

Idrogeologia del territorio di Roma

Hydrogeology of Rome

Roberto Mazza, Francesco La Vigna, Giuseppe Capelli, Michele Dimasi, Marco Mancini, Lucia Mastroiillo

Riassunto: In questo articolo viene sintetizzato l'assetto idrogeologico di Roma, il quale è stato fortemente condizionato dalla sovrapposizione di diversi fattori tra cui attività tettonica, vulcanismo e variazioni eustatiche. Il modello concettuale di circolazione dell'area prevede un'alimentazione di differenti falde acquifere sovrapposte, che diventano almeno 3 nel settore Albano. Dalle zone più periferiche e ad elevazione maggiore del territorio le acque sotterranee fluiscono, poi, verso il recapito finale dei Fiumi Tevere e Aniene ed il mare.

Abstract: *In this paper the hydrogeological setting of Rome is figured out. This setting has been strongly influenced by different factors as tectonic activity, volcanism and sea level variations. The conceptual model of the groundwater flow in the roman area is represented by four aquifers, three of which being overlapping ones. These aquifers flow from peripheral sectors of the study area toward Tiber and Aniene Rivers and the Sea.*

Parole chiave: modello idrogeologico concettuale, idrogeologia urbana, Roma.

Keywords: *conceptual groundwater model, urban hydrogeology, Rome.*

Roberto MAZZA ✉

Università degli Studi Roma TRE – Dip. Scienze, Sez. Geologia, Roma
roberto.mazza@uniroma3.it

Francesco LA VIGNA

Roma Capitale – Dip. Tutela Ambientale, Roma

Giuseppe CAPELLI

Michele DIMASI

Lucia MASTROIILLO

Università degli Studi Roma TRE – Dip. Scienze, Sez. Geologia, Roma

Marco MANCINI

CNR - Istituto di Geologia Applicata e Geingegneria, Monterotondo (Roma)

Ricevuto: 31 dicembre 2015 / Accettato: 1 febbraio 2016
Pubblicato online: 29 febbraio 2016

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

© Associazione Acque Sotterranee 2016

Introduzione

L'assetto idrogeologico e lo schema di circolazione delle acque sotterranee di Roma sono condizionati dalla presenza di un articolato substrato a bassa permeabilità presente in tutto il territorio comunale, dall'assetto geologico con i conseguenti rapporti di scambio idrico tra cinque diverse Unità Idrogeologiche e dalla presenza di due importanti corsi d'acqua perenni (Capelli et al. 2008).

Le depressioni e le elevazioni strutturali dell'*aquiclude* basale, unitamente alle differenti permeabilità che caratterizzano alcuni principali complessi idrogeologici, determinano i limiti tra i grandi acquiferi e le principali linee di flusso idrico sotterraneo in essi presenti.

Nel territorio di Roma Capitale 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 dei depositi continentali prevulcanici
- Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali
- Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere

Tali Unità Idrogeologiche sono limitate inferiormente da un complesso idrogeologico caratterizzato da bassissimi valori di permeabilità, la cui superficie di tetto è stata ricostruita sulla base di centinaia di dati di sondaggio e di numerose pubblicazioni scientifiche sull'argomento. Le formazioni geologiche costituenti tale complesso sono quella di Monte Vaticano, il membro argilloso di Farneto della Formazione di Monte Mario e la Formazione di Monte delle Piche.

Aquiclude basale

Nell'area romana l'*aquiclude* (Fig.2) è presente in affioramento nel centro storico, sul versante orientale di Monte Mario, lungo la Valle dell'Inferno alla base dei Colli Gianicolo e Vaticano e nel settore settentrionale dell'area urbana lungo le incisioni dei Fossi di San Giovanni, Ornale, Orneto e Spallette di Santa Margherita. Con limitati affioramenti è presente anche in riva destra del Fosso Galeria.

L'articolazione del tetto dell'*aquiclude* in bassi e alti strutturali e morfologici è caratterizzata da dislocazioni con andamento prevalentemente appenninico, NW-SE, e N-S e dallo sviluppo di sistemi fluviali ed estuarini, principalmente quelli del Tevere e dell'Aniene, ai quali si è associata una intensa azione erosiva e deposizionale concomitante alle oscillazioni eustatiche e al vulcanismo. Quest'ultimo ha contribuito, nel corso del Quaternario, a complicare l'assetto morfologico con

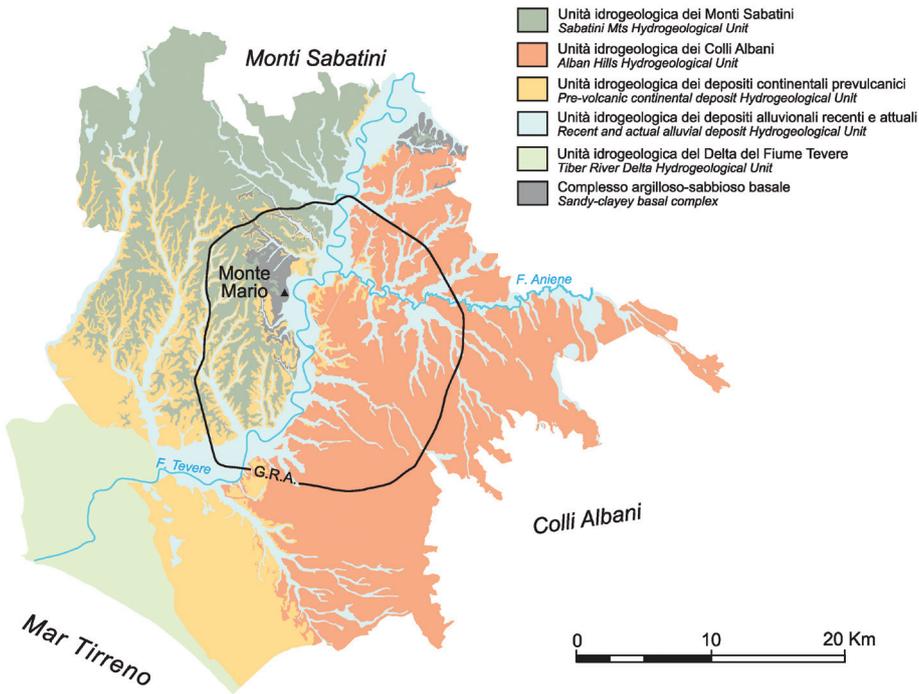


Fig. 1 - Unità Idrogeologiche dell'area di Roma (La Vigna e Mazza, 2015).

Fig. 1 - Hydrogeological Units of roman area (La Vigna e Mazza, 2015).

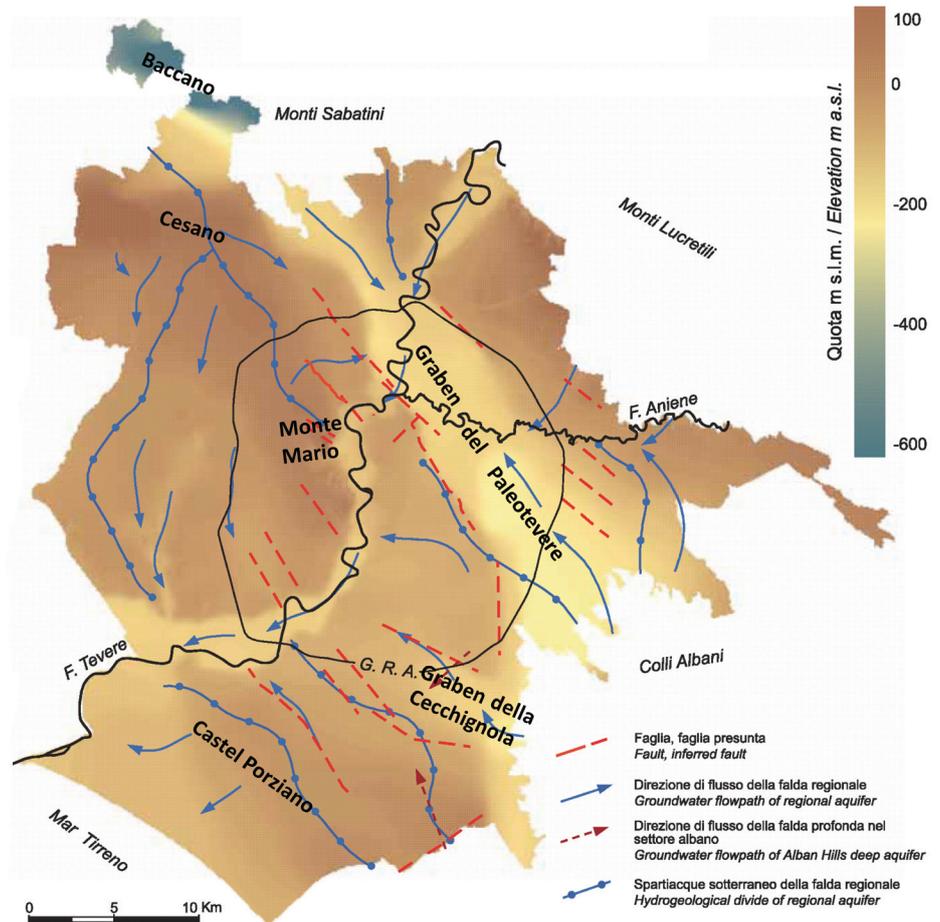


Fig. 2 - Superficie di tetto dell'aquiclude basale e spartiacque sotterranei dell'Acquifero regionale (La Vigna e Mazza, 2015).

Fig. 2 - Top surface of the basal aquiclude and hydrogeological divides of the Regional aquifer (La Vigna e Mazza, 2015).

la formazione di valli incise e aree di interfluvio oggi sepolte. In particolare, nell'area sabatina, a seguito del collasso vulcano-tettonico dei principali centri di emissione (Bracciano, Baccano), il substrato si approfondisce fino a quote di circa -600 m s.l.m. Inoltre, in corrispondenza dell'antico corso del Tevere, ad Est di Monte Mario lungo il Graben del Paleo Tevere, la stessa superficie si trova a quote di -100 m s.l.m. a causa dell'intensa azione erosiva del corso d'acqua generata dalla diversione fluviale seguita al sollevamento dell'alto di Monte Mario - Cesano nel tardo Pleistocene inferiore-Pleistocene medio (Giordano et al. 2003). Nel settore sud-occidentale del territorio di Roma Capitale è presente il Graben della Cecchignola (Marra e Florindo 2014), con orientamento WNW-ESE, dove il substrato si approfondisce fino a quota di circa -50 m s.l.m. Di contro, nella zona di passaggio da ambiente vulcanico ad ambiente deltizio, in riva sinistra del Fosso di Malafede, il substrato tende a risalire fino a circa 25 m s.l.m. con una direzione NW-SE, generando un alto topografico. La dorsale del substrato a bassa permeabilità costituisce qui lo spartiacque idrogeologico di Castel Porziano: a Nord la falda drena verso il Fosso di Malafede e verso il Tevere, a Sud verso il mare (Bucci e Grillini 2001). In direzione della costa il substrato tende ad approfondirsi fino a una quota di circa -40 m s.l.m. (Milli et al. 2013). Infine, la geometria del substrato presenta forti approfondimenti in corrispondenza dei corsi d'acqua attuali, i quali, durante l'ultima età glaciale (fase Würmiana, circa 30-20 ka), hanno prodotto delle rilevanti incisioni nel complesso a bassa permeabilità legate al basso stazionamento marino: lungo la valle alluvionale del Tevere si registrano approfondimenti del substrato fino a quota di circa -50 m s.l.m. (Di Salvo et al. 2012), mentre in corrispondenza del Fiume Aniene (La Vigna et al. 2008) e di altri corsi d'acqua (Fosso Galeria e Fosso della Magliana) l'*aquiclude* si attesta intorno ai -25 m s.l.m.

La descritta ricostruzione del substrato a bassa permeabilità mette in luce una geometria del tetto del complesso argilloso fortemente articolata, che, a sua volta, influenza fortemente la circolazione delle acque sotterranee all'interno dei molteplici acquiferi presenti nelle cinque idrostrutture menzionate precedentemente. Tale circolazione si presenta, quindi, complessa anche in funzione delle differenti caratteristiche geometriche, di permeabilità e dei reciproci rapporti idrici delle stesse Unità Idrogeologiche, con la tendenza a raccordarsi alle quote dei livelli di base fondamentali, costituiti dai Fiumi Tevere e Aniene e dal il mare.

Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini

Il drenaggio dell'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini verso la valle del Tevere, pur costituendo un'interessante risorsa, non è molto consistente, anche per effetto del modesto spessore dei depositi acquiferi e della loro discontinuità, soprattutto nella parte più prossima al centro abitato. Nei settori più periferici dei Municipi XIV e XV, invece, lo spessore delle vulcaniti sabatine aumenta e di conseguenza gli stessi depositi assumono maggiore importanza idrogeologica.

Sulla riva destra del Tevere, l'alto strutturale di Monte Ma-

rio, formato prevalentemente dalle litologie costituenti l'*aquiclude*, determina una divergenza del flusso idrico sotterraneo verso SO e verso NE (Fig.2).

Studi precedenti (Capelli et al. 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 primo bacino alimenta i settori più meridionali dei Fossi Galeria e Magliana, mentre la circolazione sostenuta dal secondo determina il flusso di base dei Fossi della Mola (Cremera - Valchetta) e dell'Acquatraversa (tutti tributari di destra del Tevere). I drenaggi verso questi ultimi corsi d'acqua risultano decisamente superiori ai precedenti e possono raggiungere portate ordinarie complessive di circa 800 l/s.

Unità Idrogeologica dei Colli Albani

Ben diverso potenziale offre l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, su cui il territorio di Roma Capitale si estende ampiamente. In questo dominio, essendo il substrato argilloso prevulcanico mediamente molto depresso come quota (circa -200/-100 m s.l.m.), gli acquiferi risultano caratterizzati da elevato spessore e drenano verso i Fiumi Tevere e Aniene e verso il Fosso di Malafede, senza trovare particolari ostacoli alla circolazione idrica sotterranea. Recenti campagne piezometriche, unitamente alle analisi di dati sperimentali già in possesso degli autori, hanno individuato in questo settore almeno tre distinte circolazioni idriche sotterranee, che vanno a raccordarsi nel settore urbanizzato della città. Nel territorio comunale i corsi d'acqua perenni alimentati dalla falde acquifere dei Colli Albani 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 (Capelli, questo volume), Caffarella (tributari di sinistra del Tevere), Giardino, Centocelle, Tor Sapienza, Osa (tributari dell'Aniene). Oltre al drenaggio nei corsi d'acqua sopra riportati, l'Unità Albana sostiene anche parte del deflusso di base dei Fiumi Tevere e Aniene con portate medie annue nell'ordine di qualche migliaio di litri al secondo.

Unità Idrogeologica dei depositi continentali prevulcanici

L'Unità Idrogeologica dei depositi continentali prevulcanici comprende sia i depositi fluvio-deltizi della successione di Ponte Galeria, sia i depositi fluvio-palustri presenti nel settore centro orientale del territorio romano, costituiti dalle Formazioni di Santa Cecilia e del Fosso della Crescenza.

Il settore di Ponte Galeria riceve la sua alimentazione a partire dalle unità sabatine a Nord del bacino idrografico: tale alimentazione sostiene le circolazioni perenni del Rio Galeria e del Fosso della Magliana. Nella porzione più meridionale lo stesso acquifero è interessato da un forte disturbo antropico, sia a causa della imponente attività estrattiva che negli

ultimi decenni ha “consumato” gran parte dei corpi acquiferi ghiaioso-sabbiosi (La Vigna et al, questo volume), sia a causa della prevalente destinazione industriale cui è stato vocato questo settore di territorio e che ha inevitabilmente intaccato le matrici ambientali locali.

Le altre formazioni che compongono questa unità idrogeologica, e che sono presenti nei settori più a Est, costituiscono forse la più importante e produttiva circolazione sotterranea della città (La Vigna et al. 2008). L'acquifero presente all'interno del Complesso della Formazione del Fosso della Crescenza e nei livelli ghiaiosi del Complesso della Formazione di Santa Cecilia, si sviluppa su grandi spessori in corrispondenza della depressione con direzione appenninica nota come “Graben del Paleotevere”. Questi corpi acquiferi, le cui circolazioni si raccordano con quelle più superficiali in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, esistono anche al di sotto delle vulcaniti albane, fin sotto le pendici dell'edificio. La falda che risiede in queste unità sedimentarie, nel settore del “Graben del Paleotevere” e sotto l'edificio vulcanico si caratterizza per un basso gradiente, con quote piezometriche di circa 20 m s.l.m., ma è stata riconosciuta solamente in poche perforazioni e ancora non è stato possibile effettuare una ricostruzione piezometrica omogenea e attendibile, mentre nell'area di Trigoria - Fosso di Malafede l'analisi di dati più numerosi e contigui ha permesso la ricostruzione del tetto della zona saturata.

Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali

L'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali è presente in corrispondenza di tutto il reticolo idrografico del territorio romano, anche se spesso, per incaute direttive urbanistiche, i corsi d'acqua sono stati inseriti nel reticolo fognario urbano, interrompendo i rapporti falda-fiume con la conseguente alterazione di un naturale modello di circolazione idrica sotterranea valido per condizioni di pre-urbanizzazione (La Vigna et al, questo volume). La Valle del Fiume Tevere, all'interno del centro urbano di Roma, è prevalentemente incisa nel substrato argilloso. Gli spessori del complesso tibertino incluso in questa idrostruttura sono compresi tra i 40 e gli 80 metri. La successione è essenzialmente limoso-sabbiosa, ma presenta anche livelli sabbiosi e ghiaiosi (Di Salvo et al. 2012). Alla base della successione è presente un importante livello ghiaioso piuttosto continuo e con spessori da 5 a 10 metri, che nel settore di centro città si trova quasi sempre isolato idraulicamente da circa 20 metri di argille torbose al tetto e dalle argille plioceniche costituenti l'*aquiclude* al letto e lateralmente (La Vigna et al. 2013, La Vigna e Di Salvo 2013). Esso ospita una importante falda confinata, caratterizzata da una notevole produttività (Fig.3). È probabile che questo orizzonte ghiaioso sia ricaricato lateralmente dalle unità idrogeologiche incise dal Tevere nel settore del “Graben del Paleotevere”: questo acquifero è infatti largamente sfruttato all'interno del territorio urbano e le condizioni di isolamento idraulico, nel quale si trova, non può giustificare una ricarica significativa da parte del fiume e delle precipitazioni. Il medesimo schema geologico, con un livello ghiaioso interessato

da una circolazione prevalentemente in pressione, sostenuto e coperto da depositi per la maggior parte limoso argillosi, si ritrova anche in corrispondenza del Fiume Aniene, Rio Galeria e negli altri corsi d'acqua minori.

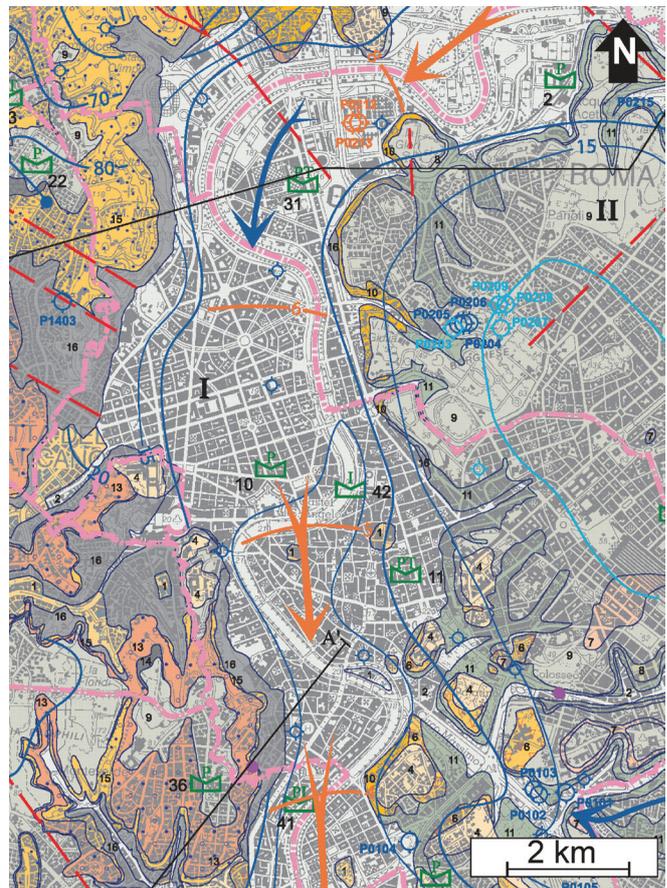


Fig. 3 - Stralcio della Carta Idrogeologica di Roma relativo al centro città con in evidenza (in arancione) la Falda in pressione delle ghiaie di base delle alluvioni recenti.

Fig. 3 - Hydrogeological Map of Rome excerpt of the downtown with highlighted (in orange) the Confined aquifer within the basal gravel of recent alluvial deposits.

Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere

L'Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere costituisce il maggiore sistema deltizio della costa tirrenica italiana con un'area emersa di 150 km², che si estende da Palo a Nord, fino a Tor Paterno a Sud, ma che raggiunge uno sviluppo areale prossimo ai 500 km² se viene considerata anche la sua parte sommersa. Lo spessore massimo del corpo sedimentario nel settore emerso è di circa 80 metri. Nel territorio di Roma Capitale ricade la porzione meridionale dell'unità idrogeologica, dove è presente un acquifero costituito da sedimenti prevalentemente sabbiosi, che ospita una falda di acqua dolce con locali situazioni di salinizzazione. L'assetto idrogeologico dell'idrostruttura è il risultato della rapida evoluzione morfologica e sedimentaria della foce del Fiume Tevere su cui si sono sovrapposti gli effetti di un ininterrotto uso del territorio dal periodo pre-romano ad oggi. Tale evoluzione morfologica e sedimentaria dell'area, che ha portato l'originaria

foce ad estuario del Pleistocene a modificarsi nell'Olocene in un delta cuspidato a dominante ondosa (Bellotti et al. 2007, 2011; Milli et al. 2013), ha determinato una marcata eterogeneità litologica che caratterizza le successioni sedimentarie dell'acquifero. La piana costiera costituisce, infatti, la zona di contatto fra i depositi di transizione infralitorali pleistocenici e i depositi costieri e alluvionali olocenici. Nel settore interno sono presenti successioni stratigrafiche costituite da irregolari alternanze di sabbie siltose, argille e ghiaie, depositate nel corso dei diversi cicli trasgressivo-regressivi pleistocenici. Il settore esterno è caratterizzato da successioni oloceniche, composte prevalentemente da sabbie costiere ed eoliche, in continuità laterale con i depositi alluvionali prevalentemente siltosi e sabbioso argillosi del Tevere (Funicello et al. 2008). Il contatto eteropico fra i depositi pleistocenici e quelli olocenici è sepolto dalla coltre dei sedimenti palustri legati alle due lagune oloceniche in destra e sinistra del Tevere (torba, silt e argilla), portati in affioramento dalle opere di bonifica. Le perforazioni più profonde hanno raggiunto, al disotto delle sabbie, il substrato a bassa permeabilità, che si approfondisce progressivamente verso mare, fino a profondità di almeno 50 m. La diffusa eterogeneità litologica, complicata da frequenti eteropie di *facies*, sia laterali che verticali, comporta un'oggettiva difficoltà di classificazione delle formazioni in complessi idrogeologici ben definiti, a cui associare un univoco ruolo idraulico. I complessi in affioramento contribuiscono alla ricarica della falda in misura proporzionale alla loro locale permeabilità. La ricarica della falda, esclusivamente di tipo zenitale, avviene infatti in corrispondenza degli affioramenti delle *facies* prevalentemente sabbiose, caratterizzate da maggiore infiltrazione efficace. La circolazione idrica sotterranea è sostenuta alla base dall'*aquiclude* argilloso che presenta un alto morfostutturale fra Acilia e Pomezia (la dorsale di Castel Porziano sopra citata, Fig.2), allungato in direzione NW-SE (Capelli et al. 2007). Nel settore interno della piana la circolazione idrica sotterranea è attiva preferenzialmente negli orizzonti ghiaiosi delle formazioni pleistoceniche, in condizioni di falda semi-confinata. Tale circolazione è unitaria per effetto della diffusione e continuità spaziale dei livelli ghiaiosi intercalati alle litologie sabbiose e limose e, nella fascia costiera, travasa nei depositi sabbiosi olocenici ed assume le caratteristiche di una falda libera.

Assetto di dettaglio

La circolazione idrica sotterranea è sintetizzata nella nuova Carta Idrogeologica di Roma in scala 1:50.000 (La Vigna e Mazza, 2015, La Vigna et al, 2016, La Vigna et al, questo volume). L'andamento degli spartiacque sotterranei del principale flusso idrico del territorio (falda regionale) di Roma Capitale (Fig.2), definisce i principali bacini idrogeologici. La nuova cartografia consente, inoltre, di valutare i rapporti esistenti tra la circolazione idrica sotterranea, definita al tetto delle falde principali, e il reticolo idrografico, nonché di individuare le principali linee di flusso idrico sotterraneo, costruite in base alle linee isopiezometriche, ed i diversi gradienti di falda che caratterizzano queste circolazioni nei diversi areali

del territorio comunale.

Sulla base dell'andamento del substrato a bassa permeabilità e delle caratteristiche delle cinque idrostrutture descritte precedentemente, nonché dall'andamento della piezometria riportata in carta, è possibile distinguere tre settori, caratterizzati da differenti circolazioni idriche:

1. settore in riva destra del Fiume Tevere,
2. settore in riva sinistra del Fiume Tevere,
3. settore costiero.

Settore in destra orografica del Fiume Tevere

In questo settore si può osservare come l'alto strutturale di Monte Mario 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 SO verso il Torrente Arrone ed a Ovest verso i bacini del Fosso della Mola – Cremera-Valchetta. La ricarica dei Fossi Galeria, Magliana e minori è, invece, essenzialmente dovuta agli acquiferi ghiaioso-sabbiosi prevulcanici, appartenenti alla formazione di Ponte Galeria.

L'andamento delle linee isofreatiche in corrispondenza del settore destro si estende dalla periferia più settentrionale del territorio di Roma Capitale all'area estrattiva della Magliana e comprende le elevazioni di Monte Mario, Colle Vaticano, Monte Verde, Monte Spaccato, nonché di un lembo isolato di territorio del Municipio XV compreso tra i Laghi di Bracciano e Martignano. In riva destra del Tevere l'Unità Idrogeologica dei depositi continentali prevulcanici prevale rispetto all'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini verso il centro abitato, mentre i depositi vulcanici si inspessiscono verso Nord, avvicinandosi ai centri eruttivi. Nel settore urbanizzato 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. Senza dubbio la permeabilità delle sabbie fini di Monte Mario è da ritenersi bassa o molto bassa, mentre i depositi 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 settore, inoltre, determina un reticolo idrografico con discreta densità di drenaggio. In conseguenza di ciò, l'andamento delle linee isofreatiche risulta molto articolato e con gradienti della superficie saturata elevati, affinché le acque di circolazione possano correlarsi con le quote del reticolo fluviale (Fig.4). La coltivazione mineraria e l'evoluzione urbana di questo settore hanno determinato la presenza di depositi di origine antropica 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 dei diversi suburbi (La

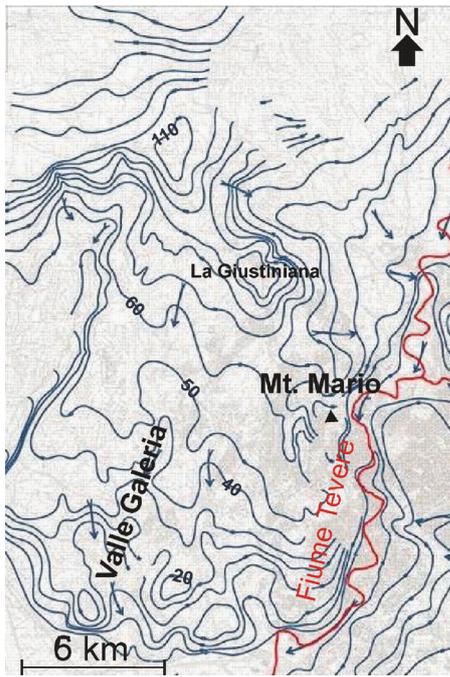


Fig. 4 - Dettaglio delle linee isofreatiche relative alla Falda regionale in destra orografica del Fiume Tevere.

Fig. 4 - Detail on the piezometric isopotential lines of the Regional aquifer in the orographic right of Tiber River.

Vigna et al., questo volume). Nel settore settentrionale, 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 m s.l.m., per la presenza di un'importante risalita del substrato a bassa permeabilità che definisce uno spartiacque sotterraneo. Da questa posizione la circolazione drena verso Sud, in favore del Rio Galeria e del Fosso della Magliana, e verso Est, in favore dei Fossi Acqua Traversa, Crescenza e Cremera-Valchetta, dove sono stati misurati ingenti scambi falda-fiume. Nello stesso settore sono presenti localmente 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. 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, spes-

so 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 della Carta Idrogeologica (Fig.5), 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 in carta. Infine, nel settore dei bacini dei Fossi Galeria e Magliana, sui quali attualmente si aprono gli insediamenti abitativi di Casalotti, 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 e dei caratteri idrogeologici derivanti dalla stratificazione degli acquiferi in essa contenuti. A seguito dei forti contrasti di permeabilità presenti in questa unità e dei 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 al. 1999; Ciotoli 2016; La Vigna et al., questo volume), 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 sferimentali effettuati nel corso degli ultimi rilevamenti forniscono per i Fossi Galeria e Magliana rispettivamente le portate ordinarie di 600 e 300 l/s (Ciotoli 2016). Tali valori evidenziano l'alimentazione fornita dai termini ghiaiosi della formazione di Ponte Galeria: in particolare risulta che l'orizzonte acquifero maggiormente produttivo è quello contenuto nei termini ghiaiosi basali, come peraltro riscontrabile nelle depressioni derivate dall'attività estrattiva.

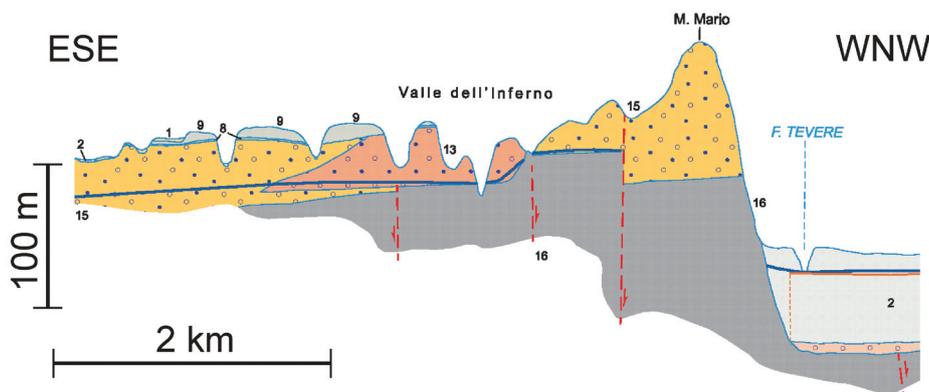


Fig. 5 - Stralcio di sezione idrogeologica nel settore di Monte Mario.

Fig. 5 - Excerpt of hydrogeological cross section in the Mt. Mario area.

Settore in sinistra orografica del Fiume Tevere

In questo settore le potenti falde albane sono meno influenzate dal substrato argilloso, più profondo di quanto rilevato in destra Tevere, con quote di qualche metro superiori al livello del mare. Tali falde alimentano copiosamente tutte le incisioni fluviali che hanno raggiunto il tetto della zona satura.

Nella settore sinistro del Fiume Tevere la prosecuzione dell'alto strutturale di Monte Mario, pur con quote fortemente ribassate, determina una doppia circolazione idrica verso l'Aniene a Nord e verso il Tevere a Ovest, alimentata dall'Idrostruttura Albana. La porzione settentrionale di questo settore, 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 60 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 vallive 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 idrogeologici dei primi anni del 2000, valutato complessivamente in 30 l/s. 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, sono state determinate delle condizioni di criticità della risorsa idrica (Capelli et al. 2005). In destra Aniene il "Graben del Paleotevere" ha condizionato l'assetto stratigrafico permettendo l'accumulo di grandi quantità di ghiaie e sabbie che di conseguenza condizionano in parte l'assetto piezometrico. Infatti in corrispondenza dell'asse del Graben, la superficie della zona satura presenta un gradiente minore, testimoniando, così, condizioni migliori per la circolazione idrica sotterranea.

Strettamente legato alla presenza dell'Unità Idrogeologica dei Colli Albani è invece la circolazione idrica nel territorio comunale compreso tra il Fiume Aniene a Nord, e il Fosso di Malafede a Sud. In questo settore sono state individuate almeno due differenti circolazioni idriche nei depositi vulcanici, nonché una terza a profondità molto elevate, al di sotto delle stesse vulcaniti. Quest'ultima è caratterizzata da un gradiente idraulico molto basso, con quote che si aggirano attorno ai 20 m s.l.m. Come già detto precedentemente, i dati attualmente a disposizione non hanno permesso una ricostruzione della superficie piezometrica sull'intera area di studio, per cui questa falda è rappresentata da alcune linee equipotenziali, tratteggiate nella parte meridionale (Trigoria, Fosso di Malafede), mentre nel resto dell'area in esame sono stati riportati i soli valori puntuali di quota rilevati nelle campagne piezometriche (Fig.6). Per quanto riguarda i complessi idrogeologici eruttivi, è stata evidenziata una circolazione idrica superficiale che presenta un andamento centrifugo rispetto all'edificio vulcanico (Falda superiore del settore albano, figura 7). Essa parte da quote piezometriche prossime ai 100 m s.l.m. e drena fino a quote di circa 25 m s.l.m., dove si raccorda con la falda sottostante. Lungo i fianchi dell'edificio dei Colli Albani,

questa circolazione idrica sotterranea alimenta i corsi d'acqua.

A parte le due circolazioni appena descritte, l'elemento idrogeologico principale di questo settore è dato dalla seconda circolazione contenuta nelle vulcaniti, definita come falda regionale nella carta allegata (Fig.8). In riva sinistra dell'Aniene, dove si estendono le 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, nonché agli emungimenti industriali connessi allo sviluppo dell'area negli ultimi decenni. In questo settore il tetto delle formazioni argillose passa 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 "Graben del Paleotevere" che in questo settore della città raggiunge i suoi massimi spessori (La Vigna et al. 2008). Nel settore urbanizzato orientale della città, tra le Vie Prenestina e Casilina, le analisi stratigrafiche su numerosi sondaggi (Mazza et al. 2008) 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 d'incisioni vallive più o meno sovrapposte, coincidenti con il Fosso dell'Acqua Bullicante, a decorso S-N, 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, in corrispondenza di questa asta fluviale, si manifestavano sorgenti termominerali associate a forti venute di CO₂ (Camponeschi e Nolasco 1982). 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 al. 2005) e dal Fosso di Tor Sapienza che, invece, arriva all'Aniene con una portata effimera di alcuni litri al secondo. Verso Sud, nel territorio compreso tra il Tevere e la linea di culminazione dell'alto strutturale che, con andamento NW-SE, si individua in corrispondenza dell'asse Appia, Anagnina, Cinecittà, Termini, Pincio (linea di spartiacque sotterraneo della falda regionale), le quote della superficie piezometrica regionale sono comprese tra 60 e 5 m s.l.m., con una configurazione che, in prossimità del Tevere, lascia intravedere i rapporti tra falda e corsi d'acqua drenanti. In generale le linee di flusso idrico sotterraneo convergono verso il principale fiume romano, con gradienti bassi che non sembrano essere influenzati da abbassamenti dinamici significativi. Dal punto di vista stratigrafico, 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 Sud del G.R.A., nel settore estrattivo Ardeatino-Laurentino. A differenza di quanto accade nel bacino estrattivo del "Galeria - Magliana", molto raramente i piani di escavazione hanno raggiunto, in questa zona, il livello della falda basale, mentre è più frequente l'interferenza con i livelli saturi relativi alla falda superficiale del settore albano. Lo spessore della coltre satura in tutta l'area si mantiene compreso tra i 20 e i 50 metri e, unitamente ai coefficienti di permeabilità che caratterizzano gli acquiferi, si determina un elevato rendimento dei pozzi per acqua presenti nell'area. 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 e del tutto simili a quelle rilevate ormai decenni or sono. Si segnala che la portata di magra del Fosso della Cecchignola, prima del suo tombamento avvenuto negli anni '60, è del tutto paragonabile con il volume captato

attualmente 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, di Capannelle ed altre in direzione della Via Appia, sono presenti emergenze mineralizzate fredde, alcune delle quali attualmente captate con perforazioni e utilizzate a fini commerciali.

Verso SE, al di fuori del territorio di Roma Capitale, i caratteri idrogeologici dell'area cambiano sensibilmente. Infatti, le elevazioni piezometriche arrivano a quote superiori ai 300 m s.l.m., il gradiente piezometrico assume valori molto elevati, il substrato a bassa permeabilità risulta molto articolato, attestandosi a quote di circa 20 m in corrispondenza dell'alto strutturale di Ciampino - Capannelle, per approfondirsi repentinamente verso SE, al di sotto dell'area delle caldere, fino a raggiungere quote inferiori ai -200 m s.l.m. In conseguenza di ciò lo spessore dell'ambiente saturo cresce notevolmente verso la struttura albana, che viene a costituire l'area di ricarica degli acquiferi presenti nell'intero settore urbano compreso tra le rive sinistre del Tevere e dell'Aniene.

Settore costiero

Il settore considerato comprende il territorio compreso tra la costa, il Fosso di Malafede, il Fiume Tevere e il limite amministrativo di Roma Capitale, dove affiorano con continuità i depositi appartenenti all'Unità Idrogeologica del Delta del Fiume Tevere (Fig.9). Nell'area, la superficie piezometrica presenta uno spartiacque sotterraneo nel settore più interno, con andamento pressoché parallelo alla costa, che assume local-

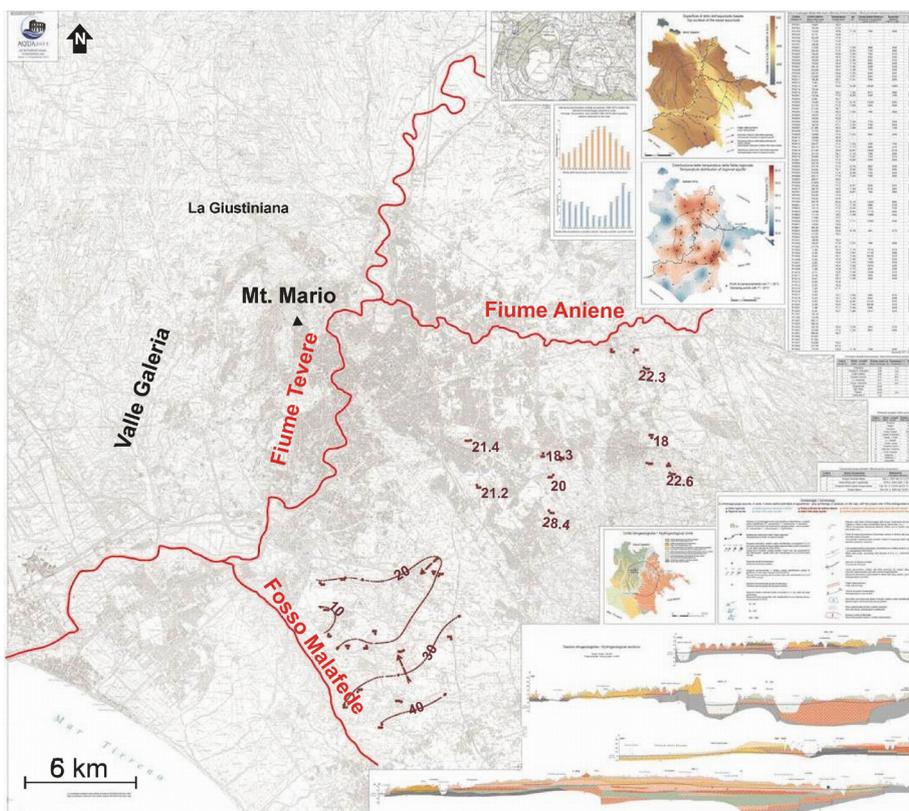


Fig. 6 - Dettaglio della Falda profonda del settore albano.

Fig. 6 - Detail on the Alban Hills deep aquifer.

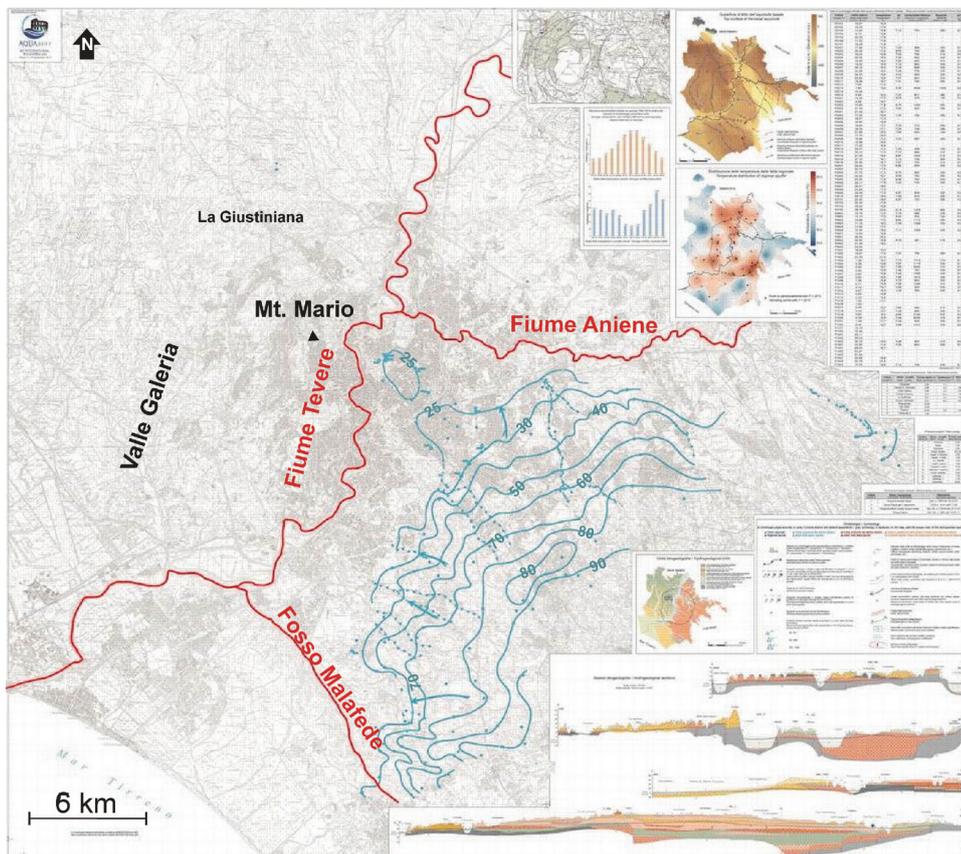


Fig. 7 - Dettaglio della Falda superiore del settore albano.

Fig. 7 - Detail on the Alban Hills upper aquifer.

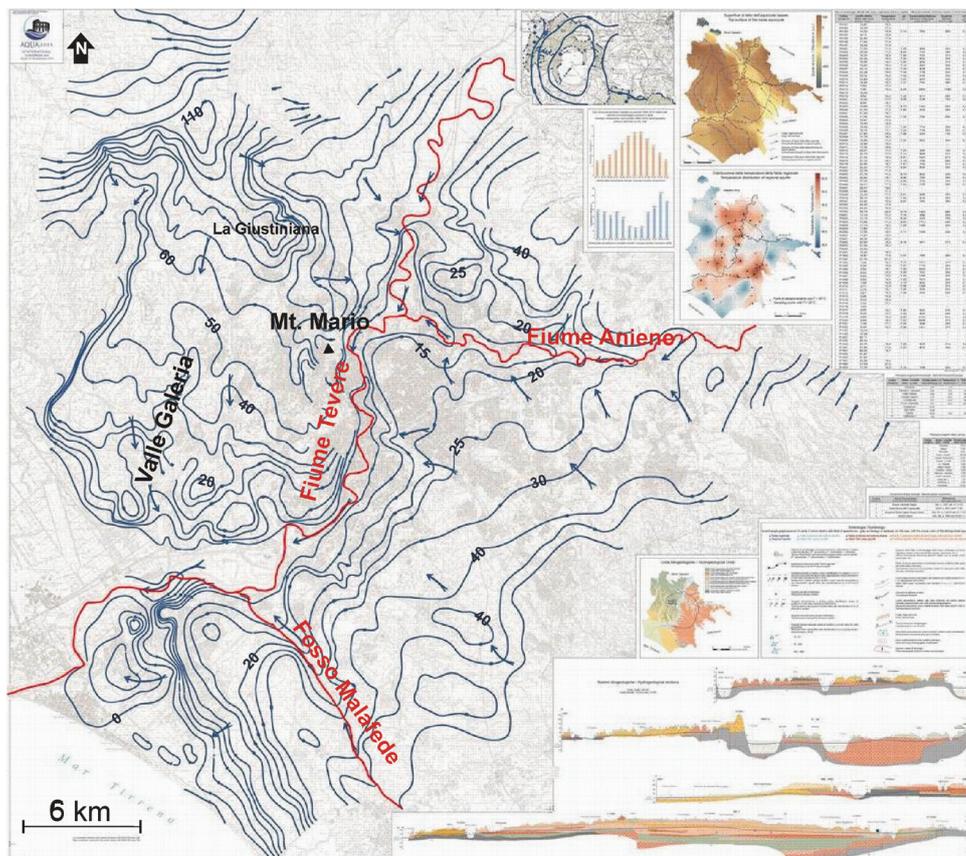


Fig. 8 - Dettaglio della Falda regionale.

Fig. 8 - Detail on the Regional aquifer.

mente il ruolo di limite di potenziale dinamico, dividendo il prevalente deflusso sotterraneo diretto a SO verso mare, dalla porzione di acquifero che contribuisce all'alimentazione della sorgente lineare del Fosso di Malafede. Lo spartiacque sotterraneo, con quote di saturazione massime comprese fra 50 e 30 m s.l.m., segue l'andamento sepolto dell'alto morfo-strutturale Acilia-Pomezia, che culmina verso SE a quote superiori a 30 m s.l.m., prossime a quelle di saturazione dell'acquifero. La progressiva diminuzione del gradiente idraulico verso mare (da 1% a circa 0,3%), oltre ad essere giustificata dal raggiungimento del livello di base della circolazione idrica, potrebbe essere messa in relazione anche con il mutamento delle condizioni idrodinamiche che, da falda semimprigionata del settore interno, passano a falda libera in prossimità della costa. Nel settore nord occidentale, la piezometria assume un andamento più articolato con locali abbassamenti al disotto del livello del mare (- 3 m s.l.m.), in corrispondenza delle aree depresse della piana costiera, dove erano localizzate le zone paludose oggi bonificate (Capelli et al. 2007). Le depressioni piezometriche sono indotte dall'attuale funzionamento delle idrovore della Bonifica di Ostia, realizzate e poste in esercizio per mantenere, localmente, il livello di falda al di sotto del piano campagna, per evitare l'impaludamento delle stesse aree depresse. In questo settore è possibile ipotizzare un'alimentazione della falda da parte delle acque del Tevere, che localmente scorrono all'interno di argini artificiali a quote superiori al livello di falda. Alcune tappe dell'evoluzione geomorfologica e geologica del Delta del Tevere, per la cui trattazione esaustiva si rimanda alla letteratura di dettaglio (Amorosi e Milli 2001; Bellotti et al. 2007, 2011; Milli et al. 2013), hanno avuto un ruolo determinante nella strutturazione dell'attuale assetto idrogeologico. Negli ultimi 3000 anni è stata stimata una progradazione totale del delta di circa 7 km, con velocità di avanzamento variabili nel tempo da 1 a 9 m/anno, corrispondenti ad una velocità media di 2,3 m/anno (Bersani e Moretti 2008). L'ampliamento della terra emersa ha comportato un avanzamento della falda di acqua dolce verso il mare, con il conseguente innalzamento della superficie piezometrica nella zona interna. Questo meccanismo ha avuto come conseguenza l'arretramento del cuneo salino, sottostante la falda di acqua dolce, e il progressivo innalzamento della superficie piezometrica nelle zone interne, dove ha favorito la permanenza delle lagune e stagni di retroduna, tipici degli ambienti costieri. All'alimentazione delle aree paludose oggi bonificate contribuivano, infatti, anche le acque di falda che emergevano nei punti in cui la superficie piezometrica veniva a trovarsi al disopra della superficie topografica. Alla dinamica idrogeologica descritta si sono sovrapposti gli effetti di una pressoché continua attività di produzione del sale (Saline di Ostia), perdurata dall'epoca pre-romana fino alla fine del '700 (Pannuzi, 2013). Tale attività, concentrata soprattutto nella zona attualmente compresa fra Capo Due Rami e Ostia Antica (quartiere Saline), ha sicuramente avuto degli effetti sulla qualità delle acque della falda, che allo stato attuale non sono ancora del tutto esauriti. Dal punto di vista qualitativo le acque di falda presentano valori di mineralizzazione molto

variabili, compresi fra 0,35 e 7,5 g/L, in funzione, soprattutto, della concentrazione di cloruro di sodio. Viene, quindi, confermata l'origine "marina" della contaminazione, in linea con le caratteristiche chimico fisiche note per gli acquiferi costieri. La distribuzione spaziale della mineralizzazione presenta, però, alcune anomalie: le acque maggiormente saline non si rilevano in prossimità della costa, dove si aspetterebbero i primi effetti dell'intrusione salina, ma in punti più interni. La causa della salinizzazione della falda nelle aree prossime alla sponda del Tevere (3,1 g/L) potrebbe essere ricercata negli scambi idrici falda - fiume. Infatti, nell'alveo del Tevere (Fiumara Grande) è stata rilevata una risalita delle acque marine, al disotto di quelle dolci, fino a circa 8 km dalla foce (Manca et al. 2014), inoltre la quota di scorrimento del fiume nel tratto Capo Due Rami - Foce è di poco superiore (0,50 m circa) al locale livello di falda. È lecito, quindi, ipotizzare un travaso sotterraneo di acqua salata del fiume, nella falda di acqua dolce. Nella zona delle antiche saline e di Ostia Antica le acque sotterranee evidenziano processi di miscelazione fra acque dolci e salate, con mineralizzazioni fino a 3,8 g/L, da mettere in relazione con gli effetti sulla falda subaffiorante di un'ininterrotta produzione "industriale" del sale durata circa 2500 anni (Mastrorillo et al. 2015). Un'altra causa di salinizzazione delle acque dell'acquifero costiero potrebbe essere attribuita agli effetti della velocità di progradazione del Delta del Tevere. La progradazione del delta, infatti, comporta un ampliamento verso mare dell'acquifero con conseguente avanzamento della falda di acqua dolce, che satura un sistema precedentemente occupato da acqua marina. Se la sostituzione di acque di natura differenti evolve molto velocemente, è possibile che alcune "sacche" residue di acqua salata non vengano completamente sostituite dall'acqua dolce. L'origine della marcata salinizzazione (7,5 g/L) rilevata in un pozzo della Pineta di Castelfusano, profondo circa 30 m, potrebbe essere attribuita all'intercettazione di una lente di acqua marina intrappolata nei sedimenti costieri più profondi (Mastrorillo et al., in stampa).

Modello concettuale sintetico dell'area romana

In sintesi, il modello concettuale di circolazione dell'area romana prevede un'alimentazione di differenti falde acquifere sovrapposte (che diventano almeno 3 nel settore Albano) che, dalle zone più periferiche e ad elevazione maggiore del territorio, fluiscono verso il recapito finale dei Fiumi Tevere e Aniene ed il mare (Fig.10). È, infatti, evidente dall'assetto piezometrico, come da un punto di vista generale la circolazione sotterranea segua le medesime linee di flusso della circolazione superficiale, rappresentando di conseguenza una corrispondenza piuttosto fedele tra bacini idrografici e bacini idrogeologici. Si nota, inoltre, come le circolazioni sovrapposte tendano a raccordarsi tra loro con il diminuire della quota, restituendo, almeno nel settore albano una differenziazione di falde più evidente nei settori topograficamente più elevati. Questo è coerente con l'assetto geologico tipico di uno strato-vulcano, quale si presenta il Vulcano dei Colli Albani nelle sue porzioni distali.

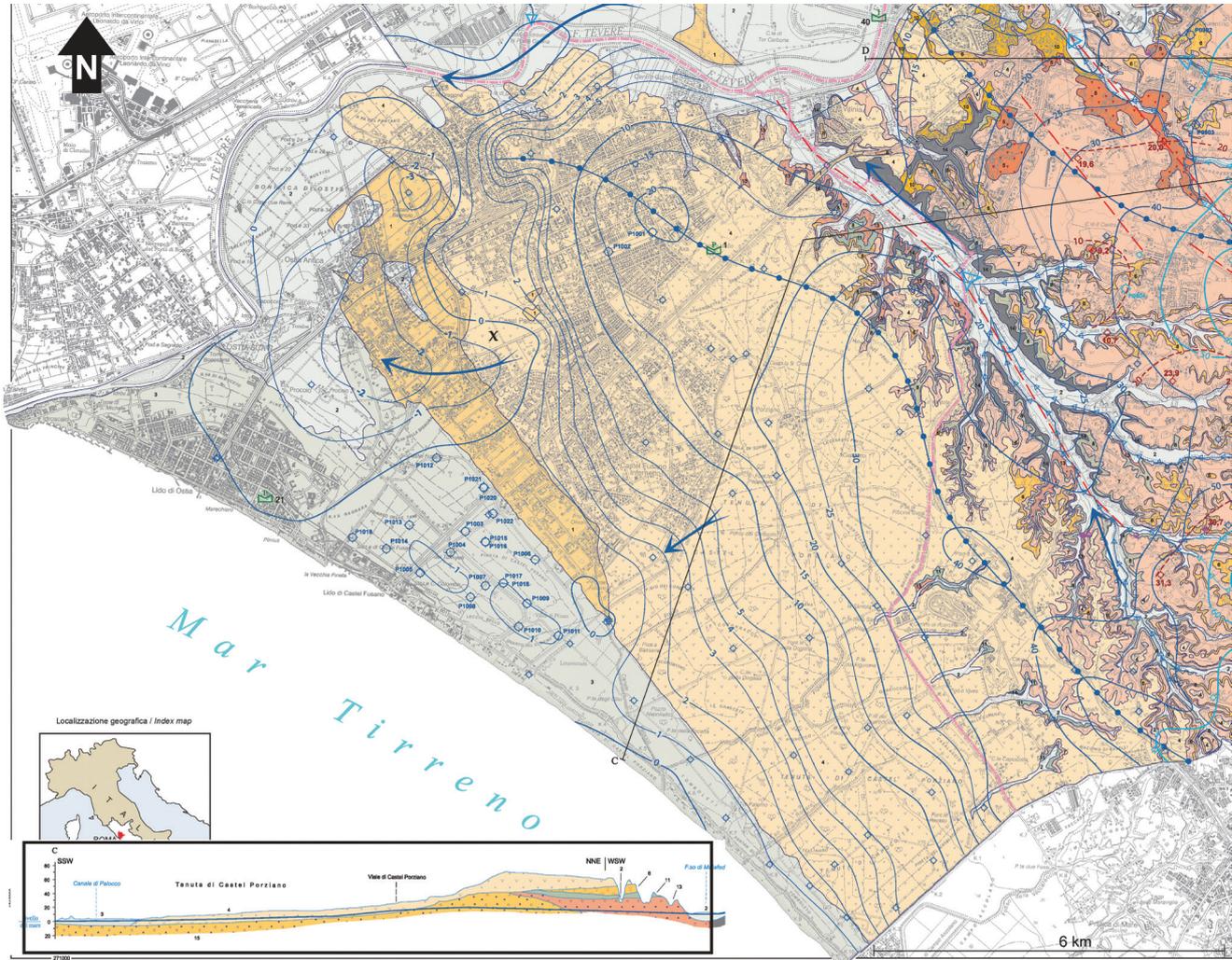


Fig. 9 - Stralcio della Carta Idrogeologica di Roma relativo alla zona costiera e relativa sezione..

Fig. 9 - Hydrogeological Map of Rome excerpt of the coastal aquifer and relative cross section.

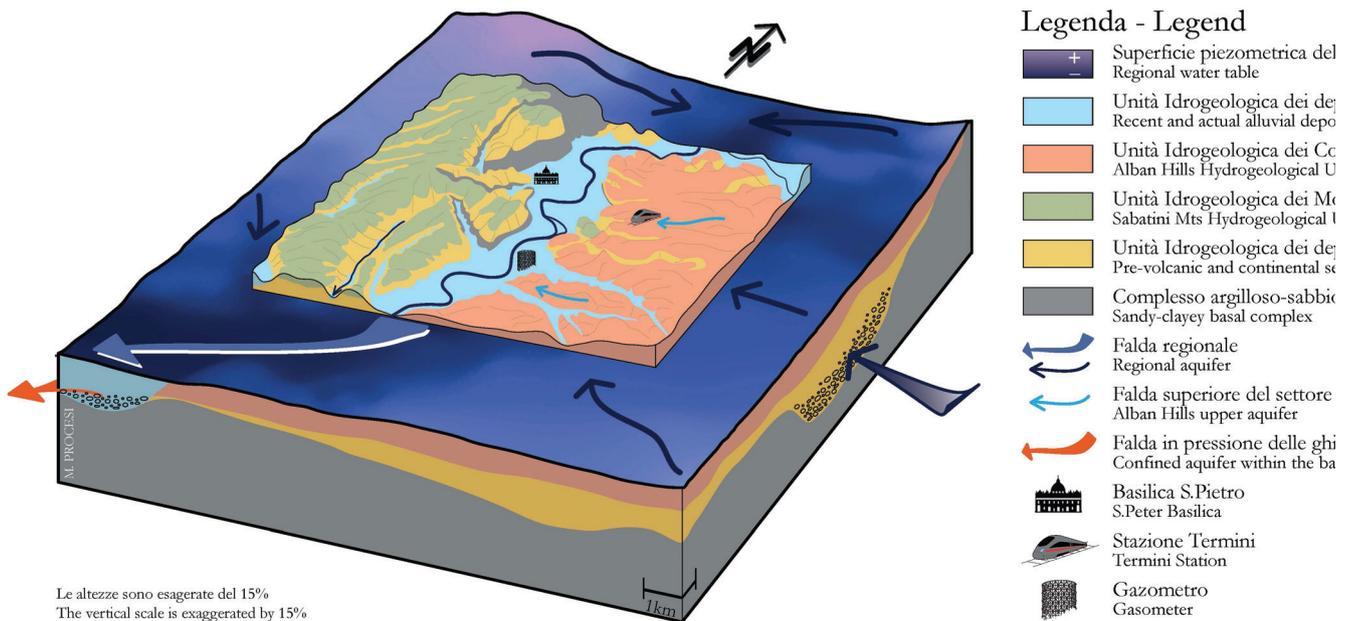


Fig. 10 - Modello concettuale idrogeologico di Roma (disegno di Procesi M.).

Fig. 10 - Hydrogeological conceptual model of Rome (drawing by Procesi M.).

BIBLIOGRAFIA

- Amorosi A., Milli S. (2001). Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic succession. *Sedimentary Geology*, 144, p. 357-375.
- Bellotti P., Calderoni G., Carboni M.G., Di Bella L., Tortora P., Valeri P., Zernitskaya V. (2007). Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and C-14 dating. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 51, 4, p. 505-534.
- Bellotti P., Calderoni G., Di Rita F., D'Orefice M., D'Amico C., Esu D., Magri D., Martinez M.P., Tortora P., Valeri P. (2011). The Tiber river delta plain (central Italy): Coastal evolution and implications for the ancient Ostia Roman settlement. *Holocene*, 21, 7, p. 1105-1116.
- Bersani P., Moretti D. (2008). Historical evolution of the coastline near the Tiber River mouth. *Lacqua*, 5, p. 77-88.
- Bucci M., Grillini M. (2001). Studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici nella tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma). Elaborazione ed interpretazione dei dati piezometrici rilevati, dal 1995 al 2001, tramite una rete di pozzi di controllo appositamente realizzata nella Tenuta.
- Camponeschi B., Nolasco F. (1982). Risorse naturali della Regione Lazio: Roma e i Colli Albani. Quaderno n. 7, Regione Lazio.
- Capelli G. (2016). La Marrana dell'acqua Mariana. Un corso d'acqua al servizio dei Papi. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater* 4/142, 79-82. DOI: 10.7343/AS-135-15-0162
- Capelli G., Funicello 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 Groundwater Quality, Proceedings of IUGG 99 Symposium HS5, Birmingham, July 1999, IAHS Publ. 259: 169-175.
- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. (Eds) (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. 78. Pitagora Editrice, 216 pp., 4 tavv. f.t., 21 tavv. f.t. su CD-ROM allegato.
- Capelli G., Mazza R., Taviani S. (2008) Acque sotterranee nella città di Roma. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, 80, p. 221-245. ISSN: 0536-0242
- Capelli G., Mazza R., Papiccio C. (2007) Saline intrusion in the Tiber Delta. *Geology, hydrology and hydrogeology of the coastal plain of the roman sector*. *Giornale di Geologia Applicata*, 5, p. 13-28.
- Ciotoli F. (2016) Indagine idrogeologica nel bacino Rio Galeria – Magliana (Roma). Tesi di Laurea sperimentale in Idrogeologia. Sapienza Università di Roma (Relatore Prof. Petitta M.)
- Di Salvo C., Di Luzio E., Mancini M., Moscatelli M., Capelli G., Cavinato G.P., Mazza R. (2012) GIS-based hydrostratigraphic modeling of the city of Rome (Italy): analysis of the geometric relationships between a buried aquifer in the Tiber Valley and the confining hydrostratigraphic complexes. *Hydrogeology Journal*, 20, p. 1549-1567. DOI: 10.1007/s10040-012-0899-2
- Funicello R., Giordano G., Mattei M. (2008) Carta Geologica del Comune di Roma 1:50000. S.EL.CA, Firenze, 2008
- Giordano G., Esposito A., De Rita D., Fabbri M., Mazzini I., Trigari A., Rosa C., Funicello R. (2003) The sedimentation along the Roman coast between Middle and Upper Pleistocene: the interplay of eustatism, tectonics and volcanism – new data and review. *Il Quaternario-Italian Journal of Quaternary Sciences*, 16 (1Bis), 121-129.
- La Vigna F., Mazza R., Amanti M., Di Salvo C., Petitta M., Pizzino L. (2016) The synthesis of decades of groundwater knowledge: the new Hydrogeological Map of Rome *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater* 4/142, 9-17 DOI: 10.7343/AS-128-15-0155
- La Vigna F., Mazza R., Amanti M., Di Salvo C., Petitta M., Pizzino L., Pietrosante A., Martarelli L., Bonfà I., Capelli G., Cinti D., Ciotoli F., Ciotoli G., Conte G., Del Bon A., Dimasi M., Falcetti S., Gafa R.M., Lacchini A., Mancini M., Martelli S., Mastrorillo L., Monti G.M., Procesi M., Roma M., Sciarra A., Silvi A., Stigliano F., Succiarelli C. (2016) Hydrogeological Map of Rome. *Journal of Maps* DOI: 10.1080/17445647.2016.1158669
- La Vigna F., Bonfà I., Coppola A.G., Corazza A., Di Filippo C., Ferri G., Martelli S., Rosa C., Succiarelli C. (2016). La città di Roma e le sue falde acquifere: dalle criticità, alle opportunità di resilienza urbana. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater* 4/142: 59-70. DOI: 10.7343/AS-132-15-0159
- La Vigna F., Mazza R. (Ed) (2015). Carta Idrogeologica di Roma – Hydrogeological Map of Rome Scala/Scale 1:50.000. Roma Capitale.
- La Vigna F., Di Salvo C. (2013). Understanding the hydrogeological flow processes in the Holocene alluvial aquifers of Tiber River (Rome). *Rendiconti online della Società Geologica Italiana*, 24.
- La Vigna F., Capelli G., Mazza R. (2008). Assetto idrogeologico del settore terminale del bacino del fiume Aniene. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 80, p. 121-134. ISSN: 0536-0242
- La Vigna F., Demiray Z., Mazza R. (2013). Exploring the use of alternative groundwater models to understand the hydrogeological flow processes in an alluvial context (Tiber River, Rome, Italy). *Environmental Earth Science*. DOI 10.1007/s12665-013-2515-8
- Manca F., Capelli G., La Vigna F., Mazza R., Pascarella A. (2014). Wind-induced salt-wedge intrusion in the Tiber river mouth (Rome–Central Italy). *Environmental Earth Sciences*, DOI 10.1007/s12665-013-3024-5.
- Marra F., Florindo F. (2014). The subsurface geology of Rome: Sedimentary processes, sea-level changes and astronomical forcing. *Earth - Science Reviews* 136, p. 1-20.
- Mastrorillo L., Mazza R., Tuccimei P. (in stampa) Assetto idrogeologico e salinizzazione dell'acquifero costiero del litorale romano (Ostia). Roma Tevere Litorale – CROMA- Ecole Francaise de Rome
- Mastrorillo L., Mazza R., Tuccimei P., Rosa C., Matteucci R. (2015). Groundwater monitoring in the archaeological site of Ostia Antica (Roma, Italy): first results. *Aqua 2015*, 42nd IAH Congress (the International Association of Hydrogeologists) Hydrogeology: Back To The Future! Rome, Italy 13th - 18th September 2015. Sessione Poster.
- Mazza R., Capelli G., Lanzini M. (2008). Rischio di crollo di cavità nel territorio del VI Municipio del Comune di Roma. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 80, p. 149-170. ISSN: 0536-0242.
- Milli S., D'Ambrogio C., Bellotti P., Calderoni G., Carboni M.G., Celant A., Di Bella L., Di Rita F., Frezza V., Magri D., Pichezzi R.M., Ricci V. (2013). The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber River deltaic succession (Italy). *Sedimentary Geology* 284, p. 159-180.
- Pannuzi S (2013). La laguna di Ostia: produzione del sale e trasformazione del paesaggio dall'età antica all'età moderna. In: *Mélanges de l'École française de Rome – Moyen Age*, [En ligne], 125-2.