

Studio geochimico e geofisico del settore nord-occidentale delle Madonie

**R. Favara⁽¹⁾, E. Gagliano Candela ⁽¹⁾, D. Luzio⁽²⁾, N. Messina⁽²⁾, A. D'Alessandro⁽³⁾,
C. Scaletta⁽¹⁾**

(1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Palermo

(2) Dip. C.F.T.A., Università di Palermo

(3) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Gibilmanna

Questo lavoro riporta i risultati di un'indagine geofisica e geochimica integrata eseguita in un'area approssimativamente quadrata, di lato 10 km, ubicata a sud di Cefalù. L'obiettivo dello studio è la ricostruzione delle principali strutture di interesse idrogeologico, fino al tetto del basamento carbonatico appartenente alle unità Panormidi ed Imerese e dei principali caratteri della circolazione idrica sotterranea.

L'area delle Madonie è costituita prevalentemente da rilievi carbonatici circondati da terreni di natura terrigena in facies di flysch (Flysch Numidico) e fluvio deltizia (Fm. Cozzo Terravecchia). Sono presenti anche depositi ascrivibili al ciclo evaporitico messiniano e depositi recenti di origine detritico alluvionale e marina. I processi carsici che si sviluppano nell'area delle Madonie, assieme agli eventi tettonici che hanno portato all'attuale configurazione geologico strutturale e morfologica, condizionano considerevolmente le caratteristiche generali della circolazione idrica sotterranea.

Lo schema idrogeologico può essere così sintetizzato:

- 1) Acquiferi superficiali: Detriti di falda, depositi alluvionali, sedimenti marnoso calcarei e depositi evaporitici delle Unità Postorogena
- 2) Formazioni prevalentemente impermeabili con livelli acquiferi discontinui: Alternanze flischiodi e sedimenti argillosi caotici dell'Unità Sicilide e Imerese.
- 3) Formazioni impermeabili superiori: Argille di Portella di Mandarinari e alternanze argilloso marnoso-calcaree delle Unità Imerese e Panormide
- 4) Acquifero carbonatico superiore: Termini calcareo-dolomitici dell'Unità Panormide
- 5) Formazioni impermeabili intermedie: Argille di Portella Colla, alternanza calcareo-marnosa, argilliti, calciruditi e radiolariti dell'Unità Imerese
- 6) Acquifero carbonatico inferiore: Termini calcareo-dolomitici dell'Unità Imerese.

Gli elementi stratigrafico-strutturali e le caratteristiche di permeabilità indicano chiaramente che la ricarica dei due principali acquiferi si realizza in corrispondenza degli estesi affioramenti carbonatici compresi tra Pizzo Carbonara, Isnello, Gratteri e Monte dei Cervi.

Gli studi di geochimica classica ed isotopica eseguiti negli ultimi dieci anni (Favara et al., 1984, 1992) hanno permesso di identificare una circolazione idrica sotterranea articolata, a diverse profondità con differente potenzialità idrica.

Analizzando, nel complesso, tutti i dati a disposizione, emerge un quadro in cui le varie idrostrutture madonite sono connesse, quanto meno a livello basale, costituendo un unico grande acquifero. Almeno il 60-70 % delle portate disponibili sono infatti relative alle sorgenti di Scillato, Presidiana ed alle altre risorgenti sottomarine nell'area antistante Cefalù. Le acque di Scillato e Presidiana mostrano un comportamento chimico ed isotopico assolutamente omogeneo a meno di una contaminazione di acqua marina che caratterizza le sorgenti di Cefalù, valutata nel 4% circa sia in funzione della concentrazione dello ione Cl⁻, sia dei valori di $\delta^{18}O$.

Il modello globale della circolazione, confermato dai dati relativi all'assetto geologico generale dell'area e ricostruito anche con l'ausilio di indagini geofisiche, prevede un'infiltrazione attraverso una fitta rete di fratture e microcavità carsiche quasi uniformemente distribuita e un rapido drenaggio verticale verso la sottostante zona di saturazione dell'acquifero.

L'indagine geofisica è stata realizzata attraverso l'esecuzione di 11 SEV di tipo Schlumberger con distanza massima tra gli elettrodi di corrente di 3200 m, di sondaggi elettromagnetici TDEM (Time Domain Electromagnetic) (Nabighian, M. N., e Macnae, J., C., 1998) con configurazione a spire coincidenti, di forma approssimativamente quadrata e dimensioni del lato comprese tra 100 a 200

m, e la reinterpretazione di 130 SEV di tipo Schlumberger con AB/2 massimo di 3000 m eseguiti negli anni 80.

Le nuove misure sono state ubicate (Fig. 1) in alcuni punti dell'area in cui i parametri del modello, ottenuto dall'inversione dei vecchi dati geoelettrici, risultavano determinati con minore affidabilità o era necessario un maggiore dettaglio. In particolare alcune misure elettriche sono state fatte in posizioni coincidenti con quelle di sondaggi TDEM per effettuare inversioni integrate dei dati sperimentali. Infatti le indagini SEV e TDEM consentono di studiare la stessa proprietà del mezzo attraverso fenomeni fisici differenti e ciò implica che situazioni stratigrafiche equivalenti nell'inversione dei dati relativi ai singoli metodi non lo siano nella loro inversione congiunta.

Sono state acquisite nell'area 30 curve di scarica TDEM distribuite nei quattro punti, (Fig. 1) scelti sulla base della interpretazione dei dati geoelettrici. Le modalità di esecuzione dei sondaggi TDEM e le caratteristiche di resistività medie dei terreni indagati, hanno permesso di raggiungere con questa tecnica profondità d'indagine di oltre 400 m.

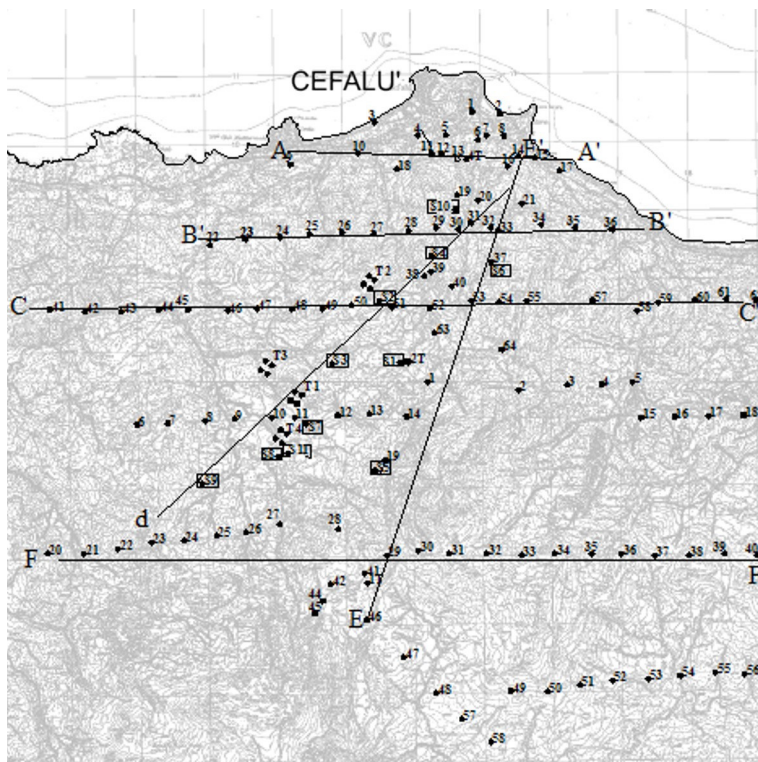


Fig. 1 – Ubicazione misure

I modelli 1D ottenuti interpretando i dati dei TDEM e dei SEV con vincoli di minima variazione laterale sono stati integrati in un unico modello 3D dell'area studiata che viene mostrato attraverso sei sezioni elettrostratigrafiche (Fig. 2) lungo profili di massima densità di SEV e due mappe (Fig. 3) relative a interfacce fra strutture individuate in tutta l'area. Nelle sezioni sono rappresentate soltanto le macrostrutture con caratteristiche fisiche omogenee su tutta l'area d'indagine. Quella più superficiale è costituita da alternanze di livelli conduttivi e resistivi di modesto spessore e di limitata estensione laterale e uno spessore variabile fra 50 e 300 m. Dal punto di vista idrogeologico potrebbe essere sede di acquiferi superficiali di limitata estensione e consistenza. Una seconda macrostruttura è costituita da uno strato conduttivo con resistività compresa tra 15 e 30 Ohm·m e spessore medio di 200 m. Dal punto di vista idrogeologico costituisce un probabile livello impermeabile quasi continuo su tutta l'area d'indagine che separa gli acquiferi superficiali da quelli profondi. La terza macrostruttura è caratterizzata da valori di resistività variabili da alcune centinaia di Ohm·m a oltre 2000 Ohm·m. Dal punto di vista idrogeologico può costituire l'acquifero carbonatico e l'elevata variabilità della sua resistività potrebbe dipendere dallo stato di fratturazione e del contenuto d'acqua. Il tetto di questo substrato ha un andamento a gradini e la sua profondità media aumenta verso nord.

Infine una quarta macrostruttura, riscontrata solo nel modello 1D del TDEM 4 ha il tetto ad una profondità di circa 500m. Questa è caratterizzata da valori di resistività di circa 20 Ohm·m ed è associabile all'intervallo argilloso interposto fra i carbonati Panormidi e quelli Imeresi.

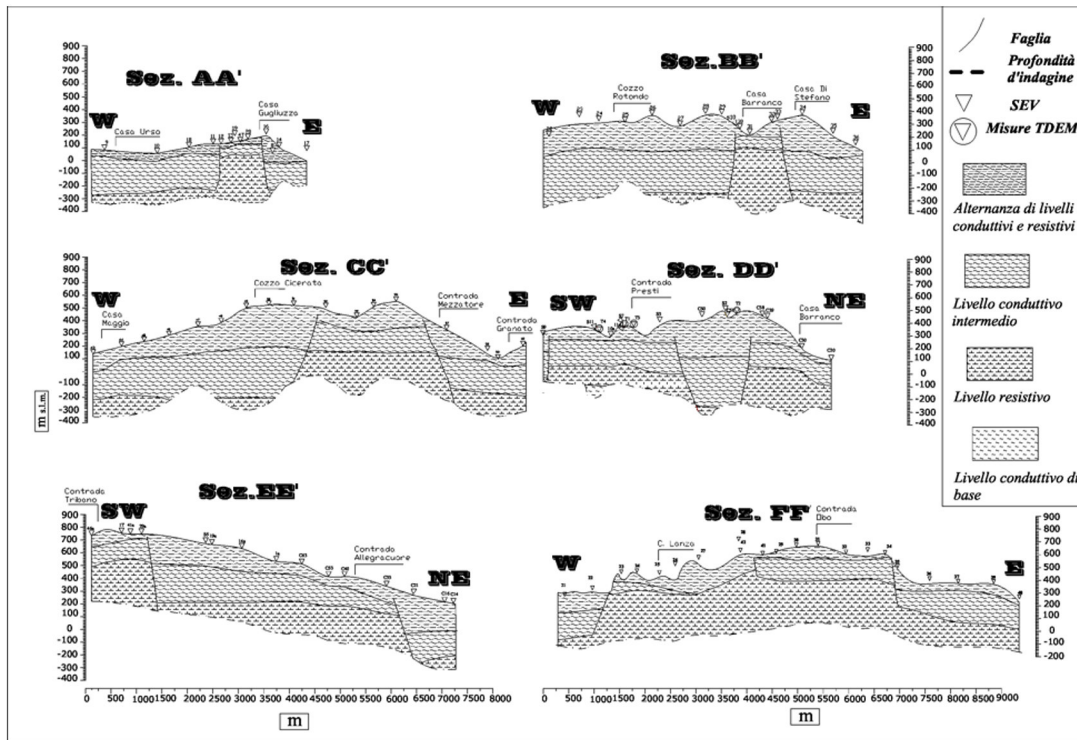


Fig. 2 – Sezioni elettrostratigrafiche

Le isobate delle principali interfacce del modello e le sezioni mostrano che il tetto della seconda e terza macrostruttura ha un'immersione quasi regolare verso nord con un dislivello totale massimo di circa 500m e con un gradiente delle pendenze che segue in generale quello topografico. L'area è inoltre suddivisa in blocchi molto estesi limitati probabilmente da faglie con rigetti verticali variabili

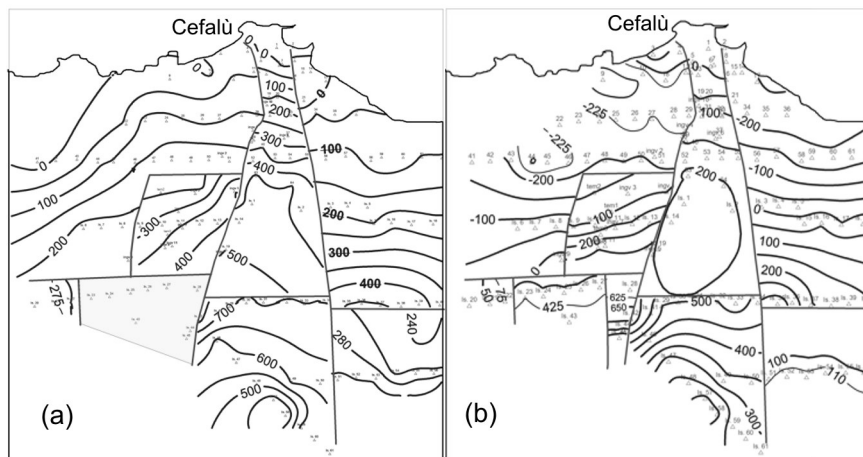


Fig. 3 – Mappe delle del tetto: a) del conduttivo intermedio, (a) del resistivo di base

da 100 a 300m e con andamenti prevalenti est-ovest e nord-sud.

Infine nella figura 4 è rappresentata la distribuzione delle incertezze sui valori della profondità del tetto del conduttivo intermedio e del resistivo di base. L'incertezza è stata determinata con un approccio statistico proposto da Wiener (1949) e perfezionato da Moritz(1963).

Questa tecnica tiene conto della dipendenza dell'errore probabile in un generico punto non di misura dagli errori commessi nella stima di quel parametro nei punti di misura e da quelli indotti da una regola di interpolazione che lega linearmente il valore nel generico punto e tutti quelli relativi ai punti di misura. Le incertezze indotte dall'interpolazione possono essere stimate se si ipotizza che la distribuzione spaziale del parametro sia un processo random omogeneo ed isotropo. Sotto queste ipotesi le incertezze dovute all'interpolazione, che possono essere espresse in funzione della covarianza del campo, sono una funzione non della posizione dei punti, ma soltanto della loro distanza. Questa funzione può essere stimata dalla distribuzione dei valori del parametro nei punti di misura.

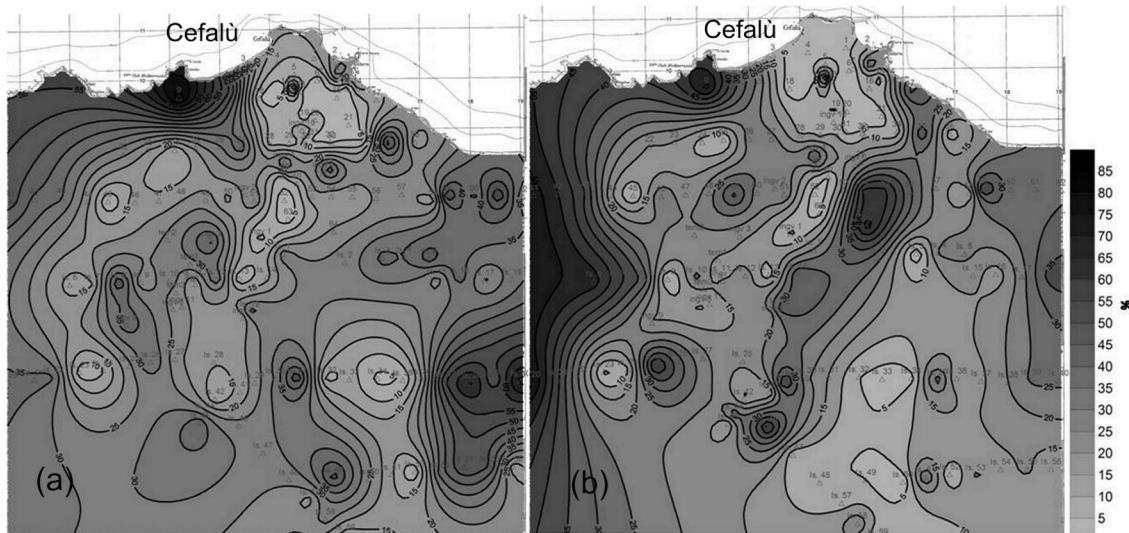


Fig. 4 – Mappe degli intervalli di confidenza al 95% delle profondità del tetto: a) del conduttivo intermedio, b) del resistivo di base

Bibliografia

- Favara R., Dongarrà G., Hauser S., Longinelli A.; (1984): Studio geochimico isotopico di una serie di sorgenti nell'area di Scillato (PA). Rend. SIMP,39, 421-427.
- Favara R., Francofonte S., Madonia P., Valenza M., Cusimano G.; (1992): Lineamenti idrogeologici ed idrogeochimici dell'area carsica del Parco Naturale Regionale delle Madonie (Sicilia). Atti dell' International Congress of Alpine Caves Systems, Asiago, Giugno 1992.
- Moritz H.; (1963): Interpolation and prediction of point Gravity Anomalies. Publ. Isist. Inst. No 40, Helsinki
- Nabighian, M. N., e Macnae, J., C.; 1988: Time domain electromagnetic prospecting methods, in Nabighian, M. N., Ed., Electromagnetic methods in applied geophysics, Society of Exploration Geophysics, Vol. 2: 427-520.
- Weiner N.; (1949): Extrapolation, interpolation and smoothing of stationary time series. The M.I.T. Press, Cambridge (Mass)