

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 33	pp. 17-24	Trieste 1996
---	---------	-----------	--------------

CLAUDIO ZANOLLA (*), FRANCO COREN (*),
FRANCO CUCCHI (**), FRANCESCO GIORGETTI (**), MASSIMO LOVO (*)

ELABORAZIONE DEI DATI GRAVIMETRICI IN CORRISPONDENZA DELLA GROTTA GIGANTE (CARSO CLASSICO, TRIESTE, ITALIA)

RIASSUNTO

Nei primi anni '70 nell'area della Grotta Gigante, Carso Triestino, sono stati acquisiti dati microgravimetrici volti a determinare la presenza di eventuali cavità intorno alla caverna principale. I dati gravimetrici (anomalia di Bouguer) sono stati ricomputati su di un grid regolare di maglia quadrata. Particolari algoritmi di calcolo applicati alla griglia, quali la determinazione del gradiente, la sua direzione, l'analisi della sua convergenza, permettono una immediata analisi qualitativa del dato gravimetrico volta all'identificazione di aree in cui si può supporre la presenza di cavità, che è correlata a deficit di massa.

SUMMARY

MICROGRAVIMETRIC SURVEY IN THE AREA OF THE "GROTTA GIGANTE" CAVE.

A microgravimetric survey was carried out in the early '70's in the area of the "Grotta Gigante" cave. The aim of the survey was to point out any undetected cavities surrounding the main cavern. The Bouguer anomaly was computed, topographically corrected for a grid of 2.5" lon x 1.875" lat up to 3.0 km and a grid of 10" lon x 7.5" lat up to 20 km. This data set was gridded (15 x 15 m² grid spacing) using the Delauney triangulation with a linear interpolation algorithm. The gridded data values gave us the possibility of testing the applicability of simple grid analysis to outlining the presence of underground cavities. Computation of the gradient function and the gradient direction of the Bouguer anomaly, allowed us to directly locate the area characterised by mass deficits, and to compute the plan curvature function of the Bouguer anomaly. All the computed functions have been represented in a "users friendly" display as contour lines for the gravity field anomaly and plan curvature function, an arrow display for the gradient direction, and in shaded relief for the gradient function. All these analyses and displays can be done with a common, low-power microcomputer. The results confirm the applicability of such methods to the qualitative analysis of gravity data (Bouguer anomaly) aimed at cavity detection, and in cases like this, where the mass deficit related to the large volume of the "Grotta Gigante" is high, it allows an immediate evaluation of the dimensions.

(*) Osservatorio Geofisico Sperimentale (O.G.S.), Borgo Grotta Gigante, Trieste.

(**) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università degli Studi di Trieste.

ZUSAMMENFASSUNG

VERARBEITUNG GRAVIMETRISCHER DATEN DER GROTTA GIGANTE

Anfang der siebziger Jahre wurden in der Grotta Gigante auf dem Triester Karst mikrogravimetrische Daten gesammelt, um eventuelle Hohlräume im Umfeld der Haupthöhle nachzuweisen. Die gravimetrischen Daten (Bouguersche Anomalie) wurden auf ein Liniennetz mit quadratischen Feldern übertragen. Besondere Algorithmen zur Berechnung des Gradienten und seiner Richtung sowie seine Konvergenzanalyse gestatten eine unmittelbare qualitative Verarbeitung der gravimetrischen Daten zur Identifizierung von Gebieten, in denen ein mit dem Massendefizit in Verbindung stehendes Vorhandensein von Hohlräumen zu erwarten ist.

POVZETEK

OBDELAVA GRAVIMETRIČNIH PODATKOV NAD JAMO V BRIŠČIKIH.

Na začetku sedemdesetih let so bili na področju ob jami v Briščikih, Tržaški Kras, zbrani podatki o mikrogravimetriji z namenom, da se ugotovi prisotnost morebitnih votlin v okolici glavne votline. Gravimetrični podatki (Bougerjeva anomalija) so bili preračunani na pravilno kvadratno mrežo. Posebni računski algoritmi, opravljeni na tej mreži, kot so: določitev gradienta, njegova smer, ter analiza njegove konvergence, omogočajo takojšnjo kvalitativno analizo gravimetričnega podatka z namenom, da se določijo področja, kjer, se na podlagi masnega deficita, lahko sklepa na prisotnost votlin.

Premessa

Nell'intento di proporre un metodo di analisi di dati gravimetrici, applicabile con un personal computer di media potenza, che consenta di evidenziare la presenza di cavità e di ipotizzarne le dimensioni, si sono rielaborati i dati acquisiti dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste agli inizi degli anni '70 in corrispondenza della Grotta Gigante.

La metodologia gravimetrica è infatti particolarmente efficace per la scoperta di cavità sconosciute in zone carsiche ed il tipo di approccio proposto nella elaborazione dei dati si rivela abbastanza congruente nella definizione di massima della pianta delle cavità nel caso esse generino una forte anomalia del campo.

Le misure gravimetriche erano state effettuate con un microgravimetro tipo Lacoste & Romberg; ogni punto di misura risulta corredato da dati topografici particolarmente accurati e i valori delle misure sono stati corretti per aria libera (Faye) e per correzione di piastra (Bouguer) assumendo una densità media di 2,67 gr/cm³.

Si ricorda che la Grotta Gigante, una delle più importanti e conosciute cavità turistiche italiane, è in pratica costituita da un'ampia sala alla quale si accede da una galleria molto inclinata il cui ingresso è situato a 265 metri s.l.m., in prossimità dell'omonimo borgo, sul Carso Classico triestino, a pochi chilometri da Trieste. È caratterizzata da una pianta grossomodo sub-ellissoidale e la sala, il cui fondo è a 115 m di profondità dal piano campagna, ha lunghezza di circa 160 m e larghezza di circa 65 m; la volta ha un'altezza massima di 107 m per un volume complessivo di circa 600.000 m³ (fig. 1).

La cavità si apre in calcari cretatici micritici, molto fossiliferi (essenzialmente frammenti di Rudiste); la stratificazione, che ha direzione E-W con immersione di 15°-23° verso Sud, è solitamente netta, con periodo variabile da 80 a 5 cm con prevalenza degli strati a potenza decimetrica. La fratturazione non è intensa e i volumi rocciosi unitari prevalenti sono dell'ordine di 1 m³; le famiglie principali di discontinuità sono subverticali o molto inclinate.

Le caratteristiche morfologiche superficiali dell'area sono quelle tipiche del Carso, qui rappresentate da una superficie tabulare, lievemente ondulata, con locali piccole doline dai

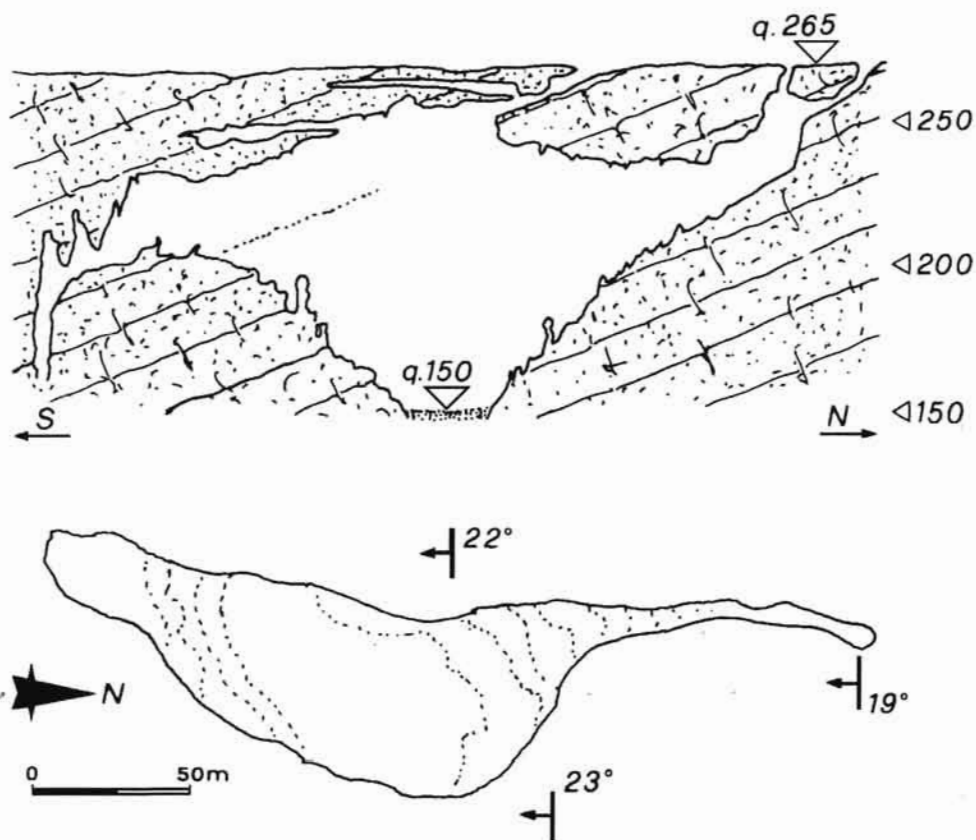


Fig. 1: Pianta e sezione della Grotta Gigante.

fianchi ripidi ed il fondo in terra rossa. Prevale la roccia affiorante, con morfologia a estese testate di strato interessate da tutte le possibili piccole forme carsiche epigee, o subaffiorante, con la presenza non continua di un suolo di terra rossa mista a frammenti rocciosi dello spessore variabile da alcuni decimetri ad un paio di metri, su cui si imposta una vegetazione arbustiva data essenzialmente da querce e faggi.

Elaborazione dei dati

Lo scopo del lavoro è stato quello di effettuare un'analisi qualitativa puntando ad ottenere una restituzione grafica di facile lettura ed interpretazione.

I dati di partenza sono costituiti dall'anomalia di Bouguer la cui correzione topografica era stata effettuata in maniera molto accurata; questa era stata eseguita per ogni singola stazione utilizzando le quote medie con un grigliato di longitudine $2.5''$ e $1.875''$ di latitudine fino ad una distanza di 3.0 km dal punto di misura e di longitudine $10''$ e latitudine $7.5''$ fino a 20 km ed una densità di 2.67 g/cm^3 .

Partendo dai dati relativi all'anomalia di Bouguer, è stato ricavato un *grid* su maglia quadrata di 15 m utilizzando l'algoritmo di triangolazione di Delauney con interpolazione lineare (LEE & SCHACHTER, 1980). Questo particolare algoritmo permette una elevata conservazione dei gradienti (differenze relative) dei dati originali nonché il rispetto dei valori assoluti di questi ultimi. Dal grigliato così ottenuto (fig. 2) si è ricavato il *contouring* dei dati con sottoimpresa una rappresentazione delle anomalie di gravità tipo *shaded relief* (rilievo con ombreggiatura) illuminate da una sorgente luminosa posta ad un azimut

Gravity values (Bouguer 2.67g/cm³) mgal

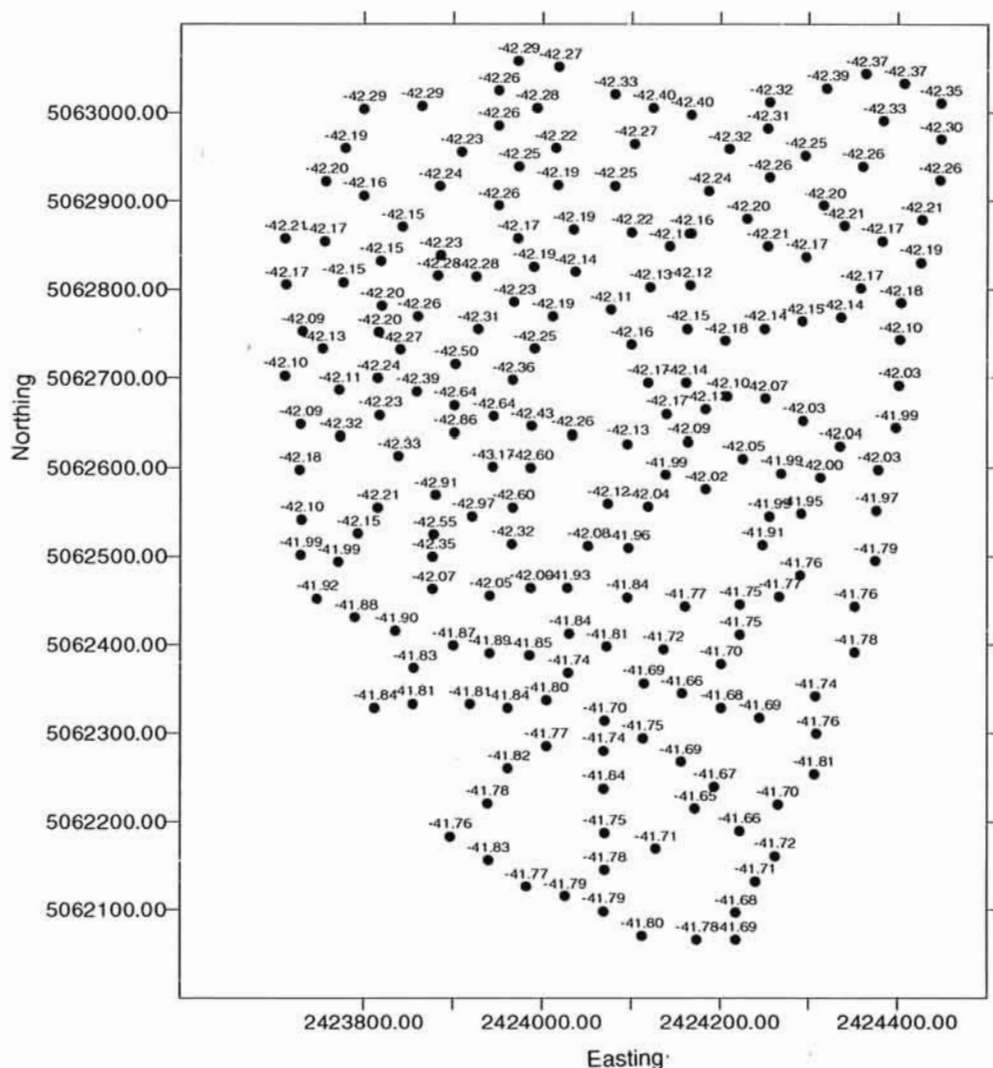


Fig. 2: Mappa della distribuzione dei punti di misura e relativi valori dell'anomalia di Bouguer; le unità degli assi sono in metri.

di 315° (ovvero a NW) e con un'elevazione di 35 gradi (fig. 3). Questa rappresentazione permette una immediata valutazione qualitativa del campo di gravità anomalo e nel nostro caso evidenzia la presenza di un'anomalia negativa molto importante collegata al deficit di massa associato alla Grotta Gigante.

Shaded relief map of gravity field Bouguer anomaly (2.67 gr/cmc) mgal

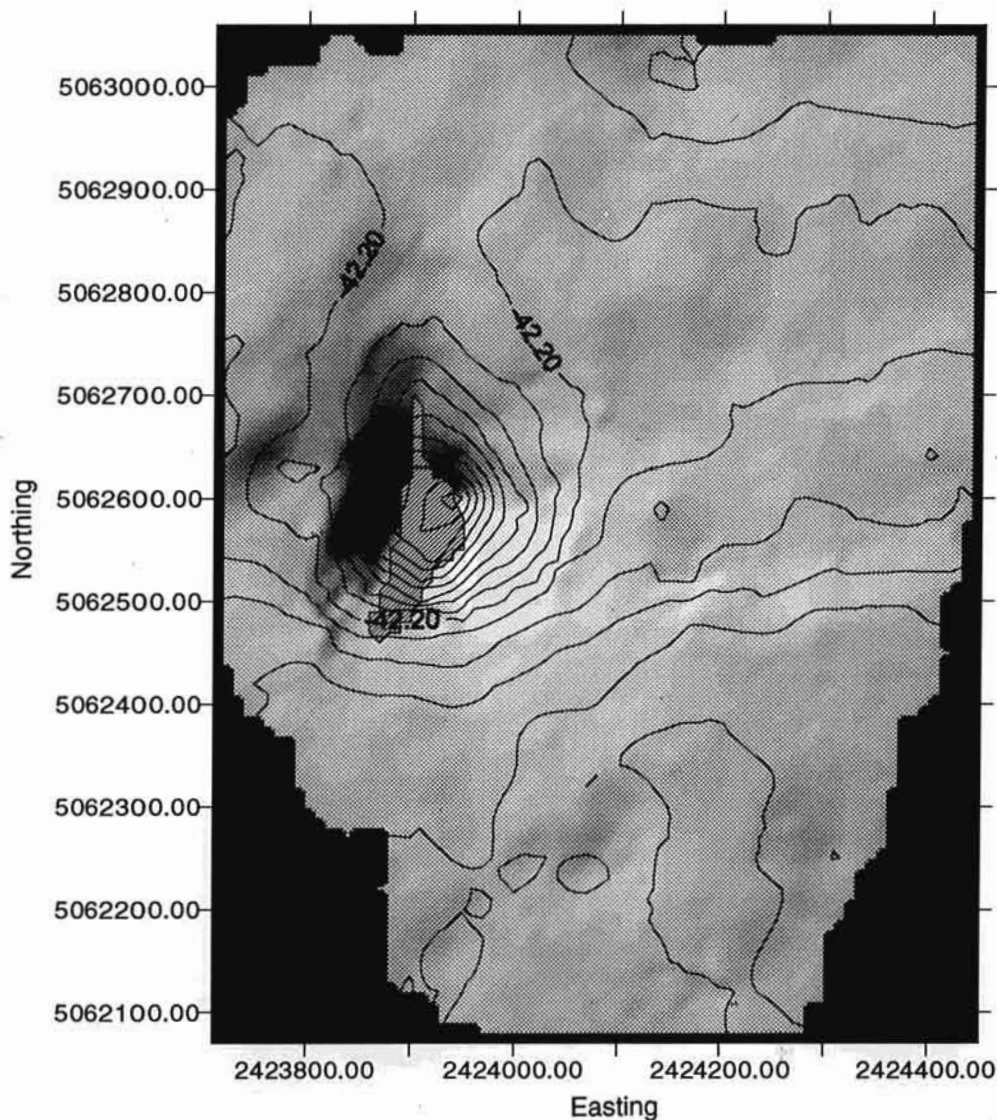


Fig. 3: Anomalie di Bouguer rappresentate in rilievo con ombreggiatura (*shaded relief*) e sovrainpressa la pianta della Grotta Gigante; le unità degli assi sono in metri.

Mediante l'analisi del gradiente del campo anomalo di gravità si può ottenere un'ulteriore rappresentazione del dato che consente di trarre indicazioni relative alla "distribuzione laterale" di deficit o agli "eccessi di massa", specie calcolando anche la direzione del gradiente massimo per ogni singolo nodo (fig. 4). Dati il *contouring* del gradiente del campo anomalo di gravità e le direzioni lungo le quali detto gradiente è massimo, le aree

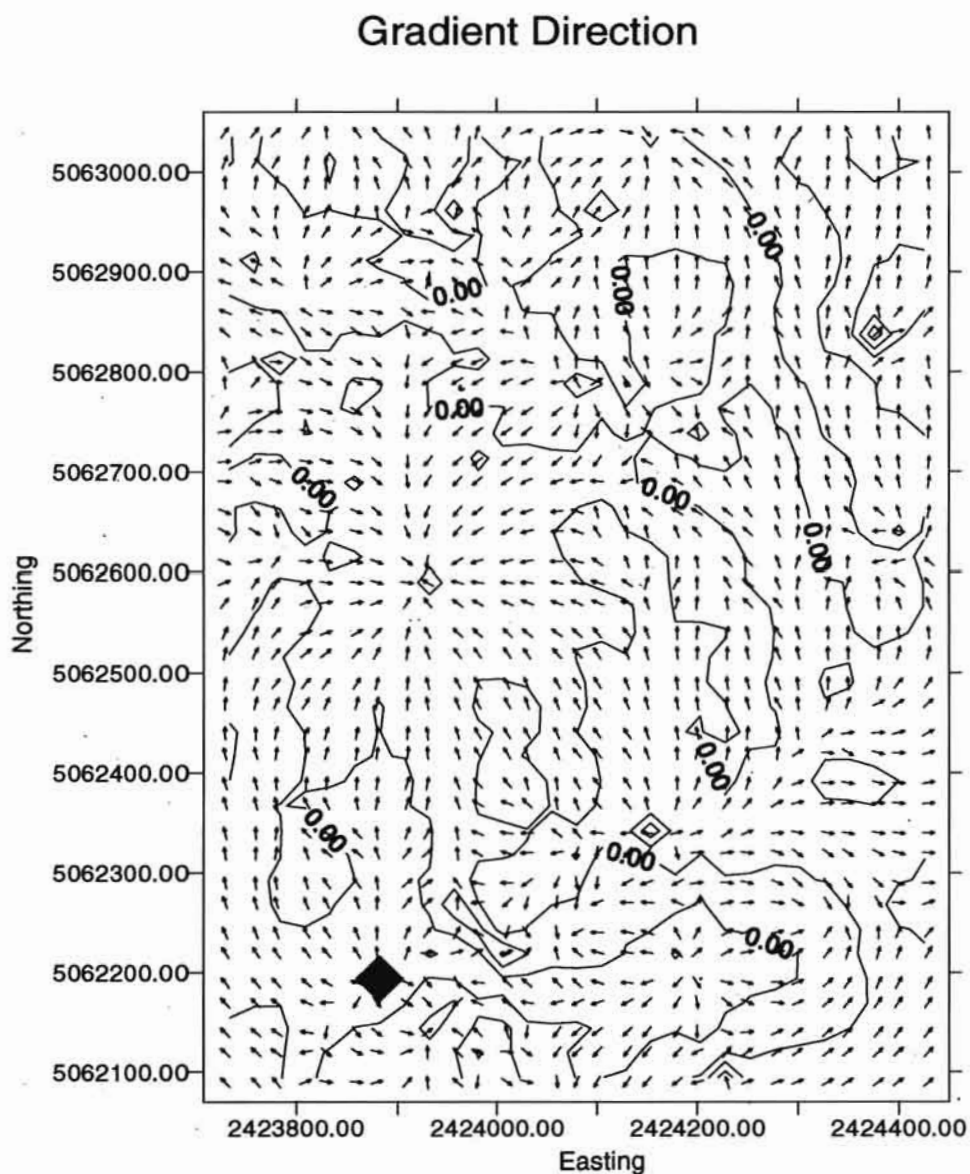


Fig. 4: Direzione del gradiente massimo del campo di gravità e contour del valore di curvatura nulla ovvero di gradiente orizzontale. La direzione del gradiente del campo di gravità anomalo è indicata dalle frecce sovrainpresse; le unità degli assi sono in metri.

dove le direzioni delle frecce sono convergenti sono associabili a deficit di massa e le aree dove le frecce divergono sono legate ad eccesso di massa (MOORE ET AL. 1993). Esaminando il rateo di cambiamento del flusso e plottandone i risultati si ottiene un'immagine (fig. 5) che evidenzia le aree dove le linee di flusso del campo di gravità convergono o divergono: se il dato viene rappresentato in contour riempito sottoimpreso al dato gravimetrico si ha un'ottima ed espressiva immagine (MITASOVA & HOFIERKA, 1993) dei due tipi di aree.

È stata infine rappresentata direttamente la funzione gradiente del campo di gravità anomalo per il delineamento di bruschi cambiamenti dei valori relativi verificandone il risultato con la pianta della Grotta Gigante (fig. 6). In questo caso si può notare come il forte gradiente determinato dalla presenza della Grotta Gigante, permetta di delinearne la pianta.

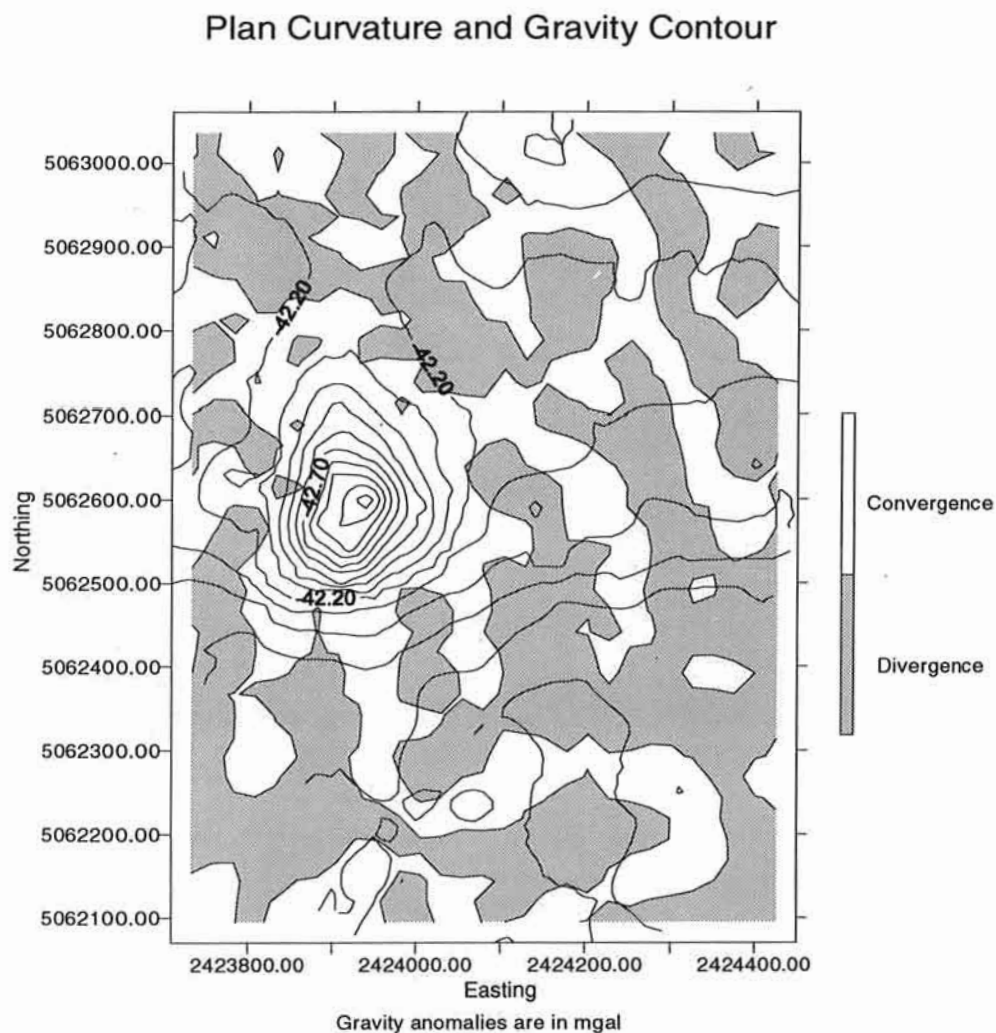


Fig. 5: Anomalie gravimetriche e zone di divergenza (in grigio) e di convergenza (in chiaro) della funzione gradiente; le unità degli assi sono in metri.

Shaded Relief Map of the Gradient Function

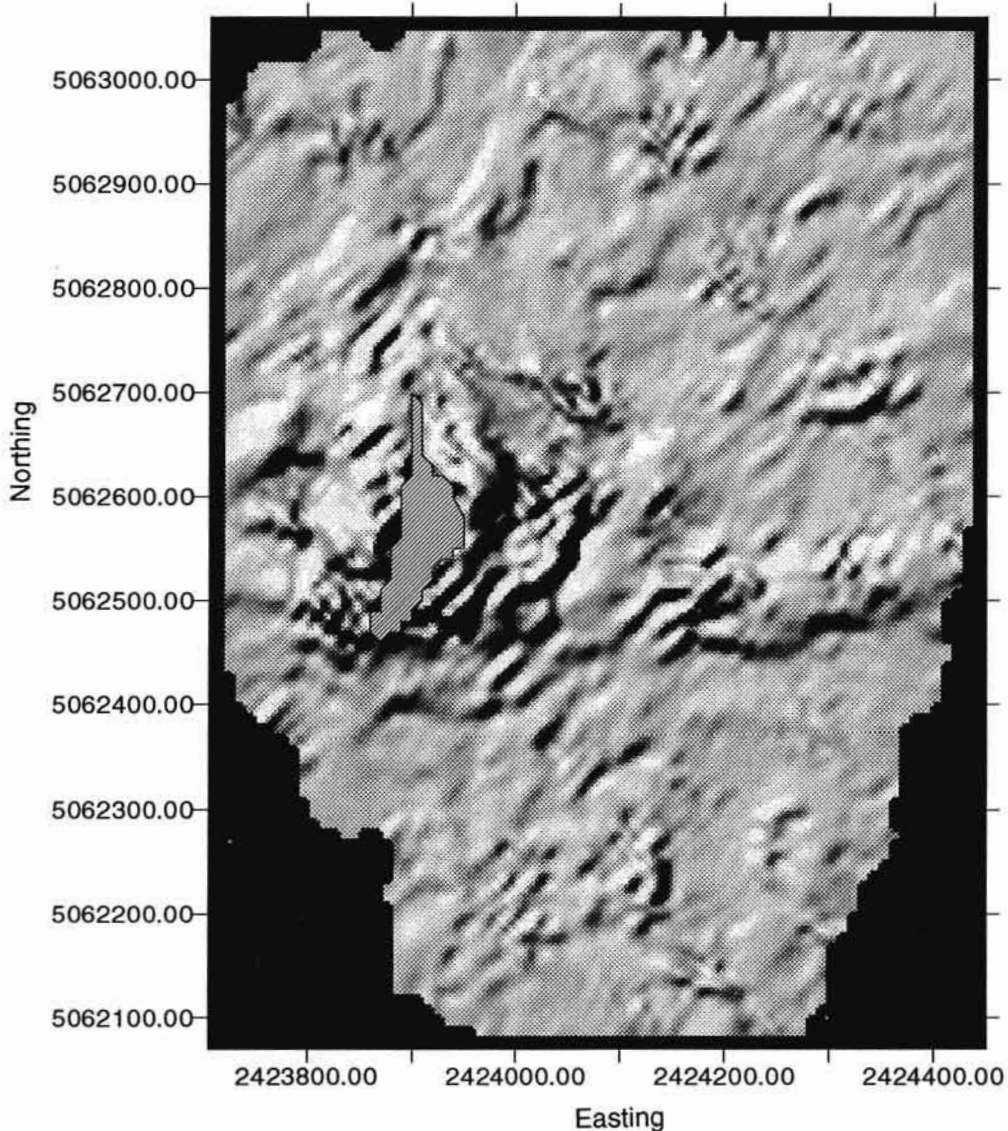


Fig. 6: Rappresentazione della funzione gradiente in *shaded relief* e della Grotta Gigante; le unità degli assi sono in metri.

BIBLIOGRAFIA

- FORTI F., 1985. *Grotta Gigante nel Carso triestino*. Ed. B. & M.M. Fachin - Trieste, 71 pp.
- LEE D.T. & SCHACHTER B.J., 1980. *Two Algorithms for Constructing a Delaunay Triangulation*. International Journal of Computer and Information Sciences, V.9, n.3, 219-242.
- MITASOVA H. & HOFIERKA J., 1993. *Interpolation by Regular Spline with Tension: II. Application to Terrain Modeling and Surface Geometry Analysis*. Mathematical Geology, V. 25(6), 657-669.
- MOORE I., LEWIS A., GALLANT J.C., 1993. *Terrain Attributes: Estimation Methods and Scale Effects*. Modeling Change in Environment Systems. A.J. Jakeman et al. editors, John & Sons, New York.