



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**REALIZZAZIONE DI MODELLI  
IDROSTRATIGRAFICI IN UN'AREA  
CAMPIONE TRA IL BASAMENTO  
CRISTALLINO DELLA SILA GRECA  
E LA PIANA DI SIBARI**

**dott. Maurizio Longi**

**Tutor: dott. Lucio Martarelli**

Data	Firma stagista	Firma tutor	Firma Resp. Servizio

# RIASSUNTO

In questo lavoro è stata condotta una analisi idrogeologica all'interno di un'area campione situata nella Calabria settentrionale, tra la piana di Sibari e i rilievi della Sila Greca. L'area campione si estende per circa 168 km<sup>2</sup> ed è stata scelta per via dell'abbondanza di dati di sondaggio disponibili (195), estratti da un archivio digitale preesistente che contiene record litologici e stratigrafici. I dati contenuti in tale archivio, tuttavia, hanno richiesto un lungo lavoro di omogeneizzazione, sintesi e revisione, al fine di facilitare le successive operazioni di gestione e trattamento degli stessi.

Profondità, quota e spessore degli acquiferi sono stati analizzati statisticamente, utilizzando un foglio di calcolo (*Microsoft Excel 2007*). Infine, utilizzando *RockWorks 2006* sono stati prodotti modelli bidimensionali (*cross section*) e tridimensionali (*block-diagrams*), in grado di simulare la geometria e l'orientamento nello spazio degli acquiferi. Sono stati riconosciuti due principali acquiferi: uno superficiale, libero; l'altro profondo, probabilmente confinato o semiconfinato.

# ABSTRACT

In this work has been carried out a hydrogeological study of a sample area located in northern Calabria, between the reliefs of the *Sila Greca* massif and the beginning of the *Sibari plain*. The sample area extends for about 168 km<sup>2</sup> and has been chosen because of abundance of available borehole data (195), extracted from an already existing database in which are stored stratigraphic and lithologic records. Such borehole data, however, needed a long work of editing, synthesis and simplification, in order to make easier their managing and processing.

Depth, altitude and thickness of aquifer layers has been analyzed statistically with a datasheet (*Microsoft Excel 2007*). Finally, both 2D and 3D model, simulating the geometry of aquifers, has been created using *RockWorks 2006*.

Two main aquifers have been recognized: the first one is phreatic, while the second, and deeper, aquifer seems to be confined or at least semi-confined.

# **PREFAZIONE**

L'organizzazione d'informazioni a carattere stratigrafico inerenti alle formazioni geologiche è di primaria importanza per riuscire a differenziare queste ultime per quanto attiene al loro comportamento rispetto alla presenza dell'acqua e quindi alla loro capacità di ospitare falde acquifere. Ovviamente questa caratterizzazione riguardo al ruolo idrogeologico assunto, deve procedere con criteri il più possibile oggettivi, ossia non dipendenti dal ricercatore idrogeologo che la effettua.

A tal proposito il Servizio Geologico Nazionale (ora Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA) ha definito delle linee guida per la cartografia idrogeologica a livello nazionale (Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, n.5, 1995). A supporto di tale problematica è anche avvenuta la promulgazione della Legge n.464 del 1984, dalla cui attuazione è stato istituito presso il Servizio Geologico d'Italia un Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo, da cui sono state tratte le informazioni stratigrafiche ed idrogeologiche elaborate nel presente lavoro.

Per contribuire ulteriormente a tale questione, il Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia (ISPRA), su sollecitazione del Settore Idrogeologia istituito nel suo ambito, ha richiesto l'attivazione di stage interni per effettuare sperimentazioni in aree campione.

L'area prescelta per il presente stage interessa il basamento cristallino e le sequenze sedimentarie postorogene della Calabria nord-occidentale in un settore che interessa il settore nord-occidentale della Sila (Sila Greca) fino ad includere una parte della bassa valle del Fiume Crati. Sia i rilievi della Sila che la piana alluvionale sono sede di acquiferi: quelli nei rilievi, caratterizzati da rocce cristalline metamorfiche ed intrusive, danno luogo a falde acquifere di spessore, estensione e, quindi, potenzialità idrica variabile in funzione del grado di fessurazione, mentre quelli nella piana sono spesso discontinui sia orizzontalmente che verticalmente e generalmente di modesta potenzialità.

La forte densità d'informazioni stratigrafiche inerenti ai pozzi disponibili presso l'Archivio Nazionale L.464/84 e la disponibilità di sufficienti informazioni di riferimento nella letteratura scientifica (cartografie geologiche, pubblicazioni tecnico-scientifiche, rapporti tecnici di vari enti) ha suggerito quest'area per la conduzione di uno studio mirato all'elaborazione di modelli idrostrutturali interpretativi tridimensionali, supportati anche da sezioni idrogeologiche bidimensionali.

Inoltre, poiché le informazioni idrogeologiche disponibili sull'area sono limitate, probabilmente per le difficoltà di caratterizzare dettagliatamente da tale punto di vista le sequenze di rocce metamorfiche ed intrusive, questo lavoro rappresenta anche uno specifico contributo alle conoscenze idrogeologiche dell'area. Le varie fasi di questo studio, che hanno richiesto un elevato grado di accuratezza, saranno illustrate nel dettaglio nella presente tesi di stage.

INTRODUZIONE .....	7
1. METODOLOGIA.....	8
2. DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO.....	11
2.1. Inquadramento geografico.....	11
2.2. Inquadramento geologico .....	12
2.3. Idrologia e Idrogeologia .....	18
3. DISCUSSIONE E ANALISI DEI DATI .....	24
3.1. I dati dei sondaggi .....	24
3.2. Analisi statistica.....	25
3.3. Profili .....	31
CONCLUSIONI .....	39
BIBLIOGRAFIA .....	41
SITOGRAFIA.....	43

# INTRODUZIONE

Scopo del presente lavoro è quello di studiare, analizzare e descrivere le caratteristiche idrogeologiche di un'area test, situata in Calabria settentrionale. A tal fine è stata, innanzitutto, effettuata una lunga e approfondita ricerca bibliografica; la consultazione di dati, studi, pubblicazioni ed elaborati cartografici, ha consentito di inquadrare l'area di studio da un punto di vista geologico-strutturale, idrologico e idrogeologico, e di delineare la successione litostratigrafica locale. I litotipi individuati tramite ricerche bibliografiche sono stati poi riordinati e raggruppati in quattro complessi, sulla base delle loro affinità genetiche, petrografiche e litologiche. I complessi, poi, sono stati ulteriormente scomposti in più unità, tenendo conto degli aspetti strutturali e tessiturali che maggiormente influenzano la circolazione idrica nelle rocce, come granulometria, porosità, permeabilità, alterazione e fratturazione.

I dati di letteratura sono stati, successivamente, integrati con le informazioni idrostratigrafiche contenute in un preesistente database, su cui, ove necessario, sono state apportate modifiche, correzioni ed elaborazioni. Tali informazioni sono state ricavate direttamente dai *log* che fanno riferimento a perforazioni eseguite negli anni passati (1984-2006). Essi, considerati singolarmente, forniscono solo uno schema unidimensionale del sottosuolo, tuttavia, correlandoli attraverso l'ausilio di uno specifico software, è stato possibile produrre sezioni e modelli tridimensionali. Nel corso della discussione verranno descritti i metodi e le procedure usate, le problematiche emerse, le soluzioni adottate per risolverle e i risultati ottenuti.

# 1. Metodologia

Una volta acquisite le necessarie informazioni di geologia regionale sono stati utilizzati i dati in possesso dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale), acquisiti sulla base di quanto stabilito dall'articolo 1 della legge 464/84<sup>1</sup>, che obbliga chiunque intenda eseguire “*studi ed indagini, a mezzo di scavi, pozzi, perforazioni, e rilievi geofisici, per ricerche idriche o per opere di ingegneria civile, al di sotto di trenta metri dal piano campagna ovvero a mezzo di gallerie suborizzontali o inclinate di lunghezza superiore di duecento metri*” a darne comunicazione al Servizio Geologico (divenuto ora Dipartimento Difesa del Suolo dell'ISPRA).

Le informazioni così fornite vengono raccolte e conservate all'interno di un archivio digitale, nel quale ogni perforazione è identificata attraverso un codice alfanumerico. Da tale archivio sono stati estratti, per ciascuna perforazione, i seguenti attributi:

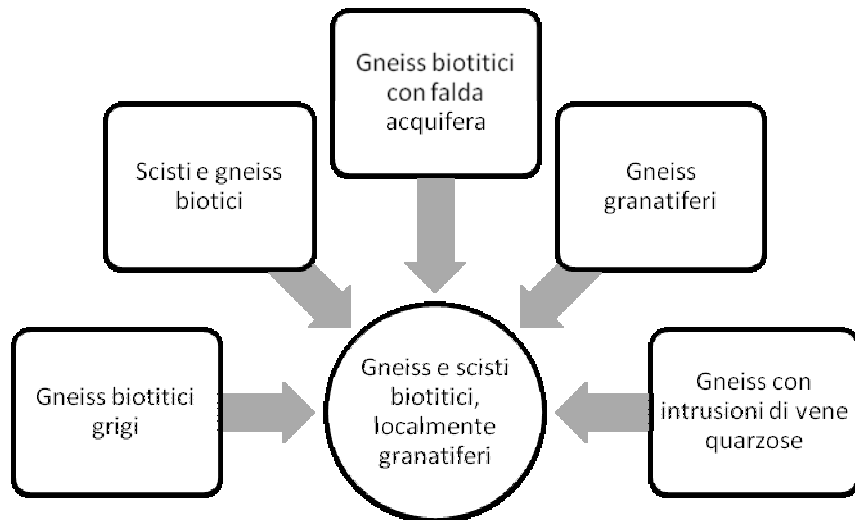
- Quota: quota del boccapozzo.
- Profondità: profondità della perforazione.
- Ubicazione: è indicato il confine amministrativo entro cui ricade il pozzo (Comune, Provincia, Regione) e la sua posizione esatta, espressa in coordinate chilometriche.
- Stratigrafia: contiene le informazioni circa la presenza dei livelli acquiferi. Vengono distinti, lungo tutta la lunghezza del pozzo, gli strati corrispondenti a degli *acquiferi* (corpi geologici in grado di trasmettere significative quantità di acqua) da quelli identificati come *acquiclude* (corpi geologici in grado di trasmettere scarsi quantitativi d'acqua).
- Profondità del livello statico: è l'altezza del pelo di falda (*water level*) in condizioni statiche. Le rilevazioni sono state effettuate in tempi e in periodi dell'anno diversi, in un arco temporale compreso tra il 1984 e il 2006. Questo tipo di dato è stato ignorato.
- Litologia: consiste in una breve descrizione, a cura del perforatore, dei vari orizzonti litologici osservati durante lo scavo. Per agevolare la correlazione tra un pozzo e l'altro si è reso necessario semplificare e codificare queste voci, in modo da ottenere delle stringhe di testo standardizzate. In sostanza, facendo tesoro delle conoscenze di

---

<sup>1</sup> Legge del 4 Agosto 1984 n° 464: Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.



geologia regionale acquisite in fase di ricerca bibliografica, si è fatto in modo di accorpare tutte le descrizioni litologiche simili, assegnando a queste un'unica denominazione, che corrisponde, in genere, al nome di una formazione già nota in letteratura. L'esempio illustrato nello schema seguente chiarisce come una molteplicità di voci descrittive possono essere raggruppate e "fuse" in un'unica definizione standard che le racchiude tutte.



*Figura 1- Descrizione del processo di standardizzazione delle descrizioni litologiche.*

La tabella seguente mostra alcuni esempi di dati litologici nei pozzi, in cui la denominazione originale viene accostata a quella standardizzata.

<b>Codice pozzo</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione litologica originale</b>	<b>Descrizione litologica standardizzata</b>
S.Demetrio Corone 180134	0-3	Terreno di copertura	<i>Depositi continentali</i>
	3-50	Argilla siltosa grigio-azzurra	<i>Argille grigie con intercalazioni sabbiose</i>
	50-150	Gneiss fratturati colore rossastro	<i>Metamorfiti alterate</i>
	150-183	Gneiss compatti	<i>Gneiss e scisti biotitici</i>
Terranova da Sibari 178408	0-105	Argilla limosa grigia	<i>Argille grigie con intercalazioni sabbiose</i>
	105-128	Sabbia fine stratificata	
	128-137	Argilla limosa grigia	
Terranova da Sibari 180856	0-3	Terreno vegetale	<i>Depositi continentali</i>
	3-65	Sabbie con piccoli ciottoli e livelli conglomeratici	<i>Conglomerati e sabbie</i>
	65-102	Calcari grigi stratificati	<i>Calcari selciferi</i>
Corigliano Calabro 178398	0-1	Colluvio	<i>Depositi continentali</i>
	1-272	Argilla grigio-azzurra	<i>Argille grigie con intercalazioni sabbiose</i>
	272-297	Ghiaie e sabbie	<i>Conglomerati e sabbie</i>
Acri 177279	0-1	Suolo	<i>Depositi continentali</i>
	1-84	Gneiss e scisti alterati	<i>Metamorfiti alterate</i>
	84-86	Gneiss e scisti compatti	<i>Gneiss e scisti biotitici</i>
Acri 177264	0-2	Terreno vegetale	<i>Depositi continentali</i>
	2-76	Granuliti alterati	<i>Complesso igneo alterato</i>
	76-90	Granito fratturato con falda acquifera	<i>Complesso igneo</i>
	90-135	Granito compatto	

Tabella 1– Comparazione tra denominazione originaria e denominazione standardizzata delle litologie. Per brevità vengono riportati soltanto i dati litologici di sei pozzi.

## 2. Descrizione dell'area di studio

### 2.1. Inquadramento geografico

La zona oggetto di studio è situata nel settore settentrionale della Calabria; è compresa tra la Piana di Sibari e le alture della c.d. Sila Greca (fig. 2), e corrisponde a un quadrilatero delle dimensioni di circa 168 km<sup>2</sup> ai cui vertici si trovano (partendo da NW e proseguendo in senso orario): il centro abitato di Terranova da Sibari; T.re Compagna; Bosco Pietra Morella; Serra di Zoto. I principali centri abitati che sorgono all'interno del perimetro così definito sono: Terranova da Sibari, San Demetrio Corone, Macchia Albanese, San Cosmo Albanese, Vaccarizzo Albanese e San Giorgio Albanese.

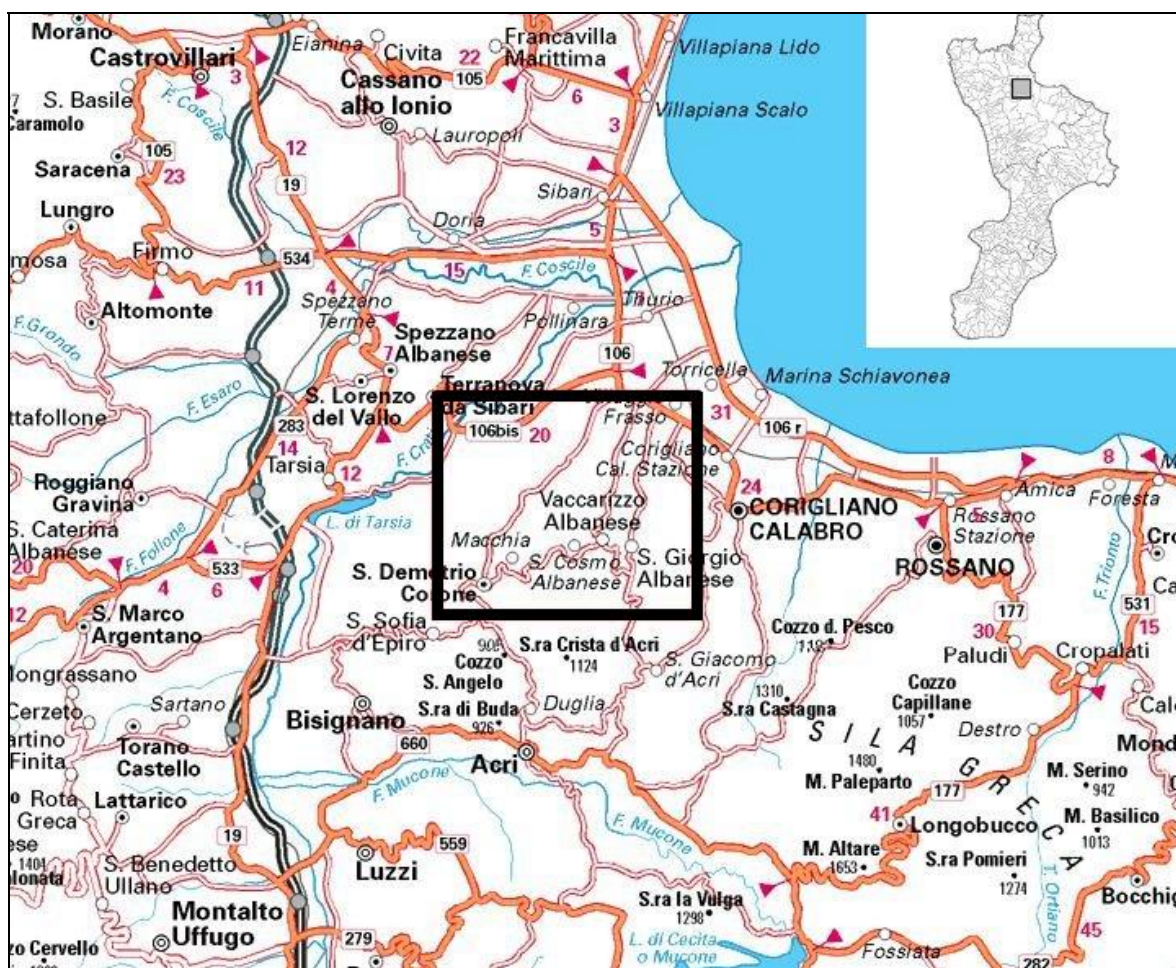


Figura 2- Ubicazione dell'area di studio.

L'intera area ricade all'interno delle seguenti tavolette in scala 1:25.000, inquadrare nei fogli a scala 1:100.000 della Carta d'Italia dell'IGM:

- 229 I N.E. (Terranova da Sibari)
- 229 I S.E. (San Demetrio Corone)
- 230 IV N.O. (Corigliano Calabro)
- 230 IV S.O. (San Giorgio Albanese)

I rilievi principali sono situati nel settore meridionale dove, in più punti, si superano gli 800 metri di quota s.l.m., e corrispondono alle propaggini settentrionali del massiccio silano (Sila Greca). Procedendo verso Nord, in direzione dell'alta valle del fiume Crati a NW, e delle pianure costiere alluvionali a NE, l'altitudine diminuisce progressivamente fino a raggiungere quote di poco superiori allo zero. Dal punto di vista idrografico l'area occupa la parte settentrionale del bacino del Crati e buona parte dei bacini del torrente S.Mauro e del torrente Malfrancato. Ad eccezione del fiume Crati, i corsi d'acqua hanno tutti carattere torrentizio, e scorrono generalmente da SSW verso NNE. I principali sono i torrenti Galatrella, Muzzolito, Mizofato, Occhio Lupo e Malfrancato.

## **2.2. Inquadramento geologico**

L'area di studio si colloca nella parte settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano, un complesso orogenico costituito da un basamento cristallino-metamorfico e sequenze mesozoico-terziarie, che funge da raccordo tra l'Appennino meridionale e la Catena Siculo-Maghrebide (Del Ben, 1993)<sup>2</sup>. Esso è stato interpretato come “un frammento della catena alpina cretaceo-paleogenica ed Europa-vergente, sovrascorsa, nel Miocene inferiore, sulle unità più interne della futura catena appenninica, neogenica ed Africa-vergente” (Amodio-Morelli et al., 1976; fig. 3)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Del Ben (1993) – Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata. Vol. XXXV n. 139, pp. 339-347

<sup>3</sup> Amodio-Morelli et al. (1976) - Mem. Soc. Geol. It, 17, pp. 1-60.

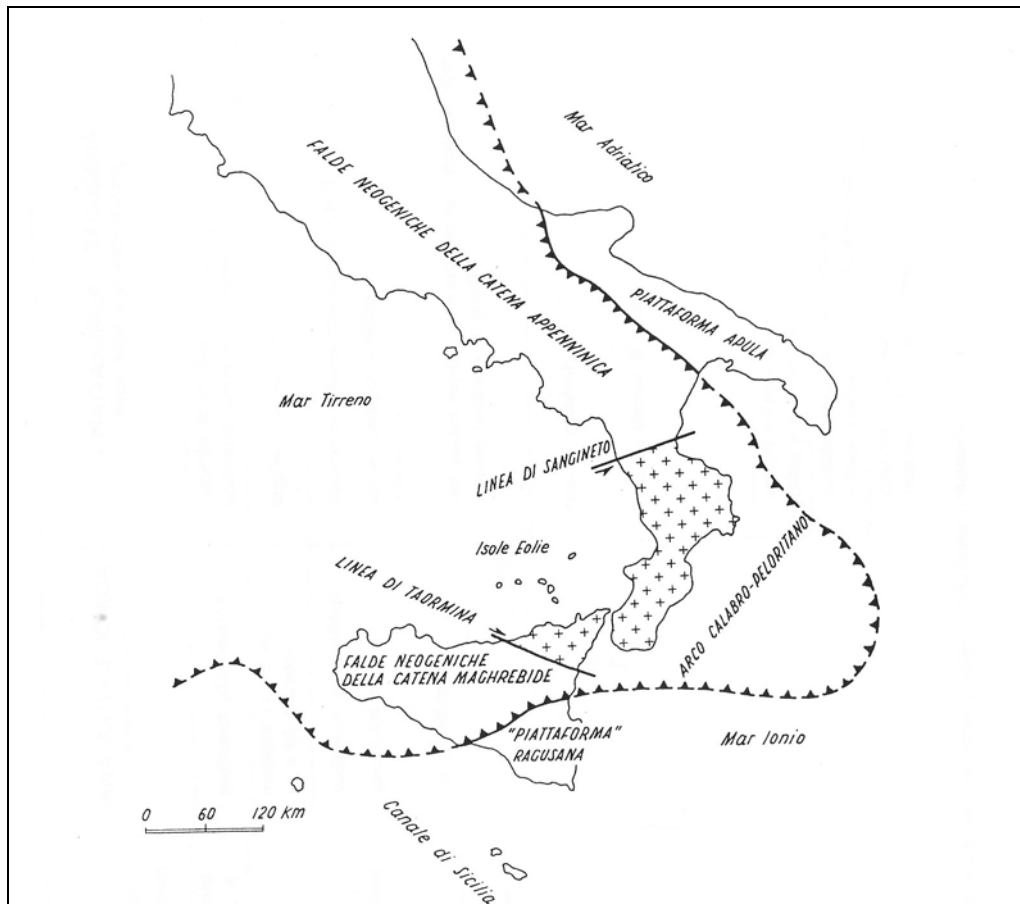


Figura 3 – Schema strutturale del sistema appenninico-maghrebide. Da AMODIO-MORELLI et al., (1976).

La tettonogenesi appenninico-maghrebide si realizza in tre fasi principali (Amodio-Morelli et al., 1976)<sup>4</sup>:

- una fase aquitaniano-burdigaliana caratterizzata dal sovrascorrimento dell'edificio alpino su questa parte del margine continentale africano e, al tempo stesso, dal “décollement” delle prime coltri appenniniche;
- una fase tortoniana caratterizzata da un ulteriore avanzamento dell'edificio alpino (il futuro Arco Calabro-Peloritano, nel seguito ACP) e dall'avanzamento del fronte di compressione, con la conseguente messa in posto delle falde appenninico-maghrebidi più esterne;
- una fase medio-pliocenica caratterizzata dal sovrascorrimento del margine esterno della catena sull'avanfossa.

<sup>4</sup> Amodio-Morelli et al. (1976) op. cit., pp. 1-60

L'attuale forma ad arco si è compiuta durante il Neogene, ed è il risultato di opposti movimenti di rotazione in settori differenti: in Sicilia e in Calabria ha avuto luogo una rotazione oraria, nell'Appennino meridionale una antioraria (Mattei et al., 2007)<sup>5</sup>.

Lorenzoni & Zanettin Lorenzoni (1983)<sup>6</sup>, però, contestano la vergenza europea della catena alpina che, a loro avviso, non sarebbe dimostrata, come pure l'età dell'appilamento delle unità alpine di Gimigliano, Malvito, Bagni, Castagna e Santa Sofia d'Epiro. Essi ritengono, infatti, che le suddette unità di crosta continentale si siano impilate in età pre-alpina, e pertanto non possono costituire una "Catena Alpina". Tali autori, ipotizzando la testimonianza di una storia tettonica pre-alpina, riconoscono, all'interno dell'ACP, un dominio ad evoluzione tettonica, magmatica e metamorfica pre-alpina (la Catena Ercinica), venuto a contatto, nel corso del Miocene medio, con l'insieme costituito dalla Catena Appenninica e dalla cosiddetta "Catena Alpina".

Relativamente agli aspetti strutturali, le dislocazioni a carattere regionale che interessano la Calabria settentrionale si identificano in tre sistemi principali (Tortorici, 1982)<sup>7</sup>: il primo, con piani orientati in direzione NE-SW, è connesso ad un evento deformativo che ha avuto luogo tra il Tortoniano ed il Pliocene, ed ha prodotto strutture tensive del tipo horst e graben; il secondo, attribuibile al Pliocene medio, ha direzione NW-SE ed è caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, che ha generato pieghe, faglie inverse e trascorrenti; il terzo, di età Pliocene mediosuperiore-Pleistocene ha prodotto nuovamente strutture tensive, originando una serie di dislocazioni ad orientazione preferenziale N-S. In un contesto geodinamico più ampio i primi due eventi sono correlabili con lo sviluppo di zone di taglio crostale obliquo e convergente, tra il Miocene medio ed il Pliocene inferiore, mentre il terzo evento è legato al collasso del bacino tirrenico meridionale, avvenuto nel Pleistocene, ed al sollevamento dell'Arco Calabro (Van Dijk & Okkes, 1991)<sup>8</sup>.

Il sollevamento isostatico in Calabria centro-settentrionale è stato stimato in circa  $1.0 \pm 0.1$  mm/anno, avendo prodotto un innalzamento di circa 700 m negli ultimi 0,7 Ma (Westaway, 1993)<sup>9</sup>. Tale sollevamento, in combinazione con le oscillazioni quaternarie del

---

<sup>5</sup> Mattei, Cifelli, D'Agostino (2007) - Earth and Planetary Science Letters, Vol. 263, pp. 259-274

<sup>6</sup> Lorenzoni & Zanettin Lorenzoni (1983) - Memorie di Scienze Geologiche dell'Università di Padova, V.36 pp. 317-342

<sup>7</sup> Tortorici (1982) - Boll. Soc. Geol. It., 100, pp. 291-308

<sup>8</sup> Van Dijk & Okkes (1991) - Tectonophysics, Vol. 196, pp. 23-60

<sup>9</sup> Westaway (1993) - J. Geophys. Res., 98 (B12), pp. 741-772.

livello del mare, è responsabile della formazione di numerosi terrazzi di abrasione marina; in particolare, nell'area della Piana di Sibari e dintorni, Cucci (2004)<sup>10</sup> ha riconosciuto cinque ordini di terrazzi, attualmente situati a quote comprese tra 60 e 650 metri s.l.m.

Moretti (2000)<sup>11</sup>, al fine di individuare i sistemi di faglie da inserire nell'Inventario delle Faglie Attive del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, ha realizzato un archivio informatizzato, utilizzando i dati desumibili dalla cartografia geologica, e integrandoli con quelli ottenuti tramite rilevamenti sul terreno e analisi di immagini Landsat per il riconoscimento di elementi morfo-tettonici, riconoscendo così, nella sola Calabria centro-settentrionale, venti principali sistemi di faglie. Il sistema di faglie che borda la Sila settentrionale, lungo l'allineamento Corigliano–Rossano, è costituito da una scalinata di faglie a direzione compresa tra E-W e NW-SE, che degrada verso N nella piana e nel Golfo di Sibari. Questo sistema è stato sede di evidenti dislocazioni nel Pleistocene superiore-Olocene, tra cui quelle registrate in occasione del terremoto del 1836 ( $I_{\max} = X$ ), riferibili sia a fagliazione superficiale sia a movimenti franosi lungo linee di faglia.

---

<sup>10</sup> Cucci (2004) - *Annals of Geophysics*, VOL. 47, n. 4, pp. 1391-1406

<sup>11</sup> Moretti (2000) – In "Le Ricerche del GNDT nel Campo della Pericolosità Sismica" (1996-1999), edited by F. Galadini, C. Meletti, and A. Rebez, pp. 219-226.

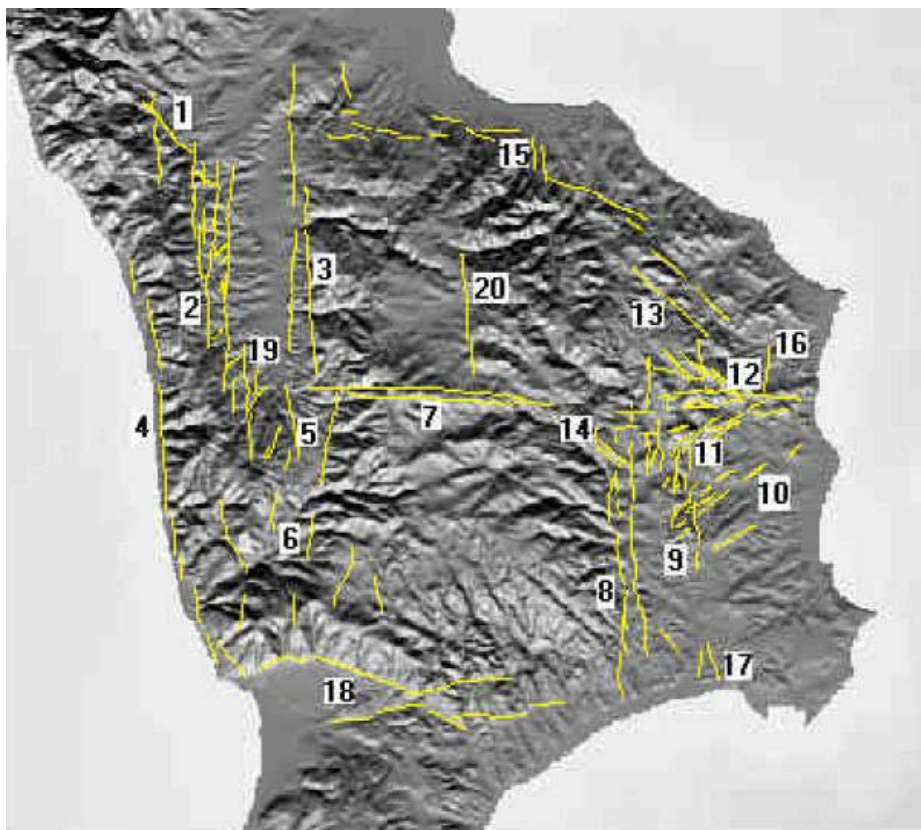


Figura 4- Principali sistemi di dislocazione neogenici in Calabria centro-settentrionale. Da Moretti (2000)

Schematicamente i litotipi presenti nell'area di studio possono essere suddivisi in quattro complessi:

- **Complesso igneo**: si tratta di rocce plutoniche di età paleozoica a composizione variabile (quarzodiorite, quarzomonzonite, granodiorite, granito), che si intrudono nelle metamorfiti sovrastanti sotto forma di ammassi, vene e filoni (CASMEZ, 1962)<sup>12</sup>. Messina et al. (1994)<sup>13</sup> le riuniscono in un unico complesso che denominano *Batolite della Sila*, descrivendolo come un elemento formato da numerosi corpi intrusivi, il cui range composizionale varia da gabbro a leucomonzogranito, con prevalenza dei termini intermedi tonalitico-granodioritici. Queste rocce si presentano spesso in forma alterata o molto alterata, come risulta sia dai dati di letteratura che da quelli dei sondaggi, assumendo l'aspetto di sabbioni granitici o di blocchi lapidei immersi in una matrice argilloso-sabbiosa.

<sup>12</sup> CASMEZ (1962) – Carta geologica della Calabria, scala 1:25.000

<sup>13</sup> Messina et al. (1994) - Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. 113, n. 3, pp. 539-589



- **Complesso metamorfico:** si tratta di rocce che possono essere ricondotte a tre diversi complessi metamorfici di vario grado: un complesso di grado medio-alto (Gariglione), uno di grado medio-basso (Mandatoriccio) e uno di basso grado (Bocchigliero) (Messina et al., 1994)<sup>14</sup>. Sono presenti gneiss e scisti biotitici, spesso granatiferi; anfiboliti; filladi e scisti filladici; calcescisti intercalati o associati alle filladi; sporadici affioramenti di calcari cristallini non cartografabili (CASMEZ, 1962)<sup>15</sup>. Le rocce incontrate nei sondaggi si presentano sovente alterate e degradate, con forme di arenizzazione e argillificazione, e danno luogo a potenti coltri di alterazione superficiale, spesse anche parecchie decine di metri.

- **Complesso sedimentario plio-pleistocenico:** affiora diffusamente nel settore centro-settentrionale, e spesso poggia direttamente sul substrato igneo o metamorfico. E' costituito da una successione di rocce sedimentarie che, dal basso verso l'alto, può essere schematizzata come segue (CASMEZ, 1962):

a) Conglomerati e conglomerati sabbiosi, spesso rossastri, contenenti ciottoli di materiale granitico o metamorfico (Pliocene);

b) Argille siltose e argille grigio-azzurre con locali intercalazioni sabbiose e siltose, e abbondanti macrofossili. La cartografia geologica indica, per questa formazione, spessori fino a 300 metri e oltre. Tali valori trovano riscontro nei dati dei sondaggi utilizzati in questo lavoro. (Calabriano);

c) Sabbie e arenarie, in genere bruno-chiare o rossastre, con piccoli ciottoli e intercalazioni conglomeratiche (Calabriano).

- **Complesso di depositi continentali:** si tratta di un insieme di depositi poco consolidati, quasi sempre di spessore modesto e, generalmente, di origine continentale. Comprendono sabbie e conglomerati fluviali, materiali eluviali e colluviali, conoidi, detrito, prodotti di alterazione superficiale, depositi alluvionali. Questi ultimi, insieme ai depositi terrigeni, hanno progressivamente colmato l'originario bacino di Sibari a partire dal Pliocene superiore (Colella, 1988)<sup>16</sup>. Nella zona più prossima al mar Ionio sono presenti anche dei terrazzi di abrasione marina.

---

<sup>14</sup> Messina et al. (1994) op. cit.

<sup>15</sup> CASMEZ (1962) – Carta geologica della Calabria, scala 1:25.000

<sup>16</sup> Colella (1988) – Geology 16, pp. 1031-1034

Nel settore centro-meridionale dell'area indagata dominano le rocce appartenenti ai primi due complessi (c. igneo e c. metamorfico). Qui, infatti, si trovano i rilievi del massiccio silano, di cui le rocce cristalline costituiscono l'ossatura. Nel settore centro-settentrionale, invece, i rilievi lasciano il posto alle pianure alluvionali e, ai terreni cristallini, si sostituiscono progressivamente le rocce sedimentarie appartenenti ai complessi plio-quadernari.

## 2.3. Idrologia e Idrogeologia

Un primo riferimento utile, a livello regionale, per il reperimento di dati meteo-idrologici è rappresentato dal *Centro Funzionale Meteorologico Idrografico e Mareografico* della Regione Calabria. Il Centro Funzionale (CFC) è una struttura dell'ARPACAL, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, che ha come compito principale "il rilevamento sistematico, su tutto il territorio regionale, delle grandezze relative al clima terrestre"<sup>17</sup>. Accedendo al sito web del CFC è possibile consultare, tra l'altro, le serie storiche mensili delle piogge e delle temperature<sup>18</sup>. Da qui sono stati estrapolati, e riportati nella tabella seguente, i dati pluviometrici relativi alle stazioni di misura ubicate dentro o in prossimità dell'area indagata. Dall'analisi dei dati risulta chiara l'esistenza, nel corso dell'anno idrologico, di una stagione umida alternata ad una secca. La maggior parte delle precipitazioni, infatti, sono concentrate nel periodo autunno-invernale, in particolare tra Novembre e Febbraio, mentre risultano assai scarse nella stagione estiva, tra Giugno ed Agosto.

Precipitazioni (mm)													
Stazione e periodo di osservazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Tot
Corigliano Calabro (1922-2010)	143	98	77	64	40	19	10	19	59	101	124	172	931
Macchia Albanese (1916-1950)	123	102	73	56	42	20	8	11	37	105	124	137	844
S. Giacomo D'Acri (1923-2001)	145	123	112	82	55	23	15	17	53	127	149	173	1079
S. Giorgio Albanese (1931-2001)	123	116	98	63	38	15	10	15	49	119	136	138	925
S. Sofia d'Epiro (1931-2001)	134	119	92	75	46	21	13	22	53	101	143	153	976

Tabella 2- Precipitazioni mensili medie registrate in alcune località situate dentro o in prossimità dell'area indagata. Le cifre decimali sono state eliminate. Dati del Centro Funzionale Calabria.

<sup>17</sup> <http://www.cfcalabria.it> - 20/7/2010

<sup>18</sup> [http://www.cfcalabria.it/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=41](http://www.cfcalabria.it/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=41) - 20/7/2010

I dati relativi alle temperature sono più frammentari, e spesso incompleti. Nella tabella seguente vengono riportati solo quelli relativi alle stazioni in cui è presente un congruo numero di osservazioni, tale da consentire il calcolo dei valori medi per tutti i mesi dell'anno.

Temperature (C°)													
Stazione e periodo di osservazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Med
Acri (1987-2010)	4,7	4,7	7,5	10,2	15,2	19,7	22,6	22,7	17,9	13,9	9,0	5,3	13,5
Tarsia (1989-2010)	8,2	8,9	10,8	13,1	18,1	22,8	25,4	25,5	20,9	17,1	12,7	9,5	16,8
Rossano (1925-1997)	8,8	9,2	11,4	14,4	18,8	23,8	27,0	26,8	22,9	17,9	13,5	9,9	17,8

*Tabella 3- Temperature mensili medie registrate in alcune località situate dentro o in prossimità dell'area indagata. Le cifre decimali sono state eliminate. Dati del Centro Funzionale Calabria.*

Un altro importante riferimento regionale, utile per acquisire informazioni qualitative e quantitative relative ai corpi idrici superficiali e sotterranei, è rappresentato dal Piano di Tutela delle Acque (PTA), uno strumento regionale di pianificazione territoriale finalizzato alla tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee. Il PTA è disciplinato dal Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, che ne definisce i contenuti nella parte B dell'allegato 4 alla parte terza.

Il piano redatto dalla Regione Calabria si compone di numerosi elaborati allegati alla Relazione generale, tra cui la *Caratterizzazione fisiografica e idrologica*<sup>19</sup>. Si tratta di un documento in cui vengono riportati e analizzati parametri geometrici, grandezze morfologiche e dati meteoroclimatici relativi ai 118 bacini superiori ai 10 km<sup>2</sup>. Tra questi, il bacino del Torrente San Mauro, avente un'estensione planimetrica di circa 72 km<sup>2</sup>, è probabilmente quello maggiormente rappresentativo dell'area studiata in questo lavoro. L'analisi delle quote del DTM mostra che la fascia altimetrica più rappresentata è quella compresa tra 0 e 200 metri s.l.m. (36% del totale), seguita da quella compresa tra i 200 ed i 400 metri (23%).

La caratterizzazione idrologica presente nel documento utilizza, in buona parte, i dati registrati dalle stazioni idro-meteorologiche gestite dal già citato CFC durante il periodo compreso tra il 1920 ed il 2002. I dati presenti nella tabella riassuntiva (tab. 4), allegata nel seguito, possono essere così sintetizzati:

<sup>19</sup> [http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque/all\\_num/allegato\\_1.1.zip](http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque/all_num/allegato_1.1.zip)

- ✓ All'interno del bacino la temperatura varia tra una media di 6 °C nel mese di Gennaio e una media di 26° C in Luglio.
- ✓ Le precipitazioni annue sono pari a 841 mm, raggiungendo valori massimi nel mese di Dicembre, e valori minimi nel mese di Luglio.
- ✓ Il confronto tra piogge ed evapotraspirazione evidenzia un deficit pluviometrico nel periodo compreso tra Aprile e Settembre, particolarmente accentuato tra Giugno e Agosto.

	<b>Pioggia [mm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Evapotraspirazione [mm]</b>
<i>gennaio</i>	109.98	5.92	29.14
<i>febbraio</i>	95.94	6.25	33.04
<i>marzo</i>	81.79	9.21	65.1
<i>aprile</i>	60.81	8.43	70.5
<i>maggio</i>	44.68	15.99	116.87
<i>giugno</i>	16.48	21.36	160.2
<i>luglio</i>	13.52	25.98	191.27
<i>agosto</i>	19.88	25.47	171.43
<i>settembre</i>	47.11	20.98	104.1
<i>ottobre</i>	101.2	16.71	74.71
<i>novembre</i>	118.9	10.79	42.3
<i>dicembre</i>	130.4	7.44	30.69

*Tabella 4 - Valori medi mensili di precipitazioni, temperatura ed evapotraspirazione nel bacino di S.Mauro. (Regione Calabria - Piano di Tutela delle Acque, allegato 1.1)*

Tra i numerosi elaborati di cui si compone il Piano di Tutela delle Acque vi è anche una relazione utile a comprendere, seppur a grandi linee, la dinamica e gli schemi della circolazione idrica sotterranea regionale. Si tratta della *Caratterizzazione idrogeologica*, un documento nel quale, in base alle caratteristiche di permeabilità dei vari terreni e ai loro rapporti stratigrafici, vengono individuati, in Calabria, otto complessi idrogeologici<sup>20</sup>:

- Complesso dei depositi detritici recenti
- Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso
- Complesso dei depositi terrigeni ed evaporitici
- Complesso argilloso caotico

<sup>20</sup> [http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque/allegato\\_g.pdf](http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque/allegato_g.pdf)

- Complesso delle alternanze arenaceo-marnoso-argillose calcareo-marnose
- Complesso delle rocce ignee e metamorfiche a tessitura massiccia
- Complesso delle rocce metamorfiche a tessitura scistosa
- Complesso calcareo-dolomitico

Se ci si attiene a questa schematizzazione si può osservare che solo cinque di questi complessi sono presenti nell'area in esame:

1. Complesso dei depositi detritici recenti: si tratta di depositi di età pleistocenica ed olocenica comprendenti detriti di falda, coni di deiezione, alluvioni attuali e terrazze, terrazzi marini e dune costiere. La permeabilità primaria è variabile in funzione della granulometria, da media ad alta nei termini ghiaioso-sabbiosi, e più ridotta in presenza di intercalazioni siltoso-argillose.
2. Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso: sono stati qui raggruppati terreni generalmente di età plio-pleistocenica, comprendenti conglomerati poligenici scarsamente cementati con intercalazioni sabbioso-argillose, sabbie grigio-giallastre, alternanze di arenarie scarsamente cementate e argille sabbiose, talvolta con lenti di ghiaia. Frequenti le variazioni laterali e le eteropie di facies. Questi termini, hanno una permeabilità primaria da media ad alta, che diminuisce in presenza delle intercalazioni siltoso-argillose.
3. Complesso dei depositi terrigeni ed evaporitici: si tratta di prevalenti peliti plio-pleistoceniche contenenti rare intercalazioni sabbiose, prive di stratificazione, oppure argille fittamente stratificate per la presenza di sottili livelli sabbioso-siltosi. Lo spessore di questi termini varia da una formazione all'altra, ma può raggiungere potenze di 600-700 metri. Fanno generalmente passaggio, sia a letto che a tetto, a termini arenaceo-sabbiosi basali e apicali dei cicli sedimentari oligo-pleistocenici e, spesso, passaggio laterale a termini sabbiosi di varie formazioni. La permeabilità complessiva è bassa, molto bassa o nulla.
4. Complesso delle rocce ignee e metamorfiche a tessitura massiccia: comprende le rocce metamorfiche a tessitura massiccia, rappresentate principalmente da gneiss e gneiss occhiadini, gneiss biotitici, scisti biotitici, gneiss granitoidi, che affiorano oltre nella Sila, nelle Serre e nell'Aspromonte. Alla stessa falda appartengono rocce intrusive a struttura granulare e chimismo acido, quali graniti con muscovite e

biotite, dioriti, pegmatiti e graniti localmente migmatitici. La permeabilità primaria della roccia inalterata è nulla; quella secondaria, per fratturazione, è generalmente bassa, potendo però risultare accentuata nelle parti superficiali alterate e decomprese degli ammassi.

5. Complesso delle rocce metamorfiche a tessitura scistosa: comprende filladi, scisti cloritico-sericitici, con intercalazioni di calcari cristallini e quarziti. La permeabilità per fessurazione è generalmente da bassa a molto bassa, in relazione allo stato di alterazione e tettonizzazione.

Volendo introdurre un'ulteriore semplificazione, gli acquiferi presenti nell'area potrebbero essere suddivisi in due sole categorie: quelli igneo-metamorfici e quelli porosi plio-quaternari. Nei primi la circolazione idrica sotterranea è condizionata dal grado di alterazione, generalmente crescente con la profondità, e dalla fratturazione, più intensa nelle rocce granitiche piuttosto che in quelle scistose. Il differente grado di alterazione dà luogo ad un sistema idrogeologico complesso, costituito da un acquifero di base fessurato e discontinuo, il cui limite inferiore è rappresentato dal substrato integro, relativamente impermeabile, sul quale poggia una coltre superficiale di alterazione che funge da acquifero poroso superficiale. Gli acquiferi plio-quaternari, invece, sono generalmente permeabili per porosità e, pur avendo una buona continuità laterale, sono eterogenei ed anisotropi, a causa della presenza delle più svariate classi granulometriche. Essi si sviluppano sia nelle successioni sabbioso-conglomeratiche che nelle coltri alluvionali, formando sistemi costituiti da una serie di falde sovrapposte, separate da livelli siltoso-argillosi (Allocca et al., 2007)<sup>21</sup>.

Per ciò che concerne le manifestazioni sorgentizie vale la pena citare lo studio effettuato dal Servizio Idrografico Nazionale, tramite la Sezione Idrografica di Catanzaro che, attraverso una campagna di rilevamento iniziata nel 1933 e conclusasi nel 1937, ha provveduto a censire tutte le sorgenti dei bacini calabresi e parte di quelli lucani (Servizio Idrografico Nazionale, 1941)<sup>22</sup>. Il lavoro, pubblicato poi nel 1941, ha portato all'individuazione di 19.342 sorgenti con portata superiore a 0,1 l/s e 10.442 sorgenti con portata inferiore a 0,1 l/s. Quelle con portata superiore o uguale ad un 1 l/s sono state

<sup>21</sup> Allocca et al. (2007) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 211 pp.

<sup>22</sup> Servizio Idrografico Nazionale (1941) - Istituto poligrafico dello stato, Roma, 606 pp.

mappate e riportate sui fogli della Carta d'Italia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), alla scala di 1.100.000. La parte II della pubblicazione è espressamente dedicata alla descrizione delle sorgenti, suddivise per bacino idrografico di appartenenza. Qui si mette in evidenza il fatto che, nei terreni permeabili plio-pleistocenici della Valle del Crati, le manifestazioni sorgentizie sono scarsissime, in quanto queste formazioni, pur essendo in grado di assorbire e trattenere grandi quantità di acqua meteorica, costituiscono una massa filtrante che difficilmente dà luogo ad una vera e propria rete di condotti sotterranei, necessaria per l'esistenza di sorgenti perenni. Paradossalmente le sorgenti sono ben più numerose, sia come numero che come portate, nei terreni cristallini costituiti da scisti, gneiss e graniti, in quanto questi, pur assorbendo modesti quantitativi di acqua, presentano spesso estese reti di fessurazioni riempite di materiale detritico permeabile, che consente una circolazione idrica sotterranea sufficiente ad alimentare numerose piccole sorgenti. Scarse sono pure le sorgenti dei bacini idrografici dei torrenti S.Mauro e Malfrancato, entro i quali ricade buona parte dell'area studiata, quasi tutte provenienti dagli scisti e i micascisti, con portate che si aggirano intorno a 1,5 l/s.

## 3. Discussione e analisi dei dati

### 3.1. I dati dei sondaggi

Dal database che raccoglie le informazioni ottenute per gli effetti della L. 464/84 (v. cap. 1) sono stati estratti 195 records, che fanno riferimento ad altrettanti sondaggi eseguiti nell'area in esame. L'estensione dell'intero set di pozzi, desumibile dai relativi valori di coordinate, è di 13.946 metri in direzione E-W e 12.043 metri in direzione N-S. La profondità media delle perforazioni è di 125 metri (variando da un minimo di 34 metri ad un massimo di 350), mentre la loro sommità è situata ad una quota compresa tra i 21 e gli 850 metri s.l.m.

Sette dati di sondaggio sono stati scartati, perchè privi di informazioni essenziali quali la quota o la profondità, o perché contenenti dati palesemente errati. Altri nove sono parzialmente incompleti (manca la colonna litologica o quella stratigrafica), ma sono stati ugualmente utilizzati per le elaborazioni. Da segnalare, infine, che nel campo *Stratigrafia*, in cui è riportata la successione di acquiferi e acquiclude, vi sono alcuni records (circa una dozzina) che indicano solo il livello superiore dell'acquifero riconosciuto. In questi casi si è provveduto a definirne il limite inferiore in modo arbitrario, ipotizzando uno spessore simile a quello dei pozzi adiacenti.

Il numero dei litotipi presenti e le loro caratteristiche sono stati determinati sulla base delle informazioni bibliografiche, unitamente a quelle presenti nel campo *Litologia* (rielaborate secondo la procedura descritta nel capitolo introduttivo). Per ciò che riguarda gli scopi di questo lavoro la successione litologica può essere così definita (dal basso verso l'alto):

- *Gneiss e scisti biotitici*. Gneiss e scisti biotitici, spesso granatiferi, localmente con intercalazioni di gneiss basici ed anfiboliti. Talora contengono piccole masse di calcare cristallino. PALEOZOICO.
- *Scisti filladici e calcescisti*. Scisti filladici grigi lucenti a cui, localmente, sono associati calcescisti. PALEOZOICO.
- *Metamorfiti alterate*. Coltre di alterazione del sottostante substrato metamorfico ('Gneiss e scisti biotitici' e 'Scisti filladici e calcescisti').



- *Complesso igneo*. Rocce intrusive acide a composizione variabile tra la quarzodiorite ed il granito. PALEOZOICO.
- *Complesso igneo alterato*. Coltre di alterazione del sottostante complesso igneo.
- *Calcari selciferi*. Calcari selciferi grigio chiari, bruni e rossastri, con intercalazioni di argille. Piccoli e sporadici affioramenti solo nella tavoletta *Terranova da Sibari*. CRETACICO.
- *Conglomerati e sabbie*. Conglomerati e ghiaie con intercalazioni sabbiose. PLIOCENE SUP.
- *Argille grigie con intercalazioni sabbiose*. Argille grigie e grigio-azzurre, con locali intercalazioni sabbiose e siltose. CALABRIANO.
- *Sabbie ghiaiose*. Sabbie e arenarie, in genere bruno-chiare o rossastre, con piccoli ciottoli e intercalazioni conglomeratiche. CALABRIANO.
- *Depositi continentali*. Insieme di depositi poco consolidati, prevalentemente di origine fluviale e continentale: suolo agrario, detrito, alluvioni e prodotti di disfacimento delle rocce sottostanti. PLEISTOCENE-OLOCENE.

## 3.2. Analisi statistica

Gli acquiferi che figurano nel campo *Stratigrafia* sono 217 (in alcuni siti ve ne sono fino a quattro sovrapposti), distribuiti su vari livelli di quota e a diverse profondità rispetto al piano di campagna. Analizzando tali valori su base statistica si possono trarre alcune considerazioni interessanti.

Prima di procedere all'analisi statistica, però, visto il numero elevato di pozzi e la complessità dell'area dal punto di vista geologico e morfologico, si è ritenuto opportuno suddividere l'intero set di dati in più zone. Entro l'area di indagine, infatti, si possono distinguere tre macrozone: a Sud un settore prevalentemente montuoso, in cui dominano le rocce cristalline che costituiscono il basamento; a Nord un settore perlopiù pianeggiante, in cui prevalgono le rocce clastico-terrigene di copertura; nel mezzo una zona di transizione, in cui le rocce del primo e del secondo tipo sono presenti in proporzioni simili. I tre settori, paragonabili tra loro per estensione, sono stati denominati rispettivamente *cristallino*, *sedimentario* e *misto*. Poiché questi tre ambienti si sviluppano lungo un asse nord-sud, i limiti tra un settore e l'altro sono stati definiti semplicemente sulla base di un determinato valore di latitudine (fig. 5).



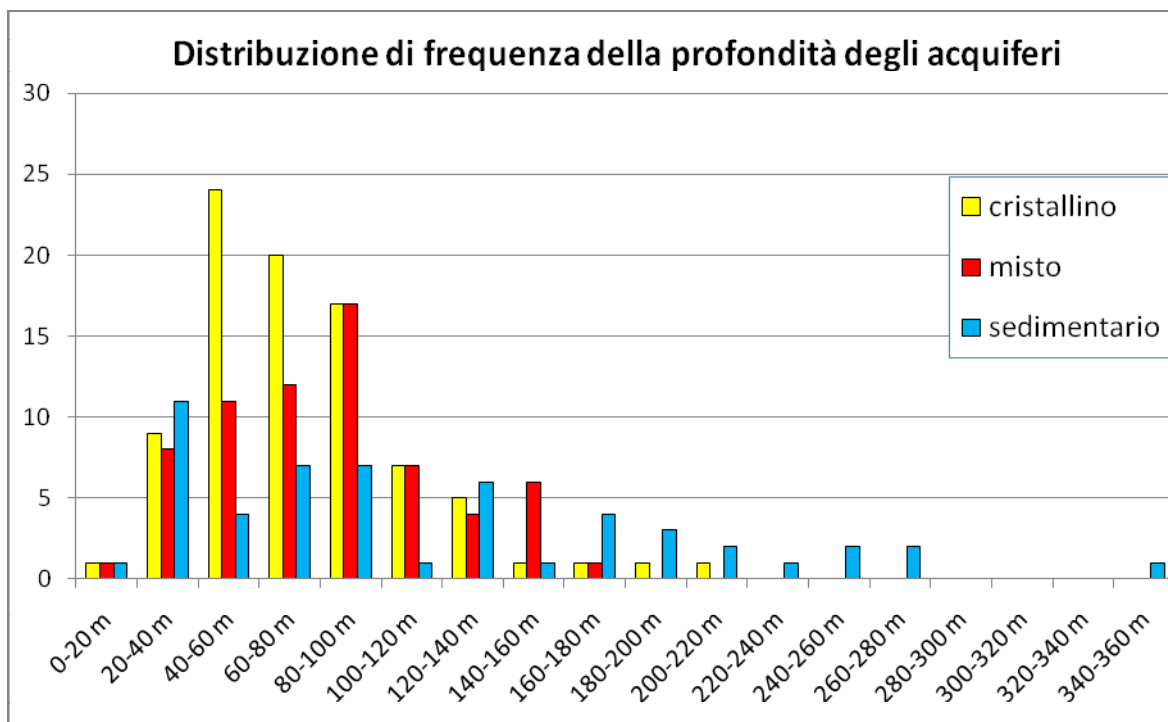


Figura 6- Distribuzione di frequenza della profondità degli acquiferi, ripartiti per settore (cristallino, misto, sedimentario). Le profondità fanno riferimento alla superficie piezometrica.

Dall'analisi del grafico si evince che, nell'insieme, gli acquiferi si addensano nell'intervallo di profondità compreso tra i 40 ed i 100 metri, pur con qualche differenza da zona a zona. Nel settore *cristallino* (sud) il trend è piuttosto ben definito: la distribuzione è unimodale con coda asimmetrica positiva, e il 70% degli acquiferi ricade nell'intervallo 40-100 metri. Anche nella zona *mista* le classi più popolate sono quelle comprese tra i 40 e i 100 m, ma qui la moda cade su un intervallo di profondità maggiore, e la distribuzione è più irregolare. Infine, nel settore settentrionale (*sedimentario*) è difficile individuare un trend ben definito: sono presenti acquiferi pressochè a tutti i livelli di profondità, anche se questi tendono a concentrarsi nell'intervallo 20-100 m, per poi scemare verso valori maggiori.

Un lavoro simile a quello appena descritto è stato compiuto considerando, questa volta, la quota degli acquiferi rispetto al livello del mare. L'analisi in termini di quote può fornire indizi circa la presenza o meno di un legame tra gli acquiferi situati nelle aree a monte e quelli più a valle. I risultati sono mostrati in un grafico del tutto analogo a quello precedente (fig. 7).

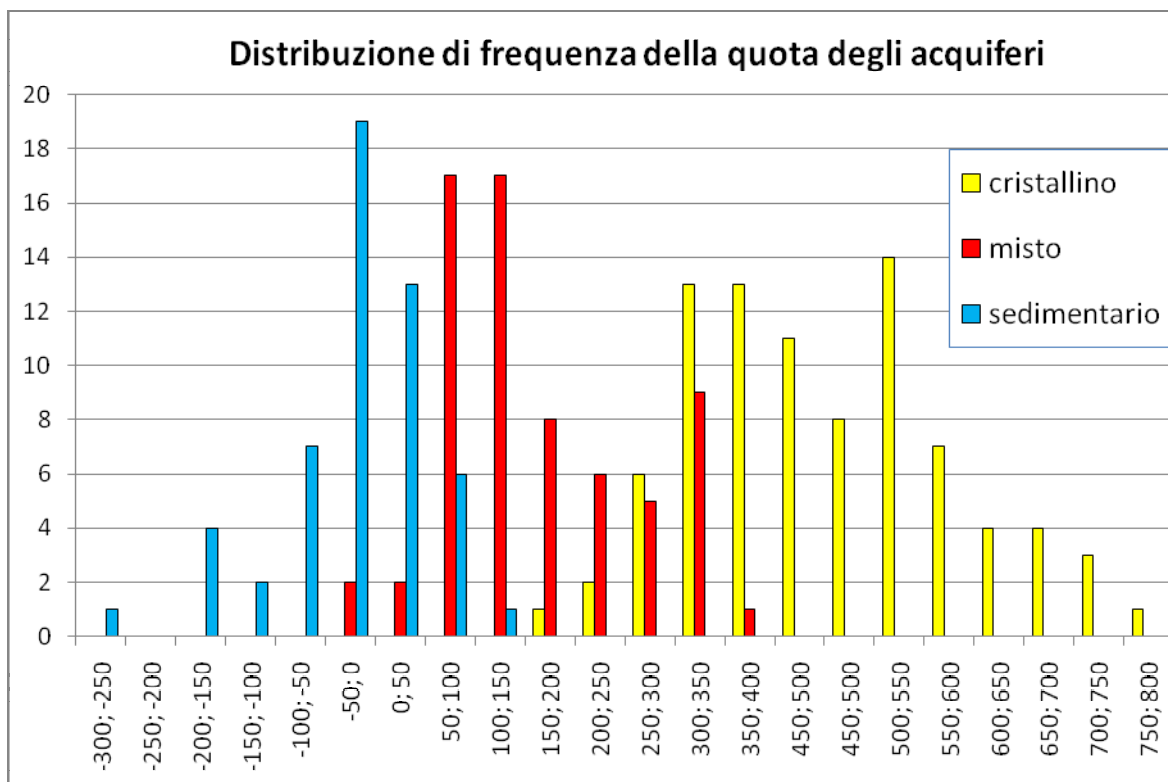


Figura 7- Distribuzione di frequenza della quota degli acquiferi, ripartiti per settore (cristallino, misto, sedimentario). Le profondità fanno riferimento alla superficie piezometrica.

Anche qui i valori sono stati suddivisi in classi equispaziate, ma con intervalli più ampi (50 metri), vista la maggiore estensione dello spettro di valori.

Si può notare che gli acquiferi della zona mista tendono a sovrapporsi (e quindi, presumibilmente sono in comunicazione con essi), sia con quelli a monte (cristallino) che con quelli più a valle (sedimentario), in particolare nell'orizzonte compreso tra i 50 e i 350 metri s.l.m.

È da rilevare il fatto che in nessuna fascia altimetrica sono presenti gli acquiferi di tutti e tre i settori. In effetti gli acquiferi del settore cristallino si trovano sempre a quote più alte rispetto a quelli del settore sedimentario, situato più a valle. Ciononostante, se si considera che le due zone sono separate da alcuni chilometri di distanza, e se si ipotizza l'esistenza di un gradiente idraulico anche di pochi gradi, non è difficile immaginare che i relativi acquiferi siano, almeno in parte, in comunicazione tra loro. Oltretutto, i pozzi scavati nelle rocce del settore cristallino raramente si spingono oltre i 150-170 metri (nelle pianure più a nord, invece, diverse perforazioni superano i 250 metri), per cui non è dato sapere se vi siano sistemi acquiferi anche al di sotto di questa profondità.

Le elaborazioni di cui sopra sono state eseguite considerando soltanto il valore di quota/profondità della superficie piezometrica, senza fare riferimento allo spessore dell'intero livello saturo, che varia da un metro a svariate decine di metri. È stato dunque creato un terzo grafico, in cui figura lo spessore associato alla profondità (fig. 8).

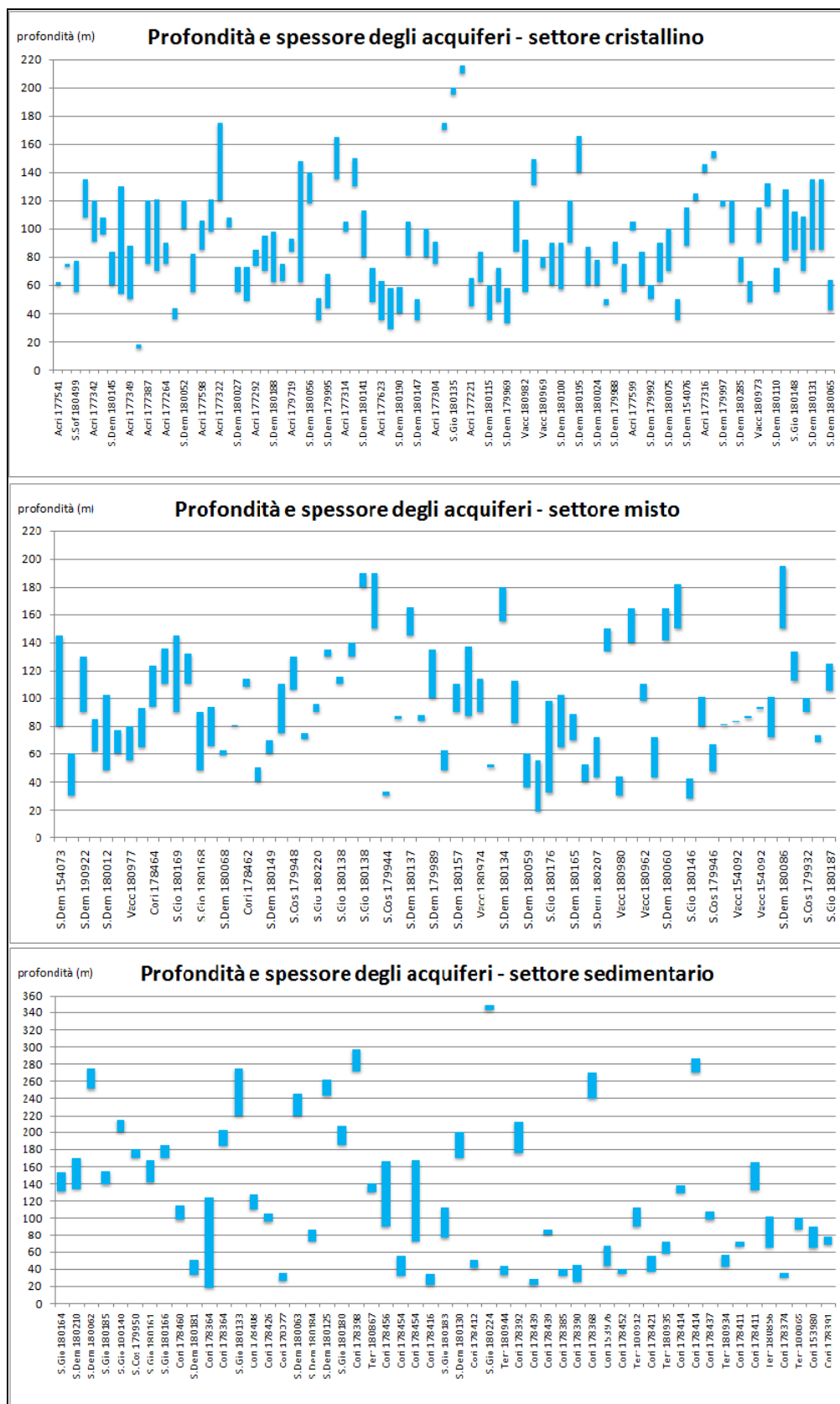


Figura 8- Profondità e spessore dei livelli acquiferi nei diversi settori. Ciascuna colonna rappresenta lo spessore verticale di un acquifero. In ascissa sono riportati i codici dei pozzi corrispondenti.

La profondità media si aggira ovunque intorno ai 21-23 metri, ma per gli acquiferi del settore sedimentario si registrano oscillazioni piuttosto marcate intorno al valor medio (deviazione standard  $\approx 20$  m).

In effetti, anche se in più sondaggi vengono riportati fino a tre-quattro livelli acquiferi sovrapposti, alcuni di questi hanno spessore davvero irrisorio (un metro o poco più). Nelle rocce scistose o granitiche questi modestissimi corpi idrici si ritrovano sia in prossimità della superficie che a profondità elevate, e possono essere indicativi della presenza di porzioni rocciose intensamente fratturate. Nelle rocce sedimentarie delle aree di pianura, invece, gli stessi si ritrovano soprattutto nelle aree più superficiali dove, in tutta evidenza, sono associati alle frequenti variazioni verticali di permeabilità rappresentate da lenti, interdigitazioni, intercalazioni, eteropie. Ad ogni modo si può ragionevolmente ritenere che questi acquiferi di limitato spessore abbiano una scarsa estensione laterale e, di conseguenza, una produttività molto limitata; per questa ragione sono stati eliminati dal database. La variazione introdotta, in realtà, non modifica in modo significativo i grafici delle figg. 6 e 7, tuttavia è un'accorgimento che si è rivelato utile in fase di correlazione dei logs, come si vedrà nel paragrafo successivo.

### 3.3. Profili

A conclusione del presente lavoro sono stati realizzati profili bidimensionali e tridimensionali utilizzando *RockWorks 2006*, un software distribuito dalla *RockWare* che consente di ricostruire, tramite interpolazione dei dati di pozzo, la geometria di vari elementi geologici, generando mappe, sezioni (*cross-sections*) e modelli 3D (*block-diagrams*). Gli strumenti qui utilizzati, tra i diversi disponibili, sono i seguenti:

- *Profile*, permette di realizzare profili lungo una direzione rettilinea, da un punto A ad un punto B. In esso vengono inglobati tutti i pozzi situati entro una certa distanza dalla retta A-B, in base ad un valore di *search distance* che può essere variato a piacere (questo valore, in realtà, non influisce in alcun modo sul risultato della simulazione, ma solo sul numero di pozzi visualizzati nel profilo).

- *Model*, consente di produrre modelli tridimensionali, che è possibile visualizzare da ogni angolazione.

Bisogna premettere che RockWorks non sempre riesce a generare modelli realistici, in parte per via della qualità dei dati di ingresso che, a volte, destano qualche perplessità ma, soprattutto, a causa del processo di modellizzazione stesso. La sensazione è che gli algoritmi utilizzati siano costruiti in modo un po' troppo rigido per riuscire ad adattarsi alla enorme complessità e varietà di situazioni che possono presentarsi. Una grossa limitazione, ad esempio, è data dal fatto che il software richiede tassativamente che venga indicato l'ordine geometrico in cui sono disposte le varie unità litostratigrafiche (occorre assegnare a ciascuna di esse una numerazione progressiva, da quella più superficiale a quella più profonda). È evidente che si tratta di una forzatura, dal momento che non sempre gli strati rispettano l'ordine di sovrapposizione "prestabilito", vuoi per motivi di natura genetica (es. rocce intrusive e altri corpi iniettati), vuoi per complicazioni tettoniche (sovrascorrimenti, ricoprimenti) o stratigrafiche (discordanze, eteropie di facies, ecc.). Il problema è particolarmente sentito in un contesto geologico come quello della Sila, in cui, non soltanto vi sono rocce che appartengono a differenti unità tettono-stratigrafiche, ma la loro posizione reciproca è tuttora oggetto di discussione e causa di diatribe tra i vari studiosi.

Un'altra problematica è rappresentata dal fatto che vengono generati modelli poco realistici ogni qualvolta ci si trova in presenza di unità che occupano solo una parte del campo pozzi, o che affiorano sporadicamente, o la cui continuità è interrotta per ragioni topografiche (vedasi a questo proposito la fig. 9). Evidentemente l'ambiente di lavoro ideale per il software è quello in cui sono presenti unità che hanno estensione pressoché illimitata nello spazio.



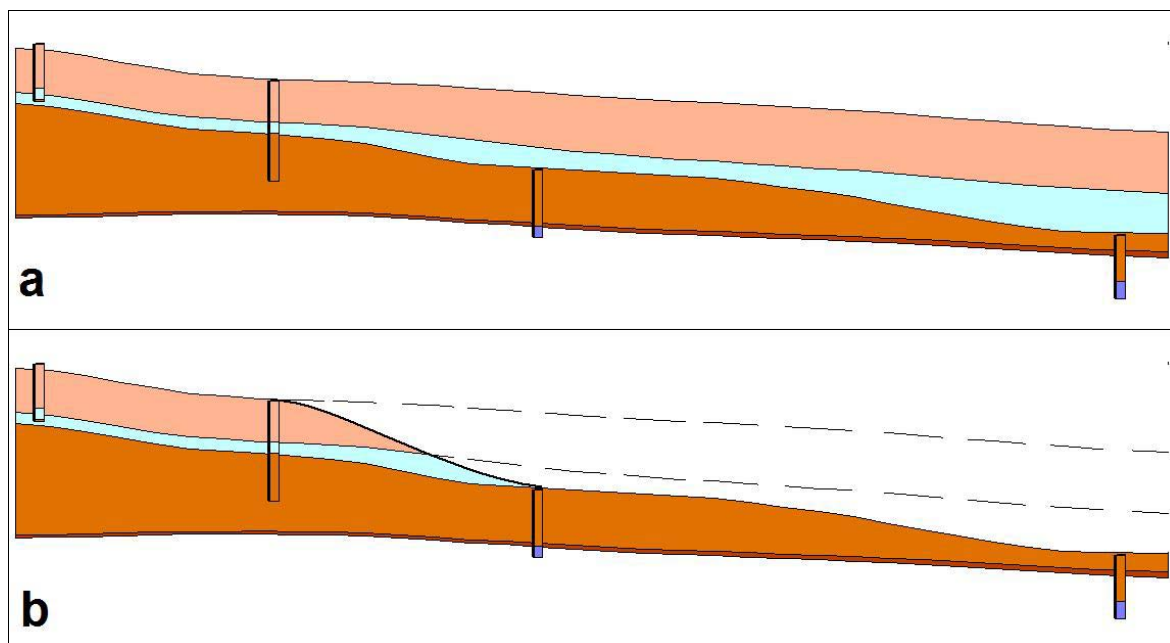


Figura 9- Esempio di correlazione tra logs effettuata utilizzando Rockworks. Si noti, in particolare, come il software non riesca ad interpretare correttamente l'andamento dei due strati superficiali (a). Dall'analisi dei log di pozzo, infatti, si può intuire che nella parte destra dello schema non sono presenti perché sono stati asportati dall'erosione. Il profilo, dunque, dovrebbe apparire come in b.

A causa di quanto detto la modellizzazione basata sui log litologici ha dato costantemente risultati scadenti, e ogni sforzo compiuto per tentare di ottenere dei miglioramenti è stato vano. Utilizzando i log stratigrafici, invece, dopo sperimentazioni di vario genere, e qualche “ritocco” ai dati di origine (in particolare l'eliminazione degli acquiferi di spessore modesto, di cui si è accennato nel paragrafo precedente), si è riusciti ad ottenere risultati soddisfacenti.

Sono stati eseguiti due profili, sfruttando lo strumento *Profile* (fig. 10); il primo si sviluppa in direzione SW-NE da monte verso valle (da San Demetrio Corone sino a C. Argondizza); il secondo attraversa perlopiù aree di pianura, e si snoda in direzione WSW-ENE, da S.ra Cagliano sino a C.se Facani.

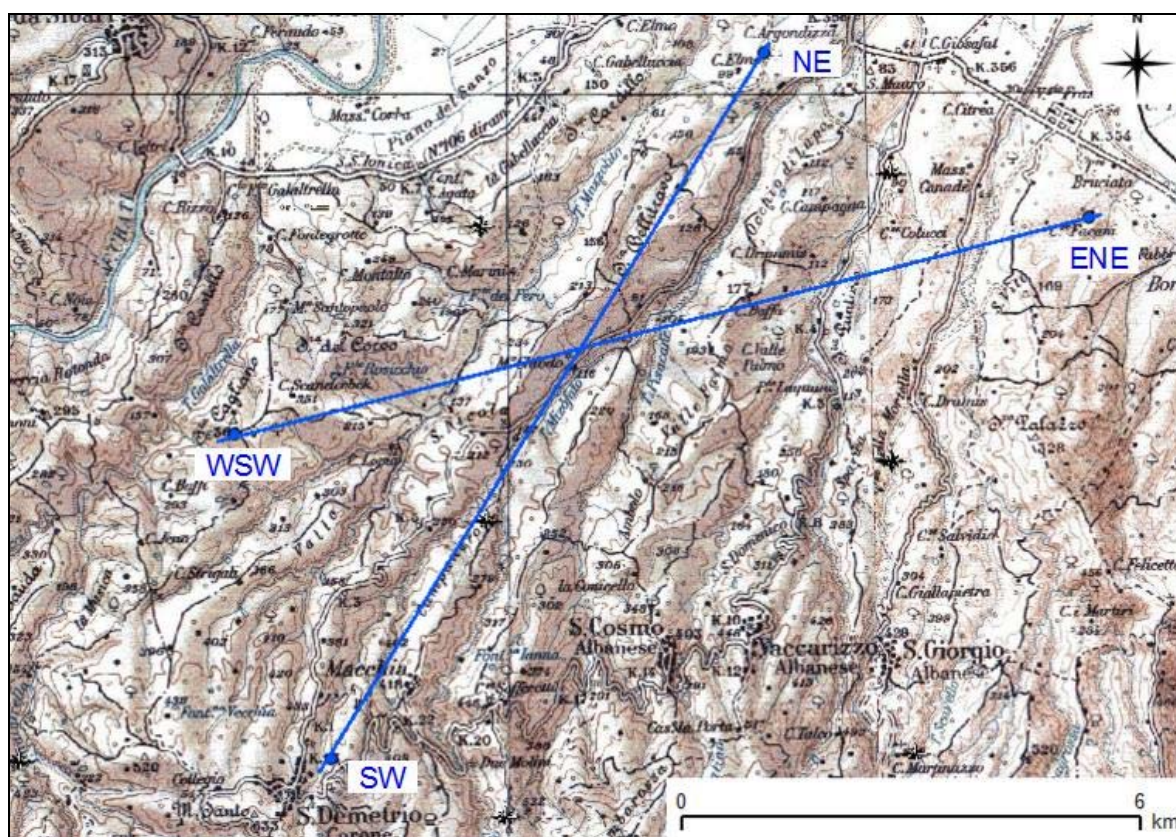
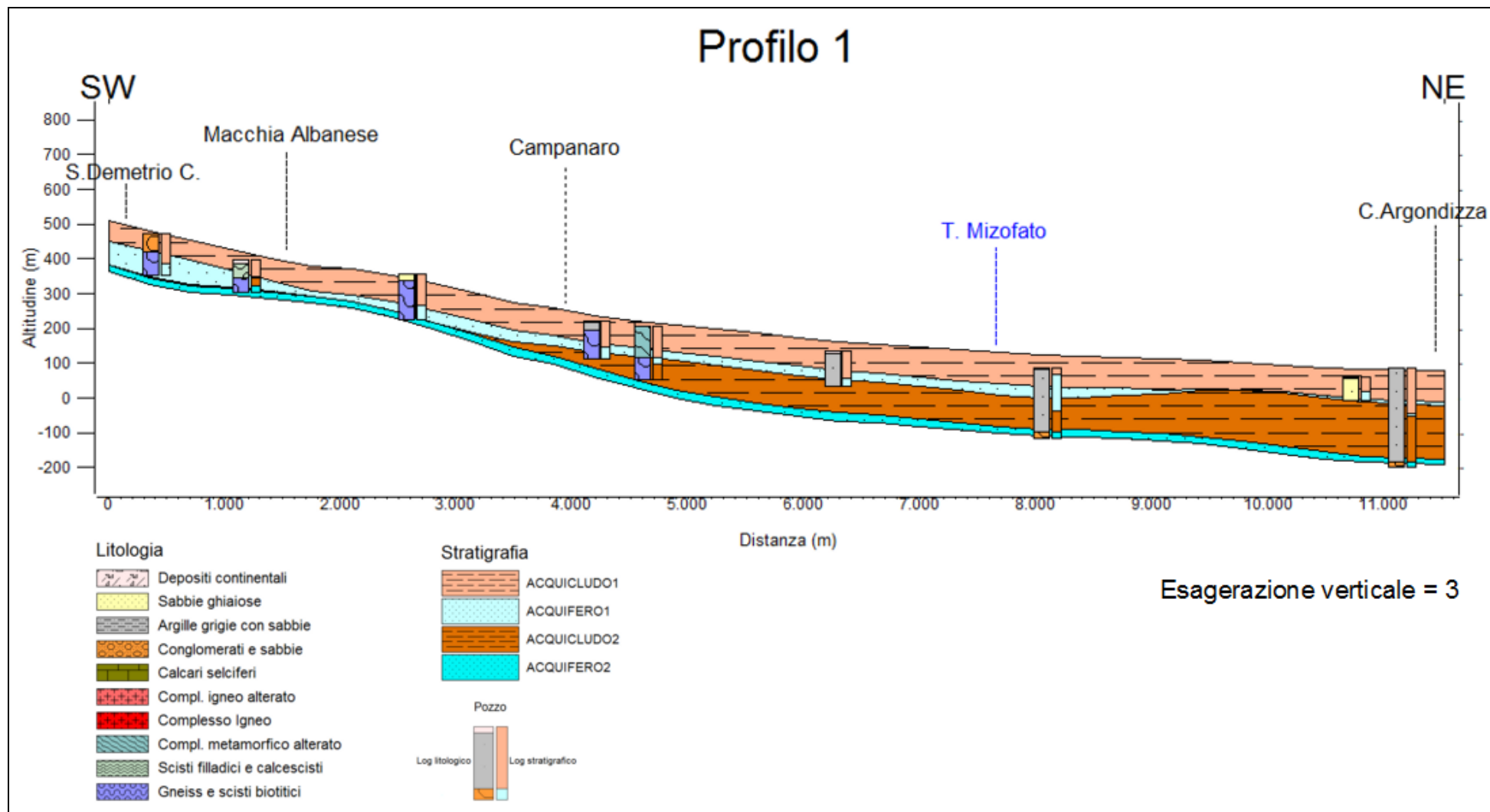


Figura 10- Ubicazione dei profili eseguiti. La base cartografica è estratta dalla Carta d'Italia in scala 1:100.000 dell'IGM.

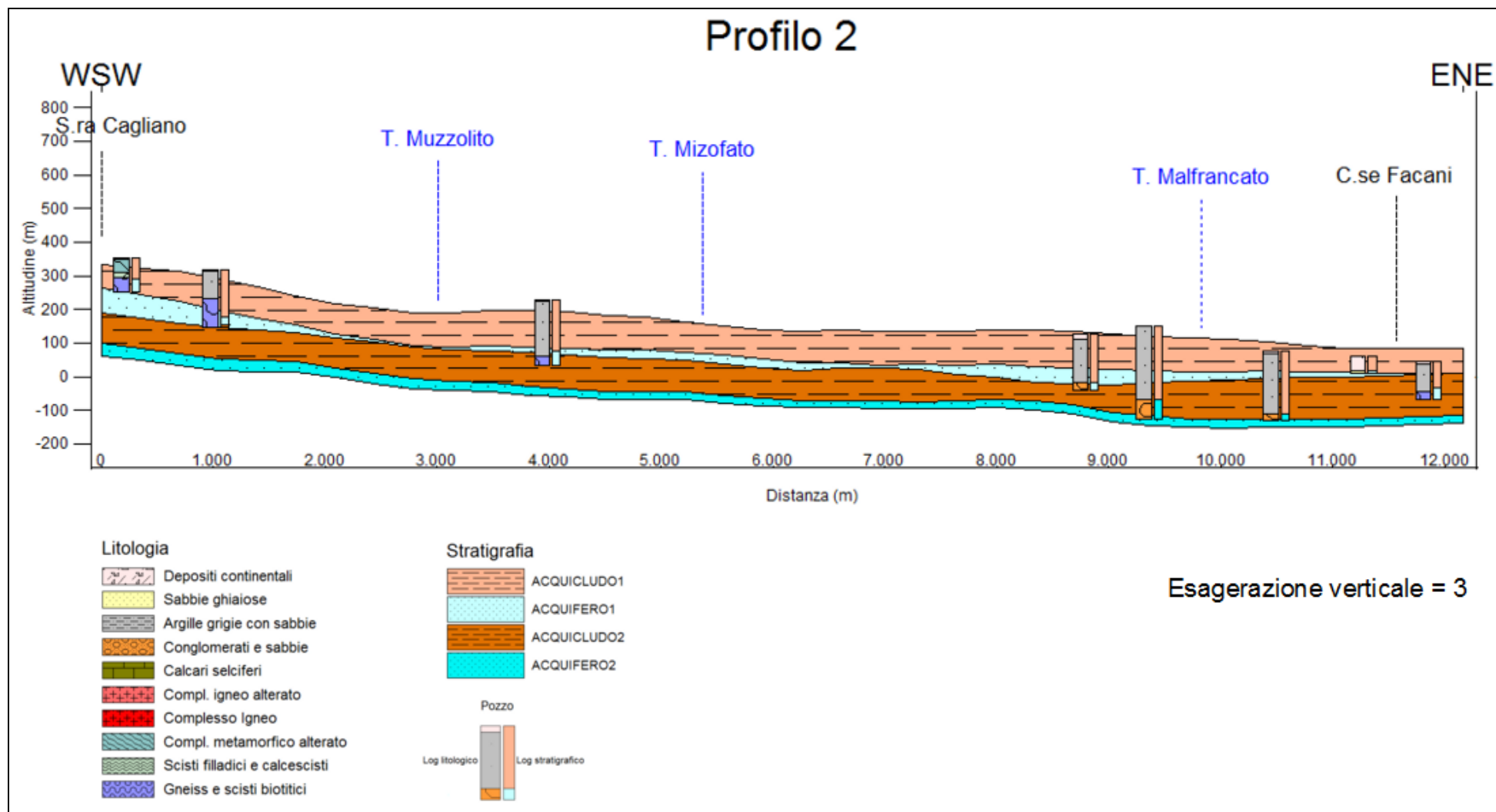
I profili, inseriti negli allegati 1 e 2, coprono una fascia di terreno avente una lunghezza rispettivamente di 11,5 e 12,2 km, e una larghezza di 0,5 km (quest'ultima è determinata dal valore di *search distance*, che è stato impostato a 250 metri). Sono stati plottati anche i singoli pozzi, completi di log stratigrafici e litologici. Per migliorare la leggibilità quelli molto ravvicinati sono stati esclusi dalla vista.

Non essendo presenti falde affioranti, la superficie topografica coincide, di fatto, con la parte superiore dello strato denominato *acquicludo1*. In entrambe le sezioni si individua un acquifero superficiale, indicato come *acquifero1*, il cui profilo tende a seguire quello topografico. È collocato ad una profondità di 60-80 metri sotto il p.c., e il suo spessore diminuisce gradualmente verso NE, laddove alle litologie gneissico-scistose si sostituiscono progressivamente quelle argillo-sabbiose. In quest'ultimo settore è meglio sviluppato l'acquifero profondo (*acquifero2*), situato a profondità dell'ordine dei 200-240 metri. Giacendo sotto una spessa coltre di sedimenti impermeabili o poco permeabili, esso è probabilmente di tipo confinato. La sua continuità verso monte è solo presunta.

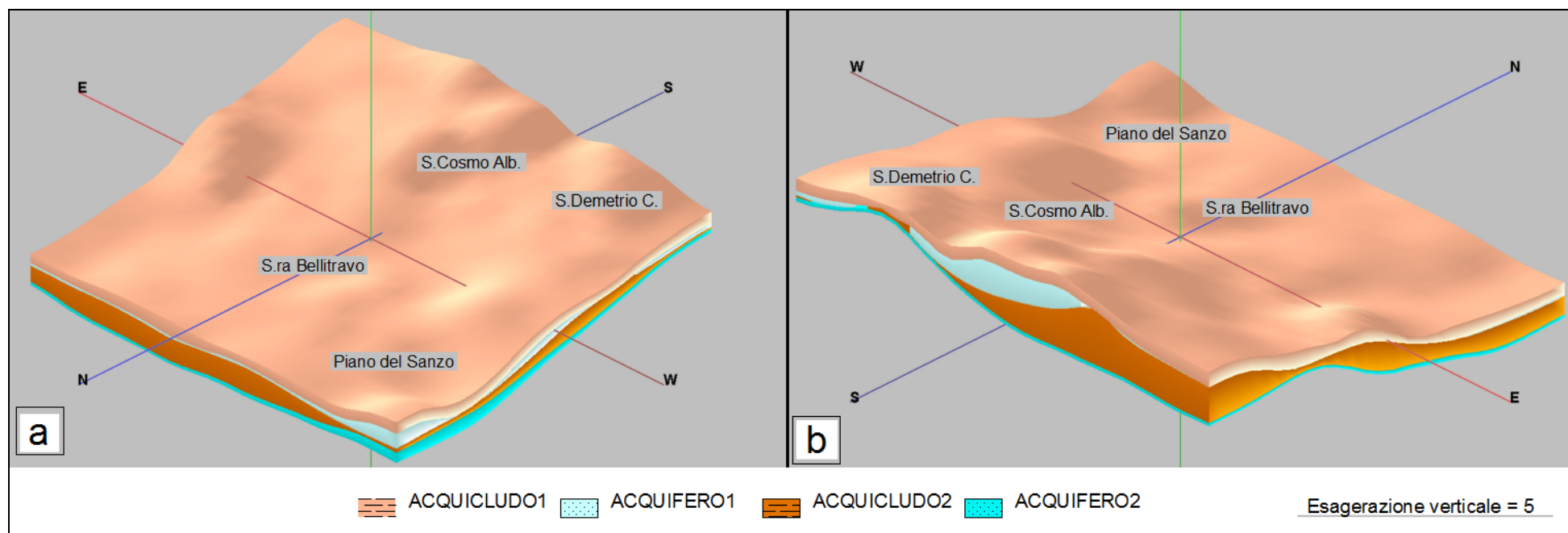
È stato infine realizzato un modello 3D di tipo *block diagram* (allegato 3), in cui l'intera area di studio viene vista da due opposte angolazioni: Nord-Est (**a**) e Sud-Est (**b**). Si nota che l'acquifero superficiale (*Acquifero1*) assume lo spessore massimo in corrispondenza dei rilievi meridionali (settore cristallino), in particolare nel settore compreso tra gli abitati di S. Demetrio Corone e S. Cosmo Albanese. Lo stesso acquifero si assottiglia procedendo in direzione N, specie nel settore situato ad est di Serra Bellitravo. Si tratta di una zona in cui, al di sotto dei modesti depositi continentali, si trova la potente successione argillo-siltosa che, come era logico aspettarsi, non consente la formazione di acquiferi superficiali particolarmente significativi. Al di sotto di essa, tuttavia, a profondità generalmente superiori ai 150-180 metri, si sviluppa un acquifero profondo (*Acquifero2*) che è tanto più consistente quanto più ci avvicina a Piano del Sanzo, ovvero il letto del fiume Crati.



*Allegato 1- Profilo San Demetrio Corone – C. Argondizza.*



*Allegato 2- Profilo S.ra Cagliano - C.se Facani*



*Allegato 3- Modelli 3D. Vista da Nord-Est (a); Vista da Sud-Est (b)*



## CONCLUSIONI

Il contesto geologico in cui si inquadra l'area indagata è decisamente complesso, e questo si ripercuote inevitabilmente anche sull'assetto idrogeologico. Dall'analisi dei numerosi dati raccolti, e dai risultati delle elaborazioni eseguite, emerge l'esistenza di due principali acquiferi: uno superficiale, libero; l'altro profondo, confinato o almeno semi-confinato. Gli acquiferi superficiali, come risulta dall'analisi statistica, tendono a concentrarsi nell'intervallo di profondità 40-100 m. Con ogni probabilità non si tratta di un unico corpo idrico sotterraneo, ma di più falde acquifere, alcune delle quali di estensione assai limitata. La suddivisione in micro-regioni, individuate su base geologico-morfologica, consente di mettere in rilievo le differenze esistenti nei diversi settori geografici. Nelle rocce del basamento cristallino gli strati acquiferi hanno spessore variabile in relazione alla potenza delle coltri alteritiche o delle zone ad intensa fratturazione; quelli più modesti e poco profondi hanno, presumibilmente, la funzione di alimentare i corsi d'acqua dei fondi valle, con superficie piezometrica che tende ad adattarsi alla morfologia dei versanti. Ciò implicherebbe una direzione degli assi di deflusso normale a quella di scorrimento dei torrenti che, salvo poche eccezioni, è SSW-NNE. Gli acquiferi in cui lo spessore del livello saturo supera i 40-60 metri e la profondità supera gli 80 metri, hanno certamente maggiore estensione, e il loro ruolo potrebbe essere quello di alimentare gli acquiferi di pianura, attraverso un sistema di travasi sotterranei. L'ipotesi richiede l'esistenza di un gradiente idraulico stimabile intorno ai 5° e superficie piezometrica (*water level*) immergente verso N.

Gli acquiferi delle pianure alluvionali della zona centrosettentrionale, localizzati all'interno dei depositi sedimentari, si prestano meglio alla suddivisione in superficiali e profondi. I primi sono verosimilmente in stretta relazione con l'idrografia superficiale, costituita da una fitta rete di corsi d'acqua a regime torrentizio. In un contesto geologico-regionale possono essere ascritti alla categoria degli acquiferi porosi plio-quadernari, dunque permeabili per porosità, eterogenei e anisotropi. I numerosi corpi idrici di spessore esiguo, situati a bassa profondità, possono essere interpretati come falde sospese o *perched aquifers*, con estensione laterale e produttività assai limitate. Gli acquiferi rilevati dai sondaggi più profondi, invece, probabilmente sono in comunicazione tra loro, e costituiscono un unico sistema di ben maggiore importanza rispetto al precedente. Esso è sovrastato da una spessa coltre argillo-siltosa, per cui si può desumere che la sua natura sia di acquifero in pressione, e l'area di ricarica è da ricercarsi alcuni km più a monte. È

probabile, come accennato, l'esistenza di un collegamento tra questo acquifero e quelli ospitati nelle rocce del basamento cristallino. Un'esame dei livelli piezometrici o un'analisi geochimica delle acque potrebbero essere servire a sciogliere il dubbio. Più in generale, tutte le ipotesi sin qui formulate potranno essere confermate o confutate soltanto da ulteriori indagini di dettaglio che, nel complesso, potrebbero consentire di valutare meglio le potenzialità degli acquiferi ai fini idropotabili, sia in termini qualitativi che quantitativi.



# BIBLIOGRAFIA

- ALLOCCA V., CELICO F., CELICO P., DE VITA P., FABBROCINO S., MATTIA S., MUSILLI I., PISCOPO V., SUMMA G. (2007) - Note illustrative della Carta idrogeologica dell'Italia meridionale. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 211 pp..
- ALLOCCA V., CELICO F., CELICO P., DE VITA P., FABBROCINO S., MATTIA S., MUSILLI I., PISCOPO V., SUMMA G. (2007) - Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, Italia.
- AMODIO-MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN-LORENZONI E. & ZUPPETTA A. (1976) - L'arco calabro peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide. Mem. Soc. Geol. It., 17, pp. 1-60.
- CASSA DEL MEZZOGIORNO (1958-1962) – Carta geologica della Calabria, Foglio 229, I S.E. – S. Demetrio Corone, scala 1:25.000.
- CASSA DEL MEZZOGIORNO (1958-1962) – Carta geologica della Calabria, Foglio 229, I N.E. – Terranova da Sibari, scala 1:25.000.
- CASSA DEL MEZZOGIORNO (1958-1962) – Carta geologica della Calabria, Foglio 230, IV S.O. – S. Giorgio Albanese, scala 1:25.000.
- CASSA DEL MEZZOGIORNO (1958-1962) – Carta geologica della Calabria, Foglio 230, IV N.O. – Corigliano Calabro, scala 1:25.000.
- COLELLA A. (1988) – Fault-controlled marine Gilbert-type fan deltas. *Geology*, 16, pp. 1031-1034.
- CUCCI L. (2004) - Raised marine terraces in the Northern Calabrian Arc (Southern Italy): a ~ 600 kyr-long geological record of regional uplift. *Annals of Geophysics*, Vol. 47, n. 4, pp.1391-1406.
- DECRETO LEGISLATIVO 3 Aprile 2006, n. 152: Norme in materia ambientale. *GazzettaUfficiale della Repubblica Italiana* n. 88 del 14 aprile 2006.
- DEL BEN A. (1993) - Calabrian arc tectonic from seismic exploration. *Boll. Geofis. Teor. Appl.* 35 (139), pp. 339-347.
- LEGGE 4 AGOSTO 1984, N° 464: Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del

commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.226, 17/08/1984. IPZS, Roma, Italia.

LORENZONI S. & ZANETTIN LORENZONI E. (1983) - Note illustrative della carta geologica della Sila alla scala 1:200.000. Memorie di Scienze Geologiche dell'Università di Padova, vol. 36, pp. 317-342.

MATTEI M., CIFELLI F., D'AGOSTINO N. (2007) - The evolution of the Calabrian Arc: Evidence from paleomagnetic and GPS observations. Earth and Planetary Science Letters, vol. 263, pp. 259-274.

MESSINA A., RUSSO S., BORGHİ A., COLONNA V., COMPAGNONI R., CAGGIANELLI A., FORNELLI A., PICCARRETA G. (1994) - Il massiccio della Sila, settore settentrionale dell'arco Calabro-Peloritano. The Sila Massif in the northern Calabro-Peloritanian Arc, Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. 113, n. 3, pp. 539-589.

MORETTI A. (2000) – Il database delle faglie capaci della Calabria. In " Le Ricerche del GNDT nel Campo della Pericolosità Sismica" (1996-1999), edited by F. Galadini, C. Meletti, and A. Rebez, pp. 219-226.

REGIONE CALABRIA – Piano di Tutela delle Acque; adottato con deliberazione della Giunta Regionale n. 394 del 30/06/2009.

SERVIZIO IDROGRAFICO NAZIONALE (1941) - Le sorgenti italiane: elenco e descrizione. Vol. VI Calabria. Roma, Istituto poligrafico dello stato, 606 pp..

TORTORICI L. (1982) - Analisi delle deformazioni fragili dei sedimenti postorogeni della Calabria settentrionale. Boll. Soc. Geol. It., 100, pp. 291-308.

VAN DIJK J., OKKES M. (1991) - Neogene tectonostratigraphy and kinematics of Calabrian basins; Implications for the geodynamics of the Central Mediterranean. Tectonophysics, vol. 196, pp. 23-60.

WESTAWAY R. (1993) - Quaternary Uplift of Southern Italy. J. Geophys. Res., 98 (B12), pp. 741–772.

# SITOGRAFIA

[www.cfcalabria.it](http://www.cfcalabria.it)

[www.egeo.unisi.it](http://www.egeo.unisi.it)

[www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque](http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/pianotutelaacque)

<http://pr5sit.regione.calabria.it/web/pr5sit/servizigis>