

# I *sinkholes* in Calabria

## *The sinkholes in the Calabria region*

IOVINE G. (\*), PARISE M. (\*\*)

### 1. - INTRODUZIONE

La Calabria è fra le regioni europee più frequentemente e violentemente scosse da terremoti in tempi storici (e.g. BARATTA, 1901; COTECCHIA *et alii*, 1969; BOSCHI *et alii*, 2000; STUCCHI *et alii*, 2007). È noto che gli eventi sismici possono produrre, oltre ai danni diretti per scuotimento ai manufatti, anche effetti secondari di vario tipo sull'ambiente (VALENSISE & GUIDOBONI, 1997). Ad esempio, in occasione delle violente scosse del febbraio-marzo 1783, si produssero i maggiori sconvolgimenti geomorfologici ed idrogeologici che la storia della regione ricordi (SARCONI, 1784 a, b; VIVENZIO, 1788; COTECCHIA *et alii*, 1969; CHIDO *et alii*, 1999; GUERRICCHIO, 2001; GUERRICCHIO *et alii*, 2001), tra cui: frane, deviazioni e sbarramenti temporanei di corsi d'acqua, liquefazioni con eiezioni di fango da fessure del terreno e formazione di vulcanelli, ondate di maremoto, esalazioni gassose, e sprofondamenti (*sinkholes*).

Con riferimento agli sprofondamenti e/o depressioni morfologiche in aree di pianura - oggetto del presente volume - in letteratura mancano approfondite analisi a scala regionale per la Calabria, mentre si rinvencono alcune descrizioni di casi di studio di vario tipo: dall'evento catastrofico di sprofondamento associato alle attività estrattive nella valle del Neto (GUERRICCHIO, 1989; MARTINA, 1991; RODA & MARTELLI, 2006); alle depressioni per suffosione associate a feno-

meni gravitativi, segnalate a Fagnano Castello ed in altre località da GUERRICCHIO (1985); alle depressioni associate alle attività estrattive della Salina di Lungro (GUERRICCHIO *et alii*, 2005); alle depressioni o effetti di subsidenza connessi a fenomeni gravitativi di vario tipo ed estensione, segnalati lungo il tratto di costa crotonese (GUERRICCHIO *et alii*, 2000); oltre alle menzionate voragini ed altri effetti associati ad episodi di liquefazione nelle zone epicentrali dei terremoti del 1783.

Presso il CNR-IRPI, sono stati recentemente avviati studi a scala regionale per il censimento e la cartografazione degli effetti sull'ambiente prodotti dai maggiori eventi sismici, per l'allestimento di una banca dati. In tale contesto, un approfondimento di indagini è stato orientato alla ricerca di evidenze (o segnalazioni) di episodi di liquefazione sismo-indotta, con particolare riguardo ai casi di sprofondamento ad essi associati. La ricerca è stata condotta mediante la consultazione di banche dati sismologiche e letteratura specifica, nonché attraverso verifiche d'archivio ed interviste ad esperti del settore. Limitatamente ai siti interessati da sprofondamenti, è stata effettuata anche una ricerca di informazioni stratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche presso alcuni dei maggiori studi professionali di geologia della regione, e sono stati effettuati sopralluoghi ed indagini foto-interpretative per la valutazione dei loro caratteri geomorfologici attuali. In tal modo, è stato possibile migliorare il quadro conoscitivo

(\*) CNR-IRPI, via Cavour, 6 - 87036 Rende (CS) tel.+39.0984.835.521, fax +39.0984.835.319, e-mail: g.iovine@irpi.cnr.it.

(\*\*) CNR-IRPI, via Amendola 122-I, 70126 - Bari (BA) tel.+39.080.5929587, fax +39.080.5929611, e-mail: m.parise@ba.irpi.cnr.it.

dei siti considerati, ed effettuare una prima “analisi di plausibilità” delle segnalazioni raccolte.

Nel seguito, dopo una breve descrizione dei caratteri geologici della regione, della problematica affrontata e della metodologia di studio adoperata, vengono discussi i risultati ottenuti e proposte alcune considerazioni inerenti la distribuzione dei fenomeni censiti ed i loro rapporti con i caratteri geologico-geomorfologici dei siti. Dati gli obiettivi del presente volume, sono stati esclusi da questo contributo gli sprofondamenti di origine prettamente carsica e quelli imputabili ad attività antropica.

## 2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'Arco Calabro appartiene alla cintura orogenica circum-Mediterranea (fig. 1). Esso rappresenta un cuneo d'accrezione, causato dalla collisione tra Africa ed Europa (AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976; TORTORICI, 1982), ed è costituito da una serie di unità tettoniche ofiolitifere (Complesso Liguride; OGNIBEN, 1969), e da sovrastanti falde di basamento (Complesso Calabride; OGNIBEN, 1969). In accordo con DEWEY *et alii* (1989) e SCHMID *et alii* (2004), il Complesso Liguride sarebbe derivato da

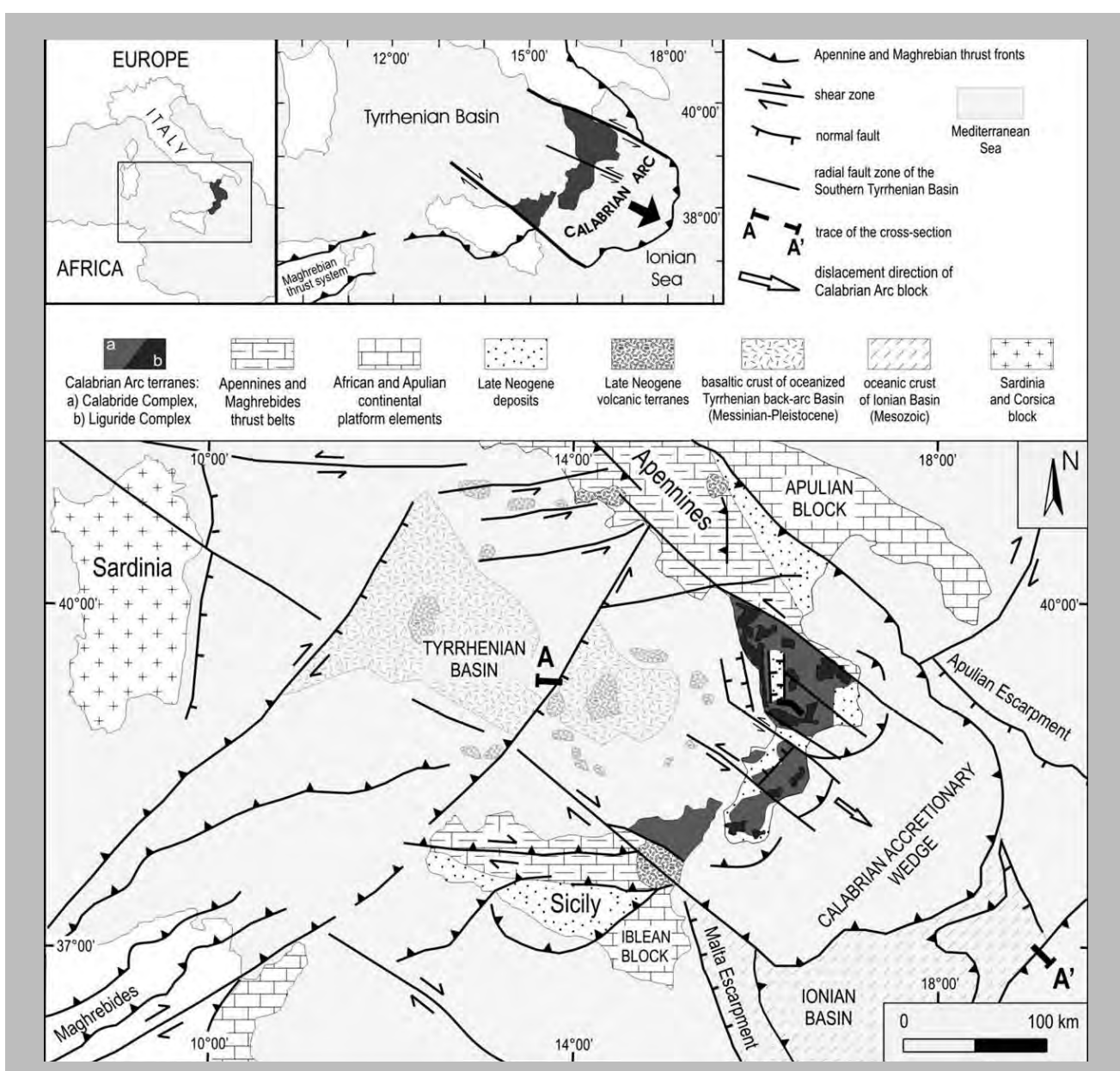


Fig. 1 - Schema geologico del Mediterraneo Centrale (da TANSI *et alii*, 2007, mod.). In alto, l'ubicazione dell'area di studio, ed uno schema tettonico semplificato dell'Arco Calabro.  
- Geological sketch-map of the Central Mediterranean area (after TANSI *et alii*, 2007, modified). On top, location of the study area, and tectonic simplified sketch of the Calabrian Arc.

un bacino pre-orogenico oceanico (dominio Piemontese-Ligure), apertosi nel tardo Giurassico tra i domini Europeo-Iberico ed Africano-Apulo. In letteratura, il Complesso Calabride è considerato alternativamente come un residuo del margine Africano continentale, impilatosi durante il Cretaceo-Paleogene per costituire, insieme con falde ofiolitiche, una Catena Eo-Alpina Europa-vergente che sovrascorse la Catena Appenninica nel Miocene inferiore (HACCARD *et alii*, 1972; ALVAREZ, 1976; GRANDJACQUET & MASCLÉ, 1978); oppure come un frammento del margine continentale Europeo, impilatosi con vergenza Africana con materiale oceanico durante il Paleogene, e quindi sovrapposto al margine continentale Africano durante il Miocene inferiore (OGNIBEN, 1969, 1973; BOUILLIN, 1984; BOUILLIN *et alii*, 1986). Prescindendo dalla provenienza paleogeografica (e dai nomi) delle unità tettoniche dell'Arco Calabro - a tutt'oggi ancora oggetto di ampio dibattito tra gli esperti - si riscontra un generale accordo degli Autori sulla posizione geometrica delle diverse unità, e sulla loro età: dal basso verso l'alto, si hanno carbonati (Mesozoico), ofioliti (Mesozoico), argilliti e meta-peliti (Paleozoico-Mesozoico), orto-gneiss (Paleozoico), e paragneiss (Paleozoico).

Sin dal Miocene medio, le fasi di impilamento tettonico, associate alla progressiva migrazione dell'Arco verso SE, si accompagnarono all'apertura del bacino Tirrenico (MALINVERNO & RYAN, 1986; DEWEY *et alii*, 1989; DECANDIA *et alii*, 1998). La migrazione avvenne lungo un sistema di faglie trascorrenti di rilevanza regionale, orientate NW-SE e WNW-ESE, caratterizzate rispettivamente da movimenti sinistri e destri nei settori settentrionale e meridionale dell'Arco (GHISSETTI & VEZZANI, 1981; REHAULT *et alii*, 1987; TURCO *et alii*, 1990; KNOTT & TURCO, 1991; MONACO & TANSI, 1992; CATALANO *et alii*, 1993). Il suddetto sistema di faglie rappresenta una zona di taglio a scala regionale, dissecante le falde precedentemente sovrascorse, ed ha assunto un ruolo fondamentale nell'evoluzione geodinamica del settore centrale del Mediterraneo durante il Neogene-Quaternario.

Secondo GHISSETTI (1979), durante il tardo Pliocene-Quaternario inferiore, l'Arco fu dissecato per opera di sistemi di faglie dirette, orientate sia in senso trasversale che longitudinale, di lunghezza variabile tra 10 e 45 km, che ne produssero la frammentazione in alti strutturali e bacini sedimentari marini. A partire dal Pleistocene medio, un'intensa fase estensionale a scala regionale, orientata WNW-ESE, interessò l'Arco (CELLO *et alii*, 1982; GASPARINI *et alii*, 1982; TORTORICI *et alii*, 1995), generando la cosiddetta

“*rift-zone* Calabro-Sicula” (MONACO *et alii*, 1997; MONACO & TORTORICI, 2000), ovvero una zona di faglie attive lunga circa 370 km, che si sviluppa dalla costa orientale della Sicilia al margine occidentale dell'Arco (fig. 2). La geometria della *rift-zone* è chiaramente evidenziata dalla distribuzione degli epicentri dei maggiori terremoti storici crostali (X-XI MCS,  $6 < M < 7.4$ ) avvenuti nell'area (POSTPISCHL, 1985; BOSCHI *et alii*, 1997).

Lo sviluppo della *rift-zone* fu accompagnato da un'intensa fase regionale di sollevamento, probabilmente dovuta alla risposta isostatica conseguente alla rimozione della radice ad alta densità costituita dal mantello e dalla litosfera, per il distacco dello *slab* subdotto in corrispondenza del Mar Jonio (WESTAWAY, 1993; WORTEL & SPACKMAN, 1993; DE JONGE *et alii*, 1994; TORTORICI *et alii*, 1995; MONACO *et alii*, 1996); in alternativa, il sollevamento può essersi prodotto per ragioni erosive, in combinazione con i cambiamenti climatici del

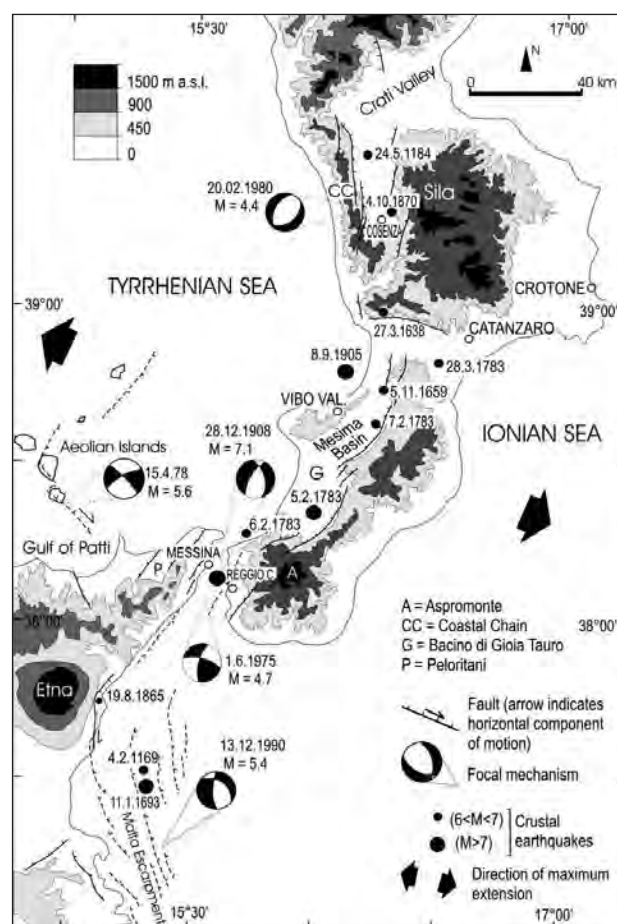


Fig. 2 - *Rift-zone* Calabro-Sicula (da TANSI *et alii*, 2007, mod.). Sono riportati gli eventi sismici crostali (con profondità ipocentrale  $< 35$  km) avvenuti a partire dall'anno 1000 dell'era volgare (dati da POSTPISCHL, 1985; BOSCHI *et alii*, 1997).

- Calabrian-Sicilian rift-zone (after TANSI *et alii*, 2007, modified). Crustal earthquakes (depth  $< 35$  km) since 1000 a.D. are also shown (data after POSTPISCHL, 1985; BOSCHI *et alii*, 1997).



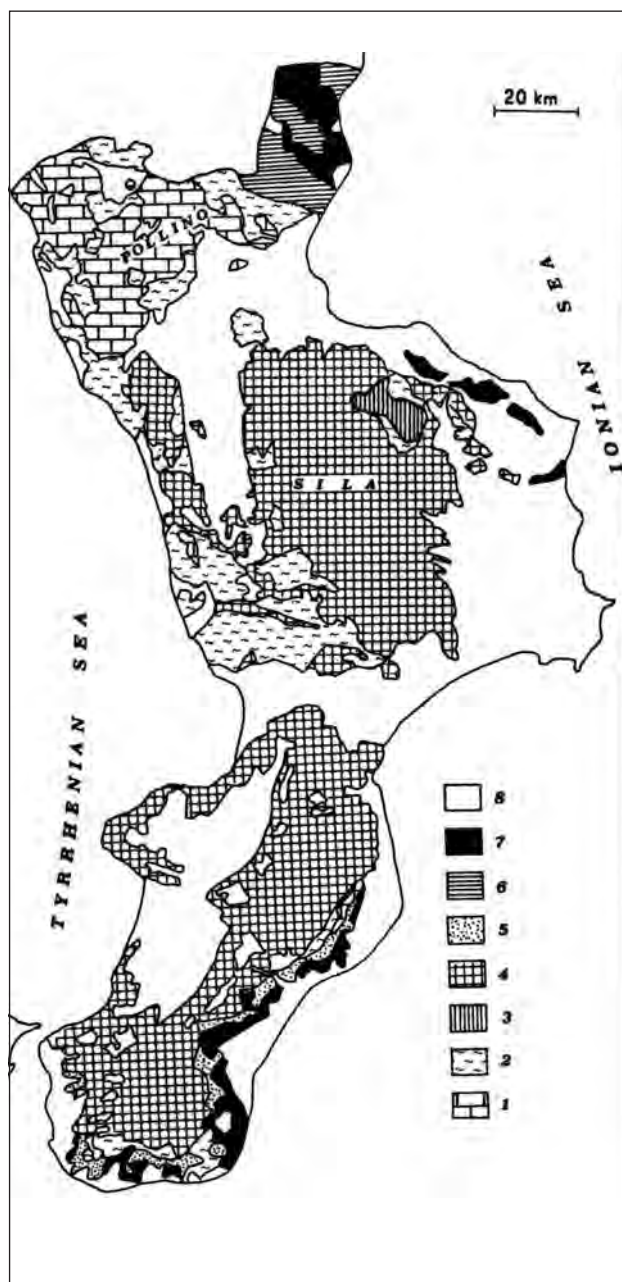


Fig. 3 - Schema litologico semplificato della Calabria (da SORRISO-VALVO, 1993). Legenda: 1) unità carbonatiche della Catena Appenninica e delle coperture della Catena Alpina; 2) affioramenti di unità metamorfiche di grado basso-molto basso, localmente associate ad ofioliti, ed appartenenti in genere alle falde Alpine derivate da crosta oceanica, e solo in subordine a quelle derivate da crosta continentale (4), o ancora alle unità Appenniniche (1). 3) sequenze sedimentarie flyschoidi; 4) rocce metamorfiche di medio-alto grado e rocce intrusive, appartenenti alle unità Alpine derivate da crosta continentale; 5) depositi torbiditici a grana grossolana; 6) falde flyschoidi in prevalenza argilloso-marnose; 7) falde flyschoidi a struttura caotica; 8) affioramenti sedimentari autoctoni di età compresa tra il Miocene e l'Olocene.

- Principal rock complexes of Calabria (after SORRISO-VALVO, 1993). Units are grouped according to their main lithologic components. Key: 1) carbonate units of the Apennine range and limestone cover of Alpine units; 2) very low to low-grade metamorphic units, at places with ophiolites. They principally belong to the nappes of the Alpine units derived by oceanic-crust, and, to a lesser extent, to the continental crust-derived Alpine units (4) and the Apennine units (1); 3) Sedimentary, flysch-type sequence of the lowermost part of the continental crust-derived units; 4) intermediate to high-grade metamorphic and intrusive rocks of the Alpine units derived from continental crust; 5) turbiditic, mainly coarse-grained deposits; 6) flysch-type nappes, mainly marly-clayey; 7) flysch-type nappes, with chaotic structure; 8) sedimentary autochthonous units from Miocene to Holocene age.

Pleistocene (WESTAWAY, 2002, 2006). Altri Autori hanno suggerito che il sollevamento dell'Arco possa essere stato indotto dalla sovrapposizione della crosta Tirrenica su quella Jonica, accompagnata da sviluppo di faglie dirette (GHISETTI, 1984), o per intrusione di mantello fluidificato al limite crosta-mantello (LOCARDI & NICOLICH, 1988; MIYAUCHI *et alii*, 1994). L'evidenza più chiara di tale diffuso processo di sollevamento è comunque rappresentata dalle spettacolari sequenze di terrazzi marini, sviluppati soprattutto lungo la costa tirrenica della Calabria (con effetti particolarmente notevoli nella porzione centrale dell'Arco), in conseguenza anche delle variazioni quaternarie del livello marino (CAROBENE & DAI PRÀ, 1991; WESTAWAY, 1993; BOSI *et alii*, 1996). Sulla scorta di studi geo-strutturali di dettaglio, TANSI *et alii*, (2007), hanno recentemente precisato, rispetto alla proposta di VAN DIJK *et alii*, (2000), i meccanismi di giustapposizione tettonica delle unità mesozoiche profonde e le loro relazioni geometriche con le sovrastanti unità dell'Arco, re-interpretando queste ultime in un quadro tettonico dominato da una fase tettonica trascorrente dal tardo Miocene al Quaternario (forse ancora attiva).

In figura 3 è riportato uno schema semplificato delle principali unità litologiche a scala regionale. In essa si evince come le unità carbonatiche (1) siano limitate agli affioramenti posti presso il margine settentrionale della regione, ed ai modesti affioramenti prodotti dalla su menzionata tettonica trascorrente, ubicati in corrispondenza dei principali sistemi di faglie WNW-ESE (come segnalato da VAN DIJK *et alii*, 2000, e da TANSI *et alii*, 2007). Gran parte degli affioramenti è invece ascrivibile all'unità litologica (4) delle rocce metamorfiche di medio-alto grado e delle rocce intrusive. Pure estesi risultano gli affioramenti sedimentari (8) di età compresa tra il Miocene e l'Olocene. Molto subordinati sono invece le unità metamorfiche di grado basso-molto basso (2), localmente associate ad ofioliti. Le restanti unità litologiche appaiono infine ancora meno estese.

In figura 4 è riportato, inoltre, uno schema delle principali morfostrutture neotettoniche della Calabria, con indicazione delle stime di velocità di sollevamento medio per il Quaternario (tratto da SORRISO-VALVO, 1993). Dall'esame della figura è evidente l'importanza del sollevamento tettonico differenziato, in termini di sismogenesi, morfoevoluzione ed instabilità dei versanti, nonché del disturbo che molte rocce hanno subito a seguito delle intense e prolungate vicissitudini geodinamiche cui sono state soggette. Alcune unità sono state interessate da più di un evento di metamorfismo, mentre altre risultano intensamente frattura-

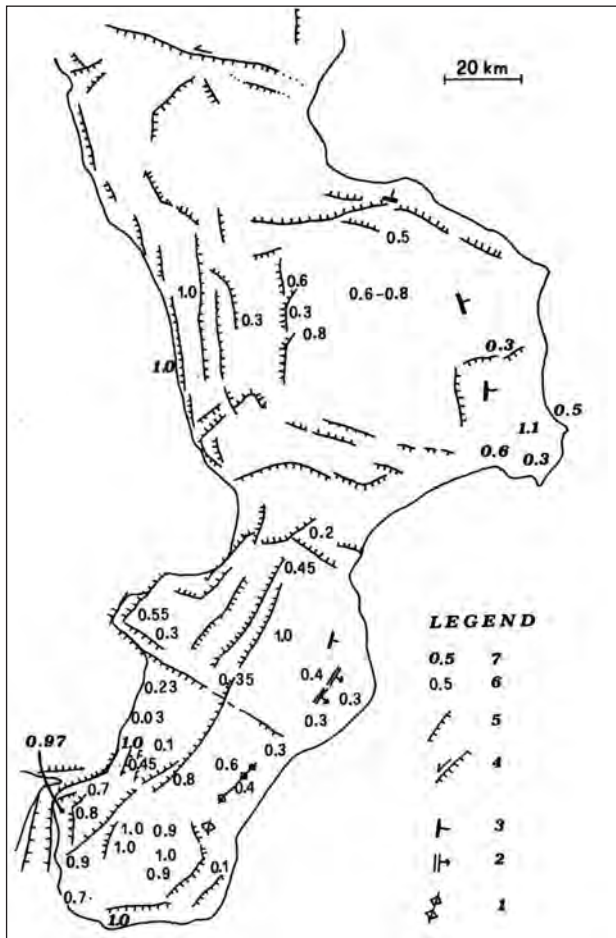


Fig. 4 - Schema delle principali morfostrutture neotettoniche della Calabria, con indicazione delle stime di velocità di sollevamento medio per il Quaternario (da SORRISO-VALVO, 1993; dati tratti da DAMIANI, 1970; GUEREMY, 1972; OGNIBEN, 1973; VERSTAPPEN, 1977; DUMAS *et alii*, 1987, 1993; CAROBENE & FERRINI, 1993; SORRISO-VALVO & SYLVESTER, 1993). Legenda: 1) depressione erosa di anticlinale; 2) hogback; 3) cuesta; 4) scarpata di faglia trascorrente; 5) scarpata di faglia normale; 6 e 7) velocità medie di sollevamento stimate, rispettivamente, su 1 milione e su 40000-125000 anni. - *Main neotectonic morphostructures and Quaternary uplift rates in Calabria (after Sorriso-Valvo, 1993; data from DAMIANI, 1970; GUEREMY, 1972; OGNIBEN, 1973; VERSTAPPEN, 1977; DUMAS et alii, 1987, 1993; CAROBENE & FERRINI, 1993; SORRISO-VALVO & SYLVESTER, 1993). Key: 1) eroded anticlinal depression; 2) hogback; 3) cuesta; 4) strike-slip fault scarp; 5) normal fault scarp; 6) and 7) average uplift rates over a period of 1 million, and 40,000-125,000 years, respectively.*

te e/o piegate. Nello stesso studio emerge inoltre una buona correlazione tra quota s.l.m. e velocità media di sollevamento stimata.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, in aggiunta ai citati contributi di letteratura ed ai cataloghi disponibili sulla storia sismica della Calabria, la mappa relativa al territorio nazionale (fig. 5), recentemente prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV-GRUPO DI LAVORO MPS, 2004), illustra chiaramente quale sia l'esposizione peculiare del territorio calabrese rispetto a tale problematica (e quindi anche agli effetti geomorfici associati - cfr. seguito): i valori attesi di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, sono

superiori a 0,2 g per la maggior parte della regione.

Dal punto di vista climatico, la regione è caratterizzata da un clima di tipo mediterraneo, con estati calde lungo le fasce costiere, le pianure e le aree collinari (fino a 400-600 m s.l.m.). Oltre i 1000 m s.l.m. si osserva una transizione verso un clima di tipo montano, con inverni freddi ed estati umide. Gran parte delle pianure sono caratterizzate da eventi di pioggia piuttosto intensi, mentre le zone più elevate sono interessate da precipitazioni in media più prolungate. Più specificamente, in base all'elaborazione statistica di dati idrologici (piogge giornaliere), VERSACE *et alii*, (1989), hanno individuato in Calabria tre sottozone pluviometriche omogenee (fig. 6), denominate "jonica", "tirrenica" e "centrale", con differenti valori di precipitazioni medie annue e diversi tipi di eventi meteorici: la fascia tirrenica è infatti caratterizzata da precipitazioni non estreme ma molto frequenti, quella centrale da eventi frequenti ed intensi, e la fascia jonica da precipitazioni poco frequenti ma intense.

### 3. - EFFETTI PRODOTTI DAI TERREMOTI SULL'AMBIENTE, ED EVENTI DI SPROFONDAMENTO

Gli effetti sull'ambiente causati dai terremoti hanno da sempre colpito l'immaginazione degli osservatori. Nelle fonti coeve, essi vengono talvolta ricordati con un rilievo addirittura maggiore

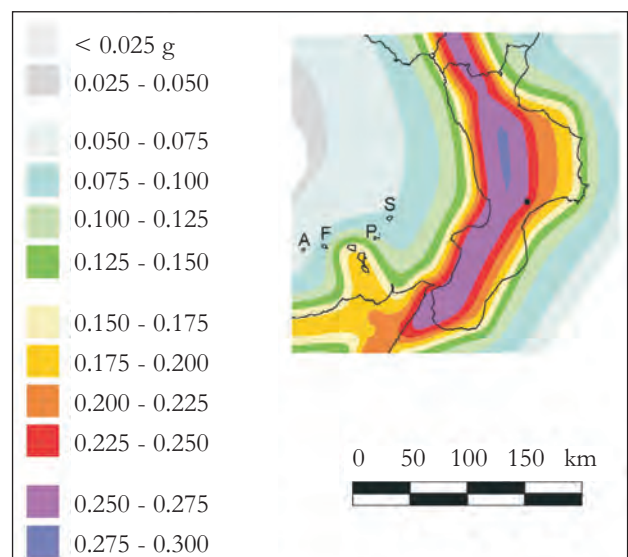


Fig. 5 - Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da INGV - Gruppo di lavoro MPS, 2004), disponibile on-line all'indirizzo: [http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa\\_opcm3519.pdf](http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa_opcm3519.pdf). - Extract from the seismic hazard map of Italy (after INGV - Gruppo di lavoro MPS, 2004), available on-line at the address [http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa\\_opcm3519.pdf](http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa_opcm3519.pdf).

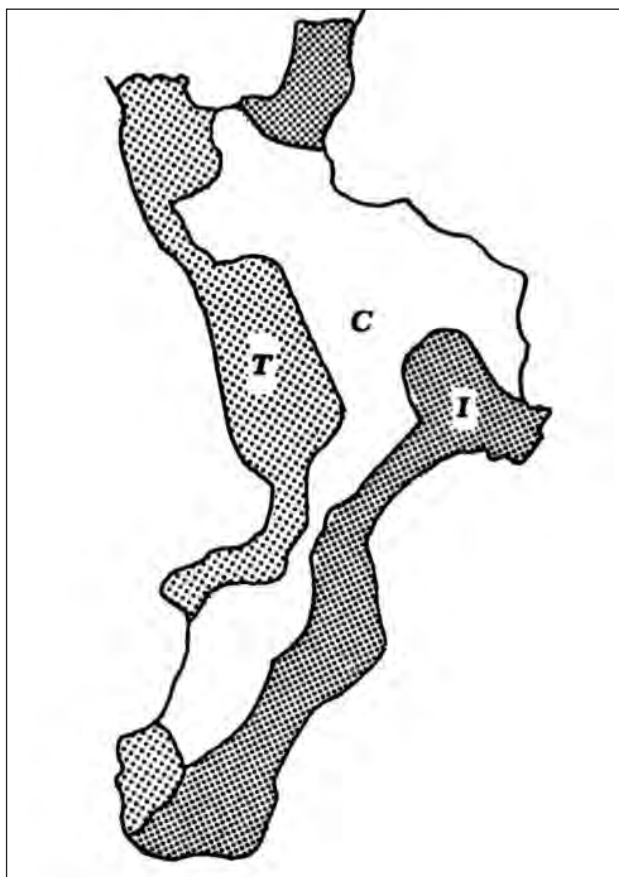


Fig. 6 - Zone pluviometriche principali della Calabria, denominate "jonica" (I), "tirrenica" (T) e "centrale" (C), caratterizzate da differenti valori di precipitazioni medie annue e da diversi tipi di eventi meteorici (da VERSACE *et alii*, 1989).

- *Climatic characteristics of Calabria. According to statistic elaborations of rainfall series made by VERSACE *et alii* (1989), the region is subdivided into sub-zones characterized by different types of rain events: very frequent rains along the Tyrrhenian coast (T), frequent, intense rains in the middle sector (C), and extremely intense, clustered rains along the Jonian coast (I).*

rispetto alla loro causa diretta (il terremoto). In genere, il tentativo di ricostruire il quadro degli effetti sull'ambiente indotti dai terremoti più antichi è piuttosto arduo, così come per i danni direttamente causati dallo scuotimento (VALENSISE & GUIDOBONI, 1997). Soltanto dopo gli sconvolgimenti tellurici in Calabria del 1783, con la missione degli "accademici napoletani" nelle aree maggiormente colpite, gli effetti sismici sull'ambiente cominciano ad essere descritti in maniera sistematica: la formazione di frane, di spaccature nel terreno, di laghi, di voragini viene infatti riferita in dettaglio, e spesso rappresentata mediante disegni o mappe (cfr. SARCONI, 1784a, b; VIVENZIO, 1788).

In termini tipologici, gli effetti prodotti sull'ambiente dai terremoti sono piuttosto diversificati (VALENSISE & GUIDOBONI, 1997). Alcuni di essi sono variamente riferibili ad episodi di liquefazione - ovvero, a casi in cui un terreno sciolto,

posto al di sotto della superficie piezometrica, perde temporaneamente i suoi caratteri di resistenza e si comporta come un fluido viscoso (YOUNG, 1992). Solitamente, tali fenomeni avvengono in depositi a granulometria sottile quando, sotto l'azione di carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare il carico esterno, determinando così l'annullamento della resistenza del materiale, con conseguente perdita di consistenza, ed assunzione di comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Si tratta di un cambiamento di stato fisico del terreno, ma non di una condizione che si manifesta automaticamente al verificarsi di date condizioni favorevoli: la liquefazione rappresenta piuttosto il culmine di un processo controllato dall'accumulo delle pressioni neutre e dall'entità delle deformazioni raggiunte (CRESPPELLANI *et alii*, 1988). Il fenomeno si verifica, preferibilmente, in depositi sciolti, non coesivi, posti sotto falda, come conseguenza di perturbazioni in grado di produrre un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua. Si possono ritenere potenzialmente liquefacibili tutti quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche: i) granulometricamente sono sabbie (da fini a medie) con contenuto in materiale fine non superiore al 25%; ii) sono ubicati sotto falda; iii) sono poco o mediamente addensati; iv) si trovano a profondità relativamente modeste (di solito, inferiori ai 15 metri).

I materiali sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono generalmente quelli più recenti: i terreni di fondovalle, o di ambiente di palude, deltizio o litorale, ed i riempimenti detritici sono in genere più esposti a tali processi; non sono stati viceversa segnalati casi di liquefazione di terreni in aree alluvionali molto antiche.

Gli effetti geomorfici associati agli episodi di liquefazione si manifestano, in genere, negli strati più superficiali del terreno, e possono interessare aree molto vaste, anche a notevole distanza dall'epicentro (e.g. KEEFER, 1984). Tra i fenomeni più importanti che si accompagnano alla liquefazione vi sono le modificazioni nel regime delle pressioni all'interno del terreno, e le mutazioni nell'assetto strutturale dei depositi (sia durante che dopo la liquefazione). In superficie, le manifestazioni associate alla liquefazione di un deposito possono consistere (YOUNG, 1992) in:

- fluidificazione - sono manifestazioni spesso catastrofiche che si sviluppano in sabbie sciolte e saturate, su versanti piuttosto acclivi. Come conseguenza, grandi masse di terreno possono spostarsi rapidamente lungo i versanti, anche per decine di chilometri. In alcuni casi, si originano flussi di



materiale completamente liquefatto, mentre in altri si riconoscono zolle ancora intatte, trasportate dal materiale liquefatto;

- espansione laterale – si tratta di spostamenti, con moto prevalentemente orizzontale verso il margine di un pianoro (*free face*), di blocchi di terreno coesivo superficiale, in conseguenza della liquefazione dei livelli sabbiosi sottostanti. Tali fenomeni, spesso accompagnati da eiezioni fangose e dalla formazione di vulcani di fango, si sviluppano in genere su versanti poco acclivi ( $< 3^\circ$ );

- oscillazione del suolo – analogo all'espansione laterale, ma in mancanza di *free face*. La liquefazione avviene negli strati più profondi e determina oscillazioni nei materiali sovrastanti, più rigidi, producendo fratture e danni alle strutture eventualmente presenti;

- perdita di capacità portante – se sul deposito liquefatto sono presenti edifici o altri manufatti, la temporanea perdita di consistenza e le deformazioni risultanti possono indurre assestamenti e basculamenti;

- cedimento o assestamento – può verificarsi dopo il terremoto, a seguito della dissipazione delle pressioni interstiziali e della conseguente consolidazione del terreno;

- incremento delle pressioni laterali sui muri di contenimento;

- formazione di laghi – nei casi in cui i fenomeni di liquefazione siano arealmente molto estesi;

- sprofondamenti – possono manifestarsi in associazione ad episodi di liquefazione, essenzialmente per erosione o collasso dei camini di risalita e/o delle cavità prodotti dal materiale liquefatto ed eiettato. In superficie, i siti presentano generalmente fessurazioni a sviluppo più o meno circolare, e depressioni variamente marcate; in altri casi si osserva la presenza di fessurazioni radiali, convergenti verso una zona di svuotamento piuttosto ristretta.

Nelle opere di sismica storica, gli indizi riguardanti gli episodi di liquefazione del terreno si riferiscono, schematicamente, ad episodi di:

- fuoriuscita da aperture del terreno di acqua mista a sabbia o fango, quasi sempre con formazione di vulcani di sabbia (le “fontane di sabbia” risultano talora descritte da testimoni oculari);

- avvallamenti o sprofondamenti del terreno su aree di dimensioni generalmente limitate;

- cedimenti, quasi sempre accompagnati da perdita di verticalità, di strutture edilizie fondate su depositi sabbiosi.

GALLI & MELONI (1993) e GALLI (2000) hanno redatto un catalogo dei casi (o segnalazioni) di liquefazione sismo-indotta avvenuti in epoca storica in Italia, attraverso la consultazione

delle principali opere di sismica storica, come cataloghi sismici e lavori specifici riguardanti i più importanti eventi tellurici (es. BERARDI *et alii*, 1988). In particolare, GALLI & MELONI (1993) hanno evidenziato come i casi di liquefazione prodotti dai terremoti storici si distribuiscano lungo l'arco della catena appenninica: in prevalenza, si tratta di aree di pianura alluvionale o costiera, caratterizzate da affioramenti di depositi ghiaioso-sabbioso-limosi del Pleistocene superiore-Olocene, che hanno risentito di eventi sismici di intensità VII MCS o superiore. Per valori di intensità epicentrale  $I_0 < VII$  MCS non risultano segnalazioni di episodi di liquefazione (fig. 7): il campo di occorrenza dei fenomeni sarebbe delimitato da una retta di inviluppo inferiore di equazione  $I_0 = 6.875 + 0.035 \cdot d$ , essendo (d) la distanza in km del sito dall'epicentro. Nella maggioranza dei casi (70%), il numero di indizi di liquefazione cresce linearmente tra i 20 km e l'epicentro, e segue una legge di tipo asintotico per distanze maggiori. Dalla figura 8 si evince come la percentuale dei casi cresca in modo proporzionale all'intensità epicentrale ( $I_0$ ), ma non sembra mostrare una chiara relazione con l'intensità al sito ( $I_s$ ). Probabilmente, l'occorrenza del fenomeno è influenzata, oltre che dall'intensità epicentrale, anche da altri parametri, quali la distanza epicentrale, la durata del sisma, la frequenza propria al sito delle oscillazioni indotte, la litologia e le condizioni idrogeologiche al contorno (GALLI & MELONI, 1993).

#### 4. - METODOLOGIA DI STUDIO

Lo studio è consistito inizialmente in un'approfondita ricerca bibliografica e raccolta di dati, finalizzate al censimento delle segnalazioni di eventi di sprofondamento storicamente avvenuti in Calabria. In base alle evidenze di *sinkhole* emerse fin dalle prime fasi dello studio, che suggerivano per i casi calabresi una genesi prevalentemente sismo-indotta, si è deciso di concentrare l'attenzione sulle segnalazioni di fenomeni di liquefazione causati dai principali eventi sismici, e specificamente sugli sprofondamenti ad essi associati.

Per tali fenomeni, i principali riferimenti di letteratura consultati sono stati: AUGUSTI (1783); SARCONI (1784 a, b); VIVENZIO (1788); BARATTA (1901; 1907); RICCIARDI (1910); COTECCHIA *et alii*, (1969); GUERRICCHIO (2001); GUERRICCHIO *et alii*, (2001). In aggiunta ad una lista di segnalazioni fornita dall'APAT (materiale inedito), sono state consultate le seguenti fonti informative: il Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (versione 2,

“CFTI2” - BOSCHI *et alii*, 1997) e gli studi specifici sui fenomeni di liquefazione sismo-indotta realizzati da BERARDI *et alii*, (1988), GALLI & MELONI (1993), e GALLI (2000).

Ulteriori segnalazioni di sprofondamento, relative a casi di origine diversa (o incerta) e derivanti da interviste ad esperti di problematiche di dissesto idrogeologico (ricercatori del CNR-IRPI e dell'Università della Calabria, professionisti) o dalla consultazione di altre banche dati (es. ASICAL, disponibile all'indirizzo [www.camilab.unical.it](http://www.camilab.unical.it)), sono state raccolte in una sezione distinta della banca dati, ed analizzate separatamente.

Limitatamente alle informazioni riguardanti gli eventi sismici, sono stati inoltre consultati il catalogo “CFTI3” (versione 3, BOSCHI *et alii*, 2000) e quello di STUCCHI *et alii*, (2007).

Le segnalazioni di liquefazioni sismo-indotte sono state organizzate in una banca dati (NICOLINO, 2007), opportunamente approntata allo scopo. I *record* contengono, in una prima sezione, l'epoca presumibile di genesi del fenomeno (che coincide, in genere, con quella del sisma), ed i parametri relativi all'evento sismico: data, coordinate geografiche dell'epicentro (latitudine e longitudine), intensità epicentrale ( $I_0$ , espressa in gradi MCS), magnitudo (distinta in  $M_c$ ,  $M_s$ ,  $M_w$ ), e zona epicentrale. In una seconda

sezione, sono riportati i dati relativi alle località interessate da episodi di liquefazione: toponimo, coordinate geografiche del sito, distanza del sito dall'epicentro, intensità risentita al sito, litotipi affioranti nell'area interessata dal fenomeno (indicati attraverso la sigla desunta dall'esame della cartografia geologica regionale CASMEZ, in scala 1/25000), e tipo delle manifestazioni segnalate, distinto mediante opportune sigle (A, ... E), in accordo alla proposta di GALLI & MELONI (1993), ovvero:

A) aperture del terreno e fenomeni connessi;

A1 - formazione di aperture nel terreno in siti con caratteri particolarmente adatti alle liquefazioni (zone paludose, rive di laghi, spiagge, piane fluviali, delta, ecc.);

A2 - fuoriuscita di acqua;

A3 - fuoriuscita di fango e/o sabbia e/o ghiaia;

A4 - fuoriuscita di acqua mista a fango e/o sabbia e/o ghiaia;

A5 - formazione di vulcanelli di sabbia (fontane di sabbia);

B) formazione di avvallamenti o sprofondamenti del terreno, interessanti aree pianeggianti generalmente di limitate estensioni;

C) cedimenti, quasi sempre accompagnati da perdite di verticalità, di strutture edilizie fondate su depositi sabbiosi;

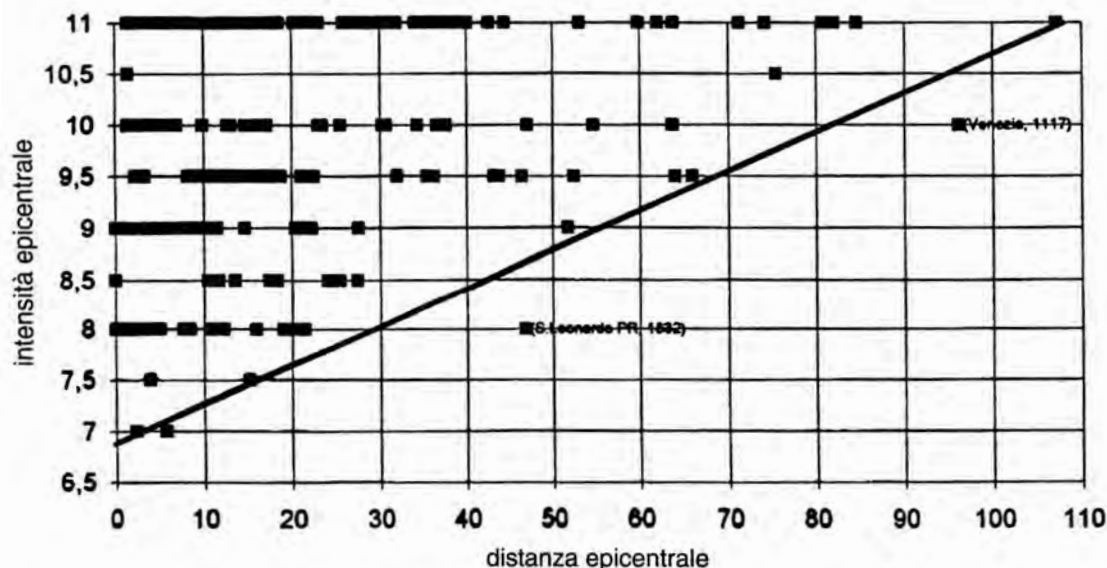


Fig. 7 - Relazioni tra distanza dei siti interessati da liquefazione ed intensità epicentrale (da GALLI & MELONI, 1993). La retta che inviluppa inferiormente i dati, di equazione  $I_0 \text{ (MCS)} = 6.875 + 0.035 \cdot d \text{ (km)}$ , delimita il campo distanza/intensità nel quale si sono avuti casi o indizi di liquefazione. I casi “S. Leonardo” e “Venezia” hanno i parametri epicentrali non corretti, o fonti incerte, rispettivamente. Al di sotto del VII MCS, non sono segnalati casi di liquefazione.  
- Earthquake-induced liquefaction sites in Italy: epicentral distance versus intensity. The  $I_0 \text{ (MCS)} = 6.875 + 0.035 \cdot d \text{ (km)}$  straight line enveloping the data downwards, represents the boundary of sites located at a distance from the epicentral area which is effective to liquefaction. Cases named “S. Leonardo” and “Venezia” refer to locations whose epicentral parameters, or source of information are uncertain, respectively. Below VII MCS, no cases were found - after GALLI & MELONI (1993).



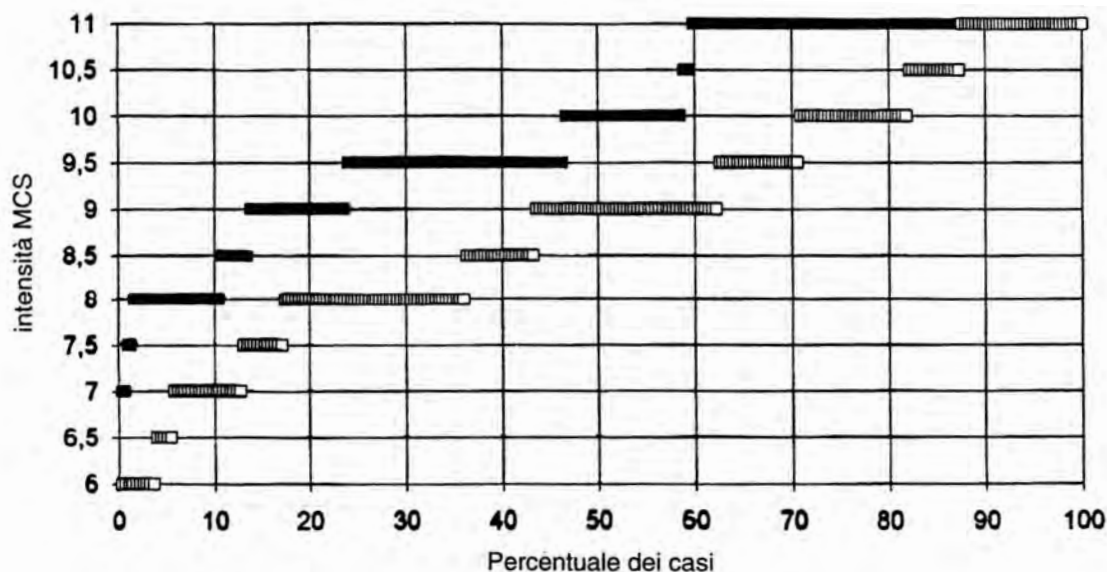


Fig. 8 - Percentuale dei casi di liquefazione in funzione dell'intensità epicentrale ( $I_0$  - cfr. serie superiore) e di quella risentita al sito ( $I_s$  - cfr. serie inferiore; da GALLI & MELONI, 1993).

- Percent of liquefaction cases versus earthquake intensity. The upper series (solid line) shows liquefaction cases versus epicentral intensity; the lower series (dashed-open lines) refers to liquefaction cases versus site intensity. The percent of liquefaction cases versus site intensity is uniformly spread because of the possibility that the occurrence of liquefaction is mainly controlled by lithology, hydrogeology, epicentral distance and duration of the earthquake - after GALLI & MELONI (1993).

D) segnalazioni di liquefazioni, prive di descrizioni;

E) altro.

Tra le fonti considerate, il catalogo di GALLI (2000) rappresenta lo "stato dell'arte" più aggiornato nello studio degli eventi di liquefazione sismo-indotta a scala nazionale. Nel presente lavoro, volto ad una prima ricognizione delle problematiche a scala regionale, si è fatto quindi sostanzialmente riferimento alle segnalazioni desunte da tale catalogo. Le segnalazioni di effetti "di tipo B" – per un totale di n. 33 casi, talvolta associati ad altri tipi – sono state sottoposte ad una fase di verifica approfondita, attraverso la consultazione delle fonti storiche originali e l'esame dei caratteri geologici delle zone interessate. Lo studio delle testimonianze coeve (in buona parte, stralci contenuti nel CFTI2) e di quanto riportato in letteratura è stato quindi integrato con l'analisi della cartografia, l'esame di dati stratigrafici ed idrogeologici (grazie alla possibilità di consultare materiale inedito, presso gli archivi dei maggiori studi di geologia tecnica regionali), l'interpretazione di foto aeree, e sopralluoghi in campagna. Tra gli obiettivi della suddetta verifica vi era il tentativo di discriminare gli eventi di sprofondamento s.s. (oggetto specifico del presente studio) rispetto alle depressioni o avvallamenti, talvolta segnalati dalle fonti come effetto secon-

dario dello scuotimento, ed associati da GALLI (2000) in un'unica classe di effetti (la "B"). Si è inoltre cercato di localizzare, nel modo più accurato possibile, i siti oggetto delle segnalazioni, attraverso un'analisi accurata della cartografia disponibile, degli antichi toponimi e dell'ubicazione degli abitati trasferiti dalle sedi originarie. Nel seguito, si descrivono i principali risultati ottenuti.

## 5. - RISULTATI

La ricerca ha consentito di censire un insieme di eventi di sprofondamento, prodotti dai maggiori terremoti storici in Calabria, nonché altri episodi di sprofondamento di diversa o incerta origine.

Per quanto riguarda l'insieme di segnalazioni contenute nella lista APAT, e quelle derivanti dalle interviste fatte ad esperti, esse si riferivano ad episodi di sprofondamento che sarebbero avvenuti: nell'area urbana di Cetraro; nei dintorni dell'abitato di Lungro; nei pressi dell'abitato di S. Basile; e nei pressi dello svincolo autostradale di Rosarno. Tali segnalazioni sono state verificate mediante sopralluoghi speditivi in campagna ed interviste a testimoni e/o tecnici locali, anche per valutare i caratteri morfologici attuali dei siti, e cercare di stabilire gli eventuali meccanismi di origine dei

fenomeni. Si è potuto verificare che si trattava quasi sempre di fenomeni diversi da quelli trattati nel presente studio (es. depressioni o piccole voragini di origine antropica, prodottesi per suffosione in materiali colluviali e/o riporto in ambito urbanizzato), pertanto esclusi dalla trattazione che segue.

Con riferimento alla segnalazione (DR. G. LANZA e DR. O. PETRUCCI, com. pers.) riguardante i dintorni di San Basile (CS), si tratta di un insieme di almeno n.4 sprofondamenti, originatisi all'inizio di febbraio del 2001 (fig. 9 a-d) poco ad est della località "Piano dell'Acqua", ad una quota di ca. 380 m s.l.m., in sinistra idrografica di un piccolo affluente del F. Coscile (fig. 10, cfr. "SB" in figura 18).

L'area è ubicata in Calabria settentrionale, in corrispondenza di una fascia strutturalmente complessa che segna la transizione tra i sedimenti quaternari sciolti del *graben* del Fiume Crati e i termini calcareo-dolomitici delle unità mesozoico-paleogeniche panormidi, con associati affioramenti di rocce metamorfiche di basso-medio grado, e coperture *flyschoidi* (fig. 11).

In occasione del sopralluogo recentemente effettuato, si sono riscontrate evidenze morfologiche ancora piuttosto fresche (fig. 9 e-h), con chiari indizi di evoluzione in atto (fessurazioni esterne ai bordi delle voragini). Tre dei quattro sprofondamenti rilevati risultano allineati all'incirca lungo un asse orientato N30E, nei pressi del fianco sinistro di una vallecchia ad andamento E-W, confluyente nell'impluvio su menzionato; il quarto è invece ubicato più in asse alla stessa vallecchia, a una quota leggermente inferiore. Il materiale esposto lungo le pareti interne delle voragini risulta essere di tipo colluviale, sabbioso-limoso, con scarsa presenza di ciottoli di derivazione conglomeratica, e di colore bruno. Le principali caratteristiche morfometriche degli sprofondamenti rilevati sono riportate in tabella 1.

In termini litologici, l'area risulta costituita da un'alternanza di sabbie e conglomerati poligenici di ambiente marino del Pliocene superiore-Calabrian (P<sub>3<sup>s-d</sup></sub>), con ciottoli di varia pezzatura, di natura calcarea, arenacea o cristallina, ben arrotondati. I suddetti caratteri risultano estremamente variabili, sia in senso laterale che verticale. Il colore è variabile, da giallo-bruno a giallo-rossastro. Localmente, tali depositi risultano associati a conglomerati ben cementati e sabbie grossolane (P<sub>3<sup>cl-s</sup></sub>), oppure a sabbie giallastre o rossastre, a grana fine o media, poco cementate e mal stratificate, oppure a stratificazione incrociata (P<sub>3<sup>s</sup></sub>). La permeabilità dei materiali è generalmente elevata, mentre la resistenza all'erosione è variabile, in funzione del locale grado di cementazione.

Per i fenomeni in oggetto, sono state raccolte alcune testimonianze (in fase di approfondimento) relative ad episodi analoghi, che sarebbero avvenuti in passato nella stessa area. Relativamente ai meccanismi di origine, si propende al momento per una genesi da suffosione, legata a processi di dilavamento ed infiltrazione meteo-indotti.

Un'ulteriore segnalazione (DR. G. RIGA, com. pers.) riguardava un episodio di sprofondamento verificatosi presumibilmente nell'estate del 1985, nei pressi dello svincolo autostradale di Rosarno (RC). L'area è ubicata in Calabria meridionale, in corrispondenza della confluenza di importanti corsi d'acqua (F. Vacale, F. Metramo, F. Mesima, F. Marepotamo) che si riuniscono nei pressi dell'abitato di Rosarno, per poi defluire verso la costa tirrenica (fig. 12). In prevalenza, gli affioramenti sono ascrivibili all'unità dei sedimenti quaternari sciolti (sabbioso-argillosi, con ghiaie subordinate), di origine marina o continentale, a luoghi terrazzati.

Secondo quanto riferitoci, l'area interessata dal fenomeno si trova sulla sinistra della SS. 281 che conduce a Melicucco e Cinquefrondi, tra C. Petrilloso e Masseria S. Croce Correale (fig. 13, cfr. "R" in figura 18). In occasione del sopralluogo, effettuato a suo tempo dallo stesso collega, furono registrate le seguenti osservazioni: il "cratere" aveva un diametro di circa 10-12 m, ed una profondità di 6-8 m. Le pareti interne della voragine erano costituite da ciottoli grossolani (diametro ca. 5-10 cm) e ben arrotondati, immersi in una matrice sabbiosa. Sul fondo si poteva osservare una mistura di ciottoli, sabbia e acqua. Il terreno in cui si era verificato il fenomeno era coltivato ad agrumeto, irrigato con impianto a pioggia.

La costituzione geologica della Piana di Rosarno, nei pressi del sito, è data in prevalenza da alluvioni fissate oloceniche (*af*), e da depositi sabbiosi continentali rossastri, a granulometria variabile, poco resistenti all'erosione e molto permeabili (*q<sup>s-d</sup>*), del Pleistocene. Associati a tali sedimenti, si ritrovano inoltre depositi colluviali (*a*, Olocene), distribuiti in affioramenti generalmente di limitata estensione e di forma allungata in direzione WNW-ESE. I depositi continentali giacciono su termini marini, rappresentati da sabbie e sabbie siltose a granulometria da fine a grossolana, anch'esse poco resistenti e molto permeabili (P<sub>2-3<sup>s</sup></sub>, Pliocene medio-Calabrian).

Purtroppo non è stato possibile reperire immagini dell'evento. Il sopralluogo recentemente effettuato nei dintorni della zona non ha evidenziato tracce morfologiche apprezzabili del fenomeno segnalato. Peraltro, è noto che all'epoca dell'evento fu suggerito ai proprietari del terreno di riempire la voragine con materiale inerte, e



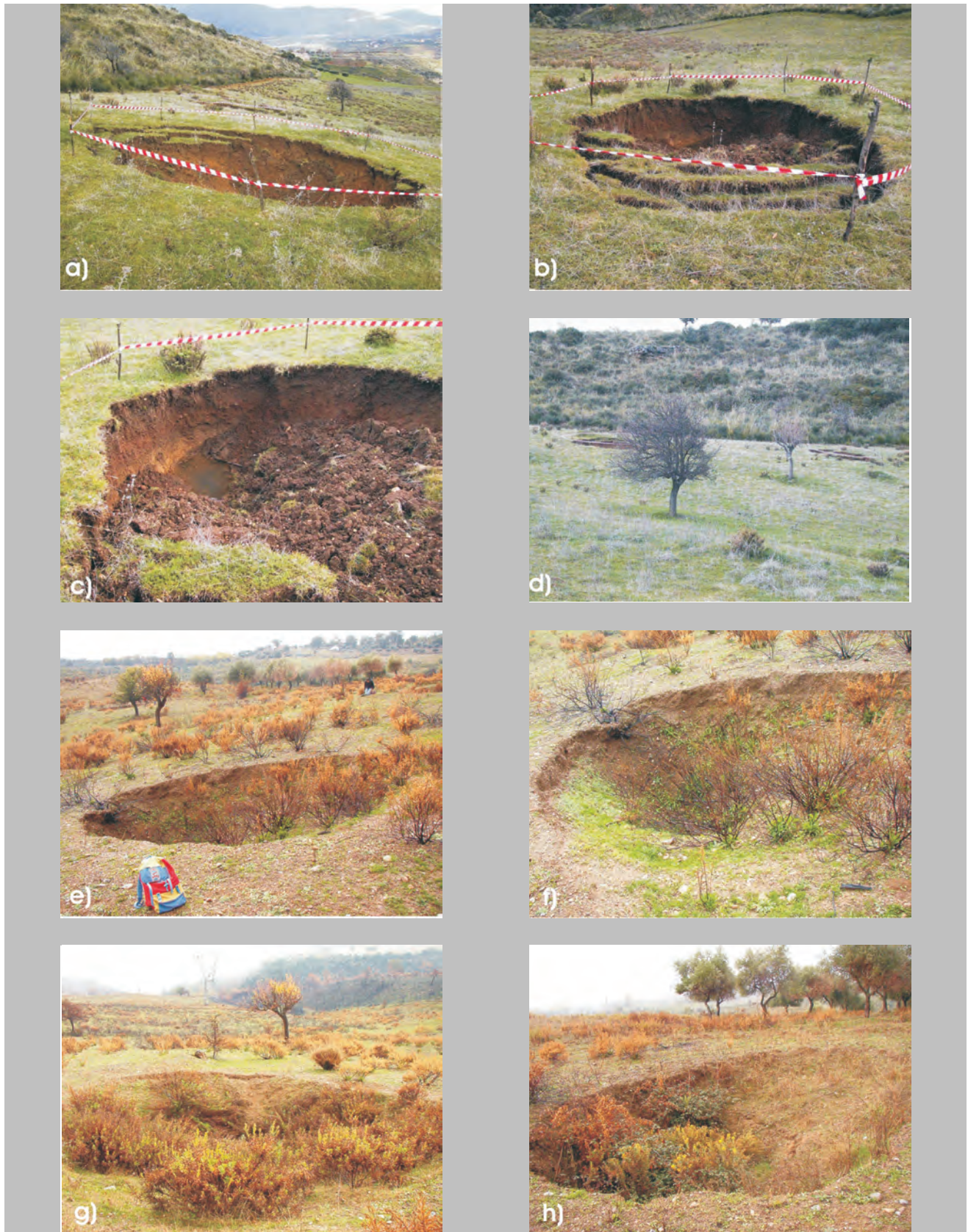


Fig. 9 - Sprofondamenti rilevati nel territorio di S. Basile (CS). Le immagini a-d) (gentilmente fornite dal Dr. G. Lanza) si riferiscono all'epoca dell'origine degli sprofondamenti (inizi di febbraio 2001); le immagini e-h) sono state scattate in occasione dei sopralluoghi recentemente effettuati dagli Autori (14 novembre 2007).  
 - Sinkholes in the San Basile territory (Cosenza province, northern Calabria). Photographs a-d) (courtesy of Dr. G. Lanza) date back to the sinkholes occurrence, at the beginning of February, 2001; photographs e-h), on the other hand, were taken during the recent surveys by the Authors (November 14, 2007).



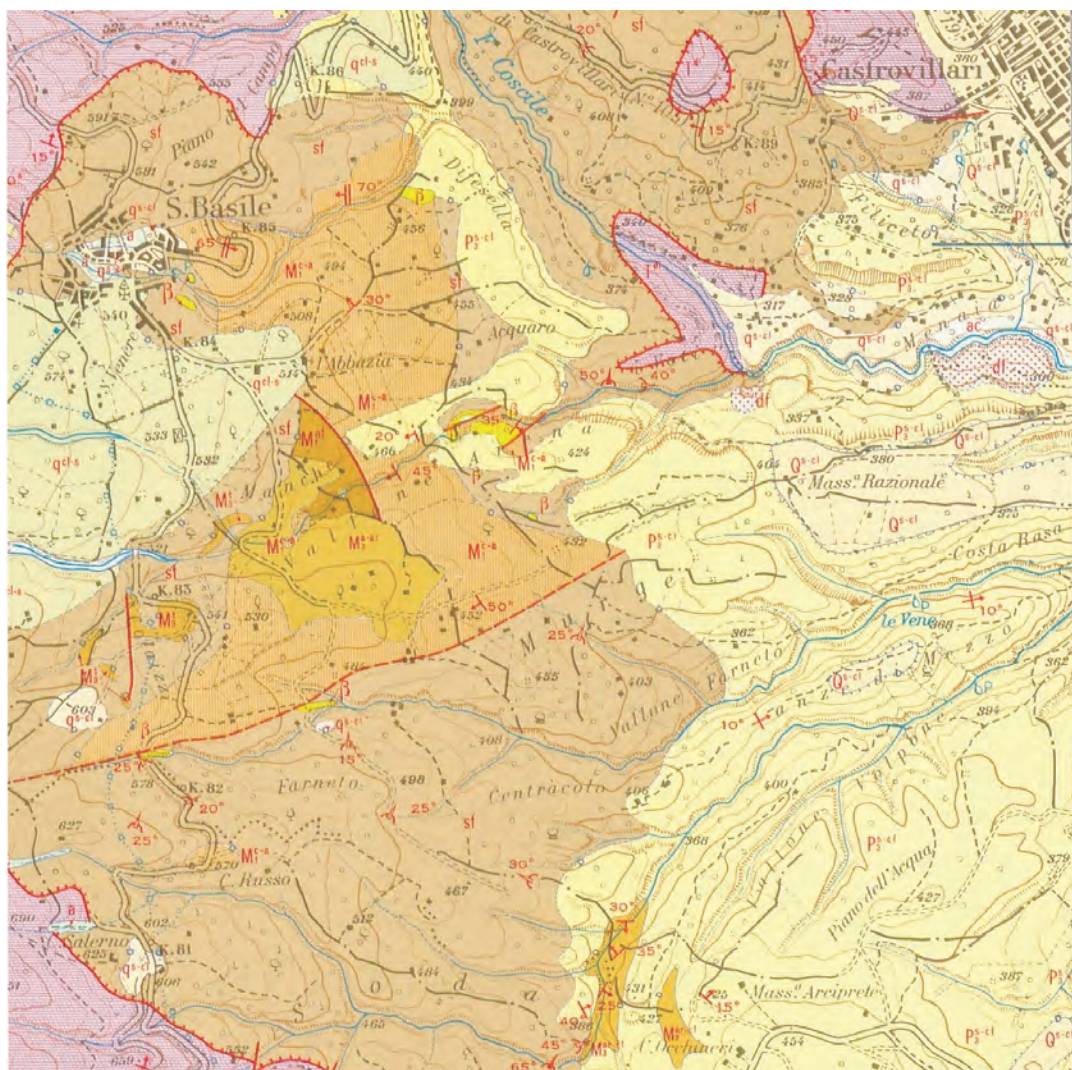


Fig. 10 – Carta Geologica dell'area di San Basile (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.221IINE). Coordinate del sito "Pian dell'Acqua": 39 47 17 N, 16 11 53 E.  
- Geological map of the San Basile area (extract from the Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.221IINE). Site coordinates: 39 47 17 N, 16 11 53 E.

di non irrigare. Da allora sembra che non si sia più verificato nulla di simile in quella zona.

Per tale fenomeno si può ipotizzare una genesi legata agli emungimenti e/o alle irrigazioni operate per scopi agricoli, con effetti di suffosione in materiali sciolti a grana medio-grossolana.

Nel complesso, nei diversi cataloghi disponibili, sono riportate per la Calabria: n. 32 segnalazioni di liquefazioni sismo-indotte da BERARDI *et alii*, (1988); n. 115 segnalazioni da GALLI & MELONI (1993); n. 119 segnalazioni da GALLI (2000). Rispetto al catalogo di BERARDI *et alii*, (1988), le indagini successive hanno quindi portato ad un sostanziale ampliamento della casistica. Il confronto delle informazioni raccolte dai vari cataloghi ha permesso di evidenziare come tutte le segnalazioni riportate nel catalogo di BERARDI *et alii* (1988) sono contenute, seppure con alcune variazioni, nel catalogo di GALLI & MELONI (1993), e quindi in GALLI (2000). In quest'ultimo catalogo risultano assenti n. 2 segnalazioni (considerate "dubbie")

dello studio di GALLI & MELONI (1993), mentre ve ne sono n. 6 inedite. Per quanto riguarda la lista APAT, comprendente n. 26 segnalazioni di varia provenienza, n. 20 casi corrispondono ad eventi già riportati nei cataloghi citati, n. 5 sono relative all'abitato di Cetraro (CS), e n.1 è riferita ai dintorni dell'abitato di Lungro (CS). Per quanto riguarda le difformità riscontrate nei dati, esse riguardano talvolta i dati sul sisma responsabile dei fenomeni di liquefazione e/o di sprofondamento (es. stima dell'intensità), in altri casi il sito interessato dagli stessi fenomeni (es. toponimo, coordinate), oppure il tipo dei fenomeni segnalati.

Le n. 119 segnalazioni di fenomeni di liquefazione sismo-indotta, riportate da GALLI (2000) per la Calabria, sono riferite ad un totale di n. 105 diversi siti (più due segnalazioni prive di specifica ubicazione), e risultano imputabili a n. 13 eventi sismici diversi. Dette segnalazioni sono state ordinate per coordinate del sito e per toponimo, e contrassegnate mediante un identificativo ("#"), come



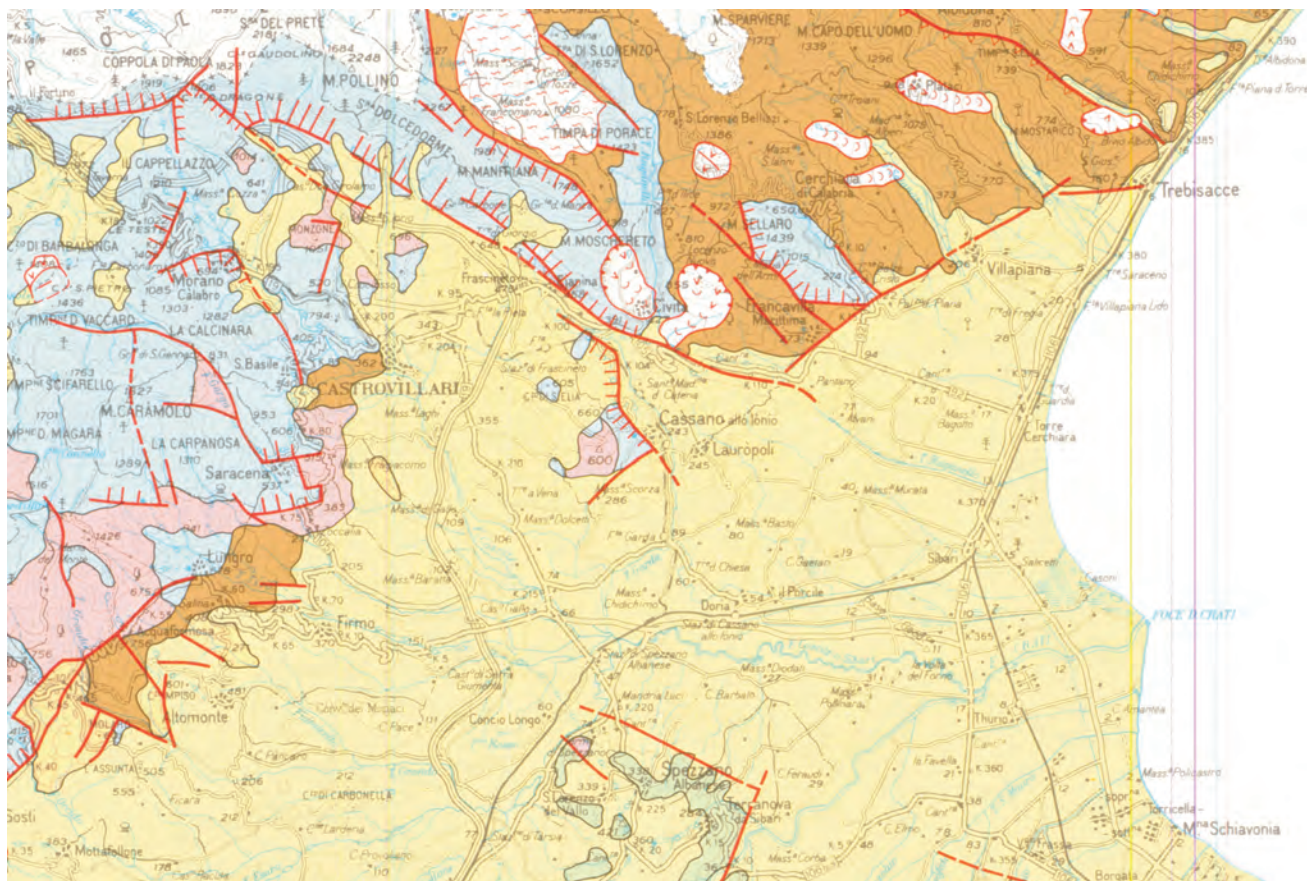


Fig. 11 - Caratteri geologico-strutturali della porzione settentrionale del *graben* del Crati (stralcio tratto da SORRISO - VALDO & TANSI, 1996).  
- Geological-structural characters in the northern portion of the Crati graben (extract from SORRISO - VALDO & TANSI, 1996).

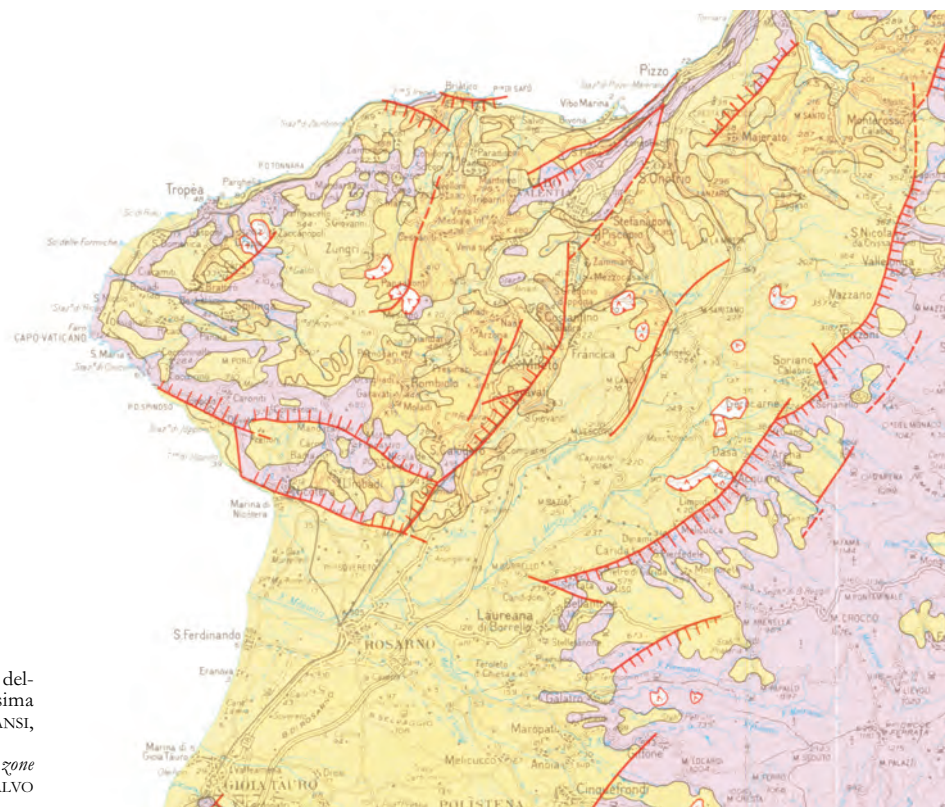


Fig. 12 - Caratteri geologico-strutturali dell'ambito territoriale di Rosarno-Mesima (stralcio tratto da SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).

- *Geological-structural characters in the zone Rosarno-Mesima (extract from SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).*

Tab. 1 - *Dati morfometrici principali relativi agli sprofondamenti di Piano dell'Acqua – San Basile (CS). Per ciascuno dei casi esaminati si riportano: lunghezza (in metri) misurata lungo l'asse maggiore; larghezza (in metri) misurata perpendicolarmente alla lunghezza; profondità massima (in metri); azimut della lunghezza; inclinazione del versante (in gradi) misurata lungo l'azimut; eventuali annotazioni. In tutti i casi esaminati, la massima profondità della voragine è stata riscontrata in corrispondenza del lato di valle, ovvero lungo la massima pendenza del versante su cui si è impostato il fenomeno. Per il caso #4, la lunghezza indicata in parentesi si riferisce alla porzione contenuta nella voragine più vasta, delimitata da un evidente gradino morfologico*

- Main morphometric data of the sinkholes at Piano dell'Acqua località (San Basile, Cosenza province). The table lists, for each sinkhole: length (in meters), measured along the longest axis; width (in meters), measured normally to the length; maximum depth (in meters); length azimuth; slope gradient (in degrees), measured along the azimuth; notes. In all the examined cases, the maximum depth was in the downvalley side. In case # 4, the length between brackets refers to the sector included in a larger sinkhole, bounded by a clear morphological scarp.

#	Lunghezza	Larghezza	Profondità	Azimut	Inclinazione	Note
1	9	5,5	3	N60E	8°	lesione fresca
2	10	7,9	3	N60E	13°	fratture aperte sul bordo NW
3	7,5	5,8	2.5-3.0	N100E	16°	-
4	8.8 (5.9)	5,5	2	N100E	14°	gradino interno

indicato in tabella 2. Dall'esame della tabella si evince che si tratta, in netta maggioranza, di segnalazioni di effetti di tipo "A" (oltre il 71% dei casi), talvolta in combinazione con altri tipi di effetti; in poco più di un quinto dei casi sono segnalati anche effetti di tipo "B"; le rimanenti segnalazioni di effetti di tipo "C", "D" ed "E" non raggiungono, assieme, l'8%. Spesso, per uno stesso sito, le segnalazioni si riferiscono a più tipi di effetti, come conseguenza di un dato evento sismico. Si noti che, in alcuni casi, gli episodi di liquefazione vengono segnalati solo "apparentemente" per gli stessi siti (*i.e.* facendo riferimento agli stessi toponimi e/o alle stesse coordinate), giacché le notizie possono in realtà riferirsi a zone anche piuttosto ampie. Ciò avviene sia per gli episodi legati alle scosse, violente e ravvicinate nel tempo, dei primi di febbraio del 1783, ma anche per i casi associati ad eventi sismici di epoche piuttosto distanti. Soltanto in un caso (località "I Giunchi" di Reggio di Calabria), tale ripetizione di segnalazioni si riferisce anche ad effetti di tipo "B" (in occasione delle scosse del 5 e 7 febbraio 1783).

Le segnalazioni di fenomeni di liquefazione sismo-indotta desunte da GALLI (2000) sono state cartografate in una carta di sintesi a scala regionale (fig. 14) per permettere una stima della distribuzione areale dei fenomeni. Nelle figure 15, 16 e 17, dette segnalazioni sono state riportate per tipo, indicandovi rispettivamente i siti interessati da effetti di tipo "A", di tipo "B", e di tipo "C, D,

E". La precisione con cui le segnalazioni sono state cartografate è limitata, in genere, al primo di grado (sia per la longitudine che per la latitudine), salvo casi particolari per i quali il catalogo fornisce le coordinate dei siti al secondo di grado: esse sono state infatti ricavate dall'Autore esaminando le tavolette topografiche dell'IGM (in scala 1/25000), esprimendole al secondo di grado solo nei casi in cui il sito era stato individuato con ragionevole certezza. Si noti che, ad eccezione di alcuni casi caratterizzati da evidenti errori tipografici (per i quali si è fatto riferimento a GALLI & MELONI, 1993), le coordinate utilizzate per la cartografia dei siti sono quelle riportate da GALLI (2000). Si noti che, secondo lo stesso Autore, n. 14 di queste segnalazioni sono da considerarsi "incerte" (cfr. notazione "[1]" utilizzata nel catalogo), in quanto la consultazione dei documenti storici non gli ha permesso di stabilire con sufficientemente certezza l'accadimento dei fenomeni di interesse. Inoltre, n. 13 segnalazioni sono relative "ad area estesa" (notazione "[2]"), ovvero non vi sarebbero informazioni sufficientemente dettagliate riguardo alla località interessata dai fenomeni. Peraltro, per n.40 segnalazioni su 119, le coordinate dei siti sono specificate al secondo di grado (più n. 2 casi con precisione diversa per latitudine e longitudine). Infine, in n. 17 casi, vi è un'incertezza sulla data del terremoto a cui riferire gli effetti considerati nelle segnalazioni (notazione "\*" accanto al toponimo, riferita alternati-



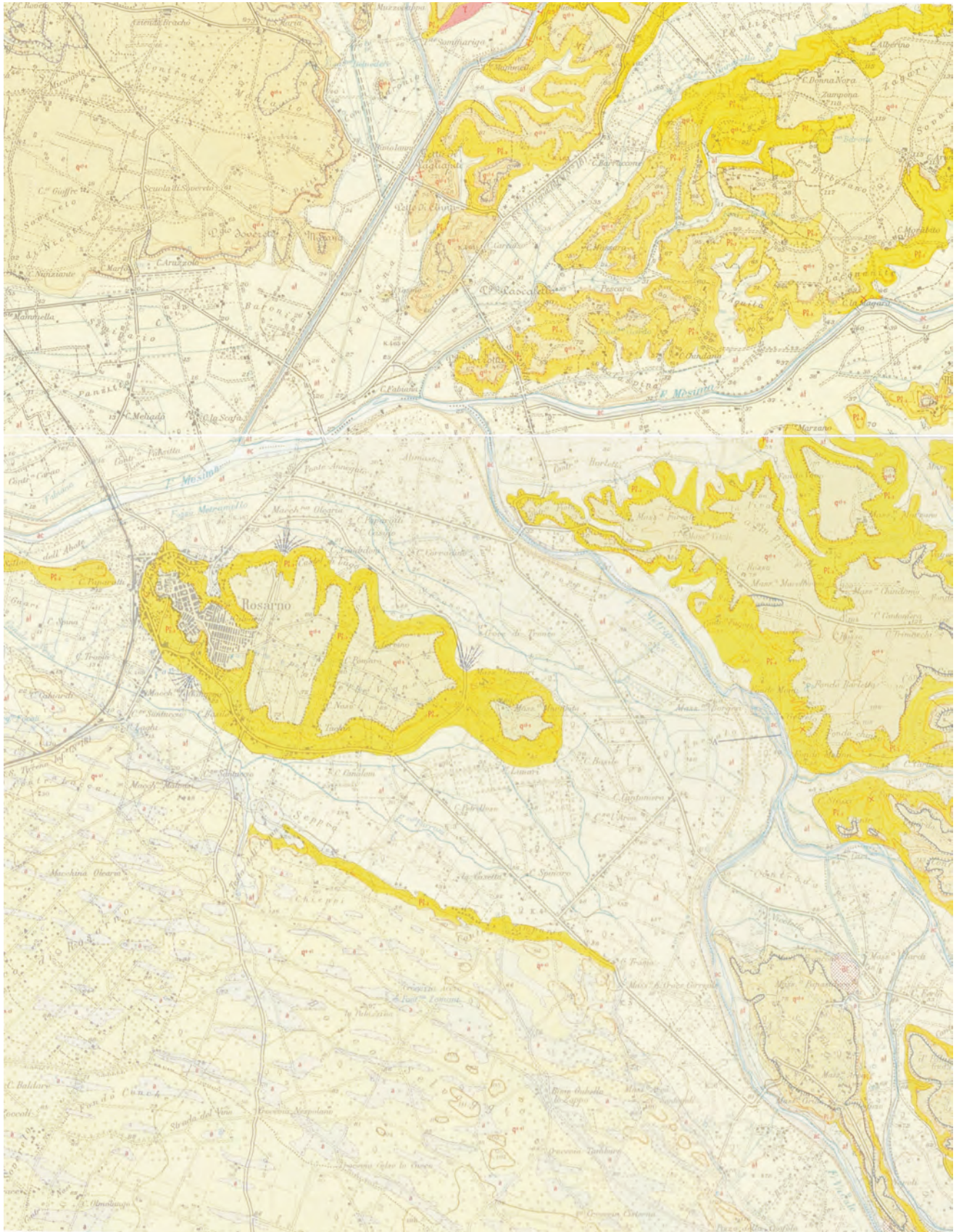


Fig. 13 - Carta Geologica dell'area di Rosarno (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IINO). Coordinate del sito "C. Petrilloso- Masseria S. Croce Correale": 38 28 00 N, 16 00 37 E.  
 - Geological map of the Rosarno area (extract from the Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IINO). Site coordinates: 38 28 00 N, 16 00 37 E.



Tab. 2 - Segnalazioni di fenomeni di liquefazione sismo-indotta, con effetti in superficie di vario tipo, ordinati strettamente per coordinate del sito e toponimo. Per ciascun record, sono indicati i principali parametri relativi al sisma (data, intensità epicentrale, magnitudo) ed al sito (toponimo, latitudine e longitudine, distanza epicentrale, intensità al sito). Nell'ultima colonna, sono riportati i tipi di effetti associati agli episodi di liquefazione segnalati; le sigle derivano dalla proposta di GALLI & MELONI (1993) descritta nel testo (in grassetto, sono evidenziate le segnalazioni di effetti di tipo "B"). I dati sono tratti da GALLI (2000), salvo alcuni casi (valori in corsivo) in cui le coordinate sono tratte da GALLI & MELONI (1993). Nei casi di dati mancanti, viene riportato il simbolo "-". Per maggiori dettagli sui toponimi ed i simboli utilizzati, si veda la descrizione nel testo.

- Table showing seismically-induced liquefaction events in Calabria, accompanied by different types of surficial effects (see text for further details), listed according to site coordinates and locality names. For each record, the main parameters of the seismic shock (date, epicentral intensity, magnitude) and of the site (name, coordinates, epicentral distance, site intensity) are shown. The last column indicates the types of surficial effects, according to the proposal by GALLI & MELONI (1993), and with B-type effects shown in bold. Data after GALLI (2000), except for those in italics, after GALLI & MELONI (1993). Where data are lackin the symbol "-" is shown.

sito #	data	Io	Me	Ms	Sito	Lat	Lon	d km	Is	Tipo
0	19050908	11,0	6,88	7,5	Amantea-Tropea	-	-	-	-	A1 A4 D
0	16380327	11,0	6,98	7,3	località indefinite	-	-	-	-	A1-2 B
1	18941116	8,5	6,10	5,9	Reggio Calabria (Acciarello)	38 05	15 39	29	7,5	<b>B</b>
2	17830205	11,0	6,88	7,3	Caraffa del Bianco [1]	38 05	16 05	26	8,0	A1 A4-5
3	19081228	11,0	7,18	7,3	Reggio Calabria	38 06	15 39	6	11,0	A1 A4-5
4	17830205	11,0	6,88	7,3	Reggio Calabria (I Giunchi)	38 06 50	15 38 45	35	8,5	A1-2 A4-5 <b>B</b>
4	17830207	11,0	6,56	7,0	Reggio Calabria (I Giunchi)	38 06 50	15 38 45	71	6,5	A2 B
5	17830205	11,0	6,88	7,3	Marina di Gallico	38 10	15 39	32	9,0	A1-2 A4-5 C
6	17830205	11,0	6,88	7,3	Laganadi [1]	38 10	15 44	25	9,0	<b>B</b>
7	17830205	11,0	6,88	7,3	Calanna* (Loc. Sperone e Torre)	38 11 00	15 43 25	25	9,0	A1-2 A4-5
8	17830205	11,0	6,88	7,3	Paracocio [Delianuova] [2]	38 14	15 55	9	11,0	A1 A4 A3 A5
8	17830205	11,0	6,88	7,3	Pedavoli [2]	38 14	15 55	9	11,0	A1 A3-5
9	17830205	11,0	6,88	7,3	Scido [2]	38 15	15 56	6	11,0	<b>A3 B</b>
9	17830205	11,0	6,88	7,3	Santa Giorgia	38 15	15 56	6	11,0	A1 A3-5
10	17830205	11,0	6,88	7,3	Santa Cristina d'Aspromonte	38 15 10	15 57 35	5	11,0	A3
11	18941116	8,5	6,10	5,9	Cosoleto (Contrada Filesi)	38 15 20	15 56 40	7	8,5	A1 A3
12	17830205	11,0	6,88	7,3	Lubrichi (versante ovest del torrente Lago)	38 16	15 57	4	11,0	A1 A3-5 <b>B</b>
13	17830205	11,0	6,88	7,3	San Procopio (Bombardara)	38 16 40	15 53 20	7	10,5	A5
14	17830205	11,0	6,88	7,3	San Procopio (C. Ruffino)	38 17	15 53	8	10,5	A1 A4
15	17830205	11,0	6,88	7,3	Trodi [1]	38 17	15 55	5	11,0	A2 E
16	17830205	11,0	6,88	7,3	Sitizano	38 17	15 56	4	11,0	A1 A3-5 <b>B</b>
17	17830205	11,0	6,88	7,3	Bagnara Calabra* [1]	38 17 00	15 48 15	15	11,0	<b>B</b>
18	17830205	11,0	6,88	7,3	Cosoleto Vecchio (P. di Cineti)	38 17 00	15 55 10	5	11,0	A1-2 A5 <b>B</b>
19	17830205	11,0	6,88	7,3	San Procopio (La Conturella)	38 17 10	15 54 00	6	10,5	A3 A5
20	17830205	11,0	6,88	7,3	Oppido Vecchio [Mamerto] (Torre) [1]	38 17 15	15 58 00	1	11,0	C
21	17830205	11,0	6,88	7,3	Oppido Vecchio (frana Fiume Tricuccio)	38 17 15	15 58 20	1	11,0	A1-2 A4-5 <b>B</b>
22	18941116	8,5	6,10	5,9	Cosoleto (Contrada Sal[r]mata)	38 17 20	15 55 10	4	8,5	A1 A3
23	17830205	11,0	6,88	7,3	San Procopio (La Goletta)	38 17 30	15 54 10	6	10,5	A5
24	17830205	11,0	6,88	7,3	Oppido Vecchio (Loc. Nicoletta)	38 18	15 57	2	11,0	A1-2 A4-5 <b>B C</b>
25	17830205	11,0	6,88	7,3	Tresilico	38 18	15 59	1	11,0	A1-2 <b>B</b>
26	17830205	11,0	6,88	7,3	Castellace (Vecchio) [1]	38 18 45	15 56 50	2	11,0	A1 A4-5 <b>B</b>
27	17830205	11,0	6,88	7,3	Sant' Anna di Seminara	38 19	15 53	8	10,0	A2 <b>B</b>
28	17830205	11,0	6,88	7,3	Verapodio [Varapodio]	38 19	15 59	2	11,0	A1-2 A4-5
29	17830205	11,0	6,88	7,3	Terranova (Vecchia)	38 19 20	16 00 35	4	11,0	A2 A3 <b>B C</b>
30	17830205	11,0	6,88	7,3	Fiume S. Biase [Fiumara Boscaino]	38 19 30	15 56 40	4	11,0	A4-5
31	17830205	11,0	6,88	7,3	Seminara	38 20	15 52	10	10,0	A1-5 <b>B</b>
32	17830205	11,0	6,88	7,3	Scrofarì*	38 20	16 01	5	[11,0]	A1 A3-5
33	17830205	11,0	6,88	7,3	Galatoni* [1]	38 20	16 02	7	[11,0]	A1 A4-5
34	17830205	11,0	6,88	7,3	Fiumara Secca*	38 20	16 03	8	11,0	A1-2 A3 A5 <b>B</b>
35	19050908	11,0	6,88	7,5	Seminara (Contrada Lago)	38 20 25	15 52 30	40	8,0	A1 A3
36	17830205	11,0	6,88	7,3	Radicena (T. Razza)	38 20 35	16 01 10	6	11,0	A2 A4-5 <b>B</b>
37	17830205	11,0	6,88	7,3	Casalnuovo [Cittanova]	38 21	16 05	11	10,5	A1 A4-5 <b>B</b>
38	17830205	11,0	6,88	7,3	Polistena Vecchia (C. Giuseppina)	38 24 05	16 05 00	15	10,5	A1-2 A4-5
39	17830205	11,0	6,88	7,3	Polistena Vecchia	38 24 15	16 04 20	15	10,5	A1-2 A4 <b>B</b>
40	17830205	11,0	6,88	7,3	Cinquefrondi (Ventriconi)	38 24 15	16 05 40	16	10,5	A5
41	17830205	11,0	6,88	7,3	Gioia Tauro	38 25	15 54	14	10,0	A2 <b>B</b>
42	17830205	11,0	6,88	7,3	Cinquefrondi	38 25	16 06	17	10,5	A1-2 A4-5
43	17830205	11,0	6,88	7,3	Maropati (Loc. Eja)	38 25 15	16 06 40	18	10,0	A1 A4-5
44	17830205	11,0	6,88	7,3	Maropati (Contrada Scigala')	38 26	16 06	19	10,0	A1-2 A4-5
45	17830205	11,0	6,88	7,3	Drosi* (C. del Crocifisso)	38 26 35	15 57 00	16	[10,0]	<b>B</b>
46	17830205	11,0	6,88	7,3	San Fili*	38 28	16 02	19	[10,0]	A1-2 A4-5
47	19050908	11,0	6,88	7,5	Piana di Rosarno [2]	38 29	15 59	22	8,0	A1 A4-5
48	17830328	10,0	6,98	6,7	Laureana di Borrello	38 29	16 05	47	7,5	A1 A4-5
49	17830205	11,0	6,88	7,3	Laureana di Borrello (C. Vaticano)	38 29 30	16 03 40	23	9,5	A1 A4-5
50	17830205	11,0	6,88	7,3	Rosarno (ponte sul Fiume Mesima)	38 29 55	15 59 20	22	10,0	A1
51	17830205	11,0	6,88	7,3	Rosarno (C. di Simeone-Mesima)	38 30	15 59	22	10,0	A1-2 A4-5
52	17830205	11,0	6,88	7,3	Borrello (Fondaco di)*	38 30 40	16 04 10	25	[9,5]	A1-2 A4-5 <b>B</b>
53	19050908	11,0	6,88	7,5	Sova(e)reto (Fondo Nunziante)	38 30 41	15 57 40	20	8,0	A1-2
54	17830205	11,0	6,88	7,3	Nicotera (C. Ravello)	38 32	15 56 40	26	9,0	A1-5
55	17830205	11,0	6,88	7,3	Acquaro*	38 33 20	16 11 25	34	10,5	A1 A4-5
56	17830205	11,0	6,88	7,3	Dasà *	38 34	16 12	36	[8,0]	A1 A4-5
57	17830205	11,0	6,88	7,3	Joppolo	38 35	15 54	32	8,0	A1 A4-5

segue



sito #	data	Io	Me	Ms	Sito	Lat	Lon	d km	Is	Tipo
58	17830205	11,0	6,88	7,3	Serra S. Bruno [1]	38 35	16 20	45	7,0	<b>B</b>
59	17830205	11,0	6,88	7,3	Gerocarne-Soriano Calabro*	38 35 30	16 13	39	8,0	A1 A4-5
60	17830205	11,0	6,88	7,3	Coccorino	38 36	15 52	34	8,0	A1 A4-5
61	17830207	11,0	6,56	7,0	Soriano Calabro	38 36	16 14	4	10,5	A2
61	17830205	11,0	6,88	7,3	Soriano Calabro [1]	38 36	16 14	40	8,0	C
62	17830205	11,0	6,88	7,3	Fiume Mesima* (Rive del)	38 37	16 09	38	8,0	A2 A5
63	17830205	11,0	6,88	7,3	Fiume Porcione* [Fiume Marepotamo] [1]	38 37	16 11	40	8,0	A1 <b>B</b> E
64	17830207	11,0	6,56	7,0	Laureana - Vallelonga	38 39	16 17	11	8,5	A2
64	19050908	11,0	6,88	7,5	Vallelonga	38 39	16 17	19	7,0	A1-2
65	17830205	11,0	6,88	7,3	Monteleone [Vibo Valentia] [1]	38 40	16 06	42	7,5	A1 A4-5
65	17830328	10,0	6,98	6,7	Monteleone [Vibo Valentia] [1]	38 40	16 06	34	8,0	A1 A4-5
66	19050908	11,0	6,88	7,5	Maierato (Contrada Angitola) [2]	38 42	16 13	13	9,0	A1 A4
67	19050908	11,0	6,88	7,5	Bivona [2]	38 42 34	16 06 11	5	8,5	A1 A4
68	17830328	10,0	6,98	6,7	Monterosso Calabro	38 44	16 16	18	8,5	A1-2 A4-5 <b>B</b>
69	17830328	10,0	6,98	6,7	Pogliolo	38 45	16 19	14	8,5	A1 A4-5
70	17830328	10,0	6,98	6,7	Montauro	38 45	16 31	5	9,5	A2
71	19050908	11,0	6,88	7,5	Amaroni (Loc. Cafio) [2]	38 48	16 27	36	7,0	A1 A3
72	17830328	10,0	6,98	6,7	Squillace (Fiume Palagoria)*	38 48	16 32	6	10,0	A5
72	17830328	10,0	6,98	6,7	Squillace (Podere Teti)*	38 48	16 32	6	10,0	A2
73	17830328	10,0	6,98	6,7	Curinga	38 49	16 19	14	9,5	A1 A4-5
74	17830328	10,0	6,98	6,7	Roccelletta	38 49	16 36	12	8,5	A1-2 A4-5
75	17830328	10,0	6,98	6,7	Fondaco del Fico	38 50	16 15	20	8,0	A2
76	17830328	10,0	6,98	6,7	Acconia	38 50	16 16	19	9,5	A1 A4-5
76	19050908	11,0	6,88	7,5	Curinga (presso la costa) [2]	38 50	16 16	25	9,0	A1 A4
77	17830630	-	-	-	Curinga-Cortale (La Con.) [2]	38 50	16 19	-	-	A1 A4
78	17830328	10,0	6,98	6,7	Cortale	38 50	16 25	8	10,5	A1 A4-5 <b>B</b>
78	17830630	-	-	-	Cortale	38 50	16 25	-	-	A4-5
79	17830328	10,0	6,98	6,7	Borgia	38 50	16 31	7	11,0	A1-2 A4-5
79	17830205	11,0	6,88	7,3	San Floro* [1]	38 50	16 31	76	[6,0]	<b>B</b>
80	17830328	10,0	6,98	6,7	Pantano di Tremola	38 50	16 35	11	10,5	A1 A4
81	17830328	10,0	6,98	6,7	San Pietro a Maida	38 51	16 22	12	9,5	A1 A4-5
82	17830328	10,0	6,98	6,7	Iacurso	38 51	16 23	11	9,5	A1 A4-5
83	17830205	11,0	6,88	7,3	Maida Marina	38 52	16 13	66	6,5	A1 A4
84	17830328	10,0	6,98	6,7	Maida (Piana di)	38 51	16 04	22	9,5	A1 A4-5
85	17830328	10,0	6,98	6,7	Vena di Maida	38 53	16 25	12	9,5	A1 A4-5
86	16380327	11,0	6,98	7,3	Valle del Fiume Lamato [2]	38 54	16 15	15	8,5	A1-2 A5
87	17830227	7,0	-	5,0	Catanzaro (Quart. S. Giuseppe)	38 54 51	16 35 09	2	6,0	<b>B</b>
88	17830205	11,0	6,88	7,3	Catanzaro [1]	38 55	16 35	87	6,0	<b>B</b>
89	19050908	11,0	6,88	7,5	Marcellinara	38 56	16 30	47	7,0	A1 A4
90	18320308	9,5	6,56	6,4	Piano dello Steccato	38 56 30	16 55 15	14	9,0	A1 A4-5 D
91	17830328	10,0	6,98	6,7	Sant'Eufemia Vetere*	38 57	16 14	28	7,0	A1-2 A4-5
92	18320308	9,5	6,56	6,4	Fiume Crocchio (Giardino di C.)	38 57 40	16 48 13	15	8,5	A1 A3
93	19050908	11,0	6,88	7,5	Sambiasi	38 58	16 16	37	8,0	A1-2
94	19050908	11,0	6,88	7,5	Feroletto Antico [2]	38 58	16 23	43	8,0	A1 A4
95	17830328	10,0	6,98	6,7	Gizzeria*	38 59	16 12	32	6,5	A1-2
96	18320308	9,5	6,56	6,4	Fiume Targine	38 59	16 55	10	9,0	A1 A4
97	19050908	11,0	6,88	7,5	Martirano (Fiume Sa(v)uto) [2]	39 05 00	16 12 55	48	9,5	A1 A4
98	16380327	11,0	6,98	7,3	San Nicola	39 11	16 18	17	10,5	A1-2 <b>B</b>
99	18701004	9,5	6,10	6,4	Torre del Ponte	39 12 20	16 36 38	24	7,0	A5
100	18540212	9,5	6,10	6,4	Cerisano	39 16	16 11	10	8,5	A1-2
101	17830205	11,0	6,88	7,3	S. Lucido (Lago di M.S. Giovanni)	39 17 50	16 04 05	111	7,0	A3 <b>B</b>
102	18540212	9,5	6,10	6,4	Cocchiano (C.da Miceli)	39 20 40	16 09 55	16	8,5	A1 A4
103	18540212	9,5	6,10	6,4	Valle del Drago	39 22 15	16 10 40	16	8,5	A4
103	18701004	9,5	6,10	6,4	Valle del Drago	39 22 15	16 10 40	21	6,5	A4-5
103	19050908	11,0	6,88	7,5	Valle del Drago	39 22 15	16 10 40	78	8,5	A1 A4-5 D
104	19050908	11,0	6,88	7,5	S. Sisti [S. Sisto dei Valdesi] [2]	39 22 37	16 08 59	79	7,5	A1 A4
105	18360425	9,0	6,22	6,4	S. Angelo-Fondi	39 37	16 38	10	9,5	A1-2 A3 A5 D

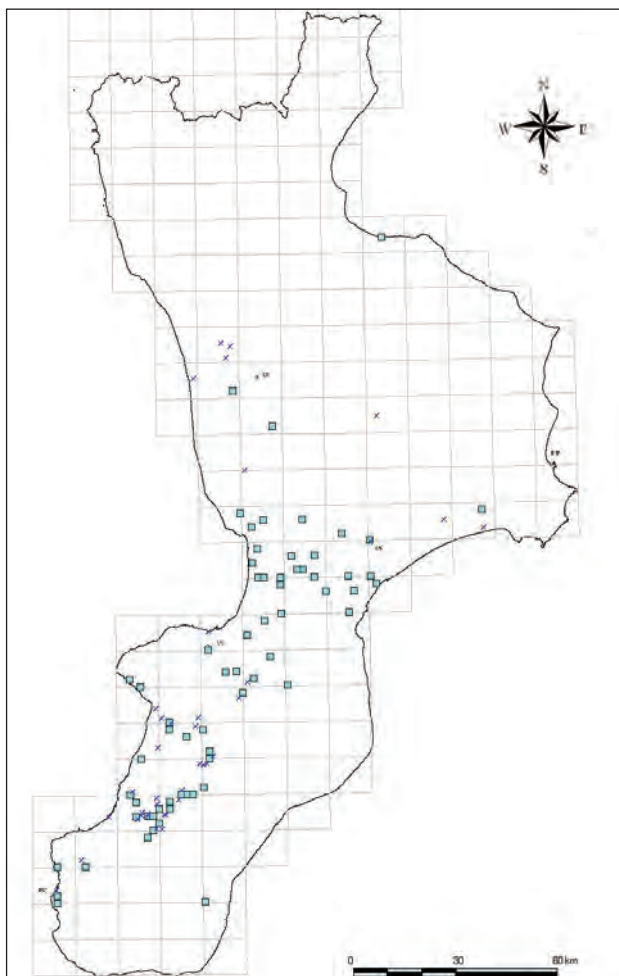


Fig. 14 - Carta di sintesi a scala regionale delle segnalazioni storiche di fenomeni di liquefazione sismo-indotta in Calabria (dati tratti da GALLI, 2000). I quadratini celesti rappresentano i siti con coordinate espresse al primo di grado; le crocette blu, quelli con coordinate al secondo di grado. Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000 (il nome delle singole tavolette è riportato in figura 17).

- Regional map of seismically-induced liquefaction phenomena in Calabria (data after GALLI, 2000). Sites are located with precision to the first (light blue square) or the second of degree (blue cross). The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale (the name of each maps is shown in figure 17).

vamente alle scosse del 5 o del 7 febbraio 1783).

L'esame delle figure 14-17 fornisce utili indicazioni sulla distribuzione delle segnalazioni storiche di episodi di liquefazione sismo-indotta. In particolare, la cartografazione dei siti interessati da effetti di vario tipo ("A",... "E" - fig. 14) evidenzia come, in Calabria, le segnalazioni non siano distribuite in modo omogeneo, ma siano concentrate in prevalenza nella piana di Gioia Tauro-Rosarno, nella valle del Fiume Mèsima, e nella Stretta di Catanzaro. In subordine, le segnalazioni si rinvenivano nei pressi di Reggio di Calabria e di Cosenza, mentre altri casi isolati risultano sparsi in varie parti della regione.

Con riferimento alle n. 33 segnalazioni di effetti di tipo "B" (fig. 16), esse sono riferite ad un totale di

n.31 diversi siti, e risultano ubicate prevalentemente nella Piana di Gioia Tauro (n. 17 casi nel settore a sud della congiungente Gioia Tauro-Cittanova). Alcuni casi risultano inoltre localizzati nei dintorni di Reggio di Calabria (n.4 casi), nella valle del Fiume Mèsima (n.3 casi), e nella Stretta di Catanzaro (n.4 casi), mentre casi isolati sono indicati per le località di Serra San Bruno e Monterosso Calabro, in provincia di Vibo Valentia, e per San Nicola (c/o Belsito) e San Lucido, in provincia di Cosenza. Infine, vi è una segnalazione relativa al sisma del 27 marzo 1638, riguardante l'apertura di fessurazioni nel terreno, la fuoriuscita di acqua e lo sprofondamento del suolo, priva tuttavia di riferimenti espliciti ad alcuna località.

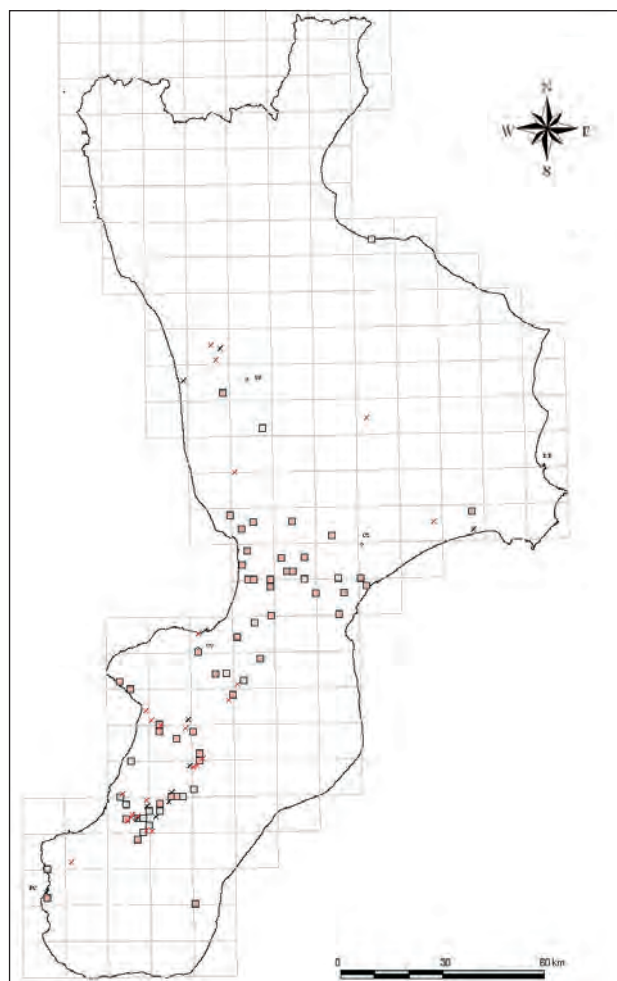


Fig. 15 - Carta di sintesi a scala regionale delle segnalazioni storiche di fenomeni di liquefazione sismo-indotta in Calabria (dati tratti da GALLI, 2000). Sono riportate solo le segnalazioni di effetti di tipo "A". I quadratini rappresentano i siti con coordinate espresse al primo di grado; le crocette, quelli con coordinate al secondo di grado. In rosso sono indicati i siti per i quali sono segnalati solo effetti di tipo "A"; in grigio, quelli per cui sono segnalati anche effetti di tipo diverso. Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000 (il nome delle singole tavolette è riportato in figura 17).

- Regional map of seismically-induced liquefaction phenomena in Calabria (data after GALLI, 2000), showing only A-type effects (see text for details). Sites are located with precision to the first (square) or the second of degree (cross). Red color indicates those sites where A-type effects were reported (grey color for other effects). The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale (the name of each maps is shown in figure 17).

L'insieme degli episodi suddetti è ascrivito a n. 6 diversi eventi sismici (dei quali, n. 4 appartengono alla sequenza del febbraio-marzo 1783). Di tali segnalazioni, n. 7 sono da considerarsi "incerte", mentre n. 1 caso è relativo "ad area estesa"; per n. 13 segnalazioni, le coordinate dei siti sono specificate al secondo di grado; n. 2 segnalazioni, relative alle scosse del 5 e del 7 febbraio 1783 e riguardanti vari tipi di effetti, si riferiscono, come prima accennato, allo stesso sito ("I Giunchi", Reggio di Calabria). Per n. 6 delle segnalazioni, vi è incertezza sulla data del sisma responsabile degli effetti considerati (cfr. notazione "\*").

Come accennato in precedenza, le segnalazioni di tipo "B" desunte dal catalogo di GALLI (2000) sono state sottoposte ad un'indagine di maggiore dettaglio (attualmente in corso di perfezionamento), finalizzata da un lato alla verifica delle informazioni contenute nelle fonti storiche, e dall'altro all'ubicazione dei siti interessati dai fenomeni ed alla valutazione dei loro caratteri geologici. Al momento, alcune delle segnalazioni originarie sembrano essere confermate dall'esame delle fonti; in altri casi, le notizie raccolte non hanno pienamente convalidato i dati originari, o ne hanno addirittura messo in dubbio la veridicità (es. stralci coevi, indicanti tipi di fenomeni diversi, o volti ad escludere esplicitamente i fenomeni di interesse). Durante la fase di verifica, sono state inoltre rinvenute alcune segnalazioni "inedite" (*i.e.* non contenute in GALLI, 2000), in qualche caso anche abbastanza esplicite.

Al termine della suddetta verifica, è stata stilata una lista di n. 19 segnalazioni "plausibili" di episodi di sprofondamento, associati ad episodi di liquefazione sismo-indotta (tab. 3). Per esse sono stati rinvenuti chiari riferimenti ad apertura di voragini, a volte di forma spiccatamente circolare, accompagnate dallo sviluppo di fessurazioni in superficie ad andamento circolare o radiale. Dalle voragini, risultano spesso fuoriuscite acque, fanghi e materiali detritici di vario tipo (oltre che gas e nubi scure o maleodoranti), talvolta eiettate con violenza anche a decine di metri di altezza. In alcuni casi, l'eiezione dei materiali è perdurata per ore o giorni, accompagnando le repliche degli eventi sismici responsabili della loro formazione. I materiali fuoriusciti si sono a volte accumulati in prossimità delle "bocche eruttive", generando vulcanelli o cordoli, forse anche mascherando gli sprofondamenti. Il manifestarsi (ricorrente) di tali fenomeni può essere messo in relazione con toponimi talvolta singolari - come ad es. "la Valle del Drago", nei pressi dell'abitato di San Sisto del Valdesi (CS).

Attraverso un esame critico degli stralci relativi alle segnalazioni di tabella 3, nonché un'analisi

dei caratteri geomorfologici e geologici delle aree interessate, le stesse segnalazioni sono state cartografate su sezioni topografiche in scala 1:10.000, e su tavolette geologiche in scala 1:25.000 (CASMEZ). Le stesse segnalazioni sono state, inoltre, riportate in una carta a scala regionale (figura 18). In generale restano alcune incertezze, talvolta anche marcate, sull'esatta localizzazione dei siti menzionati dalle fonti: per alcuni casi, vi sono ubicazioni alternative egualmente plausibili; in altri le descrizioni si riferiscono ad aree o tratti (comunque limitati), nell'ambito dei quali gli Autori hanno effettuato le osservazioni riportate. Per tali casi, le coordinate dei siti alternativi non utilizzate per la cartografia sono state indicate in tabella 3 mediante il simbolo [L].

Nel paragrafo successivo, per le segnalazioni di tabella 3 si propone una breve descrizione, con una prima valutazione dei caratteri geologici dei siti. Per quanto invece riguarda le segnalazioni di episodi di sprofondamento considerate dubbie o generiche (per un totale di n. 24 casi), in parte derivanti dal catalogo di GALLI (2000) ed in parte inedite, esse sono attualmente oggetto di ulteriori approfondimenti.

In tabella 4 sono riportati i principali parametri relativi ai terremoti responsabili degli eventi di liquefazione (e degli effetti di vario tipo ad essi associati) segnalati da GALLI (2000) (cfr. tab. 2) e/o scaturiti dal presente lavoro (cfr. tab. 3). In figura 19, gli epicentri di tali terremoti sono infine cartografati per consentire una migliore comprensione delle relazioni esistenti tra dette scosse e gli effetti di liquefazione da esse causati sull'ambiente.

#### 5.1. - FENOMENI DI SPROFONDAMENTO ASSOCIATI AD EPISODI DI LIQUEFAZIONE SISMO-INDOTTA IN CALABRIA

Le segnalazioni raccolte risultano distribuite spazialmente in tre diversi ambiti territoriali: n. 4 segnalazioni riguardano siti ricadenti nell'ambito denominato "Gioia-Bagnara", n. 13 nell'ambito "Rosarno-Mesima", e n. 2 nell'ambito della "Stretta di Catanzaro".

##### *Ambito Territoriale I: Gioia-Bagnara*

L'ambito territoriale corrisponde sostanzialmente con la Piana di Gioia Tauro, all'estremità settentrionale del massiccio dell'Aspromonte, in provincia di Reggio di Calabria, ed include la fascia costiera della Costa Viola nei pressi dell'abitato di Bagnara Calabra (fig. 20). La chiusura settentrionale della Piana di Gioia è marcata dallo spartiacque idrografico con la vicina Piana di Rosarno.

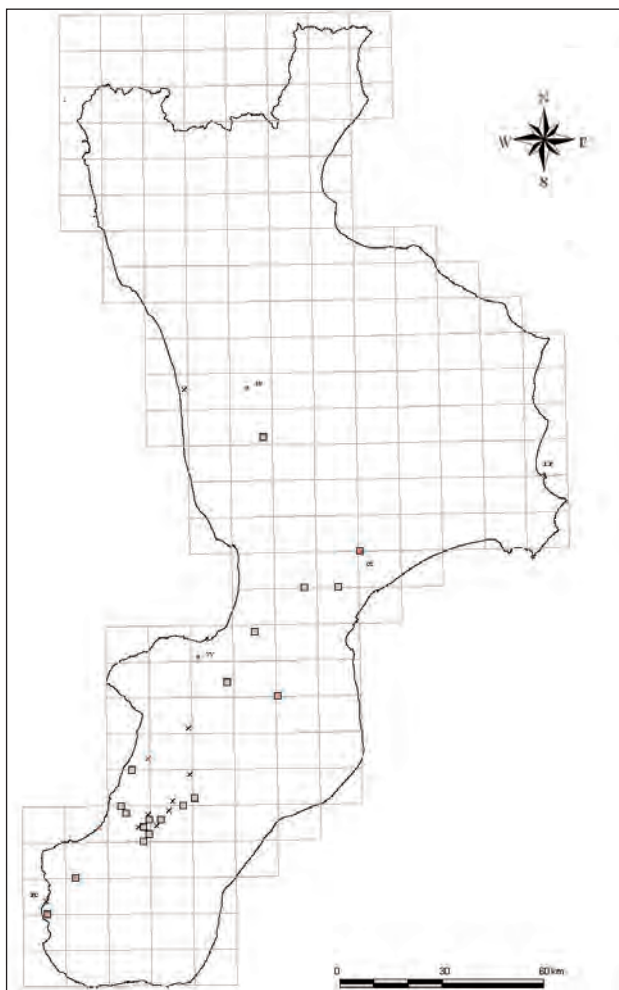


Fig. 16 – Carta di sintesi a scala regionale delle segnalazioni storiche di fenomeni di liquefazione sismo-indotta in Calabria (dati tratti da GALLI, 2000). Sono riportate solo le segnalazioni di effetti di tipo “B”. I quadratini rappresentano i siti con coordinate espresse al primo di grado; le crocette, quelli con coordinate al secondo di grado. In rosso sono indicati i siti per i quali sono segnalati solo effetti di tipo “B”; in grigio, quelli per cui sono segnalati anche effetti di tipo diverso. Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000 (il nome delle singole tavolette è riportato in figura 17).

- Regional map of seismicity-induced liquefaction phenomena in Calabria (data after GALLI, 2000), showing only B-type effects (see text for details). Sites are located with precision to the first (square) or the second of degree (cross). Red color indicates those sites where B-type effects were reported (grey color for other effects). The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale (the name of each maps is shown in figure 17).

L'area è costituita prevalentemente dall'unità litologica dei sedimenti quaternari sciolti sabbioso-argillosi, con ghiaie subordinate, di origine marina o continentale, a luoghi terrazzati. Presso il suo bordo occidentale (tra Gioia Tauro, Palmi, e Bagnara Calabria, e tra Sant'Anna di Seminara e Sant'Eufemia d'Aspromonte) e meridionale (lungo un perimetro articolato, tra Scido, Calabretto e Sinopoli), si rinvenivano modesti affioramenti della sottostante unità, costituita da depositi alto-miocenici detritico-evaporitici e sedimenti pliocenici sabbioso-argilloso-marnosi, nonché lembi di substrato paleozoico, rappresen-

tato dalle metamorfite e rocce intrusive acide delle unità alpine. Questi ultimi termini litologici costituiscono la cornice dell'intera depressione tettonica tra Gioia e Rosarno, affiorando anche a nord (presso Nicotera, al margine meridionale del promontorio di Capo Vaticano), e ad oriente (nei pressi di Galatro, e lungo la congiungente Cinquefrondi, Cittanova, S. Cristina d'Aspromonte e Scido).

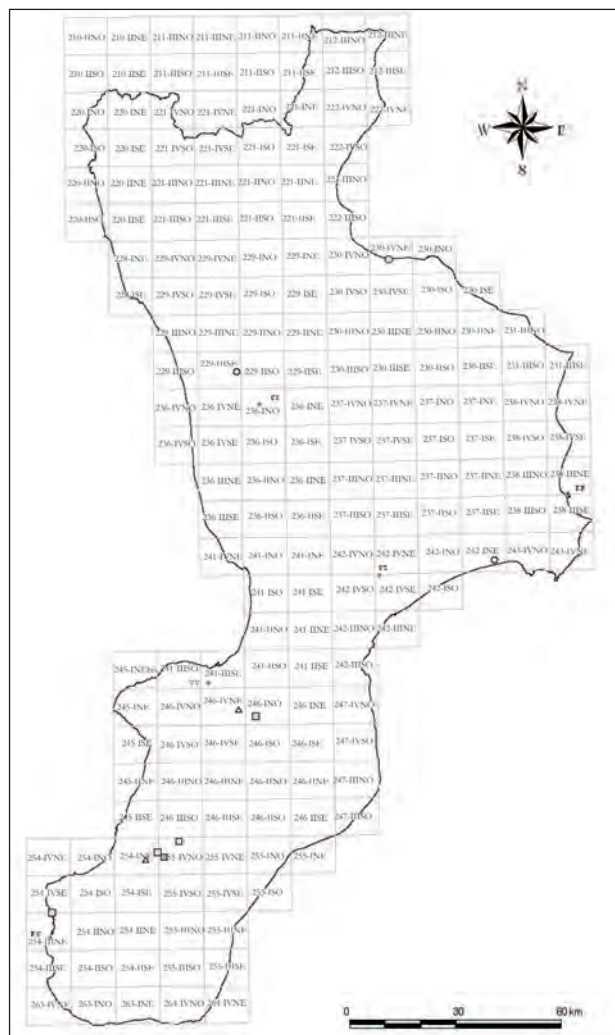


Fig. 17 – Carta di sintesi a scala regionale delle segnalazioni storiche di fenomeni di liquefazione sismo-indotta in Calabria (dati tratti da GALLI, 2000). Sono riportate solo le segnalazioni di effetti di tipo “C”, “D” o “E”. I simboli di dimensioni maggiori rappresentano i siti con coordinate espresse al primo di grado; quelli di dimensioni minori, i siti con coordinate al secondo di grado. I quadratini indicano segnalazioni di tipo “C”; in rosso, sono indicati i siti per i quali sono segnalati solo effetti di tipo “C”; in grigio, quelli per cui sono segnalati anche effetti di tipo diverso. I cerchietti indicano segnalazioni di tipo “D”; i triangolini indicano segnalazioni di tipo “E” (in entrambi i casi, il riempimento grigio sottolinea che esse sono associate ad effetti di tipo diverso). Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000.

- Regional map of seismicity-induced liquefaction phenomena in Calabria (data after GALLI, 2000), showing only C-, D-, or E-type effects (see text for details). Sites are located with precision to the first (larger symbols) or the second of degree (smaller symbols). Squares indicate C-type effects; circles indicate D-type effects; triangles indicate E-type effects. Red color indicates those sites where only one type of effect was reported (grey color for others). The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale.



Tab. 3 - *Lista delle segnalazioni di episodi di sprofondamento associati a liquefazione sismo-indotta in Calabria. Per ciascuna segnalazione, si riportano: n.) il numero progressivo; sito) il toponimo - in caso di due toponimi, sono sottolineati i siti considerati per la cartografia (cfr. fig. 18); latitudine, longitudine) le coordinate (ED50), quota) la quota in metri s.l.m.; data) la data presunta di origine dello sprofondamento (formato AAAAMMGG) - nei casi dubbi, le date considerate per le statistiche sulle segnalazioni in relazione alle scosse sono evidenziate in grassetto (cfr. figure 42 e 43); distanza) la distanza del sito dall'epicentro (in km); Is) l'intensità avvertita in corrispondenza del sito (in MCS, espressi in numeri arabi) - nel caso di attribuzione incerta tra due gradi, è adottata la notazione con i mezzi gradi; ambito) l'ambito territoriale di appartenenza; sito #) l'identificativo del record corrispondente in tabella 2 (solo per i casi con effetti di tipo "B"); ref.) l'identificativo del record corrispondente, come riportato nel catalogo di GALLI (2000). I casi di attribuzione incerta sono evidenziati con un punto interrogativo. Il simbolo "[L]" indica, specificamente, i casi di georeferenziazione dubbia delle segnalazioni (es. possibilità alternative di ubicazione). Con il simbolo "§" sono infine elencati gli identificativi di alcune segnalazioni, riportate in tabella 2, potenzialmente riguardanti i casi descritti.*

- List of sinkholes associated to seismically-induced liquefaction in Calabria. For each event, the table lists: n.) number; site) locality name – in case two names are present, the one underlined has been considered in the map of fig. 18); coordinates) coordinates ED50; elevation) elevation in m a.s.l.; date) presumed date of sinkhole occurrence (in the format YYYYMMDD) – for the uncertain cases, the dates considered for statistical analysis are in bold (cf. figs. 42 and 43); distance) site distance from the epicenter (in km); Is) site intensity (in MCS); zone) zone of location; site #) identification number in tab. 2 (only for B-type effects); ref.) identification number, as in the catalogue by GALLI (2000). Uncertain cases are marked by a question point. Symbol "[L]" indicates, specifically, uncertain localization; symbol "§", eventually, indicates the reference number of events listed in table 2, that may potentially be related to the described cases.

n.	sito	latitudine	longitudine	quota	data	distanza	Is	ambito	sito #	ref.
1	Bagnara Calabria (Rupe del Pinno)	38 17 23	15 48 39	98	17830205?	14,0	11,0	Gioia-Bagnara	17	43
		38 17 14 [L]	15 48 25 [L]	66 [L]						
2	Fiumara Secca (I)	38 19 44	16 02 36	279	17830205?	7,2	11,0	Gioia-Bagnara	34	58
3	Fiumara Secca (II)	38 19 44	16 02 36	279	18941116	16,1	7,5	Gioia-Bagnara	34?	58?
4	Radicena-Iatrinoli (Poderi Gambacorta-Teti?)	38 20 20	15 59 15	112	17830205?	4,6	11,0	Gioia-Bagnara	36?	80?
5	Cinquefrondi (campo del Lombardo)	38 24 02	16 05 37	305	17830205?	15,5	10,5	Rosarno-Mesima	-	§51?
6	Fiume Mesima (c/o S. Angelo)	38 36 50	16 09 15	120	17830205-07?	5,5	10,0	Rosarno-Mesima	-	§82?
7	Fondaco di Borrello (tra Borrello e Laureana)	38 30 17	16 03 41	57	17830205-07?	14,7	9,0	Rosarno-Mesima	52	44
8	Laureana di Borrello (poderi Macini e Vaticano)	38 29 29	16 03 55	138	17830205-07?	15,3	8,5	Rosarno-Mesima	-	§67
9	Fiume Angitola	38 43 40	16 15 19	101	17830328?	19,5	9,0	Rosarno-Mesima	68?	121?
10	Polistena (località Giuseppina)	38 23 51	16 04 55	262	17830205?	14,6	10,5	Rosarno-Mesima	-	§79
									39?	78?
11	Rosarno (fiume Mammella)	38 30 07	15 59 03	19	17830205	22,4	10,0	Rosarno-Mesima	-	§84?
12	Rosarno (Calata di Simeone)	38 29 40	16 00 13	26	17830205-07?	21,8	10,0	Rosarno-Mesima	-	§83
13	San Fili - Melicucco (T. Vacale?)	38 28 11	16 01 48	48	17830205?	19,6	10,0	Rosarno-Mesima	-	§85?
		38 27 13 [L]	16 01 47 [L]	74 [L]						
14	tra <u>Gerocarne</u> e Soriano	38 35 29	16 12 50	263	17830207?	1,7	10,5	Rosarno-Mesima	-	§63?
		38 35 48 [L]	16 13 36 [L]	230 [L]						
15	tra <u>Dasà</u> ed Acquaro d'Arena	38 33 57	16 11 22	231	17830207?	1,8	10,5	Rosarno-Mesima	-	§42?
		38 33 21 [L]	16 11 08 [L]	259 [L]						§55?
16	Vena di Jonadi	38 38 32	16 04 02	484	17830328?	38,2	7,5	Rosarno-Mesima	-	§106?
		38 40 38 [L]	16 03 23 [L]	239 [L]						§130?
17	Fiume Cerrate (Feudo di Soreto)	38 32 34	16 08 15	156	17830207?	6,8	10,0	Rosarno-Mesima?	-	-
		38 32 16 [L]	16 07 10 [L]	122 [L]						
		38 30 34 [L]	16 05 54 [L]	270 [L]						
18	Maida (Piana di)	38 53 21	16 19 01	31	17830328?	18,0	9,5	Stretta di Catanzaro	-	§119
19	Sant'Eufemia (marina di)	38 55 13	16 13 47	3	17830328	26,0	7,0	Stretta di Catanzaro	-	§125?

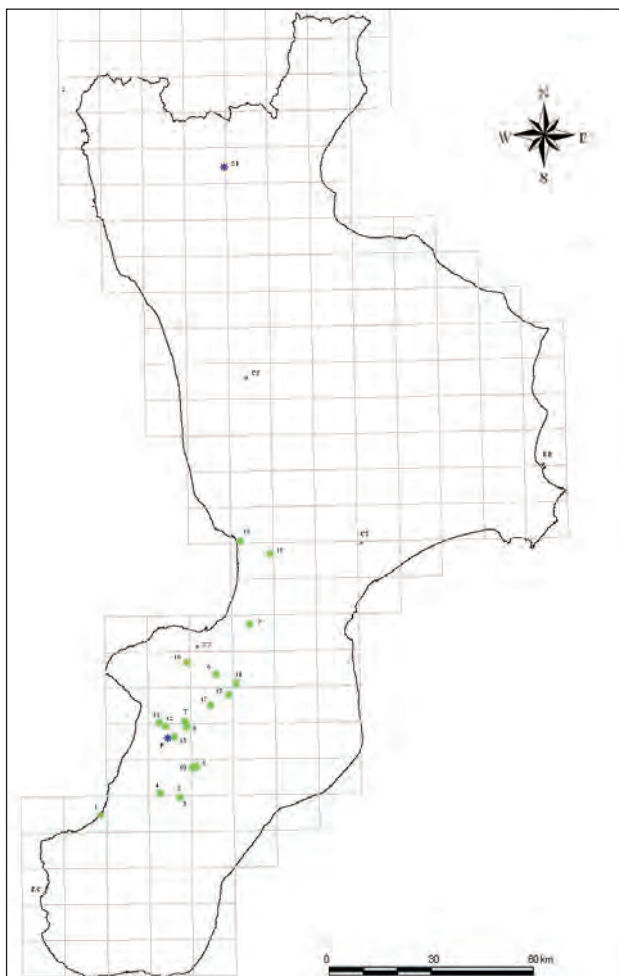


Fig. 18 - Carta di sintesi a scala regionale delle segnalazioni di sprofondamento in aree di pianura della Calabria. Le segnalazioni storiche di eventi di sprofondamento, associati ad episodi di liquefazione sismo-indotta, sono indicate mediante asterischi verdi, con accanto il numero identificativo (cfr. "n." in tabella 3). Gli asterischi in blu si riferiscono invece alle segnalazioni di sprofondamenti da suffosione, descritte nel testo per le località di San Basile (Piano dell'Acqua - cfr. "SB"), e di Rosarno (C. Petrillosa-Masseria S. Croce Correale - cfr. "R"). Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000 (il nome delle singole tavolette è riportato in figura 17).

- Regional map of sinkholes in plain areas of Calabria. Seismically-induced sinkholes, associated to liquefaction processes, are marked as green stars, accompanied by identification number (cf. "n" in table 3). Blue stars refer to suffosion sinkholes, described in the text at San Basile (Piano dell'Acqua - cf. "SB"), and Rosarno (C. Petrillosa - Masseria S. Croce Correale - cf. "R"). The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale (the name of each maps is shown in figure 17).

Per quanto riguarda l'assetto morfostrutturale, nell'area si riconoscono strutture tettoniche appartenenti alla *rift-zone* Calabro-Sicula (MONACO *et alii*, 1997; MONACO & TORTORICI, 2000), orientate prevalentemente NE-SW. La struttura principale è una faglia normale ad alto angolo, nota come "Faglia di Cittanova" (GALLI & BOSI, 2002) e ribassante verso NW. Essa si sviluppa per una lunghezza di ca. 35 km tra Cinquefrondi e Delianuova, e delimita ad occidente il "dossone della Melia" rispetto alla depressione della Piana. Strutture tettoniche di ordine minore, caratteriz-

zate da un certo rilievo morfologico, si riconoscono inoltre tra Calabretto e Sinopoli, e tra Gioia Tauro e Palmi. Altre strutture minori, orientate NNE-SSW e ribassanti verso ESE, sono pure segnalate tra Scido e Calabretto, tra Sant'Eufemia d'Aspromonte e Sant'Anna di Seminara, e presso l'abitato di Seminara. Una struttura tettonica trasversale, orientata NW-SE, viene infine segnalata (dubitativamente) lungo la congiungente Gioia Tauro-Molochio.

Riguardo ai processi di smantellamento del rilievo di vaste dimensioni, nel settore più meridionale della Piana sono segnalate numerose

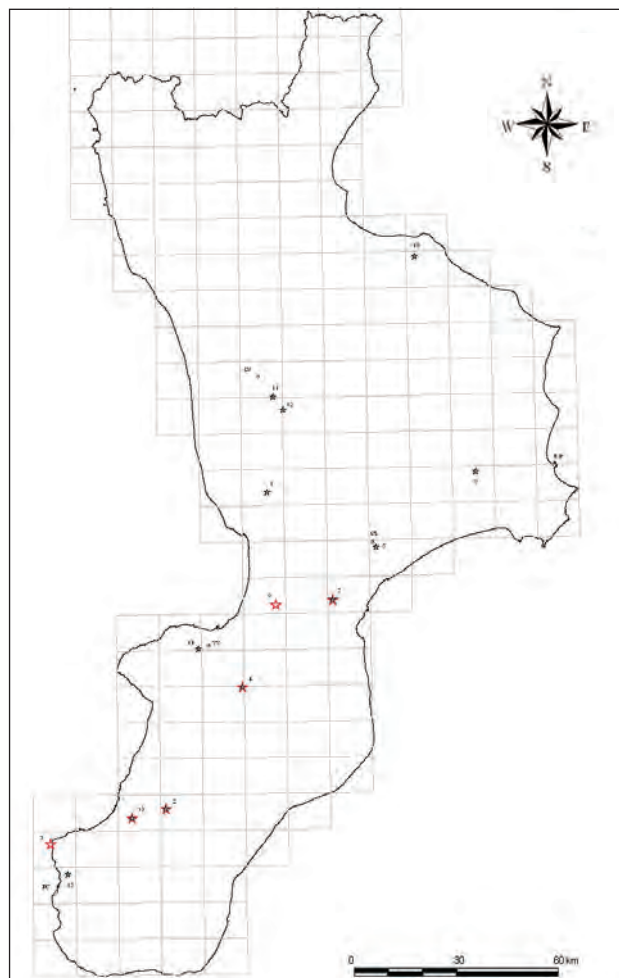


Fig. 19 - Carta degli epicentri delle scosse di terremoto responsabili degli episodi di liquefazione illustrati nelle figure 14-18. Gli epicentri delle scosse responsabili degli eventi di liquefazione riportati nel catalogo di GALLI (2000) sono indicati per mezzo di stelline in verde (in giallo se gli effetti sono di tipo "B"). Le stelline di maggiori dimensioni (in rosso) indicano le scosse responsabili dei casi di sprofondamento considerati nel presente studio. Accanto a ciascun epicentro è riportato l'identificativo del sisma, come da tabella 4. Il reticolato si riferisce alla suddivisione delle tavolette IGM in scala 1:25.000 (il nome delle singole tavolette è riportato in figura 17).

- Map of epicenters of the seismic shocks responsible for the liquefaction phenomena illustrated in the figures 14-18. The epicenters of the shocks responsible for the liquefactions reported in the catalogue by GALLI (2000) are shown as green stars (yellow for B-type effects). The larger red stars mark the seismic shocks which caused the sinkholes treated in this study. Each epicenter is accompanied by the identification number, as listed in table 4. The grid indicates the division of the IGM maps, at 1:25,000 scale (the name of each maps is shown in figure 17).

Tab. 4 - *Principali parametri degli eventi sismici responsabili degli episodi di liquefazione sismo-indotta in Calabria (cfr. fig. 19). Legenda: n.) numero progressivo; data) anno, mese e giorno del terremoto (formato AAAAMMGG); Lat, Lon) latitudine e longitudine epicentrali, in coordinate geografiche (ED50);  $I_x$ ) intensità massima (MCS);  $I_0$ ) intensità epicentrale (MCS);  $M_w$ ) Magnitudo momento;  $D_{aw}$ ) errore associato alla stima di  $M_w$ ;  $M_e$ ) Magnitudo equivalente;  $M_s$ ) Magnitudo superficiale; Area) Area epicentrale (o dei maggiori effetti). I dati in carattere nero sono desunti da STUCCHI et alii (2007); quelli in blu sono desunti da GALLI (2000); quelli in rosso sono desunti dal CFTI3. In grassetto sono evidenziate le date dei sismi cui sono riferite le segnalazioni riportate in tabella 3; in corsivo, quelle dei sismi associati ai casi di tipo "B" riportati in tabella 2; le restanti date si riferiscono alle scosse responsabili dei rimanenti episodi di liquefazione elencati in tabella 2.*

- Main parameters of the seismic events responsible of seismically-induced liquefaction events in Calabria (cf. fig. 19). Key: n.) number; date) year, month and day of the earthquake (in the format YYYYMMDD); Lat, Lon) epicentral latitude and longitude, in geographical coordinates (ED50);  $I_x$ ) maximum intensity (MCS);  $I_0$ ) epicentral intensity (MCS);  $M_w$ ) moment magnitude;  $D_{aw}$ ) error associated to the estimation of  $M_w$ ;  $M_e$ ) equivalent magnitude;  $M_s$ ) surface magnitude; Area) epicentral area. Black data after STUCCHI *et alii* (2007); blue data after GALLI (2000); red data after CFTI3. Dates of occurrence of earthquakes shown in table 3 are in bold; dates of occurrence of earthquakes associated to B-type effects in table 2 are in italics; the remaining dates refer to the seismic shocks responsible of the other liquefaction events listed in table 2.

n.	data	Lat	Lon	$I_x$	$I_0$	$M_w$	$D_{aw}$	$M_e$	$M_s$	Area
1	<i>16380327</i>	39,030	16,280	11,0	11,0	7,00	0,13	<i>6,98</i>	<i>7,3</i>	Calabria
2	<i>17830205</i>	38,300	15,970	11,0	11,0	6,91	0,11	<i>6,88</i>	<i>7,3</i>	Calabria
3	<i>17830206</i>	38,220	15,630	9,5	8,5	5,94	0,11	<i>6,30</i>	-	Calabria meridionale
4	<i>17830207</i>	38,580	16,200	10,5	10,5	6,59	0,10	<i>6,56</i>	<i>7,0</i>	Calabria
5	<i>17830227</i>	<i>38,900</i>	<i>16,600</i>	-	<i>7,0</i>	-	-	-	<i>5,0</i>	Catanzaro
6	<i>17830301</i>	38,770	16,300	9,5	9,0	5,92	0,11	<i>5,80</i>	-	Calabria centrale
7	<i>17830328</i>	38,780	16,470	11,0	10,0	6,94	0,09	<i>6,98</i>	<i>6,7</i>	Calabria
8	<i>17830630</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>Calabria</i>
9	18320308	39,070	16,900	10,0	9,5	6,48	0,16	<i>6,56</i>	<i>6,4</i>	Crotonese
10	18360425	39,570	16,730	10,0	9,0	6,16	0,13	<i>6,22</i>	<i>6,4</i>	Calabria settentrionale
11	18540212	39,250	16,300	10,0	9,5	6,15	0,14	<i>6,10</i>	<i>6,4</i>	Cosentino
12	18701004	39,220	16,330	10,0	9,5	6,16	0,15	<i>6,10</i>	<i>6,4</i>	Cosentino
13	<i>18941116</i>	38,280	15,870	9,0	8,5	6,05	0,08	<i>6,10</i>	<i>5,9</i>	Calabria meridionale
14	19050908	38,670	16,070	10,5	11,0	7,06	0,09	<i>6,88</i>	<i>7,5</i>	Calabria
15	19081228	38,150	15,680	11,0	11,0	7,24	0,07	<i>7,18</i>	<i>7,3</i>	Calabria meridionale

“grandi frane” (oltre n.20 casi), tutte di supposta origine sismica - e quasi tutte esplicitamente attribuite ai terremoti del 1783 (cfr. SORRISO-VALVO & TANSI, 1996). Da un punto di vista tipologico, si tratta prevalentemente di frane da scorrimento, con n.3 casi di scorrimento in blocco, n.1 caso da colamento e n.1 caso complesso (da scorrimento-colamento). Immediatamente a sud della Piana, nel settore dei Piani d’Aspromonte tra Sinopoli e Delianuova, sono inoltre segnalate evidenze riferibili ad un fenomeno da espansione laterale. I suddetti fenomeni risultano tutti impostati su affioramenti di terreni quaternari sciolti, ad esclusione dei due casi ubicati a nord di Sant’Eufemia d’Aspromonte (su copertura sedimentaria detritica pelitico-evaporitica, e su metamorfiti e rocce intrusive acide).

#### 5.1.1. - Bagnara Calabria (Rupe del Pinno)

Bagnara Calabria sorge in un’insenatura chiusa verso monte dai ripidi versanti della Costa Viola, in un modesto lembo di terra a ridosso delle pendici nord-occidentali dell’Aspromonte (fig. 21).

La segnalazione corrisponde al sito #17 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a “Bagnara Calabria\* [1]”, per la quale si menzionano effetti di tipo “B”, imputati dall’Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783. La segnalazione è quindi incerta, e vi sarebbe incertezza anche sull’attribuzione della data di origine.

In base alle verifiche effettuate, si può ritenere plausibile che lo sprofondamento sia effettivamente avvenuto, come descritto nel seguente stralcio desunto dalla consultazione del CFTI2:



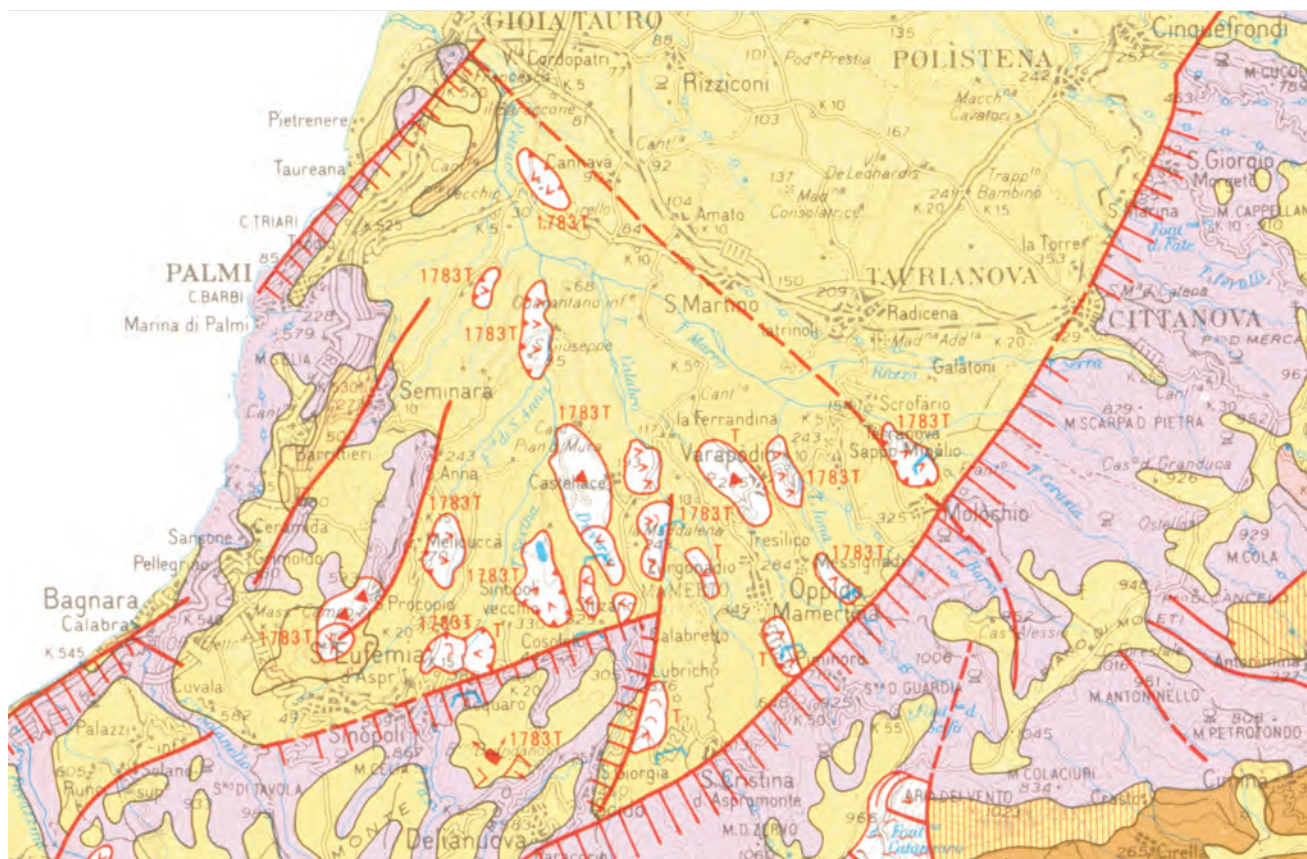


Fig. 20 – Caratteri geologico-strutturali dell'ambito territoriale di Gioia-Bagnara (stralcio tratto da SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).  
 - Geological-structural characters in the zone Gioia-Bagnara (extract from SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).

<E osservabile nella rupe del Pinno, che forma costiera alla marina di Portosalvo in Bagnara, un particolarissimo fenomeno. In mezzo a un gran masso di pietra felciosa, che formava come la base, e l'anima di quella gran rupe, dalla forza del tremoto restò come scavato un voto circolare, la cui circonferenza era del diametro di circa sei palmi, e la profondità maggiore di quindici ...> [081897].

Non è stato possibile stabilire con esattezza la data cui si riferisce tale segnalazione. Tuttavia, è probabile che lo sprofondamento si sia verificato in occasione delle prime scosse (5-6 febbraio) della serie sismica del 1783, che colpirono particolarmente la Calabria meridionale. La rupe citata nello stralcio corrisponde al rilievo (sommità a circa 100 m s.l.m.) che si protende verso il mare in corrispondenza del Belvedere, dividendo in due porzioni la fascia costiera (oggi completamente urbanizzata). Sembra che il toponimo venga attualmente riferito solo al versante settentrionale del rilievo (alla cui base corre, appunto, la via Pinno). La segnalazione può essere ubicata, pertanto, alla base del versante settentrionale della rupe o, in subordine, di quello occidentale.

Il sito ricade in una stretta fascia costiera affacciata sul mar Tirreno, densamente urbanizzata ed

attraversata da importanti vie di comunicazione (SS.18, linea ferroviaria). Il contesto morfologico è di pianura alluvionale-costiera, delimitata verso l'interno da ripidi versanti, e caratterizzata dalla presenza di piccole conoidi poste alla foce del T. Gazziano e di alcuni corsi d'acqua minori che dissecano il rilievo del Serro di Faddeia, con recapito in corrispondenza del margine più interno del centro abitato.

In termini litologici, la zona è costituita da alluvioni oloceniche fissate (*af*), con uno stretto lembo di alluvioni mobili e depositi di litorale lungo la costa (*ac*). In corrispondenza dei tratti terminali dei corsi d'acqua, caratterizzati da bacini imbriferi di piccole dimensioni ed elevato gradiente, si rinven-gono depositi di conoide prodotti da processi di trasporto in massa. Lungo i versanti, sono presenti coperture colluviali di modesta estensione (*a*, Olocene), e conglomerati e sabbie su terrazzi incisi a vari livelli, poco consolidati e facilmente disgre-gabili, a permeabilità elevata (*q<sup>cl-s</sup>*, Pleistocene). Per quanto riguarda gli affioramenti cristallino-metamorfici paleozoici, il substrato del rilievo di Serro di Faddeia è costituito da scisti biotitici, localmente gneissici, piuttosto resistenti all'erosione ed alla



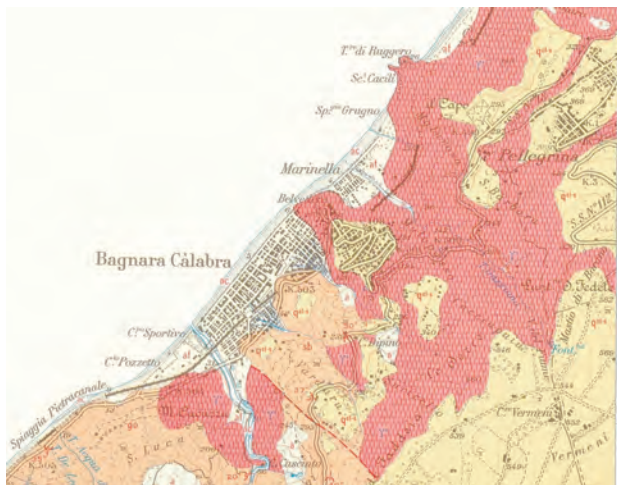


Fig. 21 - Carta Geologica dell'area di Bagnara Calabria (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.254INO).  
- Geological map of the Bagnara Calabria area (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.254INO).

degradazione, a permeabilità bassa (*sb*), nonché da rocce acide porfiroidi, a composizione variabile tra la quarzo-diorite ed il granito, con elevata resistenza all'erosione e bassa permeabilità (?).

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, la linea di costa è localmente marcata dalla presenza di una faglia con scarpata rilevante, ad orientazione NE-SW e ribassante verso NW, sviluppata tra Bagnara e Scilla ed appartenente alla *rift-zone* Calabro-Sicula.

#### 5.1.2. - Fiumara Secca (I)

La Fiumara Secca scorre verso occidente dalle alture di M. Scarpa di Pietra verso la piana di Gioia. Poco a nord dell'abitato di Molochio, essa confluisce con i torrenti Cerasia e Barvi, originando il T. Marro (fig. 22).

La segnalazione corrisponde al sito #34 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a "Fiumara Secca\*", per la quale si menzionano effetti di tipo "A" e "B", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

A tale proposito, il SARCONI (1784 a) riporta le seguenti osservazioni:

*< Lungo il letto di quella fiumara [Fiumara Secca] incontrammo in tre luoghi diversi alcuni pezzi di suolo denudati della solita covertura de' sassi fluviali. Il suolo ... appariva depresso, e intruso nel seno della terra colla faccia piena di sottili, e capricciose fenditure. La depressione sembrava fatta come da una forza percuotente, intesa a ridurre in ispatio minore le masse sbassate, e compresse attivamente. Ne accrescea la ragione di crederlo il vedere che i sassi comparivano conficcati, e premuti nel suolo; e quasi giacessero in tanti alveoli, di essi n'era fuori rimasta solo una porzione, e l'altra restava entro il terreno affoga-*

*ta, e chiusa.>*

*<La profondità di questi incavi non era da per tutto la stessa. Le terre apparivano sbassate, e depresse ove per un palmo e mezzo, e ove fino a due palmi. Lo staccamento delle parti avvallate erasi prodotto con lacerazioni larghe, e di varia figura; ma ciò, che faceva sorpresa, era il non osservarsi nè alcun segno di ulteriore squarcio nella superficie de' terreni, che si rimasero nell'antico naturale livello, nè alcun vestigio di quella violenta compressione, che nell'incavi si avvertiva.>*

È presumibile che gli sprofondamenti menzionati negli stralci sopra riportati si siano verificati in occasione delle prime scosse (5-6 febbraio) della serie sismica del 1783, che colpirono particolarmente la Calabria meridionale.

Il contesto morfologico è quindi di valle torrentizia. Nel letto del torrente affiorano diffusamente alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (*af*), ed in subordine alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose (*ac*), dell'Olocene. Le sponde del torrente sono costituite da depositi pleistocenici continentali rossastri (*q<sup>cl-s</sup>*), formati da conglomerati sabbiosi e sabbie poco resistenti all'erosione e molto permeabili. Questi ultimi depositi giacciono, a loro volta, su argille, argille siltose e silts grigio-bruni, con intercalazioni di sabbie grossolane, del Pliocene medio-Calabrian (P<sub>2-3<sup>a</sup></sub>). I sedimenti argillosi pliocenici affiorano, in modesti lembi, alla base delle ripide scarpate che delimitano la valle del torrente.

Poco a nord-est di Molochio, in località Petruccio-Prenura, la Fiumara Secca attraversa il contatto tettonico di ordine regionale tra le propaggini più settentrionali dell'Aspromonte e la Piana di Gioia, marcato dalla Faglia di Cittanova.

#### 5.1.3. - Fiumara Secca (II)

La segnalazione si riferisce ancora al sito #34, sopra descritto (cui si rimanda per maggiori dettagli – cfr. figura 22), ma è relativa ad un episodio di sprofondamento verificatosi in occasione del terremoto del 16 novembre 1894.

In base alle verifiche effettuate, si ritiene che lo sprofondamento sia avvenuto, come descritto nello stralcio del CFT12 riportato di seguito, relativo all'abitato di Molochio:

*<Nella vicina Fiumara Sicca si produsse nell'alveo uno sprofondamento del terreno in forma di pozzo profondo metri 8, largo metri 3 ...> [056010]*

#### 5.1.4. - Radicena-Iatrinoli (Poderi Gambacorta-Teti?)

Il nucleo abitato di Radicena si trova alla periferia orientale di Taurianova, non distante dall'abitato di Molochio (fig. 23). A sud di Radicena, il





Fig. 22 - Carta Geologica dell'area della Fiumara Secca (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25,000 della CASMEZ, F.246IIISO e F.255IVNO).  
- Geological map of the Fiumara Secca area (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IIISO and F.255IVNO).

Torrente Razza scorre verso occidente, confluen-  
do nell'ampia valle del Torrente Marro, in corri-  
spondenza dei poderi Gambacorta e Teti (ubicati  
in destra idrografica del canale attivo).

La segnalazione potrebbe corrispondere al sito  
#36 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a  
"Radicena (T. Razza)", per la quale si menzionano  
effetti di tipo "A" e "B", imputati dall'Autore alla  
scossa del 5 febbraio 1783.

A tale riguardo, il SARCONI (1784a) riporta le  
seguenti osservazioni:

<[proseguendo da Radicena oltre Jatrinioli]  
Volgemmo quindi il cammino verso il Marro, a fine di  
restituirci a Terranova per quella strada, onde vassi da  
questo distrutto paese a Polistena. Giunti a vista delle  
baracche, fatte per nutrirvi i bachi da seta, e che sono poste  
tra il Razzà, che rimane alla sinistra, e 'l Marro, che vien  
di fronte, nella bassa pianura incontrammo sei conche cir-  
colari di quella stessa natura, che furono quelle, che altrove  
notammo, e che si produssero dagli sgorgi dell'acqua  
emersa dal seno della terra. Due di questi cerchj erano per  
grandezza molto superiori a quanti in altre parti ne osser-



vammo: la loro faccia era concava, e la loro superficie era sparsa di un'arena cenerognola, mista con molto limo.>

Non è stato possibile stabilire con certezza la data di origine dei fenomeni segnalati. Si presume che essi si siano comunque verificati nel settore compreso tra i poderi Gambacorta-Teti, in occasione delle prime scosse della serie sismica del 1783.

Anche in questo caso, il contesto morfologico è di valle torrentizia. Da un punto di vista litologico, gli affioramenti sono molto simili a quelli descritti per la Fiumara Secca: nel letto del torrente affiorano infatti diffusamente alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (*af*), ed in subordine alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose (*ac*), dell'Olocene. Le sponde del torrente sono ancora costituite da conglomerati pleistocenici sabbiosi e sabbie, poco resistenti all'erosione e molto permeabili (*q<sup>cl-s</sup>*), e risultano marcate alla base da depositi olocenici colluviali, talora con intercalazioni alluvionali (*a*), modeste conoidi, depositi di frana (*df*). I conglomerati giacciono su sabbie, silts, e argille silteose (brune all'alterazione), con caratteristiche litotecniche paragonabili, del Pliocene medio-Calabrian (P<sub>2-3</sub><sup>i</sup>).

#### Ambito Territoriale II: Rosarno-Mesima

L'ambito territoriale corrisponde alla Piana di Rosarno ed a gran parte del bacino idrografico del Fiume Mesima (cfr. fig. 12). Rientrano altresì in tale ambito anche alcuni siti esterni, e precisamente Monterosso Calabro (poco a nord dello spartiacque idrografico settentrionale della valle del Mesima) e Vena di Jonadi (al margine NE del promontorio di Tropea – Capo Vaticano). A sud, il limite dell'ambito territoriale è marcato dallo spartiacque idrografico con la limitrofa Piana di Gioia Tauro. In questo ambito territoriale ricade il maggior numero (n. 13) di segnalazioni di sprofondamento da liquefazione sismo-indotta.

L'area è costituita, in prevalenza, dall'unità litologica dei sedimenti quaternari sciolti sabbioso-argillosi, con subordinate ghiaie, di origine marina o continentale, a luoghi terrazzati. Nella zona medio-alta del bacino del Mesima, in destra orografica, e nei settori di Monterosso Calabro e di Vena di Jonadi si rinvencono estesi affioramenti della sottostante unità, costituita da depositi alto-miocenici detritico-evaporitici, e da sedimenti pliocenici sabbioso-argilloso-marnosi, poggianti sul substrato paleozoico, rappresentato dalle

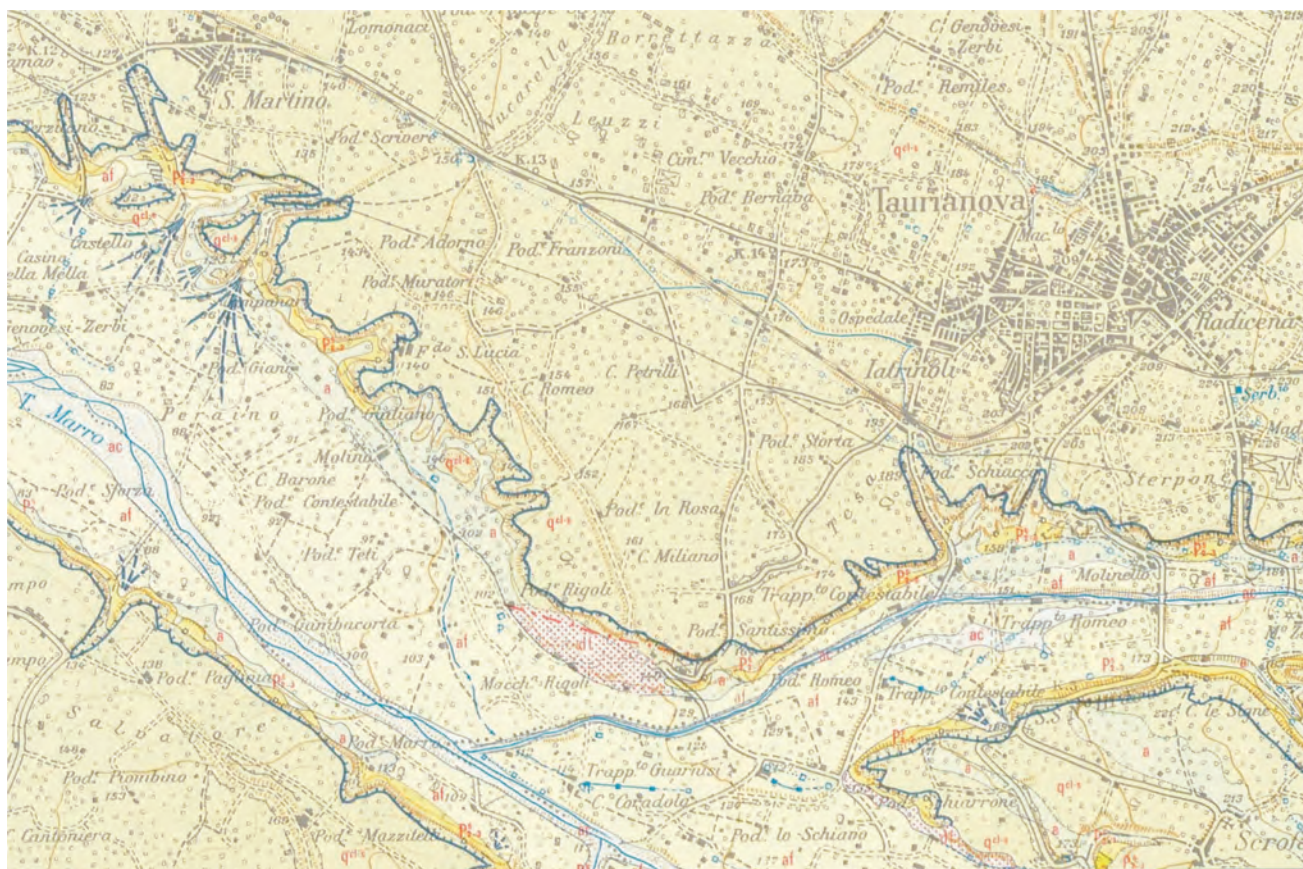


Fig. 23 - Carta Geologica dell'area da Radicena-Iatrinoli al Torrente Marro (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25,000 della CASMEZ, F.246IISO).  
- Geological map of the area from Radicena-Iatrinoli to the Torrent Marro (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IISO).



metamorfiti e rocce intrusive acide delle unità alpine. Questi ultimi termini litologici costituiscono la cornice dell'intera depressione tettonica tra Gioia Tauro e Rosarno, affiorando anche a nord (presso Nicotera, al margine meridionale del promontorio di Capo Vaticano), e ad oriente (nei pressi di Cinquefrondi, Galatro, sino a Laureana di Borrello). Inoltre, essi marginano ad oriente la valle del Fiume Marepotamo, costituendo il limite occidentale del Massiccio delle Serre.

Per quanto riguarda l'assetto morfo-strutturale, nell'area si riconoscono strutture tettoniche appartenenti alla citata *rift-zone* Calabro-Sicula, orientate prevalentemente NE-SW. La struttura principale, con andamento arcuato (NNE-SSW a nord, passante a NE-SW verso sud) e ribassante verso NW, si sviluppa tra Monterosso Calabro e Laureana di Borrello, e delimita ad occidente le Serre rispetto all'ampia depressione drenata dai fiumi Marepotamo e Mesima. Nel settore più meridionale dell'ambito territoriale, la prosecuzione di detta struttura si rinviene poco più ad est, nei pressi di Cinquefrondi (e prosegue verso Delianuova – cfr. Faglia di Cittanova, descritta in precedenza). Altre strutture, ribassanti verso SE, sono presenti al margine orientale del promontorio di Tropea-Capo Vaticano e nell'area di Vibo Valentia, ancora orientate NE-SW. Infine, il margine meridionale del suddetto promontorio, nei dintorni di Nicotera, è marcato da strutture WNW-ESE, ribassanti verso sud.

Riguardo ai processi di smantellamento del rilievo di vaste dimensioni, nell'ambito territoriale Rosarno-Mesima sono segnalate una quindicina di grandi frane. Da un punto di vista tipologico, si tratta di frane da scorrimento, con l'unica eccezione di un colamento a NW di Dasà, in sinistra orografica del Torrente Morano. I fenomeni risultano prevalentemente impostati su affioramenti di terreni quaternari sciolti, e su copertura sedimentaria detritica pelitico-evaporitica; soltanto in un paio di casi, essi interessano metamorfiti e rocce intrusive acide (cfr. parte sud-orientale dell'ambito territoriale, a est di Galatro).

#### 5.1.5. - Cinquefrondi (campo del Lombardo)

L'abitato di Cinquefrondi è ubicato su un alto morfologico, limitato sul lato occidentale da una profonda incisione anonima (indicata soltanto nella parte iniziale con il toponimo Petricciona), mentre ad est e a nord, a una maggiore distanza dall'abitato, scorre il Torrente Sciarapotamo.

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000).

Essa è forse correlabile alla segnalazione dello stesso catalogo riferita a "Cinquefrondi (Ventriconi)", in cui si menzionano tuttavia solo effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alla scossa del 5 febbraio 1783.

Non è stato possibile localizzare con certezza il sito menzionato dalle fonti storiche. Il SARCONI (1784 a), descrivendo gli effetti del terremoto del 5 febbraio 1783, riferisce che:

*<Finalmente nel campo del Lombardo [appartenente a Giovanni Lombardi], ove giaceva il fonte, o sia il pozzo col l'acquidotto, avvenne grave scomponimento. Il fonte, nabissando, smarri il suo corso: l'acquidotto si ruppe; e nacque una conca circolare in distanza di due passi dalla foce del fonte già perduto. Questa ha quattro palmi di diametro: da essa non sentesi spirare niuno vapore, nè fetore di sorta alcuna; e nella faccia della medesima si osserva un'arena cenerognola, e sottilissima.>*

Sulla base di ulteriori indicazioni, fornite dallo stesso Autore, si ritiene plausibile l'ubicazione del sito in un'area posta a SE di Contrada Ventriconi (a sud di Cinquefrondi, e ad est di Polistena – cfr. figura 24). In particolare, potrebbe trattarsi del settore meno acclive di questa zona, nei pressi della confluenza tra il Fosso Spatario e il T. Ierapotamo. Oltre all'acquedotto, di cui parla anche il SARCONI (1784 a), questa zona è interessata anche dal passaggio della linea ferroviaria, che costituirebbe quindi un ulteriore elemento a rischio.

In termini litologici, l'abitato sorge su depositi continentali pleistocenici, composti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie ( $q^{cl-s}$ ). Al suo margine nord-orientale affiora una sottile fascia di sabbie da fini a grossolane, silts e sabbie siltose del Pliocene superiore ( $P_{2-3}^s$ ), e quindi ampie zone interessate da alluvioni fisse oloceniche (*af*), che segnano entrambe le sponde del T. Sciarapotamo, con particolare estensione in sinistra, a nord di Cinquefrondi. A sud e a sud-est dell'abitato, invece, i depositi continentali pleistocenici ricoprono sabbie ed arenarie del Pliocene medio ( $P_{2-3}^s$  e  $P_{2-3}^{s(q)}$ ), via via che si risale in direzione dei rilievi più interni di M. Orfane e M. Cucolo, impostati sulle metamorfiti e rocce intrusive acide delle unità alpine (?).

Il contesto morfologico è di tipo collinare, con incisioni di vari corsi d'acqua che prendono origine dall'area delle Serre, caratterizzata dall'affioramento di metamorfiti e rocce intrusive acide. Nell'ambito dell'area collinare affiorano prevalentemente depositi conglomeratico-sabbiosi pleistocenici ( $q^{cl-s}$ ), localmente terrazzati, e sabbie ed arenarie del Pliocene medio ( $P_{2-3}^{s(q)}$ ), con in subordine alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (*af*) dell'Olocene.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, l'ele-

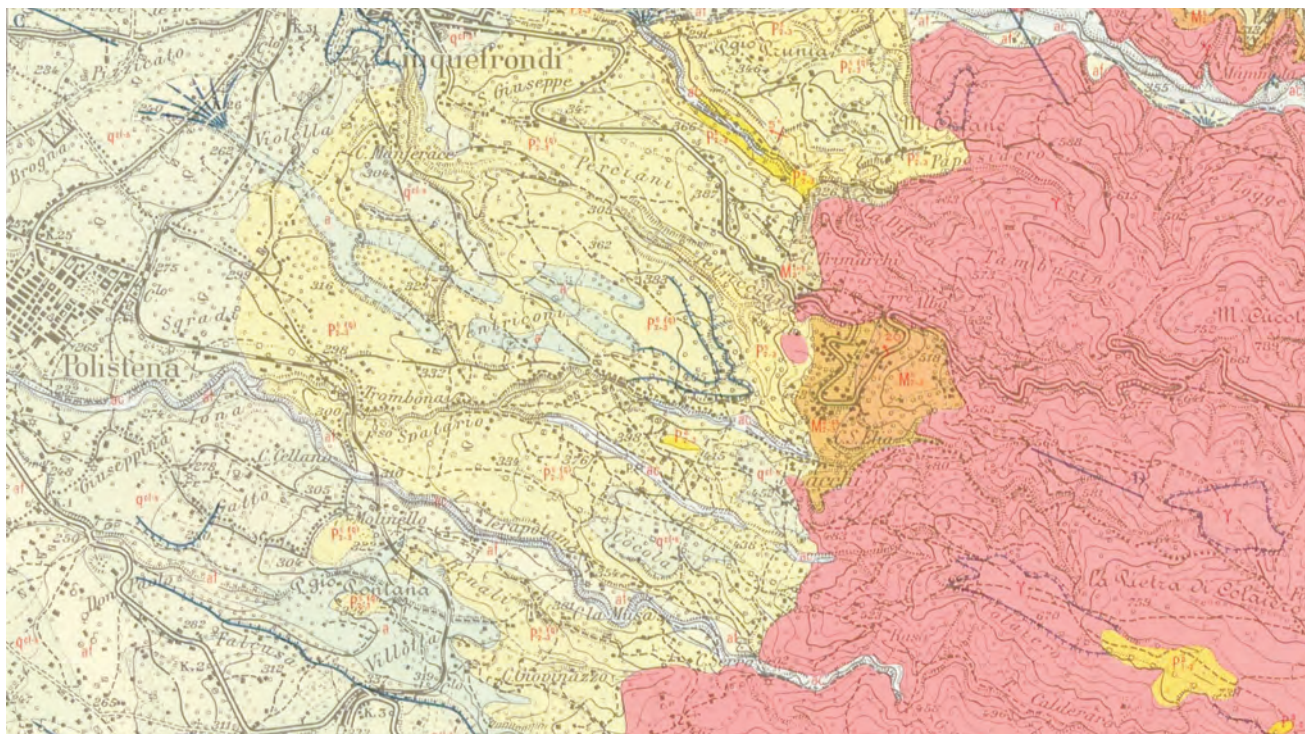


Fig. 24 - Carta Geologica dell'area prossima agli abitati di Cinquefrondi e Polistena (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IIIIE).  
- Geological map of the area in the proximity of Cinquefrondi and Polistena (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IIIIE).

mento principale in questa zona è costituito dalla menzionata Faglia di Cittanova. Tale elemento strutturale si segue con buona continuità tra Giffone (a NE di Cinquefrondi) e San Giorgio Morgeto; prosegue quindi verso Cittanova, curva verso occidente nei pressi di Molochio, e continua in direzione di S. Cristina d'Aspromonte e Scido-Delianuova, ove termina marcando il margine interno dei Piani d'Aspromonte.

#### 5.1.6. - Fiume Mesima (c/o S. Angelo)

S. Angelo occupa la parte sommitale di un pianoro in sinistra orografica del Fiume Mesima, non distante da Francica (fig. 25).

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa è forse correlabile alla segnalazione dello stesso catalogo riferita a "Rive del F. Mesima\*", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

Fonte della segnalazione è il SARCONI (1784 a), il quale descrive il percorso fatto lungo fondovalle del Mesima come riportato di seguito (cfr. fig. 26):

*<Continuammo il cammino lungo il fiume [F. Mesima, c/o S. Angelo], e quivi frequentemente tra la sponda, e 'l vicino monte si offerirono al nostro sguardo alcune macchie circolari di varia grandezza, e di un color*

*bianco inclinate al cenerognolo. Queste macchie conservavano i segni, lasciati sul suolo dall'acqua, che emerse dal cavo della terra nella superficie in que' funesti momenti de' primi tremoti del Febbrajo.>*

*<La qualità di quel materiale biancastro inclinate al cenerino, che copriva la faccia di tali macchie circolari, era una rena fluviale, mista di miche: miche, delle quali è sparsa la sabbia del monte, e la rena del vicino fiume.>*

*<La grandezza maggiore di queste macchie circolari non eccedea quella di una piccola ruota da carrozza: il diametro delle minori giugnea appena a un piede, e mezzo.>*

*<Il fenomeno era interessante, ed esigea minuta osservazione. La faccia di queste macchie circolari era o piana, o alcun poco gibbosetta, o leggermente incavata.>*

*<Esse nella figura mentivano, o quasi aveano la forma di un cerchio.>*

*<Nello scavo, tentato per esplorarne l'interna struttura, trovammo che nella stessa data proporzione, colla quale si penetrava nel loro interno, esse si estenuavano di più in più, e si stringevano a segno, che tutta la loro circonferenza degenerava in un tubo, il quale successivamente si diminuiva di diametro, e s'impiccioliva tanto, che quindi esattamente rappresentava la figura d'un imbuto.>*

*<Non si rinvenne in questi tubi interiori alcun segno di acqua attualmente esistente. Notammo però che il materiale della canna di quest'imbuto, per ove l'acqua dovette emergere, e scannellare, si conservava in qualche modo ancora leggermente umoroso.>*

*<Il diametro del cannello interiore, al più dopo tre*



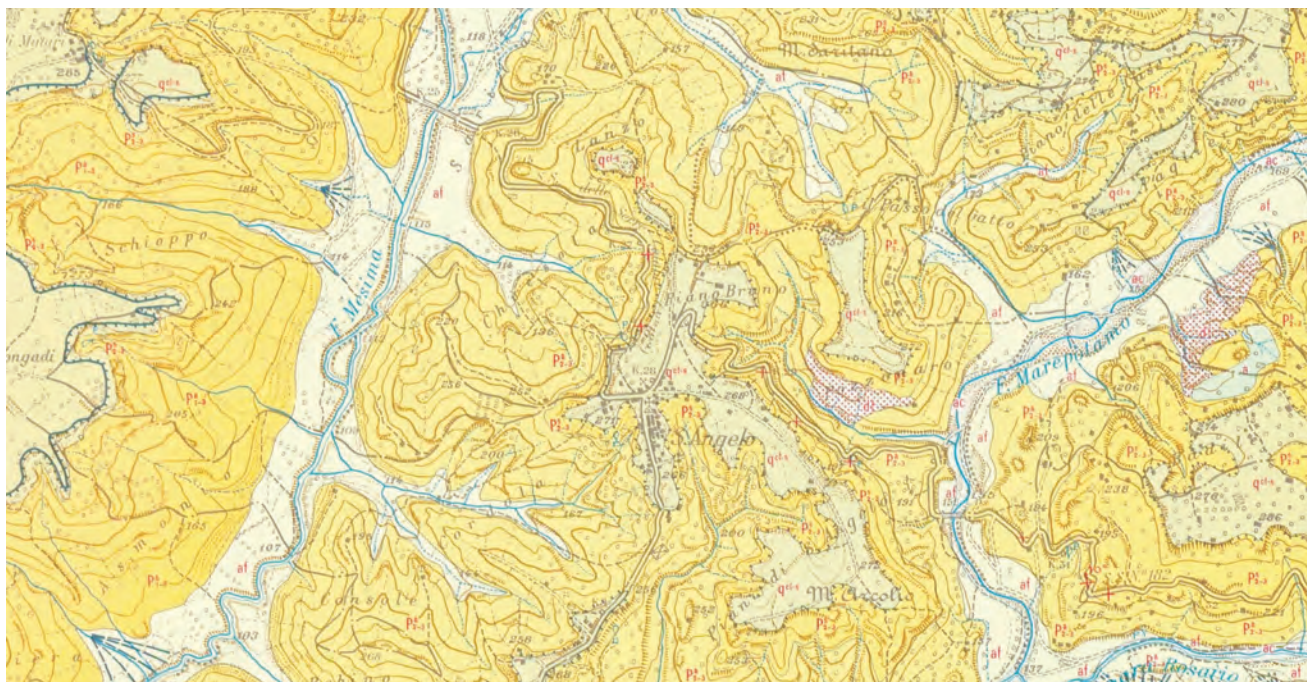


Fig. 25 - Carta Geologica dell'area del Fiume Mesima (tratto mediano), presso l'abitato di S. Angelo (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IVNE).

- Geological map of the River Mesima (middle reach), in the proximity of S. Angelo (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IVNE).

*palmi di scavo, diveniva così piccolo, e sottile, che non era possibile il continuarne l'esplorazione; e solo si osservava una specie di vena, per ove l'acqua erasi scannellata. Se ne veggano le figure nel Rame segnato col num. XVI.>*

Di particolare interesse risulta la descrizione del SARCONI (1784 a) in merito allo scavo fatto per esplorare l'interno delle strutture circolari, al fine di comprenderne la geometria ed i meccanismi che le avevano prodotte (fig. 26). In termini litologici, il pianoro di S. Angelo è impostato su depositi continentali costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie pleistoceniche ( $q^{ck-s}$ ). Detti depositi poggiano su una successione del Pliocene superiore che comprende, dall'alto verso il basso, sabbie da fini a grossolane e silts, con arenarie intercalate ( $P_{2-3}^s$ ), e argille, argille siltose e silts, con locali intercalazioni di sabbie ( $P_{2-3}^a$ ). La valle del F. Mesima marca un passaggio litologico, dato che sul versante opposto, in destra idrografica, affiorano argille, argille siltose e silts del Pliocene inferiore-Calabriano ( $P_{1-3}^a$ ). Alluvioni fisse oloceniche ( $af$ ) caratterizzano, infine, la piana alluvionale del Mesima e le principali incisioni che si sviluppano verso il pianoro di S. Angelo. Tra quest'ultimo ed il fondovalle c'è un dislivello di circa 150 metri, marcato sui versanti occidentali da profonde incisioni. Il fondovalle si presenta abbastanza ampio, con un andamento meandri-forme del corso d'acqua.

Il sito menzionato da SARCONI (1784 a) può essere ubicato in sinistra idrografica del F. Mesima, ad ovest di S. Angelo: si tratta quindi di un contesto morfologico di valle alluvionale, con presenza di argille, argille siltose e silts, con locali intercalazioni di sabbie ( $P_{2-3}^a$ ), e di alluvioni fissate oloceniche ( $af$ ) lungo l'asta fluviale e le sue sponde.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, l'unico elemento sostanziale in quest'area è una faglia orientata NNE-SSW (priva tra l'altro di espressione morfologica), lungo cui appare impostato questo tratto di fiume. A breve distanza dal sito in esame, tra il fondovalle e l'abitato di Francica (in destra idrografica), su entrambi i versanti di un tributario di destra del F. Mesima sono segnalate alcune grandi frane da scorrimento.

#### 5.1.7. - Fondaco di Borrello (tra Borrello e Laureana)

Il Monte Borrello (161 m s.l.m.) è un modesto rilievo, situato ad est della confluenza tra il Fiume Marepotamo ed il Fiume Mesima (fig. 27). A sud di esso, scorre verso occidente il Torrente Mesuri, che confluisce in località Imbiscuso con i suddetti fiumi. Il Fosso Litro' drena il suo versante settentrionale, e confluisce nel Fiume Marepotamo dopo aver compiuto una marcata deviazione verso nord-ovest. Il M. Borrello presenta un'energia di rilievo tra i 110 e 120 metri rispetto ai fon-



N. XVI.

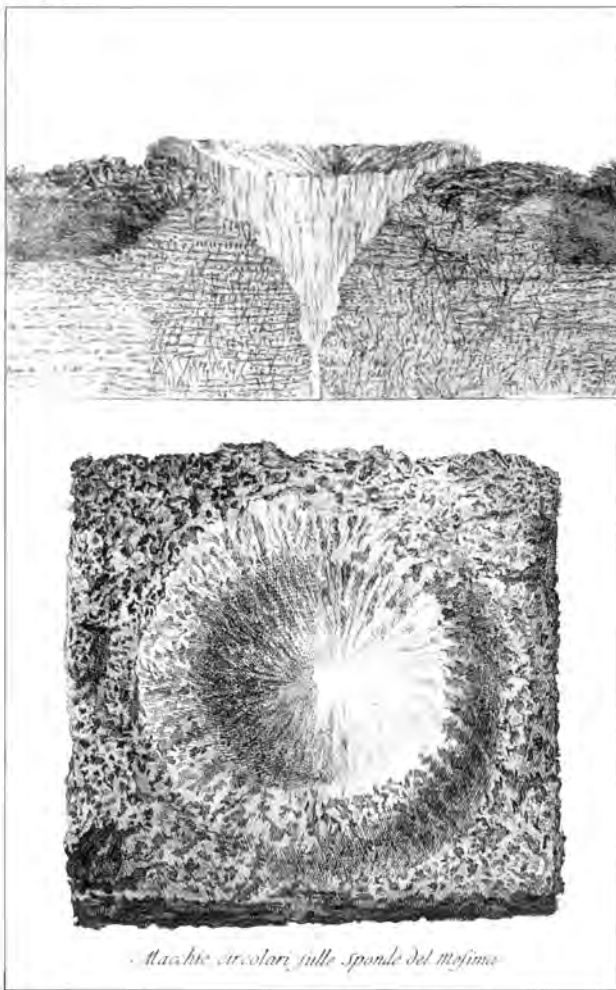


Fig. 26 - Tavola di illustrazione delle strutture circolari descritte dal SARCONI (1784 a; Tav. XVI) sulle sponde del Mesima (caso # 6: Fiume Mesima, c/o S. Angelo).

- Drawing illustrating the circular structures described by SARCONI (1784 a; Tav. XVI) along the banks of the Mesima river (case # 6: Fiume Mesima, c/o S. Angelo).

dovalle circostanti.

La segnalazione corrisponde al sito #52 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a "Borrello (Fondaco di)\*", per la quale si menzionano effetti di tipo "A" e "B", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

IL SARCONI (1784 a), parlando del villaggio di Borrello, distrutto dal sisma del 1783, ne ricorda la propensione del territorio ad essere infestato da stagni e paludi. Nella descrizione dei dintorni dell'abitato, fino a Laureana, egli parla specificamente di una zona indicata come "Fondaco di Borrello", e ci riferisce quanto di seguito riportato:

*<Borrello fu miseramente distrutto... In un angolo del suo territorio, e propriamente in quello, che è denominato il Fondaco, incontrammo que' cerchj, che altrove descrivemmo, e che sono indici di acqua emersa dal cavo della terra. In essi notavasi una diversità somma di diametro. Nella maggior parte n'era molta, e fuori dell'usato la grandezza: nella parte minore era varia, e mezzana. Da Borrello fino alle vicinanze di Lauriana ne contammo nove. In cinque di essi vi era molta profondità di terreno. Ve n'eran due, formati in modo particolare. Il loro perimetro, che era a livello della rimanente superficie della terra, appariva tutto irradiato, e segnato di rime sottili, superficiali, e lungnette. Nel vano di questo perimetro s'intruse, e depresse il terreno alla profondità di tre palmi in circa in uno, e di quattro in un altro. La superficie era quasi concava, e sparsa di arena fluviale, ma sottilissima. L'interno viscere, aperto e con diligenza esaminato, si trovò d'essere a cono, e della stessissima natura degli altri cerchj già descritti, colla sola differenza, che l'estenuazione, o sia sua degenerazione in tubo sottile, era meno superficiale, e più tarda. Generalmente, ne' tre rimanenti la superficie era meno concava, e nel perimetro si rinveniva appena qualche raggio, e rima superficiale, o non ve n'era alcuna. Ne' cerchj poi di mediocre diametro la superficie era quasi piana; e nel loro perimetro non vi era la minima comparsa di fenditura.>*



Fig. 27 - Carta Geologica dell'area di Monte Borrello (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1/25000 della CASMEZ, F.246IVSO e F.246IVSE).  
Geological map of the Monte Borrello area (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IVSO and F.246IVSE).



Per inciso, descrivendo l'area di Rosarno (cfr. oltre), lo stesso Autore fa una similitudine proprio con quanto osservato a Borrello.

Un'analoga segnalazione viene inoltre riferita, per la stessa località, nel seguente stralcio desunto dal CFTI2:

*<In un altro luogo chiamato il fondaco di Borrello comparvero certe conche a guisa di cono inverso profonde 4, e di diametro 5 palmi, donde zampillava acqua: ed egli è stato questo un fenomeno, che in molti luoghi si è osservato.> [680040]*

Litologicamente, l'area è caratterizzata da una successione del Pliocene superiore, costituita da argille, argille siltose e silts, con locali intercalazioni di sabbie ( $P_{2,3}^a$ ) e da sabbie e sabbie siltose ( $P_{2,3}^s$ ). Le argille affiorano in una stretta fascia a nord di M. Borrello, e più estesamente in destra dei fiumi Marepotamo e Mesima, mentre gran parte del rilievo di Borrello è costituito dai depositi sabbiosi. In sommità sono poi presenti depositi continentali pleistocenici, costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie, con intercalazioni di silts ( $q^{cl-s}$ ). Infine, le aree di fondovalle sono estesamente ricoperte da alluvioni oloceniche fissate ( $af$ ), mentre quelle mobili ( $ac$ ) si limitano ai letti dei corsi d'acqua di maggiore rilevanza.

Nel tentativo di localizzare gli sprofondamenti

descritti dalle fonti, il sito maggiormente plausibile potrebbe trovarsi sul fondovalle del T. Mesuri, a sud di M. Borrello. L'ubicazione non è certa, per la mancanza di indicazioni precise; tuttavia le descrizioni dei luoghi, e le caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area fanno propendere per il fondovalle del T. Mesuri, in corrispondenza dell'ampia zona di affioramento delle alluvioni oloceniche fissate ( $af$ ). In merito alla data di origine dei fenomeni segnalati, si può presupporre che essi siano la conseguenza della scossa del 7 febbraio.

Per quanto riguarda infine i caratteri morfostrutturali dell'area in esame, questa è posta immediatamente ad ovest della terminazione meridionale della rilevante struttura tettonica, ad andamento ca. NE-SW, che delimita il margine occidentale del massiccio delle Serre, prima descritta. Nell'area non sono segnalate grandi frane né deformazioni gravitative profonde.

#### 5.1.8. - Laureana di Borrello (poderi Macini e Vaticano)

Laureana di Borrello si trova nella parte più interna della Piana di Rosarno, laddove le quote iniziano a risalire in direzione dell'interno, verso il massiccio delle Serre (fig. 28).

La segnalazione potrebbe corrispondere al sito

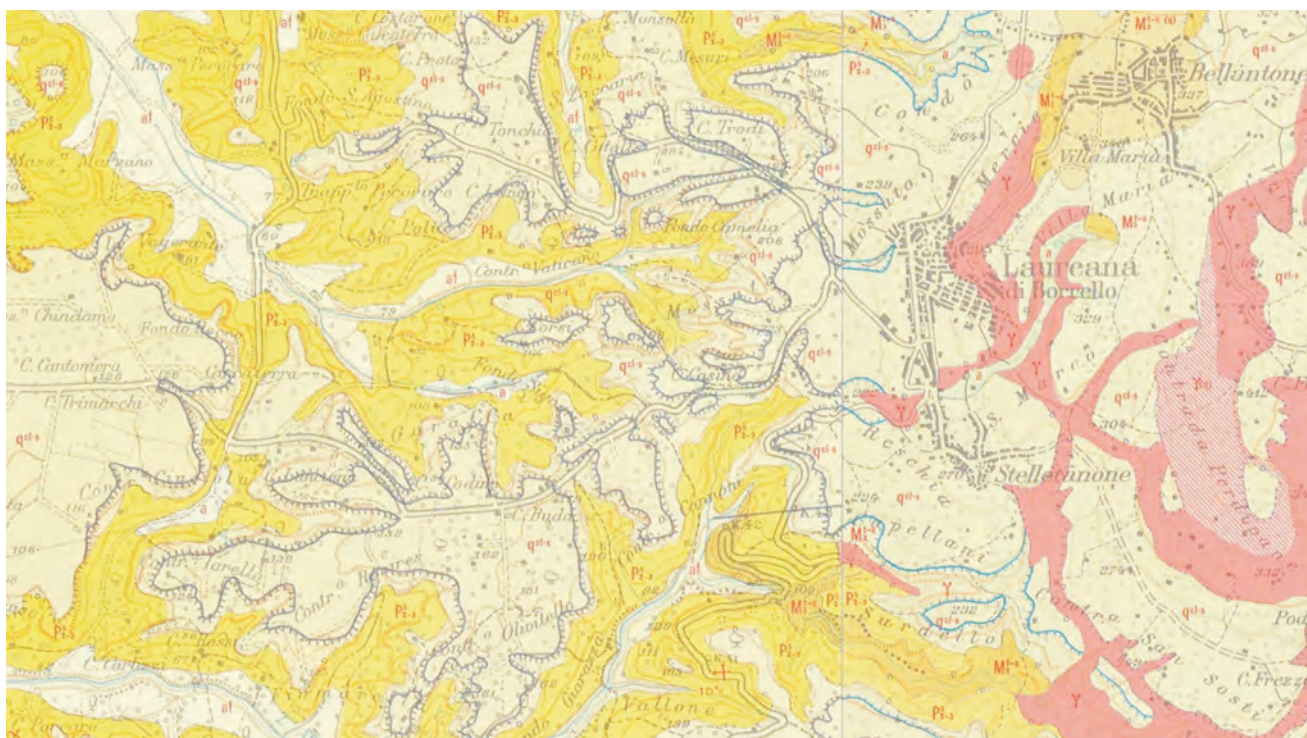


Fig. 28 - Carta Geologica dell'area di Laureana di Borrello (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IIINO e F.246IIINE).  
- Geological map of the Laureana di Borrello area (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IIINO and F.246IIINE).

#52 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a “Borrello (Fondaco di)\*”, per la quale si menzionano effetti di tipo “A” e “B”, imputati dall’Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

Il seguente stralcio, desunto dalla consultazione del CFTI2, riferisce di sprofondamenti del terreno che si sarebbero verificati in due poderi del territorio di Laureana di Borrello, denominati Macini e Vaticano:

<[a Laureana] ... alloggiavi nella baracca di un cortese gentiluomo di Mileto... Costui mi condusse il giorno seguente a due poderi, chiamati Macini, e Vaticano ... Mi furono mostrate ancora in queste vicinanze molte profonde voragini, larghe non più di un piede, le quali ... si aprirono nella scossa violenta del terremoto... Nella medesima valle osservai alcuni fori della figura di un cono rovesciato, fuori dei quali, mi dissero, che era sgorgata, come a Rosarno, durante la scossa del terremoto una copia grande di acqua calda mescolata con terra, Non trovai però alcuno, che potesse affermarmi positivamente che l’acqua fosse calda, quantunque lo dicesse le relazioni ricevute dal Governo. Una porzione della terra rigettata coll’acqua, aveva un’apparenza di ferro, e sembrava che avesse sofferto l’azione del fuoco. Mi fu detto ancora, che, quando scaturì fuori aveva un odore sulfureo, ma io non lo potei distinguere. ...> [560078]

Viene segnalata dunque la fuoriuscita di acqua calda, forse sulfurea, mista a terreno, al pari di altri casi descritti nei dintorni di Rosarno da SARCONI (1784 a - cfr. oltre). Le dimensioni dei fenomeni appaiono alquanto limitate, tanto che per alcuni di essi si parla di “fori”; interessante la notizia che ne descrive la sezione a forma di cono rovesciato. L’epoca di origine di tali manifestazioni può essere ascritta alle prime scosse del febbraio 1783, presumibilmente a quella del giorno 7.

Sulla base di tali testimonianze, è stata tentata la localizzazione delle località citate: Macini è un toponimo che non compare in alcuna delle carte esaminate, e pertanto il sito non è stato localizzato; la contrada Vaticano, invece, è sita ad ovest di Laureana di Borrello, lungo un’incisione proveniente dalla zona ove sorge l’abitato.

L’area su cui sorge l’abitato è prevalentemente caratterizzata dalla presenza di depositi continentali pleistocenici, costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie, con intercalazioni di silts ( $q^{cl-s}$ ). La parte più orientale di Laureana presenta in affioramento metamorfiti e rocce intrusive acide delle unità alpine (?); poco più a nord, affiorano anche calcari evaporitici del Miocene superiore ( $M_3^{t-s}$ ). Completano l’assetto litologico nei dintorni dell’abitato affioramenti di depositi di soliflussione e dilavamento, misti a materiale alluvionale (a).

Più specificamente, il settore di contrada Vaticano è caratterizzato da affioramenti di sabbie e sabbie siltose ( $P_{2-3}^s$ ) del Pliocene superiore, su cui poggiano depositi continentali pleistocenici, costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie, con intercalazioni di silts ( $q^{cl-s}$ ). In particolare nell’incisione omonima, si rinvencono alluvioni oloceniche fissate (af).

Morfologicamente, si tratta di un contesto di valle alluvionale, non particolarmente ampia ma ospitante estese alluvioni a copertura delle sabbie plioceniche. Le zone sommitali dei rilievi sono caratterizzate da superfici terrazzate nei depositi continentali pleistocenici.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, Laureana di Borrello è situata poco oltre la terminazione meridionale della rilevante struttura regionale, prima descritta lungo il margine occidentale del massiccio delle Serre, che ha determinato il sollevamento delle unità metamorfico-cristalline rispetto ai depositi plio-pleistocenici. Tale elemento strutturale si segue, con buona continuità, da Monterosso Calabro sino all’allineamento Caridà-Serrata (ove una struttura minore, orientata WNW - ESE, ne marca la terminazione).

#### 5.1.9. - Fiume Angitola

L’abitato di Monterosso Calabro è ubicato poco al di là del limite settentrionale del bacino del Fiume Mesima, ricadendo infatti nel bacino idrografico del Fiume Angitola, a sud della Stretta di Catanzaro (fig. 29).

La segnalazione potrebbe corrispondere al sito #68 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a “Monterosso Calabro”, per la quale si menzionano effetti di tipo “A” e “B”, imputati dall’Autore alla scossa del 28 marzo 1783.

Dalla consultazione del CFTI2, sono emersi due stralci che riferiscono di manifestazioni osservate lungo il Fiume Angitola, presso Monterosso Calabro. Il primo stralcio recita:

<Gravi disastri però soffrì quel territorio [Monterosso]. Nelle piccole pianure presso il fiume Angitola lungo la strada, che conduce a Polia, si abbassò in molte parti la terra per un palmo, e mezzo... Si aprirono molte fossette a guisa di coni inversi, donde sgorgò nel punto dell’urto acqua, ed arena di vario colore ... nella contrada detta S. Gregorio posta al settentrione di Monterosso due miglia distante, un tratto di terreno di 900 palmi quadrati perfettamente piano profondò tanto, che le cime degli ulivi oggi sono più basse del margine> [680040].

Il secondo stralcio, tratto dai commenti di sintesi degli Autori dello stesso CFTI2, fa esplicito riferimento alla scossa del 28 marzo 1783:

<In occasione della scossa del 28 marzo 1783 si veri-



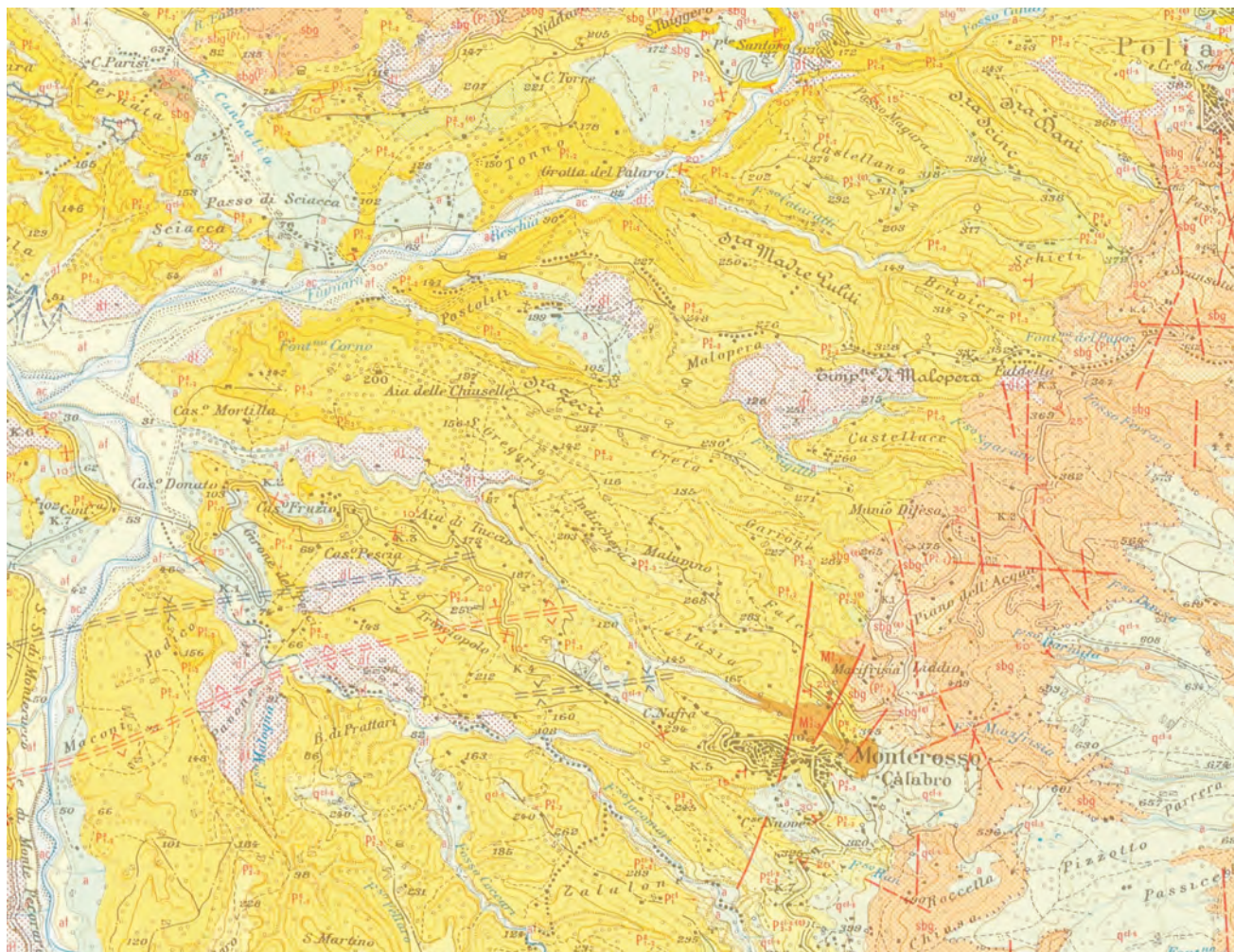


Fig. 29 - Carta Geologica dell'area del Fiume Angitola, nei pressi di Monterosso Calabro (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.241IISO).  
- Geological map of the River Angitola, in the proximity of Monterosso Calabro (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.241IISO).

*ficarono avvallamenti nel suolo della profondità di un palmo e mezzo (39 cm) lungo il fiume Angitola, dai quali fuoriuscirono acqua e fango ...* > CFTI2 da [680031]

Litologicamente, l'abitato di Monterosso Calabro sorge praticamente quasi al contatto tra le rocce cristalline (gneiss e scisti - *shg*) e i depositi sedimentari mio-pliocenici. Questi ultimi sono costituiti da sabbie del Miocene ( $M_{2.3}^s$ ), e da argille, argille siltose e silts, con locali intercalazioni sabbiose, del Pliocene medio ( $P_{1.2}^a$ ). Nelle aree interne, in copertura sulle rocce cristalline si rinvencono depositi continentali rossastri pleistocenici ( $q^{cl-s}$ ), mentre lembi di conglomerati ( $P_{2.3}^{cl-s}$ ) e di sabbie ( $P_{2.3}^s$ ) del Pliocene, generalmente di modesta estensione, coprono localmente le argille. Depositi derivanti da soliflusione e dilavamento (*a*) sono presenti in lembi, mentre alluvioni fissate (*af*) dell'Olocene caratterizzano le principali incisioni e corsi d'acqua; ad ovest di Monterosso Calabro, estese zone mostrano la presenza di detriti di frana (*df*).

La citata contrada S. Gregorio non è stata identificata dalle nostre ricerche. La zona interessata dagli sprofondamenti sopra descritti è presumibilmente ubicata all'angolo sud-orientale del Lago dell'Angitola, ove convergono (provenienti da sud-est) le incisioni del Fosso Iacomari, del Fosso Coccari, e del Fosso Fellaro (più a valle, denominato Malogna). Nell'area ipotizzata come sede degli sprofondamenti riferiti dalle fonti affiorano, in particolare, alluvioni fissate oloceniche (*af*) ed alluvioni mobili (*a*), presenti lungo le principali incisioni ed i corsi d'acqua, a contatto con sabbie ( $P_{2.3}^s$ ) ed argille ( $P_{1.2}^a$ ) del Pliocene, e con detriti di frana (*df*).

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, Monterosso Calabro è ubicato lungo la citata struttura tettonica, orientata NE-SW, che delimita il margine occidentale delle Serre. Connesse a tale faglia vi sono evidenze strutturali nei pressi di Monterosso e nei suoi immediati dintorni, con orientazione variabile tra N-S e NE-SW.

## 5.1.10. - Polistena (località Giuseppina)

La località Giuseppina è situata poco a sud di Polistena, in sinistra idrografica del Torrente Ierapotamo (cfr. fig. 24).

La segnalazione potrebbe corrispondere al sito #39 in tabella 2, riferita da GALLI (2000) a "Polistena Vecchia", per la quale si menzionano effetti di tipo "A" e "B", imputati dall'Autore alla scossa del 5 febbraio 1783. Nello stesso catalogo, esiste tuttavia un'altra segnalazione, riferita a "Polistena Vecchia (C. Giuseppina)", e quindi più corrispondente al sito, in cui si menzionano soltanto effetti di tipo "A" (imputati sempre alla scossa del 5 febbraio).

La segnalazione deriva dal SARCONI (1784 a – cfr. fig. 30), che descrive una notevole fenditura, apertasi in concomitanza delle scosse (presumibilmente, quella del 5 febbraio) alla superficie del terreno, in destra del T. Ierapotamo. Essa si diramava dalla collina sulla quale sorgevano la chiesa, il convento e l'annesso giardino dei Cappuccini, proseguendo poi in direzione della località Giuseppina, con andamento irregolare e tagliandone quasi a metà il territorio. L'Autore aggiunge:

*<... Quivi pare a prima vista che termini; ma s'ingannerebbe di molto chi sel credesse.>*

*<Sulla sinistra di questa fenditura, e non molto lungi dal fallace apparente termine di essa, partono alcune picciole rime, le quali estendendosi con varia misura, si spandono su gli orli di un terreno, dal quale, con lacerazione a forma di cerchio, si è a piombo staccata una significativa porzione di suolo. Questo suolo, abbandonato il comune livello, si è avvallato, e depresso quasi alla profondità di quattro palmi, e giace appiè delle circostanti terre. Nel vano del medesimo si sono fatte due divisioni.>*

*<Una di esse consiste in una porzione di superficie, sulla quale non vi sono fenditure grandi, ma vi si veggono varie rime sottili con direzione o tortuosa, o a forma d'irradiazione; e l'altra si riduce a una conca quasi circolare, la quale è intorno intorno cinta, e circonscritta dagli orli della superficie testè citata. Questa conca in se contiene molta copia di acqua, emersa novellamente dal seno della terra nell'atto del tremoto.>*

*<La superficie del suolo sprofondato, che giace tra' due perimetri del cerchio esteriore, e dell'interiore, è inegualmente lata ove di due, ove di tre, e ove di quattro palmi. Lo stagno ha un diametro di 20 palmi in circa, ed è inegualmente profondo, ove di dodici, ove di otto, e ove di sei palmi. L'acqua che vi si contiene, è lutulenta, e comincia a putire; ma non ha niuno carattere di acqua minerale. Si veggia il Rame col num. XXVI.>*

Poco oltre, lo stesso Autore riferisce di un'altra voragine, in questo caso però priva di acqua:

*<Oltre alla descritta fenditura circolare ve n'ha un'altra nello stesso distretto della Giuseppina, che ancor essa*

*affetta quasi la figura di un cerchio, con questa differenza però che da essa non pare che sia giammai emersa acqua in dose significante; giacchè tutto il terreno è asciutto, e solo conserva qualche segno di acqua tra la creta, che giace al fondo, e che appare alquanto molle, e inacquata. Dall'orlo di questo termine partono alcuni piccioli raggi di fenditura equivoca, e di varia direzione. Questi raggi dopo un lungo tratto, da sottili che erano pria, e poco notabili, diventano senza un successivo ingrandimento alquanto larghi; e quindi con varia misura, e diversa estensione si dirigono per varj siti ben lontani dalla Giuseppina... >.*

La zona di contrada Giuseppina è caratterizzata dall'affioramento di depositi continentali pleistocenici, composti da conglomerati e sabbie rossastre ( $q^{cl-s}$ ), che raggiungono spessori di oltre 35 metri. Lungo le principali aste fluviali si rinvencono alluvioni oloceniche mobili ( $ac$ ) e fissate ( $af$ ); queste ultime coprono anche ampi settori nei pressi della su citata località.



*Suolo avvallato a figura quasi circolare nel distretto della contrada detta la Giuseppina in Polistena, e lago vi prodotto*

Fig. 30 - Tavola di illustrazione dell'avvallamento del suolo, e derivante lago, descritti dal SARCONI (1784a; Tav. XXVI) in località Giuseppina, presso Polistena (caso # 10).

- Drawing illustrating the soil depression, and the deriving lake, described by SARCONI (1784 a; Tav. XXVI) in locality Giuseppina, near Polistena (case # 10).

Si ritiene che il sito menzionato dalla fonte ricada poco a nord della strada che da S. Giorgio Morgeto conduce a Polistena, nei pressi di un piccolo corso d'acqua che si origina da Poggio Pontana, a sud-ovest di Polistena.

Il contesto morfologico è di pianura, solcata da incisioni di entità variabile che prendono origine dall'area delle Serre, nei contesti litologici caratterizzati dall'affioramento di metamorfiti e rocce intrusive acide, o dai settori immediatamente a valle di queste. In corrispondenza di località Giuseppina, affiorano prevalentemente depositi conglomeratico-sabbiosi pleistocenici ( $q^{cl-s}$ ) localmente terrazzati, alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente ( $af$ ) dell'Olocene, e prodotti di soliflusso e dilavamento, misti a materiale alluvionale ( $a$ ); spostandosi più verso monte, compaiono lembi residui di sabbie e arenarie ( $P_{2-3}^{s(a)}$ ) in appoggio sui conglomerati e le sabbie pleistocenici.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, l'elemento principale in questa zona è costituito dalla già citata rilevante struttura tettonica, ad andamento NNE-SSW e ribassante verso NNW, che marca ad est di Polistena il contatto litologico tra i terreni sedimentari quaternari e le metamorfiti e le rocce intrusive acide.

#### 5.1.11. - Rosarno (fiume Mammella)

A nord di Rosarno, il torrente Mammella scorre verso SW, confluenso nel Fiume Mesima proprio nei pressi della città (cfr. fig. 13). Non sembra esservi alcuna corrispondenza tra la presente segnalazione ed i siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) o da effetti di tipo diverso, riportati nel catalogo di GALLI (2000).

Dall'esame degli stralci contenuti nel CFTI2, è emerso quanto riportato di seguito:

*<... poco prima che giungessimo a Rosarno, presso ad un guado del fiume Mammella attraversammo una pianura pantanosa, in cui mi furono fatti osservare alcuni piccoli fori nella terra, simili ad un cono rovesciato, che erano coperti di terra simile a quella del suolo circostante, e mi fu detto che durante il terremoto del 5 febbrajo, da ognuno di questi fori sgorgò fuori una fontana d'acqua mista di sabbia, che si sollevava ad una considerabile altezza. Io parlai quindi ad un Contadino che si era presente al caso, e che rimase tutto bagnato e ricoperto dalle sabbie, ma assicurommi che non era in modo alcuno calda, come era stato detto.>* [560078]

Si ritiene che gli sprofondamenti siano avvenuti in occasione della scossa del 5 febbraio 1783, nella zona detta "la Fabiana – Baronia", un lembo di piana alluvionale ubicato in destra del Fiume Mesima, tra le confluenze di quest'ultimo con il F. Metramo (affluente in sinistra) e con il Torrente

Mammella (in destra).

Il contesto morfologico è di pianura alluvionale. La costituzione geologica della Piana di Rosarno è stata già descritta in precedenza (cfr. segnalazione "R" in figura 18 - località C. Petrilloso e Masseria S. Croce Corrales). Nei pressi del sito, essa è data generalmente da alluvioni fissate oloceniche ( $af$ ). Poco distanti, si rinvencono estesi pianori e rilievi collinari, costituiti da depositi sabbiosi continentali rossastri ( $q^{s-cl}$ ), del Pleistocene, giacenti su sedimenti sabbiosi marini ( $P_{2-3}^s$ , Pliocene medio-Calabrian).

#### 5.1.12. - Rosarno (Calata di Simeone)

Anche questa segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa corrisponde invece alla segnalazione dello stesso catalogo riferita a "Rosarno - C. di Simeone - Mesima", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alla scossa del 5 febbraio 1783.

A tale proposito, il SARCONI (1784 a) riporta le seguenti osservazioni (cfr. fig. 31):

*<Drizzammo i passi verso Rosarno. Lungo la strada, che dal luogo, detto la calata di Simeone, conduce al fiume, incontrammo piccole lacerazioni del terreno; ma ciò che meritò somma attenzione fu la copia, e la frequenza di quelle macchie circolari, le quali, come in più luoghi abbiamo detto, sono indici dimostrativi di acqua, uscita dal cavo alla superficie della terra. Questi cerchj erano di varia misura; generalmente però essi apparivano ben più grandi degli ordinarij, e di tutti quelli, che altrove avevamo osservati.>*

*<La loro superficie appariva quasi concava, e ricoperta di un'arena cenerognola, e micacea, la quale era finissima, e senza il minimo segno di glutine, e di concrezione. Alcuni di questi segni trovavansi in sito remoto dal fiume, e altri quasi sul margine del medesimo. Dalla ragion del sito non parve che potesse desumersi alcun lume, onde siffare il maggiore, o minore diametro de' cerchj, e in conseguenza la maggiore, o minore emersione delle acque. Indistintamente noi trovammo la stessa varietà nella misura di essi egualmente accanto al fiume, che ne' siti da questo remoti.>*

*<Fu notabile che in molti di tali cerchj osservavasi un'espressa immagine di ciò, che notammo in quelle macchie circolari, che vi erano nel distretto di Borrello, e che aveano la faccia a terreno avvallato. Se ne veggia il Rame segnato col num. XXIV. [nell'Atlante è indicato erroneamente come XXIII]>*

*<Il fiume di Rosarno è il depositario delle acque di molti fiumi, i quali, uniti in esso, formano il Metramo.>*

Inoltre, dall'analisi degli stralci contenuti nel CFTI2, è emerso che:

*<[Rosarno] Nel punto della prima scossa gonfiò notabilmente il fiume ... in alcuni luoghi lungo la sponda si ele-*





Fig. 31 - Tavola di illustrazione degli sprofondamenti descritti dal SARCONI (1784a; Tav. XXIV, erroneamente riportata nell'Atlante come XXIII) nella piana di Rosarno (caso # 12: Rosarno, Calata di Simeone).

- Drawing illustrating the sinkholes described by SARCONI (1784a; Tan. XXIV, erroneously reported in the Atlas as XXIII) in the Rosarno Plain (case # 12: Rosarno, Calata di Simeone).

*varono certe protuberanze alte un cubito. In certi altri luoghi poi si videro comparire alcune cavità, donde sgorgò acqua sulfurea, e di colore cinerizio, dalle quali sbucarono anche arene dell'istesso colore.* > [680040]

Si presume che gli sprofondamenti siano avvenuti in occasione della scossa del 5 febbraio 1783, in sinistra idrografica del Fiume Metramo, tra la confluenza di quest'ultimo con il Fiume Vacale (località Annegato) e con il Fiume Mesima (località Alimastro).

Il contesto morfologico è di pianura alluvionale. Nella zona (cfr. fig. 13) affiorano diffusamente i depositi alluvionali olocenici (*af*), descritti per il sito precedente.

#### 5.1.13. - San Fili - Melicucco (T. Vacale?)

L'abitato è posto qualche chilometro a SE di Rosarno, in destra idrografica del Fiume Vacale

(cfr. fig. 13) che poco più a valle converge, come tributario di sinistra, nel Fiume Metramo. L'area occupata dall'abitato è in realtà racchiusa tra il F. Vacale, che scorre ad occidente, ed il Torrente Sciarapotamo, ad oriente: probabilmente, è proprio ad uno di questi corsi d'acqua che si riferisce il SARCONI (1783 a), quando menziona il "fiume che ne bagna il distretto" (cfr. oltre).

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa corrisponde invece alla segnalazione dello stesso catalogo riferita a "San Fili\*", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

In particolare, il SARCONI (1784a) riporta le seguenti osservazioni:

*<San Fili, villaggio di Rosarno, fu annientato. Il suo territorio fu in varie parti lacerato, e soprattutto a Campizzi, ove il terreno si squarciò con profonda, e lunga fenditura. Lungo il fiume, che ne bagna il distretto, scappò fuori acqua dal cavo della terra, e quindi incontrammo alcuni de' soliti cerchj, prodotti dall'acqua emersa. Questi non erano nè frequenti, nè grandi, nè diversi dagli altri, che altrove descrivemmo.>*

Si può ipotizzare che gli sprofondamenti menzionati dall'Autore (con associate eiezioni di acqua, apertura di fenditure, ecc.) siano avvenuti in occasione della scossa del 5 febbraio 1783, alternativamente nella vicina Contrada Polla (a nord dell'abitato), nel tratto di pianura alluvionale compreso tra i due corsi d'acqua sopra menzionati, oppure in sinistra idrografica del Fiume Vacale, tra le località Braca e Masseria S. Croce Corraeale (ovvero, poco a SE del sito "R", sopra descritto).

Il contesto morfologico è dunque di pianura alluvionale. In entrambe le zone considerate affiorano diffusamente depositi alluvionali olocenici (*af*), già descritti. L'abitato sorge su depositi continentali pleistocenici ( $q^{c-ls}$ ), in appoggio su sabbie e sabbie siltose plioceniche ( $P_{2-3}^s$ ), affioranti ai margini meridionali del pianoro. Morfologicamente, San Fili occupa un terrazzo ben delimitato ai bordi, elevato qualche decina di metri rispetto al fondo valle, ove affiorano appunto le alluvioni oloceniche, con a luoghi coperture colluviali (*a*). L'angolo nord-orientale del terrazzo è localmente marcato dalla presenza di detriti di frana (*df*).

Non risultano, infine, presenti nell'area elementi strutturali di rilievo.

#### 5.1.14. - Tra Gerocarne e Soriano

Gli abitati di Soriano Calabro e Gerocarne sono ubicati al margine occidentale delle Serre, nella media valle del Fiume Merapotamo (fig. 32).

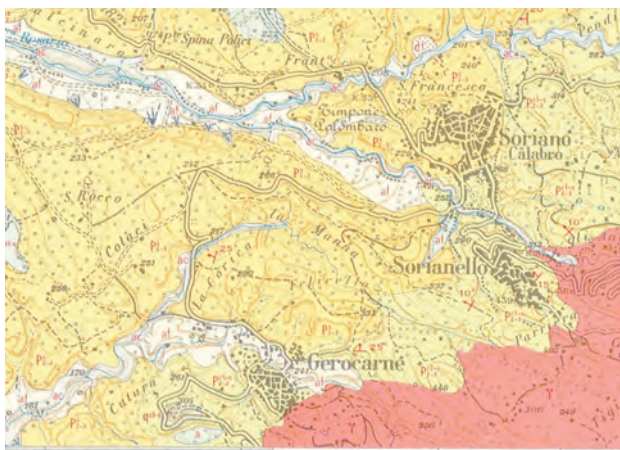


Fig. 32 - Carta Geologica dell'area prossima agli abitati di Soriano Calabro e Jerocarne (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246INO).

- Geological map of the area in the proximity of Soriano Calabro and Jerocarne (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246INO).

La strada che congiunge i due paesi si sviluppa aggirando prima il ramo iniziale della Fiumara Rosario (che nasce a SE di Soriano Calabro), e quindi il Torrente Morano, con un tracciato sviluppato essenzialmente a mezza costa.

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa corrisponde invece alla segnalazione dello stesso catalogo riferita a "Gerocarne-Soriano Calabro\*", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

Diverse fonti riferiscono di voragini, originate tra Soriano Calabro e Gerocarne in date non precisate (ma comunque in occasione delle scosse del 1783), specialmente nelle vicinanze di quest'ultimo abitato. I due stralci riportati di seguito derivano dalla consultazione del CFTI2:

*<Si aprirono molti crepacci nel suolo, in generale rettilinei, alcuni anche semicircolari, altri come presso Jerocarne, irraggiati irregolarmente da un centro.> [000002]*

*<...la strada da Soriano a Jerocarne divenne un miscuglio commisto di ruine. ... [i terreni] Si screpolarono, aprironvisi di profonde fessure. Ma le fessure immobili non erano; ora si serravano impetuosamente combaciandosi di nuovo gli orli, ora si riaprivano ... Le fenditure, e così in questo luogo come in ogni altro pigliavano diverse forme, ma le più in cotale modo s'informano, che parecchie da un solo centro aperto, anch'esso partendo, a guisa di raggi se ne allontanavano, onde acquistavano sembianza di un polpo, ovvero di un granchio di mare. Talvolta usciva da queste spaccature una fanghiglia cretacea spremuta a forza, come pare, dai più interni ripostigli della terra. ... Dalle grandi e vaste spaccature usciva copiosissima, e le vicine*

*campagne allagava. ... Sovente accadeva, che non da fenditure saltava fuori, ma da certe conche circolari, che sul terreno cave si formavano, e dal centro delle medesime piuttosto che da altre parti scaturiva. ... acqua o creta nell'acqua disciolta sorsero dalle profonde viscere del travagliato globo ...> [350217]*

A ciò si aggiungano le testimonianze del SARCONI (1784 a), riportate di seguito (cfr. fig. 33):

*<Fummo in Jerocarne, ch'è una parte del feudo di Arena; e vi scendemmo dal monte Lache ...>*

*<Noi passammo da una in altra lacerazione di terreno. Fu notabile che queste erano più frequenti, più larghe, e più profonde in data ragione che ci scostammo da Soriano, e che da questo a Jerocarne ci avvicinammo.>*

*<Queste lacerazioni erano capricciosamente varie per direzione ... Ed altre finalmente, lungi dal serbare la minima regolare direzione, formavano un aggregato di confuse, e rotte sezioni, che capricciosamente intersecavansi fra loro, ed esibivano quella imagine stessa, che offer potrebbero alcune lastre di denso cristallo, o una lunga superficie di porcellana, qualora fossero o da empito villano, o da ruinate peso infrante, e schiacciate. Si osservi il Rame segnato col num. XX.>*

*<Alle aperture trovammo nelle vicinanze di Jerocarne unite le depressioni del terreno; ma queste non erano di moltissima importanza, ne' di lunga estensione.>*

*<Ciò, che è notabilissimo in questo fenomeno, si è che ... queste aperture hanno sofferto vario fato in ciò, che riguarda la loro latitudine. In quelle, le quali erano le più mostruose, si è di giorno in giorno emendata la larghezza dello squarcio fino al segno, che le maggiori, che ora esistono, appena hanno un palmo di dilatazione, quando prima erano late per tre, e quattro palmi. E nelle squarciature minori è succeduta tanta riparazione, e tale restituzione di terreno al pristino stato, che appena vi si conosce più il segno della loro esistenza.>*

*<Non mancò chi pretese di assicurarci, mal grado che altri nol confermasse, che alcune di queste aperture erano profonde ne' primi giorni fino a 13, e 16 palmi; ... in quelle aperture, che ora esistono, noi non abbiamo osservata altra massima profondità, che quella di quattro in cinque palmi.>*

La costituzione geologica dei dintorni di Soriano e Gerocarne è simile a quella di Dasà ed Acquaro, posti poco più a sud, descritti di seguito. Il complesso di rocce acide biotitiche (?) è a contatto tettonico con complessi sabbiosi ( $P_{2-3}^{cl-s}$ ), passanti verso ovest a sabbie e arenarie ( $P_{2-3}^s$ ) del Pliocene superiore, in eteropia di facies. Su queste ultime sorge l'abitato di Soriano Calabro; Gerocarne insiste invece su depositi conglomeratici. Completano l'assetto litologico gli affioramenti di alluvioni mobili (*ac*) e fissate (*af*), presenti lungo i corsi d'acqua precedentemente citati.

Sulla base delle fonti riportate si può affermare che, probabilmente in occasione del terremoto



del 7 febbraio, nelle vicinanze di Gerocarne si produssero numerose voragini, prevalentemente di piccola estensione e profondità. A tal proposito, è da sottolineare la precisazione del SARCONI (1784a), che riporta affermazioni da parte di alcuni locali (in realtà, contraddetti da altri testimoni) su una presunta maggiore profondità delle stesse voragini, al momento della loro formazione.

Tra i siti che possono ritenersi localizzazioni plausibili degli sprofondamenti menzionati dalle fonti, va ricordata l'area nelle immediate vicinanze della strada Soriano-Gerocarne, all'altezza della parte alta del ramo di destra del Torrente Morano: qui sono infatti presenti depositi alluvionali mobili (*ac*) e, poco più a valle, fissati (*af*), in copertura sulle sabbie plioceniche ( $P_{2-3}^s$ ).

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, l'area è attraversata dal tratto centrale della importante struttura tettonica prima descritta lungo il margine occidentale delle Serre, ad andamento NE-SW. All'altezza di Soriano Calabro, si osserva un arre-

tramento verso monte della struttura, mediante un sistema coniugato di lineazioni tettoniche, che determina una maggiore estensione dell'area di affioramento dei depositi pliocenici (su cui insiste l'abitato). Riguardo ai processi di smantellamento del rilievo di vaste dimensioni, ad ovest di Gerocarne sono segnalate due grandi frane sulle sponde opposte del Torrente Morano: si tratta di uno scorrimento sul versante nord (in destra orografica), e di un colamento su quello meridionale (in sinistra orografica).

#### 5.1.15. - Tra Dasà ed Acquaro d'Arena

Dasà è ubicato in sinistra orografica del Torrente Petriano; poco più a sud, è sito Acquaro, la cui continuità abitativa è interrotta dalla presenza del Torrente Amello, tributario di sinistra del Torrente Petriano, che a sua volta si immette nel Fiume Merapotamo (fig. 34).

La segnalazione non trova corrispondenza



Fig. 33 - Tavola di illustrazione delle fenditure di terreno descritte dal SARCONI (1784a; Tav. XX) nel distretto di Gerocarne (caso # 14: tra Gerocarne e Soriano).  
- Drawing illustrating the ground cracks described by SARCONI (1784a; Tav. XX) in the Gerocarne territory (case # 14: between Gerocarne and Soriano).



Fig. 34 - Carta Geologica dell'area prossima agli abitati di Dasà ed Acquaro (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IVSE).

- Geological map of the area in the proximity of Dasà and Acquaro (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IVSE).

nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa potrebbe corrispondere alle segnalazioni dello stesso catalogo riferite ad "Acquaro\*" e "Dasà\*", rispettivamente, in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alle scosse del 5 febbraio o del 28 marzo 1783.

Per tale area, SARCONI (1784 a) riferisce di aver osservato "segni circolari", simili a quelli già osservati lungo il Fiume Mesima (cfr. descrizione del sito c/o Sant'Angelo), presumibilmente originati in occasione del terremoto del 7 febbraio:

*<Osservammo Dasà, e Aquaro di Arena, e trovammo che tutto era avvallato, e chiuso in un miserando sfasciume. Vi erano ne' terreni alcuni piccioli squarci; ma ciò, che meritò attenzione maggiore, si fu che incontrammo molti di quegli stessi segni circolari, somiglianti a quelli, che lungo le rive della Mesima, andando da Mutari a Soriano, erano nati da emersioni di acqua sotto l'impeto de' tremoti.>*

Litologicamente, l'area subito a monte (cioè ad est) degli abitati è costituita da rocce acide biotitiche, a composizione variabile tra la quarzo-monzonite e il granito (?). In contatto tettonico, marcato da una netta rottura di pendenza, affiorano più ad oriente sabbie ed arenarie del Pliocene superiore ( $P_{2-3}^s$ ), con al di sopra lembi di depositi continentali, costituiti da conglomerati sabbiosi e sabbie ( $q^{cl-s}$ ). Entrambi gli abitati sorgono su depositi di piana alluvionale (a), con lembi più ridotti di alluvioni mobili (ac) e fissate (af).

Il sito riferito dal SARCONI (1784a) è presumibilmente identificabile all'interno di una pianura

posta ad ovest di Dasà, al cui interno si rinvennero depositi di solifluzione e dilavamento, talora misti ad alluvioni (a). Le blande colline circostanti sono invece costituite dalle sabbie ed arenarie plioceniche ( $P_{2-3}^s$ ), con lembi di depositi continentali ( $q^{cl-s}$ ). Il contesto morfologico è infatti di pianura alluvionale, che più ad oriente (verso gli abitati di Dasà ed Acquaro) muta in collinare.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, il settore tra Dasà e Acquaro è ubicato lungo la prosecuzione della già citata struttura tettonica, orientata NE-SW, delimitante il margine occidentale delle Serre. Da segnalare, infine, la presenza di grandi frane da scorrimento nella zona di Acquaro, che interesserebbero direttamente almeno una parte dell'abitato.

#### 5.1.16. - Vena di Jonadi

La zona di Vena-Jonadi è posta a sud-ovest di Vibo Valentia (un tempo, Monteleone), nei pressi dell'area dove sorge l'aeroporto di Vibo (fig. 35).

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa potrebbe corrispondere alle segnalazioni dello stesso catalogo riferite a "Monteleone [Vibo

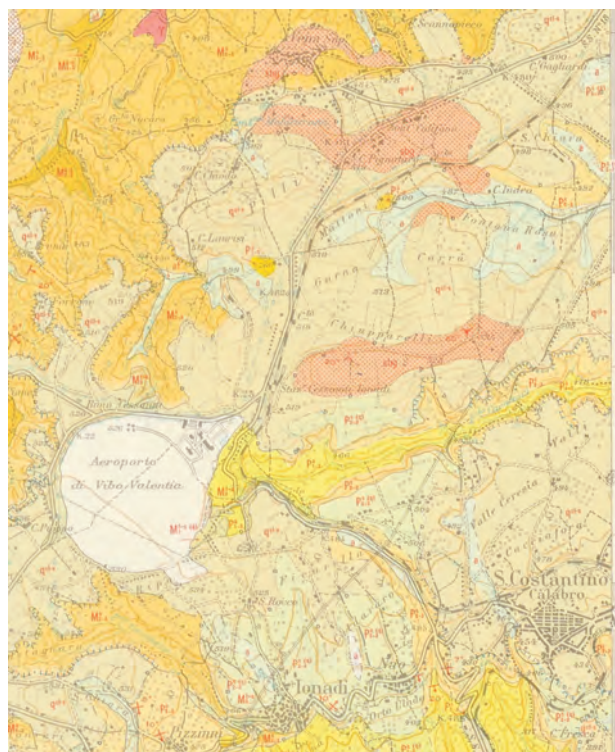


Fig. 35 - Carta Geologica dell'area di Vena di Jonadi (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IVNO).

- Geological map of the area in the proximity of Vena di Jonadi (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IVNO).



Valentia] [1]”, in cui si menzionano effetti di tipo “A”, imputati dall’Autore rispettivamente alle scosse del 5 febbraio e del 28 marzo 1783.

Di seguito, si riporta quanto emerso dalla consultazione del CFTI2:

*<Non soffrì questa città [Monteleone] gran danno nelle scosse del dì 5, e del dì 7 di febbraio; ma delle seguenti, e precisamente da quella del dì 28 di marzo, gran parte fu gittata per terra ... Il territorio dello stato non soffrì danno, e sensibile alterazione, tranne in Vena, dove mi si riferisce dal medico D. Giovanni Bianchi essersi sprofondato un cilindro di terra di gran diametro, ed aver lasciato una voragine di smisurata altezza.> [680040]*

Litologicamente, in questo settore predominano depositi continentali pleistocenici, costituiti da conglomerati, conglomerati sabbiosi e sabbie ( $q^{ls}$ ). Localmente, affiorano gneiss e scisti quarzoso-biotitici-granatiferi (in corrispondenza di uno di tali affioramenti sorge Vena superiore). Verso ovest, si passa a depositi sabbiosi del Miocene medio-superiore ( $M_{2.3}^s$ ), mentre a sud di Ionadi e S. Costantino Calabro, e in corrispondenza del Fosso Cacariaci, affiora la successione pliocenica, nell’ambito della quale si distinguono argille, argille siltose e silts del Calabriano ( $P_{1.3}^a$ ), e sabbie e sabbie siltose del Pliocene medio-Calabriano ( $P_{2.3}^s$ ), con lembi residui dei depositi continentali ( $q^{ls}$ ). Infine, coperture poco estese di depositi di soliflusione e dilavamento ( $a$ ) completano l’assetto litologico. Il contesto morfologico complessivo è di pianura, solcata da varie incisioni, alcune delle quali in netto approfondimento, e localmente marginate da ben definite zone terrazzate. Il sito

ipotizzato per la localizzazione degli sprofondamenti è ubicato nei pressi del Fosso Cacariaci, un’incisione ad andamento ENE-WSW che scorre poco a nord di S. Costantino, nell’ambito della successione pliocenica citata in precedenza. Il fondo dell’incisione è impostato nelle argille siltose e silts ( $P_{1.3}^a$ ), mentre lungo i versanti si rinven- gono sabbie e sabbie siltose ( $P_{2.3}^s$ ).

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, il principale elemento è rappresentato da un sistema di faglie orientato ca. NE-SW, ribassante verso SE, posto lungo il margine interno del promontorio del Monte Poro, riconoscibili tra Vibo-S. Onofrio e Mileto-San Calogero, in direzione di Rosarno. Tale struttura margina il fianco occidentale della depressione drenata dal Fiume Mesima, permettendo il sollevamento dei terreni sedimentari alto-miocenici (facies evaporitica e detritica) e pliocenici (facies detritica sabbiosa, argillosa e marnosa) rispetto a quelli sciolti quaternari.

Negli immediati dintorni dell’area in esame non sono segnalate grandi frane. Queste sono invece presenti, sotto forma di scorrimenti, sia più ad est (a NE di Francica), che ad occidente (presso Zungri).

#### 5.1.17. - Fiume Cerrate (Feudo di Soreto)

Gli abitati di Melicuccà, Dinami e Caridà marciano, da NE verso SW, il passaggio litologico tra le metamorfiti e rocce intrusive acide del margine occidentale delle Serre, ed i depositi pliocenici delle valli dei fiumi Marepotamo e Mesima (fig. 36).



Fig. 36 - Carta Geologica dell’area riferibile al Fiume Cerrate-Feudo di Soreto (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.246IVSE).  
- Geological map of the area of Fiume Cerrate-Feudo di Soreto (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.246IV/SE).

Non sembra esservi alcuna corrispondenza tra la presente segnalazione ed i siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) o da effetti di tipo diverso, riportati nel catalogo di GALLI (2000).

Le fonti riguardanti la zona del Fiume Cerrate (o Cerrato) ed il Feudo di Soreto – toponimi attualmente inesistenti – sono rappresentate dal Sarconi (1784a), e da uno stralcio rinvenuto durante la consultazione del CFTI2. In particolare, il primo Autore riferisce:

<[Nel feudo di Soreto] Osservammo però nelle sponde del fiume Cerrate un fenomeno, che non avevamo mai più altrove osservato. Vi erano di passo in passo alcuni de' soliti cerchj, nati dall'emersione dell'acqua; questi erano di mezzana grandezza, ma lungi dall'essere allo stesso livello della rimanente parte del terreno, in cui erano nati, essi erano depressi, e intrusi nel suolo alla profondità ove di un palmo in circa, ove di quasi mezzo palmo. La loro superficie non era al solito quasi piana, ma molto inclinata al concavo. Questa era coperta di arena cenerognola. Di questi cerchj ne incontrammo tre lungo le sponde del fiume; e due ne' terreni vicini alle medesime. La loro interna struttura, mal grado la diversità della superficie, e la novità della depressione del suolo era a foggia di cono, e in conseguenza eguale alla solita, che altrove descrivemmo, e che presentava l'immagine di un imbuto.>

Lo stesso Autore tiene a precisare, inoltre, che:

<I villaggi di Soreto sono Daffinà, Denami, e Melicucca, soprannominato di Soreto.>

Secondo lo stralcio desunto dal CFTI2:

<[Stato di Soreto] Egli è situato tutto Soreto nelle vicinanze del fiume Cerrato poco discosto dalla catena degli appennini; onde può bene indovinare ognuno a quali disgrazie fu soggetto nelle prime scosse.> [680040]

I centri abitati sopra citati sorgono in corrispondenza del richiamato contatto litologico. In particolare, Melicuccà e Caridà sorgono su depositi continentali pleistocenici ( $q^{c-l-s}$ ), mentre Dinami è posta su sabbie e arenarie plioceniche ( $P_{2-3}^s$ ). Spostandosi in direzione del fondovalle, la successione pliocenica è completata dalla presenza delle argille silteose e silts ( $P_{2-3}^a$ ), mentre le principali aste fluviali mostrano alluvioni fissate ( $af$ ) o mobili ( $ac$ ), oloceniche.

Il contesto morfologico è di pianura alluvionale, all'interno della valle del Fiume Marepotamo, in sinistra idrografica. Il sito può essere forse localizzato nelle vicinanze di un'asta fluviale, sita tra Dinami e Melicuccà, caratterizzata da affioramenti di sabbie ( $P_{2-3}^s$ ) ed argille ( $P_{2-3}^a$ ) plioceniche, con depositi alluvionali fissati ( $af$ ) lungo l'incisione.

Da un punto di vista strutturale, l'area è ubicata ad ovest dell'importante struttura tettonica prima descritta, ad andamento NE-SW, che lungo il margine occidentale delle Serre solleva le unità metamorfico-cristalline del settore meridionale dell'Arco Calabro rispetto ai depositi plio-pleistocenici di riempimento della depressione del Mesima-

Marepotamo.

Riguardo ai processi di smantellamento del rilievo di vaste dimensioni, le grandi frane più prossime all'area in esame sono quelle da scorrimento, segnalate nei dintorni di Acquaro.

#### *Ambito Territoriale III: Stretta di Catanzaro*

L'ambito territoriale è ubicato in Calabria centrale, in provincia di Catanzaro (fig. 37), in corrispondenza della soluzione di continuità tra i rilievi del massiccio Silano e del Monte Mancuso, posti nel settore più settentrionale, e quelli più meridionali delle Serre.

Nell'area affiorano diffusamente sedimenti quaternari appartenenti all'unità dei terreni sciolti sabbioso-argillosi, con ghiaie subordinate, di origine marina o continentale, a luoghi terrazzati. Presso i bordi settentrionale e meridionale della Stretta (tra Gizzeria e Catanzaro, a nord, e tra Maida e Squillace-Punta di Staletti, a sud), si rinvengono affioramenti delle sottostanti unità, rappresentate da depositi alto-miocenici detritico-evaporitici e sedimenti pliocenici sabbioso-argilloso-marnosi, e da lembi di substrato paleozoico, rappresentato dalle metamorfite e rocce intrusive acide, appartenenti alle unità alpine di derivazione continentale, e da metamorfite di grado da molto basso a medio, ascrivibili sia alle unità alpine oceaniche e continentali, sia alle panormidi. In subordine, si rinvengono affioramenti di metamorfite ofiolitiche (di grado da basso ad alto), ascrivibili ad unità alpine di derivazione oceanica, nonché calcari e dolomie, a luoghi debolmente metamorfosati, con intervalli pelitici/metapelitici, ascrivibili alle unità mesozoico-paleogeniche panormidi della catena appenninica ed alle coperture giurassiche della catena alpina, in Calabria meridionale.

Per quanto riguarda l'assetto morfostrutturale, ai margini settentrionale e meridionale dell'area si riconoscono strutture tettoniche di rilevanza regionale, dotate di notevole rilievo morfologico ed orientate circa WNW-ESE, ascrivibili alle fasce di trascorrenza sinistra descritte da VAN DIJK *et alii* (2000) e da TANSI *et alii* (2007).

Riguardo ai processi di smantellamento del rilievo di vaste dimensioni, nell'ambito della Stretta sono segnalate alcune grandi frane (n.7 casi), delle quali una (presso Maida) è stata dubitativamente attribuita ai terremoti del 1783 da SORRISO-VALVO & TANSI (1996). Da un punto di vista tipologico, si tratta di frane da scorrimento in n. 6 casi, mentre presso Cortale viene segnalato un colamento. I suddetti fenomeni risultano tutti impostati su affioramenti di terreni quaternari sciolti.



## 5.1.18. - Maida (Piana di)

L'area è ubicata nella porzione occidentale della Stretta di Catanzaro, incisa dai corsi d'acqua del T. Cottola e del Fiume Amato (fig. 38). Essa è attraversata da importanti infrastrutture viarie (Autostrada SA-RC, SS.18, SS.280) e dalle linee ferroviarie per Reggio di Calabria e per Catanzaro.

La segnalazione non trova corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Essa corrisponde tuttavia ad una segnalazione dello stesso catalogo riferita alla "Piana di Maida", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alla scossa del 28 marzo 1783.

Le verifiche effettuate hanno evidenziato episodi di sprofondamento avvenuti nella piana posta a valle dell'abitato di Maida, nelle vicinanze della costa tirrenica - come descritto nello stralcio del CFTI2 riportato di seguito:

*<La città di Maida... Molto danno soffrì negli antecedenti terremoti [l'Autore si riferisce alle scosse cominciate il 5 febbraio 1783], ma quello del dì 28 la mise a soqquadro ... Nella pianura sottoposta, ch'è per l'appunto quell'adiacente al seno Lametico, vi si veggono molte conche passo passo a figure di coni inversi, donde zampillò acqua torbida ed arena a color piombino. Nella*

*contrada poi chiamata lo Stretto si fecero alcune fenditure, dalle quali uscì un fumo denso, e caldo... > [680040]*

Non si è rinvenuta un'esplicita datazione dei fenomeni di sprofondamento citati dalle fonti, ma si propende per una genesi legata alla scossa del 28 marzo 1783.

Il contesto morfologico è di pianura-collinare, con ampie valli incise dai torrenti Pesipe, Cottola e dal Fiume Amato, defluenti verso la costa tirrenica. Nell'ambito delle suddette valli affiorano prevalentemente alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (*af*), depositi sabbioso-conglomeratici di antiche conoidi pleistoceniche ( $q_c^{s-d}$ ) localmente terrazzati, ed in subordine alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose (*ac*) dell'Olocene. Le sponde dei corsi d'acqua ed i rilievi circostanti sono costituiti da depositi pleistocenici di origine marina, rappresentati da conglomerati e sabbie bruno-rossastre, poco resistenti all'erosione e molto permeabili ( $Q^{c-l-s}$ ). I fianchi delle valli risultano localmente marcati, alla base, da depositi olocenici colluviali, talora con intercalazioni alluvionali (*a*), modeste conoidi, e depositi di frana (*df*). I depositi conglomeratici giacciono in discordanza su sabbie ed arenarie, con intercalazioni argillose ( $P_{2.3'}$ ), moderatamente resistenti e ad alta permeabilità, e quindi su argille marnose ( $P_{2.3^a}$ ),

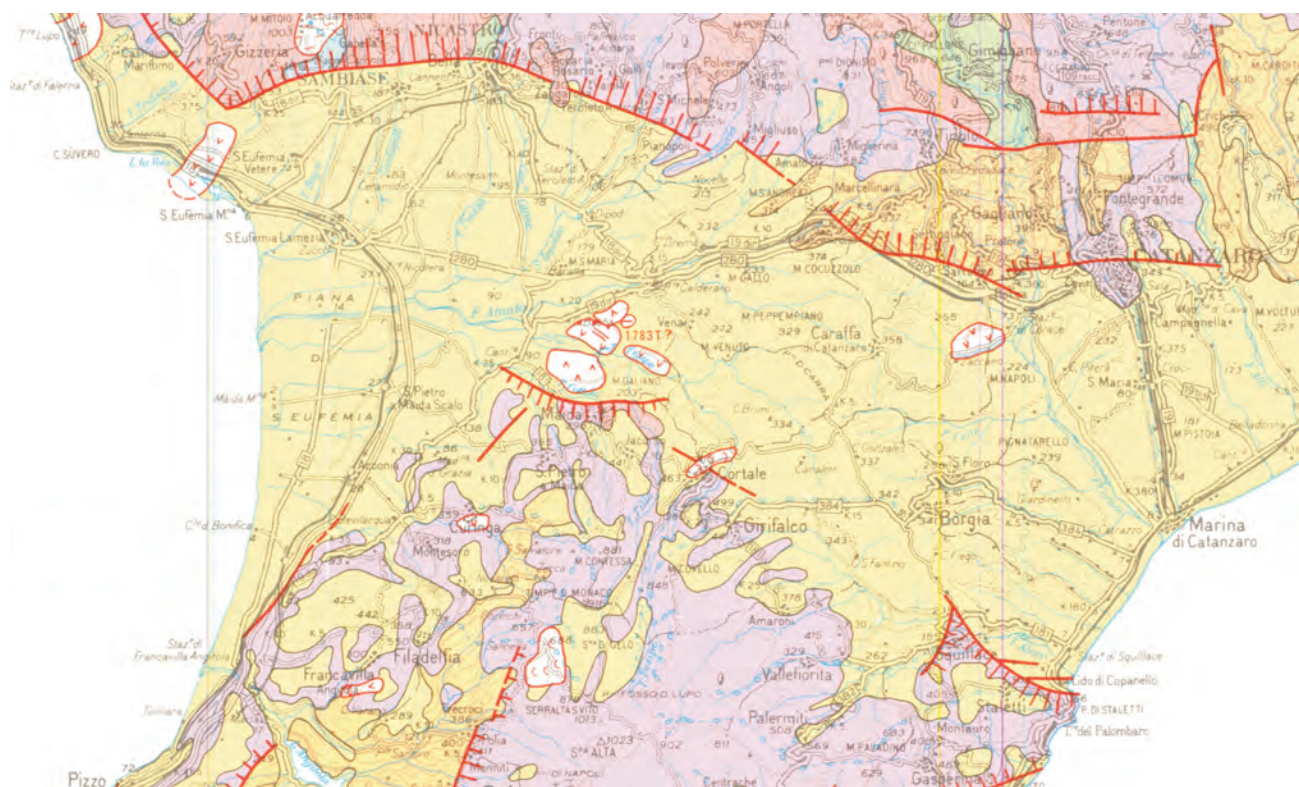


Fig. 37 - Caratteri geologico-strutturali dell'ambito territoriale della Stretta di Catanzaro (stralcio tratto da SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).  
- Geological-structural characters in the Catanzaro Strait (extract from SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).



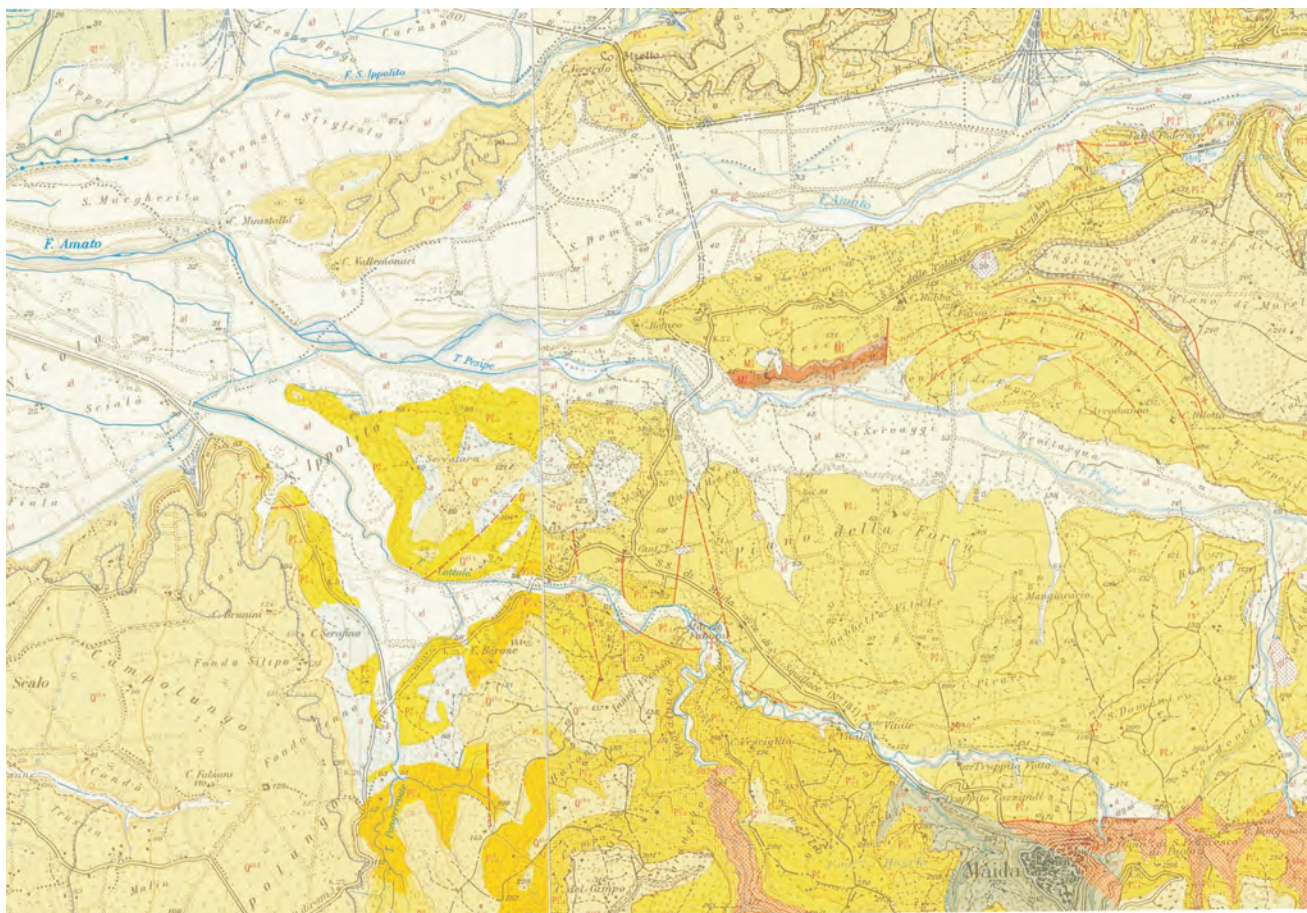


Fig. 38 - Carta Geologica della piana di Maida (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.241ISE e F.241ISO).  
- Geological map of the Maida plain (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.241ISE and F.241ISO).

facilmente erodibili e poco permeabili, e su calcareniti biostromali ( $P2-3c$ ), del Pliocene medio-Calabrian. Questi terreni poggiano a loro volta su argille marnose ( $P_{1-2}^a$ ) e conglomerati ( $P_{1-2}^d$ ) del Pliocene inferiore-medio, con caratteristiche tecniche analoghe ai suddetti termini argillosi e conglomeratici, rispettivamente. Un tratto della struttura tettonica trascorrente sinistra che delimita verso sud la Stretta di Catanzaro è riconoscibile in corrispondenza del settore compreso tra Cortale e Maida, caratterizzato da un'evidenza morfologica più accentuata nella sua porzione più occidentale.

Per quanto riguarda i caratteri morfogravitativi, nell'area sono presenti n.4 delle GF da scorrimento segnalate da SORRISO-VALVO & TANSI (1996) nella Stretta. Per una di esse, gli Autori propongono un'origine sismo-indotta, in connessione con i terremoti del 1783.

#### 5.1.19. - Sant'Eufemia (marina di)

L'area è ubicata immediatamente ad ovest del sito descritto nella segnalazione precedente, lungo

la fascia tirrenica della Stretta di Catanzaro, tra Sant'Eufemia Vetere e la foce dell'Angitola (fig. 39). Essa è quindi attraversata dalle già menzionate infrastrutture viarie e ferroviarie, ed ospita inoltre l'aeroporto di Lametia.

Le segnalazioni relative a tale zona non trovano corrispondenza nella lista dei siti interessati da fenomeni di tipo "B" (tab. 2) desunta dal catalogo di GALLI (2000). Esse potrebbero in parte corrispondere ad una segnalazione dello stesso catalogo, riferita a "Sant'Eufemia Vetere\*", in cui si menzionano effetti di tipo "A", imputati dall'Autore alle scosse del 28 marzo o 5 febbraio 1783.

In base ai risultati delle verifiche effettuate, sono confermati alcuni episodi di sprofondamento avvenuti in varie località della piana di S. Eufemia, nei pressi della costa - come descritto negli stralci del CFTI2 riportati di seguito:

<Nel vasto territorio di S. Eufemia, precisamente alla scossa del dì 28 marzo, si fecero molte aperture, donde zampillarono molte acque, ed arene di vario colore, cioè negre, bigie, e giallastre odorose di zolfo ... Frequenti, fra l'altro, furono questi coni inversi lungo la marina di S.



*Eufemia, da' quali, oltre l'acqua, scappo fuori certa arena  
dove grigia, dove a color di zolfo, e dove di ferro, della quale  
ho io avuto le mostre ...* > [680040]

<[28 marzo 1783] *Le lagune del Fondaco del Fico [piana di Curinga?] s'allargarono considerevolmente per acqua emersa. A Lacconia, a Curinga e S. Pietro si vedono sui vecchi delta aprirsi delle pozze anghe circolari ... Fra l'Angitola e Gizzeria lungo 22 km di spiaggia la depressione è più grande, quivi si sono formate moltissime gore [?] nel terreno squarciato in ogni direzione, ed il torrente Lamato ha mutato interamente il suo letto che prima correva verso S. Ippolito.*> [560106 - brano tratto da una lettera di GIOACCHINO PITTARO]

In sintesi, gli episodi di sprofondamento (con associate eiezioni di acqua, sabbia ecc.) possono essere imputati alla scossa del 28 marzo 1783, e sarebbero avvenuti in diverse località della piana, tra la foce del Fiume Angitola e Gizzeria, e specificamente in corrispondenza della marina di Sant'Eufemia (figura 39), e nei pressi degli abitati di Acconia e S. Pietro a Maida (fig. 40), e di Curinga (fig 41).

Da un punto di vista litologico, gli affioramenti sono generalmente analoghi a quelli già descritti per l'area della piana di Maida (cui si rimanda per maggiori dettagli).

Per quanto riguarda i caratteri strutturali, una faglia di rilevanza regionale, orientata NE-SW ed associata alla citata *rift-zone* Calabro-Sicula, viene segnalata al margine occidentale dell'area, tra

Acconia e la foce dell'Angitola (ove si sviluppa l'Autostrada SA-RC e la linea ferroviaria per Reggio di Calabria). Nella porzione più settentrionale della piana, una struttura tettonica orientata circa NW-SE, sviluppata tra la contrada Terravecchia e la porzione terminale del T. Casale, attraversa il T. Zinnavo in corrispondenza della Torre di S. Caterina (TANSI & IOVINE, 2002; TANSI *et alii*, 2002). Tale struttura (non indicata in figura 37) corrisponde morfologicamente al gradino che separa le sabbie ed i conglomerati delle antiche conoidi pleistoceniche ( $q_c^{s-cl}$ ), dalla fascia litorale, prevalentemente caratterizzata da alluvioni e depositi di conoide recenti ( $af$ ,  $ac$ ).

## 6. - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi delle informazioni disponibili (in letteratura, banche dati e cataloghi, interviste ad esperti, ecc.) in merito alla problematica degli episodi di sprofondamento ha consentito di produrre una prima sintesi a scala regionale degli episodi storicamente avvenuti in Calabria, e di raccogliere dati relativi ad altri eventi, al momento ritenuti incerti (analisi in corso di verifica ed approfondimento). Relativamente alle segnalazioni considerate plausibili (descritte nel presente lavoro), si tratta per la massima parte di eventi associati ad episodi di liquefazione sismo-indotta, riferibili alle

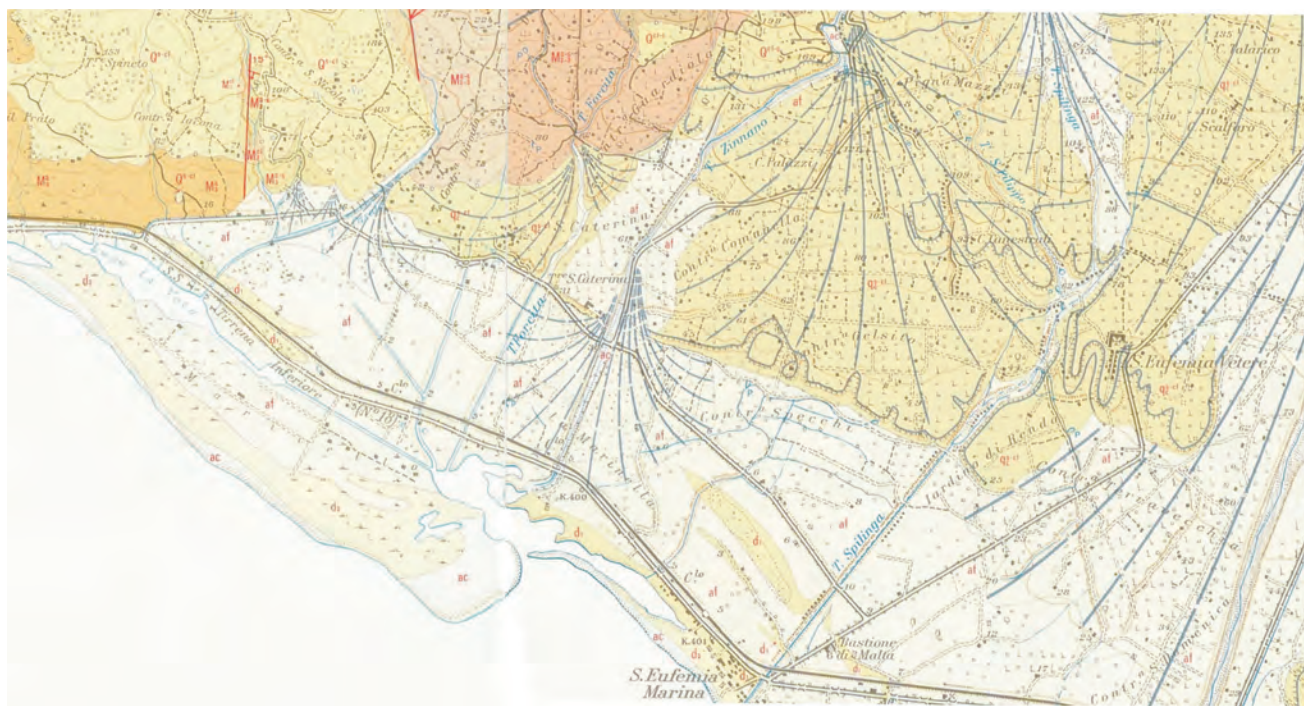


Fig. 39 - Carta Geologica della piana di Sant'Eufemia (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.241INO e F.241IVNE).  
- Geological map of the Sant'Eufemia Plain (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.241INO and F.241IVNE).



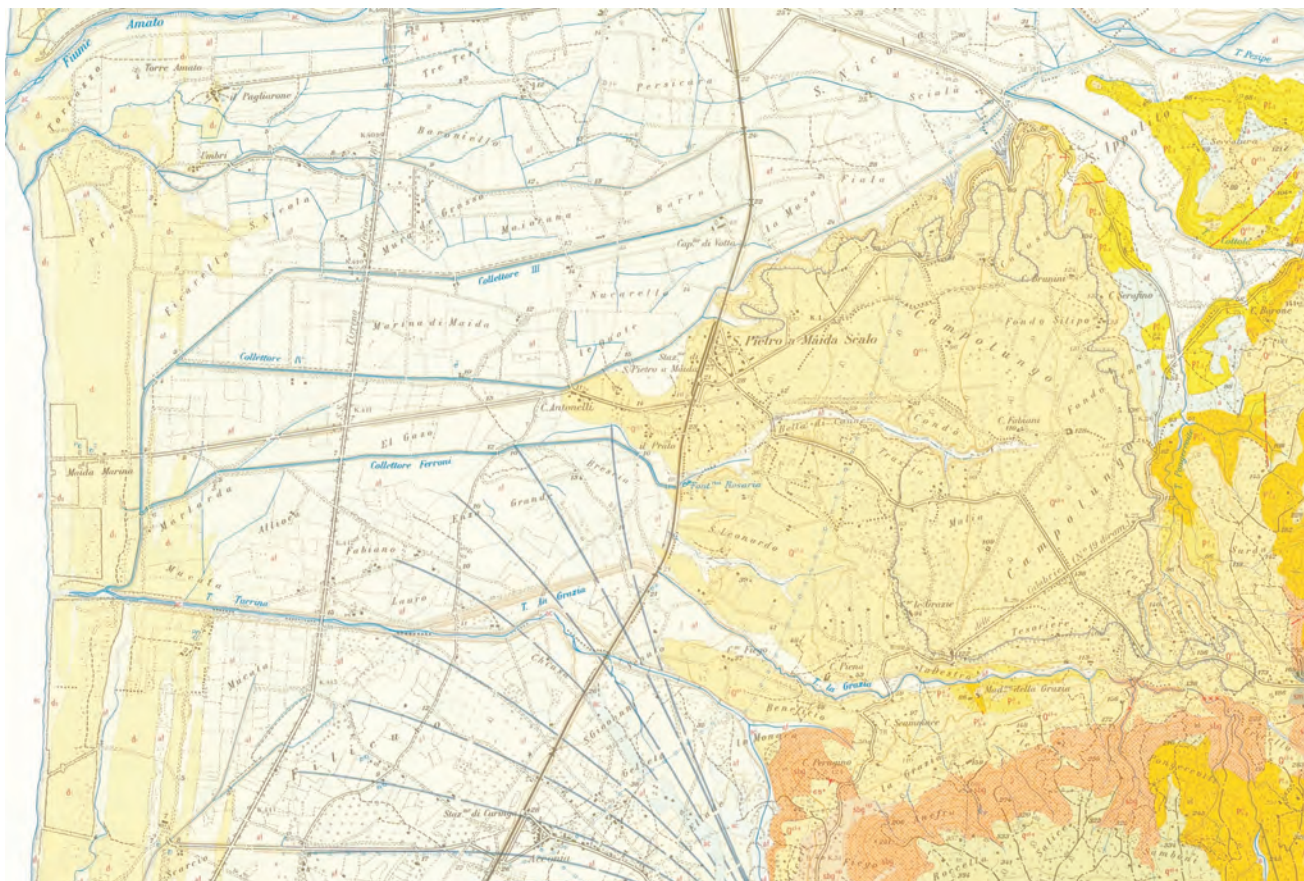


Fig. 40 - Carta Geologica della fascia costiera in prossimità degli abitati di Acconia e S. Pietro a Maida (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.241ISO). Nota: l'abitato di S. Pietro a Maida è ubicato poco più ad est del margine inferiore della figura, nei pressi della località Cricello.  
 - Geological map of the coastline in the proximity of Acconia and S. Pietro a Maida (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.241ISO).  
 Note that the village of S. Pietro a Maida is located eastward of the bottom-right margin of the figure, close to Cricello.

violente scosse della sequenza sismica del febbraio-marzo 1783. Un solo caso (avvenuto nell'alveo della Fiumara Secca) è stato riscontrato per il terremoto del 16 novembre 1894. Due segnalazioni sono, infine, riferite ad episodi recenti di sprofondamento causati (presumibilmente) da processi di suffosione. Malgrado la generale difficoltà di ubicare con precisione le segnalazioni, spesso relative ad episodi molto antichi (ed ormai difficilmente, o per nulla, riconoscibili sul terreno), l'analisi della cartografia e delle aereo-foto, in aggiunta ai sopralluoghi, hanno permesso di effettuare una prima valutazione dei caratteri morfologici e litologici dei contesti territoriali interessati. In prevalenza, le segnalazioni si riferiscono a contesti morfologici di pianura alluvionale, o a valli torrentizie, generalmente in ambito collinare. Nelle zone interessate dai fenomeni descritti, gli affioramenti sono di norma costituiti da alluvioni e sedimenti clastici molto recenti (Olocene-attuale), eterogenei e granulometricamente vari (sabbie, conglomerati), facilmente erodibili.

Nei casi in cui è stato possibile esaminare anche

dati stratigrafici relativi ad aree limitrofe agli stessi siti (dati inediti, Dr. F.A. VIOLO), l'analisi della successione stratigrafica (per i primi 25-30 metri di profondità dal piano campagna) ha indicato la presenza di sedimenti clastici eterogenei, con caratteri di permeabilità piuttosto variabili sia in senso orizzontale che verticale, e bassi gradi di cementazione e addensamento. Le zone interessate dagli episodi di sprofondamento risulterebbero avere, quindi, caratteri stratigrafici tipici di acquiferi multistrato, con depositi granulari eterometrici, di spessore decametrico, a permeabilità variabile con la profondità (a luoghi, in grado anche di costituire condizioni di confinamento idrogeologico), e presenza di falde acquifere.

La difficoltà nel localizzare con precisione gran parte degli eventi descritti, e la scomparsa delle evidenze morfologiche a essi connesse (sia per cause naturali, che per intervento dell'uomo) rendono difficile, allo stato attuale delle conoscenze, l'identificazione dei meccanismi di formazione di ogni singolo caso. Solo in pochissimi casi le descrizioni riportate nelle fonti storiche hanno consentito di



individuare con maggiore chiarezza la genesi degli sprofondamenti. Ciò nonostante, con riferimento allo schema di classificazione dei *sinkholes* proposto da WALTHAM *et alii* (2005) (descritto in dettaglio nel presente volume, cfr. PARISE & FLOREA, 2008), si può affermare che i casi analizzati in questo studio sono morfologicamente riferibili a genesi da suffossione o da richiamo, a seconda della presenza negli strati più superficiali di terreni non coesivi o coesivi, rispettivamente. I caratteri stratigrafici dei siti esaminati, e la variabilità di litologia e/o permeabilità tanto in senso verticale che laterale, risultano in gran parte dei casi compatibili con semplici processi di collasso, associati all'eiezione di fanghi per episodi di liquefazione sismo-indotta, come suggerito per i numerosi eventi storicamente registrati in Calabria, descritti nel presente lavoro.

Le principali caratteristiche degli eventi sismici responsabili degli sprofondamenti da liquefazione sismo-indotta citati nel presente studio sono sintetizzate in tabella 4. Le scosse sono generalmente caratterizzate da valori elevati di magnitudo (superiori a 6), di intensità epicentrale (superiore a VIII MCS) e di intensità massima (almeno IX MCS). Per gli stessi eventi, in figura 42 (a-d) sono illustrate, mediante diagrammi semi-logaritmici, le relazioni tra la distanza epicentrale ( $d$ ) degli sprofondamenti ed i valori stimati di magnitudo ( $M_s$ ,  $M_e$ ),

e di intensità ( $I_0$ ,  $I_s$ ), rispettivamente. In figura 43 (a-d), le stesse relazioni vengono illustrate, per ciascuna scossa, limitatamente agli sprofondamenti ubicati alla massima distanza dall'epicentro. Malgrado i dati disponibili per un tale tipo di analisi siano molto limitati (anche per la ristrettezza del dominio territoriale considerato), in figura 43 (a) sembra potersi riconoscere una certa tendenza all'incremento della massima distanza "sito-epicentro" in funzione della magnitudo del sisma ( $M_s$ ), seguita da una riduzione dello stesso incremento per alti valori di magnitudo. Per inciso, nella stessa figura, la distribuzione dei punti sperimentali ed il suo limite superiore non sembrano in contrasto con le relazioni "soglia" descritte da KEEFER (1984) nel suo studio a scala mondiale sui caratteri della franosità sismo-indotta (cfr. diagrammi relativi alle frane da espansione laterale/colamento ed ai fenomeni di liquefazione). La figura 43 (c) mostra inoltre che, qualora si assuma come variabile indipendente il valore dell'intensità epicentrale del terremoto ( $I_0$ ), si ottiene una correlazione analoga a quella di figura 43 (a). Nessuna chiara relazione sembra emergere, infine, ove si consideri la relazione con l'intensità al sito ( $I_s$ ), come rappresentato in figura 43 (d) – un risultato già segnalato per i casi di liquefazione sismo-indotta a scala nazionale da GALLI & MELONI (1993). Per quanto riguar-

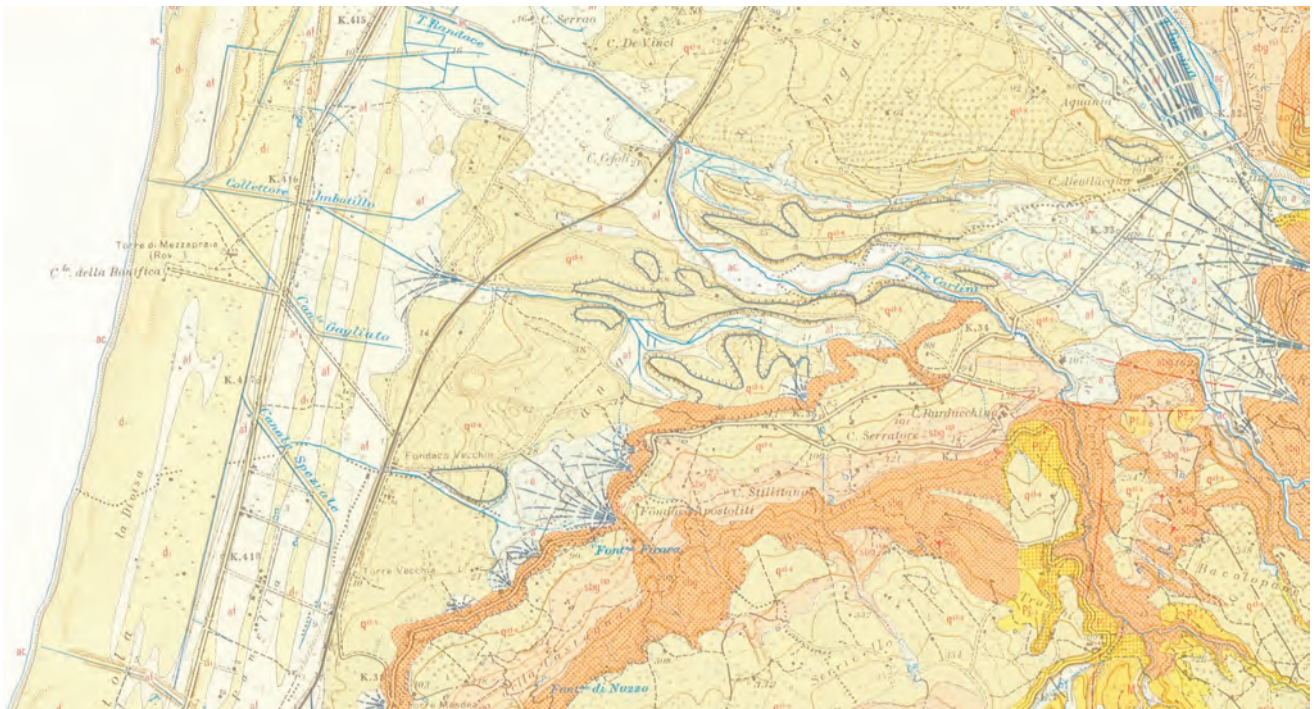


Fig. 41 - Carta Geologica della fascia costiera in prossimità dell'abitato di Curinga (stralcio tratto dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 della CASMEZ, F.241IINO). Nota: l'abitato di Curinga è ubicato poco più ad est del margine della figura, nei pressi delle località S. Biagio e Laconia.

- Geological map of the coastline in the proximity of Curinga (extract from Geological Map of Calabria, scale 1:25,000, CASMEZ, F.241IINO). Note that the village of Curinga is located eastward of the right margin of the figure, close to S. Biagio and Laconia.

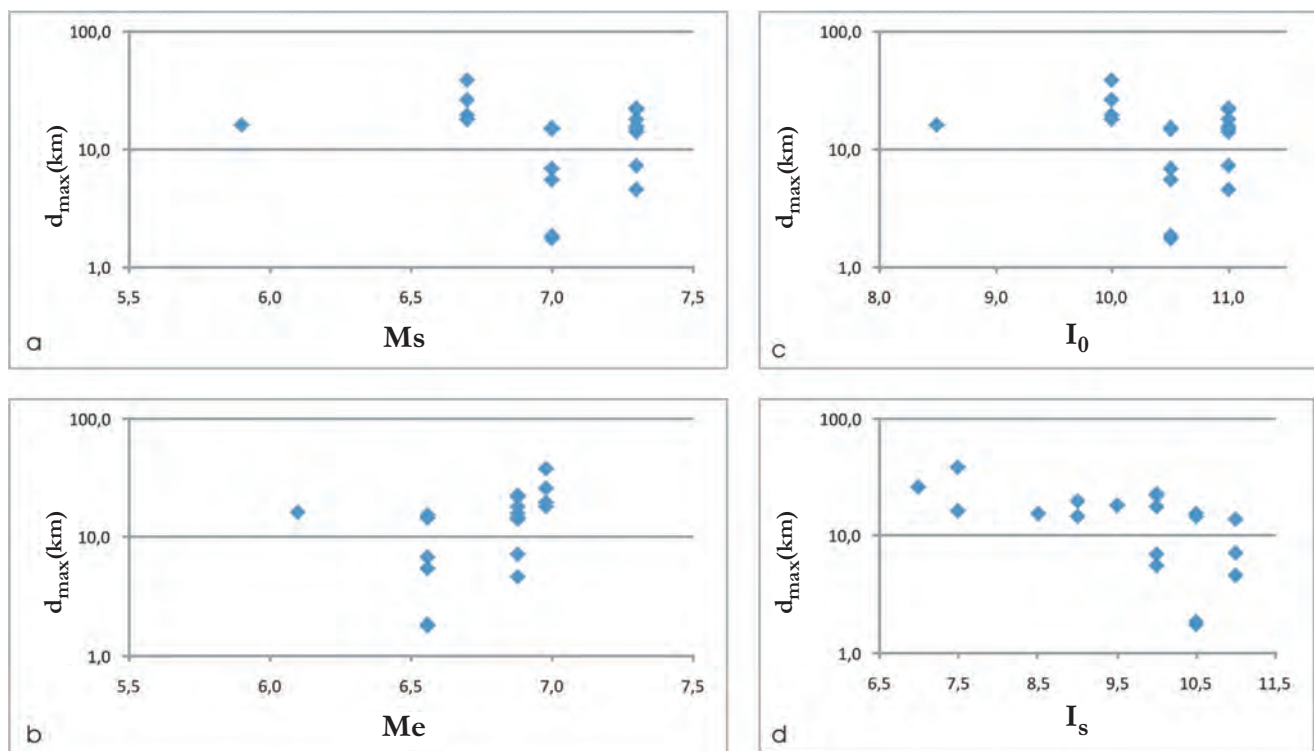


Fig. 42 (a-d) - Diagramma semi-logaritmico (per le segnalazioni riportate in tabella 3) che illustra le relazioni riscontrate tra distanza epicentrale ( $d$ ) degli sprofondamenti, ed i valori stimati di magnitudo ( $M_s$  in a,  $M_e$  in b), e di intensità ( $I_0$  in c,  $I_s$  in d) degli eventi sismici innescanti.

- Semi-log chart (events listed in table 3) showing the relationships between epicentral distance ( $d$ ) of the sinkholes, and the estimated values of magnitude ( $M_s$  in a,  $M_e$  in b), and intensity ( $I_0$  in c,  $I_s$  in d) of the triggering seismic events.

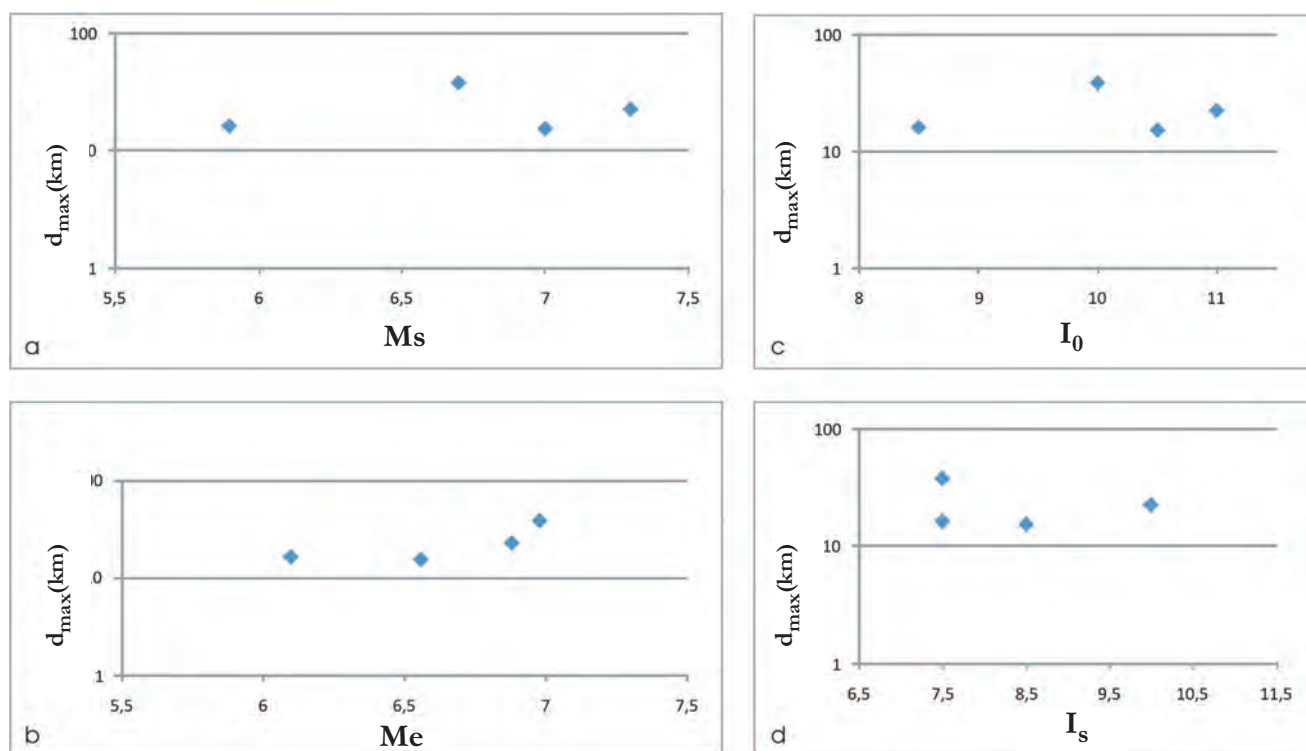


Fig. 43 (a-d) - Diagramma semi-logaritmico (per le segnalazioni riportate in tabella 3) che illustra le relazioni riscontrate tra massima distanza epicentrale ( $d$ ) degli sprofondamenti, ed i valori stimati di magnitudo ( $M_s$  in a,  $M_e$  in b), e di intensità ( $I_0$  in c,  $I_s$  in d) per ciascun evento sismico innescante.

- Semi-log chart (events listed in table 3) showing the relationships between maximum epicentral distance ( $d$ ) of the sinkholes, and the estimated values of magnitude ( $M_s$  in a,  $M_e$  in b), and intensity ( $I_0$  in c,  $I_s$  in d) of each triggering seismic event.



da la ricorrenza nel tempo dei fenomeni di sprofondamento, in alcuni dei siti esaminati (es. dintorni di Rosarno, alveo della Fiumara Secca) sembrano esservi indizi di ripetizione di episodi analoghi di liquefazione, con associati effetti di superficie, in occasione di diversi eventi sismici, oppure in conseguenza di altri tipi di meccanismi innescanti.

In diversi siti considerati nel presente studio si riscontra, attualmente, una significativa presenza di elementi antropici (insediamenti, infrastrutture, ecc.). Ciò evidenzia l'importanza di una maggiore conoscenza e consapevolezza della problematica degli sprofondamenti, siano essi sismo-indotti oppure causati da altri tipi di meccanismi, per le possibili conseguenze (anche drammatiche) che possono produrre sugli elementi esposti.

Per i casi trattati nel presente lavoro, e per quelli attualmente considerati "incerti", sono in corso ulteriori verifiche, sia in archivio che in sito, finalizzate ad ampliare il quadro conoscitivo relativo alla problematica degli sprofondamenti in Calabria, ed alla valutazione delle possibili conseguenze di detti fenomeni sull'ambiente e sull'assetto antropico.

#### Ringraziamenti

*I risultati descritti derivano, in parte, da studi effettuati nell'ambito di una Tesi di Laurea, realizzata nel 2007 da Nicola Nicolino - Relatori S. Critelli e G. Iovine (cfr. bibliografia).*

*Diversi colleghi hanno, in varia misura, messo a disposizione materiale bibliografico o informazioni sui fenomeni oggetto della presente indagine. Si ringraziano in particolare: I. Guerra, A. Guericchio, G. Muraca, P.G. Nicoletti, O. Petrucci, A. Scalercio, G.M. Sorriso-Valvo.*

*Un ringraziamento va inoltre all'ing. G. Gullà, per aver messo a disposizione dati inediti sull'area di studio di Lungro, e al collega L. Borrelli, per aver partecipato ai sopralluoghi effettuati a Lungro e San Basile.*

*Grazie alla gentile collaborazione dei colleghi G. Lanza e O. Petrucci, è stato possibile reperire informazioni ed immagini delle voragini di San Basile. Analogamente, per la cortese disponibilità del collega G. Riga, è stato possibile raccogliere preziose informazioni sullo sprofondamento di Rosarno.*

*Per la preziosa disponibilità del collega F.A. Violo e dei suoi giovani collaboratori, è stato possibile visionare i risultati di diverse prospezioni, ed ampliare così le conoscenze stratigrafiche su alcuni dei siti di interesse.*

*Un grazie al Sig. G. Antonuccio ed ai suoi colleghi dell'Ufficio Tecnico del comune di Cetraro, per aver gentilmente fornito informazioni sugli sprofondamenti avvenuti nell'ambito comunale. Siamo grati, inoltre, al collega B. Cairà per averci gentilmente fornito utili informazioni sui sondaggi recentemente effettuati nell'area urbana. Siamo riconoscenti al Sig. R. Dimaio (URP, comune di Bagnara) per averci aiutato a localizzare alcune segnalazioni riguardanti il territorio comunale.*

*Per il supporto fornito nella preparazione delle illustrazioni, si ringraziano V. Lupiano, P. Mangraviti, e N. Ricca.*

*Infine, un ringraziamento speciale va a Nicola Nicolino, per aver continuato a lavorare pazientemente (anche in remoto) ben oltre la seduta di laurea.*