

I vulcani di fango Emiliani: retrospettiva e prospettive

MARCO BONINI

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geoscienze e Georisorse,
Unità Operativa di Firenze (mbonini@geo.unifi.it)

Aspetti generali dei vulcani di fango

I vulcani di fango sono edifici tronco-conici generati dall'emissione in superficie di fluidi freddi (*cold seeps*) originati in profondità (per una revisione, vedi Kopf, 2002). Tali fluidi sono costituiti perlopiù da miscele di gas, nelle quali normalmente predomina il metano (e talvolta la CO₂), acque salate fossili, fango e anche idrocarburi liquidi che risalgono attraverso strutture tettoniche "permeabili". Breccie di fango contenenti elementi litici indicativi delle rocce incontrate durante la risalita rappresentano comunemente una buona parte del materiale estruso da tali apparati. L'espansione termica del metano durante la risalita, con conseguente diminuzione della densità e aumento della pressione dei fluidi, favorisce l'estruzione superficiale del fango (Brown, 1990). Da un punto di vista morfologico, i vulcani di fango mostrano sorprendenti analogie con gli omologhi magmatici, sebbene abbiano dimensioni ridotte rispetto a quest'ultimi. Dimensioni notevoli sono tuttavia riportate sia per vulcani di fango terrestri che sottomarini. Per esempio, numerosi vulcani di fango in Azerbaijan (dove ne esistono, sulla terraferma, circa 300) possono raggiungere i 600 metri di altezza (Figura 1), e vulcani di fango sottomarini alti più di un chilometro sono stati evi-

denziati da analisi sismiche 3D nel Mar Caspio (Davis & Stewart, 2005). In tale ambito, notevole è stata anche la recente scoperta operata da personale dell'OGS di una nuova provincia di vulcani di fango nel Mar Ionio nell'offshore dell'Arco Calabro (Ceramicola & Praeg, 2007).

Lo studio di queste strutture ha ricevuto nel corso degli ultimi anni un notevole impulso, dato il loro carattere multidisciplinare che abbraccia anche settori come la botanica e la biologia (Niemann et al., 2006). Lo studio dei vulcani di fango possiede infatti molteplici implicazioni e all'iniziale interesse come indicatori di giacimenti d'idrocarburi (e.g., Camerana, 1926) si sono aggiunte altre finalità. Nel campo delle Scienze della Terra, le più rilevanti riguardano il contributo dei gas emessi dai vulcani di fango al fenomeno dell'effetto serra e al conseguente riscaldamento globale (Etioppe & Klusman, 2002; Kopf, 2003, *cum. bib.*), nonché un loro utilizzo come potenziali precursori di terremoti in relazione alla variazione nel tasso d'emissione di gas come il ²²²Rn (Martinelli & Judd, 2004 *cum. bib.*). La possibilità di eruzioni associate ai vulcani di fango porta inoltre a considerare tali strutture come zone di potenziale, seppur moderato, rischio geologico. Quest'ultimo in genere concerne

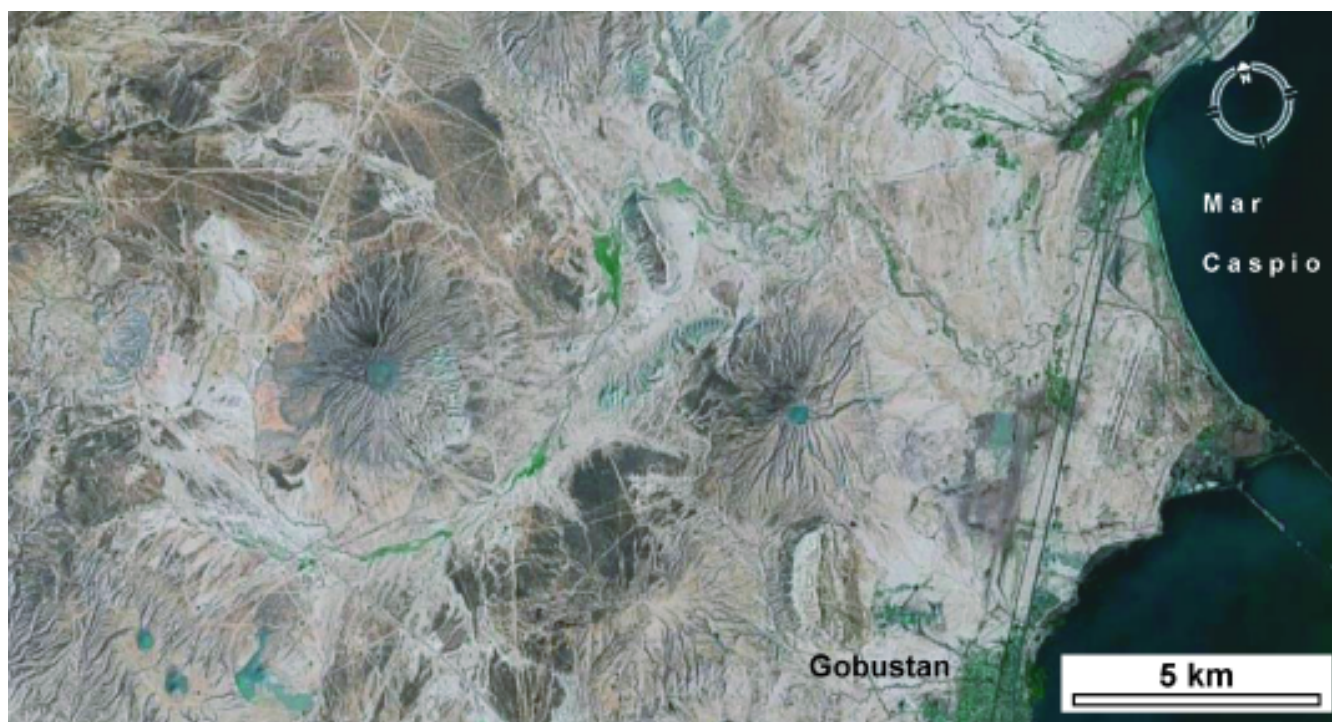


Figura 1 - Immagine satellitare mostrante le dimensioni chilometriche di alcuni vulcani di fango in Azerbaijan. L'altezza dei due coni nel centro dell'immagine supera i 300 metri. Immagine estratta da Google Earth (<http://earth.google.it/download-earth.html>).

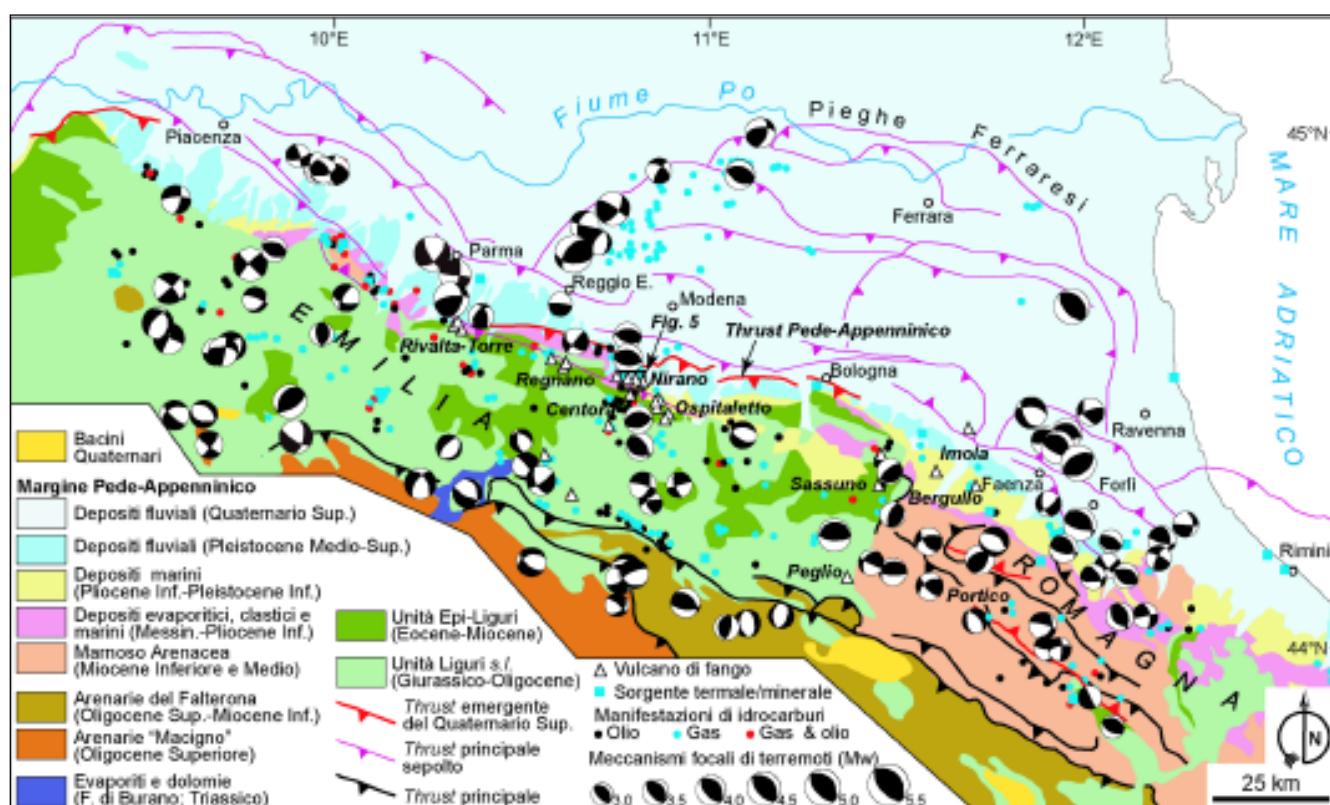


Figura 2 - Schema geologico-strutturale dell'Appennino Settentrionale (leggermente modificato da Bonini, 2007). In neretto sono indicati i toponimi riportati nel testo.

essenzialmente le infrastrutture, sebbene nel catalogo delle eruzioni dei vulcani in Azerbaijan sia riportata la notizia di sporadiche vittime (Aliyev et al., 2002). In numerose eruzioni, l'emissione di fluidi, fango e rocce è accompagnata da esplosione e combustione di metano. Note sono quelle sopramenzionate dell'Azerbaijan, ma scalpore ha destato nei *media* anche la recente (e attualmente attiva) eruzione del vulcano di fango LUSI (Lumpur "mud"-Sidoarjo) in Indonesia, la cui incessante emissione (sia pure con variazioni temporali) di vapore acqueo e fango ad alta temperatura (~100°C) ha comportato l'urgente evacuazione in massa della popolazione (Cyranoski, 2007). Lo stile delle eruzioni può comunque variare notevolmente, dalla continua e lenta emissione di acqua e fango sino alle esplosioni eruttive con espulsione di migliaia o persino svariati milioni di metri cubi di materiale. In aggiunta, tali eruzioni sono frequentemente associate ad eventi sismici che, in funzione della loro intensità, possono influenzare apparati vulcanici situati anche a distanze notevoli dall'ipocentro (Mellors et al., 2007). Da tale sommaria analisi traspare quindi la variegata importanza rivestita da questi apparati.

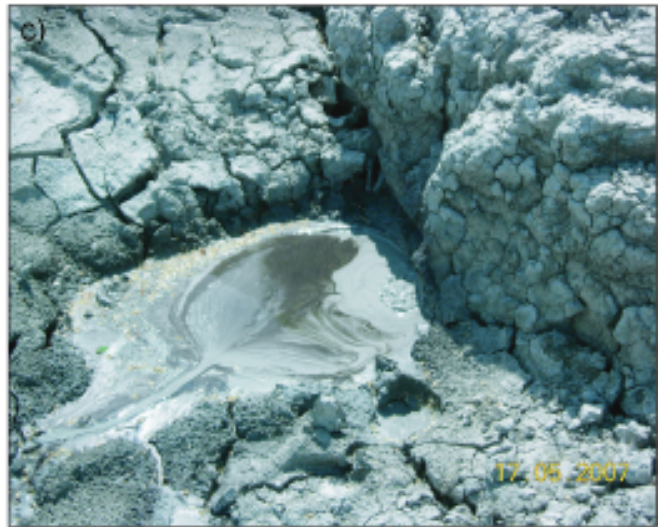
I vulcani di fango possono svilupparsi in differenti ambienti tettonici, ma la maggior parte di essi viene a collocarsi in contesti caratterizzati da compressione attiva, circostanza in cui possono generarsi e mantenersi più facilmente elevate sovrappressioni e rilascio di fluidi pressurizzati. Questo è anche il caso dei vulcani di fango dell'Appennino Settentrionale, che punteggiano il margine Emiliano-Romagnolo della Pianura Padana, generalmente considerato sede di deformazione compressiva attiva legata a rampe frontali e

lateralì di *thrust* (Boccaletti et al., 2004; Martinelli & Judd, 2004 *cum. bib.*) (Figura 2). I vulcani di fango manifestano quindi la presenza di strutture permeabili, spesso tettonicamente attive, ed il loro studio può fornire utili "finestre" sulle modalità in cui i fluidi si muovono attraverso la crosta superiore e la copertura sedimentaria verso la superficie.

I vulcani di fango del margine Emiliano-Padano

La maggiore frequenza dei vulcani di fango si ha nel settore modenese-reggiano, dove il fenomeno è noto da tempo con la denominazione di *salse o bombi*, quest'ultimo termine dovuto ai boati e alle detonazioni (e conseguenti scuotimenti del terreno) che accompagnano le violente eruzioni (Figura 2). Tale fenomeno ha attratto in passato numerosi studiosi, a cominciare da medici naturalisti interessati all'utilizzo terapeutico di queste emissioni (noto a tale fine era il *Petrolio di Montegibbio*) (Mucchi, 1966; Scicli, 1972, *cum. bib.*). Vastissima è la documentazione storica sull'argomento, a cominciare dal Vallisneri (1733) e dallo Spallanzani (1795). Proseguendo nel secolo XIX e inizio XX, tale fenomeno fu oggetto di innumerevoli osservazioni (Bianconi, 1840; Stöhr, 1867; Ferretti, 1878; Taramelli, 1881; Pilo, 1882; Stoppani, 1883; Govi, 1906; Biasutti, 1907, per citarne solo alcuni). Tra queste, particolare menzione merita la memoria del Biasutti (1907) per la notevole mole di dati riportati relativi ad un gran numero di salse emiliane a romagnole. Dal secondo dopoguerra ad oggi tali manifestazioni sono state ancora oggetto di numerosi studi di vario carattere (e.g., Scicli, 1972; Capozzi & Picotti, 2002; Accaino et al., 2007).

Le caratteristiche morfologiche delle singole aree d'emissione



variano notevolmente, dalle cosiddette *mud pools*, in cui non sono presenti forme estrusive ma polle d'acqua fangosa che ribolle per l'emissione più o meno violenta di gas (Ospitaletto), ai tipici coni di fango, la cui altezza attuale non supera i tre metri (Nirano, Regnano, Centora, Rivalta, per citare i più importanti) (Figure 2 e 3).

Come descritto da molti Autori, le salse possono essere composte da numerosi coni (noti anche come *spiragli*), il cui numero può variare notevolmente nel tempo tanto che Stoppani (1883) ne contava oltre quaranta nel campo di Nirano contro la decina di bocche menzionata dal Camerana (1926) e l'attuale ventina. I coni sono quindi strutture effimere, poiché possono occludersi, disattivarsi e aprirsi di nuovi in tempi relativamente brevi (i coni attivi sono detti anche *spiragli lutivomi*; Lorenzi, 1902).

Le dimensioni maggiori dei coni sono osservabili solo in corrispondenza della ormai estinta Salsa di Montegibbio (toponimo riportato anche nella tavoletta al 25.000 Sassuolo 86, I SO, 3^a Ed. IGMI, rilevata nel 1884), detta anche Salsa di Sassuolo (Coppi, 1875), il cui apparato conico, ancora riconoscibile, raggiunge un'altezza intorno ai 10 m (Figura 4a). Un'altezza maggiore di sette metri fu descritta per un cono della Salsa di Regnano (Ferretti, 1878), mentre attualmente i coni di tale salsa raggiungono dimensioni inferiori al metro e mezzo (Figura 3d). Dimensioni fino a cinque metri (contro i circa tre metri attuali) sono state invece riportate per la Salsa di Nirano (Coppi, 1875).

L'analisi delle acque emesse dalle salse ha messo in luce un'origine connata (o di formazione) di tali fluidi dominata dalla componente clorurato-sodica (Gorgoni et al., 1988). Il fango emesso dalle salse deriva essenzialmente dalla fluidificazione di peliti per opera dei fluidi, quali acque di formazione e metano (sia biogenico che termogenico) proveniente da trappole per idrocarburi, che risalgono lungo condotti impostati generalmente lungo fratture. I vulcani di fango sono quindi alimentati da uno o più serbatoi (*reservoirs*) posti a diverse profondità in cui si accumulano miscele di acque salate fossili, argilla, e principalmente metano. La porzione liquida e argillosa si accumula perlopiù in serbatoi più superficiali miscelandosi poi con acque meteoriche (Nanni & Zuppi, 1986; Capozzi & Picotti, 2002).

Lo sviluppo dei vulcani di fango sembra essere strettamente legato alla presenza di livelli impermeabili che agiscono come barriere idrauliche alla migrazione di fluidi, favorendo così lo sviluppo di sovrappressioni e la fluidificazione delle peliti. La maggior parte dei vulcani di fango si localizza, infatti, nell'Appennino Emiliano (tra le salse di Rivalta-Torre e quella di Sassuno) che è caratterizzato dall'affioramento delle Unità Liguri, composte in buona parte da argilliti che rendono tale coltre essenzialmente impermeabile (Figura 2). Altri vulcani di fango, situati al margine padano dell'Appennino Romagnolo (Imola, Bergullo), sono collegati con la presenza delle argille plio-pleistoceniche (Figura 2). Prevalgono invece manifestazioni essenzialmente metanifere dove un importante livello produttore di tale gas, come la Marnoso Arenacea, non è sigillato dalla copertura impermeabile fornita dalle Unità Liguri (Portico; Figura 2).

Eruzioni storiche di vulcani di fango Emiliani

L'emissione delle salse attualmente in attività è caratterizzata in

genere dalla continua e lenta emissione di fluidi. Tuttavia tale attività è stata interrotta da numerose fasi parossistiche durante le quali si sono avute notevoli e impetuose eruzioni di fango che, come descritto in varie note, sono talvolta strettamente associate a terremoti (Gorgoni et al., 1988). Di rilievo è l'occorrenza nell'area di una gigantesca eruzione associata al contemporaneo e distruttivo terremoto del 91 a.C. che colpì il margine Pede-Appenninico vicino a Modena (Guidoboni, 1989). Come riportato da Plinio nella sua *Historia mundi naturalis*, «...un grande sommovimento della terra: due montagne, infatti, si scontrarono con grandissimo fragore, balzando avanti e retrocedendo e tra di loro si levarono al cielo in pieno giorno fiamme e fumo; allo spettacolo assisteva dalla via Emilia un gran numero di cavalieri romani con il loro seguito e di viandanti. Per questo cozzo furono schiacciate tutte le case di quelle campagne e molti animali, che si trovavano nel mezzo, rimasero uccisi...». Tale racconto descrive con tutta probabilità una tipica eruzione di vulcani di fango con associata combustione di metano. Relazioni con terremoti sono state riportate anche per la Salsa di Nirano, la quale mostrò un notevole aumento dell'attività dopo il forte terremoto del 1873 (Coppi, 1875).

La Salsa di Montegibbio è stata anch'essa luogo di ripetute eruzioni. Secondo Govi (1906 e *op. cit.*) sarebbe da ascrivere a questa salsa anche l'eruzione "pliniana" del 91 a.C., alla quale si sarebbero succedute altre minori eruzioni nel 1592, 1594, 1599, 1601, 1608, 1628, 1684, 1689, 1711, 1781, 1784, 1786, 1787, 1789, 1790 (vedi anche Stöhr, 1867 e Biasutti, 1907). Considerevole fu l'eruzione del 4 (o 14) Giugno 1835, tanto che le cronache (dettagliata è quella del De Brignoli de Brunnhoff citata in Biasutti, 1907) riportano che una colonna di fumo alta circa 50 metri si sprigionò da tale salsa (della quale pare non fossero presenti tracce rilevanti prima dell'eruzione) con combustioni al suo interno e lancio di sassi e fanghiglia, che una volta ricaduta scorreva lungo il versante dando luogo ad un piano inclinato. Tale eruzione innescò anche un terremoto, che fu avvertito localmente. Cronache riportano che circa un milione e mezzo di metri cubi di fango furono eruttati durante quest'evento (Ferretti, 1878). Il flusso di fango associato a tale eruzione è ben visibile nella carta geologica dello Stöhr (1867), la quale mostra la colata di fango che si diparte dalle salse verso la valle del Secchia a nord-ovest (Figura 4b). Un'ultima eruzione sarebbe avvenuta nel 1873 (Mercalli, 1883). Attualmente, il cono della Salsa di Montegibbio è ancora visibile e mostra una caratteristica spaccatura che contraddistingue anche gli *spatter cones* vulcanici (Figura 4a). Come osservato anche dal Fuchs (1878), tale sfianamento del cono è da mettere in relazione alle citate energetiche emissioni fangose.

Molteplici parossismi (14) furono definiti dal Govi (1908, *cum. bib.*) anche per la Salsa di Regnano (o Salsa di Querzola) per un arco temporale di un secolo e mezzo. Una descrizione dell'eruzione di questa salsa è riportata dal Taramelli (1881), che riferiva l'eiezione di pietre, idrocarburi e argilla con getti alti fino a 10 metri e una successiva colata di fango che in poche ore giunse a circa 400 metri dalla bocca del vulcanetto. In sostanza, ripetute fasi d'attività parossistica sono state riportate per quasi tutte le salse emiliane (Biasutti, 1907, *cum. bib.*). Infine, una citazione meritano anche le emissioni e combustioni di metano di Pietramala e del vicino Vulcano del

Figura 3 - Caratteristiche dei vulcani di fango emiliani. (a) Mud pool a Ospitaletto (17 Maggio 2006). (b-d) Salsa di Regnano (17 Maggio 2007): (b) collasso della zona di emissione marcata da corona semicircolare; (c) emissione di fluidi alla base della scarpata, compresa una frazione di idrocarburi liquidi rivelata dalle macchie nere oleose; (d) estrusione attiva di fango dalla bocca di un conetto. (e) Vulcani di fango alla Salsa di Nirano (9 Ottobre 2007). Le colate di fango ed i coni attivi sono contraddistinti da una colorazione grigia scura, mentre i coni più chiari sono inattivi; da notare anche l'allineamento dei coni intorno a N55°E.

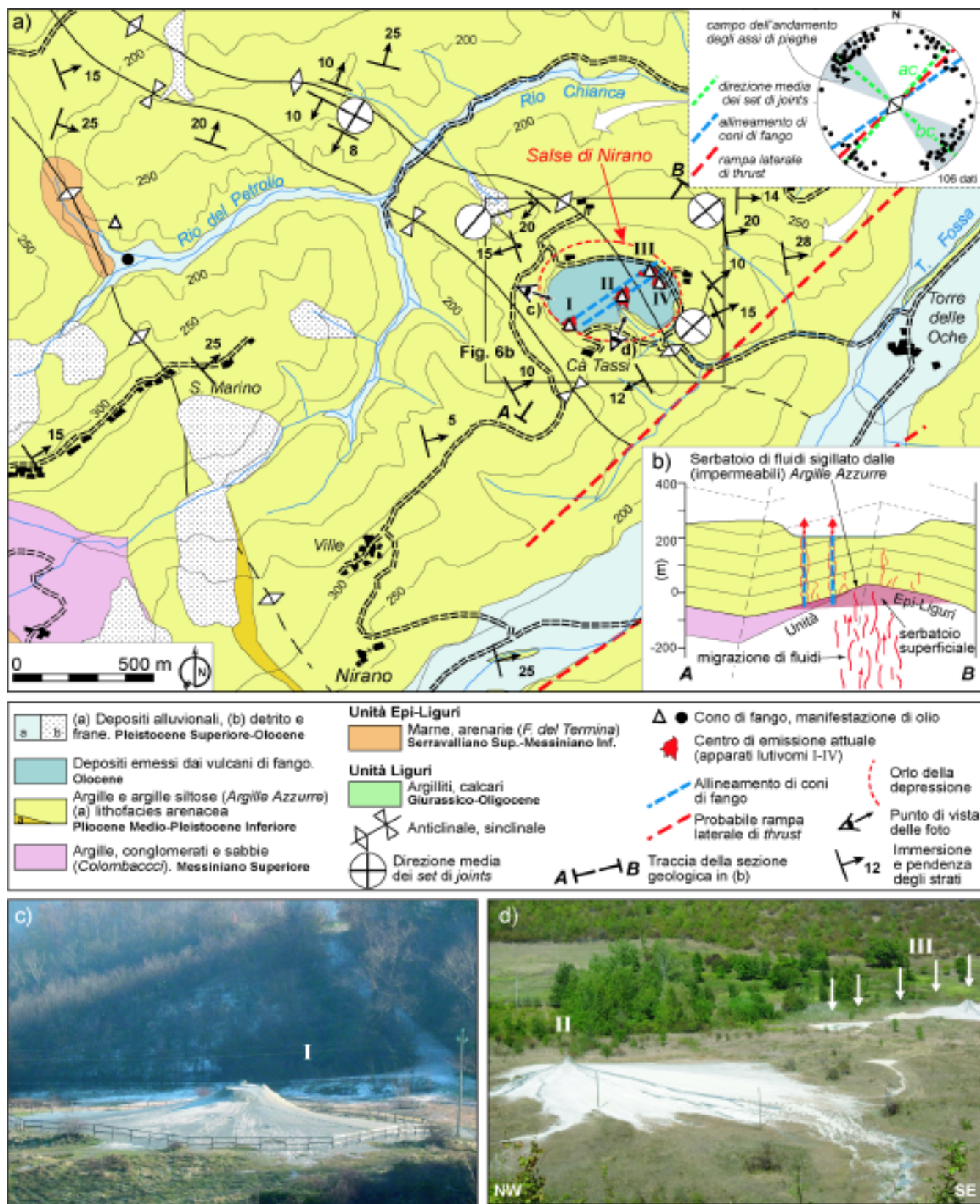


Figura 5 - (a) Schema e (b) sezione geologico-strutturale attraverso le Salse di Nirano (modificato da Bonini, 2007). (c-d) Vedute di alcuni vulcani di fango delle Salse di Nirano: (c) apparato I (cono alto circa 3 metri; 21 Dicembre 2005); (d) apparato II e allineamento di coni, indicati dalle frecce bianche, dell'apparato III (13 Settembre 2007). Il punto di vista delle foto è indicato in (a).

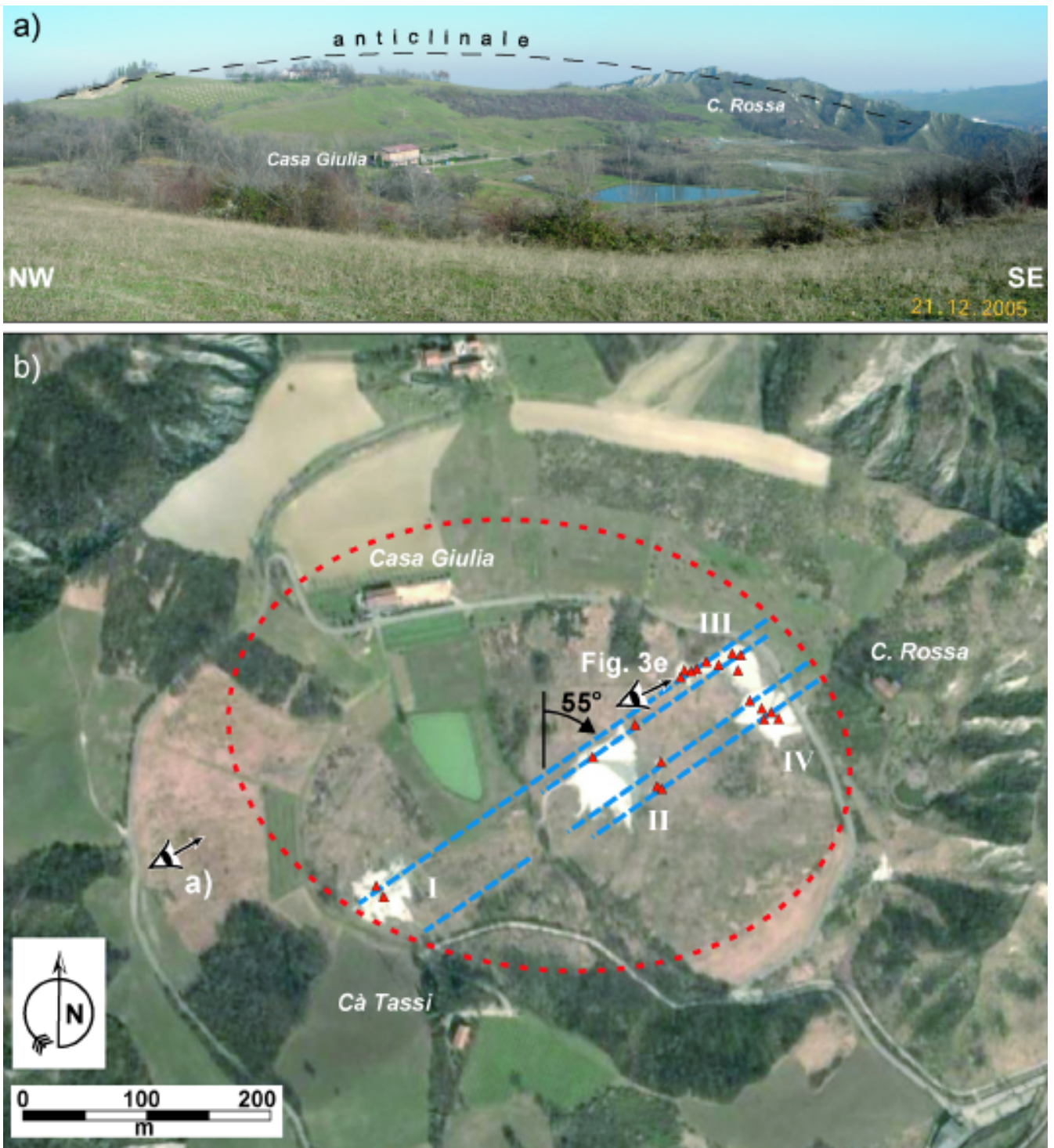


Figura 6 - (a) Veduta della depressione delle Salse di Nirano (21 Dicembre 2005); il punto di vista della foto è indicato in (b). (b) Immagine satellitare della depressione (il cui bordo è indicato dalla linea rossa tratteggiata) mostrante la distribuzione di coni di fango principali (triangoli rossi); le linee tratteggiate blu indicano l'allineamento dei coni. Immagine estratta da Google Earth (<http://earth.google.it/download-earth.html>).

L'emissione di fluidi è pertanto controllata soprattutto da questa famiglia di fratture, ma condotti favorevoli all'emissione di fluidi possono derivare anche dall'intersezione tra questa famiglia di fratture e le fratture (*bc*) parallele all'asse dell'anticlinale, rappresentanti per esempio superfici di clivaggio di piano assiale o

fratture d'estradosso (Figure 5a e 7a). Condotti subverticali potenzialmente consistenti con tale situazione sono stati evidenziati dalle dettagliate analisi geofisiche (Accaino et al., 2007) condotte, fino ad una profondità di circa 30-50 metri, attraverso il vulcano di fango dell'apparato I (Figura 5c).

Le depressioni associate a vulcanismo di fango

La coincidenza ricorrente tra vulcanismo di fango e depressioni morfologiche "a guisa d'anfiteatro" era stata notata sin dai vecchi Autori. L'origine di tali depressioni era stata perlopiù attribuita a fenomeni erosivi (Fuchs, 1878; Lorenzi, 1902). Degna di nota è la descrizione delle salse emiliane offerta dal Pilo (1882), «*Non ne rimangono quindi della morfologia delle salse che poche osservazioni generali da fare; cioè che esse occupano sempre il lembo superiore delle valli; che pure sempre esistono i vestigi d'un gran cratere d'eruzione che circondano l'area dei con i minori dello stato di calma*», che ricorda molto quella delle caldere vulcaniche.

Le caldere sono strutture di forma subcircolare, tipiche dei vulcani magmatici, che si formano per collasso degli strati di roccia (copertura) sovrastanti una camera magmatica a causa dello svuotamento della stessa in seguito all'eruzione e alla mobilizzazione di quantità enormi di materiale. Strutture concettualmente simili sono normalmente associate anche ai vulcani di fango; esempi tipici sono quelli della *Mediterranean Ridge* (Kopf & Behrmann, 2000), del delta del Niger (Graue, 2000), del *South Caspian Basin* (Davis & Stewart, 2005), del cuneo d'accrezione delle Barbados (Henry et al., 1990). Similmente, anche la depressione che ospita le Salse di Nirano si è probabilmente formata per collasso della copertura legato al degassamento e all'emissione di fango e di fluidi. Analogamente ai cugini magmatici, è stato quindi proposto che la depressione ellittica di Nirano rappresenti (1) una struttura di tipo calderico, risultante dell'evacuazione di migliaia di metri cubi di materiale da un serbatoio di fluidi superficiale, e (2) che materializzi il campo dello stress regionale (Figura 7a, b; Bonini, 2008). La geometria ellittica della caldera può derivare sia dalla distorsione e dalla deformazione tettonica delle strutture che delimitano il bordo della caldera stessa, sia dalla forma del sottostante serbatoio di fluidi che si sviluppa nella direzione dello stress orizzontale minimo.

Caldere ellittiche sono infatti normalmente allungate in direzione parallela allo stress orizzontale minimo (S_3), cosicché in regimi compressivi l'asse minore della caldera materializza l'asse di massimo raccorciamento regionale. La geometria della caldera di Nirano è in accordo con tale ipotesi, poiché l'asse maggiore dell'ellisse è all'incirca parallelo al *Thrust* Pede-Appenninico e l'asse minore è orientato circa $\sim N10^\circ E$ (Figura 7b). Quest'ultimo è infatti sostanzialmente parallelo all'asse di massima compressione regionale, la cui direzione intorno a N-NNE è vincolata da vari dati, quali assi P di terremoti, direzioni di compressione a carico di sedimenti pleistocenici e direzione dell'asse dello stress massimo orizzontale S_H derivato da *breakouts* di pozzi (Figura 7b).

L'attività recente e storica del campo di Nirano è caratterizzata da eventi parossistici di un certo rilievo. Sebbene l'eruzione del 91 a.C. sia stata spesso messa in relazione con l'attività della Salsa di Montegibbio, la vaga ubicazione ricavata dalla descrizione di Plinio non permette di posizionare l'evento con precisione,

ma di riferirlo ad un'area delle colline pede-Appenniniche che potrebbe racchiudere anche la Salsa di Nirano, situata a soli tre chilometri e mezzo dalla Salsa di Montegibbio.

Come sostenuto anche dal Coppi (1875), il fatto che la depressione di Nirano sia apparentemente l'unica associata a vulcani di fango ad avere rilevanti dimensioni, può permettere di speculare circa una sua connessione con il terremoto del 91 a.C. Sfortunatamente

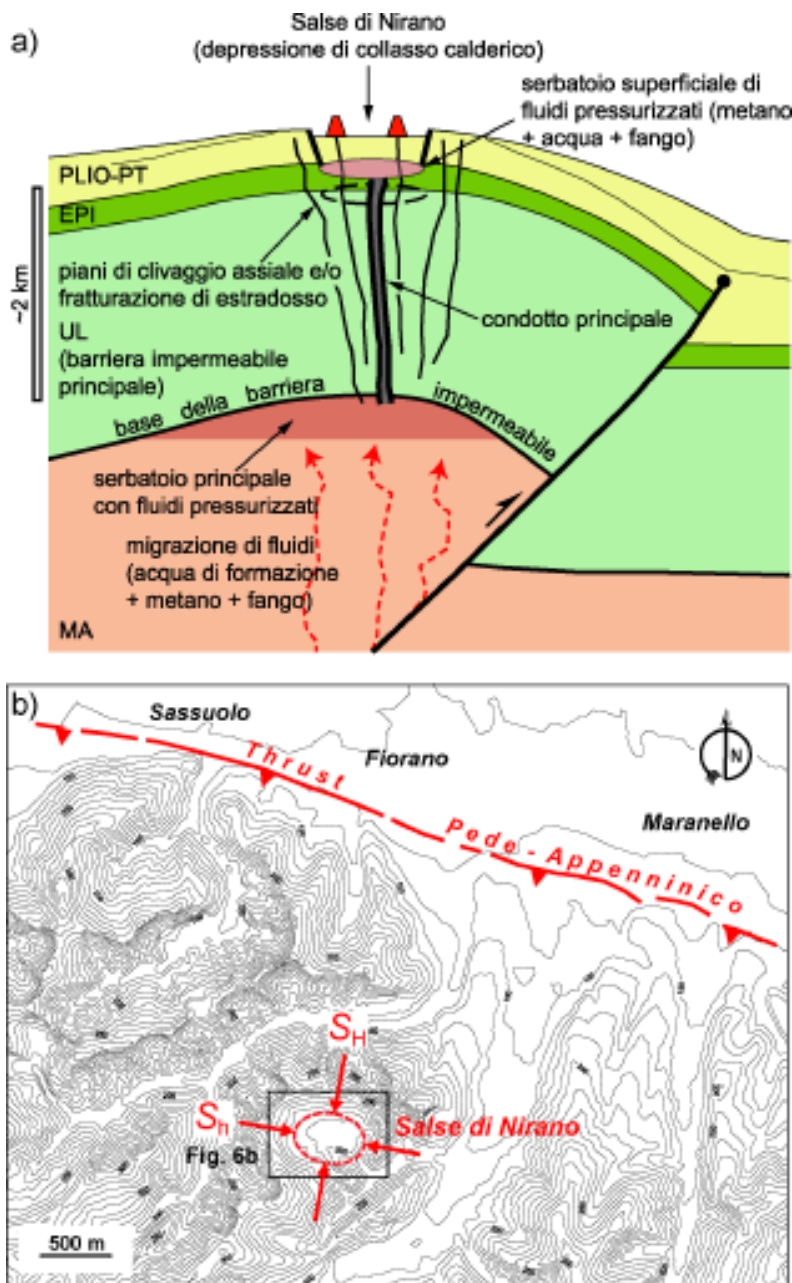


Figura 7 - (a) Sezione concettuale attraverso il campo di Nirano. La subsidenza della depressione di Nirano ospitante i vulcani di fango è interpretata come struttura di collasso derivato dall'evacuazione di migliaia di metri cubi di materiale da un serbatoio superficiale situato all'interno del nucleo dell'anticlinale e sigillato dalle Argille Azzurre. PLIO-PT, depositi marini Pliocenici-Pleistocenici (Argille Azzurre); EPI, Unità Epi-Liguri; UL, Unità Liguri; MA, Marnoso Arenacea. (b) Curve di livello ottenute da digital terrain model (cortesia della Regione Emilia-Romagna) comprendente la Salsa di Nirano ed il margine Pede-Appenninico. Sono indicate anche le relazioni tra la geometria della depressione ellittica associata alla salsa ed il campo dello stress regionale (modificato da Bonini, 2008).

te però la mancanza di elementi utili a datare la depressione di Nirano fa di questa una suggestiva ma, al momento, speculativa ipotesi.

Strutture di collasso minori possono svilupparsi durante l'evoluzione di un vulcano di fango. Un esempio attuale è dato dalla Salsa di Regnano, dove l'area prossima ai conici è stata oggetto di instabilità gravitativa che ha originato una depressione subcircolare al cui margine (corona) si possono osservare alcune fuoriuscite di fluidi (Figura 3b, c). A tale processo ha probabilmente contribuito in massima parte lo svuotamento di un serbatoio molto superficiale.

Prospettive future

L'attività corrente dei vulcani di fango emiliani è essenzialmente data dalla lenta e incessante emissione di fluidi, benché, come abbiamo visto, possa essere intervallata da attività parossistica anche molto intensa. Dato il mutevole carattere di tali manifestazioni sia nel breve che nel lungo periodo, le varie descrizioni e testimonianze del fenomeno fornite dai Vecchi Autori rappresentano anche ai giorni nostri un pregevole contributo alla comprensione di tali processi, che sono strettamente associati ad aspetti molto importanti per il loro impatto sulla società, quali l'attività sismica e l'emissione di gas serra. A tale fine, decisiva sarebbe la definizione di fattori e parametri fisici legati a tali fenomeni.

In particolare, sarebbe essenziale promuovere l'acquisizione di dati relativi alla geometria dei condotti per fluidi e alla caratterizzazione dei serbatoi dei vulcani di fango, in termini di dimensioni, geometria e profondità (e.g., Accaino et al. 2007). Fondamentale risulterebbe anche la determinazione delle condizioni fisiche dei fluidi intrappolati all'interno dei serbatoi mediante monitoraggio composizionale e del livello di pressione. Un monitoraggio "diretto" mediante la perforazione di pozzi profondi sarebbe preciso ma costoso. Potrebbe essere in ogni modo utilmente usato anche il

monitoraggio alla superficie delle variazioni di flusso delle emissioni gassose o liquide, essendo esse rappresentative delle variazioni di pressione dei fluidi in profondità (Albarelo & Martinelli, 1994). Variazioni importanti nella tipologia delle emissioni vengono segnalate specialmente in seguito ad eventi sismici, come documentato anche nella zona assiale Appenninica (Heinicke et al., 2006).

Altrettanto importante sarebbe la compilazione di un catalogo delle eruzioni storiche (con relativo posizionamento) e dell'attività parossistica dei vulcani di fango. L'incrocio con analisi macrosismiche potrebbe inoltre rivelare interessanti relazioni con terremoti storici. Nuove ed interessanti prospettive fornite da questi apparati riguardano anche l'uso di tali sistemi come misuratori naturali delle fluttuazioni del campo dello *strain*, quest'ultimo in grado di influenzare notevolmente i processi sismogenetici in atto (Albarelo, 2005 *cum. bib.*). Ciò è basato sul presupposto che i serbatoi siano sistemi confinati e, essendo l'acqua incompressibile, sono sensibili a variazioni della deformazione volumetrica e possono registrare anche le piccole deformazioni della crosta terrestre che normalmente accompagnano gli eventi sismici.

In conclusione, la comprensione dei meccanismi che guidano la dinamica dei vulcani di fango necessita di un approccio multidisciplinare che integri diverse materie all'interno, come pure all'esterno, delle Scienze della Terra. Un numero ancora vasto di aspetti relativi a questi affascinanti fenomeni naturali, progressivamente trasformati da iniziali "curiosità" in interessantissimi oggetti di studio dai più svariati risvolti ed applicazioni, rimane infatti ancora da investigare e scoprire. In tale ambito, le favorevoli condizioni di accessibilità, in unione alla felice collocazione geologico-strutturale ed al record storico di terremoti ed eruzioni, rendono le salse emiliane ottimi casi di studio, in grado persino di rivaleggiare con i più spettacolari esempi mondiali.

Bibliografia

- Accaino, F., A. Bratus, S. Conti, D. Fontana, U. Tinivella (2007). Fluid seepage in mud volcanoes of the northern Apennines: An integrated geophysical and geological study. *Journal of Applied Geophysics*, 63, 90-101.
- Albarelo, D. (2005). Mud volcanoes as natural strainmeters. A working hypothesis. In "Mud Volcanoes, Geodynamics and Seismicity" edito da G. Martinelli & B. Panahi, Springer, pp. 239-249.
- Albarelo, D., & G. Martinelli (1994). Piezometric levels as a possible geodynamic indicator: analysis of the data from a regional deep waters monitoring network in Northern Italy. *Geophys. Res. Lett.*, 21, 1955-1958.
- Aliyev, A.A., I.S. Guliyev, I.S. Belov (2002). Catalogue of recorded eruptions of mud volcanoes of Azerbaijan for period of years 1810-2001, 88 pp., Nafta, Baku, Azerbaijan.
- Bianconi, G. (1840). Storia naturale dei terreni ardenti, dei vulcani fangosi, delle sorgenti infiammabili, dei pozzi idropirici, e di altri fenomeni geologici operati dal gas idrogeno e della origine di esso gas, Bologna.
- Biasutti, R. (1907). Materiali per lo studio delle salse - Le salse dell'Appennino Settentrionale. Memorie Geografiche, pubblicate come supplemento alla Rivista Geografica Italiana da Giotto Dainelli, 2, 101-255.
- Boccaletti M., M. Bonini, G. Corti, P. Gasperini, L. Martelli, L. Piccardi, C. Tanini, G. Vannucci (2004). Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000, Regione Emilia-Romagna-Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - C.N.R.-I.G.G., sezione di Firenze, con Note Illustrative, S.E.L.C.A., Firenze.
- Bonini, M. (2007). Interrelations of mud volcanism, fluid venting, and thrust-anticline folding: Examples from the external northern Apennines (Emilia-Romagna, Italy). *J. Geophys. Res.*, 112, B08413; doi:10.1029/2006JB004859.
- Bonini, M. (2008). Elliptical mud volcano caldera as stress indicator in an active compressional setting (Nirano, Pede-Apennine margin, northern Italy). *Geology*, 36, 131-134; doi: 10.1130/G24158A.1.
- Brown, K.M. (1990). The nature and hydrological significance of mud diapirism and diatremes for accretionary systems. *J. Geophys. Res.*, 95, 8969-8982.
- Camerana, E. (1926). Le manifestazioni di idrocarburi nell'Emilia. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 20, 21-69.
- Capozzi, R., & V. Picotti (2002). Fluid migration and origin of a mud volcano in the Northern Apennines (Italy): the role of deeply rooted normal faults. *Terra Nova*, 14, 363-370.
- Ceramicola, S., & D. Praeg (2007). Una nuova provincia di vulcani di fango scoperta nel Mar Ionio. *Geotitalia*, 19, 18-22; doi:10.1474/Geotitalia-19-10.
- Coppi, F. (1875). Brevi note sulle Salse Modenesi. *Bollettino del R. Comitato Geologico*, 7-8, 1-7.
- Cyranoski, D. (2007). Muddy waters. How did a mud volcano come to destroy an Indonesian town? *News Feature, Nature*, 445, 22 February 2007, 812-815.
- Davies, R.J., & S.A. Stewart (2005). Emplacement of giant mud volcanoes in the South Caspian Basin: 3D seismic reflection imaging of their root zones. *J. Geol. Soc. London*, 162, 1-4.
- Etiopie, G., & R.W. Klusman (2002). Geologic emissions of methane into the atmosphere. *Chemosphere*, 49, 777-789.
- Ferretti, A. (1878). Sopra i vulcani di fango e le argille scagliose del Modenese, *Bollettino del R. Comitato Geologico*, 5-6, 174-187.
- Fuchs, T. (1878). Die salse von Sassuolo und die Argille scagliose. *Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften; Mathem. und Naturwiss. Classe; Bd 76, Jahrg. 1877, Erste Abth.*, Wien, p. 234.
- Gasperi G., G. Bettelli, F. Panini, M. Pizzolo, U. Bonazzi, C. Fioroni, P. Fregni, S.C. Vaiani (2005). Note illustrative e Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n. 219 Sassuolo, S.E.L.C.A. Firenze.
- Gorgoni C., O. Bonori, S. Lombardi, G. Martinelli, G.P. Sighinolfi (1988). Radon and helium anomalies in mud volcanoes from northern Apennines (Italy) - a tool for earthquake prediction. *Geochemical Journal*, 22, 265-273.
- Govi, S. (1906). Appunti su alcune salse e fontane ardenti della provincia di Modena. *Rivista Geografica Italiana*, 13, 425-431.
- Govi, S. (1908). Di alcune salse delle province di Modena e Reggio. *Rivista Geografica Italiana*, 15, 265-280.
- Graue, K. (2000). Mud volcanoes in deepwater Nigeria. *Marine and Petroleum Geology*, 17, 959-974.
- Guidoboni, E. (editore) (1989). I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea: Storia, archeologia, sismologia. Bologna, Istituto Nazionale di Geofisica-Storia Geofisica Ambiente, 766 pp.
- Heinicke, J., T. Braun, P. Burgassi, F. Italiano, G. Martinelli (2006). Gas flow anomalies in seismogenic zones in the Upper Tiber Valley, Central Italy. *Geophys. J. Int.*, 167, 794-806; doi: 10.1111/j.1365-246X.2006.03134.x.
- Henry, P., X.L. Le Pichon, S. Lallemand, J.-P. Foucher, G. Westbrook, M. Hobart (1990). Mud volca-

no field seaward of the Barbados Accretionary Complex: A deep-towed side scan sonar survey. *J. Geophys. Res.*, 95, 8917-8929.

Kopf, A.J. & J.H. Behrmann (2000). Extrusion dynamics of mud volcanoes on the Mediterranean Ridge accretionary complex. In "Salt, shale and igneous diapirs in and around Europe" edito da B.C. Vendeville, Y. Mart, & J.L. Vigneresse. *Geol. Soc. London Spec. Pub.* 174, 169-204.

Kopf, A.J. (2002). Significance of mud volcanism. *Reviews of Geophysics*, 40, art. no. 1005.

Kopf, A.J. (2003). Global methane emission through mud volcanoes and its past and present impact on the Earth's climate. *Int. J. Earth Sci.*, 92, 806-816.

Lorenzi, A. (1902). Intorno ad alcune salse del modenese. *Rivista Geografica Italiana*, 9, 409-506.

Martinelli, G., & A. Judd (2004). Mud volcanoes of Italy. *Geological Journal*, 39, 49-61.

Mellors, R., D. Kilb, A. Aliyev, A. Gasanov, G. Yetirmishli (2007). Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. *J. Geophys. Res.*, 112, B04304, doi:10.1029/2006JB004489.

Mercalli, G. (1883). *Geologia d'Italia: vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Milano.

Mucchi, A.M. (1966). Il fenomeno delle salse e le manifestazioni del Modenese. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, 97, 81-109.

Nanni, T. & G.M. Zuppi (1986). Acque salate, circolazione profonda in relazione all'assetto strutturale

del fronte adriatico e padano dell'Appennino. *Mem. Soc. Geol. It.* 35, 979-986.

Niemann, H., T. Lösekann, D. de Beer, M. Elvert, T. Nadalig, K. Knittel, R. Amann, E. J. Sauter, M. Schlüter, M. Klages, J.-P. Foucher, A. Boetius (2006). Novel microbial communities of the Haakon Mosby mud volcano and their role as a methane sink. *Nature*, 443, 854-858, 19 October 2006, doi:10.1038/nature05227.

Pilo, M. (1882). *Le Salse dell'Emilia*. Saggio Geologico. Stabilimento Tipo-Litografico degli Artigianelli, Reggio Emilia.

Scicli, A. (1972). L'attività estrattiva e le risorse minerarie della Regione Emilia-Romagna, Poligrafico Artioli, Modena.

Spallanzani, L. (1795). *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, Pavia.

Stöhr, E. (1867). Schiarimenti intorno alla carta delle Salse e delle località oleifere di Monte Gibio. *Annuario della Società dei Naturalisti in Modena*, 2, 169-178.

Stoppani, A. (1883). *Il Bel Paese*, Milano.

Taramelli, T. (1881). *Della Salsa di Querzola, nella provincia di Reggio*. *Rendiconti del R. Istituto Lombardo, Serie II*, 14 (14), 1-5.

Vallisneri, A. (1733). *Opere fisico-mediche*. Sebastiano Coletti, Venezia.

doi: 10.1474/Geoitalia-22-07

Convegno in ricordo di Angelo Di Grande e Mario Grasso

Il 2007 è stato un anno triste per il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Catania per l'improvvisa scomparsa di Angelo Di Grande in Gennaio e di Mario Grasso in Giugno.

Il convegno, organizzato per ricordare e onorare i due colleghi, prevede contributi in ogni campo delle Scienze della Terra dell'area Mediterranea con presentazioni orali e poster. Presentazioni introduttive saranno tenute da ricercatori che hanno collaborato attivamente con Angelo e con Mario nelle ricerche sulla Geologia della Sicilia e sulla evoluzione geodinamica del Mediterraneo.

È prevista una escursione pre-congresso (1 e 2 Giugno) negli Iblei e nel Bacino di Caltanissetta; le sessioni scientifiche si svolgeranno a Catania nell'Auditorio del Chiostro dei Benedettini in Piazza Dante; per il giorno 6 giugno è prevista una escursione sull'Etna; è altresì prevista una cena sociale per il giorno 4 giugno.

Per informazioni: c.ursino@unicit.it

doi: 10.1474/Geoitalia-22-08



Anno internazionale del Pianeta Terra

Nei giorni 12 e 13 Febbraio è stato lanciato ufficialmente a Parigi presso la sede dell'UNESCO l'Anno Internazionale del Pianeta Terra (International Year of Planet Earth, IYPE).

L'anno 2008 è stato dedicato dall'ONU, con il sostegno di 191 stati membri, al Pianeta Terra, ricordando che l'esistenza dell'umanità è strettamente legata al sistema Terra e che lo sviluppo sostenibile non può che essere basato sulla conoscenza scientifica del Pianeta. Le informazioni geoscientifiche su temi come il Clima, le Risorse naturali, l'Energia, la Salute, le Falde idriche, i Suoli, gli Oceani, la Struttura profonda della Terra, i Rischi naturali sono in gran parte sconosciute al pubblico ed ai decisori, e di conseguenza non sono adeguatamente sfruttate; per questo l'Anno Internazionale avrà come guida il motto: "Le Scienze della Terra per la società".

Le attività dell'Anno Internazionale contribuiranno al conseguimento degli obiettivi del Programma delle Nazioni Unite di Educazione per lo Sviluppo sostenibile, alla crescita del rispetto per il Pianeta Terra, alla consapevolezza della vulnerabilità del territorio ed al riconoscimento dell'importanza delle Scienze della Terra per l'uso sostenibile delle risorse e per la riduzione dei rischi naturali.

È necessario che i decisori, a qualunque livello, utilizzino le conoscenze scientifiche sul Pianeta Terra a favore di tutti i Paesi, in particolare di quelli in via di sviluppo. È altresì necessario che le organizzazioni scientifiche nazionali e internazionali, le industrie e le fondazioni sostengano le attività dell'Anno Internazionale.

Le comunità scientifiche delle Scienze della Terra sono invitate ad approfittare dell'Anno Internazionale per dare risposte soddisfacenti sul futuro del Pianeta Terra e per rendere evidenti i benefici ricavabili dall'uso sostenibile delle risorse naturali.

Per conseguire questi scopi è necessario:

- reintrodurre le Scienze della Terra nei curricula scolastici;
- realizzare un sistema informativo informatico sul sottosuolo accessibile dal pubblico;
- migliorare la diffusione delle conoscenze scientifiche potenziando l'attività delle Università e delle Istituzioni di ricerca nel campo delle Scienze della Terra e dello Spazio;
- promuovere l'interesse sulla struttura, l'evoluzione, la bellezza e la varietà del Sistema Terra realizzando Parchi, Riserve naturalistiche e Parchi archeologici, come strumenti di conservazione e sviluppo;
- monitorare i cambiamenti della crosta terrestre a scala continentale con l'obiettivo di predire future instabilità, utilizzando satelliti e strumenti di misura in situ;
- creare un Centro Internazionale di Ricerca sulle Scienze della Terra per lo sviluppo sostenibile;
- produrre volumi, DVD ed altri strumenti mediatici, come eredità dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra per rendere più accessibile al pubblico le conoscenze scientifiche sul Pianeta.

doi: 10.1474/Geoitalia-22-09