

Il Progetto CARG e la geologia marina. Esperienze cartografiche per la conoscenza delle aree marine

*The CARG Project and marine geology.
Mapping of submerged areas*

D'ANGELO S. (*), FIORENTINO A. (*)

ABSTRACT - Within the national geological mapping programme (basic geological maps at 1:50.000 scale including both emerged and submerged areas), rules for marine areas have been tuned to represent both the basic geological knowledge and the applied aspects of the seafloor and sub-bottom features. At present, approximately 20% of the total coastal maps at 1:50.000 scale, extending generally till the edge of the continental shelf, have been surveyed.

The cartography is focused both on the postglacial stratigraphy and on present-day distribution of sediments whereas depositional systems are obtained by means of both geophysical methods and seafloor samplings.

The mapping rules have also been homogenised to those defined for the terrestrial sectors, i.e. considering the unconformities as boundaries of stratigraphic units and applying sequence stratigraphy concepts. The latter are very useful when dealing with the stratigraphy of the shelf that is the result of the interplay between relative sea level changes, sedimentary feeding, basin morphology and depositional processes acting at local scale.

Main aspects of the mapping rules related to marine areas:

- uniform criteria for geological survey and cartographic restitution;

- homogeneity with features illustrated in the terrestrial sectors i.e. considering the Unconformity Bounded Stratigraphic Units and applying Sequence Stratigraphy concepts;

- usability for applied purposes.
- readability of the map.

Cartography of outcropping units is focused on:

- stratigraphy: i.e. postglacial depositional sequence interpretation of sedimentary processes within an evolutive frame;
- morphology and sedimentology of seafloor: i.e. present-day distribution of sediments and depositional systems.

The official mapping of the Italian continental shelf is still being carried on cooperating with several institutions such as University, CNR Institutes and public organizations (Hydrographic Navy Institute). A single method of representation, including depositional systems and the main biocenoses, is applied and all maps are georeferenced.

A national geodatabase at 1:25.000 scale stores all information obtained during surveying (morphology, seismic analysis, sequence stratigraphic analysis of the Pleistocene-Holocene interval, etc.). The geodatabase structure is under continuous development and contents are updated regularly.

PAROLE CHIAVE: Carta geologica, geologia marina, linee guida, metodo geofisico, rilevamento subacqueo.

KEY WORDS: Geophysical methods, geologic maps, guidelines, marine geology, sea-floor survey.

1. - INTRODUZIONE

La cartografia geologica dei fondali marini a livello nazionale inizia con il progetto CARG e più precisamente con la legge 183 del 1989, che contiene le “norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”. Con questa legge, per la prima volta, il termine territorio viene esteso anche ai fondali marini e in particolare modo alla piattaforma continentale e alla fascia costiera, quest’ultima interessata in quasi tutto il suo svolgimento da fenomeni di dissesto o di

(*) ISPRA-Servizio Geologico d'Italia/Servizio Geologia e Geomorfologia

arretramento, con molte situazioni di rischio per le strutture che vi sono insediate (centri abitati, ferrovie, strade, porti).

L'elemento innovativo di questa nuova cartografia è consistito nel fatto che la geologia dei fondali marini non viene trattata come ambito tematico, separato in qualche modo dalla geologia di base, ma diventa parte integrante della cartografia geologica. L'intero territorio, emerso e sommerso, viene rappresentato alla scala 1:50.000 per descrivere oggettivamente situazioni specifiche. È da tenere presente che su 8.000 chilometri di coste, solo il 29% sono coste libere da manufatti (MANAINI *et alii*, 2005). Risulta sempre più importante conoscere lo stato di salute delle aree sommerse e quale sia la dinamica della sedimentazione attuale e recente per un uso sostenibile e per la tutela delle zone costiere e delle aree di piattaforma.

Il rilevamento geologico delle aree marine ha inizio nel 1976 con il "Progetto finalizzato oceanografia e fondi marini" del CNR, cui afferivano numerose Unità Operative, distribuite in diverse Università e centri di ricerca. In una bibliografia del Progetto, stilata nel 1982, sono presenti 897 citazioni di lavori, distribuiti fra le diverse realtà delle zone costiere nazionali (CNR, 1982). Partendo da questi dati e individuando le unità di ricerca più attive sul territorio nazionale il Servizio Geologico d'Italia ha stipulato delle Convenzioni per il rilevamento delle aree sommerse dei Fogli ed ha istituito un gruppo di lavoro per stabilire quali criteri utilizzare per la cartografia delle aree marine e come questa si dovesse inserire nella nuova carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

L'esperienza scaturita dal progetto CARG in questi anni, frutto della collaborazione attiva di numerosi gruppi universitari e del CNR, ha portato alla realizzazione, per il 75% già in fase avanzata, di 47 fogli costieri comprendenti la cartografia delle aree marine e alla definizione delle linee guida per la realizzazione e la cartografia delle aree marine presenti nelle carte alla scala 1:50.000.

2. - LE LINEE GUIDA

Una delle priorità nello stabilire le regole per la cartografia delle aree marine è stata quella di utilizzare un criterio unico di rappresentazione con le aree emerse.

Con l'esperienza di questi venti anni di geologia marina nel progetto CARG, gli aspetti principali su cui sono focalizzate le linee guida per la rappresentazione delle aree marine sono:

- uniformità dei criteri nella rappresentazione pur nella estrema variabilità geologica dei fondali italiani (ai colori corrisponde un'età, ai toni dello stesso colore differenti sistemi deposizionali, ai soprassegni una caratterizzazione biologica o granulometrica);
- coerenza di criteri all'interno della carta (come per la cartografia dei depositi quaternari vengono mappati corpi tridimensionali inquadrati cronostratigraficamente, attraverso i concetti delle unità a limiti inconformi e della stratigrafia sequenziale)
- omogeneità con gli elementi cartografati nelle aree emerse (vengono cartografate aree con spessori significativi delle coperture di sedimenti e la loro caratterizzazione in sistemi deposizionali).

Non ultimo, abbiamo voluto tenere presente l'utilizzabilità della cartografia geologica per studi applicativi preliminari e per l'identificazione di problemi gestionali, ma soprattutto, la leggibilità della carta.

Per la caratterizzazione dei fondali rocciosi vengono utilizzati i criteri litostratigrafici, in analogia con quanto avviene sulla terraferma; quando possibile, i litotipi presenti sul fondo marino sono campionati e correlati con quelli affioranti a terra.

Dei sedimenti non consolidati vengono definite le caratteristiche tessiturali e composizionali necessarie al loro inserimento in ambienti deposizionali, in funzione dell'interpretazione degli elementi morfostrutturali rilevati e della dinamica degli ambienti sedimentari attuali. Inoltre, queste litofacies vengono inquadrare stratigraficamente attraverso l'analisi stratigrafica sequenziale e differenziate in sistemi deposizionali. Per caratterizzare meglio i fondali marini vengono inoltre evidenziati i principali lineamenti morfologici, gli elementi neo-tettonici emergenti o sepolti desumibili dalle registrazioni sismiche, le principali bioce-nosi significative dal punto di vista sedimentologico e ambientale.

3. - CASI DI STUDIO

Il rilievo ombreggiato in figura 1 mostra l'estrema variabilità morfologica dei fondali marini italiani. Questo aspetto, unito alla storia geologica relativamente recente del bacino tirrenico e agli eventi glacio-eustatici plio-pleistocenici, determina un assetto fisiografico talmente articolato da rendere molto complicata quella funzione di omogeneizzazione della cartografia a livello nazionale richiesta dal Progetto CARG e l'individuazione delle diverse metodologie di rilevamento più idonee a caratterizzare oggettivamente le aree investigate. Alcuni esempi mostrano questa complessità.



Fig. 1 - Alcuni esempi mostrano le diverse caratteristiche delle aree marine italiane, in funzione dell'aspetto fisiografico, della quantità dei sedimenti che raggiungono i margini continentali e della loro persistenza nel tempo.

- Examples showing the different characters of the Italian marine areas as: the physiographic setting, the amount of sediment reaching the margin and its persistence during time.

3.1. - FOGLIO 258/271 "SAN REMO"

Il Foglio "San Remo" ci ha portato a considerare una piattaforma molto poco estesa al traverso della costa, dissecata da canyon in forte regressione, in cui agisce il trasporto di torbida, e la cui testata arriva fin quasi sottocosta. Una tettonica attiva provoca movimenti di instabilità gravitativa su cui si sono innescati numerosi fenomeni franosi. I metodi di rilevamento più consoni ad una realtà del genere sono stati un rilevamento *multibeam* di dettaglio, a cui è stato affiancato un rilievo sismico ad altissima risoluzione che fornisce un'immagine acustica in sezione del sottofondo marino tramite la ricezione di echi riflessi dalle discontinuità presenti (fig. 2).

3.2. - FOGLIO 353 "MONTALTO DI CASTRO"

Il foglio "Montalto di Castro" presenta un'area sommersa interamente costituita da una piattaforma continentale a debole pendenza, che termina in un ciglio posto alla profondità di 140 metri. Attraverso le linee sismiche ad alta risoluzione è

possibile ottenere un'immagine molto dettagliata delle geometrie dei corpi deposizionali ed i movimenti tettonici. Tramite l'interpolazione tra differenti sezioni, è possibile definire la struttura e la distribuzione delle diverse successioni geologiche.

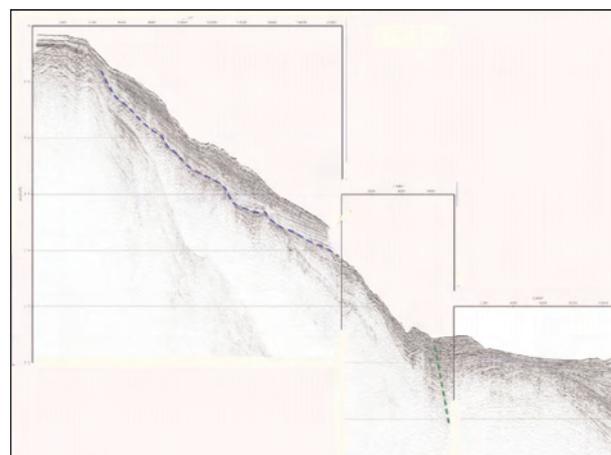


Fig. 2 - Il rilievo sismico ad altissima risoluzione consente la correlazione diretta tra la tettonica e i fenomeni gravitativi.

- Correlation between seismo-tectonics of the margin and gravitative collapses.

La correlazione terra-mare si basa sul riconoscimento in sezione degli effetti delle variazioni del livello del mare. A terra i cicli delle unità più recenti ricoprono, ma soprattutto erodono le unità più antiche, mentre a mare le prospezioni sismiche ad altissima risoluzione permettono di seguire le principali discontinuità legate all'ultima sequenza deposizionale post-glaciale.

3.3 - FOGLIO 413 "BORGO GRAPPA" (ISOLE PONTINE)

I sistemi deposizionali attuali e sub-attuali dell'Arcipelago Pontino Occidentale presentano delle caratteristiche peculiari rispetto a quelli tipici delle piattaforme italiane, per la predominanza di una sedimentazione carbonatica rispetto a quella silicoclastica. Alla generale sottoalimentazione della piattaforma si aggiunge un idrodinamismo mediamente elevato che previene la deposizione dei sedimenti pelitici, favorendo lo sviluppo di popolamenti bentonici tipici delle biocenosi del detritico costiero e del coralligeno.

I dati morfo-acustici (fig. 3) hanno permesso di delineare la geometria di dettaglio della distribuzione dei sedimenti o delle biocenosi bentoniche, e contemporaneamente di individuare i principali lineamenti morfo-strutturali, come ad esempio scarpate e incisioni o canali di origine tettonica o vulcano-tettonica, eventualmente riprese da processi erosivi.

3.4 - FOGLIO 593 "CASTELLAMMARE DEL GOLFO"

La Penisola di Capo San Vito costituisce una dorsale allungata in senso nord-sud, al cui margine orientale le rocce carbonatiche delle unità panormidi si sovrappongono ai depositi argilloso-marnosi delle unità trapanesi, dando luogo a fenomeni di deformazione gravitativa profonda.

In relazione alle profondità variabili dei vari piani di sovrascorrimento e all'esistenza di sistemi di faglie e fratture prevalentemente orientate in senso nord-sud, i fenomeni gravitativi sono spesso accompagnati da fenomeni franosi che ne costituiscono lo stadio più avanzato. I numerosi

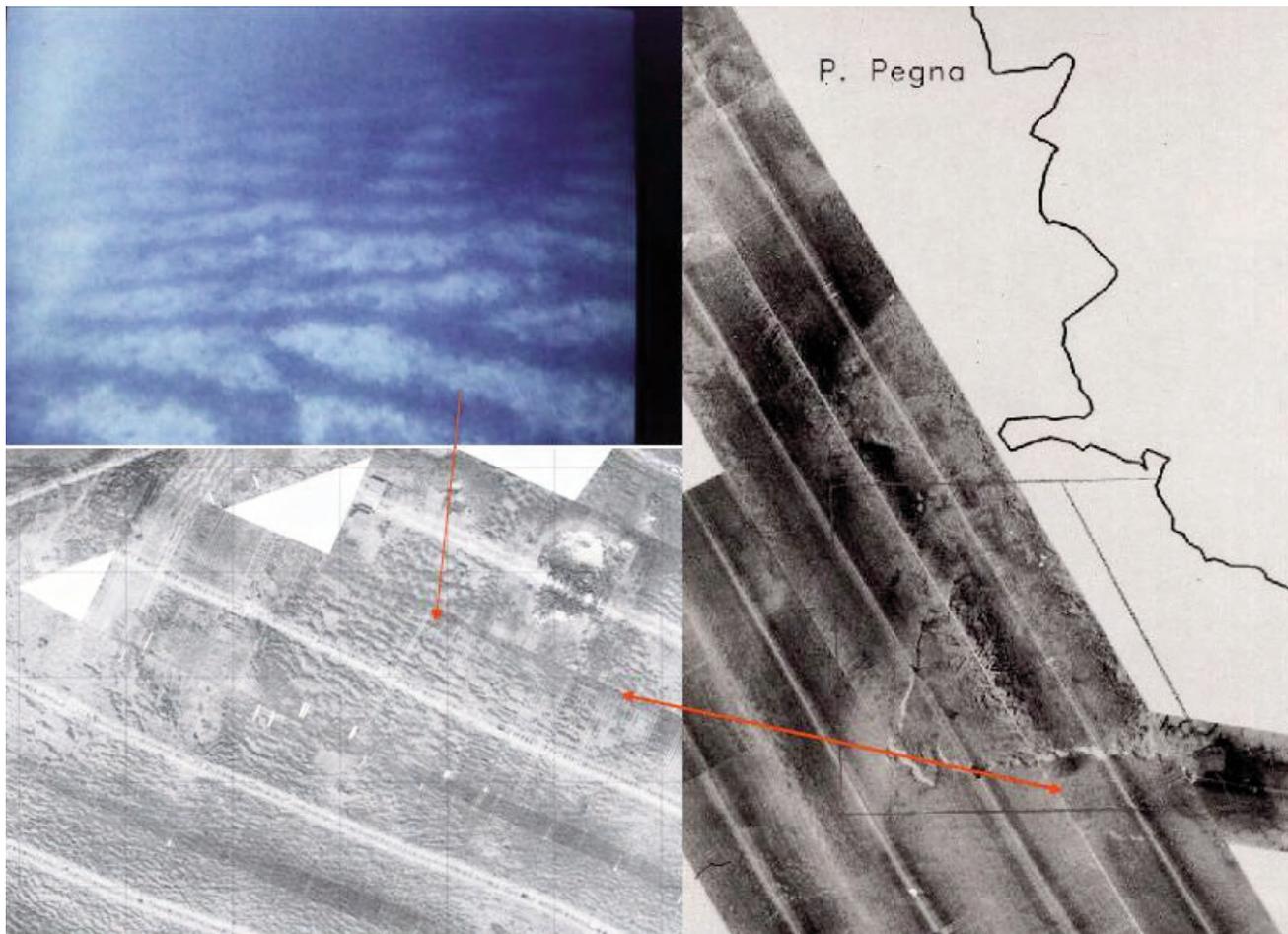


Fig. 3 - Il side scan sonar consente di mappare le caratteristiche dei sedimenti attuali.
- Reconstruction of present-day sedimentary processes is performed by side scan sonar.

corpi di frana cartografati ad ovest della penisola si estendono per oltre 6 chilometri verso il largo, fino a 600 metri di profondità.

Il corpo della frana di Scopello (AGNESI *et alii*, 1995) si estende in continuità al traverso dell'abitato per circa un chilometro oltre la linea di costa (fig. 4, riquadro in rosso).

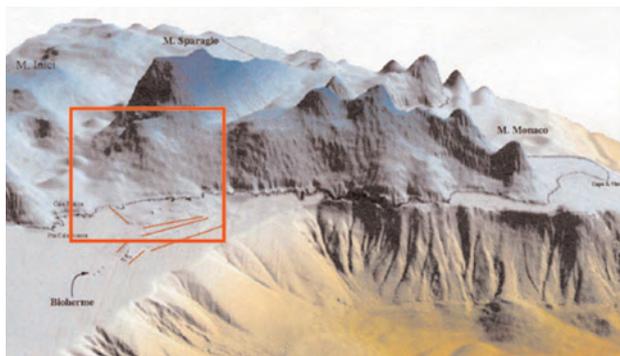


Fig. 4 - Il rilievo *multibeam* rivela il dettaglio delle strutture morfologiche.
- *Multibeam surveying allows to identify the main morphological.*

3.5. - LE CARTOGRAFIE REGIONALI. IL FOGLIO 465 "ISOLA DI PROCIDA" ALLA SCALA 1:25.000

I principi generali delle linee guida per la cartografia delle aree marine alla scala 1:50.000, inoltre, sono stati trasposti nel progetto di cartografia geologica della Regione Campania, che ha realizzato parallelamente le carte geologiche alle scale 1:10.000 e 1:25.000.

Per garantire l'omogeneizzazione dei criteri e l'integrazione dei dati nelle rispettive cartografie, la Regione e il Servizio Geologico Nazionale hanno collaborato per ottenere il completamento verso mare delle strutture emerse e il raccordo dei dati ottenuti con i rilevamenti marini più profondi. In tal modo si è ottenuta la congruenza delle cartografie alle varie scale, delle rispettive banche dati e, all'interno di ogni foglio, dei dati terrestri, subacquei e marini profondi. In particolare la Regione Campania ha finanziato il rilevamento della fascia costiera nella sua continuità, per una cartografia regionale di maggior dettaglio che potesse focalizzare l'attenzione sulle aree costiere, emersa e sommersa. A tale scopo sono state messe a punto le procedure e le metodologie per il rilevamento geologico subacqueo (fig. 5).



Fig. 5 - Il rilevamento subacqueo permette di cartografare gli elementi sottocosta con estremo dettaglio.

- *The detailed mapping, aimed at the management of coastal areas, is carried out by scuba diving as well.*

Un esempio è costituito dal Foglio 465 "Isola di Procida", un'area ad intensa attività vulcanica attuale e recente. I campionamenti diretti sottocosta con metodi subacquei hanno permesso di identificare con certezza la continuazione delle formazioni vulcaniche oltre la linea di costa. L'attività vulcanica attuale è dimostrata dalle numerose manifestazioni gassose, spesso associate a deposizione di zolfo; i manufatti di epoca romana testimoniano la subsidenza di quest'area legata ad un vulcanismo recente e ancora attivo.

Ringraziamenti

È doveroso ringraziare i coordinatori e i direttori delle aree marine dei Fogli, e tutte le équipe di rilevatori, analisti, esperti di informatizzazione e GIS, che come noi si sono formati col CARG e senza i quali non si sarebbero raggiunti questi risultati. Un ringraziamento particolare ai coordinatori delle aree terrestri che hanno accolto l'ingombro di questa parte sommersa.

BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V., DI MAGGIO C. & MACALUSO T. (1995) – *Deformazioni gravitative profonde e superficiali nella penisola di S. Vito. Mem. Soc. Geol. It.*, **50**: 11-21.
- CNR (1982) – *Progetto finalizzato oceanografia e fondi marini – Bibliografia (1976 – 1982)*. CNR, Roma.
- MANAINI V., FELLI L., COLAGROSSI A. & BARBANO A. (2005) – *Analisi della pressione antropica sulle coste italiane*. VIII Conferenza Mondo GIS. Geoesplora. Roma, 25-26 marzo 2005.