

## Cartografia idrogeologica sperimentale della Piana Reatina (Lazio)

*Experimental hydrogeological cartography  
of the Rieti Plain (Latium)*

---

MARTARELLI L. (\*), PETITTA M. (\*\*),  
SCALISE A.R. (\*), SILVI A. (\*)

**RIASSUNTO** - La Piana Reatina è composta di sedimenti alluvionali plio-quadernari, bordati da rilievi costituiti da depositi detritici, calcarei e marnosi. Le caratteristiche idrogeologiche generali, e in particolare la presenza nell'area in rilievo di acquiferi in parziale continuità idraulica con le acque sotterranee della pianura, determinano l'interesse scientifico dello studio di quest'area campione.

Lo studio si è sviluppato attraverso le seguenti fasi: a) identificazione dei complessi idrogeologici, b) acquisizione di dati climatici e idrologici disponibili; c) censimento di punti d'acqua (pozzi e sorgenti) e misure di portata fluviali, in diverse campagne; d) rappresentazione dei dati acquisiti attraverso un sistema informativo territoriale; e) ricostruzione della circolazione idrica sotterranea e delle sue interazioni con le acque superficiali.

La sperimentazione sul campo ha consentito di verificare l'applicabilità dell'impianto complessivo della "Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000" e la sua utilizzabilità ed efficacia per la definizione e la rappresentazione delle caratteristiche delle acque sotterranee.

L'ipotesi dell'esistenza di contributi di travasi sotterranei dalle dorsali carbonatiche ai depositi della Piana Reatina, pressoché già delineata in studi precedenti, è confortata dalla distribuzione delle emergenze ai margini della

piana stessa. Anche in virtù della ridotta profondità del substrato in molti settori, è plausibile che siano presenti non trascurabili travasi sotterranei dal complesso calcareo e calcareo-marnoso verso la piana, anche per il tramite del complesso detritico a permeabilità variabile. Il deflusso sotterraneo che avviene attraverso i depositi detritici e di conoide generalmente alimenta sorgenti poste alla base dei rilievi. I contributi sotterranei della dorsale carbonatica possono avvenire anche più in profondità, con probabili travasi.

I rapporti tra i corsi d'acqua presenti e la falda idrica della Piana Reatina sono variabili nello spazio e nel tempo ed è stato discusso il loro ruolo nella distribuzione della risorsa idrica sotterranea.

Sono stati infine considerati alcuni degli elementi che partecipano al bilancio idrogeologico dell'area, tra cui le precipitazioni, stimate in 1100 mm/anno, l'evapotraspirazione reale, risultata circa 600 mm/anno ed il ruscellamento superficiale, che si attesta sui 300 mm/anno. In definitiva, l'aliquota destinata all'infiltrazione, è relativamente bassa rispetto agli altri elementi coinvolti nell'equazione del bilancio idrico (circa 200 mm/anno).

**PAROLE CHIAVE:** Idrogeologia, Cartografia idrogeologica, Piana Reatina.

---

(\*) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia/Dipartimento Difesa del Suolo  
(\*\*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

ABSTRACT - The Rieti Plain is composed by Plio-Quaternary alluvial sediments and is bordered by reliefs composed of detritic, calcareous and marly deposits. The overall hydrogeologic features, and in particular the partial hydraulic continuity between the aquifer occurring in the calcareous-marly reliefs and the groundwater in the alluvial and fluvial-lacustrine plain, have supported the selection of this area for testing the Italian guidelines for the hydrogeological survey and mapping at the 1:50,000 scale.

The study was carried out as follows: i) definition of the hydrogeologic complexes; ii) collection of climatic and hydrologic information; iii) well and spring census and stream gauging measurement in various field surveys; iv) graphic and cartographic representation by a Geographic Informative System specifically elaborated; v) groundwater flow reconstruction and definition of its hydraulic exchanges with surface waters.

The groundwater transfer from the carbonatic reliefs to the Rieti Plain deposits, nearly already defined by previous studies, is demonstrated by the diffuse occurrence of springs along the plain border. This transfer, since the calcareous bedrock is at a shallow deep along this border, is likely significant and mainly occur from the calcareous and calcareous-marly complexes toward the plain, also through the detritic complex terrains, characterized by variable permeability. This groundwater transfer through the detritic and fan deposits generally feed springs situated at the relief foot. The groundwater transfer may occur also at higher depths.

The hydraulic relationships between streams and groundwater in the Rieti Plain are variable considering site and time and their relevance regarding groundwater resource distribution have been discussed.

Finally, some of the main elements characterizing the hydrogeologic budget of the area (rainfall: about 1100 mm/year; actual evapotranspiration: about 600 mm/year; runoff: about 300 mm/year) have been estimated. The infiltration amount is relatively lower with respect to the other elements (about 200 mm/year).

KEY WORDS: Hydrogeology, Hydrogeological Cartography, Rieti Plain.

## 1. - INTRODUZIONE

L'area della Piana Reatina è rappresentata da un settore di pianura colmato da sedimenti alluvionali plio-quadernari, bordato da rilievi collinari e montuosi costituiti da depositi detritici, calcarei e marnosi. L'area, ad eccezione dell'abitato di Rieti, è caratterizzata da una limitata utilizzazione del territorio ai fini abitativi ed è in parte sede di specifiche attività agricole e, in minor misura, industriali.

Le caratteristiche idrogeologiche generali, e in particolare la presenza nell'area in rilievo di acquiferi in parziale continuità idraulica con le acque sotterranee della pianura, nonché la presenza di un sensibile impatto ambientale sulle risorse idriche sotterranee, determinano l'interesse scientifico della sperimentazione in quest'area campione.

Il presente lavoro si è avvalso dei dati di campagna di una serie di studi a carattere idrogeologico, di cui alcuni inediti, svolti dagli autori nell'area campione della Piana Reatina (CACCIUNI *et alii*, 2002; D'ARMENTO, 2004; RIVELLINO, 2004; BRUNETTI 2006), che sono stati qui rappresentati cartograficamente allo scopo di sperimentare la "Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000" (Quad. SGN n.5, MARI *et alii*, 1995) cercando di approfondire le problematiche connesse ai seguenti specifici aspetti.

Lo studio si è sviluppato a partire dall'acquisizione del quadro geologico-strutturale di riferimento e di quello idrogeologico regionale risultante da studi precedenti, attraverso i seguenti punti: a) identificazione dei complessi idrogeologici affioranti e presenti in profondità; b) acquisizione di dati climatici e idrologici disponibili; c) censimento di punti d'acqua (pozzi e sorgenti) e misure di portata fluviali, in diverse campagne; d) rappresentazione dei dati acquisiti attraverso un sistema informativo territoriale; e) ricostruzione della circolazione idrica sotterranea e delle sue interazioni con le acque superficiali.

La sperimentazione sul campo ha consentito di verificare l'applicabilità dell'impianto complessivo della "Guida" e la sua utilizzabilità ed efficacia per la definizione e la rappresentazione delle caratteristiche delle acque sotterranee. La cartografia proposta vuole rappresentare una sintesi degli elementi idrogeologici d'interesse: a) che consideri gli aspetti quantitativi della risorsa; b) che individui le modalità di monitoraggio più idonee anche ai fini della tutela delle acque; c) che derivi da un sistema informativo territoriale aggiornabile e integrabile.

## 2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La piana reatina (figura 1, 2 e cartografia allegata) si sviluppa a N e a NO dell'abitato di Rieti con una superficie di circa 90 km<sup>2</sup>. L'area è delimitata a N e a E dalle propaggini occidentali del gruppo montuoso del Terminillo, a O e a S dai versanti orientali della catena dei Monti Sabini. All'interno della piana s'individuano alcuni rilievi collinari (Montecchio 481 m s.l.m., Colle Terria 404 m s.l.m., Colle S. Pastore 412 m s.l.m., Montisola 428 m s.l.m.), allineati in direzione N-S, che dividono longitudinalmente la pianura in due aree di differente estensione. Nel settore NO sono presenti due laghi (Lago Lungo e Lago di Ripasottile) di limitata profondità, residuo del lago reatino i cui depositi colmano l'attuale pianura.

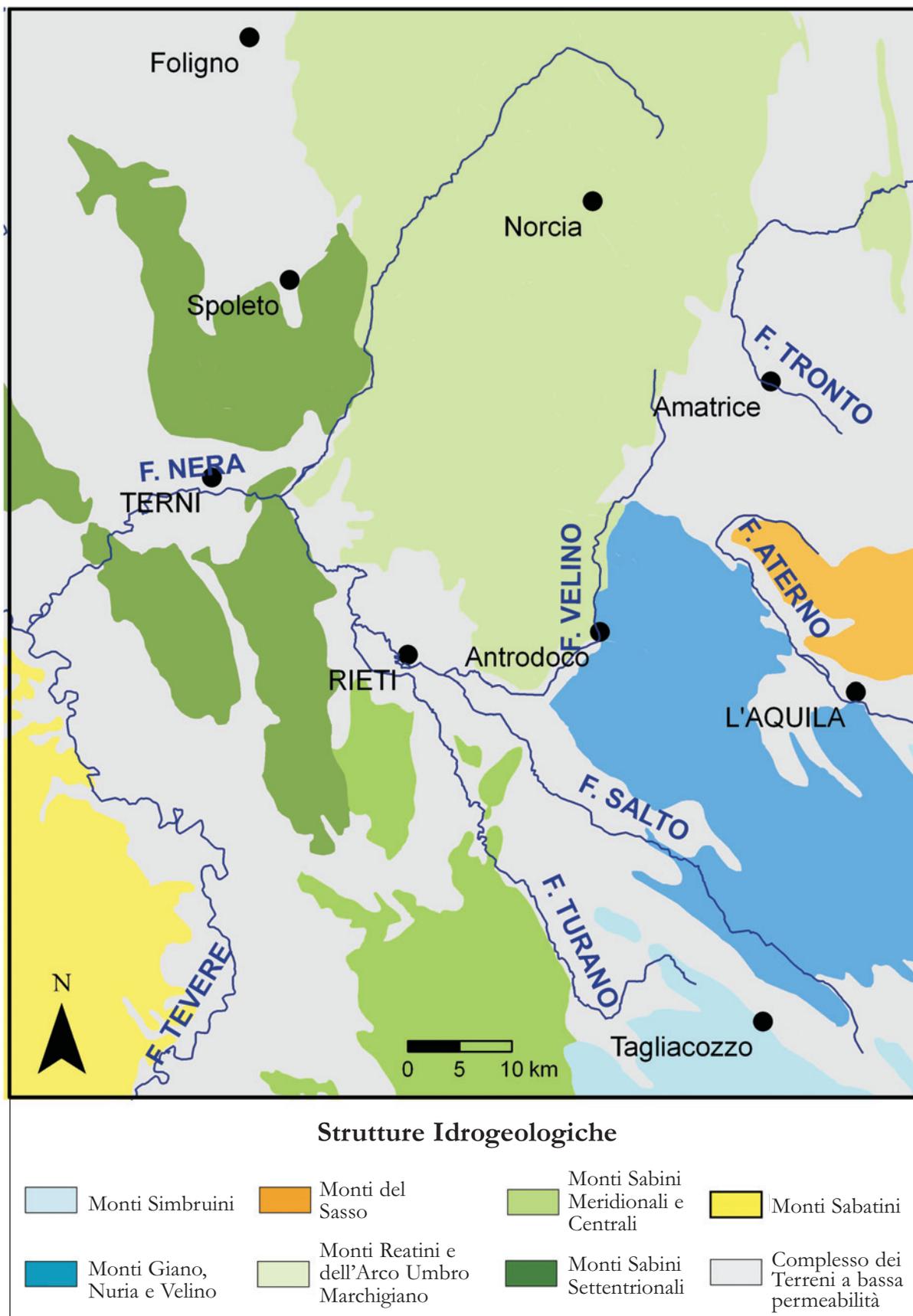


Fig. 1 - Schema idrogeologico delle strutture limitrofe all'area reatina e sabina (modificato da BONI et alii, 1986).  
 - Hydrogeologic sketch map of the surrounding structures of the Rieti and Sabina area (modified after BONI et alii, 1986).

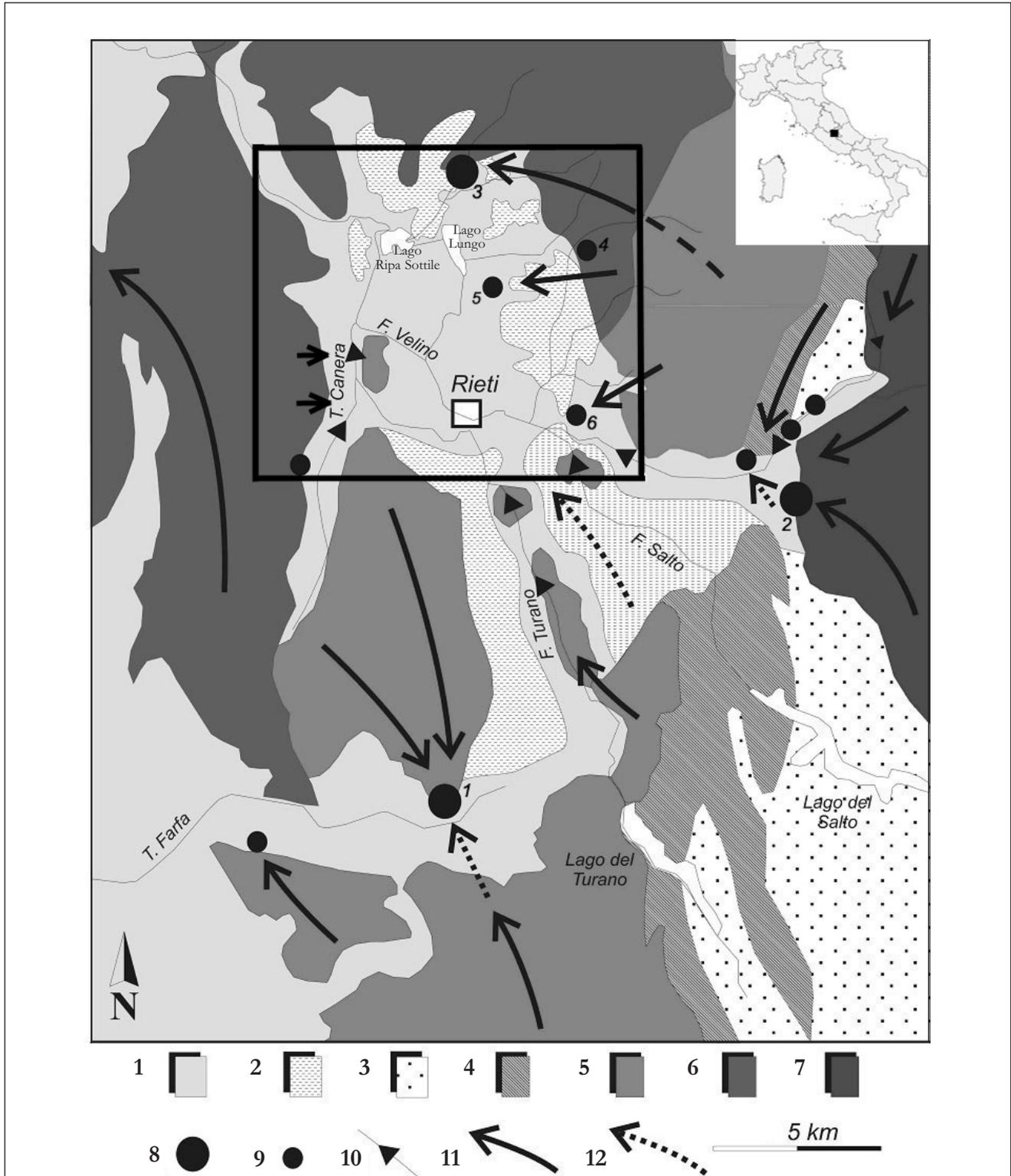


Fig. 2 - Schema idrogeologico dell'area reatina e sabina; il rettangolo evidenzia l'area di studio. Legenda: 1 - Depositi fluvio-lacustri quaternari del bacino tibero e reatino; 2 - Depositi detritici e fluvio-lacustri antichi; 3 - Depositi terrigeni torbiditici; 4 - Depositi calcareo-marnosi cenozoici; 5 - Depositi carbonatici meso-cenozoici in facies umbro-sabina; 6 - Depositi carbonatici meso-cenozoici in facies di piattaforma; 7 - Depositi carbonatici in facies di piattaforma; 8 - Sorgenti basali con portata media maggiore di  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  (principali emergenze - 1: Le Capore, 2: Peschiera, 3: S. Susanna); 9 - Sorgenti basali di portata media compresa tra circa  $0.1$  e  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (principali emergenze - 4: S. Liberato; 5: Vicenna Riara; 6: Cantaro); 10 - Sorgente lineare; 11 - Direzione di flusso delle acque sotterranee (a tratteggio se incerte); 12 - Direzione di flusso delle acque sotterranee in strutture idrogeologiche non affioranti.

- Hydrogeologic sketch map of the Rieti and Sabina area; the rectangle shows the study area. Legend: 1 - Quaternary fluvial-lacustrine deposits of the Tiber and Rieti basins; 2 - Old detritic and fluvial-lacustrine deposits; 3 - Turbiditic terrigenous deposits; 4 - Cenozoic calcareous-marly deposits; 5 - Meso-Cenozoic carbonatic deposits of the Umbrian-Sabina facies; 6 - Meso-Cenozoic carbonatic deposits of the Umbrian facies; 7 - Carbonatic deposits of platform facies; 8 - Main basal springs with a mean discharge  $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$  (1: Le Capore, 2: Peschiera, 3: S. Susanna); 9 - Basal springs with a mean discharge between about  $0.1$  and  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (4: S. Liberato; 5: Vicenna Riara; 6: Cantaro); 10 - Linear spring; 11 - Groundwater flow directions (dashed when not well defined); 12 - Groundwater flow directions in not cropping hydrogeologic structures.

La piana reatina, disposta con un asse NNO-SSE alla confluenza dei Fiumi Velino, Salto e Turano costituisce una depressione caratterizzata da un'evoluzione tettonica recente, colmata prevalentemente da sedimenti continentali di età plio-quadernaria di circa 500 m di spessore massimo (MANFREDINI, 1972; COSENTINO *et alii*, 1991; CICCOLELLA *et alii*, 1993), con termini conglomeratici più antichi e limoso-argillosi più recenti. La deposizione all'interno del bacino, bordato da alti strutturali caratterizzati da formazioni marine calcaree e marnose di facies umbra, di età triassico-eocenica, è stata guidata dall'attività del sistema di faglie (BARBERI & CAVINATO, 1993) che ne delimitavano il margine orientale. In particolare, in località San Gregorio e Castelfranco, tra la vasta piana alluvionale ad O e i rilievi del gruppo del M. Terminillo ad E, affiorano sedimenti lacustri ghiaioso-sabbiosi con intercalazioni argillose. L'area in studio è bordata dai terreni della successione sabina e di transizione (CIVITELLI *et alii*, 1986; CORDA & MARIOTTI, 1986; COSENTINO & PAROTTO, 1986; GALLUZZO & SANTANTONIO, 2002). Si tratta di una successione di termini calcareo-silico-marnosi interessata a vari livelli da notevoli quantità di materiale detritico, anche grossolano, qualitativamente e quantitativamente variabili spostandosi dalle zone più prossime alla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese verso le aree interne del bacino. In particolare, marne, calcari marnosi e calcari con selce, afferenti alle formazioni della "Corniola", "Rosso Ammonitico", "Maiolica" e "Scaglia" sono presenti prevalentemente sul bordo occidentale e nord-orientale della piana. A NE e ad E della Piana Reatina tali litotipi sono sovrapposti a depositi calcarei, talora dolomitici con tracce di carsificazione, afferenti alla formazione del "calcare massiccio".

Nel settore della Piana Reatina ricorrono varie superfici tettoniche, tra cui l'evidente superficie di sovrascorrimento che rappresenta una linea tettonica d'importanza regionale (COSENTINO *et alii*, 1991; COSENTINO & PAROTTO, 1986) che, con andamento meridiano, decorre dal margine occidentale della conca reatina proseguendo sia a N sia a S con una pendenza variabile ed immersione verso ovest. L'area in studio è stata sottoposta ad un'intensa tettonica traslativa (MANGANELLI & FARAMONDI, 1990) e successivamente ad una fase di tettonica distensiva di età plio-quadernaria (SERVA & SALVINI, 1972; SALVINI & VITTORI, 1982; CAVINATO & TOZZI, 1986).

Riguardo alla genesi della Piana Reatina, è stato evidenziato il ruolo fondamentale svolto dalla tettonica, prima compressiva e poi distensi-

va, per la formazione di una struttura riconducibile a quella di un semigraben, di cui il sistema di faglie N160 rilevato sul suo margine orientale costituisce la *master fault* (ACCORDI & CARBONE, 1986; CAVINATO *et alii*, 1989; COSENTINO *et alii*, 1991), riempito da sedimenti villafranchiani di facies di conoide alluvionale e di facies fluviale e lacustre che indicano un reticolo idrografico ed una paleogeografia diversi dall'attuale (BARBERI & CAVINATO, 1993; FERRELI *et alii*, 1993; BRUNAMONTE *et alii*, 1994; GUERRIERI *et alii*, 2004). L'attuale assetto della piana reatina risale invece al Pleistocene medio a seguito di nuovi eventi tettonici distensivi orientati N-S e la cui *master fault* è posizionabile in corrispondenza del margine occidentale del bacino villafranchiano (MICHETTI *et alii*, 1993; BRUNAMONTE *et alii*, 1994; GUERRIERI *et alii*, 2004). Almeno dal Pleistocene medio fino all'Olocene l'evoluzione geomorfologica della Piana Reatina è stata controllata dallo sviluppo lungo la valle del Fiume Velino di sbarramenti naturali di travertino, i più importanti dei quali si rinvengono nelle località Marmore, alla confluenza del F. Velino con il F. Nera che avviene con una cascata di 160 m di dislivello, e nella località Tre Strade (oggi Quattro Strade). Il progressivo innalzamento di detti sbarramenti, protrattosi durante il periodo storico (LEGGIO & SERVA, 1991) ha determinato, a monte, la formazione di bacini fluvio-lacustri e palustri più o meno estesi, nei quali sono stati riconosciuti i resti di cinque ordini di depositi terrazzati disposti rispettivamente a circa 520, 500, 480, 440, 420 m s.l.m. (CARRARA *et alii*, 1993; CARRARA *et alii*, 1995; SOLIGO *et alii*, 2002) incisi nei terreni villafranchiani e post-villafranchiani. In detti bacini sono stati depositi sedimenti sabbioso-limoso-calcarei interdigerati con travertini stromatolitici e fitoermali (FERRERI, 1985; CARRARA *et alii*, 1995).

### 3. - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Un inquadramento idrogeologico a vasta scala delle strutture limitrofe all'area reatina e sabina è riportato in figura 1. L'assetto idrogeologico della valle reatina è fortemente influenzato dall'idrodinamica sotterranea regionale dell'area sabina-reatina, che presenta quattro grandi emergenze della falda basale, di portata media elevata, ognuna alimentata da una differente struttura carbonatica (fig. 2): a nord-est le sorgenti di S. Susanna, ubicate al contatto tra i Monti Reatini e la Piana Reatina (5 m<sup>3</sup>/s); ad est la Piana di S. Vittorino sede delle Sorgenti del Peschiera e di altre numerose emergenze, per un totale di circa 30 m<sup>3</sup>/s

(BONI *et alii*, 1995); a sud le sorgenti Le Capore, portata media 5 m<sup>3</sup>/s, nella valle del Torrente Farfa; a nord-ovest le gole di Montoro-Stifone, sede dell'omonima sorgente lineare di portata media pari a 15 m<sup>3</sup>/s (BONI *et alii*, 1986).

Le maggiori strutture idrogeologiche (fig. 3) che alimentano queste importanti sorgenti sono

quindi rappresentate principalmente dagli acquiferi carbonatici, prevalentemente della Serie Umbro-Sabina, e comprendono i Monti Giano-Nuria-Velino (di piattaforma carbonatica), la dorsale dei Monti Sabini Centrali e quella dei Monti Sabini Settentrionali (M. Tancia-M. Pizzuto) e i Monti Reatini.

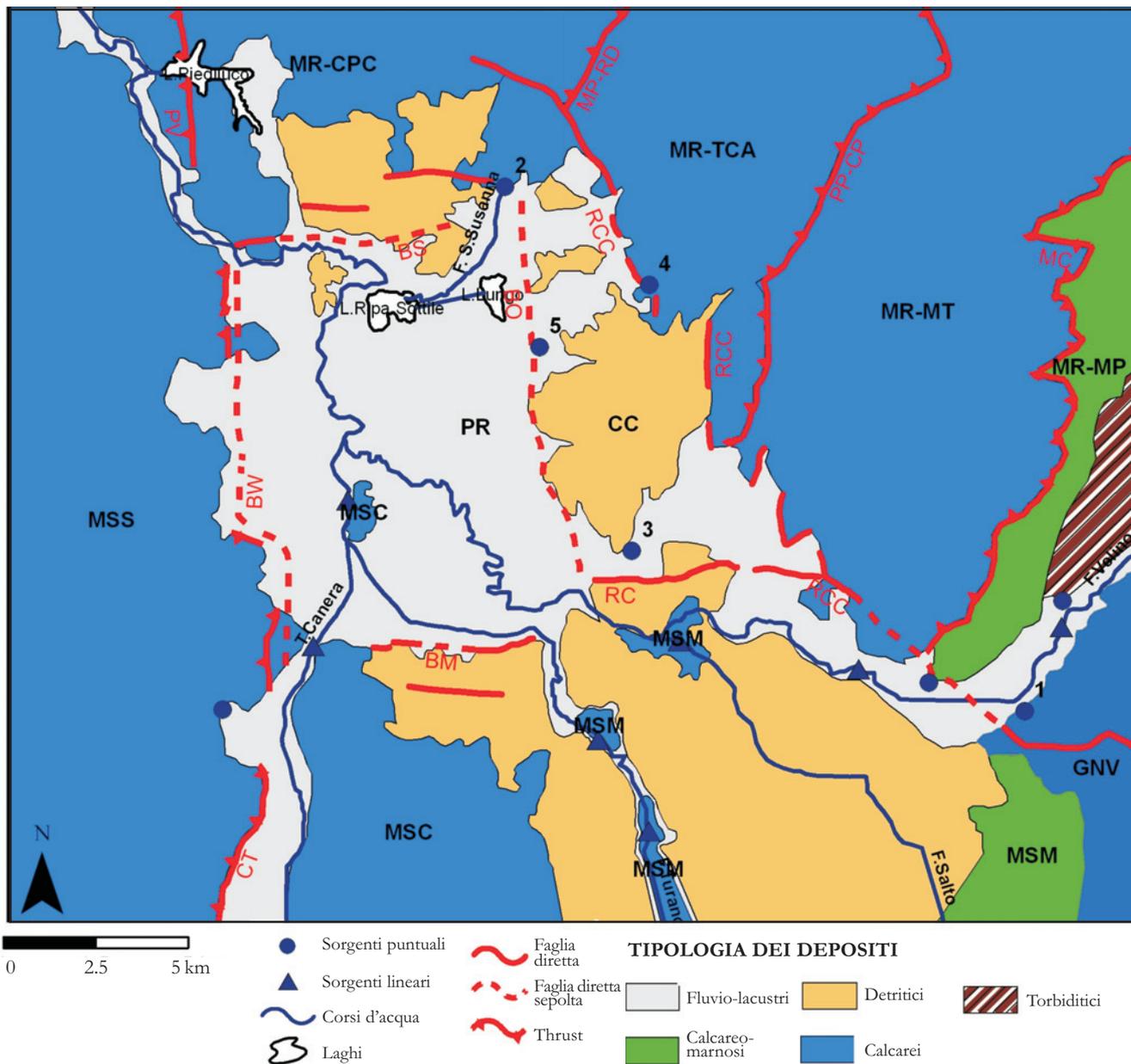


Fig. 3 - Schema delle strutture idrogeologiche dell'area reatina. Strutture idrogeologiche distinte: PR: Piana Reatina e valli limitrofe; MR: Monti Reatini (Sottostrutture: CPC: Cima del Carpellone-M. La Pelosa-M. Castiglione; TCA: M. Tilia-M. Corno-Cima d'Arme; MT: M. Terminillo; MP: M. Porillo); MSS: Monti Sabini settentrionali; MSC: Monti Sabini centrali; MSM: Monti Sabini meridionali; CC: Cantalice-Castelfranco; GNV: Giano-Nuria-Velino. Linee tettoniche: BS: Bordiera settentrionale; BW: Bordiera occidentale; BM: Bordiera meridionale; BO: Bordiera orientale; MP-RD: M. La Pelosa-Rivodutri; PP-CP: Piedelpoggio-Cupaello; MC: Micigliano-Castel S. Angelo; RCC: Rivodutri-Cantalice-Cittaducale; RC: Rieti-Cittaducale; PV: Piediluco-Valnerina; CT: Contigliano-M. Tancia. Sorgenti puntuali principali: 1: Peschiera; 2: S. Susanna; 3: Cantaro; S. Liberato; 5: Vicenna Riarà.

- Hydrogeologic structure sketch in the Reatina area. Hydrogeologic structures: PR: Rieti Plain and neighbouring valleys; MR: "Monti Reatini" (substructures: CPC: "Cima del Carpellone-M. La Pelosa-M. Castiglione"; TCA: "M. Tilia-M. Corno-Cima d'Arme"; MT: "M. Terminillo"; MP: "M. Porillo"); MSS: "Monti Sabini settentrionali"; MSC: "Monti Sabini centrali"; MSM: "Monti Sabini meridionali"; CC: "Cantalice-Castelfranco"; GNV: "Giano-Nuria-Velino". Tectonic lines: BS: "Bordiera settentrionale"; BW: "Bordiera occidentale"; BM: "Bordiera meridionale"; BO: "Bordiera orientale"; MP-RD: "M. La Pelosa-Rivodutri"; PP-CP: "Piedelpoggio-Cupaello"; MC: "Micigliano-Castel S. Angelo"; RCC: "Rivodutri-Cantalice-Cittaducale"; RC: "Rieti-Cittaducale"; PV: "Piediluco-Valnerina"; CT: "Contigliano-M. Tancia". Main springs: 1: Peschiera; 2: S. Susanna; 3: Cantaro; S. Liberato; 5: Vicenna Riarà.

La Piana di S. Vittorino è sede di numerose sorgenti, in parte direttamente alimentate dall'acquifero dei Monti Giano-Nuria-Velino, la cui più importante emergenza è rappresentata dalle Sorgenti del Peschiera, parzialmente captate per l'approvvigionamento idrico della città di Roma (9 m<sup>3</sup>/s su 18 di portata media complessiva). L'acquifero di piattaforma carbonatica, tramite un deflusso idrico sotterraneo nel sottosuolo della Piana, alimenta anche sorgenti ubicate sul bordo settentrionale della Piana di S. Vittorino, tra cui quelle di S. Vittorino, di Cotilia e di Paterno. Queste sorgenti presenti sul limite settentrionale della piana di S. Vittorino ricevono con tutta probabilità contributi anche dalle propaggini orientali dei Monti Reatini, avendo come area d'alimentazione i carbonati presenti al letto del sovrascorrimento Olevano-AnTRODoco (PETITTA *et alii*, 2003; PETITTA, 2009). Inoltre, la complessa tettonica della Piana di S. Vittorino, responsabile della risalita di fluidi gassosi mineralizzanti ricchi soprattutto in CO<sub>2</sub> e in H<sub>2</sub>S, influenza la sopra descritta circolazione idrica sotterranea, determinando la mineralizzazione solfurea e ferruginosa di alcune sorgenti, il cui esempio più evidente è dato dalle Terme di Cotilia.

Le sorgenti Le Capore, ubicate nella valle del Torrente Farfa, in prossimità di Frasso Sabino, di portata media pari a 5 m<sup>3</sup>/s, sono completamente captate per l'approvvigionamento idrico di Roma e hanno un bacino d'alimentazione che comprende tutta la struttura idrogeologica dei Monti Sabini Occidentali, ma che si estende anche verso Est e soprattutto verso Sud, nei Monti Sabini Meridionali (fig. 2).

La circolazione idrica sotterranea nei Monti Sabini Settentrionali è parzialmente separata da quella nei Monti Sabini Centrali e Meridionali attraverso il sistema tettonico che definisce il sovrascorrimento del M. Tancia, determinando un limitato scambio idrico e localmente un probabile limite a flusso nullo. Conseguentemente, il drenaggio della falda basale dei Monti Sabini Settentrionali è indirizzato verso le sorgenti delle Gole di Montoro-Stifone in Umbria, a nord-ovest dell'area in esame, mentre quello della dorsale dei Monti Sabini Centrali verso la Sorgente Le Capore.

La struttura idrogeologica dei Monti Reatini va ad alimentare prevalentemente le sorgenti ubicate al bordo orientale della Piana Reatina (MANFREDINI, 1972; BONI *et alii*, 1995). Tra queste si annoverano la sorgente di S. Susanna (5 m<sup>3</sup>/s, quota 383 m s.l.m.), ed altre sorgenti di minore portata quali S. Liberato (0,1 m<sup>3</sup>/s, 580 m s.l.m.) e Vicenna Riara (0,07 m<sup>3</sup>/s, 374 m s.l.m.)

alla base del versante occidentale del gruppo montuoso del Terminillo e la sorgente del Cantaro (0,5 m<sup>3</sup>/s, 400 m s.l.m.). Quest'ultima è utilizzata parzialmente dall'acquedotto di Rieti tramite captazione da pozzi.

Ulteriori emergenze di acque sotterranee sono presenti negli alvei dei Fiumi Salto e Turano, nel tratto che va dalle rispettive dighe alla Piana Reatina; queste emergenze, valutate nell'ordine di 0,5 m<sup>3</sup>/s (BONI *et alii*, 1986), sono alimentate dal substrato carbonatico-marnoso della serie sabina, affiorante a tratti nei fondovalle al di sotto delle coperture plio-pleistoceniche.

Alle descritte strutture idrogeologiche delle dorsali carbonatiche si sovrappone la struttura idrogeologica della Piana Reatina, che prosegue verso il basso nei depositi fluvio-lacustri antichi del Bacino di Rieti (BARBERI & CAVINATO, 1993). I depositi più recenti che affiorano nella piana sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi con rare intercalazioni lentiformi a granulometria più grossolana (spessore fino a 80 m) sovrapposti ai terreni calcareo-marnosi della Serie Umbro-Sabina (MANFREDINI, 1972) nel settore occidentale, mentre nel settore orientale sotto i depositi lacustri recenti si trovano fino a 400 m di sedimenti attribuibili ai depositi continentali più antichi. La struttura idrogeologica della Piana, pur essendo dotata di una scarsa permeabilità, è sede di una falda freatica la cui superficie oscilla tra 1 e 4 m dal piano campagna nella zona centrale. All'interno dei depositi fluvio-lacustri antichi, affioranti sul bordo meridionale della piana e nei tratti terminali delle valli di Salto e Turano, è presente una circolazione idrica sotterranea frammentata, dove i livelli limoso-argillosi fungono spesso da limiti di permeabilità locali, dando luogo a falde libere e in pressione di estensione e importanza variabile, con emergenze localizzate di portata ridotta (quasi sempre inferiore ai 10 l/s), spesso captate per uso potabile dai piccoli centri del reatino.

La Piana Reatina presenta una scarsa permeabilità a causa della prevalenza di depositi limoso-argillosi. La presenza del substrato carbonatico umbro-sabino anche a minima profondità sul lato occidentale, l'interdigitazione con i depositi detritici e le conoidi presenti soprattutto sul lato orientale ed, infine, lo scorrimento in superficie dei Fiumi Velino e Turano e del T. Canera (MARTARELLI *et alii*, 2008), rendono complesso il suo ruolo idrogeologico. In linea generale, la struttura idrogeologica della Piana riceve contributi di acque sotterranee prevalentemente dal settore orientale, tramite travasi non quantificati, provenienti dalla struttura idrogeologica dei

Monti Reatini e determinati dal ridotto contrasto di permeabilità tra gli acquiferi carbonatici e i depositi detritici e di conoide. Sono presenti contributi anche sul lato occidentale, dove però la presenza di elementi tettonici e l'affioramento di complessi idrogeologici a bassa permeabilità riduce certamente l'entità degli scambi in gioco. Ciò nonostante, nella Piana è stata identificata una falda freatica in equilibrio dinamico con i corsi d'acqua che la solcano, con cui sono scambiati discreti quantitativi idrici, di entità variabile nel tempo e nello spazio. Secondo MANFREDINI (1972), il deflusso sotterraneo nella struttura della Piana Reatina è stimabile in  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , come confermato da DI DOMENICANTONIO (2000), mentre il gradiente idraulico pari a 0,2% indica una direzione delle acque da sud verso nord. Nel settore nord-orientale della piana, la falda è richiamata dal Lago di Ripa Sottile, privo di emissario ma fornito di idrovora; nel settore meridionale il Fiume Velino cede acqua alla falda freatica, per poi invece divenire drenante nel settore settentrionale della Piana.

Nell'area di studio è possibile distinguere sorgenti a quota superiore rispetto a quella della piana, ubicate sui rilievi circostanti, e sorgenti pedemontane. La circolazione idrica della piana ha rapporti diretti solo con queste ultime, che sono caratterizzate da portate rilevanti (CACCIUNI *et alii*, 2002).

L'attuale idrografia della piana Reatina è il risultato d'interventi di bonifica che si sono succeduti a partire dal III secolo a.C., e hanno prosciugato l'antico Lago Velino (che raggiungeva quota 375 m s.l.m.) e regolato lo scorrimento delle acque superficiali. A tale proposito, la ricostruzione dell'idrografia della piana reatina in epoca storica ha messo in evidenza: a) variazioni dell'estensione dell'antico Lago Velino, che occupava quasi tutta la piana ed oggi è ridotto a due piccoli specchi d'acqua, legate a motivi sia climatici sia antropici; b) variazioni di percorso degli alvei fluviali e torrentizi e loro pensilità, dovute sia a fenomeni di alluvionamento sia a ripetuti interventi antropici; c) la continua opera di tagli dello sbarramento delle Marmore (Cava Curiana, Cava Gregoriana, Cava Paolina, Cava Clementina) per far defluire le acque della piana (FERRELI *et alii*, 1992; FERRELI *et alii*, 1993); d) il controllo del livello dei due laghi a partire dal 1940. Ulteriori informazioni di carattere più prettamente specialistico e interdisciplinare (paleoambientale, paleoclimatico e cronologico) possono essere rinvenuti in CALDERONI *et alii* (1995).

Il Lago Lungo è attualmente collegato al Lago di Ripa Sottile tramite un canale, ed il Lago di Ripa Sottile confluisce nel Velino attraverso un

canale regolato da una paratia. Il livello del Lago di Ripa Sottile e del Lago Lungo è mantenuto costante (a quota 369 m s.l.m., 2 metri al di sotto del livello naturale) da un sistema di idrovore che scaricano nel F. Velino (LEGGIO & SERVA, 1991; BONI *et alii*, 1995). Le acque della sorgente di S. Susanna sono convogliate nell'omonimo canale che s'immette nel F. Velino a valle della confluenza con il F. Fiumarone. Il regime idrologico della piana reatina è condizionato dagli interventi di bonifica e dall'attività idroelettrica (MANFREDINI, 1972), che hanno determinato il progressivo innalzamento degli alvei del F. Velino e del versante idrografico destro del F. Turano.

#### 4. - COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Nell'area oggetto di studio sono state identificate, utilizzando le indicazioni della "linee guida" al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia (MARI *et alii*, 1995), diverse associazioni litologiche che, sulla base di comuni caratteristiche idrogeologiche e di simile comportamento idrodinamico, possono essere raggruppate in complessi idrogeologici.

Sono stati distinti 4 complessi relativi ai depositi di copertura recente ed attuale e 4 complessi afferenti al substrato meso-cenozoico. I complessi idrogeologici più recenti governano principalmente il recapito della risorsa idrica sotterranea e sono responsabili dei rapporti tra le acque superficiali e quelle sotterranee. Hanno quindi un importante ruolo idrodinamico e una limitata funzione di stoccaggio. I complessi idrogeologici dei depositi meso-cenozoici rappresentano l'acquifero e l'*aquiclude* della circolazione idrica sotterranea a scala regionale, costituendo rispettivamente il principale serbatoio in grado di immagazzinare oltre alle riserve regolatrici anche le cospicue riserve permanenti e il limite a flusso nullo della circolazione idrica. I valori d'infiltrazione efficace riportati nel presente lavoro sono basati sulle valutazioni di BONI *et alii* (1986), applicate alla valle del Velino da BONI *et alii* (1995), secondo il criterio dell'analisi di bilancio idrogeologico su strutture idrogeologiche chiuse a partire dalle portate erogate (BONI *et alii*, 1986) e sono stati restituiti cartograficamente in figura 4 e a margine della tavola IV f.t. allegata in tasca di copertina.

I complessi idrogeologici riconosciuti sono quindi i seguenti (allegato f.t. in tasca di copertina):

Complesso fluvio-lacustre della Piana Reatina (Olocene). È costituito da alternanze di sedimen-

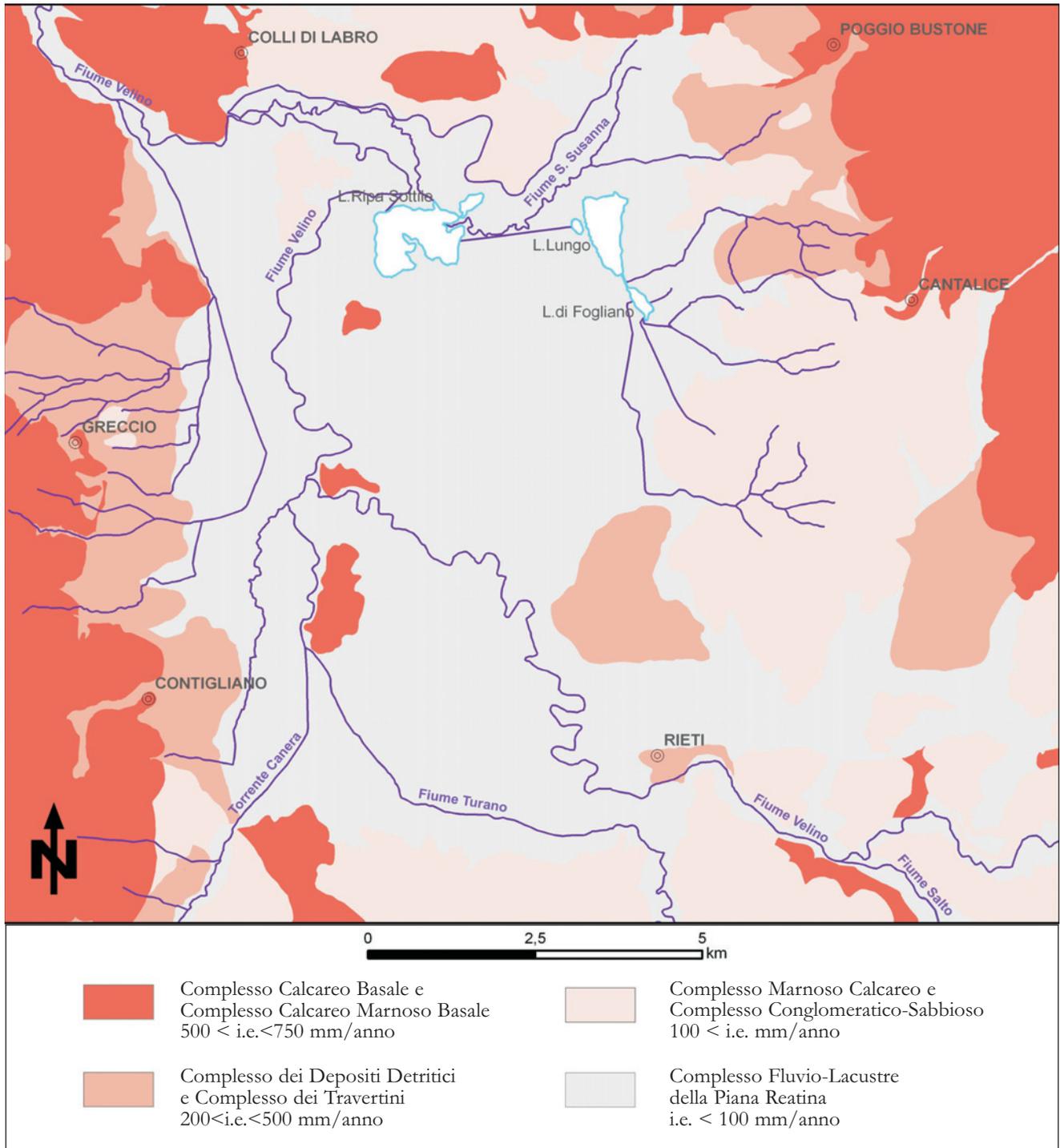


Fig. 4 - Carta schematica dell'infiltrazione efficace potenziale dei complessi idrogeologici nell'area in studio.  
- Sketch map of the potential effective infiltration values of the hydrogeological complexes in the study area.

ti a granulometria variabile dalla ghiaia all'argilla, con prevalenza delle frazioni fini e con frequenti intercalazioni di livelli torbosi nerastri e localmente livelli travertinosi. Lo spessore è variabile in funzione dell'articolazione del substrato (massimo 200 m). Costituisce un *aquitard*, presentando

nel complesso una bassa permeabilità, ad eccezione delle intercalazioni ghiaiose, sede di falde alimentate prevalentemente tramite travasi sotterranei. Il complesso ospita falde libere e in pressione di estensione ed importanza variabile in relazione con lo spessore, la litologia e la geometria del

deposito. Infiltrazione efficace: estremamente limitata. Grado di permeabilità relativa: scarso.

Complesso dei depositi detritici (Pleistocene-Olocene). Comprende i detriti di falda e di versante e le conoidi alluvionali antichi e recenti, talvolta cementati, e le coperture eluvio-colluviali. Nelle conoidi, la frazione grossolana (ghiaie calcaree e silicee) prevale nella zona apicale, mentre nella zona distale è prevalente la frazione sabbioso-limosa. La componente eluvio-colluviale è a principale granulometria sabbioso-limosa con inclusi clastici centimetrici. Affiora nelle zone di raccordo tra i rilievi e le aree depresse, dove può raggiungere spessori di qualche decina di metri. Dotato di discreta permeabilità, può ospitare falde a deflusso sotterraneo rapido e di rilevanza locale, principalmente per travaso dagli acquiferi carbonatici. Laddove i detriti sono sostenuti da un substrato a bassa permeabilità, ospitano falde idriche di interesse locale, che alimentano sorgenti poste alla periferia del deposito detritico o acquiferi contigui. Le sorgenti connesse a questo complesso presentano in genere regime variabile, con minimi marcati nella stagione non piovosa. Infiltrazione efficace: variabile tra 200 e 400 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: medio.

Complesso dei travertini (Pleistocene-Olocene). I travertini hanno uno spessore variabile da qualche metro a qualche decina di metri, una buona capacità d'immagazzinamento e una limitata estensione. Sono permeabili per porosità e per fratturazione. Contengono una falda libera in continuità idraulica con le acque sotterranee dei depositi alluvionali della pianura. Infiltrazione efficace: circa 400 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: medio.

Complesso conglomeratico-sabbioso (Pliocene sup.-Pleistocene). Si compongono di conglomerati poligenici cementati e stratificati, sabbie ed argille sabbiose depositi in un ambiente da conoide alluvionale a fluvio-lacustre. L'analisi delle paleocorrenti riconosciute indica un apporto proveniente da NNE e successivamente da NE ed ESE. Questi sedimenti, affioranti lungo il bordo collinare della piana a NE, a E e a S per una larghezza compresa tra due e cinque chilometri e una potenza di circa 500 m, costituiscono nella parte orientale il substrato della copertura fluvio-lacustre olocenica. La permeabilità è variabile a causa dell'eterogeneità dei sedimenti, più elevata nei termini sabbioso-conglomeratici e meno elevata nei termini argillosi. Ha uno spessore fino a 500 m ed ospita acquiferi d'importanza locale negli orizzonti permeabili. Infiltrazione efficace inferiore ai 200 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: scarso.

Complesso marnoso-calcareo (Eocene sup.-Miocene medio). Comprende la Scaglia Cinerea (marne e calcari marnosi detritici con livelli argillosi) ed il Bisciario (calcari marnosi e marne calcaree con livelli marnoso-argillosi). Lo spessore complessivo è prossimo ai 300 m. Costituisce l'*aquiclude* degli acquiferi carbonatici meso-cenozoici e la sua notevole estensione in affioramento determina un limite di permeabilità netto che separa la circolazione nel substrato carbonatico da quella nei complessi detritico-alluvionali. Infiltrazione efficace: inferiore a 200 mm/anno. Grado di permeabilità relativa: scarso.

Complesso calcareo-marnoso (Cretacico medio-Eocene medio). È costituito dalle Marne a Fucoidi (marne, calcari e calcari marnosi selciferi) e da Scaglia Bianca e Scaglia Rossa (calcari marnosi selciferi). Lo spessore complessivo è di circa 400 m. È presente in affioramento sulle dorsali montuose, costituisce l'acquifero carbonatico superiore della zona esaminata. È sede di imponente circolazione idrica sotterranea. La formazione delle Marne a Fucoidi ha una permeabilità molto bassa e costituisce l'*aquiclude* basale delle formazioni calcaree sovrastanti. Le altre formazioni hanno permeabilità molto elevata per fratturazione e carsismo; gli intervalli marnosi possono costituire localmente il livello di base per falde locali e sospese che danno origine a sorgenti di portata variabile da 1 fino a circa 100 l/s. Infiltrazione efficace stimabile in 500-600 mm/anno per i termini carbonatici. Grado di permeabilità relativa: medio.

Complesso calcareo basale (Liassico inf.-Cretacico inf.). Include il Calcere Massiccio (calcari cristallini e brecciati, alta permeabilità per fratturazione e carsismo), Corniola (calcari stratificati con marne argillose alla sommità, permeabilità bassa nella parte sovrastante dove sono prevalenti le marne, medio-alta per fessurazione e carsismo negli orizzonti stratigraficamente più bassi maggiormente calcarei), Rosso Ammonitico (marne e calcari marnosi, nell'insieme poco permeabili), Marne ad Aptici/Diaspri (calcari marnosi con selce, nell'insieme poco permeabili) e Maiolica (calcari a grana fine stratificati, permeabilità elevata a causa di un'intensa fratturazione). L'inserimento delle ultime tre formazioni citate nel presente complesso è giustificato dal fatto che in quest'area di studio le formazioni del Rosso Ammonitico e delle Marne ad Aptici/Diaspri svolgono un limitato ruolo di separazione idraulica tra Maiolica e Calcere Massiccio rispetto ad altri settori limitrofi interessati dalla Serie Umbro-Marchigiana "tipica" (cfr. ad es. BONI *et alii* 1986, 1995). Lo spessore complessivo è di circa 1500 m.

È sede di processi carsici, ospita un esteso acquifero basale che da origine a sorgenti con portate elevate e regimi molto regolari e alimenta il flusso di base dei corsi d'acqua. Infiltrazione efficace: superiore ai 600 mm/anno nei termini carbonatici, inferiore nei termini marnosi. Grado di permeabilità relativa: alto.

Complesso dolomitico (Triassico). Il complesso affiora al di fuori dell'area studiata in vari settori posti a N e ad E. È costituito da dolomie massive che in affioramento si presentano spesso sfarinate e carsificate, con intercalazioni evaporitiche. Rappresenta l'*aquiclude* basale del sistema idrogeologico dell'area, ma nei settori interessati da fratturazione e carsismo può assumere infiltrazione efficace stimabile in 200-400 mm/anno ed un grado di permeabilità relativa medio.

## 5. - DATI RACCOLTI

Per verificare lo stato delle conoscenze pregresse, per la comprensione del quadro idrogeologico regionale e per il completamento delle informazioni in aree della piana in aree già sufficientemente indagate, sono stati acquisiti i dati geologici, idrologici e idrogeologici disponibili in letteratura, relativi a studi precedenti.

Sono state raccolte informazioni pluviometriche e termometriche (stazioni in località Rieti, Contigliano e Poggio Mirteto), idrometriche e piezometriche (stazioni in località Criano e Chiesa Nuova) presso l'ex-Ufficio Compartimentale di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). Le suddette stazioni hanno fornito dati per un periodo complessivo dal 1921 al 2004 (ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004), ma purtroppo non tutte sono state attive ininterrottamente durante quest'intervallo. I dati raccolti in località Rieti considerano le misurazioni relative alla vecchia stazione di Rieti Città ed alla stazione di Rieti Ponte Nuovo, tuttora in funzione. Tali informazioni hanno permesso di inquadrare l'area dal punto di vista idro-meteorologico, in modo da consentire la valutazione dell'entità degli afflussi per i relativi calcoli di bilancio.

È stato condotto un censimento dei punti d'acqua (pozzi e sorgenti) nell'area di studio e sono state realizzate reti di controllo, attraverso più campagne eseguite in diverse stagioni. Nell'ambito del censimento dei punti d'acqua sono state effettuate misure di livello di falda nei pozzi, misure di portata delle sorgenti, analisi *in situ* di temperatura, conducibilità elettrica e pH delle acque. In particolare, le campagne di misura nel settore orientale della Piana, ricadente nel

territorio dei comuni di Rieti, Cantalice, Poggio Bustone e Rivodutri, sono state effettuate (CACCIUNI *et alii*, 2002) tra il 2001 ed il 2002 e sono consistite in: misure di livello di falda in morbida (novembre-dicembre 2001) e magra (luglio 2002) in 68 pozzi e determinazioni *in situ* dei parametri chimico-fisici delle acque; misure mensili di portata e analisi chimico-fisiche *in situ* (da dicembre 2001 a luglio 2002) delle sorgenti principali (San Liberato; Canapine; Vicenna Riara; S. Susanna, solo analisi chimico-fisiche) e di alcune minori ma di potenziale interesse (S. Margherita; Acqua Martina; Capo d'Acqua). Nel settore occidentale i rilievi su sorgenti e pozzi sono stati eseguiti tra il 2002 e il 2003, in periodo di magra (ottobre 2002) e morbida (maggio 2003), con misura dei medesimi parametri chimico-fisici e della portata erogata, per un totale di 25 sorgenti e 75 pozzi, tutti compresi nei territori comunali di Contigliano e Greccio.

Inoltre, per un anno idrologico (da dicembre 2002 a novembre 2003), è stato monitorato in continuo il livello di falda in corrispondenza di un pozzo ritenuto significativo, in funzione della sua profondità, posizione e caratteristiche chimico-fisiche delle acque. I dati relativi alle principali sorgenti dell'area di studio sono riassunti nella tabella 1.

I livelli piezometrici misurati sono stati utilizzati per la costruzione delle curve isopiezometriche, tenendo conto anche del ruolo dei corsi d'acqua superficiali e delle loro possibili interazioni con le acque sotterranee. Poiché i dati piezometrici si riferiscono a pozzi in massima parte privati, questi hanno profondità generalmente non elevata e comunque disomogenea. Di conseguenza, si è dovuto filtrare le informazioni in funzione della loro reale rappresentatività, ad esempio scartando alcuni dati relativi a pozzi molto superficiali. La rappresentazione della superficie piezometrica va quindi riferita alla falda freatica della piana reatina. Nelle zone dove i dati erano scarsi (estremo settore settentrionale e area meridionale nei pressi del Fiume Velino), nella ricostruzione della superficie piezometrica sono stati tenuti in considerazione i rapporti con i corsi d'acqua superficiali e i dati bibliografici riferibili a MANFREDINI (1972).

I dati raccolti sono stati inoltre utilizzati per la valutazione della risorsa idrica disponibile e infine per affinare il modello concettuale di circolazione idrica sotterranea suggerito dagli Autori precedenti e dalla suddivisione in complessi idrogeologici qui proposta, attribuendo alle sorgenti le rispettive aree di alimentazione e verificando i rapporti tra le strutture idrogeologiche carbonatiche del substrato e i depositi di riempimento della piana.

Tab. 1 - *Dati riassuntivi delle principali sorgenti dell'area in studio.*  
 - Report of the significant information on the main springs of the study area.

Sorgente	quota (m s.l.m.)	Q media (l/s)	Q max (l/s)	Q min (l/s)	T media (°C)	CE media (µS/cm)	CE max (µS/cm)	CE min (µS/cm)	Q media (l/s) da studi precedenti*
S. Susanna**	383				11	782	788	776	5000
Gruppo Canapine**	377	313	395	252	11	629	753	560	
Vicenna Riara**	374	64	90	40	14	586	629	565	70
S. Liberato**	580	24	28	21	12	310	344	266	100
Gruppo Cantaro*	418								500
Onnina***	414	36	55	18	12	285	290	275	
Riosono***	490	8	9	6	12	301	303	299	
S. Martino***	444	8			13	309			

\* e.g., MANFREDINI, 1972; BONI *et alii*, 1995  
 \*\* presente studio (dicembre 2001 - luglio 2002)  
 \*\*\* presente studio (ottobre 2002 e maggio 2003)

### 5.1. - IL SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

È stata operata la selezione, l'elaborazione, l'archiviazione e l'organizzazione delle informazioni raccolte per la realizzazione di un GIS dedicato. I dati sono stati elaborati con il *software* MS-Excel, e quindi estratti in formato dbf per essere importati in un GIS gestito con i *software* ESRI Arcview e ArcGIS.

In particolare, con il *software* GIS sono state georiferiti, attivando un collegamento tra tali elementi e le informazioni contenute nel geodatabase, tutti gli elementi d'interesse idrogeologico (es. stazioni di misura di portata in alveo, stazioni idro-termo-pluviometriche, complessi idrogeologici) e condotte le elaborazioni cartografiche. Il sistema è predisposto per essere interrogato come banca dati.

### 6. - PRESENTAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Dall'analisi dei dati raccolti presso le stazioni termo-pluviometriche di Rieti e Poggio Mirteto (ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004) è stato evidenziato che mediamente il mese più freddo è gennaio (minima 1°C, massima 11°C), mentre il mese più caldo è agosto (minima 17°C, massima 33°C).

Inoltre, le precipitazioni medie annue misurate nelle stazioni di Poggio Mirteto, Rieti e Contigliano sono, rispettivamente, 900, 1100 e 1500 mm, con precipitazioni massime in novembre-dicembre e minime in luglio. Ulteriori informazioni sulle caratteristiche termo-pluviometriche dell'area possono essere desunti da MARTARELLI *et alii* (2008). Infine, le variazioni piezometriche della falda freatica rilevate nei pozzi in località Criano e Chiesa Nuova (ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004) da gennaio 1999 a dicembre 2001 hanno evidenziato periodi di morbida in novembre-dicembre e di magra in agosto-settembre (CACCIUNI *et alii*, 2002).

Tra le sorgenti ricorrenti nel settore orientale dell'area di studio, solo S. Susanna è ubicata direttamente al contatto col substrato carbonatico e rappresenta una sorgente basale d'importanza regionale; le vicine sorgenti del Gruppo delle Canapine sono probabilmente connesse all'acquifero del complesso calcareo basale, e rappresentano una sorta di trasferimento idrico proveniente dal substrato carbonatico attraverso una conoide sepolta (MANFREDINI, 1972) ed una limitata porzione dei depositi della piana reatina. La sorgente di S. Liberato e altre minori limitrofe hanno caratteristiche di sorgenti legate a falde sospese (acquifero nel complesso calcareo-marnoso sospeso dalla formazione delle Marne a Fucoidi) ed

importanza locale. Queste sorgenti possono essere ricondotte (S. Susanna, Canapine), oppure considerate connesse (S. Liberato), alla struttura idrogeologica M. Tilia-M. Corno-Cima d'Arme, delimitata ad E dalla struttura del Terminillo e da questa separata anche idraulicamente dal sovrascorrimento Piedelpoggio-Cupaello, probabilmente in continuità idraulica (la linea tettonica M. La Pelosa-Rivodutri non le separa completamente) verso W con la struttura idrogeologica Cima del Carpellone-M. La Pelosa-M. Castiglione (fig. 3).

La sorgente di Vicenna Riarà, che sgorga da una polla situata verso il centro della piana reatina, deve la sua esistenza ad un trasferimento di acque proveniente dal substrato carbonatico attraverso vie di flusso preferenziali costituite molto probabilmente da conoidi sepolte (MANFREDINI, 1972). Pertanto, la sorgente Vicenna Riarà è parzialmente correlata alla struttura idrogeologica M. Tilia-M. Corno-Cima d'Arme, ma probabilmente, è relazionabile anche alla struttura idrogeologica Cantalice-Castelfranco (fig. 3), caratterizzata dai terreni del complesso idrogeologico conglomeratico-sabbioso. Anche altre sorgenti minori (Capo d'Acqua, S. Margherita, Acqua Martina), distinte come sorgenti dei depositi detritici o pedemontani ed in genere connesse ai depositi della piana reatina, possono essere riferite alla suddetta struttura idrogeologica Cantalice-Castelfranco (fig. 3).

Nel settore occidentale della Piana, i contributi di acque sotterranee provenienti dai complessi idrogeologici del substrato sono limitati e non esistono sorgenti basali di importanza regionale. L'assetto geologico-strutturale determina l'emergenza di falde locali al contatto tra il complesso calcareo-marnoso e quello marnoso-calcareo.

Gran parte di queste sorgenti hanno una portata media dell'ordine di 1-5 l/s e i loro parametri chimico-fisici, che presentano minime variazioni stagionali, tradiscono la loro origine da acquiferi carbonatici. Alcune emergenze sono ubicate in corrispondenza di limiti di permeabilità costituiti da lineamenti tettonici, quali i *thrust* principali (zona di S. Filippo). L'emergenza a portata maggiore è quella di S. Croce in Val Canera. Sono poi presenti emergenze locali di portata limitata (inferiore a 0,5 l/s), diffuse nel complesso detritico in corrispondenza delle coperture eluvio-colluviali. Si tratta di emergenze soggette a variazioni stagionali di portata e dei parametri chimico-fisici, altamente vulnerabili all'inquinamento per la scarsa soggiacenza della falda. Contributi sorgivi più ingenti (da 5 a 50 l/s) emergono dalle conoidi appartenenti al complesso detritico, tra cui la più importante è la sorgente Onnina a Contigliano. Si tratta di falde che traggono evidente alimentazio-

ne dal substrato carbonatico, le cui acque vengono localmente drenate dalle conoidi, in assenza di un contrasto di permeabilità tale da impedire il travaso nel complesso detritico. I depositi alluvionali recenti rappresentano il limite di permeabilità di questi acquiferi locali, ma non è escluso che parte della risorsa idrica travasi ulteriormente andando ad alimentare la falda della Piana Reatina. Le caratteristiche chimico-fisiche confermano una probabile provenienza dal substrato carbonatico, mentre il regime di portata e la sua variabilità stagionale sono indicativi di un'area di alimentazione non molto estesa. Anche in questo caso, la risorsa presenta però un elevato grado di vulnerabilità, all'interno del complesso detritico, a causa della scarsa soggiacenza e dell'elevata permeabilità dei depositi, cui si aggiunge la pericolosità determinata dalla presenza dalle attività agricole e zootecniche.

L'analisi delle curve isopiezometriche (vedi tav. IV f.t. in tasca di copertina) evidenzia che la falda idrica ha una morfologia convergente, nel complesso, dai rilievi verso la pianura. In particolare, sulla base dei rilievi eseguiti durante luglio 2002 nei pozzi nell'area NE della Piana Reatina, è confermata l'esistenza di assi di drenaggio: a) nel settore E, dalla zona di S. Liberato verso la sorgente Vicenna Riarà, con sviluppo da ENE verso WSW; b) nel settore NE, dalla sorgente S. Susanna verso il Lago Lungo, da NNE verso SSW. Invece, nell'area SE della piana l'andamento delle curve isopiezometriche è piuttosto complesso e centripeto in corrispondenza dei depositi travertinosi in località Tre Strade. Infine, nella parte occidentale l'andamento della piezometria, ricostruito sulla base del censimento dei pozzi dell'ottobre 2002, indica chiaramente direzioni di flusso da W verso E, quindi verso la piana, particolarmente riconoscibili: a) da località Capo le Chiuse verso Colle Terria; b) a N di Limiti di Greccio.

## 7. - CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Allegata f.t. in tasca di copertina (tav. IV) è rappresentata una cartografia idrogeologica di sintesi dell'area in studio, redatta secondo le indicazioni delle "linee guida" (MARI *et alii*, 1995), dove sono stati evidenziati, tra l'altro, il reticolo idrografico con l'indicazione dei tratti drenanti e disperdenti, le sezioni di misura in alveo, le sorgenti, i complessi idrogeologici distinti.

Le misure di livello di falda nei pozzi della rete preliminare di controllo hanno permesso di ricostruire l'andamento della falda freatica rappresentativa della condizione di magra dell'acquifero della piana e di individuare le principali direzioni di

deflusso delle acque sotterranee. Nel settore orientale, l'analisi delle curve isopotenziali evidenzia un asse di drenaggio principale (da S. Susanna verso il Lago Lungo) con direzione N-S nel tratto più settentrionale e con direzione NE-SO in prossimità del Lago Lungo, e un asse di drenaggio con direzione E-W da Cantalice verso Vicenna Riara. Si evidenzia la presenza di contributi alle acque sotterranee della pianura dai rilievi del settore orientale e la funzione drenante del lago. Nel settore sud-orientale la morfologia centripeta della superficie piezometrica in corrispondenza dei depositi travertinosi, che individua una depressione della falda con massimi di oltre 15 m in un'area di circa 2x2,5 km, è verosimilmente connessa alla concomitanza sia di cause antropiche, ossia al notevole sfruttamento della falda in quest'area per uso residenziale e socio-economico, sia della ricorrenza di periodi particolarmente siccitosi negli anni precedenti i rilievi di campagna. Tale processo esercita un richiamo di eventuali inquinanti provenienti dalle acque del Fiume Velino, situato in corrispondenza del settore SW di tale depressione. È pertanto necessario un approfondimento riguardo alla possibile evoluzione temporale della situazione citata, prendendo in opportuna considerazione le presumibili variazioni annuali degli apporti derivanti dalla ricarica zenitale e l'opportunità di limitare i prelievi in falda.

I gradienti idraulici decrescono con discreta regolarità nel settore settentrionale. Sono stati calcolati gradienti dell'ordine del 10-15‰ tra le curve di quota 390 e 370 m s.l.m. Nel settore di pianura ad E del Lago Lungo sono stati calcolati gradienti dell'ordine del 5-10‰. Nel settore meridionale in corrispondenza dei depositi travertinosi i gradienti idraulici sono più elevati (circa 40-75‰).

Un importante contributo a conferma delle caratteristiche della circolazione idrica sotterranea è stato fornito da considerazioni desumibili dalla ricostruzione dell'evoluzione geologico-strutturale recente. Infatti, oltre al ruolo della tettonica nella strutturazione dei grandi acquiferi carbonatici precedentemente definiti, è possibile riconoscere il condizionamento esercitato sulle direttrici di flusso e sui punti di recapito delle falde dalla presenza dei sistemi di faglie dirette plio-quadernarie (fig. 3 e tav. IV f.t. allegata in tasca di copertina) che sono presenti ai bordi della Piana (e.g., COSENTINO *et alii*, 1991; MICETTI *et alii*, 1993; GUERRIERI *et alii*, 2004). Inoltre, la sovrapposizione della tettonica plio-quadernaria allo sviluppo del bacino intramontano di Rieti ha anche controllato direttamente l'impostazione in superficie del reticolo idrografico principale (GUERRIERI *et alii*, 2004). In questo ambito, oltre alla già eviden-

ziata presenza di alcune tra le maggiori sorgenti dell'Appennino nei settori limitrofi alla Piana Reatina ed al loro legame con gli elementi strutturali, è possibile notare, nell'ambito della Piana, la particolare localizzazione delle seguenti emergenze idriche: a) sorgenti di S. Susanna e delle Canapine: in prossimità della zona d'incontro della faglia bordiera orientale con la faglia bordiera settentrionale, a contatto con le strutture idrogeologiche altamente produttive appartenenti alla struttura dei Monti Reatini; b) sorgente del Cantaro: all'incontro della faglia bordiera orientale con quella bordiera meridionale e quella di Rieti-Cittaducale, nelle adiacenze dei depositi detritici idraulicamente connessi alle strutture idrogeologiche dei Monti Sabini Centrali; c) sorgente Vicenna Riara: lungo la linea della faglia bordiera orientale, in corrispondenza dei depositi detritici della struttura idrogeologica Cantalice-Castelfranco, evidenziando, a completamento di quanto sopra esposto, che l'acqua di quest'emergenza provenga verosimilmente anche da quest'ultima struttura, oltre che da un trasferimento diretto dalla sorgente di S. Liberato attraverso una conoide sepolta (MANFREDINI, 1972); d) sorgenti lungo il margine occidentale della Piana, piuttosto numerose ma di portata relativamente limitata (e.g., Onnina, Riosono): in corrispondenza della faglia bordiera occidentale.

Dal complesso delle osservazioni derivate dai dati piezometrici e idrochimici è stato ipotizzato (CACCIUNI *et alii*, 2002) un probabile quadro di sintesi della circolazione idrica sotterranea. In corrispondenza della sorgente S. Susanna, a N dell'area studiata, la formazione delle Marne a Fucoidi, dotata di bassa permeabilità e con funzione di barriera idraulica a scala regionale, è localmente ribassata da un sistema di faglie dirette. Si ha, pertanto, un trasferimento di acque nella piana che alimentano le sorgenti in località Canapine, immediatamente a S di S. Susanna, anche attraverso una conoide sepolta evidenziata da MANFREDINI (1972). È evidente il contributo proveniente dal complesso detritico ad E verso le acque sotterranee della pianura, particolarmente nell'area compresa tra le sorgenti Canapine e la sorgente Vicenna Riara, come indicato localmente dalla direzione del deflusso sotterraneo. In particolare, la possibile alimentazione dal complesso detritico della sorgente Vicenna Riara, e non prevalentemente da perdite idriche provenienti dalla sorgente di S. Liberato (MANFREDINI, 1972), sembrerebbe giustificata anche alla luce dei dati idrochimici (Vicenna Riara: circa 600  $\mu$ S/cm; S. Liberato: circa 300  $\mu$ S/cm; CACCIUNI *et alii*, 2002) e dalla presenza delle suddette faglie dirette con probabile ruolo di limite di permeabilità.

L'ipotesi dell'esistenza di contributi di travasi sotterranei dalle dorsali carbonatiche ai depositi della Piana Reatina è confortata dalla distribuzione delle emergenze sul suo bordo occidentale. Infatti, nel settore settentrionale (Greccio) le sorgenti sono meno numerose e con portata inferiore, mentre a sud di Contigliano, dove il *thrust* basale del Tancia è affiorante, come a S. Filippo, si osservano numerose sorgenti e un contributo medio che supera i 50 l/s. Di conseguenza, anche in virtù della ridotta profondità del substrato in questo settore, è plausibile che nel settore settentrionale, in assenza dell'affioramento del limite a flusso nullo rappresentato dal *thrust* del Tancia, siano presenti non trascurabili travasi sotterranei dal complesso calcareo e calcareo-marnoso verso la piana, anche per il tramite del complesso detritico a permeabilità variabile.

L'andamento della superficie freatica in questo settore conforta le ipotesi espresse, in quanto si osservano gradienti idraulici all'interno del complesso detritico molto elevati (dal 40‰ fino ad un massimo del 100‰), ad indicare una permeabilità media di tale complesso ridotta, che ostacola fino ad impedire in prossimità della superficie la connessione idraulica con la piana. Le aree di diretto contatto con le conoidi, i cui gradienti idraulici sono nell'ordine di 20‰ invece forniscono indizio di travasi apprezzabili verso il complesso idrogeologico della piana reatina. In quest'ultimo, i gradienti idraulici sono blandi (tra 20 e 10‰), indicando una circolazione idrica in diretta connessione con i corsi d'acqua superficiali.

In conclusione, sul bordo occidentale della piana i contributi sotterranei della dorsale carbonatica avvengono più in profondità nel settore settentrionale, con probabili travasi anche cospicui, mentre nel settore meridionale il deflusso sotterraneo avviene prevalentemente attraverso i depositi detritici e di conoide, che generalmente alimentano sorgenti poste alla base dei rilievi, mentre i contributi diretti verso la piana sarebbero ridotti. D'altronde, l'assenza di emergenze in corrispondenza della dorsale di Monticchio determina un *deficit* di bilancio, in accordo con un assetto geologico che in profondità consentirebbe un contatto diretto tra substrato e alluvioni, in modo da rendere possibile la comunicazione idraulica tra i diversi complessi, con alimentazione diretta della falda freatica; l'entità di questi scambi, che localmente potrebbero essere anche significativi, non può essere però facilmente determinata.

I rapporti tra i corsi d'acqua presenti e la falda idrica della Piana Reatina sono variabili nello spazio e nel tempo (D'ARMENTO, 2004; RIVELLINO, 2004; BRUNETTI 2006) e la Carta idrogeologica

allegata (tav. IV) chiarisce il loro ruolo nella distribuzione della risorsa idrica sotterranea. Il Fiume Velino è in continuo equilibrio con la falda e dalla città di Rieti fino a Terria tende ad alimentare la circolazione idrica sotterranea, con entità non valutabili. Il Fiume Turano si trova in equilibrio dinamico con la falda nella zona orientale della carta, mentre in prossimità della confluenza del Torrente Canera risulta periodicamente sia drenante che disperdente; ulteriormente a valle, costeggia la piccola dorsale di Monticchio e ne riceve un contributo diretto in alveo. A valle della confluenza Velino-Turano e della stazione di Terria, i rapporti tra la falda e il Fiume Velino sono di sostanziale equilibrio. I Laghi Lungo e Ripasottile svolgono una locale funzione di recapito della falda, che viene però sostanzialmente drenata nel settore NW dalle sorgenti e dall'emissario delle sorgenti di S. Susanna-Canapine.

Sebbene sia stata da tempo evidenziata la complessità del sistema acquifero nell'area della Piana Reatina (*e.g.* MANFREDINI, 1972; BONI *et alii*, 1995) e il bilancio idrico dell'area di studio non sia tra gli obiettivi del presente lavoro, sono comunque presentate alcune considerazioni al riguardo, sebbene le valutazioni espresse si basino su drastiche semplificazioni. Sono stati pertanto considerati alcuni degli elementi che partecipano al bilancio idrologico dell'area, tra cui: i) le precipitazioni, stimate in 1100 mm/anno in base ai dati delle stazioni pluviometriche (ANNALI IDROLOGICI, 1921-2004), ii) l'evapotraspirazione reale calcolata mediante la formula di TURC (1955), che è risultata circa 600 mm/anno, considerando una temperatura media di circa 13°C dai dati termometrici delle stazioni EX-SIMN, iii) il ruscellamento superficiale, stimato dalla differenza di portata tra la sezione sul Fiume Velino in uscita dalla Piana (località Le Marmore, circa 50 m<sup>3</sup>/s) e le sezioni in entrata dei fiumi Velino (località Ponte Nuovo, circa 35 m<sup>3</sup>/s), Turano (circa 2 m<sup>3</sup>/s) e Canera (circa 1 m<sup>3</sup>/s). A tale valore deve essere sottratto quello delle sorgenti con recapito nei corsi d'acqua superficiali (*e.g.* S. Susanna, Canapine, Vicenna Riarà, S. Liberato, Cantaro; portata totale stimata circa 10 m<sup>3</sup>/s), di provenienza principalmente dagli acquiferi dei complessi basali calcareo e calcareo-marnoso e non dall'acquifero della piana. Le acque prelevate dall'idrovora del Lago di Ripa Sottile e quelle della derivazione di Ponte Giovanni XXIII sono rilasciate, rispettivamente, nel F. Velino ed in corrispondenza dell'ex-stabilimento industriale SNIA e, pertanto, possono essere trascurate nel calcolo di bilancio dei deflussi superficiali tra entrata e uscita della Piana Reatina. Il ruscellamento stimato in tal modo si attesta sui 300 mm/a. I prelievi idrici da pozzi per

irrigazione, di difficile stima, sono in ogni modo verosimilmente non significativi, per la non diffusa presenza di pratiche agricole intensive. In definitiva, l'aliquota destinata all'infiltrazione, è risultata relativamente bassa rispetto agli altri elementi coinvolti nell'equazione del bilancio idrico ( $I=P-ET-R\pm U$ ), nell'ordine dei 200 mm/anno (corrispondente a circa 0,6 m<sup>3</sup>/s). Tale valore, in considerazione della permeabilità piuttosto bassa dei terreni costituenti la Piana Reatina, è attendibile ed, inoltre, è compatibile con quello proposto per il deflusso sotterraneo nella struttura della Piana Reatina (circa 1 m<sup>3</sup>/s, corrispondente a 350 mm/a; MANFREDINI, 1972, DI DOMENICANTONIO, 2000).

## 8. - VERIFICHE DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA E PROPOSTE

La raccolta dei dati nell'area in studio è stata finalizzata alla definizione delle caratteristiche idrogeologiche che sono state quindi rappresentate nella Carta Idrogeologica allegata in tasca di copertina (tav. IV), con l'obiettivo di sperimentare l'applicabilità delle "linee guida" per la cartografia idrogeologica (MARI *et alii*, 1995), e di fornire conseguentemente una valutazione critica. Tali "linee guida" comprendono specifiche tecniche e una legenda che si articola in 8 tavole, nelle quali sono elencati i simboli ritenuti necessari per rappresentare in modo esauriente le caratteristiche idrogeologiche.

Allo scopo di fornire un contributo concreto alla redazione di future nuove linee guida per la realizzazione della cartografia idrogeologica, si è ritenuto opportuno elencare di seguito alcune proposte di modifica e d'integrazione ad alcune delle suddette tavole.

Le "linee guida" (MARI *et alii*, 1995) prevedevano la finalizzazione dei dati d'interesse idrogeologico alla realizzazione di una banca dati idrogeologica del territorio nazionale, ma non esplicitavano le modalità di acquisizione, organizzazione e restituzione in formato digitale. La libreria dei simboli prevista era, infatti, progettata per essere realizzata essenzialmente mediante elaborazione grafica manuale o assistita da computer. L'avvento dei *software* GIS nella gestione delle informazioni e delle banche dati territoriali anche a carattere idrogeologico ha limitato la restituzione grafica di molti dei simboli così come erano previsti dalle suddette linee guida, a meno di un ulteriore allestimento in ambiente grafico-editoriale, rendendo quindi necessaria una revisione della simbologia prevista nelle linee guida. Inoltre, anche l'organizzazione generale della legenda richiede necessariamente una revisione in relazione alla potenzialità della struttura gerarchica degli strati informativi del *software* GIS utilizzato.

### Tavola A - IDROLOGIA DI SUPERFICIE

La sezione II "Idrologia da ruscellamento" di questa tavola prevede che le acque di ruscellamento superficiale siano classificate in base alla portata media annua, e le acque del flusso di base in base alla portata media del mese di massima magra, e quindi sono richiesti dati di portata relativi ad un congruo numero di anni. Nell'area in studio, ma in generale in molte altre aree del territorio italiano, non si dispone di un numero di misure tali da poter calcolare la portata media annua e la portata media del mese di massima magra dei corsi d'acqua, se non per quei tratti coperti dalla rete idrometrica dell'ex SIMN, ma si hanno solo dati relativi ai periodi d'indagine degli studi in corso. Pertanto, tale impianto simbolico non è pienamente verificabile, almeno ad una scala di relativo dettaglio quale quella adottata (maggiore di 1:50.000). Pertanto, tale impianto dovrebbe essere rivisto permettendo di rappresentare eventualmente le portate medie dell'anno in osservazione, indicandone il periodo di riferimento.

### Tavola B - IDROLOGIA SOTTERRANEA

Un discorso analogo è proponibile per la sezione II "Emergenze di acque sotterranee" della tav. B relativamente alle sorgenti, dove si prevede che queste siano classificate per mezzo della portata media annua e quindi, unitamente alle considerazioni sul loro regime, sulla base dei dati relativi ad un congruo numero di anni. Infatti, nell'area in studio anche le misure di portata delle sorgenti non hanno serie sufficienti a calcolare la portata media annua e il regime. Quindi, potrebbero essere definite le portate medie dell'anno in osservazione, indicandone il periodo di riferimento.

### Tavola C - COMPLESSI IDROGEOLOGICI DISTINTI IN FUNZIONE DEL LORO GRADO DI PERMEABILITÀ RELATIVA

Le linee guida prevedono che i terreni affioranti siano suddivisi in complessi idrogeologici: ciascun complesso è distinto sia per il grado di permeabilità relativa esistente tra un complesso ed un altro (indipendentemente dal tipo di permeabilità) sia in base ai rapporti di tipo stratigrafico-strutturale che intercorrono tra i vari complessi. La legenda così concepita risulta estremamente pratica nel suo impiego e permette un'immediata visualizzazione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti; inoltre una legenda di tale tipo evidenzia lo schema dei rapporti esistenti tra i diversi complessi idrogeologici nel loro contesto giaciturale e strutturale.

La distinzione tra i differenti complessi è quindi data dal grado di permeabilità relativa, indipendentemente dal tipo litologico prevalente del complesso. Dette linee guida prevedono quattro

diversi gradi di permeabilità relativa ricavati sia dai dati di campagna e/o di laboratorio e sia, soprattutto, per confronto con altri complessi adiacenti. I complessi ad alta e media permeabilità vengono cartografati con un colore ed un sovrassegno litologico, mentre i complessi appartenenti alla classe di permeabilità scarsa ed impermeabile sono distinti con un colore pieno. I colori utilizzati sono quelli dell'impianto colori della cartografia geologica ufficiale.

Un primo aspetto che, a parere degli autori, andrebbe quantomeno ridiscusso, è quello relativo ai colori adottati. Infatti, la suddetta prescrizione porta un eccessivo uso di colori, anche diversi per una stessa classe di permeabilità, poiché l'impianto colori della carta geologica è basato fondamentalmente sull'età delle formazioni.

Quindi, considerando l'insieme delle formazioni di differente età che costituiscono un complesso idrogeologico, avremmo che i colori nell'ambito dei complessi non evidenzierebbero la permeabilità bensì l'età; l'aspetto generale della carta idrogeologica sarebbe semplicemente una generalizzazione della carta geologica, determinando un superfluo appesantimento delle informazioni e, soprattutto, l'inosservanza del principio fondamentale della legenda tematica, che è quello di permettere un'immediata lettura delle caratteristiche idrogeologiche.

Sarebbe quindi più opportuno individuare per i complessi idrogeologici dei colori di base corrispondenti ognuno ad una classe di permeabilità. A tal proposito gli autori propongono di seguito la seguente chiave di lettura per classi di permeabilità:

- colore rosso = alta permeabilità,
- colore giallo = media permeabilità,
- colore azzurro = bassa permeabilità
- colore grigio = impermeabile.

I toni del rosso per le aree ad alta e media permeabilità trovano una loro giustificazione nel fatto che tali aree rappresentano le zone d'infiltrazione delle acque meteoriche e quindi di alimentazione delle falde sotterranee. Esse sono quindi immediatamente distinguibili, anche ai fini dell'individuazione della loro suscettività all'inquinamento, poiché un'eventuale sostanza contaminante dalla superficie potrebbe più facilmente raggiungere le sottostanti falde acquifere. Infatti, il rosso, indicante comunemente il pericolo e comunque di elevato impatto visivo, determina durante la lettura della carta un'immediata identificazione delle aree su cui intervenire con azioni di tutela e comunque con un'adeguata limitazione di attività antropiche. Il colore giallo definito per la media permeabilità consente di ottenere, anche avvalendosi eventualmente

di differenti tonalità di arancio, una gradazione visiva decrescente procedendo dal colore rosso che caratterizza il grado alto.

Il colore azzurro chiaro indicante la scarsa permeabilità permette di individuare immediatamente le aree con infiltrazione minore, probabile sede di falde modeste o, comunque, di carattere locale. Il colore grigio, infine, dà visivamente l'idea di assenza di circolazione individuando gli *aquicludi* e le formazioni "tampone" alla circolazione idrica sotterranea.

Questa proposta di rappresentazione peraltro è stata applicata a titolo d'esempio alla carta oggetto del presente lavoro con risultati soddisfacenti. Resta da definire l'opportunità, in situazioni particolarmente complesse, di evidenziare alcune peculiarità dei terreni raggruppati nei complessi idrogeologici, distinguendole con sigle o sovrassegni litologici.

#### Tavola F - SIMBOLI LITOLOGICI

La tavola F propone dei simboli litologici non facilmente riproducibili con le metodologie informatiche adottate, e quindi non è stato possibile utilizzare i simboli previsti nell'allegato 1. In questa cartografia sono stati scelti i simboli ritenuti più adeguati tra quelli disponibili nel *software* GIS utilizzato, ma sicuramente sarebbe necessario un allestimento in ambiente grafico-editoriale per ottimizzarli.

#### Tavola H - COMPLESSI IDROGEOLOGICI DISTINTI IN FUNZIONE DELL'INFILTRAZIONE EFFICACE E/O DELLA TRASMISSIVITÀ

La tavola H prevede la distinzione dei complessi idrogeologici in funzione dell'infiltrazione efficace e della trasmissività solo in presenza di strutture idrogeologiche idonee e di dati sufficienti da rappresentare con carte complementari.

È stata elaborata una cartografia a scala ridotta dell'infiltrazione efficace potenziale dei complessi idrogeologici dell'area in studio, stimata sulla base dei dati di letteratura (BONI *et alii*, 1986) e verificata con i dati del presente lavoro. Questa cartografia sembra differenziarsi da quella realizzata sulla base della permeabilità relativa, giacché è evidente che tra i terreni costituenti la Piana è stato possibile distinguere, per i maggiori valori d'infiltrazione efficace, i depositi conglomeratico-sabbiosi rispetto a quelli fluvio-lacustri e marnoso-calcarei. Molto probabilmente ciò è spiegabile con un attendibile contributo diretto dell'acquifero residente nei rilievi carbonatici all'alimentazione idrica dei depositi conglomeratico-sabbiosi.

Riguardo alla cartografia dei complessi idrogeologici distinti sulla base della trasmissività, non essendo state effettuate durante il presente lavoro né essendo reperibili in letteratura con una sufficiente distribuzione territoriale le informazioni sui principali parametri idrodinamici degli acqui-

feri ricavabili dall'elaborazione di dati acquisiti attraverso prove di portata (portate specifiche, coefficiente di permeabilità, trasmissività, coefficiente d'immagazzinamento), non è stato possibile predisporre tale specifica cartografia per i depositi costituenti la piana.

#### Ringraziamenti

Si ringraziano il Dott. S. RIVELLINO, il Dott. E. D'ARMENTO ed il Dott. E. BRUNETTI per la collaborazione al rilevamento dei punti d'acqua censiti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza". Si ringrazia inoltre il Dott. C. CAMPOBASSO per avere permesso lo svolgimento di questo studio ai fini della sperimentazione della cartografia idrogeologica. Si ringraziano altresì il Prof. P.B. CELICO e il Prof. F. BRUNAMONTE, incaricati della revisione del lavoro, per i preziosi e puntuali suggerimenti proposti.

#### BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI G. & CARBONE F. (1986) – *Lithofacies map of Latium-Abruzzi and neighbouring areas*. C.N.R. Quad. Ric. Sci., **114**(5), 224 pp.
- ANNALI IDROLOGICI (1921–2004) – *Parte prima e parte seconda* (Sezione di Roma). Servizio Idrografico, Ministero dei Lavori Pubblici / Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Presidenza del Consiglio dei Ministri. Roma.
- BARBERI R. & CAVINATO G.P. (1993) - *Analisi sedimentologiche ed evoluzione paleogeografica del settore meridionale del bacino di Rieti (Appennino Centrale)*. Studi Geol. Camerti, Volume Speciale 1992 (1), 39-53.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 991-1012.
- BONI C., CAPELLI G. & PETTITA M. (1995) – *Carta idrogeologica dell'alta e media valle del Fiume Velino*. Univ. di Roma "La Sapienza" - Univ. di "Roma Tre" - Comunità Montana del Velino, Roma.
- BRUNAMONTE F., CARRARA C., CAVINATO G.P., FERRELI L., SERVA L., MICHETTI A.M. & RAGLIONE M. (1994) - *La conca di Rieti*. In: Convegno AIQUA "Le Conche Intermontane, Caratteristiche Stratigrafiche, Sedimentologiche, Strutturali ed Aspetti Applicativi - Guida all'escursione Le Conche intermontane dell'Appennino Laziale-Abruzzese". Il Quaternario, **6**(2) 1993, 396-402.
- BRUNETTI E. (2006) - *Rilevamento geologico-tecnico e idrogeologico del margine sud-orientale del Bacino di Rieti*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, inedita, Università di Roma "La Sapienza".
- CACCIUNI A., MARI G.M., MARTARELLI L., SCALISE A.R. & SILVI A. (2002) – *Studio idrogeologico in un'area della Piana di Rieti. Attività di monitoraggio e rappresentazioni cartografiche preliminari*. Atti del II Convegno "Ambiente e Sviluppo Sostenibile: le acque sotterranee". Rossiglione (GE), 12-14 settembre 2002.
- CALDERONI G., CARRARA C., FERRELI L., FOLLIERI M., GLIOZZI E., MAGRI D., NARCISI B., PAROTTO M., SADORI L. & SERVA L. (1995) – *Palaeoenvironmental, palaeoclimatic and chronological interpretations of a late-Quaternary sediment core from Piana di Rieti (Central Apennine, Italy)*. Giornale di Geologia, **56**(2), 1994, 43-72.
- CARRARA C., BRUNAMONTE F., FERRELI L., LORENZONI P., MARGHERITI L., MICHETTI A.M., RAGLIONE M., ROSATI M. & SERVA L. (1993) - *I terrazzi della medio-bassa valle del F.Velino*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale, 1992(1), 97-102.
- CARRARA C., ESU D. & FERRELI L. (1995) - *Lo sbarramento di travertino delle Marmore (Bacino di Rieti, Italia Centrale): aspetti geomorfologici, faunistici ed ambientali*. Il Quaternario, **8**(1), 111-118.
- CAVINATO G.P., CHIARETTI F., COSENTINO D. & SERVA L. (1989) - *Caratteri geologico-strutturali del margine orientale della Conca di Rieti*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 207-218.
- CAVINATO G.P. & TOZZI M. (1986) – *Studio strutturale del Monte Soratte*. Rend. Soc. Geol. It. **9**, 3-6.
- CICCOLELLA A., DI FILIPPO M., IACOVELLA S. & TORO B. (1993) - *Prospezione ed analisi gravimetrica del bacino di Rieti*. Conv. "Le conche intermontane". Ass. Ital. per lo studio del Quaternario.
- CIVITELLI G., CORDA L. & MARIOTTI G. (1986) – *Il bacino sabino: 1) fenomeni di risedimentazione nella serie di Osteria Tancia*. Boll. Soc. Geol. **105**, 41-63.
- CORDA L. & MARIOTTI G. (1986) – *Il bacino sabino: 2) sedimentologia e stratigrafia della serie calcarea e marnoso-spongolitica (Paleogene-Miocene)*. Mem. Soc. Geol. It. **35**, 33-47.
- COSENTINO D. & PAROTTO M. (1986) – *Assetto strutturale dei Monti Lucretili Settentrionali (Sabina): nuovi dati e schema tettonico preliminare*. Geol. Romana **25**, 73-90.
- COSENTINO D., SCOPPOLA C., SCROCCA D. & VECCHIA P. (1991) – *Stile strutturale dei Monti Reatini e dei Monti Sabini settentrionali (Appennino Centrale) a confronto*. Studi Geol. Camerti, Volume Speciale (2), 55-61.
- D'ARMENTO E. (2004) - *Rilevamento geologico-tecnico per la valutazione della risorsa idrica sotterranea nel territorio di Greccio (RI)*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, inedita, Università di Roma "La Sapienza".
- DI DOMENICANTONIO (2000) – *La pianificazione del Bacino del Fiume Tevere 1999-2000*. Autorità di Bacino del Fiume Tevere, anno V, n.12-13, Gangemi Editore.
- FERRELI L., BRUNAMONTE F., FILIPPI G., MARGHERITI L. & MICHETTI A.M. (1993) - *Riconoscimento di un livello lacustre della prima età del ferro nel bacino di Rieti e possibili implicazioni neotettoniche*. Studi Geologici Camerti. Volume Speciale 1992(1), 127-135.
- FERRELI L., PAROTTO M. & SERVA L. (1992) - *Evoluzione del reticolo idrografico nella piana di Rieti negli ultimi 4000 anni*. Mem. Soc. Geol. It. **45**, 901-910.
- FERRERI A. (1985) - *Criteri di analisi di facies e classificazione dei travertini pleistocenici dell'Italia meridionale*. Rend. Sc. Fis. Mat., ser.4, **50**(2), 1-31.
- GALLUZZO F. & SANTANTONIO M. (2002) – *The Sabina Plateau: a new element in the Mesozoic palaeogeography of Central Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., Volume Speciale n.1, 561-588.
- GUERRIERI L., BRUNAMONTE F., COMERCI V., FERRELI L., MICHETTI A.M., POMPILI R. & SERVA L. (2004) – *Geologic map of continental deposits in the Rieti Basin (Central Apennines)*. In: G. PASQUARÈ & C. VENTURINI (Eds.): "Mapping geology in Italy". APAT-Servizio Geologico d'Italia, 123-130. S.E.L.C.A, Firenze.
- LEGGIO T. & SERVA L. (1991) - *La bonifica della piana di Rieti dall'età romana al medioevo*. ENEA Notiz. Sicur. Prot. **25-26**, 61-70.
- MANFREDINI M. (1972) - *Studio idrogeologico della Piana di Rieti*. Quad. Ist. Ric. Acque, CNR, **6**, 87-122.
- MANGANELLI V. & FARAMONDI S. (1990) - *Tettonica traslativa nei monti Sabini: L'area della valle di S.Croce (Contigliano, Rieti)*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It. **38**, 207-214.
- MARI G.M., MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D. & ZATTINI N. (1995) - *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione*. Quad. SGN **5**, Serie III, IPZS, Roma.

- MARTARELLI L., PARIS F., PETITTA M., RIVELLINO S., SCALISE A.R. & SILVI A. (2008) – *Cartografia idrogeologica sperimentale nella Valle del Torrente Canera (Rieti, Lazio)*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It. (questo volume).
- MICHETTI A.M., BRUNAMONTE F., SERVA L. & WHITNEY R.A. (1993) - *Seismic hazard assesment from paleoseismological evidence in the rieti region (central Italy)*. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Special Publication N.6 “Perspectives in Paleoseismology”, 63-82.
- PETITTA M. (2009) - *Idrogeologia della media valle del Fiume Velino e della piana di S.Vittorino (Rieti, Italia Centrale)*. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, **1**, 161-184
- PETITTA M., TALLINI M., BENEDETTI G. & DEL MONACO (2003) - *Fracture pattern influence on groundwater discharge along the tectonic border of karst aquifers (Velino Valley, Central Italy)*. Proceedings “Hydrogeology in fractured rocks”, Prague, September 2003, 85-86.
- RIVELLINO S. (2004) - *Rilevamento geologico-tecnico per la valutazione della risorsa idrica sotterranea nel territorio di Contigliano (RI)*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, inedita, Università di Roma “La Sapienza”.
- SALVINI F. & VITTORI E. (1982) – *Analisi strutturale della linea Olevano-Antrodoco-Posta (Ancona-Anzio Auct.): Metodologia di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*. Mem. Soc. Geol. It. **24**, 337-355.
- SERVA L. & SALVINI F. (1976) - *Analisi statistiche delle deformazioni meccaniche in alcune strutture dell'appennino laziale*. Boll. Soc. Geol. It. **95**, 1219-1233.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970) - *Carta geologica d'Italia F. 138 Terni*. 2<sup>a</sup> Ed.
- SOLIGO M., TUCCIMEI P., BARBERI R., DELITALA M.C., MICCADEI E. & TADDEUCCI A. (2002) - *U/Th dating of freshwater travertine from Middle Velino Valley (Central Italy): paleoclimatic and geological implications*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **184**, 147-161.