

## Sorgenti storiche, aree termali e acque ricche in CO<sub>2</sub> quali indicatori dell'assetto strutturale della città di Roma

*Historical springs, thermal and CO<sub>2</sub>-rich waters as markers of the tectonic setting of Rome*

NISIO Stefania(\*), PIZZINO Luca(\*\*), BERSANI Pio(\*\*\*)

**RIASSUNTO** - La città di Roma è ubicata sul margine peri-tirrenico, tra due distretti vulcanici: i Sabatini a nord e i Colli Albani a sud, e pertanto collocata in un settore caratterizzato da termalismo ed emissioni gassose, in particolare di CO<sub>2</sub>. L'area romana è stata abitata sin dai tempi preistorici (più di 3000 anni), per la presenza del Tevere e dei suoi affluenti e per le numerose sorgenti ivi presenti che fornivano un'ottima acqua per uso potabile; tali acque erano spesso mineralizzate, ricche di anidride carbonica e gas sulfurei dal caratteristico odore di uova marce. Alcune di queste sorgenti erano sacralizzate, perché termominerali o sulfuree, e ivi venivano edificati templi, ninfei e luoghi di culto. Sfortunatamente, l'assetto idrogeologico del territorio è variato nel tempo causando un progressivo abbassamento del livello di falda e la scomparsa di alcune tra le più importanti sorgenti.

Lo studio delle emissioni di gas, l'ubicazione delle risorgive mineralizzate attive o estinte o di altri fenomeni è utile quale indicatore della tettonica attiva. La sovrapposizione dei dati ha permesso di individuare un trend preferenziale nell'assetto strutturale dell'area romana, orientato in direzione NNW-SSE, confermato anche dagli studi geologici e geofisici. In particolare, la su citata direzione è ben individuata dall'allineamento di massimi gravimetrici che individuano alti strutturali nel basamento carbonatico; essi rappresentano delle trappole geologiche per i gas profondi (dominati dalla CO<sub>2</sub>) che risalgono attraverso le faglie, si disciolgono negli acquiferi superficiali e raggiungono la superficie permeando i suoli. Questi gas possono rappresentare un pericolo per la popolazione se presenti all'interno delle abitazioni in concentrazioni superiori a soglie prefissate. Oltre alle informazioni derivanti dalla gravimetria, dalla geochimica e dalla geologia, anche le isosime di terremoti accaduti nel passato seguono una direzione prevalente NNW-SSE, coincidente

con l'allineamento ipotizzato. Lungo tale direzione, le manifestazioni ipotermali e gassose sembrano essere presenti in numero più elevato.

I dati raccolti hanno mostrato che i siti sacralizzati erano localizzati in o nei pressi dei settori di Roma dove un recente studio ha messo in evidenza la presenza di acque ipotermali e ricche in gas. Questo importante risultato certifica la probabile veridicità delle leggende antiche, gettando un ponte ideale tra passato e presente: il degassamento della città lungo linee preferenziali era attivo in epoca romana ed è ancora in atto, anche se obliterato o modificato dal notevole sviluppo urbano che nelle ultime decadi ha interessato l'area urbana di Roma. Questo studio ha dimostrato che, in un sito come Roma, unico al mondo nel suo genere, le ricerche scientifiche devono necessariamente avere carattere multidisciplinare, nel quale storia e archeologia giocano un ruolo cruciale per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti.

**PAROLE CHIAVE:** Sorgenti, Roma, CO<sub>2</sub>; tettonica, termalismo

**ABSTRACT** - The city of Rome is located in the peri-Tyrrhenian margin of Central Italy, between two volcanic complexes: the Sabatini mountains to the north and the Alban Hills to the south.

The Rome area has been inhabited since pre-historic times (over almost 3000 years) because of the Tiber and its tributaries and for the presence of abundant springs providing good-quality drinkable waters. Some of these springs were associated with steam, flames and gas with the typical "egg-rotten" smell: hence, they were considered as holy sites, where building and churches were raised in. Unfortunately, the majority of these sites has been lost over time due to the intense urbaniza-

(\*) ISPRA- Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, V. Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma;

(\*\*) INGV, - Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, Roma;

(\*\*\*)Libero professionista

tion of the city that caused a progressive lowering of the water table and the drying of the springs.

The presence and location of thermal, gas-rich and mineralised waters highlighted a preferential NNW-SSE trending alignment, in agreement with the tectonic setting of the urban area of Rome. Indeed, a series of gravimetric maxima points out the existence of buried structural highs of the carbonate platform that represent geological traps for rising gas (mainly CO<sub>2</sub>) from depth. These traps constitute a permanent geological hazard for the urban area of Rome because gases (toxic asphyxiating if inhaled in large concentrations) upraise through faults and dissolve into shallow aquifers, reaching soils and entering houses. Besides gravimetric, geochemical and tectonic information, also isoseismal fields referred to past local earthquakes follow a NNW-SSE direction, fitting very well the hypothesised alignment.

Gathered data showed that the historical holy sites were located in sectors of Rome where nowadays gas-rich (mainly CO<sub>2</sub> of deep origin) and ipothermal groundwater are found. This result can be considered as a virtual “bridge” between the past and the present, certifying that the ancient tales preserved over time could be real. One aspect still unclear is the role of the huge urban development occurred in the past decades in modifying the groundwater hydrology, the shallow degassing and, finally, the distribution, at surface, of thermal, mineralised and degassing sites.

This study demonstrated that in a site like Rome, one of a kind, scientific researches aimed at gathering information about ongoing (and past) geological phenomena need a multidisciplinary approach, in which history and archaeology play a crucial role for the correct interpretation of the obtained results.

KEY WORDS: Springs, Rome, CO<sub>2</sub>; Tectonics, Thermalism.

## 1. - TETTONICA, TERMALISMO E DEGASAMENTO NELLA PROVINCIA MAGMATICA ROMANA

La città di Roma è situata nella cosiddetta Provincia Magmatica Romana (così definita da Washington, 1906 e da ora in poi indicata come PMR), una fascia strutturalmente depressa che si estende dalla regione del Lago di Bolsena fino alla Campania, parallela alla costa tirrenica e compresa tra il settore più elevato della catena appenninica e la zona costiera posta al margine del bacino del Mar Tirreno (Fig. 1).

Tale area è stata caratterizzata, fin dal Miocene-Quaternario, da una tettonica estensionale, legata alla migrazione verso est della catena Appenninica e alla

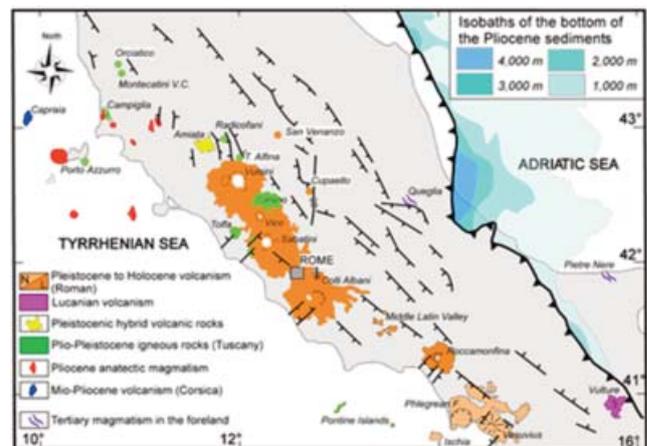


Fig. 1 - Provincia Magmatica Romana (in arancione e in rosa) e suoi principali distretti vulcanici. (da CONTICELLI *et alii*, 2010).  
- Roman Magmatic Province (orange and pink) and its main volcanic complexes (from CONTICELLI *et alii*, 2010).

contemporanea apertura del Mar Tirreno; tutta la zona è caratterizzata da bacini Miocenici-Pliocenici con orientazione NW-SE sviluppatasi lungo sistemi di faglia normali e successivamente intersecati di sistemi di faglie orientate NE-SW. Entrambi i sistemi di faglia rappresentano zone di debolezza lungo cui i magmi della PMR si sono messi in posto. Tale area

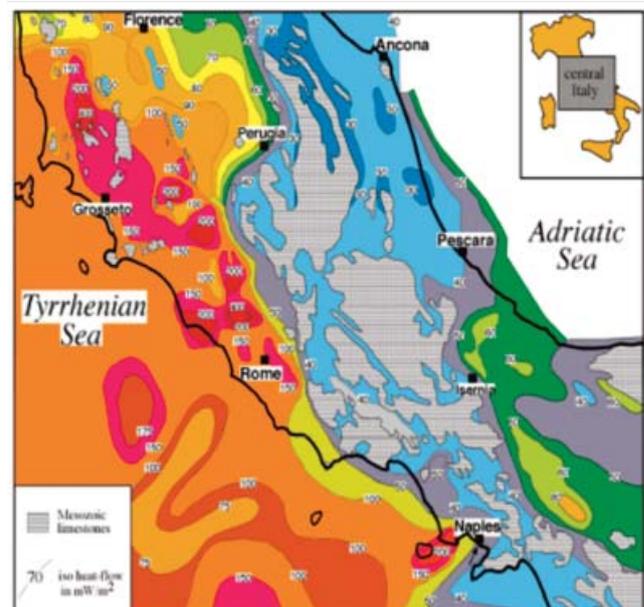


Fig. 2 - Flusso termico conduttivo nella Provincia Magmatica Romana (da DELLA VEDOVA *et alii*, 2001).  
- Conductive thermal flux in the Roman Magmatic Province (from DELLA VEDOVA *et alii*, 2001).

è stata caratterizzata, fin dal Miocene-Quaternario, da una tettonica estensionale, legata alla migrazione verso est della catena Appenninica e alla contemporanea apertura del Mar Tirreno; tutta la zona è caratterizzata da bacini Miocenici-Pliocenici con orientazione NW-SE sviluppatasi lungo sistemi di faglia normali e successivamente intersecati di sistemi di faglie orientate NE-SW. Entrambi i sistemi di faglia rappresentano zone di debolezza lungo cui i magmi della PMR si sono messi in posto. I distretti vulcanici più importanti (e.g. CONTICELLI *et alii*, 2010; MATTEI *et alii*, 2010), considerati quiescenti o del tutto estinti, sono, in ordine geografico da nord a sud: Vulsini, Cimino-Vicano, Sabatini, Colli Albani, Roccamonfina. I due vulcani più meridionali (Campi Flegrei e Vesuvio), al contrario, sono attivi in quanto hanno avuto almeno una eruzione negli ultimi 10000 anni (catalogo del *Global Volcanism Program*, <https://volcano.si.edu/>).

La PMR è anche sede di importanti anomalie nel flusso termico conduttivo misurato in superficie, con valori che possono raggiungere i 200-400 mW/m<sup>2</sup> (Fig. 2, DELLA VEDOVA *et alii*, 2001), nettamente superiori a quelli della crosta continentale e paragonabili con quelli misurati nelle aree tettoniche più recenti (dati a livello globale, DAVIES, 2013). Alla luce di ciò, numerose sorgenti termali (temperatura all'emergenza fino a 60°C) e ipotermali sono presenti nella PMR (e.g. MINISSALE *et alii*, 2019 e referenze al suo interno).

I distretti vulcanici della PMR sono caratterizzati da una serie di manifestazioni vulcaniche definite "secondarie" o di fase di unrest (CHIARABBA *et alii*, 1997) quali sismicità di medio-bassa energia a prevalente carattere di sciame (e.g. AMATO *et alii*, 1994; FEUILLET *et alii*, 2004), deformazioni del terreno (e.g. SALVI *et alii*, 2004; RIGUZZI *et alii*, 2009) e degassamento anomalo sia dai suoli che dagli acquiferi. Tale degassamento può essere sia di origine naturale (e.g. PIZZINO *et alii*, 2002; CINTI *et alii* 2014; BIGI *et alii*, 2014) sia causato da attività antropiche quali scavi e/o approfondimento di pozzi già esistenti come accaduto in passato nei Colli Albani e nell'area urbana di Roma (e.g. PIZZINO *et alii*, 2002; CARAPEZZA & TARCHINI, 2007; MARIUCCI *et alii*, 2008; CARAPEZZA

*et alii*, 2019; CARAPEZZA *et alii*, 2020) e più di recente nell'area di Fiumicino (e.g. BARBERI *et alii*, 2007; CIOTOLI *et alii*, 2013; SELLA *et alii*, 2014). I gas principali emessi dalle più note manifestazioni della PMR e quelli disciolti dalle acque termali sono dominati dall'anidride carbonica (fino al 98% in volume), con contenuti largamente inferiori di radon, metano, azoto, elio e ossigeno; talvolta, è stata riscontrata anche la presenza di idrogeno solforato. La caratterizzazione isotopica della CO<sub>2</sub> fornisce indicazioni più o meno univoche circa la sua origine profonda (crosta e/o mantello), in ambienti di alta temperatura (> 100°C).

Numerose manifestazioni gassose sono state censite nella PMR nell'ambito del Progetto INGV-DPC denominato "Googas" (2006-2007, disponibile a <http://googas.ov.ingv.it/>) e del Progetto denominato "MaGa" (2010-2018, disponibile su [magadb.net](http://magadb.net)) finanziato nel 2008 dal Ministero dell'Università e della Ricerca.

In genere, le aree a degassamento più intenso sono ubicate in corrispondenza: i) dei massimi gravimetrici, ipotizzati come espressione degli alti strutturali del substrato carbonatico profondo, e delle faglie che li delimitano (PIZZINO *et alii*, 2002; PIZZINO *et alii*, 2019; CARAPEZZA *et alii*, 2019, Fig. 3); ii) delle più importanti faglie regionali o dove sistemi di faglia a differente orientazione si incontrano e iii) di

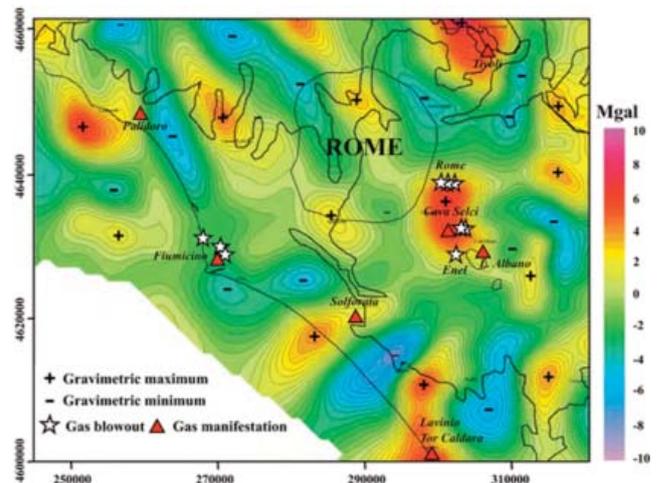


Fig. 3 - Anomalie gravimetriche e degassamento profondo nella Provincia Magmatica Romana (da CARAPEZZA *et alii*, 2019).  
- Gravimetric anomalies and deep-derived CO<sub>2</sub> degassing in the Roman Magmatic Province (from CARAPEZZA *et alii*, 2019).

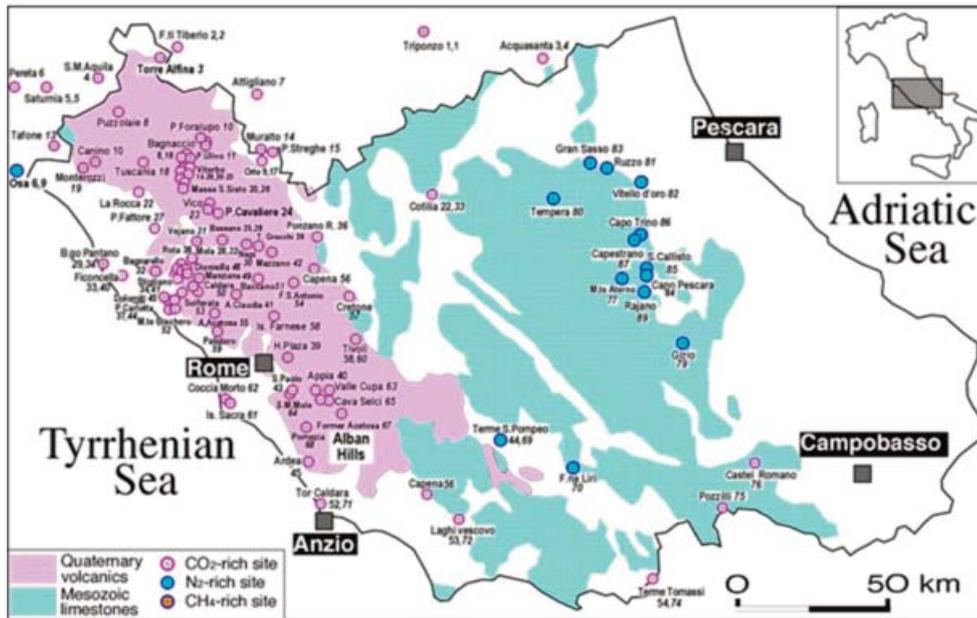


Fig. 4 - Distribuzione delle acque sotterranee ricche in  $\text{CO}_2$  nella Provincia Magmatica Romana (regione Lazio, da MINISSALE *et alii*, 2019).  
-  $\text{CO}_2$ -rich groundwater distribution in the Roman Magmatic Province (Latium, from MINISSALE *et alii*, 2019).

aree caratterizzate da un anomalo flusso di calore.

Queste particolari caratteristiche geologiche, nonché la presenza di estesi sistemi di fratture, possono favorire l'instaurarsi di settori ad alta permeabilità attraverso i quali i gas profondi sono veicolati verso la superficie, disciogliendosi negli acquiferi e/o permeando i pori dei suoli. Numerose acque sotterranee ricche in  $\text{CO}_2$  caratterizzano la PMR (e.g. MINISSALE *et alii*, 2019; Fig. 4). In particolare, studi dettagliati sulle acque di sottosuolo (CHIODINI & FRONDINI, 2001; PIZZINO *et alii*, 2002; CINTI *et alii*, 2011; CINTI *et alii*, 2014) hanno messo in evidenza come nella PMR la  $\text{CO}_2$  (il gas dominante nelle manifestazioni gassose in quest'area) possa essere considerata come un ottimo *marker* tettonico, in quanto la sua distribuzione risente fortemente dell'assetto strutturale profondo delle aree investigate.

## 2. - LE SORGENTI SCOMPARE, I LUCUS SACRI DI ROMA E LE RISALITE DI GAS

Nei testi storici vengono descritti molti luoghi sacri dell'antica Roma (boschi sacri o *lucus*) in cui erano presenti sorgenti di acque minerali o termali ovvero vapori e risalite di gas (AMIDEI 1741; ARMELINI 1891; CASSIO 1893). Le scaturigini spesso venivano ritenute sacre per le loro caratteristiche peculiari

(BERSANI *et alii*, 2013, 2015), tuttavia alcune sono oggi scomparse o di difficile ubicazione (BERSANI *et alii* 2013, 2015, 2017; CORAZZA & LOMBARDI, 2015).

Si tratta per lo più di sorgenti mineralizzate, sulfuree, con emissioni gassose, che fanno ipotizzare una risalita da grandi profondità o scaturigini di acque fredde e dolci (CARDILLI 2010; BERSANI *et alii*, 2013, 2015; CORAZZA & LOMBARDI, 2015; NISIO *et alii*, 2015).

Si rimanda a BERSANI *et alii*, 2013, 2015 per la descrizione dettagliata di tali sorgenti, in questa sede ci soffermeremo solamente sulle risorgive mineralizzate, sui luoghi sacri di Roma a cui vengono associate risalite di gas, termalismo e altri fenomeni naturali.

Nel *lucus Helernus*, per esempio, sulla sponda sinistra del Tevere, attuale Via Giulia (Fig. 5, secondo Svetonio era ubicato precisamente nel Campus tiberrinus, accanto al Campo Marzio), era presente la sorgente di *Dite e Proserpina*. Essa era ubicata in una cavità sotterranea (BERSANI *et alii*, 2009, 2013, 2015), e ivi fu costruito un altare. Tale sorgente costituiva nell'immaginario romano la porta di accesso agli inferi; l'acqua scaturiva probabilmente in una grotta naturale, a venti piedi di profondità (CIMINO & NOTA SANTI, 1998), ed era caratterizzata da temperature elevate e esalazioni di zolfo (VALERIO MASSIMO II, 4,5 e ZOSIMO II, 1-3). La stessa era un luogo frequentato in precedenza dalle popolazioni italiche



Fig. 5 - Presso Via Giulia a Roma era ubicato il *Lucus Helernus*, bosco sacro dedicato a una divinità italica degli inferi.  
- *Lucus Helernus*, a sacred wood dedicated to an Italic deity of the underworld, was located in Giulia street in Rome.

per il culto delle divinità ctonie degli inferi; infatti era ubicata nel *lucus Helernus*, il bosco cioè dedicato al dio italico degli inferi. Inoltre essa era nota per le sue proprietà terapeutiche già nella Roma regia. Il bosco sacro è ricordato soltanto da Ovidio nei due passi seguenti: "Adiacet antiquus Tiberino lucus Helerni / Pontifices illuc nunc quoque sacra ferunt" e "Tunc quoque vicini lucus celebratur Helerni / Qua petit aequoreas advena Tybris aquas". La sorgente di Dite e Proserpina, oggi scom-

parsa, ricadeva, secondo le ipotesi attuali, sotto l'attuale Chiesa di San Giovanni dei Fiorentini. Il sito di culto (LIVEROTTI, 2009) sarebbe stato ricolmato in epoca cristiana e, per purificare e bonificare l'area pagana, fu inondato con acqua benedetta. Inoltre la Piazza dell'Oro, antistante la stessa chiesa (Fig. 6), potrebbe essere così chiamata a causa delle incrostazioni di zolfo (di colore giallo-oro) che ivi si depositavano.

Il *Lucus Furrinae*, sul colle Gianicolo, viene descritto particolarmente ricco di acque; in esso era presente la fonte sacra di Furrina, ubicata presso l'attuale Villa Sciarra (Fig. 7). La titolarità del *lucus*, la dea Furrina, divinità delle acque sotterranee e degli inferi, fa ipotizzare la presenza acque mineralizzate e probabilmente sulfuree con annesse esalazioni. Tale bosco era frequentato anche nei tempi repubblicani e di nuovo nel tardo Impero, quando fu edificato il tempio a *Giove heliopolitano*; Varrone riporta che sebbene al suo tempo il culto della Dea Furrina fosse in decadenza "Ei sacra instituta annua et flamen attributus".

Il *Lucus Albionarum*, che doveva essere prossimo al *Lucus Furrinae*, ma di difficile ubicazione, secondo alcuni prende il nome dal colore bianco delle acque che vi sgorgavano. Esso è ricordato soltanto in un passo di Festo, dal quale si ricava che era situato in Trastevere, probabilmente sul colle Gianicolo: "*Albiona ager trans Tiberim dicitur a luco Albionarum, quo luco*



Fig. 6 - a) Piazza dell'Oro, presso la Chiesa di San Giovanni dei Fiorentini, luogo dove erano presenti esalazioni di gas; b) Chiesa di San Giovanni dei Fiorentini.  
- a) *Piazza dell'Oro* (Gold Square), near *St Giovanni dei Fiorentini Church*, so named because of the presence of both sulphur mineralisations and gas emissions.



Fig 7 - a) *Lucus Furrinae*, presso Villa Sciarra al Gianicolo; b) Resti del tempio Siriaco all'interno del Parco di Villa Sciarra.  
- a) *Lucus Furrinae* near Villa Sciarra Park (Gianicolo hill); b) *Remains of the Syriac temple* inside the Villa Sciarra Park.

*Dea Alba sacrificabatur?* Alba infatti era la dea degli inizi ma anche delle acque chiare e opalescenti come possono apparire quelle sulfuree.

Il *lucus Mephitis* viene collocato da Varrone sul Cispio, cioè presso l'attuale Rione Monti, precisamente dove attualmente è presente la Via Urbana – Via del Boschetto (Fig. 8). Il culto della Dea Mefite (dea degli inferi, della morte e dell'oltretomba nonché protettrice del viaggio nel mondo degli inferi) era legato, infatti, strettamente alle acque sulfuree e alle emanazioni di gas e vapori. Tale dea era venerata soprattutto nell'Italia centrale, come colei che fa nascere, nutre e fa morire. Spesso i territori caratterizzati dalle acque sulfuree con i loro densi vapori e l'assenza di vegetazione all'intorno, venivano considerati l'ingresso al mondo dei morti, pertanto il *lucus Mephitis* si suppone fosse un bosco caratteriz-

zato da tali emissioni di gas e probabilmente di alberi di mirto. Nel quartiere Monti ed Esquilino sono state registrate in epoche storiche recenti esalazioni di gas e acque sulfuree nei pozzi dopo eventi sismici importanti (BERSANI *et alii*, 2015).

Il *Lucus Camenarum* si confonde spesso con il *lucus Egeriae*, i due luoghi dovevano essere tuttavia distinti ma molto prossimi, infatti le scoperte avvenute in vari tempi confermano questa distinzione. Esso era ricco di acque ritenute, sacre alle ninfe Camenie. Il ninfeo delle Camene fu infatti riconosciuto nei pressi di un antico edificio, rinvenuto a pochi passi da porta Capena nel 1558. Le scaturigini, scomparse in passato, sono state ritrovate nel 1700 quando si rinvenne una sorgente di acqua purissima e fresca nel medesimo sito di quella descritta da Pirro Ligorio nel 1558. Molto tempo dopo nello stesso luogo furono rinvenuti alcuni resti del ninfeo. Successivamente venne curiosamente riportato nel Giovenale che il *lucus* fosse stato dato in concessione ai cittadini di religione ebraica, i quali probabilmente “*esercitavano l'industria di vendere l'acqua del ninfeo*”, ritenuta salutare dal popolo.

Il *Lucus Egeriae*, che si estendeva nella porzione meridionale del Celio e presso Monte d'Oro, è stato localizzato presso l'odierna villa Mattei (Fig. 9), lungo la via delle Mole di San Sisto e della Ferratella. In passato il luogo era noto per la presenza di una grotta da cui sgorgavano acque ritenute sacre dove fu realizzato un ninfeo e dedicato a Egeria. Il ninfeo di Egeria, nello specifico, era ubicato presso villa



Fig. 8 - Il *Lucus Mephitis* presso il Rione Monti, Via del Boschetto.  
- *Lucus Mephitis* in the Monti district, Del Boschetto street.



Fig. 9 - Il *Lucus Egeriae* presso Il Palazzetto di Villa Mattei (oggi sede della Società Geografica Italiana), all'interno del Parco di Villa Celimontana.  
- *Lucus Egeriae near Villa Mattei (now the headquarters of the Italian Geographic Society), within the Villa Celimontana Park.*

Fonseoa e restò visibile fino alla distruzione della villa. Ancora oggi sono presenti acque nell'orto inferiore della villa Mattei, presso il Parco di Villa Celimontana, e precisamente nel ninfeo-bagno all'angolo di via San Sebastiano e via delle Mole di San Sisto.

Un'altra sorgente era presente presso il *Lucus Semele*, sotto il colle Aventino, sulla riva sinistra del Tevere, (o forse sulla riva destra del fiume, ma in luogo non troppo distante dall'Aventino nelle adiacenze di Ripa Grande, dalla parte ove ora sorge l'Ospizio di S. Michele).

Il *Lucus di Anna Perenna*, ninfa delle acque, è di difficile ubicazione, sembra fosse venerata a Roma sulla via Flaminia ad un miglio dalla città. Il primo miglio della via Flaminia cade o dentro la piazza del Popolo, o subito dopo l'odierna porta del Popolo dove si potrebbe collocare il bosco sacro. Tuttavia, nel 1999 durante gli scavi per un parcheggio interrato all'angolo tra piazza Euclide e via G. Dal Monte, nel quartiere Parioli a nord di Roma, fu rinvenuta una fonte dedicata a Anna Perenna (Fig. 10), anche se il Prof. Leonardo Lombardi (comunicazione personale), compiendo delle ricerche presso l'area, sostiene che la fonte attingerebbe l'acqua da una derivazione dell'acquedotto Vergine. Tale ritrovamento potrebbe indurre a spostare il sito in cui era presente il bosco con la sacra sorgente. Lo scavo, effettuato ad una profondità compresa tra circa i 6 ed

i 10 metri dal piano stradale, ha portato alla luce i resti di una struttura di forma rettangolare con iscrizioni murate che riportano il nome della dea. Anna Perenna era un'antica divinità romana delle origini, festeggiata il giorno delle Idi di marzo, il primitivo capodanno romano, così come testimonia Ovidio nei Fasti. La fonte sembra essere stata attiva almeno dal I secolo a.C. ed utilizzata fino al VI secolo d.C. Nella cisterna retrostante sono stati trovati molti oggetti utilizzati per pratiche magiche e riti religiosi: laminette in piombo con incisioni, contenitori di metallo contenenti figurine antropomorfe, un pentolone di rame e svariate monete e lucerne, oggi tutti conservati presso il Museo Nazionale Romano alle Terme di Diocleziano. Il ritrovamento di un particolare paiolo in rame con resti di impasti suggerisce probabilmente che presso il sito si preparassero pozioni magiche, e di particolare interesse è il rinveni-



Fig. 10 - Resti archeologici nel sito dove è stata rinvenuta una targa dedicata ad Anna Perenna, al di sotto di un Parcheggio presso Piazza Euclide, Quartiere Parioli (Roma).

- *Archaeological remains on the site where a plaque dedicated to Anna Perenna was found, underneath a parking in Euclide Square, Parioli district (Rome).*

mento di tavolette in piombo recanti incise delle maledizioni (*defixiones*) contro nemici e amanti, alcune delle quali trovate anche all'interno delle lucerne. Altro ritrovamento particolare è rappresentato da alcune statuette antropomorfe impastate con cera e farina custodite all'interno di contenitori in piombo inseriti uno dentro l'altro (Fig. 11).

Il *Lucus Lavernae*, ubicato lungo la via Salaria, è dedicato a Laverna, divinità dell'ombra e protettrice dei ladri (secondo Varrone i ladri nascondevano il loro bottino in questo bosco), probabilmente in origine



Fig. 11 - Statuette votive antropomorfe impastate con cera, che fanno ipotizzare riti magici (Museo terme di Diocleziano) e iscrizione su lapide del sito della Sorgente Sacra di Anna Perenna.

- *Anthropomorphic votive statuettes mixed with wax, which suggest magical rites (Museo Terme di Diocleziano) and inscription on the tombstone of the site of the Anna Perenna Sacred spring.*

divinità ctonia legata alle grotte e ad altre manifestazioni gassose legate agli inferi.

Un altro *Lucus* sacro era ubicato alle falde dell'Aventino, al di sotto di una rupe chiamata *Saxium*. All'interno del bosco viene descritta una grotta con una sorgente sacra. Ad esso sono collegate molte leggende che si riferiscono a Numa Pompilio e alla ninfa Egeria. Del *Saxium* parla anche Ovidio in *Fasti* e dice che di lì Remo osservò i suoi auspicii. Oggi si concorda nel collocare *Saxium* sull'Aventino, sull'altura di Santa Balbina, sopra le terme di Caracalla. Presso il *Saxium* era presente il tempio dedicato a la Bona Dea, chiamata appunto anche subsasanea

nella *Notitia Regionum*.

Al piede nord occidentale del Palatino, inoltre emergeva, nella grotta dedicata a Luperca, dea romana identificata con la lupa che allattò Romolo e Remo, un'importante sorgente della quale è stata cercata invano la localizzazione: la Fonte Lupercale (CORAZZA & LOMBARDI, 1995). Essa era consacrata al Fauno Luperco (allontanatore di lupi) e veniva usata nelle abluzioni dei sacerdoti durante le feste lupericali (Fig. 12 a). La scaturigine sembra fosse in grotta con pareti vulcaniche, ma non può escludersi che, dal basso, ricevesse acqua dalle ghiaie del Paleotevere, che nell'area si rinvenivano a modesta profondità. La *fons Lupercalis* doveva essere prospiciente alla riva del Tevere (Fig. 12b).

Altre acque vengono descritte calde o ricche di anidride carbonica.

Le *Aquae Lautole* erano calde e certamente mineralizzate, ma di dubbia localizzazione, forse le scaturigini erano ubicate dietro la Basilica Emilia. Tra le risorgive descritte, in particolare viene riportata una sorgente solfurea calda, localizzata probabilmente presso l'imbocco di via Bonella (LUGLI, 1938).

L'*Acqua Tulliana*, poi, era ricca di CO<sub>2</sub>, ferruginosa e sgorgava nel Carcere Mamertino, in epoca romana forse già nel VII sec. a. C., nell'area del Foro Romano (Fig. 13). Secondo la tradizione la sorgente scaturì dal pavimento dell'ambiente inferiore sotterraneo in cui era rinchiuso l'apostolo Pietro durante la sua prigionia, nel 68 d.C.. In base alla leggenda,



Fig. 12- a) Rappresentazione dei Lupercalia e della Grotta sacra dedicata a Luperco; b) Ubicazione della grotta ai piedi del Palatino sulla sponda sinistra del Tevere.  
- a) *Representation of Lupercalia and the sacred cave dedicated to Luperco; b) Location of the cave at the bottom of the Palatine hill, on the left bank of the Tiber.*



Fig. 13 - La Sorgente Tulliana presso il Carcere Mamertino a Roma. a) Il Carcere Mamertino è nei sotterranei della Chiesa di san Giuseppe dei Falegnami; b) Interno del Carcere Mamertino e punto da cui scaturì la sorgente in epoca romana. - *The Tulliana spring in the Mamertine Prison in Rome. a) The Mamertine Prison is in the basement of the St. Giuseppe dei Falegnami Church; b) Inside the Mamertine Prison and the point where the spring arose in Roman times.*

Pietro avrebbe utilizzato quest'acqua, che fuoriuscì dal pavimento in seguito ad uno “*scuotimento del terreno*”, per battezzare tutti coloro che decisero di convertirsi al cristianesimo, quarantasette persone, tra cui i suoi carcerieri i SS. Processo e Martiniano (CANCELLIERI, 1788).

La sorgente della *Fons Olei*, presso la chiesa di Santa Maria in Trastevere, mista ad idrocarburi sembra fosse calda (CECHELLI 1935; GIGLI 1987; BERSANI *et alii*, 2013, 2015, NISIO *et alii*, 2016); essa scaturì vicino ad una taberna utilizzata dai centurioni romani nell'anno 753 di Roma; le scaturigini di acqua, olio o nafta, per un giorno costituirono un rivo che arrivò fino al Tevere. (BERSANI *et alii*, 2013; 2015).

La *Fonte di Giuturna* (CAMPONESCHI & NOLASCO,

1982; CORAZZA E LOMBARDI, 1995) presenta salinità 0,38 g/l e durezza circa 21°F. Nel Medio Evo tale fonte veniva denominata anche Acqua di S. Maria dell' inferno e Acqua di S. Silvestro. Queste acque alimentavano probabilmente anche un piccolo lago (*Lacus Juturnae o Lacus Curtius*?) (LANCIANI, 1881). La fons fu attiva almeno fino all'anno 225 di Roma successivamente, fu drenata nella Cloaca Massima e il livello in una vasca di marmo che le contiene (restaurata nel 2009; Fig. 14) , attualmente, subisce variazioni stagionali. L'emergenza è a circa 9,9 m s.l.m. Molto vicine a questa sorgente sono le altre emergenze della falda idrica del Tempio dei Castori, Lapis Niger Tabularium, nonché il *lacus Curtius*, ipotizzato come un fenomeno di sinkhole (NISIO, 2003; 2008, 2010) da cui fuoriuscivano esalazioni di zolfo e di altri gas.

### 3. - LE SORGENTI IN SOTTERRANEO NEI CIMITERI CRISTIANI

Alcuni testi di archeologia cristiana riportano la descrizione di sorgenti e fonti d'acqua fredda purissima che scaturivano in sotterraneo nei cimiteri cristiani (BOSIO, 1632; BOLDETTI, 1720; PARTENIO 1802; D'AGINCOURT SEROUUX, 1834; DE ROSSI 1860;1864-1877; KIRSCH 1933, TESTINI 1966, 1980).

Una di queste era all'interno del cimitero di Ca-

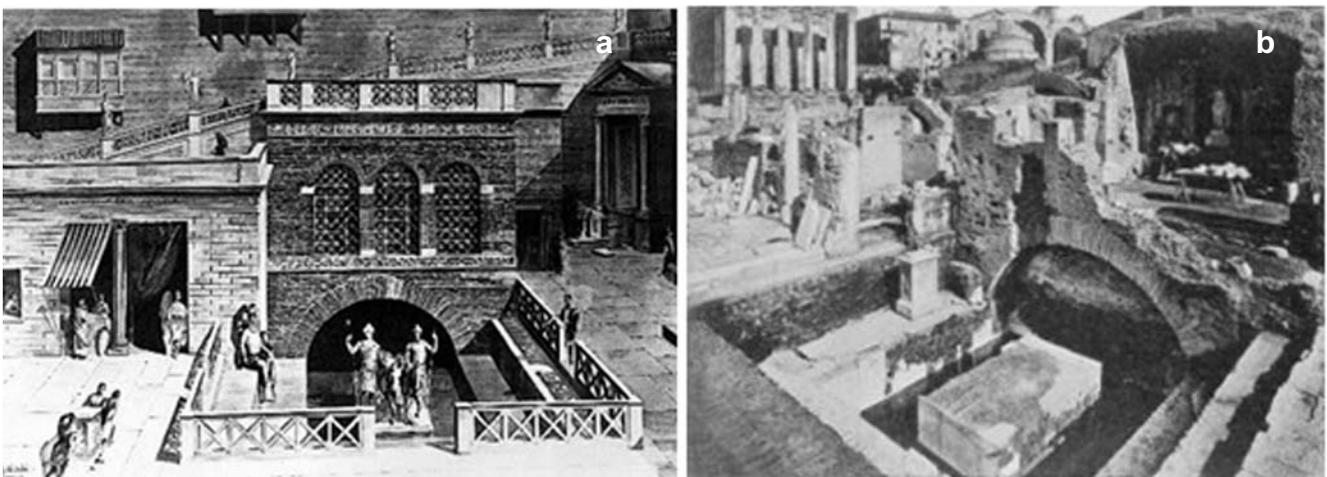


Fig 14 - La Fonte di Giuturna presso il foro Romano; a) ricostruzione; b) immagine d'epoca. - *The Fons of Giuturna near the Roman forum; a) reconstruction; b) Historical image.*

lepodio, presso la Via Aurelia Antica (BOSIO, 1632; D'AGINCOURT SEROUUX, 1834). La temperatura dell'acqua sorgiva era bassa, otto gradi centigradi, rispetto ai quattordici o quindici gradi della temperatura esterna e delle altre sorgenti; nei pressi della sorgente l'ambiente ipogeo risultava raffreddato.

Un'altra misteriosa sorgente veniva descritta in alcune catacombe sulla Via Nomentana, al settimo o all'ottavo miglio fuori Roma. Essa scaturiva in un cimitero chiamato *Ad Nymphas*, da PANVINIO (1568), per la grande quantità di acque che vi scorrevano (BOSIO, 1632; BOLDETTI, 1720); l'apostolo Pietro praticava il battesimo con queste acque. Il cimitero *Ad Nymphas* non è stato ancora trovato, qualcuno lo identifica con il Cimitero di S. Alessandro sulla Nomentana oltre il Grande Raccordo Anulare (BOLDETTI, 1720), ma in quest'ultimo, a parte l'eccessiva distanza, non si riscontra alcuna scaturigine.

Una fonte d'acqua perenne e pura era presente anche presso il Gianicolo, all'interno delle catacombe di Ponziano; essa serviva agli antichi cristiani come fonte battesimale (BOSIO 1632; DANDOLO 1865). Nel 1632, Bosio descrive questa fonte d'acqua purissima e freschissima che alimentava un battistero per una profondità di 1,5 m, nonché il ritrovamento presso di essa di vasi cristiani contenenti sangue. DE ANGELIS D'OSSAT osservò la stessa fonte nel 1939 e riportò che la temperatura dell'acqua era di 16°C rispetto a quella esterna che era di 9° (9 °C la massima e 1°C la minima; Fig. 15). L'acqua sgorgava in

altri tre punti all'interno delle gallerie del cimitero di Ponziano e aveva le stesse caratteristiche dell'acqua della fonte battesimale; le acque venivano emunte da tre pozzi, di cui uno di pertinenza del Monastero soprastante.

Sulla Via Cornelia, presso il Cimitero di San Mario e Santa Marta, era nota un'altra sorgente in sotterraneo; per tale ragione il cimitero fu detto, similmente a quello ubicato sulla via Nomentana, *Ad Nymphas Catabasso* (BOLDETTI, 1720). Il cimitero sorgeva in un'area agricola al dodicesimo miglio della Via Cornelia che veniva denominata *Nymphas Catabasso*, proprio perché la sorgente emergeva in un'area particolarmente depressa.

Altre sorgive e acque freatiche furono rinvenute nei nelle gallerie di cava della zona delle Tre Fontane (BACCI 1642, DE ANGELIS D'OSSAT 1939; NISIO *et alii* 2017; BERSANI *et alii*, 2018).

Nel 1709 le acque dei sotterranei dell'Abbazia delle Tre Fontane erano descritte come mineralizzate, leggermente calde e acidule, e si rivenivano al di sotto dell'edicola di Sant'Anastasio. Al di sotto della stessa Abbazia erano presenti altre acque mineralizzate che fuoriuscivano a giorno nelle depressioni naturali nell'area del parco circostante (BERSANI *et alii* 2018). Le principali sorgenti sono riportate in tabella 1.

#### 4. - TETTONICA, TERMALISMO E DEGASSAMENTO NELL'AREA URBANA DI ROMA

Le osservazioni di faglie e fratture nelle unità geologiche affioranti nell'area romana sono scarse sia per numero che per qualità del dato. Ciò è dovuto prevalentemente alle loro caratteristiche reologiche (i.e. rocce poco consolidate) e alla loro età deposizionale (Pliocene-Quaternario). Le formazioni continentali, vulcaniche e vulcano clastiche si presentano per larga parte indisturbate dalla tettonica, anche se il campo di fatturazione superficiale ha un evidente riscontro nell'organizzazione dei lineamenti morfologici dell'area (MARRA & FLORINDO, 2014).

L'esistenza di elementi deformativi a prevalente cinematica distensiva, orientati tra NW-SE e NNW-



Fig. 15 - Battistero presso le catacombe di Ponziano. a) Vasca allagata utilizzata per immersioni; b) dettaglio del dipinto che rappresenta il battesimo di Cristo. Dall' Archivio della Pontificia Commissione di Archeologia Sacra, - *Baptistry at the Pontian catacombs. a) Flooded tank used for diving; b) Detail of the painting representing the baptism of Christ. From the Archives of the Pontifical Commission of sacred Archeology.*

Tab. 1 - *Sorgenti in sotterraneo nei cimiteri cristiani di Roma.*  
 - Underground springs in the Cristian cemetery of Rome.

Area in sotterraneo con presenza di acque	Tipologia delle acque	Evoluzione
Basilica di S. Stefano sulla via Latina	Fonte - Battistero	esaurita
Basilica di San Vitale	Fonte - Battistero	esaurita
Catacomba di San Callisto	Sorgente- fonte d'acqua pura	scomparsa
Catacombe di Ponziano	Sorgente- fonte d'acqua pura	presente
Catacomba di Calepodio	Sorgente- fonte d'acqua pura	scomparsa
Catacombe <i>ad Nymphas</i> sulla Via Nomentana	Sorgente- fonte d'acqua pura	Catacombe scomparse
Catacombe <i>ad Nymphas Catabasso</i> sulla Via Cornelia	Sorgente- fonte d'acqua pura	Catacombe scomparse
Catacombe di Domitilla	Acqua di falda- fonte battistero	presente
Catacombe di S. Agnese	Fonte - Battistero	scomparsa
Catacombe di Priscilla, presso basilica di san silvestro	Battistero	esaurita
Catacombe di Ciriaca sulla Via Tiburtina	Fonte - Battistero	esaurita
Catacombe di Sant'Agata in Fundum Lardarium Via Aurelia Nova	Fonte - Battistero	Catacomba scomparsa
Chiesa San Giovanni dei Fiorentini – Altare di Dite e Proserpina	Sorgente minerale	esaurita
Ipogeo Basilica San Paolo fuori le Mura	Fonte - Battistero	esaurito
Sepulchra presso Porta Aurelia	Fonte - Battistero	esaurita
Sotterranei della Chiesa di S.S. Nereo e Achilleo	Sorgente- fonte d'acqua pura	esaurita
Sotterranei di San Pietro	Sorgente- fonte d'acqua pura	n.d.
Sotterranei Sant'Anastasio alle Tre Fontane	Sorgente- fonte d'acqua pura	esaurita

SSE (N340°) che interessano i terreni argillosi pliocenici e che sono suturati dalle formazioni quaternarie, è stata riconosciuta e studiata negli scavi realizzati per la costruzione della galleria “Giovanni XXIII” (COSENTINO *et alii*, 2008).

BERSANI *et alii* (2013, 2015), NISIO *et alii* (2016), basandosi su osservazioni derivanti da diverse discipline quali sismologia (epicentri di terremoti storici e recenti, allungamento delle isosisme di due importanti terremoti avvenuti nell'area romana), geochimica dei fluidi (allineamento di acque mineralizzate, sorgenti di emissione gassosa), informazioni storiche (sinkholes, ubicazione di luoghi termali e sacri dell'antica Roma), presenza di antichi crateri eccentrici,

hanno ipotizzato la presenza di un elemento tettonico NW-SE (N 165° W), che dall'area urbana si estende fino al litorale sud (Anzio). Tale allineamento risulta coincidente con la fascia di deformazione rilevata sul terreno da COSENTINO *et alii* (2008) nella galleria Giovanni XXIII.

Per una visione più completa e approfondita dell'assetto tettonico superficiale dell'area urbana di Roma si rimanda al Foglio CARG Roma 1:50.000 (<http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>).

Uno studio approfondito per l'analisi e l'interpretazione delle strutture profonde dell'area romana è stato effettuato CESI *et alii* (2008) tramite una dettagliata indagine gravimetrica nell'area urbana. Gli au-

tori hanno individuato i principali elementi gravimetrico-strutturali nel contesto geodinamico dell'area. I dati gravimetrici mostrano che il basamento sedimentario è composto da una serie complessa di alti e bassi strutturali come effetto del regime estensionale Tirrenico che si è sovrapposto alle fasi compressive Mioceniche. Gli assi e le discontinuità gravimetriche principali, riportati in una mappa di sintesi, hanno direzione preferenziale NW - SE, SW - NE, N - S e riflettono i principali campi di sforzo riconosciuti.

La figura 16 illustra i principali elementi di discontinuità gravimetrica dedotti dall'analisi qualitativa delle mappe ottenute. Sono anche riportate per un confronto le faglie note in letteratura (Foglio CARG Roma 1:50.000; MARRA & ROSA, 1995).

Anche nell'area di Roma sono state riscontrate anomalie termiche nelle acque sotterranee. La figura 17 riporta la distribuzione di centinaia di valori di

temperatura misurate nelle acque sotterranee (sorgenti, pozzi, piezometri) nell'area urbana di Roma e nella sua area metropolitana (LA VIGNA *et alii*, 2015). Le aree con acque ipotermali (quelle con temperatura maggiore di 20°C) sono state rinvenute nel settore centro-settentrionale (anche oltre il GRA, verso il complesso vulcanico dei Sabatini), in quello occidentale e, in maniera più diffusa, nel settore sud-orientale (verso il vulcano dei Colli Albani) dell'area urbana. In questo ultimo settore, in particolare, sono state misurate le temperature più alte, fino a 25-26°C. Le aree con temperature più alte nelle acque circolanti corrispondono a quelle con valori più elevati del flusso di calore conduttivo, circa 100-150 mW/m<sup>2</sup>, come risulta in figura 2.

Uno studio dettagliato (una sorta di microzonazione geochemica) delle caratteristiche chimico-fisiche, chimiche e isotopiche delle acque di sottosuolo circolanti nell'area urbana di Roma è stato effettuato da PIZZINO (2015).

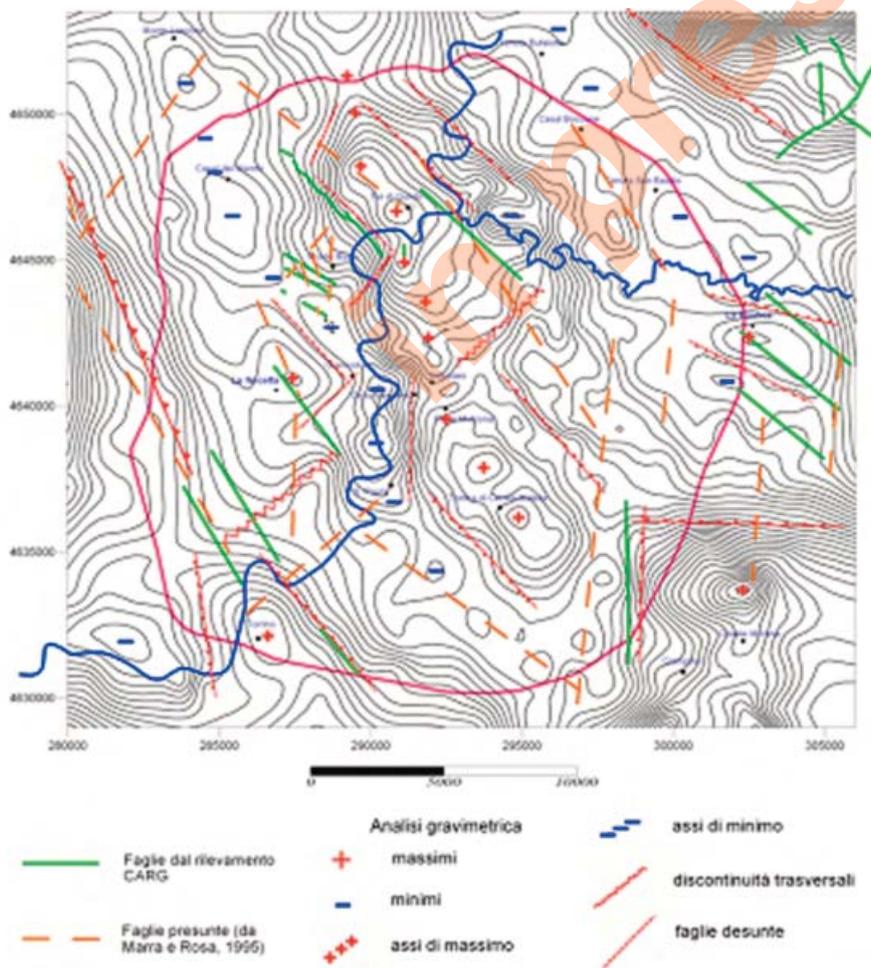


Fig. 16 - Principali elementi di discontinuità gravimetrica dedotti nell'area urbana di Roma dall'analisi qualitativa delle mappe ottenute da Cesi *et al* (2008). Sono anche riportate, per un confronto, le faglie note in letteratura (Foglio CARG Roma 1:50.000; da MARRA & ROSA, 1995).

- Main gravimetric discontinuities in the urban area of Rome inferred by the qualitative analysis of the maps from Cesi *et al* (2008). For comparison, known/inferred faults are also reported (C.A.R.G. sheet Rome 1:50.000; from MARRA & ROSA, 1995.)

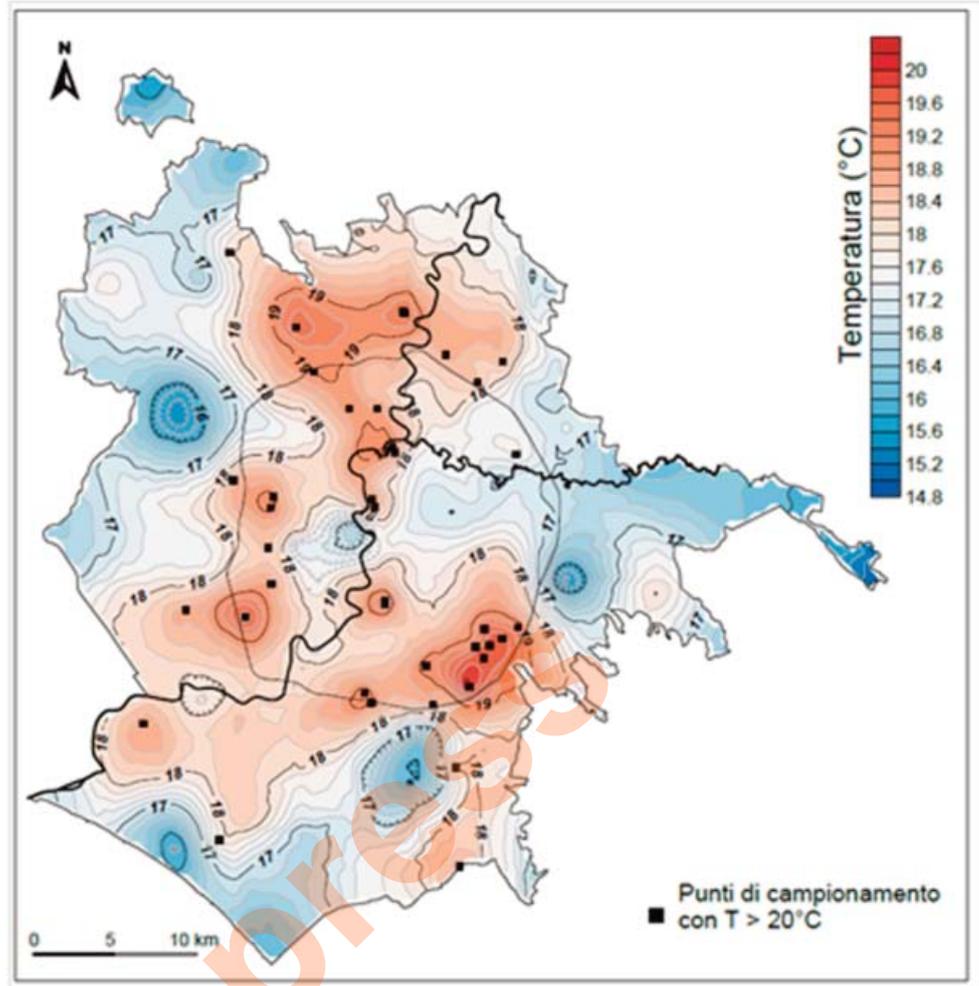


Fig. 17 - Distribuzione delle temperature nelle acque sotterranee dell'area urbana e dell'area metropolitana di Roma. Sono evidenziate (quadrati neri) siti anomala con valori misurati  $> 20^{\circ}\text{C}$  (da LA VIGNA *et alii*, 2015).

- *Temperature distribution in groundwater of both urban and great areas of Rome. Anomalous waters, with values  $> 20^{\circ}\text{C}$ , are indicated with full squares. (from LA VIGNA *et alii*, 2015).*

Uno degli elaborati più importanti di questo studio è la distribuzione geografica della  $\text{PCO}_2$  (pressione parziale di  $\text{CO}_2$ ) nelle acque di sottosuolo, calcolata a partire dai dati di temperatura, pH e chimismo (per tutti i dettagli si veda PIZZINO (2015)). Successivamente sono stati aggiunti nuovi dati (di letteratura e misure sul campo) ed è stata effettuata una trattazione statistica del *data-set*, ottenendo una nuova mappa più dettagliata (PIZZINO *et alii*, 2019, Fig. 18). Nella scala cromatica il colore giallo indica la media geometrica, pari a  $-1.28$  bar; valori più positivi sono rappresentativi delle aree in cui circolano acque maggiormente ricche in  $\text{CO}_2$ . Esse sono (indicate con i colori arancione e rosso): *i*) Cassia a NW; *ii*) una lunga fascia che va dal Flaminio alla Salaria, passando per Tor di Quinto e Saxa Rubra, a N; *iii*) lungo il corso del fiume Aniene (Montesacro); *iv*) centro storico (via del Corso); *v*) Torrino-Laurentino a SW e *vi*) Appio-Capannelle-Tuscolano a SE.

Si può tranquillamente affermare che, data la loro

estensione, le aree *ii* e *vi* possono essere considerate come vere e proprie DDS (*Diffuse Degassing Struc-*

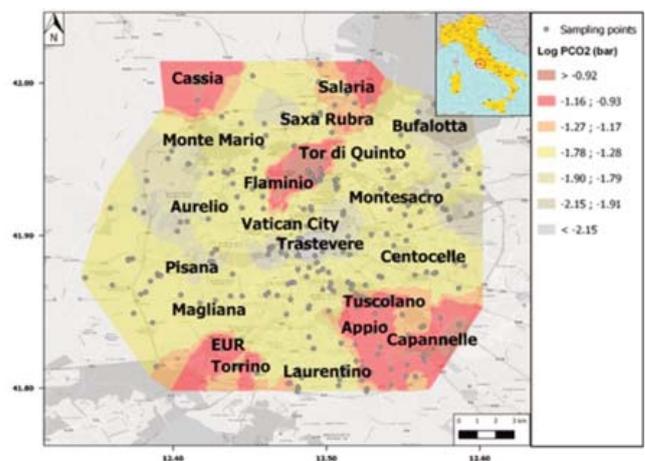


Fig. 18 - Distribuzione della  $\text{PCO}_2$  nelle acque sotterranee dell'area urbana di Roma. In rosso e in marrone sono evidenziate le aree anomale con valori calcolati  $> -1.28$  bar (da PIZZINO *et alii*, 2019).

-  *$\text{PCO}_2$  distribution in the groundwater of the urban area of Rome. Anomalous areas, with calculated  $\text{PCO}_2$  values  $> -1.28$  bar, are in red and brown (from PIZZINO *et alii*, 2019).*

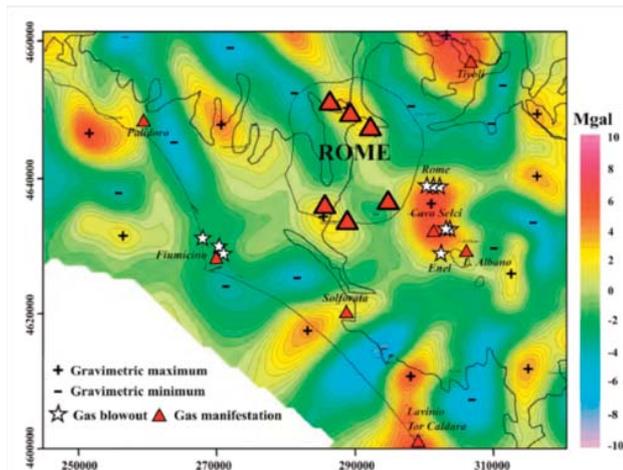


Fig. 19 - Anomalie gravimetriche e degassamento profondo nella Provincia Magmatica Romana, con particolare riferimento all'area urbana di Roma (ridisegnato da CARAPEZZA *et alii*, 2019).

- Gravimetric anomalies and deep-derived CO<sub>2</sub> degassing in the Roman Magmatic Province, with a particular focus on the urban area of Rome (redrawn from CARAPEZZA *et alii*, 2019).

ture) all'interno dell'area urbana della capitale; la Figura 18 fornisce già una prima chiara indicazione sulla distribuzione del degassamento in atto nell'area urbana di Roma. Il valore isotopico del carbonio disciolto (PIZZINO, 2015), utile per discriminare l'origine della CO<sub>2</sub>, evidenzia come le acque di sottosuolo caratterizzate da elevati valori di log PCO<sub>2</sub> disciolgano carbonio originato ad alta temperatura (processi di decarbonatazione, mantello), mentre quelle con bassi valori di log PCO<sub>2</sub> disciolgono prevalentemente carbonio organico di origine superficiale (i.e. suolo).

Le acque ricche in CO<sub>2</sub> circolano in corrispondenza di particolari strutture geologiche profonde chiamate "alti strutturali" del basamento carbona-

tico in cui il gas si accumula e risale verso la superficie lungo le faglie che li bordano, disciogliendosi negli acquiferi superficiali (Figure 19 e 20). L'anidride carbonica, quindi, si conferma un *marker* strutturale importante nell'area romana, come già riconosciuto nei due apparati vulcanici ubicati a nord (Sabatini) e a sud (Colli Albani) della capitale e nella sua area metropolitana (e.g. PIZZINO *et alii*, 2002; CINTI *et alii*, 2011, 2014; PIZZINO *et alii*, 2015; CARAPEZZA *et alii*, 2019; PIZZINO *et alii*, 2019).

## 5. - CONCLUSIONI

Le acque sotterranee dell'area romana e dei settori ad essa adiacenti presentano classi di termalismo con un *range* dei valori compreso tra 12,5 e 26 °C (PIZZINO *et alii*, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008; LA VIGNA *et alii*, 2015). In particolare nell'area meridionale, a sud del G.R.A. (Ciampino), e nel settore sud-orientale dell'area urbana (Capannelle-Appio), si riscontrano temperature delle acque sotterranee superiori ai 21 °C, fino a un massimo di 26 °C (PIZZINO *et alii*, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008; LA VIGNA *et alii*, 2015). Altre anomalie positive si trovano nel settore occidentale della città (area della Pisana-Magliana), in quello settentrionale, nella zona della Cassia e nel settore Salario-Flaminio, dove le temperature degli acquiferi si attestano su valori prossimi ai 22 °C. Infine, anomalie positive (temperature delle acque > di 19°C), localizzate e distribuite, sono presenti nel settore nord orientale di Roma (Settebagni, Marcigliana, Centrale del Latte).

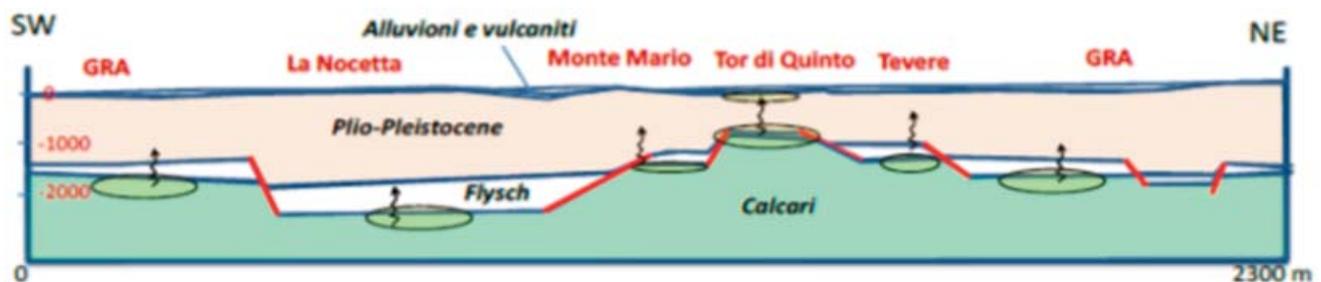


Fig. 20 - Assetto strutturale profondo e degassamento nell'area urbana di Roma. Sezione geologica SW-NE. Le frecce evidenziano la risalita di CO<sub>2</sub> e le ellissi colorate il suo accumulo di al top degli alti strutturali e dove è presente il contrasto di permeabilità tra i carbonati e le coperture impermeabili sovrastanti. (da MATTLA, 2014).

- Deep structural setting and deep-derived CO<sub>2</sub> degassing in the urban area of Rome. SW-NE geological cross-section within the study area. Arrows indicate CO<sub>2</sub> uprising from depth that can accumulate, forming gaseous traps (ellipses). They can be found both at the top of the structural highs and where contrasting permeabilities among carbonates (in green) and overlying impermeable covers (flysch in white and clays in light pink), exist. (from MATTLA, 2014).

Il termalismo delle acque circolanti nei settori su indicati è dovuto principalmente: *i*) a risalite di fluidi caldi lungo le faglie regionali (processo comune a tutte le aree); *ii*) al miscelamento con acque più calde provenienti dal basamento carbonatico (Magliana, Salario-Flaminio, Capannelle-Appio, Ciampino, PIZZINO *et alii*, 2002; PIZZINO, 2015) e *iii*) all'approfondimento dei circuiti idrici in presenza di elevati gradienti termici stante la prossimità agli apparati vulcanici dei Sabatini a nord (Cassia) e dei Colli Albani a sud (Capannelle-Appio, Ciampino). Il termalismo nelle acque sotterranee è, inoltre, generalmente associato con elevate quantità di anidride carbonica disciolta, di origine profonda (mantellica e/o crostale, PIZZINO, 2015).

Acque mineralizzate calde o fredde, deposizioni di zolfo ed emissioni gassose sono, poi, testimoniate in epoche storiche da cronache e documenti. Spesso le sorgenti minerali, i siti o i boschi in cui avvenivano emissioni di gas (quali, ad esempio, CO<sub>2</sub>, idrocarburi e composti dello zolfo) venivano considerati sacri (*lucus*), e nelle vicinanze di questi venivano eretti edifici di culto, quali ad esempio il *Lucus Mephitis*, presso il quartiere Monti.

Nell'antichità, inoltre, venivano descritte sorgenti sacre e fonti d'acqua nei cimiteri sotterranei di Roma sacralizzate e utilizzate, secondo alcune fonti, per battezzare i cristiani (BERSANI *et alii*, 2013, 2015, 2017). La loro progressiva scomparsa dimostra che la circolazione idrogeologica della città di Roma è variata nel tempo generalmente con un progressivo abbassamento del livello di falda (BERSANI & BERSANI, 2010; BERSANI *et alii*, 2013, 2015, 2017; NISIO *et alii*, 2016). Lo sviluppo del tessuto urbano ha, poi, nella maggior parte dei casi, obliterato i punti di risorgiva e/o i siti di degassamento ancora attivi, prosciugati o estinti e indotto alla captazione di alcuni punti di sorgente.

L'ubicazione di tali manifestazioni tuttavia, seppur oggi estinte, riveste particolare interesse scientifico al fine della sua relazione con le strutture geologiche conosciute, della presenza di emissioni gassose e della definizione di aree particolarmente sensibili ad alcuni rischi naturali quali il *Natural Gas Hazard*, essendo alcuni gas (come CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S) ve-

nosi/asfissianti se respirati in concentrazioni elevate.

L'analisi dei dati ha permesso di definire, all'interno della città di Roma, diversi settori in cui tali manifestazioni sono particolarmente numerose; la distribuzione osservata è legata alla circolazione idrotermale che avviene in corrispondenza di faglie superficiali e profonde legate alla tettonica distensiva che ha interessato l'area in studio fin dal Quaternario. In particolare, acque ipotermali e ricche in gas circolano in corrispondenza di "alti strutturali" del basamento carbonatico (Tuscolano - Appio, Flaminio, Eur-Torrino, PIZZINO, 2015) in cui la CO<sub>2</sub> si accumula; lungo le faglie bordiere di queste strutture geologiche la CO<sub>2</sub> risale e si discioglie negli acquiferi superficiali. L'anidride carbonica nell'area urbana di Roma risulta, pertanto, un importante indicatore strutturale, come già riconosciuto in altri settori della PMR (e.g. PIZZINO *et alii*, 2002; CINTI *et alii*, 2011, 2014).

La maggior parte delle sorgenti sacralizzate e dei siti ritenuti sacri erano situate in aree (e.g. BERSANI *et alii*, 2013, 2015) in cui studi recenti (PIZZINO, 2015; PIZZINO *et alii*, 2019) hanno messo in evidenza la presenza di acque ipotermali ricche in gas (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S), a conferma della sinergia che è possibile creare, in una città unica nel suo genere come Roma, tra archeologia e storia da una parte e discipline scientifiche (idrologia, geochemica, geologia strutturale, geofisica) dall'altra, al fine di gettare un ponte ideale tra presente e passato. La sovrapposizione tra aree degassanti e anomalie geochemiche antiche e attuali testimonia la probabile veridicità delle leggende tramandate nei millenni; alla luce di ciò, i siti sacri possono essere selezionati per permettere l'identificazione di aree dove sviluppare ulteriori studi multidisciplinari futuri nella città di Roma.

## BIBLIOGRAFIA

- AMIDEI F (1741) - *Roma antica distinta per Regioni. Della fondazione di Roma. A gloria dell'edificazione di Roma da quasi tutti gli Scrittori delle Romane Istorie*. Marchese Raggi Ed.
- AMATO A., CHIARABBA C., COCCO M., DI BONA M. & SELVAGGI G. (1994) - *The 1989-1990 seismic swarm in the Alban Hills volcanic area, central Italy*, J.Volc.Geoth.Res., **61**, 225-237.

- APAT - Servizio Geologico d'Italia (2008) - *La Geologia di Roma: dal centro storico alla periferia*. Mem. Descr. della Carta geol. D'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- APAT - Servizio Geologico d'Italia (2008) - *Foglio Geologico 374, Roma* in scala 1:50.000 con note illustrative.
- APAT - Servizio Geologico d'Italia (2008) - *Foglio Geologico 387, Albano Laziale*, in scala 1:50.000 con note illustrative.
- ARMELLINI M. (1891) - *Le chiese di Roma*. Tipografia Vaticana. Roma.
- BACCI G.P. (1642) - *La vita di San Filippo Neri fondatore della Congregazione dell'Oratorio*. Roma Ed. Vitale Mascardi. 487 p.p.
- BARBERI F., CARAPEZZA M.L., RANALDI M. & TARCHINI L. (2007) - *Gas blowout from shallow boreholes at Fiumicino (Rome): induced hazard and evidence of deep CO<sub>2</sub> degassing on the Tyrrhenian margin of Central Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res. **165**, 17-31.
- BASILI A., CANTORE L., COCCO M., FREPOLI A., MARGHERITI L., NOSTRO C. & SELVAGGI G. (1996) - *The June 12, 1995 microearthquake sequence in the city of Rome*. Annali di Geofisica, **34** (6), 1167-1175.
- BERSANI P. & BERSANI A. (2010) - *L'antica sorgente dell'Acqua Acetosa a Roma*. Professione Geologo n.24 Luglio 2010.
- BERSANI P., FERRARI S. & PIZZINO L. (2009) - *Un'antica sorgente termale nel Campo Marzio a Roma*. L'Acqua n. 2.
- BERSANI P., NISIO S. & PIZZINO L. (2013) - *Acque Mineralizzate, Emissioni Gassose E Sismicità Nell'area Compresa Tra Roma E Il Litorale: Dati Storici E Nuovi Contributi*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **93**, 409-438.
- BERSANI P., NISIO S. & PIZZINO L. (2015) - *Manifestazioni gassose, solfuree e eventi di collasso nel centro storico di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **99**, 43-68.
- BERSANI P., NISIO S. & PIZZINO L. (2017) - *La sismicità storica della città di Roma, danni subiti dal patrimonio artistico in passato e importanza della microzonazione per la tutela del patrimonio artistico ed edilizio*. XXVI Convegno Nazionale di Geotecnica, "L'Ingegneria Geotecnica nella conservazione e tutela del patrimonio costruito". Roma 20 giugno, 2017, pag 435-445.
- BERSANI P., NISIO S. & PIZZINO L. (2018) - *La presenza di acque nelle cavità sotterranee di Roma*. SIGEA - Soc. It. di Geol. Amb., Geologia dell'Ambiente **4**/2018.
- BIGI S., BEAUBIEN S.E., CIOTOLI G., D'AMBROGI C., DOGLIONI C., FERRANTE V., LOMBARDI S., MILLI S., ORLANDO L., RUGGIERO L., TARTARELLO M.C. & SACCO P. (2014) - *Mantle-derived CO<sub>2</sub> migration along faults within an extensional basin margin (Fiumicino, Rome, Italy)*. Tectonophysics. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2014.10.001>.
- BOLDETTI M. (1720) - *Osservazioni sopra i cimiteri de' santi Martiri, ed antichi cristiani di Roma*.
- BONI C., BONO E. & CAPELLI G. (1988) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**. Roma.
- BOSIO A. (1632) - *Roma sotterranea*. **2**, Roma, 1632.
- CAMPONESCHI & NOLASCO F. (1982) - *Le risorse naturali della Regione Lazio*, "Roma e i Colli Albani", **7**. Regione Lazio.
- BROCCHI G.B. (1820) - *Dello Stato fisico del suolo romano*, Stamperia De Romanis.
- CAPELLI G., MAZZA R. & TAVIANI S. (2008) - *Acque sotterranee nella città di Roma*. Mem. Descr. della Carta Geol. d'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- CANCELLIERI F.G. (1788) - *Notizie del carcere Tulliano Detto poi Mamertino Alle radici del Campidoglio*. 133 pp.
- CAPELLI G., MAZZA R. & TAVIANI S. (2008) - *Acque sotterranee nella città di Roma*. Mem. Descr. Della Carta Geol. d'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- CARAPEZZA M.L. & TARCHINI L. (2007) - *Accidental gas emission from shallow pressurized aquifers at Alban Hills volcano (Rome, Italy): Geochemical evidence of magmatic degassing?* J. Volcanol. Geotherm. Res. **165**, 5-16, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2007.04.008.
- CARAPEZZA M.L., BARBERI F., RANALDI M., TARCHINI L. & PAGLIUCA N.M. (2019) - *Faulting and gas discharge in the Rome area (Central Italy) and associated hazards*". Tectonics, **38**, 941-959.
- CARAPEZZA M.L., RANALDI M., TARCHINI L., GATTUSO A., PAGLIUCA N.M., VINCI M. & BARBERI F. (2020) - *Dangerous emissions of endogenous CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S from gas blowouts of shallow wells in the Rome Municipality (Italy)*, Applied Geochemistry, **123**, 1-12.
- CARDILLI L. (2010) - *Sulla fontana dell'Acqua Acetosa e il nuovo parco. Un recupero significativo*. L'Acqua n. **2**/2010.
- CASTELLANI V. & BERSANI P. (2005) - *Il cunicolo idraulico di Villa Glori - Lungotevere dell'Acqua Acetosa*. In Catasto cavità sotterranee italiane.
- CESI C., EULLILI V. & FERRI F. (2008) - *Analisi ed interpretazione dei valori delle anomalie di gravità del territorio dell'area romana: correlazione con gli elementi geologici di superficie e la struttura profonda*. In: FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G. (ed.) "La Geologia di Roma", Mem. Descr. Della Carta Geol. d'It., **80**, 97-113.
- CHIARABBA C., AMATO A. & DELANEY P.T. (1997) - *Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills, Central Italy*. Bull. Volcanol. **59** (3): 161-170.
- CHIODINI G., FRONDINI F. (2001) - *Carbon dioxide degassing from the Albani Hills volcanic region, Central Italy*. Chem. Geol. **177**, 67-83.
- CINTI D., PROCESI M., TASSI F., MONTEGROSSI G., SCIARRA A., VASELLI O. & QUATTROCCHI F. (2011) - *Fluid geochemistry and geothermometry in the western sector of the Sabatini Volcanic District and the Tolfa Mountains (Central Italy)*. Chem. Geol. **284** (1-2), 160-181.
- CINTI D., TASSI F., PROCESI M., BONINI M., CAPECCHIACCI F., VOLTATTORNI N., VASELLI O. & QUATTROCCHI F. (2014) - *Fluid Geochemistry And Geothermometry In The Unexploited Geothermal Field Of The Vicano-Cimino Volcanic District (Central Italy)*. Chemical Geology, Doi: 10.1016/J.Chemgeo.2014.02.005;
- CIOTOLI G., ETIOPE G., FLORINDO F., MARRA F., RUGGIERO L. & SAUER P.E. (2013) - *Sudden deep gas eruption nearby Rome's airport of Fiumicino*. Geophys. Res. Lett. <http://dx.doi.org/10.1002/2013GL058132>.
- CIOTOLI G., CORAZZA A., FINOIA M.G., NISIO S. & SUCCHIARELLI C. (2013) - *Gli sprofondamenti antropogenici nell'aria urbana*

- di Roma. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **93**, 143-182.
- CIOTOLI G., FERRI G., NISIO S. & SUCCHIARELLI C. (2015 a) - *The underground cavities in the territory of Rome: typologies, distribution and sinkhole susceptibility*. Hypogea 2015 - Proceedings of International Congress of Speleology in Artificial Cavities - Rome, March 11/17 2015 311.
- CIOTOLI G., NISIO S. & SERAFINI R. (2015 b) - *Analisi della suscettibilità ai sinkholes antropogenici nel centro urbano di Roma: analisi previsionale*. (2015) Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **99**, 167-188.
- CONTICELLI S., LAURENZI M.A., GIORDANO G., MATTEI M., AVANZINELLI R., MELLUSO L., TOMMASINI S., BOARI E. & CIFELLI F. (2010) - *Leucite-bearing (kamafugitic/leucitic) and-free (lamproitic) ultrapotassic rocks and associated shoshonites from Italy: constraints on petrogenesis and geodynamics*. Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, ISSN 1441-8142, vol. **36**, paper 20 In: (Eds.) M. BELTRANDO, A. PECCERILLO, M. MATTEI, S. CONTICELLI & C. DOGLIONI *The Geology of Italy: tectonics and life along plate margins*.
- C.N.R. (1985) - *Progetto finalizzato Geodinamica - Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Bologna.
- CASSIO A. (1756) - *Corso dell'acque antiche...* Roma.
- CASSIO A. (1893) - *Bollettino della commissione Archeologica di Roma*. Tip. Dell'Accademia dei Lincei, 304pp. Roma.
- CASTIGLIONE & SABA (1957) - *Storia dei Papi*. Ediz. UTET.
- CECHELLI (1935) - *Santa Maria in Trastevere*. La Chiese di Roma illustrate n. 31-32
- CIMINO M.G. & NOTA SANTI M. (1998) - *Corso Vittorio Emanuele II tra urbanistica e archeologia - Storia di uno sventramento*. Edizione Electa, Napoli.
- CORAZZA A. & LOMBARDI L. (1995) - *Idrogeologia del centro storico di Roma*. Mem. Descr. della Carta geol. d'It. **50**.
- D'AGINCOURT SEROUX (1834) - *Viaggio nelle Catacombe di Roma*, Milano, 1834 per G. Silvestri.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1943) - *La geologia delle catacombe romane*, Citta del Vaticano, 1943, p. 5.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1906) - *I veli acquiferi di Monteverde presso Roma*. Boll. Soc. Ing. Arch. It., **14**, Roma.
- DE ROSSI G.B. (1864-1877) - *La Roma Sotterranea Cristiana descritta e illustrata*, Stamperia Vaticana. **3**; 647-697; Roma, 1864-77.
- DE ROSSI M.S. (1864-1877) - *Analisi geologica ed architettonica in La Roma Sotterranea Cristiana descritta e illustrata*, **3**.
- DE ROSSI M.S. (1860) - *Dell'ampiezza delle romane catacombe e d'una macchina iconografica ed ortografica per rilevarne le piante e i livelli*, *Atti dell'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei*. Sessione VI del 6 maggio 1860.
- DAVIES J.H. (2013) - *Global map of solid Earth surface heat flow*, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **14**, 4608-4622, doi:10.1002/ggge.20271.
- DELLA VEDOVA B., BELLANI S., PELLIS G. & SQUARCI P. (2001) - *Deep temperatures and surface heat flow distribution*. In: VAI G.B., MARTINI I.P., editors. *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean basins*. Kluwer Academic Publishers, 65-76.
- FERRANTE CORTI I. (1930) - *Mirabilia Urbis Romae*. Fratelli Strini Editori, Albano Laziale, 1930, pp. 267, cfr. pag. 113.
- FEUILLET N., NOSTRO C., CHIARABBA C. & COCCO M. (2004) - *Coupling between earthquake swarms and volcanic unrest at the Alban Hills volcano (Italy) through elastic stress transfer*, *J. Geophys. Res.*, **109**, B02308, doi:10.1029/2003JB002419.
- GIGLI L. (1987) - *Guide rionali di Roma, Rione XII Trastevere*. Roma.
- GIORDANO G., MATTEI M. & FUNICIELLO R. (2010) - *Geological Map of the Colli Albano Volcano. In scala 1:50.000*. Università degli Studi RomaTre - Dipartimento di Scienze Geologiche, Servizio Geologico d'Italia e Regione Lazio - Assessorato all'Ambiente e alla Cooperazione tra i Popoli.
- ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA. - *Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (CSI 1.1)*. Disponibile su: <http://www.ingv.it/banche-dati>.
- ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA - *Iside - Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base : Catalogo dal 2005 a oggi*. Disponibile su: <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- KIRSCH P. (1924) - *Le memorie dei martiri sulle vie Au relia e Cornelia*, in *Studi e Testi*, Citta del Vaticano, **38** (1924) 63-100.
- KIRSCH P. (1933) - *Le catacombe romane*, Roma, p. 228.
- LA VIGNA F., MAZZA R., AMANTI M., DI SALVO C., PETITTA M. & PIZZINO L. (2015) - *La sintesi delle conoscenze maturate negli anni sulle acque sotterranee: La Nuova carta idrogeologica di Roma. The synthesis of decades of groundwater knowledge: the new hydrogeological map of Rome*. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, **4/142**, 9-17.
- LANCIANI R. (1881) - *Topografia di Roma antica. I commentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*. Mem. Reale Acc. Lincei ser. **3**, **4**: 215-614, Roma. Ristampa anastatica.
- LANCIANI R. (1975) - *Le acque e gli acquedotti di Roma*. Quasar Ed, Roma.
- LIVEROTTI M. (2009) - *Riti antichi e misteriosi nella zona di piazza dell'Oro*. Riv. Urlo, **69**, novembre 2009.
- LOMBARDI L. & CORAZZA A. (2008) - *L'acqua e la città in epoca antica*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- LUGLI G. (1938) - *Acque urbane in Roma Antica*. Scienze e Lettere dal 1919; già Bardi Ed. 182 pp.
- LUGLI G. (1970) - *Itinerario di Roma antica*, Milano, 1970, p. 83.
- MARCHI G. (1844-1847) - *Monumenti delle arti cristiane primitive nella metropoli del cristianesimo* - Architettura.
- MARIUCCI M.T., PIERDOMINICI S., PIZZINO L., MARRA F. & MONTONE P. (2008) - *Looking into a volcanic area: an overview on the 350 m scientific drilling at Colli Albani (Rome, Italy)*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **176**, 225-240.
- MARUCCI O. (1933) - *Le catacombe romane*, Roma, p. 77.
- MARRA F. & ROSA C. (1995) - *Stratigrafia e assetto geologico dell'area romana*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **50**, 49-118.
- MARRA F. & FLORINDO (2014) - *The subsurface geology of Rome: Sedimentary processes, sea-level changes and astronomical forcing*. *Earth-Science Reviews* **136**, 1-20.

- MATTEI M., CONTICELLI S. & GIORDANO G. (2010) - *The Tyrhenian margin geological setting: from the Apennine orogeny to the K-rich volcanism*. In: FUNICIELLO R. & GIORDANO G. (eds) *The Colli Albani Volcano*. Special Publications of IAVCEI, 3. Geol. Soc. London, London, 7-27.
- MATTIA M. (2014) - *Studio geochimico dell'Acquedotto Vergine Antico di Roma*. Tesi di laurea inedita, Università degli studi Roma 3.
- MCS (1930) - *Scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg*. In SIEBERG A. : *Geologie der Erdbeben*, tab. 102, Handbuch der Geophysic. Berlin.
- MINISSALE A., DONATO A., PROCESI M., PIZZINO L. & GIAMMANCO S. (2019) - *Systematic review of geochemical data from thermal springs, gas vents and fumaroles of Southern Italy for geothermal favourability mapping*. Earth Science Review, **188**, 514-535.
- MOLIN D., CASTENETTO S., DI LORETO E., GUIDOBONI E., LIPERI L., NARCISI B., PACIELLO A., RIGUZZI E., ROSSI A., TERTULLIANI A. & TRAINA G. (1995) - Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **50**.
- NISIO S. (2003) - *I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale*. Il Quaternario, **16** (1) 2003, 121-132.
- NISIO S. (2008) - *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **85**; 475pp.
- NIBBY A. (1849) - *Analisi storico-topografico antiquaria della Carta de' dintorni di Roma*, III, Roma, p. 598/599.
- NISIO S. (2010) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. Atti 2° Workshop internazionale: I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato. Roma 3-4 dicembre 2009. ISPRA, 845-864.
- NISIO S., ALLEVI A., CIOTOLI G., FERRI G., FIORE R., PASCUCCI R., STRANIERI I. & SUCCHIARELLI C. (2017), *Carta delle Cavità sotterranee di Roma*. ISPRA.
- NISIO S., BERSANI P. & PIZZINO L. (2016) - *Rome: seismic events of the past and tectonic lines that cross the city*. Accademia dei Lincei - La resilienza delle città a gli eventi sismici. 3-4 nov. 2015; Vol. Atti Accademia dei Lincei, 271-285.
- OVIDIO (1999) - *Opere complete, Vol. I, Traduzione di Stok F.*, UTET, Torino, pp. 493
- PAGLIUCA N.M., GASPARINI C. & PIETRANGELI D. (2007) - *Il museo geofisico di Rocca di Papa: tra divulgazione e ricerca scientifica*. Annali dell'Università di Ferrara, Mus. Sci. Nat., **3**.
- PANVINIO O. (1568) - *De ritu sepeliendi mortuos apud veteres christianos et eorumdem coem.terris liber*, Colonia, 1568, p. 99-101.
- PARTENIO G.M. (1802) - *Vie sacre* - Seconda Edizione, tomo 1, riveduta da L. Adami. Saperia Salvioni, 255 pp.
- PIZZINO L., GALLI G., MANCINI C., QUATTROCCHI F. & SCARLATO P. (2002) - *Natural Gas Hazard (CO<sub>2</sub>, <sup>222</sup>Rn) within a quiescent volcanic region and its relations with tectonics: The case of the Ciampino-Marino area, Alban Hills Volcano, Italy*. Natural Hazards, **27**, (3), 257-287.
- PIZZINO L. (2015) - *Fluid geochemistry and Natural Gas Hazard in the urban area of Rome*. Tesi di dottorato, Università degli Studi Roma 3, 152 pp.
- PIZZINO L., CINTI D., PROCESI M. & SCIARRA A. (2015) - *Caratterizzazione chimica preliminare delle acque sotterranee di Roma Capitale; Preliminary chemical characterization of groundwater in the Rome Municipality*. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 47-57.
- PIZZINO L., SCIARRA A., GALLO F. & DI RENZO D. (2019) - *CO<sub>2</sub> and radon distribution in groundwater of the urban area of Rome (central Italy): geo-structural control and Gas Hazard assessment in a highly populated area*. 15th International Conference on Gas Geochemistry ICGG15, Palermo & Milazzo, 30 September-5 October 2019. Edited by F. ITALIANO, C.G. CARUSO, R. CELI. Misc. INGV, **49**: 230-234. ISSN 1590-2595.
- RIGUZZI F. & TERTULLIANI A. (1992) - *I terremoti romani del 1895 e del 1909*. Geologia Tecnica & Ambientale n. 3.
- RIGUZZI F. & TERTULLIANI A. (1993) - *Re-evaluation of minor events: the examples of the 1895 and 1909 Rome earthquakes*. Natural hazards, **7**, 219-235.
- SALVI S., ATZORI S., TOLOMEI C., ALLIEVI J., FERRETTI A., ROCCA F., PRATI C., STRAMONDO S. & FEUILLET N. (2004) - *Inflation rate of the Colli Albani volcano complex: retrieve by the permanent scatterers SAR interferometry technique*. Geophysical Research Letters, **31**, L12606, doi:10.1029/2004GL020253, 2004.
- SCAGNETTI R. (1984) - *Grande Pianta Topografica a colori di Roma Antica*.
- SELLA P., BILLI A., MAZZINI I., DE FILIPPIS L., PIZZINO L., SCIARRA A. & QUATTROCCHI F. (2014) - *A new-emerged (August 2013) artificially-triggered fumarole near the Fiumicino airport, Rome, Italy*. J. Volcan. Geotherm. Res. **280**, 53-66.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) - *"Foglio Geologico 158 LATINA"* in scala 1:100.000.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) - *"Foglio Geologico 150 ROMA"* in scala 1:100.000.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1995) - *"La Geologia di Roma: il centro storico"*, Mem. Descr. Della Carta Geol. d'It. **50**, Coord. R. FUNICIELLO. Roma.
- SILVAGNI A. (1932) - *La topografia cimiteriale della via Aurelia*, in Rivista di Archeologia Cristiana **9** (1932) 103-118.
- TITO LIVIO - *Ab Urbe condita*. Traduzione di Fiore C., UTET, Torino, 1981, pp. 730
- TESTINI P. (1966) - *Le catacombe e gli antichi cimiteri cristiani in Roma*, Bologna, p. 249.
- TESTINI P. (1980), *Archeologia Cristiana*. Roma.
- VALERIO M. (1971) - *Detti e fatti memorabili*. Traduzione di FARANDA S., UTET, Torino, pp. 1146, cfr. pag. 428.
- VENTRIGLIA U. (2002) - *"Geologia del territorio comunale di Roma"*, Amm.ne Prov.le di Roma.
- VENTRIGLIA U. (1990) - *"Idrogeologia della provincia di Roma - Regione vulcanica dei Colli Albani"*. Amm.ne Prov.le di Roma Ass.to LL PP, Viabilità e Trasporti. Roma.
- VENTRIGLIA U. (2002) - *La geologia del territorio del Comune di Roma*. Amm.ne Prov.le di Roma, Ass.to LL PP, Viabilità e Trasporti, Roma.
- WASHINGTON H.S. (1906) - *The Roman Comagmatic Region*, **57**. Carnegie Institute, Washington, pp. 1-199.