

Le emissioni fluide nei mari italiani

Fluid emissions in Italian Seas

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

RIASSUNTO - Le emissioni fluide si inquadrano nel contesto della geologia dei mari italiani, caratterizzata da una tettonica attiva. Le segnalazioni riportate in questo volume provengono da diverse parti d'Italia, ognuna con le proprie peculiarità. Vi sono casi di origine tettonica, vulcano-tettonica, idrotermale e biogenica, analoghi a quelli che possono essere ricavati dalla Carta Geologica d'Italia. Le emissioni associate a vulcani prevalgono nel Mar Tirreno, mentre quelle di origine biogenica (*pockmark*, vulcani di fango e rilievi carbonatici) sono assai diffuse nel Mar Adriatico. Numerose emanazioni associate a strutture vulcaniche danno origine a depositi di minerali dello zolfo, in particolare nell'area del Tirreno sud-orientale.

Le emissioni sono frequentemente associate a lineamenti tettonici che rappresentano vie preferenziali di risalita. L'impregnazione di gas combinata con le sovrappressioni, che si possono sviluppare nei depositi, può favorire processi di instabilità.

Questo volume vuole rappresentare un primo passo verso la costituzione di un inventario sistematico delle emissioni fluide individuate nei mari italiani, auspicando che in futuro sia possibile ottenere un database integrato, attendibile e armonizzato a scala nazionale.

PAROLE CHIAVE: pockmarks, Carta Geologica d'Italia, fondale marino, emissione fluida, struttura vulcano-tettonica

ABSTRACT - Submarine fluid emissions are framed within the tectonically active setting of Italian seas geology. Events reported in this volume occur in different areas of Italy, each of them characterized by its own peculiarities. Study cases, as well as occurrences derived from the Geological Map of Italy, report emissions associated to tectonics, volcano-tectonics, hydrothermalism and biogenic activity. Emissions associated to volcanism are more common in the Tyrrhenian

Sea, whereas emissions of biogenic origin (pockmarks, mud volcanoes and carbonate mounds) are widespread in the Adriatic Sea. Several emissions associated to volcanic structures originate sulfide and sulfate minerals, especially in the south-eastern Tyrrhenian area.

Fluid emissions frequently occur in correspondence of tectonic elements, which constitute preferential ways of outflow. Gas saturation together with over-pressures, which can develop within deposits, might foster instability processes. This volume is addressed at promoting a systematic inventory of fluid emissions in Italian seas, aiming at the realization of a nationwide comprehensive, reliable and harmonized database.

KEYWORDS: fluid emission, pockmark, Geological Map of Italy, volcano-tectonic structure, ocean floors

1. - INTRODUZIONE

Gli eventi presentati in questo volume (Tav. 1) si inquadrano nel contesto dei mari italiani e più in generale del Mar Mediterraneo, il cui assetto e attività strutturale sono collegati agli eventi determinati dalla collisione delle placche europea e africana. Il sollevamento della catena appenninica, l'iniziale oceanizzazione del Mar Tirreno, il riempimento dell'avanfossa ad est della catena, il colmamento dell'Adriatico, le interazioni tra il Canale di Sicilia - plateau dell'avampaese africano - e il Mar Ionio hanno prodotto diffuse testimonianze del fenomeno della espulsione di fluidi dalle formazioni

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

geologiche, sotto forma di manifestazioni idrotermali legate al vulcanismo, di risalita di fluidi in corrispondenza di lineamenti tettonici o di gas prodotti dalla degradazione batterica di materiale organico.

Non sempre il rilevamento degli Autori di questo volume è stato focalizzato sul fenomeno delle emanazioni fluide; tuttavia, i dati raccolti ne hanno consentito una sufficiente caratterizzazione. I casi direttamente indicati come di origine tettonica e vulcano-tettonica sono quelli relativi alle aree di: Mar Tirreno (LORETO), Calabria tirrenica (bacino di Paola, Capo Vaticano; LORETO), Calabria ionica (CERAMICOLA *et alii*), Canale di Otranto (GELETTI *et alii*), Mar Adriatico settentrionale (GORDINI & DONDA), Golfo di Trieste (BUSETTI *et alii*), Adriatico centrale (GELETTI *et alii*), Lazio meridionale (Tor Caldara; MANCINELLA *et alii*).

Al vulcanismo, in particolare all'attività idrotermale, sono riferiti i casi delle isole: Zannone (INGRASSIA *et alii*), Ventotene (LORETO), Panarea (SPAGNOLI *et alii*), Eolie (VIZZINI *et alii*), Ischia (GAMBI *et alii*).

Non mancano inoltre i casi in cui le emissioni fluide sono riferite all'apporto massiccio di sedimenti e alla rapida degradazione batterica della sostanza organica in essi contenuta in paleo-ambienti deltizi, relativi a fasi di basso stazionamento del livello del mare: Caprera (LORETO), Sicilia meridionale (MANCUSO & CATALANO). Infine, è riportata la risorgiva carsica sottomarina dell'area di Taranto (VALENZANO *et alii*).

2. - SEGNALAZIONI DI EMISSIONI FLUIDE RACCOLTE DAL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Un discreto numero di segnalazioni della presenza di gas (rilevate prevalentemente attraverso indagini sismiche) sono contenute nelle Note Illustrative dei fogli della Carta Geologica d'Italia, anche se solo in alcuni casi esse presentano manifestazioni superficiali che hanno potuto essere cartografate. In molti casi sono state cartografate zone di instabilità gravitativa la cui origine viene attribuita alla presenza di emanazioni fluide.

Alle emissioni associate a strutture vulcaniche presenti nel Mar Tirreno si aggiungono segnalazioni di gas di probabile origine biogenica in molte altre aree, dalla Liguria alla Sicilia, dalla Sardegna ai mari Ionio e Adriatico. Queste ultime sono state individuate con una certa continuità lungo le coste adriatiche, interessate dalla deposizione di consistenti apporti sedimentari di origine fluviale, in particolare provenienti dal Po. Esse sono segnalate infatti anche in tutti i Fogli della Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 relativi all'Adriatico (TRINCARDI *et alii*, 2010a,b,c,d).

Per quanto riguarda le emissioni che sono state cartografate, vengono brevemente riportate di seguito le loro descrizioni presenti nelle Note Illustrative dei relativi fogli.

2.1. - FOGLI CASTELLAMMARE DEL GOLFO E PARTINICO

Foglio n. 593 "Castellammare del Golfo" (CATALANO *et alii*, 2011) e Foglio n. 594 "Partinico" (CATALANO *et alii*, 2013).

Nel settore di piattaforma interna, antistante le foci del fiume Freddo e del fiume Nocella, viene cartografato un deposito deformato da strutture di tipo *migrating waves* (*sensu* MITCHUM *et alii*, 1977), associate a corpi lenticolari, con base erosiva, acusticamente trasparenti, che sono da ricondurre al ripetersi periodico di intensi fenomeni di destabilizzazione della piattaforma continentale, favoriti dagli alti tassi degli apporti sedimentari, dal ripetersi periodico di shock sismici e dalla presenza di gas biogenico.

2.2. - FOGLIO AGROPOLI

Foglio n. 502 "Agropoli" (MARTELLI *et alii*, in stampa e *online*).

L'interpretazione di dati *chirp* ha evidenziato la presenza di ampie sacche di gas, con dimensioni talora chilometriche, che tagliano l'intera successione stratigrafica fino a fondo mare. La presenza di tali sacche di gas nel sottofondo marino è stata riscontrata lungo tutta la piattaforma interna tra la foce del fiume Solofrone e fino a nord dell'abitato di Agropoli, a profondità comprese tra -10 m e -50 m. L'espressione dei gas al fondo mare è rappresentata da strutture a *pockmark*, che sono state identificate sui sonogrammi *sidescan sonar* e formano un campo di forma subcircolare in pianta, localizzato intorno ai -20 m di profondità. Il campo a *pockmark*, tuttavia, presenta un'estensione molto più localizzata e ridotta, se paragonato all'ampia area di diffusione nel sottofondo delle sacche di *shallow gas*, che è stata riportata sulla carta.

2.3 - FOGLIO FIUMICINO

Foglio n. 386 "Fiumicino" (Servizio Geologico d'Italia, in prep.).

Le registrazioni di sismica ad altissima risoluzione hanno evidenziato nel cuneo sedimentario di alto stazionamento, che ha spessori che vanno da pochi metri in piattaforma esterna-ciglio ad almeno 6 m sulla scarpata di prodelta, la presenza di gas nei sedimenti nelle aree di piattaforma intermedia. Questa unità è stata attribuita alla prima fase di progradazione del delta, protrattasi per un lungo periodo (circa 3.500 anni), ma con tassi di sedimentazione relativamente bassi, in quanto debolmente sostenuta dall'apporto fluviale, invece impegnato nel colmamento delle lagune costiere (BELLOTTI *et alii*, 1994). Manifestazioni gassose analoghe sono state studiate nell'area emersa immediatamente retrostante da BIGI *et alii* (2014).

2.4. - FOGLIO PESCARA

Foglio n. 351 “Pescara” (ORI & RUSCIADELLI, 2015).

La carta mostra depositi di scarpata di prodelta che dalle indagini sismiche risultano organizzati in un clinoforme progradazionale subacqueo con rottura di pendenza (ciglio deposizionale) tra 25 e 30 m di profondità e spessore fino a 25 m (CATTANEO *et alii*, 2003). I depositi sono caratterizzati da diffuse impregnazioni di gas che raggiungono la profondità minima (pochi metri) sotto il fondo, in corrispondenza della rottura di pendenza del clinoforme. Analisi geochemiche dei campioni prelevati in quest'area dimostrano che il gas che impregna i sedimenti superficiali è biogenico e dovuto al decadimento di abbondante materia organica portata dai fiumi e accumulata all'interno del clinoforme (ORANGE *et alii*, 2005).

2.4. - FOGLI ANCONA, PESCARA E VIESTE/BARI

Foglio n. NK 33-1/2 “Ancona” (TRINCARDI *et alii*, 2010b), Foglio n. NK 33-5 “Pescara” (TRINCARDI *et alii*, 2010c) e Foglio n. NK 33-8/9 “Vieste/Bari” (TRINCARDI *et alii*, 2010d), della Carta Geologica dei mari italiani alla scala 1:250.000.

Sono segnalate molteplici evidenze di strutture da sfuggita di fluidi: *pockmark*, vulcani di fango e rilievi carbonatici (*mud-carbonate mound*, associati a fuoriuscite di metano). Alcuni rilievi batimetrici *multibeam* suggeriscono che queste strutture possano essere allineate, forse in relazione alla presenza di faglie sepolte o a sistemi di fratture collegati all'attività diapirica delle evaporiti (GELETTI *et alii*, 2008). Un profilo parallelo all'asse della Depressione Medio Adriatica documenta la presenza di un deposito di frana accumulato alla base del deposito di stazionamento basso. I depositi di stazionamento basso sono interessati da *pockmark* legati alla sfuggita di gas da unità profonde e altre strutture dovute a sfuggita di fluidi dal tetto della frana. I depositi di alto stazionamento del livello del mare (*HST*) in Adriatico sono organizzati in un clinoforme che occupa una ristretta fascia parallela alla costa (CATTANEO *et alii*, 2007). All'interno di questo tipo di depositi si possono sviluppare sovrappressioni, tipicamente lungo una fascia ristretta dove è massimo il tasso di deposizione (WOLINSKI & PRATSON, 2007). Inoltre, il notevole apporto di sostanza organica dai fiumi e il rapido decadimento di questa portano alla formazione di gas biogenico che impregna i depositi fino a pochi metri sotto il fondo. La combinazione di sovrappressioni, associate in aree sismicamente attive all'attività di terremoti (HOVLAND & JUDD, 1988), e impregnazione di gas, può favorire processi di instabilità all'interno del clinoforme.

Per la realizzazione della fornitura relativa alle emissioni fluide nell'ambito del Progetto EMODnet Geology, i dati ricavati dalla Carta Geologica d'Italia sono stati integrati con altre se-

gnalazioni individuate in letteratura. In particolare, la rassegna a scala globale delle pubblicazioni in materia effettuata da FLEISCHER *et alii* (2001), corredata da un'ampia bibliografia, ha consentito di incrementare le emissioni individuate nel Mar Adriatico.

3. - SEGNALAZIONI DI EMISSIONI GAS- SOSE ASSOCIATE ALLE STRUTTURE VULCANICHE

Nel volume Atlas of Italian submarine volcanic structures, dedicato ai vulcani sottomarini italiani (D'ANGELO *et alii*, 2019), elaborato nell'ambito delle attività connesse al Progetto EMODnet Geology, vengono indicate, tra l'altro, le strutture interessate da emissione di fluidi di origine vulcanica, individuate in una vasta bibliografia che arricchisce il volume, alla quale si consiglia di riferirsi.

In questo volume PENZA *et alii* (2019, *cum bibl.*) raccolgono le segnalazioni di molti Autori sulle attività idrotermali di diversi seamount vulcanici tirrenici. Sul Ventotene Ridge, lungo la scarpata ad andamento NE-SO, sono stati identificati *pockmark* e un'ampia depressione. Il Gortani Seamount, costituito da *pillow lava* e abbondanti sedimenti carbonatici, presenta un cemento di natura idrotermale nelle fessure delle rocce che lo compongono. Sul Vavilov l'attività idrotermale è testimoniata da campioni con recenti precipitati di manganese. Un campagna oceanografica a nord di Ustica nel 1996 ha segnalato la presenza di CO₂ e CH₄ nella colonna d'acqua; il rilascio di questi gas è stato messo in relazione con strutture tettoniche secondarie a direzione NE-SO. Attività idrotermale ($\delta^3\text{He}$) è stata riscontrata sul Marsili, anche grazie a indagini magnetiche e gravimetriche. Anomalie del $\delta^3\text{He}$ sono state riscontrate anche nei seamount Glabro, Alcione, Eolo, Enarete e Sisifo. Nei Lametini è presente una debole attività idrotermale, anche se l'assenza di He suggerisce che questi vulcani siano estinti. Un campo attivo di fumarole viene segnalato sul Seamount Empedocle, nell'area nord-est del Banco Graham, nello Stretto di Sicilia.

Infine, anche se non direttamente associato ai seamount elencati nel volume, viene menzionata la presenza del campo di emissione idrotermale denominato Banco della Montagna (Tav. 2) (PASSARO *et alii*, 2016). Si tratta di una struttura sub-circolare debolmente rilevata (fino a 67 m sotto il livello del mare), di circa 7 km di diametro, ubicata nel Golfo di Napoli tra il Vesuvio e i Campi Flegrei. L'area è caratterizzata da diffuse emissioni, *mound*, coni e *pockmark*, il cui allineamento suggerisce un controllo tettonico. Il biossido di carbonio è il componente gassoso principale, accompagnato da concentrazioni significative di H₂S, CH₄ and H₂.

Il volume contiene anche un contributo di MONECKE *et alii* (2019) i quali presentano in maggior dettaglio alcuni tra i maggiori centri di attività

idrotermale sottomarina localizzati nell'arco vulcanico delle Isole Eolie (Panarea e Vulcano) e nel bacino di retro-arco (Marsili e Palinuro), di seguito sintetizzati.

I sistemi idrotermali sommersi dell'arco vulcanico delle Eolie (Tav. 3) sono caratterizzati dalla bassa profondità dei centri di emissione e dalla composizione dei depositi minerali loro associati, molto ricchi in solfati.

3.1. - ISOLA DI PANAREA

Circa 3 km a est di Panarea, fra gli isolotti Dattilo, Panarelli, Lisca Bianca, Bottaro e Lisca Nera, è presente un campo di attività idrotermale, con venute di CO₂, e in subordine SO₂, HCl e HF e acque termali a profondità che vanno dai 5 ai 35 metri, segnalato già in epoca storica, con flussi medi di circa 16 tonnellate al giorno. Le emissioni danno luogo a comunità di batteri estremofili. Nel 2002 si è verificata una violenta emanazione di gas alla superficie del mare fra le località Lisca Bianca, Bottaro e Lisca Nera, avvenuta alla fine di una prolungata attività sismo-tettonica che ha interessato tutta l'Italia meridionale.

Alcuni Autori mettono in relazione l'attività idrotermale con i sistemi di faglie NE-SO e NO-SE (PENSA *et alii*, 2019).

3.2. - ISOLA DI VULCANO

Fumarole marine a bassa temperatura (~100°C) si trovano fra Vulcano (nella Baia di Levante) e Vulcanello, dove hanno creato una fascia, sterile di vegetazione, parallela all'istmo che collega le due isole. A nord della baia è presente una fascia di emissione di acqua termale denominata Acque Calde, a circa 2 m di profondità lungo la spiaggia sommersa. Le analisi geochimiche hanno mostrato una composizione dei gas ad alto contenuto di CO₂ (~3.6 tonnellate al giorno) e concentrazioni misurabili di H₂S e CH₄, ma povera di CO e priva di SO₂. Queste emanazioni danno vita a diverse comunità di microbi termofili ed ipertermofili.

Le fumarole presenti lungo la parte settentrionale della caldera La Fossa hanno mostrato un aumento delle temperature di emissione negli ultimi anni (PENSA *et alii*, 2019).

3.3. - SEAMOUNT MARSILI

Un campo di emissione di fluidi a bassa temperatura, del diametro di circa 150 metri e a una profondità fra i 497 e i 511 metri, è stato identificato nell'area sommitale dell'edificio vulcanico del Marsili. Il campo è caratterizzato da guglie e cumuli, friabili al tocco, costituiti da ossidi di Fe-Mn, spesso con aperture circondate da colonie batteriche giallastre; segnale questo che l'attività idrotermale è ancora presente, con venute di fluidi a temperatura superiore a quella delle acque circo-

stanti. Dati della colonna d'acqua suggeriscono diversi siti di rilascio di acqua termale. Il campo idrotermale è ospitato dalle lave massive e dalle *pillow lava* che costituiscono il vulcano; i fluidi probabilmente fuoriescono attraverso le fratture e i contatti fra le formazioni vulcaniche.

3.4. - SEAMOUNT PALINURO

Sulla vetta occidentale dell'edificio vulcanico sono stati rinvenuti, tramite dragaggio, dei solfuri massivi. Le temperature dei sedimenti, misurate subito dopo il prelievo di 33 campioni, vanno dai 26,8° ai 58° C, a fronte di una temperatura dell'acqua sul fondo di 13,2°C. Inoltre la conduttività termica, misurata su un totale di 23 siti, ha permesso di costruire una carta del gradiente termico, che consente di valutare l'ampiezza del campo idrotermale del seamount. Il campo idrotermale, benché ancora attivo, è sepolto da una coltre di sedimenti pelitici che va dai 5 ai 10 metri, ad eccezione di alcune manifestazioni sul fondo, quali bolle di gas, colonie di tubiformi e una lieve decolorazione dei sedimenti in alcune zone.

4. - COMMENTI CONCLUSIVI

La rassegna presentata in questo volume vuole essere un primo passo verso la costituzione di un inventario sistematico delle emissioni fluide individuate nei mari italiani, da inserire in un *database* che possa essere di facile accesso e consultazione. L'auspicio è che in futuro sia possibile individuare, catalogare, classificare e standardizzare tutte le segnalazioni in modo da ottenere un *database* integrato, attendibile e armonizzato a scala nazionale.

BIBLIOGRAFIA

- BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., MILLI S., TORTORA P. & VALERI P. (1994) - *Sequence stratigraphy and depositional setting of the Tiber Delta; integration of high-resolution seismic, well logs, and archaeological data*. Journal of Sedimentary Research, 64(3b), 416-432.
- BIGI S., BEAUBIEN S.E., CIOTOLI G., D'AMBROGI C., DOGLIONI C., FERRANTE V., LOMBARDI S., MILLI S., ORLANDO L., RUGGIERO L., TARTARELLO M.C. & SACCO P. (2014) - *Mantle-derived CO₂ migration along active faults within an extensional basin margin (Fiomicino, Rome, Italy)*. Tectonophysics, 637, 137-149.
- CATALANO R., AGATE M., BASILONE L., DI MAGGIO C., MANCUSO M. & SULLI A. (2011) *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 593 "Castellammare del Golfo"*, 239. Servizio Geologico d'Italia - ISPRA. SystemCart srl.
- CATALANO R., BASILONE L., DI MAGGIO C., MORTICELLI M. G., AGATE M. & AVELLONE G. (2013) *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 594-585 "Partinico-Mondello"*, 270. Servizio Geologico d'Italia - ISPRA. System Cart srl.
- CATTANEO A., CORREGGIARI A., LANGONE L. & TRINCARDI

- F. (2003) - *The late-Holocene Gargano subaqueous delta, Adriatic shelf: sediment pathways and supply fluctuations*. Marine Geology, 193(1-2), 61-91.
- CATTANEO A., TRINCARDI F., ASIOLI A. & CORREGGIARI, A. (2007) - *The Western Adriatic shelf clinoform: energy-limited bottomset*. Continental Shelf Research, 27(3-4), 506-525.
- D'ANGELO S., FIORENTINO A., GIORDANO G., PENSA A., PINTON A. & VITA L. (Eds) (2019) - *Atlas of Italian submarine volcanic structures*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **104**: pp. 186, D.R.E.Am Italia, Firenze.
- FLEISCHER P., ORSI T.H., RICHARDSON M. & ANDERSON A.L. (2001) - *Distribution of free gas in marine sediments: A global overview*. Geo-Marine Letters, **21**, 103-122, 10.1007/s003670100072.
- GELETTI R., DEL BEN A., BUSETTI M., RAMELLA R. & VOLPI V. (2008) - *Gas seeps linked to salt structures in Central Adriatic Sea*. Basin Res., **20**(4), 473-487.
- HOVLAND M. & JUDD A.G. (1988) - *Seabed Pockmarks and Seepages*. 293 pp., Graham & Trotman, London.
- MARTELLI L., NARDI G., CAMMAROSANO A., CAVUOTO G., AIELLO G., D'ARGENIO B. & MARSELLA E. (in stampa). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 502 "Agropoli"*. Servizio Geologico d'Italia - ISPRA.
(http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/502_Agropoli.pdf) accesso 02072019.
- MITCHUM JR R.M., VAIL P.R. & SANGREE J.B. (1977) - *Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 6. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation*. 117-133.
- MONECKE T., PETERSEN S., AUGUSTIN N. & HANNINGTON M. (2019) - *Seafloor hydrothermal systems and associated mineral deposits of the Tyrrhenian Sea*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **104**, 41-74.
- ORANGE D.L., GARCÍA-GARCÍA A., MCCONNELL D., LORENSON T., FORTIER G., TRINCARDI F. & CAN E. (2005) - *High-resolution surveys for geohazards and shallow gas: NW Adriatic (Italy) and Iskenderun Bay (Turkey)*. Marine Geophysical Researches, **26**(2-4), 247-266.
- ORI G.G. & RUSCIADELLI G. (2015) - *Note illustrative del F. 351 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, 118. Serv. Geol. d'It., ISPRA, A.T.I. - S.EL.CA. srl - SystemCart srl.
- PASSARO S., TAMBURRINO S., VALLEFUOCO M., TASSI F., VASELLI O., GIANNINI L., CHIODINI G., CALIRO S., SACCHI M., RIZZO A.L. & VENTURA G. (2016) - *Seafloor doming driven by degassing processes unveils sprouting volcanism in coastal areas*. Scientific Reports, **6**, 22448.
- PENSA A., PINTON A., VITA L., BONAMICO A., DE BENEDETTI A.A. & GIORDANO G. (2019) - *Atlas of Italian Submarine Volcanic Structures*. In: D'ANGELO S., FIORENTINO A., GIORDANO G., PENSA A., PINTON A. & VITA L. (EDS): *Atlas of Italian submarine volcanic structures*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **104**, 77-184.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (in prep.) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio n. 386 "Fiumicino"*.
- TRINCARDI F., ARGNANI A. & CORREGGIARI A. (2010a) - *Note illustrative del F. NL 33-7 "Venezia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:250.000*, 151. Serv. Geol. d'It., ISPRA, S.EL.CA. srl., Firenze.
- TRINCARDI F., ARGNANI A. & CORREGGIARI A. (2010b) - *Note illustrative del F. NK 33-1/2 "Ancona" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:250.000*, 143. Serv. Geol. d'It., ISPRA, S.EL.CA. srl., Firenze.
- TRINCARDI F., ARGNANI A. & CORREGGIARI A. (2010c) - *Note illustrative del F. NK 33-5 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:250.000*, 167. Serv. Geol. d'It., ISPRA, S.EL.CA. srl, Firenze
- TRINCARDI F., ARGNANI A. & CORREGGIARI A. (2010d) - *Note illustrative del F. NK 33-6 e NK 33-8/9 "Vieste e Bari" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:250.000*, 194. Serv. Geol. d'It., ISPRA, S.EL.CA. srl, Firenze.
- WOLINSKY M.A. & PRATSON, L.F. (2007) - *Overpressure and slope stability in prograding clinoforms: Implications for marine morphodynamics*. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, **112**(F4).