

INDAGINI GRAVIMETRICHE E MICROGRAVIMETRICHE NELL'ABITATO DI CAMAIORE

Di FILIPPO MICHELE, TORO BENIAMINO

Dipartimento di Scienze della Terra. Università di Roma "La Sapienza"

PREMESSA

A seguito del grave dissesto idrogeologico avvenuto a Camaiole nella notte tra il 14 ed il 15 di ottobre 1995 in località "Le funi" con la formazione di una voragine di ingenti proporzioni, furono eseguite una serie di indagini geofisiche atte a comprendere le modalità del fenomeno ed ad individuare aree a rischio di sprofondamento (BUCHIGNANI, 2002).

Nell'anno 1998 è stata eseguita una prospezione gravimetrica di dettaglio in tutta l'area abitata allo scopo di individuare le principali strutture sepolte. In base ai dati gravimetrici, di perforazione e dei SEV fu realizzato un modello gravimetrico tridimensionale della Piana di Camaiole (RIZZO, 2002).

Successivamente, a seguito dei risultati delle tomografie elettriche che mettevano in evidenza alcune aree anomale e quindi potenzialmente a rischio, si ritenne necessario effettuare in queste aree prospezioni microgravimetriche aventi lo scopo di individuare aree con anomalie gravimetriche negative imputabili a carenze di massa e quindi potenzialmente a rischio.

Le prospezioni eseguite hanno indicato alcune zone con anomalie negative che potrebbero essere imputabili a cavità sepolte o comunque a volumi a bassissima densità. In base ai modelli interpretativi realizzati, il tetto di eventuali cavità sarebbe situato a profondità comprese tra 15 e 20 metri.

1. GRAVIMETRIA

L'indagine gravimetrica effettuata nel 1998 aveva evidenziato l'andamento e la profondità del bedrock e gli spessori dei terreni fluvio-lacustri recenti (figura 2). Furono eseguite 298 stazioni gravimetriche distribuite su un'area di 2.14 km² con una densità di una stazione ogni 7200 metri².

Successivamente sono state condotte due campagne di rilievi microgravimetrici, anni 2000 e 2003, effettuate allo scopo di fornire un maggiore dettaglio della distribuzione delle densità delle formazioni che costituiscono il sottosuolo dell'abitato di Camaiole e per delineare le zone a rischio sinkhole.

Sono state effettuate 564 stazioni microgravimetriche. Le due campagne hanno interessato in totale un'area di 470400 m² con una densità di 1 stazione per 834 metri². È stata scelta una spaziatura tra le misure di circa 20 m; tale valore risulta ottimale per lo scopo della ricerca, l'individuazione di zone a rischio, e tiene conto dell'estensione dell'area d'indagine, il numero di stazioni commissionate e non ultimo poter seguire via via le anomalie rilevate evitando i possibili errori di misura. Le misure di gravità sono state eseguite con un microgravimetro automatico Graviton EG della LaCoste & Romberg (figura 1), strumento che consente un campo di lettura di 7000 mGal con una sensibilità di 0.001 mGal.



Fig. 1 - il microgravimetro LaCoste & Romberg Graviton EG, utilizzato per la prospezione microgravimetrica.

Le Anomalie di Bouguer sono state calcolate utilizzando per la correzione di Bouguer e per la correzione topografica un valore di densità pari a 2.60 g/cm^3 , valore tipico delle rocce affioranti nei rilievi che circondano Camaione e del bedrock dell'area in esame e che costituiscono il bedrock dell'area in esame.

Le Anomalie Residue di ordine n-1 sono state elaborate sottraendo alle Anomalie di Bouguer il Campo Regionale del 1° ordine che risulta la caratteristica più importante nel quadro delle Anomalie di Bouguer e rappresenta gli effetti gravimetrici prodotti da strutture estese e profonde che interessano tutta l'area indagata e cioè il decremento dell'anomalia di gravità da SW verso NE causato dall'approfondimento verso NE del basamento metamorfico (figura 3). Tale superficie è l'effetto di variazioni di densità a livello crostale.

La superficie del Campo Regionale del 1° ordine, considerata piana almeno per l'area di Camaione, presenta la direzione di Nord 51° Ovest, immerge a Nord-Est con un gradiente di 2.6 mGal per km.

Nella figura 4 sono rappresentate le Anomalie Residue di ordine n-1.

La mappa delle Anomalie Residue di ordine n-1 risulta un mezzo più adeguato per lo studio delle strutture del bedrock sepolto: la carta presenta valori positivi, oltre $+1.000 \text{ mGal}$, presso il bordo della Piana di Camaione in prossimità ed in corrispondenza degli affioramenti del bedrock, e valori negativi dove lo spessore dei terreni fluvio-lacustri è maggiore. Il minimo assoluto, depocentro della conca, è ubicato poco a nord del centro storico di Camaione, dove raggiunge oltre -1.000 mGal . Ciò fa ritenere che il minimo gravimetrico sia effetto di forti spessori di sedimenti fluvio-lacustri leggeri poggianti su un bedrock denso. Il minimo di gravità si presenta allungato in direzione NNW-SSE e presenta due depocentri: uno minore nella parte nord-occidentale (-0.7 mGal) ed un secondo nella parte sud-orientale (-1.0 mGal).

Tuttavia questa carta non può delineare le zone a bassa densità presenti nel sottosuolo, cioè quelle che, in seguito ad un collasso dei terreni soprastanti, possono dare luogo a eventuali sinkholes. A questo scopo sono stati eseguiti una serie di filtraggi illu-

strati nei prossimi capitoli. Più che dalle Anomalie Residue di ordine n-1 è più semplice trarre ogni considerazione, dalle successive elaborazioni, dalle Anomalie Residue di ordine n-2, in quanto le zone, sia positive che negative, di anomalia chiusa di piccola estensione risultano più evidenti e congruenti con le prime decine di metri del sottosuolo.

Allo scopo di mettere in luce gli effetti gravimetrici imputabili a possibili presenze di volumi a bassa densità nel sottosuolo, è stato elaborato il Campo Regionale del 2° ordine e le relative Anomalie Residue di ordine n-2, utilizzando il metodo di Griffin con raggio di regionalità di 75 m. Le Anomalie Residue di ordine n-2 permettono di delineare in modo più chiaro e di isolare le aree con anomalie negative dovute a diminuzione della densità nella coltre di sedimenti fluvio-lacustri.

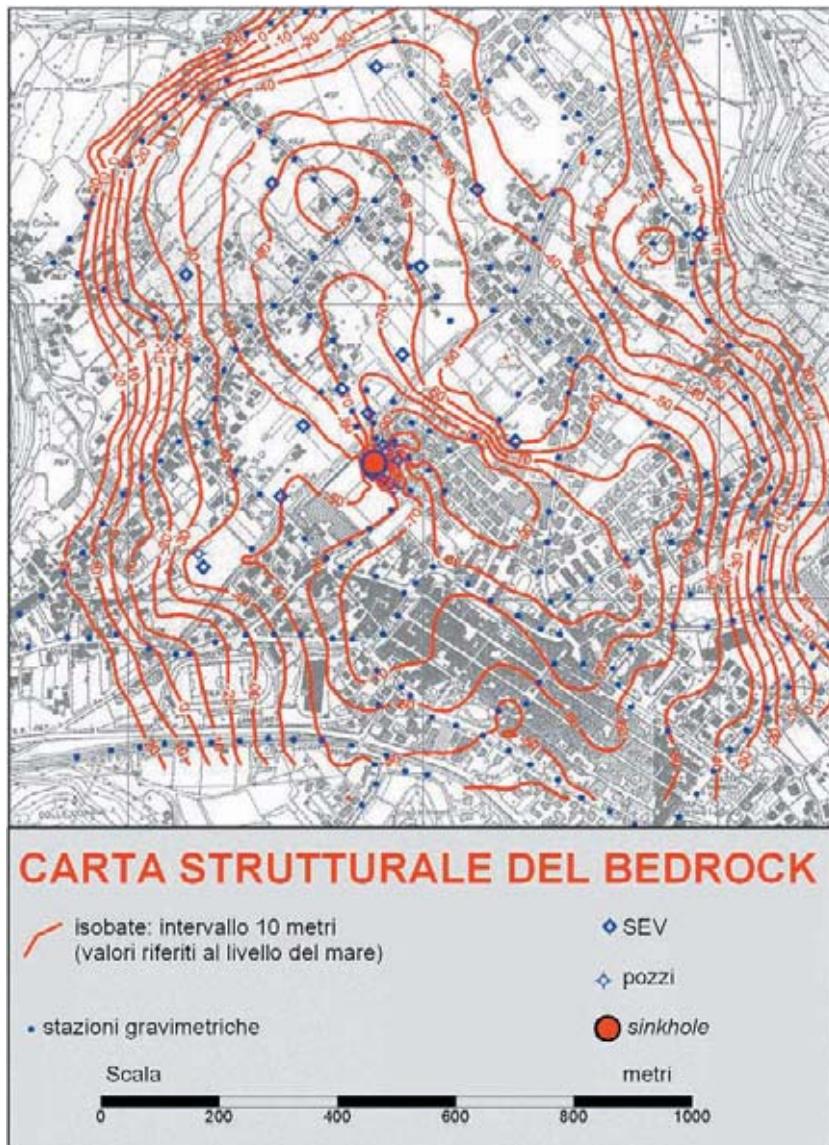


Fig. 2 - Carta strutturale del bedrock

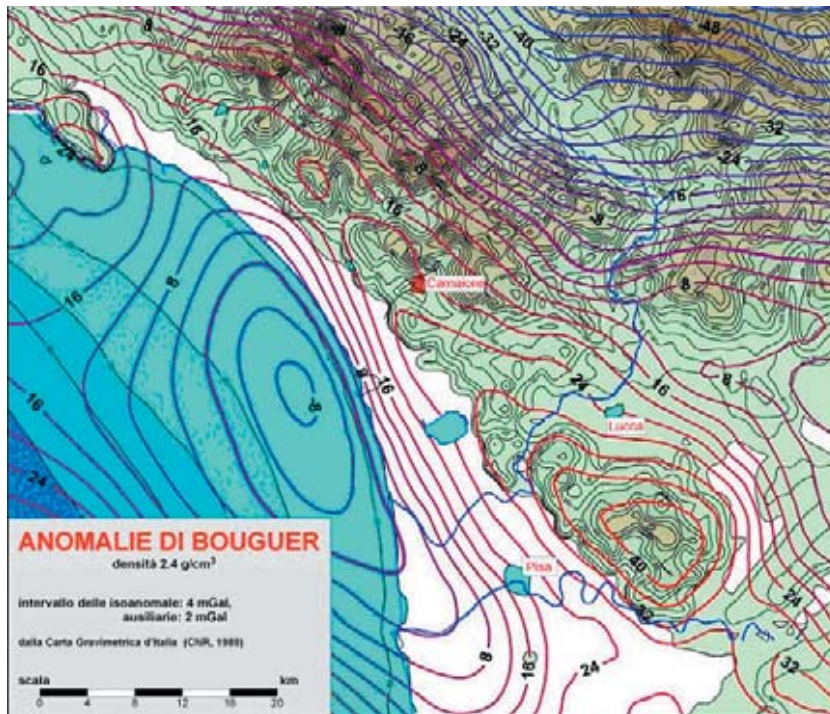


Fig. 3 - Carta gravimetrica dell'area della Versilia

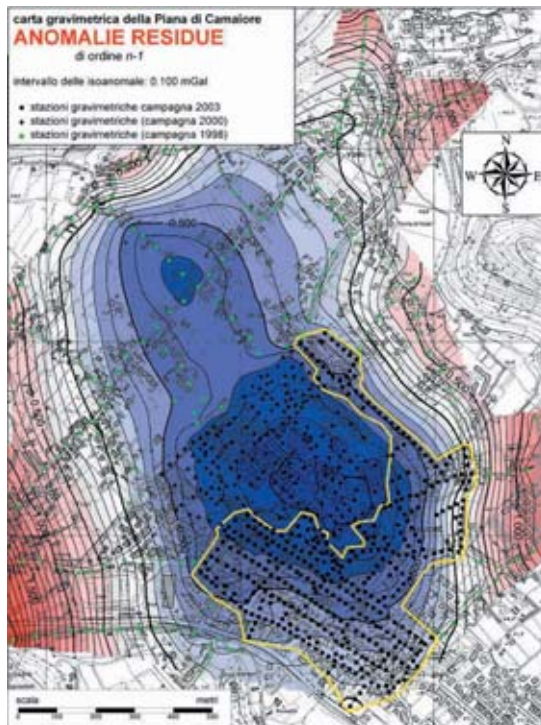


Fig. 4 - Carta gravimetrica di Camaiore: Anomalie Residue di ordine n-1.

Nella figura 5 vengono riportate le Anomalie Residue n-2 unicamente per l'area abitata di Camaiore. Le anomalie, data la scala utilizzata, sono rappresentate con un intervallo di 0.020 mGal. In particolare sono state tracciate solo le aree caratterizzate da valori negativi.

Le Anomalie Residue di ordine n-2 sono state utilizzate come base per il calcolo e la realizzazione di 3 modelli gravimetrici bidimensionale riportati nella figura 6.

Nelle tre sezioni, la cui traccia è riportata nella figura 5, sono riportati :

- a) profilo dell'anomalia Residua
- b) profilo dell'anomalia calcolata
- c) modello gravimetrico.

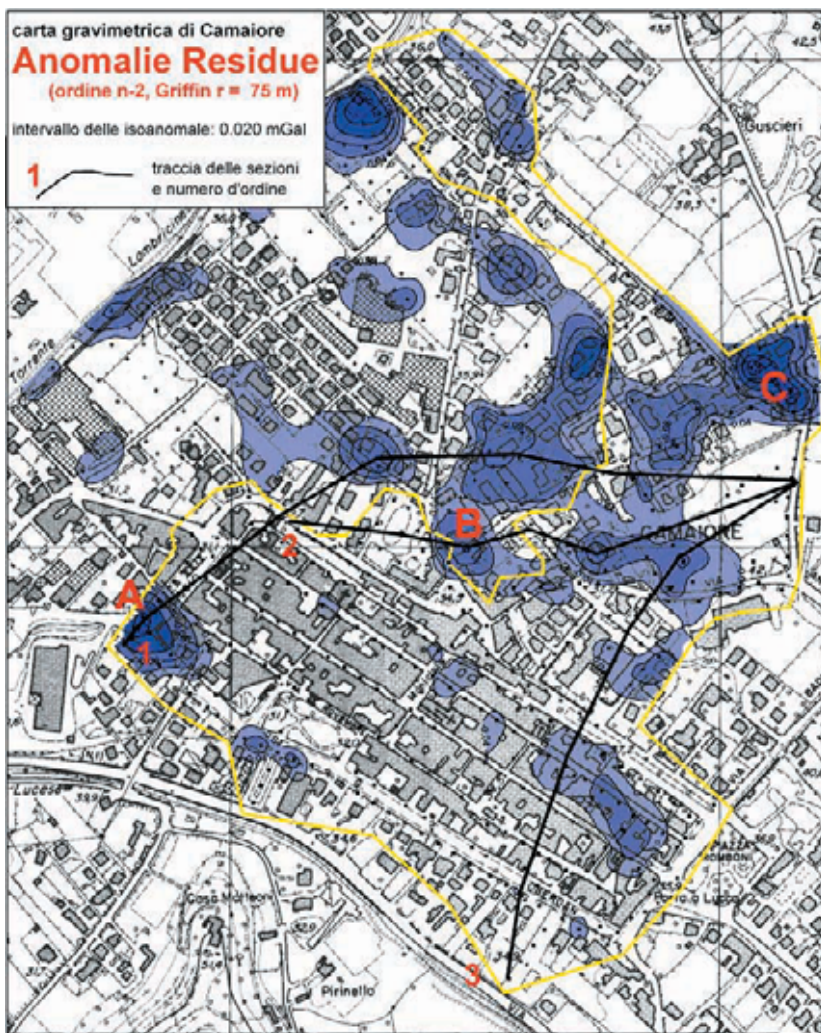


Fig. 5 - carta gravimetrica dell'abitato di Camaiore.

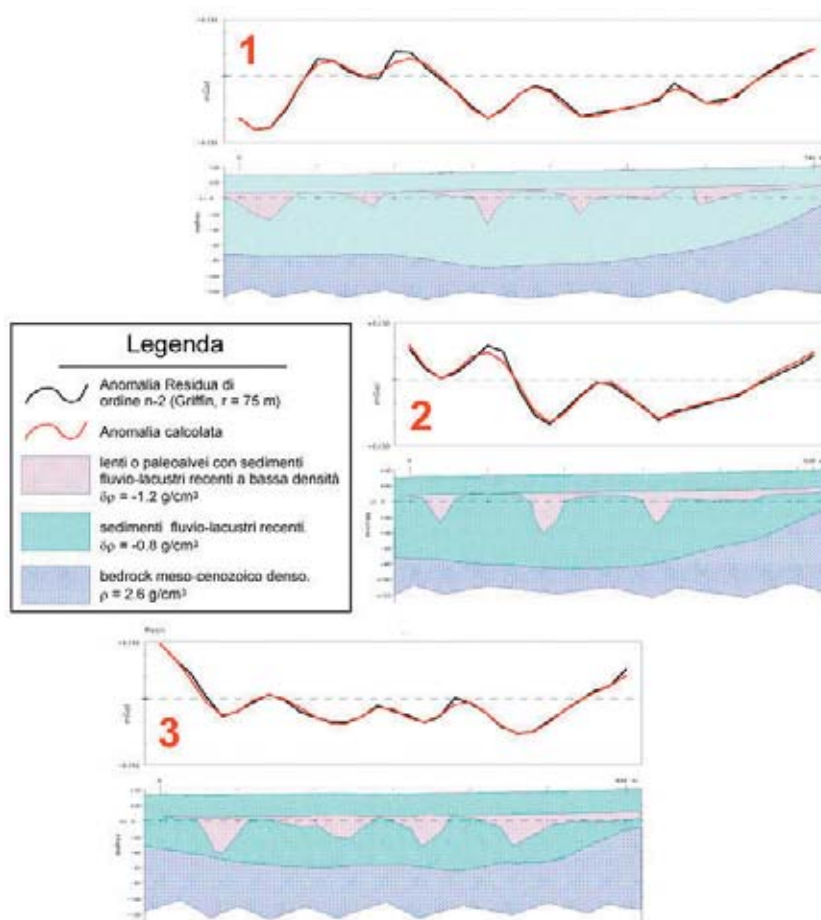


Fig. 6 - Modelli gravimetrici bidimensionali.

Ogni modello è stato realizzato con un programma che calcola l'anomalia gravimetrica sul piano campagna. Successivamente il programma di calcolo confronta le anomalie calcolate con le Anomalie Residue n-2 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.

Nei modelli è stato rappresentato l'andamento del bedrock denso, inteso come substrato meso-cenozoico: l'effetto del bedrock non è stato calcolato in base alle Anomalie Residue di ordine n-1, ma bensì sulla base delle Residue di ordine n-2.

È stato considerato un pacco di sedimenti di origine fluvio-lacustre con una densità di 1.8 g/cm³ ($\Delta\rho = -0.8$ g/cm³ rispetto al bedrock) ed un livello intercalato con il precedente, di sedimenti sempre della stessa tipologia, fluvio-lacustre, ma caratterizzati da una densità più bassa, 1.3 g/cm³ ($\Delta\rho = -1.2$ g/cm³ sempre rispetto al bedrock).

Risulta evidente come le zone di anomalia negativa trovino conferma con la presenza di volumi di sedimenti nel sottosuolo caratterizzati da valori di densità estremamente bassi, quasi al livello di fanghi, e dalle caratteristiche geotecniche estremamente scadenti: alto valore di costipazione, possibilità di solifluzione, e tali da far considerare le aree soprastanti a rischio sinkhole.

2. CONSIDERAZIONI FINALI

La prospezione microgravimetrica eseguita nell'abitato di Camaiore ha permesso di evidenziare alcune aree con anomalie gravimetriche negative (figura 5), che potrebbero essere imputabili alla presenza di cavità sepolte o comunque a volumi a bassa densità. Qualora le prospezioni geoelettriche confermassero la presenza di aree conduttive anomale, tali zone sarebbero da considerare a rischio sinkhole.

I modelli gravimetrici calcolati indicano quantitativamente alcune zone anomale nel sottosuolo. Nelle aree dove le anomalie gravimetriche e geoelettriche indicano concordemente la presenza di situazioni a rischio, risulta auspicabile un controllo con una rete di livellazione di precisione e con il rilievo di eventuali lesioni negli edifici ed infine l'esecuzione di indagini dirette mediante perforazioni a carotaggio continuo atte ad individuare la causa delle anomalie riscontrate. Le perforazioni andranno effettuate con la massima cura ed attenzione onde evitare possibili cedimenti del terreno con inevitabili danni alle costruzioni esistenti.

Un controllo tra i dati gravimetrici rilevati nel 1998 e quelli rilevati nelle campagne 2000 e 2003 ha evidenziato che nella piana ci sono state zone in cui la gravità è diminuita nel corso degli ultimi anni, anche fino a -0.090 mGal. La causa può essere duplice, o è imputabile ad un sollevamento differenziale di alcune aree rispetto ad altre, il che è improponibile, oppure ad una diminuzione di densità nel sottosuolo. C'è da notare che le aree dove la gravità è diminuita corrispondono a zone in cui l'Anomalia Residua di ordine $n-2$ presenta valori negativi.

BIBLIOGRAFIA

BUCHIGNANI V. (2002) – Indagini geologiche e geofisiche relative al fenomeno di crollo nell'ottobre 1995 in loc. "Le Funi". Volume "Le Voragini catastrofiche, un nuovo problema per la Toscana", pp. 202-209, Edizioni Regione Toscana, Firenze.

RIZZO S., DI FILIPPO M., TORO B. (2002) – La geofisica applicata nel controllo e nelle indagini sui sinkholes: l'esempio di Camaiore. Volume "Le Voragini catastrofiche, un nuovo problema per la Toscana", pp. 210-225, Edizioni Regione Toscana, Firenze.

