

**ORGANIZZAZIONE DI INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE
ED IDROGEOLOGICHE PER LA DEFINIZIONE DELLA
SUCCESSIONE DI UNITÀ ACQUIFERE NEL
CONTESTO DI SEQUENZE TORBIDITICHE**

Dr.ssa Stella Coccia

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 delle unità 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 il 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 i rilievi del versante in destra orografica della Val di Chiana, immediatamente a sud della città di Arezzo, ed è caratterizzata da sequenze torbiditiche che, come è noto, danno luogo a falde acquifere di limitato spessore, estensione e, quindi, potenzialità idrica. Quest'ultimo aspetto, data l'elevata richiesta idrica per le attività socio-economiche dell'area, ne fa un settore esposto a potenziale rischio di sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee. La forte densità d'informazioni stratigrafiche derivante dai pozzi dell'archivio della legge n. 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 alla costruzione di sezioni geologiche interpretative ed, infine, alla definizione delle strutture idrogeologiche. 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).

INDICE

<u>Riassunto</u>	pag.5
<u>Abstract</u>	pag.8
 <u>CAPITOLO 1:</u> <i>Metodologia</i>	
1.1 Introduzione	pag.10
1.2 Metodologia	pag.11
 <u>CAPITOLO 2:</u> <i>Inquadramento geologico ed idrogeologico</i>	
2.1 Inquadramento geologico-regionale	pag.13
2.2 Inquadramento geologico-strutturale	pag.18
2.3 Sguardo geologico sull'area d'indagine	pag.21
2.4 Inquadramento geomorfologico	pag.25
2.5 Inquadramento idrogeologico	pag.27
2.5.1 Le sorgenti sul territorio di Arezzo	pag.29
 <u>CAPITOLO 3:</u> <i>Risultati ottenuti</i>	
3.1 Profilo geologico ed idrogeologico	pag.31
3.2 Conclusioni	pag.33
 <u>BIBLIOGRAFIA</u>	

RIASSUNTO

Il presente lavoro di stage è finalizzato alla caratterizzazione idrogeologica e alla distinzione dei principali acquiferi residenti nei rilievi del versante in destra orografica della Val di Chiana, immediatamente a sud della città di Arezzo.

In questo territorio affiorano prevalentemente litotipi flyschoidi (Formazione del Macigno, Formazione delle Arenarie del Cervarola, Formazione di Londa e Formazione delle Marne di S.Polo) e depositi fluvio-lacustri sia recenti che quelli facenti parte delle alluvioni della Val di Chiana.

I depositi torbiditici sono stati depositati tra l'Oligocene medio-superiore e il Miocene inferiore e medio e determinano l'ossatura principale della catena dell'Appennino Settentrionale e dei suoi rilievi più elevati. La porzione torbiditica ha uno spessore di 2000-3000 m e poggia sulla Scaglia Toscana, che è costituita inferiormente dalle torbiditi arenacee del Macigno e superiormente dalle torbiditi arenaceo-marnose delle Arenarie di M.Modino. La successione è chiusa dalle Marne di S.Polo o Marne di Pievepelago; si tratta di livelli intercalati nel Macigno e nella Formazione di Londa. La formazione di Londa è al tetto del Macigno ed ha un'estensione paragonabile a quella del Macigno, sono suoi sinonimi più o meno estesi il "Macigno del complesso B" e le "Arenarie del Cervarola". Queste ultime sono torbiditi appartenenti all'Unità del Falterona-Cervarola, sulla quale si è accavallata la Falda toscana.

L'area d'indagine è occupata solo nella parte a SSW dai sedimenti fluvio-lacustri della Val di Chiana, che è un bacino d'origine tettonica come il bacino del Valdarno superiore, ma sembra formatosi posteriormente a quest'ultimo, mentre nella parte centrale affiorano alluvioni recenti di piccoli corsi d'acqua.

Lo studio è stato strutturato in tre fasi:

1. il reperimento di materiale bibliografico (cartografie geologiche, pubblicazioni tecnico-scientifiche, ecc.);
2. la raccolta di dati stratigrafici relativi a circa 125 pozzi derivanti dall'archivio dati della L.464/84 costituito presso il Dipartimento Difesa del Suolo dell'*APAT*;
3. l'elaborazione e l'interpretazione di una sezione geologica e di un profilo idrogeologico.

Le perforazioni esaminate sono state finalizzate alla ricostruzione della stratigrafia di dettaglio e della geometria degli acquiferi.

La *prima fase* è consistita nell'interpretazione e successivamente nella codificazione degli orizzonti litologici delle stratigrafie relative alle suddette perforazioni. Tale fase è stata necessaria perché spesso le stratigrafie sono compilate dallo stesso perforatore, il quale non sempre è un geologo professionista. Sono state, quindi, riconosciute le seguenti unità litologiche: terreno di copertura, detrito di falda, alluvioni recenti, alluvioni della Val di Chiana, il Flysch (la Formazione del Macigno, la Formazione delle Arenarie del Cervarola e la Formazione di Londa) e la Formazione delle Marne di S.Polo.

La *seconda fase* ha riguardato la realizzazione di un profilo geologico, orientato SSW-NNE. Tale elaborazione è stata eseguita con l'ausilio del software ArcGIS 9.1, che ha permesso partendo da un DEM di elaborare il profilo topografico, con le relative proiezioni delle perforazioni.

Una volta ricostruita la sezione geologica si è provveduto, con le informazioni relative alla successione delle falde idriche, ad individuare i vari acquiferi e a ricostruire la loro probabile geometria.

Dall'interpretazione della sezione idrogeologica si evince la presenza di:

1. falde a diversi livelli nelle alluvioni del Fiume Chiana;
2. falde nei livelli più permeabili del Flysch, che seguono l'andamento delle strutture geologiche sepolte (pieghe antiformali, sinformi e faglie, queste ultime fungono da barriere o limiti di permeabilità);
3. falde più piccole nelle alluvioni recenti.

Si tratta, in genere, di falde di dimensioni modeste, raggiungono 2 km di estensione nei depositi torbiditici e poco meno di 1 km nelle alluvioni della Val di Chiana, mentre le falde presenti nelle alluvioni recenti sono delle lenti piccole con variazioni stagionali del livello piezometrico legate alle precipitazioni. Sono falde dalla scarsa o del tutto assente continuità laterale e sulla base dei dati disponibili si possono escludere anche eventuali rapporti verticali tra le falde nelle alluvioni del Chiana e quelle nel flysch.

Oltre all'affermare che siamo in presenza di falde discontinue si può anche concludere che l'acquifero principale in quest'area è quello della successione del flysch, che ha al suo interno livelli con differente granulometria e permeabilità e, quindi, una diversa capacità di ospitare falde. In particolare, i livelli meno permeabili all'interno dei depositi torbiditici sostengono le falde rinvenute in quelli con una più elevata permeabilità.

Questa tesi di stage può fornire le basi per successivi lavori con il fine di quantificare la stima delle risorse e delle riserve idriche esistenti. Lo studio e la ricerca devono essere finalizzati alla conoscenza, per non permettere il depauperamento della risorsa, tenendo presente che tutte le acque, superficiali e sotterranee, sono pubbliche e costituiscono una risorsa da utilizzare secondo criteri di solidarietà, salvaguardando le aspettative e i diritti delle generazioni future (Legge 36/94 “Legge Galli”).

ABSTRACT

The aim of the present stage is the hydrogeological characterization and the distinction of the main aquifers situated in the Val di Chiana hillslope, immediately at south of Arezzo town (Tuscany, Italy).

The Tertiary arenaceous flysch (the Macigno Formation, the Londa Formation and the S.Polo marls Formation) and fluvio-lacustrine deposits (recent alluvial and Val di Chiana fluvial sediments), extensively crop out in this area.

Turbiditic deposits (Middle-Upper Oligocene to Lower Miocene) form the main backbone-structure of the Northern Apennine Chain and of its highest relieves. The local flysch sequence, now overthrust on top of the “Scaglia Toscana” unit, is composed at the base by the arenaceous flysch of the Macigno Formation and in the upper side by the sandstones of the M.Modino Formation (total thickness 2000-3000 m). This stratigraphic succession is closed upwards by the marls of the S.Polo Formation, or Pievepelago Formation, which occur as intercalated levels into the Macigno and the Londa formations. The Londa Formation is on top of Macigno Formation; they both have comparable extensions. The terms “Macigno B Complex” and “Cervarola sandstones” are usually used as a synonym for Londa Formation. The Cervarola sandstones represent a part of the flysch sequence of the “Falterona-Cervarola” Unit, which is overlapped by the “Falda Toscana” Unit.

The Val di Chiana fluvial sediments crop out only in the SSW side of the study area, and they form a tectonic basin likely formed later than the Upper Valdarno basin, having a similar tectonic origin. Furthermore, recent sediments deposited by little streams crop out in the middle of the Val di Chiana basin.

This work was carried out into three phases:

1. the collection of scientific literature information (geological maps, technical-scientific publication, etc.);
2. the collection of stratigraphic information of wells deriving from the L.464/84 database gathered at the Department of Land Resources and Soil Protection of *APAT*;
3. the elaboration and the interpretation of data for the drawing of geological and hydrogeological sections.

The data of 125 boreholes, provided by the database of law 464/84, have been used to assist this work, for reconstructing the stratigraphy, and in detail the geometry of the aquifers.

The first phase consists of the interpretation and, in turn, the correlation of the lithological original descriptions in the well logs with the geological formations of the local stratigraphic succession defined in the literature. Such phase was necessary because the drilling machine operator who carried out the said lithological descriptions, is not necessarily a geologist. In the study area the six following main lithological units were, therefore, distinguished: “Terreno di Copertura”, “Detrito di Falda”, “Alluvioni Recenti”, “Alluvioni della Val di Chiana”, “Flysch” (including the Macigno Formation, the Londa Formation and the Cervarola sandstones) and “Marne di S.Polo”.

The second phase regarded the realisation of a geological section (direction SSW-NNE). The stratigraphical elaboration was implemented with the help of the software ArcGIS 9.1 that, starting from a DEM, has allowed us to generate the topographic profile, and, after that, to represent the projection of each borehole on the same profile trace.

Once the geological section was reconstructed, and the information regarding the aquiferous levels was reported on it, we were able to identify the various aquifers and to define their geometry.

From the analysis of the hydrogeological section, it is evident the presence of:

1. aquifers at different levels in the Val di Chiana fluvial sediments;
2. aquifers in the most permeable levels of the flysch sequence, which follow the trend of the geological buried structures (anticline, syncline and faults, which act as barriers or permeability limits);
3. little aquifers situated in the unit of “Alluvioni Recenti”.

On the whole, in the study area there are only aquifers of small size and they have a limited lateral extension (1-2 km). Aquifers recognized in the unit of “Alluvioni Recenti” have a lenticular shape and they are very small and suffer of seasonal variability of the piezometric level, due to rainfall distribution with time. These aquifers have little relevant thickness and lateral continuity, and, furthermore, vertical relationships between Val di Chiana and flysch aquifers are not evident. Finally, the principal regional aquifer occurs in the “Flysch” unit and is characterized by granulometric and permeability variations; the less permeable flysch levels confine aquifers hosted in the most permeable flysch sediments.

This work may provide the basis for further investigations aimed to the quantitative evaluation of groundwater resources and reserves in the study area.

CAPITOLO 1

1.1 Introduzione

Il presente lavoro di stage è finalizzato alla definizione dei principali livelli acquiferi ospitati nei depositi torbiditici, che caratterizzano i rilievi a sud della città di Arezzo, attraverso i dati acquisiti dalla legge 464 del 1984¹, la quale impone di dichiarare al Servizio Geologico, ora Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT, tutte le informazioni derivanti da studi ed indagini effettuate tramite pozzi, perforazioni e rilievi geofisici oltre i 30 m di profondità dal piano campagna.

L'APAT ha creato un database in continua evoluzione con le informazioni provenienti dalle perforazioni a scopo idrico e dai dati geofisici dal quale è possibile ricavare:

- caratteristiche tecniche di costruzione del pozzo;
- presenza degli strati acquiferi;
- piezometria;
- posizione dei filtri;
- stratigrafia.

Queste informazioni possono essere e sono state utilizzate con l'applicazione di software come l'ArcGIS 9.1, il quale permette di fare analisi spaziali ed elaborazioni cartografiche al fine di ricostruire la geometria degli acquiferi di una determinata area di studio.

Quindi, mediante i dati stratigrafici e idrogeologici delle perforazioni già presenti nel territorio studiato, sono stati ricostruiti lo schema stratigrafico e idrogeologico lungo la direttrice scelta in base alle caratteristiche geologico-strutturali dell'area in esame. La conoscenza dei livelli acquiferi è necessaria per stabilire il comportamento della falda idrica principale all'interno dei depositi torbiditici e per comprendere le loro caratteristiche idrogeologiche.

Tale studio ha permesso di ottenere due tipologie di risultati:

- identificare i diversi complessi idrogeologici esistenti nell'area;
- dedurre le caratteristiche fisiche e geometriche dei complessi idrogeologici identificati.

¹ Legge 464/84: 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.

1.2 Metodologia

In questo lavoro sono state utilizzate circa 125 perforazioni dal database della legge 464/84 con il fine di ricostruire la stratigrafia in dettaglio e la geometria degli acquiferi del settore dei rilievi in destra idrografica della Val di Chiana, a sud del comune di Arezzo.

Lo studio idrogeologico condotto nell'area in esame è stato sviluppato in tre fasi principali:

- 1 la ricerca d'informazioni da fonti della letteratura scientifica;
- 2 la raccolta di dati stratigrafici;
- 3 la costruzione di una sezione geologica e di una idrogeologica.

La prima fase è consistita in una raccolta bibliografica di pubblicazioni scientifiche corredate, in alcuni casi, dai rispettivi allegati cartografici. Sono state consultate anche 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 del lavoro.

Dopo la prima fase, sono stati raccolti i dati stratigrafici delle perforazioni derivanti dall'archivio dati della L.464/84, 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 Arezzo.

Nella seconda fase sono state esaminate le 125 perforazioni che ricadevano nell'area in studio. Queste sono state analizzate in chiave stratigrafica con il fine iniziale di attribuire le descrizioni a una classe litologica e/o granulometrica standardizzata mediante delle tabelle di riferimento appositamente predisposte dal Servizio Geologico d'Italia dell'APAT e in secondo luogo per associarle a determinate formazioni stratigrafiche riportate nella legenda del foglio geologico n°114 "Arezzo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000².

Nella terza fase, tramite l'applicazione del ArcGIS 9.1, sono state visualizzate sul foglio geologico n°114 "Arezzo" alla scala 1:100.000² tutte le perforazioni ed è stata individuata una traccia di profilo in un'area con un alto numero di pozzi al suo interno. In un secondo momento, il software ha realizzato lungo la traccia il corrispondente profilo topografico con la proiezione su di esso delle perforazioni selezionate precedentemente, che ricadevano nella zona limitrofa compresa entro 600 metri da ambo i lati della traccia. In quest'ultima fase c'è stata l'esecuzione di una sezione idrogeologica, tracciata secondo dei principi che tengono conto dei dati geologici superficiali e profondi noti in letteratura.

Nella tab.1 è illustrato un esempio della tipologia di lavoro svolto nel corso di questa fase di studio.

² Servizio Geologico d'Italia, 1967, Roma.

N.° pozzo L.464/84	Intervallo stratigrafico (m)	Descrizione stratigrafia L.464/84	Unità Stratigrafica definita in letteratura
Arezzo 153650	0-1	<i>Detrito</i>	Detrito di Falda
Arezzo 153650	1-15	<i>Arenarie del Cervarola debolmente fratturate</i>	Arenarie del Cervarola
Arezzo 153650	15-80	<i>Arenarie del Cervarola alternate a marne e argilliti</i>	Arenarie del Cervarola
Arezzo 153650	80-93	<i>Marne grigie</i>	Marne di S.Polo
Arezzo 153661	0-8	<i>Sabbie giallastre sciolte</i>	Alluvioni del Chiana
Arezzo 153661	8-32	<i>Ghiaia acquifera</i>	Alluvioni del Chiana
Arezzo 153661	32-36	<i>Argilla turchina</i>	Alluvioni del Chiana
Arezzo 153682	0-1	<i>Terreno vegetale</i>	Terreno di copertura
Arezzo 153682	0.7-50	<i>Alternanza tra: argilliti e siltititi- arenarie-marne</i>	Arenarie del Cervarola
Arezzo 153694	0-15	<i>Argilloscisti, scisti argillosi e marne prevalenti con piccoli livelli di arenarie</i>	Formazione di Londa
Arezzo 153694	15-20	<i>Arenarie di spessore variabile non fratturate</i>	Formazione di Londa
Arezzo 153694	20-40	<i>Argilloscisti, scisti argillosi e marne prevalenti con piccoli livelli di arenarie</i>	Formazione di Londa
Arezzo 153694	40-48	<i>Arenarie di spessore variabile fratturate intervallate da livelli di argilloscisti e marne con acqua</i>	Formazione di Londa
Arezzo 153694	48-50	<i>Argilloscisti, scisti argillosi e marne prevalenti con piccoli livelli di arenarie</i>	Formazione di Londa

Tabella 1: Esempio del tipo di lavoro effettuato per la distinzione delle unità di una sequenza stratigrafica. Alle descrizioni soggettive adottate da geologi professionisti nelle relazioni tecniche inserite nella banca dati dei pozzi della L.464/84, è stata data un'interpretazione e fatta corrispondere un'unità stratigrafica definita in letteratura.

CAPITOLO 2

2.1 Inquadramento geologico-regionale

L'area di indagine è collocata nel foglio geologico n°114 "Arezzo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000² e si trova nell'Appennino Toscano (fig.2.1).

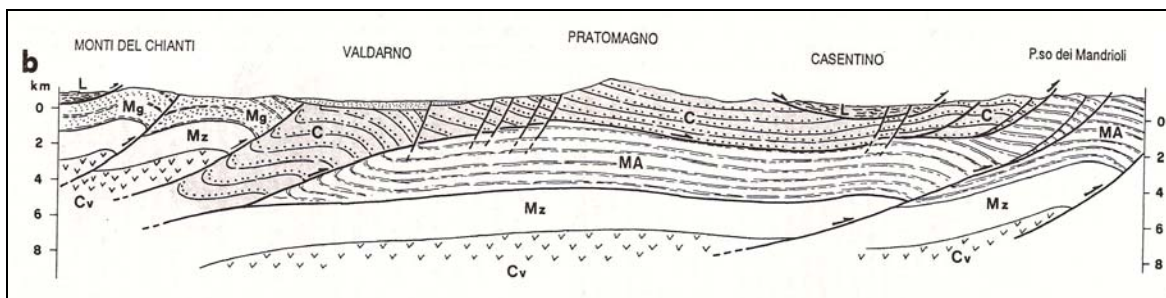


Figura 2.1: Sezione attraverso l'Appennino toscano. (b) Sovrascorrimento delle unità Liguri nella zona del Chianti e nel Casentino. L'Unità Cervarola-Falterona, scollata dal suo substrato sovrascorre, nella zona del P.so dei Mandrioli, sulla Marnoso-arenacea (da Società Geologica d'Italia, 1990).

Cv = Evaporiti triassiche (Anidridi di Burano e Calcare Cavernoso); **Mz** = porzione mesozoica della Successione Toscana non metamorfica e della Successione Marchigiano-romagnola; **Mg** = Macigno della Falda Toscana; **Mo** = Arenarie di Monte Modino; **C** = Unità Cervarola-Falterona; **MA** = Marnoso-arenacea; **K** = Complesso di Canetolo; **L** = Unità Liguri.

Questa porzione di Appennino appartiene all'Appennino Settentrionale, che è costituito da *Falde* o *Unità tettoniche* che durante l'orogenesi appenninica si sono spostate dalla loro originale ubicazione e si sono accavallate le une sulle altre (fig.2.2).

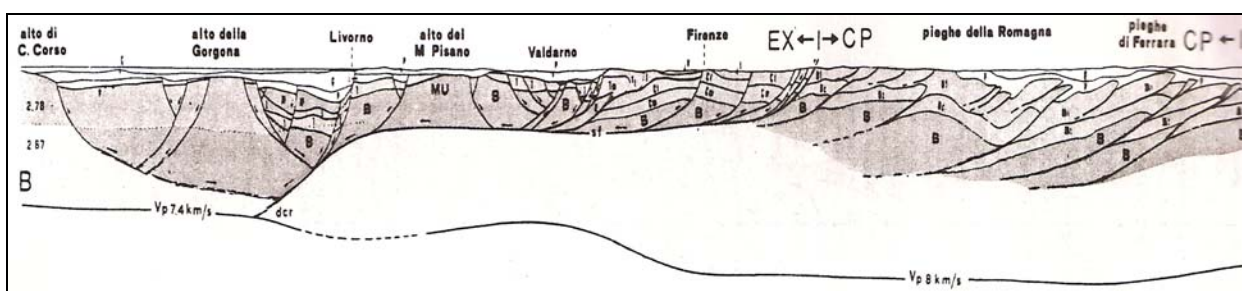


Figura 2.2: Sezione schematica interpretativa dell'Appennino Settentrionale. Vp= velocità delle onde sismiche; dcr= faglia crostale profonda; B= basamento; MU= unità metamorfiche; T= Falda Toscana. EX= area in estensione; CP= area in compressione (da Coli, 1991).

L'Appennino Settentrionale è limitato da due grandi lineamenti tettonici: a N la "linea Sestri-Voltaggio" e a S la "linea Ancona-Anzio"; ha un andamento NO-SE con vergenza verso NE ed è caratterizzato da due grandi domini paleogeografici: ad ovest quello

dell'Oceano Ligure-piemontese con un substrato costituito da crosta oceanica e ad est quello costituito da crosta continentale (Adria).

L'Appennino Tosco-Emiliano da ovest verso est è composto dai seguenti domini principali: uno delle Liguridi interne e due delle Liguridi esterne (domini oceanici), il Dominio Toscano, il Dominio Umbro-romagnolo e il Dominio Marchigiano-adriatico (domini continentali).

La Falda Toscana, che è quella d'interesse del presente lavoro, ha una successione stratigrafica che inizia con depositi basali clastici triassici, prima continentali e poi di mare sottile, seguiti da depositi evaporitici. Il termine più antico è rappresentato dalla *Formazione Evaporitica* o *Formazione di Burano*: queste evaporiti affiorano poco ed hanno come base geometrica un orizzonte di brecce (*Calcare Cavernoso*), i cui elementi sono per la maggior parte calcareo-dolomitici e subordinatamente filladici o quarzitici e si presentano più o meno vacuolari.

L'ambiente continentale ercinico viene sommerso e s'instaura nel Giurassico una piattaforma carbonatica che con il tempo si approfondisce sempre più ed è proprio a profondità maggiori che si depongono dal Lias superiore al Cretacico inferiore sedimenti pelagici calcareo-silicei.

Per diminuzione della dolomitizzazione e scomparsa della grossolana stratificazione si passa gradualmente dai depositi evaporitici al sovrastante *Calcare Massiccio*, formazione spessa oltre 200 m costituita da calcari grigio-chiari o avana e calcareniti biancastre in parte ricristallizzate con stratificazione assente o poco accennata. L'età di questi calcari va dal Retico p.p., all'Hettangiano e probabilmente al Sinemuriano.

Dopo il *Calcare Massiccio* si depongono il *Calcare Selcifero* e il *Rosso Ammonitico*. Il primo spesso circa 100 m è costituito da calcari stratificati grigi con liste di selce grigia, nera e rossa, mentre il secondo è composto da calcari e calcari marnosi finemente stratificati, talvolta nodulari, di colore avana o rosato con infrastrati marnosi rosso-scuri. Questa formazione spessa 20 m ha un'età che va dal Sinemuriano p.p. al Pleinsbachiano p.p.

Il sovrastante *Calcare Selcifero di Limano* è presente quasi ovunque con spessori variabili; si tratta di calcari e calcareniti fini, grigi o avana e ben stratificati, con interstrati marnosi grigi, noduli e liste di selce grigia appartenenti probabilmente al Pleinsbachiano p.p.-Toarciano basale.

Per aumento della componente pelitica rispetto a quella calcarea si passa alle *Marne a Posidonia*, la cui parte alta è costituita da alternanze di calcari marnoso-silicei grigio-verdi

con liste di selce grigia o nera e alle *Marne Diasprigne*, calcareniti ed argilliti silicee, con età che si estende dal Toarciano basale al Bajociano. Al di sopra si trovano i *Diasprigni Toscani*, caratterizzati nella parte bassa da radiolariti rosse e verdi finemente stratificate e nella parte superiore da argilliti silicee rosse, marne e marne calcaree rosso-brune più o meno silicee (*Scisti ad Aptici*). Questi hanno un'età che arriva probabilmente fino al Titoniano superiore. La formazione che chiude la sedimentazione giurassica ed arriva fino al Neocomiano è ancora calcarea ed è formata quasi interamente da coccoliti e calpionellidi con liste e noduli di selce (*Maiolica* parte inferiore).

Nel Giurassico inizia anche la tettonica distensiva, che gioca un ruolo determinante con la formazione di bacini e dorsali (*horst* e *graben*).

La deposizione cretacica vera e propria comincia con la parte superiore della Maiolica (Cretacico inf.) e continua con gli *Scisti Policromi* (Scaglia Toscana). Questi ultimi sono litofacies molto differenziate raggruppabili in litofacies pelitiche, calcarenitiche e calcilutitiche. Nelle prime rientrano le *Argilliti di Brolio* e le *Marne del Sugame*, tra le seconde le *Calcareniti di Dubba* e le *Calcareniti di Montegrossi* ed infine la *Formazione di Puglianella*.

L'inizio della deposizione detritica terziaria coincide con l'inizio delle fasi tettoniche compressive, che porteranno nell'Eocene alla chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese e nell'Oligocene la deposizione evolverà verso sedimenti torbiditici silicoclasici. Infatti, sui fondali marini del Dominio Toscano si depositò tra l'Oligocene medio-superiore e il Miocene inferiore e medio un'imponente coltre, spesso tra i 2000-3000 m, di sedimenti torbiditici terrigeni arenacei e marnosi-siltosi poggianti sugli Scisti Policromi. Tale coltre è caratterizzata inferiormente da torbiditi prevalentemente arenacee del *Macigno*, superiormente dalle torbiditi arenacee ed arenaceo-marnose delle *Arenarie di M. Modino*.

Il Macigno è una formazione torbiditica costituita da potenti strati arenacei di colorazione grigia o avana, gradati o massicci. Nelle aree dell'Abetone e del Chianti lo spessore del Macigno si aggira intorno ai 1600 m, con un'età che va dall'Oligocene medio-superiore all'Aquitano/Burdigaliano inferiore. Superiormente passa alle Arenarie di M. Modino.

Le Arenarie di M. Modino sono arenarie torbiditiche da medie a grossolane, le porzioni più fini degli strati sono rappresentate da marne e marne siltose e talora da argilliti nere.

Come per il Macigno sia nell'area dell'Abetone che in quella chiantigiana lo spessore è di 1600 m ca.; queste arenarie sono datate al Miocene inferiore.

Nel Macigno e nelle Arenarie di M. Modino sono presenti spesso intercalazioni di materiale del Dominio Ligure interpretate come olistostromi. Ad esempio, nella porzione

medio-inferiore delle Arenarie di M. Modino è presente una considerevole intercalazione argilloso-calcareo-marnosa, considerata un'olistostroma, al cui tetto sono presenti due unità litostratigrafiche a geometria lenticolare spesse nell'insieme un centinaio di metri. Quella inferiore è composta da argilliti rosse e verdi con intercalazioni torbiditiche calcareo micacee (*Argille di Fiumalbo*), mentre quella superiore (*Marne di Marmoreto*) è fatta soprattutto da marne di colore avana.

Al di sopra della formazione delle Arenarie di M. Modino si trovano le *Marne di Pievepelago*, che chiudono la successione terziaria. Si tratta di marne siltose grigio-avana con locali lenti argillose rosse, grigie e verdastre ed isolati strati torbiditici calcareo-micacei marroni.

Dopo la tettonica compressiva miocenica, che ha portato alla strutturazione dell'Appennino, inizia una nuova fase tettonica distensiva, che determina una serie di depressioni tettoniche. Alcune di queste nelle loro parti più ribassate vengono riempite di acqua e originano ambienti lacustri. Nel Pliocene inferiore (Villafranchiano inferiore) si formano i laghi di Castelnuovo, di Barga e del Valdarno superiore; mentre nel Villafranchiano superiore quelli della piana Lucca-Nievole, del Valdarno medio, del Mugello, del Casentino, il secondo lago del Valdarno superiore, della Val di Chiana e dell'Alta Val Tiberina (fig.2.3).

I depositi lacustri plio-quadernari costituiscono il "Dominio Epitoscano" e poggiano direttamente o tramite livelli di Liguridi sui terreni corrugati delle sequenze dei Domini Tosco-umbri. Si tratta di depositi detritici, che iniziano con argille basali, seguite da sabbie e a volte da conglomerati (appartenenti a conoidi), che segnano la chiusura dell'episodio lacustre. I depositi tipicamente lacustri sono spesso coperti da alluvioni terrazzate, talora grossolane.

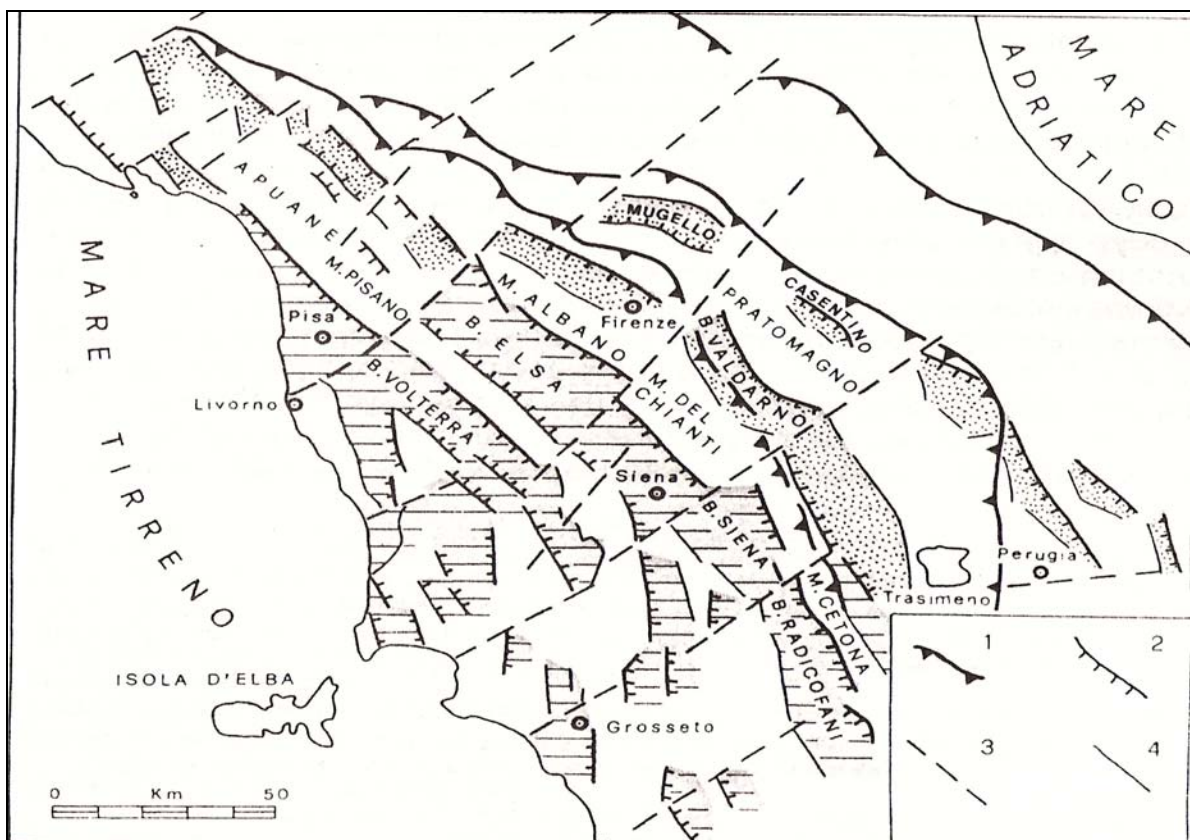


Figura 2.3: Distribuzione dei principali Bacini Neogenici e quaternari dell'Appennino Settentrionale (da Società Geologica d'Italia, 1990).

2.2 Inquadramento geologico-strutturale

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica dalla struttura molto complessa, che si è formata a partire dal Cretacico superiore in seguito alla chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese e alla susseguente collisione tra la placca africana (microplacca Adria) e quella europea³ (Massiccio Sardo-Corso, fig.2.4).

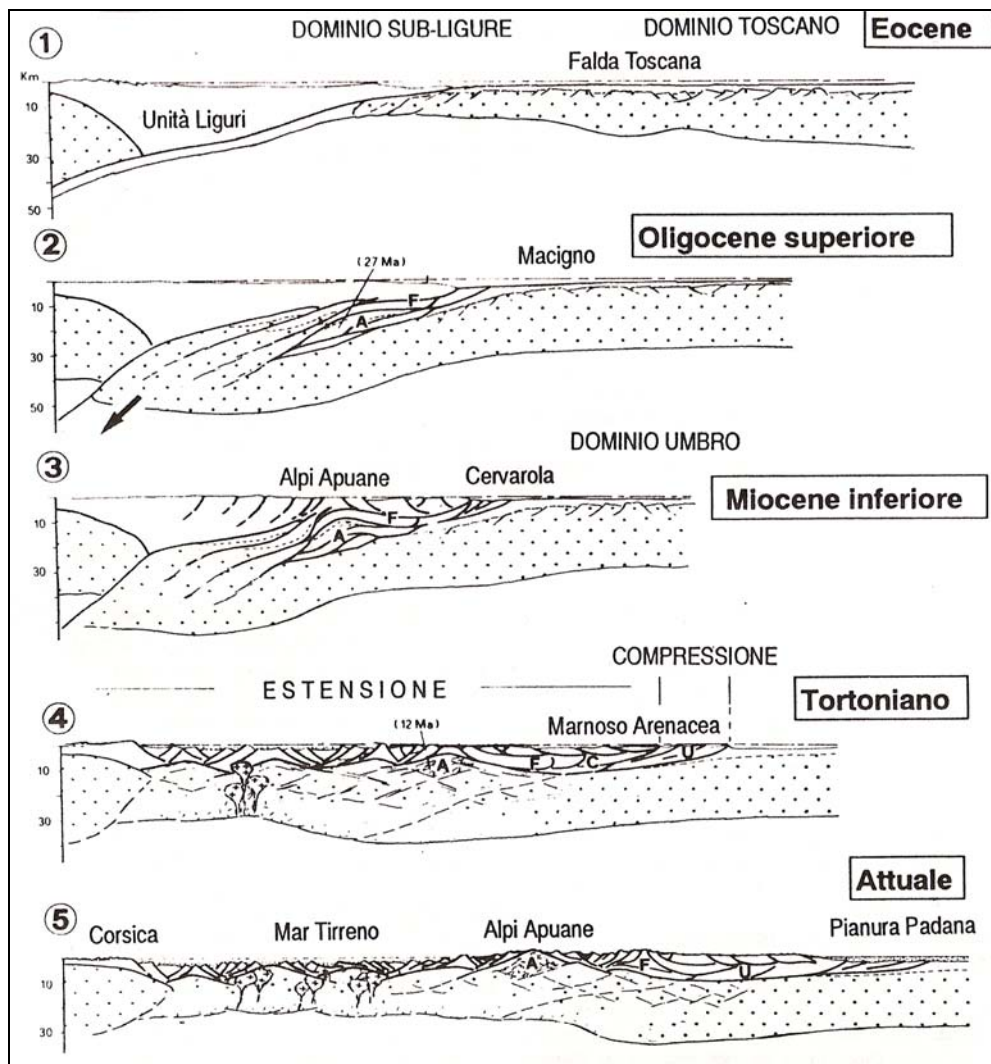


Figura 2.4: Sezioni interpretative dell'evoluzione della catena orogenica appenninica dall'Eocene superiore all'attuale (da Carmigliani e Kligfield, 1990, modificato).

(1) Sutura dell'Oceano Ligure per subduzione verso ovest; (2) Collisione del margine dell'Adria con la Placca Iberica (Massiccio Corso-sardo), sedimentazione del Macigno nella fossa; (3) raccorciamento di scaglie di crosta continentale; (4) compressione nelle zone esterne (orientali) della catena, accompagnata da distensione in quelle interne (occidentali); (5) Oceanizzazione del Dominio Tirrenico, associata a distensione nella Catena Appenninica e a compressione nella fascia padano-adriatica.

³ Boccaletti *et alii*, 1981, Memorie Società Geologica Italiana, 21, pp.359-373.

Altrettanto complessa è la storia tettonica che ha portato nel Cretacico superiore-Eocene allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro impilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne e in basso quelle più esterne. Le Unità Liguri nel loro insieme a loro volta sovrastano tettonicamente l'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene), considerata zona di transizione con il margine adriatico. Dopo la messa in posto della Falda Toscana (dominio toscano interno) sopra la più esterna unità Cervarola-Falterona, probabilmente nel Miocene medio-superiore, le Liguridi si sono rimosse per mettersi in posto prima sopra la Falda Toscana e poi su quella Cervarola-Falterona, già sovrascorsa verso est sulla Formazione Marnoso-Arenacea (Tortoniano).

Contemporaneamente, ad ovest di tutto ciò, inizia la tettonica distensiva plio-pleistocenica, che mediante faglie normali ha smembrato la catena a falde ed ha portato alla formazione di depressioni tettoniche (bacini intermontani) sempre più giovani andando da ovest verso est.

Le unità che costituiscono l'Appennino Settentrionale hanno registrato più deformazioni collegate con fasi deformative sovrapposte⁴.

In sintesi, nell'Appennino Toscano affiorano le unità delle Successioni Umbro-romagnola, della successione Toscana non metamorfica (Falda Toscana), dell'Unità di Canetolo e dell'Unità della Calvana (di provenienza ligure). I rapporti tra tali unità sono di tipo tettonico: le prime tre sono sovrapposte secondo l'ordine precedentemente enunciato, mentre l'Unità di Canetolo è sovrapposta tettonicamente alla Falda Toscana e all'unità Cervarola-Falterona ed è coinvolta insieme con queste nei sovrascorrimenti. L'Unità della Calvana è sovrapposta tettonicamente a tutte le altre, forma una falda completamente scollata dal substrato ed è solo parzialmente coinvolta nei sovrascorrimenti tra le altre falde.

Della Successione della Falda Toscana, dell'Unità Cervarola-Falterona e della Successione Umbro-Romagnola affiorano solo le porzioni più alte, costituite da depositi torbiditici di avanfossa, scollati in molti casi alla base dal resto della successione stratigrafica. L'età delle formazioni torbiditiche coinvolte nei sovrascorrimenti va dall'Oligocene superiore del Macigno al Langhiano della parte più interna della Marnoso-Arenacea.

I depositi torbiditici-terrigeni dell'Unità Cervarola-Falterona sono le Arenarie di M.Falterona, che passano gradualmente verso l'alto alle Arenarie di M.Cervarola

⁴ Pertusanti *et alii*, 1977, Bollettino Società Geologica Italiana, 96, pp.587-603.

(Aquitaniense-Langhiano). Le prime sono torbiditi prevalentemente arenacee grossolane ed affiorano estesamente nella dorsale di Pratomagno-M.Falterona, le seconde sono caratterizzate da strati arenacei-siltitici sottili con abbondante porzione siltoso-marnosa. La successione dell'Unità Cervarola- Falterona è chiusa da sedimenti marnosi.

La graduale variazione cronologica dei depositi torbiditici ha permesso di ipotizzare una migrazione dell'avanfossa dall'Oligocene superiore in poi (fig.2.5).

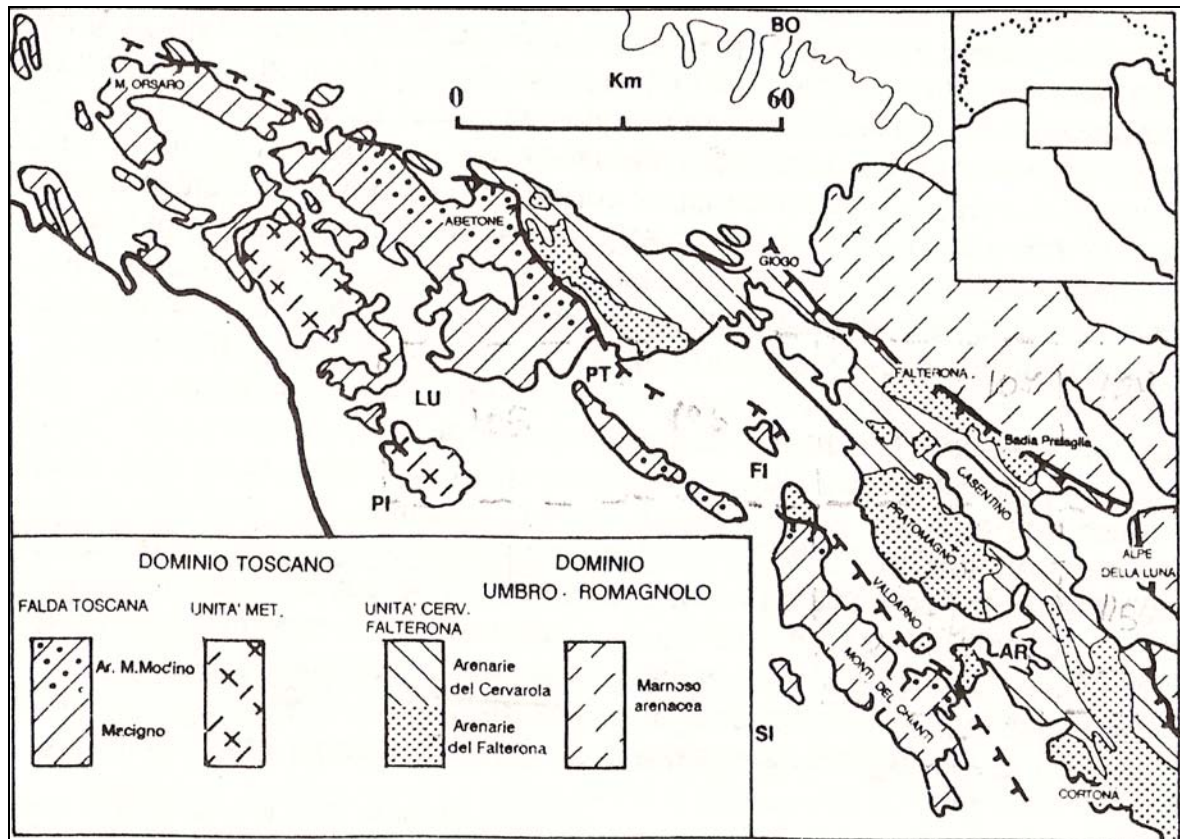


Figura 2.5: Distribuzione areale delle unità torbiditiche oligo-mioceniche della Successione Toscana (da Società Geologica d'Italia, 1990).

2.3 Sguardo geologico sull'area d'indagine

I pozzi studiati per la ricostruzione del profilo stratigrafico e della superficie piezometrica incontrano depositi che appartengono alle Arenarie del Cervarola, alla Formazione del Macigno, alle Marne di S.Polo, alle alluvioni della Val di Chiana e alle alluvioni recenti. Complessivamente si tratta di un'area che si trova ubicata sul versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale, dove sono presenti i seguenti complessi sedimentari:

- la Serie Toscana;
- i Complessi Tosco-emiliani, a cui si sovrappongono in trasgressione i depositi marini pliocenici e quelli fluvio-lacustri del Valdarno superiore (Pliocene sup.-Pleistocene) e dalla Val di Chiana (Pleistocene).

In realtà, la sola Serie Toscana rappresenta una serie concordante e continua ed i suoi affioramenti si estendono su vaste aree, mentre le formazioni dei Complessi Tosco-emiliani, giacenti al di sopra della Serie Toscana, sono lembi isolati e spesso inglobati in una matrice argillosa (Argille Scagliose).

La Serie Toscana è composta dalle seguenti formazioni: Scisti Policromi (Cretacico-Paleogene), Calcareniti degli Scisti Policromi (Cretacico sup.-Paleogene), Marne di S. Polo (Oligocene-Miocene inf.), Complesso Caotico o Argille Scagliose e Formazione di Londa (Oligocene sup.-Miocene inf.).

I Complessi Tosco-emiliani comprendono formazioni senza apparenti connessioni stratigrafiche: Formazione di Sillano (Cretacico sup.-Eocene inf.), Formazione di Alberese (Eocene), Calcari e Brecciole di M. Senario (Paleogene), Arenarie di M. Senario (Oligocene?), Complesso Indifferenziato e Complesso Caotico o “Argille Scagliose” (sono unità che raccolgono terreni dalla struttura caotica, composti da blocchi flyschoidi e litoidi in una matrice argilloscistosa), Brecciole Poligeniche e depositi marini pliocenici.

I lembi più o meno caotici dei Complessi Tosco-emiliani cominciano ad arrivare in Toscana dall'Oligocene medio scivolando sui pendii orogenici (frane orogenetiche), già formati a SO, e formano delle lenti di materiale conosciute come “olistostromi”. Solo nel Miocene arriva la massa principale dei Complessi Tosco-emiliani, che ricoprono la Serie Toscana.

Con la fine del Miocene si ha l'emersione dell'intera area e l'ultimazione delle principali dorsali con orientazione NO-SE. Nel Pliocene, invece, c'è una nuova subsidenza ed il mare pliocenico raggiunge da ovest il margine sud-occidentale della dorsale del Chianti. Solo

nel Pleistocene incomincia la fase tettonica distensiva a *horst* e *graben*, che porterà alla formazione degli attuali bacini intermontani.

Andando da SO a NE si individuano nell'area di Arezzo le seguenti unità paleogeografiche⁵:

1. *Bacino marino pliocenico*, i cui terreni appartengono alla fase di massima ingressione e regressione del Pliocene superiore.
2. *Dorsale dei Monti del Chianti meridionali*, questa è la continuazione in senso NO-SE della dorsale di M. Albano-Poggiona e della dorsale dei Monti del Chianti settentrionali.
3. *Bacino fluvio-lacustre del Valdarno Superiore*, che è stato riempito nel Pliocene superiore dai depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni e nel Pleistocene inferiore in discordanza sui primi dai depositi fluvio-lacustri di Montevarchi. La chiusura del bacino fluvio-lacustre avviene per opera delle Sabbie di Bucine del Pleistocene superiore.
4. *Bacino di Arezzo e della Val di Chiana*, si è formato dopo il bacino del Valdarno superiore e si estende in direzione N-S. I suoi depositi più antichi si possono correlare con le sabbie di Bucine.
5. *Dorsale di Protomagno-Alpe di Poti*, è costituita dai depositi del Macigno e della Formazione di Londa (Serie Toscana) a essa sovrapposta, che sorreggono alcuni lembi dei Complessi Tosco-emiliani. Confina con la dorsale dei Monti del Chianti e i bacini del Valdarno superiore e di Arezzo-Chiana. A NO le pendici della dorsale di Protomagno-alpe di Poti conducono al margine del bacino del Casentino.
6. *Dorsale dell'Alpe di Catenaria*, è formata dalla formazione della Londa con scarsi affioramenti di Macigno.

Le due strutture fondamentali sono la Dorsale dei Monti del Chianti e la dorsale di Protomagno-Alpe di Poti. I rapporti tra queste due si hanno lungo la fascia che le congiunge tra i bacini Valdarno-Chiana, questi ultimi sono successivi alla formazione delle due dorsali ed hanno mascherato e complicato le precedenti strutture.

Gli elementi strutturali che caratterizzano nello specifico le due dorsali sono: la Falda Toscana e l'Unità Cervarola-Falterona, entrambe si sono individuate durante le fasi mioceniche del corrugamento appenninico. Sovrapposti ad essi fin dal Pliocene superiore si riconoscono due bacini intermontani, quello del Valdarno superiore e quello del

⁵ Merla G., Abbate E., 1967, Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, pp.52.

Casentino. Il fronte della Falda Toscana sull'Unità Cervarola-Falterona segue l'allineamento M.Orsaro-Monti del Chianti-M.Cetona⁶.

I Monti del Chianti si presentano come una dorsale con asse disposto NO-SE, i terreni affioranti sono costituiti prevalentemente dai termini più alti della Serie Toscana (Macigno e Scisti Policromi), da alcune unità alloctone sovrascorse (Complesso Caotico, Complesso di Canetolo e Supergruppo di Calvana) e assai limitati sono gli affioramenti carbonatico-silicei di età mesozoica⁶. Nella parte più settentrionale dei Monti del Chianti la Falda Toscana è rappresentata dalla sua spessa porzione torbiditico-arenacea, cioè il Macigno e le Arenarie di M.Modino, che sovrascorre sull'Unità Cervarola-Falterona; dell'Unità Cervarola-Falterona affiora la parte medio-inferiore, rappresentata da sedimenti torbiditici riferibili alle Arenarie di M.Falterona.

Per quanto riguarda il substrato profondo sono state fatte due ipotesi⁶:

1. estensione verso ovest dell'Unità Cervarola-Falterona al di sotto della Falda Toscana;
2. esistenza di un substrato comune più profondo rappresentato dalla Successione Umbra.

Inoltre, in quest'area è stato riconosciuto un quadro tettonico polifasico⁷.

Anche la Dorsale di Pratomagno è caratterizzata dall'Unità Cervarola-Falterona, che si ritrova sottoforma di un'ampia monoclinale a bassa pendenza immergente verso NE tra il Casentino e Badia Prataglia ed è coinvolta in anticlinali e sinclinali con faglie inverse e porzioni rovesciate. La dorsale di Pratomagno appare più vasta, più elevata e meglio definita di quella del Chianti.

Il bacino lacustre del Valdarno superiore si trova a circa 30 km da Firenze, tra la dorsale di Pratomagno e i Monti del Chianti. Si tratta di una depressione d'origine tettonica ed asimmetrica, allungata in direzione NO-SE per circa 35 km. La sequenza fluvio-lacustre del bacino plio-quadernario del Valdarno superiore poggia su una superficie la cui profondità mediamente non sembra trovarsi molto sotto il livello del mare⁵. Si tratta di una paleosuperficie abbassatasi dopo le principali fasi del corrugamento per azione delle faglie dirette a direzione appenninica, che affiorano con particolare evidenza lungo tutto il margine del Pratomagno e si può desumere che la stessa superficie del bacino sia inclinata verso il Pratomagno⁵.

⁶ Abbate *et alii*, 1991, Studi Geologici Camerti, volume speciale (1991/1), pp.211-215.

⁷ Ferrini & Pandeli, 1983, Bollettino Società Geologica Italiana, 102, pp.223-240.

Il substrato del bacino è costituito principalmente dal Macigno sul fianco SO, dalle Arenarie di M.Falterona a NE e da termini del complesso di Canetolo sui due lati brevi. I sedimenti fluvio-lacustri, spessi più di 500 m, si sono depositati in tre fasi successive (Pliocene superiore, Pliocene terminale-Pleistocene inferiore e Pleistocene medio), separate tra loro da discordanze angolari e da superfici di erosione estese su tutto il bacino. Nella prima fase si è deposta la Successione di Castelnuovo: le Argille di Mileto con alla base un livello di Ciottolami e Sabbie di Spedalino e le Sabbie di San Donato; nella seconda la Successione di Montevarchi, che comprende i Limi di Terranova, le Argille del T. Ascione, Limi e sabbie di Oreno. L'ultima fase comprende i Depositi fluviali di Ponticello, ossia depositi del paleo-Arno e i sedimenti delle conoidi alluvionali del Ciuffena, che sono sviluppate alla base dei Monti del Chianti e della Dorsale di Pratomagno.

Al di sotto della copertura fluvio-lacustre, in un'area compresa tra il margine dei Monti del Chianti e l'asse del bacino, affiora il piano basale del sovrascorrimento della Falda Toscana.

2.4 Inquadramento geomorfologico

Nell'area di studio gli elementi geologici coincidono con gli elementi morfologici, questo perché l'Appennino Toscano è una regione emersa in un tempo recente (dalla fine del Miocene). Infatti, la dorsale dei Monti Chianti è un alto sia in senso orografico che in senso tettonico. Lo stesso vale per il Protomagno-Alpe di Poti. Le massime altitudini sono: M.Calvo (838 m) per i Monti del Chianti e Croce di Protomagno (1591 m) per la dorsale del Protomagno. Le aree circostanti le dorsali hanno quote medie assai più basse, ad esempio, le colline a SO della dorsale del Chianti hanno una quota massima sui 300-320 m e questa superficie limite è un residuo della superficie di colmamento del mare pliocenico superiore⁵.

La forma delle dorsali è asimmetrica, come asimmetrica è la loro struttura. L'asimmetria della dorsale del Chianti è vera qualora si ammetta di estenderne il versante NE fino al piede del Protomagno, ossia si deve immaginare di ripristinare la morfologia anteriore alla formazione del bacino del Valdarno. Se si considera anche la dorsale dell'Alpe di S.Benedetto (compresa nel foglio geologico n°107 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000⁸) si ottiene una successione di dorsali asimmetriche da SO a NE: i Monti del Chianti, il Protomagno e l'Alpe di S.Benedetto. Queste dorsali costituiscono l'intera larghezza dell'Appennino Settentrionale a NE di quella zona della Toscana meridionale, dove la Serie Toscana è per lo più ridotta.

Il bacino della Valdarno superiore, invece, ha una superficie terminale conservata in lembi, più o meno vasti, che si estende fra la quota 280 e 260 m e coincide con la superficie di deposito delle Sabbie di Bucine. La quota della pianura di Arezzo è sui 250 m, ed è caratterizzata da alluvioni terrazzate recenti.

Le faglie appenniniche hanno un'influenza riconoscibile sulla morfologia, così come ce l'hanno anche i diversi litotipi affioranti. Il Macigno dà le forme più aspre (trattandosi di quote medie assai modeste) e più elevate, invece, la Formazione di Londa dà forme alquanto più dolci ed un reticolo idrografico più ramificato, anche perché si tratta della componente più marnosa del Macigno e, in quanto tale, più erodibile⁵.

I depositi neogenici hanno una morfologia regolata in primo luogo dalle condizioni strutturali, sono formati da banchi per lo più orizzontali, e perciò danno luogo a forme spianate e terrazzate. I letti sabbioso-ciottolosi, invece, danno luogo a balze al di sopra dei pendii argillosi più o meno dolci.

⁸ Servizio Geologico d'Italia, 1969, Roma

L'evoluzione della rete idrografica si può ricostruire a partire dal Pliocene superiore quando il mare lambiva la parte sud-occidentale della dorsale del Chianti e ne riceveva i brevi corsi d'acqua. Contemporaneamente esisteva il lago della Valdarno superiore, alimentato da vari immissari. Il Casentino, il bacino di Arezzo e la Val di Chiana non esistevano ancora come bacini, ma erano percorsi da un collettore fluviale (l'Arno o l'Arno Casentino) sfociante in un golfo del mare pliocenico. Quest'Arno riceveva probabilmente il deflusso del lago. Nel Pleistocene inferiore il mare si è ritirato a O e i corsi d'acqua, che prima vi sfociavano scendendo con un andamento più o meno lungo le pendici SO dei Monti del Chianti, si sono ora inseriti in una rete idrografica defluente a SE e S. Nella regione intra-appenninica, invece, i bacini intermontani si sono allargati o formati e la rete idrografica si può considerare interamente affluente al Tevere.

Nel Villafranchiano anche in Val di Chiana è nato un grande lago, a cui facevano da sponda a SO i depositi marini pliocenici emersi.

Tra il Pleistocene superiore e l'Olocene le modificazioni dell'idrografia consistono nel colmamento e svuotamento dei laghi e nella cattura da parte dell'Arno inferiore di ogni drenaggio a monte. L'inversione del deflusso (da S a N) nella Val di Chiana si è prolungata con ristagni fino a tempi storici, ciò avvenne per lenti movimenti del suolo e portò ad una serie d'impaludamenti. Per via di queste modifiche l'idrografia odierna dell'area del foglio geologico n°114 "Arezzo"² appartiene interamente all'Arno.

2.5 Inquadramento idrogeologico

La Toscana è caratterizzata da un gran numero di formazioni geologiche e una considerevole varietà di litotipi. Ogni litotipo si estende su piccole aree e molto estesi sono solo gli affioramenti dei flysch arenacei terziari nell'Appennino. Gli acquiferi ben sviluppati sono pochi (fig 2.6).

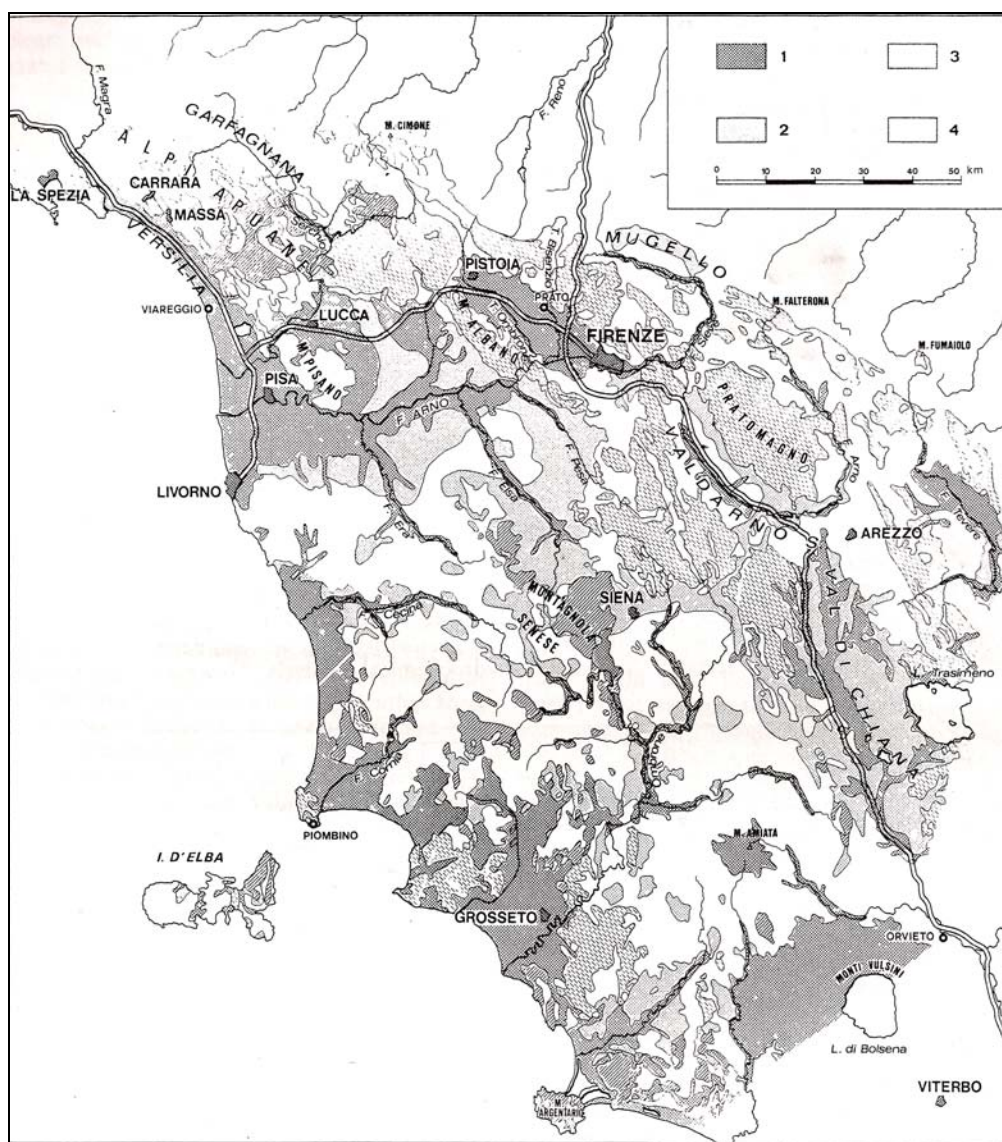


Figura 2.6: Distribuzione degli acquiferi in Toscana (da Pranzini, 1986). Le formazioni geologiche permeabili per porosità primaria danno gli acquiferi più importanti (1) e quelli meno importanti (2). Le formazioni geologiche permeabili per fatturazione e per carsismo danno acquiferi importanti (3) e acquiferi meno importanti (4).

Solo la sequenza carbonatica mesozoica ha formazioni con caratteristiche favorevoli allo sviluppo di un buon grado di permeabilità attraverso la formazione di porosità secondaria⁹. Possono essere considerati buoni acquiferi sia per fratturazione che per carsismo le seguenti unità carbonatiche mesozoiche: il Calcare Cavernoso ed il Calcare Massiccio.

Il Calcare Cavernoso ha spesso un'alta permeabilità, ma le sue acque sono di scarse qualità sia per la durezza sia per il contenuto in solfati. Il Calcare Massiccio e la Maiolica possono essere molto permeabili, perché la purezza dei loro calcari favorisce l'allargamento delle fratture per dissoluzione. La circolazione idrica in altre formazioni carbonatiche terziarie è meno sviluppata sia per l'alterazione di argille e marne e sia per l'alto contenuto di silice, che riduce la solubilità. Comunque, gli affioramenti di calcari in Toscana sono ridotti soprattutto nella parte centrale e meridionale e la loro scarsa estensione fa in modo che anche le sorgenti maggiori abbiano portate medie minori di 20 l/s¹⁰.

In realtà, i più importanti acquiferi toscani sono ospitati nelle sabbie e nelle ghiaie dei sedimenti fluviali attuali delle piane costiere e dei bacini intermontani, che hanno un'alta permeabilità e sono direttamente alimentati dall'infiltrazione delle acque meteoriche. Anche i depositi fluvio-lacustri possono dare in queste aree dei buoni acquiferi. I depositi marini pliocenici hanno un'elevata porosità, ma raramente rappresentano dei buoni acquiferi, perché le sabbie ed i conglomerati generalmente contengono limo e argilla. La presenza di limo e di argilla nei depositi terziari flyschoidi e nelle unità liguri alloctone limita la circolazione verticale delle acque e rende le rocce parzialmente o totalmente impermeabili.

Quindi, le maggiori risorse idriche del sottosuolo toscano si trovano nei depositi fluvio-lacustri quaternari dei bacini intermontani e nelle ghiaie deposte dai corsi di acqua, come le alluvioni recenti dell'Arno, gli apparati di conoidi del Bisenzio e del Serchio. Questi sono dei buoni acquiferi alimentati dai corsi d'acqua, ma le loro falde sono sottoposte a grandi rischi a causa della scarsa soggiacenza e della permeabilità dei terreni di copertura, che le proteggono poco dalle numerose fonti inquinanti. La maggior parte di queste falde si trova anche nelle aree più urbanizzate e viene spesso sovrasfruttata rispetto alla ricarica naturale. Gli stessi corsi d'acqua a causa della natura impermeabile dei terreni dell'Appennino Toscano hanno un regime di grande variabilità, che diventa regime torrentizio nei fiumi minori.

⁹ Pranzini, 1986, Memorie Società Geologica Italiana, 31, pp.267-285.

¹⁰ Pranzini, 1994, Memorie Società Geologica Italiana, 48.3, pp.785-794.

Il bacino del F. Arno è un elemento idrogeologico caratteristico dell'area studiata. I bacini intermontani del Valdarno medio, del Mugello, del Valdarno inferiore, del Casentino e della Val di Chiana formano l'intero bacino dell'Arno.

La presenza di rocce a bassa permeabilità nelle aree montane del bacino dell'Arno con l'assenza di sorgenti importanti testimoniano lo stretto legame del regime del F. Arno dalle piogge⁹. Le piogge hanno una distribuzione irregolare (in media cadono 1024 mm annui): 3000 mm in alcune aree dell'Appennino e 600 mm in altre aree del Valdarno inferiore. L'infiltrazione attuale nei flysch arenacei non supera il 5%⁹. La maggior parte delle acque che s'infiltrano si raccolgono nei depositi quaternari dei bacini intermontani, cui corrispondono i grandi acquiferi.

Si deduce che il breve ciclo di alimentazione delle falde freatiche le rende molto dipendenti dal regime delle piogge, e si vengono a determinare falde dalla scarsa profondità e quindi molto vulnerabili.

I sedimenti alluvionali del F. Arno, che si sono depositati in una fascia che è meno ampia di 2 km, rappresentano il più importante acquifero del Valdarno superiore. È un acquifero fatto di ghiaie e ciottoli che raramente supera i 10 m di spessore. L'alta potenzialità dell'acquifero è resa possibile dalla elevata permeabilità e dall'alimentazione diretta delle acque che riceve dall'Arno. Una ricostruzione della tavola d'acqua mostra chiaramente la sua stretta correlazione con il livello dell'Arno. In condizioni normali il fiume drena l'acquifero, ma in alcune aree dove c'è un intenso pompaggio la situazione è invertita ed è il fiume che alimenta l'acquifero. Le aree che hanno pozzi più produttivi sono quelle dove ci sono paleocanali.

Un altro acquifero potenziale dell'area in esame potrebbe essere dato dalle Sabbie del Pratomagno, perché contengono pochi strati argillosi e siltosi nella parte inferiore di questa serie¹⁰.

2.5.1 Le sorgenti del comune di Arezzo

Nell'Appennino Settentrionale affiorano in prevalenza rocce a bassa permeabilità, come i depositi torbiditici. Nei flysch arenacei ci sono un gran numero di sorgenti, ma tutte di bassa portata e di notevoli variazioni stagionali ($Q < 10$ l/s). Molte delle sorgenti si trovano nelle aree di affioramento dei flysch arenacei, ma hanno in realtà il loro serbatoio nelle coperture di versante (detriti di pareti di faglie, corpi di frana, ecc.)⁵.

Nell'area del foglio geologico n°114 "Arezzo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000² le sorgenti sono numerose, ma di scarsa importanza. Molte sgorgano lungo

giunti di stratificazione nel Macigno o al contatto tra quei livelli sabbiosi e sottostanti livelli argillosi dei terreni neogenici⁵. Alcune di queste sorgenti sono minerali come:

- nei dintorni di Montevarchi, sono sorgenti bicarbonato-alcalino-terrose (“Acqua Romana” e “Acqua Leona”) e sorgenti acidulo-ferruginosa (Valle dell’Inferno);
- nei dintorni di Arezzo c’è una sorgente acidulo-alcalina (località Montione) ed un’altra sorgente di acqua fredda con emissione di anidride carbonica (“Acqua Cetra”, sempre in località Montione);
- sul versante NO dell’Alpe di Poti c’è una sorgente medio minerale bicarbonato-alcalino-terrosa (“Fonte Mura”);
- nella Val d’Ambra ci sono una serie di sorgenti sulfuree.

Le acque sulfuree sono legate alla presenza di depositi evaporitici del Messiniano. Ci sono anche delle acque clorurato-sodiche dovute sia a depositi messiniani che ad evaporiti triassiche. La mineralizzazione è dovuta alla circolazione profonda e al conseguente contatto con i depositi evaporitici; in genere queste acque risalgono lungo fratture o faglie. Le arenarie dei depositi flyschoidi danno generalmente acque minerali oligominerali o medio-minerali.

Nell’Aretino numerosi pozzi a volte estraggono insieme all’acqua anidride carbonica al tetto del Macigno o negli inclusi carbonatici ed arenacei del sovrastante Complesso di Canetolo.

Lungo la traccia del profilo idrogeologico elaborato in questo lavoro non affiora nessuna delle sopracitate sorgenti.

CAPITOLO 3

3.1 Profilo geologico ed idrogeologico

In questo lavoro è stato realizzato un profilo geologico ed uno idrogeologico di un'area campione, scelta per la presenza di un alto numero di pozzi provenienti dal database derivato dall'applicazione della legge 464/84 (fig.3.1).

Il profilo geologico (fig.3.2) è stato ricostruito tramite l'analisi delle stratigrafie delle perforazioni, considerando la profondità di ritrovamento dei vari litotipi e prestando attenzione alle giaciture di queste formazioni sul foglio geologico n°114 "Arezzo" della Carta Geologica d'Italia².

Per motivi tecnici le diverse formazioni torbiditiche (Macigno, Arenarie del Cervarola e Formazione di Londa) sono state indicate con lo stesso generico nome: *flysch*, in quanto nelle stratigrafie di pozzi vicini la stessa descrizione litologica è stata indifferentemente attribuita all'una o all'altra formazione dai vari geologici professionisti.

Gli elementi tettonici incontrati non hanno arrecato problemi interpretativi, perchè si tratta per la maggior parte di faglie intraformazionali, che quindi sono state genericamente riportate tratteggiate.

Il profilo idrogeologico (fig.3.3) è stato costruito unendo i punti corrispondenti alla profondità di tetto e letto dei vari livelli acquiferi segnalati nelle stratigrafie dei pozzi. Si vede bene come queste falde seguano l'andamento delle strutture geologiche sepolte e siano in molti casi interrotte dalle varie faglie, che si comportano come barriere o limiti di permeabilità. Nel complesso le falde appaiono molto discontinue lateralmente e di ridotte dimensioni non solo laterali, ma anche verticali. Le falde nelle alluvioni del Chiana sono lentiformi, si trovano a diversi livelli (fig.3.4) e non ci sono dati a disposizione per ipotizzare o escludere eventuali rapporti tra di loro. Probabilmente si possono escludere scambi tra le falde superficiali del Chiana e quelle più profonde del *flysch* per via dei livelli più argillosi e marnosi, contenuti nei depositi torbiditici, che fungono da limite di permeabilità. Anche le falde nelle alluvioni recenti (fig.3.5) si presentano come corpi lentiformi di dimensioni ancora più ridotte e strettamente connesse al regime delle precipitazioni atmosferiche.

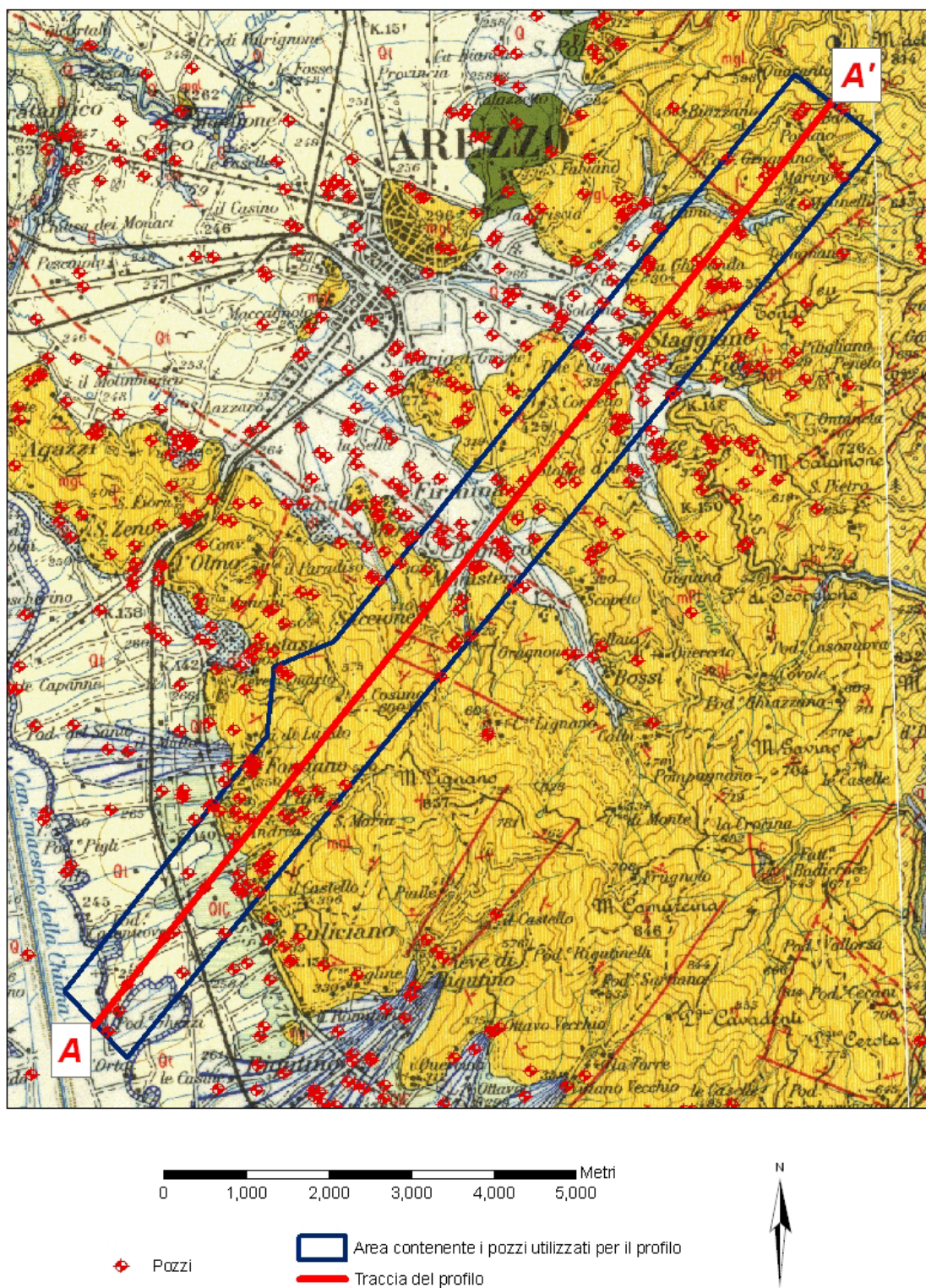


Figura 3.1: Stralcio geologico, tratto dal foglio geologico n°114 "Arezzo" della Carta Geologica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia, 1967). In giallo sono rappresentati i depositi flyschoidi, in azzurro le alluvioni recenti e le alluvioni della Val di Chiana.

Profilo Idrogeologico e ubicazione delle perforazioni

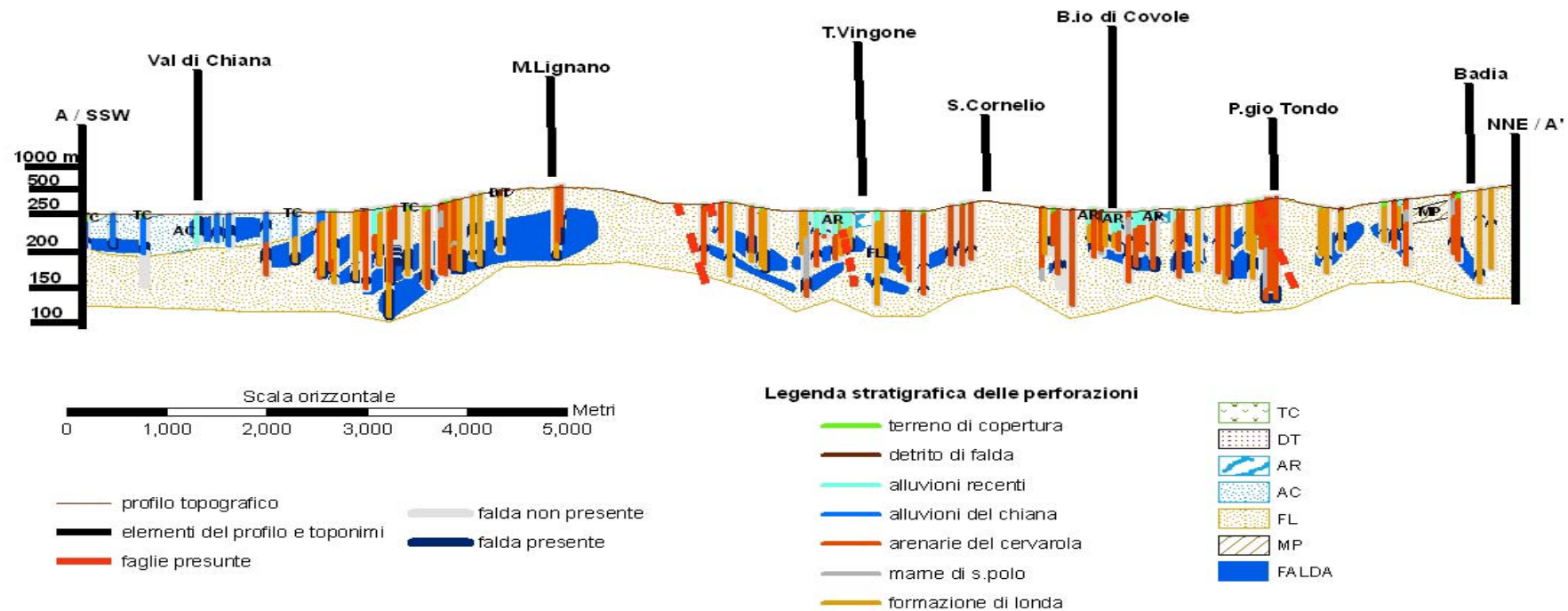


Figura 3.2: Profilo geologico ricostruito tramite le analisi delle stratigrafie dei pozzi. TC: terreno di copertura; DT: detrito di falda; AR: alluvioni recenti; AC: arenarie del Cervarola; FL: flysch; MP: marne di S.Polo.

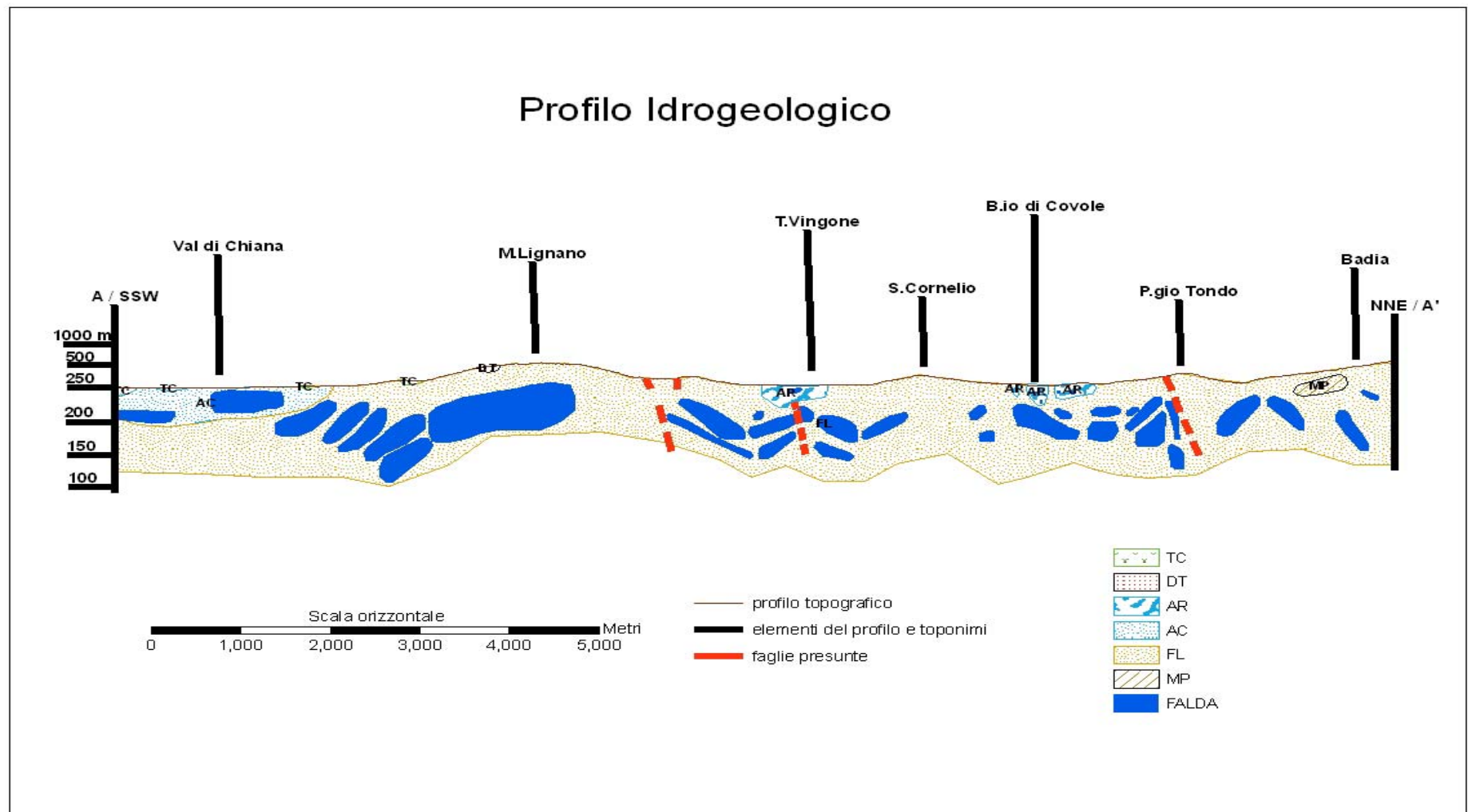


Figura 3.3: Profilo idrogeologico dell'area in esame. TC: terreno di copertura; DT: detrito di falda; AR: alluvioni recenti; AC: arenarie del Cervarola; FL: flysch; MP: marne di S.Polo.

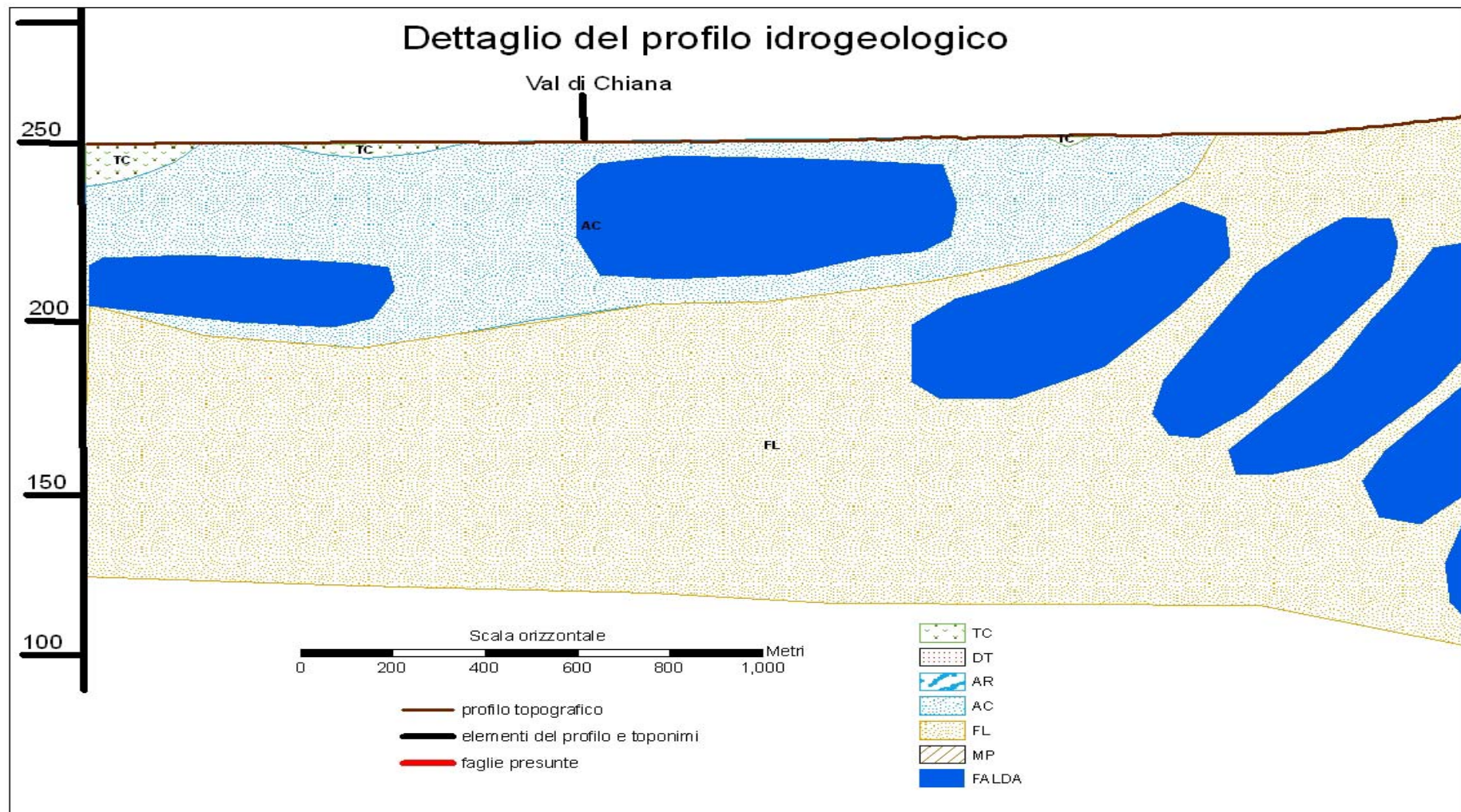


Figura3.4: Falde acquifere nelle alluvioni della Val di Chiana. TC: terreno di copertura; DT: detrito di falda; AR: alluvioni recenti; AC: arenarie del Cervarola; FL: flysch; MP: marne di S.Polo.

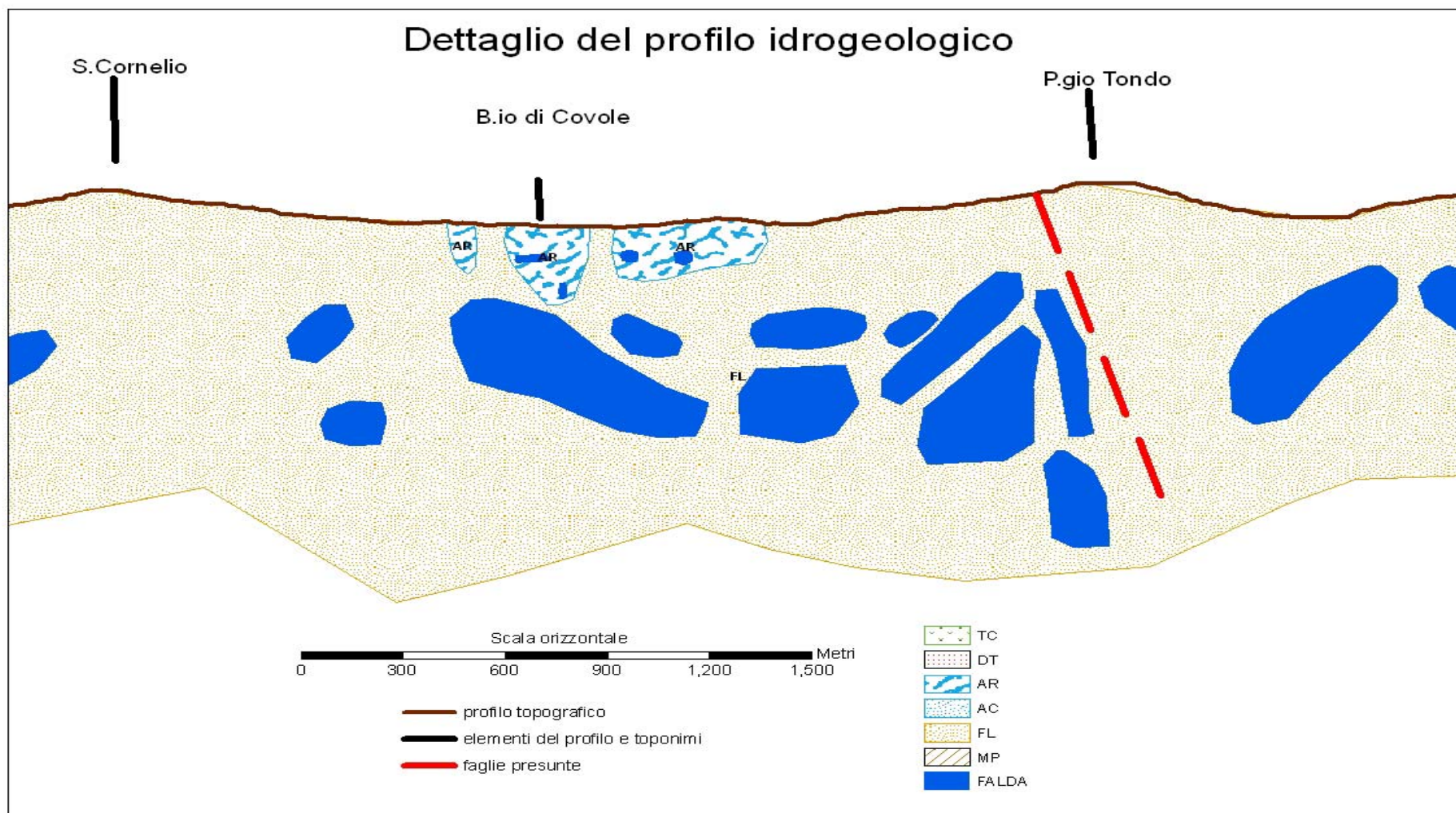


Figura 3.5: Falde acquifere lentiformi nelle alluvioni recenti. TC: terreno di copertura; DT: detrito di falda; AR: alluvioni recenti; AC: arenarie del Cervarola; FL: flysch; MP: marne di S. Polo.

3.2 Conclusioni

Si può concludere che, come desunto anche dalla letteratura, nell'area d'indagine le falde principali e più consistenti sono contenute nei depositi flyschoidi. Si tratta sempre di falde di ridotte dimensioni non paragonabili a quelle di carattere regionale, contenute nei grandi depositi carbonatici dell'Appennino Centrale. Ci sono, poi, piccoli acquiferi alluvionali nei depositi sabbiosi della Val di Chiana e nelle alluvioni recenti di altri piccoli corsi di acqua presenti nell'area (Torrente Vingone e altri piccolo fossi).

Oltre alla ridotta estensione degli acquiferi dell'area di indagine, altra caratteristica è la loro scarsa continuità laterale, infatti, sono falde discontinue, interrotte non solo da motivi tettonici ma anche da quei livelli argilloso-marnosi poco permeabili che si rinvencono nel flysch. Mancano dati per ipotizzare relazioni tra i due acquiferi principali individuati: quello nei flysch e quello nelle Alluvioni del Chiana. Di sicuro si può affermare che trovandoci in un'area densamente occupata da pozzi la cui stratigrafia è pervenuta al database della legge 464/84, i dati presi in esame si prestano a questo tipo di ricostruzioni geologiche ed idrogeologiche e portano ad elaborazioni affidabili, confermando anche la buona rappresentatività dell'area campione.

BIBLIOGRAFIA

Abbate E., Bruni P., Sagri M., 1991 – *Sezione geologica dai Monti del Chianti al passo dei Mandrioli*. Studi Geologici Camerti, volume speciale (1991/1), 211-215.

Aquè R. & Brogi A., 2002 – *La dorsale Monti del Chianti-Monte Cetona nel quadro evolutivo della catena Appenninica settentrionale: tettonica polifasica nella trasversale Trequanda-Sinalunga (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 121, 365-376, 10 ff.

Beucci P. et al., 1999 – *Studio sulla qualità delle acque superficiali del comune di Arezzo*. A cura di Francalanci C., ARPAT, 221 p.

Boccaletti M., Coli M., Decadia F.A., Giannini E. & Lazzarotto A., 1981 – *Evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., 21, 359-373.

Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G., 1975 – *Ricerche idrogeologiche nel sottosuolo della pianura di Firenze*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 661-692.

Cornamusi G., 2004 – *Evoluzione deposizionale di un settore del sistema catena-avanfossa dell'Appennino settentrionale: stratigrafia fisica e sedimentologica del Macigno della Toscana meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 123, 201-227, 22 ff.

Decadia F. A., Lazzarotto A., Liotta D., 1993 – *La serie ridotta nel quadro della evoluzione geologica della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 49, 181-191, 5 ff.

Elter F.M. & Sandrelli F., 1995 – *Inquadramento dei Monti del Chianti*. Boll. Soc. Geol. It., 14, 537-547.

Ferrini G., Pandeli E., 1983 – *Le associazioni di facies torbiditiche nel Macigno dei Monti del Chianti*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 223-240, 10 ff.

Jacobacci A., Martelli G., 1969 – *Ètà e giacitura del flysch nella Toscana meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 88, 621-636.

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*”. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.226, 17/08/1984. IPZS, Roma, Italia.

Merla G., 1952 – *Geologia dell’Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1951), 95-382.

Merla G. & Abbate E., 1967 – *Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000, Foglio 114 (Arezzo)*. Servizio Geologico d’Italia, 52 pp.

Pertusanti P.C., Plesi G. & Cerrina Feroni A., 1977 – *Alcuni esempi di tettonica polifasica nella Falda Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 587-603.

Pranzini G., 1986 – *Quantity and quality problems of some tuscan acquifer*. Mem. Soc. Geol. It., 31, 267-285, 15 ff.

Pranzini G., 1994 – *Water resources of the Arno basin*. Mem. Soc. Geol. It., 48.3, 785-794.

Servizio Geologico d’Italia, 1969 – *Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000 – Foglio n.107 Monte Falterona*. Roma.

Servizio Geologico d’Italia, 1967 – *Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000 – Foglio n.114 Arezzo*. Roma.

Signorini R., 1964 – *Sguardo d’insieme alla geologia della Toscana a Sud dell’Arno*. Mem. Soc. Geol. It., 4 (1), 413- 432.

Società Geologica Italiana, 1990 - *Guide Geologiche regionali: Appennino Tosco-Emiliano*. BE-MA editrice.