

MARINO SORRISO-VALVO (*) & CARLO TANSI (*)

GRANDI FRANE E DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE DELLA CALABRIA. NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA AL 250.000

ABSTRACT: SORRISO-VALVO M. & TANSI C., *Large-scale landslides and deep-seated gravitational slope deformation in Calabria. Explicative notes for the 1:250,000 scale map.* (IT ISSN 0391-9838, 1996).

Large-scale landslides and deep-seated gravitational slope deformations (dgsd) are frequent in the Calabrian territory, where they cover ca. 2% of the territory surface (300 km²). In the 1:250,000 scale Map of Large-scale Landslides and Deep-Seated Gravitational Slope Deformations of Calabria (fold-out plate, referred to as the «Map» from here in the text) have been mapped phenomena with at least one side equal or exceeding 500 m. Large-scale landslides are landslides whose size is determinant in regard to the development of the phenomenon, or in regard to the intervention feasibility. They include scale-effect landslides, whose deformation mechanism is modified by scale effects that influence mechanical properties of deforming rocks (e.g. the friction reduction in large rock avalanches). Deep-seated gravitational slope deformations (dgsd) are slope movements for which it is not essential postulating the presence of a continuous shearing surface. Their mechanism can be modified by scale factors (e.g. the brittle-ductile transition in creep deformation).

The mapping base consists of the topography with contour lines cities and lifelines, and of the lithology. Lithologic units are characterized by their mechanic behavior in relation to the studied phenomena, thus they can be considered as Litho-Technical Units (LTU). In the Map, all units have been grouped into eight LTU, herein ordered according to the slope movement increasing frequency.

1 - Carbonates. It includes thick Mesozoic-Paleogene limestones and dolostones in the Northern Calabria and Jurassic limestones covering crystalline allochthonous nappes in South Calabria. Faulting and jointing from rare to extremely frequent (shattered dolostone).

2 - Paleozoic, medium to high-grade metamorphic and igneous rocks. It includes different types of gneiss and rocks of the granite family forming thick allochthonous nappes emplaced during Middle-Upper Miocene. Jointing and weathering intensive.

3 - Neogene hard sedimentary rocks. It includes sandstones, conglomerates, limestones banks, with layers of softer rocks. They were deposited in different sedimentary cycles (Lower Miocene, Tortonian-Messinian, Messinian-Lower Pliocene). Jointing from rare to frequent; weathering moderate.

4 - Pliocene and Pleistocene soft marine and continental deposits. They include sand, clay and subordinate gravel thick beds that fill the tectonic depressions. Faulting and folding moderate, locally intensive.

5 - Mesozoic, ophiolite-bearing low to medium grade metamorphic

rocks, derived by the metamorphism of basic lavas with siliceous limestones of the old Tyrrhenian oceanic crust. They include three tectonic units emplaced during Upper Miocene. Tectonic structures (principally multiple duplex and joints) are pervasive and frequent to very frequent.

6 - Tertiary (Messinian-Lower Pliocene) clayey and marly terranes with evaporitic levels. It is a heterogeneous unit made of relatively thin levels with very different lithologic nature, so that the properties of the unit essentially depend on the weakest beds. Jointing and folding from moderate to intensive. Gypsum levels heavily attacked by karst erosion.

7 - Paleozoic and Mesozoic very low to low grade metamorphic rocks. They include essentially slates and phyllitic rocks of oceanic and continental crust, arranged in tectonic nappes piled up in Middle Miocene. Jointing and weathering intensive.

8 - Mesozoic and Tertiary flyschs. They include the Mesozoic quartzitic flysch of the north-eastern Sila mountains the Mesozoic-Tertiary flyschs of the north-eastern Calabria, and the Cretaceous-Oligocene Varicolored shales cropping along the Ionian side of the region. Tectonic deformation from intensive to extremely intensive.

Major tectonic structures which generated or are generating topographic relief are mapped. Calabria is, indeed, a territory whose relief has been tectonically built during Quaternary era. Block-faulting style is predominant even though regional tilting and folding is present in the Ionian (eastern) side. Generally speaking, each range is a longitudinal (with respect of the land elongation) horst, each valley is a longitudinal graben (in general symmetrical), and each isthmus is a transversal graben. Transversal horsts are also present. The whole structure is an arc-shaped sector of the Alpine S-shaped orogenic belt that extends from Northern Africa, to Apennines and Alps, to remain in Italy. Four morphotectonic sectors can be distinguished in Calabria (fig. 2):

1st - Apennine range (Mount Pollino) and north-eastern Sila. Characterized by a set of normal/strike-slip faults striking N 120-130°, plunging to the SW and to the NE, and in part active. Maximum tectonic uplift ca. 0.7 mm/yr.

2nd - Basin and range system of the Catena Costiera Tirrenica, river Crati Graben, and Sila range. The present relief is due essentially to N-S striking block-faulting sets, with a dextral strike-slip component. The termination of the fault sets is against the faults of Sector 1 to the north, and against a N 30° striking set to the South. On the eastern side of the Sila, tectonics consists of tilting and folding, combined with block faulting. Strike of structures is roughly NE-SW, with parts striking E-W and N-S. This system is active, with an average Quaternary tectonic uplift of 1mm/yr in the Catena Costiera range and ca. 0,8 mm/yr. in the Sila range.

3rd - This sector includes the Catanzaro isthmus, due to a N 120° trending transversal graben that separates the Sila range, to the north, from the Serre-Aspromonte range, to the South.

(*) Cnr-Irpi, 87030 Roges di Rende, (CS).

4th - The last sector includes the NE-SW trending fault sets that uplift the Serre-Aspromonte range with a rate of ca. 1mm/yr. A wide tectonic depression in the Tyrrhenian side initiated uplifting in the Upper Pleistocene forming at present a large terrace of Tyrrhenian age. In the Ionian side, compressive deformation (folds, thrust faults) present a degree of shortening much higher than in the sector 2, with hogbacks trending parallel to the range.

In the Map appear 172 phenomena. They are subdivided into five groups according to the type of deformation: slide-flow, block slide and lateral spread (large-scale landslides); Jahn-type lateral spread and Sackung (dgsd). Few cases of subsidence are also mapped, but they represent a non-well studied small population of phenomena, most of which of karstic origin. They are much more frequent when smaller phenomena are concerned.

For each studied case a data form has been compiled and filed in a data-base used for statistical analysis. In the record, siring, slope gradient, lithological composition and geological structure, and slope movement area, length, width, height, width/length ratio, and presence of natural dams are recorded, along with information on causes when known. Six types of geological structures could be distinguished which characterize the affected slopes (refer to the Map).

Mapped phenomena are territorially concentrated along the scarps surrounding the ranges. They are more frequent along the Ionian side. The reason can be twofold: in this side, due to the more developed compressional character of tectonics, the rocks are more pervasively deformed, in addition, meteorological trigger events act with higher intensity and frequency. Average values of main morphometric attributes and other distinctive characters of phenomena are shown in table 1.

Slope geologic structure seems to be a determinant factor for both the frequency and typology of phenomena. Brittle layers overlying ductile terranes, and intensively jointed rocks, present indeed the highest frequency of studied phenomena. At the same time, sackungs are more concentrated on brittle jointed rocks and on ductile rocks, and lateral spreadings on brittle layers overlying ductile terranes.

As regards the characters of the different types of large-scale landslides (tab. 2), slide-flow phenomena are the only with an average width-length ratio >1; the debris avalanches develop on steepest slopes. A peculiar group of landslides are those triggered by the 1783 earthquakes principally in South Calabria, while a few cases have been found in northern Calabria. These landslides have been marked in the Map by «T 1783». They did not show any activity after the trigger event, except in one case on the north Tyrrhenian coast.

Dgsd phenomena (tab. 3) are present principally along the Ionian side. Lateral spread of the Jahn type are confined in this territory. The tectonic past regime, here characterized by a pervasive and intensive compressive deformation, is probably a major cause for this uneven distribution of dgsd phenomena. Sackung are present on slopes that are the steepest and, at the same time, seem never to exceed 850 m in height.

KEY WORDS: Large-scale landslides, Deep-seated gravitational slope deformation, Morphotectonics, Mapping, Calabria.

RIASSUNTO: SORRISO-VALVO M. & TANSI C., *Grandi frane e deformazioni gravitative profonde di versante della Calabria. Note illustrative della Carta al 250.000*. (IT ISSN 0391-9838, 1996).

Le grandi frane e i fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante (dgpv) sono diffuse sul territorio calabrese del quale occupano circa il 2%. Nella carta al 250.000 delle Grandi Frane e delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, qui illustrata, sono riportati fenomeni con almeno una dimensione (lunghezza o larghezza) superiore o uguale a 500 m.

La base cartografica comprende la topografia e la litologia. Le unità litologiche sono individuate in base al loro comportamento meccanico, per cui possono assimilarsi a Unità Lito-Tecniche (ULT). Si sono individuate otto ULT. Sulla carta sono riportate anche le più importanti strutture geologiche che hanno prodotto energia di rilievo. I fenomeni gravitativi di versante sono suddivisi in base al tipo di deformazione in cinque gruppi: grandi frane per scorrimento-colata, scorrimento in blocco e spandimento laterale; dgpv per spandimento laterale tipo *Jahn* e per *Sackung*. Sono riportati anche sporadici casi di subsidenza, alcuni di origine carsica, che però costituiscono una casistica non ben studiata e molto più diffusa a scala dimensionale minore.

Per ogni fenomeno è stata compilata una scheda che costituisce un *record* di una base di dati. Nei *record* sono riportate informazioni tipologiche, morfometriche e sulla struttura geologica del rilievo interessato. Si sono riconosciuti sei tipi principali di struttura geologica. Appare evidente che la struttura del rilievo, ed in alcune condizioni la morfologia del versante, determinano la tipologia del fenomeno gravitativo mentre le caratteristiche meccaniche delle ULT e l'energia del rilievo determinano la frequenza dei fenomeni studiati.

TERMINI CHIAVE: Grandi Frane, Deformazioni gravitative profonde di versante, Morfotettonica, Cartografia, Calabria.

1. PREMESSA

La Carta delle Grandi Frane e delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante della Calabria (citata come Carta, da questo punto in avanti nel testo) è stata compilata su una base litologica ottenuta condensando e rivedendo in base a dati più recenti anche inediti la Carta Geologica della Calabria al 25.000 dell'ex-CASMEZ. I fenomeni cartografati sono quelli noti in base agli studi, anche inediti, degli Autori e ricavabili dalla letteratura. Le due categorie di fenomeni verranno descritte tra breve. La scala della Carta pone un limite alla rappresentazione cartografica dei fenomeni di interesse. Per uniformare i criteri di rappresentazione, si è convenuto di rappresentare gli elementi con almeno una dimensione non inferiore a 500 m (2 mm sulla carta). L'individuazione, fra tutti i fenomeni di deformazione gravitativa, di quelli appartenenti alle categorie del tema, è chiaramente un'operazione affetta da un notevole grado di soggettività. Per una discussione dettagliata sull'argomento, si vedano gli articoli: NEMCOK (1972), RADSRUCK-HALL (1978), GOGUEL (1978), SORRISO-VALVO (1988, 1994), DRAMIS & SORRISO-VALVO (1994). In questa sede, è sufficiente richiamare i seguenti criteri di identificazione:

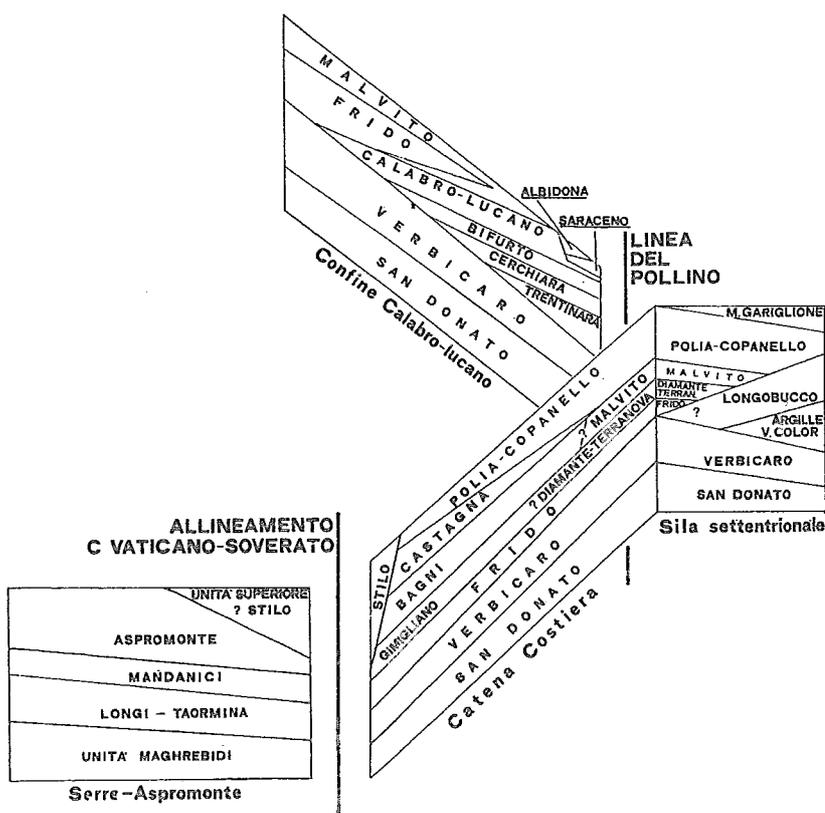
Frana: massa costituente una parte di versante naturale o artificiale dislocata per gravità verso il basso e verso l'esterno del versante, lungo una o più superfici o zone di deformazione.

Grande frana: frana in cui le dimensioni giocano un ruolo determinante per l'evoluzione del fenomeno di deformazione (p. es.: lo spessore rilevante richiede l'instaurarsi di condizioni di flusso idrogeologico possibile solo in condizioni meteorologiche particolari) o per la realizzabilità di opere di intervento. Quest'ultimo criterio è strettamente pragmatico, ma è di indubbio interesse per la previsione di massima dei costi di intervento. La grande frana diviene **frana con effetto di scala** se il meccanismo di deformazione è influenzato da fattori di scala che determinano variazioni delle proprietà meccaniche del materiale (p. es. viscosità dell'ammasso) o l'insorgere di fenomeni secondari (forte riduzione o annullamento dell'attrito lungo la superficie di scorrimento per vaporizzazione dei fluidi sotterranei, dissociazione termica dei carbonati, fusione).

Deformazione gravitativa di versante: movimento guidato dalla gravità di una massa costituente un versante naturale o un rilevato artificiale, senza apparente soluzione di continuità macroscopica tra la massa deformata e la roccia in posto. L'entità della deformazione è piccola rispetto alle dimensioni della massa.

FIG 1 - Schema riepilogativo dei rapporti geometrici tra le unità tettonostratigrafiche (da BONARDI & *alii*, 1982; modificato) dell'Arco calabro-peloritano (settore meridionale: Aspromonte-Serre; settore settentrionale: Catena Costiera e Sila settentrionale) e del Confine Calabro-lucano.

FIG. 1 - Summary scheme of mutual relationships between tectonostratigraphic units of Calabrian part of the Calabrian-Peloritan Arc, and of the Calabria-Lucania border zone. Modified from BONARDI & *alii*, 1982.



Deformazione gravitativa profonda di versante (dgpv): deformazione gravitativa di grande dimensione in cui il meccanismo di deformazione può essere influenzato da fattori di scala che determinano variazioni delle proprietà meccaniche del materiale (p. es. transizione rigido-duttile, assimilabilità di roccia intensamente fratturata a materiale granulare).

In seguito a discussioni approfondite e circostanziate con molti esperti sia italiani (A. CANCELLI, V. COTECCHIA, R. CRESCENTI, M. DEL PRETE, F. DRAMIS, R. GENEVOIS, M. GUIDA, A. PRESTININZI) che stranieri (D.J. VARNES, R. SAVAGE, R. SCHUSTER, R. FLEMING, J. HUTCHINSON, N. OYAGI ed altri ancora) da cui risulta una non uniformità di vedute, sembra che la definizione di dgpv più accettabile sia: deformazione gravitativa di una massa per la quale non sia indispensabile postulare la presenza di una superficie di deformazione definita (DRAMIS & SORRISO-VALVO, 1994). Per una più approfondita discussione di questo argomento, il lettore interessato può consultare la letteratura specializzata (p. es.: NEMCOK, 1972; GOGUEL, 1978; RADBRUCH-HALL, 1978, DRAMIS & SORRISO-VALVO, 1994; SORRISO-VALVO, 1995).

I 172 fenomeni osservati sono stati cartografati alla scala 1:100.000; quelli ben delimitabili e quindi misurabili, sono stati cartografati al 25.000. Si è costruita una banca di dati utilizzata per l'analisi che segue nel testo. Le informazioni per ogni fenomeno riguardano la costituzione lito-

tecnica, la struttura geologica, l'esposizione e l'inclinazione del versante, la morfometria del fenomeno (area, lunghezza, larghezza, altezza, rapporto larghezza/lunghezza), presenza di strutture tettoniche, presenza di sbarramenti naturali causati dal fenomeno osservato. Per quanto riguarda la struttura geologica del versante si sono definite sei condizioni-tipo che sono rappresentative delle varie situazioni reali (vedere schema al margine della Carta). I dati sono stati analizzati mediante un programma commerciale di largo uso (Statgraphics Plus).

2. BASE LITOLOGICO-STRUTTURALE

Per le finalità della Carta, e per evitare una eccessiva complessità grafica, le molte unità formazionali riconosciute dai diversi Autori sono state raggruppate nella carta in «tipi litologici». Nel paragrafo che segue (§ 2.1.) vengono specificate per ogni tipo litologico le unità stratigrafiche e tettonostratigrafiche che li costituiscono. In fig. 1 è riportato uno schema riepilogativo dei rapporti geometrici tra le suddette unità tettonostratigrafiche, relativamente ai quattro principali domini geologici regionali che caratterizzano la Calabria (Confine calabro-lucano, Catena Costiera, Sila, sistema Aspromonte-Serre). Gli studi di diversi Autori hanno portato alla istituzione di un elevato numero di unità stratigrafiche e tettonostratigrafiche, con frequenti

casi di ridenominazione di medesime serie stratigrafiche; le unità di seguito specificate sono quelle più universalmente accettate ed in accordo con le più recenti vedute.

Nella Carta, sono riportati inoltre i lineamenti tettonici che hanno originato rilievo: si tratta soprattutto di faglie con forte o predominante componente normale di movimento. Le scarpate ad esse associate sono riportate con il tratteggio che parte dalla base, invece che dall'orlo superiore, perché in questo modo è resa più fedelmente la relazione tra forma ed elemento strutturale. Gli elementi morfo-strutturali di importanza regionale riportati sulla Carta, sono solo una parte di quelli che caratterizzano le unità tettoniche suddette; questi sono descritti più avanti (§ 2.2) e sono stati individuati da fonti letterarie integrate da uno studio morfoneotettonico mediante interpretazione di foto aeree e di immagini da satellite *Spot* pancromatiche. Laddove i dati morfoneotettonici hanno evidenziato settori interessati da meccanismi deformativi particolarmente spinti, sono stati eseguiti rilievi di campagna atti a comprovare la natura tettonica dei lineamenti e a valutarne i cinematismi.

2.1. - TIPI LITOLOGICI DI UNITÀ TETTONOSTRATIGRAFICHE

Data la tematica della Carta, i Tipi Litologici sono descritti in legenda in ordine crescente di incidenza dei fenomeni di movimento in massa. Per facilità di consultazione, nella descrizione che segue si è mantenuto lo stesso ordine. Nella denominazione dei Tipi Litologici si è mantenuta la terminologia geologica, anche se in realtà la suddivisione intende tener conto delle caratteristiche meccaniche, per cui le unità di rappresentazione cartografica possono intendersi alla stregua di Unità Lito-Tecniche. Un ulteriore raggruppamento delle varie unità è stato operato a livello di scheda (*record*) della base di dati. Qui, come già accennato in Premessa, viene indicata la struttura geologica-tipo del versante interessato.

2.1.1. - *Calcari e dolomie*

Comprende le potenti unità carbonatiche appenniniche mesozoico-paleogeniche affioranti al confine calabro-lucano e le coperture giurassiche delle unità alpine affioranti in Calabria meridionale. Le unità carbonatiche del confine calabro-lucano costituiscono i complessi strutturalmente più profondi dell'area calabra; rappresentano i termini calcareo-dolomitici mesozoici di piattaforma appartenenti, secondo AMODIO-MORELLI & *alii* (1976), all'Unità di S. Donato, che presenta alla base termini epimetamorfici e varie intercalazioni metabasitiche, e alla sovrastante Unità di Verbicaro, costituita quasi interamente da calcari e dolomie. Il tetto dell'Unità di Verbicaro è costituito da discontinui lembi paleogenico-eocenici, spesso tettonizzati, di un'alternanza di calcilutiti e calcareniti con interstrati marnosi (Formazione di Trentinara; SELLI, 1962). I calcari e dolomie dell'Unità di Verbicaro affiorano anche al di sotto delle coltri metamorfiche alpine, nelle finestre tettoniche della Catena Costiera.

Le strutture più importanti che interessano i carbonati del Confine calabro-lucano alla macro ed alla mesoscala (MONACO & TANSI, 1992) sono rappresentate da faglie trascorrenti sinistre subverticali mediopleistoceniche con direzione media WNW-ESE, le cui terminazioni individuano aree in compressione, con estrusione tettonica dei carbonati attraverso la copertura alloctona ligure (§ 2.1.7.). In queste aree aumenta sensibilmente il grado di fratturazione; il regime transpressivo locale produce *thrust* spesso intrastatali a vergenza NW che moltiplicano gli spessori stratigrafici originari. I *thrust* di maggiore importanza risultano spesso marcati da orizzonti pelitici e calcarenitici di spessore variabile fortemente deformati (Formazione del Bifurto vedi § 2.1.8.) e da livelli, potenti fino a qualche centinaio di metri, di dolomie generalmente grigio-scure.

Le unità carbonatiche della Calabria meridionale affiorano nell'entroterra ionico reggino e rappresentano discontinui lembi della copertura giurassica delle metamorfite paleozoiche di grado medio-alto dell'Unità di Stilo (AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976). Sono costituite da alternanze irregolari di brecce calcaree e calcareniti su cui poggiano in discordanza calcari a Rudiste (spessore complessivo 400 m). Questi lembi presentano nel complesso una fratturazione più intensa rispetto agli affioramenti carbonatici del confine calabro-lucano.

2.1.2. - *Metamorfite acide di medio ed alto grado metamorfico e rocce intrusive acide di età paleozoica*

Rappresentano il Tipo Litologico prevalente e costituiscono la Sila, le Serre e l'Aspromonte. Nel settore settentrionale dell'arco calabro (a nord dell'allineamento Capo Vaticano-Soverato; cfr. TORTORICI, 1982), questo Tipo Litologico è presente in tre unità tettonostratigrafiche di crosta continentale originarie di vari livelli crostali. L'Unità di Castagna (AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976), affiorante prevalentemente in Sila Piccola, lungo il bordo orientale della valle del F. Crati e lungo il settore settentrionale delle Serre, è costituita da micascisti a granato, paragneiss biotitici e gneiss occhiadini frequentemente associati a masse pegmatitiche e granitoidi, interessati da metamorfismo in facies da scisti verdi ad anfibolica. Questa unità tettonostratigrafica è sovrastata da unità di crosta continentale profonda comprendente gneiss kinzigitici con intercalazioni di anfiboliti e metaperidotiti con metamorfismo in facies granulitica intruse da masse granitiche e tonalitiche (Unità di Polia Copanello; AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976); tali unità affiorano in gran parte della Catena Costiera e lungo il bordo occidentale della Sila. Nella porzione settentrionale della Sila affiorano termini sostanzialmente simili a quelli delle due unità descritte e ad essi sovrastanti, appartenenti all'Unità di Monte Gariglione (AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976), che secondo TORTORICI (1982) rappresenta la parte più elevata di una medesima porzione di crosta profonda.

Nel settore meridionale dell'Arco Calabro, i tipi litologici che rientrano in questa ULT appartengono a due unità tettonostratigrafiche: l'Unità dell'Aspromonte e parte dell'Unità di Stilo (TORTORICI, 1982). L'Unità dell'Aspromonte caratterizza gran parte dell'area aspromontana. I litotipi

prevalenti sono rappresentati da paragneiss biotitici e micascisti granatiferi con intercalazioni di anfiboliti e marmi. Nel settore dello Stretto di Messina affiorano invece gneiss occhiadini con frequenti intrusioni leucogranodioritiche e di corpi migmatitici (zona Palmi-Bagnara). L'Unità di Stilo, in posizione sovrastante all'Unità dell'Aspromonte, affiora prevalentemente nelle Serre meridionali e lungo il versante meridionale dell'Aspromonte. Essa è costituita da paragneiss biotitici ed in subordine da micascisti e filladi intruse da masse granitiche nonché da filladi con intercalazioni di metareniti e metacalcari. In questa ULT sono compresi, ove separabili cartograficamente, i termini metamorfici di grado elevato. Gli altri sono stati inclusi nell'ULT delle metamorfiti di basso grado (2.1.7.).

In generale, i terreni appartenenti al Tipo Litologico delle metamorfiti acide sono stati interessati da una serie di eventi deformativi diacroni che hanno prodotto fasce di anisotropia strutturale in regime compressivo, transtensivo e distensivo, responsabili dell'elevato indice di fratturazione che caratterizza questi terreni. Le strutture compressive, causate dall'impilamento delle varie unità tettonostratigrafiche, si sono prodotte in ambiente da duttile a duttile-fragile a seconda dei livelli crostali. Hanno vergenza europea e età infracretacica nelle unità affioranti nel settore settentrionale dell'arco calabro, e vergenza africana e età oligocenica in quelle affioranti nel settore meridionale (TORTORICI, 1982). Localmente, tali strutture possono essere sovrainpresse da *thrust* e pieghe d'origine transpressiva lungo terminazioni di faglie trascorrenti, generalmente sinistre, con piani subverticali e direzioni medie NW-SE. Le strutture distensive, ultime in ordine cronologico e ancora attive, sono rappresentate da faglie normali con direzioni da N 0-20° (Catena Costiera e Sila) a N 50-60° (Serre ed Aspromonte), più avanti descritte (§ 2.2.).

2.1.3. - Terreni sedimentari detritici coerenti (calcareniti, conglomerati, calcari organogeni)

Comprendono la porzione di depositi altomioceni in facies detritica trasgressivi sulle unità alpine e interessati da trasporto orogenico, ed i flysch tardo-orogeni della Formazione di Stilo-Capo d'Orlando (BONARDI & *alii*, 1980).

I primi affiorano diffusamente in Catena Costiera lungo il bordo ionico della Sila e delle Serre, nella zona di Capo Vaticano e lungo il margine meridionale dell'Aspromonte. Comprendono depositi riferibili a due cicli sedimentari (DI NOCERA & *alii*, 1974): un ciclo Tortoniano Superiore-Messiniano rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce cristalline e calcareniti bioclastiche; un ciclo Messiniano-Pliocene inferiore rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce evaporitiche e calcaree e da sabbie. In Calabria centrale e settentrionale, PHILIP & TORTORICI (1980) hanno attribuito a questi terreni, in ordine cronologico, strutture subverticali orientate N 100-130°, sovrascorrimenti e pieghe con assi orientati mediamente N-S e NW-SE, faglie normali subverticali con direzioni N 350-20°.

La Formazione di Stilo-Capo d'Orlando (Miocene inferiore) affiora nell'entroterra ionico reggino ed è costituita da calcareniti organogene, torbiditi arenaceo-conglomerati

e, subordinatamente, arenaceo-pelitiche, nonché da un «membro a blocchi» costituito da breccie calcaree, conglomerati, arenarie e siltiti contenenti olistoliti di calcari e metamorfiti.

2.1.4. - Terreni sedimentari sciolti a composizione prevalente sabbioso-argillosa

Sono depositi plio-quadernari sia continentali che marini, a composizione in prevalenza da sabbiosa ad argillosa con in subordine livelli ghiaiosi. Sono i terreni che affiorano più diffusamente in Calabria, unitamente a quelli dell'unità metamorfico-cristallina; questi depositi colmano le depressioni tettoniche ancora sismogenetiche della valle del F. Crati e della Stretta di Catanzaro, caratterizzano il Bacino di Crotone (VAN DIJK & OKKES, 1991), la fascia pedemontana occidentale del sistema Serre-Aspromonte, e parte del graben del F. Mésima e della Piana di Gioia Tauro. Altri affioramenti si rinvengono in lembi di modeste entità generalmente terrazzati a varie quote sui principali sistemi montuosi. A questa unità litostratigrafica appartengono pure depositi alluvionali interdigitati a sistemi di delta-conoide ghiaioso-sabbioso-argilloso che si sviluppano lungo le fasce pedemontane dei rilievi montuosi in sollevamento (COLELLA & *alii*, 1987).

PHILIP & TORTORICI (1980) hanno riconosciuto in questi terreni rare strutture compressive mediopleistoceniche, quali sovrascorrimenti e pieghe con assi orientati mediamente NW-SE, sovrainpresse da più frequenti faglie normali subverticali con direzioni medie N-S, nella valle del F. Crati, e NE-SW a S della Stretta di Catanzaro.

2.1.5 - Metamorfiti ofiolitifere di basso, medio ed alto grado

Vengono comprese in questo Tipo Litologico i termini, tutti metamorfici, di tre unità tettonostratigrafiche alpine di origine oceanica (AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976).

L'Unità di Diamante-Terranova consiste di metabasiti massicce o scistose e rare serpentine, con copertura filladico-scistosa d'età supposta giurassico-cretacica; poggia tettonicamente sull'Unità del Frido (2.1.7.). Affioramenti si rinvengono presso Mormanno, Scalea, Verbicaro, Diamante e Terranova da Sibari.

L'Unità di Malvito è costituita da metabasalti verdi e rossicci e da metabreccie di *pillow*, con copertura sedimentaria prevalentemente metacalcarea, talora con strutture torbiditiche (Calcari a Calpionella). Tale unità, che affiora lungo la Linea di Sangineto, poggia tettonicamente sull'Unità di Diamante-Terranova.

L'Unità di Gimigliano affiora in Catena Costiera ed in Sila dai pressi di Rose fino all'allineamento Nicastro Gimigliano. Si tratta di metabasiti e serpentiniti con grado metamorfico variabile che sopportano una copertura costituita da un'alternanza d'origine torbiditica costituita da filladi verdastre e violacee, metareniti e metacalcari. L'età è Giurassico superiore-Cretaceo inferiore. In genere le serpentiniti risultano fortemente cataclastate e marcano i limiti tra differenti unità ofiolitifere; le metabasiti sono caratterizzate da strutture cataclasticomilonitiche che conservano porzio-

ni in cui è preservata l'originaria struttura magmatica (MONACO & *alii*, 1991).

2.1.6. - *Terreni sedimentari pelitici con intervalli evaporitici*

Questo Tipo Litologico comprende i depositi del ciclo Messiniano-Pliocene inferiore (DI NOCERA & *alii*, 1974; § 2.1.3.) in facies evaporitica e sabbioso-argilloso-marnosa. Le evaporiti sono costituite da calcari fini biancastri, spesso vacuolari, con intercalazioni argillose, e da gessi organizzati in uno o più banchi; la facies detritica è invece rappresentata da argille e marne biancastre («trubi»), diatomiti ed argille, orizzonti arenaceosabbiosi. Affiorano in modo diffuso lungo il fianco occidentale del graben del Crati, tra Amantea e Nicastro; nel settore compreso tra Rossano, Cirò Marina e Belcastro, nei pressi di Catanzaro; nell'area di Mileto-Filadelfia e lungo la costa ionica reggina. Risultano quasi sempre piegati, soprattutto lungo il versante ionico della regione.

2.1.7. - *Metamorfiti di grado da molto basso a medio (argilliti, argilloscisti, filladi)*

Questo Tipo Litologico comprende le successioni liguridi (OGNIBEN, 1969), di derivazione oceanica, d'età compresa tra il Giurassico superiore e l'Oligocene superiore, e le successioni metamorfiche calabridi paleozoiche in facies prevalentemente filladica (OGNIBEN, 1969), di derivazione continentale.

Le successioni liguridi affiorano lungo il confine calabro-lucano. La porzione basale (Unità del Frido per MONACO & *alii*, 1994) è costituita da terreni metamorfici ofiolitiferi, intensamente tettonizzati, distinti dagli Autori in una subunità ad argilloscisti ed in una sovrastante subunità a calcescisti. La porzione sommitale delle successioni liguridi è costituita da metamorfiti di bassissimo grado rappresentate da argilliti fogliettate e fortemente piegate di colore nero-bluastro, con rarissimi orizzonti centimetrici di quarzareniti grigio-verdastre (Formazione delle Crete Nere, SELLI, 1962), incluse da MONACO & *alii* (1994) nell'Unità del Flysch calabro-lucano.

Tra le successioni calabridi, che affiorano in Catena Costiera, in Sila ed in Calabria meridionale, si distinguono metamorfiti ascrivibili all'Unità di Bagni (AMODIO-MORELLI & *alii*, 1976), collocata strutturalmente in posizione intermedia tra le unità ofiolitiche e l'Unità di Castagna, e affiorante prevalentemente in Sila Piccola e nell'alta valle del F. Crati. La prima inizia con un basamento filladico (metamorfismo in facies a scisti verdi) intercalato da livelli di micascisti, metareniti e porfiroidi, che sopporta una copertura mesozoica (non cartografata per motivi di scala), affiorante a Guardia Piemontese e Cetraro, costituita da dolomie e gessi, e da un'alternanza di calcari torbiditici e radiolariti. Tale unità mostra notevoli analogie composizionali e strutturali con l'Unità del Frido.

Si distingue inoltre una unità filladica ricoperta tettonicamente da tutte le altre unità di derivazione continentale, affiorante lungo la parte orientale del massiccio silano (Unità di Longobucco, TORTORICI, 1982). Essa è costituita

da un basamento filladico con intercalazioni di quarziti e porfiroidi contenenti intrusioni granitiche con coperture sedimentarie meso-cenozoiche (§ 2.1.8.), caratterizzata da strutture compressive fragili e duttili a vergenza orientale che coinvolgono anche la copertura. Tra le successioni calabridi ricadenti in questa unità litologica, affiora in Calabria meridionale la porzione filladica dell'Unità di Stilo (§ 2.1.2).

2.1.8. - *Flysch e terreni ad affinità flyschioide*

Questo Tipo Litologico comprende i flysch liguridi sinorogeni, i depositi del Miocene inferiore trasgressivi sui carbonati mesozoici affioranti al Confine calabro-lucano, i depositi della copertura meso-cenozoica dell'Unità di Longobucco (§ 2.1.7.) e le Argille Varicolori (OGNIBEN, 1969).

In Calabria nord-orientale, la successione Liguride termina verso l'alto con depositi flyschioidi sinorogeni distinti da SELLI (1962) in due formazioni: la Formazione del T. Saraceno e la Formazione del Flysch di Albidona. La Formazione del T. Saraceno (età: Eocene superiore-Oligocene superiore, secondo BONARDI & *alii*, 1988) è costituita da calcareniti e calcilutiti gradate grigiastre a liste di selce, intercalate da intervalli arenitici microconglomeratici e marnosi. È caratterizzata da ricorrenti strutture plicative e sovrascorrimenti intraformazionali che determinano numerosi raddoppi. La Formazione del Flysch di Albidona (età: Burdigaliano-Langhiano, secondo BONARDI & *alii*, 1988) è costituita da un'alternanza di arenarie grigio-avane e di marne e marne argillose grigie e bianche, cui si intercalano caratteristici megastrati di marne calcaree e di conglomerati. Le strutture presenti sono simili a quelle che interessano la Formazione del T. Saraceno.

I depositi del Miocene inferiore, paraconcordanti sui carbonati mesozoici (§ 2.1.1.), sono stati distinti da SELLI (1957) in una successione calcarenitica con rare intercalazioni di marne siltose (Formazione di Cerchiara) che evolve verso l'alto ad una successione terrigena, costituita da argille siltoso-marnose grigio-avane e marne giallastre e rosso-vinaccia con intercalazioni calcarenitiche (Formazione del Bifurto). Entrambe le formazioni risentono di un'intensa tettonizzazione (si ritrovano quasi sempre in condizioni di *mélange* tettonico, MONACO & *alii*, 1994) che ne altera gli originari rapporti stratigrafici anche rispetto ai termini liguridi sottostanti.

La copertura sedimentaria dell'Unità di Longobucco, affiorante tra Monte Palèparto e Bocchigliero, è stata suddivisa da TEALE & *alii* (1988) in due distinte sequenze d'origine flyschioide depositatesi tra il Giurassico inferiore e il Cretaceo inferiore. Il Gruppo di Longobucco è costituito da conglomerati ed arenarie passanti verticalmente a carbonati di piattaforma e quindi ad alternanze arenaceo-pelitiche; il Gruppo di Caloveto, che segue in continuità di sedimentazione, è costituito da marne rosse, calcari micritici ad Aptici e selci brune, con intercalazioni a vari livelli di calcareniti e litoareniti, conglomerati e brecce ad elementi calcarei e di rocce cristalline. Le sequenze della copertura sono interessate da strutture di tipo pieghe e *thrust* a vergenza ionica (che interessano anche il basamento), che

provocano frequenti raddoppi particolarmente evidenti lungo il fondovalle del F. Trionto.

Le Argille Varicolori affiorano nell'Alto Ionio (tra Trebisacce, Alessandria del Carretto, Canna e Rocca Imperiale), nelle basse pendici ioniche della Sila, e lungo il versante ionico delle Serre e dell'Aspromonte. Sono di età supracretaceo-oligocenica e litologicamente sono costituite da argille rosse e grigio-verdi con alternati livelli arenacei, siltitici e calcareo-marnosi. Risultano spesso fortemente tettonizzate, mostrando i caratteri di *mélange* tettonico.

2.2. - LINEAMENTI MORFOSTRUTTURALI

La morfologia della Calabria appare fortemente controllata dalla tettonica essenzialmente a causa dell'intenso sollevamento che ha generato componenti normali lungo faglie di importanza regionale. Tale sollevamento, iniziato nel Pliocene superiore e tuttora in atto, individua morfostutture primarie che determinano la geometria di primo ordine della regione. Esso, inoltre, provoca un continuo incremento dell'energia del rilievo che a sua volta causa un approfondimento diffuso del reticolato idrografico e mantiene alta la magnitudo dei processi di movimento e trasporto in massa e di erosione. Dalla combinazione di blocchi sollevati e strutture tettoniche ereditate, si determinano stili strutturali-tipo che condizionano i caratteri geomorfologici delle diverse porzioni di territorio. La tettonica guida anche lo sviluppo dei processi di degradazione fisico-chimica che si innescano in corrispondenza di anisotropie strutturali, lungo cui, specialmente in litotipi cristallino-metamorfici (CARRARA & *alii*, 1982; MATANO & TANSI, 1994), si sviluppano movimenti in massa e fenomeni di incisione lineare (SORRISO-VALVO & TANSI, 1996).

2.2.1. - Indicatori morfoneotettonici

I principali elementi morfostutturali della Calabria sono stati individuati tramite la combinazione di diversi indicatori morfoneotettonici. In primo luogo sono state considerate le scarpate di faglia; queste determinano versanti rettilinei resi discontinui da movimenti in massa di varia entità e con grado di «freschezza» legati all'età delle dislocazioni e alle caratteristiche dei litotipi interessati. Alla base delle scarpate strutturali sono inoltre presenti ampi conii e falde di detrito, in gran parte rivegetati, quindi poco o per niente attivi. Sulla Carta, quando i rigetti verticali non hanno determinato scarpate di faglia di altezza significativa, sono state distinte soltanto lineazioni la cui natura tettonica è stata confermata «in situ» su basi geologico-strutturali.

Altri indicatori considerati sono stati: le faccette (triangolari e trapezoidali), i picchi isolati, i corsi d'acqua rettilinei o modellati «a gomito» o a «doppio gomito» e, più raramente, le valli sospese, le diversioni e le inversioni del reticolo di drenaggio.

L'analisi del profilo dei crinali ha consentito di caratterizzare discontinuità altimetriche e plano-altimetriche (talora anche dell'ordine di molte decine di metri) con gradi-

ni e selle allineate attraverso sistemi di crinali adiacenti. Indicatori morfoneotettonici significativi sono stati infine i terrazzi marini e le superfici d'erosione quaternari.

2.2.2 - Lineamenti morfostutturali

A scala regionale sono riconoscibili sulla carta quattro settori morfostutturali-tipo (Settori I-IV in fig. 2):

- SETTORE I. È caratterizzato dalla presenza di faglie normal-trascorrenti sinistre subverticali con direzioni medie N 120-130°, attive fino al Pleistocene medio (MONACO & TANSI, 1992). Queste strutture delimitano e sollevano i

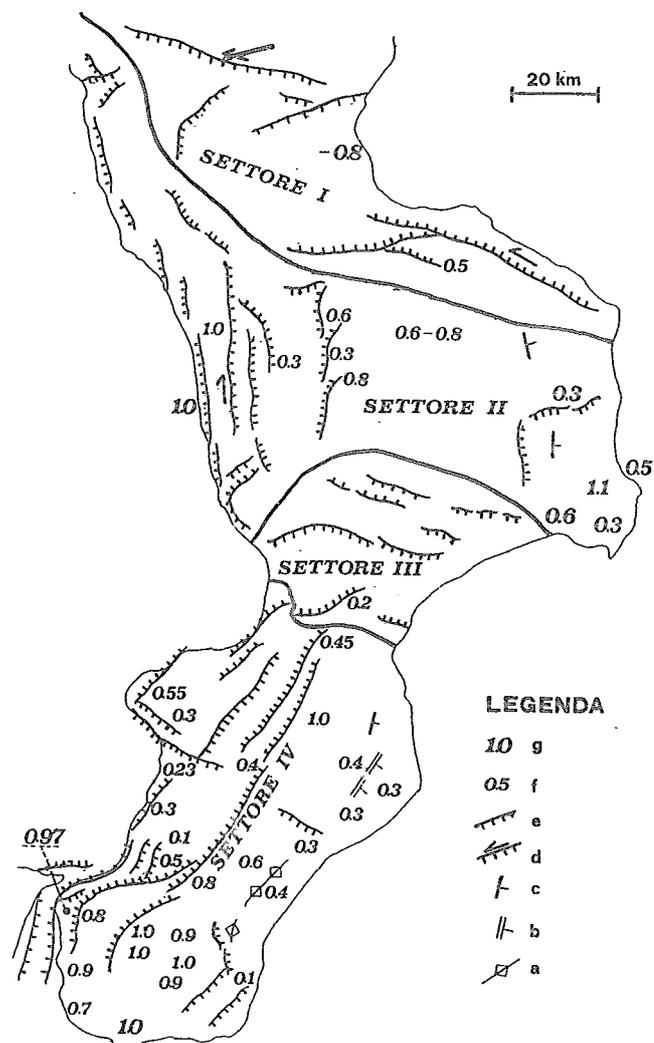


FIG. 2 - Principali strutture morfoneotettoniche e velocità di sollevamento in Calabria durante il Quaternario. Legenda: g) e f) velocità di sollevamento medio in intervalli di tempo, rispettivamente, di 1 milione e 40.000-125.000 anni; e) scarpata di faglia normale; d) scarpata di faglia trascorrente; c) *cuesta*; b) *hogback*; a) depressione anticlinale. Per la descrizione delle caratteristiche dei settori si rimanda al testo.

FIG. 2 - Main morphotectonic structures and uplift rate in Calabria during the Quaternary Era. Key to the legend symbols: a) and b) average uplift rate in 1 million, and 40,000 to 125,000 years BP, respectively; c) normal fault scarp; d) strike-slip fault; e) *cuesta*; f) *hogback*; g) anticline-core depression. For the characters of the sectors (I to IV) refer to the text.

rilievi carbonatici mesozoici (sulla Carta: il sistema Serra Dolcedorme-Serra Manfrediana, le Timpe di San Lorenzo e della Falconara e il Monte Sellaro), rispetto alle unità allocrone liguridi ed ai depositi quaternari con piani immergenti verso SW. In complesso costituiscono un unico elemento tettonico di rilevanza regionale, noto in letteratura come Linea del Pollino. Questa linea viene interrotta dalla struttura normale, diretta NE-SW con immersione SE, che si estende da Francavilla Marittima a Trebisacce. Poco più a SE, è stata riconosciuta un'altra fascia normal-trascorrente sinistra con medesime direzioni medie della Linea del Pollino ed immersione media verso NE, che ha evidenziato un maggior grado di «freschezza» morfologica e rigetti verticali apparenti meno spiccati; tale sistema si estende dai pressi di Spezzano Albanese fino a Cirò Marina, e si spinge nell'entroterra fino agli abitati di Campana e Pallagorio, interessando sia il basamento paleozoico, che i depositi postorogeni altomiocenici e plio-pleistocenici.

Sovrascorrimenti di rilevanza regionale caratterizzano l'entroterra dell'Alto Ionio calabrese e la Sila Greca.

Relativamente a questo settore, il tasso di sollevamento negli ultimi 0,7 MA è di circa 1 mm/a (WESTAWAY, 1993), per i blocchi maggiormente sollevati. All'interno di quest'area è invece in subsidenza la parte terminale della valle del F. Crati. È inoltre da notare che in quest'area è testimoniata attività sismica storica rilevante solo nel settore orientale, mentre non si hanno notizie circa l'area del M. Pollino, anche se studi recenti hanno rilevato evidenze di attività tettonica storica nelle conoidi del M. Pollino (FERRELLI & *alii*, 1994).

– SETTORE II. Corrisponde al sistema *horst-graben* della Catena Costiera-valle del F. Crati-Sila, caratterizzato da faglie con direzioni prevalenti N-S. Queste strutture evidenziano cinematismi normali con debole componente di trascorrenza destra, documentata da TORTORICI & *alii* (1995) dall'analisi di faccette triangolari del terzo ordine nonché da analisi strutturali di dettaglio. In particolare l'horst è individuato da faglie che sollevano la Catena Costiera tirrenica, ed è reso evidente dalle scarpate di faglia normali degradanti ad E verso il graben del Crati, dove si riscontrano i sistemi più giovani, e ad W verso il graben di Paola (TRINCARDI & NORMARK, 1989).

Ad oriente, il graben della valle del F. Crati è delimitato dai sistemi di faglie N-S del versante occidentale della Sila. Quest'ultimo settore è caratterizzato da strutture che concorrono in gran parte al sollevamento della Sila, sviluppatosi prevalentemente lungo le faglie Bisignano-S. Pietro in Guarano e Celico-Mangone.

Il sistema horst-graben è caratterizzato nel settore meridionale da faglie che tendono a discostarsi dalla direzione media N-S e ad assumere un trend N 30-40°. Esso è interrotto invece nel settore settentrionale da una struttura subverticale di rilevanza regionale orientata EW che si sviluppa in modo discontinuo da Cittadella del Capo a Rossano. In questo settore il tasso di sollevamento massimo nell'ultimo MA è di circa 1 mm/a (SORRISO-VALVO, 1993; WESTAWAY, 1993), ed è relativo alla Catena Costiera, mentre in Sila il tasso massimo è di 0,8 mm/a. Nel graben del Crati si può stimare un tasso di sollevamento di 0,3 mm/a

(SORRISO-VALVO, 1993). Nel Crotonese il tasso di sollevamento massimo è di 1,1 mm/a negli ultimi 120 ka (non si hanno dati per periodi più lunghi). Sul versante orientale della Sila sono presenti gli effetti di un basculamento regionale, con probabile subsidenza lungo una stretta fascia costiera, evidenziato dalla chiara giacitura monoclinale non primaria verso lo Ionio di tutti i livelli sedimentari, non piegati. Tale giacitura origina forme del tipo *cuesta* che caratterizzano le basse pendici orientali della Sila.

– SETTORE III. Corrisponde al graben della Stretta di Catanzaro ed è individuato da faglie normali con direzione media N 110-120°. Queste si sviluppano maggiormente sul lato settentrionale del graben, attraverso l'importante struttura Sambiasi-Pianopoli-Catanzaro, che delimita a S il massiccio cristallino del sistema Catena costiera-Sila. Strutture associate ad essa si spingono nell'entroterra fino all'altezza di Conflenti-Cerrisi-Cicala, dove giustappongono le differenti unità alpine. Il lato meridionale del graben è individuato soltanto dalla faglia Maida-Girifalco-Squillace, la cui scarpata è obliterata nel settore centrale da depositi olocenici.

– SETTORE IV. Corrisponde al sistema di faglie normali NE-SW che solleva il sistema montuoso Serre-Aspromonte, rappresentato da faglie prevalentemente normali con forti rigetti verticali. Tali faglie costituiscono nel complesso una estesa fascia di deformazione tettonica che si sviluppa dall'altezza di Monterosso Calabro fino a Reggio Calabria; il sistema, costituito da più segmenti di faglie disposte *en échelon* con sovrapposizione a destra, solleva, lungo il versante occidentale del massiccio Serre-Aspromonte, le unità metamorfico-cristalline del settore meridionale dell'Arco Calabro rispetto ai depositi plio-pleistocenici. Le strutture evidenziano direzioni medie intorno a N 35-40°, anche se la terminazione meridionale del sistema tende ad assumere orientazioni intorno N 10°. Lungo l'allineamento S. Calogero-Mileto-Pizzo Calabro si sviluppano strutture N 30° con andamento antitetico che, con quelle prima descritte, individuano un graben colmato da depositi in prevalenza quaternari, che si identifica morfologicamente con il bacino imbrifero del F. Mèsima. Riguardo ai cinematismi di queste faglie, TORTORICI & *alii* (1995) riconoscono movimenti per lo più normali, anche se attribuiscono alla struttura Cosoleto-S. Eufemia d'Aspromonte-Cjalanna una spiccata componente di trascorrenza sinistra. Oltre alle strutture NE-SW si riconoscono in questo settore strutture secondarie ad andamento medio N 10-120° (zone di Nicotera, Guardavalle-Serra S. Bruno, Gioia Tauro, Archi, S. Lorenzo) con dislocazioni quasi sempre normali.

In questa zona il sollevamento tettonico è molto articolato. Il massimo di 1 mm/a è confermato sia per l'ultimo MA che per gli ultimi 120 ka (SORRISO-VALVO, 1993; WESTAWAY, 1993), con ampie oscillazioni da zona a zona. Si distinguono soprattutto la Piana di Gioia, in cui il sollevamento è solo post-tirreniano, ma avviene con la stessa velocità (circa 1,1 mm/a), e il massiccio del M. Poro, in cui il massimo sollevamento è di 0,55 mm/a nell'ultimo MA (SORRISO-VALVO, 1993), mentre il sollevamento più recente è probabilmente più veloce. Il versante ionico di questo settore mostra tassi di sollevamento decrescenti verso il

TABELLA 1 - Dati statistici sulla morfometria delle grandi frane e delle dgpv della Calabria, in base alle strutture geologico-tecniche interessate. I valori rappresentano le medie e, tra parentesi, lo scarto quadratico medio o l'intervallo minimo-massimo osservati. In totale i casi considerati sono 172 (cf Tav. F.T.) rispetto ai 175 memorizzati nella banca di dati. Tre casi sono stati esclusi in quanto appartenenti a categorie non classificabili come movimenti in massa di versante (subsidenze). U = Unità

TABLE 1 - Descriptive statistics on the morphometry of large landslides and dgpsd in Calabria, according to the involved geological structures. Figures are average values; figures among parentheses are mean square residuals or range. All considered cases are 172. Cases filed in the data base are 175; 3 are cases of subsidence that are not included in the statistic population

Strutture geologico-tecniche	inclinazione versante (°)	lunghezza del fenomeno (m)	altezza (m)	area (km ²)	larghezza/lunghezza
U. prevalentemente duttili (sedimentarie)	15,1 (6,1)	1658 (470-3250)	360 (100-840)	1,46 (0,31-1,32)	0,83 (0,20-2,87)
U. rigide su substrato duttile	16,5 (7,9)	1402 (420-4500)	296 (55-700)	1,76 (0,31-11,30)	1,16 (0,21-4,90)
U. duttili su substrato rigido	16,6 (6,4)	1305 (750-3500)	360 (200-900)	2,33 (0,28-15,00)	0,57 (0,33-2,00)
U. rigide con intercalazioni duttili	20,6 (10,9)	1550 (800-4050)	348 (210-600)	1,63 (0,22-7,00)	0,75 (0,30-1,25)
U. rigide intensamente fratturate	26,4 (7,3)	1320 (500-3000)	471 (200-910)	1,36 (0,13-5,80)	1,09 (0,20-2,88)
Unità duttili	22,2 (5,8)	1469 (550-5220)	427 (140-810)	1,44 (0,32-4,00)	1,19 (0,23-2,50)

mare. Le strutture tipo *cuesta* e *bogback* che vi si ritrovano sono dovute a deformazioni compressive relative a fasi tettoniche precedenti (2.1.3., 2.1.6., 2.1.8.).

Secondo il modello geologico-strutturale del Mediterraneo Centrale proposto da VANDIJK & OKKES (1991), le strutture regionali con orientazione NW-SE sono caratterizzate da meccanismi di trascorrenza sinistra; i considerevoli rigetti verticali riscontrati in gran parte di queste strutture, non sono giustificabili soltanto dalle componenti normali lungo fasce trascorrenti. I rigetti verticali potrebbero pertanto essere determinati, come già proposto da SORRISO-VALVO & SYLVESTER (1993) per il bordo tirrenico della Catena Costiera, da riattivazioni passive delle strutture NW-SE, compatibilmente con il campo cinematico regionale attualmente agente. TORTORICI & *alii* (1995) riconoscono alle strutture normali del graben del Crati e del versante occidentale del rilievo Serre-Aspromonte, caratteri di faglie sismogenetiche; ciò trova riscontro nella distribuzione degli epicentri macrosismici e strumentali (GUERRA, 1986).

3. CASISTICA

3.1. FONTI DEI DATI SUI FENOMENI GRAVITATIVI

La carta qui illustrata rappresenta un aggiornamento di un analogo lavoro pubblicato alla scala 1:400.000 nel 1984 (SORRISO-VALVO, 1984). Ulteriori acquisizioni intercorse nel decennio successivo, e lo sviluppo del lavoro di sistemazione della materia (DRAMIS & *alii*, 1985; SORRISO-VALVO, 1988; DRAMIS & SORRISO-VALVO, 1994), hanno suggerito la necessità di una revisione dei dati che ha portato ad un quadro relativamente più completo e più comprensibile circa i rapporti tra i fenomeni di interesse, l'assetto geo-

gico e geomorfologico del territorio studiato, ed i principali meccanismi di innesco dei terremoti e gli eventi meteorologici estremi. Indagini condotte nel frattempo, sia dagli Autori della presente nota che da altri studiosi hanno permesso di acquisire ulteriori informazioni sulla geometria e sulla storia evolutiva di alcuni fenomeni di interesse. I risultati utili al contesto di questa illustrazione verranno ripresi nel prosieguo del lavoro. Elementi e dati inseriti senza citazione devono intendersi originali ed inediti.

3.2. ANALISI DELLA CASISTICA

La tabella con i dati statistici descrittivi inserita nella Carta, e qui riportata come tabella 1, riguarda i dati relativi ai principali parametri morfometrici dei versanti e dei fenomeni studiati, in relazione ai tipi principali di struttura geologica dei versanti coinvolti dai fenomeni di movimento in massa. Dalla base di dati, risulta che i rilievi interessati dai fenomeni di interesse possono ricondursi a sei situazioni-tipo, riportate al margine della Carta sotto il titolo «Strutture geologico-tecniche». Questi tipi di struttura non tengono conto delle eventuali strutture tettoniche, quali soprattutto pieghe e faglie, che le possono più o meno significativamente modificare. La presenza di pieghe, infatti, è risultata molto rara, mentre il numero di faglie che interessano i casi studiati è riportato nella colonna «Faglia» della tabella in calce alla Carta.

Nei dati morfometrici non è operata la suddivisione tra frane e dgpv. Riportiamo nel testo la tabella suddetta con una modifica rispetto alla tabella della Carta (i 6 casi di spandimento laterale tipo Jahn sono da assegnare alle Unità rigide intensamente fratturate e non alle Unità duttili; ciò non influenza le statistiche dei valori morfometrici che sono calcolate sui casi assegnati correttamente) e le tipologie di deformazione e litologiche esplicitate (nella ta-

TABELLA 2 - Statistica di base dei dati morfometrici relativi alle grandi frane in Calabria
 TABLE 2 - Descriptive statistics of morphometric data of mapped large landslides in Calabria

tipo di frana	inclinazione versante (°)	lunghezza (m)	altezza (m)	area (km ²)	larghezza/lunghezza
scorrimento-colata di terra	15	1549 (420-3500)	300 (55-840)	1,13 (0,22-3,69)	0,82 (0,20-4,00)
valanga di detrito	25,6	1260 (500-2200)	431 (140-910)	1,69 (0,38-6-70)	1,32 (0,53-2,88)
scorrimento in blocco	15,6	1408 (500-4500)	224 (100-730)	2,43 (0,28-11,30)	1,20 (0,45-2,20)
spandimento laterale	14,3	nd	nd	2,73 (0,18-7,00)	nd

vola F.T. le chiavi di riferimento sono nella legenda). Più avanti nel testo, sono riportate le tabelle relative ai valori morfometrici per categoria di fenomeni (tab. 2 e tab. 3).

I fenomeni cartografati sono concentrati soprattutto nelle fasce periferiche dei rilievi del territorio calabrese, ad eccezione della Calabria Meridionale dove essi sono frequenti pure nelle zone interne. Nel complesso, la frequenza è anche maggiore nelle aree a più alta sismicità (SORRISO-VALVO, 1984) che, tra l'altro, presentano un forte rilievo locale. In alcune zone, come la parte occidentale e quella meridionale della regione, la elevata incidenza dei fenomeni di interesse è da mettere in relazione con l'alta energia del rilievo e la presenza delle suddette strutture geologico-tecniche che sono favorevoli allo sviluppo dei fenomeni di movimento in massa. In altre zone, come la zona ionica settentrionale (Alto Ionio), il Crotonese, e la fascia pedemontana ionica meridionale, la concentrazione di fenomeni è da associare con i caratteri meccanici estremamente scadenti dei terreni affioranti. Infine, la prevalenza di fenomeni gravitativi lungo il bordo ionico della Calabria è anche da associare con le caratteristiche del clima (maggiore intensità e durata degli eventi meteorici estremi).

Nel complesso, i casi osservati sono più frequenti su versanti costituiti da unità rigide su substrato duttile (57 casi) e da unità rigide intensamente fratturate (47 casi). C'è però da tener presente che le strutture geologicotecniche individuate per i singoli fenomeni, non corrispondono necessariamente al tipo litotecnico mostrato nella carta. Per esempio, un caso di *Sackung* che coinvolga terreni a comportamento duttile può apparire in zona di affioramento di rocce metamorfiche di alto grado, rese duttili localmente dall'alterazione o dalla fratturazione molto spinta.

La superficie media dei fenomeni osservati varia da 1,36 a 1,76 km² per tutte le strutture geologico-tecniche, ad eccezione dei pochi casi di fenomeni interessanti unità duttili su substrato rigido, che hanno una superficie media di 2,33 km²; la lunghezza media varia da 1 305 m a 1 658 m; la massima assoluta è stata osservata su formazioni cristalline a comportamento duttile. Più vario è l'andamento degli scarti quadratici medi (tabella in calce alla Carta), per cui per la superficie coinvolta si nota una maggiore uniformità per i fenomeni impostati su unità omogenee, mentre per la lunghezza la maggiore uniformità si ha su versanti su rocce

rigide fratturate e su unità duttili giacenti su substrato rigido. La massima altezza media si ha su versanti impostati su unità rigide intensamente fratturate, cui corrisponde pure la maggiore inclinazione media ed il minore scarto quadratico medio, anche se l'intervallo minimo-massimo è fra i più ampi (710 m).

Circa la forma (rapporto larghezza-lunghezza) dei corpi in deformazione, il massimo allungamento (0,57) si ha per fenomeni coinvolgenti unità duttili giacenti su substrato rigido e la maggior uniformità (nella Carta: sqm di Larg./Lung. = 0,35-0,75) si ha per i fenomeni coinvolgenti unità rigide con intercalazioni duttili. I fenomeni che coinvolgono unità rigide giacenti su substrato duttile, sono in media più larghi che lunghi (Larg./Lung. = 1,16), anche se alcuni di essi sono molto allungati (sqm = 1,06). Da notare la notevole identità di ampiezza del campo di variabilità tra i fenomeni che interessano sia unità prevalentemente duttili (sedimentarie) che rigide fratturate, e, secondariamente, unità duttili cristalline.

I fenomeni osservati sono in prevalenza in uno stadio di sviluppo avanzato (128 casi), 15 casi sono in uno stadio iniziale e solo uno appare esaurito, 10 casi presentano dinamica ciclica per cui non è agevole determinare uno stadio evolutivo che appartenga ad una successione monotonica (su questi torneremo a discutere in dettaglio nel capitolo delle frane), per 21 casi non si è potuto definire lo stadio di sviluppo.

Circa il grado di attività, premesso che in questa sede deve intendersi attivo un fenomeno che presenta segni recenti di attività e condizioni di instabilità sostanzialmente immutate, quiescente uno con segni di attività da antichi a recenti e condizioni di instabilità immutate, stabilizzato un fenomeno per il quale non sussistono più condizioni immediate di instabilità, 48 fenomeni possono considerarsi attivi, 116 quiescenti e solo 4 stabilizzati; per 7 casi non si è potuto definire il grado di attività.

3.3. DISTRIBUZIONE, TIPI E DINAMICA DELLE GRANDI FRANE

Il criterio di selezione dei fenomeni franosi calabresi ai fini della rappresentazione, nella Carta illustrata, delle grandi frane è stato quello dimensionale, con tutti i limiti che ciò comporta per i motivi espressi in premessa. Non si è ritenuto di separare la categoria delle frane con effetti di

TABELLA 3 - Statistica elementare sui dati morfometrici dei fenomeni di dgpv. Alcuni dati sono determinati; altri, come l'inclinazione del versante per i fenomeni di spandimento laterale, poco indicativi perché rilevati solo su un numero molto esiguo di casi. Ciò è dipeso dalla morfologia dei versanti per cui, in molti casi, la misura di inclinazione del versante restava troppo vaga a causa dell'indeterminatezza dei confini del fenomeno osservato

TABLE 3 - Descriptive statistics of morphometric data of dgpsd. Some data are missing; other remain of little significance value (as the slope gradient for lateral spreading) because the sample population is too small. The missing cases correspond to phenomena whose boundaries are not neat, thus slope gradient could not be measured

tipo di dgpv	inclinazione versante	lunghezza (m)	altezza (m)	area km ²	larg./lung.
spandimento laterale tipo Jahn	38,7	nd	573 (350-870)	1,00 (0,30-1,50)	nd
sackung	24,8 (5,5)	1133 (500-3000)	447 (140-830)	1,61 (0,38-5,80)	1,54 (0,54-4,91)

scala perché i dati disponibili non permettono un lavoro omogeneo sul territorio calabrese. Tuttavia, è indubbio che la probabilità dell'insorgere di effetti di scala cresce in modo direttamente proporzionale alla dimensione della massa coinvolta, e che oltre certi valori-soglia tale probabilità è praticamente uguale ad 1. Evidenze di effetti di scala si sono comunque rilevate in alcuni casi studiati in dettaglio, come, p. es., la frana di Costantino del 1973 (GUERRICCHIO & MELIDORO, 1973).

Le grandi frane sono rappresentate dai tipi di deformazione A, B e D nella tabella in calce alla Carta; in particolare, il tipo A corrisponde ai fenomeni complessi di scorrimento-colata o scorrimento di roccia-valanga di detrito; il tipo B a quelli di scorrimento in blocco; e il tipo D agli spandimenti laterali. Per il significato dei termini usati riferirsi a VARNES (1978). Nella tab. 2 sono riportate le statistiche dei parametri morfometrici dei versanti e dei fenomeni studiati, in relazione al tipo di deformazione. Il tipo A è suddiviso in scorrimento-colata di terra e valanghe di detrito.

I 65 fenomeni complessi di scorrimento-colata sono i più numerosi in assoluto fra le categorie considerate. Essi mostrano la maggior lunghezza media, mentre la media dell'altezza e la media dell'area sono le minori. Anche il rapporto larghezza-lunghezza presenta la media più bassa e, soprattutto, inferiore ad 1, quindi queste frane sono, in media, più lunghe che larghe. Il contrario avviene per gli altri tipi di grandi frane che risultano in media più larghe che lunghe. Le 16 valanghe di detrito presentano la maggiore inclinazione del versante e la maggiore altezza media. È contro le attese il valore di 1,32 per la media del rapporto larghezza-lunghezza, con massimo di 2,88. I 9 scorrimenti in blocco riportati in tabella rappresentano il 56% dei casi cartografati che sono 16. I loro record presentano campi vuoti, per cui sono stati esclusi dall'analisi statistica. Gli spandimenti laterali sono 22 e per la maggior parte di essi non è possibile definire alcuni parametri morfometrici, in quanto i loro limiti risultano spesso indeterminati, anche perché talvolta non si può definire la lunghezza rispetto alla larghezza.

Tra i fenomeni di scorrimento-colata, la quasi totalità (56) presenta condizioni di sviluppo avanzato. Uno solo appare in uno stadio incipiente mentre per 8 di essi non si è potuto definire lo stadio evolutivo. Circa il grado di attività, 41 (= 63%) mostrano segni di attività recente, ma ap-

paiono in condizioni di quiescenza mentre solo 3 appaiono stabilizzati. 19 fenomeni hanno dato recenti segni di attività in quasi tutto il corpo, come la frana di Careri (RC) e la frana di Ortiano (bacino del F. Trionto), o in parte (frana di S. Lucido). Un caso particolare è rappresentato dalle grandi frane della Piana di Gioia Tauro. Esse sono tutte da connettere al periodo sismico del 1783 (DE DOLOMIEU, 1785; COTECCHIA & *alii*, 1969; 1992) e, apparentemente, non vi sono evidenze né di fenomeni più antichi né di riattivazioni successive, anche in occasione dei successivi eventi sismici intensi del 1905 e del 1908. Sempre alla fase sismica del 1783 è da collegare parte della frana di S. Lucido (CS) (GULLA & *alii*, 1984) e parte della frana di Cortale (DE DOLOMIEU, 1785), e probabilmente, una serie di fenomeni rilevati nella Stretta di Catanzaro in prossimità di Maida (LA PIETRA, 1991), che presentano caratteri morfometrici ed evolutivi identici a quelli dei fenomeni, noti su basi storiche, della Piana di Gioia Tauro. È utile ricordare che uno degli epicentri del 1783 viene collocato poco ad est della zona in cui si trovano questi fenomeni, che inoltre sono compresi tra quelli di Cortale e di S. Lucido. Quest'ultimo è l'unico, fra tutti i fenomeni attivati da quei terremoti, ad aver mostrato segni di attività successivamente all'innescio.

Tra le valanghe di detrito, solo una è in uno stadio di sviluppo incipiente, mentre le altre 15 sono in uno stadio avanzato. Circa il grado di attività, 7 mostrano segni di attività recente, come alcuni casi attivati dagli eventi alluvionali del 1951 (complessi franosi del Vallone Colella (MELIDORO & GUERRICCHIO, 1969) e frana di M. Fernia, in Aspromonte) e del 1973 (Frana Costantino, cfr. GUERRICCHIO & MELIDORO, 1973, sempre in Aspromonte).

Per quanto riguarda tutti i 16 casi di scorrimento in blocco, 3 di essi presentano un grado di sviluppo iniziale (ciò spiega l'assenza di parte dei dati morfometrici), 11 sono in uno stadio avanzato, per 2 casi non si è potuto definire lo stadio di sviluppo. I fenomeni attivi sono 5, ed i restanti 11 sono quiescenti. Tra gli scorrimenti in blocco, quello di Savuto (CS) è in uno stadio iniziale e presenta segni di movimenti recenti (peraltro confermati da testimonianze attendibili), ma il monitoraggio delle fratture condotto tra il 1986 e il 1993 per mezzo di strumenti appositamente progettati (GULLA & *alii*, 1988) non ha dato evidenze di movimenti apprezzabili.

3.4. TIPI, DISTRIBUZIONE E DINAMICA DEI FENOMENI DI DGPV

I fenomeni di dgpv sono rappresentati dai tipi C ed E nella Carta. I *Sackung* sono i più numerosi (46) e coinvolgono soprattutto le unità rigide intensamente fratturate (25 casi). È da notare che in questo lavoro per *Sackung* si intendono i fenomeni di dgpv definiti secondo il modello di ZISCHINSKY (1969), indicato come *Rock flow* da VARNES (1978).

I fenomeni di dgpv sono frequenti soprattutto lungo il versante ionico della regione. Gli spandimenti laterali tipo *Jahn*, in particolare, sono del tutto assenti nella Calabria tirrenica, e sono concentrati in Calabria meridionale. Dato che questi fenomeni sono associati con sismicità intensa (BECK, 1968) o con il rilascio di *stress* tettonico residuale (DRAMIS & SORRISO-VALVO, 1994), è facile spiegare perché essi siano presenti soprattutto nella Calabria meridionale ionica, sede di intensa attività neotettonica con regime di compressione, come già illustrato nel § 2.2.2.

I *Sackung* sono maggiormente diffusi sul territorio della Calabria, ma anch'essi con maggior frequenza sul versante ionico. In particolare, sono più frequenti lungo i fronti montani e nelle aree di maggiore e più recente incisione valliva; m aree, quindi, dove si combinano forte inclinazione, alto rilievo, intensa fratturazione della roccia, ed elevata velocità di incisione, che corrisponde al rapido rilascio delle pressioni di confinamento e quindi al mancato contenimento degli *stress* sia gravitativi che tettonici residuali.

Molto scarsi sono i dati circa lo stato di attività delle dgpv. Evidenze indirette si hanno in alcuni casi di *Sackung* in Aspromonte e nella Catena Costiera (in comune di Lago). Tutti gli altri casi appaiono in condizioni di quiescenza, anche se segni di attività recente non mancano, come i collassi scrivibili alla fase accelerata di *creep* dei *Sackung* delle valli dell'Aspromonte ionico (GUERRICCHIO & MELIDORO, 1973).

In tab. 3 sono mostrati i dati statistici relativi alle stesse variabili già considerate per le grandi frane.

Data l'assenza di molti elementi o l'inaffidabilità di altri (inclinazione del versante per gli spandimenti) gli unici dati confrontabili tra i vari tipi di dgpv sono quelli relativi all'area, con l'avvertenza che l'area dei *Sackung* è in alcuni casi una misura incerta. Si osserva, comunque, che gli spandimenti laterali tipo *Jahn* mostrano una minore variabilità. Per i *Sackung* è interessante notare che essi mostrano la più alta inclinazione dei versanti e una altezza massima che supera di poco gli 800 m.

3.5. RELAZIONI TRA TIPI DI FENOMENO GRAVITATIVO E TIPI DI STRUTTURA GEOLOGICO-TECNICA

I rapporti tra i tipi di fenomeno gravitativo e tipi di struttura geologico-tecnica sono sintetizzati nella prima parte della tabella e nello schema in fondo alla legenda della Carta, in cui bisogna operare la correzione di cui sopra. Dall'analisi visuale della tabella, è evidente che gli spandimenti laterali sono associati solo con uno o due tipi di struttura geologico-tecnica. In particolare, gli spandimenti laterali tipo *Jahn* si rinvergono solo su unità rigide intensamente fratturate, e sono anche confinati al solo versante io-

nico dell'Aspromonte; mentre gli altri tipi di spandimenti sono associati a unità sovrapposte a forte contrasto di rigidità. La prima associazione è da attribuire alla decompressione subita dalle rocce cristalline in seguito al rapido approfondimento delle valli dell'Aspromonte. La seconda associazione è quella sola che può consentire lo sviluppo degli spandimenti laterali di rocce rigide su rocce duttili.

I *Sackung* coinvolgono tutti i tipi di struttura geologico-tecnica, ma sono frequenti solo sulle unità duttili o su quelle rigide intensamente fratturate, che si comportano come le unità duttili per fattori di scala.

Le frane di scorrimento-colata sono diffuse sulle strutture prevalentemente duttili e sulle sovrapposizioni di unità rigide su unità duttili; mostrano anche una discreta frequenza sulle rocce rigide intensamente fratturate e sulle unità duttili, dove possono essersi sviluppate come stadi terminali dei *Sackung*, per rottura da *creep*.

3.6 RELAZIONI TRA FENOMENI DI DGPV, GRANDI FRANE E MORFOLOGIA DEI VERSANTI

I rapporti tra i fenomeni di interesse e la morfologia dei versanti sono definibili in termini di: a - altezza dei versanti coinvolti; b - inclinazione dei versanti coinvolti; c - forma dei versanti.

L'altezza dei versanti è un fattore limitante in quanto determina la possibilità che un fenomeno di grande scala si sviluppi. Diversi studi (MORTARA & SORZANA, 1987; SORRISO-VALVO, 1984) sono concordi nell'esistenza di una soglia di altezza minima al di sotto della quale i fenomeni di dgpv non si sono osservati. Questa soglia, comunque, non assume un valore unico anche per lo stesso tipo litologico, perché evidentemente risente di diversi fattori, soprattutto legati alla storia tettonica o climatica (p. es., nelle Alpi è stato riconosciuto il ruolo di passate fasi durante le quali la roccia è stata soggetta a glacio-pressione ora rimossa (PANIZZA, 1973). I valori minimi osservati in Calabria di altezza dei versanti, che possono assumersi come soglie minime assolute, sono intorno ai 150 m (SORRISO-VALVO, 1995), per *Sackung* in unità duttili (filladi).

Le grandi frane sono state le cause di numerosi sbarramenti fluviali, la maggior parte dei quali ha avuto una durata molto limitata nel tempo, mentre altri sono perdurati a lungo. Casi di sbarramento fluviale preistorici, dovuti a grandi frane, sono presenti probabilmente lungo la F.ra di Mérito, molto probabilmente lungo la F.ra di Careri a causa dell'omonima frana, ai piedi di Monte Vernita, a SE di Mormanno. In epoca storica, sono ben noti i 215 laghi formati nella Piana di Gioia Tauro (VIVEZIO, 1788), e forse nei pressi di Maida (OSO di Catanzaro, cfr. LA PIETRA, 1991), a causa delle frane attivate dai terremoti del 1783. Ed ancora altri laghi di sbarramento sono stati formati da frane presso Tropea nel 1872 (data acquisita dopo la stampa della carta), nella valle dell'Amendolea nell'ottobre 1951, nella valle della F.ra Buonamico nel gennaio 1973, unico, quest'ultimo ancora esistente. Presso Aiello Calabro (CS), una grande frana di età non definita aveva causato uno sbarramento tenuto in vita dal ripetersi di colate di detrito fino a metà del secolo scorso.

Studi recenti su laghi di sbarramento da frane di piccole dimensioni (PARISE, 1995), indicano come il fenomeno sia stato presente nelle diverse epoche storiche, ma come questi laghi siano comunque di breve durata. La presenza di Anofele della malaria ha inoltre costretto al sollecito prosciugamento artificiale di questi bacini, almeno fino alla prima metà di questo secolo.

4. CONCLUSIONI

Dall'analisi della tabella 1, si nota una certa omogeneità nelle dimensioni medie dei fenomeni di movimento di massa in cui almeno la lunghezza o la larghezza superano i 500 m. La superficie media, infatti varia da 1,36 a 1,76 km² a seconda delle strutture geologico-tecniche coinvolte. Da notare la quasi uguaglianza degli intervalli di variabilità dell'indice di forma larghezza/lunghezza, per i fenomeni che interessano unità rigide fratturate e unità prevalentemente duttili, soprattutto cristalline. Ciò concorre ad accreditare la tesi che in un versante, una roccia molto intensamente fratturata assume un comportamento meccanico simile a quello di un materiale granulare, quindi relativamente duttile, se la spaziatura della fratturazione è di almeno due ordini di grandezza inferiore alle dimensioni del rilievo.

Per i *Sackung* (tab. 3), è interessante notare che essi interessano i versanti a più alta inclinazione (38,7°), con un'altezza minima di 140 m e con una massima di 83 m. Gli spandimenti laterali interessano versanti la cui altezza non supera gli 870 m.

D'altronde, anche gli scorrimenti-colata di terra non raggiungono i 900 m di altezza (tab. 2) e gli scorrimenti in blocco interessano versanti che non superano i 730 m; solo le valanghe di detrito coinvolgono tratti di versante la cui altezza supera di poco i 900 m. Sembra pertanto che, oltre ad una soglia minima di altezza segnalata per i *Sackung*, vi sia una soglia massima, da collocare intorno ai 900 m, superata la quale i versanti non mostrano segni di collassi di grandi dimensioni. Con i pochi dati a disposizione, tuttavia, non si può affermare con certezza che esista tale soglia massima.

I fenomeni franosi che sono avvenuti con dinamica veloce hanno in molti luoghi prodotto sbarramenti naturali attraverso i torrenti e le fiumare che hanno invaso. In genere questi sbarramenti non presentano concentrazioni storiche e producono laghi di breve durata. Ciò è testimoniato anche per le frane di dimensioni ridotte, molto diffuse nelle zone a flysch nell'Alto Ionio (PARISE, 1995). L'unico lago tuttora esistente, ma in via di colmamento, è il Lago Costantino della Fiumara Buonamico, formatosi nel gennaio 1973.

Da notare infine che, in base a diverse osservazioni dirette e a studi su estese zone-campione della Calabria risulta che anche i fenomeni franosi di dimensioni modeste presentano una concentrazione maggiore nelle stesse zone in cui più frequenti sono i fenomeni di grandi dimensioni e le dgpv, ad eccezione della Piana di Gioia Tauro. Ciò rende la carta illustrata da queste note utile almeno a livello indicativo per una zonazione generale dei movimenti in massa della Calabria.

- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCODONO P., ZANETTIN-LORENZONI E. & ZUPPETTA A. (1976) - *L'Arco Calabro-Peloritano nell'orogene appennino-magbregide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.
- BECK A.C. (1968) - *Gravity faulting as a mechanism of topographic adjustment*. N.Z. Journ. Geol. Geophys., 11, 191-199.
- BONARDI G., GIUNTA G., PERRONE V., RUSSO M., ZUPPETTA A. & CIAMPO G. (1980) - *Osservazioni sull'evoluzione dell'arco calabro-peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando*. Boll. Soc. Geol. It., 99, 365-393.
- BONARDI G., AMORE F.O., CIAMPO G., MICONNET P. & PERRONE V. (1988) - *Il Complesso Liguride Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sulla sua evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l'Arco Calabro*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 17-35.
- CARRARA A., SORRISO-VALVO M. & REALI C. (1982) - *Analysis of landslide form and incidence by statistical techniques. Southern Italy*. Catena, 9, 35-62.
- COLELLA A., DE BOER P.L. & NIO S.D. (1987) - *Sedimentology of a marine intermontane Pleistocene Gilbert-type fan-delta complex in the Crati Basin, Calabria, Southern Italy*. Sedimentology, 34, 721-736.
- COTECCHIA V., GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. (1992) - *The morphogenetic crisis triggered by the 1783 earthquake in Calabria (Southern Italy)*. Proceed. Int. Symp. Engineering Geology Problems in Seismic Areas, v. 6, 245-304.
- COTECCHIA V., TRAVAGLINI & MELIDORO G. (1969) - *I movimenti franosi e gli sconvolgimenti della rete idrografica prodotti in Calabria dal terremoto del 1783*. Geol. Appl. Idrogeol., 4, 1-24.
- DE DOLOMIEU D. (1785) - *Sopra i tremuoti della Calabria*. Librai Francesi Rimpetto a S. Angelo a Nido, Napoli, 96 pp.
- DI NOCERA S., ORTOLANI F., RUSSO M. & TORRE M. (1974) - *Successioni sedimentarie e limite Miocene-Pliocene nella Calabria settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 98, 559-587.
- DRAMIS F., MAIFREDI P. & SORRISO-VALVO M. (1985) - *Deformazioni gravitative profonde di versante. Aspetti geomorfologici e loro diffusione in Italia*. Geol. Appl. Idrogeol., 20, 377-390.
- DRAMIS F. & SORRISO-VALVO M. (1994) - *Deep-seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics*. Engin. Geol., 38, 231-243.
- FERRERI L., MICHETTI A.M., SERVA L. & VITTORI E. (1994) - *Terremoti olocenici lungo la Faglia del Pollino (Calabria Settentrionale); nota preliminare*. In: MICHETTI A.M., ed., «Paleosismologia e pericolosità sismica: stato delle conoscenze ed ipotesi di sviluppo». Cnr-gndt, Rendiconti, 2, 65-88, Roma.
- GOGUEL J. (1978) - *Scale-dependent rockslide mechanics with emphasis on the role of pore fluid vaporisation*. In: VOIGHT B., ed., «Rockslides and avalanches», Develop. in Geotechnical Engineering 14A, 693-706, Elsevier, Amsterdam.
- GUERRA I. (1986) - *Osservazioni strumentali della sismicità della Calabria. Risultati preliminari*. 5° Conv. Ann. Gr. Naz. Geofis. Terra Solida, Roma, 525-536.
- GUERRICCHIO A. & MELIDORO G. (1973) - *Segni premonitori e collassi delle grandi frane nelle metamorfiti della valle della Fiumara Buonamico (Aspromonte, Calabria)*. Geol. Appl. Idrogeol., 8, 315-346.
- GULLÀ G., MERENDA L. & NICOLETTI P.G. (1984) - *Gravitational slope deformation in the S. Lucido area (Calabria Italy)*. Proceed. Cnr-Pan Meeting on Progress in Mass Movement and Sediment Transport Studies, Cnr-Irpi, Torino, 21-38.
- GULLÀ G., NICOLETTI P.G. & SORRISO-VALVO M. (1988) - *Deformazioni gravitative profonde di rocce rigide giacenti su rocce duttili in Calabria*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 905-910.
- LA PIETRA T. (1991) - *Indagine sui principali fenomeni morfogenetici nella tavoletta Maida (F. 2411 SE)*. Tesi di laurea inedita, Univ. della Calabria, p. 125 + Appendice, I Tav. F.T.
- MATANO F. & TANSI C. (1994) - *Influenza delle strutture tettoniche sul profilo d'alterazione e sulla franosità negli gneiss dell'area di San Pietro in Guarano (Calabria Settentrionale)*. Geol. Romana, 30, 361-370.
- MELIDORO G. & GUERRICCHIO A. (1969) - *Geologia, fenomeni franosi e problemi di difesa del suolo nel Vallone Colella (Aspromonte)*. Geol. Appl. Idrogeol., 4, 63-83.

- MONACO C., TANSI C., TORTORICI L., DEFRANCESCO A.M. & MORTEN L. (1991) - *Analisi geologico-strutturale dell'Unità del Frido al Confine calabro-lucano (Appennino meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 47, 341-353.
- MONACO C. & TANSI C. (1992) - *Strutture transpressive lungo la zona trascorrente sinistra del versante orientale del Pollino (Appennino calabro-lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., 111, 291-301.
- MONACO C., TORTORICI L., MORTEN L., TANSI C. & CRITELLI S. (1994) - *Geologia del versante nord-occidentale del Massiccio del Pollino (Appennino Meridionale): Carta geologica scala 1:50.000*. 77^a Riunione Estiva Congresso Nazionale Soc. Geol. It., Bari, 257-273.
- MORTARA G. & SORZANA P.F. (1987) - *Fenomeni di deformazione gravitativa profonda nell'arco alpino occidentale italiano. Considerazioni litostutturali e morfologiche*. Boll. Soc. Geol. It., 106, 303-314.
- NEMCOK A. (1972) - *Gravitational slope deformation in high mountains*. Proceed. 24th Int. Geol. Congress, Montreal, Sec., 13, 132-141.
- OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del Confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., 8, 453-763.
- PANIZZA M. (1973) - *Glacio-pressure implications in the production of landslides in the dolomitic area*. Geol. Appl. Idrogeol., 8, 289-297.
- PARISE M.A. (1995) - *Fenomeni di sbarramento fluviale per frana in Calabria settentrionale*. Tesi di laurea inedita, Univ. della Calabria, p. 98 + 4 appendici, 5 Tav. F.T.
- PHILIP H. & TORTORICI L. (1980) - *Tectonique superposée dans les sédiments Miocène supérieur à Pléistocène de la Calabre centrale et septentrionale (Italie méridionale)*. C.R. somm. Soc. Geol. Fr., 5, 191-194.
- RADBRUCH-HALL D. (1978) - *Gravitational creep of rock masses on slopes*. In: VOIGHT B., ed., *Rockslides and avalanches. Develop. in Geotechnical Engineering*. 14A, 607-658, Elsevier, Amsterdam.
- SELLI R. (1962) - *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia centro-meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 3, 737-789.
- SELLI R. (1957) - *Sulla trasgressione dei Miocene nell'Italia meridionale*. Giorn. Geol., s. 2, 26, 1-54.
- SORRISO-VALVO M. (1984) - *Deep-seated gravitational slope deformation in Calabria (Italy)*. Séne Docum. BRGM, 83, 81-90.
- SORRISO-VALVO M. (1988) - *Studi sulle deformazioni gravitative profonde di versante in Italia*. Atti 74^{ma} Confer. Naz. Soc. Geol. It., Sorrento, 13-17 Settembre 1988, Mem. Soc. Geol. It., 108, 369-380.
- SORRISO-VALVO M. (1993) - *The Geomorphology of Calabria. A sketch*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 16, 75-80.
- SORRISO-VALVO M. (1995) - *Considerazioni sul limite tra frana e deformazione gravitativa profonda di versante*. Mem. Soc. Geol. It., 50, 179-185.
- SORRISO-VALVO M. & SYLVESTER A. (1993) - *The relationship between geology and landforms along a coastal mountain front, northern Calabria, Italy*. Earth Surf. Proc. Landf., 18, 257-273.
- SORRISO-VALVO M. & TANSI C. (1996) - *Attività franosa in relazione all'attività tettonica recente nella Media Valle del Fiume Crati*. Atti del Convegno «Il ruolo della Geomorfologia nella Geologia del Quaternario», Napoli 27-29 febbraio 1996, Il Quaternario, in stampa.
- TEALE C.T., SANTANTONIO M. & ZUFFA G.G. (1988) - *Carta geologica in scala 1:25.000 dell'area compresa tra Bocchigliero e Longobucco (Calabria nord-orientale)*. Selca Firenze.
- TORTORICI L. (1982) - *Lineamenti geologico-strutturali dell'Arco Calabro*. Soc. It. Min. Petr., 38, 927-940.
- TORTORICI L., MONACO C., TANSI C. & COCINA O. (1995) - *Recent and active tectonics in the Calabrian arc (Southern Italy)*. Tectonophysics, 243, 37-55.
- TRINCARDI F. & NORMARK W.R. (1988) - *Pleistocene Suvero slide, Paola Basin, Southern Italy*. Marine Petrol. Geol., 1, 324-335.
- VAN DIJK J.P. & OKKES M. (1991) - *Neogene tectonostratigraphy and kinematics of the Calabrian basins: implications for the geodynamics of the central Mediterranean*. Tectonophysics, 196, 23-60.
- VARNES D.J. (1978) - *Slope movement types and processes*. In: SCHUSTER R.L. & KRIZEK R.J., eds., *Landslides. Analysis and Control*. Transp. Res. Board Special Publication 176, Nat. Acad. Sc., 11-33 1 pl.
- VIVENZIO G. (1788) - *Istoria de' tremuoti avvenuti nella Provincia della Calabria Ulteriore e nella città di Messina nell'anno 1783. E di quanto nella Calabria fu fatto per lo suo risorgimento fino al 1787. Preceduta da una teoria ed istoria generale dei tremuoti*. II ed., Stamperia Reale, Napoli.
- WESTAWAY R. (1993) - *Quaternary Uplift of Southern Italy*. Journ. Geophys. Rec., 98, 21.741-21.772
- ZISCHINSKY U. (1969) - *Über Sackungen*. Rock Mechanics, 1, 30-52.