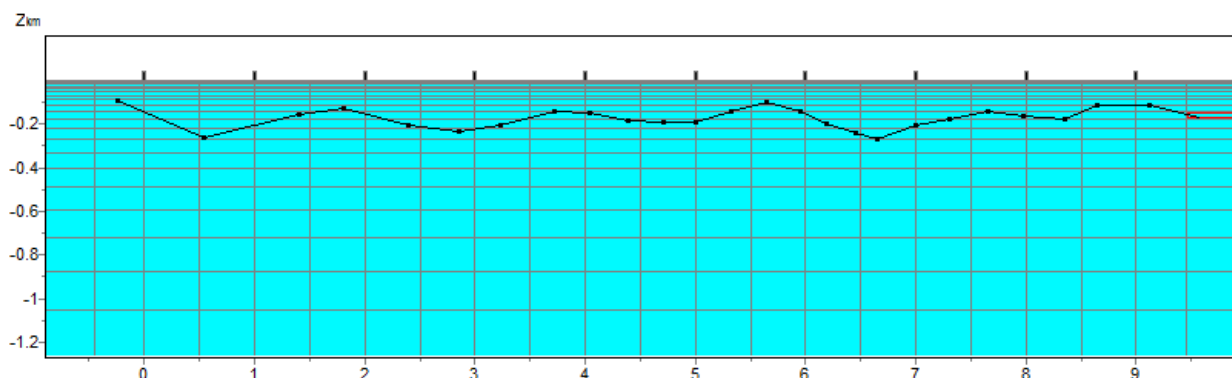


Fig. 21 Esempio di sezione nella modalità di aggiunta della topografia tramite mouse

Il coefficiente di distorsione della topografia con la profondità (0-5) può essere impostato nel menu **Options / Topography / Topo coefficient**. Con 0, la topografia di ogni strato successivo riproduce quella dello strato precedente. Con 1, la topografia si appiattisce con la profondità e l'ultimo strato è piano (vedere la figura seguente). La profondità distorta si calcola con la formula seguente:

$$z^{\square}(x, z) = \text{Topo}(x) + z \cdot \left(1 + \frac{\max(\text{Topo}) - \text{Topo}(x)}{\max(z)} \cdot \text{Tcoeff} \right),$$

dove *Topo* è il dislivello topografico, *z* è la profondità dalla superficie.

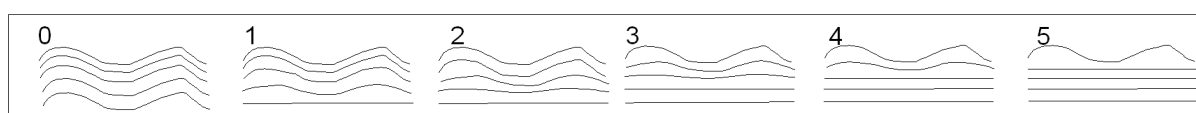


Fig. 22 Distorsione degli strati del modello per valori del parametro **Topo coefficient** da 1 a 5

Gestione delle coordinate planimetriche degli elettrodi

Durante le indagini di tomografia di resistività elettrica in campagna, gli elettrodi della configurazione sono spesso disposti non esattamente lungo la linea del profilo. Ciò può verificarsi sia per difficoltà nel tracciare i profili sia, ad esempio, quando è necessario allontanare fisicamente la linea di alimentazione da quella di ricezione. Per gestire correttamente queste situazioni, nel programma **ZondRes2D** è stato implementato un modulo speciale, che viene visualizzato

automaticamente all'apertura di un file di dati contenente la coordinata Y degli elettrodi (vedere la figura seguente). Il modulo consente di definire un'unica linea del profilo di osservazione, escludere eventualmente gli elettrodi non necessari e proiettare su questa linea i risultati delle misurazioni.

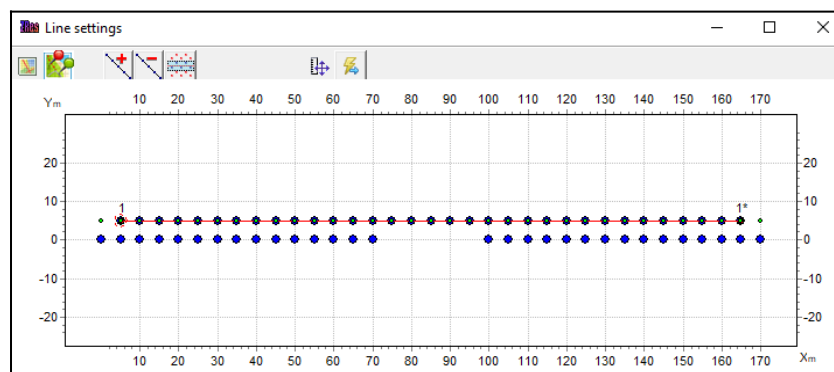


Fig. 23 Finestra di modifica della posizione planimetrica dei punti del profilo

Nella finestra per la registrazione della deviazione della posizione degli elettrodi rispetto a una linea retta vengono visualizzati i punti corrispondenti alle posizioni degli elettrodi nel sistema di coordinate X – distanza lungo il profilo, Y – deviazione dalla linea del profilo in direzione perpendicolare (così sono specificate anche nel file di dati). È possibile modificare la posizione di qualsiasi elettrodo nella finestra di dialogo richiamata facendo doppio clic con il pulsante destro del mouse sull'elettrodo. Il pulsante  della barra degli strumenti della finestra consente di caricare un'immagine raster di sfondo, una carta o una planimetria. Il pulsante  consente di caricare un'immagine di sfondo dalla mappa Bing (servizio cartografico Microsoft); in questo caso le coordinate devono essere in formato UTM.

Dopo aver specificato e modificato la posizione effettiva degli elettrodi, è necessario tracciare la linea del profilo: la modalità di aggiunta della linea si attiva e disattiva premendo il pulsante . Con il pulsante sinistro del mouse si aggiungono punti alla linea, con quello destro si termina il tracciamento. Facendo clic con il pulsante destro del mouse si apre un menu contestuale che consente di specificare le coordinate della linea, agganciare il cursore vicino ai punti, invertire la linea e tracciare la linea esattamente attraverso i punti. Per eliminare la linea, premere il pulsante .

Il passaggio successivo consiste nel selezionare i punti (elettrodi) da proiettare sulla linea specificata. Per selezionare o deselectare un singolo elettrodo, fare clic sul suo punto con il pulsante sinistro del mouse; il punto diventa blu (o torna bianco). Per selezionare tutti i punti, premere il pulsante  della barra degli strumenti della finestra. Dopo aver selezionato un elettrodo, la sua posizione sul profilo viene indicata da un punto verde.

Per modificare la scala di visualizzazione della planimetria durante l'utilizzo della finestra, premere il pulsante  della barra degli strumenti.

Il pulsante della scala alterna le modalità 1:1 e «adatta alla finestra». Facendo clic con il pulsante destro del mouse sul pulsante di caricamento della mappa, la mappa viene nascosta. Il pulsante di selezione rettangolare attiva i punti che ricadono nella fascia lungo la linea corrente; la larghezza della fascia è specificata in percentuale (1–100, valore predefinito 15).

Al termine delle operazioni descritte, premendo il pulsante  si passa alla modalità di definizione della mesh del modello e di interpretazione.

Un'ulteriore funzione del modulo consiste nell'elaborazione dei dati di misure areali. Se è stata specificata la posizione degli elettrodi su un'area, il programma consente di ottenere i dati lungo qualsiasi profilo definito dall'utente.

Elaborazione dei dati di misure in ambiente acquatico

Per l'interpretazione dei dati di misure in ambiente acquatico è consigliabile disporre dei dati di resistività dell'acqua; se non sono disponibili, è necessario attivare l'opzione di inversione della resistività dell'acqua (**Options/Inversion/Under water options/ Invert**).

È possibile specificare la resistività dell'acqua tramite l'opzione **Options/Underwater options/ Resistivity**.

Con l'opzione **Options/Underwater options/ Sub layers number** è possibile impostare il numero di suddivisioni dello strato d'acqua. Il numero di suddivisioni viene determinato in base allo spessore dello strato d'acqua.

Elaborazione dei dati di misure tra pozzi

Il programma **ZondRes2D** consente di interpretare i dati di misure tra pozzi. Questi comprendono le misure tra pozzi, le misure tra pozzo e superficie e le relative combinazioni. Sono supportati pozzi sia verticali sia inclinati.

Per descrivere le misure relative agli elettrodi situati in un pozzo, come nel caso delle misure in superficie, si specificano le coordinate planimetriche e altimetriche.

La modellazione e l'inversione dei dati tra pozzi e tra pozzo e superficie si eseguono come per le misure in superficie. La differenza riguarda il modo di visualizzare la resistività apparente:

diversamente dai metodi tradizionali per le misure in superficie, in questo caso si rappresenta la resistività apparente in funzione del coefficiente geometrico (vedere la figura seguente). È inoltre possibile visualizzare i dati misurati e calcolati in una finestra separata, richiamabile dal menu **Options/Data/G-Res plot**.

Per le misure tra pozzi, i valori della resistività apparente possono essere negativi. In tal caso non è possibile applicare ai dati la norma logaritmica (è possibile applicarla ai valori assoluti). Per questi casi il programma utilizza una norma pseudologaritmica che richiede di specificare il coefficiente lineare-logaritmico (che dovrebbe essere prossimo al livello di rumore). Se si imposta il valore -1, il coefficiente viene selezionato automaticamente. (Opzione: Options/Inversion/Norms/ Automatic sres scale). Questa funzione è attiva se nel file *z2d è presente la chiave sres.

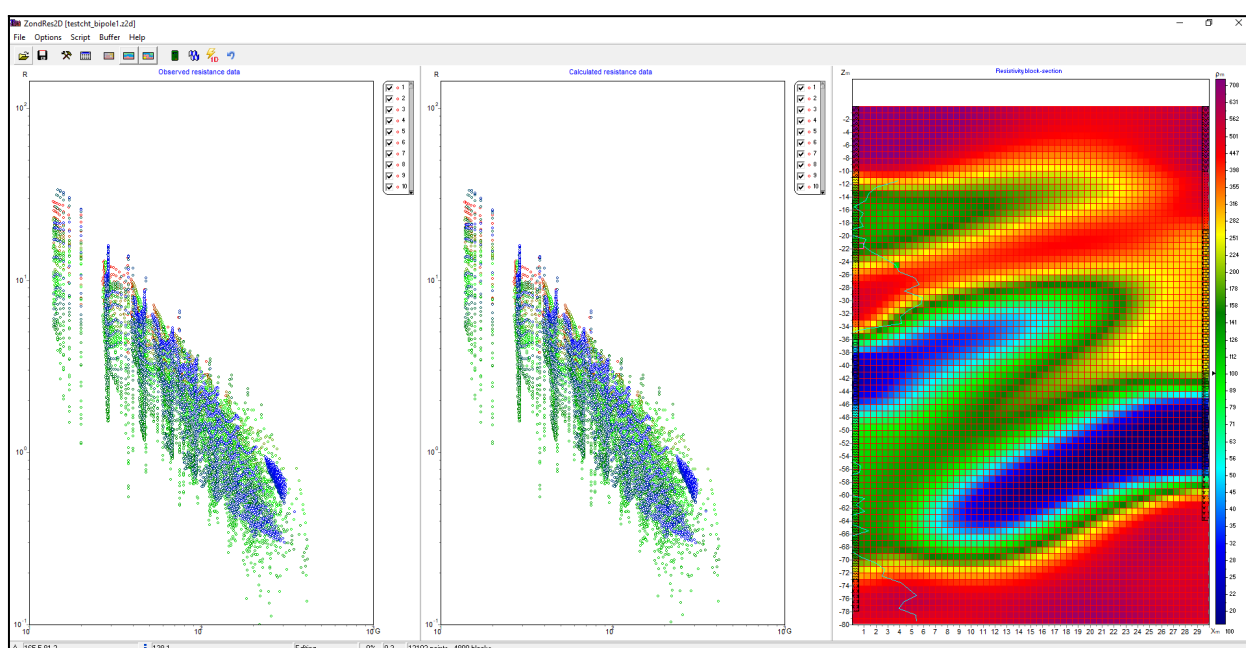


Fig. 24 Finestra principale del programma durante l'elaborazione di misure in pozzo

Visualizzazione dei dati

Il programma consente di visualizzare i parametri apparenti sotto forma di mappe di grafici **Options / Data / Graphics-plot** e di pseudosezione **Options / Data / Pseudo-section**. Nella modalità del metodo della resistività, i dati possono essere visualizzati come segnali normalizzati

Options / Data / Resistance (V/I) oppure come resistività apparente **Options / Data / Apparent resistivity**.

Piano dei grafici

Il piano dei grafici serve a visualizzare i valori dei dati lungo il profilo sotto forma di grafici.

Nel menu principale del programma è possibile selezionare il metodo di costruzione dei grafici in base a un determinato coefficiente del dispositivo **Options / Data / Graphs / Iso-PsZ graphics** oppure a una determinata posizione della linea di corrente/potenziale **Options / Data / Graphs / Iso-CC graphics**, **Options / Data / Graphs / Iso-PP graphics** (vedere la figura seguente).

Il piano dei grafici si controlla con il mouse.

Per ingrandire o spostare una porzione, si utilizza la modalità con il pulsante premuto (strumento «rettangolo elastico»). Per selezionare la porzione da ingrandire, si sposta il cursore del mouse verso il basso e a destra tenendo premuto il pulsante sinistro. Per ripristinare la scala iniziale, si ripete l'operazione spostando il mouse verso l'alto e a sinistra. Per spostare (scorrere) il grafico, si trascina il mouse tenendo premuto il pulsante destro.

Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse su un punto del grafico, gli altri grafici vengono nascosti e vengono visualizzate le posizioni degli elettrodi per il punto attivo (finché non si rilascia il pulsante del mouse).

La finestra di dialogo per configurare il piano dei grafici si apre dal menu principale **Options / Graphics / Observed graphics** oppure **Calculated graphics**.

Per scorrere i grafici si utilizza la rotellina del mouse. A tal fine, si selezionano più grafici adiacenti (nella legenda) e si gira la rotellina del mouse posizionando il cursore sulla legenda. Gli indici dei grafici attivi cambieranno. Facendo clic con il pulsante destro del mouse su un punto del grafico, la misura verrà evidenziata nella tabella Data editor (se visualizzata).

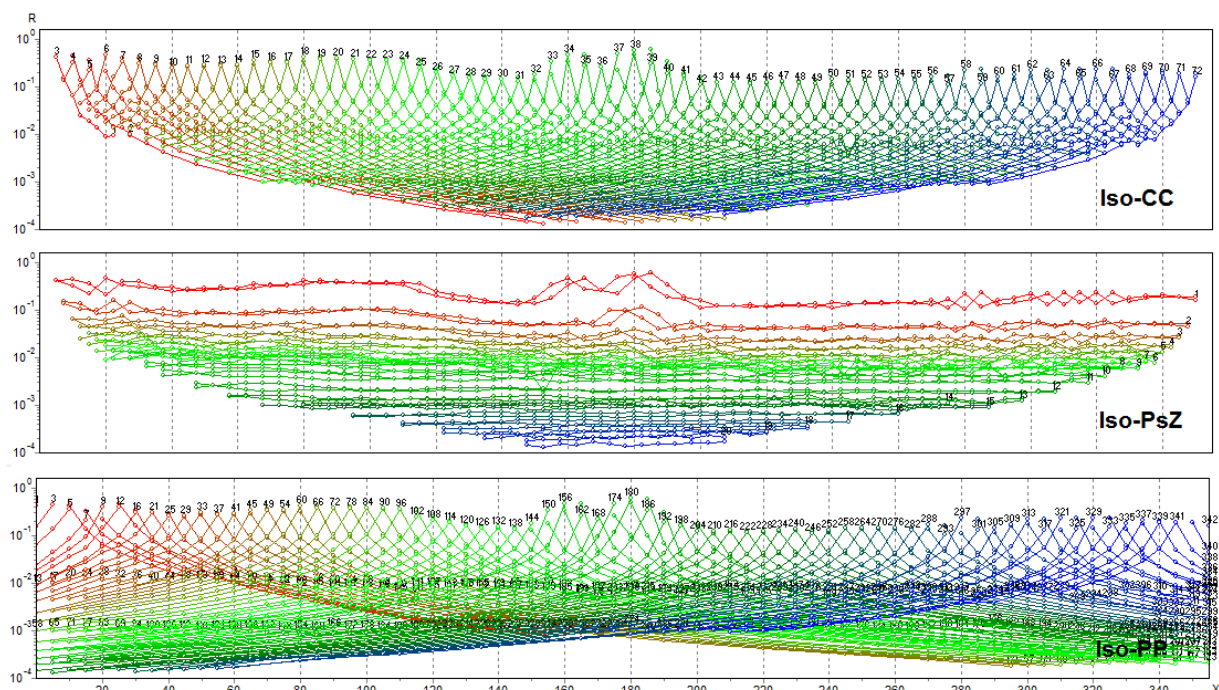


Fig. 25 Iso-PsZ graphics: metodo di costruzione dei grafici a una determinata pseudoprosfondità. Iso-CC graphics: a una determinata posizione della linea di corrente. Iso-PP graphics: a una determinata posizione della linea di potenziale.

Se i valori dei pesi delle misure sono specificati nel file di dati di input, è possibile visualizzare sui grafici il corrispondente intervallo di confidenza tramite l'opzione **Options / Data / Graphs / Error gates**. Gli intervalli di confidenza (pesi) si possono regolare nella modalità grafici facendo clic con il pulsante destro o sinistro del mouse mentre si tiene premuto il tasto ALT.

Pseudosezione

La pseudosezione rappresenta la distribuzione dei dati lungo il profilo sotto forma di sezione a isolinee.

La rappresentazione utilizza i seguenti assi:

asse orizzontale - coordinata della misura lungo il profilo;

asse verticale - pseudoprosfondità o spaziatura.

La scala dei colori è visualizzata a destra della pseudosezione. La scala definisce la corrispondenza tra il valore rappresentato e il colore.

Facendo clic con il pulsante destro del mouse nell'area degli assi dell'oggetto, si apre un menu contestuale con le seguenti opzioni:

Log data scale	Usare la scala logaritmica per la scala dei colori.
----------------	---

Smooth mode	Usare una tavolozza di interpolazione uniforme/sezione a isolinee.
Display grid point	Mostrare i contrassegni dei punti di misura.
Display ColorBar	Mostrare la scala dei colori.
Setup	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri della pseudosezione.
Print preview	Stampare la pseudosezione.
Save picture	Salvare la pseudosezione in un file grafico *.emf, *.bmp, *.png.
Save XYZ file	Salvare la pseudosezione in un file di testo *.dat.
Draw in surfer	Costruire la pseudosezione nel programma Surfer..

L'editor degli assi si apre facendo clic con il pulsante destro del mouse sull'asse desiderato mentre si tiene premuto il tasto SHIFT (quando il puntatore del mouse si trasforma in una mano con l'indice esteso). Si apre un menu contestuale con tre voci: *Options*, *Default*, *Fix range*. (vedere la sezione «Impostazioni aggiuntive» - «Editor degli assi»).

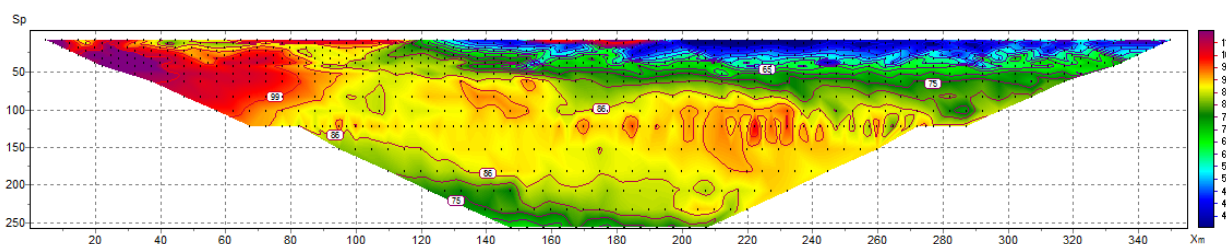


Fig. 26 Pseudosezione

L'editor grafico dei punti della pseudosezione si apre facendo clic con il pulsante destro del mouse su un punto mentre si tiene premuto il tasto SHIFT (vedere la sezione «Impostazioni aggiuntive» - «Editor dei grafici»).

Il metodo di costruzione della pseudosezione varia a seconda del dispositivo:

- per il *dispositivo Wenner*, i punti della pseudosezione sono posizionati come segue: la coordinata X corrisponde al centro del dispositivo, mentre la coordinata Y corrisponde a $\frac{1}{4}$ della distanza tra l'elettrodo estremo e il centro del dispositivo;
- per il *dispositivo Pole-Dipole*, i punti della pseudosezione sono posizionati come segue: la coordinata X corrisponde al centro tra gli elettrodi di potenziale, mentre la coordinata Y corrisponde alla spaziatura (distanza tra l'elettrodo di corrente e il centro tra gli elettrodi di

potenziale). Per questo dispositivo il programma prevede due metodi per calcolare la coordinata orizzontale:

Options / Data / X-position / Data X (4-electrodes)	Questo gruppo di opzioni consente di selezionare il metodo di calcolo della coordinata orizzontale (pseudosezione) del punto di misura per un dispositivo a quattro elettrodi. Le opzioni comprendono il calcolo automatico della coordinata orizzontale — «Auto», il caso in cui la coordinata orizzontale si trova al centro, tra gli elettrodi di potenziale — «M-O-N — e il caso in cui la coordinata orizzontale si trova tra i dipoli di corrente e di potenziale — «AB-O-MN».
Options / Data / X-position / Data X (3-electrodes)	Questo gruppo di opzioni consente di selezionare il metodo di calcolo della coordinata orizzontale (della pseudosezione) del punto di misura per un dispositivo a tre elettrodi. «(A+O)/2» indica che la coordinata orizzontale si trova al centro tra l'elettrodo di corrente A e il centro della linea di potenziale O. «(M+N)/2» indica che la coordinata orizzontale si trova al centro tra gli elettrodi di potenziale M e N.

- per la *configurazione dipolo-dipolo (Dipole-Dipole)* alla coordinata X corrisponde il centro del dispositivo, mentre alla coordinata Y corrisponde $\frac{1}{2}$ della distanza tra i centri dei dipoli (degli elettrodi di potenziale e di corrente);
- per la *configurazione gradiente (Gradient)* alla coordinata X corrisponde il centro tra gli elettrodi di potenziale, mentre alla coordinata Y corrisponde $\frac{1}{2}$ della spaziatura tra l'elettrodo di corrente più vicino e il centro tra gli elettrodi di potenziale;
- per la *configurazione a due elettrodi (Pole-Pole)* alla coordinata X corrisponde il centro del dispositivo, mentre alla coordinata Y corrisponde $\frac{1}{2}$ della distanza tra gli elettrodi A e M;
- per la *configurazione SEV (Schlumberger)* alla coordinata X corrisponde il centro del dispositivo, mentre alla coordinata Y corrisponde $\frac{1}{2}$ della distanza tra gli elettrodi estremi (di corrente).

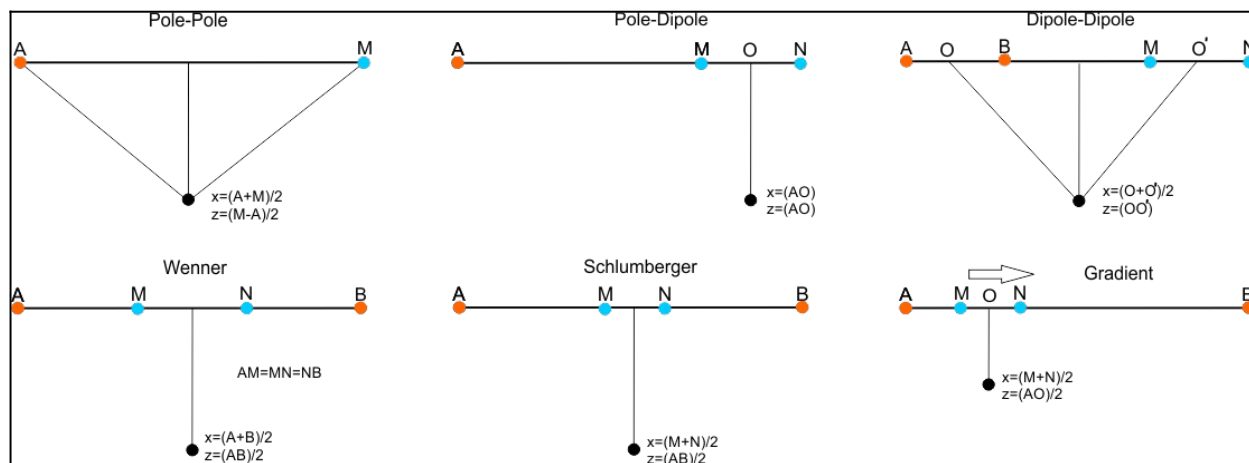


Fig. 27 Principali tipi di configurazioni elettrodeiche per le indagini elettriche

Quando si visualizza la pseudosezione (se sono presenti configurazioni reciproche), è possibile visualizzare i dati delle singole configurazioni tramite il menu **Options / Data / Arrays** (Pole-Dipole F, Pole-Dipole R e così via). Per grandi volumi di misure, con l'opzione **Options / Data / Pseudo / Display every** è possibile ridurre il numero di punti della pseudosezione. Per impostazione predefinita, questa opzione viene attivata quando si carica un file di dati contenente più di 3000 misure.

Nella sezione centrale del programma, è possibile visualizzare i pesi delle misure sotto forma di pseudosezione con l'opzione **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data weights** e l'errore di fit relativo per ciascuna misura con **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit**.

Editor dei dati

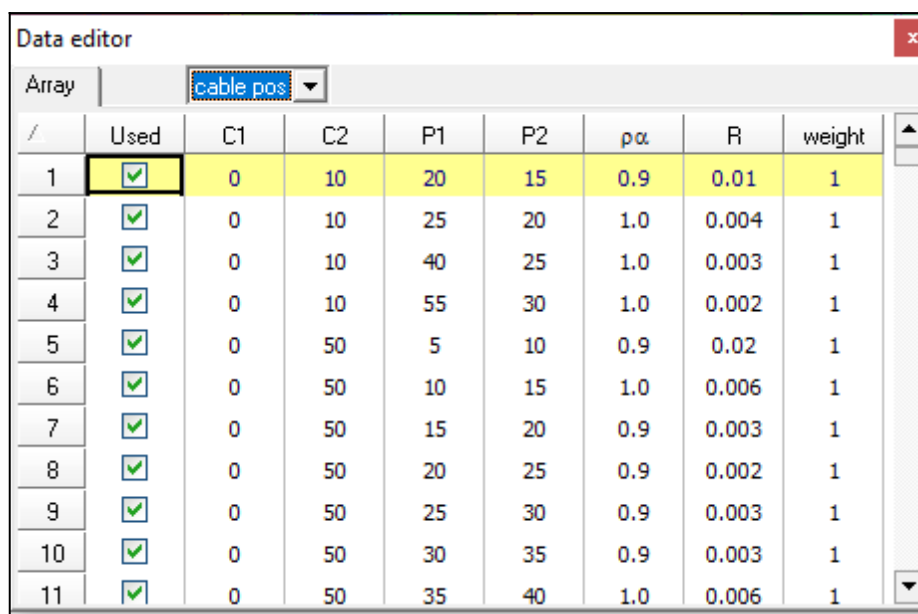
L'editor dei dati  serve a visualizzare la configurazione di acquisizione e i valori misurati. La finestra contiene una tabella composta da 9 colonne:

ID	Indice della misura.
Used	Indicatore che segnala se la misura viene utilizzata nell'inversione.
C1	Posizione del primo elettrodo di corrente sul profilo.
C2	Posizione del secondo elettrodo di corrente sul profilo.
P1	Posizione del primo elettrodo di potenziale sul profilo.
P2	Posizione del secondo elettrodo di potenziale sul profilo.
$\rho\alpha$	Valore della resistività apparente ottenuto dalla misura.
R	Valore del segnale normalizzato misurato.

Weight	Peso della misura.
--------	--------------------

Se un elettrodo è assente, la sua coordinata viene sostituita dal simbolo *.

Se necessario, le ultime tre colonne possono essere modificate tramite la tastiera. Non si devono inserire valori assurdi per la resistività apparente o per il segnale normalizzato. I pesi delle misure sono compresi tra 0 e 1. Facendo clic sull'intestazione di una colonna, la tabella viene ordinata in base ai valori di quella colonna.



Array		cable pos						
/	Used	C1	C2	P1	P2	ρ_a	R	weight
1	☒	0	10	20	15	0.9	0.01	1
2	☒	0	10	25	20	1.0	0.004	1
3	☒	0	10	40	25	1.0	0.003	1
4	☒	0	10	55	30	1.0	0.002	1
5	☒	0	50	5	10	0.9	0.02	1
6	☒	0	50	10	15	1.0	0.006	1
7	☒	0	50	15	20	0.9	0.003	1
8	☒	0	50	20	25	0.9	0.002	1
9	☒	0	50	25	30	0.9	0.003	1
10	☒	0	50	30	35	0.9	0.003	1
11	☒	0	50	35	40	1.0	0.006	1

Fig. 28 Finestra di dialogo dell'editor dei dati

L'elenco a discesa consente di visualizzare la posizione degli elettrodi lungo il cavo **Cable pos** oppure le loro coordinate **X pos**, **Y pos**, **Z pos**, nonché la topografia (**topo**).

Quando si sposta il cursore sulla tabella, la posizione degli elettrodi della misura attiva e il punto di acquisizione vengono visualizzati sulla pseudosezione o sul piano dei grafici.

L'editor dei dati è richiamabile anche tramite le opzioni **Options / Extra/Potential&sensitivity in model** in modalità di visualizzazione del potenziale (**Potential isolines**) o della sensibilità (con isolinee – **Sensitivity isolines**, sotto forma di mappa – **Sensitivity contours**).

Modellazione

La modellazione è un processo importante che precede i lavori sul campo. Sulla base delle informazioni a priori sull'oggetto di ricerca, sulle sue proprietà fisiche e sui parametri dell'ambiente

circostante, il geofisico può definire un modello teorico corrispondente alla situazione geologica attesa. Il risultato della modellazione consente di determinare il livello del segnale e la capacità di risoluzione della configurazione di acquisizione scelta. L'analisi preliminare permette di ottimizzare la metodologia dei lavori sul campo. Questo approccio è considerato professionale.

Il programma «**ZondRes2D**» consente di modellare i dati dei metodi di resistività e polarizzazione indotta in due dimensioni (2D), tenendo conto della topografia del profilo di acquisizione. Per eseguire la modellazione sono necessari la geometria della configurazione di acquisizione e il modello del mezzo.

Creazione della mesh del modello

Subito dopo aver creato un nuovo sistema di misurazione per la modellazione o aver aperto un file con dati di campo, viene visualizzata la finestra di dialogo per la configurazione della mesh del modello iniziale.

Per creare un nuovo modello o modificare i parametri di un modello esistente, si può selezionare la voce di menu **Options / Mesh constructor**.

Nella finestra di dialogo **Mesh constructor**, è possibile scegliere i parametri della mesh, la resistività elettrica e la caricabilità del mezzo circostante.

The screenshot shows the 'Mesh constructor' dialog box with two tabs: 'Settings' and 'Preview'. The 'Settings' tab is active. It is divided into two main sections: 'Vertical nodes' and 'Horizontal nodes'. The 'Vertical nodes' section includes input fields for 'Start height' (1), 'Maximal depth' (164.49), 'Layers number' (30), and 'Incremental factor' (1.10), along with a checked 'Regular mesh' checkbox. The 'Horizontal nodes' section includes input fields for 'Minimum' (1300), 'Maximum' (1900), 'Nodes number' (121), and 'Intermediate nodes' (1), also with a checked 'Regular mesh' checkbox. At the bottom, there are input fields for 'Start resistivity' (90) and 'Start polarizability' (0.7). 'Apply' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Section	Parameter	Value
Vertical nodes	Start height	1
	Maximal depth	164.49
	Layers number	30
	Incremental factor	1.10
	Regular mesh	☒
Horizontal nodes	Minimum	1300
	Maximum	1900
	Nodes number	121
	Intermediate nodes	1
	Regular mesh	☒
Global	Start resistivity	90
	Start polarizability	0.7

Fig. 29 Finestra di dialogo per la configurazione del modello iniziale

La sezione **Vertical nodes** contiene le opzioni che consentono di definire i parametri verticali della mesh del modello. Inizialmente il programma seleziona automaticamente questi parametri in base alle regole seguenti:

- La profondità dello strato inferiore corrisponde alla metà della pseudoprofondità massima del sistema di misurazione. La pseudoprofondità è determinata dalla spaziatura del dispositivo;
- Il numero di strati corrisponde al doppio del numero di coefficienti di configurazione univoci per il sistema di misurazione e non supera 40;
- Lo spessore di ogni strato successivo è circa 1.1 volte quello del precedente.

L'utente può modificare i parametri del modello iniziale impostati automaticamente dal programma.

Start height – imposta lo spessore del primo strato. Questo valore deve corrispondere approssimativamente alla lunghezza della cella e soddisfare i requisiti di risoluzione.

Maximal depth – indica la profondità dello strato inferiore. Si tenga presente che la profondità massima non deve essere eccessiva, poiché l'influenza dei parametri della sezione geoelettrica diminuisce con la profondità. Questo parametro viene calcolato automaticamente.

Layers number – imposta il numero di strati del modello. Dal punto di vista fisico, non dovrebbe superare di molto il numero di coefficienti di configurazione univoci (spaziature) per il sistema di misurazione in uso. In genere, sono sufficienti 12-20 strati per descrivere il modello. È sconsigliabile impostare valori elevati per questo parametro, poiché ciò riduce notevolmente la velocità di calcolo.

Incremental number – imposta il rapporto tra lo spessore di strati adiacenti. I valori di questo parametro sono in genere compresi tra 1 e 2.

L'area **Horizontal nodes** contiene opzioni che consentono di impostare i parametri della mesh orizzontale del modello.

Minimum – indica la coordinata minima del profilo di misurazione.

Maximum – indica la coordinata massima del profilo di misurazione.

Intermediate nodes – imposta il numero di nodi aggiuntivi tra le posizioni univoche degli elettrodi sul profilo (0 - 20). La presenza di nodi aggiuntivi migliora l'accuratezza della soluzione del problema diretto, soprattutto quando si utilizza il potenziale totale (Total potential calculation).

Nodes number – se l'opzione è attivata, la mesh viene generata con passo uniforme (in orizzontale), dal valore del campo **Minimum** al valore del campo **Maximum**. Il numero di nodi si imposta nel campo **Nodes number**. Attivare questa opzione quando la rete di misurazione non è

regolare. È preferibile utilizzare una rete uniforme con sistemi di acquisizione non tomografici, ad esempio per l'interpretazione 2D dei dati di sondaggio elettrico verticale (SEV) (vedere la figura seguente).

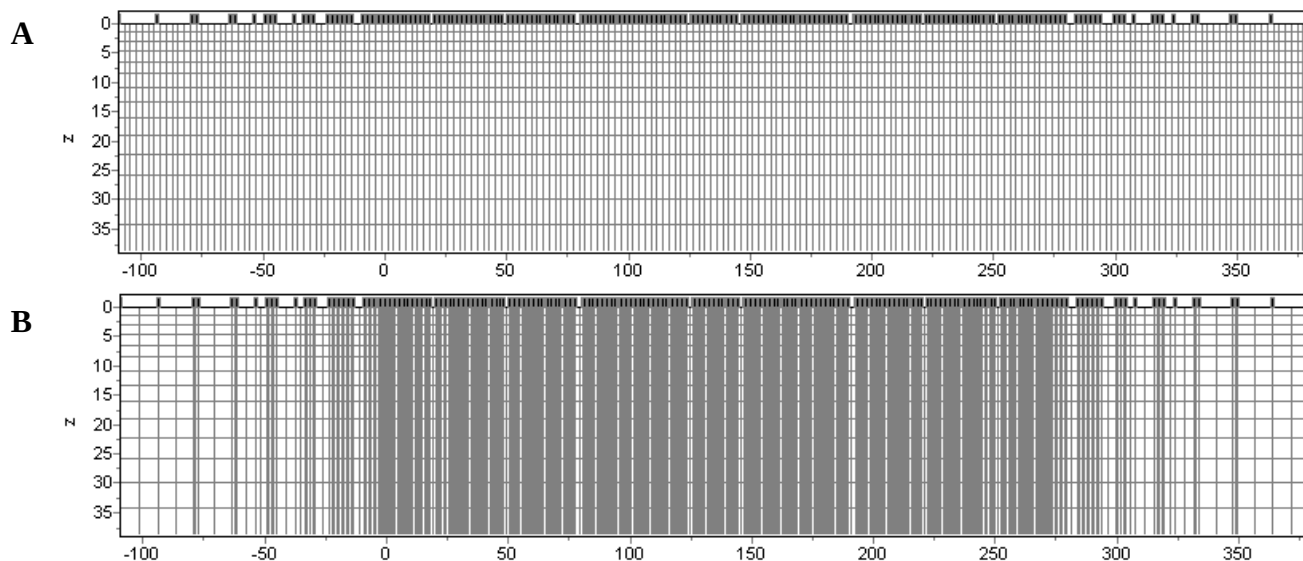


Fig. 30 Mesh uniforme (A), mesh non uniforme (B) del modello

Attivando questa opzione, il numero di celle si riduce notevolmente, ma l'algoritmo trascura i dati per i quali l'elettrodo di corrente e quello di potenziale (di una stessa misura) ricadono nella stessa cella, a causa della non linearità della funzione di potenziale in questo caso.

Regular mesh – attiva l'algoritmo di generazione della mesh orizzontale, che seleziona i nodi aggiuntivi in modo da ottenere una suddivisione uniforme. Attivare l'opzione quando le distanze tra elettrodi adiacenti variano notevolmente (ciò migliora la soluzione del problema diretto e del problema inverso). Il pulsante **st=** accanto all'opzione apre il campo **X discretization step** per impostare il passo di suddivisione delle celle lungo l'asse X («*» – automatico), se l'opzione Nodes number non è attivata. Se l'opzione **In elec** è attivata, è disponibile il campo per impostare il numero di nodi intermedi tra gli elettrodi.

Quando si lavora con dati di pozzo, l'opzione **Regular mesh** è attiva sia in orizzontale sia in verticale. Ciò consente di impostare una suddivisione uniforme anche in direzione verticale. L'opzione **In elec**, attiva quando si lavora con dati di pozzo, garantisce la coincidenza dei nodi della mesh con gli elettrodi nel pozzo.

Start resistivity – imposta la resistività elettrica del modello iniziale.

Start polarizability – imposta la caricabilità del modello iniziale.

I parametri della mesh impostati possono essere salvati e caricati (pulsanti  e  nell'angolo superiore destro della finestra di impostazione dei parametri del modello).

La scheda **Preview** consente di visualizzare la mesh impostata.

Dopo aver impostato i parametri della mesh, premere il pulsante **Apply**, quindi il programma passa alla modalità operativa.

Modifica del modello

In **ZondRes2D** sono disponibili tre modalità per modificare il modello:

- modalità a blocchi (pulsante  della barra di accesso rapido), destinata alla modifica diretta delle celle del modello (sia della larghezza o dello spessore della riga di celle selezionata, sia delle proprietà delle celle). In modalità a blocchi è inoltre possibile modificare la geometria della mesh creata inizialmente nella finestra di dialogo **Options / Mesh constructor**;

- modalità a strati irregolari (pulsante  della barra di accesso rapido), destinata alla creazione e alla modifica di un modello a strati irregolari;

- modalità poligonale (pulsante  della barra degli strumenti). La modalità poligonale consente di definire un mezzo costituito da un insieme di corpi collegati o non collegati tra loro.

Si noti che in tutte le modalità del modello sono disponibili diversi strumenti ausiliari che facilitano la definizione del modello: pozzi, immagini di sfondo raster e modelli provenienti da altri programmi del pacchetto Zond.

Lavorare con il modello a blocchi (a celle)

Questa modalità consente di modificare con il mouse i parametri di singole celle del modello o di gruppi di celle. Lavorare con le celle del modello è simile a modificare un'immagine raster con un editor grafico. Quando il cursore si sposta sull'area del modello, la barra di stato inferiore della finestra principale mostra le coordinate e i parametri della cella attiva su cui si trova il cursore. La cella attiva è racchiusa in un rettangolo, che funge da cursore. La cella selezionata o bloccata è contrassegnata da un retino di punti bianchi o neri.

Per lavorare con il modello a blocchi nel programma sono disponibili due gruppi di strumenti: il menu contestuale (richiamato facendo clic con il pulsante destro del mouse nell'area di modifica del modello), la barra degli strumenti mobile (**Options / Model / Model Editor toolbar**) e la scala

cromatica. Le funzioni del menu contestuale e della barra degli strumenti mobile si duplicano in larga misura:

<i>Menu contestuale</i>	<i>Model tools</i>	<i>Opzione</i>
		Zoom, modifica della scala di visualizzazione del modello.
Display cell setup		Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri della cella.
Cell to cursor value		Utilizzare il parametro della cella attiva come valore corrente.
Edit mode		Attivare la modalità di modifica.
Selection\Free form selection		Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area ha confini definiti dall'utente. Lo stesso strumento può essere utilizzato tenendo premuto il tasto C.
Selection\Rectangular selection		Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è rettangolare.
		Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. L'area è ellittica.
Selection\Magic wand		Selezionare un insieme di celle nell'area di modifica con il mouse. Vengono selezionate la cella attiva e le celle adiacenti con un parametro simile al suo. Il grado di somiglianza è definito nella finestra di dialogo di configurazione dei parametri del modello. Lo stesso strumento può essere utilizzato tenendo premuto il tasto X.
Selection\Remove selection		Eliminare la selezione.
Mesh options\Add column /row		Aggiungere un nuovo limite verticale o orizzontale. Il nuovo limite viene inserito facendo clic con il mouse nella posizione desiderata.
Mesh options\Remove		Eliminare il limite verticale o orizzontale selezionato.

column /row		
Mesh options\Resize column /row		Modificare con il mouse lo spessore di una riga o di una colonna.
Clear model		Cancellare completamente il modello. Rimuovere tutte le aree selezionate e ripristinare un semispazio omogeneo con le proprietà fisiche specificate durante la creazione del modello iniziale in «Mesh constructor».
Clear parameters		Ripristinare un semispazio omogeneo con le proprietà fisiche specificate durante la creazione del modello iniziale in «Mesh constructor». Le aree selezionate nel modello vengono mantenute. Inoltre, vengono mantenuti gli intervalli delle proprietà fisiche definiti dall'utente.

A destra dell'area di modifica del modello si trova una scala cromatica che associa il colore al valore di resistività. Per selezionare il valore corrente, si fa clic con il pulsante sinistro del mouse sulla scala; il valore viene visualizzato sotto la scala cromatica. Il parametro della cella si modifica con il mouse: facendo clic con il pulsante sinistro del mouse sulla cella, il suo parametro viene impostato sul valore corrente.

Per creare rapidamente un modello, il programma dispone di diverse modalità di selezione delle celle: rettangolare, ellittica, di forma libera e in base a un determinato valore del parametro. Le opzioni corrispondenti possono essere richiamate dal menu contestuale, facendo clic con il pulsante destro del mouse nell'area di modifica del modello, oppure dalla barra degli strumenti (**Options / Model / Model Editor toolbar**). Se è selezionata un'area della sezione, facendo clic con il pulsante sinistro del mouse in un punto qualsiasi dell'area selezionata si assegna a tutte le celle dell'area il valore corrente del parametro.

Il sottomenu di selezione contiene anche la voce **Smooth selection** – smussatura dei parametri delle celle selezionate (4 passaggi di media su 5 punti; per la scala logaritmica, la media viene calcolata sui logaritmi).

Ad esempio, per assegnare un determinato valore di resistività a un'area rettangolare della sezione, selezionare l'area con gli strumenti descritti sopra, fare clic con il pulsante sinistro del mouse sulla scala cromatica per scegliere la resistività desiderata, quindi fare clic con il pulsante sinistro del mouse su una cella qualsiasi dell'area selezionata; a questa verrà assegnato il valore scelto.

L'ingrandimento della visualizzazione o lo spostamento di una porzione specifica si eseguono in modalità **Zoom&Scroll** (attivabile dal menu contestuale di configurazione dei parametri del modello, facendo clic con il pulsante destro del mouse accanto alla dicitura **Resistivity block-section** nella finestra del modello) oppure premendo il pulsante  della barra Model tools. Per selezionare l'area da ingrandire, spostare il cursore del mouse verso il basso e a destra tenendo premuto il pulsante sinistro. Per ripristinare la scala iniziale, eseguire la stessa operazione spostando il mouse verso l'alto e a sinistra.

Premendo il pulsante sinistro del mouse mentre si tiene premuto SHIFT su una cella o su un gruppo di celle, si aumenta il relativo parametro. Premendo il pulsante destro del mouse mentre si tiene premuto SHIFT su una cella o su un gruppo di celle, si diminuisce il relativo parametro. La percentuale di variazione del valore è definita nella finestra di dialogo di configurazione dei parametri del modello. Se la cella attiva appartiene a una selezione, tutte le operazioni descritte si applicano all'intera selezione. Questa opzione è disponibile quando è attiva l'opzione  (**Edit mode**).

Premendo il pulsante del mouse mentre si tiene premuto CTRL è possibile spostare con il mouse l'insieme di celle selezionato nell'area di modifica. Se si trascina la selezione tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, il contenuto delle celle selezionate viene copiato nella nuova posizione. Se si trascina la selezione tenendo premuto il pulsante destro del mouse, il contenuto delle celle selezionate viene tagliato e copiato nella nuova posizione.

Si noti che passando dalla modalità resistività alla modalità caricabilità, l'area selezionata viene mantenuta.

È inoltre possibile impostare i valori del parametro delle celle selezionate utilizzando la finestra di dialogo di configurazione dei parametri della cella **Cell setup** (vedere la figura seguente).

La finestra di dialogo è destinata alla selezione dei parametri della cella o della selezione.

Value – imposta il valore del parametro della cella.

Fixed – fissa o sblocca il parametro della cella.

Min value, Max value – definisce l'intervallo di variazione del parametro della cella.

Le caselle di controllo a sinistra di ciascuna opzione vengono selezionate se si desidera applicare il nuovo valore a tutte le celle della selezione.

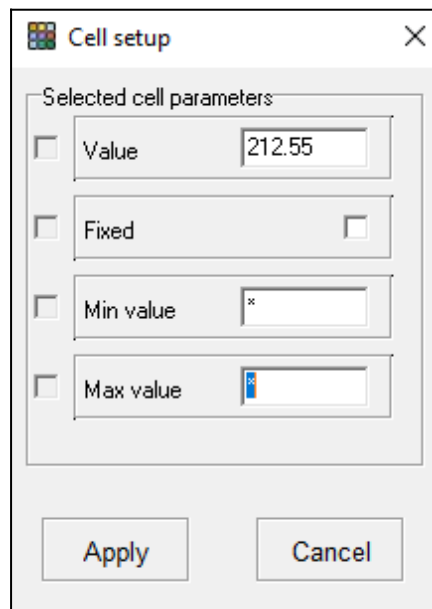


Fig. 31 Finestra di dialogo Cell setup

Facendo clic con il tasto destro in diverse aree dell'editor del modello, vengono visualizzati menu contestuali con le seguenti opzioni:

Asse verticale	Set maximum	Impostare la profondità dello strato inferiore.
	Redivide	Impostare lo stesso spessore per tutti gli strati del modello (a questa scala).
	Thick mesh	Eliminare un nodo sì e uno no della mesh verticale.
	Thin mesh	Aggiungere nodi intermedi alla mesh verticale.
Asse orizzontale	Redivide	Impostare la stessa larghezza per le celle comprese tra posizioni univoche degli elettrodi.
	Thick mesh	Eliminare un nodo sì e uno no della mesh orizzontale (se nel nodo non è collocato un elettrodo).
	Thin mesh	Aggiungere nodi intermedi alla mesh orizzontale.
Area superiore, accanto a	Display model mesh	Indica se visualizzare la mesh.
	Display objects border	Indica se visualizzare il contorno dell'oggetto.
	Setup	Aprire la finestra di dialogo per configurare i

		parametri del modello.
	Display color bar	Indica se visualizzare la scala cromatica.
	Zoom&Scroll CTRL+A	Attivare la modalità di zoom e scorrimento.
	Print preview	Stampare il modello.
Scala cromatica	Setup	Aprire la finestra di dialogo per configurare i parametri del modello.
	Set range	Impostare manualmente i valori minimo e massimo della scala cromatica.
	Automatic	Determinare automaticamente i valori minimo e massimo della scala cromatica.
	Log scale	Impostare la scala logaritmica per la scala cromatica.
	Set half-space value	Determinare il valore del parametro del mezzo inglobante.
	Set cursor value	Posizionare il cursore su un valore specifico della scala.
	Colors as histogram	Impostare i colori in base alla distribuzione delle resistività delle celle del modello.

Modello a strati arbitrari

Il modello a strati arbitrari è rappresentato da un insieme di strati, la cui geometria dei confini e le variazioni dei parametri all'interno di ciascuno strato sono definite arbitrariamente. Si tratta del cosiddetto *modello 2D soft*, che presuppone l'assenza nella sezione di piccole disomogeneità locali contrastanti.

È una variante della modalità principale, in cui il mezzo è suddiviso in celle, ma rappresentato a strati. Questa descrizione del mezzo è più strutturata e comprensibile per i geologi.

Il modello a strati arbitrari presenta vantaggi evidenti, tra cui una sezione di aspetto «geologico» ben leggibile e la possibilità di eseguire un'inversione congiunta di dati provenienti da più metodi geofisici.

Nella modalità del modello a strati arbitrari (pulsante  della barra degli strumenti della finestra principale del programma) compare una sezione aggiuntiva nel menu principale: **Layered**.

Prima di iniziare il lavoro, è necessario creare un modello iniziale del mezzo. Come sezione di partenza si utilizza un mezzo stratificato orizzontalmente, con parametri costanti all'interno di ciascuno strato. Il modello iniziale può essere configurato nella finestra di dialogo, richiamabile dal menu principale con **Layered/model constructor**. Nella soluzione del problema inverso è molto importante fornire una buona stima iniziale del modello, il più possibile vicina al mezzo reale. Il modello iniziale può essere scelto sulla base dell'analisi dei risultati dell'inversione nella modalità con mesh. Gli stessi risultati possono essere integrati nella struttura del modello creato mediante l'opzione **Layered/Load from mesh**.

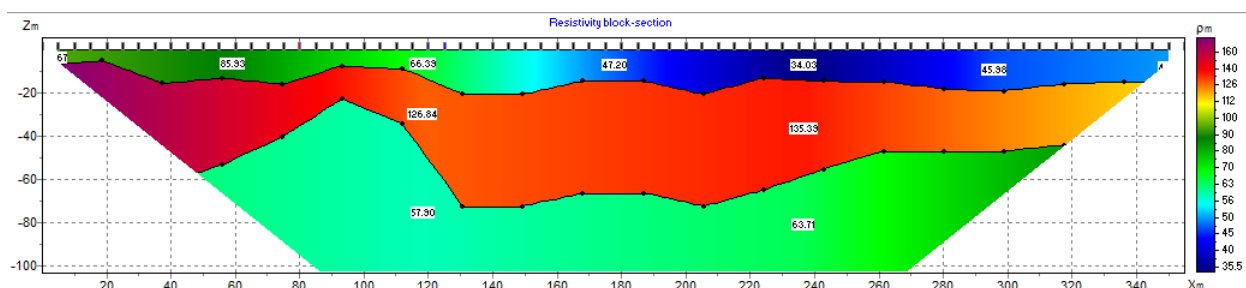


Fig. 32 Sezione nella modalità del modello a strati arbitrari

Tra i parametri importanti figurano il numero di strati e il loro spessore. Altri parametri sono il numero di nodi della geometria dei confini e il numero di nodi di variazione del parametro all'interno dello strato. Un nodo della geometria del confine di uno strato è un punto in cui la sua coordinata verticale può variare. Pertanto, un numero maggiore di nodi consente una geometria del confine più complessa. D'altra parte, un numero minore di nodi permette di determinare il confine con maggiore affidabilità. È preferibile scegliere il numero di nodi della geometria in base al numero di posizioni univoche degli elettrodi lungo il profilo. Il numero di nodi è uguale per tutti i confini degli strati, tranne la superficie di misura. Nella modalità di modellazione (**Layered/Edit mode**) i nodi sono visualizzati come cerchi; si possono trascinare con il mouse o fissare durante l'inversione (facendo clic sul nodo mentre si tiene premuto CTRL, i nodi fissati vengono visualizzati in rosso). La modifica dei confini è più agevole con l'opzione **Layered/Transparent** attivata, quando il risultato dell'inversione nella modalità con mesh viene usato come immagine di sfondo.

I nodi del parametro, o profilo di variazione del parametro, definiscono la distribuzione del parametro all'interno dello strato. Il profilo del parametro è definito da un insieme di valori nodali fissi, tra i quali il parametro varia linearmente. Il programma consente di impostare un numero diverso di nodi per il primo strato e per tutti quelli successivi. In genere, i parametri dello strato superiore variano maggiormente, quindi è opportuno definirne il profilo in modo più dettagliato (3-10 nodi). Negli strati inferiori i parametri variano più gradualmente, perciò possono bastare 1-3 nodi. Nella modalità di modellazione (**Layered/Edit mode**) è possibile modificare i valori dei parametri

nodali facendo clic con il tasto destro sull'etichetta del valore; per fissare il parametro durante l'inversione, fare clic con il tasto destro sull'etichetta del valore mentre si tiene premuto CTRL.

È importante sottolineare un ulteriore ruolo del mezzo a strati arbitrari: consente di eseguire l'inversione congiunta di dati provenienti da diversi metodi geofisici, ottenendo un modello con geometria dei confini e posizioni dei nodi di variazione dei parametri comuni. L'inversione congiunta è possibile con i seguenti tipi di dati: caricabilità, tempi VP, tempi VS, dati gravimetrici, dati magnetometrici, dati MT, dati TEM. Naturalmente, poiché i diversi metodi geofisici utilizzano parametri fisici differenti, è necessario configurare ciascuno di essi.

La configurazione di un modello a strati arbitrari si effettua nel costruttore del modello (**Layered/Model constructor**) (vedere la figura seguente).

N	par	Pmin	Pmax	H	Hmin	Hmax
1	90	0.1	100000	10.4	5.2	20.7
2	90	0.1	100000	25.9	12.9	51.8
3	90	0.1	100000	*	*	*

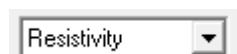
Fig. 33 Finestra del costruttore del modello

Start thickness consente di impostare lo spessore del primo strato.

Layers number imposta il numero di strati del modello (2–10).

Thickness factor – coefficiente di incremento dello spessore di ciascuno strato successivo rispetto al precedente.

Geometry nodes – numero di nodi geometrici per ciascun limite di strato (da 4 a 100). In corrispondenza di questi nodi è possibile modificare verticalmente il limite.



- consente di impostare il tipo di parametro selezionandolo dall'elenco.

Resistivity – resistività elettrica, dati SEV, MT o TEM.

Polarizability – caricabilità, dati di tomografia di resistività elettrica (ERT) con IP.

Gravity – densità, dati gravimetrici.

Magnetic – suscettibilità magnetica, dati magnetici.

Velocity – velocità delle onde longitudinali o trasversali.

Se il tipo selezionato non è disponibile (i dati del metodo corrispondente non sono stati caricati nel progetto), il valore passa a Resistivity.

Si noti che i parametri del tipo selezionato nell'elenco vengono visualizzati come etichette sugli strati. Ciò consente di visualizzare contemporaneamente i risultati dell'interpretazione di due proprietà. Il colore rappresenta la resistività elettrica o la caricabilità, a seconda della modalità corrente, mentre il valore numerico rappresenta il parametro selezionato nell'elenco.

Par value – imposta il valore iniziale del parametro nel primo strato.

Par nodes 1 layer – il numero di nodi dei parametri determina la distribuzione dei parametri all'interno del primo strato. Il profilo di variazione del parametro è definito da un insieme di valori fissi nei nodi, tra i quali il parametro varia linearmente. Se nel campo di inserimento si immette 1, il parametro dello strato sarà costante. Se si immette 2, i parametri varieranno linearmente da sinistra a destra.

Par nodes 2-n layers – il numero di nodi dei parametri determina la distribuzione dei parametri all'interno degli strati successivi. Il profilo di variazione del parametro è definito da un insieme di valori fissi nei nodi, tra i quali il parametro varia linearmente. Se nel campo di inserimento si immette 1, il parametro dello strato sarà costante. Se si immette 2, i parametri varieranno linearmente da sinistra a destra.

Nella parte inferiore della finestra **Start model** è presente una tabella. Nella tabella è possibile impostare manualmente l'intervallo di valori della proprietà fisica **par** per l'inversione, da **Pmin** a **Pmax**. Inoltre, è possibile impostare lo spessore dello strato **H** e i limiti entro i quali può variare durante il processo di inversione (da **Hmin** a **Hmax**). Se si preferisce lavorare con le profondità anziché con gli spessori degli strati, si selezioni la casella accanto a **for Z**.

Per eseguire l'inversione congiunta dei dati di resistività elettrica e IP utilizzando una geometria degli strati comune, si utilizza l'opzione **Invert Rho&IP**.

La geometria dei limiti viene adattata durante l'inversione quando è attiva l'opzione **Invert boundaries**. In alcuni casi è necessario adattare solo i parametri, mantenendo fissi i limiti noti; in tal caso, si deselezioni l'opzione **Invert boundaries**.

Draw labels – visualizza i valori della proprietà fisica.

L'opzione **Transparent** rende il modello a strati trasparente rispetto al modello a mesh (a blocchi), mostrando solo i limiti orizzontali del modello a strati.

Edit mode – attiva la modalità di modifica del modello a strati arbitrari. La modifica si effettua con il mouse. I limiti vengono modificati spostando i nodi solo in direzione verticale. Facendo clic destro sull'etichetta dello strato è possibile modificare il valore della proprietà fisica.

Per salvare e caricare il modello a strati da un file di testo, si utilizzano le opzioni **Save layers** e **Load layers**.

Modellazione poligonale

In molte situazioni è più pratico definire il modello come un insieme di corpi con sezione poligonale. In **ZondRes2D** questa possibilità è offerta dalla modalità di modellazione poligonale. Per accedere alla modalità, si preme il pulsante ; nell'angolo superiore sinistro dello schermo appare la barra degli strumenti per la creazione di un modello poligonale. Se nel progetto corrente è già stato creato un modello poligonale, questo viene visualizzato nella finestra del modello.

La creazione di modelli poligonalici in **ZondRes2D** è simile alla creazione di poligoni nei programmi di grafica vettoriale.

La modalità di modellazione poligonale consente di descrivere sia singoli poligoni (corpi) in un mezzo omogeneo incassante, sia un sistema di poligoni (corpi) collegati tra loro. Per creare e modificare un poligono, si seleziona lo strumento desiderato dalla barra degli strumenti per la modellazione poligonale:

Strumento	Opzione
	Creazione di un poligono. Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse si aggiunge un nuovo nodo al contorno del poligono. La definizione del contorno termina con un clic destro, dopodiché il poligono viene chiuso automaticamente.
	Eliminazione di un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, si fa clic destro sul poligono da eliminare.
	Creazione di un poligono adiacente a un poligono esistente o al limite dell'area di modellazione. Dopo aver selezionato questo strumento, si definisce il

	contorno non adiacente al poligono esistente. Il primo e l'ultimo punto del contorno definito devono appartenere al limite del corpo adiacente oppure al limite dell'area di modellazione. La definizione del contorno termina con un clic destro. Il programma seleziona automaticamente il limite adiacente oppure, se sono possibili due opzioni, chiede di selezionarlo tramite una finestra di dialogo.
	Separazione di poligoni adiacenti. Se con lo strumento precedente è stato creato un modello contenente poligoni adiacenti, questo strumento consente di separarli, in modo da poter modificare indipendentemente i confini, spostare o eliminare un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, si seleziona con il pulsante sinistro del mouse il poligono da separare (facendo clic una sola volta in un punto qualsiasi del poligono; i suoi confini cambiano colore). Facendo clic con il pulsante destro del mouse si conclude la procedura di separazione.
	Dividere un poligono con una linea retta (creare due poligoni da uno). Si indica il primo punto della linea retta con il pulsante sinistro del mouse, quindi il secondo con il pulsante destro. Entrambi i punti devono trovarsi sul confine del poligono da dividere.
	Spostare un poligono. Si seleziona il poligono facendo clic con il pulsante sinistro del mouse. Durante il movimento del mouse, il poligono si sposta. La posizione del poligono viene confermata facendo clic con il pulsante destro.
	Spostare una parte del poligono.
	Aggiungere un nodo. Si fa clic con il pulsante destro del mouse sul punto del confine in cui si desidera aggiungere il nodo.
	Eliminare un nodo. Si fa clic con il pulsante destro del mouse sul nodo da eliminare.
	Spostare un nodo. Si seleziona il nodo facendo clic con il pulsante sinistro del mouse; lo si sposta muovendo il mouse e si conclude lo spostamento facendo clic con il pulsante destro.
	Lente di ingrandimento. Consente di modificare la scala di visualizzazione del modello.

Quando si utilizzano gli strumenti di modellazione poligonale, è necessario ricordare che **tutte le operazioni si concludono facendo clic con il pulsante destro del mouse.**

Per modificare la resistività, la caricabilità e la visualizzazione grafica di un poligono, si fa doppio clic con il pulsante sinistro del mouse in un suo punto qualsiasi. Si apre la finestra di dialogo **Body parameters** (vedere la figura seguente).

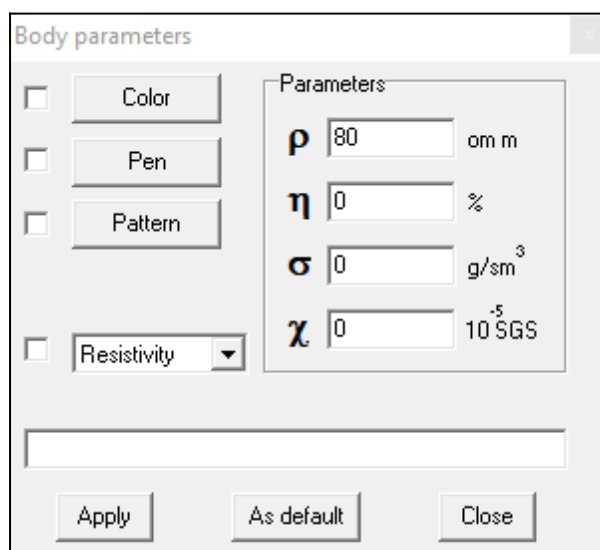


Fig. 34 Finestra di dialogo Body parameters

Nei campi ρ , η , σ , χ si inseriscono i valori di resistività, caricabilità, densità e suscettività magnetica. I pulsanti **Color**, **Pen**, **Pattern** aprono le finestre di dialogo per configurare il colore del poligono (diverso dalla scala cromatica del modello), il colore dei confini del poligono e il tipo di riempimento tratteggiato. L'elenco a discesa delle etichette offre le opzioni: None, Resistivity, ALL pars, User text (il testo personalizzato si inserisce nel campo sottostante). Le caselle di controllo accanto ai pulsanti e all'elenco applicano la relativa impostazione a tutti i poligoni. Il pulsante **As default** salva le impostazioni per i nuovi poligoni.

Quando si lavora con dati di potenziale spontaneo, è necessario specificare il tipo di conduzione del poligono: elettronica o ionica. La casella di controllo per la conduzione elettronica viene visualizzata nella finestra **Body parameters** solo se sono stati caricati dati SP; se non è selezionata, al poligono viene assegnata la conduzione ionica.

Lo scambio di valori tra i modelli poligonale e su mesh si effettua tramite i menu **Modeling / Get values from mesh** e **Modeling / Set values to mesh**. La prima opzione (inserimento che tiene conto della geometria) assegna ai poligoni i valori di resistività del modello a blocchi (ottenuti da un'inversione o una modellazione eseguita in precedenza); la seconda assegna al modello a blocchi i valori di resistività dei poligoni. Si passa dalla modalità a blocchi a quella poligonale e viceversa con il pulsante  della barra degli strumenti principale.

Di seguito è riportato un esempio di modello creato con gli strumenti di modellazione poligonale.

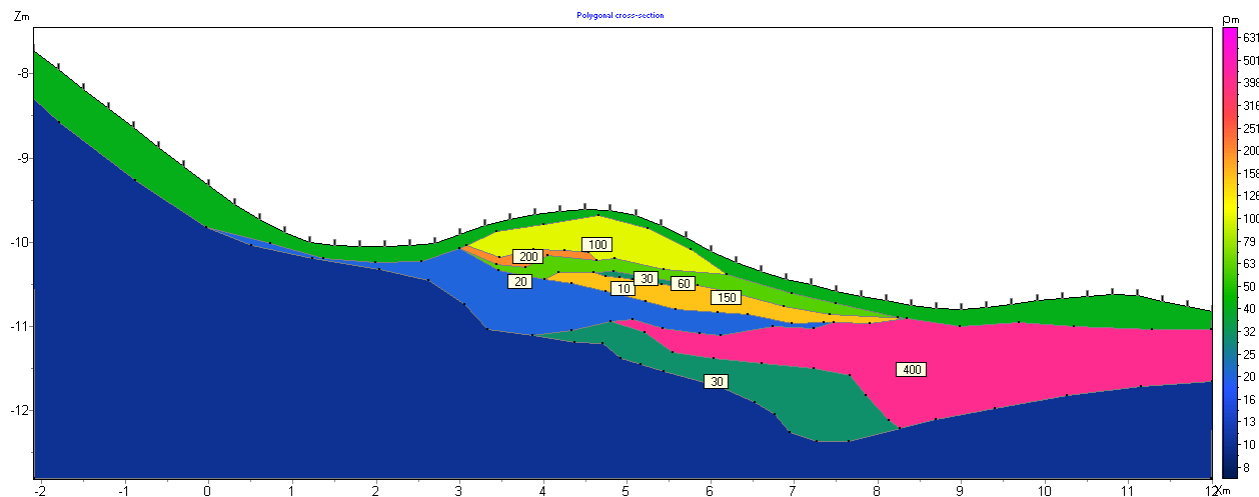


Fig. 35 Esempio di modello poligonale creato in ZondRes2D

I modelli poligonali si possono salvare e caricare mediante le opzioni **Save polygons** e **Load polygons** del menu **Modeling** della barra degli strumenti principale. Con l'opzione **Export model to CAD** si esporta il modello poligonale in un file di formato Autocad dxf.

Per eseguire il problema diretto sul modello creato, si fa clic sul pulsante  della barra degli strumenti oppure si preme la barra spaziatrice.

Per aumentare la precisione del calcolo del problema diretto, si consiglia di utilizzare una mesh di discretizzazione più dettagliata. In particolare, dopo aver creato un modello poligonale, si può passare alla modalità a blocchi con il pulsante  e utilizzare l'opzione **Thin mesh** nelle proprietà di ciascun asse; quindi si torna alla modalità di modellazione poligonale e si fa clic su . Il problema diretto verrà quindi calcolato su una mesh di discretizzazione più dettagliata.

La modalità **Polygonal modeling** può essere utilizzata per l'interpretazione congiunta di dati di sismica e di gravimetria e/o magnetometria. La parte comune è costituita dal reticolo poligonale; poiché il reticolo è fisso, i parametri vengono invertiti separatamente. La stima delle velocità dei poligoni si avvia con il pulsante , mentre per l'inversione dei dati gravimetrico-magnetici si utilizza l'opzione: **Options / GraviMagnetic / Inversion**.

Salvataggio e utilizzo dei dati di modello

Per utilizzare i valori calcolati come dati di campo durante l'inversione, è necessario salvare il risultato nel formato **Zond calculated data [*.z2d]**. I dati vengono salvati in un file di testo. In seguito, il file salvato può essere aperto come dati osservati. In alternativa, si può utilizzare l'opzione **Zond model with calculated [*.z2d]**, ma prima dell'inversione è necessario cancellare il modello

corrente. Per aggiungere rumore ai dati sintetici prima del salvataggio, si attiva l'opzione Save synthetic with noise.

Successivamente è possibile eseguire l'inversione di questi dati e analizzare le differenze tra il modello ricostruito e quello originale. Questo meccanismo consente di testare i sistemi di osservazione e verificare diverse ipotesi.

Interpretazione dei dati di campo

La fase più importante di qualsiasi indagine geofisica è la costruzione di modelli fisici del sottosuolo a partire dai dati osservati, ovvero la soluzione del problema inverso o l'inversione dei dati.

Per ottenere il risultato più affidabile possibile, è molto importante tenere conto di tutte le informazioni a priori, valutare la qualità dei dati, confrontare i risultati di metodi diversi e selezionare i parametri di inversione più adatti.

Il programma consente di eseguire l'inversione non solo con il metodo della resistività, ma anche l'inversione congiunta con altri metodi geofisici: dati di polarizzazione indotta, dati di metodi magnetotellurici, dati di misure gravimetriche e magnetiche, dati di metodi sismici, ecc.

Se sono disponibili dati di caricabilità, sulla barra degli strumenti compaiono i pulsanti  e , che consentono di passare tra le modalità di lavoro con i dati di resistività e di caricabilità.

Impostazioni dei parametri di inversione

Dopo aver caricato il file, analizzato i dati e impostato il modello iniziale, il passo successivo consiste nello scegliere il tipo di inversione e configurarne i parametri. La finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di inversione si apre facendo clic sul pulsante  oppure selezionando la voce di menu **Option / Program setup**.

La finestra di dialogo consente di configurare i parametri relativi alla soluzione del problema diretto e del problema inverso.

Default – assegna ai parametri i valori predefiniti.

I parametri principali dell'inversione si configurano nella scheda **General** (vedere la figura seguente).

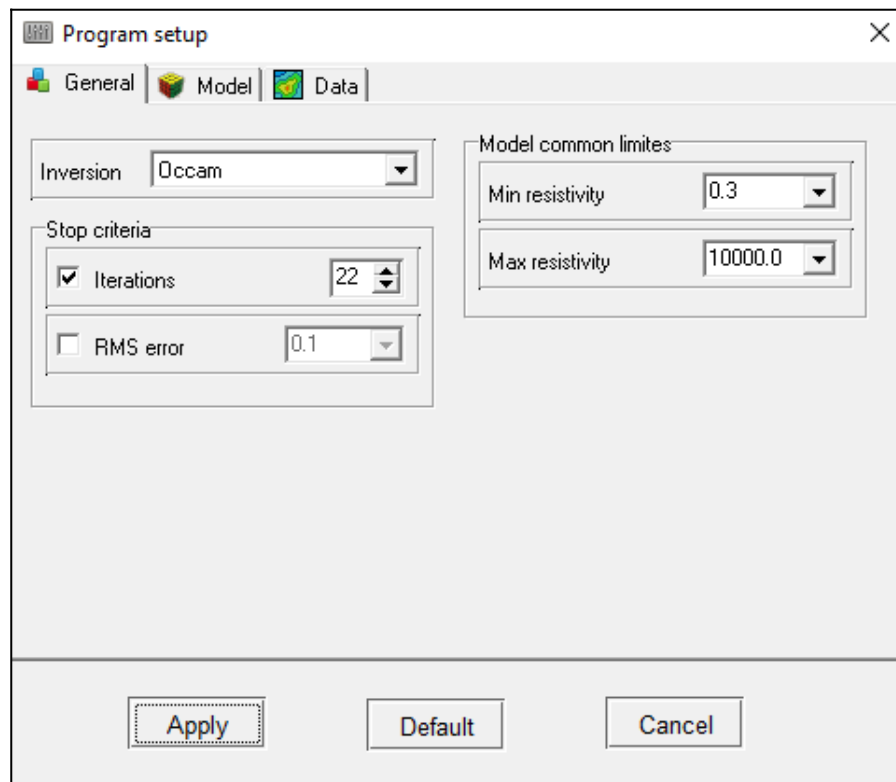


Fig. 36 Finestra di dialogo Program setup, scheda General

L'opzione **Inversion** determina l'algoritmo utilizzato per risolvere il problema inverso.

Esaminiamo i diversi algoritmi di inversione utilizzando il modello del sottosuolo costituito da diversi blocchi (vedere la figura seguente).

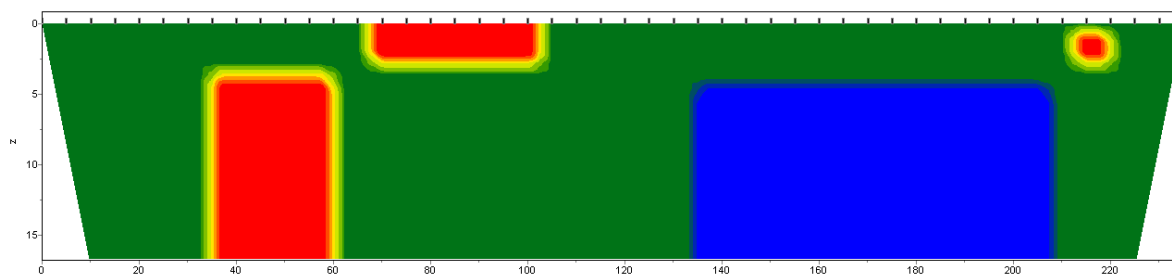


Fig. 37 Modello di prova del sottosuolo

Per testare gli algoritmi, è stata calcolata la risposta teorica del modello e al risultato è stato aggiunto rumore gaussiano del 5%.

Smoothness constrained – inversione ai minimi quadrati con un operatore di smoothing. Questo algoritmo produce una distribuzione stabile e regolare dei parametri, priva di discontinuità brusche (vedere la figura seguente).

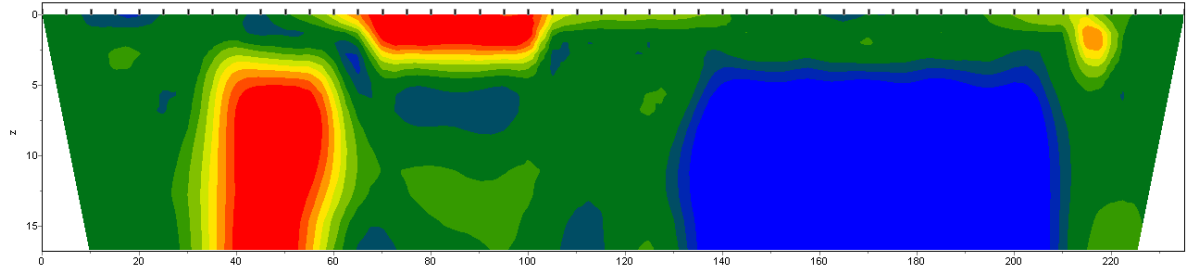


Fig. 38 Modello ricostruito mediante l'inversione **Smoothness constrained**

L'equazione matriciale di questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

Come si evince dall'equazione, durante l'inversione il programma non minimizza il contrasto del modello. Questo algoritmo consente di raggiungere valori minimi dell'errore di fit. Nella maggior parte dei casi se ne consiglia l'uso nelle fasi iniziali dell'interpretazione.

Occam – inversione ai minimi quadrati con un operatore di smoothing e un'ulteriore minimizzazione del contrasto [Constable, 1987]. Questo algoritmo produce la distribuzione dei parametri più regolare (vedere la figura seguente).

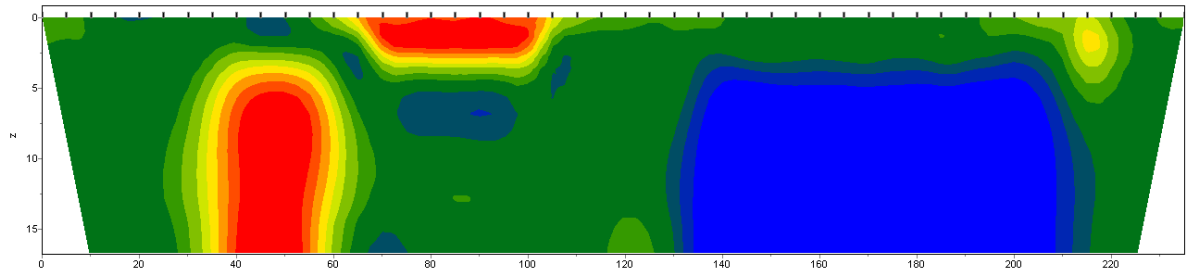


Fig. 39 Modello ricostruito mediante l'inversione **Occam**

L'equazione matriciale di questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T C m$$

Il grado di regolarità del modello risultante è direttamente proporzionale al valore di **Smoothness factor**. Si noti che valori eccessivamente elevati del parametro possono aumentare l'errore di fit.

Marquardt – algoritmo classico di inversione ai minimi quadrati, con regolarizzazione mediante un parametro di smorzamento (**Ridge regression**) [Marquardt, 1963]. Con un numero ridotto di parametri della sezione, l'algoritmo consente di ottenere un modello del sottosuolo contrastato (vedere la figura seguente).

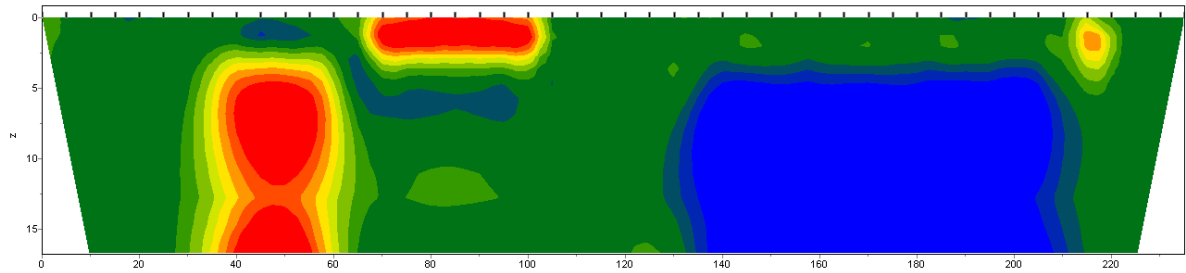


Fig. 40 Modello ricostruito mediante l'inversione *Marquardt*

L'equazione matriciale di questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

L'uso non prudente di questa variante dell'inversione può produrre risultati instabili o aumentare la deviazione quadratica media, causando la divergenza dell'algoritmo.

È preferibile utilizzare il metodo *Marquardt* come affinamento (per ridurre l'errore di fit), dopo aver eseguito l'inversione con gli algoritmi *Smoothness constrained* oppure *Occam*.

Blocks – stima dei parametri di singole aree con resistività diversa. Le aree con la stessa resistività vengono considerate come un unico blocco (vedere la figura seguente).

L'equazione matriciale di questa variante di inversione è uguale a quella dell'algoritmo *Marquardt*:

$$(A^T W^T W A + \mu I) \Delta m = A^T W^T \Delta f$$

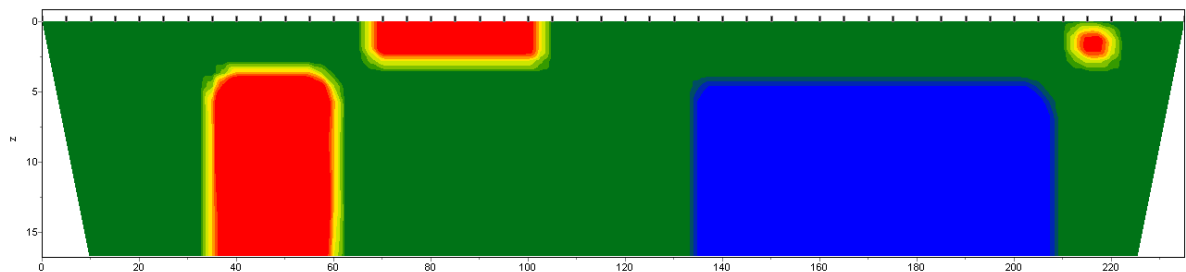


Fig. 41 Modello ricostruito mediante l'inversione *Blocks*

È preferibile utilizzare l'algoritmo nella fase di affinamento dei risultati ottenuti con i metodi precedenti (preferibilmente *Focused*), dopo aver unito le celle nei blocchi desiderati tramite l'opzione **Models operations**. Se si selezionano manualmente i singoli blocchi, si deve utilizzare l'editor del modello, assegnando parametri diversi alle varie aree. I singoli blocchi saranno contornati da un bordo durante l'uso della finestra di questa finestra di dialogo.

Focused – inversione ai minimi quadrati con un operatore di smoothing e un'ulteriore focalizzazione del contrasto [Portniaguine, 2000]. Questo algoritmo produce una distribuzione dei

parametri regolare a tratti, ovvero un modello costituito da blocchi a resistività costante (vedere la figura seguente).

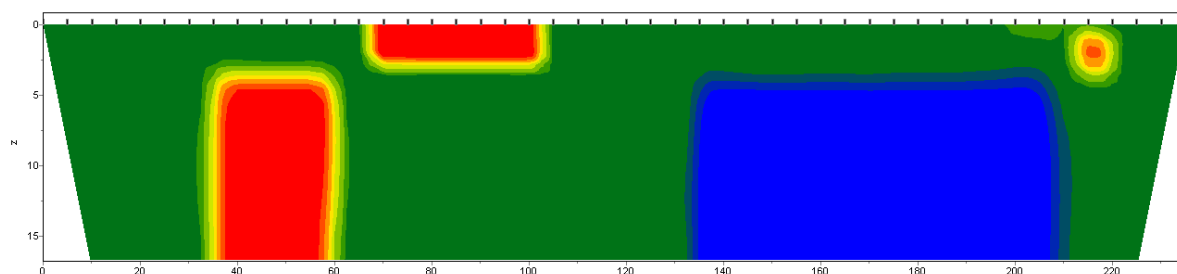


Fig. 42 Modello ricostruito come risultato dell'inversione *Focused*

L'equazione matriciale di questa variante di inversione è la seguente:

$$(A^T W^T W A + \mu C^T R C) \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m$$

L'utilizzo di questa variante di inversione richiede un'attenta scelta del parametro della soglia di contrasto **Threshold** (impostato nella scheda **Model**). Questo parametro determina il valore soglia del contrasto tra celle adiacenti, al raggiungimento del quale i parametri delle celle non vengono mediati tra loro (ovvero si considera che tra le celle passi un confine). La dipendenza del grado (o peso) di mediazione di due celle adiacenti R_i dalla soglia di contrasto e e dal contrasto tra queste celle r_i è la seguente:

$$R_i = \frac{e^2}{e^2 + r_i^2}.$$

ProfileR – per l'inversione viene utilizzato il programma ProfileR di A. Binley .

Statistic(betta) - inversione basata sul principio statistico della massima verosimiglianza (non richiede impostazioni aggiuntive).

L'area **Stop criteria** contiene 2 criteri di arresto dell'inversione. L'inversione si arresta al raggiungimento di uno di questi criteri:

Iterations – se l'opzione è attivata, il processo di inversione si arresta al raggiungimento del numero di iterazioni impostato;

RMS error – se l'opzione è attivata, il processo di inversione si arresta al raggiungimento del valore impostato dell'errore di fit.

L'area **Model common limits: Min resistivity, Max resistivity** imposta i limiti di variazione dei parametri del modello durante l'inversione.

Se vengono impostati limiti comuni ristretti per la variazione dei parametri o limiti individuali per alcune celle, durante l'inversione si tenterà continuamente di portare i parametri oltre i limiti impostati. Ciò può influire notevolmente sulla velocità di convergenza. In questo caso, è necessario

attivare **Options / Inversion / Optimization / Lim based inv.** Questa variante di inversione, da un lato, riduce il contributo delle celle che oltrepassano i limiti impostati e, dall'altro, utilizza norme speciali dei parametri che rendono più difficile oltrepassarli.

Il gruppo successivo di parametri di inversione si trova nella scheda **Model** (vedere la figura seguente).

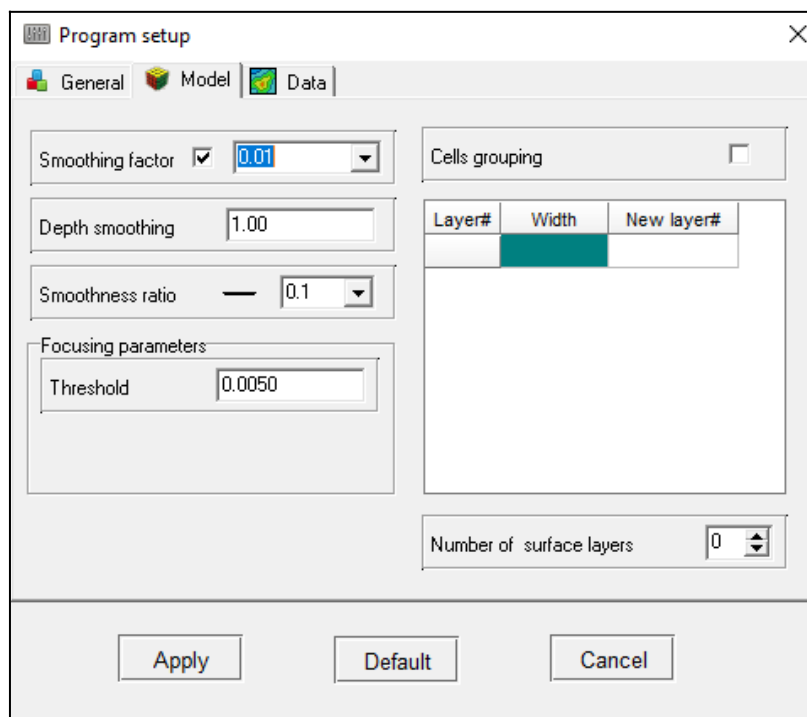


Fig. 43 Finestra di dialogo Program setup, scheda Model

Smoothing factor – imposta il rapporto tra la minimizzazione dell'errore di fit delle misure e quella dell'errore di fit del modello (ad esempio, della levigatezza). Per dati caratterizzati da un elevato livello di rumore o per ottenere una distribuzione dei parametri più levigata e stabile, si scelgono valori relativamente elevati del parametro di levigatura: 0.5 - 2; per misure di alta qualità si utilizzano valori pari a: 0.005 - 0.01. Valori elevati del parametro di levigatura producono generalmente valori più alti dell'errore di fit dei dati (vedere la figura seguente). Viene utilizzato negli algoritmi di inversione **Occam** e **Focused**. Se l'ottimizzazione (Line search) è disattivata, il programma consente di selezionare automaticamente il valore del parametro di levigatura. A tal fine, selezionare la casella a destra di *smoothing factor*.

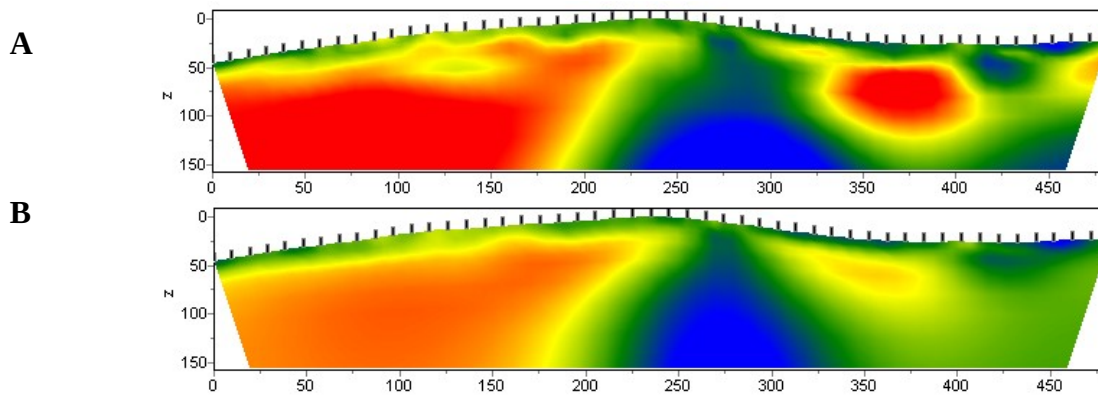


Fig. 44 Modelli geoelettrici ottenuti mediante l'inversione *Occam* con il parametro smoothing factor: 0.01 (A) e 1.0 (B). L'errore di fit risultante è pari al 4.5 % nel caso A e al 6 % nel caso B

Depth smoothing – imposta il coefficiente di levigatura con la profondità. Il valore di questo parametro dipende anch'esso dal livello di rumore: in presenza di un livello elevato di rumore e della comparsa, durante l'inversione, di oscillazioni e di strutture «non geologiche» nella parte inferiore della sezione, è necessario aumentare questo parametro. Il valore si determina empiricamente.

Smoothness ratio – definisce il rapporto tra il grado di levigatura nelle direzioni orizzontale e verticale. Per strutture a stratificazione orizzontale, utilizzare valori di questo parametro <1 ; per strutture a stratificazione verticale, >1 . In genere, si utilizzano valori compresi tra 0.2 e 1 (vedere la figura seguente).

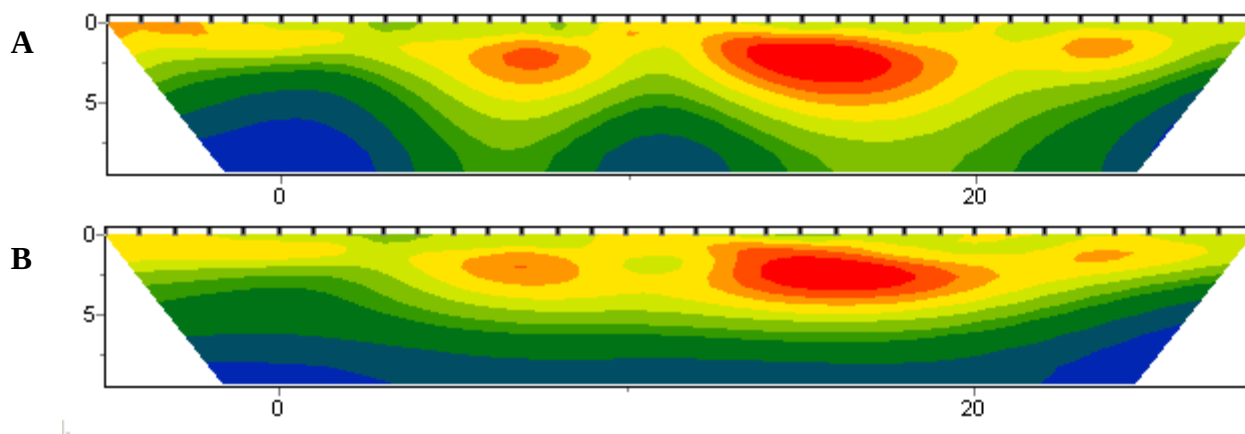
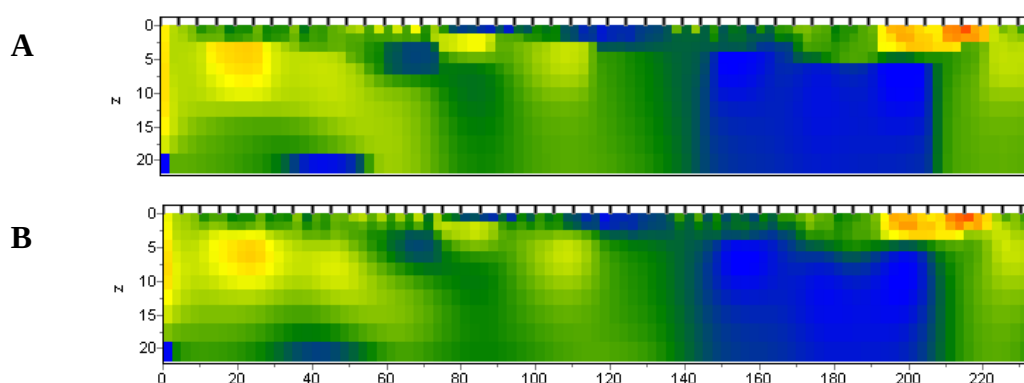


Fig. 45 Modelli geoelettrici ottenuti con l'inversione «liscia» con il parametro Smoothness ratio: 1 (A) e 0.3 (B)

Area Focusing parameters:

Threshold – imposta il valore soglia del contrasto tra celle adiacenti, al raggiungimento del quale i parametri delle celle non vengono mediati tra loro (ovvero si considera che tra le celle passi un confine). Il valore di questo parametro si determina empiricamente (0.001-1) (vedere la figura

seguinte). Un valore troppo basso può causare la divergenza dell'algoritmo (in tal caso, aumentare il valore). Valori troppo elevati del parametro producono una distribuzione levigata.



Modelli geoelettrici ottenuti mediante l'inversione *Focused* con il parametro Threshold: 0.01 (A) e 0.1 (B)

Cell grouping – utilizzare questa opzione per i modelli di grandi dimensioni (quando si aprono file con molti dati, il programma ne propone automaticamente l'utilizzo). L'opzione attiva una tabella che consente di raggruppare celle adiacenti e di ridurre il numero di parametri da determinare durante l'inversione. Quando si utilizza questa opzione, il numero di celle impiegate per la soluzione del problema diretto rimane invariato, mentre diminuisce il numero di celle usate per l'inversione. Idealmente, il numero di parametri da determinare dovrebbe essere vicino al numero di dati.

La tabella contiene tre colonne: nella prima (**Layer**) è indicato il numero dello strato del modello originale; nella terza (**New layer**) si imposta il numero dello strato della mesh di inversione; nella seconda (**Width**) è necessario indicare il numero di celle (in direzione orizzontale) contenute in ciascuna cella della mesh di inversione per lo strato corrispondente. La mesh di inversione viene visualizzata nell'editor del modello durante la configurazione. Facendo doppio clic con il pulsante sinistro del mouse sulle celle della colonna **Width** è possibile raggruppare le celle in direzione orizzontale per lo strato corrispondente. Il clic destro apre una finestra di dialogo in cui è necessario indicare il numero di strati da raggruppare. Il valore sarà applicato a questo strato e a tutti quelli sottostanti. Il raggruppamento delle celle in direzione verticale si effettua in modo analogo, operando sulla colonna **New Layer**.

Di seguito sono riportati tre esempi di mesh di inversione: nella prima, la mesh di inversione corrisponde a quella del modello (vedere la figura seguente, **A**); nella seconda, a partire dal sesto strato, le celle sono raggruppate a coppie in direzione orizzontale (vedere la figura seguente, **B**); nella terza, a partire dal sesto strato, le celle sono raggruppate a coppie e, dal dodicesimo strato, a gruppi di quattro in direzione orizzontale (vedere la figura seguente, **C**).

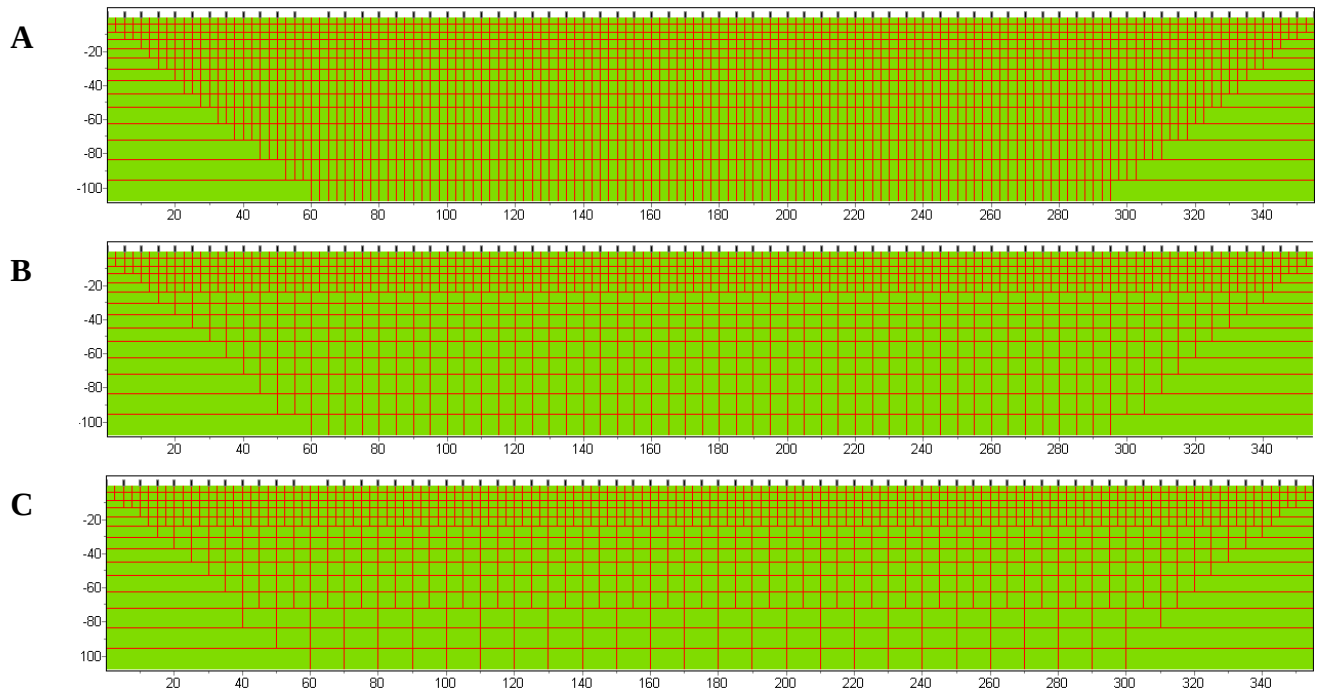


Fig. 46 Esempi di mesh di inversione

Number of surface layers (0-3) – specifica il numero di strati in cui sono consentite forti variazioni dei parametri. L'uso di questa opzione è necessario nei casi in cui la parte superiore della sezione è fortemente eterogenea. Questa opzione può essere utilizzata anche in ambienti con contrasto molto basso, nei quali il principale effetto anomalo nei dati è dovuto alle eterogeneità superficiali.

La terza scheda **Data** è destinata alla configurazione di parametri aggiuntivi dell'inversione (vedere la figura seguente).

Calculation scheme (Secondary, Total) – definisce l'algoritmo di calcolo del potenziale elettrico. Con **Secondary** viene calcolato il potenziale secondario. Questo metodo è più lento, tiene conto della topografia della superficie di misura e consente di ottenere risultati sufficientemente accurati anche utilizzando una mesh abbastanza grossolana. Per il calcolo del potenziale totale (**Total**) è necessario utilizzare una mesh più fitta (1–2 nodi tra elettrodi adiacenti lungo il profilo) e collocare più lontano il confine esterno del modello. Ciò è dovuto al grande errore nel calcolo del potenziale in prossimità dell'elettrodo di corrente. Si consiglia di utilizzare la modalità **Secondary** con mesh non regolari, ad esempio nel caso di dati SEV.

Automatically switch electrodes – se questa opzione è attivata, il programma scambia automaticamente gli elettrodi di potenziale per ottenere un valore positivo del fattore geometrico del dispositivo. È preferibile disattivare l'opzione per le misure tra pozzi.

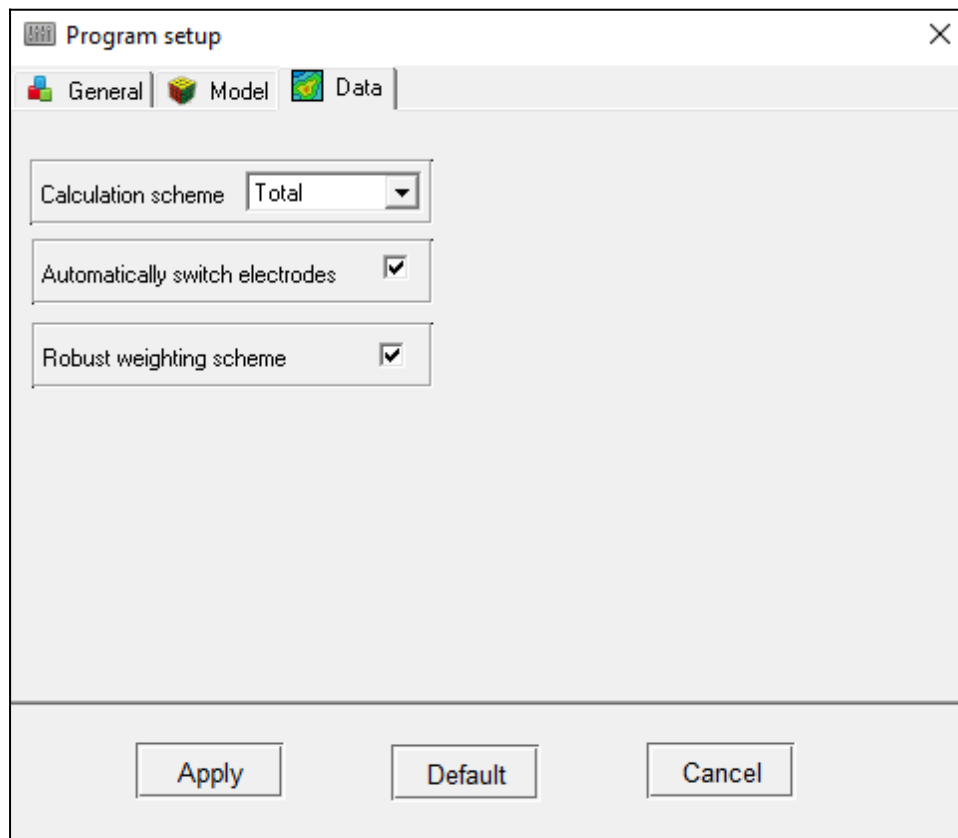


Fig. 47 Finestra di dialogo Program setup, scheda Data

Robust weighting scheme – si consiglia di attivare questa opzione se nei dati sono presenti singoli valori anomali elevati, dovuti a errori sistematici di misura. Se la quantità di dati errati è paragonabile a quella delle misure valide, questo algoritmo potrebbe non dare risultati positivi.

Prima di eseguire l'inversione, si consiglia di inserire le informazioni a priori disponibili. Può trattarsi di un modello iniziale costruito sulla base di dati geologici, dati di altri metodi geofisici o risultati di inversioni precedenti. Le modalità di inserimento delle informazioni a priori nel programma **ZondRes2D** sono descritte nella sezione: Utilizzo delle informazioni a priori nell'inversione.

Dopo aver impostato i parametri e inserito le informazioni a priori, si avvia l'inversione premendo il pulsante  sulla barra degli strumenti principale. L'avanzamento dell'inversione è visualizzato nel pannello di stato. Per ulteriori informazioni sull'avanzamento dell'inversione, si può selezionare la voce di menu **Options / Inversion / Optimization / Display process**. Durante l'inversione, la sezione geo-elettrica viene aggiornata nella finestra del modello.

Premendo il pulsante  sulla barra degli strumenti principale, si può eseguire l'inversione 1D dei dati.

Inversione dei dati IP

Se sono disponibili dati di caricabilità, sulla barra degli strumenti compaiono i pulsanti  e , che consentono di passare tra le modalità di lavoro con i dati di resistività e di caricabilità. In quest'ultimo caso, premendo il pulsante  si avvia l'inversione dei dati di caricabilità integrale, tenendo conto della sezione di resistività corrente. Se sono disponibili dati sulla forma della curva di decadimento, il programma può eseguire l'inversione della caricabilità per l'intera curva, ottenendo i parametri del modello Cole-Cole. In pratica, le misure vengono eseguite in una delle due modalità: nel dominio del tempo o nel dominio della frequenza. Nel dominio del tempo, il risultato delle misure è la curva di decadimento IP; nel dominio della frequenza, sono le dipendenze dalla frequenza del modulo e della fase del segnale.

Il formato del file di dati di input per l'inversione dei parametri IP è il seguente (estensione *.z2d): la prima riga dopo la chiave time_#chann contiene l'elenco dei tempi per le misure nel dominio del tempo e delle frequenze per quelle nel dominio della frequenza. Segue la struttura del file, le cui righe corrispondono ai punti di osservazione e le cui colonne contengono le coordinate degli elettrodi, i valori di Res ($\Delta V/I$) e i valori delle misure IP ai tempi corrispondenti (intestazioni delle colonne: ipi1, ipi2 ecc.) o alle frequenze corrispondenti (intestazioni delle colonne: mod1, mod2 ecc. per il modulo del segnale misurato, normalizzato rispetto alla corrente; pha1, pha2 ecc. per la fase (o lo sfasamento tra la prima e la terza armonica). Il programma ricalcola automaticamente la fase come caricabilità apparente.

Esempio dell'inizio di un file di dati per misure nel dominio del tempo:

time_#chann		0.05	0.065	0.085	0.115	0.155				
C1	C2	P1	P2	res	ipi1	ipi2	ipi3	ipi4	ipi5	
0	*	5	10	0.001	0.279	0.260	0.242	0.218	0.194	
5	*	10	15	0.001	0.306	0.286	0.266	0.241	0.215	
10	*	15	20	0.002	0.338	0.317	0.295	0.268	0.239	

Esempio dell'inizio di un file di dati per misure nel dominio della frequenza:

time_#chann		0.0001592	0.000427	0.001145						
C1	C2	P1	P2	res	mod1	mod2	mod3	pha1	pha2	pha3
0	*	5	10	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.004	-0.006	-0.010
5	*	10	15	0.001	0.001	0.001	0.001	-0.005	-0.007	-0.012

10 * 15 20 0.002 0.002 0.002 0.002 -0.005 -0.009 -0.014

Se nel progetto sono presenti misure IP multicanale o dati di monitoraggio, nel programma compare la sezione di menu **Time lapse/domain**. Il passaggio tra i canali corrispondenti a tempi (frequenze) diversi si effettua mediante l'elenco a discesa sulla barra di controllo della finestra principale del programma.

L'opzione **Time lapse/domain/Channels** apre la tabella di configurazione dei canali. In essa è possibile modificare i valori dei ritardi temporali o delle frequenze di misura e le intestazioni associate ai valori impostati (che vengono visualizzate nell'elenco a discesa sulla barra degli strumenti della finestra principale del programma). Per il funzionamento di alcune opzioni è necessario inserire in anticipo tempi/frequenze.

L'opzione **Time lapse/domain/Display channel plot** apre una finestra (vedere la figura seguente) che mostra le curve di decadimento (o le dipendenze dalla frequenza) per l'acquisizione corrente. Per passare a un'altra misura, si può usare il mouse (sulla pseudosezione o sul grafico) oppure i pulsanti  e ; nella parte superiore della finestra vengono visualizzate le coordinate degli elettrodi di corrente e di potenziale del punto di misura considerato. È possibile modificare un singolo punto della curva visualizzata utilizzando le voci del menu che appare facendo clic destro sul punto. È possibile eliminarlo (**Delete point**), spostarlo o sostituirlo con un valore smussato (**Smooth point**), ripristinare il valore originale (**Origin point**) oppure eliminare tutti i punti (**Delete All**). Il pulsante  della barra degli strumenti della finestra consente di smussare la curva corrente (Smooth current) e tutte le curve (Smooth All) sulla sezione. Consente inoltre di applicare un filtro alla curva corrente (Apply filter (current)) oppure a tutte le curve (Apply filter (all)). Queste funzioni sono disponibili nel menu contestuale, richiamabile facendo clic destro su .

L'opzione Filtro  consente di filtrare sia nel dominio del tempo sia in quello della frequenza.

Lo strumento  consente di eliminare selettivamente le misure oppure di applicare un filtro per rimuovere i valori anomali e assurdi dal grafico corrente o da tutti i grafici. A tale scopo, si richiama il menu contestuale facendo clic destro.

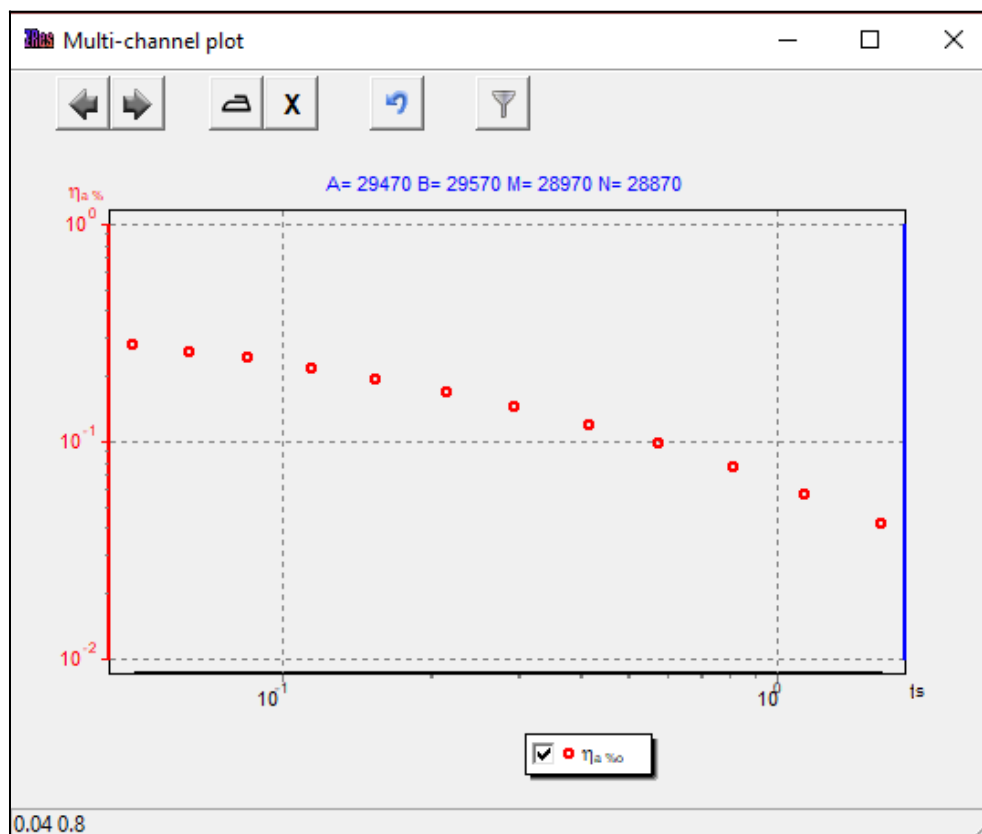


Fig. 48 Finestra di modifica della dipendenza temporale dell'IP

Quando si lavora in modalità temporale, dopo aver modificato le curve è necessario utilizzare l'opzione **Time lapse/domain/Recalculate chargeability**, che ricalcola il parametro integrale dell'IP (caricabilità) tenendo conto delle modifiche apportate ai dati. Si noti che nel programma è possibile selezionare le unità di misura dell'IP (percentuali o mV/V) nella sezione **Options/Extra/IP Units**.

L'opzione **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** avvia la modalità di inversione sequenziale dei dati IP per ciascuna acquisizione (in questo caso viene utilizzato lo schema di calcolo standard, come per il parametro integrale dell'IP). Se è attiva l'opzione **Time lapse/domain/Next from previous**, i risultati dell'iterazione precedente vengono utilizzati come stima iniziale per ciascuna iterazione successiva. Se l'opzione non è attiva, come stima iniziale per ciascuna iterazione successiva viene utilizzato il modello corrente dell'acquisizione corrispondente. I modelli ottenuti vengono visualizzati nell'editor dei modelli. È possibile passare da un modello all'altro, corrispondenti a tempi (frequenze) diversi, utilizzando l'elenco a discesa sulla barra di controllo della finestra principale del programma.

Poiché nella maggior parte dei casi il modello dell'acquisizione precedente viene utilizzato come stima iniziale per ciascuna acquisizione successiva, è necessario un numero notevolmente inferiore di iterazioni per raggiungere un errore di fit accettabile. Il numero di iterazioni per le acquisizioni successive alla prima si imposta con l'opzione **Time lapse/domain/ Max iter numb for next**.

L'opzione **Time lapse/domain/ Save timeshots** salva in un unico file di testo i risultati dell'inversione dei dati IP per tutte le acquisizioni.

La finestra di inversione full-waveform dei parametri IP (vedere la figura seguente) si apre selezionando la voce di menu **Time lapse/domain/ Full waveform inversion**. La finestra contiene tre schede. Nella scheda **Models** vengono visualizzati i modelli di resistività e dei parametri di caricabilità Cole-Cole ottenuti dall'inversione (η , τ e c).

Il pulsante  consente di modellare le sezioni per questi quattro parametri

Il pulsante  avvia il calcolo del problema diretto.

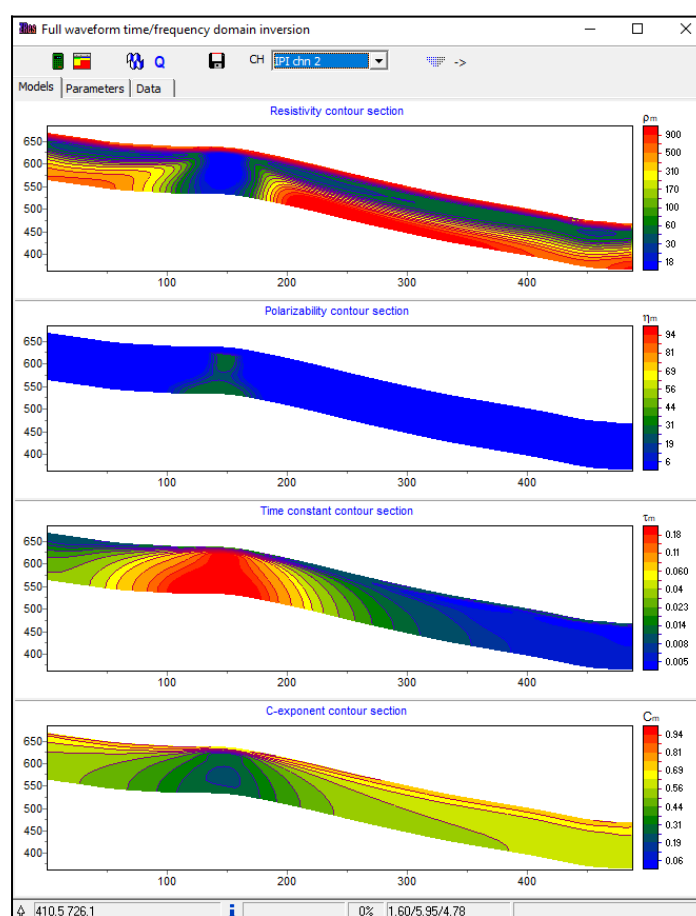


Fig. 49 Finestra di inversione full-waveform dei parametri IP

Nella scheda **Parameters** è possibile selezionare i parametri da invertire e specificare gli intervalli di variazione di tali parametri (vedere la figura seguente). La riga Smooth consente di impostare il grado di regolarizzazione del parametro.

Il pulsante **ReBuild** consente di sostituire i valori di ciascun parametro con il valore della tabella (Value). Se nella riga **Value** viene inserito il simbolo "*" al posto di un numero, i valori del parametro nella sezione non vengono sostituiti (oppure vengono ripresi dal modulo principale).

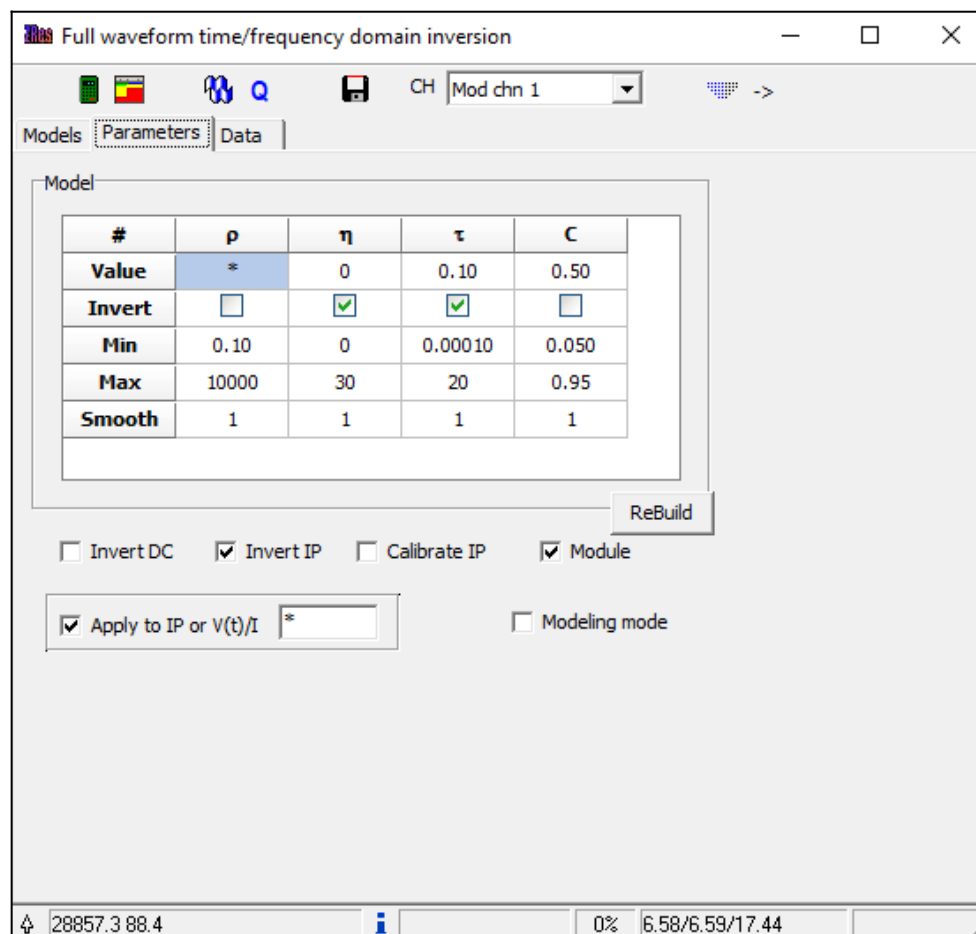


Fig. 50 Finestra di selezione dei parametri per l'inversione delle curve IP

L'opzione **Module**, disponibile quando si lavora con dati in modalità frequenziale, indica se occorre adattare il modulo del segnale normalizzato rispetto alla corrente oppure utilizzare solo la fase. In genere, nell'intervallo di frequenze utilizzato il modulo varia molto poco e, a differenza della fase, influisce in misura limitata sul risultato dell'inversione.

L'opzione **Invert DC** consente di adattare la resistività apparente. Si sconsiglia di utilizzare questa funzione, poiché la sezione di resistività viene generalmente adattata in precedenza nel modulo principale.

Opzione **Invert IP** consente di adattare i decadimenti della caricabilità apparente; si raccomanda di lasciare sempre attiva questa opzione.

Opzione **Modeling mode** compare automaticamente quando il modello è stato modificato in modalità di modifica del modello ().

Opzione **Apply to IP or V(t)/I** stabilisce cosa verrà utilizzato nell'inversione - la caricabilità apparente o i decadimenti normalizzati per la trasmissione.

Il campo di inserimento accanto consente di impostare il coefficiente per la normalizzazione pseudologaritmica dei dati. Questo coefficiente deve essere prossimo al livello di rumore; si può lasciare il valore *, affinché venga determinato automaticamente, oppure «-1» per la norma lineare.

La procedura di inversione viene avviata facendo clic sul pulsante . In questo modo viene eseguita l'inversione simultaneamente per tutti i parametri selezionati. Il pulsante  offre un approccio alternativo di Born, in cui l'adattamento viene eseguito indipendentemente per ciascuna cella utilizzando le curve IP “vere”, ottenute mediante inversione standard per ciascun canale.

Nella scheda **Data** vengono visualizzati i dati osservati e calcolati di caricabilità. L'elenco a discesa sulla barra degli strumenti, disponibile in tutte le schede, consente di passare da una sezione all'altra per i diversi tempi di decadimento (frequenze).

L'elenco **Invert data** specifica i dati da invertire: **DC**, **IP decays**, **Module**, **Calibrate IP** (il modello IP della finestra principale viene mantenuto e si adatta solo il fattore di scala della caricabilità). Elenco dei tipi di dati: **V(t)/DC chargeability**, **Differential polarizability**, **V(t)/V(0) for tau/C**. Coefficiente di normalizzazione pseudologaritmica: «*» – automatico, «-1» – norma lineare, «0» – norme uguali. L'opzione **Pseudo-log** applica la normalizzazione pseudologaritmica ai parametri del modello; l'opzione **Non linear** è disponibile solo in modalità 64.

Il pulsante di selezione dei canali apre il menu: **Channel data**, **App.pol**, **App.tau**, **App.C**, **Calc median** (valori mediani di τ e c come valori iniziali), **Calc2Meas** (copiare i dati calcolati in quelli osservati). Il pulsante **32/64** commuta la modalità di calcolo. Facendo clic con il pulsante destro sull'intestazione di una colonna della tabella dei parametri del modello, si apre la voce **Optimize** – adattamento di un unico valore del parametro per l'intero modello.

Nella finestra delle curve IP sono disponibili la modalità di eliminazione **Remove current** e i filtri **Filter (red)** / **Filter (blue)**; nella tabella dei canali è disponibile la voce **Delete unchecked**. Nella finestra di dialogo del filtro temporale, il pulsante **Optimize filter range** determina l'intervallo del filtro.

La finestra di dialogo **Time lapse/domain/ Digital filter** contiene le impostazioni del filtro temporale per la trasformazione di Fourier dal dominio delle frequenze al dominio del tempo. Consente inoltre di impostare la durata dell'impulso di corrente. L'opzione **Digital filter** è disponibile solo per i risultati delle misurazioni nel dominio del tempo.

Inversione dei dati di monitoraggio geoelettrico

Il monitoraggio prevede l'esecuzione di misurazioni con parametri invariati in momenti diversi. Come file di dati di monitoraggio, il programma utilizza un file con estensione *.z2d della seguente struttura: le prime quattro colonne contengono le coordinate degli elettrodi; seguono le colonne intitolate res1, res2 e così via, che contengono i valori di Res ($\Delta V/I$) per il primo, il secondo e i successivi cicli di misurazione. È inoltre possibile creare un progetto di monitoraggio aprendo contemporaneamente più file.

Di seguito è riportato un esempio dell'inizio di un file di dati di monitoraggio con dispositivo a tre elettrodi:

C1	C2	P1	P2	res1	res2	res3	res4	res5
0	*	2	4	5.57	5.57	5.57	5.60	5.63
0	*	4	6	1.55	1.55	1.56	1.59	1.62
0	*	6	8	0.84	0.84	0.85	0.88	0.91
0	*	8	10	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52
0	*	10	12	0.44	0.44	0.45	0.49	0.46
0	*	12	14	0.25	0.26	0.26	0.29	0.24

L'elaborazione dei dati di monitoraggio è analoga a quella dei dati IP a forma d'onda completa. Tuttavia, al posto delle dipendenze IP, si considera un insieme di cicli di misurazione della resistività.

L'elaborazione dei dati di monitoraggio si esegue utilizzando le voci di menu **Time lapse/domain** del menu principale del programma (la sezione del menu compare quando viene caricato il file di dati corrispondente). Si passa da un dato o modello relativo a un determinato tempo di misurazione all'altro tramite l'elenco a discesa sulla barra di controllo della finestra principale del programma.

L'opzione **Time lapse/domain/Channels** apre una tabella in cui è possibile modificare le informazioni relative a ciascuna acquisizione. Nella colonna **time, s** si inserisce l'ora delle misurazioni. Le informazioni testuali arbitrarie inserite nella colonna **name** vengono visualizzate nell'elenco a discesa sulla barra di controllo della finestra principale del programma quando si passa da un'acquisizione all'altra.

Per eliminare un canale (acquisizione), si diseleziona la casella nella colonna inv e si seleziona con il clic destro la voce Delete unchecked dal menu contestuale.

L'opzione **Time lapse/domain/ Time lapse inversion** avvia la modalità di inversione sequenziale dei dati di monitoraggio per ciascuna acquisizione. Se è attiva l'opzione **Time lapse/domain/Next from previous**, i risultati dell'iterazione precedente vengono utilizzati come

approssimazione iniziale per ciascuna iterazione successiva. Se l'opzione non è attiva, come approssimazione iniziale per ciascuna iterazione successiva viene utilizzato il modello corrente dell'acquisizione corrispondente. I modelli ottenuti vengono visualizzati nell'editor del modello. Si passa da un modello relativo a un determinato tempo all'altro tramite l'elenco a discesa sulla barra di controllo della finestra principale del programma.

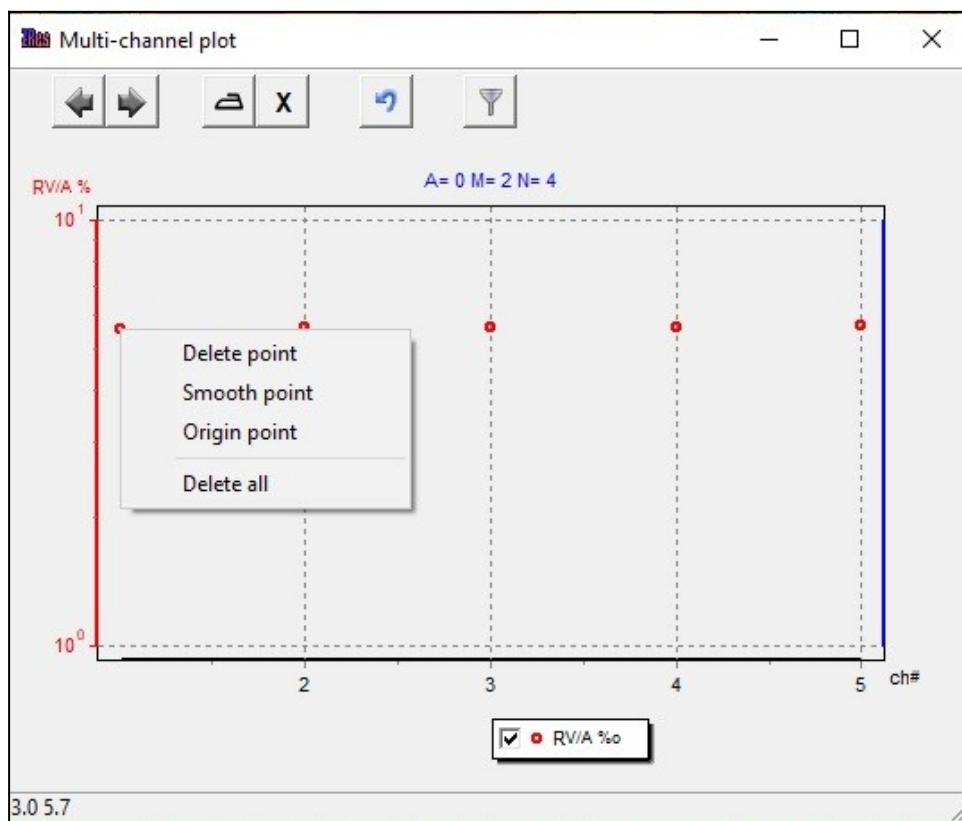


Fig. 51 Finestra di variazione della resistività nel tempo per un singolo punto di misura

Opzione **Time lapse/domain/ Save timeshots** salva i risultati dell'inversione dei dati di monitoraggio per tutte le realizzazioni in un unico file di testo.

L'opzione **Time lapse/domain/Multi-section results** mostra in un'unica finestra i modelli di tutte le realizzazioni. L'opzione **Time lapse/domain/Clear all models** ripristina per tutte le realizzazioni i modelli iniziali di semispazio omogeneo.

Esempio - vedere la figura seguente.

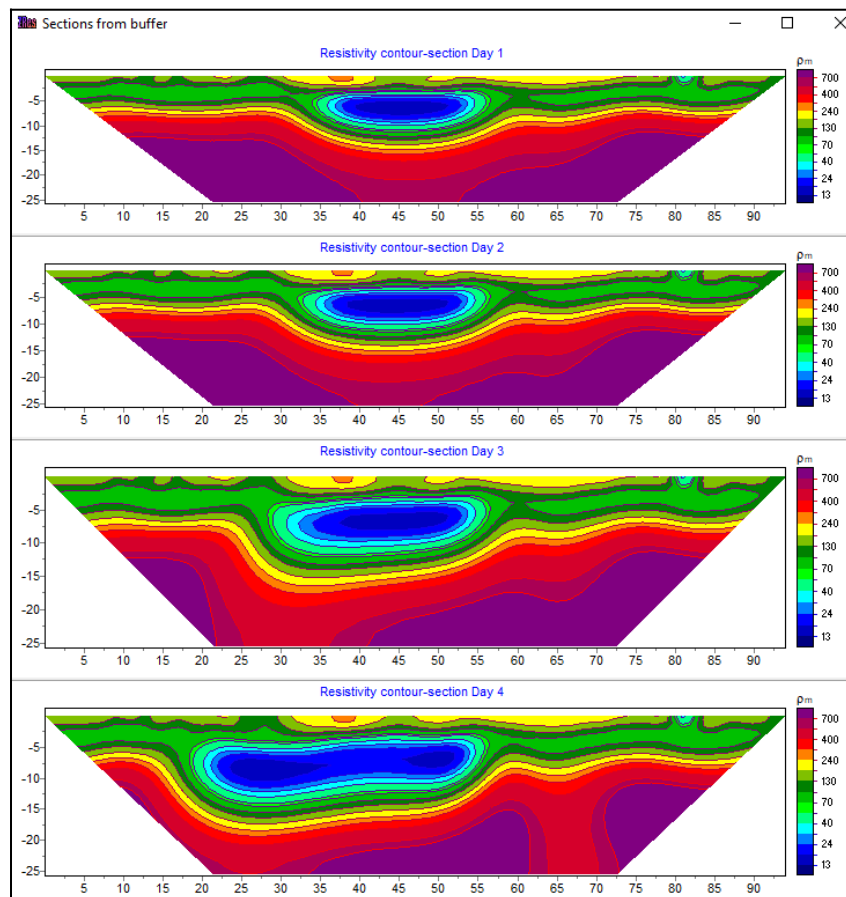


Fig. 52 **Esempio di monitoraggio di un serbatoio d'acqua per 4 giorni**

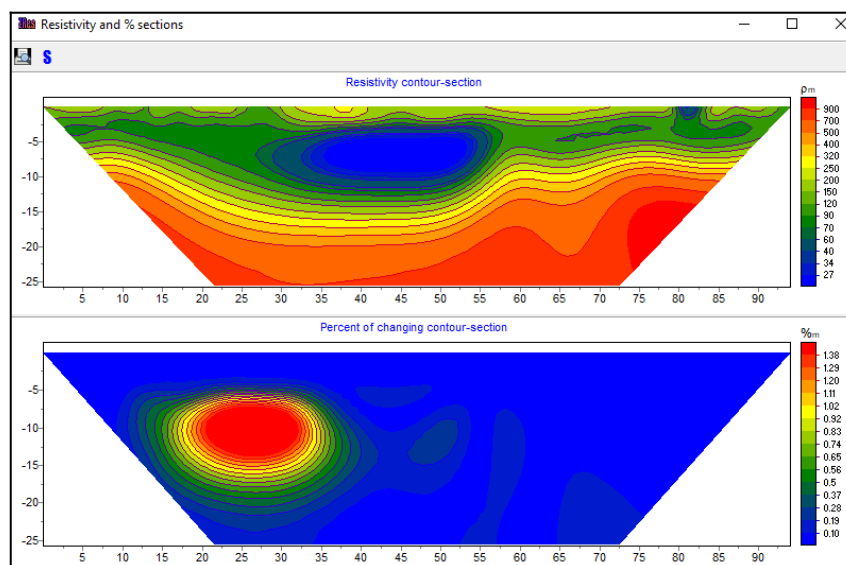


Fig. 53 Options/Extra/Monitoring summary. In alto è visualizzata la sezione della resistività complessiva (media); in basso, la sezione della variazione percentuale nel tempo. La seconda sezione mostra l'area in cui le variazioni sono più significative

Inversione congiunta dei dati magnetotellurici

Il metodo magnetotellurico studia il campo elettromagnetico variabile della Terra. Se lungo il profilo sono disponibili misure magnetotelluriche, è possibile eseguire l'inversione congiunta dei dati magnetotellurici (dati MT) con i dati del metodo della resistività in corrente continua e del metodo della polarizzazione indotta. Se gli intervalli di profondità esplorati dai due metodi si sovrappongono in misura significativa, il risultato dell'interpretazione congiunta sarà più affidabile. Il vantaggio dell'inversione congiunta dei dati MT e dei dati ERT consiste nella possibilità di determinare in modo affidabile sia la conduttanza longitudinale (dai dati MT), sia la resistività trasversale (dai dati ERT) degli orizzonti, riducendo notevolmente l'equivalenza della soluzione del problema inverso e aumentando il contenuto informativo geologico dei risultati delle indagini elettriche.

Oltre ai dati MT, nell'inversione si possono utilizzare i dati del metodo magnetovariazionale, ottenuti misurando la componente magnetica verticale del campo magnetico naturale variabile della Terra. Nel programma **ZondRes2D** è possibile utilizzare una delle funzioni del metodo magnetovariazionale: il tipper.

Si noti che il programma **ZondRes2D** non è progettato per l'analisi e la modifica complete dei dati MT. Per analizzare i dati MT si deve utilizzare il programma **ZondMT2D**. Il file dei dati magnetotellurici è in formato *.m2d. Si presuppone che il file contenga dati già elaborati, con l'intervallo di frequenze aggiornato (già ritagliato) per le componenti del tensore d'impedenza magnetotellurica e del tipper. Le componenti del tensore d'impedenza magnetotellurica sono orientate parallelamente al profilo (direzione della modalità TM) e perpendicolarmente al profilo (direzione della modalità TE).

I dati delle misure magnetotelluriche si gestiscono tramite la sezione del menu **Options/MT Data**. I dati magnetotellurici possono essere importati nel progetto tramite la voce di menu **Options/MT data/Load MT data**, che apre la finestra di dialogo per l'apertura di un file in formato *.m2d.

Struttura del file *.m2d: la prima riga contiene l'elenco dei periodi (in secondi). Seguono i dati per ciascun punto di misura. Prima e dopo la descrizione di ciascun punto è inserita una riga contenente una parentesi graffa. La riga successiva alla parentesi graffa contiene il nome del punto.

Segue una riga con le informazioni topografiche: distanza lungo il profilo (km), quota (km) e coordinate rettangolari del punto di osservazione.

Dopo la riga con i dati topografici seguono le righe che descrivono i dati stessi. Ogni riga corrisponde a un tipo di dato e inizia con una chiave: ro_a_tm (resistività apparente per la modalità TM), ro_a_te (resistività apparente per la modalità TE), phi_tm (fase per la modalità TM), phi_te (fase per la modalità TE). Dopo la chiave, la riga contiene i valori dei dati per ciascun periodo, nell'ordine indicato nella riga dei periodi (la prima riga del file). La descrizione del sondaggio termina con una riga contenente una parentesi graffa.

Di seguito è riportato un esempio di file di dati con due punti di osservazione e tre periodi:

```

1,0526E-06      1,1765E-06      1,3333E-06      !periods(s)
{
0,00      0      ! pos(km) elevation(km)
ro_a_tm 64,9      62,5      57,8      55      !apparent resistivity
phi_tm  50,1      51,8      53,7      51      ! phase(degree 0-90)
ro_a_te 62,3      57        56,3      54,1
phi_te  51,1      52,4      50,5      49,4
}
{
0,010      0
ro_a_tm 62,3      57        56,3      54,1
phi_tm  51,1      52,4      50,5      49,4
ro_a_te 64,9      62,5      57,8      55
phi_te  50,1      51,8      53,7      51
}

```

Fig. 54 **Esempio di struttura del file *.m2d**

Dopo aver letto il file dei dati, si apre la finestra di dialogo **Enter shift of stations in meters**, che consente di specificare uno spostamento lungo il profilo per tutti i punti di osservazione. Questa operazione serve, se necessario, ad allineare il profilo dei dati MT con quello della tomografia di resistività elettrica (ERT).

Se si seleziona la voce di menu **Invert MT data**, il programma esegue l'inversione congiunta dei dati MT e dei dati del metodo della resistività. Il peso complessivo assegnato alle misure MT si imposta tramite la voce di menu **Set weights of MT**.

Prima di avviare l'inversione, si devono selezionare le componenti da utilizzare. A tale scopo si utilizza la voce di menu **Options/MT data/components**. È possibile selezionare:

1. **TE inversion** - si utilizzano le curve calcolate perpendicolarmente al profilo;
2. **TM inversion** - si utilizzano le curve calcolate parallelamente al profilo;
3. **Tipper inversion** - nell'inversione si utilizzano i dati del tipper;

4. DET inversion - nell'inversione si utilizzano le curve invarianti (effettive).

La voce di menu **Show MT plot** consente di visualizzare i dati delle misurazioni magnetotelluriche (vedere la figura seguente). In questa modalità è possibile passare comodamente da una componente dei dati MT all'altra e visualizzare sia la resistività apparente sia la fase dell'impedenza magnetotellurica. Nella parte superiore della finestra è visualizzato l'errore di fit tra i dati MT di campo e quelli calcolati, espresso in percentuale, ad esempio «error = 6.9». Sotto la riga superiore si trovano i pulsanti principali, che consentono di cambiare la componente visualizzata. Il pulsante  avvia il problema diretto. Più in basso sono mostrate due pseudosezioni: quella superiore visualizza i dati di campo, quella inferiore i dati calcolati. A destra è visualizzata la scala cromatica del parametro rappresentato.

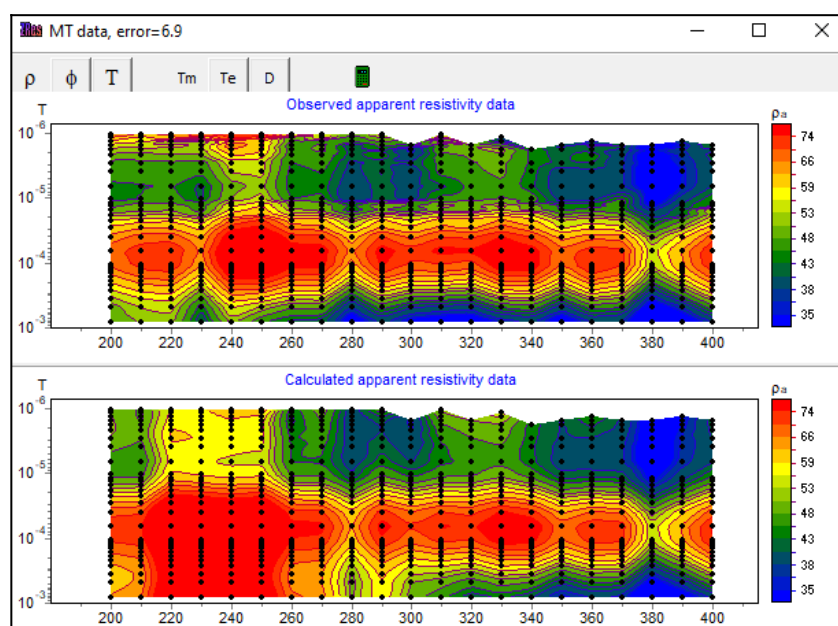


Fig. 55 La finestra MT data consente di passare da una componente dei dati MT all'altra.

La selezione dell'opzione **With static shift** indica se applicare la correzione degli spostamenti statici alle curve MT durante l'inversione. Si consiglia di utilizzare questa opzione dopo alcune iterazioni.

Pulsanti della finestra **MT data**: **r** – resistività apparente, **f** – fase, **T** – tipper, **T_m**, **T_e**, **D** – componenti TM, TE e DET. Con un clic destro sulla barra degli strumenti della finestra si apre il menu: **Clear static shifts**, **Exchange modes**, **Apply static shifts**, **Save measured (*.m2d)**.

La figura seguente mostra i risultati dell'inversione congiunta dei dati di tomografia di resistività elettrica e del sondaggio magnetotellurico (MT).

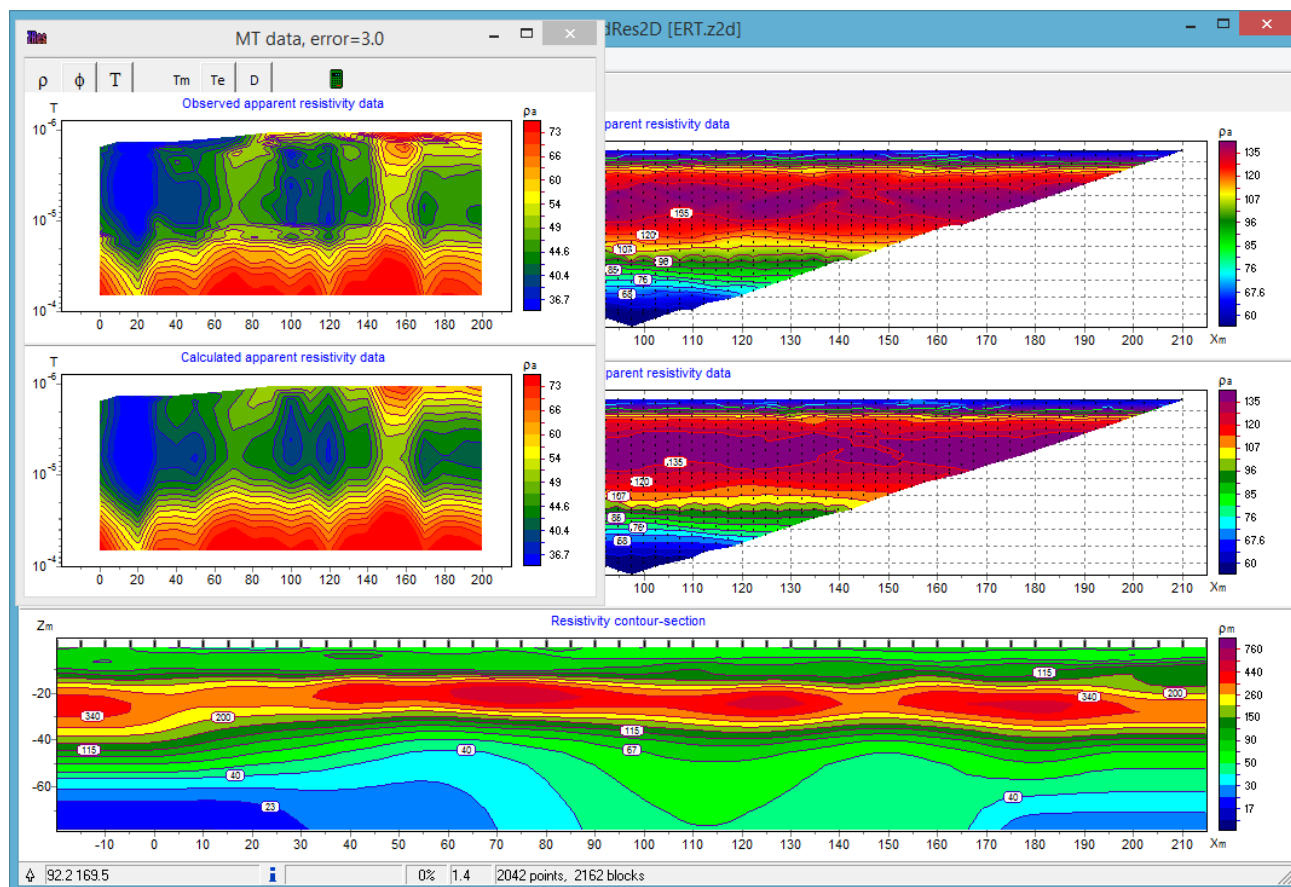


Fig. 56 Risultati dell'inversione congiunta dei dati di tomografia di resistività elettrica e MT

Inversione congiunta dei dati TEM e del sondaggio in frequenza

Passando alla modalità di modellazione di un mezzo stratificato arbitrario (pulsante  sulla barra degli strumenti della finestra principale del programma), diventa possibile lavorare con i dati del metodo TEM (elettromagnetismo nel dominio del tempo) e del sondaggio in frequenza.

Passando a questa modalità, viene aggiunta la sottosezione di menu **Options/TDEM data**.

Per importare i dati si utilizzano file di testo TDF (*zondtem1d*) e USF (*universal sounding format*). Le coordinate (distanze) devono essere espresse nello stesso sistema di riferimento del modello corrente.

L'opzione **Invert TDEM data** include i dati TEM o del sondaggio in frequenza nell'inversione congiunta con i dati di tomografia di resistività elettrica. Un esempio dei risultati dell'inversione congiunta è mostrato di seguito. I risultati dell'interpretazione indipendente D dei dati TEM sono visualizzati sotto forma di colonne.

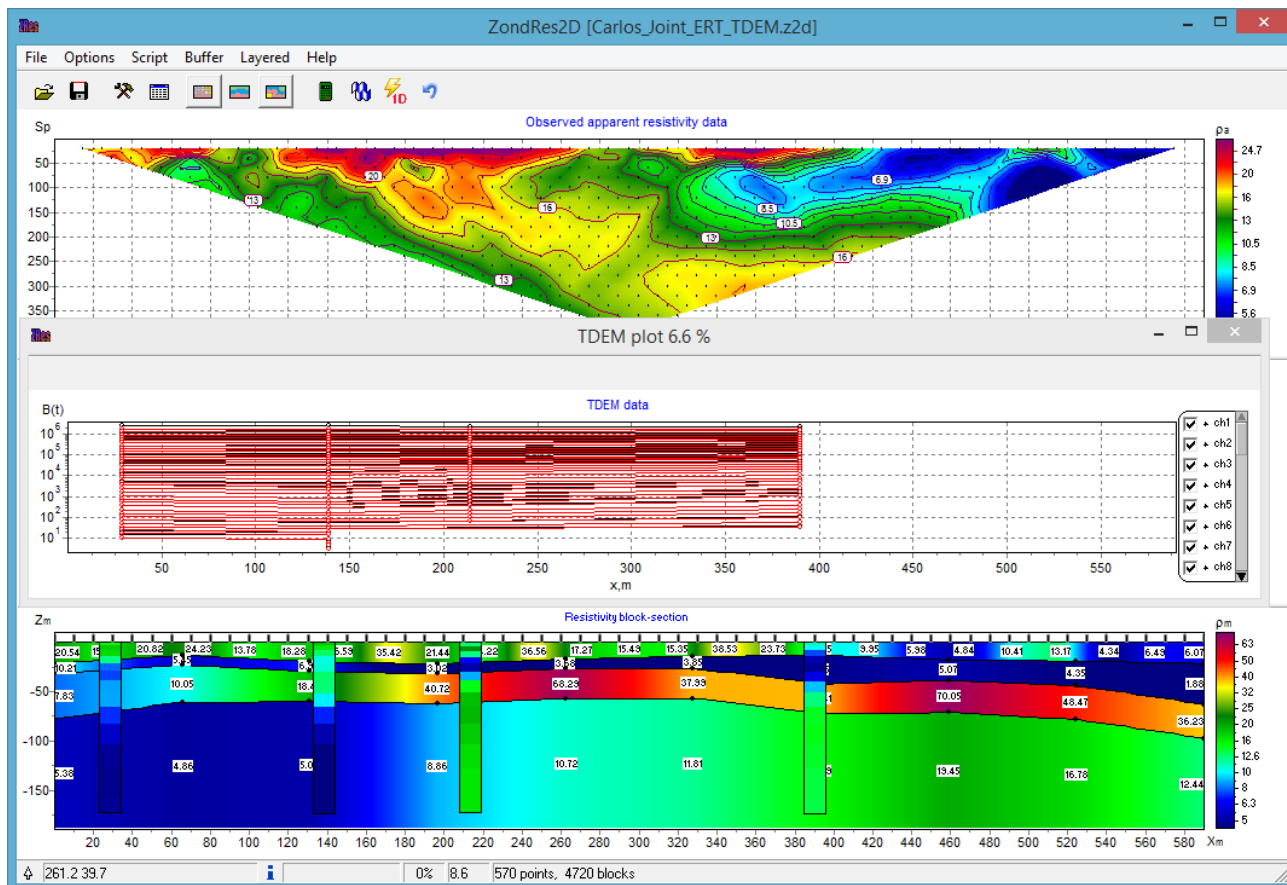


Fig. 57 Esempio di inversione congiunta dei dati ERT e TEM

Per assegnare un peso globale a tutti i dati TEM/sondaggio in frequenza per l'inversione congiunta, utilizzare la voce **Set weight of TDEM**. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.

L'opzione **Show TDEM data** apre una finestra per visualizzare i grafici dei dati dei sondaggi elettromagnetici (vedere la figura seguente). Nel caso del TEM, i grafici rappresentano le isocrone dei valori misurati e calcolati del campo transitorio.

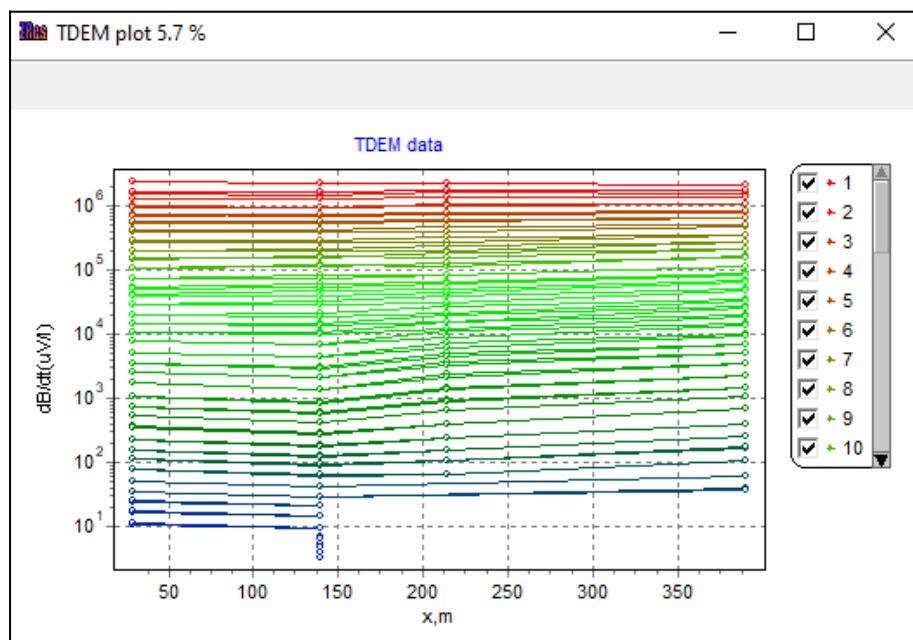


Fig. 58 Visualizzazione dei grafici TEM (opzione Show TDEM data)

Inversione congiunta dei dati di prospezione sismica

Per lavorare con i dati di prospezione sismica, utilizzare la sezione di menu **Options/Seismic data**.

L'inversione congiunta può essere eseguita con un modello a mesh (cross-gradient) oppure con un mezzo stratificato arbitrario.

Per importare i dati si utilizza un semplice file di testo contenente tre colonne con le seguenti intestazioni: «sx» – coordinata della sorgente (metri), «rx» – coordinata del ricevitore (metri), «fb» – primo arrivo (millisecondi). Le coordinate (distanze) devono essere espresse nello stesso sistema di riferimento del modello corrente.

Esempio dell'inizio del file:

sx	rx	ft	!source x pos(m), receiver x pos(m), first time(msec)
0	1	19.8	
0	2	30.1	
0	3	41.8	
0	4	53.3	

L'opzione **Show SRT plot** visualizza la finestra con i dati sismici. Se l'inversione congiunta è stata eseguita con un modello a mesh, nella sezione inferiore della finestra viene visualizzato il modello di velocità (vedere la figura seguente).

Con un clic destro sul pulsante di visualizzazione della sezione nella finestra dei dati sismici si apre il menu: **Velocity**, **dVelocity**, **Start vel gradient**, **Gradient auto**, **Cut by rays**, **Save cutting to bln**.

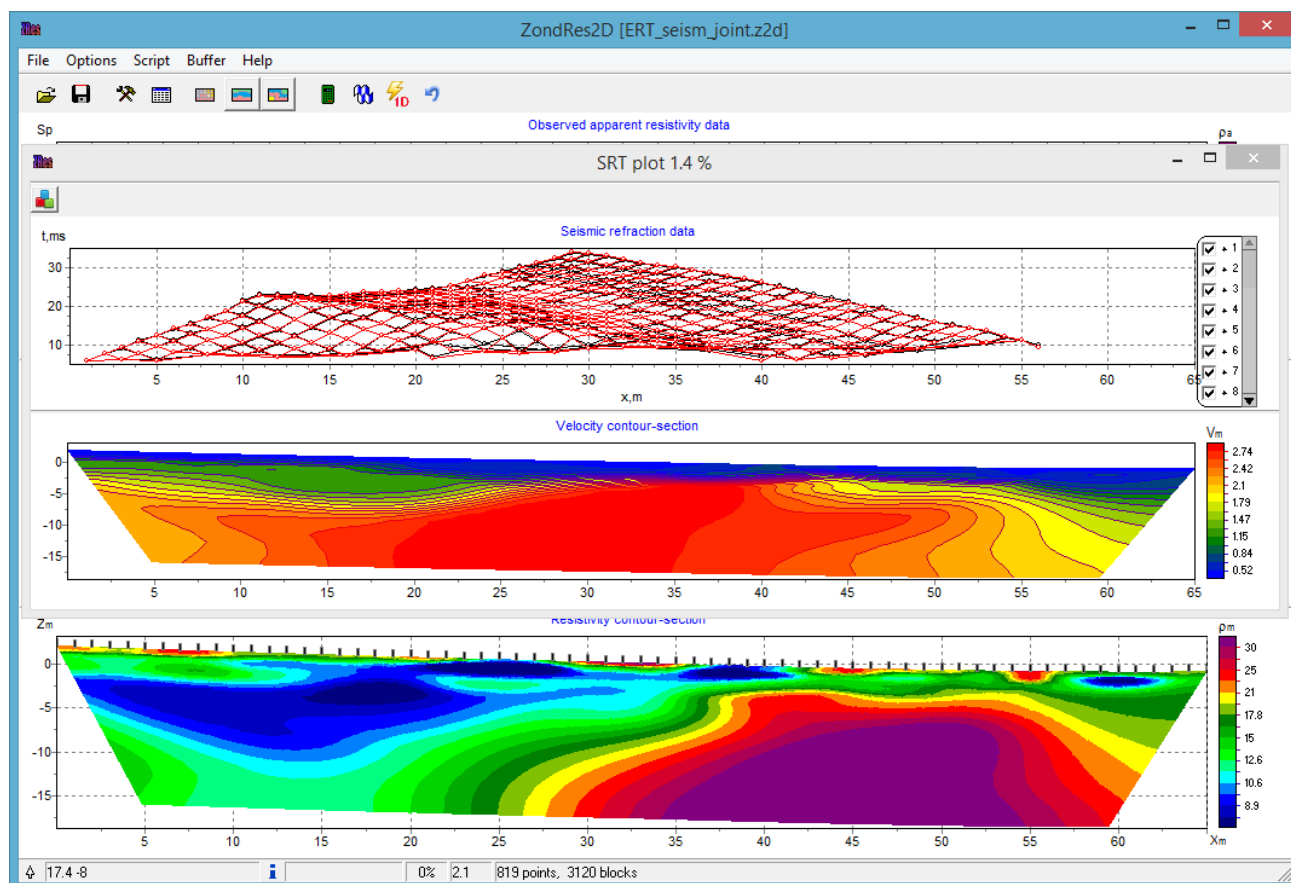


Fig. 59 Finestra con i dati sismici (in alto i dati di sismica a rifrazione, in basso la sezione di velocità) nella modalità con modello a mesh

L'opzione **Invert SRT data** include i dati sismici nell'inversione congiunta con i dati di tomografia di resistività elettrica, nella modalità con mezzo stratificato arbitrario. Di seguito è mostrato un esempio di modello stratificato arbitrario.

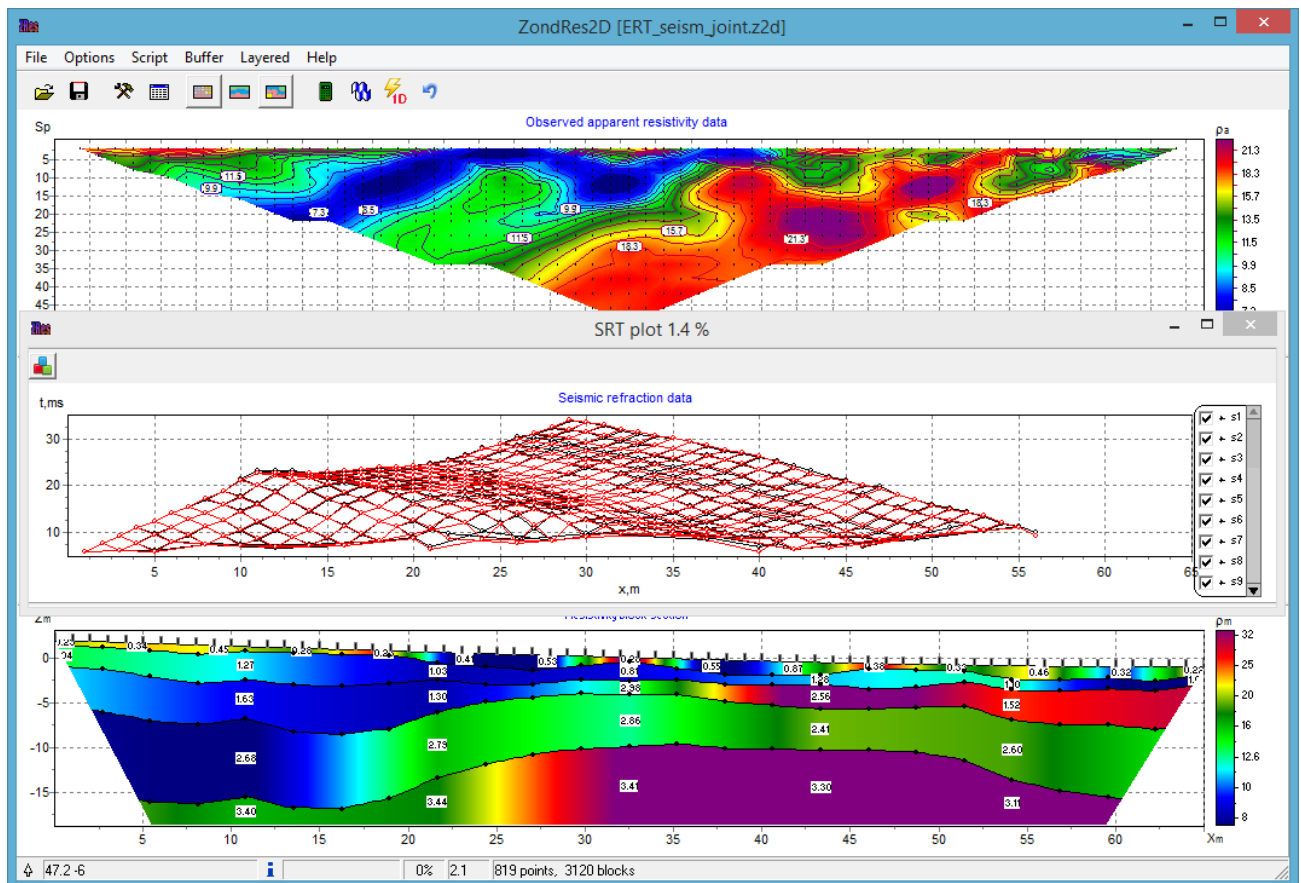


Fig. 60 Risultato dell'inversione congiunta dei dati ERT e dei dati di prospezione sismica. Esempio di modello stratificato arbitrario

Per assegnare un peso globale a tutti i dati sismici per l'inversione congiunta, utilizzare la voce **Set weight of SRT**. Il peso consente di ridurre o aumentare l'errore di fit relativo dell'inversione.

Inversione congiunta dei dati gravimetrici e magnetici

L'inversione dei dati gravimetrici e magnetici nel programma **ZondRes2D** è possibile in tutte le modalità.

Per il campo gravitazionale è possibile utilizzare le misure della componente verticale del campo di gravità e del suo gradiente verticale; per il campo magnetico, le misure del vettore totale e del gradiente verticale.

I dati delle misure gravimetriche/magnetiche vengono caricati nel programma da un file di testo o da un documento Excel, contenente colonne corrispondenti alla distanza lungo il profilo di osservazione e al valore del campo. L'importazione dei dati si esegue dal menu **Options / GraviMagnetic / Load new data**. Un esempio di caricamento del file è mostrato nella figura:

Type	ProfPos	Grav
Units	m	mGal
1	231.670949	-2.593783062
2	268.059043	-2.497700008
3	332.29431	-2.310943409
4	396.529576	-2.145562468
5	460.764843	-1.971432694
6	520	-1.847620942
7	525.00011	-1.837360312
8	589.235376	-1.701189408
9	653.470643	-1.524136452
10	717.705909	-1.191082938
11	781.941176	-0.875283684
12	846.176443	-0.59686497
13	910.411709	-0.410688836
14	974.646976	-0.306063404
15	1038.882242	-0.23869852
16	1103.117509	-0.088118744
17	1126.632904	-0.05278531
18	1167.352776	0.011258815
19	1231.588042	-0.044629637
20	1295.823309	-0.094712201
21	1310.763832	-0.068921832

Fig. 61 Esempio della finestra di caricamento dei dati di un rilievo gravimetrico a terra

Se i dati delle misure sono contenuti in file diversi (ad esempio, in uno i dati delle misure del campo magnetico e in un altro quelli del campo gravitazionale), per aggiungere i dati si deve utilizzare la voce di menu **Options / GraviMagnetic / Add new data**.

Dopo aver selezionato il file, viene visualizzata la finestra di importazione dei dati. Utilizzando l'elenco a discesa nelle celle delle righe superiori della tabella, si deve specificare quali dati sono contenuti in ciascuna colonna. La riga superiore definisce le colonne contenenti la distanza lungo il profilo e il tipo di dati: gravitazionali e/o magnetici. Nella seconda riga si specificano le unità di misura. Per il campo gravitazionale: milligal o microgal; per quello magnetico: nanotesla. I pulsanti **Start** e **End** nella parte superiore della finestra consentono di specificare le righe del file da cui iniziare e fino a cui importare i dati.

Confermando le modifiche apportate (pulsante ) viene visualizzata una finestra di dialogo. La finestra di dialogo per specificare i parametri delle misure e il campo magnetico e gravitazionale normale può essere richiamata in qualsiasi momento dalla voce di menu **Options / GraviMagnetic / Field settings** (vedere la figura seguente).

Il pulsante nella finestra di dialogo **Observation settings** apre la finestra **Mag data** per ottenere i parametri del campo magnetico normale dal modello NOAA WMM: si specificano Latitude, Longitude e Year, quindi si preme il pulsante **Get** (è necessario l'accesso a Internet). La casella di controllo nella finestra di dialogo aggiunge il campo normale ai dati calcolati. Tipi di dati: Mag T / GrZ, Gravity Gz / Grz.

Fig. 62 Finestra di dialogo Observation settings

Per il campo gravitazionale, i parametri corrispondenti sono:

Gravimeter elev, m	Altezza del gravimetro sopra la superficie del terreno, m.
Data type	Tipo di dati: componente verticale del campo di gravità o gradiente verticale.
Gradient base, m	Nel caso di dati del gradiente verticale, base di misura, m.

Per il campo magnetico, i parametri corrispondenti sono:

Total field, nT	Ampiezza del campo normale, nT.
-----------------	---------------------------------

Inclination, deg	Inclinazione magnetica al momento del rilievo, gradi.
Declination, deg	Declinazione magnetica al momento del rilievo, gradi.
Azimuth, deg	Azimut del profilo, gradi (misurati in senso orario a partire dalla direzione nord).
Magnetometer elev, m	Altezza del sensore del magnetometro sopra la superficie del terreno, m.
Data type	Tipo di dati: vettore totale o gradiente verticale del campo.
Gradient base, m	Nel caso di dati del gradiente verticale, base di misura, m (distanza tra i sensori).

Dopo aver impostato i parametri e chiuso la finestra di dialogo, viene visualizzata la finestra dei dati gravimagnetici (vedere la figura seguente). È possibile chiudere e riaprire la finestra dalla voce di menu **Options / GraviMagnetic / Display GM window**.

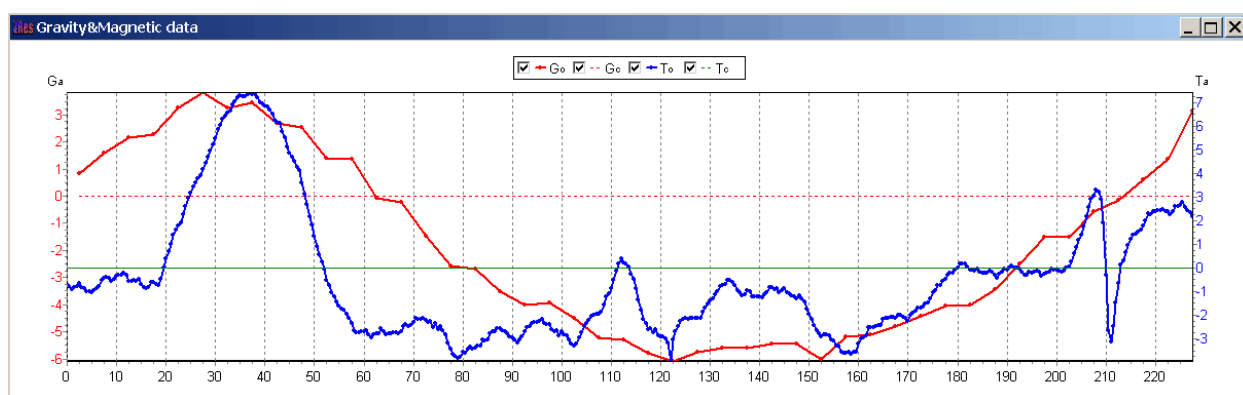


Fig. 63 Finestra di Gravity and magnetic data

Opzioni **Options / GraviMagnetic / Subtract median grav** e **Subtract median mag** consentono di sottrarre il valore mediano dal campo osservato, cioè ricondurlo ai valori del campo anomalo.

Dopo aver creato il modello nell'editor, è possibile calcolare il problema diretto della gravimetria/magnetometria (eseguire la modellazione in modalità poligonale) oppure effettuare l'inversione dei dati. Facendo doppio clic sulla finestra dei dati gravimagnetici si ricalcola il problema diretto per il modello poligonale specificato. Durante l'inversione dei dati (**Options /**

GraviMagnetic / Inversion) si determinano la densità e/o la suscettività magnetica per la geometria poligonale specificata.

È possibile specificare la densità e/o la suscettività magnetica degli oggetti poligonali nella finestra di dialogo **Body parameters**.

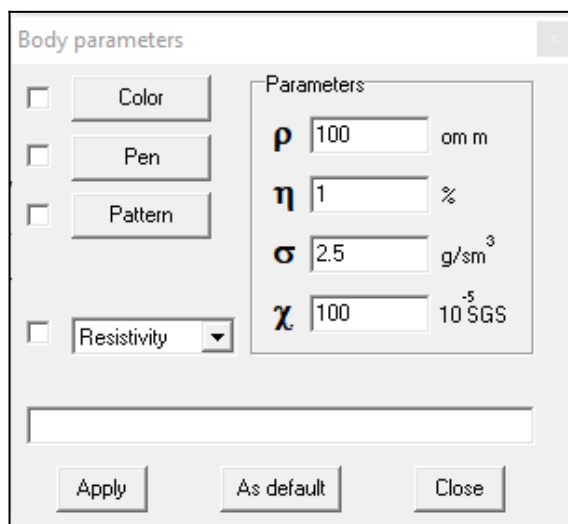


Fig. 64 Finestra «Body parameters» in modalità di modellazione poligonale

In un modello a strati arbitrari è possibile specificare la densità (o la suscettività magnetica), selezionando prima nella finestra delle impostazioni (**Menu principale/Layered/model constructor**) la funzione «Gravity» (o «Magnetic»), vedere la figura seguente.

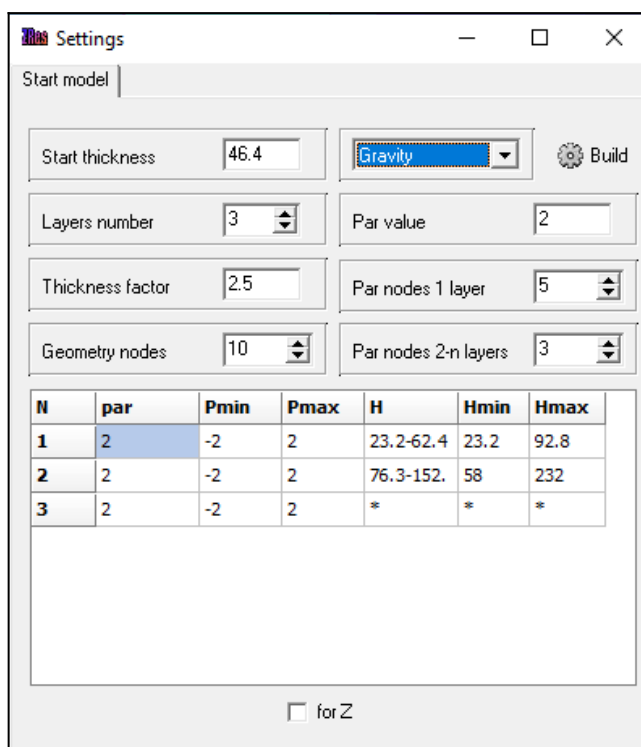


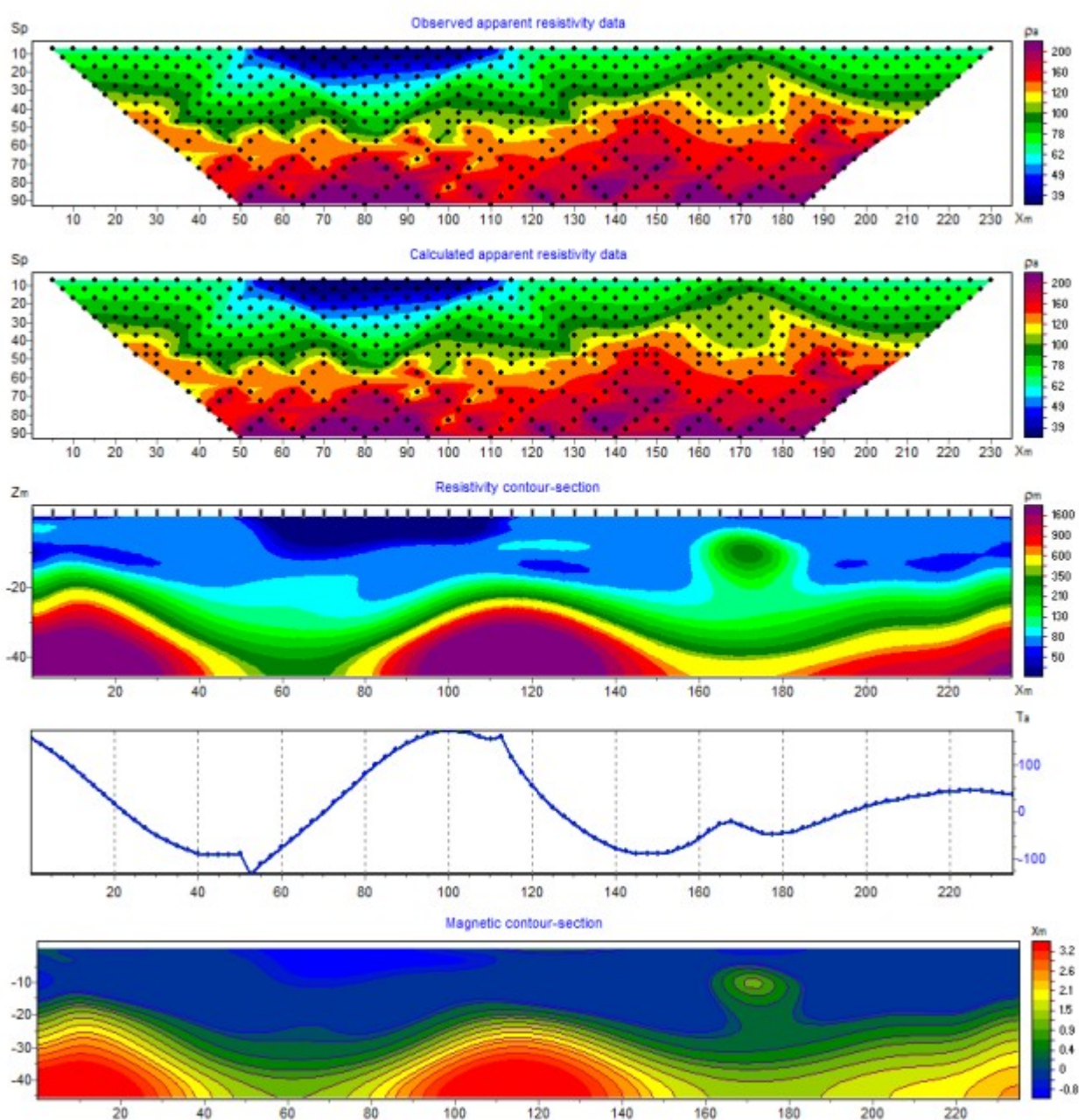
Fig. 65 Impostazione per la visualizzazione della densità in un modello a strati arbitrari

L'inversione congiunta può essere eseguita in 3 modalità:

Modello a blocchi. Si esegue l'inversione congiunta dei dati dei metodi potenziali e dei dati di tomografia di resistività elettrica. Si utilizza l'opzione **Options / Inversion / Joint inversion**.

Modalità di modellazione poligonale. Si utilizza l'opzione **Options / GraviMagnetic / Inversion**. In questa modalità, l'inversione dei dati dei campi potenziali e della tomografia di resistività elettrica viene eseguita separatamente, sulla base della geometria specificata.

Modalità di modello a strati arbitrari. Si utilizza l'opzione **Options / GraviMagnetic / Invert gravity** e (o) **Options / GraviMagnetic / Invert magnetic**. In questa modalità, l'inversione viene eseguita congiuntamente sulla base di una geometria comune dei confini.



Interpretazione dei dati di potenziale spontaneo (SP)

Il programma **ZondRes2D** consente di lavorare con i dati del metodo del potenziale spontaneo. Il programma implementa il calcolo del problema diretto del metodo del potenziale spontaneo sulla base della resistività e della legge assegnata di variazione del potenziale redox con la profondità, nonché un algoritmo per ricostruire le sorgenti volumetriche all'interno di un poligono definito. Le opzioni per l'elaborazione dei dati del metodo del potenziale spontaneo sono destinate principalmente alla risoluzione di problemi minerari e non sono adatte allo studio dei potenziali di filtrazione. Si consiglia di utilizzare il programma **ZondSP2D** per interpretare i dati SP, che offre molte più funzionalità.

Il file di dati in ingresso del metodo del potenziale spontaneo è composto da quattro colonne: punto di registrazione (coordinata del profilo a cui si riferisce la misurazione nella rappresentazione del grafico dei dati osservati, m), coordinata dell'elettrodo M (m), coordinata dell'elettrodo N (m), valore del campo (mV). Il programma può quindi elaborare i dati del metodo del potenziale spontaneo acquisiti sia con il metodo del potenziale sia con il metodo del gradiente. Il file si importa in modalità poligonale tramite la voce di menu **Options/Self potential/Load SP data**.

La voce di menu **Options /Self potential/Display SP window** apre la finestra di visualizzazione dei grafici del potenziale spontaneo, osservato e calcolato. Il grafico calcolato viene visualizzato dopo aver selezionato i parametri di variazione del potenziale redox con la profondità (**Options/Self Potential/ Redox factor vs Z**, vedere la figura seguente) e aver calcolato il problema diretto (premendo la barra spaziatrice o il pulsante ).

I parametri modificabili del potenziale redox sono la legge di variazione del fattore redox con la profondità (lineare o esponenziale) e i relativi coefficienti.

Quando si lavora con i dati SP, alle proprietà dei poligoni si aggiunge la possibilità di specificare il tipo di conduzione del poligono: ionica o elettronica.

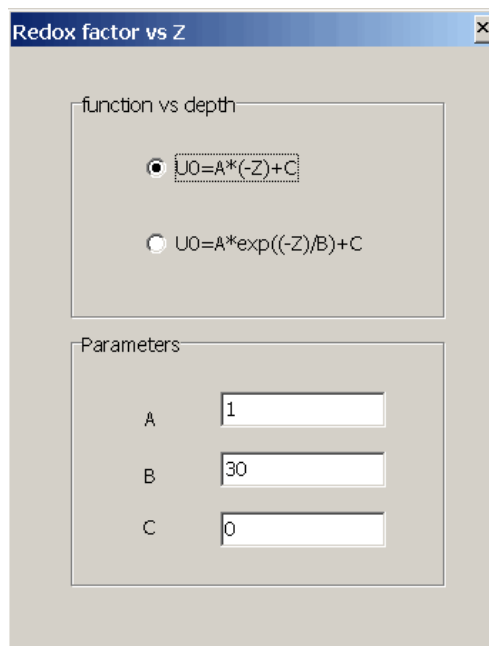


Fig. 67 Finestra di dialogo Redox factor vs Z

Valutazione dell'errore di fit dopo l'inversione

È possibile effettuare una valutazione rapida del risultato dell'inversione in base al valore dell'errore relativo di fit. Questo parametro è visualizzato in percentuale nella parte centrale della barra di stato del programma (5^a sezione). In genere, se la qualità dei dati è soddisfacente, il valore non dovrebbe superare il 5%.

La convergenza per ciascuna misurazione tra i valori osservati e calcolati può essere valutata visualizzando la pseudosezione degli errori relativi di fit tramite l'opzione **Options / Data / Pseudo / Draw in PS2 / Data misfit** (vedere la figura seguente, A).

L'errore di fit per ciascun elettrodo può essere visualizzato tramite l'opzione **Options / Extra / Display on electrode / RMS** (vedere la figura seguente, B).

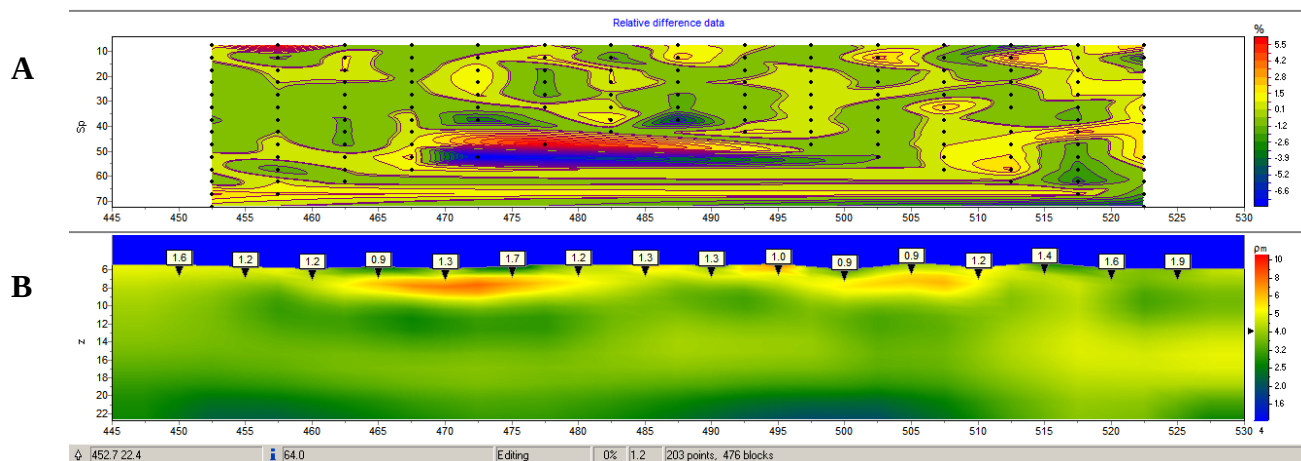


Fig. 68 Pseudosezione degli errori relativi di fit (A). Modello con gli errori di fit visualizzati per ciascun elettrodo (B)

La valutazione degli errori di fit consente di ripetere lo scarto dei dati. Per escludere i dati, utilizzare l'opzione **Options / Extra / Remove data with big misfit**.

L'opzione **Options / Inversion / Invert only visible data** può risultare utile perché consente di selezionare i dati da escludere dall'inversione. A tale scopo, si passa alla modalità di visualizzazione dei dati come grafici e si disattivano, tramite la legenda, i grafici da escludere dall'inversione.

Informazioni a priori

L'inversione può essere eseguita senza tenere conto delle informazioni a priori oppure tenendone conto. Le informazioni a priori vengono generalmente considerate in due modi: definendo un modello iniziale (una distribuzione presunta dei limiti di variazione nella sezione) oppure specificando la posizione dei limiti contrastanti.

Per impostazione predefinita, il modello iniziale per l'inversione in **ZondRes2D** è il modello corrente visualizzato nell'editor dei modelli. Il programma lo modifica durante l'inversione. Come informazione a priori è possibile introdurre la posizione dei limiti contrastanti, nota dai dati di perforazione o da altri metodi geofisici.

La modalità di impostazione dei limiti **Set boundaries** è disponibile nel menu **Options/Inversion** e consente di tenere conto delle informazioni geologiche a priori durante l'inversione. Dopo aver selezionato questa scheda, viene visualizzato un menu con i pulsanti seguenti:

	Enable/Disable editing boundaries mode	Attiva/disattiva la modalità di modifica dei limiti
	Add new boundary	Aggiungi un nuovo limite
	Delete boundary	Elimina tutti i limiti
	Save boundaries to file	Salva i limiti in un file
	Load boundaries from file	Carica i limiti da un file

L'inserimento di limiti 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 consente di ottenere una struttura più coerente. Nelle zone del modello in cui i parametri sono poco sensibili alle variazioni della sezione, l'inserimento di limiti a priori è praticamente l'unico modo per ottenere un risultato accettabile.

Quando sono stati inseriti dei limiti, è preferibile utilizzare l'algoritmo Occam. In genere si utilizzano 1-2 limiti; non bisogna dimenticare che i limiti geologici non coincidono sempre con quelli petrofisici.

Prima di impostare i limiti, si consiglia di eseguire l'inversione utilizzando l'algoritmo **Occam** e di riportare poi sulla sezione risultante, se disponibili, i dati dei pozzi. I limiti vanno tracciati sulla sezione risultante tenendo conto dei dati dei pozzi o delle ipotesi a priori sulla struttura dell'area studiata. I limiti si tracciano con il pulsante sinistro del mouse, con la modalità di modifica dei limiti attiva. Per chiudere un limite, si fa clic con il pulsante destro del mouse. Nel tracciare i limiti, non si devono utilizzare troppi nodi. È preferibile che i limiti siano il più possibile regolari e passino in prossimità dei nodi della mesh di inversione. Dopo aver tracciato i limiti, si avvia nuovamente l'inversione, che verrà eseguita tenendo conto dei limiti impostati.

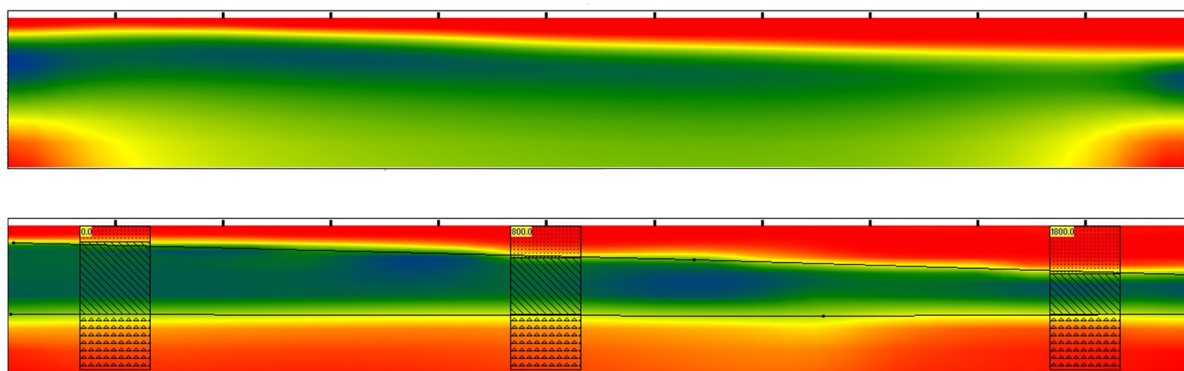


Fig. 69 Esempio di utilizzo della funzione di impostazione dei limiti Set boundaries. La sezione superiore è stata ottenuta utilizzando l'algoritmo Occam senza impostare limiti, mentre la sezione inferiore è stata ottenuta tenendo conto dei limiti a priori

È inoltre opportuno evidenziare le possibilità offerte dall'algoritmo Image guided inversion, che consente di ottenere modelli simili a un'immagine grafica (options/inversion/cross-gradient/BG image).

Il programma offre diversi metodi per visualizzare le informazioni a priori. Con l'opzione **Options/Import/Export** è possibile caricare diverse informazioni geologiche e geofisiche:

- colonne litologiche;
- dati dei log di pozzo;
- misure lungo il profilo sotto forma di grafici;
- modelli provenienti da progetti di altri programmi della suite **Zond**;
- immagini grafiche utilizzate come sfondo sotto la sezione di velocità (ad esempio, una sezione geologica o sismica).

L'uso di informazioni a priori aggiuntive consente di eseguire un'interpretazione integrata dei dati e aumenta l'affidabilità del risultato finale dell'interpretazione.

In presenza di misure di log di pozzo o di colonne litologiche, è possibile caricarle nella finestra del modello mediante l'opzione **Options / Borehole / Load borehole data** (vedere la figura seguente) oppure crearle nell'editor corrispondente.

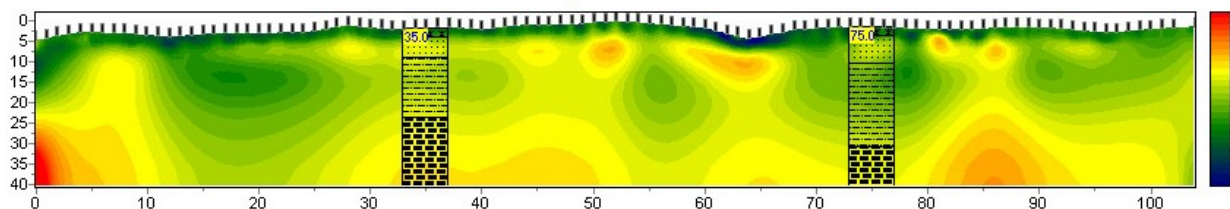


Fig. 70 Sezione con colonne litologiche sovrapposte

Options / Import/Export/Import model/data – questa opzione consente di caricare i modelli del sottosuolo provenienti dai progetti dei programmi della suite **Zond** in finestre separate (vedere la figura seguente). L'opzione può essere utile per confrontare i risultati dell'interpretazione su profili adiacenti o per l'interpretazione integrata di dati acquisiti con metodi diversi.

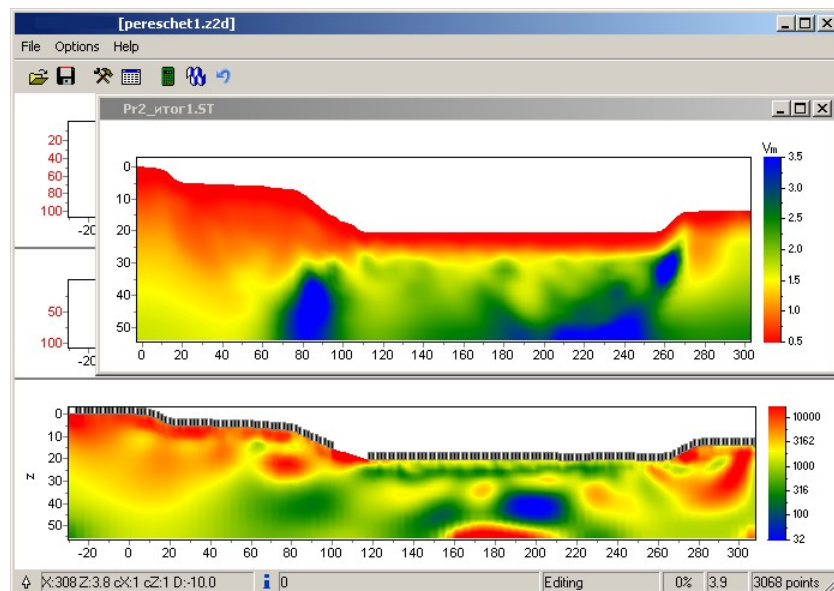


Fig. 71 Finestra di lavoro del programma con un modello di velocità importato

Quando il cursore si sposta nell'area dell'editor del modello, viene visualizzato anche in tutte le altre sezioni importate, in base alle dimensioni della cella quando il modello è visualizzato come blocchi (vedere la figura seguente).

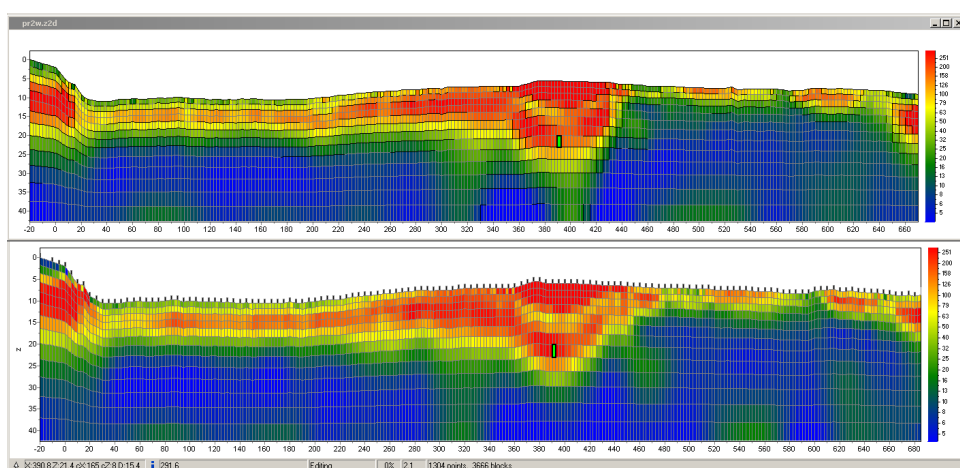


Fig. 72 Visualizzazione dei modelli di resistività elettrica, corrente e importato, come blocchi con il cursore evidenziato

Con l'opzione **Save/Load selection** è possibile salvare o caricare una porzione del modello. Per salvare una porzione, attivare la modalità di visualizzazione del modello a blocchi (**Blocks-section**), selezionare la porzione desiderata utilizzando le opzioni della sezione **Selection** e fare clic su **Save selection**.

Per caricare una porzione del modello, selezionare una piccola area del modello corrente. Il bordo superiore sinistro della selezione sarà il punto a partire dal quale verrà inserita la porzione.

Avviare l'opzione **Load selection** e selezionare il nome del file. Se non è stata effettuata alcuna selezione, la porzione verrà inserita a partire dall'angolo superiore sinistro del modello.

È possibile salvare o caricare un profilo verticale del parametro per una data coordinata orizzontale mediante l'opzione **Extract 1d log / Load 1d log**. Per salvare il profilo verticale, è necessario specificare la coordinata X nella finestra di dialogo. Per caricare il profilo verticale, è necessario specificare l'intervallo lungo l'asse X. Questa opzione può essere utilizzata, ad esempio, per integrare dati di log di pozzo o per studiare i punti d'incrocio tra profili.

Se sono disponibili informazioni a priori, è possibile utilizzarle come immagine di sfondo sotto l'editor del modello mediante l'opzione **Options/Import/Export/Background image**. Possono essere, ad esempio, sezioni geologiche o sismiche oppure una sezione di un profilo adiacente. Il programma supporta due formati per l'immagine di sfondo: file grafico *.png, *.bmp, file *.sec, *.seg-y.

Dopo aver selezionato un file *.bmp, viene visualizzata una finestra di dialogo per la configurazione delle coordinate dell'immagine, in cui si specificano le coordinate dei limiti dell'immagine nel sistema di coordinate della sezione.

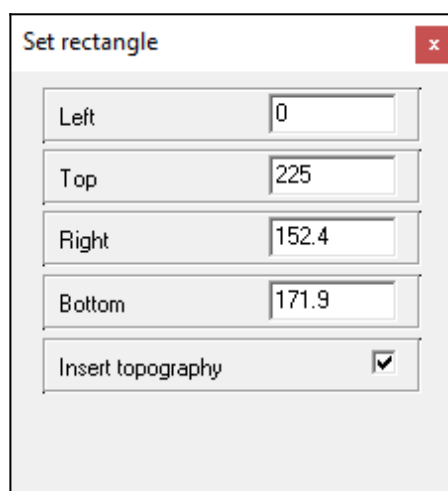
Per rendere trasparente l'immagine, nella finestra di configurazione del modello (fare clic con il pulsante destro del mouse accanto alla dicitura nella parte superiore della finestra del modello e selezionare l'opzione Setup), selezionare Transparency.

Il file *.sec contiene le informazioni sulla georeferenziazione dell'immagine ([esempio nella directory – sample_with_exported_graphic](#)) ed è strutturato come segue:

1ª riga – nome del file immagine, con indicazione del formato;

2ª riga – separate da spazi, le quattro coordinate dell'angolo superiore sinistro e dell'angolo inferiore destro dell'immagine, nell'ordine X1 Y1 X2 Y2.

Quando si seleziona l'immagine di sfondo, viene visualizzata la finestra:



Set rectangle	
Left	0
Top	225
Right	152.4
Bottom	171.9
Insert topography	☒

Fig. 73 Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri dell'immagine di sfondo

In questa finestra è possibile specificare manualmente le coordinate dell'angolo superiore sinistro e dell'angolo inferiore destro dell'immagine.

Insert topography – consente di modificare l'immagine tenendo conto della topografia (il bordo superiore dell'immagine seguirà la topografia del modello).

Nella modalità **Blocks section** vengono visualizzate le celle i cui valori sono diversi da quelli del mezzo ospite. In questo modo è possibile modellare corpi anomali sovrapposti all'immagine di sfondo (vedere la figura seguente).

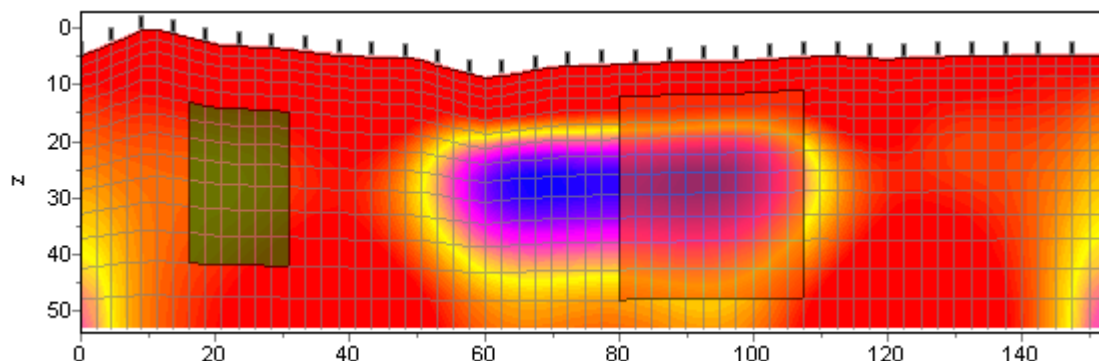


Fig. 74 Modello in modalità Block-section con immagine di sfondo

Nella modalità **Smooth section** i colori dell'immagine di sfondo e del modello corrente si fondono, consentendo di osservare contemporaneamente le caratteristiche di entrambe le sezioni (vedere la figura seguente).

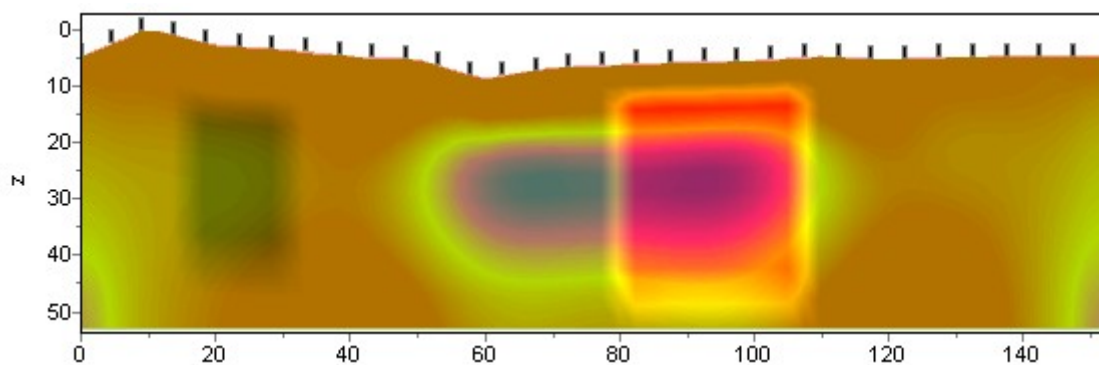


Fig. 75 Modello in modalità Smooth-section con immagine di sfondo

L'uso di un'immagine di sfondo consente di tenere conto, durante l'interpretazione, dei risultati ottenuti con altri metodi di indagine. Ad esempio, i dati di sismica, georadar o una sezione geologica disponibile possono essere utilizzati per definire i confini nella creazione di un modello a priori (iniziale) per l'inversione dei dati di tomografia di resistività elettrica. La figura seguente mostra un

esempio in cui come immagine di sfondo per il modello geoelettrico viene utilizzato un radargramma.

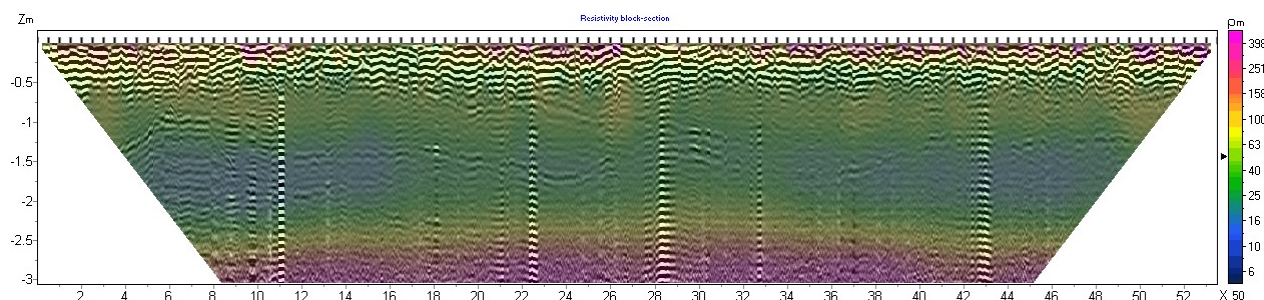


Fig. 76 Modello in modalità Smooth-section con immagine di sfondo: dati georadar

Il file del modello può essere esportato nei formati più diffusi dei programmi: AutoCAD, GeoSoft e SEG-Y. Il modello può essere salvato come immagine raster con risoluzione e dimensioni specificate tramite la finestra di dialogo **Picture settings** nel menu **Options/Graphics/Bitmap output settings**.

La voce **Options / Import/Export / Background image / Editor** apre la finestra **Background editor** per elaborare l'immagine di sfondo (in scala di grigi). Schede: **Contrast** – aumento del contrasto; **MCP filter** (Num comps); **Clustering** (Num clusters, Bounded); **Smoothing** (direzione X and Y / X / Y / Anisotropic, Numb cycles); **Trunc** (Negative / Positive); **AGC**; **Windowing** (Suppress <); **Replace** (modalità Replace / Remove / Draw, colore Color; il clic destro sull'immagine seleziona il colore, il clic sinistro riempie l'area); **Model**. I campi **winx/2** e **winy/2** definiscono metà della dimensione della finestra per i filtri MCP, AGC e Windowing. Pulsanti: **Preview** – visualizza il risultato; **Save** – accetta il risultato per il passaggio successivo di elaborazione; **Original** – ripristina l'immagine originale; **Cancel** – annulla l'ultima anteprima; **Apply&close** – applica il risultato all'immagine di sfondo e chiude la finestra.

Creazione di dati di pozzo

L'aggiunta di dati di log di pozzo e litologia si esegue nel modulo dedicato **Options / Borehole / Create / Edit borehole data** (vedere la figura seguente). Il modulo consente di creare, modificare e visualizzare colonne litologiche e dati di log di pozzo lungo il profilo di osservazione.

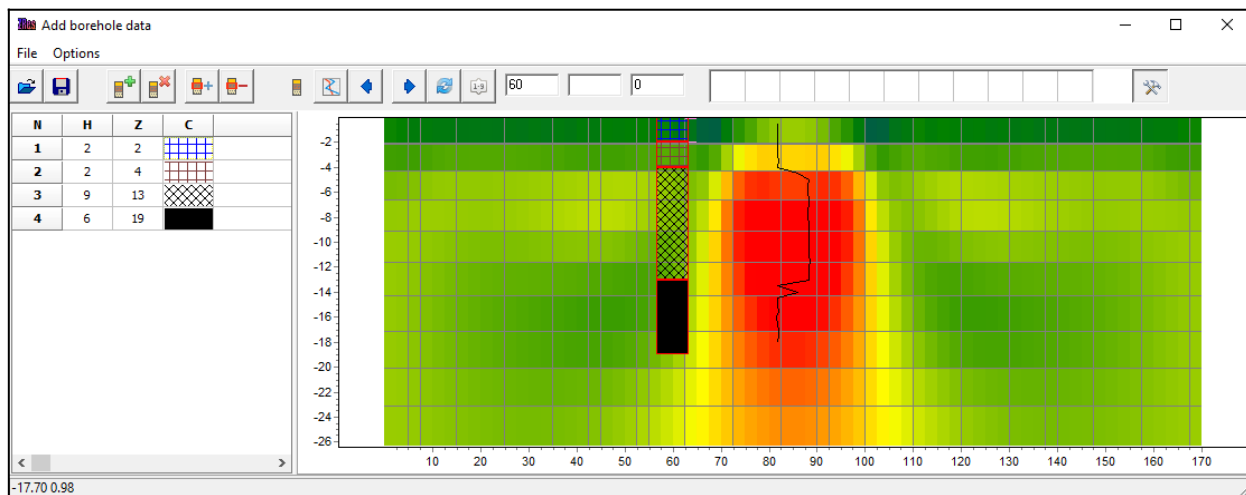


Fig. 77 Modulo per l'aggiunta di dati di log di pozzo e litologia

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

	Apri il file di litologia
	Salva il file di litologia
	Crea un nuovo pozzo
	Elimina il pozzo
	Aggiungi uno strato nel pozzo
	Elimina uno strato nel pozzo
	Modalità colonne litologiche
	Modalità dati di log di pozzo
	Passa al pozzo precedente
	Passa al pozzo successivo
	Aggiorna la finestra di visualizzazione dei dati
	Ordina i pozzi in base alla coordinata
30	Imposta la coordinata orizzontale (lungo il profilo)
bh1	Etichetta del pozzo (massimo 5 caratteri)
1	Angolo di inclinazione del pozzo nel piano XZ.
	Opzioni aggiuntive

Il modulo contiene due finestre principali. A sinistra si trova la **Finestra dei dati**, che contiene una tabella con le seguenti colonne: **N** – numero progressivo dello strato, **H** – spessore dello strato in metri, **Z** – profondità della base dello strato in chilometri, **C** – tipo di riempimento. Nella finestra di destra i dati dei pozzi sono visualizzati graficamente.

Per iniziare a creare un file di litologia, fare clic sul pulsante  nella barra degli strumenti. Nella sezione a sinistra verrà visualizzata una nuova tabella. Con il pulsante  si imposta il numero di strati desiderato. Modificare quindi la tabella specificando lo spessore o la profondità della base di ciascuno strato e selezionando il tipo di riempimento corrispondente alla litologia. La finestra di dialogo per la configurazione del riempimento **Pattern Color Editor** si apre facendo doppio clic con il pulsante sinistro del mouse nella colonna **C** della finestra dei dati (Fig. 36). Il programma offre un'ampia scelta di riempimenti litologici. Nell'opzione **Color** è possibile selezionare il colore del riempimento.



Fig. 78 Finestra dell'editor dei riempimenti

Al termine dell'inserimento dei dati del pozzo, fare clic sul pulsante  per visualizzare il pozzo nella finestra grafica. Impostare quindi le coordinate orizzontale e verticale del pozzo, in chilometri, nella barra degli strumenti; il pozzo verrà visualizzato in corrispondenza delle coordinate specificate. Nella finestra grafica il pozzo attivo è visualizzato in rosso.

Per agevolare l'uso con un numero elevato di pozzi, il programma consente di creare una tavolozza. Per creare una tavolozza, selezionare il riempimento desiderato nella colonna dei riempimenti della **Finestra dei dati**, quindi fare clic con il pulsante destro del mouse nell'area dei riempimenti sulla barra principale del programma. In questo modo è possibile creare un insieme di riempimenti, che può poi essere salvato. A tale scopo, fare clic sul pulsante  e selezionare **Save**

default palette. L'insieme di riempimenti salvato può essere utilizzato quando si crea un nuovo file di dati di litologia e log di pozzo ( - **Load default palette**).

Set borehole width, disponibile premendo il pulsante  imposta la larghezza dei pozzi in percentuale della lunghezza del profilo.

Il clic destro su una cella della colonna **C** apre il menu **Exchange P&C / Exchange P / Exchange C** – sostituisce il tratteggio e/o il colore in tutti gli strati di tutti i pozzi che presentano lo stesso riempimento. Un pulsante separato della barra degli strumenti imposta il colore di sfondo della finestra grafica; la voce **Options / Show background** mostra l'immagine di sfondo.

Dopo aver salvato il file di dati, verranno creati diversi file: ***.crt** – progetto del modulo, che può essere caricato nel programma **ZondRes2D** e ***.txt** – un file per ciascun pozzo, i cui nomi corrispondono alle coordinate orizzontale e verticale

I dati dei log di pozzo possono essere caricati tramite lo strumento . Per creare il file dei dati dei log di pozzo si utilizzano i formati ***.txt** e ***.las**.

Struttura del file ***.txt**: la prima colonna contiene la profondità del punto di misura (dalla superficie del terreno), la seconda colonna contiene le misure del log. La terza e la quarta colonna contengono zeri. Le colonne sono separate dal tasto TAB.

Di seguito è riportato un esempio di file di dati dei log di pozzo visualizzati sulla sezione sotto forma di grafici (vedere la figura seguente):

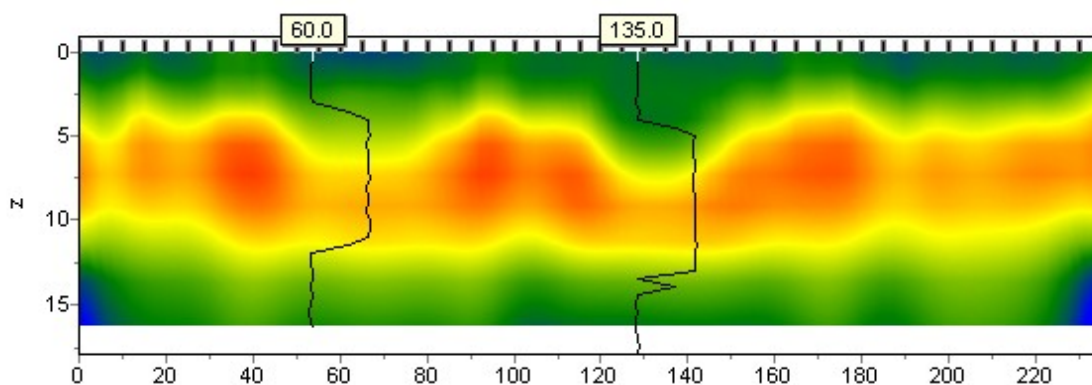


Fig. 79 **Modello con diagrammi di log di pozzo sovrapposti**

Per creare un file con informazioni litologiche si utilizza la struttura seguente: la prima colonna contiene la profondità (dalla superficie del terreno) dell'orizzonte litologico; la seconda colonna deve essere compilata con zeri; la terza colonna contiene il colore dello strato nella colonna litologica; la quarta colonna contiene il tipo di retino della colonna litologica. Le colonne sono separate da spazi. Un esempio di modello con colonne litologiche sovrapposte è riportato nella figura seguente.

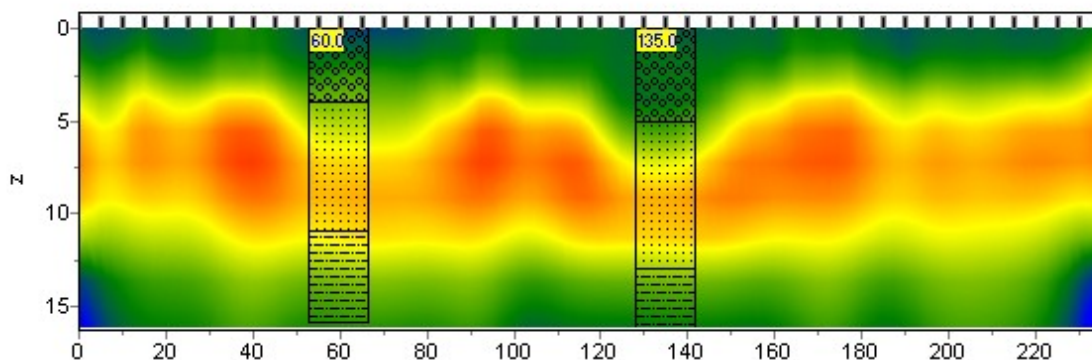


Fig. 80 Modello con colonne litologiche sovrapposte

Di seguito è riportato l'elenco dei primi 23 retini utilizzabili per creare una colonna litologica.

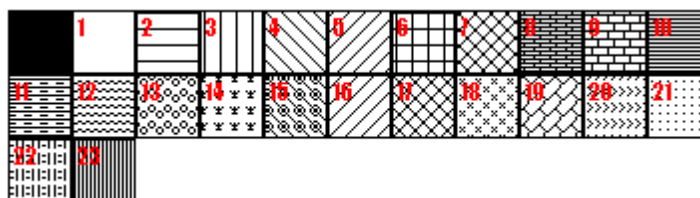


Fig. 81 Opzioni di tratteggio della colonna litologica

Oltre al formato txt, in questo modulo è possibile caricare file crt. Di seguito è descritta la struttura del file CRT per visualizzare dati litologici o di log di pozzo per un numero arbitrario di pozzi.

2280.txt La prima riga contiene il nome del file con i dati dei log di pozzo o litologici.

skv2280 La seconda riga contiene l'etichetta del pozzo (visualizzata sul pozzo).

18 2 2 1 0 1 0 0 La terza riga contiene i parametri di controllo -

Il valore **18** – coordinata del pozzo sul profilo;

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

2 - tipo di visualizzazione dei dati 0 - 3;

[0 - dati dei log di pozzo (sotto forma di grafico);

1 - dati dei log di pozzo (colonna cromatica interpolata); per visualizzare i dati viene utilizzata la scala cromatica della sezione;

2 - colonna litologica;

3 - dati dei log di pozzo (colonna cromatica); i colori dei dati visualizzati corrispondono alla scala cromatica del modello; il colore della colonna viene scelto in base al valore della scala cromatica del modello.]

1 - Parametro di normalizzazione dei dati dei diagrammi di log di pozzo 0 - 2.

[0,1 – per tutti i dati si utilizza lo stesso minimo e massimo;

1,2 - sottrarre a ciascun diagramma di log di pozzo il suo valore medio.]

0 - Indice del metodo di log di pozzo (se è necessario visualizzare contemporaneamente più tipi di log, inserire gli indici per ciascun metodo) 0 – n-1, dove n è il numero di metodi.

1 - Colore del grafico.

0 - Scala dei dati: logaritmica 0, lineare 1.

0 – Spostamento verticale del pozzo rispetto alla superficie del terreno.

I pulsanti della barra degli strumenti del modulo per l'inserimento dei dati litologici sono disponibili anche nel menu **Options**. Qui è presente anche la funzione **Remove background**, che consente di rimuovere l'immagine di sfondo – il modello di velocità – durante l'inserimento dei dati di pozzo.

Quando si creano o si modificano i dati di pozzo con il modulo descritto, il programma salva il risultato in un file nel formato interno con estensione *.crt o *.bmp.

Finestra di dialogo Model smooth/raster

Dopo aver modificato il modello mesh o aver eseguito l'inversione, è possibile applicare diverse operazioni utili.

L'opzione **Model operations (Options / Extra / Model smooth / raster)** consente di smussare il modello corrente o di suddividerlo in cluster (vedere la figura seguente). Il modello a cluster può essere utilizzato nell'inversione di tipo **Blocks**. In questo caso, il parametro viene adattato per ciascun blocco. Prima di suddividere il modello in cluster, è preferibile eseguire un'inversione focalizzante.

Nella modalità **Clusters**, le celle del modello vengono raggruppate con il metodo k-means nel numero di cluster specificato (**Num clusters**). L'opzione **Start layer** imposta la prima riga dell'intervallo a cui applicare l'operazione. La casella di controllo **with joint** esegue il clustering congiunto con il modello del secondo metodo di inversione congiunta.

Nella modalità **Smooth**, i parametri delle celle del modello vengono mediati; **Smooth factor** imposta il numero di passaggi di smussamento (2–200). L'opzione **End layer** imposta l'ultima riga dell'intervallo a cui applicare l'operazione.

Il pulsante  copia il modello ottenuto nell'editor del modello.

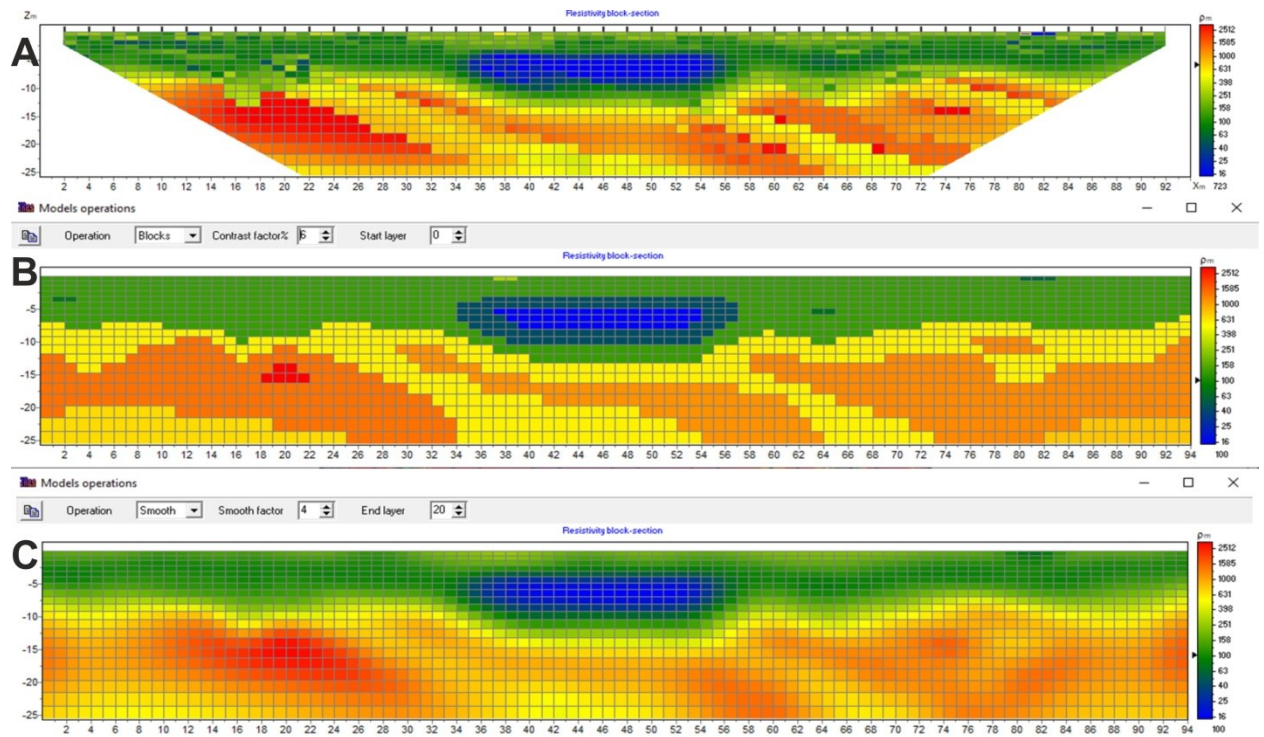


Fig. 82 Utilizzo della finestra di dialogo Models operations. Modello geoeletttrico iniziale (A). Esempio di applicazione della procedura di suddivisione in blocchi (B) e di smussamento (C)

Risultati dell'interpretazione

Visualizzazione del modello

Il modello in modalità mesh può essere visualizzato come celle **Options/Model/Block-section** (vedere la figura seguente, A), con una palette a interpolazione continua **Options/Model/Smooth-section** (vedere la figura seguente, B) e come sezione a contorni **Options/Model/Contour-section** (vedere la figura seguente, C).

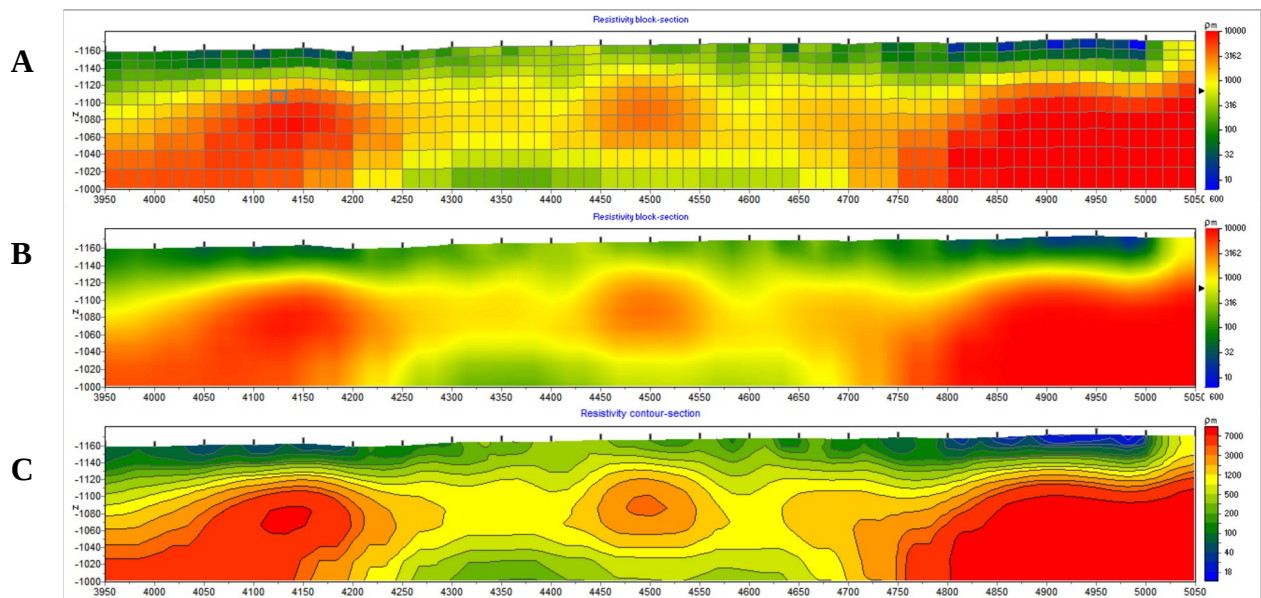


Fig. 83 **Modalità di visualizzazione del modello: Block-section (A), Smooth-section (B), Contour-section (C)**

Inoltre, sul modello si possono visualizzare:

- Due parametri contemporaneamente – *resistività elettrica* e *caricabilità*. Sull'immagine del modello visualizzata come contorni (modalità **Contour-section**) vengono sovrapposte le isolinee del secondo parametro (vedere la figura seguente). La funzione si attiva dal menu principale del programma, selezionando **Options/Extra/Display Rho&IP together**. Per configurare le isolinee del secondo parametro, si utilizza la finestra di dialogo richiamabile da **Options/Extra/Extra isolines color settings**.

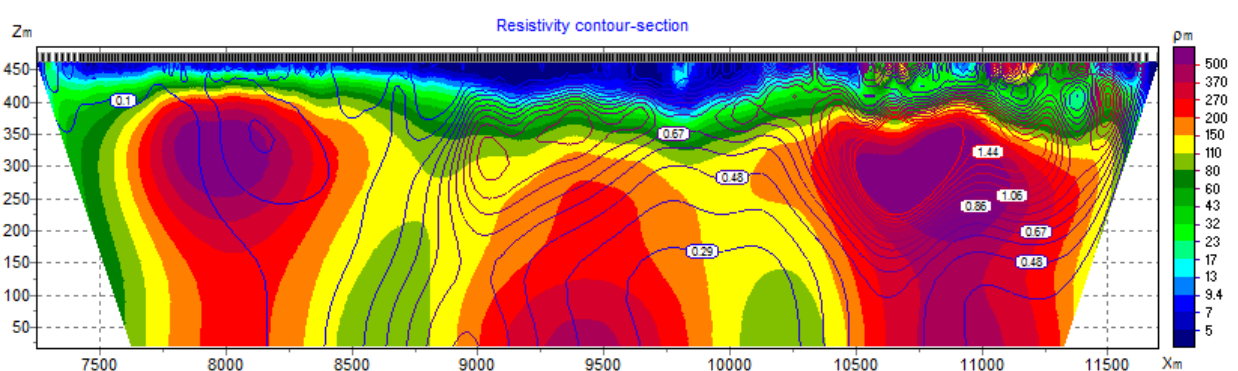


Fig. 84 **Sovrapposizione delle isolinee della caricabilità sul modello di resistività elettrica**

Per comprendere meglio i principi di funzionamento della tomografia di resistività elettrica, è utile analizzare la distribuzione del potenziale o della sensibilità nel mezzo.

- *Distribuzione del potenziale* – visualizzazione delle isolinee del potenziale sopra la sezione, per una determinata sorgente (vedere la figura seguente, A). La posizione della sorgente si seleziona nella tabella dell'editor dei dati. Questa modalità è disponibile nei modi **Block** o **Smooth section**. Si attiva dal menu principale del programma, selezionando **Options/Extra/Potential & sensitivity in model/ Potential isolines**. Per configurare i parametri delle isolinee, si utilizza la finestra di dialogo richiamabile con il pulsante  nell'editor dei dati. La finestra di dialogo è analoga a quella per la configurazione dei parametri della pseudosezione.
- *Distribuzione della funzione di sensibilità* – visualizzazione delle isolinee della sensibilità sopra la sezione, per la misura corrente (vedere la figura seguente, B). La misura si seleziona nella tabella dell'editor dei dati. Questa modalità è disponibile nei modi Block o Smooth section. Si attiva dal menu principale del programma, selezionando **Options / Extra / Potential & sensitivity in model / Sensitivity isolines**. Per configurare i parametri delle isolinee, si utilizza la finestra di dialogo richiamabile con il pulsante  nell'editor dei dati (**Options / Data editor**). La finestra di dialogo è analoga a quella per la configurazione dei parametri della pseudosezione.

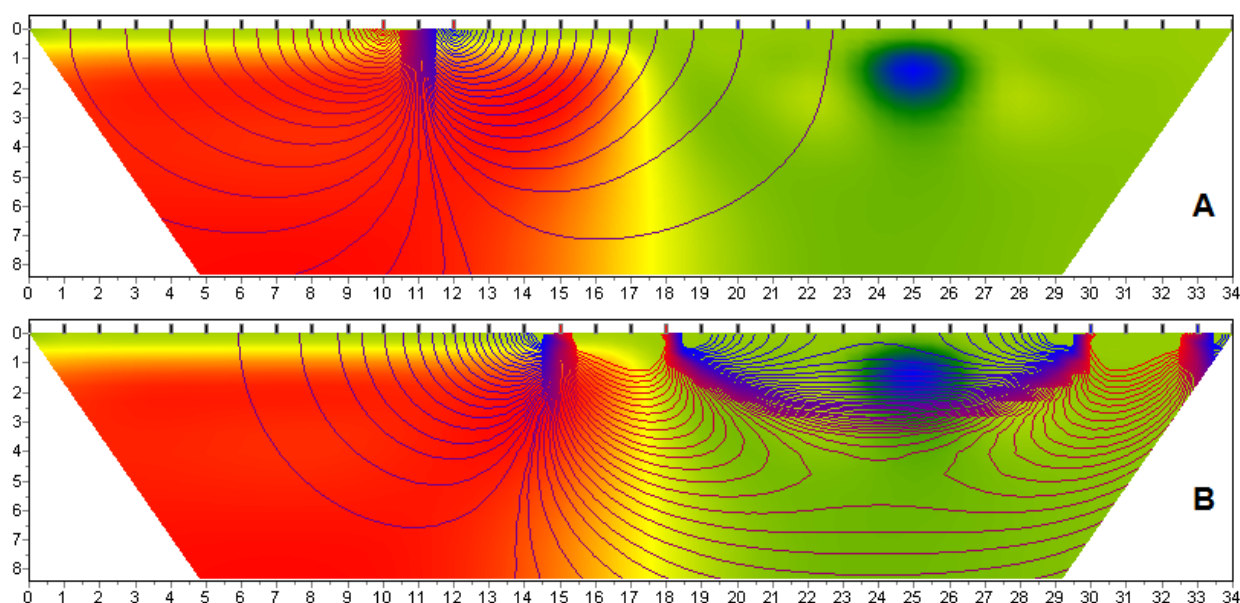


Fig. 85 **A. Sezione di resistività elettrica con le isolinee della funzione di potenziale. B. Sezione di resistività elettrica con le isolinee della funzione di sensibilità**

Lavorare con più modelli nello stesso progetto

Spesso è necessario archiviare più modelli all'interno di un unico progetto e visualizzarli contemporaneamente per confrontarli. Ad esempio, per individuare i parametri ottimali dell'inversione, è più pratico non creare un progetto separato per ogni set di parametri, ma archiviare nello stesso progetto tutti i modelli ottenuti dai risultati dell'inversione e poterli confrontare nella stessa finestra. Anche in modalità di modellazione, quando si calcola il problema diretto per più modelli correlati, è più pratico archivarli e confrontarli all'interno dello stesso progetto.

Nel programma **ZondRes2D** le funzioni descritte sono implementate tramite la sezione **Buffer** del menu principale del programma. I pulsanti **Model 1 – Model 5** corrispondono a cinque modelli buffer che si possono archiviare all'interno di un progetto.

Per salvare il modello corrente in un buffer, si deve premere uno dei pulsanti corrispondenti ai modelli buffer. Se il modello buffer selezionato è vuoto, vi viene salvato il modello corrente. La finestra di dialogo che compare consente di inserire il nome del modello buffer, che verrà visualizzato sul pulsante corrispondente nell'elenco **Buffer** e come titolo durante la visualizzazione del modello.

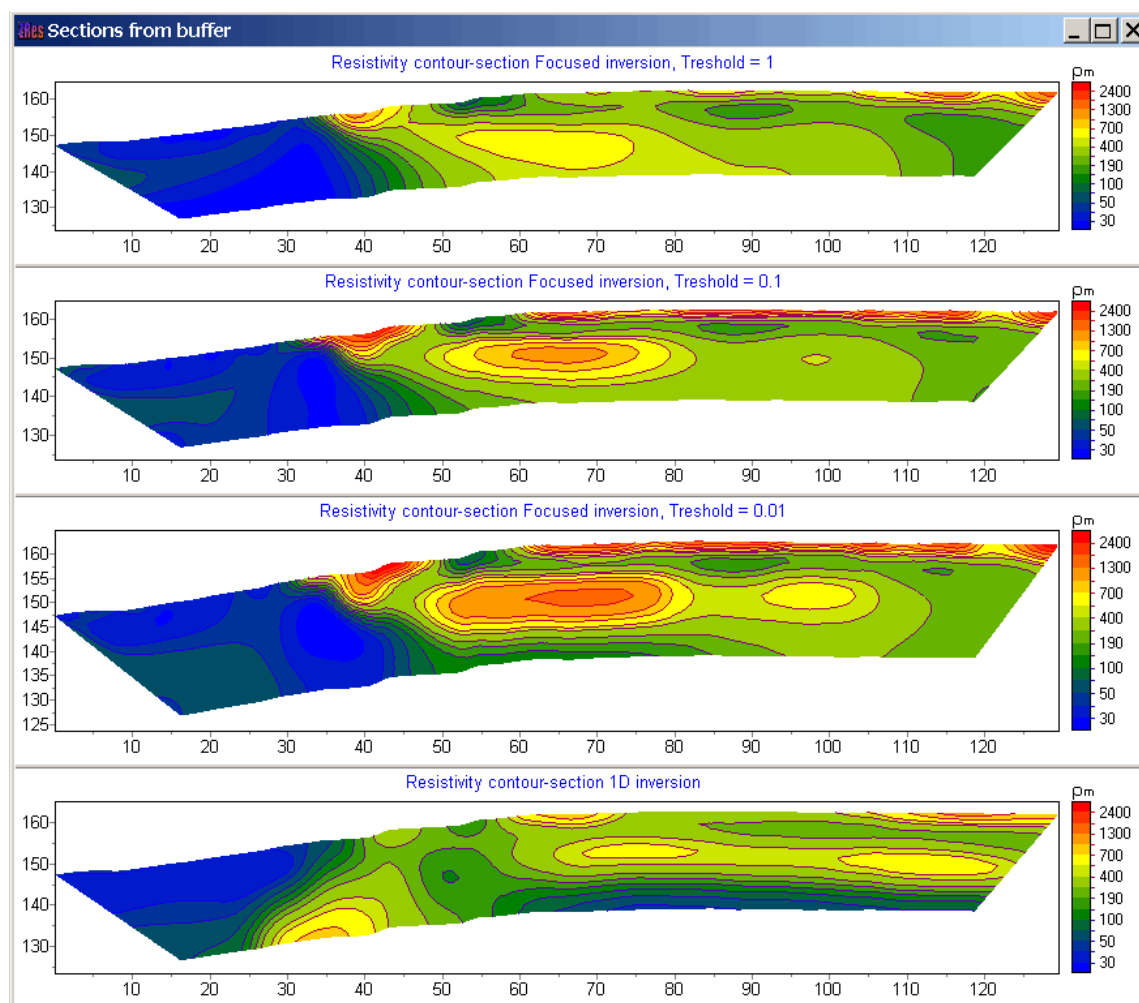


Fig. 86 Finestra di visualizzazione di più modelli (Buffer / Open). Esempio di inversione degli stessi dati con parametri diversi

Dopo aver definito il primo modello buffer, nell'editor del modello si può cancellare il modello corrente e crearne uno nuovo, salvandolo nel buffer successivo.

Se il modello buffer selezionato non è vuoto, il programma chiede se si desidera aprire questo modello buffer (**From Buffer**) oppure salvare al suo posto il modello corrente (**To buffer**). Se si seleziona **From Buffer**, il modello del buffer viene caricato al posto del modello attivo corrente nell'editor della sezione.

Il pulsante **Buffer/Open** consente di visualizzare tutti i modelli creati in un'unica finestra, per confrontarli comodamente.

Finestra di costruzione del modello geologico-geofisico

Per costruire un modello geologico-geofisico (effettuare l'interpretazione geologica) si utilizza la finestra dell'editor del modello geologico **Geological editor**, richiamabile dal menu **Options / Geological editor**. L'editor consente di creare interattivamente un modello geologico basato sul modello corrente del progetto, sui dati di pozzo, sui dati di altri programmi della suite **Zond** e su immagini raster di sfondo. Consente inoltre di stampare le sezioni ottenute in scala definita, nonché di salvare ed esportare i risultati dell'interpretazione.

I risultati dell'interpretazione geofisica costituiscono una sorta di sfondo a colori, sul quale viene costruito il modello geologico. Durante la creazione del modello si individuano oggetti locali e strati, sui quali viene poi applicata la simbologia geologica scelta dall'interprete. Il modulo consente anche di visualizzare i dati di pozzo, semplificando notevolmente il processo di costruzione del modello.

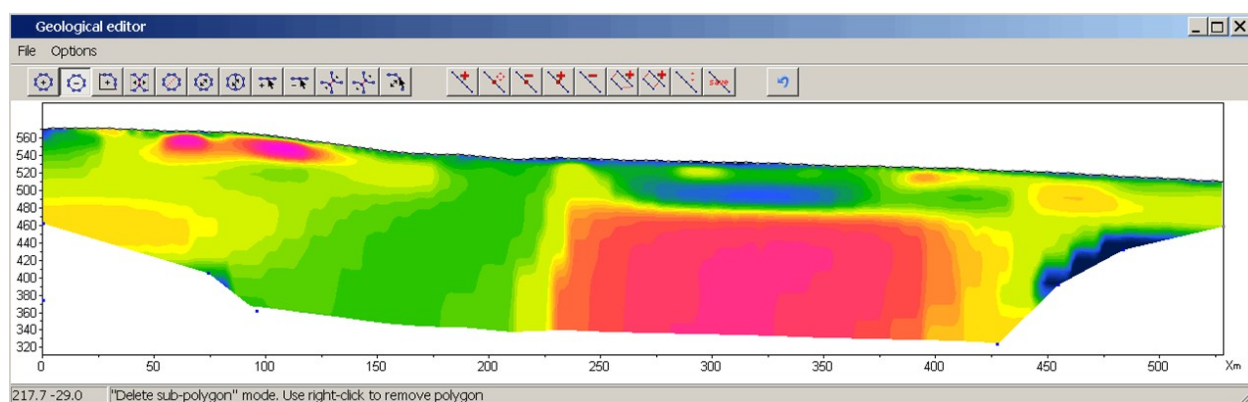


Fig. 87 Finestra dell'editor del modello prima di iniziare il lavoro

Pertanto, il compito principale del modulo consiste nella rapida costruzione di sezioni geologiche sulla base dei risultati geofisici e nella successiva esportazione nel rapporto.

Prima di iniziare il lavoro, è necessario selezionare con molta attenzione il tipo di sezione e le relative impostazioni grafiche. La scelta migliore consiste nel rappresentare la sezione sotto forma di isolinee.

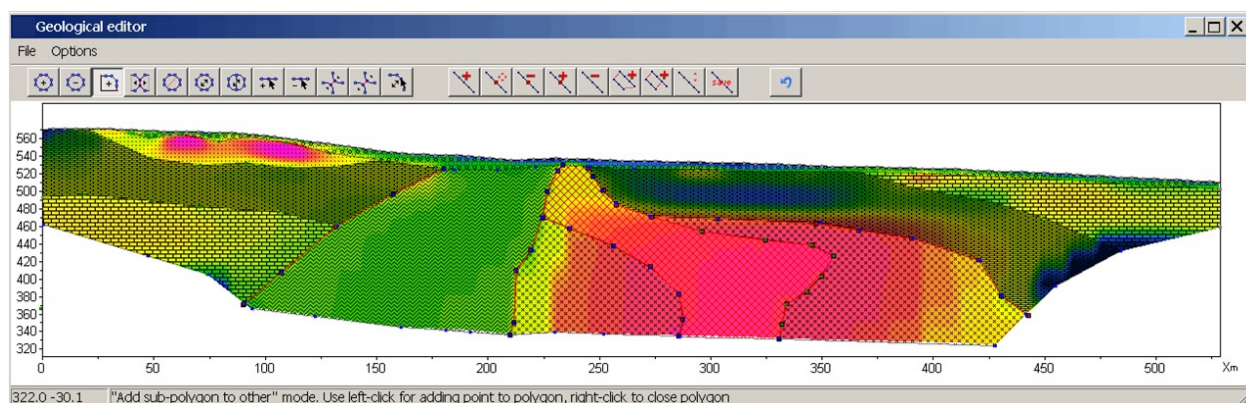


Fig. 88 Finestra dell'editor del modello: sezione delle velocità e interpretazione geologica.

Successivamente, si avvia l'opzione **Geological editor**, dopodiché inizia il lavoro sulla sezione. Si definiscono corpi e strati sotto forma di poligoni chiusi e aperti, assegnando loro un colore e un tratteggio.

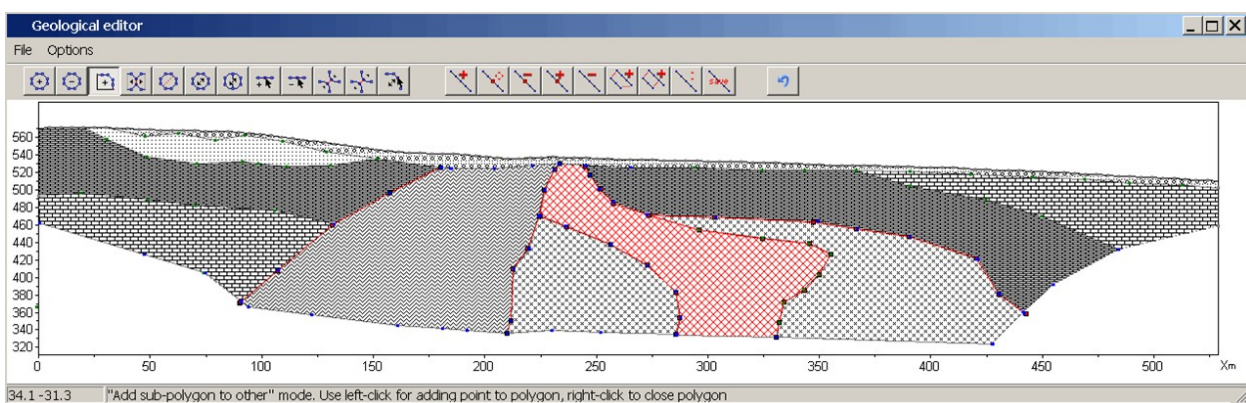


Fig. 89 Finestra dell'editor del modello: sezione geologico-geofisica ottenuta dai risultati dell'interpretazione

Sulla barra degli strumenti della finestra **Geological editor** sono disponibili i pulsanti per modificare poligoni e linee:

Strumento	Opzione
	Crea un poligono. Facendo clic con il pulsante sinistro del mouse si aggiunge un nuovo nodo alla polilinea, che costituisce il contorno del poligono. La definizione del contorno del poligono termina facendo clic con il pulsante destro del mouse; la polilinea viene quindi chiusa automaticamente.
	Eliminazione di un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, si fa clic destro sul poligono da eliminare.
	Crea un poligono adiacente a un poligono esistente o al contorno dell'area di modellazione. Dopo aver selezionato questo strumento, si deve definire il contorno non adiacente al poligono esistente. Il primo e l'ultimo punto del contorno definito devono appartenere al contorno del corpo adiacente oppure al contorno dell'area di modellazione. La definizione del contorno termina facendo clic con il pulsante destro del mouse. Il programma seleziona automaticamente il contorno adiacente oppure propone di selezionarlo tramite una finestra di dialogo.
	Separazione di poligoni adiacenti. Se con lo strumento precedente è stato creato un modello contenente poligoni adiacenti, questo strumento consente di separarli, in modo da poter modificare indipendentemente i confini, spostare o eliminare un poligono. Dopo aver selezionato lo strumento, si seleziona con il pulsante sinistro del mouse il poligono da separare (facendo clic una sola volta in un punto qualsiasi del poligono; i suoi confini cambiano colore). Facendo clic con il pulsante destro del mouse si conclude la procedura di separazione.
	Dividere un poligono con una linea retta (creare due poligoni da uno). Si indica il primo punto della linea retta con il pulsante sinistro del mouse, quindi il secondo con il pulsante destro. Entrambi i punti devono trovarsi sul confine del poligono da dividere.

	Spostare un poligono. Si seleziona il poligono facendo clic con il pulsante sinistro del mouse. Durante il movimento del mouse, il poligono si sposta. La posizione del poligono viene confermata facendo clic con il pulsante destro.
	Sposta una parte del poligono
	Aggiungere un nodo. Si fa clic con il pulsante destro del mouse sul punto del confine in cui si desidera aggiungere il nodo.
	Eliminare un nodo. Si fa clic con il pulsante destro del mouse sul nodo da eliminare.
	Collega due nodi (li unisce in un unico nodo comune).
	Spostare un nodo. Si seleziona il nodo facendo clic con il pulsante sinistro del mouse; lo si sposta muovendo il mouse e si conclude lo spostamento facendo clic con il pulsante destro.
	Separa i punti collegati. Questa modalità serve a separare i punti collegati. Per separare i punti di un poligono collegato, si fa clic con il pulsante destro del mouse sul punto. A seguito di questa operazione, un singolo punto collegato viene sostituito da una serie di punti non collegati, ciascuno appartenente al proprio poligono. I punti dei poligoni diventano rossi quando il cursore vi si avvicina.
	Sposta un punto. Questa modalità serve a spostare un punto del poligono. Per selezionare il punto da spostare, si fa clic con il pulsante sinistro del mouse; il punto del poligono segue quindi il cursore. Per fissare la nuova posizione del punto, si fa clic con il pulsante destro del mouse. Se l'operazione non è possibile (ad esempio, se alcuni lati si intersecano), il programma impedisce lo spostamento del punto e lo riporta alla posizione iniziale. I punti situati sul contorno del modello possono essere spostati solo lungo i bordi corrispondenti. I punti del poligono diventano rossi quando il cursore vi si avvicina.

La finestra di dialogo per impostare i parametri grafici del poligono si apre facendo doppio clic al suo centro.

Sulla barra degli strumenti sono inoltre disponibili i pulsanti per creare e modificare le linee:

	Aggiungi linea
	Sposta nodo
	Elimina nodo
	Aggiungi nodo
	Elimina linea
	Sposta linea
	Salva i parametri della linea corrente come parametri predefiniti
	Annulla l'ultima operazione

Il menu **File** della finestra **Geological editor** contiene le seguenti funzioni:

File/Load polygons – carica i poligoni da un file

File/Save polygons – salva i poligoni del modello corrente in un file

File/Show background – mostra l'immagine di sfondo (immagine grafica)

File/Remove background – nasconde l'immagine di sfondo nell'editor.

File/Print preview – apre la finestra di dialogo per la stampa dell'immagine.

Options / Get from modeling – carica i poligoni dalla modalità di modellazione poligonale

Options / Set model size – apre la finestra di dialogo per impostare le dimensioni dell'area del modello

Options/Load borehole data – carica i dati dei pozzi da un file

Options/Remove borehole data – rimuove i dati dei pozzi dall'editor

Options/Remove all polygons – elimina tutti i poligoni

Options / Draw cutted – ritaglia l'immagine secondo il contorno di ritaglio del modello

Options / Add interm nodes – aggiunge nodi intermedi ai contorni dei poligoni

Options / Average in polys – assegna ai poligoni i valori medi dei parametri delle celle del modello al loro interno

Options / Create apriori boundaries – crea i contorni a priori dell'inversione (Set boundaries) lungo i contorni dei poligoni

Visualizzazione 3D di modelli geoelettrici relativi a più profili

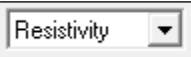
Se nell'area di studio sono state effettuate misure lungo più profili ravvicinati, è opportuno interpretarli congiuntamente. Ciò consente di studiare la distribuzione planimetrica delle strutture individuate e facilita inoltre l'interpretazione di ciascun profilo, semplificando l'identificazione degli elementi più persistenti del modello.

Nel programma **ZondRes2D**, il modulo **3D section viewer**, richiamabile dal menu **Options/3D fence diagram**, consente di visualizzare congiuntamente i modelli di resistività o caricabilità ottenuti per più profili. Permette di rappresentare nello spazio i modelli ottenuti, tenendo conto della topografia, e di costruire mappe planimetriche del parametro selezionato per una profondità o una quota assoluta specificata dall'utente.

La finestra di visualizzazione tridimensionale è composta da tre schede: *Lines* (definizione delle coordinate dei profili; vedere la figura seguente), *3D View* (finestra di visualizzazione del modello), *Options* (impostazioni dell'immagine) e una barra degli strumenti (che consente di accedere a parametri aggiuntivi e alle funzioni per caricare, salvare ed esportare il modello tridimensionale costruito).

La finestra contiene i seguenti pulsanti:

	Carica da Internet la mappa di sfondo dell'area. Le coordinate delle stazioni devono essere espresse in UTM. In caso di problemi di caricamento, inserire una chiave aggiornata nel campo Bing maps api_key
	Crea sezioni orizzontali in Surfer.
	Anteprima di stampa
	Apri la finestra di dialogo per configurare i parametri del modello 3D
	Impostazioni degli assi (vedere la sezione «Editor degli assi»)

	Ruotare 3D modello
	Mostra la pianta orizzontale. La profondità della pianta rispetto alla superficie si imposta in chilometri nella finestra a destra 
	Facendo clic su questo pulsante si impostano scale uguali per tutti gli assi. A destra viene visualizzata una finestra che consente di impostare il rapporto tra le scale di ciascun asse.
	Imposta il parametro da rappresentare (resistività o caricabilità)

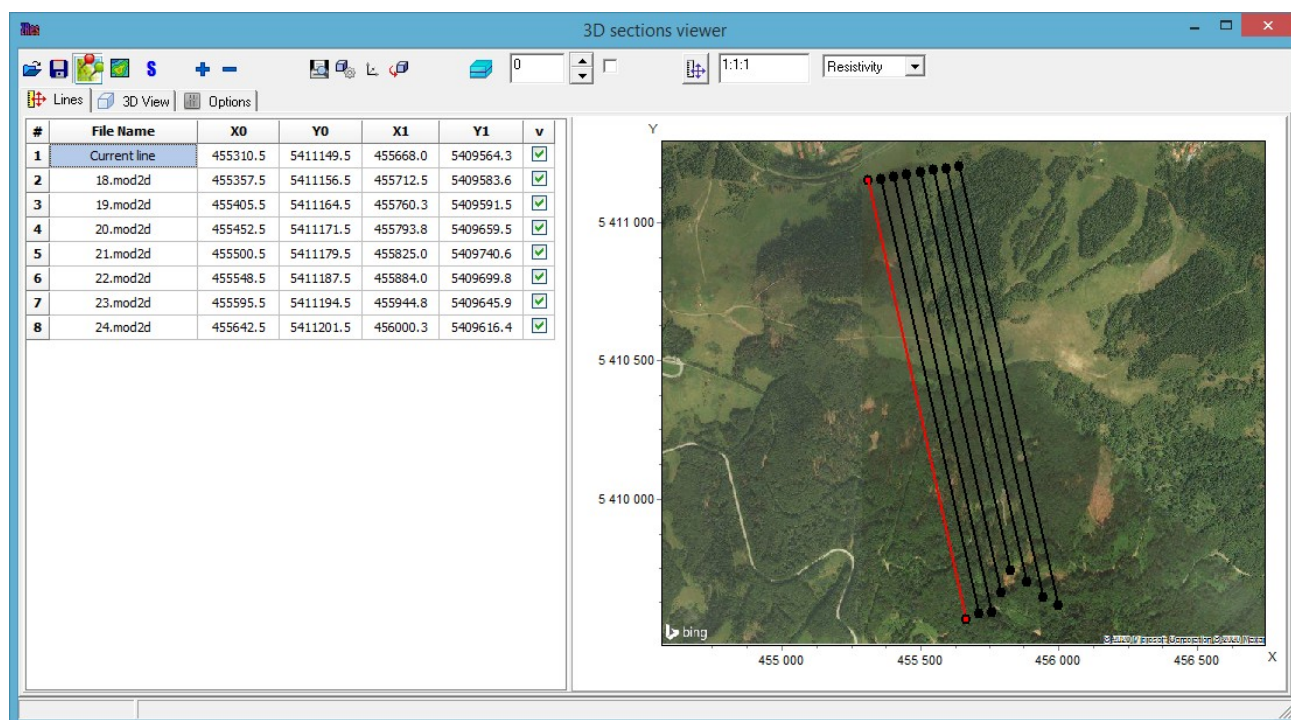
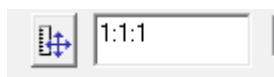


Fig. 90 Scheda Lines della finestra 3D sections viewer

Per aggiungere profili e inserire le coordinate si utilizza la scheda **Lines**. A ogni profilo corrisponde una riga della tabella. Per aggiungere un profilo alla tabella, fare clic con il tasto destro su una cella vuota della prima colonna e selezionare il file desiderato. Per la visualizzazione tridimensionale il programma utilizza file con estensione *.mod2d, creati automaticamente quando si salva il progetto in formato **ZondRes2D**. Per aggiungere una riga vuota alla tabella o eliminare un file non necessario si possono usare i pulsanti  e  della barra degli strumenti. Le colonne X0, Y0, X1, Y1 della tabella contengono le coordinate rettangolari degli estremi iniziale e finale del profilo corrispondente (i profili curvilinei possono essere definiti con l'opzione XY/Edit topo). Si

noti che i profili possono avere qualsiasi orientamento reciproco: possono essere paralleli, non paralleli, intersecanti o non intersecanti. La planimetria dei profili viene visualizzata nella parte destra della scheda Lines man mano che si inseriscono le coordinate. L'ultima colonna della tabella consente di nascondere, se necessario, i profili selezionati.

La scheda Options consente di configurare i parametri di visualizzazione: la scala dei colori e le scale dei singoli assi. Il rapporto tra le scale può essere impostato anche mediante il campo



della barra degli strumenti. Nel campo dei valori sono indicate le scale di visualizzazione dei singoli assi. Facendo clic sul pulsante  si passa alla modalità di impostazione manuale delle scale degli assi.

Il modello tridimensionale viene visualizzato nella scheda **3D View** (vedere la figura seguente).

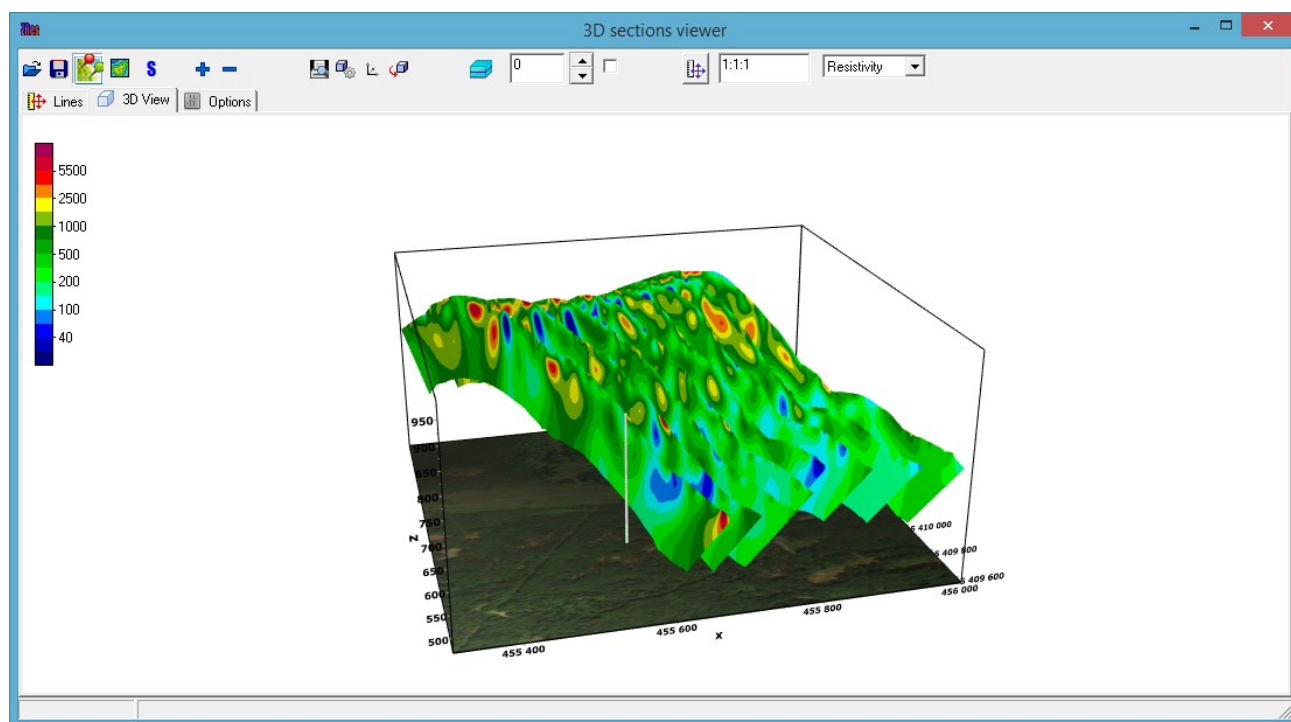


Fig. 91 Scheda 3D View della finestra 3D section viewer. Visualizzazione tridimensionale

La configurazione di ciascun asse si effettua tramite le finestre di dialogo richiamate con il pulsante  della barra degli strumenti. La finestra di dialogo corrispondente consente di modificare le proprietà delle etichette degli assi, configurare la visualizzazione della griglia, impostare i titoli degli assi e altro.

Si accede alle impostazioni relative all'immagine tridimensionale del modello (tipi di proiezione, scale, angolo di rotazione, spostamenti dell'intero modello nelle coordinate dello schermo ecc.) tramite il pulsante .

È inoltre possibile interagire con il modello tramite il mouse: tenendo premuto il pulsante sinistro, si può ruotare liberamente il modello. La rotellina del mouse regola la scala. Facendo clic sul pulsante  si avvia la rotazione automatica del modello attorno al proprio centro geometrico.

Una funzione utile consente di creare una sezione orizzontale. Si accede alla relativa opzione tramite il gruppo di strumenti   ☒ della barra degli strumenti. L'opzione di selezione a destra del campo di inserimento indica se, per creare la sezione, si utilizzerà la quota assoluta o la profondità rispetto alla superficie. Un esempio è mostrato nella figura seguente.

Il pulsante **3D options** apre il menu: **Axes settings** (X-Axis, Y-Axis, Z-Axis); **Type plotting** (Fence diagram, XY planes, Isosurfaces); **Set isoplanes** e **Set isosurfaces** (**Smoothness**, **Z detailization**); **3D options**; **Transparency** – trasparenza in funzione del valore del parametro (finestra **Opacity vs parameter value**); **Rotate plot**; **Create video** (finestra **Record video**: avvio e arresto della registrazione e della rotazione); **Copy slice to map**; **Remove slice**. Il pulsante **Multi sections** mostra le sezioni di tutti i profili in un'unica finestra.

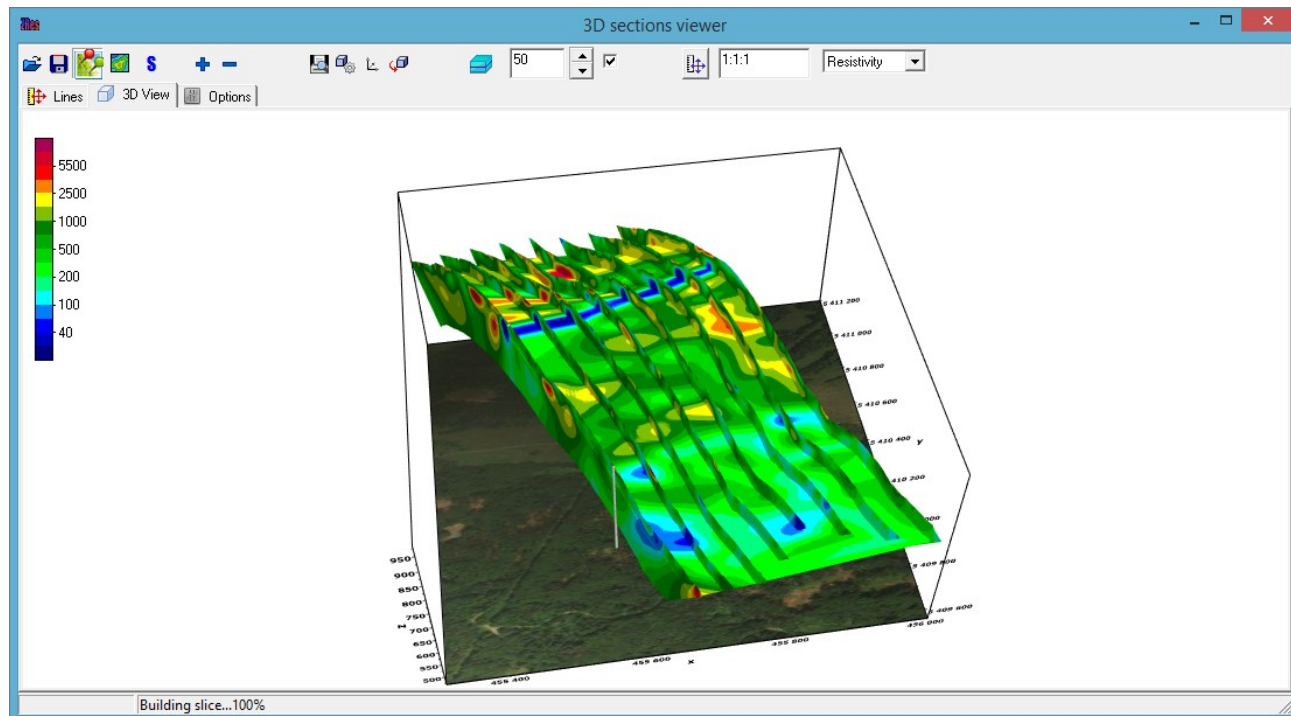


Fig. 92 Scheda 3D View della finestra 3D sections viewer. Mappa della resistività a una profondità specificata rispetto alla superficie



- crea una sezione XY alla profondità specificata.



Il pulsante consente di caricare un'immagine di sfondo della mappa Bing (servizio cartografico Bing); in questo caso, le coordinate devono essere in formato UTM.



Il pulsante consente di creare sezioni XY alla profondità specificata ed esportarle in Surfer.

Il set di modelli in 3D section viewer può essere salvato e riaperto in seguito mediante i pulsanti



e . Se nella finestra di salvataggio si seleziona XY plane, il programma crea un file di testo *.dat relativo alla sezione corrente in profondità. Questo file può essere utilizzato con programmi esterni, ad esempio Surfer. Se si salva in formato Voxler 3d grid, il programma crea un file di testo *.dat contenente i dati dell'intero modello.



La stampa della finestra del modello si esegue premendo il pulsante della barra degli strumenti.

La scheda **Options** della finestra **3D sections viewer** consente di impostare la scala dei colori del modello 3D, il rapporto tra le scale X, Y, Z, la visualizzazione dei pozzi (**Boreholes**) e la profondità massima delle sezioni dalla superficie (**Maximal depth for sections**).

Salvataggio dei risultati

Il risultato dell'interpretazione del profilo dei dati è memorizzato in un file binario nel formato **ZondRes2D** (estensione *.z2d). Il file contiene i dati di campagna, i valori dei pesi relativi delle misure, il modello corrente del sottosuolo e altro ancora. Al successivo caricamento, per creare il modello del sottosuolo vengono utilizzati i dati contenuti nel file.



Per salvare il risultato dell'interpretazione, si può premere il pulsante della barra degli strumenti oppure selezionare la corrispondente voce di menu **File / Save file**. Nella finestra di dialogo che compare è inoltre possibile scegliere il formato dei dati da salvare: valori osservati (*Observed*) o calcolati (*Calculated*) di resistività apparente e caricabilità per il modello corrente, nonché immagini (*Model*, *WorkSheet*) nel formato *.BMP con la scala desiderata. La scala dell'immagine si può impostare tramite la finestra di dialogo **Picture settings** nel menu **Options / Graphics / Bitmap output settings**.

La finestra di dialogo **Picture settings** consente di impostare la scala verticale **Vertical scale** (in metri per centimetro), la scala orizzontale **Horizontal scale** (in metri per centimetro), la risoluzione dell'immagine esportata **Print resolution** (in DPI) e la dimensione del carattere **Font size**. Queste impostazioni si applicano al modello salvato in formato BMP (Model), se l'opzione **Automatic** è deselezionata. In caso contrario, l'immagine viene salvata così come appare sullo schermo.

I formati di file disponibili per il salvataggio sono elencati nella tabella:

Zond project data	Salva in un file di progetto i valori misurati, il modello corrente e tutte le impostazioni.
Zond calculated data	Salva i valori calcolati in un file di dati di testo.
Zond observed data	Salva i valori osservati in un file di dati di testo.
Zond model with calculated	Salva in un file di progetto i valori misurati, il modello corrente del sottosuolo e tutte le impostazioni. In questa modalità, i valori osservati vengono sostituiti da quelli calcolati. Ciò è molto utile per testare l'inversione su modelli diversi.
ProfileR observed data	Salva i valori misurati nel formato del programma ProfileR.
ProfileR calculated data	Salva i valori calcolati nel formato del programma ProfileR.
Res2dInv observed data	Salva i valori misurati nel formato del programma Res2dInv.
Res2dInv calculated data	Salva i valori calcolati nel formato del programma Res2dInv.
Worksheet	Salva le tre sezioni grafiche della finestra in formato BMP.
Model	Salva la sezione grafica inferiore della finestra in formato BMP. Per impostare la scala dell'immagine si deve utilizzare la finestra di dialogo Picture settings .
Program configuration	Salva i parametri dell'inversione del programma.
Grid file	Salva i dati del modello per il programma Surfer: i valori in un file di testo *.dat (resistività e logaritmi della resistività, caricabilità), il contorno di ritaglio (file *.bln) e la scala dei colori (file *.lvl).
Section file	Salva il modello corrente in un formato grafico del programma, con georeferenziazione basata sulle coordinate degli angoli dell'immagine, non su quelle geografiche.

Quando si salva il progetto, viene creato automaticamente un file con estensione *.mod2d, che contiene la descrizione del modello. Questo file viene utilizzato per importare il modello in altri

progetti di **ZondRes2D (Options / Import/Export / Import model/data)** o in altri programmi della suite **Zond**.

Funzionalità aggiuntive di esportazione in Excel

Questa sezione illustra le funzionalità aggiuntive di importazione ed esportazione di file tabellari e descrive in dettaglio l'opzione per aggiungere dati di log di pozzo e litologia alla sezione.

Esportazione dei dati osservati in un file tabellare Excel

L'esportazione dei dati osservati in un file tabellare Excel si esegue selezionando la voce di menu **Options / Import/Export / Export to Excel / Data levels**. I dati sono raggruppati per coefficienti di configurazione. I dati relativi a ciascun coefficiente sono descritti in tre righe: la riga che inizia con «Level (K, 1/m)» contiene il valore del coefficiente di configurazione; la riga che inizia con «X, m» descrive le distanze lungo il profilo per ciascun punto di esportazione (coordinate dei punti di acquisizione); la riga che inizia con «appres» contiene i valori di resistività apparente corrispondenti al coefficiente di configurazione e ai punti di acquisizione specificati.

Esportazione del modello geo-elettrico in un file tabellare Excel

L'esportazione del modello geo-elettrico in un file tabellare Excel si esegue tramite l'opzione **Options / Import/Export / Export to Excel / Model**. Nel file Excel creato, il modello geo-elettrico è rappresentato come una matrice, le cui righe corrispondono alle coordinate orizzontali delle celle e le colonne a quelle verticali (vedere la figura seguente).

La colonna di sinistra contiene i valori dei livelli (centri) dei blocchi in verticale; la riga che inizia con la cella «X» contiene le coordinate orizzontali dei centri delle celle; la riga che inizia con la cella «Elev» contiene i valori della topografia nei punti corrispondenti.

Impostazione dei parametri grafici

Finestra di dialogo per la configurazione dell'immagine esportata

La finestra di dialogo *Picture settings*, quando l'opzione *Automatic* è disattivata, consente di impostare la scala verticale *Vertical scale*, la scala orizzontale *Horizontal scale*, la risoluzione

dell'immagine esportata *Print resolution* in dpi e l'aumento delle dimensioni del carattere *Font size*; le scale sono espresse come 1:N (metri per centimetro dell'immagine).

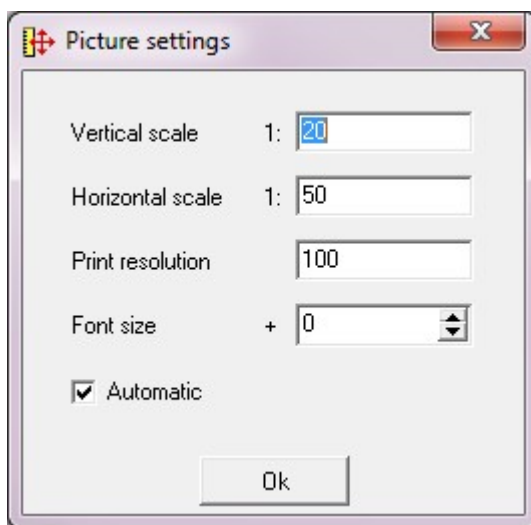


Fig. 93 Finestra di dialogo **Picture settings**.

Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri della sezione a contorni e della pseudosezione

La finestra di dialogo si apre dal menu contestuale (**Setup**) nell'area della sezione a contorni.

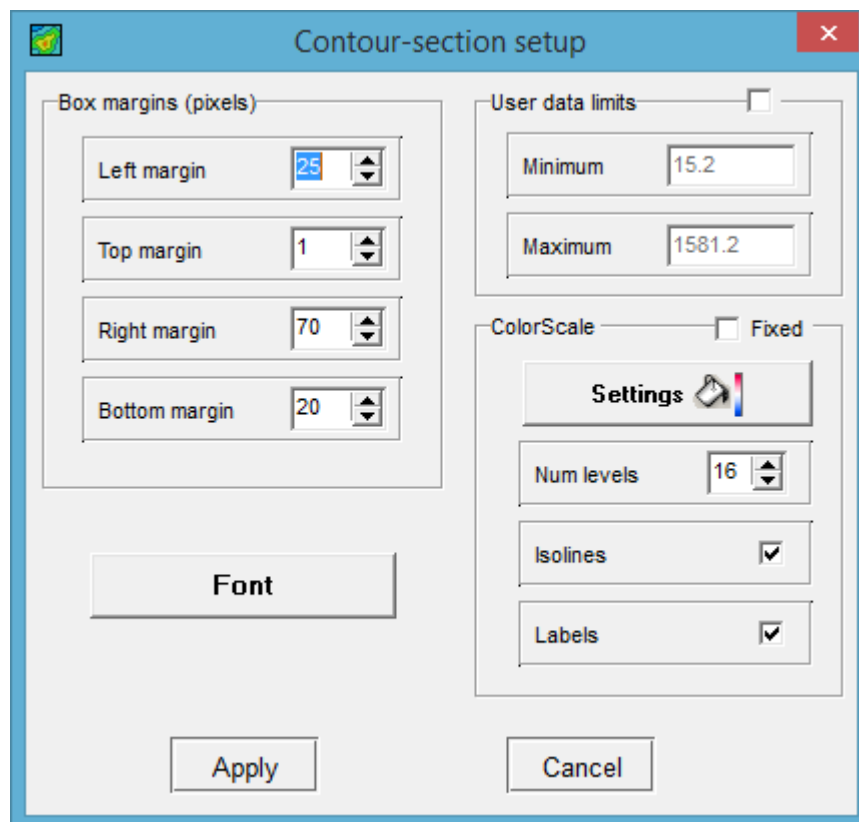


Fig. 94 Finestra di dialogo «Contour-section setup»

La finestra di dialogo consente di configurare i parametri della sezione a contorni e della mappa delle isolinee.

Area Box margins:

Il campo **Left margin** imposta il margine (in pixel) dell'immagine rispetto al bordo sinistro della finestra.

Il campo **Right margin** imposta il margine (in pixel) dell'immagine rispetto al bordo destro della finestra.

Il campo **Top margin** imposta il margine (in pixel) dell'immagine rispetto al bordo superiore della finestra.

Il campo **Bottom margin** imposta il margine (in pixel) dell'immagine rispetto al bordo inferiore della finestra.

L'opzione **User data limits** indica al programma di utilizzare i valori minimo e massimo dei dati oppure i valori dei campi Minimum e Maximum per definire i livelli delle isolinee.

Il campo **Minimum** imposta il valore minimo per la definizione dei livelli delle isolinee.

Il campo **Maximum** imposta il valore massimo per la definizione dei livelli delle isolinee.

Area ColorScale:

Settings – imposta la tavolozza dei colori (vedere la figura seguente):

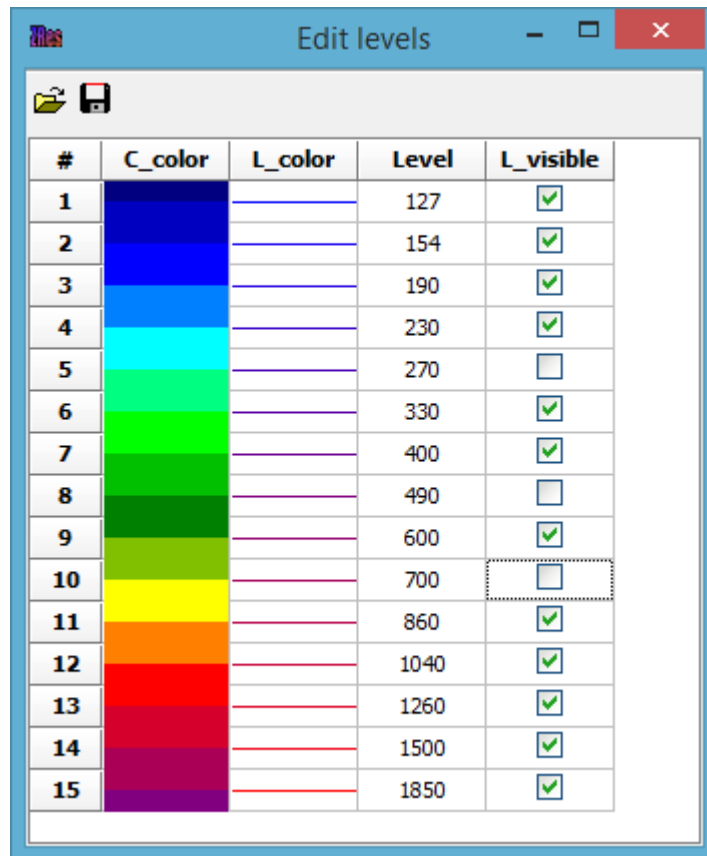


Fig. 95 Finestra di dialogo «Edit levels»

Facendo clic con il pulsante destro del mouse sulle intestazioni della tabella, si apre un menu aggiuntivo:

C_color – apre la finestra per modificare il colore della scala dei valori.

L_color – apre la finestra per modificare il colore delle tacche sulla scala dei colori.

Level – apre la finestra per modificare i limiti della scala dei colori.

La finestra di dialogo consente di modificare i colori, i parametri delle isolinee, i valori dei parametri e la visualizzazione di un colore specifico. È possibile caricare e salvare tavolozze di colori nel formato *.clr di Surfer.

Il campo **Num levels** determina il numero dei livelli delle isolinee. I livelli sono definiti con intervalli lineari uniformi o logaritmici, a seconda del tipo di dati.

L'opzione **Isolines** indica al programma se disegnare le isolinee.

L'opzione **Labels** indica al programma se visualizzare le etichette delle isolinee.

L'opzione **Fixed** fissa le impostazioni della scala dei colori.

La voce **Options / Graphics / Set user isolines** apre la finestra **Set isolines**, che mostra l'istogramma dei valori del modello: il clic sinistro aggiunge un'isolinea, il clic destro la elimina.

Pulsanti: **Equidistance between lines** – intervallo uniforme, **Remove all isolines** – elimina tutte le isolinee, **Apply** – nella sezione a contorni vengono disegnate solo le isolinee selezionate.

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per la configurazione del carattere della legenda.

Finestra di dialogo per la configurazione della tavolozza

La finestra di dialogo serve a configurare la tavolozza dell'oggetto del programma e si apre con il pulsante **Palette**. La finestra di dialogo consente di selezionare una delle tavolozze predefinite (Rainbow, Inverse rainbow, Gray scale, R-W-B, B-W-R, Standard, Res2dinv, WinGlink) oppure di creare una scala personalizzata. Per aggiungere un cursore alla scala, fare clic tenendo premuto Ctrl; per eliminarlo, fare clic sul cursore tenendo premuto Ctrl oppure premere Delete. Quando l'opzione **Continuous** è disattivata, la tavolozza è a gradini; il numero di gradini è specificato nel campo **N step** (4–50). È inoltre possibile salvare una tavolozza personalizzata con il pulsante  oppure caricarne una esistente con il pulsante .

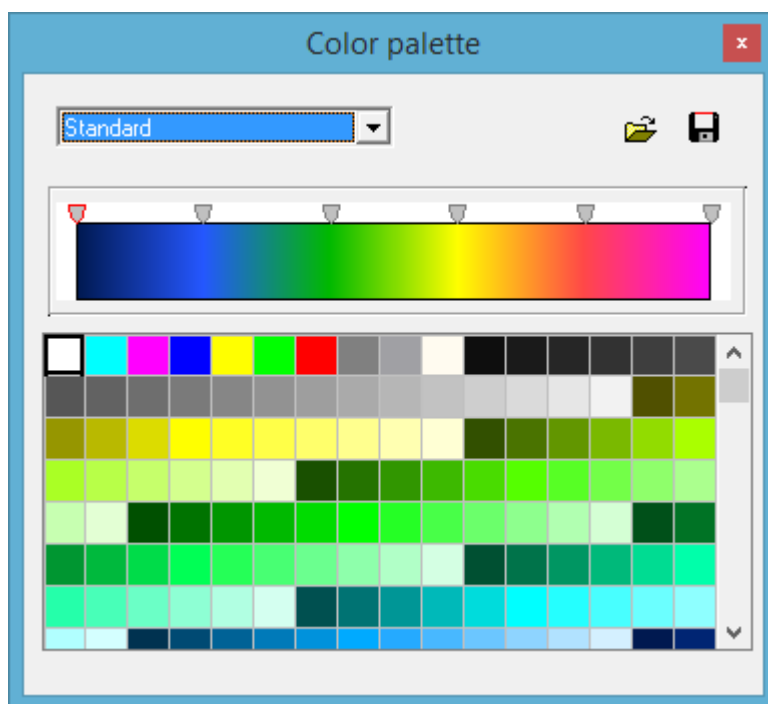


Fig. 96 Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri della tavolozza

È possibile modificare e caricare la tavolozza da un file e salvarla in un file nel formato *.clr di Surfer.

Editor dei set di grafici

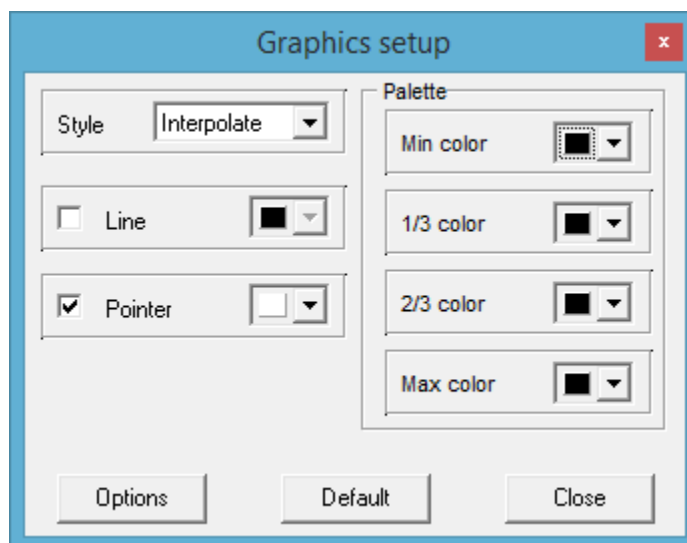


Fig. 97 Editor dei set di grafici

L'editor serve a configurare la sequenza di colori di un set di grafici.

L'opzione *Style* imposta l'algoritmo per assegnare la tavolozza dei colori ai grafici.

Se si seleziona il valore *Interpolate*, viene utilizzata una tavolozza interpolata, generata a partire dai colori specificati nelle opzioni: *min color*, *1/3 color*, *2/3 color* e *max color*. Il valore *const* assegna lo stesso colore (opzione *color*) a tutti i grafici. Il valore *random* assegna colori casuali a tutti i grafici.

L'opzione *Line* consente di specificare un colore per le linee di collegamento dei grafici. Se l'opzione è disattivata, viene utilizzato il colore della tavolozza; altrimenti, viene utilizzato il colore specificato in *Line*.

L'opzione *Pointer* consente di specificare un colore per il riempimento degli indicatori dei grafici. Se l'opzione è disattivata, viene utilizzato il colore della tavolozza; altrimenti, viene utilizzato il colore specificato in *Pointer*.

L'opzione **Stepped** attiva una palette a gradini per i grafici; il numero di gradini si imposta nel campo **Numb steps** (2–20).

Il pulsante [Options] apre la finestra di dialogo per la configurazione del grafico.

Il pulsante [Default] ripristina le impostazioni predefinite dei grafici.

Editor del grafico

L'editor consente di configurare l'aspetto del grafico. Si apre facendo clic destro sul grafico mentre si tiene premuto SHIFT.

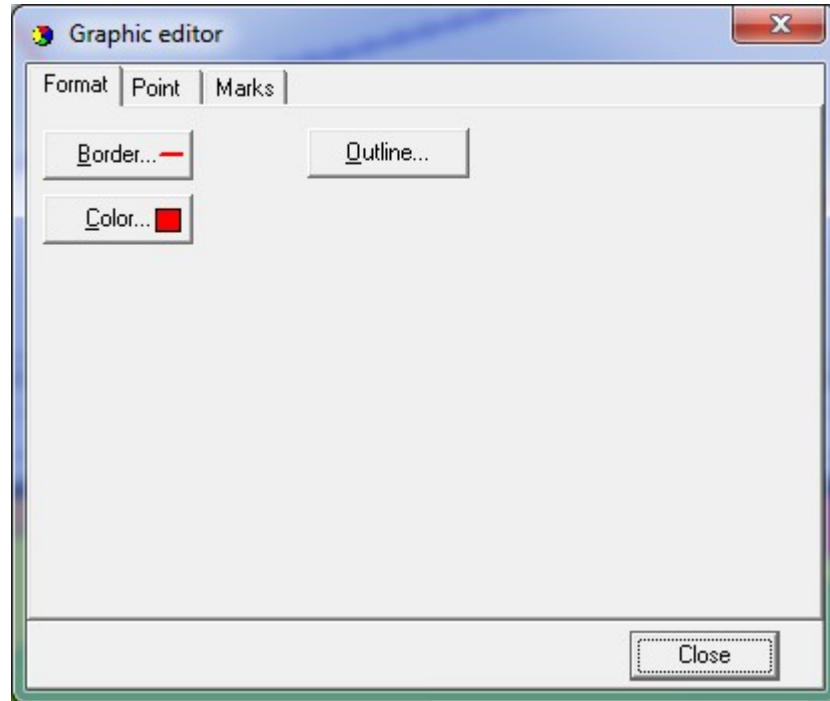


Fig. 98 Finestra di dialogo dell'editor di configurazione dei grafici

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

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

La scheda **Point** contiene le impostazioni dei marcatori del grafico.

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

L'opzione **Error gates** consente di mostrare o nascondere l'intervallo di confidenza.

L'opzione **Style** imposta la forma del marcatore.

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

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

Il pulsante **Pattern** apre la finestra di dialogo per selezionare i 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.

La scheda **Style**:

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

L'opzione **Draw every** consente di disegnare un'etichetta ogni due, tre e così via, in base al valore selezionato.

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

L'opzione **Clipped** imposta se disegnare o meno l'etichetta del marcatore quando fuoriesce dall'area del grafico.

La scheda **Arrows** serve a configurare l'aspetto della freccia che collega l'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 della cornice intorno all'etichetta del marcatore.

Il pulsante **Color** apre la finestra di dialogo per la selezione del colore di 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 gli angoli arrotondati.

L'opzione **Transparent** imposta il grado di trasparenza della cornice.

La scheda **Text**:

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

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare il contorno delle lettere delle etichette dei marcatori.

Editor degli assi

Molti oggetti del programma contengono assi di coordinate. Per configurare l'aspetto e la scala degli assi si utilizza l'editor degli assi. Si apre facendo clic destro sull'asse desiderato mentre si tiene premuto SHIFT (vedere la figura seguente).

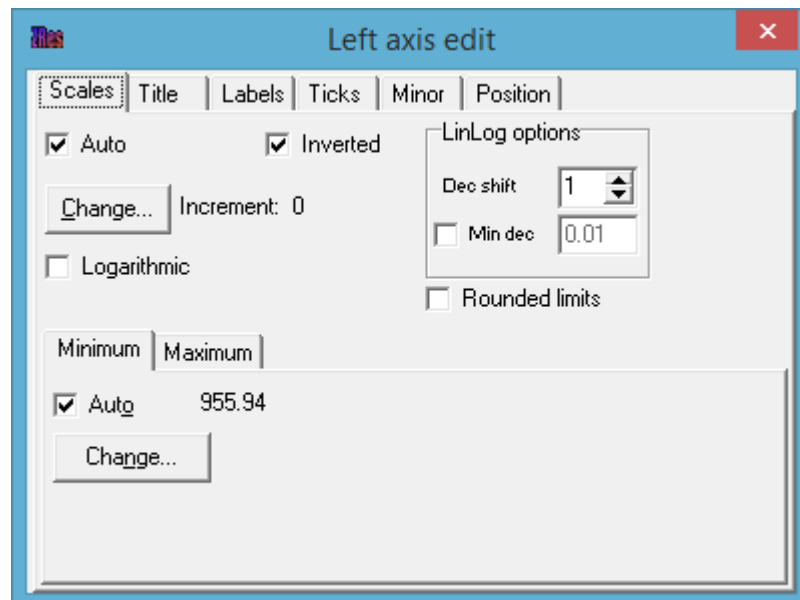


Fig. 99 Esempio di finestra di dialogo dell'editor dell'asse sinistro

Viene visualizzato un menu contestuale con tre voci: *options*, *default* e *fix range*. La prima apre la finestra di dialogo, la seconda ripristina i valori predefiniti.

La prima scheda della finestra di dialogo, **Scales**, contiene le opzioni relative alla configurazione della scala dell'asse.

L'opzione **Auto** indica al programma come determinare i valori minimo e massimo dell'asse. Se l'opzione è attivata, i limiti dell'asse vengono determinati automaticamente; altrimenti, vengono impostati dall'utente nei campi **Minimum** e **Maximum**.

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

Il pulsante **Increment change** apre la finestra di dialogo per impostare l'incremento delle tacche dell'asse.

L'opzione **Logarithmic** imposta la scala dell'asse su logaritmica o lineare. Per un asse con valori di entrambi i segni, utilizzare anche le opzioni dell'area **Lin Log options**.

L'area *Lin Log options* contiene opzioni per configurare l'asse lineare-logaritmico. La scala lineare-logaritmica consente di rappresentare dati con valori di entrambi i segni o contenenti lo zero su scala logaritmica.

L'opzione **Dec Shift** imposta lo scostamento (in decadi logaritmiche) tra il limite dell'asse con il massimo valore assoluto e lo zero. La decade minima (pre-zero) ha scala lineare, mentre le altre hanno scala logaritmica.

L'opzione **Min dec** imposta 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 minimo e massimo dell'asse.

I campi **Minimum** e **Maximum** contengono opzioni per configurare i limiti degli assi.

L'opzione **Auto** determina se il limite dell'asse viene calcolato automaticamente o impostato con il pulsante **Change**.

Scheda **Title** contiene opzioni relative alla configurazione del titolo dell'asse.

La scheda **Style**:

L'opzione **Title** definisce il testo del titolo dell'asse.

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

L'opzione **Size** definisce il margine del testo del titolo dell'asse. Se è impostata su 0, il margine viene determinato automaticamente.

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

La scheda **Text**:

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere del titolo dell'asse.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i contorni delle lettere del titolo dell'asse.

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

La scheda **Style**:

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

L'opzione **Offset** definisce il margine delle etichette dell'asse. Se è impostata su 0, il margine viene determinato automaticamente.

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

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

Scheda **Text**:

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere delle etichette dell'asse.

Il pulsante **Outline** apre la finestra di dialogo per configurare i contorni delle lettere delle etichette dell'asse.

La scheda **Ticks** contiene opzioni relative alla configurazione delle tacche principali dell'asse.

Il pulsante **Axis** apre la finestra di dialogo per configurare la linea dell'asse.

Il pulsante **Grid** apre la finestra di dialogo per configurare le linee della griglia delle tacche principali dell'asse.

Il pulsante **Ticks** apre la finestra di dialogo per configurare le linee delle tacche principali esterne dell'asse. L'opzione **Len** ne imposta la lunghezza.

Il pulsante **Inner** apre la finestra di dialogo per configurare le linee delle tacche principali interne dell'asse. L'opzione **Len** ne imposta la lunghezza.

L'opzione **At labels only** indica al programma di disegnare le tacche principali solo in corrispondenza delle etichette dell'asse.

La scheda **Minor** contiene opzioni relative alla configurazione delle tacche secondarie dell'asse.

Il pulsante **Grid** apre la finestra di dialogo per configurare le linee della griglia delle tacche secondarie dell'asse.

Il pulsante **Ticks** apre la finestra di dialogo per configurare le linee delle tacche secondarie esterne dell'asse. L'opzione **Length** ne imposta la lunghezza.

L'opzione **Count** imposta il numero di tacche secondarie tra quelle principali.

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

L'opzione **Position%** imposta lo scostamento dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico o in unità dello schermo, a seconda del valore selezionato con l'opzione Units).

L'opzione **Start%** imposta lo scostamento dell'inizio dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico).

L'opzione **End%** imposta lo scostamento della fine dell'asse nel grafico rispetto alla posizione predefinita (in percentuale rispetto alle dimensioni del grafico).

Finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di visualizzazione del modello

La finestra di dialogo per la configurazione dei parametri di visualizzazione del modello si apre selezionando **Setup** con un clic destro nella parte superiore della finestra del modello.

Scheda **Options** (vedere la figura seguente).

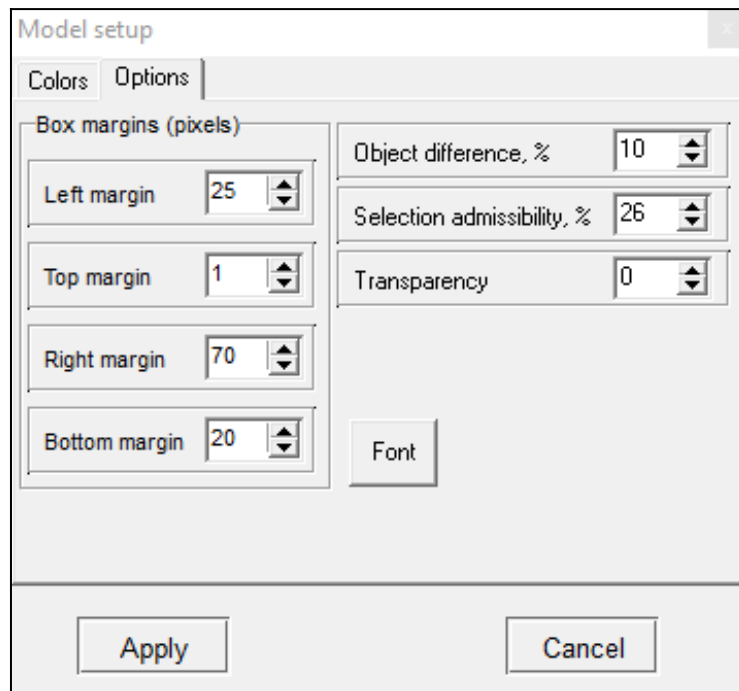


Fig. 100 Finestra di dialogo «Model setup», scheda Options

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 **Object difference, %** - imposta il valore massimo del rapporto tra i parametri di celle adiacenti oltre il quale viene disegnato un confine tra di esse.

Area **Selection admissibility, %** - imposta il livello di differenza ammesso tra i parametri di celle adiacenti affinché le celle siano considerate un unico oggetto e vengano selezionate insieme (in modalità di selezione MagicWand).

Area **Transparency** imposta la trasparenza.

Il pulsante **Font** apre la finestra di dialogo per configurare il carattere.

Scheda **Colors** (vedere la figura seguente).

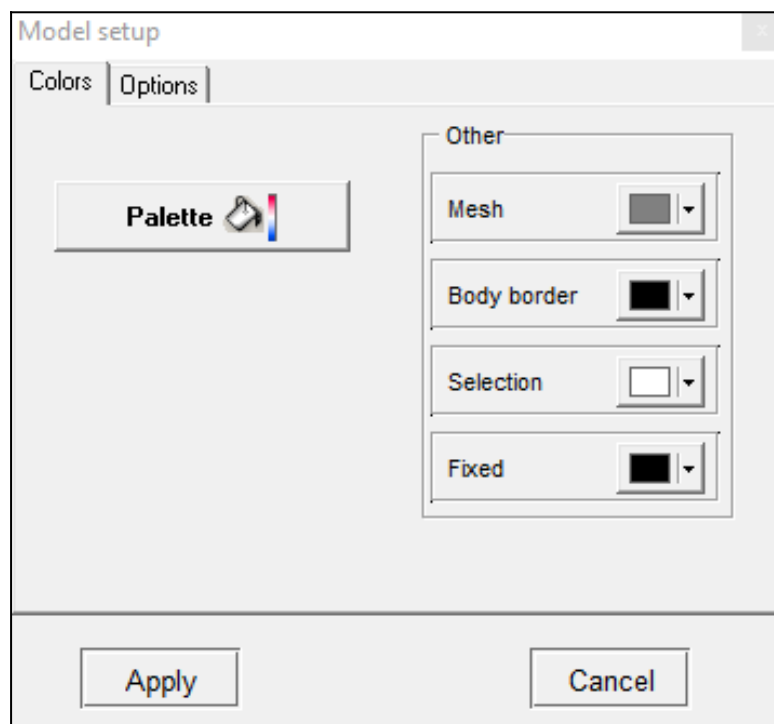


Fig. 101 Finestra di dialogo «Model setup», scheda Colors

Pulsante **Palette** – imposta la palette dei colori.

Area **Other**:

Body border – consente di impostare il colore del bordo tra celle adiacenti.

Mesh – imposta il colore della mesh.

Selection – imposta il colore dell'indicatore della cella selezionata.

Fixed – imposta il colore dell'indicatore della cella bloccata.

Finestra di dialogo di anteprima di stampa (Print preview)

È possibile aprire la finestra di dialogo di anteprima di stampa dal menu principale del programma, selezionando **File/Print preview**.

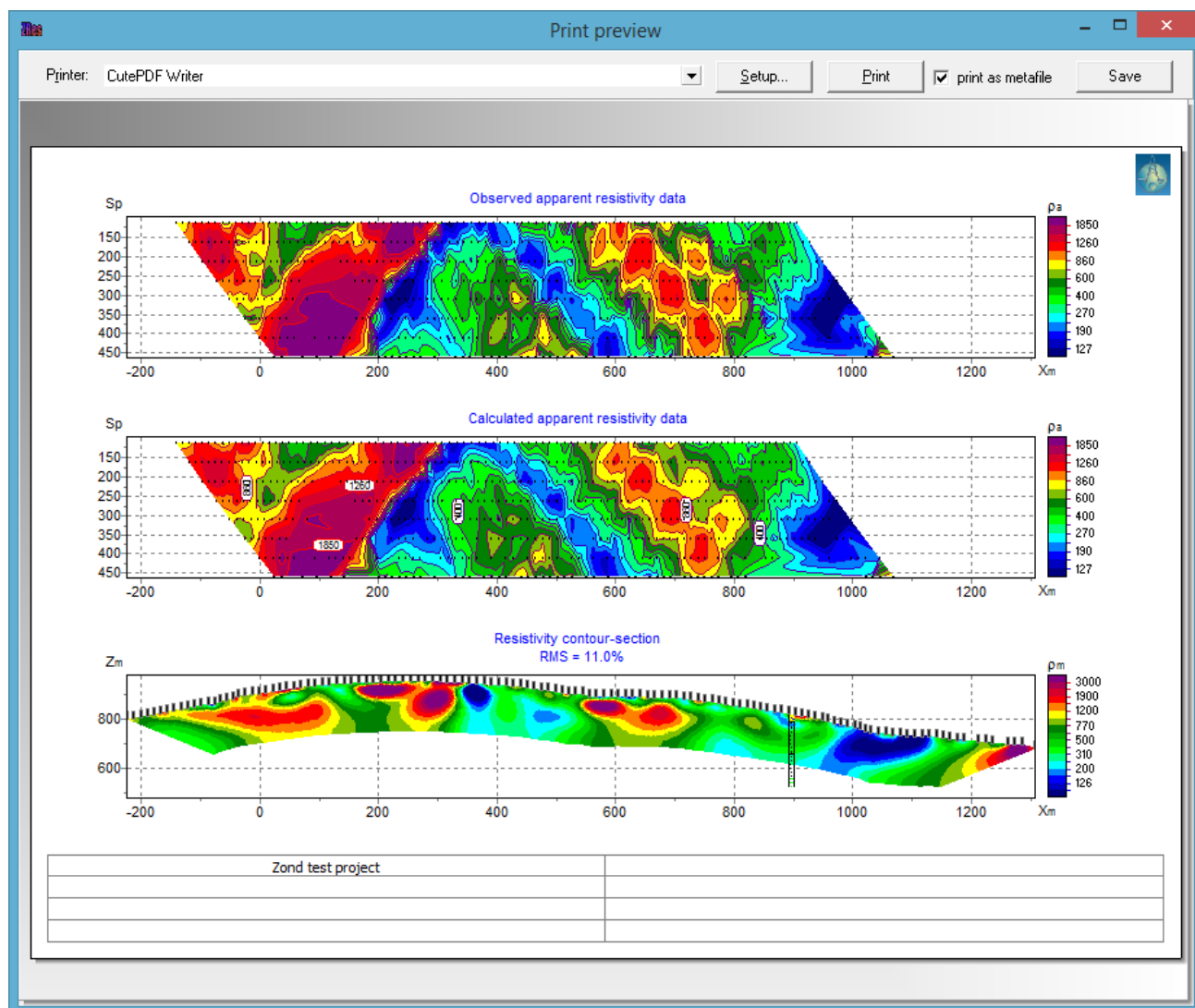


Fig. 102 Finestra Print preview

Per spostare l'oggetto da stampare sul foglio, usare il pulsante sinistro del mouse.

Nel menu principale della finestra **Print Preview** sono disponibili i seguenti pulsanti

Printer: CutePDF Writer

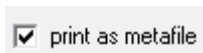
- selezione della stampante per la stampa. Nel menu a discesa è possibile selezionare una delle stampanti configurate.

Setup...

- pulsante per le impostazioni di 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.



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



- invio alla stampa o salvataggio dell'immagine in formato vettoriale.



- salvataggio in bitmap files.

I quadrati nella parte superiore del foglio sono destinati a timbri, sigilli o emblemi aziendali. Si faccia clic con il pulsante destro del mouse sul quadrato e, nella finestra che appare, si selezioni l'immagine raster da inserire. Le dimensioni del quadrato possono essere modificate con il mouse.

Nella parte inferiore del foglio è presente una tabella modificabile. Per aggiungere testo, si faccia clic con il pulsante destro del mouse nell'area della tabella e, nella finestra che appare, si inserisca il testo desiderato. È inoltre possibile salvare tutti i commenti in table files facendo clic sul pulsante , oppure caricare le diciture già salvate facendo clic sul pulsante .

Bibliografia

1. Dey, A. and Morrison, H.F. [1979] Resistivity modeling for arbitrary shaped two-dimensional structures. *Geophysical Prospecting* 27, 106-136.
2. Lowry, T., Allen, M.B. and Shive, P.N. [1989] Singularity removal: A refinement of resistivity modeling techniques. *Geophysics*, 54(6), 766-774
3. Xu, S.Z., Duan, B. and Zhang D. [2000] Selection of the wave numbers k using an optimization method for the inverse Fourier transform in 2.5D electrical modeling. *Geophysical Prospecting*, 48, 789-796.
4. Tsourles, P.I., Symanski, J.E. and Toskas, G.N. [1999] The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays. *Geophysics*, 64, 1357-1363.
5. Loke, M.H. [2000] Topographic modeling in resistivity imaging inversion. 62nd EAGE Conference & Technical Exhibition Extended Abstracts, D-2.
6. Constable, S.C., Parker, R.L., Constable, C.G. [1987] Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. *Geophysics*, 52, 289-300.

7. Marquardt, D.W. [1963] An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters: J. Soc. Indust. Appl. Math., 11, 431-441.
8. Portniaguine, O.N. and Zhdanov M.S. [1999] Focusing geophysical inversion images. Geophysics. V. 64. P. 874–887.
9. Khmelevskoy, V.K. [1997] Geophysical methods for studying the earth's crust. Dubna.

Materiali aggiuntivi:

Videolezioni 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

Se il programma non funziona con la chiave hardware USB:

1) Il driver della chiave hardware non è installato o non è installato correttamente. In alcuni sistemi la chiave viene riconosciuta correttamente come dispositivo HID e non è necessario installare il driver, mentre in altri sistemi non viene riconosciuta e il driver deve essere installato. Link per scaricare il driver: http://senselock.ru/files/senselock_windows_3.1.0.0.zip. In Gestione dispositivi, la chiave dovrebbe apparire come “Senselock Elite”

2) Il periodo di aggiornamenti gratuiti è terminato. In questo caso, si deve utilizzare l’ultima versione funzionante oppure acquistare altri 2 anni di aggiornamenti.

3) Talvolta, quando si passa la chiave alla modalità HID, il sistema potrebbe non riconoscerla come dispositivo HID. In questo caso, è necessario riportarla alla modalità USB con una piccola applicazione scaricabile dal seguente link: <http://www.zond-geo.com/zfiles/raznoe/SenseSwitch.zip> “senseswitch.exe” si avvia da cmd con il comando: senseswitch.exe usb