

**ORGANIZZAZIONE DI INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE ED
IDROGEOLOGICHE PER LA DEFINIZIONE DI UNITA' ACQUIFERE
NEL CONTESTO DEL BASAMENTO CRISTALLINO DELLA CALABRIA**

Dr.ssa Mariachiara Galiano

Tutor: Dr. Lucio Martarelli

PREFAZIONE

La determinazione dei criteri per la definizione di unità stratigrafiche è materia in continua evoluzione nel campo delle Scienze della Terra. Normative formali e tecnico-operative specifiche, dopo mirate sperimentazioni e verifiche, sono state adottate ormai da alcuni decenni anche in Italia, sebbene nel dettaglio siano continuamente in stato di aggiornamento e revisione. Al contrario, non sono state ancora determinate univocamente le linee guida per la definizione di unità idrogeologiche, che, comunque, devono tenere conto delle caratteristiche di quelle stratigrafiche. E' pertanto operazione di primaria importanza l'organizzazione d'informazioni a carattere stratigrafico sulle formazioni geologiche per riuscire a differenziare queste ultime anche per quanto attiene al loro comportamento rispetto alla presenza dell'acqua, e quindi in considerazione della 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 dell'APAT) ha ritenuto opportuno dedicarsi alla definizione di 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, di cui si parlerà nel presente lavoro.

Per contribuire ulteriormente a tale fondamentale questione, il Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia del Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia (APAT), 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 una rilevante parte della Sila nord-orientale fino a includere parte del Bacino del Fiume Crati. La forte densità d'informazioni stratigrafiche derivante dai pozzi dell'archivio della Legge n. 464/84 e la disponibilità di sufficienti informazioni geologiche di base nella letteratura scientifica (cartografie geologiche, pubblicazioni tecnico-scientifiche, rapporti tecnici di vari enti) ha suggerito quest'area per la conduzione di uno studio mirato alla costruzione di sezioni geologiche interpretative ed, infine, alla definizione delle strutture idrogeologiche. 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 costituisce 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. Le considerazioni tratte da questo stage potranno in seguito anche contribuire alla definizione di modifiche da apportare alle citate linee guida della cartografia idrogeologica nazionale (Quaderno SGN n. 5).

RIASSUNTO

Il presente lavoro di stage è finalizzato alla definizione delle principali unità idrogeologiche appartenenti al basamento cristallino e alle sequenze sedimentarie postorogene nord-occidentali della Calabria (provincia di Cosenza).

Lo studio si è articolato in diverse fasi: 1. ricerca d'informazioni da fonti della letteratura scientifica; 2. raccolta di dati stratigrafici relativi a perforazioni derivanti dall'archivio dati della L. 464/84 costituito presso il Dipartimento Difesa del Suolo dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT); 3. costruzione di due profili idrogeologici di dettaglio; 4. realizzazione di un modello tridimensionale del terreno a scala regionale.

La seguente ricerca è stata condotta in una vasta zona ricadente all'interno della depressione della Valle del Crati, semigraben asimmetrico d'età pleistocenica, con andamento N-S nella parte meridionale e SW-NE in quella settentrionale, delimitata ad est dai Monti della Sila, a sud e ad ovest dalla Catena Costiera.

Il contesto geologico nel quale s'inserisce l'area studiata, risulta particolarmente interessante per la presenza di sedimenti terziari e quaternari, d'età compresa tra il Miocene e l'Attuale, trasgressivi sulle unità pre-tortoniane dell'Arco Calabro-Peloritano.

Viste le finalità di questo lavoro, le formazioni geologiche dell'area possono essere così schematizzate: 1. Depositi pliocenici-calabrianici: costituiti da sabbie e arenarie bruno-chiare, sabbie ed argille azzurre e sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli bruno rossastri con intercalazioni di lenti di ghiaie grigie; 2. Scisti e gneiss biotitici e biotitici-granatiferi; 3. Complesso intrusivo acido (quarzodiorite, monzonite quarzifera, granodiorite e granito). In vari punti si rinvenivano affioramenti assai più piccoli di granito, intrusi nelle rocce ad elevato grado di metamorfismo.

Per un corretto inquadramento idrogeologico dell'area sono state dapprima considerate le caratteristiche climatiche, relative al periodo 1921-1990 per quanto concerne i dati pluviometrici e al periodo 1960-1990 per i dati termometrici. La media annua delle precipitazioni è di 838 mm, quella delle temperature è di 15,9 °C.

Al fine di definire le caratteristiche idrogeologiche delle unità del basamento cristallino e delle sequenze sedimentarie della piana del Fiume Crati, sono stati costruiti due profili idrogeologici con andamento NW-SE.

L'osservazione dei profili idrogeologici e la conoscenza delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, supportati dallo studio delle sequenze deposizionali, hanno

permesso di individuare due acquiferi principali: 1. l'acquifero della Sila: costituito dalle rocce del Complesso intrusivo acido e degli Scisti e gneiss biotitici e biotitico-granatiferi; 2. l'acquifero della piana del Fiume Crati: formato dai depositi sabbioso-ghiaioso-conglomeratici plio-pleistocenici e dalle alluvioni oloceniche e tamponato, lateralmente e in basso, dai litotipi impermeabili argilloso-limosi plio-pleistocenici.

Le falde acquifere del basamento cristallino sono più profonde e abbondanti; quelle della piana del Crati più superficiali e modeste. Il basamento cristallino ospita, infatti, una falda regionale con una buona continuità laterale. E' probabile che la falda nel complesso cristallino alimenti quella ospitata nelle alluvioni del Crati. In queste ultime, viceversa, è stata individuata una serie di piccole falde sospese e sovrapposte, presenti all'interno dei livelli più grossolani, che sembra costituire un acquifero multistrato. La dimensione e la capacità di tali falde variano in funzione dell'estensione orizzontale non nota degli strati in cui sono immagazzinate, ma presumibilmente la potenzialità è limitata a causa della loro bassa permeabilità. Le argille grigio-azzurre fungono da livello *aquiclude*. Tali falde, comunque, si rinvencono ad una quota inferiore del subalveo, quindi presumibilmente è il fiume ad alimentare la falda.

Le caratteristiche degli acquiferi studiati dipendono, inoltre, dall'assetto tettonico dell'area. Infatti, la presenza di un contatto tettonico attivo, che mette a contatto le formazioni postorogene con il substrato cristallino, costituisce una via preferenziale d'infiltrazione e scorrimento dell'acqua. La circolazione idrica sotterranea è comunque molto articolata; ciò è da mettere in relazione anche all'estrema eterogeneità dei suddetti depositi. Al di sotto delle falde alluvionali, nelle sabbie ed arenarie bruno-chiare, è ipotizzabile la presenza di una falda di importanza regionale separata dalle falde sovrastanti per mezzo delle argille plio-pleistoceniche.

Una successiva fase di approfondimento ha previsto un affinamento delle conoscenze inerenti alla possibilità di un eventuale collegamento tra queste falde e l'acquifero del basamento cristallino nonché all'esistenza di possibili fenomeni di *drainance* tra le idrostrutture stesse. E' stato realizzato, quindi, un modello tridimensionale del terreno a scala regionale. Tale modello sembra confermare l'ipotesi che l'acquifero del basamento cristallino alimenti quello ospitato nelle alluvioni del Crati. Sembrerebbe, inoltre, esistere, un collegamento tra le falde acquifere ospitate nella piana.

ABSTRACT

The aim of the present stage is the definition of the main hydrogeological units in Northwestern Calabrian (Cosenza province) crystalline basement and post-orogenic sequences.

The study was carried out into various phases: 1. collection of scientific literature information; 2. collection of stratigraphic information deriving from the Italian Law n. 464/84 well national database available at the Department of Land Resources and Soil Protection of APAT; 3. interpretation of data to draw hydrogeological sections; 4. realization of a three-dimensional model at regional scale.

The study area is located in the Crati River Valley, representing a Plio-Pleistocene asymmetric half-graben, with a N-S trend in the Southern part and a SW-NE trend in the Northern part and delimited on Eastern side by the Sila Mountains and on South and West by the Catena Costiera.

In the study area, a thin cover of Tertiary and Quaternary (from Late Miocene up to Present) clastic deposits overlies the palaeozoic bedrock.

Considering the aim of this work the geological succession can be divided into: 1. Calabrian deposits: represented by marine deposits composed of basal beige-clear sand and silt formation, blue clay formation and brown sand and conglomerate formation interbedded with levels of gravel; 2. Biotite and garnet-biotite gneiss and schists; 3. Acid intrusive complex (quartzdiorite, quartzmonzonite, granodiorite and granite). Often, granitic outcrops are intruded into metamorphic rocks.

In the present work, for a correct hydrogeological analysis of the study area, a preliminary climatic characterization has been performed: the pluviometric data were available within the period 1921-1990, the thermometric data during the period 1960-1990. The annual mean precipitation is 838 mm, the average annual temperature is 15,9° C.

To define the hydrogeological features of the crystalline basement and of the Crati Valley sedimentary sequences, two hydrogeological sections have been realized with NW-SE trend.

The discussion of the hydrogeological sections, the knowledge of the terrain permeability features and the study of depositional sequences have enabled us to identify two main types of aquifers: 1. Sila aquifers: they are hosted in acid intrusive complex and in biotite and garnet-biotite gneiss and schist rocks; 2. Crati River Valley aquifers: hosted in Plio-Pleistocene sandy-gravelly-conglomeratic deposits and in Holocene alluvial deposits.

These aquifers are laterally and vertically limited by impermeable Plio-Pleistocene clayey-sandy deposits.

The aquifers of the Crystalline basement are deeper and highly productive, those of Crati River valley are more superficial and have less capacity. The Crystalline basement hosts, in fact, a regional aquifer with a good lateral continuity. It is probable that there is a groundwater-streamwater exchange active system between the water body of crystalline basement and that occurring in the alluvial deposits. On the contrary, in the latter a series of small suspended and overlapped groundwater bodies have been characterized; they are stored in the gravel and sand levels and they seem to constitute a multilayer aquifer.

The dimension and the hydraulic potential of these groundwater bodies vary with the not well-known horizontal extension of the layers in which they are stored, but probably the potentiality is limited for their low permeability. The blue clay formation represents the *aquiclude* level. These aquifers are however located below the riverbed and therefore presumably the river feed the groundwaters.

The features of these aquifers depend also on the structural-geological settings. In fact, an active fault alignment puts into contact the postorogenic formations with the crystalline bedrock, constituting a preferential way of infiltration and transfer of the water.

However, the basement groundwater circulation is very articulated and that is also due to the heterogeneity of these rocks. Beneath the alluvial deposits, in beige clear sand and silt formation, it is probable the presence of a regional aquifer separated from the overhanging water bodies by the Plio-Pleistocene clays.

Further investigations may be aimed to define the possibility of likely connection among the Crati river valley aquifers and those hosted in the Crystalline basement and the existence of possible drainance processes between them.

INDICE

PREFAZIONE	2
RIASSUNTO	4
ABSTRACT	6
INDICE	8
1. INTRODUZIONE	9
2. METODOLOGIA	10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	12
3.1 Paleogeografia	17
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	20
4.1 Complessi Idrogeologici	22
4.2 Profili e Modelli Idrogeologici	23
5. CONCLUSIONI	33
BIBLIOGRAFIA	35
ALLEGATO A	
ALLEGATO B	

1. INTRODUZIONE

Scopo del seguente lavoro di stage è la definizione delle principali unità idrogeologiche appartenenti al basamento cristallino e alle sequenze sedimentarie postorogene nord-occidentali della Calabria.

Lo studio ha previsto una fase iniziale di approfondita ricerca bibliografica, seguita dall'esecuzione di profili geologici localizzati in un settore comprendente una significativa parte della Sila e del Bacino del Crati.

Mediante i dati stratigrafici e quelli inerenti alla successione delle falde acquifere ricavati dalle perforazioni già presenti nel territorio studiato, sono stati costruiti degli schemi stratigrafici e idrogeologici lungo delle direttrici scelte in base alle caratteristiche geologico-strutturali dell'area in esame. La conoscenza della successione dei livelli acquiferi è indispensabile per stabilire il comportamento della falda idrica regionale all'interno dei terreni indagati e per comprendere le loro caratteristiche idrogeologiche.

Tale studio ha permesso di ottenere tre tipologie di risultati:

- Identificare le diverse unità idrogeologiche esistenti nell'area;
- Individuare le caratteristiche fisiche e geometriche delle unità idrogeologiche identificate;
- Studiare i rapporti tra le acque superficiali e quelle sotterranee.

2. METODOLOGIA

Lo studio idrogeologico condotto nell'area in esame è stato svolto in tre fasi principali: la ricerca d'informazioni da fonti della letteratura scientifica, la raccolta di dati stratigrafici e la costruzione di sezioni geologiche.

La prima fase è consistita nel reperimento di documentazione consistente in testi corredati, in alcuni casi, dai rispettivi allegati cartografici. Sono state, infatti, consultate cartografie geologiche e idrogeologiche utili alla comprensione dell'assetto geologico-strutturale e idrogeologico del territorio in esame, la cui conoscenza è necessaria per la pianificazione delle successive fasi dello studio.

Dopo la prima fase, sono stati raccolti i dati stratigrafici delle perforazioni derivanti dall'archivio dati della L.464/84¹ (Repubblica Italiana, 1984) costituito presso il Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT); tutto ciò è stato realizzato per mezzo di un estrattore dati (*software Microsoft Access*) che ha permesso di estrapolare il dato ricercato tra centinaia di pozzi registrati della provincia di Cosenza.

L'ultima fase ha previsto l'esecuzione di due sezioni idrogeologiche tracciate secondo dei principi che tengono conto dei dati superficiali e strutturali noti in letteratura; particolare attenzione durante quest'ultima fase è stata posta all'organizzazione dei dati di sondaggio e all'interpretazione della descrizione degli eventi deposizionali, prima del confronto tra gli spessori delle varie formazioni rocciose. Nella tabella 1 è illustrato un esempio della tipologia di lavoro svolto nel corso di questa fase di studio.

Tutte le informazioni relative ai pozzi (posizione, profondità, successione delle falde acquifere, quota boccapozzo, ecc.) sono state informatizzate, riportate su basi topografiche e geologiche in varia scala, e georiferite tramite il *software ARCGIS* della *ESRI*.

¹ Repubblica Italiana, 1984, Legge 4 agosto 1984, n.464 Art. 1 – OBBLIGHI DI INFORMAZIONE NEI CONFRONTI DEL SERVIZIO GEOLOGICO:

“Chiunque intenda eseguire nel territorio della Repubblica 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, deve darne comunicazione al Servizio Geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato entro trenta giorni dall'inizio degli studi e delle indagini, indicando su apposite mappe la localizzazione degli studi e delle indagini programmati e deve fare pervenire al Servizio Geologico, entro trenta giorni dall'ultimazione degli studi e delle indagini, una dettagliata relazione, corredata della relativa documentazione, su risultati geologici e geofisici acquisiti”.

<i>N.° Pozzo L. 464/84</i>	<i>Intervallo Stratigrafico (m)</i>	<i>Descrizione Stratigrafica L.464/84</i>	<i>Unità Stratigrafica definita in letteratura</i>
177377	0-0,8	<i>Humus</i>	<i>Terreno di copertura</i>
	0,8-92	<i>Sabbia</i>	<i>Sabbie e Conglomerati a piccoli ciottoli</i>
	92-124	<i>Rocce granitiche alterate con forme di arenizzazione</i>	<i>Complesso intrusivo acido</i>
153969	0-5	<i>Alluvioni fluviali</i>	<i>Depositi alluvionali</i>
	5-25	<i>Sabbie e conglomerati di colore bruno-rossastro</i>	<i>Sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli</i>
	25-45	<i>Argille siltose di colore grigio</i>	<i>Argille grigio-azzurre</i>
180399	0-1	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Terreno di copertura</i>
	1-13	<i>Alluvioni</i>	<i>Depositi alluvionali</i>
	13-62	<i>Argilla limosa grigia</i>	<i>Argille grigio-azzurre</i>
	62-83	<i>Ghiaia e ciottoli</i>	<i>Sabbie e arenarie tenere bruno- chiare</i>
177194	0-1	<i>Humus</i>	<i>Terreno di copertura</i>
	1-22	<i>Gneiss fortemente alterati</i>	<i>Scisti e gneiss biotitici alterati</i>
	22-102	<i>Gneiss alterati e fratturati</i>	<i>Scisti e gneiss biotitici alterati e fratturati</i>

Tabella 1: Esempio del tipo di lavoro svolto per la distinzione delle unità di una sequenza stratigrafica. Le descrizioni soggettive presenti nelle relazioni tecniche e inserite nella banca dati dei pozzi della L.464/84, vengono interpretate e fatte corrispondere ad unità stratigrafiche definite in letteratura.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La presente ricerca è stata condotta in una vasta zona (*Fig. 1*) ricadente all'interno della Valle del Fiume Crati, provincia di Cosenza (Calabria Settentrionale).

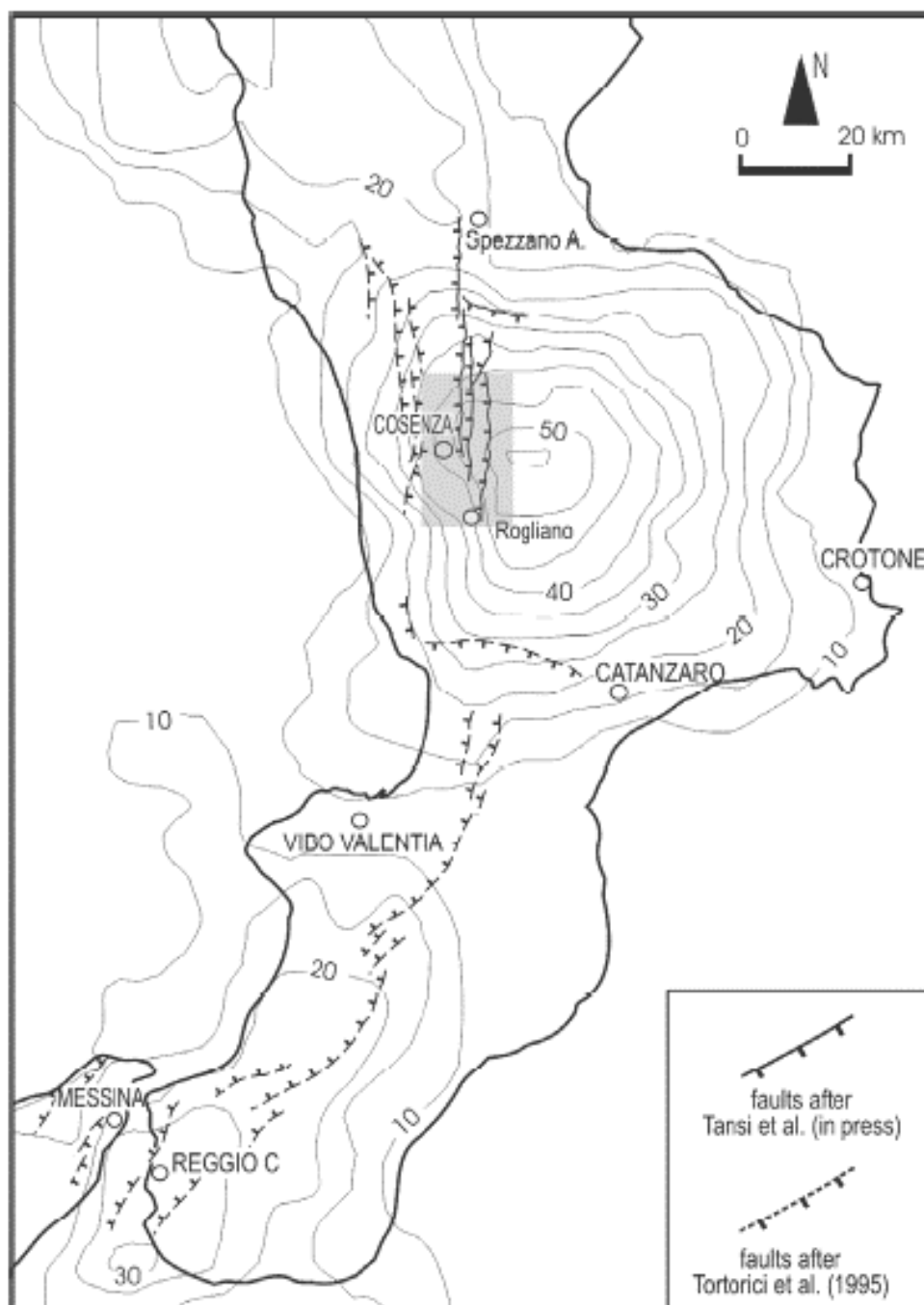


Figura 1: Ubicazione dell'area di studio nel rettangolo in grigio. Vengono inoltre mostrate le isolinee della densità di terremoti con ipocentri in Calabria e con profondità maggiore di 50 km, avvenuti tra il 1986 ed il 1990 (da: Tansi et al., 2005)²

² Tansi C., Tallarico A., Iovine G., Folino Gallo M., Falcone G., 2005, *Interpretation of radon anomalies in seismotectonic and tectonic-gravitational settings: the south-eastern Crati graben (Northern Calabria, Italy)*, Tectonophysics, vol.396, no. 3-4, pp.181-193.

Il contesto geologico nel quale s'inserisce l'area studiata, risulta particolarmente interessante per la presenza di sedimenti terziari e quaternari, di età compresa tra il Miocene e l'Attuale, trasgressivi sulle unità pre-tortoniane dell'Arco Calabro-Peloritano.

Secondo i dati presenti in letteratura (Amodio *et al.*, 1976)³ l'Arco Calabro-Peloritano sarebbe un frammento della catena alpina cretacico-paleogenica ed Europa-vergente, costituito da coltri penniniche, liguridi ed austroalpine, e sovrascorso, nel Miocene inferiore, sulle unità più interne della futura catena appenninica, neogenica ed Africa(Adria)-vergente. La curvatura dell'Arco Calabro-Peloritano sarebbe da attribuire ad una struttura in gran parte ereditata dall'originaria forma del margine continentale africano in quest'area.

Una fase compressiva medio-pliocenica (Ghisetti & Vezzani, 1983)⁴ seguita, nel Pleistocene, da importanti sollevamenti verticali in un regime distensivo generale, porta alla formazione di fosse trasversali e longitudinali, tra cui quella del Fiume Crati. Alcuni Autori, però, (Tortorici *et al.*, 1995)⁵ ipotizzano che la tettonica distensiva (*Fig. 2*) che caratterizza l'Arco Calabro a partire dal Pleistocene medio sia dovuta ad un nuovo *rift*, responsabile della riattivazione di vecchie faglie bordiere dei bacini sedimentari plio-pleistocenici posti all'interno dell'Arco relative alla zona di subduzione della placca ionica. La depressione della Valle del Crati è un semigraben asimmetrico di età Pleistocenica, con andamento nord-sud nella parte meridionale e sudovest-nordest in quella settentrionale, delimitate ad est dai Monti della Sila, e a sud e ad ovest dalla Catena Costiera (Lanzafame & Tortorici, 1981)⁶. Il sollevamento dell'area inizierebbe alla fine del Pleistocene inferiore mentre l'emersione della Catena Costiera ha provocato la chiusura del bacino del Crati verso il Tirreno. Gli Autori ipotizzano che la formazione della fossa del Crati sia dovuta alla trascorrenza sinistra della linea di Sangineto.

³ Amodio-Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Papaglione 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, 5 ff, 5 tab, 1 carta geol.

⁴ Ghisetti F. & Vezzani L., 1983, *The recent deformation mechanism of the Calabrian Arc*, Earth Sciences, vol. 2 n°3, pp. 197-206.

⁵ Tortorici L., Monaco C., Tansi C., Cocina O., 1995, *Recent and active tectonics in the Calabrian arc (southern Italy)*, Tectonophysics, vol. 243, no.1-2, pp.37-55.

⁶ Lanzafame G. & Tortorici L., 1981, *La tettonica recente della valle del Fiume Crati*, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, vol. 4, pp. 11-21

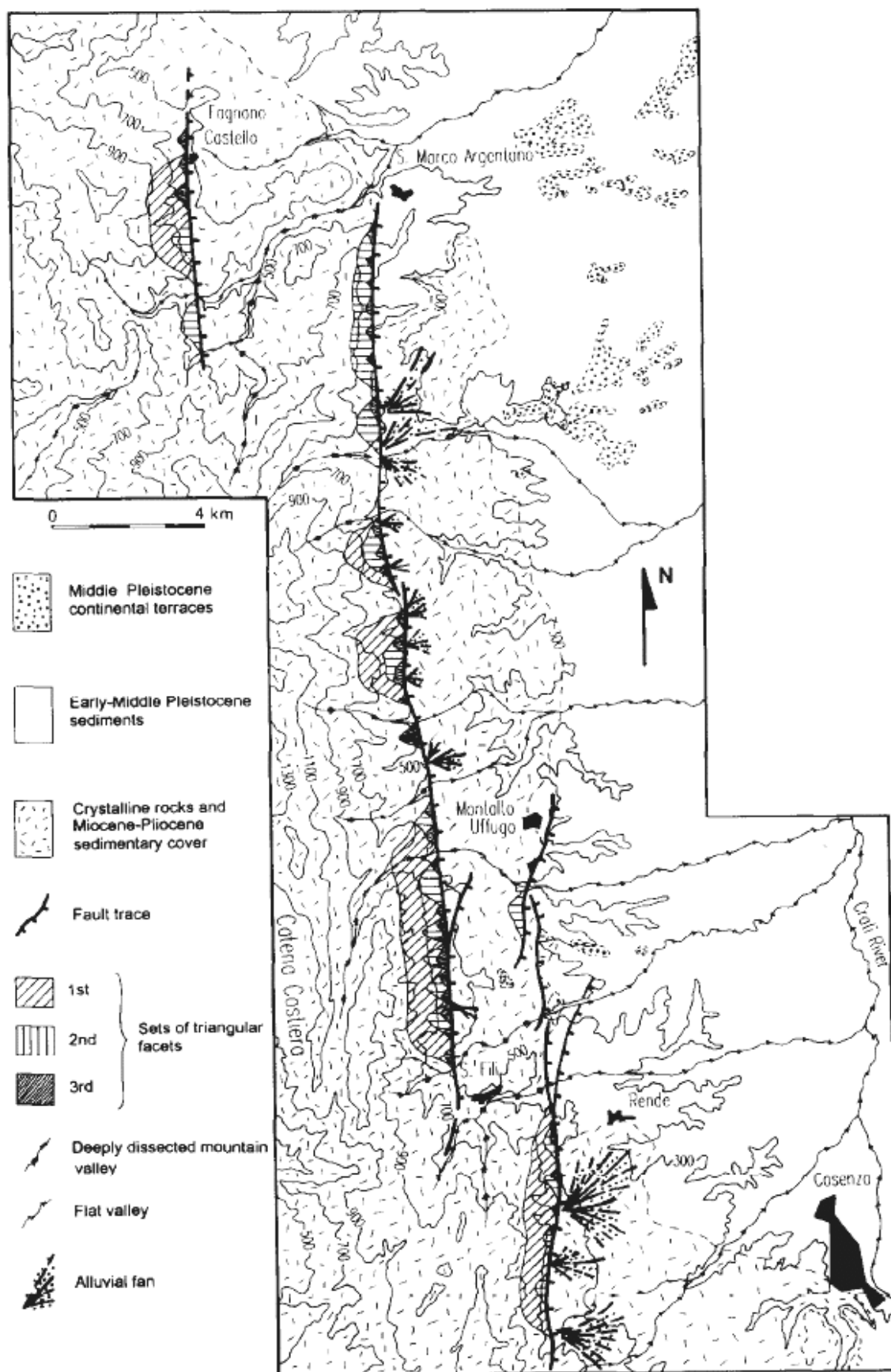


Figura 2: Carta morfogenetica della Valle del Crati (da Tortorici et al., 1995)⁵

Viste le finalità di questo lavoro, le formazioni geologiche dell'area oggetto di questo studio possono così essere schematizzate dal basso verso l'alto (*Fig. 3*):

- ***Complesso intrusivo acido***: le rocce di questo complesso affiorano con continuità sul lato orientale. Esse variano in composizione da quarzodiorite a monzonite quarzifera, granodiorite e granito. In vari punti si rinvencono affioramenti assai più piccoli di granito, intrusivi nelle rocce ad elevato grado di metamorfismo.
- ***Scisti e gneiss biotitici-granatiferi e biotitici***: questo complesso si presenta in un grande e continuo affioramento. I tipi prevalenti sono gneiss e scisti biotitici, frequentemente granatiferi. Si rinvencono frequenti vene e ammassi di materiale granitico e pegmatitico, anch'essi intrusivi nelle rocce ad elevato grado di metamorfismo.
- ***Depositi pliocenici-calabriani*** (dall'Elveziano-Tortoniano al Calabriano): affiorano diffusamente nell'area in esame e spesso poggiano direttamente sulle rocce metamorfiche. Molto schematicamente, in sequenza stratigrafica sono costituiti da sabbie e arenarie bruno-chiare, da sabbie ed argille azzurre, e da sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli bruno-rossastri con intercalazioni di lenti di ghiaie grigie. In particolare, la successione ha inizio con conglomerati con intercalazioni sabbiose da bruni a bruno-rossastri di origine continentale (Miocene superiore) che non sono stati però rinvenuti nei sondaggi esaminati. Probabilmente questi depositi si sono formati per erosione di una superficie lateritizzata e rideposizione in un ambiente fluviale. Nella porzione superiore della serie miocenica, su ambedue i lati del Fiume Crati, è stato rilevato un calcare sottile ricco di alghe; nell'area di studio è stato ritrovato in sondaggio come blocco isolato senza continuità laterale. Seguono verso l'alto i sedimenti di età che si estende dal Pliocene inferiore al Calabriano, ben sviluppati. Essi affiorano su ambedue i lati del Fiume Crati in una fascia larga e continua ad andamento nord-sud, ed inoltre orlano l'estremità settentrionale della Sila. Il Calabriano rappresenta la parte superiore di un ciclo di sedimentazione marina che, in quest'area, ebbe inizio nel Pliocene inferiore. La deposizione di questi sedimenti è rimasta quasi completamente indisturbata da movimenti strutturali, con l'eccezione soltanto di un sollevamento regionale. Il mutamento è graduale e le sabbie passano verso l'alto ad argille marnose di colore grigio-azzurro, che superano anche i 150 metri di spessore in parte della zona, spesso compaiono anche intercalazioni di sabbia ed argilla.

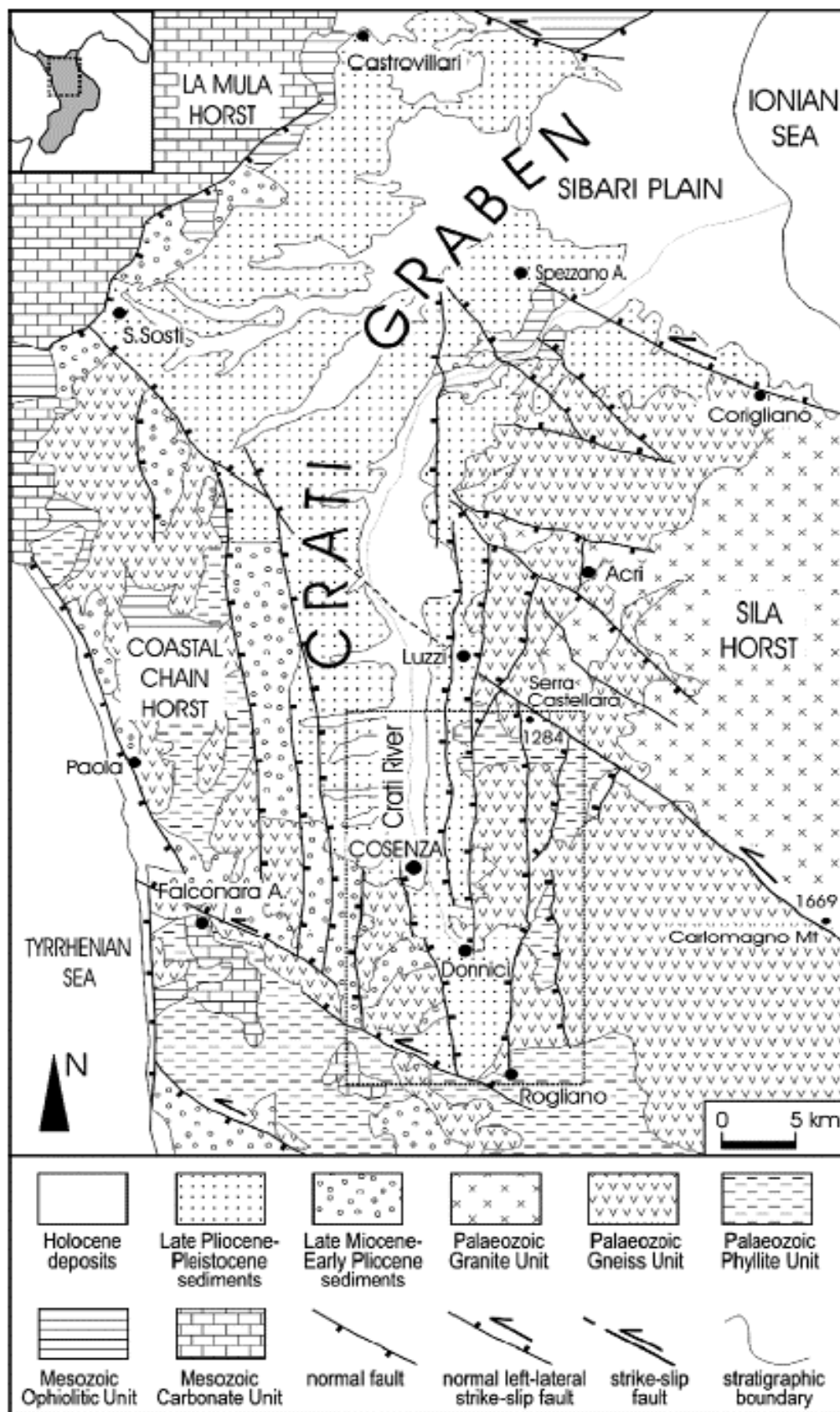


Figura 3: Schema litostratigrafico e neotettonico della Calabria Settentrionale (da: Tansi et al., 2005)2. Il rettangolo evidenzia l'area di studio.

I sedimenti pliocenico-calabriani di posizione stratigrafica più elevata sono costituiti da conglomerati e sabbie da bruno-rossastri a rossi, poggianti sulle argille; sono frequenti le interdigitazioni con le medesime nella parte basale dell'unità. Probabilmente questi strati rappresentano un conglomerato marino regressivo che caratterizza la fine del ciclo pliocenico-calabriano in questo territorio.

- I **depositi post-calabriani**. I depositi pleistocenici che affiorano nell'ambito di questa zona, sono costituiti da materiale residuo di sedimenti, quali conglomerati, sabbie ciottolose e sabbie, depositati su superfici incise entro formazioni più antiche che costituiscono residui di antichi terrazzi marini. Infine, a partire dall'Olocene una potente coltre alluvionale ha colmato la depressione del Crati. Talvolta ai depositi alluvionali si mescolano materiale colluviale ed eluviale che le acque portano giù dai pendii adiacenti.

3.1 PALEOGEOGRAFIA

La base della successione postorogena è trasgressiva sui termini appartenenti all'arco calabro-peloritano. Essendo tale trasgressione attribuibile al Tortoniano o alla fine dell'Elveziano, ne consegue che in epoca anteriore a tale periodo l'edificio a falde era già costruito e doveva essere interessato da fasi tettoniche con emersione. I conglomerati basali della successione tortoniana hanno caratteristiche da continentali a marine con bruschi o gradualissimi passaggi a termini calcareo-arenacei. In età tortoniana, dunque, buona parte del massiccio silano si trovava già in posizione subaerea; i sedimenti si depositavano ai piedi di ripidi pendii in ambiente parzialmente subaereo. Il limite orientale dei sedimenti calabriani segna la posizione approssimativa dell'antica linea di costa, ed il mutamento nel carattere litologico dei sedimenti verso occidente riflette l'approfondimento del bacino di deposizione in questa direzione. Lo stile della sedimentazione è quello che ci si può attendere nel caso di una fascia costiera marina. A ridosso della vecchia linea di costa hanno spesso avuto sviluppo conglomerati con quantità variabili di sabbie grossolane intercalate. Questi sedimenti rappresentano il detrito grossolano che i fiumi hanno portato giù dalla Sila e che è stato parzialmente ridistribuito lungo la zona litorale marina. Sono perciò depositi misti continentali e marini.

L'inizio della sedimentazione calabriana (*Fig. 4*) è da correlare ad un fenomeno di subsidenza del bacino del Crati, conseguente alla fase tectogenetica, iniziata nel Pleistocene superiore e contemporanea sia all'inizio dello sprofondamento dell'area tirrenica e sia alla

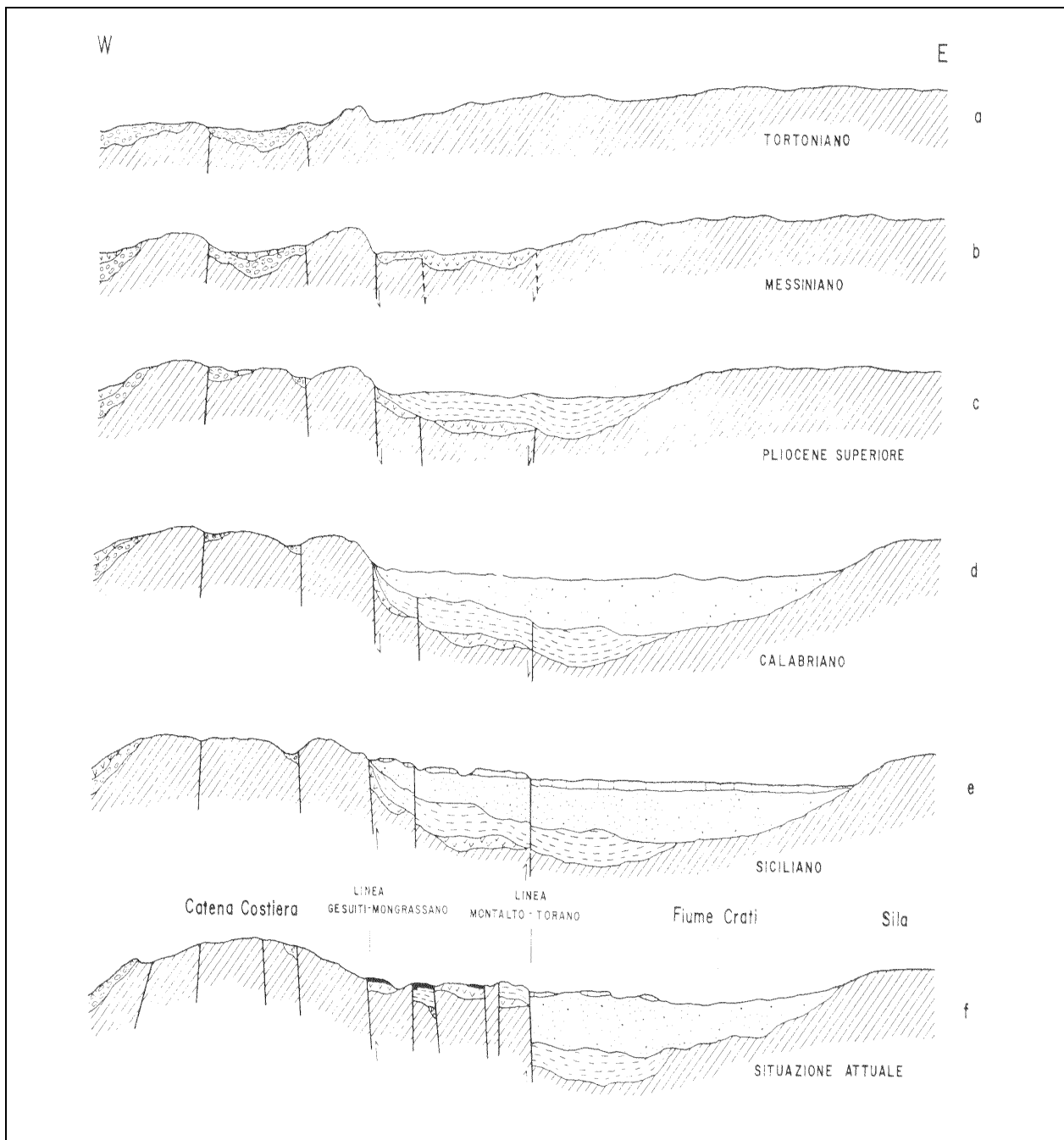


Figura 4: Principali fasi dell'evoluzione del bacino del Crati (da: Lanzafame & Zuffa, 1976)⁷. La linea di costa si trova ad Ovest.

⁷ Lanzafame G. & Zuffa G.G., 1976, *Geologia e petrografia del Foglio Bisignano (Bacino del Crati, Calabria)*, Geol. Romana, 15, 223-270.

fase di corrugamento manifestatasi nella fossa bradanica, e che porta all'estensione del mare pliocenico sull'attuale Valle del Crati.

Il ciclo Calabriano si conclude con una fase regressiva coincidente con un generale sollevamento dell'intera regione calabrese, con l'emersione dell'attuale bacino del Crati e con la formazione di estesi terrazzi marini. Infine, a partire dall'Olocene la depressione del Crati è stata colmata da una spessa coltre alluvionale.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di questo studio si estende su una porzione del territorio calabrese in cui non esiste né uno schema di circolazione idrica sotterranea aggiornato né una caratterizzazione idrodinamica accurata dell'acquifero; pertanto questo elaborato rappresenta un valido contributo alla ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area.

Innanzitutto, per un corretto inquadramento idrogeologico dell'area, sono stati presi in considerazione i dati climatici. Tali dati, desunti dalla letteratura (ARSSA, 1996)⁸, si riferiscono alla stazione termo-pluviometrica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale situata a Torano Scalo, e si riferiscono al periodo 1921-1990 per i dati pluviometrici ed al periodo 1960-1990 per i dati termometrici.

Le temperature medie mensili raggiungono il valore massimo nel mese di luglio (25,3°C) e quello minimo in gennaio (8,6°C).

Le piogge sono concentrate per il 60% nei mesi di novembre, gennaio e febbraio. Il valore massimo si registra nel mese di dicembre (126 mm), mentre quello minimo in luglio (9 mm). La media annua delle precipitazioni è di 837,6 mm, quella delle temperature è di 15,9 °C.

Fino alla fine del secolo scorso, la pianura del Crati (ARSSA, 1996)⁸ appariva come una enorme area paludosa e malarica. Ciò è da ricondurre al fatto che, durante il grande sollevamento nel Quaternario, il Crati si apriva una facile via nei sedimenti Pliocenici fino a Tarsia, ma poi incontrava la barriera di rocce più antiche del basamento cristallino di Terranova di Sibari. Allora secondo qualche autore deve aver formato un lago lungo e stretto da Cosenza a Tarsia, e a poco alla volta si deve essere aperto un varco fra Tarsia e Terranova. Nella prima metà di questo secolo la pianura è stata oggetto di una massiccia opera di bonifica.

Attualmente in prossimità di Tarsia, quindi nella parte terminale della pianura, è presente un invaso artificiale di modesta capacità ed estensione ottenuto con lo sbarramento del Crati.

⁸ ARSSA (Regione Calabria) Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura (1996) - *Monografia divulgativa "Carta dei Suoli della Media Valle del Crati (scala 1:50.000)"*. Programma Operativo Reg. CEE 2052/88 Obiettivo 1 Misura Sviluppo della Divulgazione Agricola e delle Attività Connesse. Progetto carta pedologica .Unione Europea-MiRAAF-Regione Calabria

Il Fiume Crati con i suoi affluenti rappresenta il sistema idrografico più importante dell'area. Dal bordo meridionale il Crati defluisce esattamente in direzione nord-sud sino sotto Tarsia; lì volge a nord-est per sfociare nel Mare Ionio.

Il Crati è alimentato da numerosi affluenti, alcuni dei quali discendono verso oriente o nord-est dalla catena montuosa occidentale, mentre altri defluiscono dalla Sila. Nella parte meridionale della Sila i corsi d'acqua defluiscono prevalentemente verso occidente; la parte settentrionale alimenta invece un certo numero di torrenti che defluiscono verso nord-est: alcuni di questi raggiungono il Crati nel suo corso inferiore, altri arrivano direttamente al Mare Ionio.

Il drenaggio del fianco occidentale della catena montuosa occidentale avviene per mezzo di corsi d'acqua che discendono verso ovest al Mare Tirreno.

L'analisi delle superfici piezometriche realizzate nell'area di studio (Celico *et al.*, 2000)⁹ ha consentito di evidenziare, a grande scala, nel settore dell'alta e della media Valle del Crati, la presenza di un asse di drenaggio preferenziale della falda, coincidente proprio con il paleoalveo del Fiume Crati (Cassa per il Mezzogiorno, 1977)¹⁰.

Nella bassa Valle del Crati (Piana di Sibari) l'andamento delle superfici isopiezometriche consente di evidenziare, lungo il settore nordoccidentale, la presenza di cospicui apporti idrici dal massiccio carbonatico del Pollino attraverso la Piana di Castrovillari.

In destra orografica del Fiume Crati è chiara la presenza di assi di drenaggio preferenziali diretti verso la zona costiera.

L'acquifero della Sila è costituito dalle rocce del Complesso intrusivo acido e degli Scisti e gneiss biotitici e biotitici-granatiferi.

Invece, l'acquifero della piana del Fiume Crati è formato dai depositi sabbioso-ghiaioso-conglomeratici plio-pleistocenici e dalle alluvioni oloceniche. Esso è tamponato lateralmente e in basso dai litotipi impermeabili argilloso-limosi plio-pleistocenici.

⁹ Celico P. B., Monacelli G., Tranfaglia G., 2000, *Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, scala 1:250.000*. Progr. INTERREG IIC, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali & Università degli Studi di Napoli "Federico II"- Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia. Roma.

¹⁰ Cassa per le opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia meridionale (Cassa per il Mezzogiorno), 1977, *Progetto Speciale 26: Studio organico delle risorse idriche sotterranee della Calabria*.

4.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Sulla base delle caratteristiche sedimentologiche e di permeabilità, nell'area di studio si possono distinguere quattro complessi idrogeologici.

Seguendo lo schema proposto da Celico et al., 2000⁹ nella legenda della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale in scala 1:250.000, si possono riconoscere i seguenti complessi idrogeologici, appartenenti rispettivamente al basamento cristallino della Sila e alle sequenze sedimentarie della piana del fiume Crati:

- ***Complesso igneo***: costituito da rocce intrusive acide paleozoiche, tra cui graniti. Costituiscono acquiferi spesso discontinui, in relazione alla presenza di fratture acquifere beanti; generalmente la permeabilità dell'ammasso diminuisce con la profondità, sia per la riduzione della degradazione sia per la chiusura delle fratture dovuta al carico litostatico e/o al riempimento delle stesse. Grado di permeabilità: medio-basso.
- ***Complesso metamorfico***: costituito da rocce di vario grado metamorfico, come gneiss e scisti. Costituiscono acquiferi fessurati e spesso discontinui, in relazione alla presenza di fratture acquifere beanti, pertanto idrogeologicamente simili al complesso precedente, dal quale si differenziano per l'assenza della tipica coltre di degradazione. Grado di permeabilità: medio-basso.
- ***Complessi dei depositi marini plio-quadernari***:
 1. ***Complesso sabbioso-conglomeratico***: depositi clastici sabbioso-ghiaiosi da incoerenti a scarsamente cementati, ascrivibili alle fasi regressive iniziate nel Pleistocene inferiore. Costituiscono acquiferi anche di buona trasmissività, ma per il frazionamento della circolazione idrica sotterranea danno luogo a sorgenti di modesta portata, in corrispondenza di limiti di permeabilità indefiniti o definiti, con i sottostanti terreni argillosi. Grado di permeabilità: medio-basso.
 2. ***Complesso argilloso***: depositi costituiti da argille ed argille siltose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente l'area di studio, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità definiti al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico al quale sono sottoposti. Grado di permeabilità: impermeabile.

- **Complesso delle coperture quaternarie:** depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini sabbiosi. Differenti granulometrie si ritrovano in giustapposizione laterale e verticale, in relazione alla variabile energia del trasporto idraulico che ne ha determinato la deposizione. Costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o essere alimentati da strutture idrogeologiche limitrofe. Grado di permeabilità: medio-alto.

Tali elementi litologici presentano un grado di permeabilità variabile anche all'interno della stessa formazione; ciò dipende da molteplici fattori tra cui vanno menzionati: il grado di fratturazione per quelle rocce la cui permeabilità ha un'origine secondaria e la struttura, la tessitura, la composizione mineralogica dei grani ecc. per i terreni che hanno una permeabilità primaria.

La circolazione idrica sotterranea è molto articolata; ciò è da mettere in relazione all'estrema eterogeneità dei suddetti depositi. Tale circolazione si esplica localmente per falde sovrapposte.

Le falde del basamento cristallino risultano essere più profonde e abbondanti; quelle della piana del Crati più superficiali e modeste.

4.2 PROFILI IDROGEOLOGICI

Al fine di definire le caratteristiche idrogeologiche dell'area studiata sono stati costruiti, mediante l'uso del *software ARCGIS* della *ESRI*, due profili idrogeologici (*Fig. 5*), con andamento parallelo NW-SE, nei quali per motivi grafici la scala delle profondità è maggiore di 10 volte di quella orizzontale.

Per la realizzazione dei profili geologici e la rappresentazione schematica dei rapporti stratigrafici fra le diverse unità, è stato condotto uno studio volto ad approfondire le conoscenze riguardo alle sequenze deposizionali dei punti d'indagine.

A tal fine, sono stati utilizzati i dati cartografici relativi a:

- foglio 229 "Paola" della Carta Geologica d'Italia redatta dal Servizio Geologico Nazionale in scala 1:100.000 (Cortese & Viola, 1900)¹¹,

¹¹ Cortese E. & Viola C., 1900, *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 229 Paola*, Servizio Geologico Nazionale (SGN).

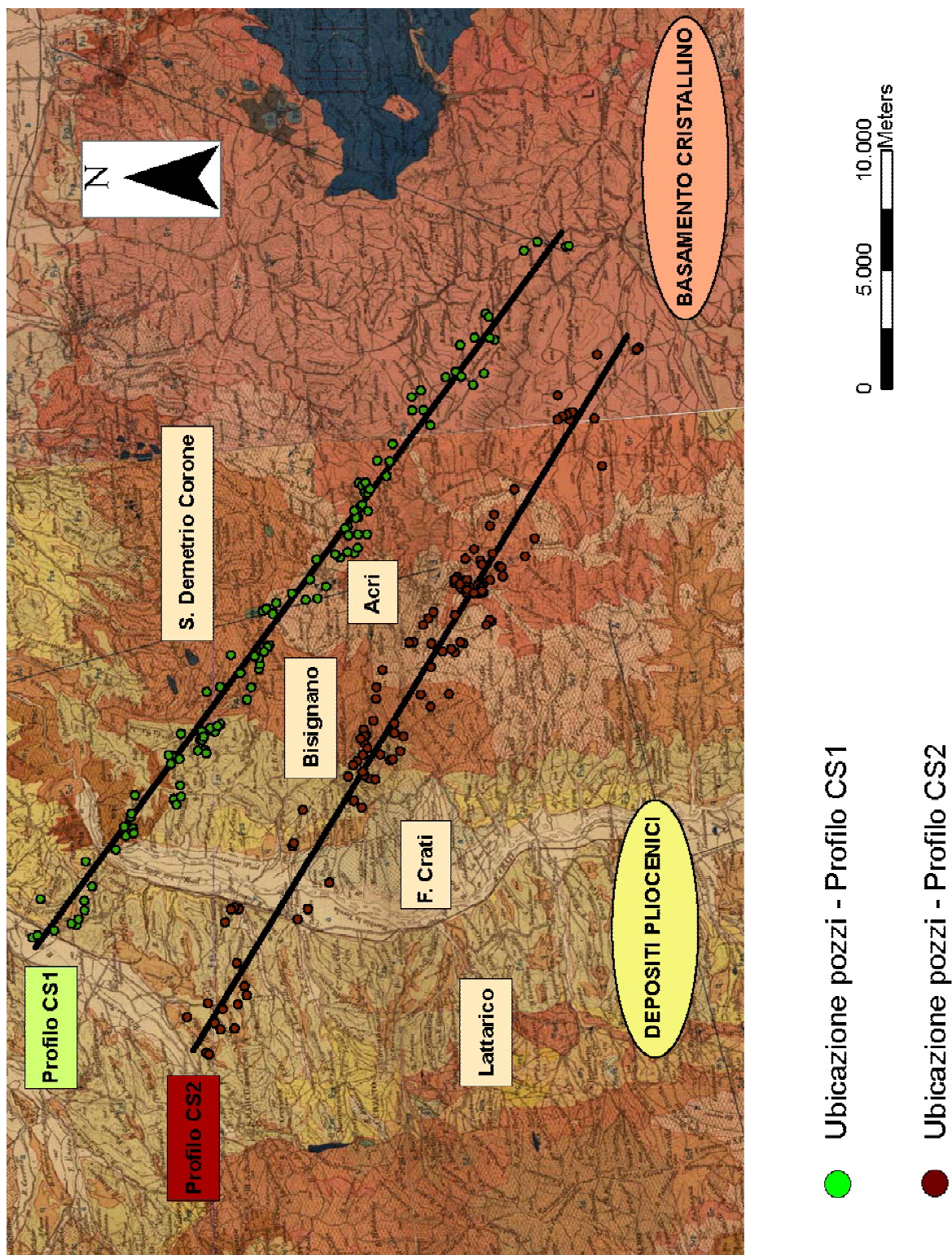


Figura 5: Ubicazione profili idrogeologici. La base geologica è tratta dalla *Carta Geologica d'Italia, Foglio 229 Paola* (Cortese & Viola, 1900)¹¹.

- foglio geologico 551 “Bisignano” in scala 1:50.000 (Lanzafame *et al.*, 1975)¹²,
- tavolette “Acri”, “Bisignano”, “S. Demetrio Corone”, “Tarsia”, “Luzzi”, “Lattàrico”, “S. Marco Argentano” della Carta Geologica della Calabria in scala 1:25.000 (Cassa per il Mezzogiorno, 1967-1972)¹³.

Tali dati sono stati opportunamente integrati dalle stratigrafie dei pozzi ubicati nei comuni di Acri, Bisignano, Tarsia, Santa Sofia d'Epiro, San Demetrio Corone, San Marco Argentano, Mongrassano, Luzzi, Celico, Cervicati, Longobucco.

Le caratteristiche delle falde acquifere sono state dedotte da diverse fonti: i livelli statici relativi ai punti d'acqua censiti, la posizione ed il numero delle falde acquifere sono stati attinti dall'archivio dati realizzato come previsto dalla L.464/84¹; le eventuali sorgenti puntuali e lineari rappresentate sulle sezioni sono relative alle carte topografiche o geologiche suddette, mentre per una migliore definizione dell'andamento della falda regionale nel sottosuolo, è stata consultata La Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale in scala 1:250.000 (Celico *et al.*, 2000)⁹.

I profili geologici CS1 e CS2 (Allegato A e B) sono stati costruiti con lo scopo di definire i rapporti geometrici esistenti tra le varie formazioni e soprattutto, ove è stato possibile, tra il basamento cristallino e le sequenze sedimentarie della piana del Fiume Crati.

Il dettaglio con cui sono stati definiti i profili è funzione della distribuzione areale dei punti di prelievo, conseguenza della morfologia esistente: nei settori dove la frequenza delle perforazioni era elevata, si è potuto ricostruire con estrema accuratezza la variazione laterale dei limiti tra le diverse unità e osservare la disomogeneità litologica verticale e orizzontale nello spazio; in altri settori in cui i pozzi erano localizzati a grandi distanze, la sequenza stratigrafica è stata interpretata sulla base delle perforazioni adiacenti.

Sono state, quindi, realizzate due sezioni idrogeologiche a scala regionale, in un contesto geologico-strutturale simile. Esse attraversano la piana del Fiume Crati e terminano nei pressi dell'abitato di Acri nel basamento cristallino della Sila (settore sud-orientale).

¹² Lanzafame G., Zuffa G.G., Frazzetta G., Sorriso M., 1975, *Carta geologica del bacino del Crati, Foglio 551, Bisignano, scala 1: 50.000*, L.A.C., Firenze.

¹³ Cassa per le opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia Meridionale (Cassa per il Mezzogiorno), (1967-72), *Carta geologica della Calabria scala 1: 25.000* (legge speciale per la Calabria del 26/11/55, n° 1177), a cura del servizio bonifiche uff. piani di massima e studi.

Nella valle fluviale, tramite i dati stratigrafici e piezometrici, sono state individuate una serie di piccole falde sospese e sovrapposte, presenti all'interno dei livelli più grossolani e aventi uno spessore massimo di 5-10 metri.

E' probabile che l'insieme di queste falde sospese di difficile definizione spaziale costituisca un acquifero multistrato. La dimensione e la capacità di tali falde variano in funzione dell'estensione orizzontale non nota degli strati in cui sono immagazzinate, ma presumibilmente la potenzialità è limitata a causa della loro bassa permeabilità. Le argille grigio-azzurre fungono da livello *aquiclude* (Fig. 6).

Tali falde si rinvergono comunque ad una quota inferiore del subalveo (Fig. 7), e quindi presumibilmente è il fiume ad alimentare la falda. Questo particolare tipo di alimentazione risulta purtroppo esposto al pericolo di potenziali inquinamenti, collegati ad esempio ad eventuali scarichi che possono essere dispersi negli alvei dei corsi d'acqua. Quindi, per una corretta gestione delle risorse idriche e di tutela dell'ambiente sarebbero necessari ulteriori approfondimenti e verifiche al fine di valutare il reale rischio cui queste falde sono esposte. Nel profilo CS1, in destra idrografica del Crati, le falde dell'acquifero multistrato presentano un andamento discontinuo, rispetto invece a quanto emerge dal profilo CS2. Si può comunque ipotizzare che la falda sia continua nonostante la presenza di livelli meno permeabili, che fungono da *aquitard* ed in taluni casi da *aquiclude*.

A profondità maggiori (50 m per CS1 e 100 m per CS2), nelle sabbie ed arenarie brunocchie, è ipotizzabile la presenza di una falda di notevole estensione e probabile importanza regionale separata dalle falde sovrastanti dalle argille plio-pleistoceniche (Fig. 6).

Il basamento metamorfico ospita, viceversa, una falda regionale con una buona continuità laterale (Fig. 8). Spesso, la superficie della falda acquifera individuata, assume un aspetto irregolare a causa del diverso grado di fratturazione di permeabilità con cui si presentano sia il complesso igneo sia quello metamorfico. L'acquifero basale è ospitato quasi interamente nel suddetto basamento cristallino e possiede uno spessore ampiamente variabile (dai 50 m a più di 100 m).

E' probabile, sebbene nel singolo profilo la sua continuità non sia sempre evidente, che la falda nel complesso cristallino alimenti quella ospitata nelle alluvioni del Crati. Tali apporti contribuirebbero ad un miglioramento della qualità idrochimica ed alla diluizione di potenziali inquinanti.

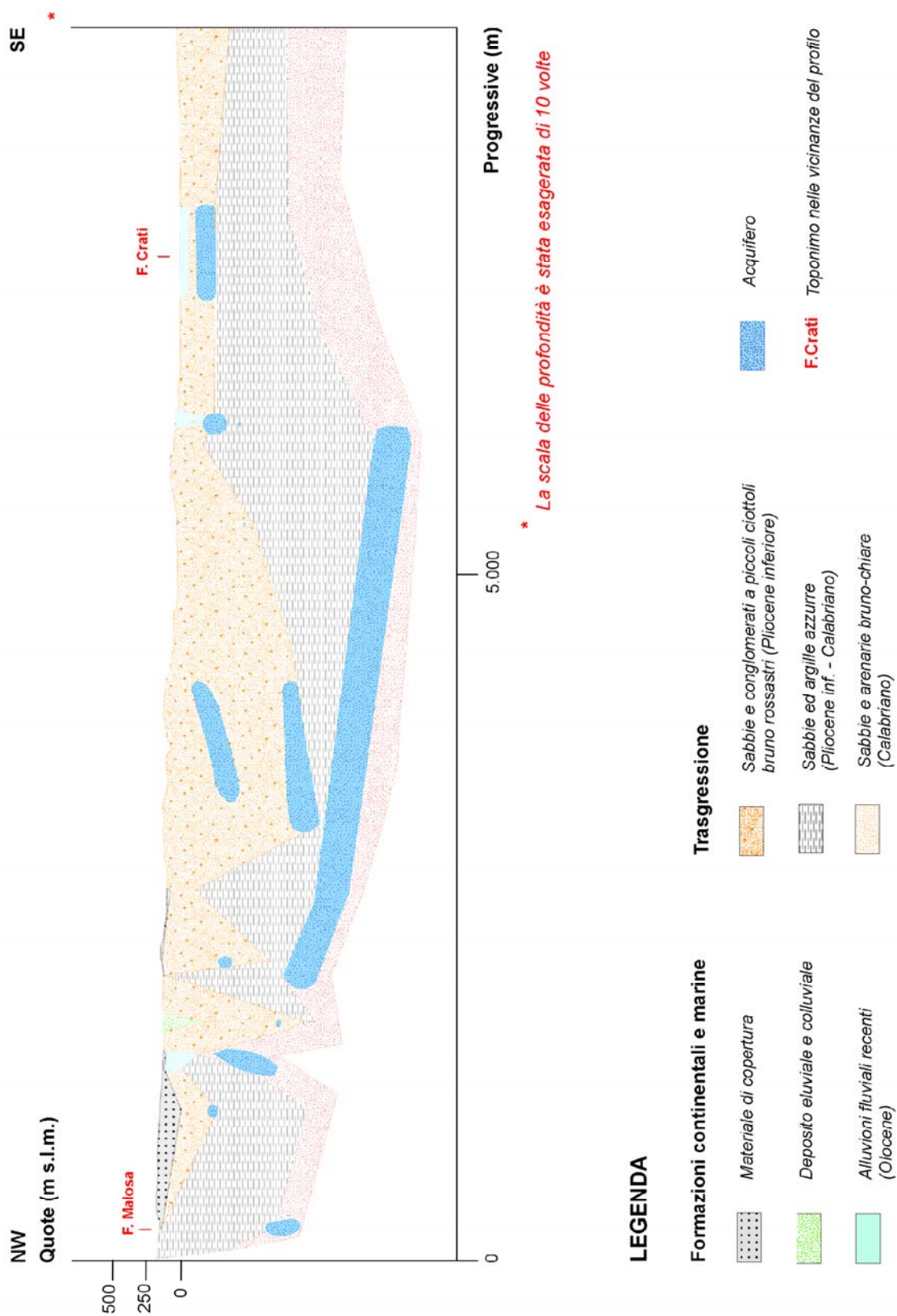
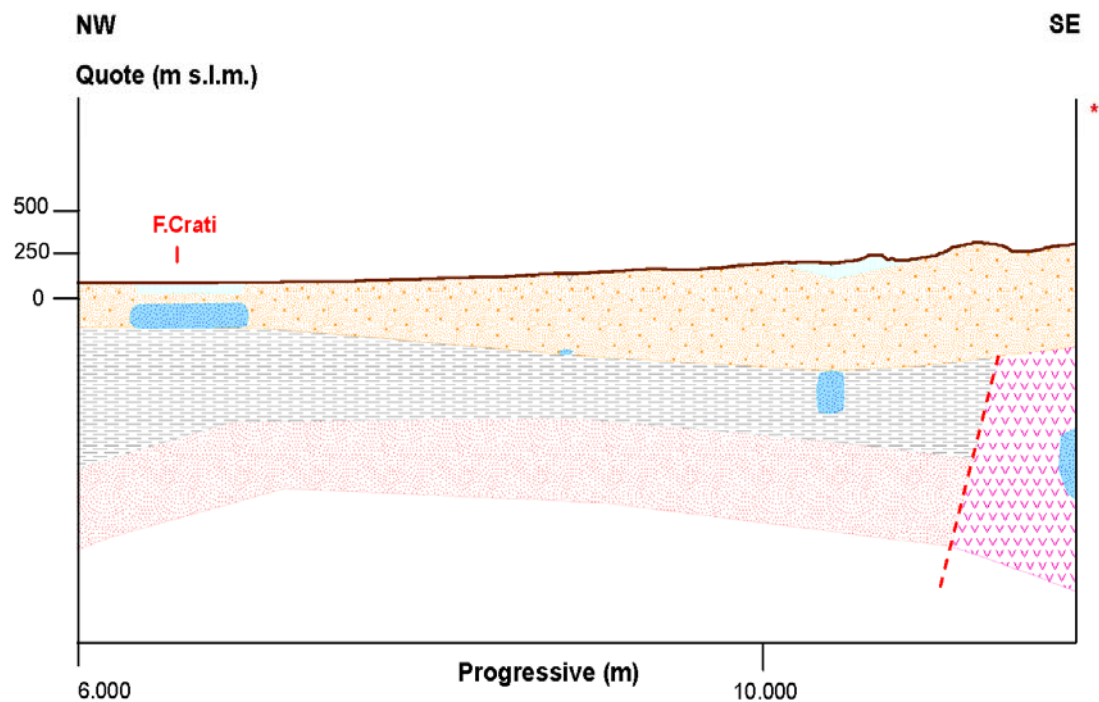



Figura 6: Piana del F. Crati. Piccole falde sospese e sovrapposte. Le argille grigio-azzurre fungono da livello *aquiclude* (Profilo CS2).




* La scala delle profondità è stata esagerata di 10 volte


LEGENDA


Formazioni continentali e marine

 Alluvioni fluviali recenti (Olocene)


Trasgressione

 Sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli bruno rossastri (Pliocene inferiore)

 Sabbie ed argille azzurre (Pliocene inf. - Calabriano)

 Sabbie e arenarie bruno-chiare (Calabriano)

Formazioni ignee e metamorfiche

 Gneiss biotitici e biotitici-granatiferi

 Faglia ipotizzata

 Acquifero


 F. Crati
Toponimo attraversato dal profilo

Figura 7: Falda situata a profondità limitata rispetto al subalveo nella piana del F. Crati (Profilo CS2).

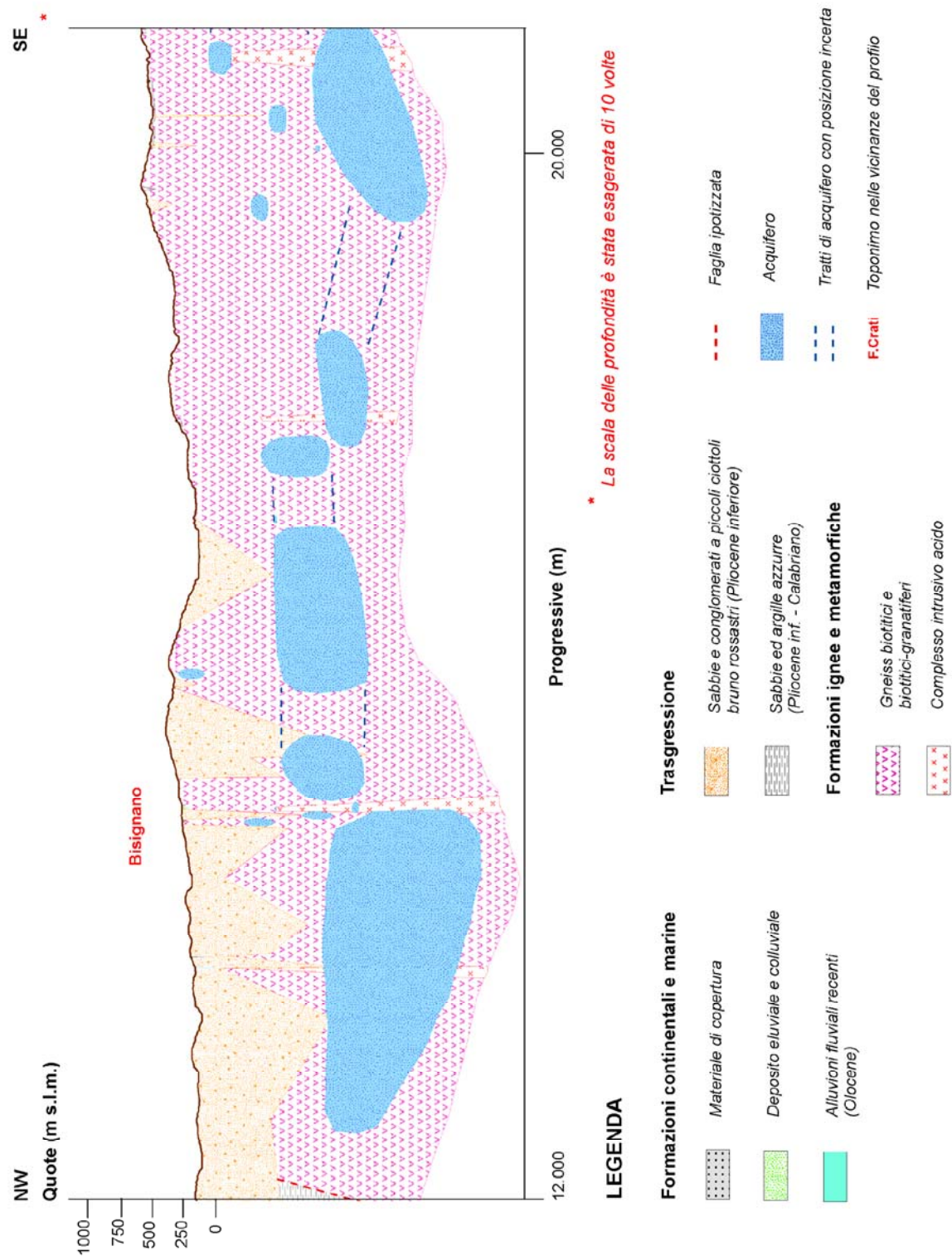


Figura 8: Falde ospitate nel basamento cristallino (Profilo CS2).

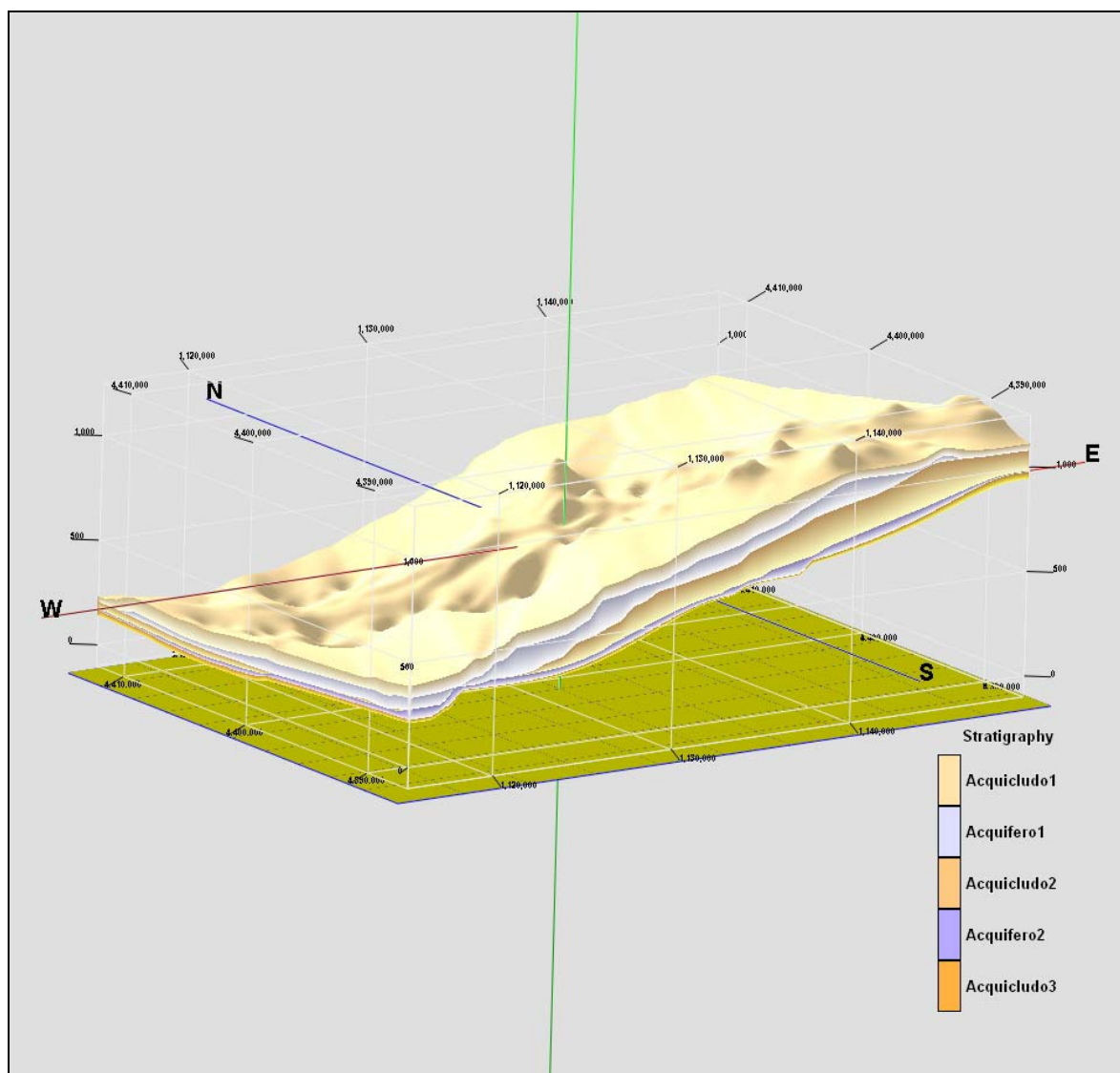
Una successiva fase di approfondimento ha previsto un affinamento delle conoscenze inerenti alla possibilità di un eventuale collegamento tra queste falde e l'acquifero del basamento cristallino nonché all'esistenza di possibili fenomeni di *drainance* tra le idrostrutture stesse.

A tal fine, utilizzando i dati relativi ai pozzi georeferenziati, è stato creato una nuova banca dati mediante l'utilizzo di uno specifico software, *RockWorks 2004* della *RockWare*.

Per ottenere automaticamente modelli bidimensionali e tridimensionali delle unità litologiche e stratigrafiche dell'area indagata è stato applicato un procedimento di "*gridding*", finalizzato alla discretizzazione dello spazio investigato in singoli elementi di volume regolarmente spazati e caratterizzati da vertici di coordinate note. In particolare, è stato utilizzato un criterio ibrido combinando i metodi delle distanze inverse e di *kriging*. E' stato così estratto un modello visualizzato in 3D (*Fig. 9*), relativo a tutto il volume di terreno investigato. Ciò ha permesso di ottenere informazioni a carattere più schiettamente regionale rispetto ai profili di maggiore dettaglio CS1 e CS2 e di caratterizzare idrogeologicamente il sottosuolo. Sono stati così riconosciuti due acquiferi principali e i relativi orizzonti argillosi impermeabili che li delimitano.

Il modello tridimensionale sembra confermare l'ipotesi che l'acquifero del basamento cristallino alimenti quello ospitato nelle alluvioni del Crati. Sembrerebbe, inoltre, esistere, un collegamento tra le falde acquifere ospitate nella piana, collegamento che però non è visibile nei profili.

L'assetto tettonico dell'area senza dubbio condiziona la circolazione idrica nel sottosuolo. Infatti, la presenza di un allineamento tettonico attivo, che mette a contatto le formazioni postorogene con il substrato cristallino, costituisce una via preferenziale d'infiltrazione e scorrimento dell'acqua. In accordo con quanto precedentemente esposto, le emergenze idriche superficiali, come ad esempio le sorgenti, sono allineate al contatto tra il cristallino e i depositi pliocenici (*Fig. 10*). Sebbene l'area di studio si estenda ad Est di quella indagata in *Fig. 10*, l'assetto tettonico regionale può essere esteso a tutta la zona.



**Figura 9: Modello tridimensionale relativo a tutto il volume di terreno investigato.
Dimensioni $\approx 25 \times 35$ km. Esagerazione verticale x 10.**

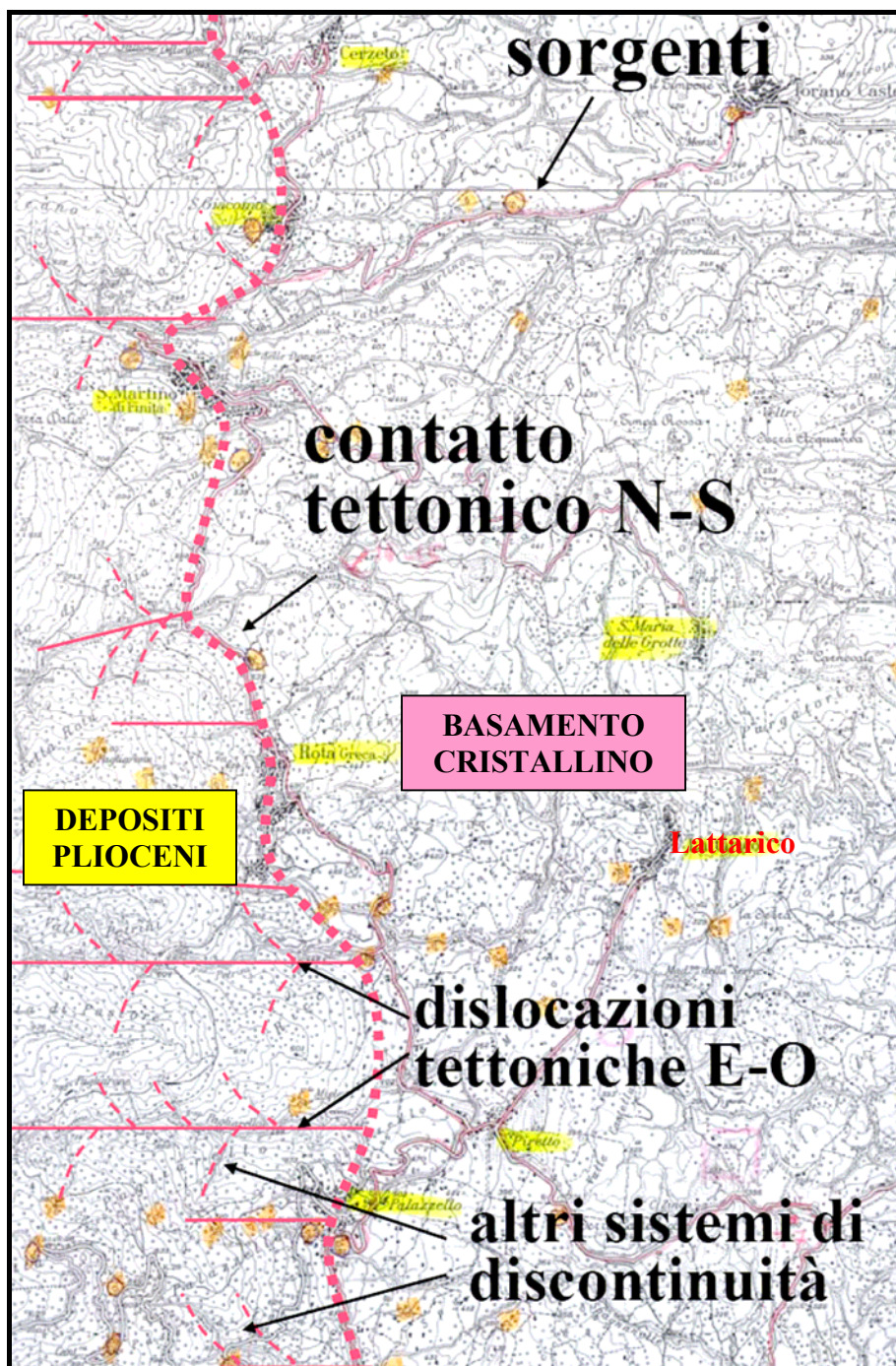


Figura 10: Le sorgenti (in arancione) risultano allineate in corrispondenza del contatto tettonico tra il basamento cristallino ad Est e i depositi pliocenici ad Ovest, prevalentemente lungo dislocazioni tettoniche ad esso associate (PROGETTO RISCMASS,2005)¹⁴.

¹⁴ PROGETTO RISCMASS, 2005: Modellistica dei processi franosi per la valutazione della pericolosità a partire dalle deformazioni al suolo – Aspetti idrogeologici.
http://www.riscmass.eu/documenti/Pubblicazioni/CNR_Polimi-modellazione%20idrologia.pdf, 1/06/2007

5. CONCLUSIONI

Lo studio degli eventi deposizionali e la conoscenza delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, supportati da informazioni strettamente idrogeologiche, hanno permesso di individuare due acquiferi principali:

- l'acquifero della Sila: costituito dalle rocce del Complesso intrusivo acido e degli Scisti e gneiss biotitici e biotitici-granatiferi.
- l'acquifero della piana del Fiume Crati: formato dai depositi sabbioso-ghiaioso-conglomeratici plio-pleistocenici e dalle alluvioni oloceniche e tamponato, lateralmente e in basso, dai litotipi impermeabili argilloso-limosi plio-pleistocenici.

Le caratteristiche degli acquiferi studiati dipendono dall'assetto geologico-strutturale e dall'evoluzione tettonica dell'area in cui essi sono contenuti, con particolare riferimento all'andamento e alla profondità del substrato. La circolazione idrica sotterranea risulta, infatti, molto articolata; ciò è da mettere in relazione all'estrema eterogeneità dei suddetti depositi.

L'insieme delle informazioni acquisite attraverso un'approfondita ricerca da fonti della letteratura scientifica e attraverso la raccolta di dati stratigrafici ha permesso la costruzione di due profili idrogeologici di dettaglio e di un modello tridimensionale a scala regionale della successione degli acquiferi.

Le falde acquifere del basamento cristallino sono più profonde e abbondanti; quelle della piana del Crati più superficiali e modeste. Il basamento cristallino ospita, infatti, una falda regionale con una buona continuità laterale. E' probabile che la falda nel complesso cristallino alimenti quella ospitata nelle alluvioni del Crati. Tali apporti contribuirebbero ad un miglioramento della qualità idrochimica ed alla diluizione di potenziali inquinanti.

Nella piana alluvionale, viceversa, sono state individuate una serie di piccole falde sospese e sovrapposte, presenti all'interno dei livelli più grossolani, che sembrano costituire un acquifero multistrato. Al di sotto di tali falde alluvionali, nelle sabbie ed arenarie bruno-chiare, è situata una falda di probabile importanza regionale separata dalle falde sovrastanti per mezzo delle argille plio-pleistoceniche.

La dimensione e la capacità dell'acquifero multistrato variano in funzione dell'estensione orizzontale non nota dei livelli in cui sono immagazzinate, ma presumibilmente la potenzialità è limitata a causa della loro bassa permeabilità. Le argille grigio-azzurre fungono da livello *aquiclude*. Tali falde si rinvergono comunque ad una quota inferiore del subalveo, e quindi presumibilmente è il fiume ad alimentare la falda. In tal senso sarebbe

necessaria un'ulteriore indagine di dettaglio nell'area per conoscere meglio l'estensione del livello argilloso al di sotto dell'alveo del corso d'acqua e per definire con più precisione i rapporti idraulici esistenti tra le due strutture idrogeologiche. Infatti, questo particolare tipo di alimentazione è purtroppo esposto al pericolo di potenziali inquinamenti, collegati, ad esempio, ad eventuali scarichi che potrebbero essere dispersi negli alvei dei corsi d'acqua. Quindi, per una corretta gestione delle risorse idriche e di tutela dell'ambiente sarebbero necessari ulteriori approfondimenti e verifiche al fine di valutare il reale rischio cui queste falde sono esposte.

Una successiva fase di approfondimento ha previsto un affinamento delle conoscenze inerenti alla possibilità di un eventuale collegamento tra queste falde e l'acquifero del basamento cristallino nonché all'esistenza di possibili fenomeni di *drainance* tra le idrostrutture stesse. E' stato realizzato, quindi, un modello tridimensionale del terreno a scala regionale. Tale modello sembra confermare l'ipotesi che l'acquifero del basamento cristallino alimenti quello ospitato nelle alluvioni del Crati. Sembrerebbe, inoltre, esistere, un collegamento tra le falde acquifere ospitate nella piana.

Le osservazioni presentate dovranno essere in ogni modo confermate da ulteriori indagini idrogeologiche e studi scientifici; infatti, l'auspicabile integrazione del sistema informativo di cui si è in possesso con ulteriori dati (ad es. geotecnici, idrogeologici, strutturali) potrà permettere una sempre più precisa e attendibile caratterizzazione e modellazione del sottosuolo ai fini dello sviluppo sostenibile delle attività antropiche che influiscono sulle risorse del territorio.

Infine, considerando che l'area oggetto di questo studio si estende su una porzione di territorio calabrese in cui non esiste né uno schema di circolazione idrica sotterranea aggiornato né una caratterizzazione idrodinamica accurata dell'acquifero, il presente lavoro di stage può rappresentare un valido contributo alla ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area.

BIBLIOGRAFIA

Amodio-Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Papaglionico 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, 5 ff, 5 tab, 1 carta geol.

ARSSA (Regione Calabria) Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura, 1996, *Monografia divulgativa "Carta dei Suoli della Media Valle del Crati (scala 1:50.000)"*. Programma Operativo Reg. CEE 2052/88 Obiettivo 1 Misura Sviluppo della Divulgazione Agricola e delle Attività Connesse. Progetto carta pedologica. Unione Europea-MiRAAF-Regione Calabria-

Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Pugliese F., 2003, *Sedimentological and morphological evolution of the Crati River delta (Calabria, Italy)*, Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, vol. Suppl. VI, pp. 25-32.

Calamita F. & Pizzi A., 2006, *La catena Alpina nella Calabria centro-meridionale; miti e realta. The Alpine chain in central-southern Calabria; myths and reality*, Rendiconti della Società Geologica Italiana, vol. 2, pp. 156-158.

Carobene L. & Damiani A. V., 1985, *Tettonica e sedimentazione pleistocenica nella media valle del F. Crati; area tra il T. Pescara ed il F. Mucone (Calabria). Pleistocene tectonics and sedimentation in the middle F. Crati Valley; region between T. Pescara and F. Mucone, Calabria*, Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. 104, no. 1, pp. 93-114.

Carobene L., Colalongo M. L., Pasini G., Raffi I., 1997, *Sequenze deposizionali del Pleistocene medio nella valle del fiume Crati presso Tarsia (Calabria). Middle Pleistocene depositional sequences in the Crati River valley near Tarsia, Calabria*, Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. 116, no. 3, pp. 503-524.

Cassa per le opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia Meridionale (Cassa per il Mezzogiorno), 1967-72, *Carta geologica della Calabria scala 1: 25.000* (legge speciale per la Calabria del 26/11/55, n° 1177), a cura del servizio bonifiche uff. piani di massima e studi.

Cassa per le opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia meridionale (Cassa per il Mezzogiorno), 1977, *Progetto Speciale 26: Studio organico delle risorse idriche sotterranee della Calabria*.

Celico P. B., Monacelli G., Tranfaglia G., 2000, *Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, scala 1:250.000*. Progr. INTERREG IIC, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali & Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia. Roma.

Cortese E. & Viola C., 1900, *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 229 Paola*, Servizio Geologico Nazionale (SGN).

Dell'Anna L. & Laviano R., 1988, *A clay sedimentation picture of the Crati River basin (Calabria, southern Italy)*, *Geologia Applicata e Idrogeologia*, vol. 23, pp. 191-202.

Ghisetti F. & Vezzani L., 1983, *The recent deformation mechanism of the Calabrian Arc*, *Earth Sciences*, vol. 2 n°3, pp. 197-206.

Lanzafame G. & Tortorici L., 1981, *La tettonica recente della valle del Fiume Crati*, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 4, pp. 11-21-

Lanzafame G. & Zuffa G. G., 1976, *Geologia e petrografia del Foglio Bisignano (Bacino del Crati, Calabria)*, *Geol. Romana*, 15, 223-270.

Lanzafame G. & Tortorici L., 1981, *La tettonica recente della valle del Fiume Crati (Calabria). Recent tectonics of Crati River valley, Calabria*, *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 4, no. 1, pp. 11-21.

Lanzafame G., Zuffa G. G., Frazzetta G., Sorriso M., 1975, *Carta geologica del bacino del Crati, Foglio 551, Bisignano, scala 1: 50.000*, L.A.C., Firenze.

Liotta D., Festa V., Caggianelli A., Prosser G., Pascazio A., 2004, *Mid-crustal shear zone evolution in a syn-tectonic late Hercynian granitoid; Sila Massif, Calabria, southern Italy*, International Journal of Earth Sciences, vol. 93, no. 3, pp. 400-413.

Messina A., Russo S., Borghi 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 Societa Geologica Italiana, vol. 113, no. 3, pp. 539-589.

Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore- *Annali Idrologici*, 1921-1990, IstitutoPoligrafico dello Stato.

Perri E. & Schiattarella M., 1997, *Evoluzione tettonica quaternaria del bacino di Morano Calabro (Catena del Pollino, Calabria settentrionale). Quaternary tectonic evolution of the Morano Calabro Basin, Pollino Ridge, northern Calabria*, Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. 116, no. 1, pp. 3-15.

Perri E., 1997, *Tettonica post-Tortoniana del settore nord-occidentale dell'Arco Calabro. The post-Tortonian tectonics of the northeastern Calabrian Arc*, Studi Geologici Camerti, vol.14, pp. 155-175.

Perrone V., Torre M., Zuppetta A., 1973, *Il Miocene della Catena Costiera Calabria; primo contributo: zona Diamante - Bonifati - Sant'Agata d'Esaro (Cosenza). The Miocene of Caten Costiera Calabria; Part I, Diamante – Bonifati - Sant'Agata d'Esaro (Cosenza), Italy*, Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, vol. 79, no. 2, pp. 157-205.

Puglisi D., 1998, *Oligocene tectonic events in the southern sector of the Calabria-Peloritani Arc (Italy); petrographic, geochemical and sedimentological data from turbiditic sandstones*, Annales Tectonicae, vol.12, no.1-2, pp. 68-78.

Repubblica Italiana, 1984, *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, 226, 17/08/1984. IPZS, Roma.

Sorriso-Valvo M., Tansi C., Antronico L., 1996, *Relazioni tra frane, forme del rilievo e strutture tettoniche nella media valle del Fiume Crati (Calabria). Relationships between landslides, landforms and tectonic structures in the Crati River valley, Calabria*, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, vol.19, no.1, pp.107-117.

Tansi C., Tallarico A., Iovine G., Folino Gallo M., Falcone G., 2005, *Interpretation of radon anomalies in seismotectonic and tectonic-gravitational settings: the south-eastern Crati graben (Northern Calabria, Italy)*, Tectonophysics, vol.396, no. 3-4, pp.181-193.

Tortorici L., Monaco C., Tansi C., Cocina O., 1995, *Recent and active tectonics in the Calabrian arc (southern Italy)*, Tectonophysics, vol. 243, no.1-2, pp.37-55.

SITI INTERNET:

http://151.99.144.4/regcal/arssa/pubblicazioni/suolo_crati.pdf, 24/06/2007

<http://www.adbcalabria.it/>

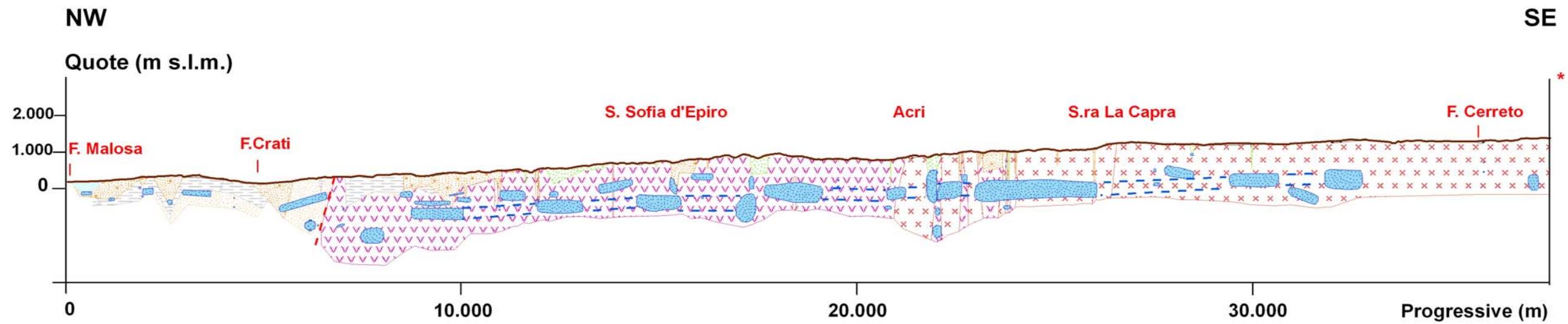
<http://www.arpacal.it/>

<http://www.regione.calabria.it/>

http://www.riscmass.eu/documenti/Pubblicazioni/CNR_Polimi-modellazione%20idrologia.pdf, 1/06/2007: PROGETTO RISCMASS, 2005: Modellistica dei processi franosi per la valutazione della pericolosità a partire dalle deformazioni al suolo – Aspetti idrogeologici.

ALLEGATI

Allegato A: Profilo CS1



* La scala delle profondità è stata esagerata di 10 volte



LEGENDA

Formazioni continentali e marine

Materiale di copertura

Deposito eluviale e colluviale

Alluvioni fluviali recenti (Olocene)

Trasgressione

Sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli bruno rossastri (Pliocene inferiore)

Sabbie ed argille azzurre (Pliocene inf. - Calabriano)

Sabbie e arenarie bruno-chiare (Calabriano)

Calcare algare (Miocene medio-sup)

Formazioni ignee e metamorfiche

Gneiss biotitici e biotitici-granatiferi

Complesso intrusivo acido

Faglia ipotizzata

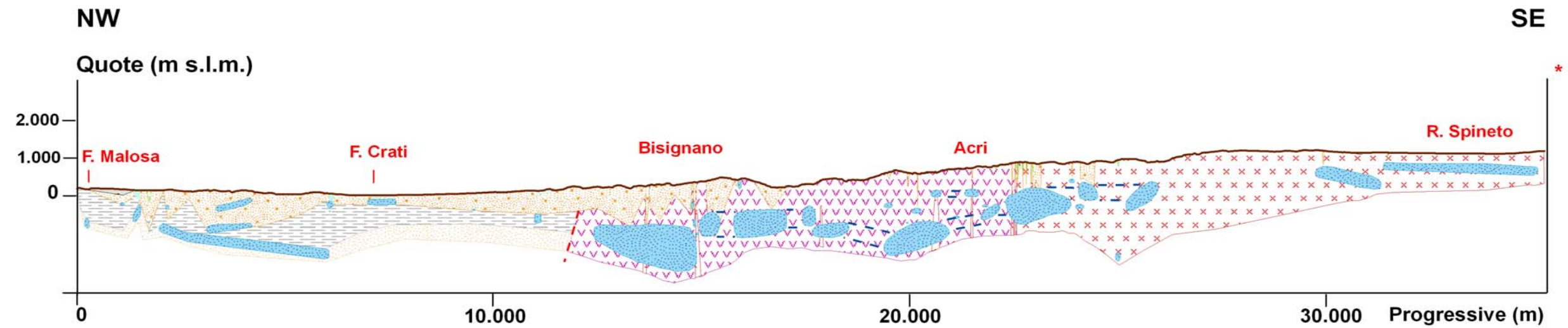
Acquifero

Tratti di acquifero con posizione incerta

F. Crati Toponimo attraversato dal profilo

F. Crati Toponimo nelle vicinanze del profilo

Allegato B: Profilo CS2



LEGENDA

Formazioni continentali e marine

- Materiale di copertura
- Materiale eluviale e colluviale
- Alluvioni fluviali recenti (Olocene)

Trasgressione

- Sabbie e conglomerati a piccoli ciottoli bruno rossastri (Pliocene inferiore)

- Sabbie ed argille azzurre (Pliocene inf. - Calabriano)
- Sabbie e arenarie bruno-chiare (Calabriano)

Formazioni ignee e metamorfiche

- Gneiss biotitici e biotitici-granatiferi
- Complesso intrusivo acido

- Faglia ipotizzata
- Acquifero
- Tratti di acquifero con posizione incerta
- F. Crati
Toponimo attraversato dal profilo
- F. Crati
Toponimo nelle vicinanze del profilo