

# Raccolta sistematica e archiviazione di dati sulle emissioni fluide sommerse

## *Systematic collation and storage of data concerning submerged fluid emissions*

D'ANGELO S.(\*), BATTAGLINI L.(\*)  
FIORENTINO A.(\*)

**RIASSUNTO** - Le emissioni di fluidi dai fondali marini sono individuate attraverso l'acquisizione di dati geofisici da remoto. Possono essere di origine vulcanica o derivare da processi geologici o biologici. La maggior parte delle sostanze gassose è costituita da metano e biossido di carbonio. Emissioni fluide sono state segnalate da molti autori che le hanno individuate anche nel corso di studi finalizzati ad altri scopi. Diverse segnalazioni sono contenute nei fogli della Carta Geologica d'Italia che includono aree sommerse.

Le emissioni di fluidi sono state riconosciute come un evento geologico e pertanto incluse tra gli elementi da rappresentare sulle carte disponibili online del Progetto europeo EMODnet Geology, finalizzato alla raccolta, armonizzazione e rappresentazione di dati relativi alla geologia dei mari europei. Il Servizio Geologico d'Italia coordina le attività del Progetto riguardanti le emissioni di fluidi e, in collaborazione con gli altri partner, ha individuato gli attributi per caratterizzarle, che si sono mostrati validi per i casi di studio esposti in questo volume.

**PAROLE CHIAVE:** Inventario, fondale marino, emissione fluida, Europa, dati geofisici, cartografia geologica, EMODnet Geology

**ABSTRACT** - Fluid emissions on seafloors are detected by geophysical surveys. They can be of volcanic origin or derive from geological or biological processes. Most of the emitted gases are methane and carbon dioxide.

Fluid emissions have been identified by many authors even during researches addressed at different objectives. The Geological Map of Italy also contains several indications of fluid emissions in the maps including submerged areas.

Fluid emissions have been acknowledged as a geological event and included within the features to be represented in the digital maps available online of the EMODnet Geology European Project, aimed at the collection, harmonisation and representation of geological data from European seas. The Geological Survey of Italy coordinates the Project activities concerning fluid emissions and, through cooperation with other Partners, has identified attributes useful to characterise them. Such attributes have been successfully applied to the study cases collected within this volume.

**KEY WORDS:** Fluid emission, geophysical data, geological mapping, inventory, ocean floors, Europe, EMODnet Geology

### 1. - INTRODUZIONE

Le emanazioni di fluidi sul fondale marino furono evidenziate a partire dalla metà degli anni '60 grazie all'uso delle strumentazioni geofisiche (*sidescan sonar* ed ecografi) che ne mettevano in luce le modificazioni morfologiche associate. Furono riconosciute per la prima volta al largo della Nova Scotia da KING & MACLEAN nel 1970, che coniarono la prima definizione di "pockmark". Nel corso dei decenni successivi il fenomeno della risalita di fluidi attraverso i sedimenti dei fondali marini venne riconosciuto, e approfondito, soprattutto a causa della interferenza acustica che genera nelle indagini sismiche, ma anche sulla base dell'analisi di particolari litologie (*mud breccia*) campionate in sondaggio (CITA, 1981), rivelando le proprie caratteristiche di evento geologico che può verificarsi in ambiti e con geni diverse (JUDD, 2003).

Le emanazioni fluide sono state classificate in base al processo che le genera (*cold seep, hydrothermal vent, volcanoes seep, groundwater seep, etc.*) o in base ai materiali di derivazione geologica o biologica associati (*duomi salini, vulcani di fango, brine pool, bacterial mat, carbonati autigeni*). Sono caratterizzate da morfologie o da processi erosivi o deposizionali legati alla composizione e ai meccanismi di fuoriuscita dei fluidi; spesso sono associate a caratteristiche comunità biotiche.

Le sostanze gassose, in prevalenza metano e biossido di carbonio, possono svilupparsi nei sedimenti marini e/o impregnarli ed essere poi espulse sui fondali a causa della pressione interstiziale, alterando talora le caratteristiche meccaniche dei corpi sedimentari attraversati e inducendo spesso fenomeni di instabilità (ROTHWELL *et alii* 1998; HOVLAND *et alii*, 2005). Esaminate in ampi contesti le emissioni di questi gas sono state anche considerate in relazione agli studi sui cambiamenti

(\*)Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, ISPRA, Roma

climatici, in quanto sorgenti importanti di gas nell'atmosfera (DICKENS *et alii*, 1997; FLEISCHER *et alii*, 2001; DIMITROV, 2002; JUDD *et alii*, 2002).

## 2. - STUDI RECENTI SUL FENOMENO DELLE EMANAZIONI FLUIDE NEL MEDITERRANEO

ROTHWELL *et alii* (1998), in uno studio della megatorbidite presente nel Bacino Balearico, evidenziano nel Mediterraneo occidentale, attraverso l'analisi delle registrazioni sismiche e di carotaggi, il rilascio di gas metano attraverso il deposito. La megatorbidite costituisce un evento di grande portata, probabilmente generato da un terremoto, che ha spostato un cospicuo volume di sedimenti (500 km<sup>3</sup> ca.), che in base ai dati studiati forniscono una età dell'evento stimata in 22.000 anni fa, durante il *Last Glacial Maximum*.

Sintesi sulle emanazioni fluide nel Mediterraneo orientale, dove tali manifestazioni sono più comuni, sono state effettuate da diversi Autori. In DIMITROV (2002) il vulcanismo di fango nel *Mediterranean Ridge* (un complesso di accrezione) e quello della piana abissale del Mar Nero (un bacino di retroarco con regime tettonico estensionale) sono descritti come casi di studio per mostrare differenze morfologiche e fattori comuni nello sviluppo dei vulcani di fango.

ZITTER (2004) analizza il controllo tettonico nelle emissioni fluide nel Mediterraneo orientale: la dorsale di Anassimandro, all'incrocio tra l'Arco Ellenico e l'Arco di Cipro, è costituita da un complesso di tre *seamount* con più di 1.000 m di dislivello, distaccati dal margine turco. Insieme alle strutture vicine (*Florence Rise* a sud-ovest della Turchia), essi formano un'area di accomodamento tettonico tra le deformazioni della regione egea-turca e di quella cipriota. La deformazione ancora attiva dell'area indica che la spinta della collisione viene gradualmente assorbita lungo una grande zona transpressiva orientata NO-SE. I vulcani di fango si trovano lungo il ramo occidentale dell'arco di Cipro (parte orientale del *seamount* Anassimandro e *Florence Rise*) in associazione con una rete di faglie normali a componente destra, orientate N150°, parallelamente alla struttura e di faglie trascorrenti sinistre orientate N070°. Le faglie fungono da condotto preferenziale per l'espulsione dei fluidi sotto pressione.

HUGUEN *et alii* (2005) sottolineano la grande variabilità dei vulcani di fango a partire dalla parte centrale del complesso di accrezione del *Mediterranean Ridge* verso il limite settentrionale del suo sovrascorrimento contro il blocco continentale cretese. Sono evidenziate le differenze tra i grandi vulcani di fango, costituiti da flussi successivi e associati a carbonati diagenetici e emissione di fluidi, e i più piccoli duomi di fango, caratterizzati da versanti ripidi soggetti a instabilità della coltre sedimentaria e privi di qualsiasi testimonianza di

altre attività. Viene proposto un modello qualitativo per la messa in posto dei vulcani di fango, basato sull'integrazione delle indagini sismiche ad alta risoluzione con l'assetto geologico e strutturale del *Mediterranean Ridge*.

MASCLE *et alii* (2014) forniscono un'analisi comparativa tra le principali zone interessate da importanti evenienze di emissioni fluide nell'area del Mediterraneo con quelle nel Golfo di Cadice. Vengono evidenziati i diversi assetti geologico-strutturali correlati al fenomeno: a) potenti cunei di accrezione di margine convergente (Golfo di Cadice, Arco Calabro esterno, *Mediterranean Ridge*, *Anaximander mountains*-Siria); b) margine passivo nord-africano (delta del Nilo); c) bacini estensionali di retro-arco (mare di Alboran occidentale, margine calabro tirrenico).

BERTONI *et alii* (2017) reinterpretano con dati sismici un inventario preesistente. Dei 141 eventi censiti 82 sono rilevabili sul fondo e 59 sono sepolti; tutti sono parte della storia evolutiva del bacino negli ultimi 6 milioni di anni ca. Il fenomeno si sviluppa in momenti diversi nelle varie aree, dal delta del Nilo ai bacini di Levante, Erodoto, Cipro e Latakia. Vengono evidenziati *pockmark*, vulcani di fango, condotti di risalita, intrusioni clastiche e strutture di collasso. Solo una piccola parte delle emissioni sono originate da depositi pre-evaporitici e sono correlate a marcate sovrappressioni e fratturazione idraulica confermando l'ottima azione sigillante delle evaporiti messiniane.

La relazione con l'assetto tettonico è predominante nell'area mediterranea, come si evince dall'analisi di molti autori.

## 3. - INFORMAZIONI DERIVANTI DAL PROGETTO CARG

Alcune emanazioni di fluidi del territorio sommerso italiano vengono segnalate nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG); nella banca dati associata alla carta esse vengono indicate e codificate negli strati informativi dei processi geologici particolari, degli elementi geomorfologici e delle risorse e prospezioni.

A causa dei limiti geografici dei Fogli geologici (le aree marine investigate sono solo quelle adiacenti alle aree emerse rilevate), le emanazioni segnalate nell'ambito del Progetto CARG ricadono principalmente nelle aree marino-costiere o di piattaforma interna. Nel corso dei rilevamenti delle aree marine per la cartografia geologica, effettuati mediante osservazioni indirette (geofisica, Sidescan e ROV) e tramite immersioni ARA, le evidenze di espulsione di fluidi sono state cartografate e classificate, in relazione alla scala di rilevamento, come: zone interessate da manifestazioni gassose, zone a vulcanelli di fango, aree di alterazione idrotermale, campi di fumarole, emissioni gassose fredde o ad alta temperatura (fig. 1).

Feature	Status	Format	Definition	Description	Reference	Remarks
Mfe_pt, Mfe_lin, Mfe_pol	mandatory	Text (8)	points, polylines, polygons	unique identifier code (two letters country code, which corresponds to ISO3166- code e.g. "IT" plus progressive numbers that identify each spatial occurrence in the map e.g. "IT00001", "IT00002", "IT00003", etc.)		
Type		Text (50)	Mud volcanoes, fluid emissions, unknown			
Name		Text (50)	literature name			
Region		Text (50)	Areas of distribution, regions of action, emissions provinces		LYOBOMIR I. DIMITROV (2002) - Mud volcanoes-the most important pathway for degassing deeply buried sediments. Earth-Science Reviews 59	
Activity_age		Text (50)	geochronology	Indicate the age or the range of activity		
Activity type		Text (50)	if possible describe the activity type or classification			
Morphological type		Text (50)	caldera, composite/compound, cone, crater, field, ring, depression, pockmark area, seep, vent, fissure vent			
Height		Numeric Short (4)	meters	elevation above seafloor		
Composition		Text (100)	chemical composition and temperature; for mud volcanoes also lithology			
References	mandatory	Text (200)	in case of long text, fill with the name of a file.doc named "References + the identifier code" as in the following example: References_mfe_pol_IT00001.doc			
Comment		Text (200)	free comments			

Fig. 1 - Format per la caratterizzazione degli attributi delle emanazioni fluide.  
- *Format for attribute characterisation of fluid emissions.*

#### 4. - EMANAZIONI FLUIDE COME EVENTI GEOLOGICI

Un inventario a carattere nazionale di eventi geologici deve essere il più possibile omogeneo ed integrato secondo standard riconosciuti: per l'Europa lo standard di riferimento è la direttiva 2007/2/CE INSPIRE (INSPIRE THEMATIC WORKING GROUP GEOLOGY, 2013). La standardizzazione rende possibile una informazione di base completa e fruibile per chiunque sia interessato a studiare ed approfondire l'argomento nelle sue diverse articolazioni.

Dal 2013 il Servizio Geologico d'Italia è partner per l'Italia del Progetto EMODnet Geology e, in quanto coordinatore del *Work Package "Geological*

*events and probabilities"*, ha curato la cartografia numerica, la classificazione e l'armonizzazione, a livello europeo, dei principali eventi geologici relativi ai fondali marini dei Paesi europei. Nell'ambito delle attività del Servizio Geologico d'Italia il valore del Progetto EMODnet-Geology è consistito principalmente nell'acquisizione di un'ottica europea nella strutturazione, condivisione, e divulgazione di *database* geologici. Il lavoro di ricognizione che è stato svolto per il territorio italiano nell'ambito del Progetto ha inoltre messo in luce la carenza di una raccolta sistematica di informazioni geologiche relative ai fondali marini, a livello nazionale.

Poiché lo scopo principale di EMODnet è di creare una struttura dati interoperabile e condivisa

in accordo con gli standard europei, è stato necessario operare una categorizzazione semantica. Lo studio degli elementi geologici sommersi parte dall'individuazione di "manifestazioni" che vengono poi messe a confronto per identificarne gli elementi comuni ("comparazione"), in modo da trarne definizioni generali. Attraverso il riconoscimento di "equivalenze" tra i singoli elementi si può arrivare a una loro sistematizzazione per individuarne ed analizzarne l'origine.

Nell'ambito delle attività relative a EMODnet Geology, è stato necessario considerare le emissioni fluide sottomarine come argomento a sé stante; da un lato per integrare le informazioni relative alle strutture vulcaniche, fornendo dettagli in merito alle manifestazioni idrotermali associate; dall'altro, per distinguere nettamente le manifestazioni non collegate ad attività vulcanica. La presenza di emissioni fluide può costituire un'evidenza aggiuntiva per l'individuazione di aree tettonicamente attive o fornire indicazioni utili per la valutazione della stabilità dei depositi. Per la classificazione delle emanazioni fluide è stato stabilito un *format* (fig. 1 - tabella EMODnet) che permette di caratterizzare il fenomeno per mezzo di una serie di attributi: tipo di attività, tipo di morfologia, intervallo di tempo di attività, collocazione geografica, altezza, composizione dei prodotti emessi. Per essere funzionale, una tabella degli attributi deve essere esaustiva, per quanto riguarda le caratteristiche fondamentali del fenomeno, e allo stesso tempo elastica, al fine di consentire l'inserimento delle informazioni necessarie a caratterizzare il fenomeno e sufficienti affinché esso possa essere classificato all'interno di un *database* di ambito più ampio.

Applicata ai casi di studio esposti in questo volume, la tabella degli attributi delle emanazioni fluide ha sostenuto, con esito positivo, un ulteriore test di validità. Sono nel seguito descritti in maniera schematica diversi fenomeni di emanazioni fluide, distribuiti in tutto il territorio sommerso nazionale.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTONI C., KIRKHAM C., CARTWRIGHT J., HODGSON N. & RODRIGUEZ K. (2017) - *Seismic indicators of focused fluid flow and cross-episodic seepage in the Eastern Mediterranean*. Marine and Petroleum Geology, 88, 472-488.
- CITA M.B. (1981) - *Prometheus mud breccia: an example of shale diapirism in the western Mediterranean ridge*. In: *Annales géologiques des Pays helléniques*, 30, 543-569.
- DICKENS G.R., CASTILLO M.M. & WALKER J.G.C. (1997) - *A blast of gas in the latest Paleocene: Simulating first-order effects of massive dissociation of oceanic methane hydrate*. Geology, 25, 259-262.
- DIMITROV L.I. (2002) - *Mud volcanoes—the most important pathway for degassing deeply buried sediments*. Earth-Science Reviews, 59(1-4), 49-76.
- EMODnet (European Marine Observation and Data Network) - Geology. <http://www.emodnet-geology.eu/> accesso 07/11/2019
- FLEISCHER P., ORSI T., RICHARDSON M. & ANDERSON A. (2001) - *Distribution of free gas in marine sediments: a global overview*. Geo-Marine Letters, 21(2), 103-122.
- HOVLAND M., SVENSEN H., FORSBERG C.F., JOHANSEN H., FICHLER C., FOSSA J.H., JONSSON R. & RUESLÄTTEN H. (2005) - *Complex pockmarks with carbonate-ridges off mid-Norway. Products of sediment degassing*. Marine Geology, 218, 191-206.
- HUGUEN C., MASCLE J., WOODSIDE J., ZITTER T. & FOUCHER J.P. (2005) - *Mud volcanoes and mud domes of the Central Mediterranean Ridge: near-bottom and in situ observations*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 52(10), 1911-1931.
- INSPIRE THEMATIC WORKING GROUP GEOLOGY (2013) - *D2.8.III.12 INSPIRE Data Specification on Geology - Technical Guidelines*. EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/ge> accesso 07/11/2019
- JUDD A.G. (2003) - *The global importance and context of methane escape from seabed*. Geo-Mar Lett, 23, 147-154.
- JUDD A.G., HOVLAND M., DIMITROV L.I., GARCIA GIL S. & JUKES V. (2002) - *The geological methane budget at continental margins and its influence on climate change*. Geofluids, 2(2), 109-126.
- KING L.H. & MACLEAN B. (1970) - *Pockmarks on Scotian Shelf*. GSA Bulletin; 81(10): 3141-3148. doi: [https://doi.org/10.1130/00167606\(1970\)81\[3141:POTSS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1970)81[3141:POTSS]2.0.CO;2)
- MASCLE J., MARY F., PRAEG D., BROSOLO L., CAMERA L., CERAMICOLA S. & DUPRÉ S. (2014) - *Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean Sea and nearby Gulf of Cadiz*. Geo-Marine Letters, 34(2-3), 89-110.
- ROTHWELL R.G., THOMPSON J. & KALHER G. (1998) - *Low-sea-level emplacement of a very large Late Pleistocene 'megaturbidite' in the western Mediterranean Sea*. Nature, 392, 377-380.
- ZITTER T.A. (2004) - *Mud volcanism and fluid emissions in Eastern Mediterranean neotectonic zones*. (Doctoral dissertation, Vrije Universiteit).