



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

**REALIZZAZIONE DI MODELLI
IDROSTRATIGRAFICI SULLA BASE DI
INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE ED
IDROGEOLOGICHE**

Dott.ssa Magdalena Graba

Tutor: Dott. Lucio Martarelli

Data	Firma Stagista	Firma Tutor	Firma Responsabile Servizio

Abstract

La presente tesi tratta dell'organizzazione d'informazioni a carattere stratigrafico inerenti alle formazioni geologiche della zona del versante orientale della Val di Chiana in corrispondenza di Castiglion Fiorentino (Arezzo) e la limitrofa piana alluvionale. Le informazioni, organizzate in un apposito database, sono state elaborate mediante il software RockWorks®, programma particolarmente utilizzato in ricerche geologiche ed idrogeologiche. Grazie una serie di tools preimpostati sviluppati all'interno del software si sono elaborati diversi modelli e rappresentazioni grafiche variando le informazioni di input e i parametri di controllo. Successivamente alla definizione e rappresentazione delle caratteristiche geologiche è stata implementata una dettagliata analisi riguardo al sottosuolo e alle sue caratteristiche idrogeologiche e stratigrafiche.

Prefazione

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

A tal proposito il Servizio Geologico Nazionale (ora Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA) ha definito delle linee guida per la cartografia idrogeologica a livello nazionale (Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, n.5, 1995). A supporto di tale problematica è anche avvenuta la promulgazione della Legge n.464 del 1984, dalla cui attuazione è stato istituito presso il Servizio Geologico d'Italia un Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo, da cui sono state tratte le informazioni stratigrafiche ed idrogeologiche elaborate nel presente lavoro. Per contribuire ulteriormente a tale questione, il Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia (ISPRA), su sollecitazione del Settore Idrogeologia istituito nel suo ambito, ha richiesto l'attivazione di stage interni per effettuare sperimentazioni in aree campione.

L'area prescelta per il presente stage interessa il versante orientale della Val di Chiana in corrispondenza di Castiglion Fiorentino (Arezzo) e la limitrofa piana alluvionale. Sia i rilievi che la piana alluvionale sono sede di acquiferi: quelli nei rilievi, caratterizzati da sequenze torbiditiche, danno luogo a falde acquifere di spessore, estensione e, quindi, potenzialità idrica relativamente limitati, mentre quelli nella piana possono essere soggetti al rischio di contaminazione diretta. Inoltre, data l'elevata richiesta idrica per le attività socio-economiche dell'area, questo settore è esposto anche a potenziale rischio di sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee.

La forte densità d'informazioni stratigrafiche inerenti ai pozzi disponibili presso l'Archivio Nazionale L.464/84 e la disponibilità di sufficienti informazioni di riferimento nella letteratura scientifica (cartografie geologiche, pubblicazioni tecnico-scientifiche, rapporti tecnici di vari enti) ha suggerito quest'area per la conduzione di uno studio mirato alla costruzione di un modello idrogeologico interpretativo tridimensionale. Le varie fasi di questo studio, che hanno richiesto un elevato grado di accuratezza nonché l'utilizzo di software GIS e di modellazione geologica, saranno illustrate in dettaglio nella presente tesi di stage.

Indice

Abstract.....	I
Prefazione	II
1. INTRODUZIONE	1
2. METODOLOGIA.....	2
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3.1. Val di Chiana	4
3.2. Area di Studio	6
3.3. Morfologia della zona presa in esame.....	7
3.4. Caratterizzazione generale dei pozzi	10
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
4.1. Genesi dell'Appennino Settentrionale	11
4.2. La genesi della Val di Chiana	13
4.3. Cartografia geologica	13
4.4. Stratigrafia delle formazioni presenti nell'area di studio.....	13
4.4.1. Arenarie del Cervarola	17
4.4.4. Depositi olocenici	20
5. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	21
5.1. Complesso delle Arenarie del Cervarola	21
5.2. Complesso dei Depositi fluvio-lacustri.....	21
5.3. Complesso dei Conoidi	21
6. ELABORAZIONE DEI DATI	22
6.1. Applicazione del programma Rock Work	22
6.2. Modelli geologici – opzione <i>lithology</i>	23
6.3. Opzione <i>stratigraphy</i>	25
6.3.1. Aspetti Idrogeologici	26
6.3.2. Superficie piezometrica.....	28
6.4. Strati superficiali della pianura	30
6.5. Profili	32
7. CONCLUSIONI	35
8. BIBLIOGRAFIA	36
9. ALLEGATI	38
9.1 Allegato 1: Selezione delle informazioni litologiche dedotte dai dati relativi ai pozzi ritenuti più significativi	38
9.2 Allegato 2. Selezione delle informazioni idrogeologiche dedotte dai dati relativi ai pozzi ritenuti più significativi	42

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato è stato intrapreso da un'iniziativa del Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia del Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), che ogni anno propone progetti di stage di formazione in campo idrogeologico per i giovani neolaureati nelle materie ambientali. Lo stage ha esclusivamente carattere formativo ed è finalizzato all'approfondimento e allo sviluppo di tematiche ambientali, all'applicazione delle conoscenze acquisite nel percorso formativo e all'acquisizione di nuove competenze.

La presente tesi definisce in modo sintetico il lavoro svolto. In particolare si espongono metodi e risultati ricavati da elaborazione di dati geologici, principalmente di tipo stratigrafico ed idrogeologico, raccolti da diversi perforatori in una determinata zona. Lo sviluppo dello stage è stato preceduto da un approfondito studio bibliografico della zona nonché da indagini di campagna, che sono state di fondamentale importanza.

Successivamente all'analisi di queste informazioni raccolte, si è passato alla elaborazione di esse con il software dedicato RockWorks®. Questo programma si è rivelato estremamente utile ed adeguato per realizzare dei modelli idrostratigrafici, dai quali sono state dedotte interessanti conclusioni in seguito descritte. Questa si considera la parte principale ed essenziale del lavoro svolto e senz'altro la più interessante soprattutto per i risultati ottenuti.

2. METODOLOGIA

Il lavoro svolto è iniziato con la estrazione di un foglio di calcolo dall'Archivio Nazionale delle indagini di sottosuolo, istituito in forma digitalizzata dai dati cartacei originali presso il Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA, contenente i dati dei pozzi presenti nell'area di studio. Tali dati contengono informazioni inerenti alla posizione geografica di ciascun pozzo, compresa l'appartenenza territoriale regionale e provinciale; inoltre vengono specificate la composizione litologica verticale con i limiti precisi di profondità al letto e al tetto di ogni litologia. In questo caso i pozzi sono stati effettuati da varie ditte perforatrici e i dati raccolti durante la perforazione sono stati consegnati all'ISPRA. Quest'ultima attraverso l'uso di appositi e sofisticati software si occupa della compilazione di un unico database di tutti i pozzi disponibili per poter successivamente fruire a vario titolo di un banca dati digitalizzata, uniformata e codificata.

I pozzi ubicati nel perimetro dell'area d'interesse di questo elaborato hanno una profondità minima di 30 metri dal piano campagna e il pozzo meno recente risale ad una perforazione del 1990. I pozzi di questa zona sono stati effettuati prevalentemente per uso domestico o per irrigazione dei terreni coltivati.

Il seguente elaborato viene svolto prevalentemente attraverso l'utilizzo del computer e di alcuni software dedicati all'analisi dei dati geografici e stratigrafico-idrogeologici quali ArcGis9.2 della ESRI® e RockWorks distribuito dalla RockWare®. Preliminarmente tutti i dati sono stati inseriti nel programma di calcolo Excel (pacchetto Office Microsoft®), dove facilmente con l'uso di operazioni automatizzate si è potuto semplificare e filtrare tutte le informazioni utili raccolte dai perforatori. Inoltre, è stato ritenuto opportuno unificare i dati secondo una codifica derivata dalle descrizioni fornite dai perforatori. In tal modo le stesse formazioni ubicate in diverse zone dell'area di studio sono state identificate e codificate nello stesso modo, facilitando così la correlazione degli strati presenti ed evitare di creare ripetizioni degli stessi sotto diversa nomenclatura. Con questa semplice codifica sono stati evidenziati 5 tipi di materiali presenti che, in ordine dal più antico al più recente, sono:

- Arenarie del Cervarola;
- depositi fluvio-lacusti antichi;
- depositi fluvio-lacustri recenti;
- conoidi;
- terreno di copertura;

In seconda battuta si è proseguito sistemando all'interno dei fogli di calcolo tali codifiche in colonne e formati preordinati e leggibili dal programma RW – il software dedicato che permette di visualizzare in 2D nonché in 3D le informazioni di tipo litologico ed idrogeologico. In particolare, una certa attenzione è stata posta alle informazioni inerenti la permeabilità delle formazioni, evidenziate dai perforatori. Inoltre in base ai dati riguardanti il livello statico della falda acquifera si è potuto confermare la presenza degli acquiferi.

Avendo così creato un database chiaro ed univoco delle formazioni presenti nella zona in esame si è proseguito con le elaborazioni dei modelli 2D, 3D e delle sezioni di interesse; pertanto siamo stati in grado di elaborare particolari rappresentazioni grafiche dell'assetto idrogeologico, litologico e geologico che hanno fornito delle informazioni interessanti e utili nella descrizione della zona. Soprattutto, si è potuto rappresentare la continuità e la distribuzione delle formazioni litologiche presenti, nonché la presenza degli eventuali acquiferi e la loro posizione rispetto al piano campagna. Successivamente si è provveduto alle varie sperimentazioni nella modellazione dei dati raccolti dai pozzi, in modo tale da visualizzare la situazione geologica ed idrogeologica della zona.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

3.1. Val di Chiana

La zona di studio si colloca sul versante orientale della Val di Chiana situata a sua volta nel versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale in Italia Centrale (Figura 1). Essa si presenta come un solco vallivo lungo circa 100 km ed esteso per circa 2300 km² da Nord (Piana di Arezzo e Orvieto) a Sud (Lago Trasimeno e Valle del Nestore).



Figura 1. Posizione geografica della Val di Chiana, nella parte orientale della Toscana (Italia). L'ovale rosso rappresenta l'area di studio.

Il fondo valle, colmato dai depositi alluvionali dell'antico fiume *Clanis* (dal latino: inclinato, in pendenza), oggi viene segnato da due corsi d'acqua: il Canale Maestro della Chiana e il Chiani. Una caratteristica particolare dell'idrografia odierna sta nel fatto che il Canale Maestro della Chiana attraversa gran parte della valle ma in direzione opposta

rispetto al *Clanis* cioè da Sud verso Nord. Infatti, l'antico affluente del Tevere è stato oggetto di un rarissimo fenomeno di inversione del corso delle acque denominato “*inversione della Chiana*”¹.

Il Canale Maestro della Chiana, lungo circa 40 km, costituisce il sistema drenante di tutta la Val di Chiana, che è suddivisa tra il bacino dell'Arno e quello del Tevere (foto di Figura 2). La sua realizzazione fu ultimata per bonificare la pianura impaludatasi durante il Medio Evo. Emissario del lago di Montepulciano, si immette in sinistra del fiume Arno presso Arezzo².



Figura 2. Canale Maestro della Chiana, vista dal Ponte sulla SS 73 (Strada Statale Senese Aretina, località San Zeno).

Il Chiani invece, ha origine in località Ponticelli, poco a Sud del lago di Chiusi, dalla confluenza del torrente Astrone con il canale Chianetta e rappresenta il collettore di tutte le acque del comprensorio della Val di Chiana Romana. Nel primo tratto, per circa 13 km, il suo alveo ha una pendenza media dell'1% ed è sopraelevato rispetto al piano di campagna, poiché scorre canalizzato tra argini artificiali. Più a valle prosegue il suo corso incassato con pendenza media dell'alveo del 5% e assume caratteristiche torrentizie. L'asta del torrente ha una lunghezza complessiva di 42 km³.

¹ Inversione della Chiana - Questa situazione si è verificata in seguito a fenomeni geomorfologici (sollevamento nella parte mediana del suo alveo derivata dall'accumulo dei depositi alluvionali), a fenomeni orogenetici e di vulcanismo (vicinanza del vulcano Amiata, oggi spento) che hanno determinato la separazione dei due bacini idrografici del Tevere e dell'Arno che a sua volta è stato deviato verso Ovest. Le acque del Canale Maestro della Chiana vengono infatti convogliate nell'Arno.

² http://it.wikipedia.org/wiki/Canale_Maestro_della_Chiana,

³ <http://it.wikipedia.org/wiki/Chiani>,

3.2. Area di Studio

La zona oggetto di studio è compresa tra le quattro sezioni della CTR scala 1:10000 della Regione Toscana n° 288030, 288040, 288070 e 288080. La cartografia utilizzata nel seguente elaborato ed illustrata in figura 3 è stata scaricata dal sito <http://www.rete.toscana.it> in formato “.dwf” e successivamente elaborata attraverso l’analisi spaziale dei dati mediante software GIS. La zona di interesse è interamente compresa nel territorio della Regione Toscana e più precisamente in provincia di Arezzo.



Figura 3. Foto satellitare dell’area di studio (dal sito internet www.google.earth.it).

L’area esaminata è di circa 50 km² ed è estesa lungo la direttrice E-O per circa 8 km e lungo quella N-S per circa 6 km. Il fondovalle risulta fortemente antropizzato in quanto sorgono numerosi nuclei abitativi, tra i quali domina Castiglion Fiorentino, e molteplici attività sia artigianali che agricole. Si può facilmente intuire come l’idrografia abbia subito nel corso del tempo una progressiva organizzazione secondo canali e sistemi di irrigazione che sopperiscono al fabbisogno delle sopracitate attività. A perfezionare il sistema di approvvigionamento idrico è presente una rete molto fitta di pozzi per estrazione dell’acqua dal sottosuolo (Figura 4).



Figura 4. Pozzi per uso irriguo della zona di studio. La loro posizione è stata riportata nella Figura 8. Pozzo a – 182771, pozzo b – 182745.

3.3. Morfologia della zona presa in esame

Nella Figura 5 è possibile percepire la morfologia della vallecola in destra orografica del Canal Maestro della Chiana, nella quale scorre il torrente Vingone. Proprio nel tratto di valle sullo sfondo della foto sono ubicati i pozzi fotografati precedentemente, nonché numerosi altri pozzi presi in esame in questo studio. In questo punto il fondovalle è largo circa 200 m e viene a raccordarsi alle colline circostanti con pendii non molto scoscesi, ma talvolta incisi da piccoli torrenti a regime effimero.



Figura 5. Foto della valletta posta in destra orografica del Canal Maestro della Chiana, ripresa dai conoidi posti nel versante settentrionale. Nel fondovalle scorre il torrente Vingone e a destra si nota l'abitato di Castiglion Fiorentino.

Grazie alle elaborazioni effettuate con l'ausilio del software ArcGis® 9.2, si possono trarre alcune interessanti conclusioni dal punto di vista morfologico. Nella Figura 6 è rappresentata la carta dell'elevazione del territorio, in formato raster, ottenuta dalla interpolazione delle quote delle curve di livello estratte dalle sezioni CTR. La grafica ci presenta in modo chiaro e dettagliato l'andamento della morfologia dell'area di studio e l'altimetria della zona.

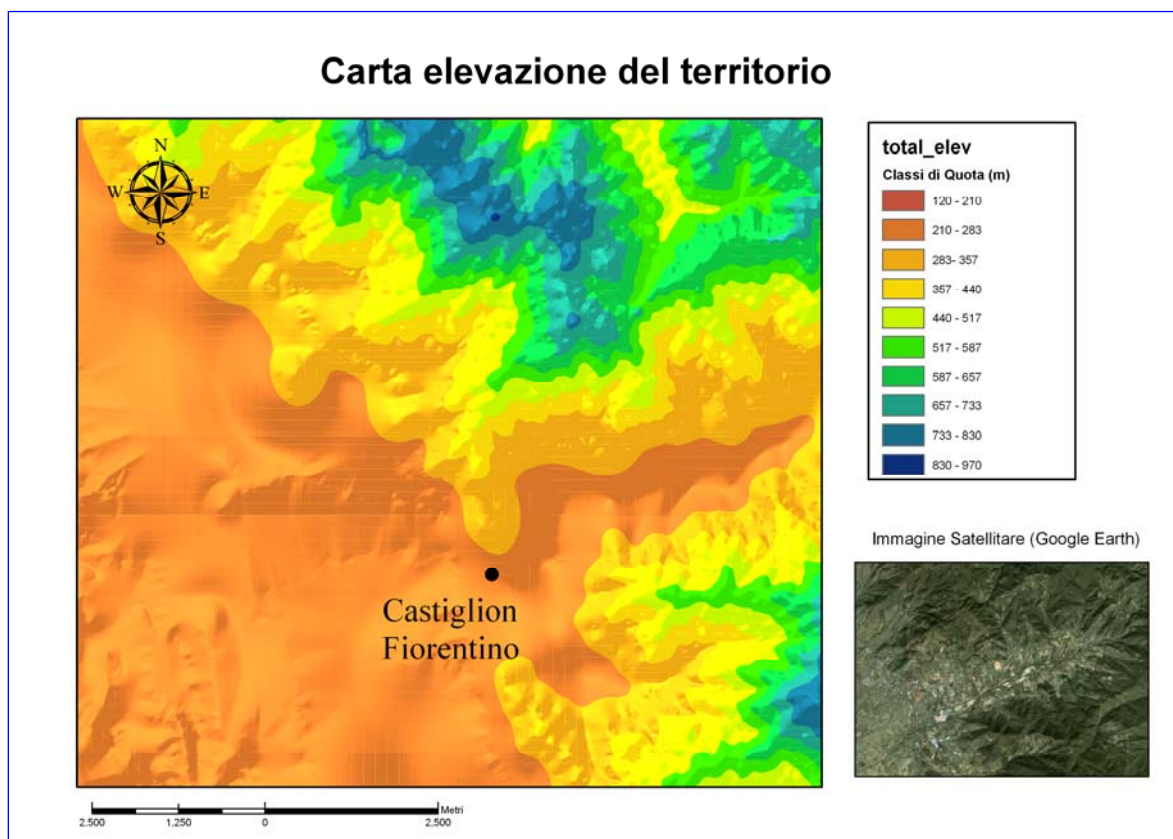


Figura 6. Carta delle elevazioni dell'area presa in esame, effettuata con l'ausilio del software ArcGIS® 9.2.

Dall'analisi dei valori della carta dell'elevazione si sono ricavate alcune caratteristiche di base sull'altimetria del territorio: esso si sviluppa tra i 120 m s.l.m. della pianura alluvionale e i 970 m s.l.m. dei rilievi costituiti da flysch. L'elevazione media si mantiene attorno ai 390 m. Dunque, dal punto di vista morfologico si tratta di una zona prevalentemente di medio-alta pianura tendente al collinare, dovuta alla storia tettonica distensiva e alla natura litologica dei sedimenti. La zona collinare prevale ai margini nord-orientali ed orientali dell'area dove si notano anche ampi conoidi. Inoltre, si è cercato di ottenere elaborazioni analoghe con il programma Rock Work. In questo caso però, la mappa è stata interpolata dal programma in base ai dati dei pozzi (posizione, profondità, stratigrafia, ecc.). Ossia, le informazioni sulla elevazione del territorio sono rappresentati puntualmente e non come nel caso precedente, dove venivano distribuite dalle curve di livello ogni 5 m. Si evince quindi dalla Figura 7, che la carta, sebbene abbia un andamento simile alla precedente, ha informazioni accurate nell'intorno della posizione di ciascun pozzo, altrimenti nel resto dell'area è stata applicata una interpolazione tramite software, spesso approssimativa rispetto alla realtà.

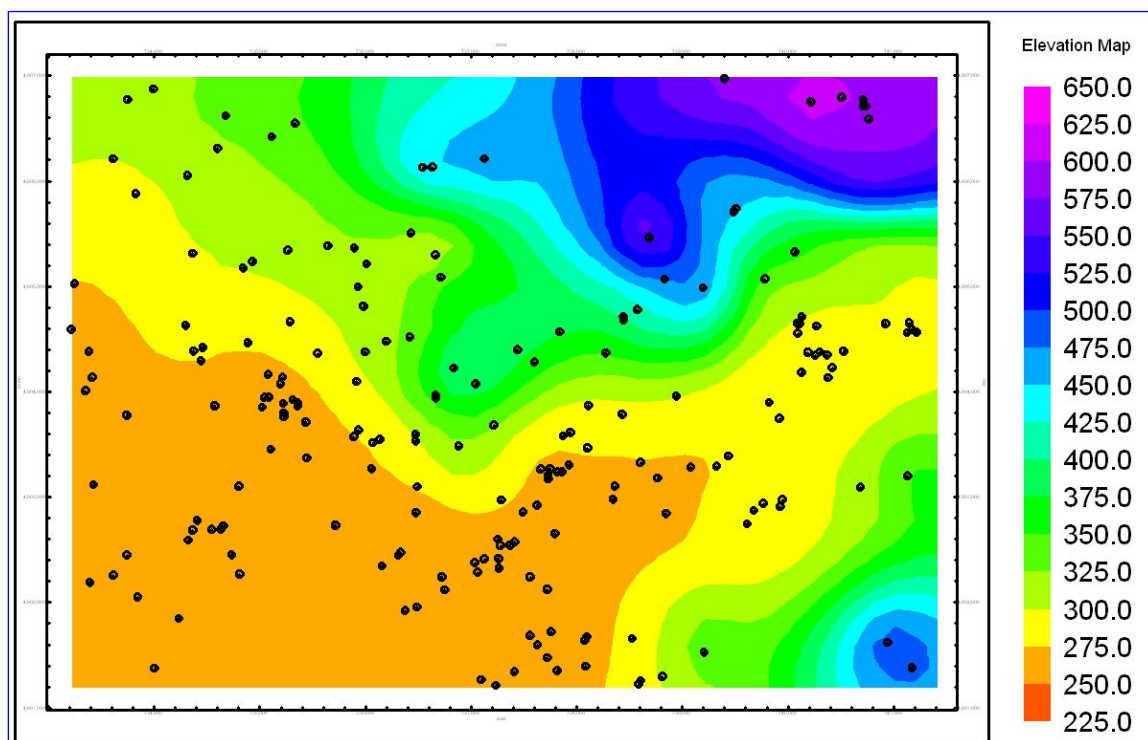


Figura 7. Carta delle elevazioni dell'area in esame ricostruita dal programma Rock Work 2006. I punti neri rappresentano la distribuzione dei pozzi.

Comparando le Figure 6 e 7, si evince facilmente la meno accurata interpolazione della topografia elaborata con RockWorks®. Avendo un maggior numero di pozzi e di informazioni ad essi correlate, esiste la possibilità di avere un maggior dettaglio nella ricostruzione delle mappe. Nonostante tutto, la carta ricostruita può fornire comunque informazioni generali per un primo inquadramento della zona.

3.4. Caratterizzazione generale dei pozzi

L'area di studio è densamente coperta da numerosi pozzi a scopo idrico, con profondità diverse ed effettuati da differenti squadre di perforazione. Le informazioni riguardano un numero di 198 pozzi. Nella Figura 8, effettuata con il software ArcScene®, viene rappresentata una carta in 3D della zona con la disposizione geografica dei pozzi. Come si evince dalla presente carta, i pozzi sono stati effettuati in modo random e il pozzo più profondo arriva fino a 250 m (evidenziato in azzurro) ma si trova però a 253 m sopra il piano campagna. Inoltre nella stessa figura viene evidenziata la posizione dei pozzi fotografati nella Figura 4 (evidenziati in azzurro con scritta gialla).

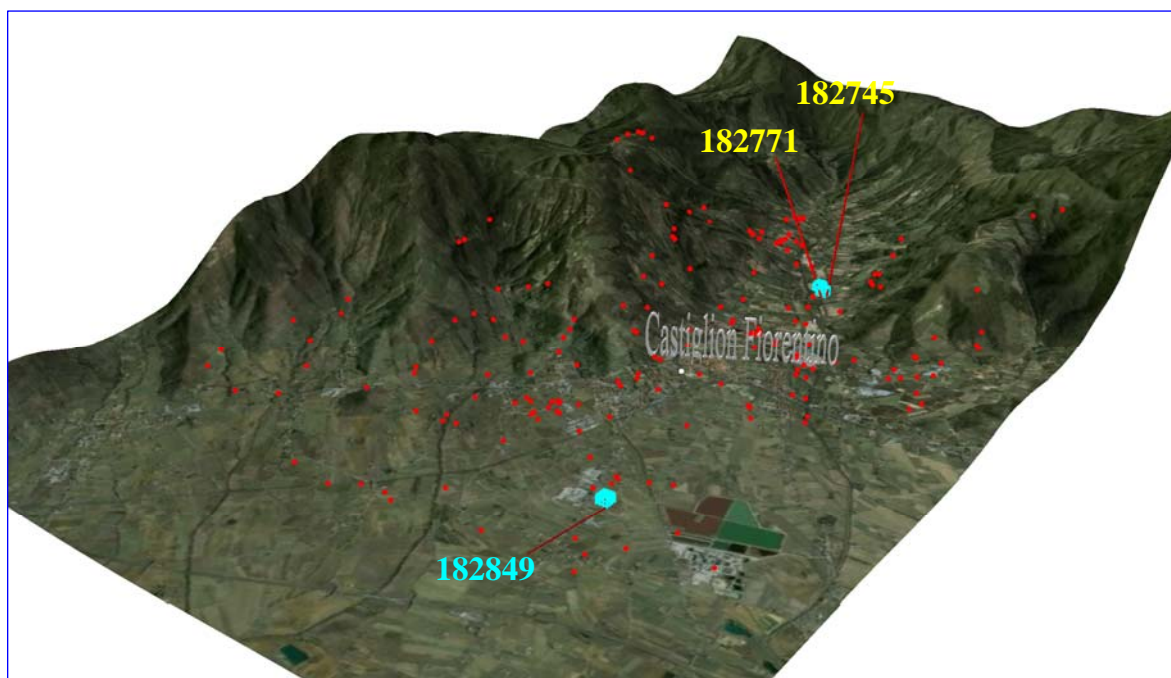


Figura 8. Rappresentazione in 3D della zona effettuata con ArcScene®. E' stato applicato un fattore 3 di esagerazione verticale per una miglior visualizzazione. In rosso sono evidenti tutti pozzi presi in esame. In azzurro senza etichetta la posizione del pozzo di maggiore profondità, in azzurro con etichetta gialla i pozzi di figura 4.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1. Genesi dell'Appennino Settentrionale

L'Appennino è una catena a falde tipicamente polifasica, formatasi a partire dal Cretacico durante l'orogenesi alpina e tuttora in corso. La storia deformativa dell'Appennino settentrionale è il risultato di due importanti momenti evolutivi dell'area mediterranea:

- 1) la collisione tra la placca africana e quella europea;
- 2) l'apertura del Mediterraneo occidentale.

Tale processo di collisione ha creato nell'Appennino Settentrionale una sovrapposizione tettonica di due grandi blocchi con caratteristiche continentali-autoctone (Adria) ed oceaniche-alloctone (presenza di ofioliti e flysch; unità Liguri). Le unità Liguri hanno abbandonato il loro substrato originario (perciò alloctone), che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da Sudovest verso Nordest (vergenza appenninica) sul blocco toscano, che ha avuto ruolo di avampaese. Testimonianze di questo processo si hanno dalla presenza di numerosi depositi di ofioliti e flysch. Se il processo di subduzione di litosfera oceanica sia avvenuto sotto il bordo europeo o sotto al bordo apulo-africano (Adria) è ancora oggetto di discussione. Comunque, tale processo non ha potuto interessare anche le coperture sedimentarie, troppo leggere per essere trascinate in profondità. Esse si sono scollate dal loro substrato ofiolitico (o hanno conservato alla loro base solo piccoli frammenti del medesimo) e si sono accatastate in una serie di embrici o falde sovrapposte denominate Liguridi.

La prima fase del raccorciamento “fase ligure” si è conclusa all'Eocene medio (circa 37 Ma fa), con la chiusura dello spazio oceanico e con la collisione dei due blocchi continentali (attuale Mar Tirreno). Essendo gli strati ancora sotto il livello del mare, sopra venivano depositate, in discordanza, nuovi depositi marini (successione epiligure)⁴.

⁴ http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino/Articolo_Plesi.pdf,

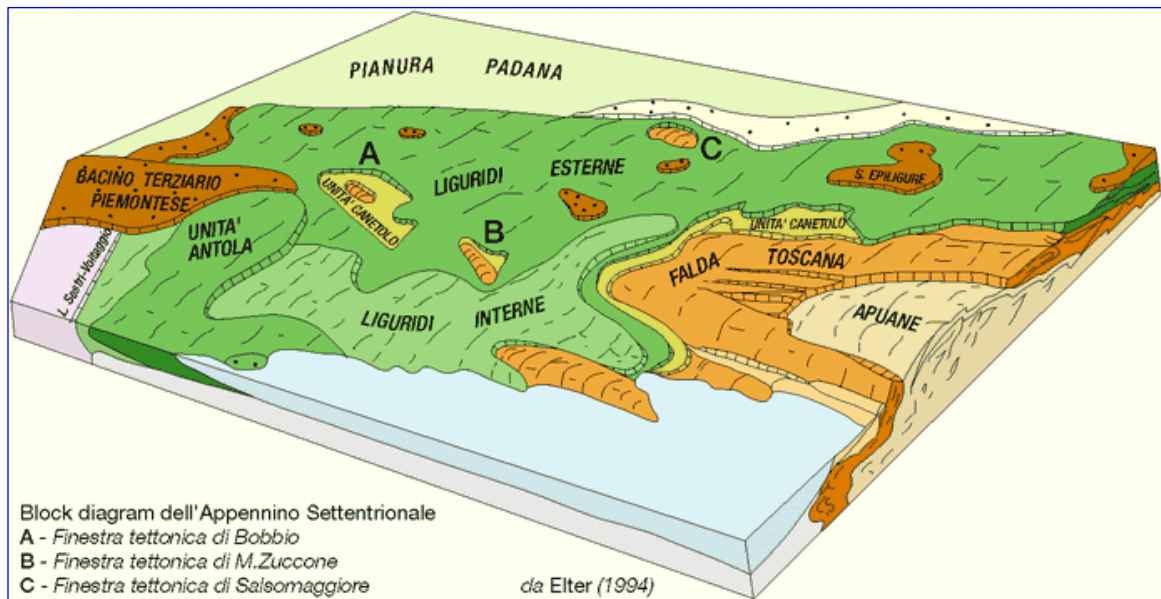


Figura 8. Rappresentazione semplificata delle unità tettoniche dell'Appennino Settentrionale⁵.

Nella “fase toscana”, soprattutto nel margine apulo–africano, l'Appennino ha subito un'intensa deformazione creando così nuove falde (attuale zona del Tirreno orientale e della Toscana costiera). I movimenti di questa fase sono stati caratterizzati da un generale spostamento verso l'esterno, cioè verso l'Adriatico, in modo tale che le formazioni in origine più distanti dal continente africano (Liguridi) sono andate ulteriormente a sovrapporsi a quelle nella prossimità del margine africano (successioni subliguri, toscane ed umbro-marchigiane).

Nelle falde più basse della struttura pre-appenninica è avvenuto un metamorfismo di alto grado per le elevate condizioni termobariche ed è iniziato anche un processo di sollevamento isostatico. Tale fase toscana viene considerata come l'inizio del processo orogenico vero e proprio (Oligocene sup. – Miocene inf., 25–20 Ma fa) e la parte più antica della catena è attualmente sepolta sotto il Mar Tirreno. Nelle zone più esterne (umbro–marchigiane) la orogenesi è arrivata un po' più tardi (tra 20–10 Ma fa).

Le fasi post-oligoceniche (da circa 28 Ma in poi) di costruzione della catena sono state accompagnate dalle potenti deposizioni delle coltri detritiche nelle fosse marine prospicienti la catena stessa (avanfosse) progressivamente sempre più recenti verso l'esterno. L'alimentazione di tali avanfosse derivava dai rilievi mediterranei già emersi e soprattutto dalle Alpi ⁶.

⁵ http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino/Articolo_Elter.pdf.

⁶ Ernesto Abbate, Valerio Bortolotti, Pietro Passerini, Mario Sagri, 1970, *Introduction to the geology of the Northern Apennines*, Amsterdam, *Sedimentary Geology* – Elsevier Publishing Company, Pages 207–249,

4.2. La genesi della Val di Chiana

La Val di Chiana fa parte di un più esteso bacino pliocenico della lunghezza di oltre 100 km, che si estende nella Val di Chiana stessa, nella bassa Val di Paglia e nella media Valle del Tevere.

La genesi della Val di Chiana si colloca nella fase miocenica dell'era terziaria, periodo in cui nella posizione dell'attuale Toscana era presente un mare con profondità inferiori ai 200 m. Verso la fine del Pliocene i depositi sabbiosi cominciarono ad emergere, creando così un golfo con la fisionomia di un'ampia conca lacustre. Tale conca, estesa ad Est, ha compreso l'attuale bacino trasimenico, la cui origine viene associata alle fasi finali dell'orogenesi appenninica. Di seguito, verso il Pleistocene, si sono verificati accentuati fenomeni di sedimentazione fluvio-lacustre, derivati dall'azione del fiume Clanis, che hanno contribuito alla separazione del Trasimeno dalla Val di Chiana⁷.

4.3. Cartografia geologica

L'area in esame ricade in quattro fogli della Carta Geologica Ufficiale Italiana in scala 1:100,000. Essi sono: Foglio n° 114 Arezzo, Foglio n° 115 Città di Castello, Foglio n°121 Montepulciano e Foglio n° 122 Perugia.

Nel presente lavoro si è quindi preliminarmente provveduto alla integrazione delle informazioni delle quattro suddette carte, che spesso utilizzano nomenclatura differente per le stesse unità geologiche. In tale situazione, si è ritenuto opportuno produrre una legenda unificata e semplificata in modo che le formazioni corrispondenti risultassero con lo stesso nome. La legenda proposta è riportata in figura 9.

Inoltre, in base alle elaborazioni con il programma GIS, è stato possibile creare una carta geologica semplificata della zona. In altre parole, è stata effettuata una digitalizzazione della carta geologica, riportando la nomenclatura delle formazioni presenti. Tale carta semplificata aiuta la lettura di sintesi delle caratteristiche geologiche della zona.

4.4. Stratigrafia delle formazioni presenti nell'area di studio

La stratigrafia della zona è stata ricavata dalla cartografia geologica e dalle informazioni dei perforatori. Nella zona d'interesse, la sequenza stratigrafica locale è stata rappresentata in modo semplificato nella figura 11. Nei paragrafi successivi sarà caratterizzata in modo dettagliato ogni formazione distinta.

⁷ <http://www.bonificachiana.it/editor.asp?Tipo=storia&carattere=medio#VicendeGeologiche>,

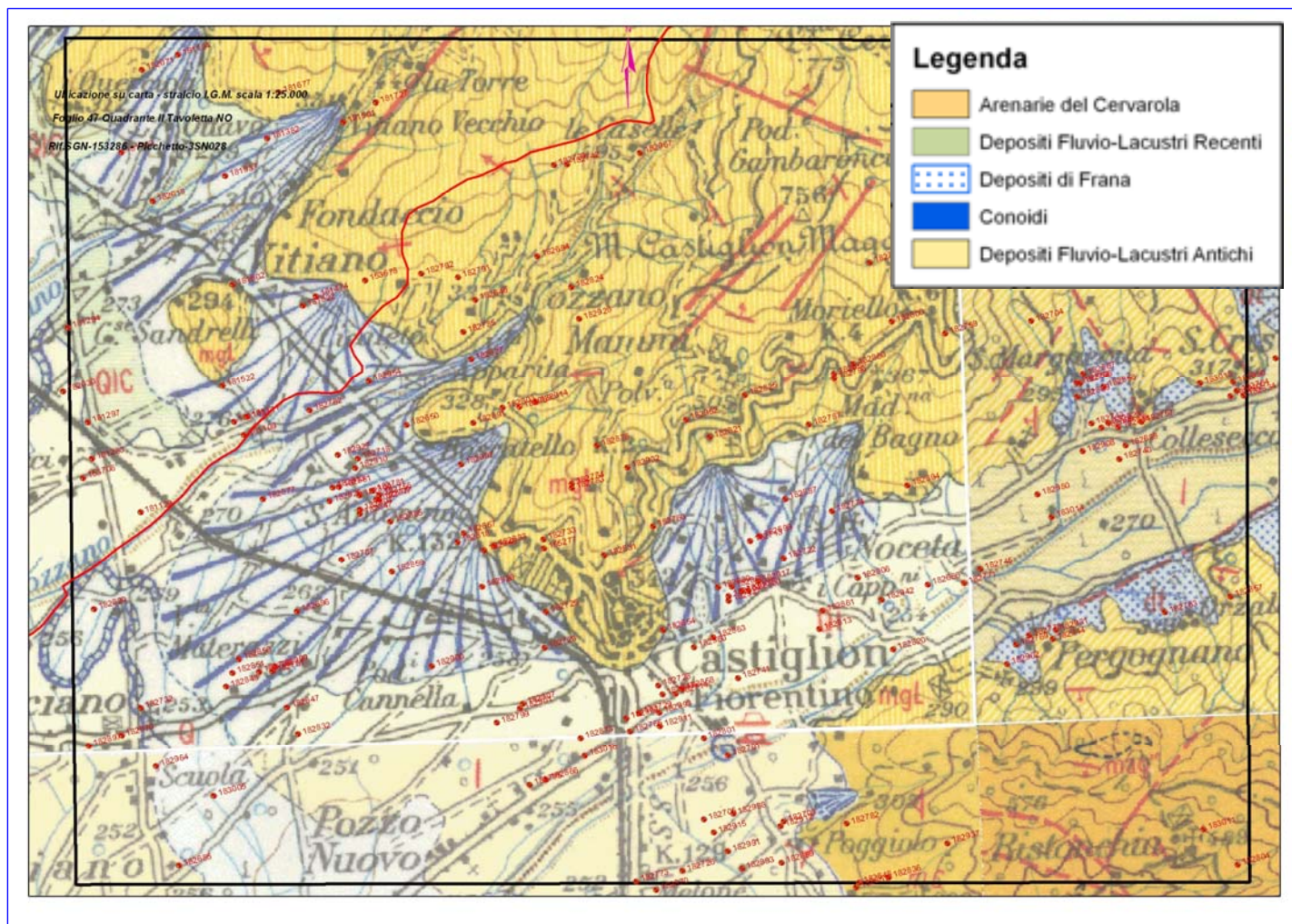


Figura 9. Carta geologica dell'area d'interesse (dai fogli 114, 115, 121 e 122 della Carta Geologica d'Italia).

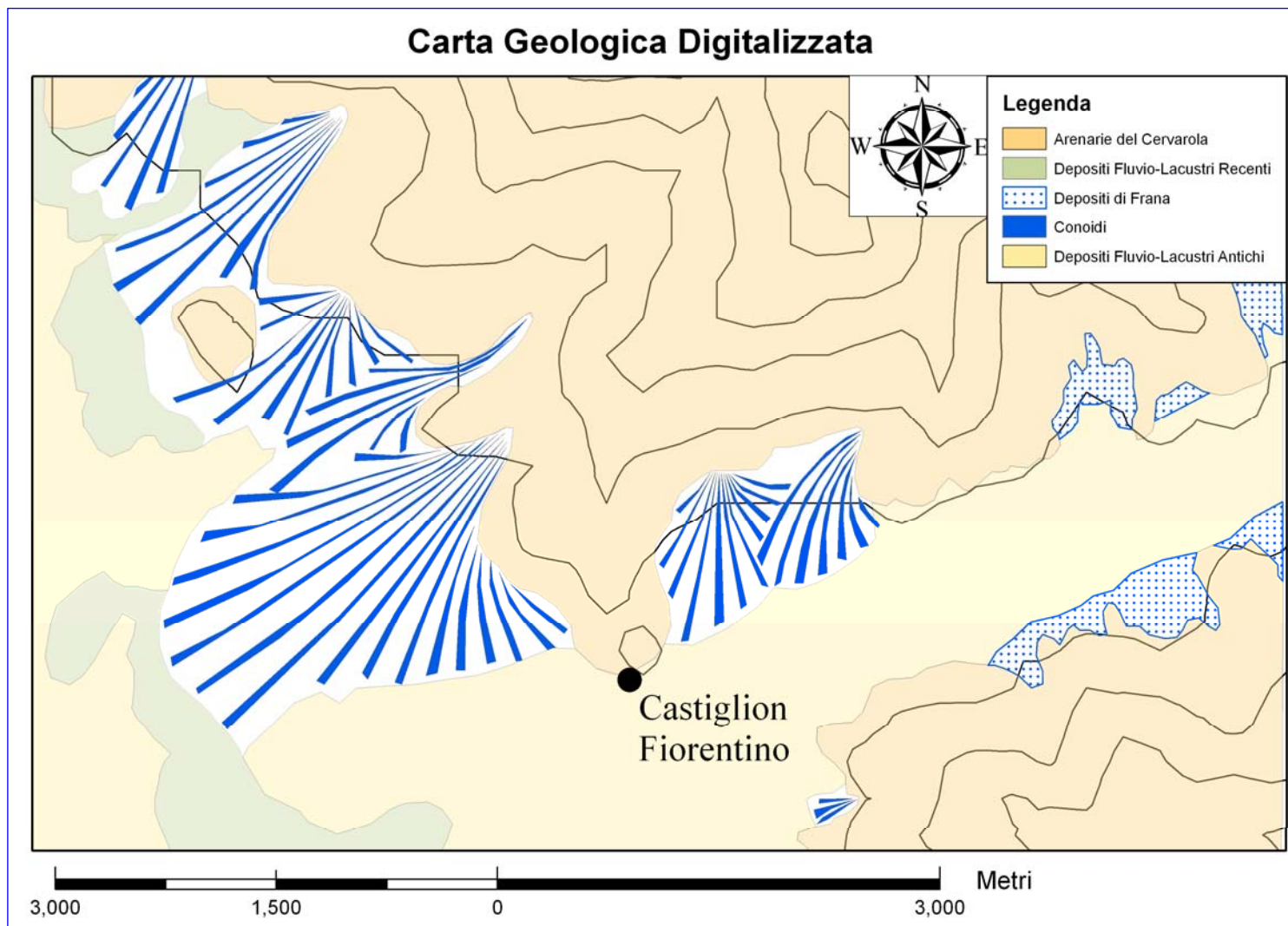


Figura 10. Carta geologica semplificata e digitalizzata, creata con l'ausilio del programma ArcGIS 9.2.

CRONOSTRATIGRAFIA					LITOSTRATIGRAFIA DEI FOGLI		DESCRIZIONE
					Terreno di copertura		Terreno di copertura - varie descrizioni dei primi metri del terreno, come terreno vegetale, suolo agrario, copertura eluvionale ecc.
Cenozoico	Quaternario		Olocene		Conoidi		Conoidi - formazioni morfologici che prendono forma di un ventaglio aperto verso valle. Composti di sabbie, ghiaie, ciottolame e in generale del materiale detritico, con la prevalenza delle forme eteromentriche.
					(detrito di falda e frana)		Depositi fluvio-lacustri recenti - i più antichi si presentano cementati, mentre quelli più recenti sono sciolti.
					(Depositi fluvio-lacustri)		Depositi fluvio-lacustri recenti - ciottolame, sabbie e sabbie argillose di origine alluvionale e di colmata, melme lacustri e palustri di epoca attuale e recente.
			Pleistocene	Superiore	(Depositi fluvio lacustri)/ (Depositi fluvio-lacustri della Chiana)	Depositi fluvio-lacustri antichi - in successione partendo dalla base si hanno: argille plastiche azzurre, argille con lenti a ciottoli e alternanze di livelletti argilloso-sabbiosi con ciottolame./Sabbie, argille e ciottoli, appartenenti all'ultima fase di deposito nel bacino della Chiana.	
				Inferiore			
			Terziario	Neogene	Pliocene	Superiore	Macigno s.l.
		Inferiore					
	Miocene	Superiore					
		Medio					
		Inferiore					
Paleogene	Oligocene	Superiore					
		Inferiore					

Figura 11. Schema della sequenza stratigrafica dei depositi presenti nell'area di studio. Nella colonna "litostratigrafia dei fogli" vengono riportate le sigle utilizzate nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, fogli 114, 115, 121 e 122.

4.4.1. Arenarie del Cervarola

I depositi più antichi, affioranti nel territorio vengono datati all'Oligocene inf. e sono distinti con il nome di **Arenarie del Cervarola**. In questo lavoro, per la necessità di semplificazione della stratigrafia di riferimento, vengono considerati come sinonimi di tale sequenza la Formazione di Londa e il Macigno del Mugello. Tale scelta viene giustificata con il fatto che le differenze stratigrafiche tra una formazione e l'altra non sono esattamente chiare ed esplicite. Quindi si considera che questa approssimazione potrebbe essere plausibile e non comporta errori significativi per le successive elaborazioni.

Dal punto di vista geologico la sequenza delle Arenarie del Cervarola, viene definita come un flysch di origine torbidityta composto da arenarie quarzoso-feldspatiche gradate (con granulometrica variabile da fine a molto grossolana) alternate a siltiti e argilliti scistose e marne. Lo spessore degli strati di arenaria è piuttosto rilevante e raggiunge qualche volta alcuni metri. Invece lo spessore delle siltiti e argilliti scistose situati al tetto di ogni strato torbiditytico di arenaria è abbastanza ridotto (Figura 12)⁸.



Figura 12. Arenarie del Cervarola, alternanza di livelli arenacei e marnosi.

Tale formazione di flysch è stata depositata in un ambiente marino profondo caratterizzato da sistemi di conoidi torbiditytici, nell'ambito di un bacino di avanfossa. L'unità strutturale di appartenenza delle Arenarie del Cervarola è la Falda Toscana, di cui costituisce la porzione sommitale. Nel territorio studiato tale formazione ricopre l'intervallo Miocene Inferiore - Miocene medio.

⁸ G.Merla, E. Abbate, 1967, Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 114 - Arezzo, Roma,



Figura 13. Tipica sequenza flyschoides dell'Appennino settentrionale, foto scattata presso il Passo Mandrioli, a circa 100 km a nord dell'area di studio.

4.4.2. Depositi fluvio-lacustri

Successivamente, dopo una lacuna stratigrafica tra il Miocene sup. ed il Pleistocene inf., nella zona d'interesse sono stati messi in posto sedimenti quaternari, quali i depositi **fluvio-lacustri antichi** del Pleistocene sup. e i **depositi fluvio-lacustri recenti** dell'Olocene. La presenza di tali depositi si è verificata in seguito alle fasi distensive, probabilmente connesse all'apertura, più ad Ovest, del Mar Tirreno, responsabile della strutturazione della catena. Durante questo processo la litosfera continentale si assottigliava progressivamente (rifting) sottoposta ad una trazione, ed iniziavano a formarsi una serie di fosse di origine tettonica (graben) e dorsali (horst) parallele alla catena. Tali fosse intermontane, chiamate anche bacini intermontani, sono stati riempiti da sedimenti provenienti dall'erosione dei rilievi appenninici ed apuani. Prevalentemente si tratta di depositi argillosi e sabbiosi con intercalazioni di limi e qualche volta di ghiaie.

4.4.3. Conoidi

Tra i materiali più recenti troviamo dei **conoidi di deiezione**, depositi lungo i versanti delle aree sollevate a ridosso dei depositi quaternari. I conoidi, in questo settore, generalmente sono composti da una massa non omogenea di depositi di argille, sabbie con i livelli ghiaiosi e detriti rocciosi. Dal punto di vista della sequenza stratigrafica e cronologica, è evidente che i conoidi sono stati depositi posteriormente ai sedimenti fluvio-lacustri, come si evince anche dalla carta geologica.

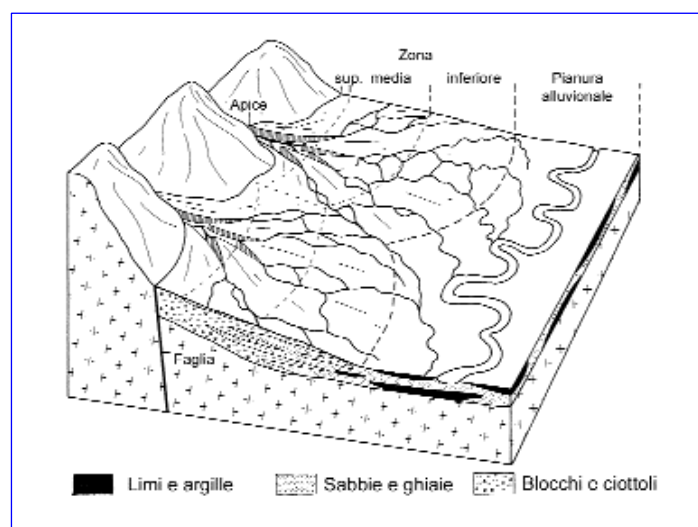


Figura 14. Schema del processo di formazione dei conoidi alluvionali ⁹.

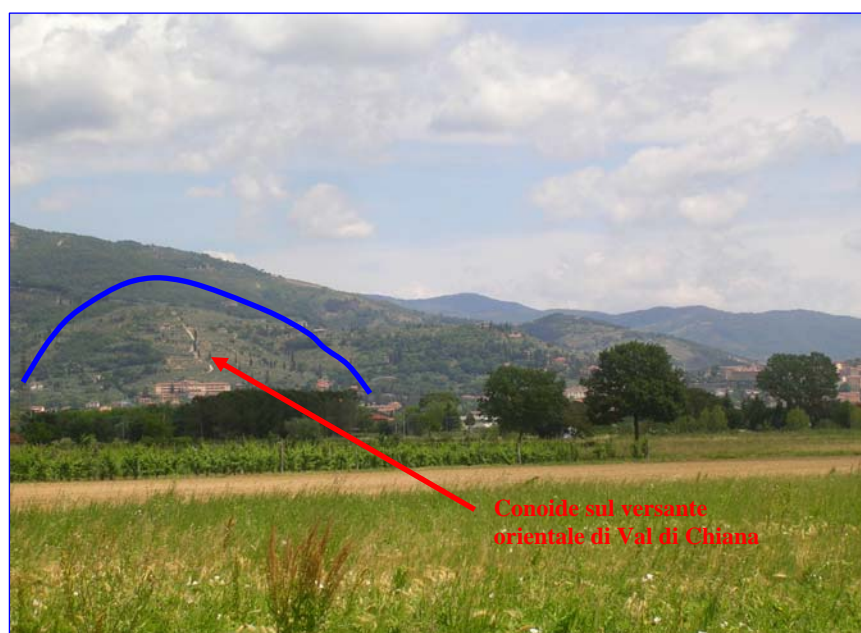


Figura 15. Esempio di un conoide presente in Val di Chiana. Foto scattata dalla parte centrale della valle; in fondo a destra si nota l'abitato di Castiglion Fiorentino.

⁹ http://www.igmi.org/pubblicazioni/atlante_tipi_geografici/pdf/13.pdf.

4.4.4. Depositi olocenici

Secondo la carta geologica scala 1:100.000 dei fogli di riferimento, i depositi più recenti presenti nella zona, sono rappresentati da detriti di frana composti principalmente da arenarie. Tali depositi, posti principalmente nelle aree propense alla formazione di queste strutture, in carta vengono rappresentati ai bordi della valle del torrente Vingone (cartina). Generalmente la formazione delle Arenarie del Cervarola presenta caratteristiche di buona stabilità ad eccezione dei punti dove, per la disposizione a franappoggio degli strati o per un'intensa fratturazione, si ha propensione ai fenomeni franosi. Stabilizzati dalla vegetazione, oramai poco visibili e identificabili, tali depositi assomigliano morfologicamente ai conoidi.

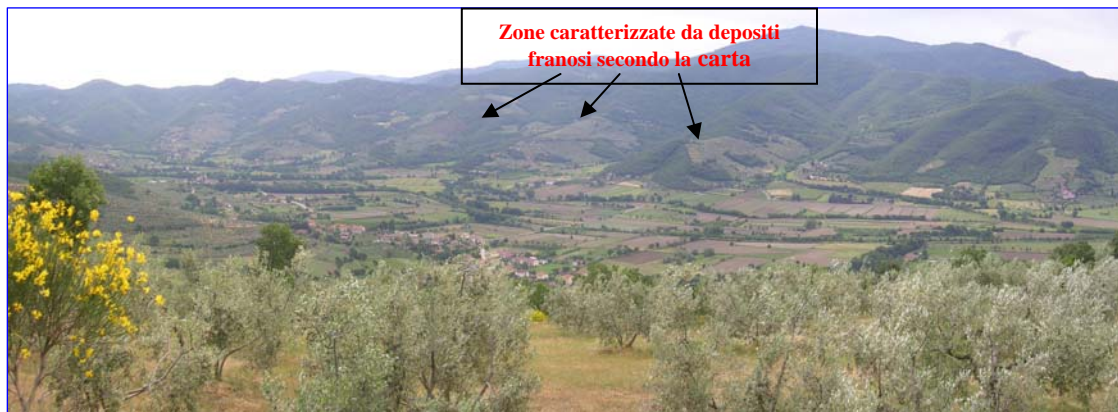


Figura 16. Foto di una delle vallette laterali della Val di Chiana. Nel fondovalle scorre il Torrente Vingone, mentre in fondo si notano le morfostrutture che assomigliano ai conoidi, sede di depositi franosi antichi, oggi ricoperti completamente dalla fitta vegetazione.

Inoltre, in tutta la zona è stato identificato un terreno di copertura, generalmente di spessore di 1-2 m, che copre in modo abbastanza omogeneo tutta l'area di studio. Si tratta di terreno vegetale prevalentemente coltivato a grano, mais ed olivi sui versanti esposti al Sud.

5. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Da punto di vista idrogeologico la zona in esame può essere caratterizzata da alcuni complessi idrogeologici. Tali complessi vengono identificati in base alle loro caratteristiche idrogeologiche quali soprattutto la permeabilità, trasmissività e la connessa presenza di falde acquifere. Tali caratteristiche idrogeologiche hanno permesso di distinguere tre principali complessi che vengono di seguito descritti.

5.1. Complesso delle Arenarie del Cervarola

Nelle unità flischoidi (Arenarie del Cervarola) sono presenti acquiferi di limitato spessore. Sono in grado di alimentare piccole sorgenti e sostenere soprattutto il flusso di base del reticolo idrografico. Sono diffusamente presenti strati parzialmente o totalmente impermeabili, costituiti da argilliti, che limitano la circolazione verticale d'acqua.

5.2. Complesso dei Depositi fluvio-lacustri

I depositi fluvio-lacustri sono caratterizzati da un grado variabile di attitudine all'infiltrazione delle acque meteoriche. Generalmente tale infiltrazione avviene sia direttamente che indirettamente dal reticolo fluviale, sia da una discreta circolazione sotterranea. Perciò questi depositi sono di solito sede di acquiferi mediocri, solitamente a falda confinata e con una trasmissività variabile (da 10^{-3} a 10^{-5} m²/s).

5.3. Complesso dei Conoidi

I depositi dei conoidi raramente presentano al loro interno falde acquifere. Questo fatto deriva dalla loro impossibilità di trattenere l'acqua, in quanto sono passivamente attraversati dalle acque di infiltrazione, cioè hanno uno scarso coefficiente di immagazzinamento, come tipicamente è rilevato per i materiali non coerenti¹⁰.

¹⁰ <http://www.sienanatura.net/chianainquadramentoidro.htm>

6. ELABORAZIONE DEI DATI

6.1. Applicazione del programma Rock Work

In questo lavoro è stata utilizzata la nuova versione del programma RockWorks2006. Questo software viene recentemente applicato nelle elaborazioni dei dati geologici. Attraverso le sue funzioni si è in grado di analizzare i dati inseriti da vari programmi (in questo caso dal programma Excel) e visualizzarli mediante varie mappe e diagrammi. In particolare RockWorks2006 consente di visualizzare le informazioni inerenti alla geologia del sottosuolo. Lo fa attraverso *log* di pozzo, profili geologici, modelli in 2 e 3D di varia derivazione: geologica, idrogeologica e strutturale. Come primo approccio generale si è provveduto alla interpolazione della superficie topografica, mediante la quota del piano campagna dei pozzi in esame (Figura 20). L'applicazione di tale software e i risultati ottenuti dall'interpretazione degli elaborati prodotti vengono presentati nei paragrafi successivi.

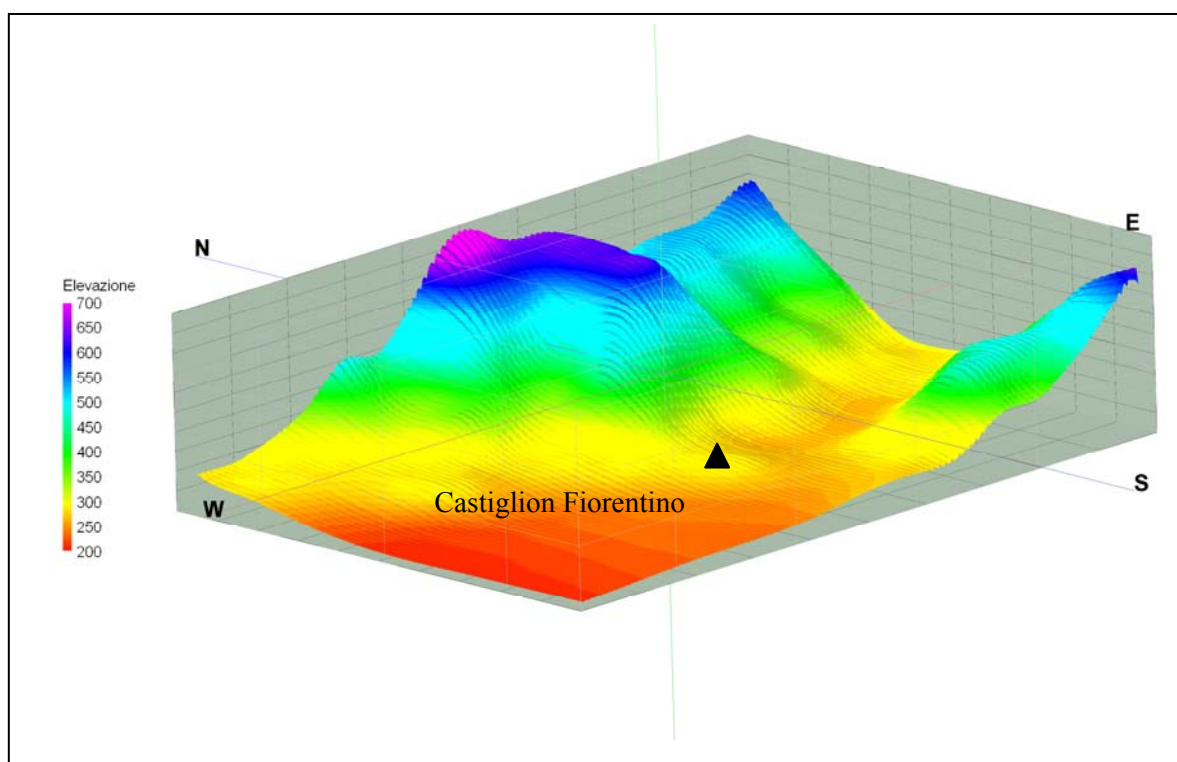


Figura 20. Superficie topografica (esagerazione verticale x 4) della zona in esame. Modello effettuato con la funzione Map nelle *utilities* utilizzando come algoritmo di calcolo *inverse distance* (opzione *weighting exponent*: 2.0; opzione di *Sector - Based Searching* attivata, *percent* 10, *sector angle*: 15 degrees) del software RockWork2006.

6.2. Modelli geologici – opzione *lithology*

Per consentire al programma la elaborazione dei vari modelli è importante creare un apposito database che contiene al suo interno tutte le informazioni che occorrono, ossia i dati che descrivono i pozzi in esame. Nel caso del presente elaborato erano disponibili informazioni sulle coordinate geografiche di ciascun pozzo e sulla sua descrizione litologica, con le relative profondità indicanti il tetto e il letto di ciascun livello attraversato in sondaggio. Tali dati sono stati utilizzati per iniziare con le prime modellazioni.

Come prima applicazione, tramite RockWork si è provveduto, in base ai suddetti dati opportunamente trasferiti in un file Excel, alla costruzione di un diagramma dei *logs* dei singoli pozzi della zona. Analizzando le informazioni della litologia di ogni singolo pozzo, il programma è in grado di rappresentare tale litologia attraverso un modello composto da tante colonne stratigrafiche. La particolarità si nota nella distribuzione spaziale reale di tutti i pozzi. In pratica oltre i dati litologici esso prende in considerazione la posizione geografica e la posizione sulla superficie topografica di ciascun pozzo, grazie alla quale ogni *log* viene posizionato in un modello, ottenendo una ricostruzione in 3D piuttosto precisa e prossima alla realtà. Inoltre, si nota chiaramente che oltre alla distribuzione geografica, nei pozzi viene segnalata la loro profondità e la relativa divisione litologica (Figura 21).

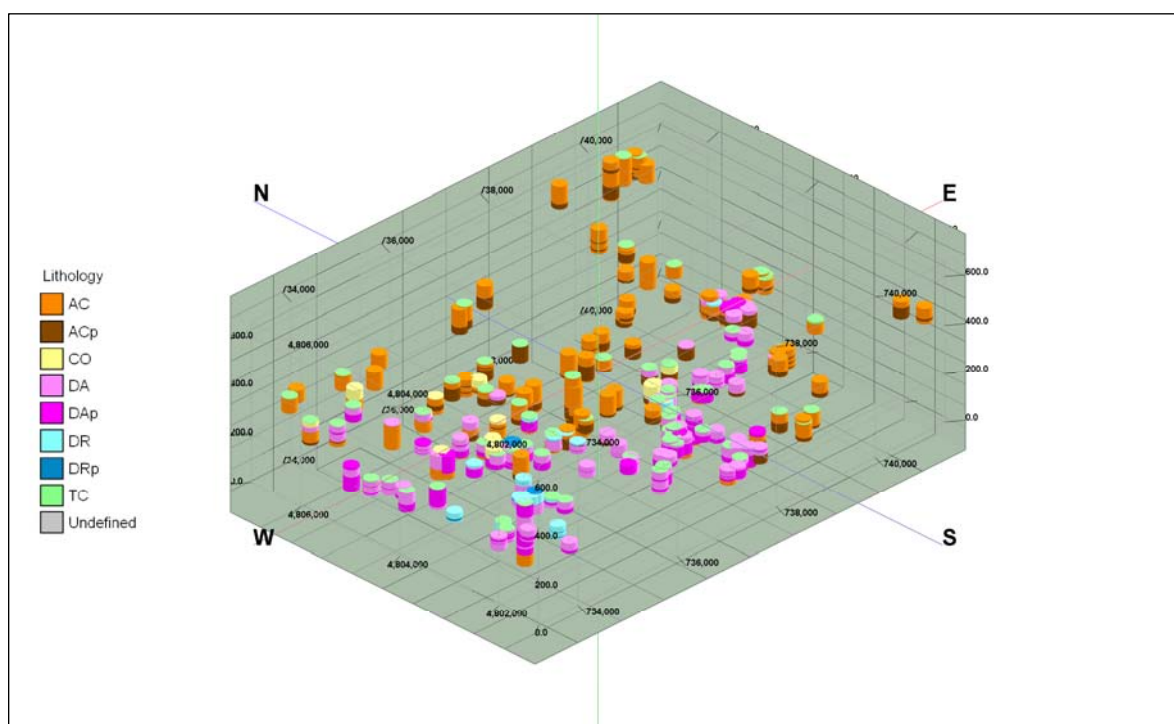


Figura 21. La rappresentazione dei *logs* dei singoli pozzi attraverso la funzione *model* del software RockWork (esagerazione verticale x 4).

(AC – Arenarie del Cervarola, ACp – Arenarie del Cervarola permeabili, CO – Conoidi, DA – depositi fluvio-lacustri antichi, DAp – depositi fluvio-lacustri antichi permeabili, DR – depositi fluvio-lacustri recenti, DRp – depositi fluvio-lacustri recenti permeabili, TC – terreno di copertura).

Come si evince chiaramente dalla Figura 21 nelle parti occupate dalla pianura i pozzi presentano una stratigrafia composta prevalentemente dai depositi fluvio-lacustri antichi (DA) localmente aventi discreta permeabilità (DAp). Mentre i rilievi collinari mostrano una stratigrafia caratterizzata da abbondanti depositi di Arenarie del Cervarola (AC), anche questi localmente permeabili (ACp).

La Figura 21 non dà una chiara idea di come siano distribuiti i pozzi sulla superficie topografica, perciò si è ritenuto opportuno di provare ad ottenere un modello che oltre ai dati litologici tenesse conto dell'andamento della topografia della zona in esame (Figura 22).

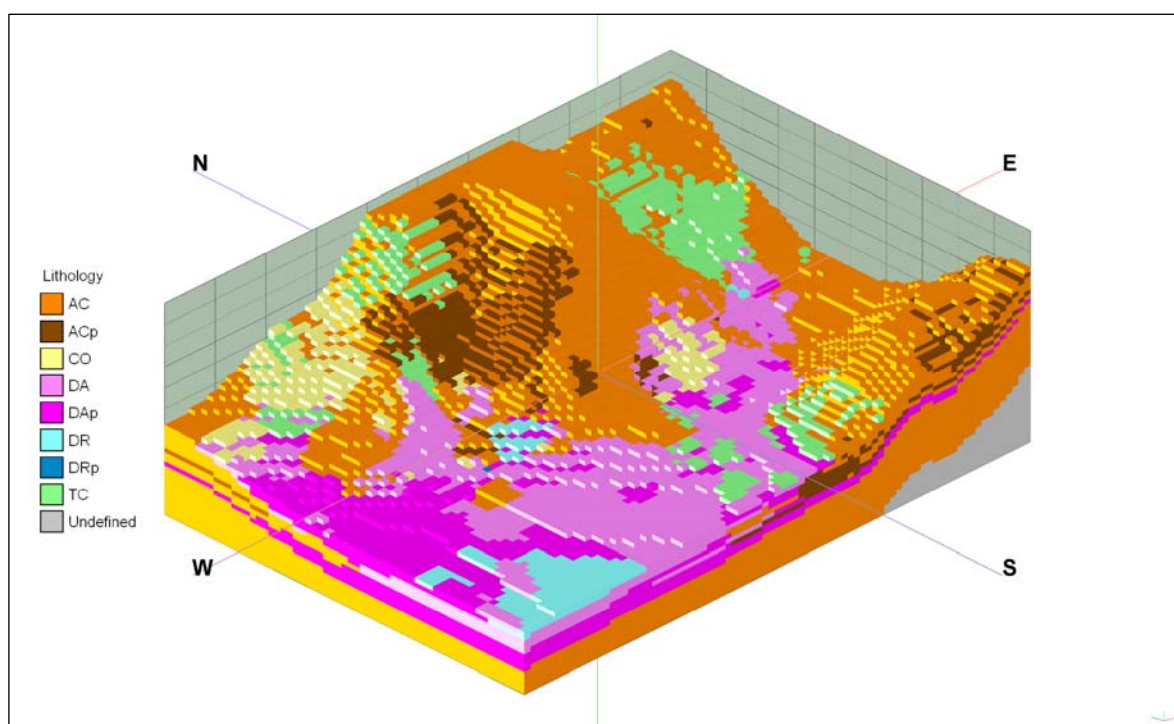


Figura 22. Modello litologico con interpolazione della superficie topografica.

(AC – Arenarie del Cervarola, ACp – Arenarie del Cervarola permeabili, CO – Conoidi, DA – depositi fluvio-lacustri antichi, DAp – depositi fluvio-lacustri antichi permeabili, DR – depositi fluvio-lacustri recenti, DRp – depositi fluvio-lacustri recenti permeabili, TC – terreno di copertura).

Dalla Figura 22 si evince chiaramente come si presenta la situazione geologica in profondità nell'area presa in esame. Infatti, si percepisce più chiaramente la presenza e la posizione dei vari strati litologici, che sono stati interpolati tramite software a partire dalle informazioni riportate nel database dei pozzi.

6.3. Opzione *stratigraphy*

Per conoscere meglio la situazione idrogeologica, innanzitutto si è provveduto alla compilazione di un adeguato file Excel, riorganizzando le informazioni presenti nel database. Come si evince dalla Tabella 2, ciascun pozzo è stato distinto in strati di vari spessori, non sempre corrispondenti alla loro suddivisione litologica originaria, ai quali è stata associata l'informazione riguardo alla presenza o all'assenza della falda acquifera. Tale ricostruzione, per ogni pozzo, è stata effettuata in base alle informazioni riportate dai perforatori al momento della terebrazione, nonché dall'analisi della carta geologica. Oltre ai dati descrittivi dei perforatori, i quali specificano il tipo di materiale e l'eventuale presenza di acqua, sono state individuate le profondità relative ai livelli statici di ciascun pozzo. Incrociando le differenti informazioni riguardo la presenza della falda acquifera, il grado di fratturazione della roccia, la porosità del materiale incontrato e le caratteristiche idrogeologiche generali dei materiali rilevati si sono potuti individuare i possibili acquiferi e la loro successione stratigrafica.

codice pozzo	prof_tetto	prof_letto	descr_liv
AREZZO - 153649	0	30	ACQUICLUDO1
AREZZO - 153649	30	42	ACQUIFERO1
AREZZO - 153649	42	100	ACQUICLUDO2
AREZZO - 153649	100	149	ACQUIFERO2
AREZZO - 153649	149	154	ACQUICLUDO3
AREZZO - 153678	0	3	ACQUICLUDO1
AREZZO - 153678	3	30	ACQUICLUDO1
AREZZO - 153678	30	50	ACQUIFERO1
AREZZO - 153678	50	65	ACQUICLUDO2
AREZZO - 153696	0	5	ACQUICLUDO1
AREZZO - 153696	5	70	ACQUICLUDO1
AREZZO - 153696	70	100	ACQUIFERO1

Tabella 2. Esempio del file Excel con la codifica dei pozzi. Nella cartella Stratigraphy, a vari intervalli di profondità, vengono associate le codifiche riguardanti la presenza oppure no delle falde acquifere e quindi operata la distinzione tra livelli acquiferi ed acquiclude.

6.3.1. Aspetti Idrogeologici

La Figura 23 presenta in modo grafico la distribuzione delle falde acquifere e degli acquicludi effettuata grazie alle informazioni contenute nel database codificato, il cui esempio è stato presentato nella Tabella 2. Nel modello sono inseriti i *log* dei pozzi per poter meglio controllare e verificare l'interpolazione del programma RockWorks. In questa figura si è provveduto ad unificare tutti gli acquiferi appartenenti alle diverse formazioni geologiche: l'ACQUIFERO1 delle Arenarie del Cervarola e l'ACQUIFERO1 dei depositi fluvio-lacustri sono stati codificati secondo la medesima sigla ACQUIFERO1. Si è ritenuto opportuno, in questo caso, effettuare questo tipo di raggruppamento per poter delineare la situazione complessiva dell'intera area in esame.

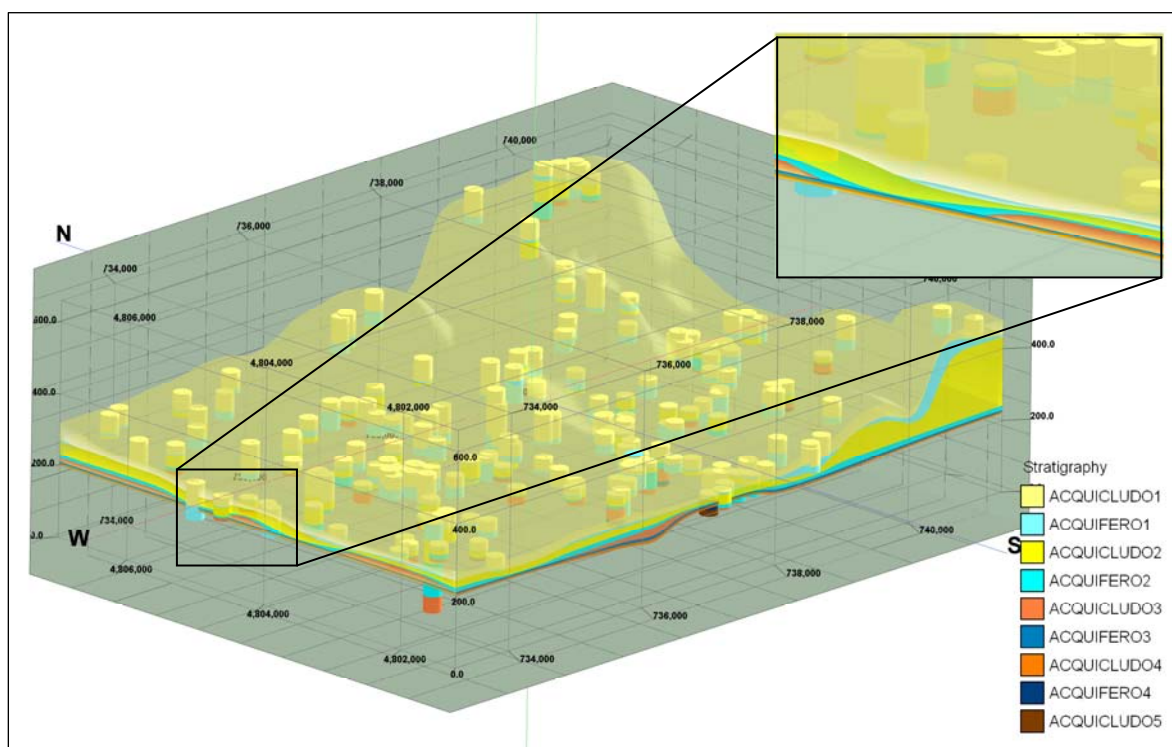


Figura 23. Rappresentazione grafica degli acquiferi e acquicludi, individuati nella zona d'interesse. Esagerazione verticale x 15.

Si evince chiaramente dalla Figura 23 come l'area in esame sia generalmente costituita da una serie di acquiferi e acquicludi giustapposti tra di loro. Per completare la figura sono stati messi in evidenza i pozzi dai quali il programma ha interpolato le superfici delle falde. Nella immagine ingrandita si può notare come i primi quattro strati (acquicludo1, acquifero1, acquicludo2, acquifero2) rispettano le informazioni comprese nei *log* dei pozzi, creando livelli di vario spessore. Gli strati più profondi sono stati modellati secondo superfici quasi orizzontali e di uguale spessore, certamente non

corrispondenti alla situazione naturale. Tale fatto viene spiegato con la probabile mancanza di dati. In questo caso spesso il programma associa le informazioni dai pozzi troppo distanti compiendo un'approssimazione in molti casi esagerata e non corretta.

Per entrare meglio nel dettaglio della geometria degli acquiferi, si è provveduto alla raffigurazione del modello con la presenza di questi soltanto, ossia togliendo dal modello i livelli acquicludi. Come si vede in Figura 24 la geometria sotterranea è caratterizzata da falde sub-orizzontali distribuiti in modo abbastanza omogeneo e regolare, che seguono più o meno parallelamente la superficie topografica. Si può notare che il programma è in grado di interpolare esaustivamente soltanto tre dei quattro acquiferi. Anche in questo caso, infatti, la mancanza della superficie dell'ultimo ACQUIFERO4, deriva dal fatto che non vi sono pozzi in numero adeguato per elaborare una modellazione.

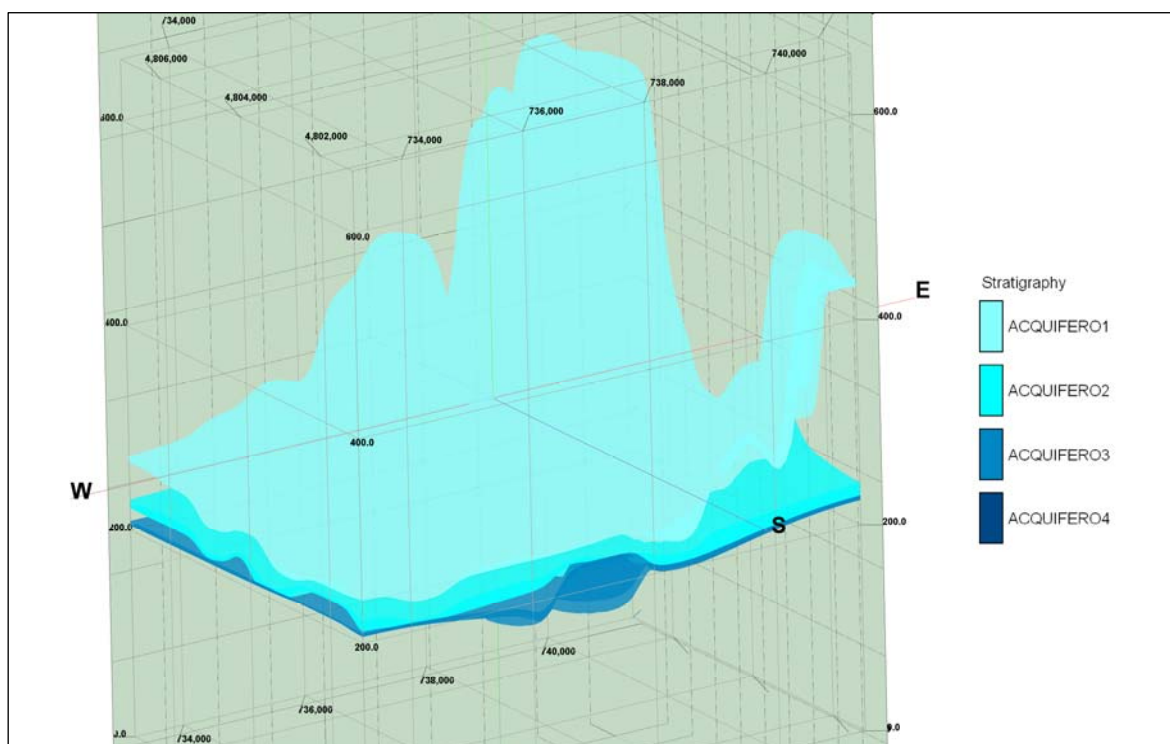


Figura 24. Modello degli acquiferi, distribuiti in tre falde sovrapposte che seguono l'andamento della superficie topografica. Evidente la mancanza dell'ultimo quarto acquifero. Esagerazione verticale x 15.

Per verificare se tale situazione descrive ciò che effettivamente si può trovare nella realtà, si è provveduto alla elaborazione di un altro modello, contenente anche in questo caso solamente gli acquiferi (Figura 25) dove alle informazioni idrostratigrafiche sono state associate quelle litologiche. Di conseguenza si può notare che nella zona d'interesse i differenti acquiferi possono essere correlati alle differenti formazioni geologiche. Ad esempio nella zona di pianura riusciamo a distinguere un acquifero (sigla

ACQUIFERODR1) adiacente all'abitato di Castiglion Fiorentino. Pertanto, tale modello ci permette di entrare nel dettaglio nella suddivisione degli acquiferi e ci consente di capire che non esistono soltanto 4 acquiferi ben definiti, ma che la situazione idrica sotterranea è ben più complessa.

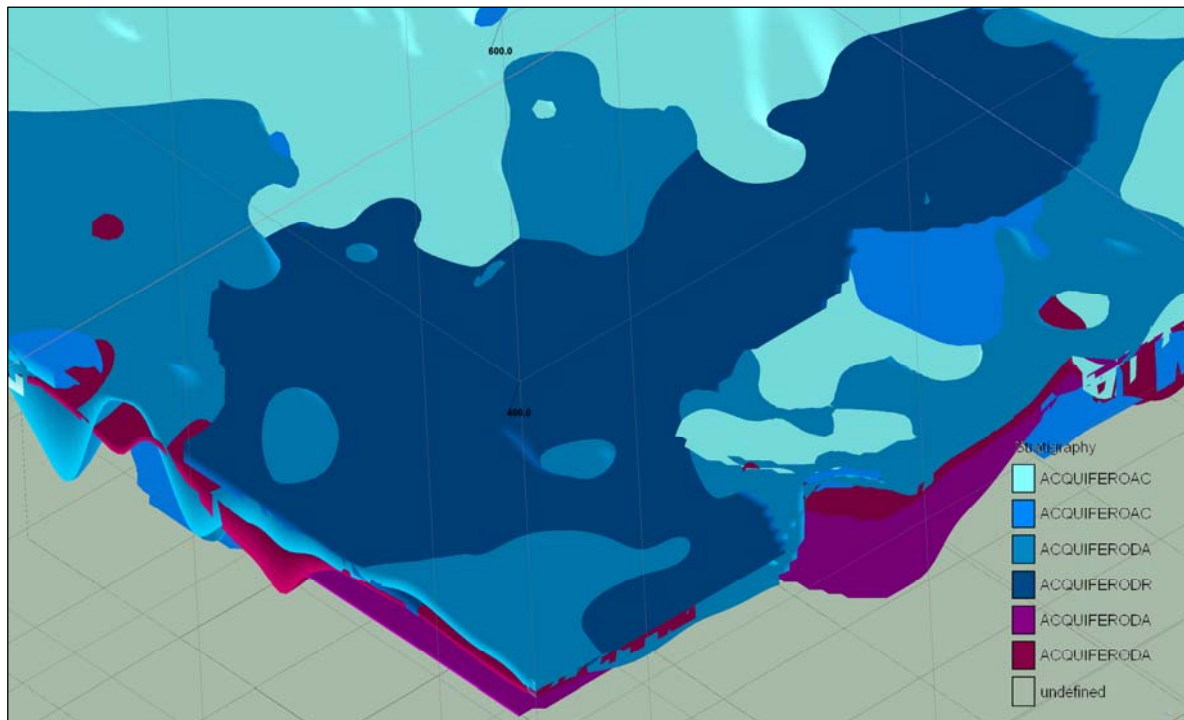


Figura 25. Modello derivato dalla integrazione dei dati idrostratigrafici e litostratigrafici. Esagerazione verticale x 12.

(ACQUIFEROAC – acquifero delle Arenarie del Cervarola 1 e 2 di cui n° 2 è quello più profondo; ACQUIFERODA – acquifero dei depositi fluvio-lacustri antichi 1,2,e 3 dove i numeri aumentano con la profondità; ACQUIFERODR – acquifero dei depositi fluvio-lacustri recenti).

6.3.2. Superficie piezometrica

Un altro aspetto interessante, che si può ottenere dai dati inseriti nel database, è la realizzazione del modello che ricostruisce la superficie piezometrica dell'area. Nella figura 26 è mostrato l'andamento della superficie del livello d'acqua. Ovviamente anche in questo caso, il software esegue una interpolazione approssimativa, anche perché non è stata operata una distinzione tra i vari acquiferi presenti. Inoltre i dati raccolti dai pozzi si riferiscono a diverse annate, perciò tale superficie della tavola d'acqua non è del tutto affidabile.

Siccome la Figura 26 rappresenta soltanto la superficie piezometrica e non è facile capirne la validità e alcune caratteristiche nel dettaglio, si è provveduto ad effettuare un altro modello. Nella Figura 27 si può notare come la superficie piezometrica si presenta rispetto all'andamento della superficie topografica. Si evince chiaramente che in alcuni punti la tavola d'acqua emerge al di sopra della topografia. Tale situazione potrebbe derivare dalla scorretta posizione rispetto al piano campagna dei pozzi, che in vari casi viene indicata approssimativamente, oppure essere indizio della presenza di settori dove la falda è in pressione e potenzialmente avere localmente caratteristiche di falda artesianiana.

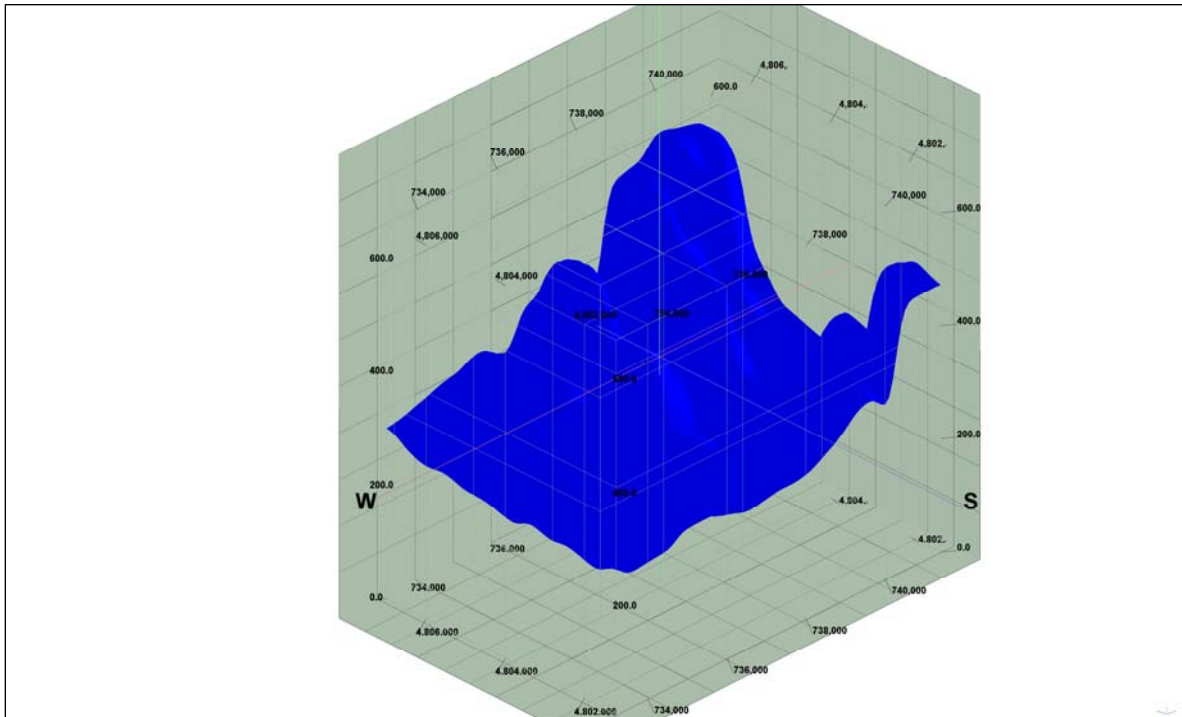


Figura 26. Superficie piezometrica ottenuta dai valori del livello statico estratti da ogni pozzo.

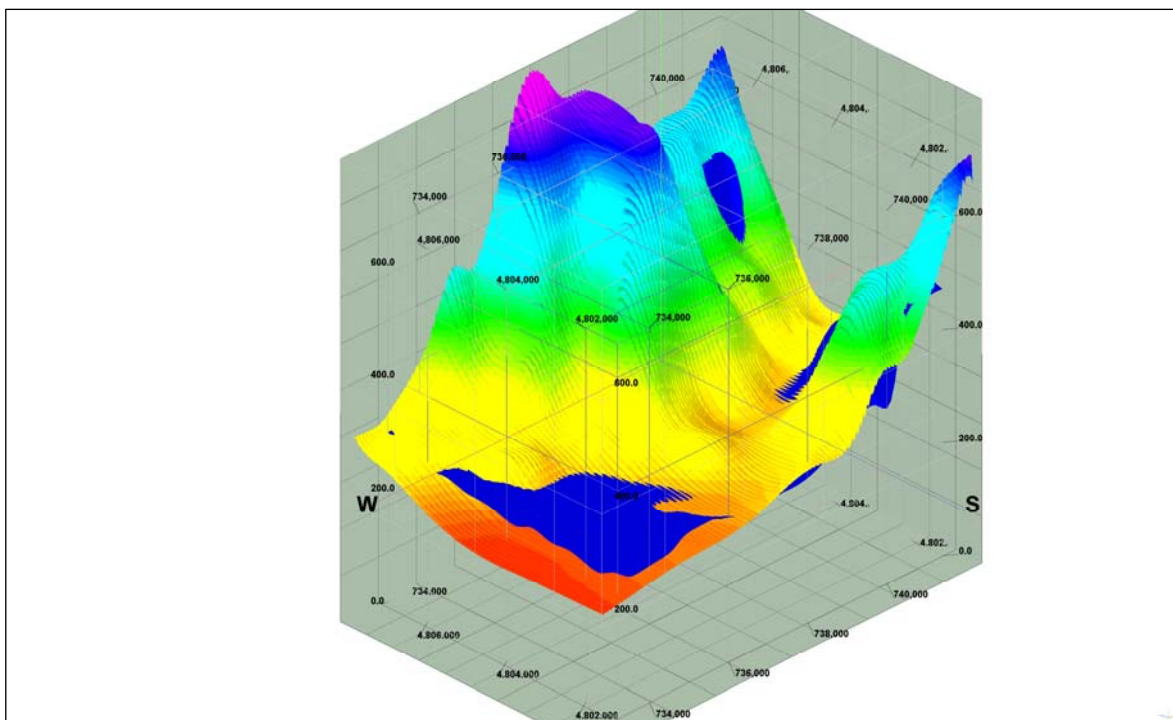


Figura 27. Superficie piezometrica con la sovrapposizione della superficie topografica. Esagerazione verticale x 30.

6.4. Strati superficiali della pianura

In questo capitolo si è deciso di esaminare, in modo più dettagliato, la situazione idrostratigrafica presente nei livelli più superficiali. In particolare: l'ACQUICLUDO1, l'ACQUIFERO1, l'ACQUICLUDO2, l'ACQUIFERO2, l'ACQUICLUDO3 e l'ACQUIFERO3. Tale scelta è stata attuata per la maggior copertura di dati riferiti a livelli superficiali nel database dei pozzi (Figura 28). Pertanto, come si vede anche dalle figure precedenti, i modelli degli strati superficiali hanno un andamento riconducibile ad una situazione molto affine alla realtà. Al contrario, gli strati sottostanti spesso non rispecchiano una situazione reale, in quanto non è disponibile un numero di dati sufficientemente elevato.

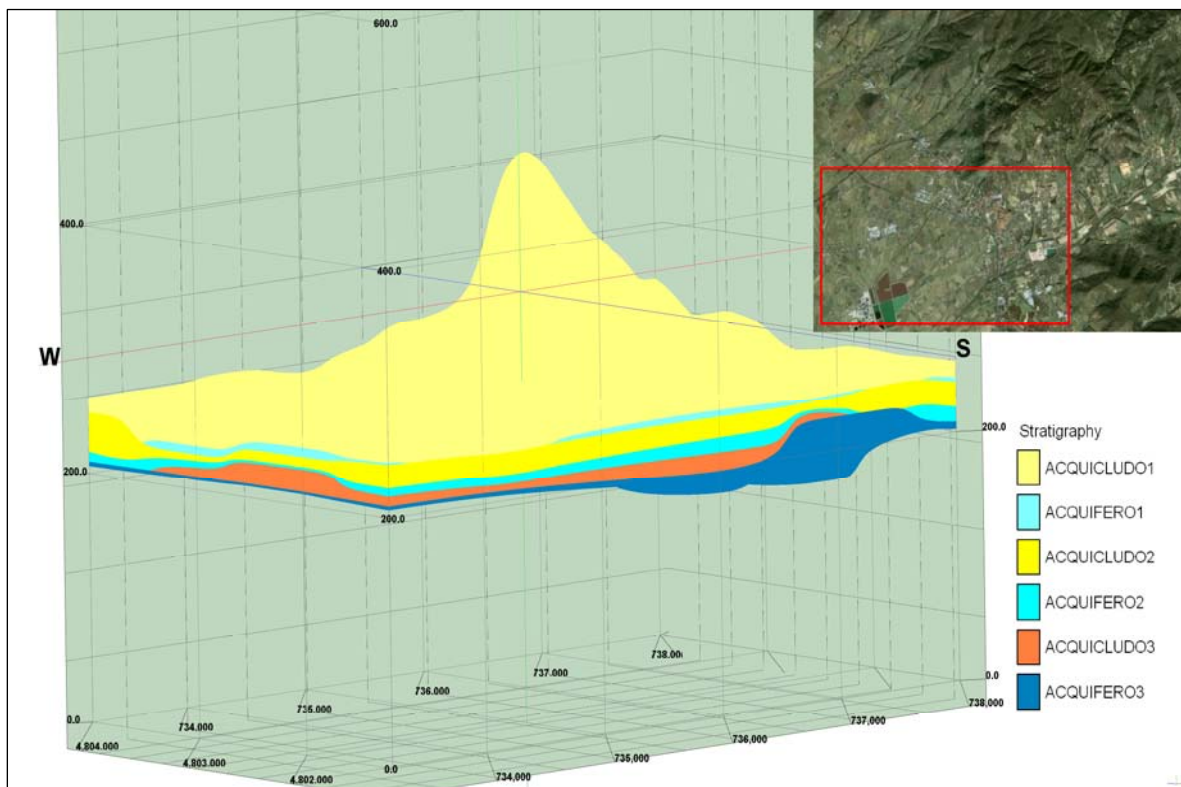


Figura 28. Distribuzione spaziale degli acquiferi ed acquicludi negli strati superficiali dell'area di pianura evidenziata in ortofoto. Modello effettuato con l'opzione *Stratigraphy* (esagerazione verticale x7).

Il modello ci illustra come vi sia una importante differenza tra gli spessori degli strati. Da una parte l'ACQUIFERO3, il quale assume uno spessore piuttosto significativo, dall'altra gli strati più superficiali di ridotto spessore, probabilmente dovuti ad una deposizione più regolare. La causa del notevole spessore dell'ACQUIFERO3, soprattutto nella parte di sbocco della valle laterale dove scorre il torrente Vingone (vedi ortofoto in Figura 28), è da attribuirsi con ogni probabilità alla locale deposizione di strati potenti e più permeabili da parte del torrente Vingone durante i differenti stati della sua evoluzione. Una interpretazione plausibile di questa particolare conformazione della struttura sotterranea può essere quella che allo sbocco della valletta laterale (dove vi è il maggior spessore), il torrente ha creato nel passato il conoide composto dai materiali più permeabili. Successivamente tale conoide è stato sepolto dagli ulteriori sedimenti di varia natura, lasciando depositi permeabili propensi al contenimento di acquiferi come appunto nel caso dell'ACQUIFER3 ed in altre analoghe situazioni.

6.5. Profili

Il programma RockWorks® oltre alla realizzazione di modelli 3D è in grado di creare profili e sezioni geologiche. Con la funzione *Lithology Profile Options* si è provveduto alla realizzazione di alcuni dei più interessanti profili. Grazie a tale rappresentazione si possono dedurre importanti informazioni.

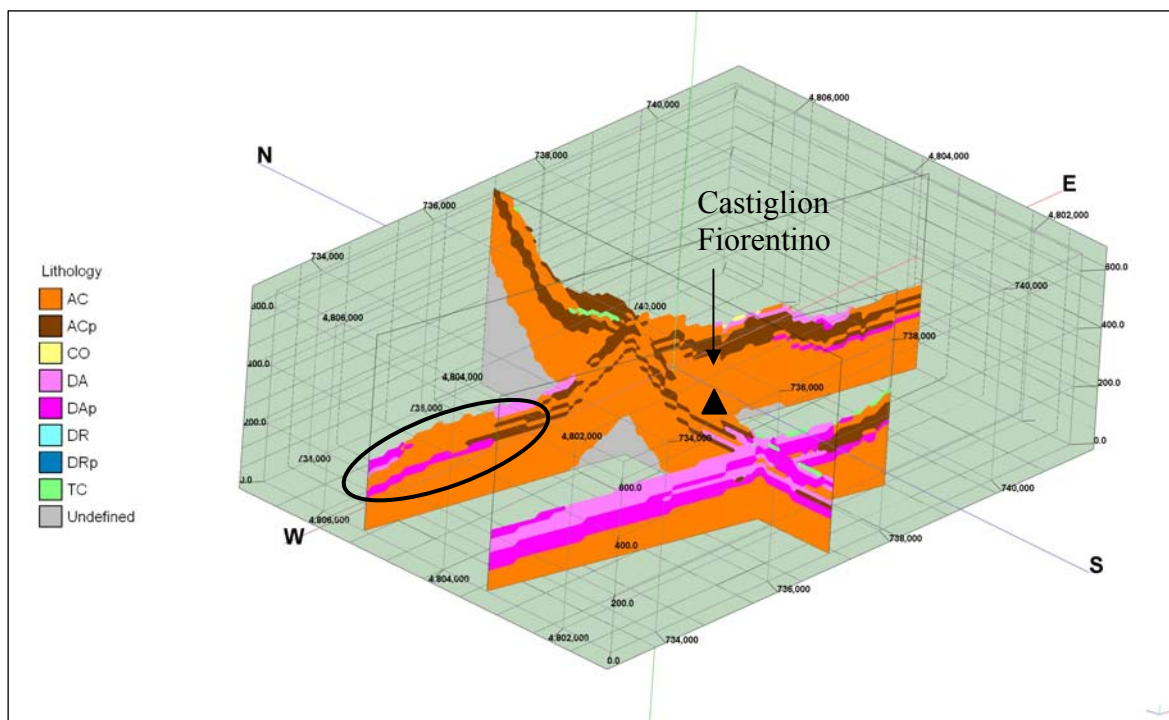


Figura 29. Modello litologico: tre sezioni lungo tutta l'area presa in esame (esagerazione verticale x 4).

Dalla Figura 29 s'intuisce chiaramente la distribuzione spaziale degli strati litologici. E' evidente che le Arenarie del Cervarola rappresentano la formazione con i maggiori spessori e le più vaste superfici affioranti in zona. Altrettanto interessante è che i depositi fluvio-lacustri, presenti nella zona di pianura, sono correttamente individuati dalla interpolazione effettuata dal programma. Un'anomalia, che invece mostra i limiti del programma, è evidenziata nell'ovale nero in Figura 29, in cui si hanno i depositi fluvio-lacustri inseriti all'interno delle arenarie, cosa effettivamente priva di significato geologico.

Il software effettua le interpolazioni secondo alcuni metodi basandosi esclusivamente sui dati inseriti nel data base dei pozzi presenti. Esso non riesce a creare modelli del tutto fedeli alla realtà; è in questo che deve inserirsi l'abilità del modellista scegliendo prima di tutto un metodo di interpolazione adeguato al caso, filtrando i dati non buoni e valutando attentamente i risultati per trarne il maggior numero di informazioni utili a comprendere complessivamente il fenomeno illustrato.

Si è ritenuto opportuno effettuare alcune sezioni lungo gli acquiferi e gli acquicludi solamente nella zona di pianura. Tale scelta è giustificata dal fatto che solamente in quest'area la distribuzione dei vari strati risulta più attendibile, in quanto vi è una nutrita serie di pozzi (Figura 30 e 31).

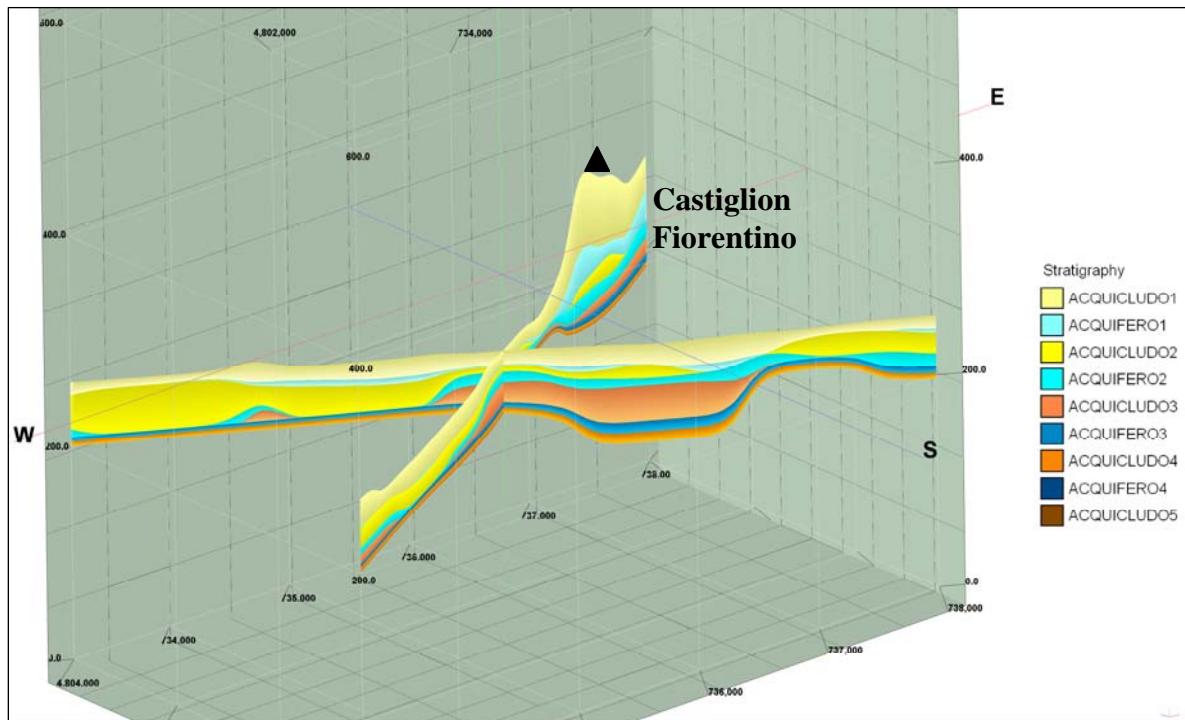


Figura 30. Modello delle sezioni attraverso la zona di pianura compresa nella zona di studio (esagerazione verticale x 7).

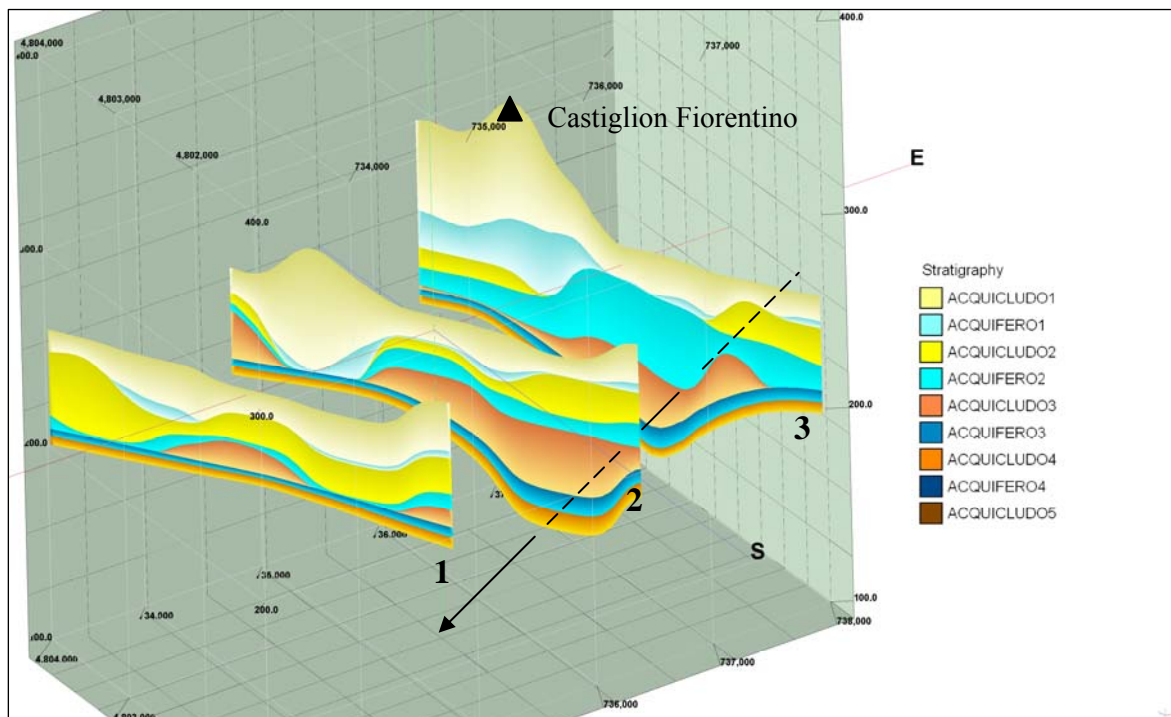


Figura 31. Modello delle sezioni trasversali che attraversano il territorio della valle (esagerazione verticale x 12).

Dalle Figure 30 e 31 è evidente come l'andamento degli strati sia sub-orizzontale e concordante tra le varie sezioni (sezione 2 e 3). Si può notare inoltre, la convergenza degli strati, soprattutto quelli più in profondità e quelli di raccordo tra versanti e pianura alluvionale profonda, in corrispondenza dell'asse della valle solcata dal torrente Vingone (la freccia nera indica l'asse della valle).

Oltre tutto, colpisce la variazione dello spessore dell'ACQUIFERO2, che passando da ovest verso est, aumenta notevolmente. Tale aumento però ci risulta lievemente esagerato, anche se essendo allo sbocco della valle sopracitata potrebbe essere generato da un accumulo di detrito permeabile derivato dalla deposizione del torrente Vingone.

Nonostante gli errori che si riscontrano nei modelli sopra presentati, si possono annotare interessanti conclusioni. Quindi, attraverso la creazione di sezioni mirate è possibile seguire l'andamento generale degli strati, associati o no a falde idriche, in tutte le direzioni disponibili.

7. CONCLUSIONI

La parte principale dello stage è stata svolta attraverso varie elaborazioni del software RockWorks®; tale programma viene applicato in un campo molto ristretto e specifico. Essenzialmente si utilizza in ricerche geologiche ed idrogeologiche servendosi di un database precedentemente organizzato con i dati raccolti. La particolarità del programma sta nel fatto che ha una serie di tools preimpostati (lithology, stratigraphy, acquifers, ecc.) grazie ai quali è possibile, solamente variando le informazioni di input e i parametri di controllo, rappresentare elaborazioni grafiche e creare modelli. La caratteristica di rappresentazione delle situazioni geologiche attraverso un modello è molto utile per effettuare dettagliate analisi e studi riguardanti il sottosuolo.

In questo particolare caso la rappresentazione dei modelli effettuati è stata di grande ed efficace utilità. Specialmente le figure iniziali che trattano la distribuzione spaziale dei pozzi oppure rappresentano la superficie topografica, mostrano la grande validità del programma in ambito delle applicazioni GIS .

Nonostante le utili applicazioni il RockWorks® presenta anche numerosi limitazioni. La più rilevante è connessa alla corretta raccolta dei dati in situ. La maggior accuratezza dei dati nel database permette di ottenere informazioni geologiche con un grado di precisione elevato. Oltre la qualità dei dati, conta la loro quantità, infatti, ad un maggior numero di dati a disposizione corrisponde un maggior dettaglio nella modellazione.

La situazione si è resa complessa nel momento in cui sono state effettuate le elaborazioni per ricavare l'andamento delle formazioni geologiche e delle falde sotterranee ad esse correlate. Il programma ha risposto in maniera adeguata fornendoci indicazioni utili sui rapporti, sugli spessori e sull'andamento delle differenti unità fisiche che di volta in volta sono state studiate.

I risultati di questo lavoro rappresentano, in definitiva, un'analisi preliminare per il riconoscimento delle principali formazioni geologiche ed idrogeologiche presenti in sottosuolo. Lo studio e la realizzazione di ulteriori modelli delle falde acquifere potranno, inoltre, essere di ausilio per la proposizione di eventuali ricerche di approfondimento. Inoltre, lo studio topografico e morfologico di dettaglio effettuato nella parte iniziale dell'elaborato grazie ad una vasta bibliografia e alle indagini di campagna, è stato indispensabile quale approccio ai problemi che sono stati successivamente discussi, rendendo possibile il completamento del presente lavoro.

8. BIBLIOGRAFIA

- Abbate E., Bortolotti V., Passerini P.,** 1970, *Introduction to the geology of the Northern Apennines, Sedimentary Geology*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- Bartolini C.,** 2003, *When did the Northern Apennines become a mountain chain?*, Dipartimento Scienze della Terra, Firenze, Pergamon.
- Jacobacci A., Bergomi C. ed altri,** 1970, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, Fogli 115 (Città di Castello) e 122 (Perugia)*. Servizio Geologico d'Italia, Poligrafica & Cartevalori Ercolano, Napoli.
- Jacobacci A., Malatesta A., Martelli G.,** 1969, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, Foglio 121 (Montepulciano)*. Servizio Geologico d'Italia, Poligrafica & Cartevalori Ercolano, Napoli.
- Kalin O., Patacca E., Renz O.,** 1979, *Jurassic pelagic deposits from Southeastern Tuscany; aspects of sedimentation and new biostratigraphic data* Eclogae geol. Helv.
- Merla G., e Abbate E.,** 1967, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, Foglio 114 (Arezzo)*. Servizio Geologico d'Italia, Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- Pellegrini G.B.,** 2004, *Conoidi di deiezione*. In: Atlante dei tipi geografici, IGMI.
- Plesi G.,** 1997, *L'Appennino Settentrionale processi di formazione di una catena montuosa*, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa.
- Ristori G.,** 1885, *Considerazioni geologiche sul Valdarno Superiore, sui dintorni d'Arezzo e sulla Val di Chiana*, Tipografia T.Nistri&C., Pisa.
- Sani F., Bonini M., Piccardi L., ed altri,** 2008, *Tectonophysics - Late Pliocene – Quaternary evolution of outermost hinterland basins of the Northern Apennines (Italy), and their relevance to active tectonics*, Elsevier B.V.

Siti internet:

http://www.apat.gov.it/site/_files/Quaderni/quaderno7fasc7/quaderno7_VII_appennino_macigno.pdf, aprile 2009.

http://it.wikipedia.org/wiki/Val_di_Chiana, aprile 2009.

<http://www.bonificachiana.it/editor.asp?Tipo=storia&carattere=medio#VicendeGeologiche> aprile 2009.

http://www.igmi.org/pubblicazioni/atlante_tipi_geografici/pdf/13.pdf, maggio 2009,

http://it.wikipedia.org/wiki/Canale_Maestro_della_Chiana, maggio 2009.

<http://www.sienanatura.net/chiana.htm>, maggio 2009.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Chiani>, maggio 2009.

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino/Articolo_Zanzucchi.pdf, giugno 2009.

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino.htm, giugno 2009.

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/relazioni_scientifiche/introduzione_geo_appenn.htm, giugno 2009.

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino/Articolo_Plesi.pdf, giugno 2009.

http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/geologia/geologia_appennino/evoluzione_geologica_appennino/Articolo_Elter.pdf, giugno 2009.

<http://www.terra.unimore.it/appunti/569.pdf>, giugno 2009.

<http://www.sienanatura.net/chianainquadramentoidro.htm>, agosto 2009.

9. ALLEGATI

9.1 Allegato 1: Selezione delle informazioni litologiche dedotte dai dati relativi ai pozzi ritenuti più significativi

Codice pozzo	Profondità tetto (m)	Profondità letto (m)	Descrizione standardizzata	Descrizione originale
153649	0	30	Arenarie del Cervarola	ARGILLOSCISTI, SCISTI ARGILLOSI E MARNE PREVALENTI CON PICCOLI LIVELLI DI ARENARIE
153649	30	42	Arenarie del Cervarola permeabili	ARENARIE DI SPESSORE VARIABILE CON DEBOLI VENUTE D'ACQUA ALTERNATE AD ARGILLOSCISTI, SCISTI ARGILLOSI
153649	42	100	Arenarie del Cervarola	ARGILLOSCISTI, SCISTI ARGILLOSI E MARNE PREVALENTI CON PICCOLI LIVELLI DI ARENARIE
153649	100	149	Arenarie del Cervarola permeabili	ARENARIE FRATTURATE CON ACQUA DI SPESSORE VARIABILE INTERVALLATE DA LIVELLI DI ARGILLOSCISTI E MARNE
153649	149	154	Arenarie del Cervarola	ARGILLOSCISTI, SCISTI ARGILLOSI E MARNE PREVALENTI CON PICCOLI LIVELLI DI ARENARIE
153706	0	1	Terreno di copertura	TERRENO VEGETALE
153706	1	50	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLA SABBIOSA CON GHIAIA E MINUSCOLI DETRITI ARENACEI
153706	50	80	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA
181129	0	2	Terreno di copertura	SUOLO AGRARIO
181129	2	15	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	ARGILLA CON DETRITI CON ACQUIFERO
181129	15	50	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIA, ARGILLA CON DETRITI
181129	50	75	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	ARGILLA CON DETRITI, SABBIA ED ACQUIFERO
181129	75	85	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLA CON DETRITI
181163	0	1.5	Terreno di copertura	TERRENO RIMANEGGIATO
181163	1.5	20	Conoidi	LIMI SABBIOSI CON PRESENZA DI CIOTTOLI. NESSUN LIVELLO ACQUIFERO

181163	20	39	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE E ARGILLE LIMOSE CON RARI LIVELLI SABBIOSI. NESSUN LIVELLO ACQUIFERO
181163	39	80	Arenarie del Cervarola	MARNE E ARENARIE MARNOSE POCO FRATTURATE. NESSUNA CIRCOLAZIONE IDRICA
181163	80	90	Arenarie del Cervarola permeabili	ARENARIE FRATTURATE INTERCALATE CON DEBOLI LIVELLI MARNOSI. DISCRETA CIRCOLAZIONE IDRICA
182696	0	13	Depositi fluvio-lacustri recenti	LIMI ARGILLOSI
182696	13	14	Depositi fluvio-lacustri recenti permeabili	SABBIE FINI
182696	14	24	Depositi fluvio-lacustri recenti	LIMI ARGILLOSI
182696	24	57	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE OCRA
182696	57	58	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIE CON CIOTTOLI
182696	58	70	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE GRIGIO AZZURRE
182705	0	2	Terreno di copertura	TERRENO VEGETALE SABBIOSO ARGILLOSO
182705	2	40	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLA SABBIOSA CON LIVELLETTI LIMOSO ARGILLOSI
182705	40	60	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	GHIAIA GROSSOLANA CON ARGILLA
182707	0	78	Arenarie del Cervarola	ARENARIE MARNE E SCISTI SILTOSI
182707	78	98	Arenarie del Cervarola permeabili	ARENARIE MARNE E SCISTI SILTOSI
182709	0	30	Arenarie del Cervarola	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARGILLOSCISTI E SCISTI ARGILLOSI,MARNOSI E MARNE PREVALENTI
182709	30	40	Arenarie del Cervarola	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARENARIE PREVALENTI NON FRATTURATE
182709	40	50	Arenarie del Cervarola	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARGILLOSCISTI E SCISTI ARGILLOSI PREVALENTI
182709	50	55	Arenarie del Cervarola permeabili	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARENARIE FRATTURATE PREVALENTI - DEBOLI VENUTE D'ACQUA
182709	55	80	Arenarie del Cervarola	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARGILLOSCISTI E SCISTI MARNOSI

				PREVALENTI
182709	80	87	Arenarie del Cervarola permeabili	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARENARIE FRATTURTE PREVALENTI - ACQUIFERO
182709	87	100	Arenarie del Cervarola	FOR.DEL MACIGNO DI LONDA - ARGILLOSCISTI E SCISTI MARNOSI PREVALENTI
182713	0	52	Conoidi	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ARGILLE SABBIOSE CON DETRITI
182713	52	72	Arenarie del Cervarola permeabili	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ALTERNANZA DI MARNE E ARENARIE CON LIVELLI ACQUIFERI
182713	72	76	Arenarie del Cervarola	FORM.DEL MACIGNO DI LONDA - ALTERNANZA DI MARNE E ARENARIE
182714	0	6	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIMI ARGILLOSI
182714	6	10	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIE LIMOSE
182714	10	29	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIMI ARGILLOSI
182714	29	50	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIE LIMOSE CON GHIAIA
182714	50	57	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIMI ARGILLOSI
182714	57	59	Arenarie del Cervarola	ARENARIE E MARNE
182718	0	40	Conoidi	CONOIDI DI DEIEZIONE - ALTERNANZE DI LIMI ARGILLOSI, ARGILLE LIMOSE CON LIVELLI LENTICOLARI DI CIOTTOLI ETEROMETRICI DI PICCOLE DIMENSIONI
182718	40	50	Conoidi	CIOTTOLI E DETRITI ETEROMETRICI IN MATRICE LIMOSO SABBIOSA E ARGILLOSA
182718	50	60	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIVELLI ARGILLOSI COMPATTI CON DETRITI ETEROMETRICI
182722	0	20	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE LIMOSE CON SOTTILI LENTI GHIAIOSE
182722	20	45	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	ARGILLE SABBIOSE CON

				LENTI GHIAIOSE
182722	45	52	Arenarie del Cervarola	STRATI ARENACEI COMPATTI
182723	0	34	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIMI E LIMI ARGILLOSI
182723	34	35	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	SABBIA LIMOSA
182723	35	45	Depositi fluvio-lacustri antichi	LIMI E LIMI ARGILLOSI
182723	45	47.5	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	GHIAIA IN MATRICE LIMO SABBIOSA
182723	47.5	49	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE AZZURRO VERDASTRE
182725	0	30	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE SABBIOSE
182725	30	42	Arenarie del Cervarola permeabili	ARENARIE E MARNE CON LIVELLI CALCARENITICI
182726	0	2	Terreno di copertura	TERRENO VEGETALE ARGILLOSO
182726	2	20	Depositi fluvio-lacustri antichi	ARGILLE SABBIOSE
182726	20	45	Depositi fluvio-lacustri antichi permeabili	GHIAIE SABBIOSE CON LENTI ARGILLOSE SABBIOSE

9.2 Allegato 2. Selezione delle informazioni idrogeologiche dedotte dai dati relativi ai pozzi ritenuti più significativi

Codice pozzo	Profondità tetto (m)	Profondità letto (m)	Descrizione livello
153649	0	30	ACQUICLU01
153649	30	42	ACQUIFERO1
153649	42	100	ACQUICLU02
153649	100	149	ACQUIFERO2
153649	149	154	ACQUICLU03
153678	0	3	ACQUICLU01
153678	3	30	ACQUICLU01
153678	30	50	ACQUIFERO1
153678	50	65	ACQUICLU02
153696	0	5	ACQUICLU01
153696	5	70	ACQUICLU01
153696	70	100	ACQUIFERO1
153706	0	1	ACQUICLU01
153706	1	50	ACQUICLU01
153706	50	80	ACQUIFERO1
181109	0	68	ACQUICLU01
181109	68	69	ACQUIFERO1
181109	69	94	ACQUICLU02
181109	94	100	ACQUIFERO2
181111	0	12	ACQUICLU01
181111	12	14	ACQUIFERO1
181111	14	55	ACQUICLU02
181111	55	60	ACQUIFERO2
181113	0	55	ACQUICLU01
181113	55	56	ACQUIFERO1
181113	56	91	ACQUICLU02
181113	91	98	ACQUIFERO2
181129	0	6	ACQUICLU01
181129	6	7	ACQUIFERO1
181129	7	50	ACQUICLU02
181129	50	75	ACQUIFERO2
181129	75	85	ACQUICLU03
181134	0	44	ACQUICLU01
181134	44	52	ACQUIFERO1
181163	0	1.5	ACQUICLU01
181163	1.5	20	ACQUICLU01
181163	20	39	ACQUICLU01
181163	39	80	ACQUICLU01
181163	80	90	ACQUIFERO1

181188	0	2	ACQUICLUDO1
181188	2	43	ACQUICLUDO1
181188	43	48	ACQUIFERO1
181188	48	54	ACQUICLUDO2
181225	0	2	ACQUICLUDO1
181225	2	40	ACQUICLUDO1
181225	40	45	ACQUIFERO1
181225	45	95	ACQUICLUDO2
181225	95	100	ACQUIFERO2
181225	100	115	ACQUICLUDO3
181283	0	35	ACQUICLUDO1
181283	35	48	ACQUIFERO1
181294	0	60	ACQUICLUDO1
181294	60	100	ACQUIFERO1
181297	0	1	ACQUICLUDO1
181297	1	7	ACQUICLUDO1
181297	7	8	ACQUIFERO1
181297	8	27	ACQUICLUDO2
181297	27	29	ACQUIFERO2
181297	29	54	ACQUICLUDO3
181367	0	0.1	ACQUICLUDO1
181367	0.1	64	ACQUICLUDO1
181367	64	76	ACQUIFERO1
181382	0	43	ACQUICLUDO1
181382	43	44	ACQUIFERO1
181382	44	83	ACQUICLUDO2
181382	83	93	ACQUIFERO2
181422	0	23	ACQUICLUDO1
181422	23	25	ACQUIFERO1
181422	25	54	ACQUICLUDO2
181422	54	69	ACQUIFERO2
181422	69	74	ACQUICLUDO3
181474	0	20	ACQUICLUDO1
181474	20	50	ACQUICLUDO1
181474	50	55	ACQUIFERO1
181474	55	73	ACQUICLUDO2
181501	0	51	ACQUICLUDO1
181501	51	75	ACQUIFERO1
181502	0	4	ACQUICLUDO1
181502	4	82	ACQUICLUDO1
181502	82	98	ACQUIFERO1

181522	0	20	ACQUICLUDO1
181522	20	22	ACQUIFERO1
181522	22	34	ACQUICLUDO2
181522	34	36	ACQUIFERO2
181522	36	42	ACQUICLUDO3
181677	0	2	ACQUICLUDO1
181677	2	45	ACQUICLUDO1
181677	45	50	ACQUIFERO1
181677	50	65	ACQUICLUDO2
181727	0	48	ACQUICLUDO1
181727	48	60	ACQUIFERO1
181822	0	2	ACQUICLUDO1
181822	2	30	ACQUICLUDO1
181822	30	50	ACQUICLUDO1
181822	50	55	ACQUIFERO1
181822	55	67	ACQUICLUDO2
181937	0	5	ACQUICLUDO1
181937	5	30	ACQUICLUDO1
181937	30	60	ACQUIFERO1
182018	0	1	ACQUICLUDO1
182018	1	25	ACQUICLUDO1
182018	25	30	ACQUIFERO1
182018	30	60	ACQUICLUDO2
182018	60	70	ACQUIFERO2
182018	70	80	ACQUICLUDO3
182030	0	3	ACQUICLUDO1
182030	3	25	ACQUICLUDO1
182030	25	27	ACQUIFERO1
182030	27	52	ACQUICLUDO2
182030	52	57	ACQUIFERO2
182030	57	65	ACQUICLUDO3
182071	0	4	ACQUICLUDO1
182071	4	50	ACQUICLUDO1
182071	50	58	ACQUIFERO1
182071	58	63	ACQUICLUDO2
155277	0	2	ACQUICLUDO1
155277	2	35	ACQUICLUDO1
155277	35	52	ACQUIFERO1
182646	0	30	ACQUICLUDO1
182646	30	45	ACQUICLUDO1
182646	45	48	ACQUIFERO1

182646	48	53	QCQUICLUDO2
182647	0	2	ACQUICLUDO1
182647	2	15	ACQUICLUDO1
182647	15	25	ACQUIFERO1
182647	25	37	ACQUICLUDO2
182648	0	20	ACQUICLUDO1
182648	20	48	ACQUIFERO1
182650	0	11	ACQUICLUDO1
182650	11	25	ACQUICLUDO1
182650	25	30	ACQUIFERO1
182650	30	80	ACQUICLUDO2
182650	80	88	ACQUIFERO2
182650	88	90	ACQUICLUDO3
182651	0	2	ACQUICLUDO1
182651	2	20	ACQUICLUDO1
182651	20	25	ACQUICLUDO1
182651	25	50	ACQUICLUDO1
182651	50	55	ACQUIFERO1
182651	55	68	ACQUIFERO1
182651	68	70	ACQUICLUDO2
182654	0	30	ACQUICLUDO1
182654	30	56	ACQUIFERO1
182657	0	1	ACQUICLUDO1
182657	1	27	ACQUICLUDO1
182657	27	60	ACQUICLUDO1
182657	60	65	ACQUIFERO1
182657	65	70	ACQUICLUDO2
182658	0	30	ACQUICLUDO1
182658	30	55	ACQUIFERO1
182685	0	30	ACQUICLUDO1
182685	30	40	ACQUIFERO1
182686	0	2	ACQUICLUDO1
182686	2	30	ACQUICLUDO1
182686	30	35	ACQUIFERO1
182686	35	67	ACQUIFERO1
182688	0	10	ACQUICLUDO1
182688	10	11	ACQUIFERO1
182688	11	35	ACQUICLUDO2
182688	35	50	ACQUICLUDO2
182688	50	58	ACQUIFERO2
182688	58	64	ACQUICLUDO3
182693	0	1	ACQUICLUDO1
182693	1	45	ACQUICLUDO1
182693	45	65	ACQUIFERO1

182693	65	70	ACQUICLUDO2
182694	0	1	ACQUICLUDO1
182694	1	15	ACQUICLUDO1
182694	15	20	ACQUIFERO1
182694	20	25	ACQUICLUDO2
182694	25	60	ACQUICLUDO2
182694	60	70	ACQUIFERO2
182694	70	72	ACQUICLUDO3
182696	0	13	ACQUICLUDO1
182696	13	14	ACQUIFERO1
182696	14	24	ACQUICLUDO2
182696	24	57	ACQUICLUDO2
182696	57	58	ACQUIFERO2
182696	58	70	ACQUICLUDO3
182698	0	10	ACQUICLUDO1
182698	10	12	ACQUIFERO1
182698	12	30	ACQUICLUDO2
182698	30	40	ACQUIFERO2
182698	40	50	ACQUICLUDO3
182699	0	22	ACQUICLUDO1
182699	22	30	ACQUICLUDO1
182699	30	40	ACQUICLUDO1
182699	40	65	ACQUICLUDO1
182699	65	73	ACQUIFERO1
182699	73	77	ACQUICLUDO2
182701	0	27	ACQUICLUDO1
182701	27	33	ACQUIFERO1
182701	33	44	ACQUICLUDO2
182703	0	12	ACQUICLUDO1
182703	12	14	ACQUICLUDO1
182703	14	35	ACQUICLUDO1
182703	35	80	ACQUIFERO1
182703	80	84	ACQUICLUDO2
182704	0	30	ACQUICLUDO1
182704	30	50	ACQUIFERO1
182705	0	2	ACQUICLUDO1
182705	2	40	ACQUICLUDO1
182705	40	60	ACQUIFERO1
182707	0	78	ACQUICLUDO1
182707	78	88	ACQUIFERO1
182707	88	98	ACQUICLUDO2
182709	0	30	ACQUICLUDO1
182709	30	40	ACQUICLUDO1
182709	40	50	ACQUICLUDO1
182709	50	55	ACQUIFERO1

182709	55	80	ACQUICLUDO2
182709	80	87	ACQUICLUDO2
182709	87	100	ACQUICLUDO2
182713	0	52	ACQUICLUDO1
182713	52	72	ACQUIFERO1
182713	72	76	ACQUICLUDO2
182714	0	6	ACQUICLUDO1
182714	6	10	ACQUIFERO1
182714	10	29	ACQUICLUDO2
182714	29	50	ACQUIFERO2
182714	50	57	ACQUICLUDO3
182714	57	59	ACQUICLUDO3
182718	0	40	ACQUICLUDO1
182718	40	50	ACQUIFERO1
182718	50	60	ACQUICLUDO2
182722	0	20	ACQUICLUDO1
182722	20	47	ACQUIFERO1
182722	47	52	ACQUICLUDO2
182723	0	34	ACQUICLUDO1
182723	34	35	ACQUICLUDO1
182723	35	45	ACQUICLUDO1
182723	45	47.5	ACQUIFERO1
182723	47.5	49	ACQUICLUDO2
182725	0	32	ACQUICLUDO1
182725	32	42	ACQUIFERO1
182726	0	2	ACQUICLUDO1
182726	2	20	ACQUICLUDO1
182726	20	45	ACQUIFERO1