Mem. Descr. Carta Geol. D'It.
XCIX (2015), pp. 267 - 272
fig. 1

Assetto geologico-strutturale profondo del Bacino delle Acque Albule (Roma, Lazio)

Deeper geological and structural settings of Acque Albule Basin (Rome, Latium)

DI NEZZA M. (*), CECCHINI F. (**), MARGOTTINI S. (**),
DI FILIPPO M. (***)

RIASSUNTO - Scopo di questo lavoro è quello di mostrare l'assetto geologico-strutturale del substrato carbonatico Meso-Cenozoico al di sotto del BAA ottenuto da un modello gravimetrico 3D. La presenza di fenomeni di subsidenza si hanno solo lungo il margine occidentale del bordo del bacino dove si osserva, a modesta profondità l'estremità meridionale del Dorsale Gravimetrica Tiberina. La distribuzione dei fenomeni di sprofondamento e sorgenti sulfuree riconosciute all'interno del BAA si sono impostati lungo discontinuità gravimetriche ad andamento NNE-SSW, NE-SW e N-S dove si ha una coincidenza con l'estensione della distribuzione massima dei risentimenti macrosismici dovuti alla sismicità del Gennaio 2001.

PAROLE CHIAVE: modello gravimetria 3D, densità, discontinuità gravimetriche, sinkhole, Bacino delle Acque Albule

ABSTRACT - This paper has the aim to show a geological and structural Meso-Cenozoic carbonatic bedrock below the AAB obtained by 3D gravity model. Subsidence phenomena occurrences along the western edge of the basin only, it is the southern end of Tiberian Gravity Ridge detected in low depth. The distribution of the phenomena of collapse and sulfur springs are recognized along the NNE-SSW, NE-SW and N-S gravity discontinuities where the seismicity of the January 2001 shows the distribution of the areas with higher macroseismic effects.

KEY WORDS: 3D gravity model, density, gravity discontinuity, sinkhole, Acque Albule Basin

1. - INTRODUZIONE

L'assetto geologico strutturale del Bacino delle Acque Albule (BAA) e le relazioni tra i diversi corpi geologici nonché la tipologia dei sedimenti che colmano la "*conca carsica*" (MAXIA, 1954) allo stato attuale sono ancora poco noti.

Uno studio di dettaglio condotto negli anni 90 ottenuto da dati di superficie e geognostici, e dettagliato di recente (FACCENNA, 1994; FACCENNA *et alii*, 1994; 2008; 2009; DE FILIPPIS *et alii*, 2013 a, b; DI SALVO *et alii*, 2013), ha permesso di identificare lo spessore del *plateau* di travertino sub-affiorante in quasi tutta la conca che deve la sua formazione alla vicina attività del Vulcano Laziale; a partire da circa 165 ka (FACCENNA *et alii*, 2008), il BAA comincia a formarsi e la sua genesi sembra legata prettamente a cause tettoniche, con l'identificazione di una direttrice tettonica ad andamento meridiano con caratteristica di trascorrenza destra che attraversa l'intero bacino nella parte centrale (FACCENNA, 1994).

Studi idrogeologici condotti di recente, per il monitoraggio della variazione del livello di falda della piana, sono stati correlati con la ricostruzione del sottosuolo del BAA ottenuto da una prospezione condotta tramite 100 sondaggi elettrici verticali e distribuiti in modo non omogeneo, tra gli anni 60 e 70 (CMP, Compagnia Mediterranea Prospezioni); questo studio ha evidenziato come il substrato carbonatico Meso-Cenozoico sia disarticolato in *horst* e *graben* al di sotto del *plateau* di travertino mostrando una continuità in profondità, e quindi anche idraulica all'interno della piana, tra la struttura dei Monti Cornicolani e dei Monti Lucretili. I massimi spessori dei depositi Plio-Pleistocenici si raggiungono sotto l'abitato di Villalba incontrando il substrato carbonatico Meso-Cenozoico ad una profondità di circa 500 m s.l.m. (LA VIGNA *et alii*, 2013).

Il BAA presenta una ricorrenza di fenomeni di

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2, Via Vigna Murata, 605, 00143 Roma. maria.dinezza@ingv.it
(**) Libero Professionista *Geologia-Prospezioni geofisiche-Topografia, ROMA*
(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Sapienza" di Roma, Piazzale Aldo Moro, 5, 00185 Roma. michele.difilippo@uniroma1.it

sprofondamento attestati anche in periodo storico e, sebbene negli ultimi anni siano stati eseguiti una serie di studi geofisici finalizzati principalmente alla comprensione della geometria dei rispettivi processi di subsidenza (SALVI *et alii*, 2004; 2005), di sprofondamento (COLOMBI *et alii*, 2001; CARAMANNA *et alii* 2004; NISIO, 2008; DI NEZZA *et alii*, 2010), nonché ai fenomeni carsici di superficie (doline) o per identificare le strutture sepolte delle depressioni riconducibili a fenomeni di *sinkhole*, poco si conosce sulle possibili relazioni con la tettonica Pleistocenica-Attuale associata alla formazione dei processi di sprofondamento. Attualmente viene attribuita la distribuzione dei fenomeni di *sinkhole* all'interno del bacino con una unica discontinuità tettonica, legata alla faglia trascorrente, che attraversa tutto il bacino (FACCENNA, 1994).

In questo lavoro vengono pertanto mostrati nuovi risultati ottenuti dalla ricostruzione del substrato carbonatico Meso-Cenozoico, nonché la geometria del bacino stesso ed i rispettivi lineamenti strutturali individuati mediante l'inversione dei dati gravimetrici. L'assetto geologico-strutturale è stato poi correlato e confrontato con la distribuzione dei fenomeni di sprofondamento riconosciuti nel bacino (MELONI *et alii*, 2013).

2. - RICOSTRUZIONE GEOGRAVIMETRICA

Lo studio gravimetrico eseguito su tutto il BAA è stato reso possibile dall'acquisizione di nuove stazioni gravimetriche distribuite omogeneamente su tutta la piana e anche nelle zone marginali; esso ha avuto la finalità di definire con maggior dettaglio l'andamento del substrato carbonatico Meso-Cenozoico e comprendere le relazioni tra corpi geologici a diversa densità e profondità, in modo da individuare la geometria sepolta del bacino nonché le principali discontinuità gravimetriche che interessano il substrato stesso.

Il *dataset* di dati gravimetrici ha consentito, da principio, di ottenere una nuova carta delle Anomalie di Bouguer, adottando le correzioni classiche con una densità media di 2600 kg/m^3, e, successivamente, sottraendo il campo regionale, ascrivibile ad una polinomiale di primo ordine, ed ha permesso di ottenere la carta delle Anomalie Residue (DI NEZZA *et alii*, 2010).

Per la ricostruzione del sottosuolo del BAA si è partiti considerando i valori delle anomalie ottenute dalla carta delle Anomalie Residue generate dai corpi geologici ascrivibili alla porzione della crosta superficiale. Il modello gravimetrico tridimensionale è stato quindi ottenuto utilizzando un programma di calcolo ***3dGRVT*** (DI FILIPPO & DI NEZZA, 2006) che permette di ottenere un'anomalia sperimentale confrontandola con l'anomalia residua rilevata, mediante una serie di iterazioni in modo tale da ridurre al minimo lo scarto quadratico medio. Le batimetrie dei rispettivi corpi geologici, con differente densità, che riempiono il bacino sono stati confrontati anche con le stratigrafie dei diversi dati geognostici disponibili.

Vengono quindi mostrati i risultati ottenuti della batimetria del solo substrato carbonatico, in figura 1, che permette di visualizzare interessanti informazioni geologico-strutturali con le rispettive implicazioni sulla distribuzione dei *sinkhole* all'interno del BAA.

3. - RISULTATI

La carta delle Anomalie Residue (DI NEZZA *et alii*, 2010) ha messo in evidenza che il BAA rappresenta la parte più a sud della struttura negativa *"Valle di Palombara-Marcellina"*, *Auct.* Dalla forma e dall'allungamento delle isoanomale, il bacino presenta un'asse di allungamento N-S con valori più accentuati del gradiente gravimetrico orizzontale ai margini nel settore orientale, presso la località "*La Botte*", e meno pronunciati nel settore occidentale. Questo minimo gravimetrico è separato dalla *Valle di Palombara-Marcellina* da una sella a nord-est dell'abitato di Guidonia, presso Casale Battisti (DI NEZZA *et alii*, 2010).

Andando ad analizzare le anomalie che si riconoscono, nel settore occidentale si osserva una zona di massimo gravimetrico con orientazione NE-SW, che corre proprio in corrispondenza degli abitati di Guidonia e Collefiorito, dove cambia direzione proprio in corrispondenza di Collefiorito, assumendo un andamento NW-SE per poi terminare presso gli abitati di Bagni di Tivoli e Villalba. I valori più alti della gravità che si ottengono in questo settore non sono altro che la porzione meridionale di una struttura geogravimetrica più grande che si estende dai Monti di Amelia fino ai Monti Cornicolani denominata *Dorsale Gravimetrica Tiberina* (DGT) (DI NEZZA *et alii*, 2010, 2012; DI NEZZA & DI FILIPPO, questo volume). La struttura DGT si chiude proprio in corrispondenza degli abitati di Bagni di Tivoli e Villalba; l'inversione dei dati gravimetrici mostra appunto che le anomalie sono riconducibili alle formazioni carbonatiche Meso-Cenozoiche poste a modesta profondità (v. fig.1). Invece, il margine orientale del BAA è dovuto al sollevamento delle strutture carbonatiche Meso-Cenozoiche dei Monti Lucretili e Tiburtini (v. fig. 1).

Il modello gravimetrico 3D mostra la geometria del bacino con la massima depressione evidente nella parte centrale dove i sedimenti a bassa densità

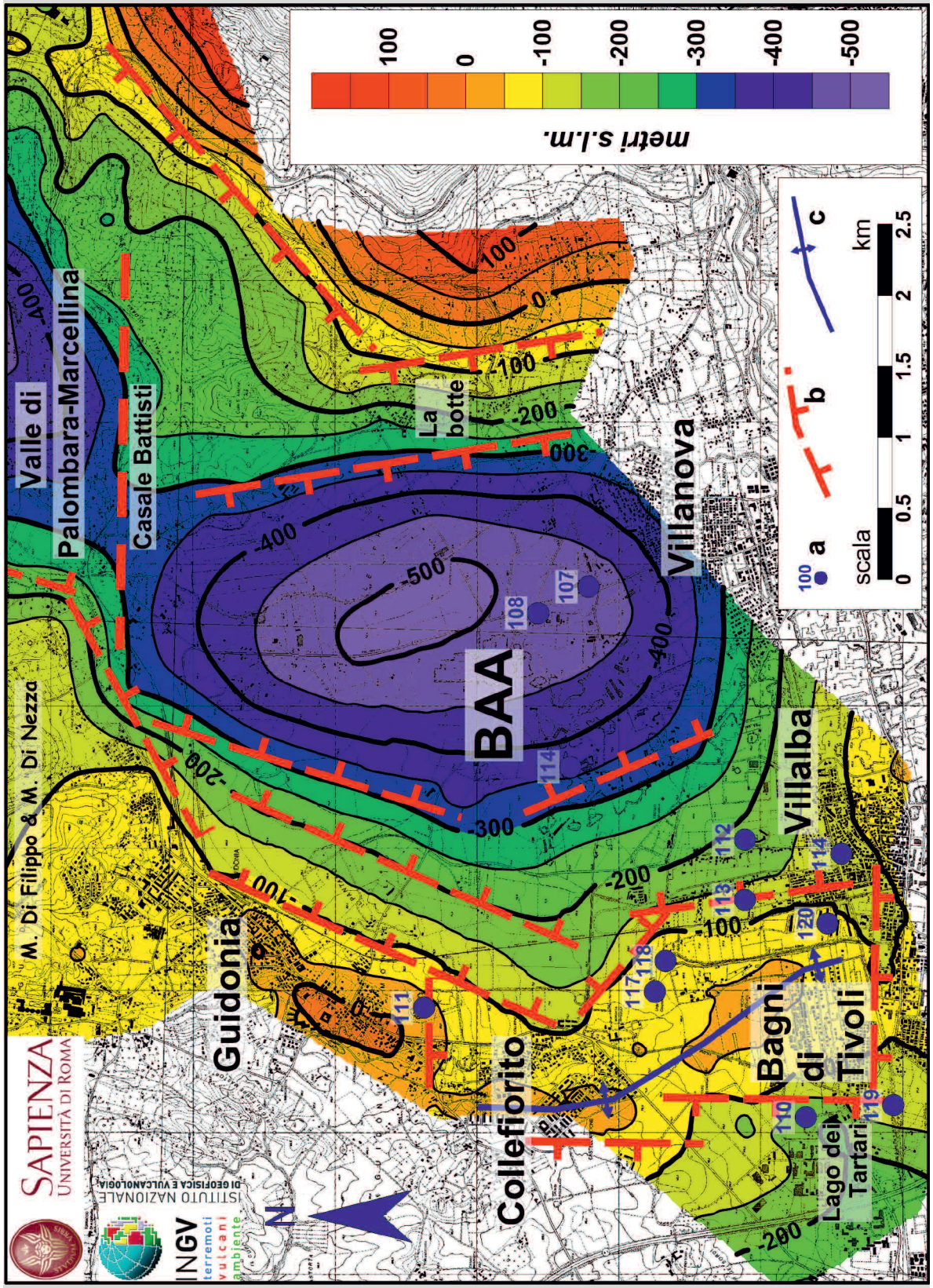

Fig. 1. Carta batimetrica del substrato carbonatico Meso-Cenozoico del BAA. a) ubicazione dei *sinkhole*: 107- La Campanella 1,108- La Campanella 2, 110- Lago dei Tartari, 111- Lago di San Giovanni, 112- Via Trento, 113- Villalba di Guidonia 1,114- Villalba di Guidonia 2, 117- Lago della Regina, 118- Lago delle Colonnelle, 119- Lago dell'Inferno, 120- Piazza del Mercato, 121- Tenuta del Barco (da MELONI *et alii*, 2012); b) discontinuità gravimetriche; c) asse gravimetrico.

- *AAB batimetbric map of Meso-Cenozoic carbonatic bedrock. a) sinkholes occurrences: 107- La Campanella 1,108- La Campanella 2, 110- Lago dei Tartari, 111- Lago di San Giovanni, 112- Via Trento, 113- Villalba di Guidonia 1,114- Villalba di Guidonia 2, 117- Lago della Regina, 118- Lago delle Colonnelle, 119- Lago dell'Inferno, 120- Piazza del Mercato, 121- Tenuta del Barco (from* MELONI *et alii, 2012); b) gravity discontinuity; c) gravity axis.*

Plio-Quaternari raggiungono il massimo spessore, oltre 500 metri.

Il gradiente orizzontale della gravità ha permesso di ottenere delle discontinuità gravimetriche all'interno del substrato carbonatico Meso-Cenozoico che possono essere ricollegabili a direttrici tettoniche che hanno inciso sulla formazione del bacino in tempi diversi. Le discontinuità gravimetriche individuate hanno una complessa distribuzione: la parte meridionale della DGT è delimitata, nelle porzioni meno profonde e marginali del versante occidentale del BAA, una serie di discontinuità con andamento NNE-SSW, NE-SW, che ribassano il substrato Meso-Cenozoico, mentre in prossimità del lago delle Tartare (indicato in figura 1 con il numero 110) e dell'abitato di Bagni di Tivoli invece hanno un andamento N-S. Sul versante settentrionale la discontinuità ha un andamento E-W, questa direttrice è quella che divide la *Valle di Palombara-Marcellina* dal BAA presso Casale Battisti. Inoltre si riconoscono delle discontinuità tra Collefiorito e Villalba con direzione NW-SE. Infine il margine orientale è delimitato da una discontinuità con andamento N-S che arriva fino all'abitato di Villanova.

4. - CONSIDERAZIONI

La ricostruzione 3D del sottosuolo del BAA ha permesso di definire l'andamento articolato del substrato sedimentario carbonatico in corrispondenza di tutta l'area del BAA.

La struttura del BAA risulta caratterizzata da un bacino isolato e ben delimitato nello spazio sia nella porzione settentrionale, poco a nord-est di Guidonia presso Casale Battisti, che meridionale, poco a sud degli abitati di Villalba e Villanova. L'andamento dei lineamenti strutturali, mette in evidenza che il bacino è contornato da un sistema di zone di taglio con lineamenti in direzione NW-SE, NNE-SSW, NE-SW, E-W e meridiani.

Alti valori di gravità, a cui corrispondono, profondità più basse del substrato carbonatico Meso-Cenozoico, sono stati rilevati presso Guidonia, Collefiorito e Bagni di Tivoli-Villalba. Questa è la zona dove si evidenziano le maggior differenze rispetto ai precedenti lavori, non solo perché le rocce carbonatiche affioranti sui Monti Cornicolani vengono disarticolate e si approfondiscono nella parte centrale del bacino, ma soprattutto perché questo approfondimento è guidato da diverse direttrici tettoniche che si concentrano proprio in prossimità dell'abitato di Guidonia e Collefiorito (v. fig. 1) e dove si hanno anche i massimi spessori di travertino (FACCENNA, 1994). Questo sistema di zone di taglio ad andamento NNE-SSW, NE-SW è interrotto, nella parte meridionale, da una direttrice ad andamento appenninica a nord di Bagni di Tivoli. Mentre in corrispondenza dell'abitato di Villalba è evidente invece una netta direttrice ad andamento N-S. I lineamenti antiappenninici individuati in corrispondenza dell'abitato di Guidonia-Collefiorito e quelli meridiani in corrispondenza dell'abitato di Villalba, coincidono a quelle aree dove si è avuto il maggior risentimento macrosismico (V-VI MCS) degli effetti individuati in seguito al recente fenomeno sismico di bassa magnitudo, verificatosi nel gennaio 2001 (GASPARINI *et alii*, 2001; 2002).

La sovrapposizione tra risentimento massimo con la sismicità recente e alcune discontinuità gravimetriche poste all'interno del substrato carbonatico di età Meso-Cenozoica e in corrispondenza della DGT, porta a ritenere che le direttrici strutturali individuate, si sono riattivate anche durante tutto il Plio-Pleistocene e nell'Attuale e/o sono sintettoniche alla deposizione dei sedimenti che riempiono il bacino, propagandosi quasi fino alla superficie. Inoltre, il principale lineamento N-S non attraversa il BAA nella parte centrale ma, piuttosto, delimita la porzione orientale del bacino presso la località *"La Botte"*.

La ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale profondo evidenzia la natura prettamente tettonica di questo bacino che non è connessa solamente ad un sistema di zone di taglio subverticali, ad andamento N-S e cinematica trascorrente destra (FACCENNA, 1994; FACCENNA *et alii*, 1994), cui si associano faglie oblique e dirette orientate rispettivamente NNE-SSW e NE-SW, ma bensì la direttrici N-S è solo subordinata alle altre come si evidenzia nel Pleistocene per tutta la Campagna Romana. Il carattere regionale della *shear zone* è confermato anche da precedenti indagini geofisiche (DI FILIPPO *et alii*, 1991).

I processi tettonici individuati risultano più complessi e con la riattivazioni di direttrici strutturali differenziate nel tempo. Il bacino è colmato da terreni di natura principalmente sedimentaria che tendono a riempirlo, caratterizzati da sedimenti a bassa densità. Tali osservazioni inducono a ritenere che il bacino si sia formato prima dell'inizio dell'attività vulcanica, così come le direttrici tettoniche che si osservano nel substrato sono da ricondursi ad età precedente il periodo Plio-Pleistocenico; tale direttrici tettoniche, ereditate dal substrato carbonatico Meso-Cenozoico, hanno interessato in seguito i terreni sovrastanti di età Plio-Attuale. Situazione analoga è stata messa in evidenza anche per un altro bacino (*Bacino di Egle*), ubicato tra il BAA e il Distretto Vulcanico dei Colli Albani (DI NEZZA, 2007) che presenta però minor estensione areale ma ha stesse caratteristiche strutturali individuate per il BAA.

La distribuzione dei *sinkhole* del BAA vede la maggior presenza dei fenomeni di sprofondamento proprio in corrispondenza delle discontinuità gravimetriche che delimitano la parte meridionale della DGT (per ulteriori approfondimenti sulla genesi si rimanda a Di Nezza & Di Filippo, questo volume) e risultano invece assenti nel settore orientale dove si hanno solo sorgenti che rappresentano le emergenze dei Monti Lucretili. Infatti, si evince che il Lago di San Giovanni (indicato in figura 1 con il numero 111), formatosi tra il periodo Medievale e il 1698 (Romeo Di Colloredo, 2007), si imposta sulla discontinuità NNE-SSW mentre i laghi di Colonnelle (indicato in figura 1 con il numero 118) e Regina (indicato in figura 1 con il numero 117), formatisi nel periodo pre-Romano (Caramanna, 2002; Nisio, 2003, 2008), si impostano invece sulla discontinuità NW-SE.

Lungo la discontinuità gravimetriche ad andamento N-S, con limitata estensione spaziale, che interessa l'abitato di Villalba vede la presenza di fenomeni di sprofondamento identificati con Via Trento (indicato in fig.1 con il numero 112), Villalba di Guidonia 1 (indicato in fig.1 con il numero 113), Villalba di Guidonia 2 indicato in figura 1 con il numero 114) e Piazza del Mercato (indicato in figura 1 con il numero 120). Infine, il lago delle Tartare (indicato in figura 1 con il numero 110) è ubicato su un'altra discontinuità gravimetriche ad andamento N-S impostatasi all'esterno del BAA ma sempre sulla DGT.

Gli sprofondamenti riconosciuti come La Campanella 1 (indicato in figura 1 con il numero 117) e La Campanella 2 (indicato in figura1 con il numero 118) sono ubicati all'interno del BAA e sembrano essere in connessione alla presenza di una discontinuità gravimetriche indipendenti dalle altre e che interessa solo i terreni Plio-Quaternari.

La distribuzione dei fenomeni di sprofondamento non è quindi legata ad una unica lineazione tettonica principale ad andamento N-S, che dovrebbe estendersi dal lago delle Colonnelle al lago di San Giovanni, proseguendo, verso nord, attraversando località Collefiorito ed il centro abitato di Guidonia, e, verso sud, costeggiando il canale delle Acque Albule sino all'abitato di Bagni di Tivoli. Tale lineazione era stata definita come il prolungamento della faglia sabina *Auct.*, già nota in letteratura (Faccenna *et alii*, 1994).

5. - CONCLUSIONI

I principali risultati di questo lavoro sono:

il modello gravimetrico 3D ha permesso di delimitare la forma ed estensione del BAA quantizzando la profondità e l'andamento del substrato carbonatico di età Meso-Cenozoica (dal piano campagna fino ad oltre 500 m diprofondità; le zone di alto strutturale si hanno presso gli abitati di Guidonia, Collefiorito, Bagni di Tivoli e Villalba;

le principale discontinuità tettoniche presentano direzione NNE-SSW, NE-SW e N-S nel settore occidentale del BAA e delimitano la DGT, che termina sotto gli abitati di Bagni di Tivoli e Villanova, mentre quelle E-W sono nel settore settentrionale e quelle N-S non attraversano il BAA nel settore centrale ma lo delimitano nel settore orientale dai termini ascrivibili al Dominio Sabino;

le discontinuità tettoniche riscontrate nel substrato carbonatico mostrano una coincidenza tra i bordi degli alti delle strutture carbonatiche Meso-Cenozoiche sepolte con gli sprofondamenti e le sorgenti solfuree in superficie; inoltre lungo alcune di queste discontinuità (NNE-SSW e N-S) si sono concentrati i massimi valori di risentimento legati ai terremoti di bassa magnitudo verificatisi nel gennaio 2001, confermando appunto la modesta profondità degli ipocentri e la tettonica recente delle discontinuità gravimetriche individuate.

BIBLIOGRAFIA

Caramanna G. (2002) - *I laghetti sorgivi delle Acque Albule,* In: M. Giardini, Atti: *Il Travertino. Aspetti naturalistici e sfruttamento industriale all'inizio del terzo millennio.* Prov. di Roma, 33-43.

Caramanna G., Nisio S. & Vita L. (2004) - *Fenomeni di annegamento dei sinkholes: casi di studio su alcuni laghetti di origine incerta.* Atti Conv. *"Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio",* Roma 20-21 maggio 2004, 229-248.

Colombi A., Capelli G., Di Loreto E., Herring J.G., Nolasco F. & Salvati R. (2001) - *The purposes of the main sinkhole project in the Latium region of central Italy: Proceedings.* Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karsts, **8**. Rotterdam, Boston: A.A. Balkema, 2001.

De Filippis L., Anzalone E., Billi A., Faccenna C., Poncia P.P. & Sella P. (2013a) - *The origin and growth of a recently-active fissure ridge travertine over a seismic fault, Tivoli, Italy.* Geomorphology, 195,13–26.

De Filippis L., Rossetti C., Billi A. & Faccenna C. (2013b) - *Uomo, georisorse e faglie nel Bacino delle Acque Albule, Italia Centrale.* Rend. online Soc. Geol. It., **27**, 86-97, 13 figs., doi:10.3301/ROL. 2013.20.

Di Filippo M., Ruspandini T. & Toro B. (1991) - *Evidenze di taglio N-S in Sabina meridionale.* Stud. Geol. Cam., **1991/2**– CROP11, 67-71.

Di Filippo F. & Di Nezza M. (2006) - *3dGRVT-Three Dimensional Gravity Model invertion programm.* Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Sapienza" di Roma.

Di Nezza M. (2007) - *Struttura e Dinamica del Distretto Vulcanico dei Colli Albani da misure gravimetriche:implicazioni geodinamiche e vulcanologiche.* Unpubl. PhD Thesis, Università di Roma, "La Sapienza".

Di Nezza M. & Di Filippo F. - *Genesi dei Sinkhole nel Bacino delle Acque Albule (Roma, Lazio).* Atti del 3° Convegno sui Sinkhole, Roma 20-21 maggio 2014, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., Questo volume.

Di Nezza M., Cecchini F., Margottini S. & Di Filippo M. (2010) - *Il Bacino delle Acque Albule, Sinkholes e Assetto Geologico-Strutturale*. Atti del 2° Workshop Internazionale: *"I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato"*, Roma 3-4 Dicembre 2009, 501-508.

Di Salvo C., Mazza R. & Capelli G. (2013) - *Gli acquiferi in travertino del Lazio:schemi idrogeologici e caratteristiche chimico-fisiche*. Rend. Online Soc. Geol. It., **27**, 54-76, 30 figs., 1 tab. doi:10.3301/ROL. 2013.20.

Faccenna C. (1994) - *Structural and hydrogeological features of Pleistocene shear zones in the area of Rome (Central Italy)*. Annali di geofisica, **37**, (1), 121-133.

Faccenna C., Funiciello R. & Mattei M. (1994) - *Late Pleistocene N-S shear zones along the Latium Tyrrhenian Margin: structural characters and volcanological implications*. Boll. Geof. Teorica e Appl., **36**, (141-144), 507-522.

Faccenna C., Soligo M., Billi A., De Filippis L. & Funiciello R. (2008) - *Late Pleistocene depositional cycles of the Lapis Tiburtinus travertine (Tivoli, Central Italy):possible influence of climate and fault activity*. Global and Planetary Change, **63**, 299-308.

Faccenna C., De Filippis L., Soligo M., Billi A., Funiciello R., Rossetti C. & Tuccimei P. (2009) - *Cicli deposizionali del travertino Lapis Tiburtinus durante il tardo Pleistocene (Tivoli, Italia Centrale): influenze climatiche e tettoniche*. Rend. Online Soc. Geol. It., **5** , 86-88, 2ff.

Gasparini C., Di Maro R., Pagliuca M.N, Pirro M. & Marchetti A. (2002) - *Recent seismisy of the 'Acque Albule' travertine basin'*. Ann. Geoph., **45**, 537-550.

Gasparini C., Pirro M., Marchetti A. & Pagliuca M.N., (2001) - *Analisi del periodo sismico avvenuto nel territorio di Guidonia Montecelio nel giugno 2001*. Atti 20 GNGTS, 9.

La Vigna F., Mazza R. & Capelli G. (2013) - *Detecting the flow relationships between deep and shallow aquifers in an exploited groundwater system, using long-term monitoring data and quantitative hydrogeology: the Acque Albule basin case (Rome, Italy)*. Hydrol. Process., **27**, 3159-3173, doi: 10.1002/hyp.9494.

Maxia C. (1954) - *La geologia dei Monti Cornicolani (Lazio)*. Pubbl. Ist. Geol. e Paleont. Univ. Studi Roma, **11**, 1-98.

Meloni F., Nisio S., Ciotoli G., Liperi L., Tonelli V. & Zizzari P. (2012) - *I sinkholes nella Regione Lazio, Scala 1:250.000*. SystemCart S.r.l., Roma.

Meloni F., Nisio S., Ciotoli G., Liperi L., Tonelli V. & Zizzari P. (2013) - *Il Catalogo Regionale unificato dei sinkholes del Lazio e le aree a rischio*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**, 261-297.

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**, 475.

Romeo Di Colloredo P. (2007) - *Montecelio a Mezzanotte spiriti, fantasmi e folletti della tradizione cornicolana. Montecelio*, 64.

Salvi S., Pirro M., Gasparini C., Stramondo S., Pagliuca M. N., Atzori S., Colini L., Tolomei C., Doumaz F., Ferretti A. & Allievi J. (2004) - *Le deformazioni del suolo ricavate da dati satellitari in un settore a rischio sinkhole del bacino delle Acque Albule (Lazio)*. Atti Conv. "*Stato dell'arte e sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*", Roma 20-21 maggio 2004, 623-632.

Salvi S., Pirro M., Stramondo S., Pagliuca M. N., Atzori S., Colini L., Tolomei C., Doumaz F., Gasparini C. & Petitta M. (2005) - *Analisi multi-disciplinare applicato allo studio del fenomeno di subsidenza relativo al bacino delle Acque Albule (Lazio): confronto di dati provenienti da tecniche satellitari, di campagna, del sottosuolo e geofisici*. GNGTS Atti del 23° Convegno Nazionale.