Programme Interreg IIIB MEDOCC
Pour la cohésion des territoires de l'Europe du Sud

Mercator

Regione Lazio
Assessorato Cultura, Spettacolo e Sport

Strutture e insediamenti antichi e medievali funzionali alla viabilità commerciale terrestre e marittima

Atti del Convegno
Roma, 4 Aprile 2008

Mercator. Le vie dei mercanti le città dei mercati nel Mediterraneo

PIERALDO EDITORE

REGIONE LAZIO
ASSESSORATO CULTURA, SPETTACOLO E SPORT
Assessore – *Giulia Rodano*

DIREZIONE REGIONALE BENI E ATTIVITA' CULTURALI, SPORT
Direttore – *Enzo Ciarravano*

AREA CINEMA, AUDIOVISIVI E PROGRAMMI EUROPEI
Dirigente – *Cristina Crisari*

Cura e coordinamento redazionale
Lorenza de Maria – Angela Toro

Area Cinema, Audiovisivi e Programmi Europei
Viale del Caravaggio, 99 - 00147 Roma
Tel. 0039.06.51688574 – Fax 0039.06.51688315
e-mail: ccrisari@regione.lazio.it

In copertina: elaborazione grafica di un tratto di costa del Mediterraneo.
(Pieraldo Editore)

Programme Interreg IIIB MEDOCC
Pour la cohésion des territoires de l'Europe du Sud
FEDER

Mercator
Routes des Marchands, Villes des Marchés en Méditerranée

Regione Lazio
Assessorato Cultura, Spettacolo e Sport

Strutture e insediamenti antichi e medievali funzionali alla viabilità commerciale terrestre e marittima

Atti del Convegno
Roma, 4 Aprile 2008

a cura di

Lorenza de Maria e Angela Toro

PIERALDO EDITORE

PROGRAMMA DI INIZIATIVA COMUNITARIA
INTERREG III B –MEDOCC
Progetto: *Mercator. Le vie dei mercanti, le città dei mercati nel Mediterraneo*

EUROPEAN PROGRAM
INTERREG III B –MEDOCC
Project: *Mercator. Merchants Routes and Trade Cities in the Mediterranean*

CAPOFILA TRANSNAZIONALE – LEAD PARTNER
Heritage Malta

PARTNER
Municipality of Mértola (Portugal)
Universidade de Évora (Portugal)
Diputación de Alicante (Comunidad Valenciana, Spain)
Regione Liguria (Italia)
Consorzio Pisa Ricerche (Italia)
Regione Lazio (Italia)
Organization Poseidon (Euroregion Belasica-Belles, Greece)

University Hassan II of Mohammédia (Morocco)
United Cities and Local Governments of Lebanon

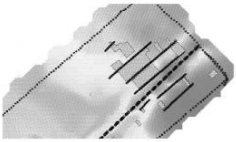
© Interreg III B Medocc – *Mercator*

Pieraldo Editore
Roma

Questo volume è stato realizzato con il contributo della Commissione Europea
This volume was possible thanks to the contribution of European Commission

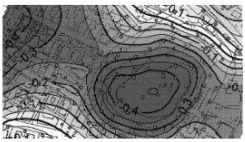
Introduzione alle ricerche nel Lazio: un percorso tematico nel territorio pontino 145

Lorenza de Maria, Angela Toro



Caratteristiche geologiche e indagini geofisiche nell'area di *Tres Tabernae* (Cisterna di Latina, LT) 147

Carla Bottari, Maria Bruno, Marco Marchetti, Stefano Urbini



Aspetti geofisici ed evoluzione ambientale dell'area portuale di Terracina (LT) 159

Maria Bruno, Michele Di Filippo, Maria Di Nezza, Beniamino Toro

Il sistema dei trasporti nel territorio pontino nell'antichità 201

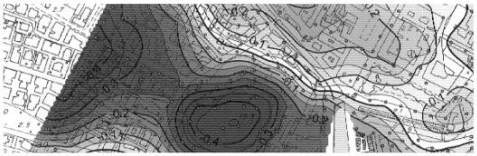
Silvia Barbetta

Central Mediterranean Islands and Roman Maritime Routes 223

Timothy Gambin

Aspetti geofisici ed evoluzione ambientale dell'area portuale di Terracina (LT)

Maria Bruno, Michele Di Filippo, Maria Di Nezza, Beniamino Toro



Introduzione

Nell'ambito del *progetto* ***"MERCATOR"*** è stata effettuata una prospezione microgravimetrica, nel territorio del comune di Terracina (LT), nella zona del porto-canale dell'attuale centro abitato e nelle immediate vicinanze, al fine di individuare le infrastrutture di epoca antica legate alla viabilità marittima dell'area portuale.
Nella città sono ben visibili, a differenza di altre realtà costiere del Lazio, resti di alcune strutture pertinenti al porto di età imperiale; essa costituiva il punto di convergenza delle Vie Appia e Severiana ed è sempre stata un punto di scambio importante tra il mare e l'entroterra, fattori determinanti per poter delineare un quadro esaustivo e complesso, esemplificativo del sistema mercantile antico.
A partire dal VI secolo a.C. la città subì l'influenza di Roma, che la conquistò definitivamente nel 406 a.C., trasformandola in un importante porto commerciale. Alla fine del VI secolo a.C., Terracina era cofirmataria del primo trattato romano-cartaginese, in quanto si trovava lungo la rotta dall'Etruria a Cuma.

[3] *"...Ostia et Fregenae et Castrum Nouum et Pyrgi et Antium et Tarracina et Minturnae et Sinuessa fuerunt, quae cum praetore de uacatione certarunt..."*

[3] *"...Della flotta da inviare in Africa fecero parte Ostia, Fregene, Campo Nuovo, Pirgi, Anzio, Terracina, Minturno e Sinuessa..."*
Tito Livio, *Ab Urbe Condita,* Libro XXXVI

A quei tempi Terracina doveva avere almeno un agevole scalo ben frequentato già in età repubblicana. Secondo l'opinione del *Bianchini* (1952), in questo settore, già sotto il dominio dei Volsci, si doveva avere un porto-canale ora probabilmente interrato. Durante il dominio romano l'importanza di Terracina crebbe grazie anche al fatto di essere un posto di tappa lungo la Via Appia, assicurando così il collegamento dell'Urbe con le regioni del meridione e dell'oriente.
La parte bassa di Terracina raggiunse però il suo massimo sviluppo urbanistico e demografico proprio durante il periodo imperiale, quando il traffico marittimo si sviluppò a tal punto che l'imperatore Traiano procedette all'ampliamento del porto, del quale ancora oggi è possibile ve-

dere l'esistenza di alcune delle strutture principali nei pressi di Via Lungolinea Pio VI e Via Armando Diaz.
Proprio all'epoca di Traiano venne eseguito il taglio del Pisco Montano che agevolò il passaggio della Via Appia attraverso i rilievi dei Monti Ausoni, tra Monte Croce e Monte S. Angelo, invece di aggirare il monte come aveva voluto Appio Claudio (312 a.C.); tale opera contribuì in qualche modo ad orientare verso il porto tutto il movimento della città e delle zone circostanti e pertanto a sviluppare il commercio marittimo nell'area.
Le fonti storiche documentano che agli inizi del 1700 (si veda riferimento bibliografico Anonimo 1701) il porto di età imperiale presentava ancora la struttura principale con una forma circolare ma soprattutto era ancora navigabile fin nell'entroterra grazie anche alla presenza di un canale. Nel 1795 il porto risultava invece completamente interrato e al suo interno si osservavano numerosi orti ed un esile corso d'acqua.
Nel 1882 il De La Blanchère descrive minuziosamente il porto di età imperiale in quanto le tracce della struttura portuale erano molto più leggibili di quelle attuali; lo stesso autore nelle sue relazioni descrive e parla di una collinetta di sabbia, il *Montuno* oggi Montone, ed ipotizza che l'origine sia dovuta al disinterro del bacino portuale. Alla fine dell'800 il Canina (1849-1853; 1856) basa la sua ricostruzione del porto di Traiano sulle evidenze che appunto erano molto più consistenti dell'attuale.
Attualmente purtroppo non è del tutto chiaro come potesse essere la reale forma e geometria di questo porto, se cioè le fonti storiche a disposizione si riferiscono al porto di età imperiale oppure se le descrizioni degli storici sono legate a rifacimenti od ampliamenti e quindi riportano quello che si osservava nel '700 e '800. Comprendere se il porto imperiale sia conservato totalmente o parzialmente nel sottosuolo consentirebbe di localizzare, in modo preciso, tale struttura avendo così una ricaduta anche sulla pianificazione territoriale futura in modo da preservare le eventuali pertinenze archeologiche esistenti nel sottosuolo.
Sarebbe importante individuare anche l'eventuale presenza del porto-canale di età pre-traianea in quanto permetterebbe di comprendere come si siano evolute le due strutture portuali nel tempo e le relazioni che intercorrono tra esse.
E' stata svolta pertanto un'indagine microgravimetrica in un contesto urbanizzato; i vantaggi e la scelta di questa prospezione, non invasiva, consistono principalmente nel fatto che la variazione del parametro fisico misurato è effetto diretto del corpo che la genera; esiste quindi una relazione diretta tra modifica del campo gravitazionale e presenza di un corpo a densità anomala dal contesto. La prospezione microgravimetrica è una indagine geofisica di estremo dettaglio e permette di rilevare anomalie gravimetriche dell'ordine del microGal (1 microGal = 10^{-8} m / s^2). Le successive elaborazioni delle misure permettono di delineare le variazioni di densità e la geometria delle varie strutture archeologiche con la profondità e pertanto di ricostruirne il rispettivo andamento nel sottosuolo.

In particolare in un contesto così fortemente antropizzato tale metodo geofisico risulta essere il più speditivo e l'unico che consente di avere informazioni areali sull'andamento delle strutture archeologiche sepolte senza troppo dispendio di tempo. Questo metodo geofisico è stato applicato con successo anche ad altre emergenze archeologiche complesse[1] ed in alcuni casi sono state successivamente affiancate e supportate da saggi di scavo mirati che hanno evidenziato le strutture individuate dallo studio geofisico preventivo.
Quindi, tenendo conto della superficie di indagine, delle esigenze circa l'obiettivo della ricerca e le caratteristiche geologiche dell'area e nel suo intorno, si è scelta una spaziatura tra le stazioni gravimetriche di circa 30 metri, per individuare le strutture portuali.

Caratteristiche geologiche del Porto Romano

L'area del comune di Terracina è situata all'estremità sud orientale della Pianura Pontina ed è circondata dalle dorsali carbonatiche dei Monti Lepini ed Ausoni che giungono a mare proprio in corrispondenza di Terracina.
L'evoluzione geologica ed i caratteri morfologici della fascia costiera mostrano che la genesi e lo sviluppo di questo settore tirrenico, ma soprattutto delle vicine zone lagunari, quali quelli di Sabaudia e di Fondi, sono legati alle interazioni tra fattori tettonici-sedimentari, climatici ed idrodinamici manifestatisi a partire dal tardo-Pleistocene fino ai nostri giorni[2].
La Pianura Pontina è una piana costiera costituita da terreni quaternari, di varia natura ed origine quali quelli attribuibili alle *facies* marine, lagunari e continentali, mentre i Monti Lepini ed Ausoni di età cretacica, sono rappresentati da corpi carbonatici ascrivibili alla serie Laziale-Abruzzese, di cui affiorano i termini di età comprese tra il Giurassico ed il Paleocene.
Per comprendere le caratteristiche geologiche attuali di questo settore costiero, bisogna prendere in considerazione l'evoluzione geologica e strutturale che ha interessato parte dell'Appennino centrale.
Durante il Tortoniano superiore la dorsale lepino-ausona è sovrascorsa verso NE sulla dorsale simbruino-ernica e sul bacino della Valle Latina, quest'ultimo trasportato passivamente come bacino marginale nel Messiniano inferiore[3]. In seguito alla tettonica compressiva che ha interessato la dorsale simbruino-ernica, si sono formate una serie di scaglie tettoniche pellicolari a vergenza nord-orientale, con piani di accavallamento a direzione NW-SE[4]. Queste unità sono state interessate da una tettonica estensionale durante il Pliocene e fino al Pleistocene inferiore.
Tale regime si è manifestato mediante l'attivazione di sistemi di faglie dirette ad andamento appenninico e localmente antiappenninico[5] raggiungendo rigetti di 1500-2000 m. Durante questa fase distensiva le dor-

[1] Di Filippo *et al.*, 2007a, 2007b, 2004, 2001a, 2001b, 1999.
[2] De Pippo *et al.*, 2002.
[3] Cipollari & Cosentino, 1994.
[4] Cavinato *et al.*, 1993.
[5] Cavinato *et al.*, 1993; Acocella *et al.*, 1996.

sali sono state dislocate e ribassate verso SW attraverso faglie che bordano la Piana Pontina e la Valle Latina.
Durante il Pleistocene medio si è attivato il vulcanismo del Distretto Vulcanico dei Colli Albani[6] che affiora a NW della Piana Pontina, caratterizzato da centri eruttivi a carattere sia effusivo che esplosivo.
Inoltre, tra il Pleistocene medio e l'Olocene si sono generati terrazzi, riferiti a diversi stazionamenti del livello marino, con una sequenza deposizionale tipica di ambienti lagunari costieri[7].
Nel settore sud-orientale della piana si erge il Monte Circeo costituito da calcari e calcari dolomitici di mare poco profondo (Lias inferiore) e da altre successioni carbonati che, fortemente tettonizzate, sono costituite da sequenze di scarpata e di bacino di età più giovani[8].
Infine, nel settore sud-occidentale si erge appunto la catena dei Monti Lepini ed Ausoni costituiti da calcari grigiastri a cui sono intercalati strati marnosi-argillosi (Tav. LXVI, fig. 1).
Al di sotto della coltre di sedimenti quaternari della Piana Pontina, studi gravimetrici hanno individuato un settore ribassato della catena lepina[9] (Tav. LXVI, fig. 2). A NE della Laguna di Sabaudia e a NW di quella di Fogliano sono identificati due alti gravimetrici ubicati in prossimità della costa; questi due alti sono separati da un minimo in corrispondenza della Laguna di Caprolace. In corrispondenza del Monte Circeo e in corrispondenza di Terracina si osservano altri due alti gravimetrici ben distinti tra di loro.
L'analisi integrata di profili sismici a diversa risoluzione con carotaggi mostra che l'attuale configurazione della piattaforma continentale tirrenica situata fra Capo Circeo ed il delta del fiume Tevere è in larga parte conseguenza della progradazione pleistocenica[10].
Recenti studi di sismica attiva condotti tra il Golfo di Terracina e quello di Gaeta, mostrano che la dislocazione del basamento Meso-Cenozoico si estende anche a mare.
Considerando l'andamento del basamento e dei depositi sovrastanti, è possibile distinguere rispettivamente due distinti bacini estensionali: quello di Terracina interpretato come una struttura di semi-graben orientata N-S e ribassata verso mare da faglie dirette, mentre quello di Gaeta rappresenta un bacino estensionale ad andamento E-W molto più articolato e con due depocentri con un controllo tettonico di faglie normali con direzione E-W, verso sud e nord, mentre da una faglia diretta ad andamento NW-SE verso est[11].
Quindi, a partire dal Pleistocene superiore, le condizioni geologiche e geomorfologiche erano propizie per l'impostazione di due sistemi lagunari di cui il primo, a Nord, si estendeva dal Vulcano Laziale fino al promontorio del Circeo, il secondo, più a Sud, dal promontorio del Circeo a quello di Gaeta; questi due sistemi iniziarono ad essere colmati progressivamente da depositi piroclastici e fluviali, con tassi di interramento diversi legati fondamentalmente al diverso tasso di apporto di sedimenti nei due settori: più cospicuo nel settore occupato attualmente dai Laghi di Fogliano, Monaci, Caprolace e Sabaudia, minore nel

[6] Karner *et al.*, 2001; Marra *et al.*, 2003.

[7] Servink *et al.*, 1982; Karner & Marra, 1998.

[8] D'Argenio *et al.*, 2000.

[9] Maino, 1968; Di Filippo & Toro, 1980, 1982; Di Filippo *et al.*, 1986.

[10] Marani *et al.*, 1986.

[11] D'Argenio *et al.*, 2000.

settore tra il Monte Circeo e Terracina il cui contributo era legato prettamente dall'apporto dei sedimenti del Fiume Sisto e dai depositi di rimaneggiamento marino[12]. Successivamente lo sviluppo di cordoni litorali e di dune continentali contribuirono allo sbarramento di un braccio di mare e alla formazione di ambienti lagunari.
Durante il würmiano l'abbassamento del livello del mare comportò che la linea di costa fosse progradata verso ovest per alcune decine di chilometri; ciò ha comportato l'approfondimento degli alvei fluviali e il conseguente disseccamento degli alvei fluviali e la formazione di ambienti palustri. Dopo il periodo post glaciale e l'Olocene la linea di costa arretrò sommergendo le valli che si erano formate durante il pleistocene. Si assistette così alla formazione del delta del fiume Astura e alla migrazione ed emersione delle barre sabbiose che vediamo attualmente[13].
Durante gli ultimi tre secoli le vistose modifiche subite in questo settore sono state prettamente antropiche; queste hanno accelerato i fenomeni di subsidenza naturale dell'intera area costiera, portando in alcuni settori ad un abbassamento prolungato del suolo ed una maggiore incisione fluviale mentre, in altri settori, le morfologie perilagunari hanno subito modeste variazioni.
Inoltre prima della "Bonifica" nella Pianura Pontina si potevano distinguere tre zone principali: una zona litoranea con tumoleti e dune recenti, una media a ridosso dei laghi costieri e costituita dalla "Duna Antica" *Auct.* e la zona interna a contatto con i rilievi montuosi, decisamente paludosa, caratterizzata dall'esistenza di ampi acquitrini.
Nel dettaglio l'area di Terracina, a ridosso dell'attuale porto, è costituita da depositi di spiaggia e sedimenti eolici pleistocenici-olocenici, intercalati da paleosuoli, da depositi lagunari, lacustri e palustri, depositi alluvionali e detritici. Lungo il litorale si sviluppa un ampio cordone di dune antiche e recenti (che localmente vengono chiamati "Tumuleti" o "Tomboleti") che raggiungono alcuni metri sul livello del mare e che procedendo verso est lasciano il posto a terreni di natura più schiettamente alluvionale-palustre che affiorano a ridosso del versante calcereo cretaceo ("Pesco Montano"), su cui è ubicato il Tempio di Giove Anxur.
Notizie riguardanti il livello del mare nell'area pontina e, quindi, presso Terracina, possono essere desunte da osservazioni su alcune strutture romane nei pressi di Torre Paola a ridosso del monte Circeo: la linea di costa, a quei tempi, doveva posizionarsi mediamente a cica 0.40 m più in basso di quella attuale. Nei pressi dell'area portuale, la posizione del livello marino, come riportato di seguito, è stata posizionata sulla base di dati archeolgici, questa risulta allineata lungo l'attuale via Tripoli.
Recenti studi sulle variazioni del mare avvenute negli ultimi 2000 anni nel Mediterraneo centrale basati su evidenze archeologiche costiere di epoca romana, a cui sono stati affiancate osservazioni di dati mareografici e modelli predittivi disponibili sul contributo glacio-isosta-

[12] D'Alessandro *et al.*, 1986.
[13] De Pippo *et al.*, 2002.

tico, mostrano nuove stime sul livello del mare in questo settore del Tirreno[14], molto più basso e profondo. Ciò farebbe pensare che nell'area vi è anche una concomitanza di fenomeni tettonici che permettono una così repentina variazione del livello del mare in un intervallo di tempo molto breve.

Prospezione microgravimetrica
Metodo di indagine; acquisizione ed analisi

Le misure di gravità sono state eseguite con un microgravimetro ***LaCoste & Romberg* D.60**, strumento che consente un campo di lettura di 200 mGal con una sensibilità di 0.001 mGal.
L'area è stata coperta da oltre 390 stazioni gravimetriche (indicate con i pallini verdi in Tav. LXVII, fig. 3) quanto più omogeneamente distribuite nell'area, appoggiate ad una "*rete di controllo*" di 14 capisaldi gravimetrici di riferimento, opportunamente dislocati nell'area studiata. L'acquisizione delle misure è avvenuta mediante circuiti chiusi e pertanto le stazioni della "rete di controllo" sono state utilizzate per l'apertura e la chiusura dei circuiti con controllo periodico della deriva strumentale ad ogni ripetizione del circuito; tale deriva è stata considerata accettabile per valori non superiori ai 10 mGal/ora.
Per la definizione del "*datum gravimetrico*" nell'area investigata, l'intera "*rete di controllo*" è stata collegata alla Rete Gravimetrica Italiana mediante la stazione Roma Sud localizzata al km 13.250 della S.S. 148 Pontina, il cui valore di Gravità Osservata è 980347.932 mGal[15].
Per la localizzazione e la determinazione delle quote delle stazioni gravimetriche è stata utilizzata una stazione totale Pentax R125N reflector Rless. Le quote sono state determinate con una precisione migliore di ±1 cm e collegate a 2 stazioni, le cui coordinate e quota sul livello del mare sono state stabilite con un sistema GPS differenziale a doppia frequenza. Tali stazioni sono state collegate al caposaldo IGM posto in corrispondenza di Mesa facente parte della Linea di Livellazione 24 (Via Appia) di alta precisione, utilizzata per il monitoraggio delle deformazioni del vicino Distretto Vulcanico dei Colli Albani[16].
Per ottenere il valore dell'anomalia di gravità è necessario rimuovere tutti gli effetti non desiderati. Questo è possibile comparando le misure di gravità effettuate su ogni stazione ($\mathbf{g_{oss}}$) con quelle teoriche che si hanno alla stessa latitudine ($\mathbf{g_n}$, Tav. LXVIII, fig. 4), e corrette per il dislivello tra la quota del geoide (0 m s.l.m.) e la quota della stazione (correzione di Faye, **Fa**, Tav. LXVIII, fig. 5a) e per rimuovere l'effetto attrattivo dello strato di materiale tra la superficie di riferimento e quella del piano campagna (correzione di Bouguer, **Bo**, Tav. LXVIII, fig. 5b). Una ulteriore correzione da apportare viene utilizzata per rimuovere gli effetti attrattivi dai dati dalla morfologia circostante il punto di misura (correzione topografica, **Ct**, Tav. LXVIII, figg. 5c-6). Il risultato di queste operazioni è l'Anomalia di Bouguer.

[14] LAMBECK *et al.*, 2004.
[15] MAINO *et al.*, 1969.
[16] CHIARABBA *et al.*, 1997.

La gravità normale (g_n) risulta funzione della latitudine, varia in relazione alla distanza tra il geoide e il baricentro della Terra, e alla forza centrifuga indotta dalla rotazione intorno all'asse terrestre. In Tav. LXVIII, fig. 4 è riportato il grafico dell'andamento della gravità normale in funzione della latitudine: il valore è minimo all'equatore ed aumenta verso i poli.

In questo lavoro il valore di gravità normale è stato determinato secondo la formula adottata nel Geodetic Reference Sistem 1980[17]:

$$g_n, \text{ gravità normale (in mGal)} = 1000 \cdot \gamma \cdot (1 + \beta \cdot \sin^2(\phi) + \beta_1 \cdot \sin^2(2 \cdot \phi))$$

dove

γ	+978.0327
β	+0.0053024
β_1	-0.0000058
ϕ	**Latitudine del punto di misura**

Fa, correzione di Faye (in mGal) = $h \cdot (0.30855+0.00022 \cdot \cos(2 \cdot \phi))$
dove
h è la quota del punto in metri s.l.m;
ϕ la latitudine.

$$\text{Bo, correzione di Bouguer o per la piastra (in mGal)} = h \cdot 0.04191 \cdot \sigma$$

dove
h è la quota del punto in metri s.l.m.;
σ è la densità in g/cm^3 delle rocce fino al livello del mare.

$$\text{Ct, corr. topografica (in mGal)} = K \cdot \sigma \cdot \Delta\theta \cdot (R_2 - R_1 + \sqrt{(R_1^2+\Delta h^2)} - \sqrt{(R_2^2+\Delta h^2)})$$

dove, nella formula di *Messerschmidt* (1908),

K	$6.67 \cdot 10^{-3}$ (costante di gravità)
σ	densità della roccia in g/cm^3
$\Delta\theta$	angolo in radianti tra 2 compartimenti
R_2, R_1	raggi esterno e interno del compartimento in metri
Δh	dislivello in metri tra la quota della stazione e la quota media del compartimento

Scopo della correzione topografica è valutare l'effetto della componente di gravità verticale dovuta alle irregolarità topografiche che riducono il valore di gravità.
La correzione di Bouguer presuppone che la superficie topografica sia piana: se questa condizione non è soddisfatta bisognerà tener conto sia degli avvallamenti (masse introdotte con la correzione di Bouguer, ma in realtà inesistenti) come pure delle colline o montagne sporgenti ed

[17] Geod.Ref.Sys. 1980; MORITZ 1984.

aventi una quota superiore alla quota della stazione (masse di cui non si è tenuto conto nella correzione di Bouguer).
Per il calcolo della correzione topografica è stato ricostruito l'andamento della superficie topografica facendo riferimento ai DEM (*digital elevation model*), basandosi sia sui valori di quota relativi al rilievo topografico, dati acquisiti per la determinazione per le quote delle singole stazioni gravimetriche, sia con i valori ricavati dalla digitalizzazione delle carte topografiche alla scala 1:10000 della Carta Tecnica Regionale e alla scala 1:5.000 del Comune di Terracina. Complessivamente sono stati realizzati quattro modelli digitali del terreno a varie scale. Le quattro griglie realizzate per il calcolo della correzione topografica per ogni stazione presentano le seguenti distanze tra righe e colonne a cui sono riferiti i DEM:

anello	Raggio interno ed esterno nella formula di Messerschmidt	Spaziatura griglia
1	da 0 fino a 179 metri	2 metri
2	da 179 metri a 760 metri	10 metri
3	da 760 metri a 13 km	40 metri
4	da 13 km a 29 km	1 km

L'anomalia di Bouguer è stata quindi calcolata con la formula:

$$\textbf{Anomalia di Bouguer} = g_{oss} - (g_n - Fa + Bo) + Ct$$

Le anomalie di Bouguer sono state calcolate utilizzando per la correzione per la piastra o di Bouguer una densità pari a 1.70 g/cm^3; la scelta di tale valore o di altri valori implica la variazione della Correzione per la piastra o di Bouguer unicamente tra il punto a quota più bassa e quello a quota maggiore.
Per la correzione topografica sono stati utilizzati due diversi valori di densità: uno di 1.70 g/cm^3 relativo al valore medio dei sedimenti marini, fluviali, lacustri ed eolici recenti che affiorano nella zona; l'altro pari a 2.60 g/cm^3 che rappresenta il valore di densità delle Sequenze Carbonatiche Mesozoiche che costituiscono i rilievi morfologici intorno a Terracina.

Risultati

La carta delle Anomalie di Bouguer relative all'area di indagine è stata realizzata utilizzando il programma di *contouring* ***Surfer 8.08***. L'andamento delle isolinee è stato calcolato a partire dai valori delle singole stazioni con il metodo di *kriging*; i parametri di calcolo delle isoanomale sono stati scelti in modo da rispettare i valori osservati nelle singole stazioni microgravimetriche. Le isoanomale sono state rappresentate con fasce di colore, dal rosso per i valori maggiori al blu per i valori più bassi di anomalia.

Le Anomalie di Bouguer sono state calcolate a densità costante di 1.70 g/cm^3 e con un intervallo di 0.2 mGal; i valori maggiori di anomalia, +49.2 mGal, sono ubicati nella parte Nord ai piedi del rilievo di Monte S. Angelo, dove si trova il Tempio di Giove Anxur, mentre nella parte Sud, presso la costa e il porto, sono presenti i valori più bassi, +45.6 mGal. Complessivamente l'andamento delle anomalie di Bouguer decresce da Nord verso Sud, in accordo con quello dei precedenti lavori[18]; tale andamento tende a riflettere principalmente l'approfondirsi delle rocce carbonati, più dense del contesto, ascrivibili alla successione di piattaforma Laziale-Abruzzese affiorante sui Monti Lepini, Ausoni ed Aurunci.

Le Anomalie di Bouguer rappresentano la somma degli effetti gravimetrici dovuti a variazioni di densità nel sottosuolo generati da corpi geologici, posti a diverse profondità, e in questo caso si somma anche il contributo di strutture archeologiche. Quindi questa carta non è risolutiva per determinare le variazioni di densità nelle prime decine di metri del sottosuolo. Per mettere in evidenza i contributi ascrivibili a strutture archeologiche, localizzate appunto a modesta profondità, deve essere sottratto ai valori della carta delle Anomalie di Bouguer un fondo comune di anomalie dovute a cause profonde di tipo geologico, rappresentato appunto dal substrato carbonatico. Il trend geologico è stato assimilato, mediante un *metodo* di tipo *analitico*, ad una superficie di I ordine di tipo bilineare ($g_{(reg)} = ax+bx+cxy+d$) ottenuta con il metodo dei minimi quadrati. L'andamento ottenuto si accorda meglio con la dislocazione del substrato carbonatico ribassato da faglie distensive verso mare. Considerando che l'area indagata è di ridotte dimensioni e che le variazioni di densità di carattere geologico sono poste ad una profondità non oltre il centinaio di metri, la superficie analitica utilizzata per il calcolo dell'anomalia attribuita ai corpi geologici profondi è soddisfacente.

Le Anomalie Residue di ordine n-1 (Tav. LXIX, fig. 7), ottenute sottraendo alle Anomalie di Bouguer l'andamento del Campo Regionale del I ordine, rappresentano l'effetto gravimetrico dovuto alle strutture geologiche carbonatiche più profonde, dell'ordine del centinaio di metri.

Le anomalie presentano una zona di minimo gravimetrico, -0.4 mGal, con orientamento WNW-ESE, mentre valori positivi, 0.5 e 0.4 mGal, sono presenti lungo la costa e al piede di Monte Sant'Angelo.

Allo scopo di evidenziare le anomalie di densità dovute ai terreni più superficiali e alle strutture archeologiche, quali fondazioni, moli e mura, sono state elaborate le mappe delle Anomalie Residue di ordine n-2, utilizzando il metodo di *Griffin* (1949), con diversi raggi di regionalità. Viene qui proposta la carta delle anomalie ottenuta con valore di raggio di 50 metri per il filtraggio di *Griffin*, in quanto risulta quello più idoneo per separare meglio le anomalie dovute ai contributi archeologici, prossimi alla superficie topografica, da quelli profondi di tipo geologici.

[18] Maino, 1968; Di Filippo & Toro, 1980, 1982; Di Filippo *et al.*, 1986.

La mappa delle Anomalie Residue, con un intervallo delle isoanomale pari a 0,020 mGal (Tav. LXX, fig. 8), mostra zone di massimo e di minimo gravimetrico ricollegabili a cause superficiali, di grande importanza al fine di questo lavoro; tale carta è di facile lettura per quanto riguarda l'identificazione degli eccessi o difetti di massa legati alla presenza o all'assenza di strutture murarie.
Da un esame qualitativo si possono fare le seguenti osservazioni: anzitutto, le anomalie negative di maggiore entità, -0,080 mGal, sono ubicate in corrispondenza del rilievo del Montone, e proprio in corrispondenza di tale rilievo le isoanomale assumono un andamento ellittico indicando una minor densità dei corpi nel sottosuolo che generano l'anomalia.
Dai soli dati di gravità acquisiti (Tav. LXXI, fig. 9) utilizzando il metodo proposto da Di Filippo *et al.*(1983), si ottiene una densità media della collina pari a circa 1.10 g/cm^3. La retta di correlazione presenta un ottimo fitting con i punti di misura, infatti il coefficiente di correlazione risulta del 96% e lo scarto quadratico medio risulta molto basso (LXXI, fig. 9). Tale valore è notevolmente inferiore ai dati di letteratura relativi a sabbie asciutte, mediamente pari a 1.50-1.60 g/cm^3.
Il basso valore riscontrato può far ipotizzare la presenza di "vuoti" nel sottosuolo del rilievo del Montone, attribuibili ad antiche costruzioni sepolte. La copertura sabbiosa sarebbe quindi naturale, di origine eolica, come tutte le dune presenti lungo questo tratto di costa bassa laziale. Questa ipotesi è in contrasto con le notizie tramandate dal 1800[19] che attribuiscono la formazione del rilievo all'accumulo di sabbia proveniente dal dragaggio del bacino portuale; pertanto, per accertare la natura del rilievo, se di genesi naturale o antropica, dovrebbero essere programmati ulteriori studi sedimentologici e geofisici.
Un'ulteriore zona caratterizzata da anomalia negativa si ritrova lungo la direttrice via Cavour – via Roma, perpendicolarmente alla linea di costa ed ubicata ai piedi di Monte S. Angelo, orientata ovest-est.
Dall'andamento e dall'entità dei valori delle anomalie queste sono dovute alla presenza di sedimenti a bassa densità che in quest'area sono rappresentati dai depositi limno palustri/alluvionali argillosi, probabilmente legati alla presenza di una rete idrografica superficiale ("Fiumicello"), ormai sepolta, esistente però già in epoca romana.
Anomalie negative di più bassa entità sono localizzate intorno all'attuale canale porto sviluppandosi in un settore circolare con un diametro di circa 400 m e presentando un anomalia più allungata nella direzione SW-NE. Intorno a questa anomalia negativa sono visibili una serie di anomalie positive che evidenziano una struttura quasi anulare ed i moli del porto imperiale, e ancora sempre anomalie positive, caratterizzano la zona a NE del Montone dove sono presenti resti archeologici ben visibili nei pressi di via Lungolinea Pio VI e via Armando Diaz. Questa anomalia positiva sembra non presentare una continuità verso il settore NE.
L'interpretazione quantitativa delle anomalie gravimetriche è stata eseguita considerando 3 diverse sezioni interpretative (LXXI, fig. 10).

[19] De La Blanchère, 1882.

Tali sezioni attraversano interamente l'area in studio e tutte le anomalie individuate nella precedente carta delle anomalie residue in modo da interpretare quantitativamente le anomalie e quindi identificare le profondità e la natura dei corpi che generano le anomalie stesse.
I modelli sono stati elaborati tramite un programma di calcolo che determina l'anomalia gravimetrica prodotta sul piano campagna dalle strutture archeologiche e/o geologiche a diversa densità presenti nel sottosuolo. Successivamente il programma confronta le Anomalie Calcolate (la linea blu nei rispettivi grafici della Tav. LXXI, fig. 10) con le Anomalie Residue (la linea rossa nei grafici della Tav. LXXI, fig. 10), ed in funzione degli scarti viene modificata la geometria, la profondità e il contrasto di densità. Questo processo viene svolto in modo iterativo fino ad ottenere un profilo dell'anomalia calcolata, simile per forma ed entità dei valori a quello dell'anomalia residua.
I risultati raggiunti si sono ottenuti attribuendo diversi contrasti di densità riconducibili alle diverse formazioni nel sottosuolo e facendo anche considerazioni sulla densità media delle eventuali strutture archeologiche presenti nel sottosuolo.
Il risultato dell'elaborazione (Tav. LXXI, fig. 10) mostra che il substrato geologico dell'area, posto a modesta profondità, è costituito da sedimenti marini (sabbie) e alluvioni a cui è stato attribuito un valore di densità media di 1.70 g/cm^3; in tutte e tre le sezioni si evince che la profondità può arrivare anche a 40 m. Il tetto di tali sedimenti risulta molto articolato in tutte le sezioni e comunque si evidenzia un trend generale che vede una maggior approfondimento di questi sedimenti nel settore centrale dell'area in studio. Al di sopra di tale formazione, è stato posto un valore di densità di 1.30 g/cm^3 in accordo con la densità media dei sedimenti alluvionali e palustri che hanno colmato le lagune.
Tutte le sezioni attraversano perpendicolarmente il canale ("*Fiumicello*") e in corrispondenza di ogni sezione si nota un netto distacco spaziale del substrato ed un aumento dello spessore dei sedimenti alluvionali. Il massimo degli spessori alluvionali si raggiunge però in corrispondenza di Viale della Vittoria. Il letto del *Fiumicello* assume una tipica forma di valle fluviale con forte incisione e con una estensione laterale ben definita.
La sezione 2 incontra nel settore centrale il rilievo del Montone; per poter risolvere il miglior "fit" tra i dati delle Anomalie Calcolate e Residue, è stato inserito proprio in corrispondenza del rilievo un corpo con densità di 1.10 g/cm^3. Per il basso valore di densità attribuitogli si potrebbe pensare ad un accumulo eolico poco o per niente coeso o alla parte disinterrata del porto.
Infine la sezione 3 mostra nel tratto finale un corpo con densità 2.30 g/cm^3; vista la forma che assume e la limitata estensione spaziale e soprattutto per il valore di densità attribuitogli, questo è da ricondursi ad una struttura presente a modesta profondità nel sottosuolo.

Considerazioni finali

La prospezione microgravimetria effettuata nell'area portuale di Terracina mostra che anche in questo settore costiero del Lazio le caratteristiche geologiche dell'immediato sottosuolo sono del tutto simili a quelle che si osservano nella vicina area di Sabaudia e Fondi[20] e in molti settori della Piana Pontina; infatti i valori di densità adottati per la interpretazione dei sedimenti presenti nel sottosuolo risultano in accordo con la tipologia di terreni affioranti nell'immediato intorno. C'è da sottolineare che gli spessori e le estensioni laterali dei depositi recenti presentano però limitate dimensioni visto la localizzazione di Terracina posizionata tra due zone di deposizione.
I depositi marini rappresentano il substrato di questo settore del Lazio ed anche dell'area portuale; i profili gravimetrici hanno messo in evidenza come la presenza di ampi cordoni dunari, che localmente vengono chiamati "Tumuleti" o "Tomboleti", hanno favorito anche in questo settore la formazione di depositi lagunari.
La successiva fase di interramento di questo settore e la progradazione della linea di costa verso ovest, ha consentito l'approfondimento degli alvei fluviali. Infatti lungo la direttrice via Cavour – via Roma, la carta gravimetrica delle anomalie residue (Tav. LXX, fig. 8) prima e le sezioni interpretative dopo (Tav. LXXI, fig. 10) hanno permesso di identificare una di queste strutture, chiamata "*Fiumicello*". Essa si sviluppa dal litorale all'entroterra e si colloca perpendicolarmente all'attuale costa orientale; i profili gravimetrici hanno permesso di evidenziare l'andamento del substrato del "*Fiumicello*".
Dai valori di densità (1.30 g/cm^3) attribuita ai depositi che colmano tale depressione, si può ipotizzare che questa zona potrebbe corrispondere all'antico porto-canale utilizzato nell'area prima della costruzione del porto traianense.
Il contributo e la scelta della prospezione gravimetrica è stata senza dubbio la più favorevole e soprattutto la spaziatura delle stazioni adottata in questo contesto ha permesso di intercettare interamente la struttura portuale di età imperiale. Infatti è possibile identificare una struttura che nel complesso assume una forma anulare e in Tav. LXX, fig. 8 viene indicata l'andamento complessivo della struttura presenti nel sottosuolo. Essa è costituita da due strutture una con direzione nord-sud ed una con direzione ovest-est, che possono rappresentare due moli; dall'estremità meridionale del molo nord-sud si stacca un braccio di molo curvilineo.
Questa struttura si interrompe all'estremità del molo curvilineo e l'estremità orientale del molo ovest-est; questa zona di discontinuità potrebbe rappresentare l'ingresso del porto. Confrontando i disegni proposti dal Canina (1856, 1849-1853) con la carta delle anomalie residue n-2 ottenuta con un campo di regionalità di 50 m, l'andamento delle anomalie propone un perfetto accordo con la struttura portuale del periodo traianense. Si può inoltre osservare un perfetta coincidenza anche

[20] D'Alessandro *et al.*, 1986; De Pippo *et al.*, 2002.

con le dimensioni proposte dai diversi autori in tempi storici[21]. All'interno dell'antica area portuale i valori negativi delle anomalie sono da attribuire all'interramento del porto non dovuto al colmamento di depositi sabbiosi ma piuttosto di depositi di natura fluvio-lacustri.
In entrambi i porti, sebbene siano di forma diversa, si osserva un interramento legato alla stessa natura dei sedimenti. Dai valori di densità attribuito ai sedimenti si può supporre che l'interramento sia legato al maggior apporto di sedimenti provenienti dall'entroterra, favoriti dalle condizioni climatiche ed alla progradazione della linea di costa verso ovest piuttosto che ad un fenomeno di ingressione.
Ciò trova conferma anche osservando i dati ottenuti da uno studio eseguito negli anni '80 nel tratto di costa che va da Terracina a Sperlonga[22]. Le relazioni che intercorrono tra tassi di erosione o accumulo dei sedimenti marini, periodo e altezza d'onda del moto ondoso incidente, nonché della batimetria, mostrano situazioni differenti nei diversi periodi dell'anno e nei diversi settori della costa. I mari di libeccio generano un flusso continuo da Terracina verso Sperlonga con modesta deposizione dei sedimenti in transito; in queste condizioni tra S. Anastasia e Lago Lungo si hanno sia fenomeni erosivi che deposizionali e questa dinamica persiste anche in condizioni critiche ma con tassi maggiori. I mari del sud generano flussi diretti nel settore orientale adiacente a Terracina, verso Tor Canneto, favorendo l'accumulo di materiale trasportato ed un leggero tasso erosivo ad ovest di Sperlonga. Infine i mari di scirocco generano una corrente con velocità costante da oriente ad occidentale; quando si manifestano eventi più intensi il trasporto di sedimenti è sempre diretto verso Terracina.
Molto probabilmente, il porto-canale doveva sfruttare le naturali condizioni geomorfologiche e pertanto doveva presentare una grande insenatura naturale e poteva perciò offrire un sicuro approdo alle navi di passaggio almeno dal VI secolo a.C. E' lo stesso Livio che avvalora questa ipotesi e tramanda che in età repubblicana il porto era appunto un fiume:

[44] *consules duabus urbanis legionibus scriptis supplementoque in alias lecto priusquam ab urbe mouerent prodigia procurarunt quae nuntiata erant. murus ac porta Caietae et Ariciae etiam Iouis aedes de caelo tacta fuerat. et alia ludibria oculorum auriumque credita pro ueris: nauium longarum species in flumine Tarracinae quae nullae erant uisas et in Iouis Uicilini templo, quod in Compsano agro est, arma concrepuisse et flumen Amiterni cruentum fluxisse.*

[44] *I consoli arruolate due legioni cittadine scongiurarono i prodigi che erano stati annunciati: il muro e la porta di Gaeta e di Ariccia ed anche il tempio di Giove erano stati colpiti da fulmini; sul fiume di Terracina furono viste navi da guerra che prima non c'erano e nel tempio di Giove Vicilino, che è nel territorio di Conza, risuonarono le armi ed ad Amiterno il fiume scorreva pieno di sangue.*

Tito Livio, *Ab Urbe Condita,* Libro XXIV

Ma è Plinio il Vecchio che, non solo conferma quando riportato da Livio, ma soprattutto riporta il nome di questo fiume:

[59] *aliud miraculum a Cerceis palus Pomptina est, quem locum XXIIII urbium fuisse Mucia-*

[21] Anonimo 1701.

[22] D'Alessandro *et al.*, 1986.

nus ter consul prodidit. dein flumen Aufentum, supra quod Tarracina oppidum, lingua Voslcorum Anxur dictum, et ubi fuere Amyclae sive Amynclae, a serpentibus deletae, dein locus Speluncae, lacus Fundanus, Caieta portus, oppidum Formiae, Hormiae dictum, ut existimavere, antiqua Laestrygonum sedes. ultra fuit oppidum Pirae, est colonia Minturnae, Liri amne divisa, Clani olim appellato, Sinuessa, extremum in adiecto Latio, quam quidam Sinopen dixere vocitatam.

[59] *Un'altra cosa straordinaria è la Pianura Pontina, che il console Muciano eletto tre volte tramanda fosse il 23° luogo tra le città, poi c'è il fiume Aufento, sulla cui riva sorge la città di Terracina, chiamata Anxur dai Volsci, e dove ci fu la città di Amicla o di Amincle, distrutta dai serpenti. Poi sorse la località si Sperlonca, il Lago di Fondi, il porto di Gaeta, la città di Formia, chiamata Ornia, antica sede dei Lestrigoni, come molti hanno pensato; più in là c'era la città di Pira, c'è poi la colonia di Minturno, divisa dal fiume Liri, una volta chiamata Chiana, Sinuessa, nell'estremo Lazio, che alcuni dicono fosse chiamata Sinope.*

Plinio il Vecchio, *Naturalis Historia*, Libro III

Tra il VI secolo a.C. fino al 109 d.C., si dovette però assistere alla progradazione della linea di costa verso ovest e quindi ad un interramento del porto-canale e alla difficile praticabilità dell'antico porto. Ciò non toglie che anche un maggior apporto di sedimenti poteva essere favorito dai venti di libeccio che favorivano la sedimentazione all'imboccatura del porto antico.
L'ubicazione del porto-canale di età pre-romana, posizionato nell'entroterra rispetto a quello di età traiana, fa supporre che la costruzione del nuovo porto era necessaria non solo per l'aumento del commercio per via marittima di quest'area, e quindi ad un richiamo di maggior navi, ma anche perché legato a cause geologiche in quanto era diventato impraticabile.
Per la geometria e le dimensioni del porto traianense esso non solo poteva accogliere in tutti i periodi dell'anno le navi, ma presentava anche delle profondità del fondo del bacino artificiale atte ad ospitare navi con capienza molto maggiore.
In realtà Traiano non eseguì un ampliamento del porto-canale, a quei tempi quasi interrato, ma fece progettare e costruire un porto che si svincolava totalmente da quello precedente, proprio per evitare nuovi possibili fenomeni di interramento. La geometria circolare favoriva appunto l'approdo in tutti i periodi dell'anno, dimostrando che già allora i Romani conoscevano gli schemi di deposizione ed erosione che potevano agire nei diversi periodi dell'anno in questo settore di costa.
Combinando però ancora una volta i dati geologici e geofisici con quelli storici si osserva che le condizioni più favorevoli dell'interramento del porto imperiale e quindi di questo settore del Lazio meridionale, siano da attribuirsi per la maggior parte in un intervallo temporale molto ristretto e cioè per tutto il '700. Molto probabilmente in questo periodo le condizioni geologiche e climatiche, nonché le condizioni tettoniche del sito di Terracina e la progradazione della linea di costa verso ovest e soprattutto il maggior apporto dei sedimenti da parte del fiume Sisto hanno ulteriormente accelerato le condizioni di interramento. A ciò devono aggiungersi i primi tentativi di bonifica dell'area.
Dubbi ed interrogativi sorgono sulla possibile natura della collinetta del

Montone, in quanto la densità media risultante dalla prospezione gravimetrica, pari a 1.10 g/cm^3, fa escludere che la costruzione di questa collina sia dovuta all'accumulo del materiale di escavazione e disinterro del bacino come ipotizzato dagli storici; inoltre valori così bassi di densità non sono da ricondursi alla densità media di una duna eolica come quelle presenti lungo la costa. Si è più propensi nel ritenere che la natura di questo rilievo sia da attribuirsi alla presenza di cavità, magazzini e strutture portuali, al di sotto di una copertura di sedimenti eolici; la densità media utilizzata nel modello interpretativo, sezione n. 2 della Tav. LXXI, fig. 10, è un valore medio tra sedimenti eolici, strutture murarie e vuoti. Per poter interpretare correttamente la natura e l'eventuale genesi antropica di questa collina dovrebbero essere eseguite ulteriori indagini geofisiche, quali le tomografie sismiche a rifrazione e a riflessione in modo da dettagliare la struttura del sottosuolo del Montone. Inoltre sarebbe opportuno affiancare anche delle analisi sedimentologiche di dettaglio.

Bibliografia

ACOCELLA V., FACCENNA C., FUNICIELLO R. (1996) – Elementi strutturali della media Valle Latina. *Boll. Soc. Geol. It.*, 115, 2, 501-518.

ANONIMO (1701) – Carta del 1701. Cod. barb. Lat. 9903, f.69. Biblioteca Apostolica Vaticana, Città del Vaticano.

BIANCHINI A. (1952) – Storia di Terracina.

CANINA L. (1849-1853) – Monumenti Inediti dell'Istituto di Corrispondenza Archeologica V.

CANINA L. (1856) – Gli Edifici di Roma antica e sua campagna, Roma.

CAVINATO G.P., CORRADO S., SIRNA M. (1993) – Geometrie ed evoluzione cinematica del settore centrale della catena simbruino-ernica (Lazio, Appennino Centrale). *Geologica Romana*, 29, 435-453.

CHIARABBA C., AMATO A., DELANEY P.T (1997) - Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills, central Italy. *Bull. Volcanol.*, 59, 161-170.

CIPOLLARI P., COSENTINO D. (1994) – Caratteri stratigrafico-strutturali dei bacini di piggy-back tardo miocenici dell'Italia centrale. *Atti 77ª Riun. Est. Soc. Geol. It., Bari, 26-28 settembre 1994.*

D'ALESSANDRO L., EVANGELISTA S., LA MONICA G.B., LANDINI B. (1986) - Caratteristiche geomorfologiche e sedimentologiche del litorale fra Terracina e Sperlonga (Lazio Meridionale), *Mem. Soc. Geol. Ita.*, 35, 2, 811-818.

D'ARGENIO B., AIELLO G., MARSELLA E., SACCHI M. (2000) – Quaternary structural evolution of Terracina and Gaeta Basins (Eastern Tyrrhenian margin, Italy), *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 9, 11, 41-58.

DE LA BLANCHÈRE R. (1882) – Briques romaines de terres pontines, MEFRA 2.

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M. (2002) – Evoluzione morfologica della Laguna di Sabaudia (Mar Tirreno, Italia Centrale), *Geologica Romana*, 36, 1-12.

DI FILIPPO M., D'OFFIZZI S., TORO B. (1983) - Determinazione delle densità di alcune formazioni della Toscana Meridionale con metodi gravimetrici. *Atti del 2° Convegno del GNGTS*, pp. 473-481.

Di Filippo M., Favali P., Scalera G.C., Toro B. (1986) - Lazio: studio delle strutture tettoniche profonde e superficiali mediante il confronto di dati gravimetrici e sismologici, *Mem. Soc. Geol. Ita.*, 35,1,459-467.

Di Filippo M., Grubessi O., Toro B. (1999)a, *"Progetto Testaccio": indagine gravimetrica nell'area archeologica del Monte Testaccio (Roma).* In "Estudios sobre el monte Testaccio (Roma) I°, J. M. Blàzquez Martinez & J. Remesal Rodriguez (Eds.) Publicacions Universitat de Barcelona, pp. 445-452.

Di Filippo M., Ruspandini T., Toro B. (1999)b, *The gravity prospecting in archaeology.* Proceedings "Science and technology for the safeguards of cultural heritage in the mediterranean basin", Elsevier, vol. 1, pp. 247-250.

Di Filippo M., Flamini M. G., Prisco G., Toro B. (2001a) – Microgravity prospecting in domus vettiorum of Pompeii to locate hypogean cavities. *Quaderni dell'Istituto Centrale del restauro, 2,* pp. 70-84.

Di Filippo M., Toro B., Ruspandini, T. (2001b) – *Microgravity prospecting for identification and conservation of underground archaeological sites.* Proceedings of the 3rd International Conference Science and Technology for the sefeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean.

Di Filippo M., Di Nezza M., Marchetti M., Urbini S., Toro B. (2004)- *Prospezioni geofisiche lungo le vie Appia Antica e Severiana.* Vie Romane del Lazio, 29-49.

Di Filippo M., Di Nezza M, Toro B. (2007 a) - *La prospezione microgravimetrica nell'Insula del Centenario.* Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche, Alma Mater Studiorum, Ante Quem, 33-69.

Di Filippo M., Di Nezza M., Piro S., Toro B., Santoro S. (2007 b) – *Interpretazione integrata archeometrica e archeologica delle prospezioni geofisiche (2001-2004). Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche,* Alma Mater Studiorum, Ante Quem, 63-49.

Di Filippo M. & Toro B. (1980): Analisi gravimetrica delle strutture geologiche del Lazio meridionale. *Geol.Rom.*, 19, 285-294.

Di Filippo M. & Toro B. (1982): Lazio: Anomalie di Bouguer e Campo Regionale del I ordine. *Rend. Soc. Geol.It.*, 5, 27-28.

Griffin W. R. (1949) Residual gravity in theory and practice, *Geophysics*, 14, 39–56.

Lambeck K., Anzidei M., Antonioli F., Benini A., Esposito A. (2004) - Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change, *Earth and Planetary Science Letters* 224, 563– 575.

Marra F., Freda C., Scarlato P., Taddeucci J., Karner D.B., Renne P.R., Gaeta M., Palladino D.M., Trigila R. & Cavarretta G. (2003): Post-caldera activity in the Alban Hills volcanic district (Italy):40Ar/39Ar geochronology and insights into magma evolution. *Bull. Volcanol.*, 65, 227–247.

Maino A., Motta A., Segre A.G. (1969): Considerazioni sui rapporti tra gravimetria e geomorfologia per il F° 150 Roma (Vulcano Laziale) della carta d'Italia al 100.000 dell'I.G.M.. *Boll. Geod. Sc.Aff.*, Anno XXVIII, 2, 173-188.

Maino A. (1968): Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:100.000. F° 170 *"Terracina". Serv. Geol. d'It.*, Roma.

Marani M., Taviani M., Trincardi F., Argnani A., Borsetti A.M., Zitellini N. (1986) – Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber river delta and Capo Circeo, *Mem. Soc. Geol. It.*, 36, 67-89.

Messerschmitt J.B. (1908): Die Schwerebestimmung an der Erdoberflaeche. F. Vieweg u. Sohn, Braunschweig.

MORITZ A. (1984): Geodetic reference system 1980. In: Tscherning. Ed. The Geodesist's Handbook. C.C.. *Bull.Geod.* 58, 388–398.

KARNER D.B., MARRA F. & RENNE P.R. (2001): The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 107,185–219.

KARNER D.B., MARRA F. (1998) – Correlation of fluviodeltaic aggradational sections with glacial climate history: a revision of the Pleistocene stratigraphy of Rome. *Geol. Soc. Am.*, 110 (6), 748-758.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA: Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000, F° 170 "*Terracina*", 1970.

SEVINK J., VOS P., WESTERHOF W., STIERMAN A., KAMERMANS H. (1982) – A sequence of marine terraces near Latina (Agro Pontino, Central Italy). Catena, 9 (3/4), 361-378.

Tavola LXVI

Stralcio della carta geologica F. 170 Terracina (Servizio Geologico Italiano, 1970)

OLOCENE
(**a**[1])Terre nere, colmate di depressioni bonificate, con molluschi dolcicoli (***Limnaea, Pysa, Neritina***).
(**a**) sedimenti limnopalustri argillosi con torba; marne tripolacee con ***Diatomee, Characee***, molluschi dolcicoli (***Bytinia, Limnaea, Cyclas, Unio*** etc.)

OLOCENE
(**as**) Spiagge sabbiose e dune attuali.
(**a**[2]) Dune di sabbia grigia e giallastra ("Tumuleti"), sbarramento di laghi litoranei, con industria litica su ossidiana e molluschi terrestri.

CRETACEO
(**cr**$_u$) Calcari a ***Requienie, Apricardie*** e ***Caprinidi***. Calcari grigiastri intercalati, fossiliferi.(Cenomaniano) Lenti di calcari a ***Orbitoline***. Interstrati marnoso-argillosi. Calcari a piccole ***Toucasie***. Calcari compatti grigi, stratificati; orizzonti calcareo-magnesiaci intercalati alla base. (*Aptiano-Albiano*)

Sorgente d'acqua dolce

Sorgente minerali (H_2S), a Terracina e sorgenti oligominerali

Fig. 1. Stralcio della carta geologica F.170 Terracina (Servizio Geologico Italiano, 1970)

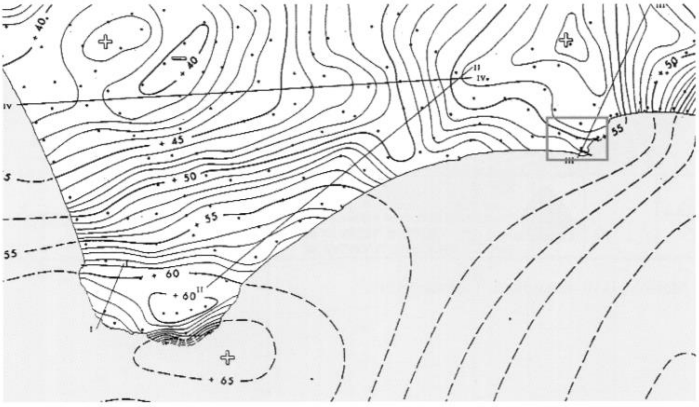


Fig. 2. Stralcio della carta gravimetrica F.170 Terracina (da Maino, 1968). Nel rettangolo viene riportata l'area d'indagine

Tavola LXVII

Fig. 3. Morfologia di dettaglio dell'area in studio

Tavola LXVIII

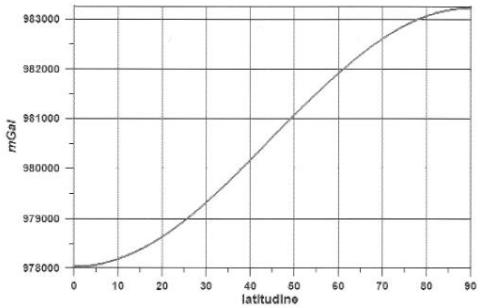


Fig. 4. Variazione del campo gravitazionale teorico al livello del mare in funzione della latitudine

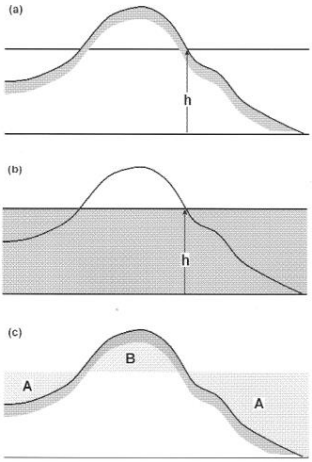


Fig. 5. (a) Correzione di Faye, per un'osservazione alla quota h sul livello del mare. (b) Correzione di Bouguer, la parte tratteggiata corrisponde ad una piastra di roccia di spessore h estesa all'infinito nelle 2 direzioni orizzontali. (c) Correzione topografica, riguarda le variazioni altimetriche tra la morfologia e il piano orizzontale tangente al punto di stazione e risulta sempre positiva

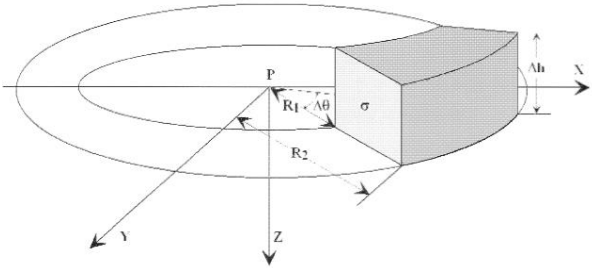


Fig. 6. Schema della correzione topografica

Tavola LXIX

Fig. 7. Carta delle Anomalie Residue di ordine n-1

Tavola LXX

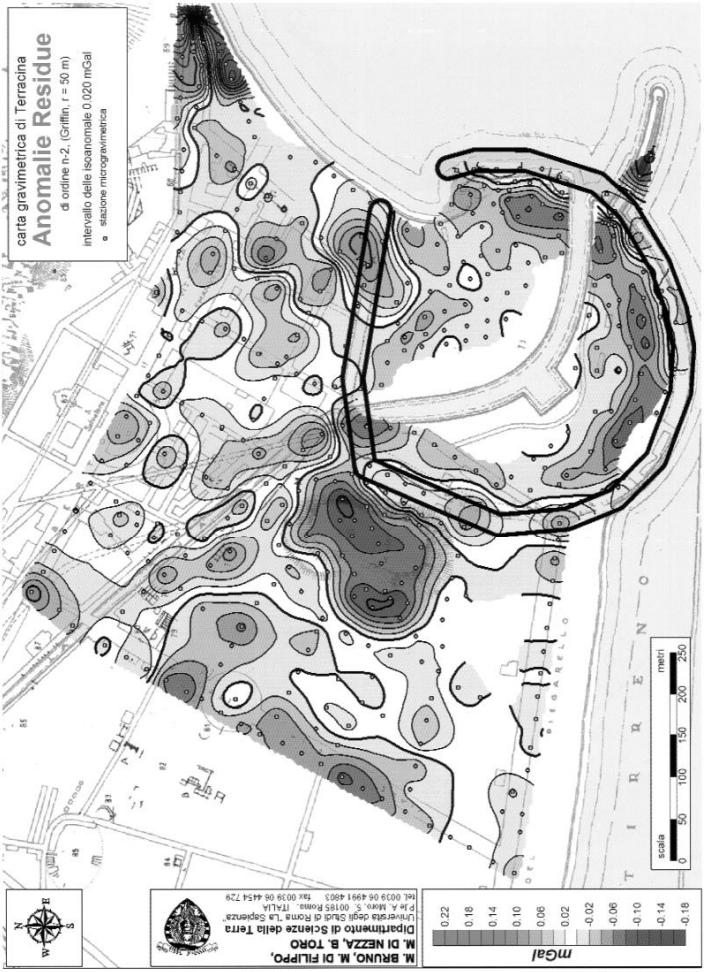


Fig. 8. Carta delle Anomalie di Residue di ordine n-2

Tavola LXXI

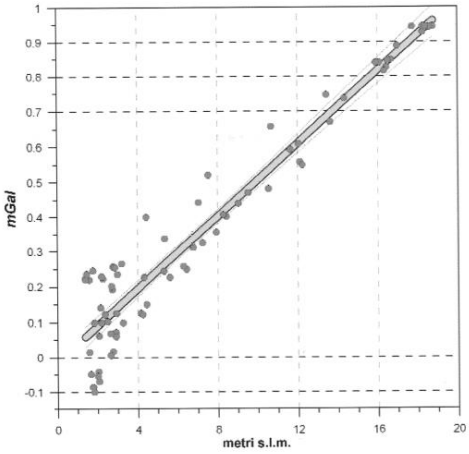


Fig. 9. Grafico quota-anomalie di gravità elaborato sulle 75 stazioni microgravimetriche. Il rapporto gravità e quota consente di determinare la densità media dei sedimenti compresi nell'intervallo di quota

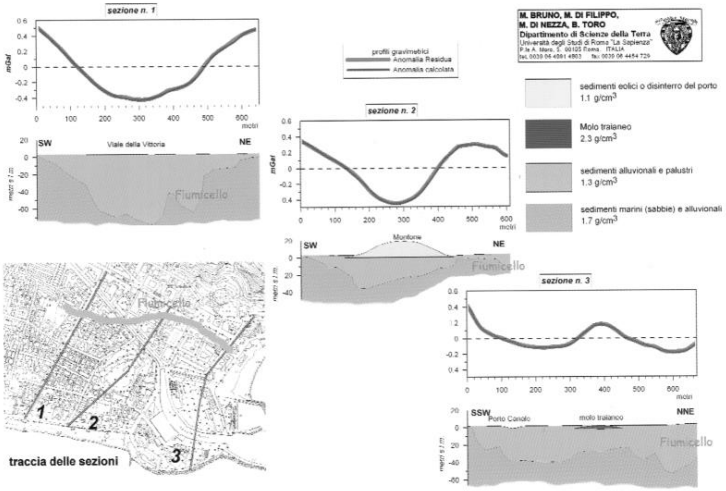


Fig. 10. Ubicazione dei profili interpretativi e rispettivi modelli interpretativi