

Acque sotterranee nella città di Roma

Groundwater in the city of Rome

G. CAPELLI*, R. MAZZA*, S. TAVIANI*

RIASSUNTO - L'avvio di studi idrogeologici estesi all'intero territorio della Città di Roma risale agli anni '60. Da allora sono stati prodotti lavori di grande interesse, supportati da consistenti banche dati e, in maniera minore, da analisi di assetto idrogeologico. Con questo studio gli autori hanno voluto superare questa carenza, identificando i complessi acquiferi presenti nei vari municipi e le unità idrogeologiche a cui essi appartengono e che definiscono la loro possibilità di ricarica. Ciò ha richiesto la raccolta, la validazione e l'archiviazione di molte centinaia di log stratigrafici e di molte decine di profili geologici. Correlando le informazioni stratigrafiche georiferite sono state ricostruite, con l'ausilio della modellazione numerica ("Modflow"), le superfici dei complessi idrogeologici principali dell'Unità Albana su cui la Città di Roma si estende ampiamente. Nel corso di una campagna di rilevamento durata alcuni mesi è stato definito lo scenario piezometrico aggiornato al 2006, mediante il rilevamento di un migliaio di pozzi e piezometri. Nella fase sperimentale sono state altresì rilevate le portate delle sorgenti e dei corsi d'acqua perenni e drenanti ricadenti nell'area di studio. Analizzando la carta idrogeologica ed i numerosi profili riportati, si possono osservare i rapporti esistenti tra la circolazione sotterranea, definita al tetto della falda basale, ed il reticolo idrografico. Inoltre dall'andamento delle isofreatiche è possibile rilevare le principali linee di flusso idrico sotterraneo ed i diversi gradienti piezometrici che caratterizzano gli acquiferi nei vari contesti geologici della città. Nel settore occidentale del territorio, in riva destra del Tevere, si può osservare come l'alto strutturale di Monte Mario, orientato da NW a SE condiziona l'andamento della circolazione sotterranea. Esso, alla quota di interesse per la circolazione ipogea, è costituito da termini argilloso-sabbiosi aventi una conducibilità idraulica molto bassa. L'acquifero dei Monti Sabatini, nel suo naturale drenaggio verso il mare e verso il F. Tevere, trovandosi ostacolato da questa struttura, si indirizza a sud-ovest, verso il Torrente Arrone (portata 300 l/s) e ad est verso i bacini del Fosso della Mola-Cremiera-Valchetta (portata complessiva 770 l/s). La ricarica dei Fossi Galeria e Magliana e minori è invece essenzialmente dovuta agli apporti degli acquiferi ghiaioso-sabbiosi appartenenti all'Unità del Paleotevere 1. Ben diversa è la situazione in riva sinistra del fiume, dove la potente falda albana di rilevante spessore, meno influenzata dal substrato argilloso più ribassato di quota, alimenta copiosamente tutte le incisioni fluviali che hanno raggiunto il tetto della falda basale. Recenti studi condotti dagli autori per la Regione Lazio, applicando un metodo originale per la definizione dello stato di conservazione delle risorse idriche sotterranee, da loro messo a punto, hanno definito che relativamente al settore in riva sinistra, sono presenti "aree critiche" e di "attenzione". Queste perimetrazioni ed i relativi stati di stress idrico sono stati recepiti dalla Giunta Regionale del Lazio e dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere che, per esse, hanno varato delle misure di salvaguardia. Parallelamente agli studi idrogeologici, sono state condotte campagne di rilevamento delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee, da cui risulta in maniera evidente, che negli acquiferi dell'area romana si riconoscono classi di termalismo e di conducibilità elettrica assai diverse. Sulla base di più indicatori appare che le acque sotterranee, in alcune aree della città sono condizionate dalla risalita di fluidi endogeni, in altre aree da locali fenomeni di inquinamento.

PAROLE CHIAVE: assetto idrogeologico, rilevamento idrogeologico, stress idrico, parametri chimico-fisici, Roma.

* Laboratorio di Idrogeologia - Dipartimento di Scienze Geologiche - Università degli Studi "Roma Tre", Largo San Leonardo Murialdo, 1 - 00146 Roma

ABSTRACT - *From the beginning of the sixties the water supply management (ACEA) of Rome, in the whole territory of the city, numerous hydrogeological studies, has carried out: in fact several data banks have been realized and, with less care, analysis of the hydrogeological setting.*

Therefore the goal of the authors of this study is to update the knowledge about the aquifers that are present in the several districts, belonging to different hydrogeological units from which depend their modality of recharge. For this order many hundreds of stratigraphic logs and dozens of geological profiles have been collected and recorded.

By means of numerical modelling ("Modflow"), correlating georeferenced stratigraphic information, the surfaces of the main hydrogeological complexes of the Alban Unit, on which the city of Rome lays, have been reconstructed.

Then measures in many thousands of wells and piezometers have been allowed to update the piezometry and during the experimental phase discharges of springs and of the gaining and perennial streams of the investigated area have been surveyed.

Analyzing the hydrogeological map and the several profiles can be observed the existing ratio between the underground circulation, at the top of the main aquifer, and the hydrographic network, and taking into account the trend of the isophreatic lines it is possible to determine the main lines of underground hydric flow and the different piezometric gradients that characterize the aquifers relative to the several geological contexts of the city.

In the western sector of the city may be observed as the structural high of M. Mario, NW-SE oriented, influences the underground circulation. This structural high is composed of sandy-clay sediments having low hydraulic conductivity, and it obstructs the natural drainage of the M. Sabatini, oriented towards the Tyrrhenian Sea and R. Tevere deflecting to the South-West towards the F. Arnone (discharge 300 l/s) and to East towards F. della Mola- Cremera- Valchetta basins (total discharge 770 l/s).

On the contrary the recharge of Fossi Galeria and Magliana is principally due to the supplies of the gravely-sandy aquifers belonging to the Paleotevere 1 Unit.

Dissimilar is the outline in the eastern sector the Alban aquifer, having a relevant thickness, less influenced from the clay substratum, feeds copiously all the streams that have reached the top of the aquifer.

Recent studies carried out by the authors for Regione Lazio, through a their own original method to define the conservation state of the underground water resources, have recognized "critical areas" (areas with an high hydric stress) in the eastern sector of Rome.

As a consequence the territory management administrations. have passed safeguard steps.

In contemporary of hydrogeological studies surveys of physico-chemical parameters of the underground waters have been carried out, from which it is possible point out for the aquifers different classes of thermals and electric conductivity. As a whole the several indicators suggest that in some areas of the city the underground waters are conditioned from the rise of endogenous fluids, while in others by local phenomena of pollution.

KEY WORDS: *hydrogeological setting, hydrogeological survey, hydric stress, physico-chemical parameters, Rome.*

1 - INTRODUZIONE

La storia della Città di Roma e del suo fondatore è legata al Fiume Tevere (l'antico Rumon degli Etruschi) e all'acquitrino sul margine del quale, al piede del Palatino, si arenò la mitica cesta trascinata dai gorgi. La città venne fondata su dei colli tufacei al limite dei quali si manifestavano numerose sorgenti, le cui acque si raccoglievano in piccoli torrentelli. La distribuzione frazionata delle manifestazioni sorgive e la fertilità dei terreni offrivano una situazione favorevole per la crescita del nuovo villaggio anche se presto, con lo sviluppo dell'urbanizzazione, l'umidità dei luoghi creò dei problemi di salubrità. La cultura e la religione dei romani li portò a vedere nei fiumi e nelle sorgenti delle divinità, ma nel contempo, la pragmaticità insita nel loro pensiero, fece sì che essi apprendessero presto le tecniche per addurre verso l'Urbe, da sorgenti lontane, ingenti volumi d'acqua captandoli con grandi opere idrauliche, a vantaggio non solo delle esigenze primarie della popolazione crescente, ma anche per alimentare grandiose e diffuse architetture d'acqua, quali fontane, terme, piscine, macchine idrauliche, naumachie.

I patrizi e più in generale le classi agiate, fecero

a gara per corredare le loro prestigiose residenze di queste opere e famosi architetti lavorarono per abbellire con elementi monumentali non solo le terme, ma anche molte sorgenti trasformandole in ninfei. Esperti di tutto il mondo furono chiamati per realizzare captazioni, canali, reticoli di drenaggio, reti di distribuzione, fogne.

Per arrivare ad una gestione così efficiente e "moderna" delle risorse idriche essi dovevano aver raggiunto un alto grado di conoscenza, non solo nell'idraulica, ma anche nell'idrologia e nell'idrogeologia. Certamente la cultura romana, rispettosa dell'elemento acqua, fu tra le prime a definire norme di gestione su questo argomento.

Per un periodo lunghissimo, iniziato con la distruzione degli acquedotti da parte degli Ostrogoti di Vitigive, la città perse non solo l'acqua per le sue fontane, ma anche la "cultura dell'acqua". Solo con la fine del Rinascimento ci fu una ripresa in tal senso, che portò alla realizzazione di grandi architetture connesse alla "mostra dell'acqua". Roma, fino all'unità d'Italia, non si era espansa e rimaneva sostanzialmente chiusa nelle sue mura e di fronte alla necessità di disporre di forza idraulica per gli opifici e di utilizzare le aste fluviali come vie d'acqua, sviluppò una forte inte-



razione tra strutture urbane e corpi idrici.

Con l'avvento dell'era delle macchine e con l'espansione edilizia, il territorio extraurbano è stato preso d'assalto. I grandi acquedotti moderni hanno sganciato la popolazione dall'uso delle risorse idriche locali. La variazione d'uso del territorio e l'abbandono delle pratiche agricole, l'incremento dell'attività estrattiva nei settori periferici di Roma, hanno portato alla perdita di quel concetto che identifica le sorgenti e i corsi d'acqua non solo con una risorsa idrica, ma anche con un bene ambientale che esalta il valore del paesaggio e del territorio. Le depressioni vallive della periferia e dell'*hinterland* sono state progressivamente invase da

strade a scorrimento veloce e i corsi d'acqua sorgivi di fondovalle sono stati inseriti nel reticolo fognario urbano, senza rendersi conto del valore che essi costituivano. Nell'area del Comune di Roma, tuttavia, la ricchezza di questi elementi è tale che molti di essi sono scampati alla pratica del tombamento.

2 - LE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO ROMANO

L'assetto idrogeologico e lo schema di circolazione delle acque sotterranee nel territorio di Roma sono

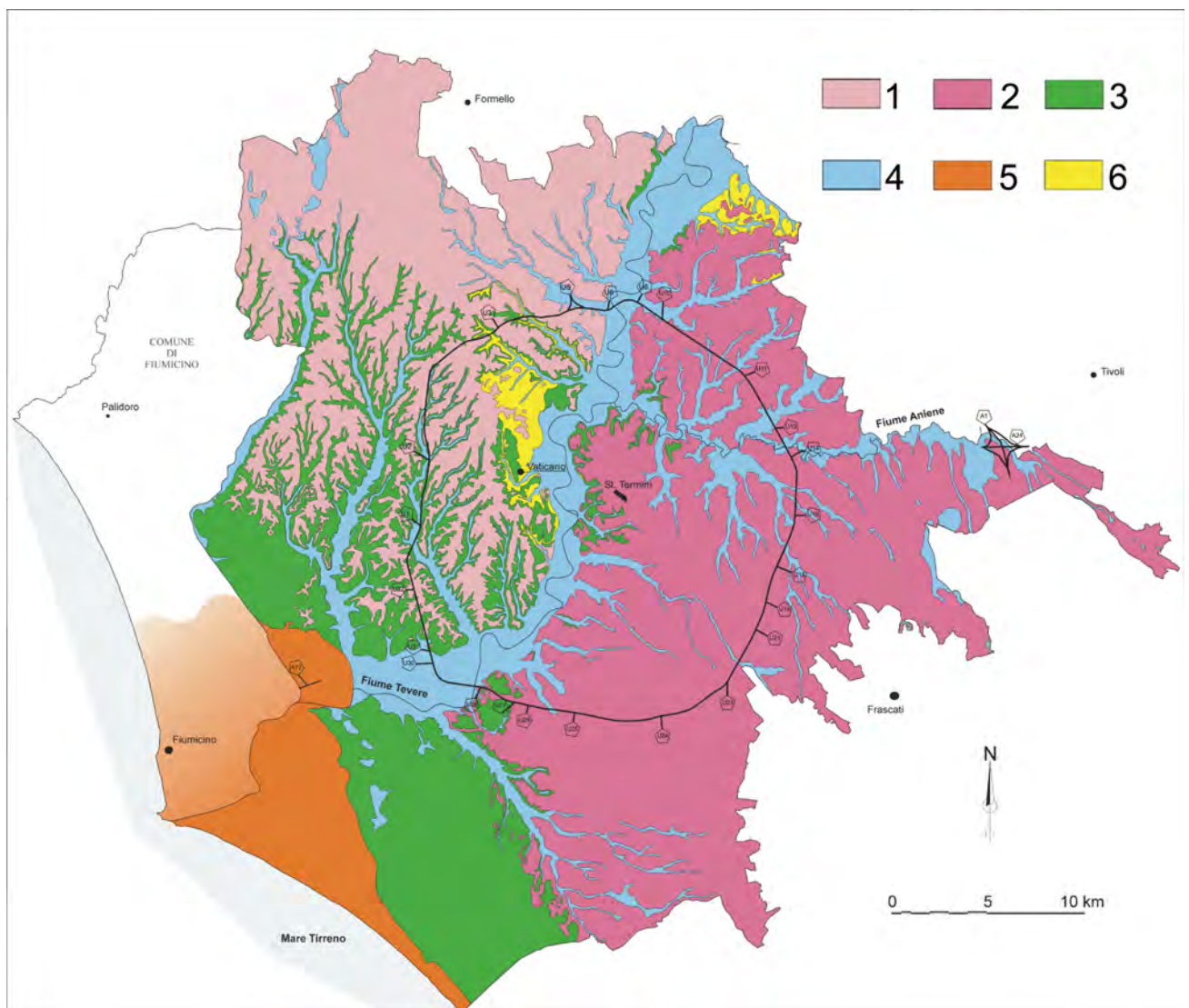


Fig. 1 - Carta delle Unità Idrogeologiche del territorio romano (da CAPELLI & MAZZA, 2005). Legenda: 1 - Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini; 2 - Unità Idrogeologica dei Colli Albani; 3 - Unità Idrogeologica di Ponte Galeria; 4 - Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali; 5 - Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere; 6 - Complesso Idrogeologico dei depositi argilloso-marnosi a bassa permeabilità.

- Map of the hydrogeological units of the Roman area (from CAPELLI & MAZZA, 2005). Legend: 1 - Sabatini Mts. hydrogeological unit; 2 - Alban Hills hydrogeological unit; 3 - Ponte Galeria hydrogeological unit; 4 - Hydrogeological unit of recent and present alluvia; 5 - Tiber river delta hydrogeological unit; 6 - Hydrogeological system of clayey-marly deposits of low permeability.

condizionati dall'assetto strutturale, dai rapporti di scambio idrico tra cinque diverse Unità Idrogeologiche e dalla presenza di due importanti corsi d'acqua perenni.

Le depressioni e le elevazioni strutturali, unitamente alle differenti permeabilità che caratterizzano alcuni principali complessi litologici, determinano i limiti tra i grandi acquiferi e le linee di flusso delle acque sotterranee in essi presenti.

Nel territorio comunale si incontrano domini geologici diversi, che danno luogo a cinque Unità Idrogeologiche (fig. 1):

- Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini
- Unità Idrogeologica dei Colli Albani
- Unità Idrogeologica di Ponte Galeria

• Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali

• Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere

I molteplici acquiferi presenti in queste idrostrutture hanno una circolazione complessa che tende a raccordarsi con le quote dei livelli di base fondamentali, costituiti dai Fiumi Tevere, Aniene ed il mare. Le Unità Idrogeologiche del territorio romano sono limitate inferiormente dalla formazione di Monte Vaticano e dai livelli inferiori della formazione di Monte Mario che, essendo costituite prevalentemente da termini argillosi, fungono da *aquiclude*. Le stesse unità acquifere vengono in parte ricaricate anche da aree esterne all'ambito

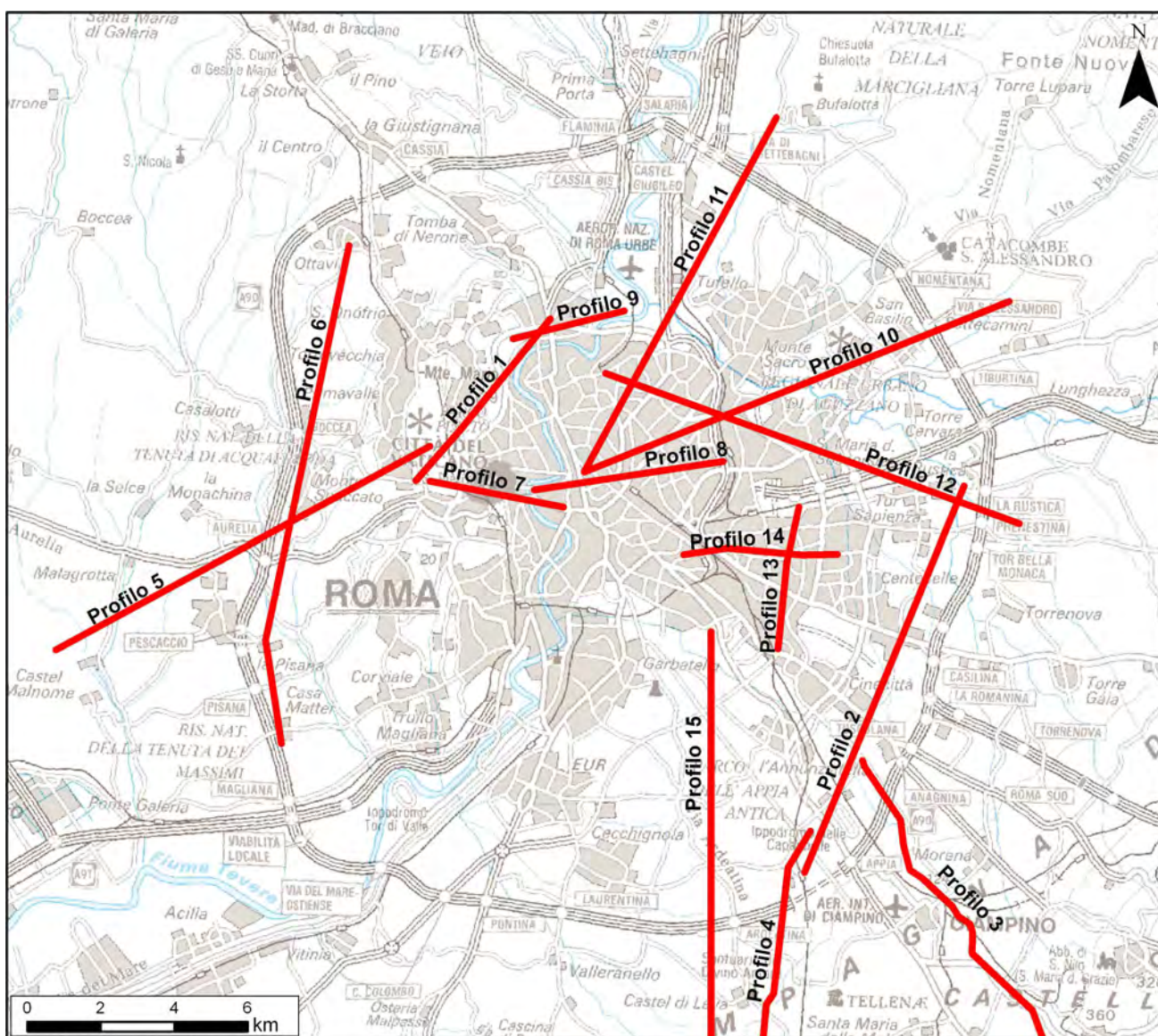


Fig. 2 - Carta di ubicazione dei profili geologici. - Map showing the location of geological profiles.



comunale. Il tetto del complesso argilloso presenta una superficie fortemente articolata, derivante dalle condizioni morfo-strutturali e dall'azione di modellamento del reticolo idrografico antecedente alla messa in posto dei depositi vulcanici. La circolazione delle acque sotterranee, negli acquiferi maggiormente profondi, è influenzata dalla presenza di questo complesso a bassissima permeabilità.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche stratigrafiche e strutturali delle Unità Idrogeologiche citate, sulla base di numerosi profili, la cui traccia è riportata in figura 2.

2.1 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI SABATINI

Il drenaggio dell'Unità Sabatina verso il settore tiberino, su cui si estende la Città di Roma, pur costituendo un'interessante risorsa non è molto consistente, anche a seguito del modesto spessore dei depositi e della loro discontinuità. Inoltre la circolazione sotterranea alimentata dalle vulcaniti interferisce, in questo settore, con complessi geologici che, per le loro caratteristiche, ne condizionano le direttrici.

Sulla riva destra del Tevere, l'alto strutturale di Monte Mario (fig. 3), formato prevalentemente da rocce a bassissima permeabilità, determina una divergenza del flusso idrico sotterraneo verso sud-ovest e verso nord-est.

Studi recenti (CAPELLI *et alii*, 2005) hanno riconosciuto nei Monti Sabatini tre bacini idrogeologici:

1) Bacino Idrogeologico dei Monti Sabatini a sud dei Monti della Tolfa; 2) Bacino Idrogeologico dei Monti Sabatini orientali; 3) Bacino Idrogeologico dei Monti Sabatini nord occidentali.

Il flusso proveniente dal bacino 1) alimenta i settori più meridionali dei Fossi Galeria e Magliana, mentre la circolazione sostenuta dal bacino 2) determina il flusso di base dei Fossi della Mola (Cremera - Valchetta) e dell'Acquatraversa. I drenaggi verso questi ultimi corsi d'acqua risultano decisamente superiori ai precedenti e possono raggiungere portate ordinarie complessive di circa 800 l/s (fig. 4).

2.2 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI COLLI ALBANI

Ben diverso potenziale offre l'Unità Idrogeologica Albana su cui il Comune di Roma si estende ampiamente. In questo dominio, essendo il substrato argilloso prevulcanico mediamente molto depresso come quota, gli acquiferi risultano caratterizzati da elevato spessore e drenano verso i Fiumi Tevere e Aniene senza trovare particolari ostacoli alla circolazione idrica sotterranea (figg. 5, 6 e 7). Nel territorio comunale i corsi d'acqua perenni alimentati dalla falda regionale albana sono numerosi e di portata sostenuta.

Tra i principali vanno ricordati i Fossi di: Malafede, Vallerano, Acqua Acetosa, Cecchignola, Vigna Murata, Tor Carbone, Almone, Acqua Mariana, Caffarella, Giardino, Centocelle, Tor

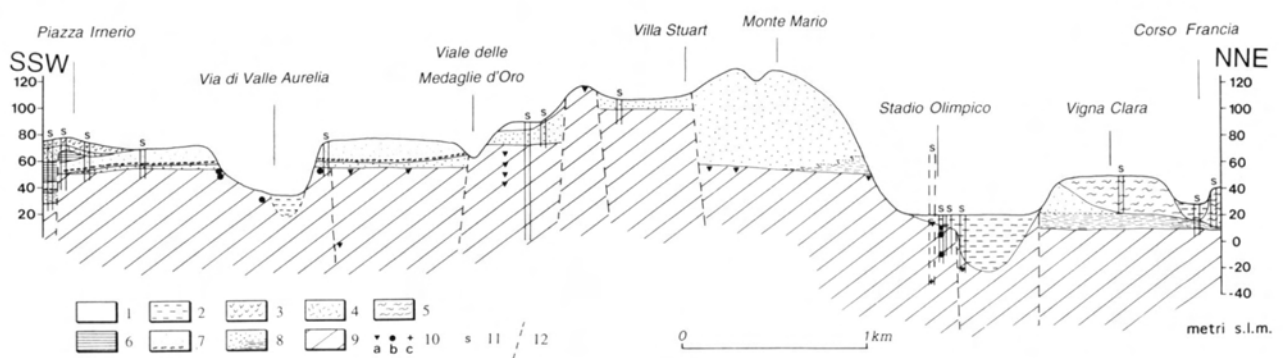
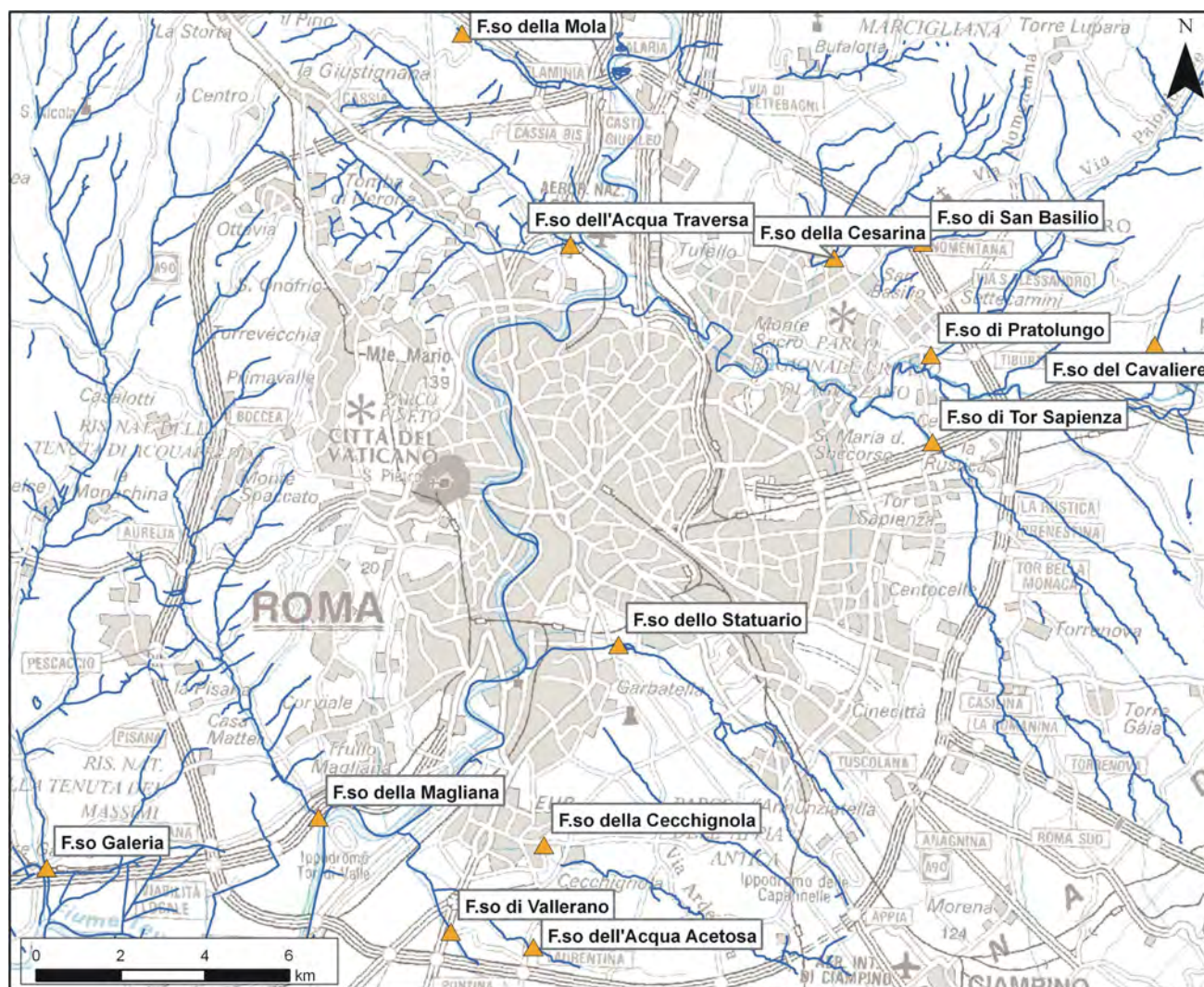


Fig. 3 - Profilo geologico n. 1 (da MARRA *et alii*, 1995). Legenda: 1- riporti antropici; 2 - alluvioni recenti; 3 - piroclastiti; 4 - Unità di Ponte Galeria; 5 - Unità del Paleotevere; 6 - Unità del Monte delle Piche; 7 - Unità di Monte Ciocchi; 8 - Unità di Monte Mario; 9 - Unità del Monte Vaticano; 10 - Ubicazione dei campioni analizzati: a - Zona a Globorotalia inflata, b - Zona a Globorotalia aemiliana, c - Zona a Globorotalia punctulata; 11 - Sondaggi; 12 - Faglie

- Geological profile no. 1 (from MARRA *et alii*, 1995). Re-interpreted after the new geological map of Rome, attached to this volume. Legend: 1- man-made fills; 2 - recent alluvium; 3 - pyroclastites; 4 - Ponte Galeria formation; 5 - Fosso della Crescenza formation and S. Cecilia formation (Unit of paleo-Tiber 2); 6 - Monte delle Piche formation; 7 - Ponte Galeria formation - conglomeratic and sand-clay lithofacies; 8 - Monte Mario formation; 9 - Monte Vaticano formation; 10 - Location of analysed samples: a - Zone with Globorotalia inflata, b - Zone with Globorotalia aemiliana, c - Zone with Globorotalia punctulata; 11 - Boreholes; 12 - Faults.



Corso d'acqua	Quota (m s.l.m.)	Data	Portata (l/s)
F.so della Mola	32	01/08/1981	770
F.so della Cesarina	30	25/10/2003	21
F.so del Cavaliere	46	12/06/2006	57
F.so di Tor Sapienza	24	21/08/2002	5
F.so di Vallerano	15	20/06/2006	41
F.so dell'Acqua Acetosa	32	20/06/2006	68
F.so di San Basilio	45	20/08/2002	2
F.so dello Statuario	15	01/07/1981	396
F.so di Pratolungo	22	12/06/2006	53
F.so della Magliana	13	01/07/1982	200
F.so Galeria	10	01/07/1982	172
F.so della Cecchignola	23	01/06/2006	200
F.so dell'Acqua Traversa	8	01/08/1981	10

Fig. 4 - Carta di ubicazione delle sezioni di misura in alveo e tabella riassuntiva dei dati caratteristici.
 - Map showing the location of in-stream discharge measuring sections and summary table of characteristic data.

Sapienza, Osa. In relazione all'area interna e prossima al Grande Raccordo Anulare, la figura 4 riporta i valori di portata in alveo dei corsi d'acqua perenni.

Oltre al drenaggio nei corsi d'acqua sopra riportati l'Unità Albana sostiene il deflusso dei Fiumi Tevere e Aniene. Pur non esistendo studi specifici sulla valutazione degli interscambi falda-fiume relativamente a questi ultimi, sulla base di calcoli empirici si ritiene che i Colli Albani cedano ai due fiumi mediamente nell'anno dai 4 ai 5 m³/s.

2.3 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI PONTE GALERIA

L'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, estesa nel territorio romano per circa 100 Km², ospitava fino agli anni sessanta due acquiferi principali: 1) l'acquifero a falda libera legato al banco di ghiaie superiore; 2) l'acquifero a falda confinata contenuto nel sottobanco o banco inferiore (figg. 8 e 9). Questo gergo minerario è legato al fatto che si sta considerando un'area estrattiva. A seguito di questa attività il "consumo di territorio" ha portato, in quaranta anni di coltivazione mineraria, alla perdita irreversibile di centinaia di milioni di m³ di materiale solido e, con essi, anche di falda (CAPELLI *et alii*, 1999). Tuttavia ancora oggi i Fossi della Magliana e di Ponte Galeria e altri minori sono perenni (fig. 4).

2.4 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI

La Valle del Fiume Tevere, all'interno del territorio del Comune di Roma, è prevalentemente incisa nel complesso delle argille e marne plio-pleistoceniche (fig. 10). Gli spessori del complesso tiberino sono compresi tra i 40 e gli 80 metri. La serie è essenzialmente limoso-sabbiosa, ma presenta anche potenti livelli sabbiosi e ghiaiosi. Il termine ghiaioso si trova alla base della serie, sopra le argille plioceniche. Esso ospita una importante falda confinata, caratterizzata da una notevole continuità laterale. E' probabile che questo orizzonte sia ricaricato lateralmente dalle unità idrogeologiche incise dal Tevere; infatti l'acquifero dei conglomerati è molto sfruttato all'interno del territorio urbano e la potente copertura di argille molli e limi argillosi non può consentire una ricarica significativa da parte del fiume e delle precipitazioni. Per l'importanza economica che ha assunto, questo acquifero meriterebbe di essere studiato approfonditamente, così come altri corpi idrici minori presenti all'interno della Città di Roma.

2.5 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL DELTA DEL FIUME TEVERE

Il delta tiberino è il maggiore della costa tirrenica italiana e presenta un'area emersa di 150 Km²

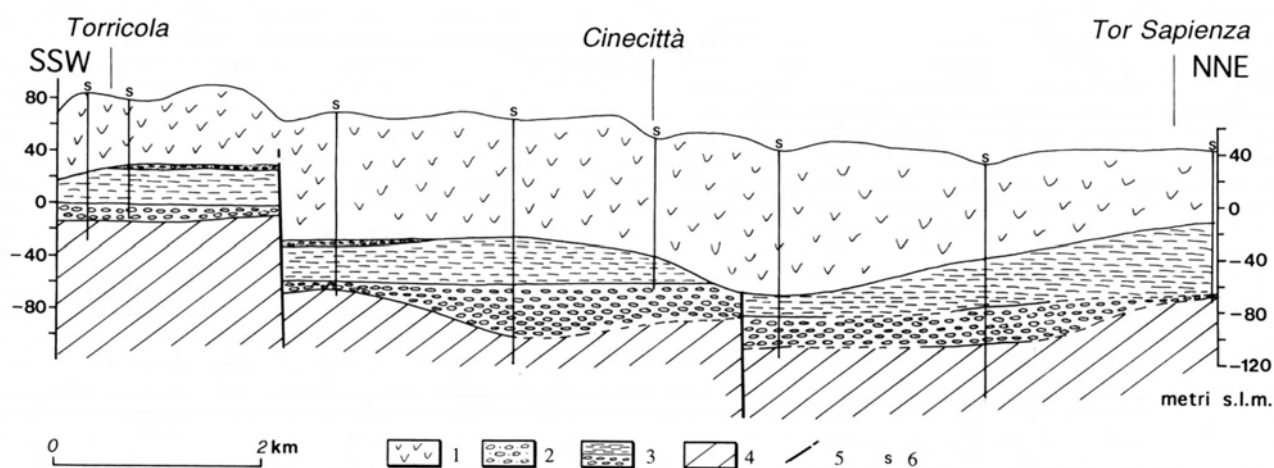


Fig. 5 - Profilo geologico n. 2 (da MARRA *et alii*, 1995). Legenda: 1 - Unità piroclastiche; 2 - Orizzonte conglomeratico pre-vulcanico; 3 - Unità a del Paleotevere; 4 - Unità del Monte Vaticano; 5 - Faglie; 6 - Sondaggi.

- Geological profile no. 2 (from MARRA *et alii*, 1995). Re-interpreted after the new geological map of Rome, attached to this volume. Legend: 1 - Pyroclastic units; 2 - Fosso della Crescenza formation; 3 - Fosso della Crescenza formation and S. Cecilia formation (Unit a of the palaeo-Tiber); 4 - Monte Vaticano unit; 5 - Faults; 6 - Boreholes.

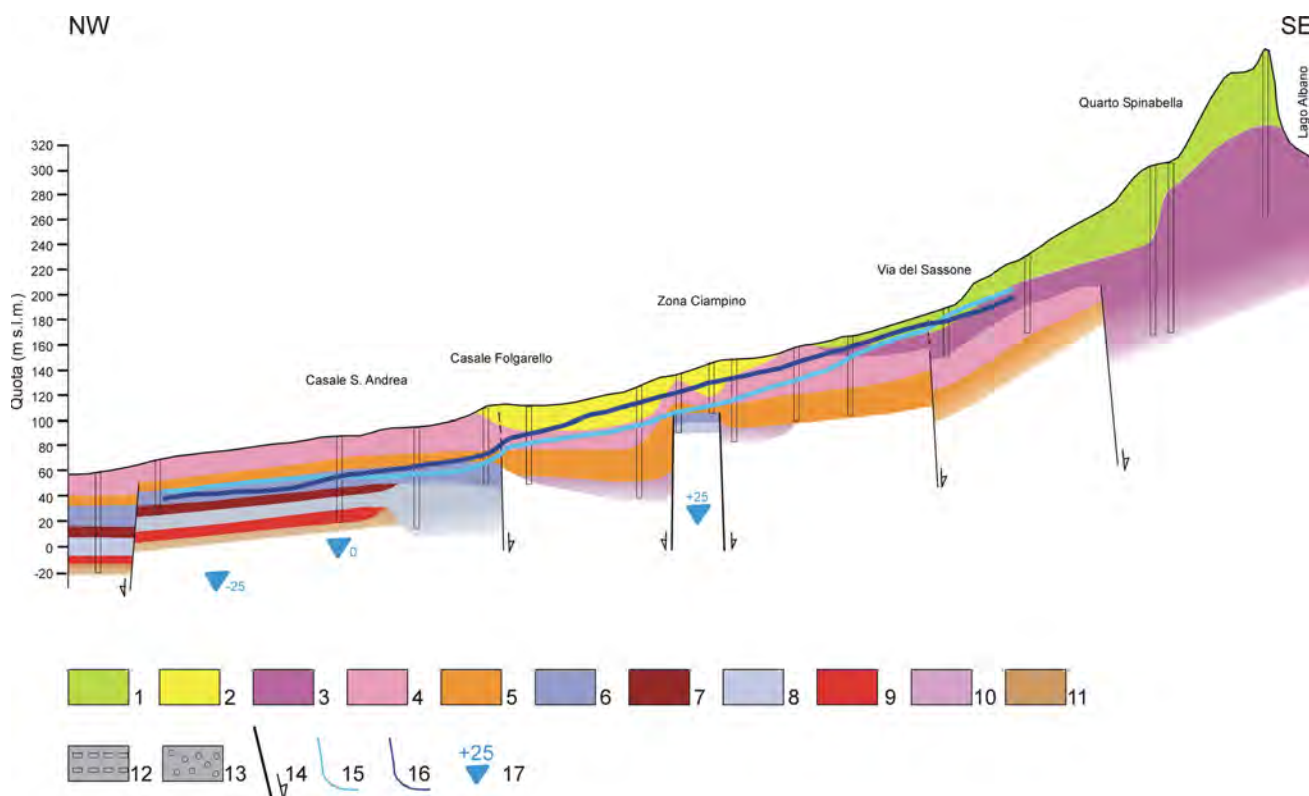


Fig. 6 - Profilo geologico n. 3 (da CAPELLI *et alii*, 2005). Legenda: 1 - Unità idromagmatiche dell'attività finale di Albano; 2 - Deposito rimaneggiato; 3 - Depositi associati all'attività eruttiva delle "Faete"; 4 - Tufo di Villa Senni; 5 - Tufo Lionato; 6 - Pozzolane Nere; 7 - Lava di Velleranello; 8 - Pozzolane Rosse; 9 - Lava dell'Acquacetosa; 10 - Lave; 11 - Tufi pisolitici; 12 - Substrato prevalentemente argilloso; 13 - Substrato prevalentemente ghiaioso; 14 - Faglia presunta; 15 - Livello piezometrico degli anni '70 (da VENTRIGLIA, 1990); 16 - Livello piezometrico attuale; 17 - Quota assoluta del substrato prevulcanico ricavato da sondaggi elettrici verticali effettuati dall'ENEL nel 1990.

- Geological profile no. 3 (from CAPELLI *et alii*, 2005). Legend: 1 - Hydromagmatic units from the terminal activity of the Alban volcano; 2 - Reworked deposit; 3 - Deposits associated with the eruptive activity of the Tuscolano-Artemisia belt; 4 - Villa Senni formation - Pozzolanelle; 5 - Villa Senni formation - Tufo Lionato; 6 - Black pozzolans; 7 - Fosso Tre Rami lavas; 8 - Red pozzolans; 9 - Vallerano lavas; 10 - Lavas; 11 - Pisolitic tuffs; 12 - Dominantly clayey bedrock; 13 - Dominantly gravelly bedrock; 14 - Presumable fault; 15 - Piezometric level in the 1970s (from VENTRIGLIA, 1990); 16 - Present piezometric level; 17 - Absolute elevation of the pre-volcanic bedrock obtained from vertical electric soundings made by ENEL in 1990.

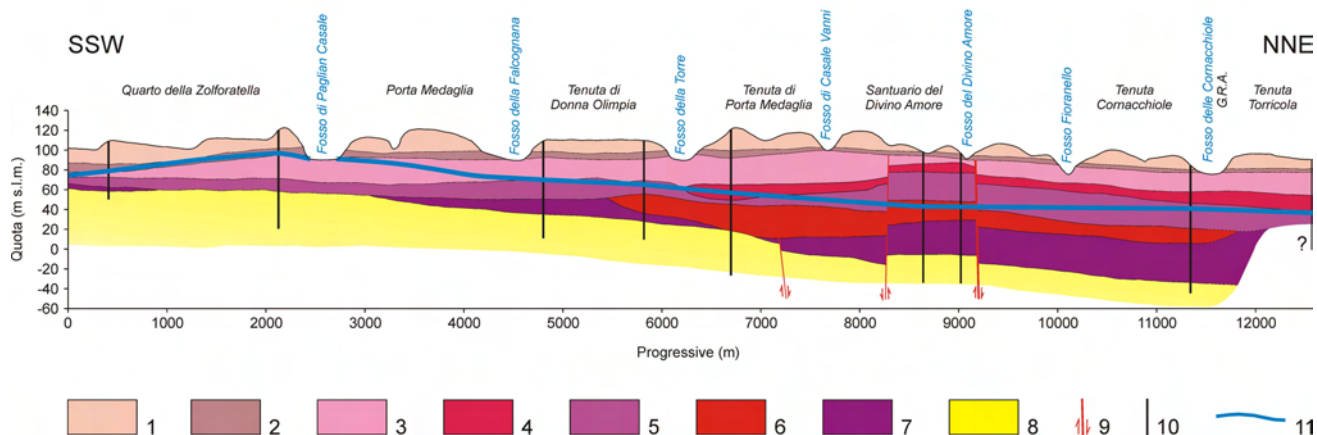


Fig. 7 - Profilo geologico n. 4 (da CAPELLI *et alii*, 2005). Legenda: 1 - Tufo di Villa Senni; 2 - Tufo Lionato o Litoide; 3 - Pozzolane Nere; 4 - Lave di Fosso Tre Rami; 5 - Pozzolane Rosse; 6 - Colate laviche di Vallerano; 7 - Tufi pisolitici; 8 - Depositi sedimentari prevulcanici; 9 - Faglia presunta; 10 - Pozzo o perforazione; 11 - Livello piezometrico.

- Geological profile no. 4 (from CAPELLI *et alii*, 2005). Legend: 1 - Pozzolanelle; 2 - Tufo Lionato or Litoide; 3 - Black pozzolans; 4 - Fosso Tre Rami lavas; 5 - Red pozzolans; 6 - Vallerano lavas; 7 - Pisolitic tuffs; 8 - Pre-volcanic sedimentary deposits; 9 - Presumable fault; 10 - Well or borehole; 11 - Piezometric level.

che si estende da Palo a nord, fino a Tor Paterno a sud, mentre la superficie dell'area sommersa è prossima ai 500 Km², con uno spessore massimo del corpo deltizio di 80 metri. Come l'Unità dei depositi alluvionali, anche l'Unità dei depositi deltizi presenta acquiferi di vario tipo e potenziale; tra questi ricordiamo: 1) l'acquifero delle ghiaie e delle sabbie; 2) l'acquifero delle sabbie; 3) l'acquifero dei silt sabbiosi; 4) l'acquifero delle sabbie dunari.

Le caratteristiche idrogeologiche di questi corpi idrici sono riportate nel capitolo "Intrusione salina nel Delta del Fiume Tevere. Evoluzione del fenomeno nei primi anni del terzo millennio" di questo stesso volume.

3 - COMPLESSI IDROGEOLOGICI

In relazione alla cartografia geologica del Progetto CARG, riportata in questo stesso volume, e sulla base delle caratteristiche fisiche e sedimentologiche dei vari termini della serie affioranti e non, sono stati definiti dei complessi litologici che raggruppano formazioni tra loro idrogeologicamente omogenee (Carta Idrogeologica dell'area di Roma - allegata). Ogni complesso, quindi, presenta in grande una peculiare capacità trasmissiva e di immagazzinamento.

Dal punto di vista idrogeologico i complessi che rivestono maggiore interesse sono quelli apparte-

nenti alle due serie riconosciute come formazione di Ponte Galeria ("Unità del Paleotevere 1") e formazione del Fosso della Crescenza e formazione di S. Cecilia ("Unità del Paleotevere 2"). Oltre a queste, soprattutto nel settore sud-orientale, sono sede di importanti falde i depositi vulcanici relativi all'attività tuscolano-artemisia del Distretto Vulcanico Albano.

Nel seguito vengono descritti nel dettaglio, dal più antico al più recente, i diversi complessi su cui si basa lo schema idrogeologico della Città di Roma.

Complesso delle argille di Monte Vaticano

Il complesso è costituito da argille marnose grigie e grigio azzurre stratificate appartenenti alla formazione di Monte Vaticano (*MVA*). In relazione agli spessori sempre notevoli che esso presenta in tutto il territorio romano ed al bassissimo valore di permeabilità che lo caratterizza, il complesso assume la funzione di *aquiclude* per tutte le formazioni acquifere.

Complesso delle argille sabbiose, limi sabbiosi e sabbie

Alternanze di argille sabbiose, limi sabbiosi e sabbie relative alla formazione di Monte Mario - membro di Farneto (*MTM_f*) - e alla formazione di Ponte Galeria - Litofacies argilloso-sabbiosa (*PGL_b*) e membro della Pisana - Litofacies argillosa (*PGL_{3b}*); negli ultimi due complessi rientrano anche le Argille a *Venerupis senescens* Auct.

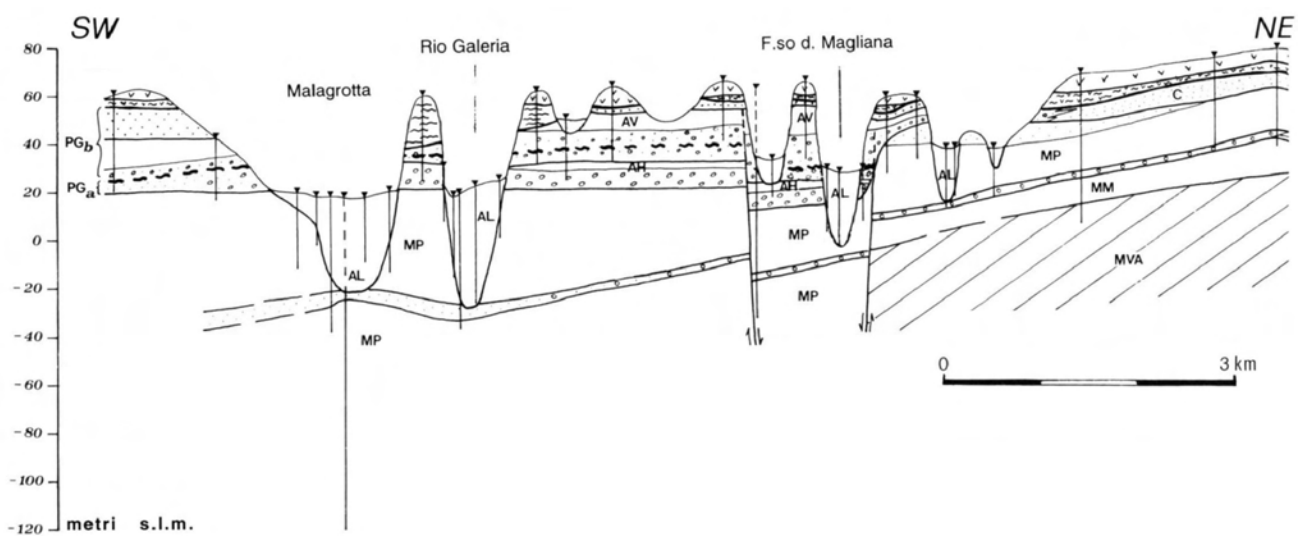


Fig. 8 - Profilo geologico n. 5 (modificato da MARRA & ROSA, 1995). Legenda: formazione di Ponte Galeria (PGa - conglomerati; PGB - sabbie; AH, AV - argille; C - sabbie); MM - formazione di Monte Mario; MP - formazione di Monte delle Piche; MVA - formazione di Monte Vaticano.
- Geological profile no. 5 (modify from MARRA & ROSA, 1995). Legend: Ponte Galeria formation (PGa - conglomerate; PGB - sands; AH, AV - clays; C - sands); MM - Monte Mario formation; MP - Monte delle Piche formation; MVA - Monte Vaticano formation.

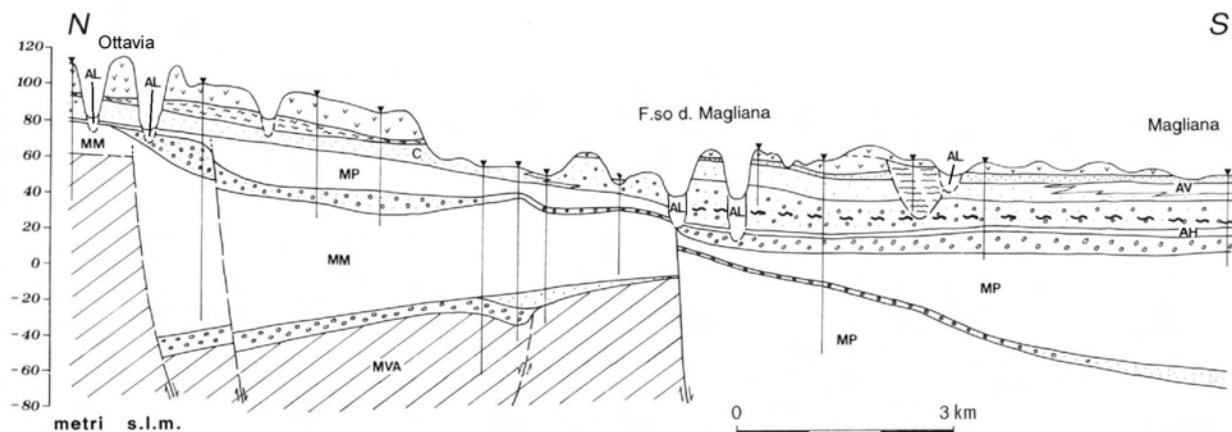


Fig. 9 - Profilo geologico n. 6 (modificato da MARRA & ROSA, 1995). Legenda: formazione di Ponte Galeria (PGa - conglomerati; PGb - sabbie; AH, AV - argille; C - sabbie); MM - formazione di Monte Mario; MP - formazione di Monte delle Piche; MVA - formazione di Monte Vaticano.
- Geological profile no. 6 (modify from MARRA & ROSA, 1995). Legend: Ponte Galeria formation (PGa - conglomerate; PGb - sands; AH, AV - clays; C - sands); MM - Monte Mario formation; MP - Monte delle Piche formation; MVA - Monte Vaticano formation.

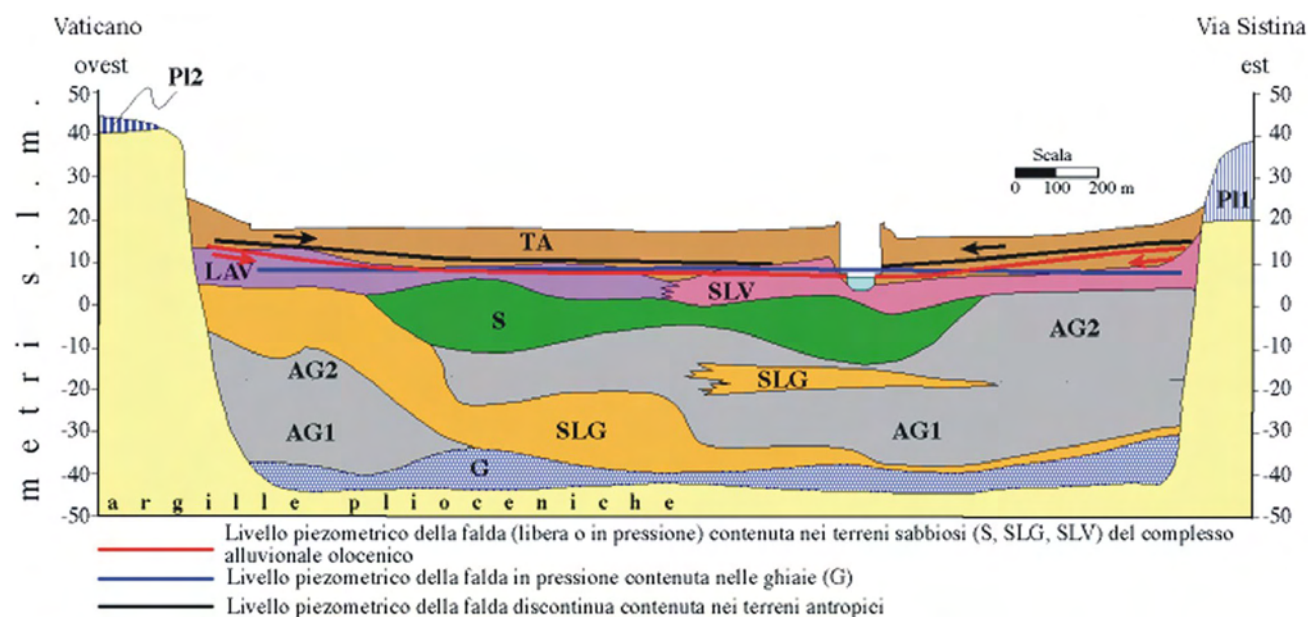


Fig. 10 - Profilo geologico n. 7 (da CORAZZA et alii, 1999). Legenda: PI2 - Depositi pleistocenici marini e continentali; PI1 - Depositi pleistocenici continentali; TA - Terreni antropici con elementi eterometrici ed eterogenei, in matrice sabbiosa-limosa, variabile addensamento e/o consistenza; permeabilità molto variabile; LAV - Limi argillosi e argille limose marroni verdastre, mediamente consistenti, mediamente poco permeabili; SLV - Sabbie limose e limi sabbiosi grigio-verdastri, poco addensati e/o consistenti, mediamente permeabili; S - Sabbie medio-grossolane e localmente molto fini, grigie, mediamente addensate, permeabili; AG - Argille limose e limi argillosi organici, poco consistenti fino a circa 30-35 m dal p.c. (AG2), mediamente consistenti a quote inferiori (AG1), permeabilità da bassa a molto bassa; SLG - Sabbie limose grigie, più o meno torbose, da mediamente a poco addensate, mediamente permeabili; G - Ghiaie sabbiose molto evolute di dimensioni centimetriche, molto addensate, molto permeabili.
- Geological profile no. 7 (from Corazza et alii, 1999). Legend: PI2 - Marine and continental deposits of Pleistocene age; PI1 - Continental deposits of Pleistocene age; TA - Man-made terrains with heterometric and heterogeneous elements in a sandy-silty matrix, more or less dense and/or consistent; very variable permeability; LAV - Brownish-greenish clayey silts and silty clays, averagely consistent, averagely poorly permeable; SLV - Grey-greenish silty sands and sandy silts, poorly dense and/or consistent, averagely permeable; S - Greyish, medium-coarse and locally very fine sands, averagely dense, permeable; AG - Organic (si riferisce ad entrambi?) silty clays and clayey silts, poorly consistent down to 30-35 m from ground level (AG2), averagely consistent at lower elevations (AG1), low to very low permeability; SLG - Greyish, more or less peaty silty sands, from averagely to poorly dense, averagely permeable; G - Highly evolved sandy gravels of centimetre scale, very dense and very permeable.

E' presente estesamente su tutta la riva destra del Tevere. Nel bacino estrattivo dei Fossi Galeria e Magliana il complesso affiora estesamente nelle superfici di scavo attive e abbandonate. E' caratterizzato da una permeabilità assai scarsa.

Complesso delle sabbie grossolane delle formazioni di Monte Mario e di Ponte Galeria

E' costituito da sabbie grossolane, sabbie sciolte in alternanza a livelli di limi, appartenenti al membro della Farnesina della formazione di Monte Mario (MTM_2) e al membro della Pisana - litofacies sabbiosa - della formazione di Ponte Galeria (PGL_3). Il complesso, che risulta mal ricaricato, ha una permeabilità che varia a seconda dei diversi livelli, ma che nell'insieme può essere considerata come media.

Complesso delle argille sabbiose, relative alle formazioni di Monte delle Piche e di Ponte Galeria

Argille tabulari fortemente diffuse nel sottosuolo di tutto il settore sud occidentale, ma scarsamente affioranti, appartenenti alla formazione di Monte delle Piche (MDP) e di Ponte Galeria - Argille ad *Helicella* - (PGL_2). Esse sono probabilmente in continuità con le argille grigie e grigio-azzurre della formazione di Monte Vaticano. Permeabilità e circolazione sotterranea limitatissime.

Complesso delle ghiaie e delle sabbie relative alla formazione di Ponte Galeria

Genericamente costituito da conglomerati basali, con matrice scarsa (PGL_1 , PGL_9), o più abbondante (PGL_{3a}), presenti nel sottosuolo di tutto il settore sud occidentale, ma non affioranti se non a seguito dell'attività di coltivazione mineraria del bacino dei Fossi di Galeria e Magliana (fig. 11). Nel settore di Ponte Galeria, tra i Fossi Magliana e Malagrotta, il complesso è caratterizzato dalla presenza di livelli sabbiosi a matrice scarsa (PGL_1).

Al complesso, che è saturato da una falda libera di elevato potenziale, si attribuisce una elevata permeabilità.

Complesso della successione di ghiaie e clasti calcarei e silicei della formazione del Fosso della Crescenza

Ghiaie fluviali embricate, associabili alle facies del Paleotevere 2, con livelli limosi nella parte alta (FCZ). Il complesso è presente nel settore nord orientale della città ed è osservabile in affioramento con spessori fino a 40 metri nella valle del Fosso della Crescenza. In sondaggio il complesso è stato attraversato fino a spessori di 100 metri nella zona di Monte Sacro (fig. 11).

I depositi risultano molto permeabili e sono caratterizzati da una circolazione a volte in pressione.

Complesso fluvio palustre di S. Cecilia

Il complesso è costituito da litoformazioni estremamente differenziate (da ghiaie a limi) ed è caratterizzato dalla presenza di materiale vulcanico (CIL).

Il complesso poggia su una superficie erosiva ad alto rilievo e presenta spessori massimi in corrispondenza di quelli dei depositi attuali dei Fiumi Aniene e Tevere.

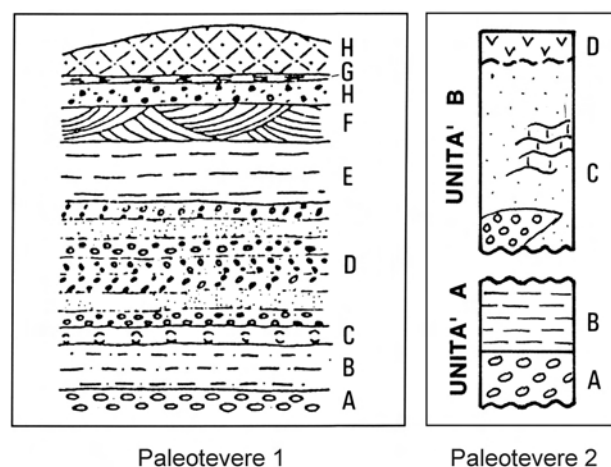


Fig. 11 - Reinterpretata secondo la nuova Carta Geologica del comune di Roma allegata a questo volume. Sequenza stratigrafica dei depositi prevulcanici della formazione di Ponte Galeria (Paleotevere 1) e della formazione di Fosso della Crescenza e formazione di S. Cecilia (Paleotevere 2). Formazione di Ponte Galeria (Paleotevere 1) (da CONATO et alii, 1980). Legenda: A - Conglomerato fluviale; B - Argille azzurre a *Helicella*; C - Conglomerato di spiaggia e Sabbie gialle ad Artica islandica; D - Ghiaie e sabbie con frequenti laminazioni incrociate; E - Argille a *Venerupis senescens*; F - Sabbie eoliche salmonate; G - Depositi lacustri-palustri; H - Tufi grigi inferiori (tufi pisolitici e terrosi). Formazione del Fosso della Crescenza (Unità A) e formazione di S. Cecilia (Unità B) (Paleotevere 2) (da MARRA & ROSA, 1995). Legenda: A - Orizzonte basale di ghiaie; B - Argille grigio azzurre lacustri; C - Depositi argilloso-sabbiosi di colore giallo, di ambiente fluvio-palustre, con frequenti concrezioni carbonatiche e livelli di travertino; D - Depositi piroclastici emessi dai Distretti vulcanici dei Sabatini e dei Colli Albani.

- Re-interpreted after the new geological map of Rome, attached to this volume. Stratigraphic sequence of the prevulcanic deposits of Ponte Galeria formation (palaeo-Tiber 1) and Fosso della Crescenza formation and S. Cecilia formation (palaeo-Tiber 2). Ponte Galeria formation (Palaeo-Tiber 1) (from CONATO et alii, 1980). Legend: A - Fluvial conglomerate; B - Blue *Helicella*-bearing clays; C - Shore conglomerate and yellow sands with Artica islandica; D - Gravels and sands with frequent cross laminations; E - *Venerupis senescens* clays; F - Aeolian sands of salmon colour; G - Lacustrine-palustrine deposits; H - Lower grey tuffs (pisolitic and earthy tuffs). Fosso della Crescenza formation (unit A) and S. Cecilia formation (unit B) (Palaeo-Tiber 2) (from MARRA & ROSA, 1995). Legend: A - Basal gravel horizon; B - Grey-blue lacustrine clays; C - Clayey-sandy deposits of yellow colour and fluvio-palustrine environment, with frequent carbonate incrustations and travertine levels; D - Pyroclastic deposits emitted by the volcanic districts of the Sabatini Mts. and Alban Hills.

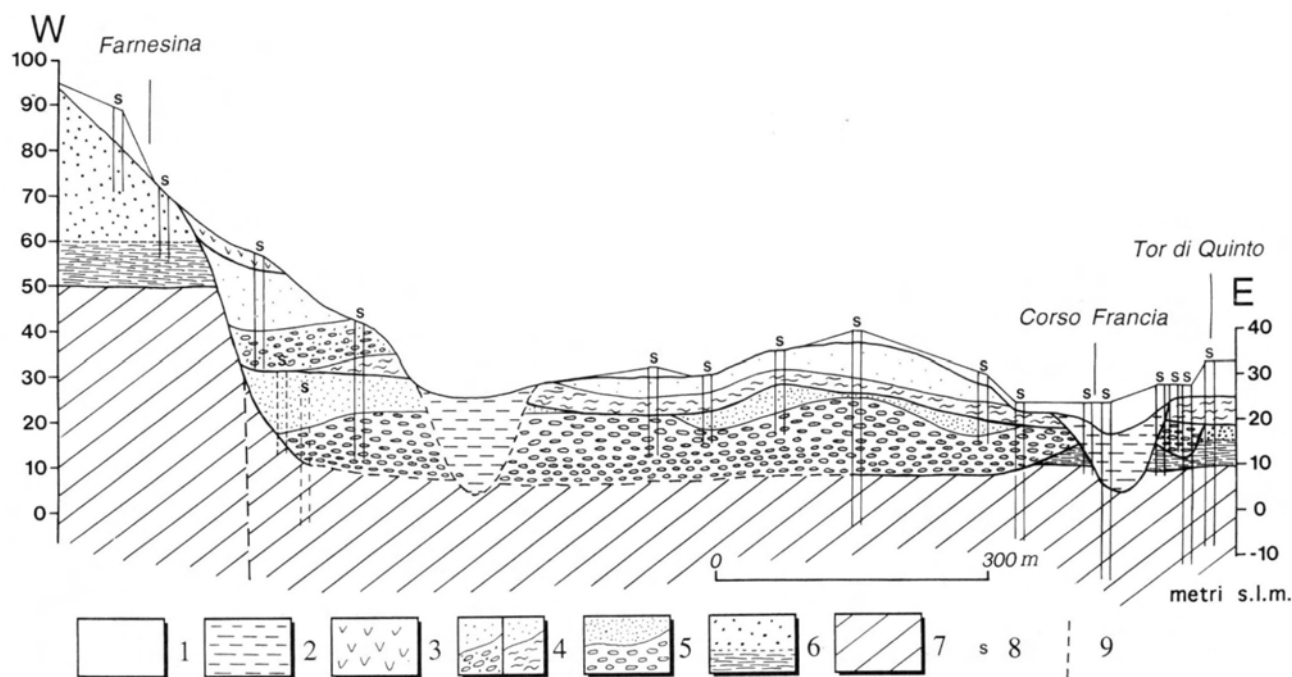


Fig. 12 - Profilo geologico n. 9 (da MARRA *et alii*, 1995). Reinterpretato secondo la nuova Carta Geologica del comune di Roma allegata a questo volume. Legenda: 1- Riporti antropici; 2 - Alluvioni recenti; 3 - Depositi piroclastici; 4 - Cicli sedimentari posteriori all'inizio dell'attività vulcanica; 5 - formazione di S. Cecilia e formazione di Valle Giulia (Paleotevere 2); 6 - formazione di Monte Mario; 7 - formazione di Monte Vaticano; 8 - Sondaggi; 9 - Faglie.

- Geological profile no. 9 (from MARRA *et alii*, 1995). Re-interpreted after the new geological map of Rome, attached to this volume. Legend: 1- Man-made fills; 2 - Recent alluvia; 3 - Pyroclastic deposits; 4 - Sedimentary cycles after the onset of volcanic activity; 5 - S. Cecilia formation and Valle Giulia formation (Unit of the palaeo-Tiber 2); 6 - Monte Mario formation; 7 - Monte Vaticano formation; 8 - Boreholes; 9 - Faults.

Esso è caratterizzato da scarsi valori di permeabilità ed è sede di scambio idraulico tra i *plateaux* vulcanici e i depositi fluviali degli attuali corsi d'acqua.

Complesso dei Tufi Pisolitici

Vulcaniti relative al Distretto Vulcanico Albano, di cui rappresentano le colate piroclastiche più antiche, cosiddetti Tufi Pisolitici e Tufi Terrosi (TDC, PTI, KKA).

La permeabilità che caratterizza questo complesso è assai bassa e la presenza, tra i diversi corpi vulcanici, di orizzonti anche fortemente pedogenizzati, contribuisce ulteriormente ad abbassare la conducibilità idraulica verticale.

Complesso Vulcanico Sabatino

Il complesso è costituito dall'insieme delle vulcaniti derivate dall'attività del Distretto Vulcanico Sabatino (TIB, PPT, SKF, RNR, LLT, NMT). Si tratta prevalentemente di colate piroclastiche di facies distale, spesso fortemente alterate e di depositi di ricaduta indifferenziati.

Granulometricamente i depositi sono assimilabili a sabbie fini, con abbondante presenza di matrice limosa e livelli pedogenizzati.

Nell'insieme la permeabilità del complesso è da media a medio-bassa, ma è caratterizzata da elevate eteropie laterali e verticali che producono variazioni locali del coefficiente idraulico.


Complesso della formazione di Valle Giulia

Travertini, fitoclastici in banchi inglobanti lenti di sabbie vulcaniche rimaneggiate; sabbie e limi sabbiosi a concrezione carbonatiche; livelli di ghiaie minute poligeniche (VGU).

La permeabilità varia da valori medi a medio elevati, ma data la limitata estensione in affioramento, il complesso non ha rilevanza sulla circolazione idrica sotterranea.

Complesso delle Pozzolane Rosse e delle Pozzolane Nere

Il complesso è costituito da depositi di colata piroclastica genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi messi in posto dall'attività del Distretto Vulcanico Albano (RED, PNR), con spessori medi nell'ordine dei 20 metri e valori massimi di circa 40. Il complesso è caratterizzato da una permeabilità variabile da media a medio-alta per porosità e secondariamente per fratturazione. La permeabilità verticale è condizionata dalla presen-



za di paleosuoli molto estesi e spesso con potenze di ordine metrico. Ove le vulcaniti hanno subito un processo di zeolitizzazione la permeabilità risulta nettamente minore. Questo complesso idrogeologico costituisce il principale acquifero dell'intera Città di Roma, in particolare nell'area in riva sinistra del Tevere, dove il complesso è estesamente diffuso con spessori continui e rilevanti. Tale fatto conferisce un'elevata continuità alla falda ospitata dal complesso e alla circolazione in essa presente.

Complesso della formazione del Fosso del Torrino

Ghiaie, sabbie e limi poligenici in facies fluviale e fluvio-lacustre con rapide variazioni laterali di facies, caratterizzate dalla presenza di elementi vulcanici (*FTR*); si riconosce un evento deposizionale discreto (*debris flow* con abbondante matrice limosa) corrispondente al Conglomerato Giallo (*FTR_g*) in forte eteropia laterale con il precedente. I valori di permeabilità relativa sono medio-bassi e le particolari modalità di messa in posto all'interno di paleodepressioni fluviali, determinano una canalizzazione dei flussi idrici sotterranei.

Complesso del Tufo Lionato

Deposito da colata piroclastica, massivo e caotico, localmente mal stratificato, litoide per effetto della zeolitizzazione (*VS_{N₁}*). E' costituito da due facies sovrapposte appartenenti all'attività del Distretto Vulcanico Albano: una inferiore con abbondante matrice cineritica e una superiore più grossolana. Per affinità litologiche in questo complesso viene associata la formazione di Fontana Centogocce (*SLV*) affiorante nel settore nord orientale della città.

I valori di permeabilità sono mediamente scarsi, ma essendo il complesso caratterizzato a luoghi da fenomeni di intensa fratturazione, il parametro può assumere localmente valori più elevati.

Il ruolo idrogeologico del complesso è quello di un acquitardo che separa la circolazione più superficiale da quella più profonda, spesso semiconfinata.

Complesso delle Pozzolanelle

Deposito massivo e caotico, da incoerente a litoide. Generalmente questa unità piroclastica presenta una matrice scoriacea cineritico grossolana, ma povera della frazione cineritica fine (*VS_{N₂}*). Questo complesso comprende anche sabbie e ghiaie generalmente a stratificazione incrociata e a festoni, da classate a malclassate, malstratificate in facies fluviale e da flusso iperconcentrato, derivanti dal rimaneggiamento del medesimo complesso di deposizione primaria e del complesso del Tufo

Lionato (*VS_{N₃}*).

In relazione ai valori di permeabilità medio o medio-alti, all'estensione e spessore del complesso, nonché alla posizione stratigrafica, esso può ospitare falde libere di discreta potenzialità. Nel quadrante sud orientale della città il complesso ospita una delle falde più utilizzate.

Complesso della formazione Aurelia

Il complesso è costituito da ghiaie e sabbie quarzose da fini a grossolane a laminazione incrociata, che passano verso l'alto a limi argillosi avana grigiastri con frustoli vegetali. L'ambiente di formazione è fluvio-lacustre e presenta fenomeni di pedogenesi nella parte alta del deposito (*AEL*).

In relazione alla sua limitata estensione (lungo le valli dei corsi d'acqua principali) e alla presenza di termini pelitici nella parte alta della formazione, il complesso presenta una scarsa possibilità di ricarica. Di conseguenza pur dotato di una permeabilità media e/o medio-alta, ospita acquiferi di interesse locale.

Complesso delle lave

Il complesso comprende i diversi depositi lavici presenti nella serie albana in diverse posizioni stratigrafiche: le lave di Vallerano (*LLL*) e le lave della formazione di Capo di Bove (*FKB_a*) comprensive delle litofacies piroclastiche (*FKB_b*).

Il complesso presenta un elevato valore di permeabilità per fratturazione, ma costituisce un acquifero significativo solo quando i depositi hanno una rilevante estensione e una posizione stratigrafica che li colloca alle quote in cui è presente la circolazione regionale (lave di Vallerano).

Complesso delle ghiaie e sabbie della formazione di Vitinia e dell'unità di Saccopastore

Il complesso è costituito da ghiaie, sabbie e limi, con elementi vulcanici (*VTN*) che a volte presentano una giacitura di terrazzo fluviale (*SKP*).

La permeabilità in massa è elevata. In relazione agli spessori e alla conformazione geometrica dei depositi il complesso ospita delle falde discontinue, di interesse locale.

Complesso del Peperino di Albano, dell'unità di Valle Marciana e della formazione del Tavolato

Nel complesso vengono accorpate i depositi appartenenti all'attività finale dei Colli Albani sia di deposizione primaria, costituita prevalentemente da cineriti, sia da prodotti rimaneggiati (*MAK*, *MNN*, *TAL*).

In considerazione del fatto che nell'area di studio i depositi hanno una posizione stratigrafica sommitale e che le estensioni, gli spessori e il grado

di permeabilità sono modesti, risulta che il complesso ha una scarsa rilevanza idrogeologica.

Complesso dei depositi lacustri e delle alluvioni oloceniche

Il complesso comprende i depositi lacustri de "Il Laghetto" (località Marco Simone) (e_2), quelli alluvionali dei principali corsi d'acqua (b_d) e quelli alluvionali in evoluzione all'interno delle arginature artificiali del Fiume Tevere e del Fiume Aniene (b_p). Nell'insieme si tratta di depositi di riempimento, siltoso-sabbiosi con discreta componente pelitica e livelli di torbe. Alla base dei depositi alluvionali sono presenti livelli di ghiaie più o meno potenti.

I valori di permeabilità sono mediamente scarsi e praticamente assenti sono eventuali livelli di saturazione se non in relazione ai depositi ghiaiosi basali, da molto a mediamente permeabili, che sono sede di una falda in pressione. La ricarica dei depositi grossolani di fondo è legata alla continuità idraulica che essi hanno con corpi acquiferi esterni alle serie alluvionali.

Complesso dei depositi antropici olocenici

Depositi eterogenei dovuti all'ammassamento e

allo spostamento dei materiali per rilevati stradali, ferroviari, terrapieni, colmate (b). Questi depositi non sono riportati nella carta idrogeologica allegata, se non per quei settori dove gli spessori sono maggiori (30 metri) o dove le morfologie siano determinate dal loro accumulo. La loro presenza è, invece, spesso indicata nei profili costruiti sulla base delle stratigrafie di sondaggio.

La permeabilità del complesso è media e, in base all'indicazione di molti piezometri, essi risultano spesso sede di una circolazione superficiale, a volte rialimentata anche dai versanti dei rilievi.

Complesso dei depositi di discarica di cava

Depositi dovuti all'accumulo dei materiali di risulta delle cave (b_1). Spessore fino a 30 m.

Questi depositi sono particolarmente estesi nel bacino estrattivo di Ponte Galeria e sono prevalentemente costituiti dalle frazioni più fini della serie omonima.

La rilevanza idrogeologica di questo complesso consiste nel fatto che, essendo caratterizzato da scarsi valori di permeabilità, la sua collocazione determina un'alterazione della circolazione idrica di superficie, aumentando i rischi di piena e/o

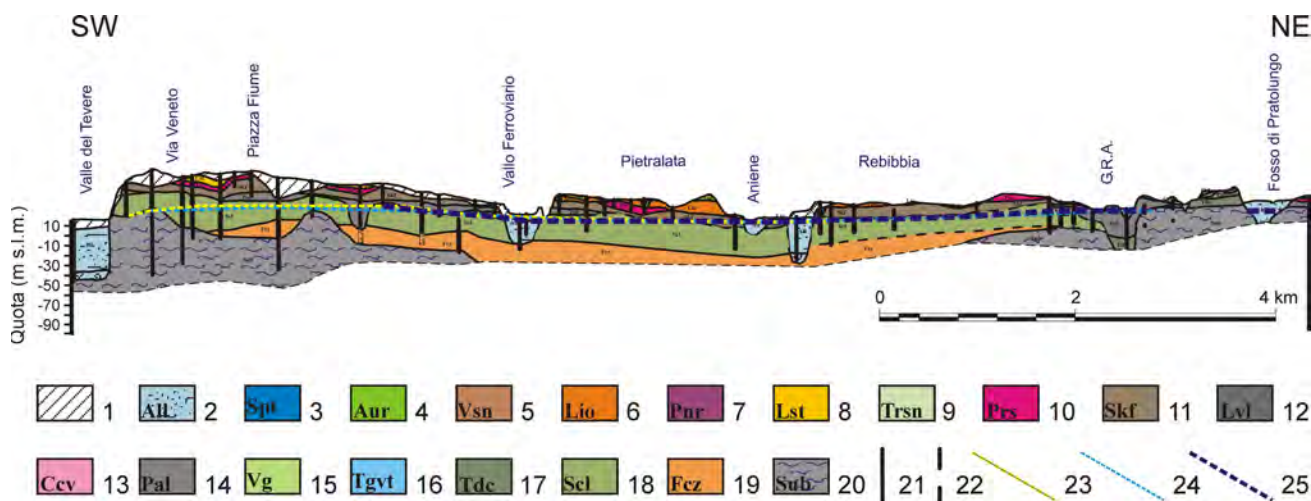


Fig. 13 - Profilo geologico n. 10 (da CAPELLI *et alii*, 2005). Legenda: 1 - Coltri di terreno di riporto; 2 - Depositi alluvionali; 3 - unità di Sacco Pastore; 4 - formazione Aurelia; 5 - Pozzolanelle; 6 - Tufo Lionato; 7 - Pozzolane Nere; 8 - Tufi stratificati varicolori di La Storta; 9 - Tufo Rosso a Scorie Nere sabatino; 10 - Pozzolane Rosse; 11 - Tufi stratificati varicolori di Sacrofano; 12 - lave di Vallerano; 13 - unità di Casale Cavaliere; 14 - unità del Palatino; 15 - formazione di Valle Giulia; 16 - unità della Via Tiberina; 17 - unità di Tor de' Cenci; 18 - formazione di S. Cecilia; 19 - formazione del Fosso della Crescenza; 20 - Substrato prevalentemente argilloso; 21 - Pozzo o perforazione intercettato dal profilo; 22 - Pozzo o perforazione proiettato sul profilo; 23 - Livello piezometrico degli anni '70 (da VENTRIGLIA, 1971); 24 - Livello piezometrico degli anni '90 (da VENTRIGLIA, 2002); 25 - Livello piezometrico attuale.

- Geological profile no. 10 (from CAPELLI *et alii*, 2005). Legend: 1 - Layers of man-made fills; 2 - Alluvia; 3 - Sacco Pastore unit; 4 - Aurelia formation; 5 - Pozzolanelle; 6 - Tufo Lionato; 7 - Black pozzolans; 8 - Stratificati varicolori tuffs of La Storta; 9 - Tufo Rosso a Scorie Nere unit of the Sabatini Mts.; 10 - Red pozzolans; 11 - Stratificati varicolori tuffs of Sacrofano; 12 - Vallerano lavas; 13 - Casale Cavaliere unit; 14 - Palatino unit; 15 - Valle Giulia formation; 16 - Via Tiberina unit; 17 - Tor de' Cenci unit; 18 - S. Cecilia formation; 19 - Fosso della Crescenza formation; 20 - Dominantly clayey bedrock; 21 - Well or borehole intercepted by the profile; 22 - Well or borehole projected onto the profile; 23 - Piezometric level in the 1970s (from VENTRIGLIA, 1971); 24 - Piezometric level in the 1990s (from VENTRIGLIA, 2002); 25 - Present piezometric level.

disturbando la circolazione idrica sotterranea con locali deviazioni delle linee di drenaggio.

4 - SCHEMA IDROGEOLOGICO

La Carta Idrogeologica dell'area di Roma (allegata) consente di valutare i rapporti esistenti tra la circolazione sotterranea, definita al tetto delle falde principali, ed il reticolo idrografico sia naturale che artificiale (costituito prevalentemente dalla rete dei collettori fognari). Inoltre, dalle linee isofreatiche è possibile individuare le principali linee di flusso idrico sotterraneo e i diversi gradienti di falda che caratterizzano le circolazioni nei diversi areali della città.

Nel settore occidentale del territorio, in riva destra del Tevere, si può osservare come l'alto strutturale di Monte Mario, orientato da nord-ovest a sud-est, condiziona l'andamento delle linee di flusso delle acque sotterranee. Esso, alle quote di interesse per la circolazione ipogea, è costituito da terreni argilloso-sabbiosi e marnosi aventi una permeabilità molto bassa. L'acquifero dell'Unità dei Monti Sabatini, nel suo naturale drenaggio verso il mare ed il Tevere, trovandosi ostacolato da questa struttura, si indirizza a sud-ovest verso il Torrente Arrone (portata 309 l/s – fuori carta) ed a ovest verso i bacini del Fosso della Mola – Cremera Valchetta (portata 770 l/s). La ricarica dei Fossi Galleria, Magliana e minori è invece essenzialmente dovuta agli acquiferi ghiaioso-sabbiosi prevulcanici, appartenenti alla formazione di Ponte Galeria

(Unità del Paleotevere 1) (figg. 8 e 9).

Ben diversa è la situazione in riva sinistra del Tevere, dove la potente falda albana è meno influenzata dal substrato argilloso più ribassato di quota; essa alimenta copiosamente tutte le incisioni fluviali che hanno raggiunto il tetto della falda regionale (fig. 4). Nella stessa area i terreni a bassa permeabilità plio-pleistocenici, hanno quote di qualche metro superiori al livello del mare.

4.1 - SETTORE IN RIVA DESTRA DEL TEVERE

L'andamento delle linee isofreatiche in corrispondenza del versante destro si estende dalla Giustiniana all'area estrattiva della Magliana e comprende le elevazioni di Monte Mario, Colle Vaticano, Monte Verde, Monte Spaccato. La natura geologica del substrato (figg. 3, 8 e 9) mostra che i corpi acquiferi coincidono con i lembi residui delle coperture vulcaniche e con i membri sabbiosi della formazione di Monte Mario e sabbioso-ghiaiosi dei termini più alti della formazione di Ponte Galeria (Unità del Paleotevere 1). Senza dubbio la permeabilità delle sabbie di Monte Mario è da ritenersi bassa o molto bassa, mentre i depositi psefitico-psammitici presentano una conducibilità idraulica maggiore. In generale i ridotti spessori, la giacitura e la scarsa possibilità di ricarica di questi acquiferi è tale da determinare la presenza di una falda a bassa produttività. La scarsa permeabilità d'insieme dell'intero versante, inoltre, determina un reticolo idrografico con discreta densità di drenaggio. In conseguenza di ciò l'andamento delle linee iso-

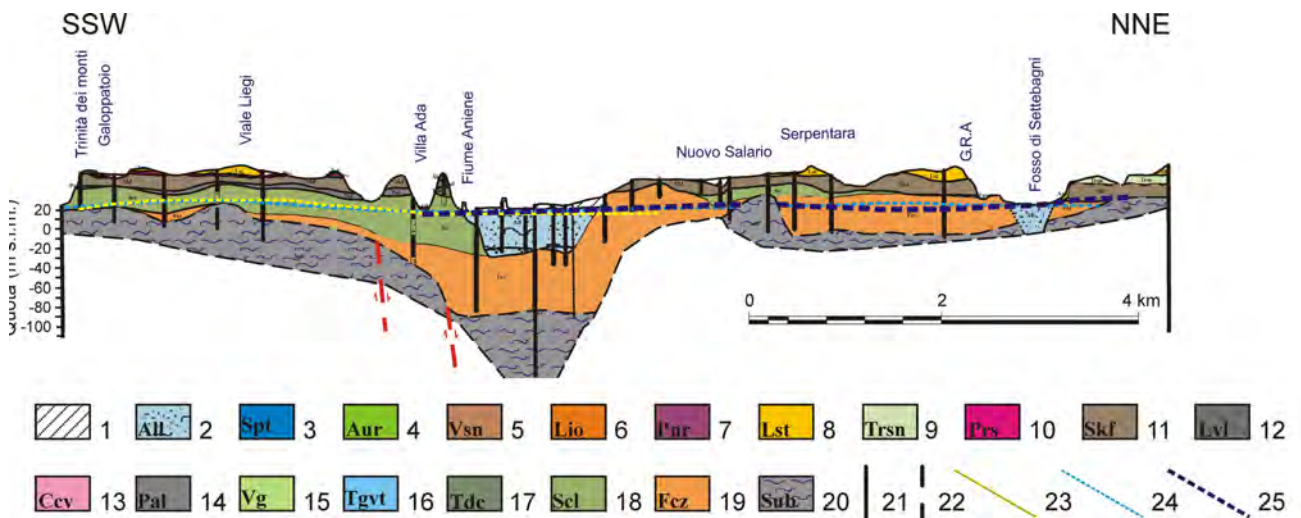


Fig. 14 - Profilo geologico n. 11 (da CAPELLI *et alii*, 2005). Per la legenda vedere Fig. 13.
- Geological profile no. 11 (from CAPELLI *et alii*, 2005). For the Legend, see Fig. 13.

freatiche risulta molto articolato e con gradienti della superficie satura elevati, affinché le acque di circolazione possano correlarsi con le quote del reticolo fluviale.

La coltivazione mineraria e l'evoluzione urbana di questo versante hanno determinato la presenza di depositi antropici il cui spessore è variamente distribuito e può raggiungere alcune decine di metri. Tali materiali eterogenei ed anisotropi sono interessati da orizzonti saturi di scarsa importanza produttiva, ma con ricadute non trascurabili sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e sulla qualità ambientale di diversi suburbi.

Nel settore nord orientale, nella zona in cui si estendono gli insediamenti urbani di Ottavia, Giustiniana e Tomba di Nerone, la piezometria raggiunge il massimo valore in elevazione, superando i 100 metri s.l.m. Da questa posizione la circolazione si dirige verso la depressione tiberina con un gradiente elevato che tende a diminuire nella piana alluvionale. I profili delle figure 3 e 12, oltre a indicare le motivazioni geologiche da cui deriva tale assetto idrogeologico, indicano come localmente siano presenti anche depositi alluvionali di alvei attivi e/o di paleoalvei. Gli spessori di tali

depositi possono essere anche di molte decine di metri e, in funzione delle litologie dominanti, possono ospitare acquiferi di un certo interesse.

La piezometria intercetta il reticolo del bacino del Fosso dell'Acquatraversa (portata 10 l/s) e del Fosso Mola - Cremera Valchetta (portata 770 l/s) nel quale si concentrano gli scambi falda - fiume. Nel settore centrale, in corrispondenza delle elevazioni di Monte Mario, Colle Vaticano e Colle Gianicolo, si ha la massima elevazione del substrato a bassa permeabilità, spesso affiorante o localmente mascherato da modesti spessori di depositi appartenenti ad altri complessi acquiferi. Osservando l'andamento delle isofreatiche si nota che esiste una continuità nel dominio saturo. Tuttavia, dall'analisi delle sezioni geologiche (figg. 3 e 12) risulta ben evidente che i terreni acquiferi non sono continui, ma frammentati e di modesto spessore. La continuità idraulica è da collegarsi alla presenza di una estesa coltre di terreni di riporto che permette, quindi, la configurazione equipotenziale riportata nella Carta Idrogeologica dell'area di Roma (allegata). Infine, nel settore dei bacini dei Fossi Galeria e Magliana, sui quali attualmente si aprono gli insediamenti abitativi di Casalotti,

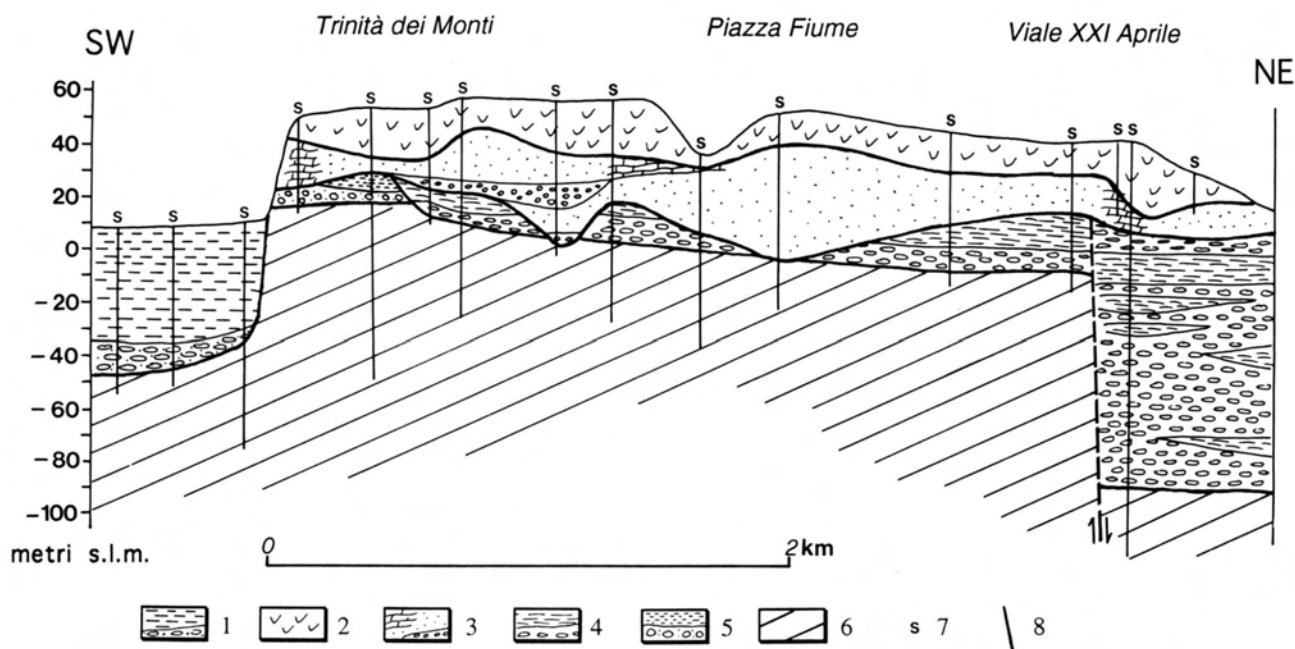



Fig. 15 - Profilo geologico n. 8 (da MARRA *et alii*, 1995). Reinterpretato secondo la nuova Carta Geologica del comune di Roma allegata a questo volume. Legenda: 1 - Alluvioni recenti; 2 - Unità piroclastiche; 3 - formazione di S. Cecilia (Unità b del Paleotevere 2); 4 - formazione del Fosso della Crescenza (Unità a del Paleotevere 2); 5 - formazione di Ponte Galeria 6 - formazione di Monte Vaticano; 7 - Sondaggi; 8 - Faglie.

- Geological profile no. 8 (from MARRA *et alii*, 1995). Re-interpreted after the new geological map of Rome, attached to this volume. Legend: 1 - Recent alluvium; 2 - Pyroclastic units; 3 - S. Cecilia formation (Unit b of the palaeo-Tiber 2); 4 - Fosso della Crescenza formation (Unit a of the palaeo-Tiber 2); 5 - Ponte Galeria formation; 6 - Monte Vaticano formation; 7 - Boreholes; 8 - Faults.





Monte Spaccato, Trullo – Magliana, e Pisana, la morfologia del tetto dell'orizzonte saturo ripercorre simmetricamente quella del reticolo fluviale dei medesimi corsi d'acqua, decrescendo dalla quota di 70 metri s.l.m. a quella di circa 5 metri nella piana del Tevere. Questo settore è il più rappresentativo della geologia della formazione di Ponte Galeria (Unità del Paleotevere 1) e dei caratteri idrogeologici derivanti dalla stratificazione dei tre acquiferi già descritti precedentemente (figg. 8, 9 e 11). A seguito dei forti contrasti di permeabilità presenti in questa unità e dei già citati motivi morfologici, i gradienti, nel settore più interno dei due bacini, sono estremamente acclivi, per ridursi verso la zona di raccordo con la piana terminale del Tevere.

Ulteriore particolarità di questo settore è quella di costituire da oltre mezzo secolo area di produzione di inerti per l'edilizia. Lo sfruttamento minerario ha determinato una perdita di cubatura di acquifero, essenzialmente di natura ghiaioso-sabbiosa, maggiore di 200 Mm³ (CAPELLI *et alii*, 1999), con una mobilitazione di cubature ancora maggiori dei termini più pelitici della serie che sono stati riversati nelle depressioni di cava, in sostituzione degli originari termini ghiaiosi. Questa pratica, attuata su un'estensione di circa 70 km², ha determinato il completo sconvolgimento del sistema idrogeologico, con forti modifiche dei flussi ipogei e dello stato di confinamento delle falde più profonde.

I rilievi sperimentali effettuati nel corso degli ultimi decenni forniscono per i Fossi Galeria e Magliana rispettivamente le portate ordinarie di 170 e 200 l/s. Tali valori evidenziano l'alimentazione fornita dai termini ghiaiosi della formazione di Ponte Galeria (Unità del Paleotevere 1); in particolare risulta che la falda maggiormente produttiva è quella contenuta nei termini ghiaiosi basali, come peraltro riscontrabile nelle depressioni derivate dall'attività estrattiva.

4.2 - SETTORE IN RIVA SINISTRA DEL TEVERE

La prosecuzione dell'alto strutturale di Monte Mario nella zona sinistra del Fiume Tevere, pur presentando il tetto del complesso argilloso a quote fortemente ribassate rispetto alla situazione presente in riva destra, determina una doppia circolazione idrica verso l'Aniene a nord e verso il Tevere a ovest, alimentata dall'acquifero vulcanico dei Colli Albani. All'interno del Grande Raccordo Anulare i gradienti sono per lo più modesti, pur essendovi

qualche eccezione collegata a depressioni della falda dovuta agli effetti dinamici dei prelievi antropici. All'esterno del G.R.A., risalendo verso la zona delle caldere albane, i gradienti si presentano sempre più elevati, fino a raggiungere un massimo nell'area sud orientale della Carta Idrogeologica dell'area di Roma (allegata).

In relazione al reticolo idrografico si può osservare che i corsi d'acqua presenti nel versante sinistro del Tevere e dell'Aniene sono numerosi e prevalentemente perenni; risultano meno incisi di quelli presenti nell'altro versante e sono caratterizzati da più bassa densità di drenaggio.

Il settore settentrionale, corrispondente alla riva destra dell'Aniene, è esteso tra la Bufalotta, Tor Lupara, Albuccione, Lunghezza, San Basilio e Monte Sacro. I livelli piezometrici si estendono dalla quota di 70 metri s.l.m. (Tor Lupara) fino alla quota di confluenza tra il Tevere e l'Aniene, posta a circa 10 metri. La morfologia della superficie piezometrica risente della presenza delle incisioni valliche dei Fossi di Pratolungo, Cesarina, Cinquina e di Casal de' Pazzi, quest'ultimo quasi del tutto tombato. Il contributo della falda al flusso di base di questi corsi d'acqua risulta tuttavia estremamente limitato e, in base ai rilievi dei primi anni del 2000, valutato complessivamente in 30 l/s. I gradienti piezometrici si mantengono sempre elevati anche in relazione all'andamento dei livelli a bassa permeabilità, come riscontrabile dai profili delle figure 13 e 14. La ricarica degli acquiferi dell'intero settore è dovuta esclusivamente agli apporti zenitali, il che rende gli stessi scarsamente produttivi e in conseguenza all'elevato prelievo dovuto all'urbanizzazione, si sono determinate delle condizioni di criticità della risorsa idrica (REGIONE LAZIO, 2005).

In definitiva, dall'analisi dei profili delle figure 13 e 14 risulta che le formazioni presenti in questo settore sono prevalentemente caratterizzate da bassi valori di permeabilità. Solamente alcuni termini delle serie vulcaniche, caratterizzati da condizioni di forte discontinuità e scarsi spessori, possono contribuire alla circolazione idrica, oltre ai termini ghiaiosi della formazione di Fosso della Crescenza e della formazione di S. Cecilia (Unità del Paleotevere 2) che costituiscono il vero serbatoio profondo presente in questo settore, specialmente in corrispondenza delle paleoincisioni del substrato argilloso.

Il settore centrale, corrispondente alla riva sinistra dell'Aniene, si estende alle urbanizzazioni di Flaminio, Nomentano, Tor Cervara, La Rustica,

Tor Bella Monaca, Centocelle e Lunghezza. La piezometria è caratterizzata da bassi gradienti e rimane compresa tra le quote di 35 e 20 metri s.l.m. L'andamento delle isofreatiche indica da un lato una rialimentazione del Fiume Aniene da parte dell'Unità Albana tra le quote di 30 e 10 metri s.l.m., dall'altra la presenza di depressioni dinamiche che possono essere correlate con le aree di prelievo dell'ACEA, ubicate nelle località di Salone e Finocchio (fuori area della Carta Idrogeologica dell'area di Roma), nonché agli emungimenti industriali connessi allo sviluppo dell'area negli ultimi decenni.

L'assetto stratigrafico e idrogeologico è ben desumibile nei profili delle figure 15, 16, 17 e 18. In particolare dal primo profilo si può osservare come il tetto delle formazioni argillose passi da quote di poco superiori al livello del mare, al di sotto dei Parioli e di Villa Borghese, a livelli decisamente inferiori, fino a raggiungere i -100 metri s.l.m. in prossimità delle zone di Tor Sapienza e Tor Tre Teste. In generale si osservano delle incisioni vallive recenti, poco approfondite, tutte ospitate dalla più grande depressione del Paleotevere 2 che in questo settore della città raggiunge i suoi massimi spessori e presenta la successione stratigrafica "tipo".

Migliori dettagli relativi a quest'area sono riportati nell'approfondimento "Assetto idrogeologico del settore romano del bacino del Fiume Aniene" presente in questo stesso volume. Recenti studi degli autori sul territorio del VI Municipio del Comune di Roma, finalizzati alla definizione del rischio di crollo per la presenza di cavità sotterranee (MAZZA *et alii*, 2001) hanno consentito di definire profili stratigrafici e idrogeologici di dettaglio (figg. 17 e 18) che hanno messo in luce la presenza

di una tettonica che disloca il substrato sedimentario ed anche le formazioni vulcaniche ascrivibili alle prime fasi del Vulcano Laziale. Questo motivo strutturale ha indotto alla formazione di incisioni vallive più o meno sovrapposte, coincidenti con il Fosso dell'Acqua Bullicante, attualmente non più visibile perché colmato da terreni di riporto. La massima depressione dell'incisione fluviale raggiunge la quota dell'attuale livello marino e fino agli anni '60 (CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) in corrispondenza di questa asta fluviale si manifestavano sorgenti termominerali associate a forti venute di CO₂.

Di rilevanza idrogeologica è la presenza nel settore di un reticolo fluviale perenne, costituito dai Fossi del Cavaliere e Osa che hanno mantenuto negli ultimi decenni una portata di magra sostanzialmente invariata (CAPELLI *et alii*, 2005) e dal Fosso di Tor Sapienza che, invece, arriva all'Aniene con una portata effimera di alcuni litri al secondo (fig. 4).

Il settore meridionale si colloca tra il Tevere e la linea di culminazione dell'alto strutturale che con andamento nord-ovest sud-est si individua in corrispondenza dell'asse Appia, Anagnina, Cinecittà, Termini, Pincio. Questo settore comprende le aree di Tor di Valle, EUR, Garbatella, Ostiense, Ardeatino, Laurentino e Cecchignola. All'interno del G.R.A. le quote della superficie piezometrica regionale rimangono comprese tra 30 e 5 metri s.l.m., con una configurazione che lascia ancora intravedere i rapporti tra falda e corsi d'acqua drenanti. In generale le linee di flusso idrico sotterraneo convergono verso il Tevere con gradienti bassi che non sembrano essere influenzati da abbassamenti dinamici significativi.

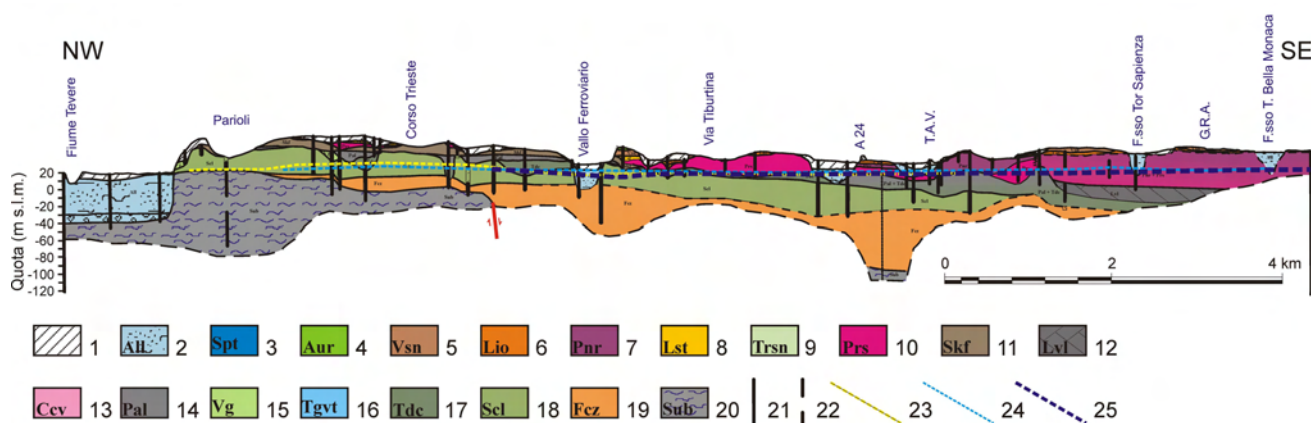


Fig. 16 - Profilo geologico n. 12 (da CAPELLI *et alii*, 2005). Per la legenda vedere fig. 13.
- Geological profile no. 12 (from CAPELLI *et alii*, 2005). For the Legend, see fig. 13.



Dal punto di vista stratigrafico (fig. 19) l'area presenta la caratteristica sequenza delle vulcaniti albane con le diverse formazioni del Vulcano Laziale a giacitura sub-parallela, interrotta da colate di lava raramente affioranti. Il substrato a bassa permeabilità presenta una superficie sommitale regolare, leggermente degradante verso nord, con valori di quota compresi tra +10 e -10 metri s.l.m. Bisogna però ricordare che nel settore alluvionale

del Tevere lo stesso substrato, a seguito dei fenomeni erosivi dell'ultimo periodo glaciale, presenta quote inferiori al livello del mare di molte decine di metri. Lo spessore dei termini della serie vulcanica tende a diminuire con il progressivo allontanamento dai centri di emissione. Molte situazioni stratigrafiche si sono potute definire oltre che dai numerosi sondaggi, anche dagli affioramenti presenti nelle aree di coltivazione mineraria ubicate a

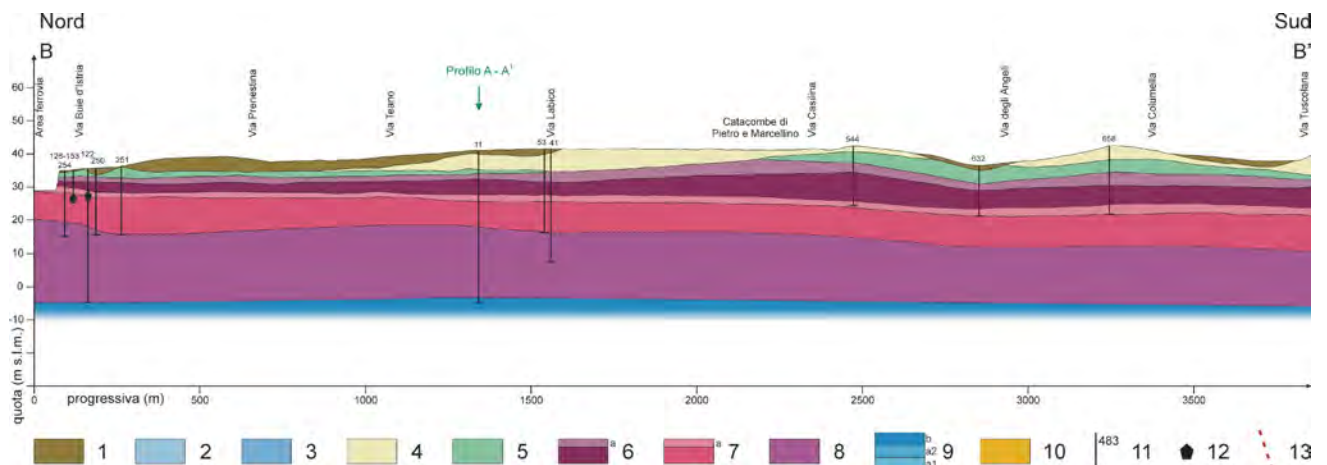


Fig. 17 - Profilo geologico n. 13 (da MAZZA *et alii*, 2001). Legenda: 1 - Terreni di riporto antropico; 2 - Alluvioni recenti e attuali (Olocene); 3 - Alluvioni sinvulcaniche (Pleistocene medio-superiore); 4 - Tufo Lionato (Pleistocene medio-superiore); 6 - Pozzolane nere (Auct.) con livello pedogenizzato al tetto (a) (Pleistocene medio-superiore); 8 - Unità piroclastica inferiore (Pleistocene medio-superiore); 9 - formazione di S. Cecilia limi e sabbie (Unità "b" del Paleotevere 2), argille (Unità "a2" del Paleotevere 2), formazione del Fosso della Crescenza, ghiaie e sabbie (Unità "a1" del Paleotevere 2) (Pleistocene medio); 10 - Argille marine (Pliocene); 11 - Perforazione di interesse stratigrafico e suo numero di riferimento; 12 - Cavità accertate lungo la traccia del profilo; 13 - Faglia presunta.

- Geological profile no. 13 (from MAZZA *et alii*, 2001). Legend: 1 - Man-made fill terrains; 2 - Recent and present alluvia (Holocene); 3 - Syn-volcanic alluvia (middle-upper Pleistocene); 4 - Tufo Lionato (middle-upper Pleistocene); 6 - Black pozzolans (Auct.) with pedogenised level at their roof (a) (middle-upper Pleistocene); 7 - Red pozzolans (Auct.) with pedogenised level at their roof (a) (middle-upper Pleistocene); 8 - Lower pyroclastic unit (middle-upper Pleistocene); 9 - S. Cecilia formation - alluvia: silts and sands (Unit b of Palaeo-Tiber 2), clays (Unit "a2"), Fosso della Crescenza formation, gravels and sands (Unit "a1" of Paleo - Tiber 2) (middle Pleistocene); 10 - Marine clays (Pliocene); 11 - Stratigraphic borehole and reference code; 12 - Caves identified along the trace of the profile; 13 - presumable fault.

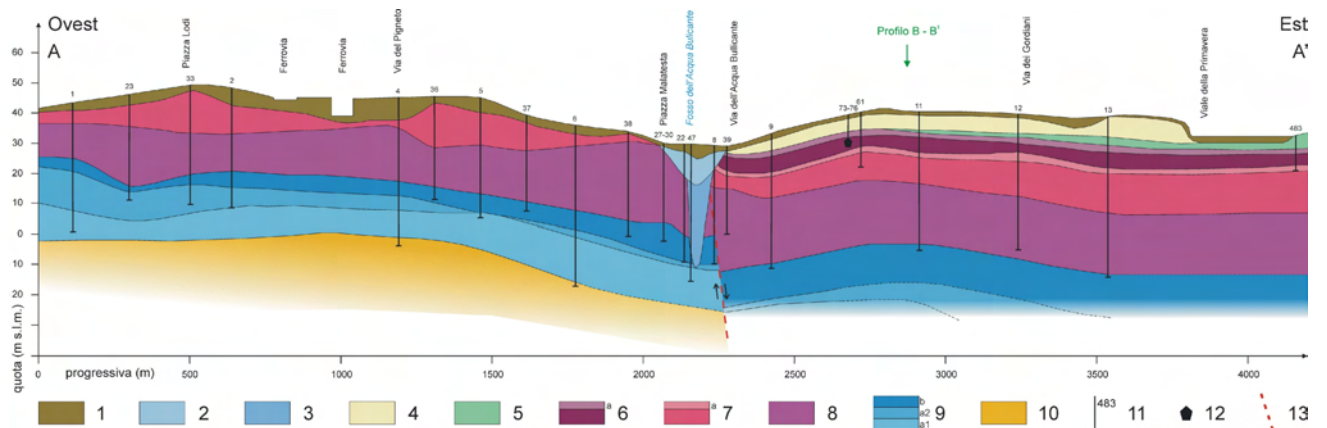


Fig. 18 - Profilo geologico n. 14 (da MAZZA *et alii*, 2001). Per la legenda vedere fig. 17.

- Geological profile no. 14 (from MAZZA *et alii*, 2001). For the Legend, see fig. 17.

sud del G.R.A. (fuori area della Carta Idrogeologica dell'area di Roma), nel settore estrattivo Ardeatino-Laurentino. A differenza di quanto accade nel bacino estrattivo del "Galeria - Magliana" molto raramente i piani di escavazione hanno qui raggiunto il livello della falda basale, mentre è più frequente l'interferenza con i livelli saturi più superficiali.

Lo spessore della coltre satura in tutta l'area si mantiene compreso tra i 50 e i 20 metri e, unitamente ai coefficienti di permeabilità che caratterizzano gli acquiferi, si determina un elevato rendimento dei pozzi per acqua presenti.

Nonostante l'elevato grado di urbanizzazione, permangono ancora corsi d'acqua perenni inseriti in un contesto ambientale a volte ancora relativamente integro (Fosso Almone in Caffarella, Fosso Grotta Perfetta a Tor Marancia, Fosso di Malafede nel Parco di Decima).

In questo settore le portate fluviali si mantengono sostenute (fig. 4) e del tutto simili a quelle rilevate decenni or sono. Si segnala che la portata di magra del Fosso della Cecchignola, prima del suo tombamento avvenuto negli anni '60, risulta del tutto coincidente con il volume captato attualmen-

te da un complesso sistema di bottini, gallerie e pozzi utilizzato per l'alimentazione del Laghetto dell'EUR e per il mantenimento del verde urbano nella stessa area.

Va ricordato, infine, che nelle zone periferiche dell'Acqua Acetosa di San Paolo, dell'Egeria e di Capannelle ed altre sono presenti emergenze mineralizzate fredde, attualmente captate con perforazioni e utilizzate a fini commerciali.

Il settore sud orientale della Carta Idrogeologica dell'area di Roma, prevalentemente esterno al territorio comunale di Roma, presenta dei caratteri idrogeologici sostanzialmente diversi da quelli finora descritti. Infatti, le elevazioni piezometriche arrivano a quote superiori ai 300 metri s.l.m., il gradiente piezometrico assume valori molto elevati, il substrato a bassa permeabilità, dai dati di sondaggio, risulta molto articolato.

Questo si attesta a quote di circa 20 metri in corrispondenza dell'alto strutturale di Ciampino - Capannelle per approfondirsi repentinamente verso sud-est, al di sotto dell'area delle caldere, fino a raggiungere quote inferiori ai -200 metri s.l.m. In conseguenza di ciò lo spessore dell'ambiente saturo cresce notevolmente verso la struttura albana che

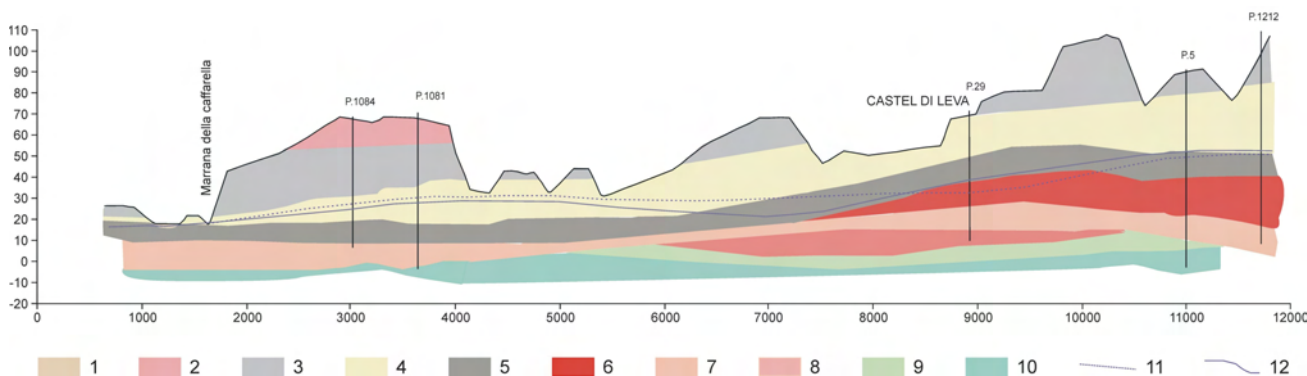


Fig. 19 - Profilo geologico n. 15. Legenda: 1 - Alluvioni recenti ed attuali: argille e limi argillosi con contenuto di ghiaie alluvionali; 2 - Lave: lave leucitiche di Capo di Bove (0.28 m.a.); 3 - Pozzolanelle: unità massiva, prevalentemente incoerente costituita da scorie rossastre o nere in una matrice scoriacea da rossa o grigia; 4 - Tufo Lionato: ignimbrite massiva e litoide di colore dal giallo al caratteristico rosso fulvo, costituita da scorie grigiastre e pomici disperse in una matrice cineritica; 5 - Pozzolane nere: deposito ignimbritico costituito da scorie nere disperse in una matrice di lapilli scoriacei neri; 6 - Lave: lave di Fosso Tre Rami; 7 - Pozzolane rosse: massive e prevalentemente incoerenti, costituite da grosse scorie di colore rossastro-violaceo in una matrice lapillosa scoriacea; 8 - Lave: lave leucitiche di Vallerano (0.48-0.52 m.a.); 9 - Tufi pisolitici: complesso di unità eruttive ("Tor di Cenci" e "Palatino"), per lo più incoerente, a matrice cineritico-pomicea ricca di litici sedimentari e lavici. Al tetto è presente una facies cineritica a lapilli accrezionari; 10 - Argille: composta principalmente da sabbie e sabbie argillose. Rappresenta un ciclo trasgressivo completo quindi al tetto si possono trovare conglomerati continentali passanti ad argille lacustri seguite a loro volta da conglomerati e sabbie marine; 11 - Isofreatiche relative agli anni '70 (da VENTRIGLIA, 1990); 12 - Isofreatiche relative al 2000.

- Geological profile no. 15. Legend: 1 - Recent and present alluvium: clays and clayey silts with alluvial gravels; 2 - Lavas: leucitic lavas of Capo di Bove (0.28 Ma); 3 - Pozzolanelle: dominantly loose, massive unit consisting of reddish or black scoriae in a red or grey scoriaceous groundmass; 4 - Tufo Lionato: massive and lithoid ignimbrite of yellow to typical tawny red colour, consisting of greyish scoriae and pumices dispersed in a cineritic matrix; 5 - Black pozzolans: ignimbritic deposit composed of black scoriae dispersed in matrix of black scoriaceous lapilli; 6 - Lavas: Fosso Tre Rami lavas; 7 - Red pozzolans: massive and dominantly loose, consisting of large scoriae of reddish-purplish blue colour in a groundmass of scoriaceous lapilli; 8 - Lavas: leucitic lavas of Valleranno (0.48-0.52 Ma); 9 - Pisolitic tuffs: complex of eruptive units ("Tor di Cenci" and "Palatino"), mostly loose, in a cineritic-pumiceous matrix rich in sedimentary and lavic lithics. A cineritic facies with accretionary lapilli lies at its roof; 10 - Clays: dominantly sands and clayey sands. These clays represent a complete transgressive cycle; therefore, at their roof, continental conglomerates may be found, which pass to lacustrine clays and then to conglomerates and marine sands; 11 - Isophreatic lines in the 1970s (from VENTRIGLIA, 1990); 12 - Isophreatic lines in 2000.



viene a costituire l'area di ricarica degli acquiferi presenti nell'intero settore urbano compreso tra le rive sinistra del Tevere e dell'Aniene.

5 - CONDIZIONAMENTI ANTROPICI

Nell'area romana, relativamente al settore in riva sinistra del Tevere, ricadono sia aree critiche che di attenzione ai sensi della delibera della

Giunta Regionale del Lazio n. 3 del 21/11/2003 (fig. 20 - REGIONE LAZIO, 2004).

Le prime riguardano i corpi idrici sotterranei in cui l'entità dei prelievi causa l'alterazione della circolazione idrica e dei livelli piezometrici, con valori significativamente superiori a quelli delle aree circostanti, determinando un'elevata probabilità di compromissione dell'approvvigionamento idrico per le popolazioni e le attività insistenti sull'area. Le aree di attenzione, invece, sono aree caratteriz-

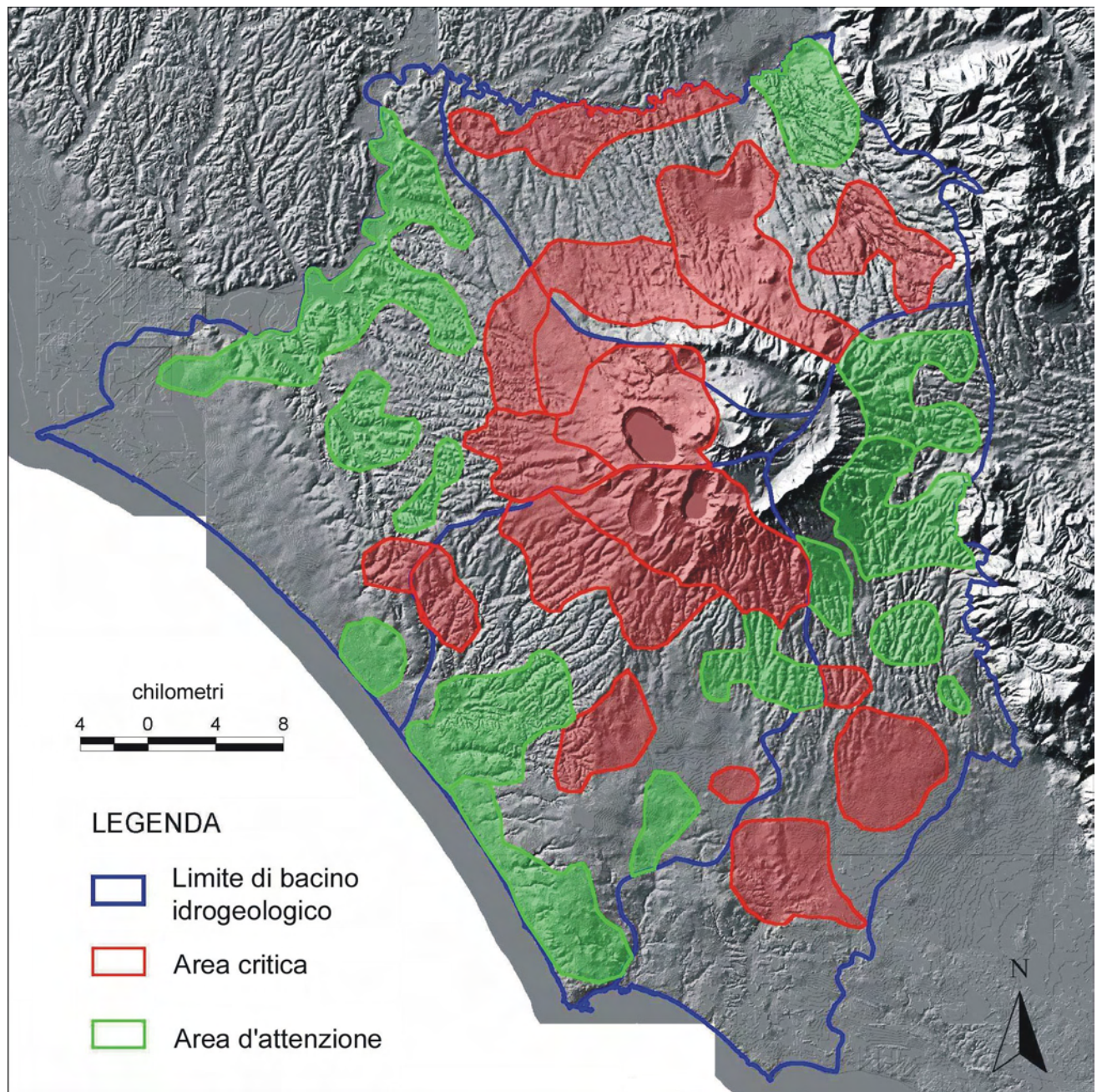


Fig. 20 - Aree critiche e d'attenzione dell'Unità Idrogeologica dei Colli Albani (da CAPELLI *et alii*, 2005).
- Critical and vulnerable areas in the Alban Hills hydrogeological unit (from CAPELLI *et alii*, 2005).

zate da significativi abbassamenti della falda e da concentrazione dei prelievi inferiore o uguale a 1600 m³/anno/ha, corrispondente al prelievo medio dell'intera area dei Colli Albani.

Le indicazioni derivanti dai risultati dello studio che ha permesso l'individuazione di tali aree, mostrano che la risorsa idrica sotterranea nell'area romana è fortemente sfruttata e che quindi essa sostiene in vario modo l'articolato sistema urbano nel suo complesso, ovvero: attività industriali, artigianali, servizi, attività agricole, attività sportive, impianti di climatizzazione, ecc...

Avendo definito il modello concettuale dell'Unità Idrogeologica Albana e i bilanci idrogeologici nei diversi bacini individuati e nell'intera struttura, le condizioni di criticità sono state definite, mediante l'utilizzo di un Sistema Informativo Territoriale, sulla base di una matrice appositamente formulata utilizzando i sette indici di seguito riportati:

- 1) rapporto tra anomalie piezometriche, definite rispetto al valore locale medio, e lo spessore dell'acquifero;
- 2) numero dei pozzi censiti per ettaro;
- 3) numero dei pozzi di acquedotto per km²
- 4) presenza di aree di prelievo ad uso industriale;
- 5) classi di prelievo ad uso agricolo;
- 6) rapporto tra entità di prelievo ed entità di ricarica nello specifico bacino idrogeologico;
- 7) valore delle anomalie piezometriche.

Tali indici rappresentano, di fatto, le condizioni attuali di stress idrico in rapporto all'uso che della risorsa viene fatto. I risultati derivati dal GIS sono stati razionalizzati per rendere possibile l'applicazione normativa prevista nelle "Norme di Salvaguardia" di cui la menzionata delibera.

Lo stato attuale di gestione della risorsa idrica prevede che necessariamente venga steso un piano di uso compatibile della risorsa idrica, in quanto le condizioni transitorie per cui furono definite le norme di salvaguardia sono superate.

In tal senso gli autori, su richiesta dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, hanno prodotto un modello numerico di simulazione degli acquiferi dell'Unità Albana a supporto delle necessità di gestione dell'acque sotterranee.

Tale modello, tarato su condizioni di basso uso della risorsa, permette di simulare differenti scenari di sfruttamento e di ricarica, oltre a fornire indirizzi di pianificazione (MAZZA *et alii*, in stampa).

6 - CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Nel corso dei rilievi idrogeologici sono state condotte analisi sullo stato chimico - fisico delle acque sotterranee. Dalle campagne di rilevamento risulta in maniera evidente che le acque presentano classi di termalità molto diverse (fig. 21) con un *range* dei valori che rimane compreso tra 12,5 e 24,2 °C. In particolare nell'area meridionale, a sud del G.R.A., in corrispondenza di Valleranello - Casale di Perna, si riscontrano temperature delle acque sotterranee superiori ai 21 °C fino a un massimo di 24,2 °C. Altre anomalie positive si misurano nel settore occidentale della città; nell'area della Pisana, e in quello settentrionale, nella zona compresa tra la Via Cassia e Via dei Due Ponti, all'interno del G.R.A., dove le temperature massime si attestano, per entrambe le aree, su valori prossimi ai 22 °C.

Un vasto settore con temperature relativamente elevate è quello che ricalca l'andamento della Via Appia, dal Parco dell'Appia Antica fino a Frattocchie, con temperature comprese tra i 19 e 21,6 °C. In generale tutto il settore meridionale in riva sinistra del Tevere, esternamente al G.R.A. presenta temperature superiori a quelle misurate nel resto della città.

Anomalie positive maggiori di 19 °C, localizzate e distribuite, sono presenti nel settore nord orientale di Roma, lungo i versanti del bacino terminale dell'Aniene, dove mediamente le temperature presentano valori di circa 15-17 °C.

Per quanto riguarda la distribuzione dei valori di conducibilità elettrica (fig. 22), si osserva che il *range* dei valori è compreso tra i 317 e 4350 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nell'area considerata prevalgono valori che si attestano su alcune centinaia di $\mu\text{S}/\text{cm}$, che corrispondono a valori molto ricorrenti nelle acque sotterranee dell'intero dominio vulcanico peritirrenico. Rispetto a questo scenario sono evidenti quattro aree con anomalie positive, tre di limitata estensione ed una ben più vasta. Quest'ultima si colloca nella zona sud occidentale della città, tra Pisana, Garbatella, Valleranello e la Tenuta Presidenziale di Castel Porziano. I valori di conducibilità sono prevalentemente superiori ai 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un massimo di 3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ registrato a ridosso della Via Pontina, nei pressi di Tor de' Cenci.

Un'altra anomalia positiva è quella che si riscontra a sud-est di Ciampino, lungo la Via dei Laghi, dove la conducibilità raggiunge quasi i 1400



$\mu\text{S}/\text{cm}$. In tale area è nota la presenza di una risalita di fluidi endogeni che determinano fenomeni di emergenza di gas, sia naturali che indotti dalle perforazioni di pozzi.

Particolarmente elevati sono i valori rilevati in località Catacombe di S. Alessandro (Settecamini), a nord-est del G.R.A., dove in una singola perforazione si raggiungono i $4380 \mu\text{S}/\text{cm}$.

La quarta anomalia si riscontra lungo la Via Salaria, in località Settebagni, con valori maggiori di $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Tale area, pur essendo nota per la presenza di acque leggermente mineralizzate, presenta un esteso insediamento industriale che potrebbe determinare fenomeni di inquinamento, che a loro volta influiscono sui valori di conducibilità delle acque sotterranee.

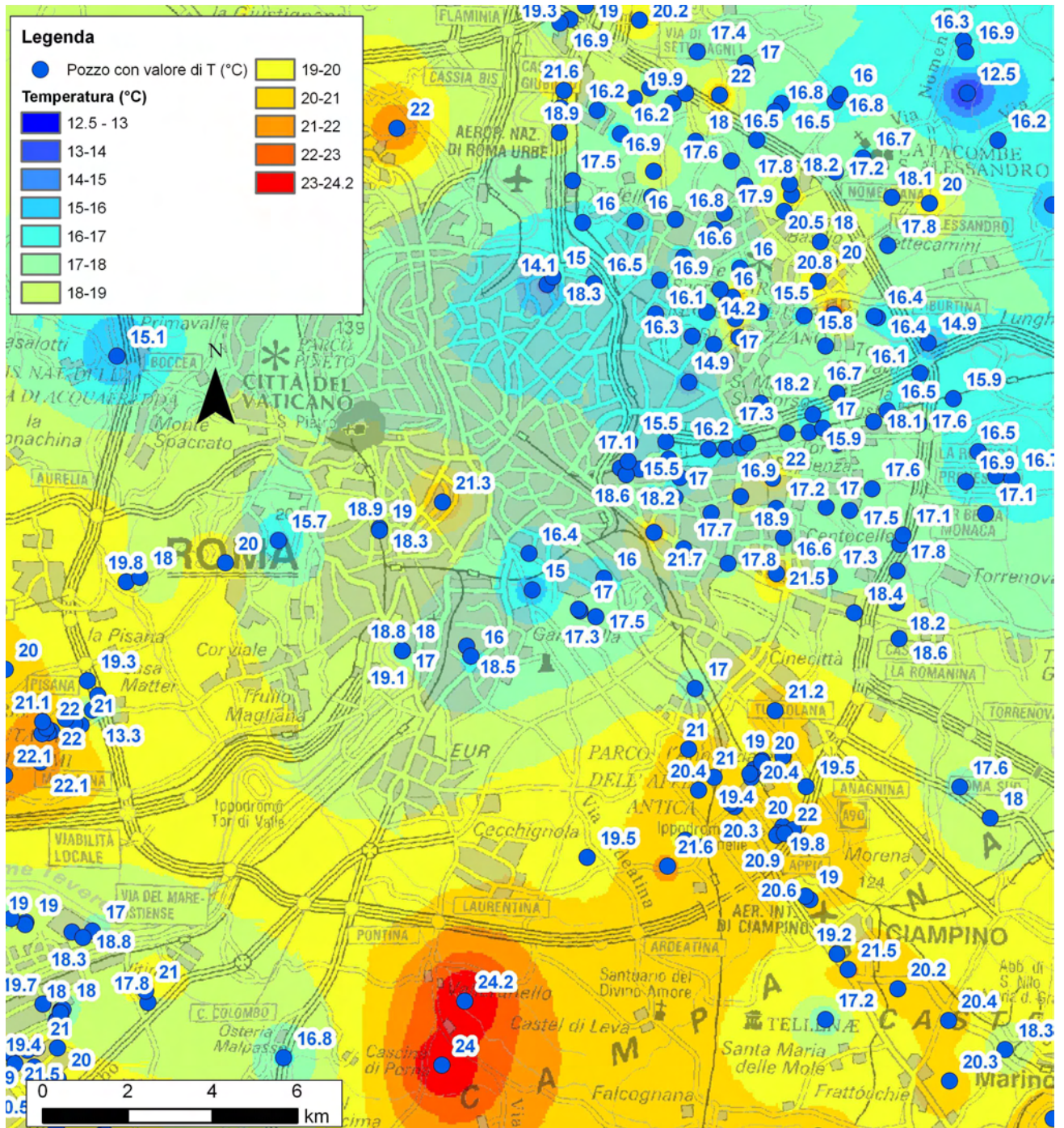


Fig. 21 - Carta della distribuzione dei valori di temperatura delle acque sotterranee (da CAPELLI & MAZZA, 2005, modificata).
- Map showing the distribution of temperature values of the investigated groundwater (from CAPELLI & MAZZA, 2005, modified).

Questa indagine ha evidenziato anomalie chimico-fisiche in zone spesso note per la presenza di manifestazione di acque mineralizzate. Bisogna, però, sottolineare che il risultato delle analisi è puramente indicativo. Infatti, rispetto alle molte centinaia di punti rilevati per le necessità dello studio, solo per una modesta percentuale si sono potu-

te definire le caratteristiche chimico-fisiche. In relazione al rilevante utilizzo delle acque sotterranee per scopi diversi, per l'area della Città di Roma è importante che si definisca un sistema di monitoraggio che consenta di tenere sotto controllo la qualità delle risorse idriche e il loro stato di conservazione.

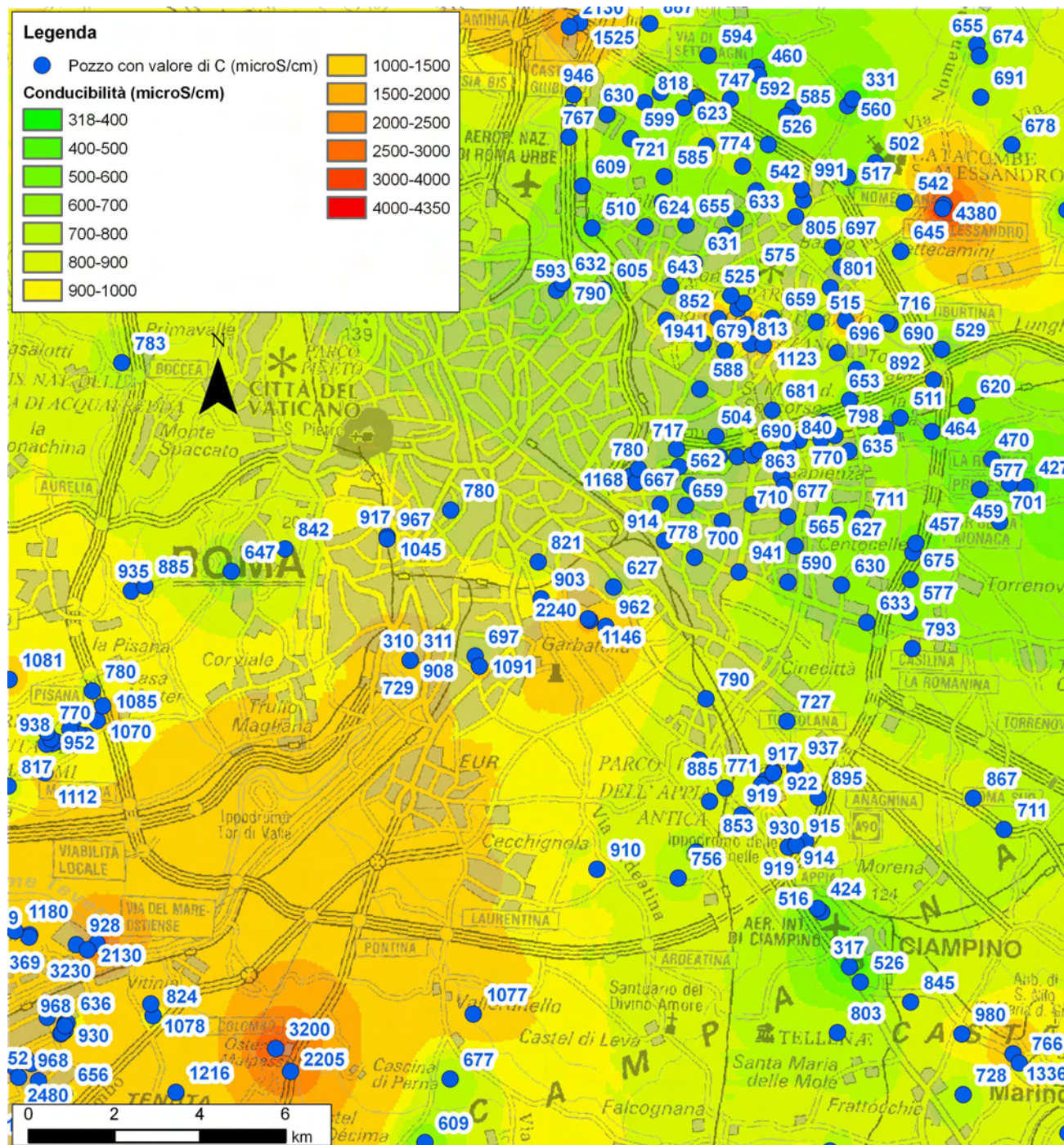


Fig. 22 - Carta della distribuzione dei valori di conducibilità elettrica delle acque sotterranee.
- Map showing the distribution of electrical conductivity values of the investigated groundwater.

7 - CONSIDERAZIONE FINALI

La Città di Roma è impostata su un complesso sistema idrogeologico che consegue ad un articolato assetto strutturale e a un rilevante numero di complessi idrogeologici. Le acque sotterranee, anche se spesso non utilizzate a scopo idropotabile, sono oggetto di un emungimento consistente e distribuito. Da ciò deriva il fatto che anche nell'area urbana siano state individuate aree in cui la risorsa idrica presenta uno stato di criticità. Attualmente, inoltre, si stanno avviando importanti progetti di utilizzo delle acque sotterranee per la climatizzazione degli edifici.

Appare, quindi, evidente e necessario che le risorse idriche presenti nel territorio romano vengano tutelate mediante la definizione di un piano di gestione delle acque. D'altra parte, già nel I secolo d.C. Sesto Giulio Frontino, nel suo trattato sugli

acquedotti della Città di Roma (*De aqueductibus urbis Romae*), invitava il Senato Romano ad avere particolare attenzione alle opere idrauliche e alle risorse che approvvigionavano l'“Urbe”. In tal senso, vale la pena ricordare quanto enunciato dalla Lex Quinctia De Aquaeductibus del 30 giugno, 9 D.C.

«.....chiunque, dopo l'entrata in vigore di questa legge, intenzionalmente o con manovre fraudolente avrà bucato, rotto, fatto aprire o deteriorato i canali, i condotti, gli archi, i tubi, i depositi o i bacini degli acquedotti che sono portati a Roma, impedendo che tutti o uno di detti acquedotti possa giungere nella città di Roma, versarvi, scorrervi, giungervi o esservi condotto, o avrà impedito l'emissione la distribuzione, la ripartizione o conduzione delle acque nei bacini e nei depositi a Roma e nei luoghi ed edifici che sono o saranno adiacenti alla città, nei giardini, nelle tenute, nei terreni ai cui proprietari l'acqua è o sarà concessa o attribuita, il colpevole sia condannato ad un'ammenda di 100.000 sesterzi da pagarsi al popolo romano.....»

BIBLIOGRAFIA

- CAMPONESCHI B. & NOLASCO F. (1982) – *Risorse naturali della Regione Lazio: Roma e i Colli Albani*. Quaderno n. 7, Regione Lazio.
- CAPELLI G., FUNICIELLO R., IORIO D. & SALVATI R. (1999) – *Loss of groundwater resources following major quarrying activity in urban areas: the Galeria-Magliana quarry basin (Rome, Italy)*. Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groudwater Quality, Proceedings of IUGG 99 Symposium HS5, Birmingham, July 1999, IAHS Publ. no. 259, p. 169-175.
- CAPELLI G. & MAZZA R. (2005) – *Schema idrogeologico della Città di Roma – Gestione della risorsa idrica e del rischio idrogeologico*. In: Atti del convegno “la IV Dimensione – Lo spazio sotterraneo di Roma” Geologia dell'Ambiente – periodico trimestrale della SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale), Anno XIII n° 4 (supplemento), Roma, p. 47-58.
- CAPELLI G., MAZZA R. & GAZZETTI C. (A CURA DI) (2005) – *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale n.78. Pitagora Editrice, 216 pp., 4 tavv. f.t., 21 tavv. f.t. su CD-ROM allegato.
- CONATO V., ESU D., MALATESTA A. & ZARLENGA F. (1980) – *New data of the Pleistocene of Rome*. Quaternaria, 22, p. 131-176.
- CORAZZA A., LANZINI M., ROSA C. & SALUCCI R. (1999) – *Caratteri stratigrafici, idrogeologici e geotecnici delle alluvioni tiberine nel settore del centro storico di Roma*. Il Quaternario, Italian Journal

- of Quaternary Sciences, 12 (2), p. 2 15-235.
- FRONTINO S.G. (98 D.C.) – *De aquaeductu urbis Romae – Gli acquedotti di Roma*. Testo integrale con traduzione a fronte di Galli F. del 1997, ARGO Editore, n° 64 e segg., Roma.
- MARRA F. & ROSA C. (1995) – *Stratigrafia e assetto geologico dell'area romana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 50, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 31-112.
- MARRA F., CARBONI M.G., DI BELLA L., FACCENNA C., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1995) – *Il substrato plio-pleistocenico nell'area romana*. Boll. Soc. Geol. It., 114, p. 195-214.
- MAZZA R., CAPELLI G., TAVIANI S., TEOLI P., GAZZETTI C., ROSA C. & LA VIGNA F. (in stampa) – *L'Unità Idrogeologica dei Colli Albani: modellazione numerica degli acquiferi per un piano di uso compatibile della risorsa*. Atti dei Convegni dei Lincei “La crisi dei sistemi idrici: approvvigionamento agro-industriale e civile” (22 maggio 2007 – Roma). Accademia Nazionale dei Lincei.
- MAZZA R., PAGANELLI D., CAMPOLUNGH P., CAPELLI G., LANZINI M., SERENI M. & DE FILIPPIS L. (2001) – *Rischio di crollo da cavità sotterranee nel settore orientale della città di Roma*. Atti del III Forum Italiano di Scienze della Terra GEOITALIA 2001, Chieti, 5-8 settembre 2001 (extended abstract), p. 414-416.
- REGIONE LAZIO (2004) – *Misure di salvaguardia degli acquiferi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini*. In: Bollettino Ufficiale della Regione Lazio, supplemento ordinario n. 4 al “Bollettino Ufficiale” n. 2 del 20 gennaio 2004, 122 pp.