



**COMUNE DI LOCRI**

**Comune di Reggio Calabria**

## **PIANO STRUTTURALE COMUNALE (P.S.C.)**

(L.U.R. 16 aprile 2002, n. 19)

Linee guida (D.C.R., n. 106 / 2006)

QTRP (D.C.R., n. 300 /2013)



**PROFESSIONISTI INCARICATI**

arch. Fulvio A. Nasso - Capogruppo  
arch. Giuseppe Lombardo  
arch. Paolo Malara

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**  
geom. Orlando

prof. geol. Giuseppe Mandaglio

consulente  
geol. Michele Mandaglio

collaboratore  
pian. terr. Rocco Panetta

### **QUADRO CONOSCITIVO TERRITORIALE - QUADRO AMBIENTALE**

**SSG  
Rel  
1**

### **Relazione Geologica**

RAPPORTI DI SCALA

DATA  
01/04/2014

## Relazione geologica - Sommario

RELAZIONE GEOLOGICA.....	3
Premesse .....	3
PARTE I - ASPETTI GENERALI .....	5
1.1 Ubicazione .....	5
1.2 Inquadramento tettonico-strutturale .....	5
1.3 Aspetti tettonico - strutturali.....	10
PARTE II - ASPETTI SISMICI.....	12
2.1. Generalità .....	12
2.2 Sismicità storica e intensità macrosismica .....	12
2.3 - Attività sismica regionale.....	13
PARTE III-ASSETTO GEOLOGICO .....	16
3.1 - Geologia dell'Arco Calabro .....	16
3.2 - Complessi e unità geologiche regionali.....	16
3.4- Il Bacino Calabro-Ionico .....	18
3.4.1 Geologia dell'offshore ionico della Calabria meridionale .....	18
PARTE IV - FORMAZIONI GEOLOGICHE E RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA .....	26
4.1 Argille policrome ( $M_{ac}^{1-2}$ ).....	26
4.2 - Siltiti e argille siltose ( $M_{a-s}^{2-3}$ ).....	27
4.3 - Conglomerati e sabbie ( $M_{cl}^2$ ).....	27
4.4 - Calcari evaporitici ( $M_t^3$ ).....	27
4.5 - Conglomerati poligenici ( $P_{cl}^1$ ) .....	27
4.6 - Sabbie e arenarie brunastre ( $M_{s-2-3}^s$ ) .....	28
4.7 - Marne e argille marnose (trubi) ( $P_{a-1-2}^a$ ).....	28
4.8- Sabbie giallastre ( $P_{s-2-3}^{s'}$ ).....	28
4.9 - Argille azzurre ( $P_{a-2-3}^a$ ) .....	29
4.10 - Sabbie e arenarie giallastre ( $P_{s-2-3}^{s''}$ ).....	29
4.11 - Sabbie e ghiaie arcose ( $q^{cl-s}$ ) .....	29
4.12 - Dune e sabbie stabilizzate (d1) e mobili (d2) .....	30
4.13- Detriti di pendio (dt) e di frana (df) .....	30
4.14 - Prodotti di soliflusso e dilavamento (a).....	30
4.15 - Depositi alluvionali stabilizzati (af ) e mobili (ac) .....	31
PARTE V - GEOMORFOLOGIA, CLIMATOLOGIA, IDROLOGIA.....	32
5.1 - Lineamenti geomorfologici.....	32
5.1.1- Colline .....	33

5.1.2 Pianure .....	33
5.1.3 - Alvei fluviali e litorale marino.....	34
5.2 - Elementi di climatologia.....	35
5.3 Elementi di idrologia .....	40
5.4 - Elementi di geopedologia.....	47
PARTE VI - SCHEDE TECNICHE SULLA DIFESA DEL SUOLO .....	48
6.1 Finalità e metodologie .....	48
6.2 Pericolosità e rischi geologici.....	48
6.2.1. Il rischio idrogeologico. ....	48
6.2.3. Piani estrattivi e discariche.....	49
6.2.4. Il rischio sismico.....	49
6.2.5. Geositi.....	50
6.3 La verifica di compatibilità .....	50
PARTE VII - SCHEDE TECNICHE .....	51
7.1 - Scheda Tecnica 1 - Metodologie per analisi di pericolosità e rischi idrogeologici.....	51
7.2. Scheda Tecnica 2 - Problematiche connesse alla compatibilità geologica e fattibilità del PSC.....	51
PARTE VIII - CARTOGRAFIA GEOTEMATICA.....	53
8.1 Carte di analisi.....	53
• Carta di inquadramento geo-strutturale.....	53
• Carta strutturale.....	53
• Carta geomorfologica.....	53
• Carta idrogeologica e del sistema idrografico.....	54
• Carta clivometrica.....	54
• Carta delle aree a maggiore pericolosità sismica locale.....	55
• Carta geologico-tecnica.....	57
8.2 Carta di sintesi.....	57
8.2.1 Carta dei Vincoli.....	57
8.2.2 Carta di Sintesi .....	57
• Carta delle pericolosità geologiche. Fattibilità delle azioni di Piano.....	59
9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	60
9.1 Pubblicazioni .....	60
9.2 Cartografia.....	66

# RELAZIONE GEOLOGICA

## Premesse

La fattibilità dei Piani Strutturali è strettamente correlata alla valutazione delle pericolosità geologiche e per prevenire o mitigare le situazioni di rischio che possono derivarne, la **Legge urbanistica regionale** (L. N°19/2002 e s.m.i.), le **Linee guida della pianificazione regionale e schema base della carta regionale dei luoghi** (Del. Consiglio Regionale della Calabria n. 106/2006) e il **Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico** (D.C.R. N° 300 del 22 aprile 2013 in attuazione dell'Art. 25 della LUR) prevedono l'applicazione di specifiche metodologie, con fasi d'indagine e approfondimenti conoscitivi progressivamente più articolati con il progredire dei diversi livelli di pianificazione.

Lo studio del territorio comunale di Locri (RC), nella prima fase ha avuto lo scopo di individuare, descrivere e rappresentare su adeguate cartografie tematiche fenomeni e processi geologici con il loro livello di pericolosità, in modo da consentire una corretta impostazione delle azioni di piano. Successivamente, mettendo a confronto le ipotesi di piano con le pericolosità geologiche, saranno ricostruiti scenari di rischio e quindi sarà valutata la compatibilità/sostenibilità delle azioni di piano e le conseguenti condizioni d'uso del territorio.

Lo studio ha preso l'avvio da ricerche sugli aspetti geologico-strutturali che caratterizzano il territorio a scala regionale, disponibili negli archivi scientifici, per essere poi approfondito per tematismi significativi a scala locale, in base al principio che una geostruttura può essere fattore di rischio determinante a scala regionale, come accade ad esempio in campo sismico, ed avere scarsa influenza sul livello di rischio idrogeologico locale. Reciprocamente, la presenza di terreni "instabili", intesi nel senso che questo termine assume nella meccanica delle terre, o di un contatto tra rocce rigide e terreni sciolti, pur non influenzando i movimenti geodinamici a carattere regionale, può rivestire importanza primaria in ambito locale per ciò che attiene ai rischi geomorfologici e idrogeologici, sia in presenza sia in assenza di sisma.

Peraltro, essendo previsto che tra le pericolosità naturali sia valutata anche la pericolosità sismica (*microzonazione*), è indispensabile che rilievi di dettaglio e indagini geognostiche siano riferiti a studi sismotettonici a carattere regionale, altrimenti si rischierebbe di valutare incrementi di sismicità locali senza conoscere il valore della sismicità di base – che di solito rappresenta la scuotibilità in condizioni "normalizzate" - del territorio interessato dal PSC.

Analogo procedimento è stato seguito per la valutazione delle pericolosità idrogeologiche e geomorfologiche le cui cause, come accade per le esondazioni fluviali, non sempre si originano all'interno dei confini comunali, e i cui effetti possono anche travalicarli. In questi settori l'elaborazione di specifiche cartografie geotematiche ha permesso la rappresentazione spaziale dei diversi fattori di pericolosità e l'individuazione delle possibili direttrici di sviluppo dei processi idro-geo-morfologici.

La valutazione delle pericolosità non è stata sviluppata in senso univoco e assoluto, e non si è esaurita nella distinzione del territorio in classi di pericolosità statiche rispettando le quali potrebbe essere astrattamente garantita la "sicurezza", bensì in senso bi-univoco e dinamico,

contemperando l'esigenza di fare attendibili previsioni spaziali sugli effetti (accelerazione/ritardo) che i processi morfogenetici possono subire in dipendenza delle programmate azioni di piano (*scenari di rischio*). Con tale procedura, alcune aree caratterizzate da fattori geomorfologici consistenti o addirittura fortemente limitativi, sono state rese disponibili per particolari azioni di piano, mentre altre aree, gravate da fattori di limitazione inizialmente lievi o modesti, hanno subito limitazioni più consistenti per effetto dell'urbanizzazione ipotizzata. Si tratta di verifiche e confronti che troveranno il punto di arrivo nella **Carta di sintesi**, formalmente destinata alla fattibilità delle azioni di piano, per la cui elaborazione si terrà conto anche della pericolosità sismica locale su base quali-quantitativa.

I risultati dei rilievi e delle indagini sono stati rappresentati su appositi elaborati cartografici [*Carta tettonico-strutturale, Carta geologica, Carta Geomorfologica, Carta Idrogeologica e del sistema idrografico, Carta clivometrica, ecc.*].

A conclusione delle ricerche e delle indagini preliminari, specifiche cartografie di sintesi [*Carta dei Vincoli e dei fattori preclusivi e limitativi, Carta delle unità di paesaggio, Carta delle Pericolosità Geologiche e della fattibilità delle azioni di Piano*] saranno destinate alla rappresentazione dell'intero territorio interessato dal PSC, suddiviso per classi di fattibilità.

Il completamento della procedura prevede la Relazione geologico - tecnica che, nella fase definitiva, oltre all'approfondimento dei vari temi analizzati in fase preliminare, darà anche le necessarie indicazioni/prescrizioni sulle cautele generali da adottare per gli interventi, e sugli studi e indagini di approfondimento con cui realizzare i piani operativi. La relazione definitiva fornirà anche indicazioni programmatiche sugli interventi di prevenzione/riduzione del rischio e sulla necessità di controllo dei processi morfogenetici in atto, dalla cui prevedibile evoluzione possono derivare effetti sia sulle future aree da urbanizzare e sia su quelle già urbanizzate.

La *Relazione geologico – tecnica* definitiva illustrerà in dettaglio le informazioni di base e specialistiche, con particolare riferimento ai richiami del *Capitolo V* delle Linee Guida e alle *Schede XI e XII*. Inoltre, per ogni classe di fattibilità, saranno definiti gli eventuali approfondimenti di studi e indagini, le cautele e le precauzioni da osservare, dando anche indicazioni sugli interventi destinati alla mitigazione dei rischi.

Un capitolo della Relazione sarà dedicato alla descrizione delle indagini geognostiche disponibili e ai risultati ottenuti.

La proposta di normativa geologico-tecnica-ambientale completerà lo studio.

#### **N.B.**

- **Per le finalità e per le metodologie adottate, lo studio non può essere utilizzato in sostituzione di relazioni geologiche e geotecniche per la realizzazione di opere d'ingegneria, per le quali le norme (NTC 2008) prescrivono studi e indagini specifiche, né per operazioni di pianificazione o progettazione diverse da quelle del PSC.**
- **La proprietà scientifica è di esclusiva competenza dell'autore per cui l'uso parziale dello studio è ammesso soltanto dopo averne avuto documentata approvazione scritta.**

# PARTE I - ASPETTI GENERALI

## 1.1 Ubicazione

Il territorio compreso nel PSC si colloca sul versante orientale della provincia di Reggio Calabria alla base del versante che collega displuviale appenninica dell'Aspromonte con il litorale marino del Mare Jonio, ed è solcato da alcune fiumare che, con asse allungato da Nord-Ovest a Sud-Est, drenano vaste aree geografiche in cui sono chiaramente percepibili i processi geologici e geomorfici che hanno conformato il paesaggio. I corsi d'acqua principali sono la Fiumara Novito che segna il confine nord-orientale e la Fiumara San Paolo - di Gerace - Antonimina che attraversa centralmente il territorio. Di origine e articolazione intracomunale sono alcuni corsi d'acqua minori tra cui vanno segnalati il Vallone Fondo-Santo Stefano, il Torrente Preiotti, il Vallone Carbone, il Vallone Picareto.

Il territorio è rappresentato nel Foglio 590 – Sezione II (Locri), – della Carta d'Italia dell'I.G.M.I in scala 1:25.000 (Serie 25), mentre sulla Carta Tecnica Regionale interessa le sezioni 590 112 (Gerace), 590 113 (Bagni minerali), 590 123 (Zammariti), 590 151 (Riposo), 590 152 (Moschetta), 590 153 (Sant'Ilario dello Jonio), 590 154 (Portigliola), 590 163 (Case Cariti) e 590 564 (Locri).

## 1.2 Inquadramento tettonico-strutturale

Il territorio di Locri appartiene alla regione geotettonica caratterizzata dall'Arco Calabro Peloritano, struttura complessa che, secondo le interpretazioni geologiche più accettate, è ritenuta un lembo di catena alpina che dopo l'apertura del Mar Tirreno si è spostata verso SE, in sovrapposizione a un piano di subduzione immergente verso NW, lungo il quale la litosfera ionica sprofonda sotto l'Arco per immergersi sotto la litosfera tirrenica.

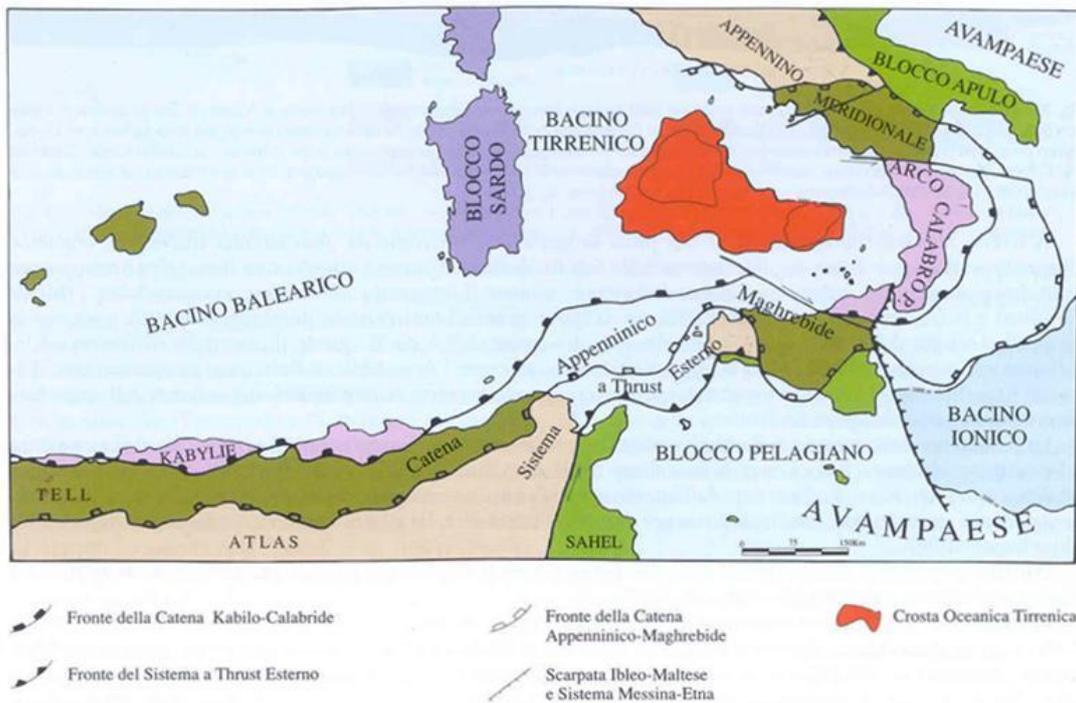
Le ricerche tettonico-strutturali hanno dimostrato che l'Arco non è un corpo strutturale unico e statico, bensì un insieme di blocchi di crosta continentale, separati da linee tettoniche profonde (faglie litosferiche), in movimento per sovrascorrimento passivo (*roll-back*) verso l'avampaese ionico, con velocità differenti lungo le faglie che separano i blocchi.

Del resto, l'ubicazione degli ipocentri dei terremoti profondi e le massime profondità ipocentrali registrate nella crosta tirrenica (~500 km) fanno presumere l'esistenza di una zolla situata sulla parte esterna dell'Arco (zolla ionica) in subduzione lungo un piano di Wadati-Benioff immergente verso ovest con angoli di circa 50°-60°. Gli ipocentri sismici superficiali, invece, si collocano in massima parte nei primi 20 km di spessore della crosta e mostrano soluzioni focali molto differenziate, richiamando la possibilità di strutture geologiche sovrapposte e in sovrascorrimento, segmentate da strutture distensive, caratterizzate da una diversa capacità di generare/accumulare stress. Ciò potrebbe essere ricondotto alla subduzione della "zolla ionica" sotto la "zolla calabra" e potrebbe spiegare anche i diversi blocchi strutturali che segmentano l'Arco Calabro.

Ne deriva una regione tettonica soggetta da una parte a processi geodinamici profondi (contatto fra *zolla ionica* e *zolla calabra*) e dall'altra a fenomeni generati dalle strutture intermedie e superiori, interessate da sollevamento tettonico con fenomeni compressivi verso Est e da fenomeni distensivi e di sprofondamento verso Ovest.

In tale ricostruzione le unità cristalline calabresi, strutturalmente delimitate a Nord dalla *linea di Sangineto*, proseguono in Sicilia nei Peloritani e terminano in corrispondenza della *linea di*

*Taormina* non più mobilizzata in periodo neotettonico ( v. fig. 1.1). Per la linea di Sanginetto è stato riconosciuto o ipotizzato da molti studiosi (Caire,1970; Dubois,1976; Ortolani,1976; Ghisetti e Vezzani,1979) il carattere di antica trascorrente sinistra, in realtà più postulato in base a considerazioni geodinamiche generali e alla necessità di giustificare la traslazione dell'Arco verso SE, che sui movimenti registrati lungo gli effettivi piani di faglia. Altri studiosi affermano invece che i movimenti neotettonici lungo le faglie legate alla linea di Sanginetto sarebbero prevalentemente di tipo normale o obliquo (Bousquet 1973) anche se non danno indicazioni sulla distribuzione spaziale e sul senso dei movimenti obliqui in funzione della direzione delle faglie. Ancora aperto e in corso di studio è poi il problema del significato neotettonico della linea stessa.



**Figura 1.1 - L'Arco Calabro-Peloritano nell'evoluzione tettonica del Mediterraneo centrale (da Lentini et al. 2005.)**

Ai movimenti trascorrenti, avvenuti durante la fase compressiva del Pliocene medio, sarebbero succeduti movimenti normali legati alle fasi distensive pleistoceniche, come testimoniano dati geologici e macrotettonici.

La segmentazione interna dell'Arco (v. fig.1.2) avviene per opera di altri sistemi di faglie che possono essere divisi in due gruppi, il primo - parallelo alle direttrici strutturali della catena - segue la curvatura dell'arco passando da direzioni N-S a direzioni NE-SW ed E-W, mentre l'altro riunisce i sistemi che interrompono la continuità della catena stessa, delimitando strutture di affondamento, in corrispondenza delle quali avviene la curvatura dell'Arco. Questi sistemi presentano direzione variamente orientata da ENE-WSW a E-W, ESE-WNW e NE-SW.

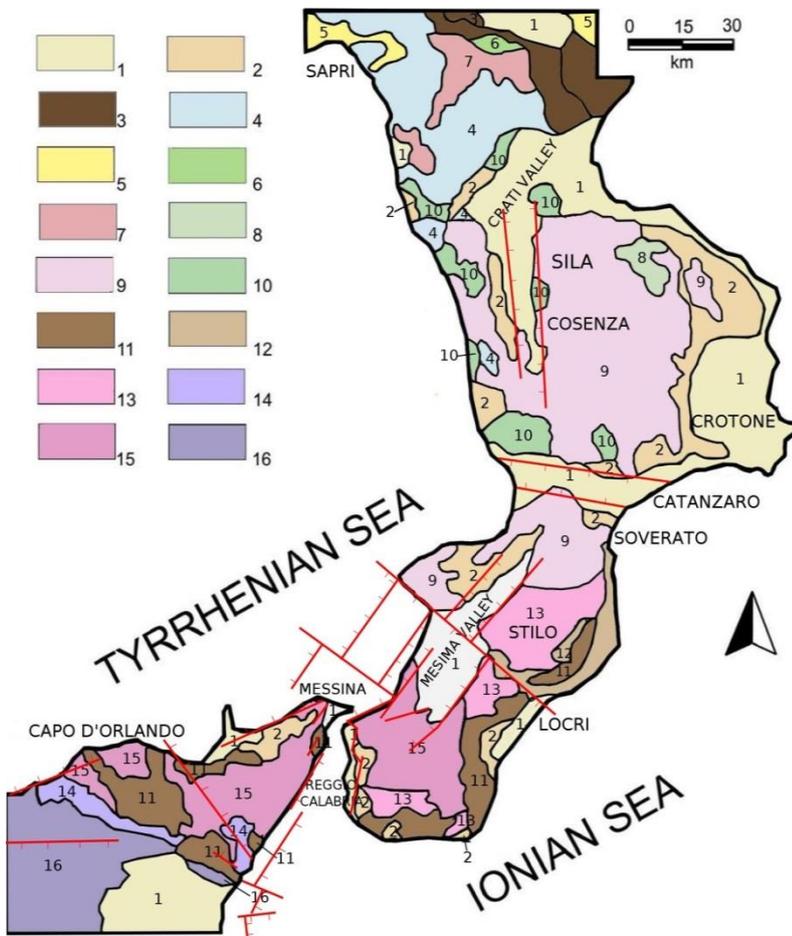
Sila, Serre e Aspromonte rappresentano blocchi che hanno subito uno scorrimento maggiore, con valori di spostamento pari ad alcuni mm/anno, mentre i M. Peloritani, almeno da una certa epoca in poi, manifestano tassi di scorrimento minori, probabilmente dovuti all'emergenza etnea il cui apparato vulcanico esterno si è individualizzato nel Quaternario.

In tempi recenti e per finalità diverse, alcune importanti istituzioni pubbliche (CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, Servizio Sismico Nazionale, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Università, ecc.) hanno prodotto studi e ricerche che hanno aumentato le

conoscenze di neotettonica e sismicità della regione compresa tra l'Aspromonte e i Peloritani, evidenziando che le azioni geodinamiche sono molto diverse, pur nella generale gravità degli eventi, sia da quelle dell'Italia meridionale e della stessa Calabria settentrionale e sia da quelle della restante parte della Sicilia a causa di differenti peculiarità geologiche e tettonico - strutturali.

**Fig. 1.2 – Schema tettonico dell'Arco Calabro-Peloritano**

1. Pliocene to Holocene sediments, and volcanic and volcanoclastic rocks; 2. Upper Tortonian to Messinian clastics and evaporites;
3. Cilento Group (Middle Miocene); 4. San Donato, Verbicaro and Pollino Units (Triassic to Miocene).
- 5 to 7 Liguride Complex:



5. Calabro-Lucanian Flysch Unit (Upper Jurassic to Upper Oligocene); 6. Ophiolitiferous blocks and Melange; 7. Frido Unit (Upper Jurassic to Upper Oligocene);
- 8) Longobucco and Caloveto Groups (Lower Lias to Lower Cretaceous) and Paludi Formation (Upper Oligocene);
- 9) Sila, Castagna and Bagni basement Units (Paleozoic); 10) Malvito, Diamante-Terranova, Gimigliano Ophiolitiferous units (upper Jurassic to Lower Cretaceous);
- 11) Floresta Calcarenite (Middle Miocene), Stilo-Capo d'Orlando Formation (Lower Miocene);
- 12-13 Stilo Unit: 12. Carbonate rocks of the Stilo Unit (Upper Triassic? to Cretaceous); 13. Basement rocks (Paleozoic); 14) Sedimentary Cover of the Longi-Taormina Unit (Upper Triassic to Oligocene); 15. Basement rocks of the Aspromonte, Africo, Mandanici, Fondachelli, Longi, Taormina units (Paleozoic); 16) Sedimentary units of the Maghrebic Chain. [Modified after Bonardi et alii (1993), Critelli (1999) and Critelli et alii (2011)].

Del resto, nell'Arco esistono forti differenze litologiche e le unità deformate e metamorfosate affioranti nel settore settentrionale sono state osservate solo parzialmente nel settore meridionale (Bonardi et al. 1987, Platt e Compagnoni, 1990). Inoltre, è dimostrato che le unità litostratigrafiche dell'Arco Calabro differiscono nettamente da quelle che caratterizzano l'Appennino meridionale e le Magrebidi siciliane, costituendo un frammento di litosfera alloctona rispetto alle rocce con cui vanno a contatto (Mac Williams e Howel, 1982; Cavazza et al. 1997). Alle differenze litologiche corrispondono notevoli differenze tettonico - strutturali e una specifica ed elevata sismicità storica (Panza et al., 2002; Gasparini et al., 1982; Cristofolini et al., 1982; Ghisetti, et al. 1982; De Natale e Pingue, 1993; Boschi et al., 1994; Valensise et al., 2003; Tinti 2007, Mandaglio et al. 2008).

Caratteristiche dell'Arco Calabro-Peloritano compatibili con i modelli geodinamici più noti sono la grande velocità di accorciamento dell'area negli ultimi 30 Ma, e un corpo freddo immergente

verso NW, ben visibile nei lavori di tomografia (Figura 1.3) e già individuato dalla posizione degli ipocentri dei terremoti e di altre tomografie sismiche (Figura 1.4).

Tuttavia, allo spostamento verso SE sul quale i due modelli concordano, non corrispondono uguali misurazioni geodetiche. I dati disponibili evidenziano, infatti, velocità di circa 5 mm/anno verso ESE rispetto alla placca Africana e di non meno 3 mm/anno verso NNE rispetto alla placca Eurasiatica (Hollestein, 2003; D'Agostino & Selvaggi, 2004) e ciò dimostrerebbe che, attualmente, la Calabria ha un moto indipendente rispetto sia all'Eurasia sia all'Africa, la qual cosa implicherebbe l'esistenza di una microplacca ionica in rotazione antioraria rispetto alla placca Africana e all'Eurasia (Westaway, 1993; Meletti et al., 2000) e la rotazione antioraria del blocco aspromontano avrebbe determinato anche la svasatura dello Stretto di Messina verso Sud (G. e M.C. Mandaglio, 2008).

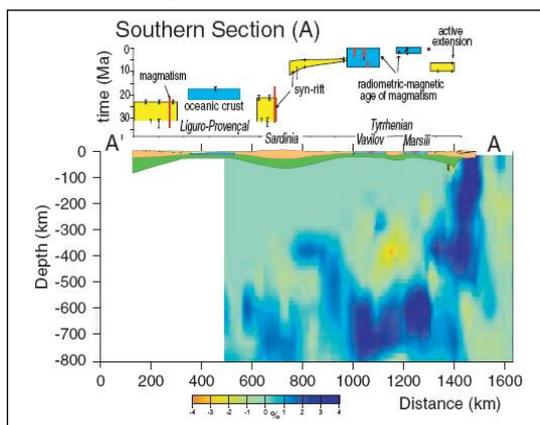


Figura 1.3

Sezione tra il Golfo di Lione e la Calabria con modello tomografico del mantello superiore (da Faccenna et al., 2001).

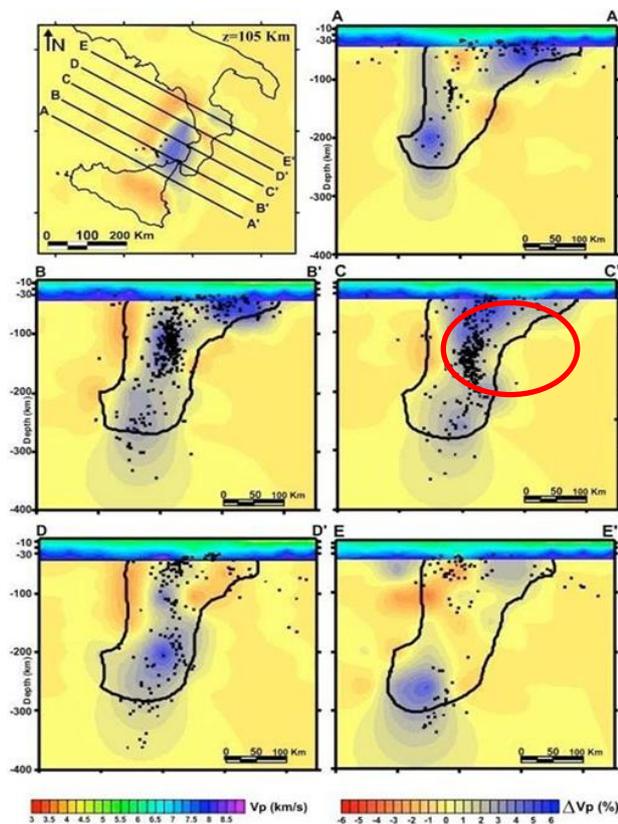


Figura 1.4: Tomografie sismiche dell'Arco Calabro –

**Peloritano.** La mappa in alto a sinistra mostra i valori  $V_p$  calcolati alla profondità di 105 km. L'area ad alta velocità (colore blu) indica il settore in cui lo slab affonda con struttura continua.

Le sezioni verticali utilizzano il risultato della tomografia di Barberi et al. [2004] nei primi 40 km e il modello tomografico di Neri et al. [2008] per profondità maggiori.

La curva nera delimita il dominio di migliore risoluzione del modello (Spread Function < 3.5).

I punti neri indicano i terremoti locali.

**La sezione C-C' è la più rappresentativa per l'area in esame.**

Del resto, l'analisi degli stress attivi a scala regionale evidenzia che nell'Arco l'orientazione degli sforzi ruota dalla direzione NE-SW, tipica dell'Appennino Meridionale, a NW-SE (Montone *et al.*, 2004) con ciò conformando anche la curvatura dell'arco stesso. Se si prendono in considerazione i dati sismici, le più importanti faglie regionali a sviluppo parallelo all'Arco sembrerebbero caratterizzate da meccanismi distensivi, mentre le faglie perpendicolari sarebbero governate da meccanismi trascorrenti o transpressivi.

Secondo l'interpretazione subduttiva, l'Arco Calabro-Peloritano si trova nella posizione in cui la litosfera ionica in subduzione si piega a ginocchio per poi disperdersi nell'astenosfera intorno ai 500 km di profondità nel bacino di retro arco tirrenico con fenomeni compressivi verso il mare Ionio e distensivi nel Tirreno (Figura 1.5).

La subduzione sarebbe la causa della forte differenza di spessore crostale che si registra tra il bacino ionico (25 - 45 km) e il bacino tirrenico (~ 10 km) delle faglie normali che hanno dislocato le falde della catena a partire dal Pliocene inferiore e del sollevamento differenziale ancora perdurante.

Fagliazione e sollevamento differenziale sarebbero alla base della formazione di una serie di bacini (Valle del Mesima, bacini di Gioia Tauro, Sant'Eufemia, Reggio Calabria, Stretto di Messina) e alti strutturali (Serre, Aspromonte, Monte Sant'Elia, Campo Piale) che nella Calabria meridionale sono orientati in direzione NE-SW oppure ENE-WSW bordati da faglie normali ad alto angolo, sia subparallele sia ortogonali alla catena (Tortorici *et al.*, 1995; Monaco *et al.*, 1997, Galli & Bosi, 2002, 2003).

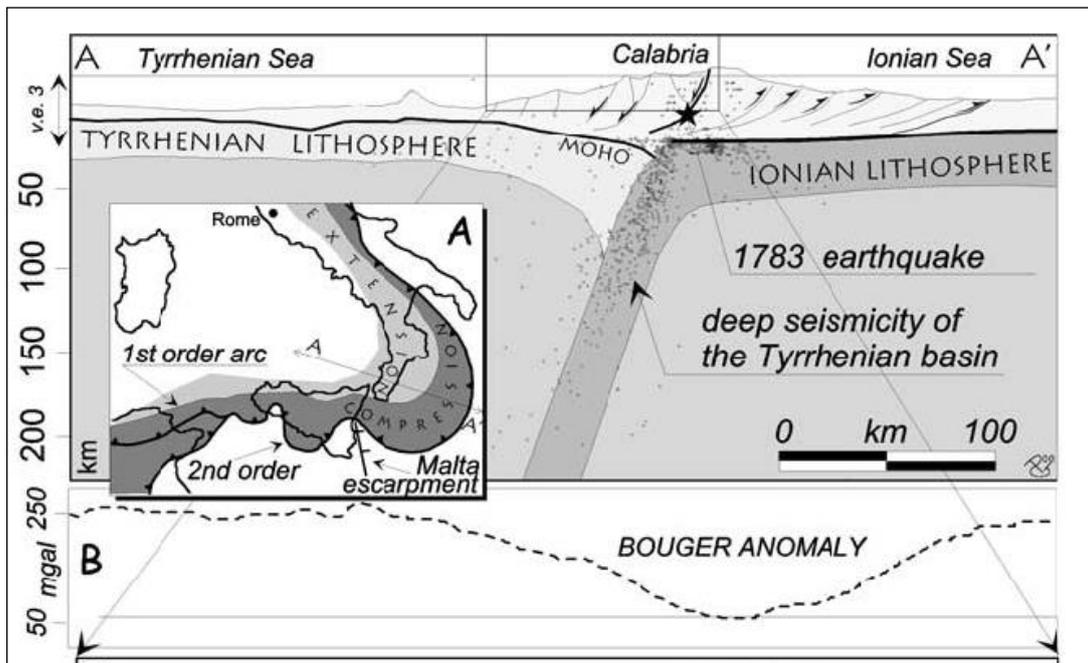


Figura 1.5. Sezione schematica ortogonale all'Arco Calabro, passante per la Locride (da: Galli & Bosi, 2002).

L'intensa e recente attività tettonica ha dato origine a una morfologia aspra, soggetta a fenomeni erosivi e gravitativi diffusi e intensi.

L'andamento ritmico del sollevamento tettonico è ben testimoniato dalla successione e disposizione dei terrazzi, particolarmente diffusi sul versante occidentale dell'Aspromonte - dove sono stati riconosciuti 12 ordini di terrazzi pleisto-olocenici il primo dei quali si trova oggi a 1350 m s.l.m. (Miyachi *et al.*, 1994).

Il tasso di sollevamento generale risulta superiore a 0.6 mm/anno, con valori compresi tra 3.8 e 0.3 mm/anno nel Pleistocene inferiore - medio e 0.9÷1.1 mm/anno nel Pleistocene superiore. Per quanto riguarda il tasso di sollevamento olocenico, sono indicati valori compresi tra 1.3 e 1.8 mm/anno (Westaway, 1993; Antonioli *et al.*, 2002).

### 1.3 Aspetti tettonico - strutturali

La struttura a blocchi dell'Arco Calabro-Peloritano dipende dalla presenza di due sistemi di faglie, uno parallelo alle direttrici strutturali della catena, l'altro trasversale. Il primo sistema segue la curvatura dell'arco, passando da direzione N-S a direzione NE-SW ed E-W ; l'altro interrompe la continuità della catena, delimitando strutture di sprofondamento, in corrispondenza delle quali avviene la curvatura dell'arco. I diversi blocchi sono caratterizzati da un'evoluzione neotettonica diversa.

Il processo di segmentazione sarebbe iniziato nel Tortoniano, quando, a seguito di una fase distensiva comune a tutto l'arco ed anche al resto della penisola, si determinò l'apertura di fosse subsidenti, colmate dalle successioni tortoniano-messiniano-plioceniche. La successiva tettonica compressiva infra-medio-pliocenica, responsabile dell'accorciamento crostale, del sollevamento generale e della deformazione ad arco, appare accompagnata da importanti strutture tensionali localizzate essenzialmente nei settori centrali posti al retro dell'arco. Tali strutture sono costituite sia da Graben longitudinali (fosse del Crati e del Mesima) probabilmente dovute al collasso delle zone inarcate sul retro del fronte di massima compressione, sia da Graben trasversali (Catanzaro e altri minori) sviluppatasi per tensioni secondarie dovute all'inarcamento dell'area.

Nelle aree di fossa tettonica la tendenza alla subsidenza sembra cessare generalmente nel Pleistocene inferiore, tranne che per limitate fasce costiere soggette a movimenti contrastanti di abbassamento e sollevamento.

Le fasi pleistoceniche e attuali appaiono invece caratterizzate dalla rimobilizzazione delle principali strutture preesistenti secondo meccanismi normali, in risposta agli importanti sollevamenti verticali - che in Aspromonte hanno raggiunto valori prossimi ai 1500 m ma sono ancora notevoli sulle Serre e a Capo Vaticano - e da movimenti lungo faglie trasformi.

Il regime distensivo è tuttora perdurante, come testimonia l'intensa attività sismica della regione. E i meccanismi focali ricavati da dati strumentali (terremoti recenti) o con metodi indiretti (terremoti storici) evidenziano azioni sia in direzione parallela che perpendicolare all'arco (Frepoli & Amato, 2000). La fascia occidentale dell'Aspromonte e lo Stretto di Messina, rappresentano l'area interessata dal più alto tasso di terremoti disastrosi.

Nell'ambito delle ricerche condotte dal GNDT, in Calabria meridionale sono state cartografate diverse faglie attive e sono stati ricostruiti anche i principali elementi tettonici ad evidenza superficiale.

Nella figura che segue sono rappresentati gli elementi tettonici a scala regionale e le aree epicentrali dei principali terremoti (cerchi neri) mentre il cerchio rosso include il territorio in esame.

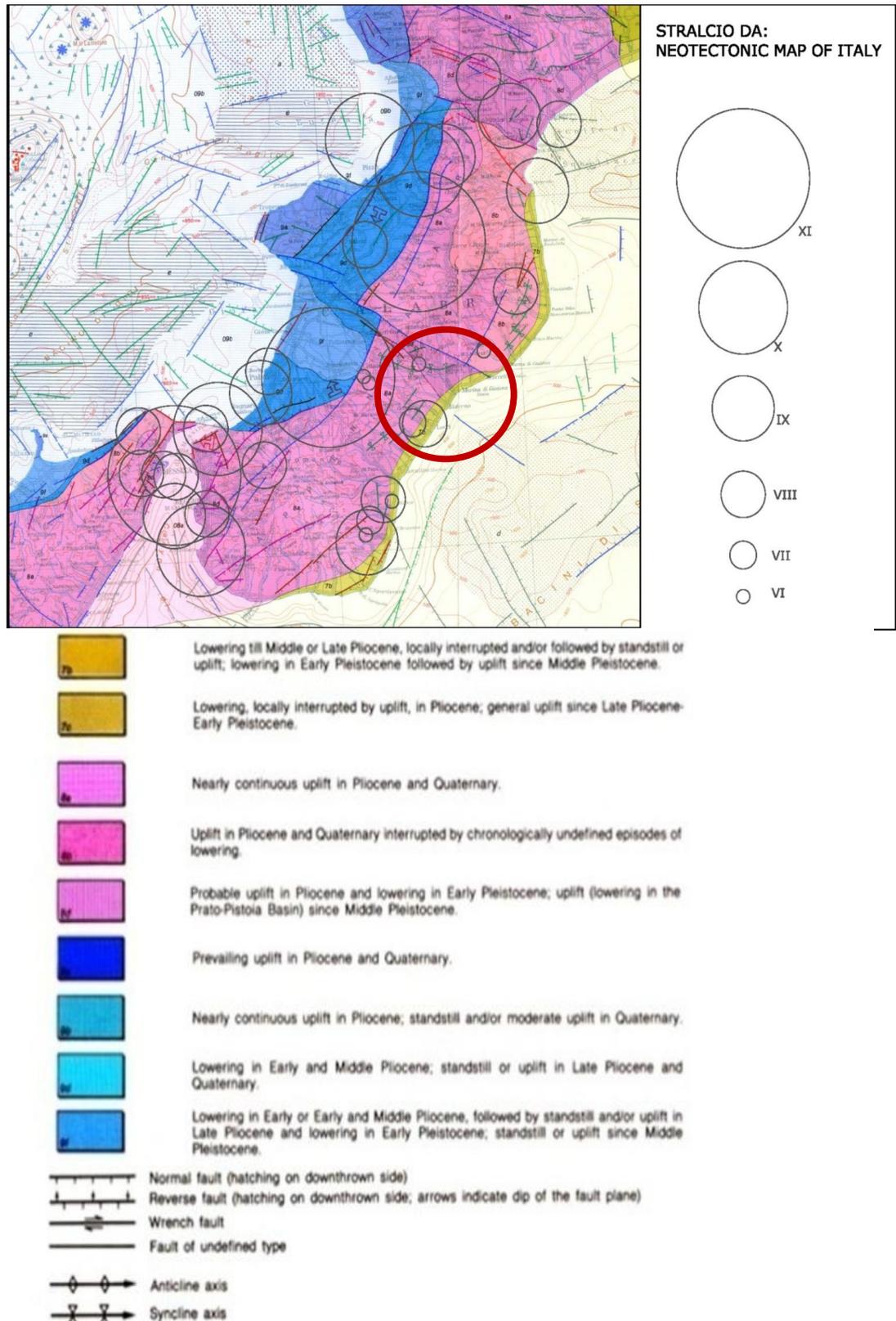


Fig.1.6 – Neotectonic map of Italy e sovrapposizione dei principali eventi sismici regionali.

## PARTE II - ASPETTI SISMICI

### 2.1. Generalità

Di norma, nei Piani Strutturali la sismicità è trattata come elemento marginale degli studi di base, rimandando gli approfondimenti alla fase di microzonazione sismica. In questo caso però ricorrono circostanze particolari - come dimostrano notizie e informazioni specialistiche - che suggeriscono di affrontare sin da ora la problematica connessa agli aspetti sismici del territorio in modo da orientare con maggiore concretezza di dati la redazione della *Carta delle aree a maggiore pericolosità sismica locale*.

### 2.2 Sismicità storica e intensità macrosismica

Come si può riscontrare sulla figura 2.4, ripresa dal Catalogo CPTI – Versione 2, eventi di grande Magnitudo, anche se con epicentro esterno, hanno interessato il territorio in esame. La successione storica è caratterizzata dalla crisi sismica del 1783 con epicentri principali nella Piana di Gioia - Valle del Mesima (M=6.9; M= 6.6; M= 5.9), ma anche da eventi che hanno avuto origine nello Stretto di Messina [-91 (M=6.3), 374 (M=6.3), 853 (M=6.3) e 1908 (M=7.1)] e quelli del 1743 (5.7); 1894 (M=6.0); 1905 (7.1); 1907 (M=5.9); 1928 (M=5.9); 11.03.1978 (M = 4.9).

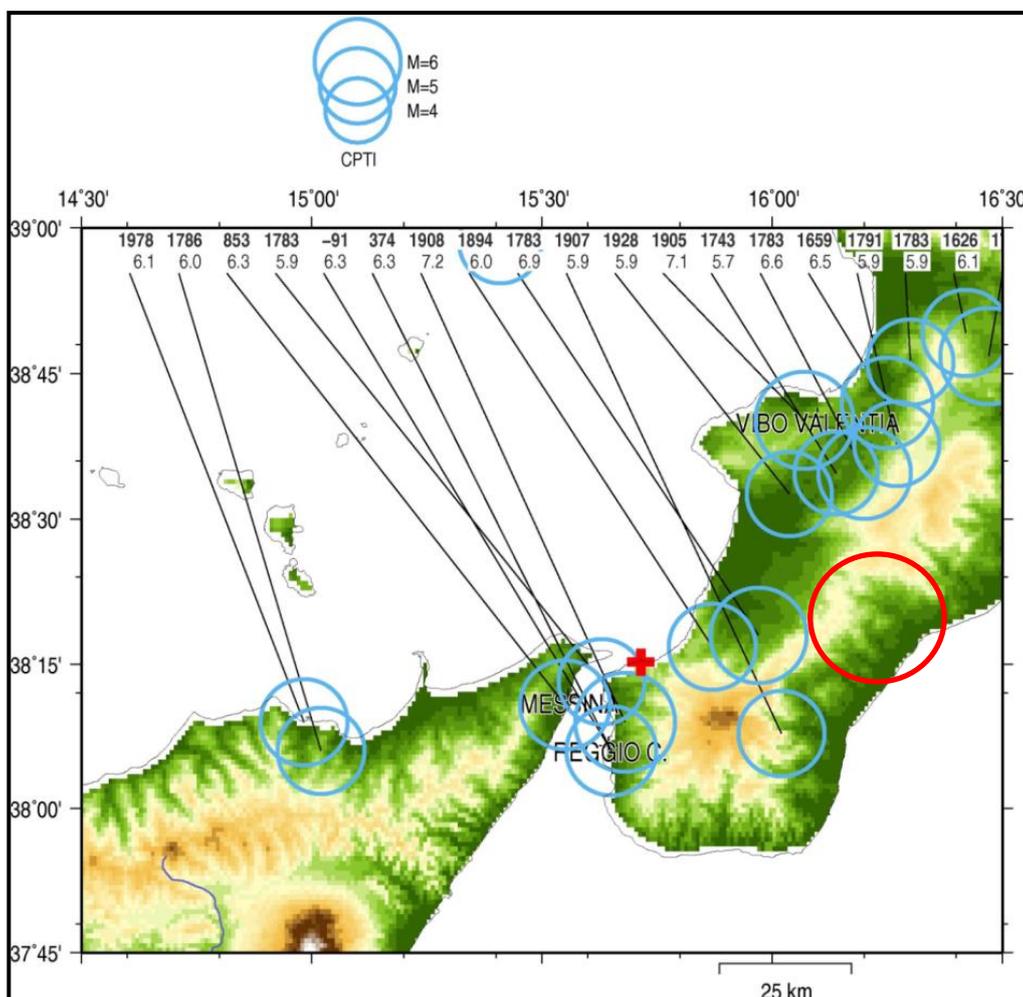


Figura 2.4 Epicentri con M>5.5 contenuti nel catalogo di sismicità storica CPTI (1999).

Mettendo insieme i danni storicamente subiti dal territorio, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e il Servizio Sismico Nazionale hanno costruito la carta delle intensità macrosimiche per l'intero territorio nazionale sulla quale, per quanto riguarda l'area geografica interessata dal Piano,

sono evidenziati valori di intensità, espressi in gradi MCS, che possono raggiungere il grado VIII (fig.2.5) o anche superarlo nelle aree più interne.

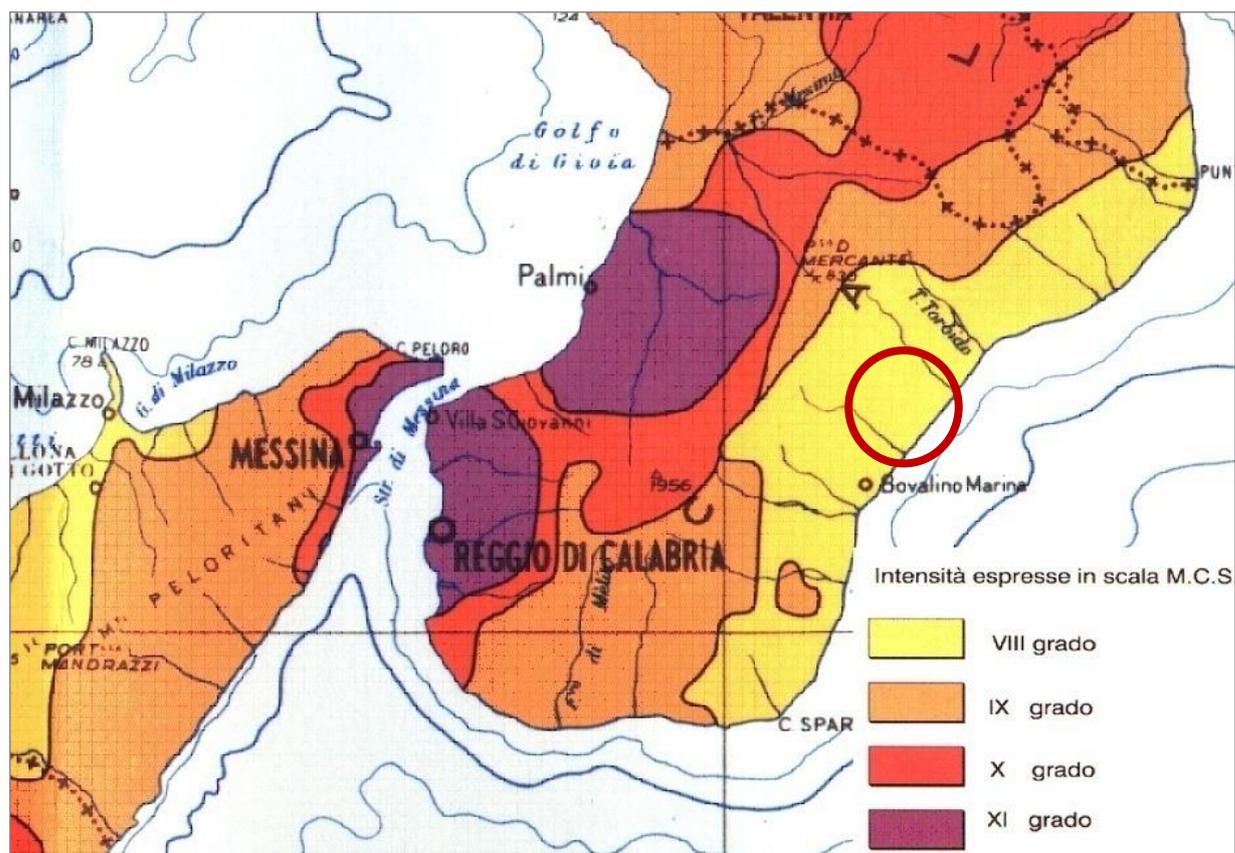


Figura 2.5. Stralcio della Carta di massima intensità macrosismica risentita in Italia (INGV-SSN,1995).

### 2.3 - Attività sismica regionale

Le ricerche condotte nell'ambito del progetto finalizzato "Geodinamica" del C.N.R hanno confermato come l'assetto dell'Arco Calabro sia caratterizzato da una segmentazione a blocchi causata da faglie riferibili a sistemi longitudinali paralleli alle direttrici strutturali della catena, che seguono la curvatura dell'arco, e ad un gruppo di sistemi trasversali che interrompono la continuità dei settori di catena delimitando strutture di affondamento.

In fig. 2 si può notare come nel quadro degli elementi di ordine maggiore dell'Arco Calabro meridionale, la fossa del Mesima e quelle di Siderno e Reggio Calabria costituiscono rispettivamente le strutture di affondamento longitudinali e trasversali, all'interno del settore che comprende le Serre e l'Aspromonte.

La zona d'interesse ricade nell'area nord-orientale dell'Aspromonte e cioè in un settore che nel Pliocene e nel Quaternario risulta interessato da intensi fenomeni di sollevamento.

Le faglie che ne hanno controllato l'evoluzione neotettonica hanno direzione NE-SW e WNW-ESE. Le prime si sviluppano lungo il margine con i bacini peri-ionici, e sono segnalate solo nell'intervallo che va dal Pleistocene medio e superiore all'Olocene, con rigetti di modesta entità; tra le faglie con direzione WNW-ESE appare importante quella a sud di Antonimina, che termina alla Regione Sulfurea ( fiumara di Gerace) e che secondo la vecchia interpretazione del Cortese, nella "Descrizione Geologica della Calabria", avrebbe causato "in maniera molto evidente il ribassamento dell'Eocene contro il granito".

Tuttavia non sono queste faglie a caratterizzare i più alti livelli di sismicità, e i principali terremoti che si sono verificati nell'area vengono messi in rapporto con le faglie dello Stretto di Messina e del Graben del Mesima che si sviluppano con andamento parallelo all'asse della catena, e la faglia di Nicotera-Gioiosa a sviluppo trasversale.

D'altra parte, bisogna osservare con grande attenzione il livello di sismicità dell'area che, pur non essendo direttamente epicentro di terremoti importanti, non è esclusa dall'influenza di questi e si trova all'interno delle zone epicentrali del terremoto di Gerace-Siderno del VII-VIII grado, del 15 Ottobre 1784 e di quello di Locri del 1720, con intensità VIII e magnitudo  $M= 4.6$ .

Del resto l'elevata sismicità dell'area è rimarcata anche dagli studi dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia che ritiene possibile che si ripetano sia terremoti intermedi e profondi e sia di terremoti crostali con valori di intensità che possono raggiungere il IX MCS (fig. 2.5).

Nella tabella 1 (v. pagina seguente) sono riportati i dati dei terremoti con intensità superiore all'VIII grado MCS ricadenti in un raggio di circa 100 Km intorno all'area e con intensità del VI-VII grado in un raggio di circa 25 Km (Dati estratti dal Catalogo dei terremoti del CNR aggiornato al 31 Dicembre 1980).

Sulla base di tale prospetto, si evidenzia come gli epicentri con intensità maggiore di VIII MCS hanno un massimo di addensamento lungo la fossa del Mesima e nello Stretto di Messina. Lungo la fossa di Siderno non risultano posizionati epicentri di terremoti, ma il livello di sismicità è da considerarsi piuttosto elevato.

	Data	Latitudine	Longitudine	Intensità	M	Zona epicentrale
1	28.05.1494	38 15	15 30	VIII	5.1	Messina
2	22.02.1509	38 05	15 35	IX	5.6	Reggio Calabria
3	06.1599	38 15	15 40	VIII	5.1	Villa San Giovanni
4	20.07.1609	39 00	16 15	VIII	5.1	Nicastro
5	22.02.1626	38 50	16 30	IX	5.6	Girifalco
6	19.06.1640	38 30	16 30	VIII	5.1	Stilo
7	22.06.1640	38 30	16 30	VIII	5.1	Stilo
8	01.1649	38 15	15 40	VIII	5.1	Villa San Giovanni
9	05.11.1659	38 45	16 15	X	6.1	Pizzo Calabro
10	12.09.1720	38 15	16 15	VIII	5.1	Locri
11	07.12.1743	38 50	16 35	VIII	5.1	Catanzaro Marina
12	23.02.1744	38 50	16 35	VIII	5.1	Catanzaro Marina
13	05.02.1783	38 20	16 00	XI	7.1	Calabria
14	06.02.1783	38 15	15 42	X	6.1	Calabria
15	07.02.1783	38 36	16 15	XI	6.7	Soriano-Serre
16	07.02.1783	38 11	15 33	VIII	5.1	Messina
17	01.03.1783	38 46	16 18	IX	5.6	Calabria
18	28.03.1783	38 50	16 30	X	6.7	Calabria
19	14.10.1784	38 10	15 30	VIII	5.1	Calabria
20	29.04.1787	38 11	15 33	VIII	5.1	Messina
21	30.04.1787	38 11	15 33	VIII	5.1	Messina
22	11.10.1791	38 44	16 09	IX	5.6	Calabria
23	09.04.1806	38 06	15 39	VII-VIII	4.8	Reggio Calabria
24	10.04.1806	38 06	15 39	VII-VIII	4.8	Reggio Calabria
25	02.08.1821	38 50	16 25	VIII	5.1	Girifalco
26	12.03.1828	38 22	15 51	VIII	5.1	Palmi
27	28.11.1869	38 36	16 06	VIII	5.6	San Gregorio
28	05.04.1886	38 16	16 13	VII	4.6	Siderno
29	29.05.1889	38 04	16 06	VII	4.6	Ferruzzano
30	16.11.1894	38 18	15 48	VIII-IX	5.7	Bagnara Calabria
31	17.09.1896	38 06	16 09	VI	4.1	Bianco
32	21.04.1902	38 21	16 05	VII	4.6	Cittanova
33	21.04.1902	38 21	16 05	VII	4.6	Cittanova
34	08.09.1905	38 48	16 06	X	6.8	Golfo di Sant'Eufemia
35	23.10.1907	38 02	16 05	IX	6.4	Ferruzzano
36	23.01.1908	38 06	16 06	VI	4.1	Bianco
37	05.11.1908	38 02	16 05	VI	4.5	Ferruzzano
38	28.12.1908	38 10	15 35	XI	7.0	Calabro-Messinese
39	28.12.1908	38 10	15 35	VIII	5.1	Villa San Giovanni
40	28.12.1908	38 10	15 35	VIII	5.1	Villa San Giovanni
41	28.12.1908	38 10	15 35	VIII	5.1	Villa San Giovanni
42	07.01.1909	38 10	15 35	VIII	5.3	Villa San Giovanni
43	23.01.1909	38 10	15 35	VII-VIII	4.8	Villa San Giovanni
44	01.07.1909	38 10	15 35	VIII	5.1	Villa San Giovanni
45	05.01.1913	38 20	16 06	V-VI	3.8	Antonimina
46	06.05.1930	38 24	16 24	V-VI	3.8	Caulonia
47	11.05.1947	38 42	16 34	IX	5.6	Mar Ionio
48	22.05.1957	38 22	16 14	VI	4.6	Gioiosa
49	16.01.1975	38 12	15 47	VII-VIII	5.5	Calanna
50	11.03.1978	37 58	16 11	VIII	4.9	Brancaleone

**Tabella 1. Terremoti storici di intensità maggiore dell'VIII° MCS.**

# PARTE III-ASSETTO GEOLOGICO

## 3.1 - Geologia dell'Arco Calabro

L'Arco Calabro-Peloritano è composto essenzialmente da un basamento ercinico plutono-metamorfico e da una copertura sedimentaria meso-cenozoica.

Il settore settentrionale comprende unità tettonico-strutturali deformate durante l'orogenesi alpina (Haccard et al., 1976) mentre in quello meridionale gli eventi metamorfici di età alpina sono stati osservati solo localmente (Bonardi et al., 1987, Platt & Compagnoni, 1990).

Poiché il Blocco Crostale Calabro Peloritano - delimitato da grandi sistemi di faglie trascorrenti (linea di Sanginetto-Pollino a nord e linea di Taormina a sud) - è costituito da unità lito-stratigrafiche differenti da quelle dell'Appennino meridionale e dalle Maghrebidi siciliane, è stato considerato un *terreno esotico* (MacWilliams & Howell, 1982) cioè una porzione crostale caratterizzata da significativa alloctonia nei confronti dei terreni adiacenti.

A partire dai lavori di Alvarez (1972, 1974, 1976) e Dewey (1973) tutti i moderni studi paleogeografici e paleogeodinamici hanno riconosciuto l'alloctonia (Scandone, 1982; Smith & Woodcock, 1982; Boccaletti et al., 1984) e hanno individuato nel blocco calabro-peloritano un frammento di crosta continentale distaccatosi dal margine meridionale della placca europea a partire dall'Oligocene e progressivamente sovrascorso verso l'avampaese ionico. Fa eccezione la ricostruzione paleogeografica di Vai (1992) secondo cui, al limite Oligocene-Miocene, i terreni che ora costituiscono il blocco non erano ancora amalgamati.

Il distacco e la dispersione delle microplacche è probabilmente il risultato dell'avanzato stato collisionale fra la placca africana e quella europea, al quale è connesso un processo di arretramento (roll-back) della zona di subduzione (Malinverno & Ryan, 1986). In tali circostanze, l'angolo di subduzione dei lembi residui di litosfera oceanica aumenterebbe progressivamente, determinando fenomeni distensivi della placca sovrastante.

In ogni caso, nel quadro generale della deformazione alpina, il fronte ionico riveste un interesse particolare perché rappresenta il solo luogo di tutta la zona di contatto fra la placca europea e quella africana in cui la subduzione di litosfera oceanica o transizionale è ancora in corso e una collisione vera e propria non sarebbe ancora avvenuta (De Voogd et al., 1992).

## 3.2 - Complessi e unità geologiche regionali

Secondo studi recenti l'Arco sarebbe strutturalmente un sistema geologico formato dalla giustapposizione di due complessi, caratterizzati da differente evoluzione tettonico - sedimentaria (Bonardi et al., 2001, 2004) il primo - denominato *terrane* Calabro-Peloritano settentrionale (CPNT) - comprende la Catena Costiera Calabria, la Sila, Capo Vaticano e il versante settentrionale delle Serre, mentre l'altro - indicato come *terrane* Calabro-Peloritano meridionale (CPST) - comprende la parte rimanente delle Serre, l'Aspromonte e i Monti Peloritani (Bonardi et al., 1980, 2001).

Nelle unità ofiolitiche del dominio settentrionale era noto da tempo un metamorfismo alpino di alta pressione, ritenuto assente nella zona meridionale. Ma a partire dagli anni '80 è stata presa in considerazione l'esistenza di metamorfismo alpino anche in Aspromonte e alcuni studiosi [ Bonardi et al. (1984a, 1992), Messina et al. (1990, 1992)] sulla base di evidenze petrologiche,

hanno riconosciuto una sovrimpronta metamorfica, in facies da scisti verdi ad anfiboliti, nelle metamorfiti e plutoniti pre-alpine dell'unità tettonica dell'Aspromonte.

Datazioni con il metodo Rb-Sr (Bonardi et al., 2008) hanno dimostrato che nell'Unità dell'Aspromonte vi è una sovrimpronta tettonico - metamorfica di età Oligocene-Miocene inferiore, immediatamente precedente alla messa in posto della falda stessa. L'età delle datazioni sarebbe in accordo con i dati stratigrafici relativi alla strutturazione di questa parte dell'Arco poiché i terreni più giovani coinvolti nella pila di falde del *terrane* hanno età aquitaniana (De Capoa et al., 1997; Bonardi et al., 2002, 2003) e quelli più vecchi e discordanti hanno età burdigaliana medio-superiore (Bonardi et al., 2002, 2003).

Queste datazioni, insieme a quelle coeve anch'esse ottenute con il metodo Rb-Sr, ottenute da Atzori et al. (1994) nella copertura mesozoica dell'Unità di Mandanici, darebbero un'ulteriore conferma dell'età alpina della strutturazione della parte meridionale dell'Arco (CPST) che di recente era stata rimessa in discussione (De Gregorio et al., 2003).

La sovrimpronta alpina della Falda dell'Aspromonte non ha un equivalente, in termini di età e di condizioni metamorfiche, nelle unità tettoniche nella parte settentrionale dell'Arco (CPNT) e ciò sarebbe da attribuire alla differente evoluzione tettonica dei due domini.

In ogni caso, in Calabria meridionale vengono ancora distinte tre falde di origine alpina (Bonardi et al., 1979; Tortorici, 1982) che, dalla più antica alla più recente, sono:

- **Unità di Mandanici.** Costituita prevalentemente da metamorfiti (essenzialmente metapeliti) di basso grado, con frequenti intercalazioni di quarziti, marmi, calcescisti e subordinate metabasiti. Tali litofacies sono diffuse in Aspromonte centrale e settentrionale nelle zone di Montalto, Delianuova (Pezzino et al., 1990), in Aspromonte orientale nella finestra tettonica affiorante lungo la sezione naturale della fiumara La Verde (Ortolano et al., 2005) e in Aspromonte meridionale nell'altra finestra tettonica venuta a giorno intorno a Cardeto nel bacino della Fiumara S. Agata.
- **Unità Aspromonte-Peloritani.** Costituita da metamorfiti di grado variabile da medio (paragneiss granoxenoblastici poco evoluti) ad alto (paragneiss migmatitici localmente restitici e omeoblastici molto evoluti) con intercalazioni di anfiboliti, marmi, ortogneiss e intrusioni granitoidi. L'unità è caratterizzata da un metamorfismo polifasico retrogrado, al quale segue l'intrusione di plutoniti peralluminose, da cui si diramano successioni pegmatoidi-aplitoidi da discordanti a paraconcordanti rispetto alla foliazione principale delle rocce incassanti (Pezzino et al., 1990).
- **Unità di Stilo.** Caratterizzata da un basamento cristallino con grado metamorfico variabile da basso (filladi) fino a medio-alto (micascisti) con intercalazioni di metareniti e intrusioni granitoidi. L'unità comprende anche lembi sporadici della copertura sedimentaria triassico-cretacica, con un paleosuolo o modesti spessori di depositi clastici di tipo «Verrucano» alla base (M. Mutolo, Canolo, Stilo).

I contatti tettonici tra le diverse unità sono localmente suturati da sequenze sedimentarie Oligo-Mioceniche costituite da depositi flyschoidi silico-clastici sin-collisionali della "Formazione Stilo-Capo d'Orlando" (Aquitaniense-Langhiano) e da retro-scorrimenti e ri-sedimentazioni argillose ("Argille Varicolori" di età compresa tra il Cretacico e l'Oligocene, contenenti lembi di Flysch Numidico). Seguono, sempre in trasgressione, una sequenza arenaceo-calcarenitica di età

langhiana (“Calcareni di Floresta”) una potente successione di alternanze arenaceo - argillose del Tortoniano e, quindi, marne e marne calcaree biancastre, talvolta sabbiose, in facies di Trubi, del Pliocene inferiore, localmente precedute da calcari (basamento della rupe di Gerace) talvolta evaporitici.

I sedimenti pleistocenici successivi poggiano in discordanza talvolta sui termini infra - pliocenici, altre volte sui livelli pre-pliocenici oppure sulle metamorfite, e sono caratterizzati da una notevole variabilità laterale e verticale, mentre le frequenti lacune stratigrafiche denotano uno sviluppo di settori a diversa mobilità, con fasi di sollevamento e subsidenza molto differenti e con marcato controllo strutturale.

Le successioni marine sono di natura sabbiosa, sabbioso-ghiaiosa, ghiaiosa, calcarenitica, marnosa e argillosa. Localmente compaiono anche successioni fluvio-palustri costituite da argille, sabbie e marne torbose. Sopra le successioni marine si sviluppano depositi continentali sabbioso-ghiaiosi, con livelli superficiali di terre rosse, legati ad ambienti fluviali, di conoide e a glacis.

Il contatto tettonico tra le metapeliti dell’Unità di Mandanici e la soprastante Unità Aspromonte-Peloritani è spesso caratterizzato da una potente fascia cataclastico-milonitica sviluppatasi in regime sin-convergente imputabile all’orogenesi Alpina che ha interessato localmente anche i terreni cristallini dell’Unità Aspromonte-Peloritani (Pezzino et al., 1990; Ortolano et al., 2005). L’impilamento delle falde in regime compressivo è stato attivo sino al Miocene inferiore, come sarebbe dimostrato dalla presenza di thrust fragili a vergenza SE che coinvolgono la base della “Formazione Stilo-Capo d’Orlando” (Ortolano et al., 2005). Appare quindi probabile che il cambiamento da un regime tettonico compressivo a uno distensivo sia cominciato nel tardo-Burdigaliano, associato all’apertura del bacino di Valivov e alla conseguente separazione del Cristallino Calabro dal blocco Sardo-Corso (Gueguen et al., 1998). In Aspromonte, la tettonica estensionale fragile sarebbe testimoniata da un sistema di faglie normali a sviluppo principale lungo la direttrice NE-SW, localmente intervallate da faglie trans - tensionali orientate NW-SE.

### 3.4- Il Bacino Calabro-Ionico

#### 3.4.1 Geologia dell’offshore ionico della Calabria meridionale

Questo importante settore dell’avampaese ionico è stato oggetto di studi che, mettendo insieme dati geofisici e sondaggi profondi eseguiti per la ricerca di idrocarburi, hanno permesso di vedere sotto una nuova luce le conoscenze geologiche precedenti fornendo al contempo suggestive ricostruzioni dei fondali marini con i canyons e le faglie che li segmentano.

Alcuni di tali studi (A. Argnani e A. Possenti) vengono qui proposti in forma integrale con riserva di approfondimento nella fase successiva della pianificazione.

Il settore ionico della Calabria meridionale si caratterizza per la presenza di una successione costituita da sedimenti clastici di età compresa tra l’Oligocene e il Pleistocene. Gli strati mostrano pendenze verso SE che aumentano progressivamente da pochi gradi nella parte alta fino a 40 gradi verso la base. Tale successione definisce il bacino Calabro-Ionico interpretato come un bacino di avan-arco nel sistema subduittivo dell’Arco Calabro (Weltje 1992; Cavazza et al., 1997). La successione sedimentaria Calabro-Ionica poggia in discordanza su un basamento cristallino caratterizzato da affinità con l’unità dell’Aspromonte, a sud, e con l’unità di Stilo, a nord (Bonardi et al., 2001). Talora, dei carbonati giurassico-cretacei di mare basso (Fm. Monte Mutolo) sono presenti in tasche fra il basamento cristallino e la successione sedimentaria. Le Argille policrome sono costituite da sedimenti caotici, principalmente argille scagliose inglobanti blocchi di quarzo-areniti (Flysch Numidico) e calcari, originariamente depositi su un

substrato oceanico. Lo spessore delle Argille Policrome aumenta da pochi metri nella parte settentrionale fino a oltre 1 km a sud. Le età delle litologie che le compongono variano dal Cretaceo al Miocene inferiore mentre la messa in posto è datata al Langhiano.

Un grigliato di profili sismici multicanale, appartenente alla zona di ricerca "F", tarati su due pozzi di ricerca per idrocarburi (Loredana 1 e Loretta 1) copre la piattaforma ionica della Calabria meridionale, estendendosi fino ad una profondità di 900 m. Due). La successione sedimentaria attraversata dai pozzi è comparabile, in termini di età e di discontinuità principali, alla successione del bacino Calabro-Ionico affiorante a terra. In aggiunta, il pozzo Loredana 1, ubicato nella parte meridionale dell'area di studio, raggiunge la profondità di c.a. 4 km e attraversa un basamento costituito da filladi, micascisti e gneiss, attribuito all'unità di Stilo. Sopra il basamento poggia una successione costituita dall'alto al basso da pochi metri di sedimenti del Pliocene inferiore (Trubi), discordanti sopra le Argille Policrome spesse poche centinaia di metri, a loro volta discordanti sopra alcune centinaia di metri di sedimenti clastici appartenenti alla Formazione di Stilo-Capo d'Orlando. Il basamento cristallino poggia in contatto tettonico su una successione costituita da carbonati ricristallizzati (Fm. Monte Mutolo) e da quarzareniti e conglomerati attribuibili tipo Verrucano.

Le stratigrafie di pozzo sono state trasportate sui profili e le unità sismostratigrafiche sono state correlate attraverso i profili nell'intera zona di studio. Le principali strutture e le isocrone degli spessori e della base delle unità più attendibilmente definite sono poi state mappate per caratterizzare la geologia dell'area.

Dall'alto al basso sono state individuate le seguenti unità: i) unità del Plio-Quaternario, ii) unità del Serravalliano-Tortoniano, iii) unità delle AAPP iv) unità di Stilo-Capo d'Orlando.

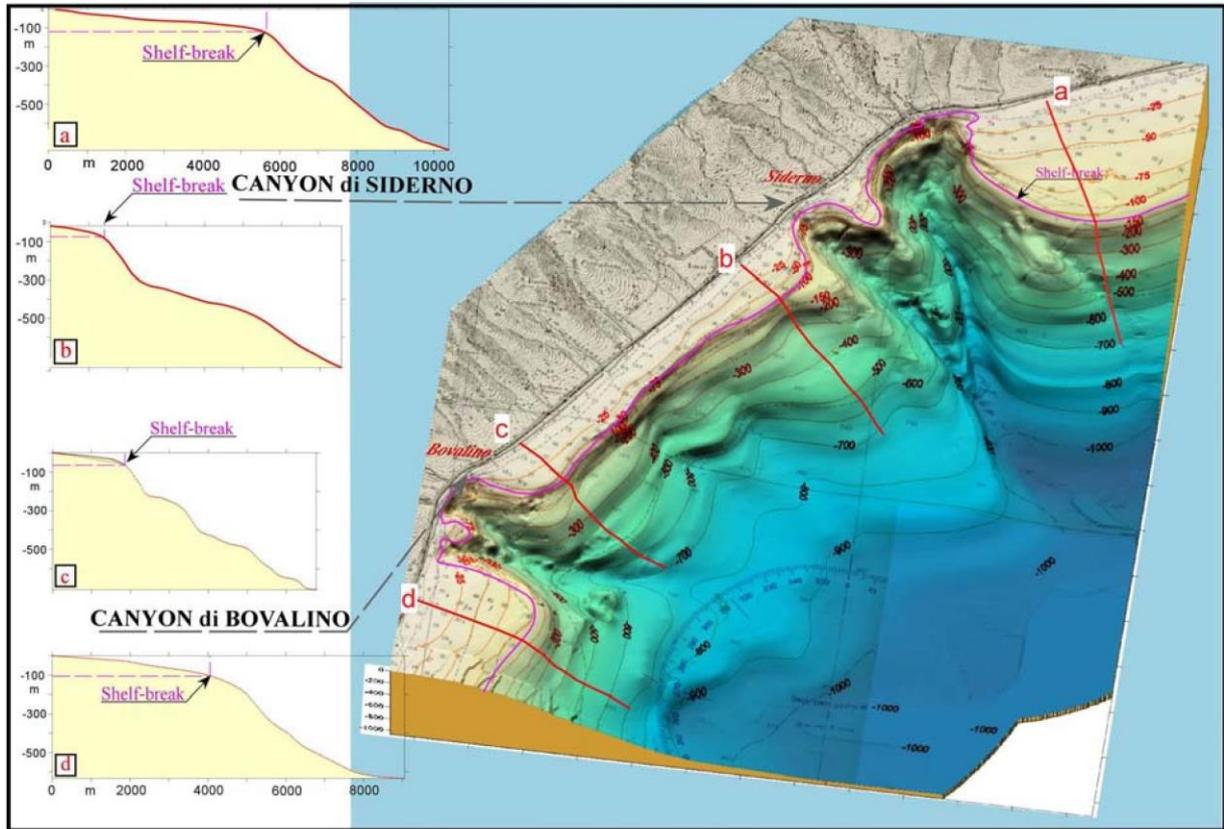
Il basamento cristallino presenta una rampa laterale posizionata fra Capo Spartivento e Roccella Ionica che sembra responsabile del cambio di direzione osservato nella fascia di sedimenti affioranti a terra e della distribuzione attuale della AAPP. L'unità Serravalliano-Tortoniana mostra una forte troncatura dovuta all'erosione messiniana nel settore sud-occidentale, posto sull'anticlinale di rampa del basamento. Gli effetti combinati della topografia dell'anticlinale di rampa e dell'erosione messiniana sono visibili anche in affioramento nella distribuzione dei sedimenti del Tortoniano-Pliocene inferiore. La geometria delle riflessioni interne all'unità Serravalliano-Tortoniana indica una crescita delle strutture tettoniche durante tale intervallo di tempo. Le isocrone della base dell'unità Plio-Quaternaria - che rappresenta la superficie dell'erosione messiniana - mostrano che l'attività dell'anticlinale di rampa è proseguita, seppur in maniera limitata, anche nel Pliocene.

L'interpretazione geologica dell'offshore della Calabria ionica porta alcuni contributi alla comprensione dell'evoluzione dell'Arco Calabro. In particolare, si possono evidenziare i seguenti punti:

- il basamento cristallino è stato impilato in falde e suturato sin dall'Oligocene superiore dalla successione sedimentaria Calabro-Ionica.
- la deposizione delle AACC nel Langhiano sembra imputabile alle variazioni nella forma del prisma di accrezione dovute al coinvolgimento della Piattaforma Appenninica nella subduzione (Argnani, 2001), precedendo quindi l'interazione fra prisma di accrezione e margine continentale africano.
- nel Serravalliano-Tortoniano avviene una riattivazione della parte interna del prisma di accrezione che continua, in misura minore, sino al Pliocene.

Analogo rilievo appare opportuno dare alle informazioni contenute in una ricerca eseguita all'Università di Trieste (tesi di dottorato di D. Morelli; Relatore prof. F. Fanucci; Coordinatore prof. R. Bartole). Fanno parte della ricerca alcune ricostruzioni dei fondali marini fra Roccella ionica e Bovalino che danno utili informazioni per stabilire le cause che rendono praticamente impossibile la conservazione della spiaggia a Siderno e a Bovalino, rendendo in qualche modo più sicuro l'arenile di Locri.

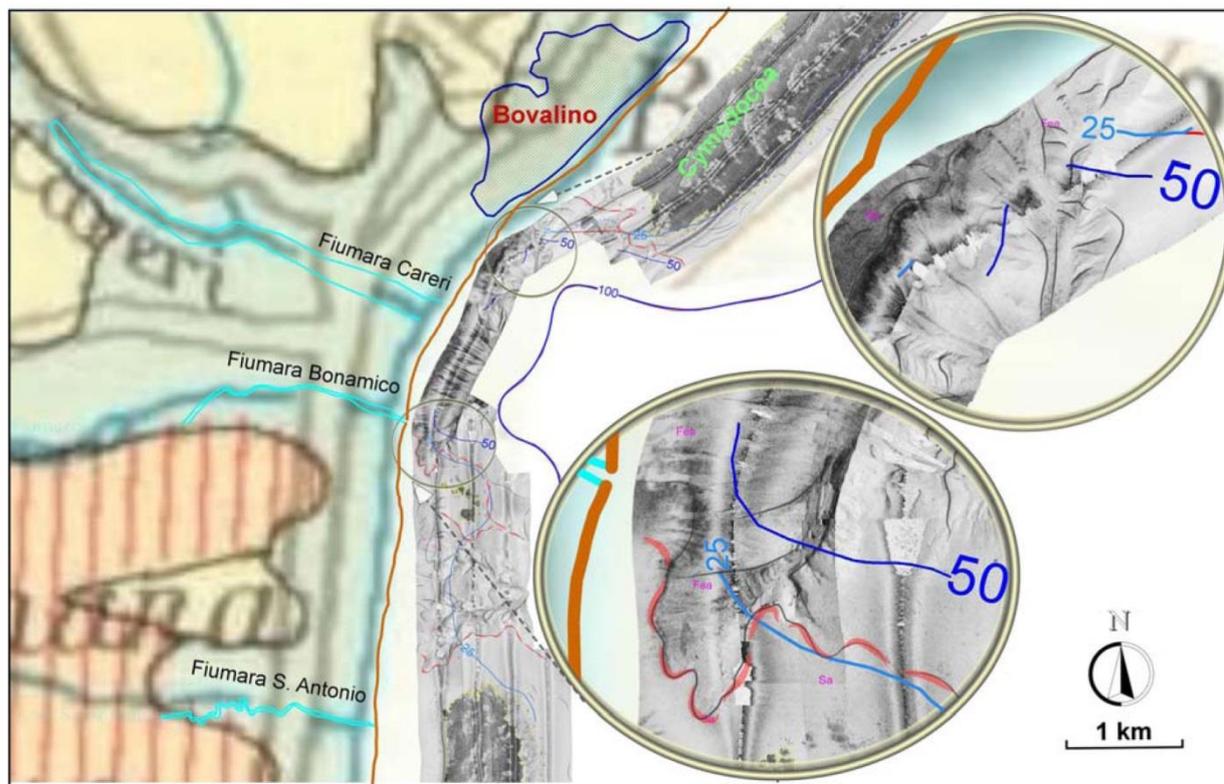
L'intensa attività morfo-dinamica è riscontrabile lungo tutto il margine della Calabria jonica, dove ricerche precedenti avevano segnalato che alla notevole attività sismo-tettonica si accompagna la presenza di fenomeni gravitativi, diffusi nelle imponenti masse di depositi terrigeni, e il forte dinamismo nei ben sviluppati canyons di impostazione strutturale (Ricci Lucchi et al, 1984; Romagnoli & Gabbianelli, 1990; Cuppari, 2003; Cuppari et al., 2004; Fig. 3.1)



**Fig. 3.1** - Morfobatimetria del settore di margine tra Bovalini e Siderno (dati single beam e da carta nautica, IIM) che mostra l'entità delle movimentazioni di massa di sedimenti lungo la scarpata, testimoniate dalle incisioni dei canyon e dalla vistosa rientranza del ciglio della piattaforma compresa.

Il sollevamento tettonico dell'Arco Calabro (Neotectonic Model Of Italy, 1987; Canu & Trincardi, 1989; Ferranti et al., 2007) che nel Pleistocene superiore si aggira sui 0,8-0,6 mm/anno, ha condizionato lo sviluppo recente del margine continentale jonico, che risulta intensamente attivo e mobile; La conseguenza più evidente è l'accentuazione di tutti i processi che causano l'allontanamento dalle zone costiere e di piattaforma degli abbondanti apporti terrigeni, provenienti da un retroterra continuamente "ringiovanito". Gran parte di questo processo si realizza attraverso l'attività dei canyon, in erosione regressiva, e i movimenti gravitativi in massa indotti dalla sismicità. Il tutto determina uno sviluppo ridotto della piattaforma continentale che, in certi settori, sembra essere quasi assente per fenomeni di collasso gravitativo. Ricerche precedenti effettuate nell'area di piattaforma e scarpata superiore tra Roccella Ionica e Bovalino (RC) hanno messo in evidenza una relazione tra la dinamica delle testate dei canyons e la marcata erosione delle spiagge, non legata all'attività antropica (Cuppari, 2003; Fig. 55). Gli stessi dati sono stati integrati in una fase successiva con rilievi side-scan sonar registrati sulla piattaforma continentale ionica

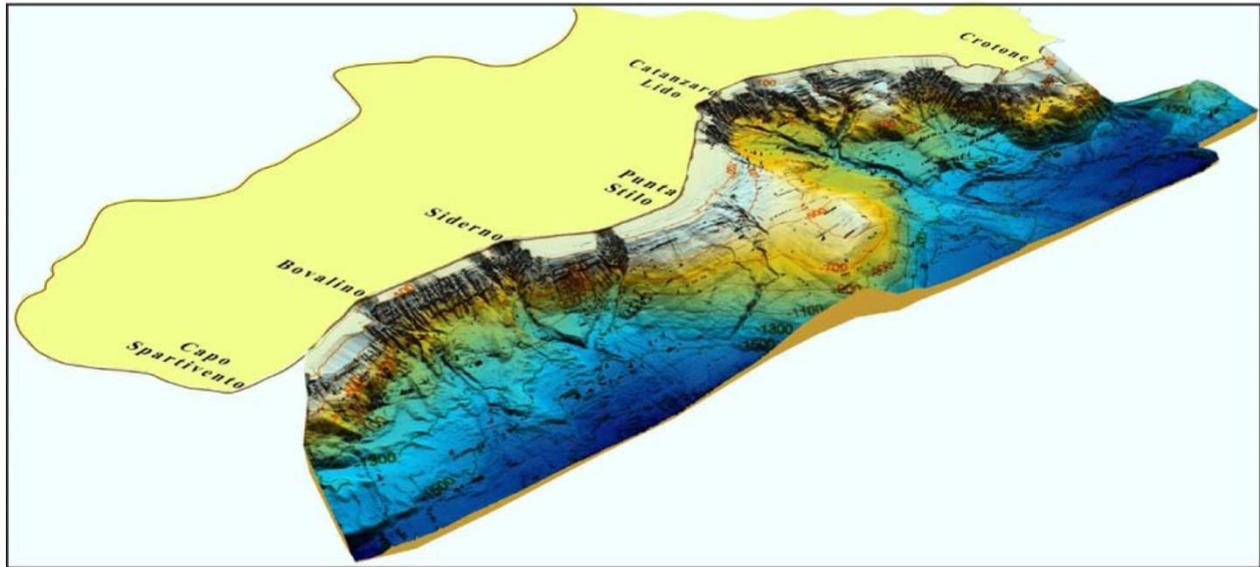
calabrese fino alla profondità di 50-60 metri (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio-Si.Di.Mar.). Questi dati mostravano con grande evidenza e dettaglio il grado di arretramento e l’attività erosiva in atto delle testate dei canyon e quanto tale fenomeno sia diffuso lungo tutta la costa ionica (Fig. 3.2).



**Fig.3.2** - Registrazioni side scan sonar della testata del Canyon di Bovalino che mostrano il forte arretramento erosivo e sua diretta interazione con la fascia costiera (spiaggia sommersa).

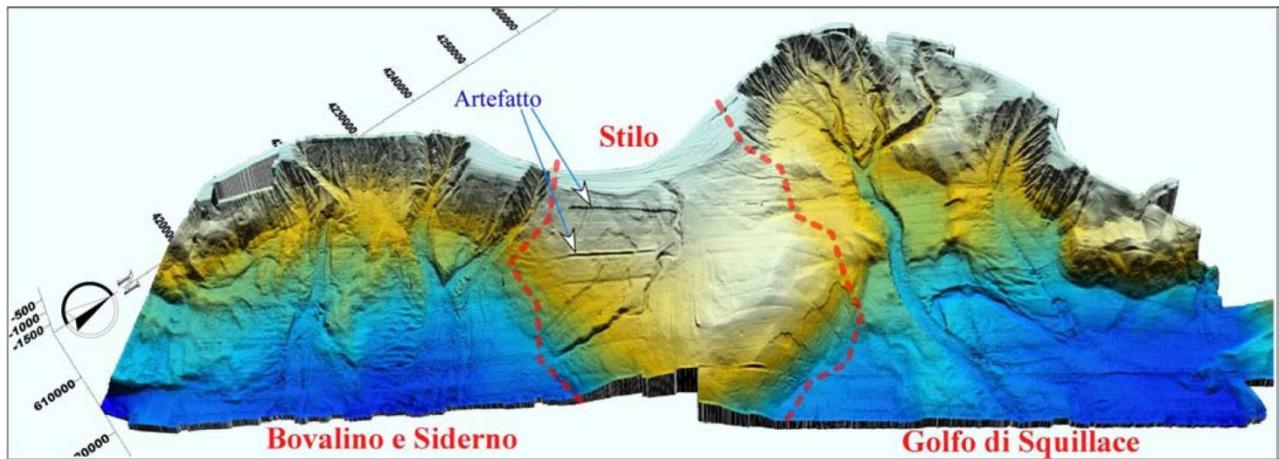
Nel 2005, ricercatori del Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine dell’Università di Trieste hanno proposto un progetto di ricerca (Morphology and Evolution of the Submarine Canyons in the Ionian Margin of Calabria), successivamente realizzato in collaborazione con l’Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste, volto ad evidenziare, nell’area marina compresa fra Capo Spartivento e Capo Rizzuto, l’importanza della sismotettonica e della dinamica sedimentaria nella morfodinamica del margine, con la finalità ultima di identificare le masse sedimentarie a rischio di collasso gravitativo. Nell’estate 2005, è stata effettuata, una campagna oceanografica (MESC-05) a bordo della r/o OGS EXPLORA. Durante la campagna sono state effettuati 3000 km di acquisizione mediante Multibeam e CHIRP, coprendo un’area di circa 700 km<sup>2</sup>, e 100 km con Air Gun. Al fine poi di determinare la dinamica sedimentaria nelle aree sublitoranee, in quelle di testata e in asse ai principali canyons, sono state effettuate 14 stazioni di campionamento del fondale marino in cui sono state recuperate 8 carote e 14 bennate.

Già le prime elaborazioni dei dati multibeam di campagna (*pre-processing*) rivelavano un quadro morfodinamico articolato ed inaspettato per la moltitudine e complessità dei vari canali erosivi sia nella scarpata superiore che nelle porzioni più profonde, e per l’evidenza di un cospicuo flusso massivo dei materiali verso l’area bacinale (Fig. 3.3).



**Fig. 3.3** - Diagramma tridimensionale morfobatimetrico dell'area investigata con il Multibeam ricavata dalla elaborazione dei dati di campagna prima di essere processati.

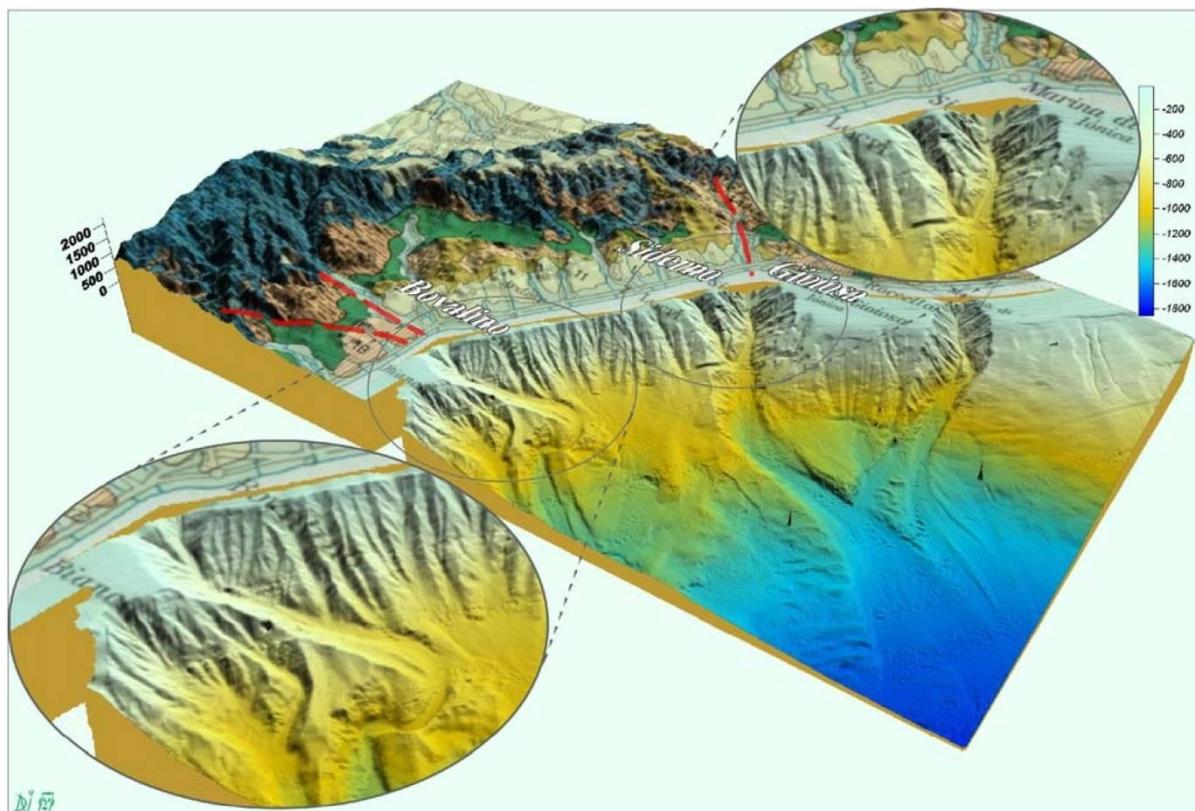
Tali fenomeni sono stati meglio dettagliati ed analizzati durante la fase successiva al processing, distinguendo tre settori principali per l'intera area indagata. Questi sono rappresentate dai settori del Golfo di Squillace e Bovalino-Siderno separate dal prolungamento a mare del Promontorio di Punta Stilo (Fig. 3.4).



**Fig. 3.4** - Diagramma tridimensionale dei dati multibeam processati, nel quale sono indicati i tre principali settori del margine indagato.

Nell'area in cui si trova Locri, la morfodinamica dell'area indagata indicherebbe una vivacità e rapidità dei processi morfogenetici difficilmente spiegabile solo con l'ingente apporto di materiale detritico trasportato dai vari sistemi fluviali (fiumare). Un contributo fondamentale è sicuramente dovuto alla sismicità dell'area e sembrerebbe focalizzato lungo faglie attive, spesso continuazione a mare di lineamenti tettonici ben conosciuti a terra e dove, nella piattaforma, riscontriamo il maggiore sviluppo delle testate dei canyon.

Un caso emblematico è rappresentato dal settore di Bovalino e Siderno dove le testate dei canyon principali coincidono con la prosecuzione a mare di lineamenti tettonici attivi di cui quelli coincidenti con i Canyon di Siderno e Gioiosa intersecano l'intero Arco Calabro (Faglia Gioiosa-Capo Vaticano; Neotectonic Model of Italy, 1987; Fig. 1.6 e fig. 3.5).



**Fig. 3.5** - Settore di Bovalino e Siderno dove le testate dei canyon di Bovalino, Siderno e Gioiosa si impostano su lineamenti tettonici regionali attivi.

La correlazione tra gli elementi morfodinamici generati da movimentazioni di massa e la sismotettonica dell'area pur risultando a grandi linee confermata è, nello studio degli elementi puntuali, un'operazione estremamente complessa e presenta dei risultati soddisfacenti quando il grado di dettaglio dei dati morfologici e dell'analisi strutturale sono paragonabili. Un esempio è fornito dalla sovrapposizione della batimetria multibeam con mappe strutturali realizzate per la modellistica geologica e geodinamica a scala regionale (Neotectonic Model of Italy, 1987; Fig. 65). Tale operazione effettuata per il settore del Golfo di Squillace mostra con chiarezza che gli elementi morfologici individuati e descritti coincidono solo parzialmente con discontinuità strutturali. Queste, a mare sono, nella maggioranza dei casi, ricavate da profili sismici realizzati per ricerche petrolifere degli anni 70-80 (profili ministeriali).

Il territorio emerso di Locri si inserisce nel contesto geologico estremamente complesso che contrassegna il bordo esterno dell'*Arco Calabro Peloritano* e mette a giorno quasi tutti i termini che compongono la successione lito-stratigrafica dell'arco calabro esterno, intendendo con questa denominazione il bacino calabro-ionico di avan-arco cioè il bacino sedimentario presente

dall'Oligocene superiore lungo il margine meridionale del settore Calabro-Peloritano della placca europea (Dercourt et al., 1985,1993; Ziegler, 1988).

A causa del rapido sollevamento tettonico che ha interessato l'Arco durante il Quaternario, la porzione prossimale del riempimento di questo bacino si può osservare lungo il versante ionico (fig. 2-a, Cavazza, 1997). Se si prescinde da alcuni rari e sottili affioramenti di unità clastiche rupeliano-cattiane, la successione comincia con la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando di età Cattiano superiore-Burdigaliano

( Bonardi et al., 1980) che occupa una coerente posizione stratigrafica lungo tutto il settore meridionale dell'arco. Si tratta di una unità silico-clastica costituita da una serie di grandi corpi conglomeratici grossolani formatisi per riempimento di antichi canyons sottomarini e di corrispondenti depositi di scarpata e di tracimazione.

Seguono in continuità le cosiddette "argille varicolori" [Argille scagliose (Pata, 1955), Argille variegata (Guzzetta, 1962), Complesso antisicilide (Ogniben, 1969), *Flysch interne chaotique* (Caire, 1973), Argille policrome (Davies,1967)] che formano un mélange caotico caratterizzato sia dalla mancanza di continuità di stratificazione sia dall'inclusione di frammenti poligenici di varie dimensioni e da grossi blocchi arenacei, in una matrice di materiale granulometricamente più fine (Mammana,Raymond, 1984).

Più in particolare, le argille policrome sono costituite da una matrice prevalentemente pelitica, di colore cangiante dal grigio- azzurro, al verde-rossastro, e da inclusioni quarzo-arenitiche e calcareo-marnose di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche. Esistono però inclusioni maggiori, da decametriche a chilometriche, considerate come masse esotiche poiché non appartenenti ad alcuna delle unità stratigrafiche che costituiscono il riempimento del bacino di avanarco.

Per quanto riguarda la datazione, varie considerazioni stratigrafiche indicano che la messa in posto delle Argille avvenne tra 17 e 14 MA e quindi in età miocenica. Esse sono ricoperte, con contatto stratigrafico erosivo, da una potente unità silico-clastica di età Serravalliano-Tortoniana (Patterson et al., 1995) costituita da conglomerati, areniti e argilliti.

Il tetto della formazione può presentare significative troncature erosive, verosimilmente dovute al profondo abbassamento del livello marino verificatosi durante il Messiniano e ai fenomeni erosivi che ne sono derivati. In alcune zone dove la sequenza passa in continuità alle evaporiti messiniane - presenti in qualche modesto affioramento marginale (Mirto di Siderno)- fra i depositi silicoclastici tortoniani e le evaporiti è presente un sottile strato di peliti marnose grigie con intercalazioni arenacee.

Segue un complesso di età messiniana, composto da tre unità (Burton,1971) separate da significative discontinuità stratigrafiche e caratterizzate dal basso verso l'alto da peliti pre-evaporitiche, calcari e gessi (praticamente assenti nell'area), conglomerati grossolani e arenarie. Le ritmiti calcareo-marnosi (coccoliti a foraminiferi) della Formazione dei Trubi (Zancleano) ricoprono i depositi messiniani e tutte le unità precedenti, delineando il passaggio, geologicamente abrupto, dalla precedente sedimentazione silico-clastica extrabacinale a quella carbonatica intrabacinale.

Le marne calcaree, infatti, con la caratteristica alternanza bianco-azzurrina, si presentano con netto carattere trasgressivo e, anche se in alcune zone vengono a contatto diretto con le argille scagliose, normalmente si dispongono su una formazione conglomeratica (conglomerati basali)

oppure, dove questi sono assenti, vanno a contatto con un complesso arenaceo e talvolta carbonatico che precede e accompagna la sedimentazione dei trubi con carattere di maggiore continuità spaziale.

Una sequenza di arenarie a variabile grado di cementazione con peliti di ambiente marino ricopre la formazione dei Trubi. Essa, riferita al piacentiano-calabriano (Zuderveld, 1991) è composta alla base da arenarie con rare intercalazioni di conglomerati e al tetto da peliti marnose con abbondanti intercalazioni sabbiose. Il contatto tra i due litotipi è graduale per alternanza.

In ambito locale, però non sempre, la stratigrafia dei depositi piacentiano-calabriani è caratterizzata dalla bipartizione appena descritta. Lungo una fascia del bacino che si protende da Gerace-Ardore verso nord-ovest, sono presenti areniti a stratificazione incrociata a grande scala, di età essenzialmente calabriana. Si tratta di arenarie grossolane a composizione mista silico-carbonato-clastica, che formano sets a stratificazione incrociata spessi fino a 3 metri, interpretati come migrazione pressoché unidirezionale di grandi sand-waves a cresta rettilinea o leggermente sinuosa (Cavazza et al., 1997).

La successione si conclude con un complesso sistema di terrazzi marini e continentali disposti a diverse altitudini sul livello del mare, la qual cosa, messa a confronto con l'esiguità dei lembi dei terrazzi osservabili nell'area, sta ad indicare un veloce innalzamento tettonico durante il Quaternario, accompagnato da intensi processi di smantellamento per erosione idro-meteorica tuttora perduranti, che alimentano la formazione di estese sedimentazioni alluvionali e la progradazione.

## PARTE IV - FORMAZIONI GEOLOGICHE E RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA

Per la ricostruzione delle formazioni geologiche presenti nel territorio di Locri si è fatto riferimento a riscontri biblio – cartografici e a rilevamenti diretti. In particolare, le informazioni cartografiche hanno permesso di organizzare i rilievi diretti con i quali sono state ricostruite le situazioni geologiche locali per una estensione sufficiente ad individuare le peculiarità dell’ambito di specifico interesse e le correlazioni con la geologia regionale.

I risultati dei riscontri biblio-cartografici, dei rilievi e delle osservazioni dirette sono rappresentati graficamente sulla Carta geologica in scala 1:5.000 alla quale si rinvia per la collocazione spaziale degli affioramenti.

Nel territorio interessato dal Piano vengono a giorno numerose formazioni che la Carta Geologica della Calabria 1:25.000, alla quale in prima istanza si è fatto riferimento per la classificazione, attribuisce ad ere geologiche che vanno dal Terziario (Miocene), a cui appartengono le formazioni argillose più antiche (**Mac<sup>1-2</sup>**), al Quaternario (Olocene-Attuale) rappresentato dai sedimenti fluviali (**a**) e dai depositi di litorale (**d<sub>1</sub>**).

Le formazioni si succedono dalle più antiche alle più recenti in maniera progressiva dall’entroterra verso il litorale marino ed inoltre, sulle aree collinari interne prevalgono le formazioni pseudocoerenti (argille, marne) e più raramente semicoerenti (arenarie tenere), mentre le piane alluvionali e la piana litoranea sono costituite esclusivamente da materiali sciolti.

La posizione delle singole formazioni si può osservare sulla carta geologica (v. allegato) e sarà meglio definita – ove necessario – quando si passerà dal piano preliminare a quello definitivo.

### 4.1 Argille policrome (**Mac<sup>1-2</sup>**)

La formazione più antica del territorio di Locri è costituita da Argille policrome la cui età di messa in posto è riferibile al Miocene medio inferiore.

Si tratta di antichi depositi sedimentari con carattere di olistostroma, costituiti da materiali petrograficamente eterogenei, più o meno intimamente mescolati ma senza alcun ordine apparente. Essi, infatti, hanno aspetto caotico e sono privi di una vera stratificazione eccetto che per gli inclusi di materiali precedentemente stratificati e che sono stati inglobati nell’olistostroma.

La matrice è prevalentemente argilloso-siltosa mentre l’aggregato contiene numerosi elementi dispersi di materiali anche più rigidi. Gli inclusi maggiori sono veri e propri olistoliti di calcari, più raramente di metamorfiti, e qualche volta intercalazioni di arenarie quarzose a grana fine e di colore bruno-giallastro.

Gli affioramenti frequentemente appaiono ricoperti da materiali detritici molto eterogenei - soprattutto di natura arenitica, resi evidenti da meccanismi di erosione selettiva – e presentano una colorazione variabile dal rosso, al verde, al grigio e una tessitura a scaglie per cui la formazione è anche definita come Argille scagliose.

La composizione minero-petrografica è nettamente influenzata dalle montmorilloniti e dalle smectiti che ne determinano le pessime caratteristiche geomeccaniche, tra cui la scarsa permeabilità e, soprattutto, la notevole sensibilità all’acqua, da cui derivano intensi fenomeni di rigonfiamento e ritiro, mentre le pur frequenti inclusioni caoticamente disperse di materiali rigidi non sono in grado di migliorarne le caratteristiche di resistenza meccanica.

L’ammasso si presenta allo stato caotico anche in profondità e ciò va attribuito al meccanismo della messa in posto e alle deformazioni gravitative successive.

Lo spessore della formazione non è facilmente valutabile con semplici indagini di superficie; tuttavia i riscontri geomorfici e le indicazioni della Carta Geologica ufficiale inducono a ritenere probabili valori dell'ordine dei  $10 \div 1500$  metri.

#### 4.2 - Siltiti e argille siltose ( $M_{a-s}^{2-3}$ )

Si tratta di sedimenti a granulometria molto fine, classificabili come silts e argille siltose. Talvolta però nella massa dell'affioramento si incontrano strati o lenticelle di materiali più compatti (siltiti) o anche interstratificazioni francamente sabbiose. Queste ultime sono più frequenti verso il tetto della formazione.

Comunque si tratta sempre di litotipi in grado di offrire resistenza all'erosione molto modesta, scarsamente permeabili negli orizzonti pelitici e a permeabilità media negli orizzonti psammitici.

L'angolo di attrito interno varia tra i  $18^\circ$  e i  $27^\circ$  e siccome le aree di affioramento in genere hanno acclività inferiore a tali angoli, i pendii sono generalmente stabili anche in presenza di litotipi privi di coesione. Tuttavia dove l'inclinazione del pendio tende ad accentuarsi, si hanno reali possibilità di movimenti franosi. Va però evidenziato che questa formazione non viene a giorno nell'area interessata dal Piano.

#### 4.3 - Conglomerati e sabbie ( $M_{cl}^2$ )

Si tratta di conglomerati con ciottoli di rocce metamorfiche e granitoidi, localmente e verso l'alto passanti a sabbie e sabbie argillose con piccoli ciottoli ( $M_{s-cl}^2$ ). L'insieme presenta una discreta resistenza all'erosione ed elevata permeabilità ma gli affioramenti ricadono in aree esterne a quelle interessate dal Piano.

#### 4.4 - Calcari evaporitici ( $M_f^3$ )

In discordanza stratigrafica sulla formazione delle sabbie compatte descritte, e talora a contatto diretto con i graniti esiste un affioramento di natura chiaramente calcarea di età riferibile al Miocene Superiore.

Si tratta di calcari evaporitici bianco-giallastri che mostrano frequenti inclusioni arenacee e talvolta anche sottili interstratificazioni siltoso-argillose. In genere le rocce si presentano con stratificazione non sempre visibile e con qualche piccola cavernosità.

Questi calcari sono dotati di una moderata resistenza all'erosione e non presentano problemi di stabilità se non nelle aree più esterne e più acclivi degli affioramenti dove, per processi di dissoluzione chimica o per fenomeni di lateral spreading, la roccia può risultare allentata.

La permeabilità si esercita prevalentemente per fessurazione ma non raggiunge valori molto elevati a causa delle frequenti inclusioni argillose.

#### 4.5 - Conglomerati poligenici ( $P_{cl}^1$ )

sopra i calcari evaporitici, si incontra costantemente un complesso francamente conglomeratico a grossi ciottoli di natura granitoidale e gneissica, immersi in una matrice sabbiosa grossolana.

Si tratta di sedimenti di facies marino-deltizia, di notevole potenza (talvolta anche superiore ai 250 metri) costituiti da successioni clastiche a giacitura orizzontale o debolmente inclinata, e a granulometria grossolana. Gli elementi costitutivi più grossi, che talora possono raggiungere dimensioni anche superiori al metro, risultano arrotondati e sono immersi in una matrice sabbiosa eterometrica.

I luoghi di affioramento possiedono inclinazioni talvolta elevatissime per cui - malgrado l'alto valore dell'angolo di attrito interno e a causa del basso grado di resistenza all'erosione derivante dalla scarsa cementazione - queste rocce sono facile preda dei processi erosivi e lungo tutte le aree marginali degli affioramenti danno origine a imponenti manifestazioni franose. Ne risulta un continuo arretramento dei versanti con una costante diminuzione della superficie pianeggiante ancora esistente alla sommità.

Dove le pendenze e i processi erosivi non sono accentuati, i dissesti sono assenti.

La permeabilità si esercita per porosità ed è sempre molto elevata.

#### 4.6 – Sabbie e arenarie brunastre ( $M^{s2-3}$ )

Anche questa formazione viene a giorno in aree esterne dove per altro è classificata con denominazione diversa. Gli affioramenti più vicini si trovano nei pressi dell'estremità nord- occidentale del territorio comunale dove si presentano come facies eteropica della formazione dei Conglomerati e ghiaie con ciottoli di rocce metamorfiche granitiche (  $M_{cl-s}^{2-3}$  ).

La loro resistenza all'erosione è moderata e la permeabilità è medio-elevata.

#### 4.7 – Marne e argille marnose (trubi) ( $P^{a1-2}$ )

In questo complesso sono comprese due formazioni geologicamente differenziate, ma dall'analogo comportamento geomeccanico.

La prima ha età riferibile al Pliocene medio-inferiore (  $P^{a1-2}$  ) ed è prevalentemente costituita da marne e argille marnose tipiche dei bacini ionici (Trubi). Questi terreni hanno colore biancastro e si presentano in strati e banchi con giaciture sub-orizzontali, oppure disposti con direzione 320°-340° N, inclinazione di circa 10° - 12° e immersione a NE.

L'altra è nettamente subordinata ed è rappresentata da Calcari e arenarie a cemento calcareo (  $P^c_{1-2}$  ) ed affiora, intercalata ai trubi di cui costituisce una facies eteropica, sulle colline a nord-ovest dell'ospedale di Locri.

La serie stratigrafica più completa si può osservare soltanto fuori dal territorio comunale, presso Gerace e nell'alta valle del Torrente Lordo.

Questi litotipi sono sovra-consolidati e dove non sono alterati si mostrano piuttosto compatti, ma la loro resistenza ai processi erosivi è moderata, mentre piuttosto scarsa può dirsi la permeabilità. Nelle fasce più esposte al weathering si nota un certo grado di plasticità, con tendenza al rigonfiamento e al ritiro a secondo del variare del contenuto d'acqua. Verso l'alto gli orizzonti tendono a diventare leggermente sabbiosi, ma la loro plasticità non sembra risentirne e in seguito a forte imbibizione tendono a fluidificarsi, dando origine a fenomeni di soliflusso e creep.

Nei luoghi in cui i pendii sono sufficientemente acclivi e l'imbibizione e il contatto con l'acqua riducono la coesione, si generano condizioni di equilibrio instabile e cinematismi di colamento (*mud flow*) che interessano le fasce più superficiali degli affioramenti.

Dove l'inclinazione assume valori angolari superiori all'attrito, la stabilità è demandata all'effetto stabilizzante della coesione con il temporaneo e superficiale contributo della copertura vegetale, ma in condizioni di forte assorbimento idrico la coesione si riduce fino ad annullarsi, per cui possono verificarsi fenomeni di dissesto tipo *scorrimento* che tendono a ripetersi ogni volta che gli scalzamenti al piede dei versanti provocati dall'erosione idraulica rinnovano le situazioni di squilibrio idrogeologico.

Infatti, tra i livelli argillosi sono talvolta presenti interstratificazioni sabbiose ad elevata permeabilità e queste variazioni litologiche rappresentano vie di più facile penetrazione delle acque meteoriche e pertanto la massa può da un lato appesantirsi per assorbimento superficiale e dall'altro andare a gravare su una superficie ad attrito ridotto per la presenza dell'acqua penetrata lungo le interstratificazioni sabbiose. Inoltre, le marne richiedono un certo tempo per saturarsi, ma perdono acqua altrettanto lentamente e a velocità minore della frazione sabbiosa, per cui si formano piccole falde circoscritte che producono l'aumento delle pressioni interstiziali con conseguente riduzione della resistenza al taglio.

Per l'insieme di questi fenomeni, i versanti in cui affiorano questi litotipi danno origine a movimenti franosi tanto più profondi quanto maggiore è il gradiente di pendio e quanto più profonda è l'azione delle acque.

#### 4.8- Sabbie giallastre ( $P^{s'2-3}$ )

Si tratta di una formazione psammitica costituita da una successione più o meno irregolare di strati sabbiosi associati a strati arenacei (  $P^{s'2-3}$  ) che talvolta danno luogo e vere proprie intercalazioni

calcarenitiche ( $P^{sc}_{2-3}$ ). La differenza di quota che si riscontra fra alcune aree di affioramento fa presumere forti sollevamenti tettonici differenziali.

La formazione, depositatasi durante il Calabriano in un ambiente marino costiero soggetto a continue variazioni delle correnti deposizionali, è caratterizzata da un assetto giaciturale molto particolare, con livelli a stratificazione orizzontale, talora con fenomeni di cross-bedding, e si trova in prevalenza allo stato incoerente.

Le aree di affioramento sono generalmente stabili, ma in prossimità di alcune incisioni vallive e di tagli artificiali, l'inclinazione dei versanti talvolta raggiunge e supera l'angolo di riposo dei materiali, per cui possono aversi locali condizioni di instabilità.

#### 4.9 – Argille azzurre ( $P^a_{2-3}$ )

Questa formazione caratterizza praticamente tutte le basse pendici dei rilievi collinari che sovrastano la piana costiera, fortemente incise e frammentate dai corsi d'acqua che le attraversano.

Si tratta di una formazione costituita da Argille e argille siltose grigio-azzurre o brunastre che sulla tavoletta Locri della Carta Geologica della Calabria ( Foglio 255 – I S.O.) vengono date in eteropia con intercalazioni di sabbie giallastre e calcareniti ( $P^{sc}_{2-3}$ ), mentre sulle tavolette adiacenti (Ardore, Antonimina, Siderno) vengono considerate separatamente e in successione.

#### 4.10 – Sabbie e arenarie giallastre ( $P^{s''}_{2-3}$ )

La carta geologica ufficiale della Calabria classifica questa formazione come sabbie e arenarie tenere giallastre, spesso a stratificazione incrociata e con intercalazioni di argille, calcareniti e conglomerati, riferendola al Pliocene superiore (Calabriano).

La datazione, più che sui fossili, che risultano molto rari, è basata sul fatto che nelle intercalazioni conglomeratiche frequentemente sono presenti blocchi arrotondati di marne del tipo  $P^a_{2-3}$  e ciò, unitamente al fatto che sarebbe stata rilevata una certa discordanza angolare rispetto alle formazioni sottostanti ( $P^{sc}_{2-3}$ ) e ( $P^{sc}_{2-3}$ ), ha indotto gli autori della Carta a considerare in maniera autonoma la formazione.

I rilievi diretti hanno per altro evidenziato che la discordanza angolare non è sempre riscontrata ma, più in generale, si osserva che questa ipotetica formazione non presenta caratteri molto differenti dalle Sabbie e arenarie giallastre ( $P^{s'}_{2-3}$ ) e dalle Calcareniti ( $P^{sc}_{2-3}$ ) e come quelle può essere interpretata come teropia di facies, retrodatandola rispetto alle argille siltose ( $P^a_{2-3}$ ).

In alternativa, potrebbe essere collocata direttamente nel Quaternario, considerandola praticamente coeva ma di facies marina rispetto alle ( $q^{cl-s}$ ).

Per ciò che attiene alle caratteristiche geologico-tecniche, va ribadita la moderata resistenza all'erosione del complesso - che varia tuttavia in relazione al grado di cementazione dei sedimenti - e la permeabilità medio-elevata.

#### 4.11 - Sabbie e ghiaie arcose ( $q^{cl-s}$ )

Si tratta di un complesso costituito da Sabbie, ghiaie con sabbie e sabbie siltose, disposte in depositi a giacitura orizzontale, di età tardo-pleistocenica e di ambiente continentale soggetto a rapide modificazioni morfo-altimetriche.

La loro potenza mediamente si aggira intorno a 8-10 metri, ma tende ad assottigliarsi riducendosi a non più di qualche metro e addirittura a sparire del tutto facendo affiorare il substrato sottostante ( $P^{a(q)}_{2-3}$ ) e ( $P^{s''(q)}_{2-3}$ ).

I sedimenti hanno un colore bruno-rossastro dovuto all'ambiente di sedimentazione e si trovano sempre allo stato incoerente. Essi sono piuttosto permeabili, facilmente erodibili e possiedono angoli di attrito interno di valore molto variabile, a secondo che prevalgano i depositi a granulometria sottile oppure quelli grossolani.

Questi litotipi affiorano in aree generalmente poco acclivi e possono dare origine a movimenti franosi solo in siti particolari (aree marginali dei terrazzi morfologici) e soltanto se esistono altre concause di dissesto, quali erosioni accelerate, scalzamenti al piede, sovraccarichi, accelerazioni sismiche, ecc.

Va tuttavia sottolineato che, in genere, sono rivestiti da una coltre di materiali eluviali e pertanto, dove la pendenza della superficie topografica crea componenti tangenziali della gravità di intensità superiore a quelle verticali, come accade su alcuni avventati tagli artificiali non sostenuti da opere adeguate, possono aversi manifestazioni franose Strada (provinciale per Bagni). Queste però hanno sempre carattere superficiale e solo eccezionalmente arrivano a coinvolgere le rocce del substrato.

All'equilibrio della coltre eluviale contribuiscono in maniera determinante la copertura vegetale e i terrazzamenti agricoli. Infatti, fenomeni di soliflusso, *soil creep* ed erosione sono ricorrenti solo dove la vegetazione è sporadica o assente per effetto dei dissesti, e soprattutto nelle aree abbandonate dall'agricoltura.

#### 4.12 - Dune e sabbie stabilizzate (d1) e mobili (d2)

Lungo il litorale marino, fra il rilevato ferroviario e una linea mobile che stagionalmente segna la massima espansione delle mareggiate, si osservano apparati dunali relitti che la carta geologica all'epoca della sua redazione (1967) classificava come Dune e sabbie eoliche stabilizzate ((d1) e come Dune e sabbie eoliche mobili (d2). Si tratta di una distinzione non più attuale, potendosi ritenere che il confine tra i due complessi vada idealmente a porsi in corrispondenza della via marina, senza con ciò volere attribuire all'aggettivo "stabilizzato" valore di permanenza nel tempo.

#### 4.13- Detriti di pendio (dt) e di frana (df)

Al piede dei versanti particolarmente acclivi sono talvolta presenti piccoli accumuli di materiali detritici di età olocenica, originati da fenomeni gravitativi (dt) oppure dall'azione congiunta di fenomeni gravitativi e dell'acqua (df).

Si tratta di materiali incoerenti di limitata potenza, petrograficamente assimilabili a ciottoli e sabbie eterometriche, la cui distinzione può essere determinata in base al maggior tenore di silts più o meno argillosi dei detriti di frana rispetto ai detriti di falda generalmente più grossolani.

Entrambi possono presentarsi ricoperti da una coltre di eluvium, sono dotati di scarsa resistenza ai processi erosivi e di permeabilità elevata.

Il loro comportamento geomeccanico è da considerarsi poco affidabile.

#### 4.14 - Prodotti di soliflusso e dilavamento (a)

Nelle zone concave scarsamente alimentate (compluvi minori) dove la pendenza longitudinale è piuttosto modesta, si possono osservare piccoli affioramenti di materiali di facies continentale di età olocenica, che la carta geologica della Calabria indica come *Prodotti di soliflusso e dilavamento (a)*.

Si tratta di materiali incoerenti di limitata potenza, petrograficamente assimilabili alle sabbie limose, dalle quali si distinguono per un maggior tenore di silts più o meno argillosi, per una considerevole riduzione dei materiali più grossolani e per una più frequente variabilità orizzontale.

Anch'essi risultano frequentemente ricoperti da una spessa coltre di eluvium e sono dotati di scarsa resistenza ai processi erosivi, mentre la permeabilità è elevata. In qualche luogo l'accumulo continuo di questi litotipi ha dato origine a conoidi di deiezione come è riscontrabile allo sbocco delle valli minori nell'alveo dei corsi d'acqua principali.

Il loro comportamento geologico-tecnico non è molto affidabile.

#### 4.15 - Depositi alluvionali stabilizzati (af) e mobili (ac)

L'origine di questi sedimenti è da ascrivere all'attività deposizionale e alla progradazione dei corsi d'acqua come è dimostrato dal fatto che la maggiore estensione si ha nella pianura alluvionale della Fiumara Novito e in quella della Fiumara di Gerace.

Si tratta di sedimenti molto eterogenei, costituiti prevalentemente da ciottoli granitoidi e metamorfici ad assortimento granulometrico variabilissimo, con discreta quantità di sabbie quarzose grossolane, locali addensamenti di limi argillosi e trovanti di rocce granitoidi. Il vasto campo granulometrico condiziona anche le resistenze di attrito con valori più elevati in corrispondenza dei litotipi più grossolani, mentre la permeabilità si mantiene sempre alta. Piuttosto scarsa, a causa della loro incoerenza, è la resistenza all'erosione. Oggi la formazione è estesamente coperta dalla vegetazione e, sottratta all'azione erosiva delle acque incanalate, si presenta stabilizzata (af) e praticamente immune da fenomeni di dissesto, pur non escludendo che possano essere invase da esondazioni per rotte arginali o da piene eccezionali.

Invece i depositi più recenti (ac), posti nelle aree golenali, sono continuamente soggetti alla mobilitazione imposta dalle acque fluviali di superficie o di subalveo, per cui una loro definizione geomorfica che vada al di là della estrema mobilità è del tutto aleatoria.

# PARTE V - GEOMORFOLOGIA, CLIMATOLOGIA, IDROLOGIA

## 5.1 - Lineamenti geomorfologici

Il territorio comunale di Locri ha una superficie di circa 25 km<sup>2</sup> e confina verso Nord con Gerace e Siderno, verso est con il Mare Jonio, verso sud con Portigliola e verso ovest con Antonimina. Si tratta di un territorio che pur altimetricamente classificabile come Pianura (hmax < 300m) ha tuttavia alcune colline di origine tettonico-strutturale (Sollevamento di fondali marini, rilievi sottoposti ad erosione per lunghi periodi di tempo).

Il territorio ricade per la maggior parte nei bacini delle fiumare Novito e San Paolo di Gerace, ma i confini amministrativi corrispondono ad elementi geografici degni di nota solo occasionalmente, come accade per alcuni tratti d'alveo delle fiumare principali, mentre più spesso sono stati tracciati su basi storico-amministrative e sfuggono all'interesse specifico di questo studio.

L'altitudine massima è raggiunta sulle colline poste nei pressi del confine occidentale, in località San Bartolo (303 m) dove si ha anche la maggiore densità di drenaggio; ma la maggior parte del territorio si colloca sotto l'isoipsa dei 100 metri e man mano che si procede da nord-ovest verso sud-est, si abbassa fino a raggiungere il litorale marino senza manifestare forti dislivelli o bruschi salti di pendenza, per cui il territorio va considerato pianeggiante.

L'esposizione generale dei versanti è strettamente legata all'orientamento del territorio e, anche se le vallecole minori generano pendii secondari con esposizione variabile, predominano i versanti orientati a sud-est. Per altro va evidenziato che non sono state osservate peculiarità geomorfologiche significativamente legate alla posizione geografica, essendo di gran lunga predominante la disposizione plano-altimetrica generata dal sollevamento tettonico dell'entroterra che si riflette su tutta la Locride.

Il controllo geo-tettonico sulla morfologia è particolarmente evidente nell'entroterra geografico e altimetrico, con manifestazioni evidentissime nell'area compresa fra il bordo esterno dell'altopiano di Zomaro - Canolo e lungo le fiumare Novito e San Paolo di Gerace, mentre più a valle la tettonica è incidentalmente accompagnata e localmente anche sovrastata dai fenomeni eso-geodinamici.

Nel territorio comunale di Locri, infatti, le condizioni geomorfologiche generali trovano un riscontro lontano nei caratteri geologici e tettonico-strutturali di tipo regionale che governano in maniera molto evidente la dorsale appenninica, e rapporti molto più diretti con i fattori che presiedono alla dinamica esogena, per cui le forme del rilievo dell'entroterra sono facilmente correlabili alla geologia e alla tettonica, mentre la morfologia della fascia litoranea è governata dalle interazioni tra le condizioni litologiche, idrogeologiche e climatiche, e la sempre più incisiva azione dell'uomo.

In generale, la fascia di transizione tra le aree poste ad altitudini più elevate e il fondovalle delle fiumare e dei corsi d'acqua intramontani assume significati con importanti aspetti paesaggistici anche in virtù della natura e consistenza delle rocce affioranti. Nel territorio del PSC di Locri, invece, si hanno soltanto sedimenti miocenici e plio-quadernari ad accentuata erodibilità per cui la morfologia, se si trascura la modesta altitudine dell'intero territorio, è governata da due categorie di processi:

- *Erosione*, ancora attiva sui rilievi collinari
- *Sedimentazione/progradazione* nelle aree pedecollinari e sulla piana litoranea.

Ne deriva che i morfotipi caratterizzanti sono:

- Colline
- Pianure
- Alvei fluviali e litorale marino

### 5.1.1- Colline

I morfotipi collinari occupano grosso modo il territorio compreso fra la curva di livello dei 300 metri e le pianure alluvionali.

Pur essendovi aree con pendenze ancora sensibili (colline di San Bartolo, versante tra SS 111 e Strada Provinciale per Antonimina) prevalgono le zone a morfologia dolce o comunque ad acclività moderata, in un contesto altimetrico progressivamente digradante verso est. Anche se le asperità morfologiche non hanno l'imponenza delle aree montuose, non mancano zone accidentate, come si può osservare all'estremità occidentale del territorio dove la presenza terreni impermeabili consente l'esistenza di un reticolo idrografico piuttosto fitto e l'approfondimento dei solchi di erosione con tendenza a forme di tipo calanchivo in continua evoluzione.

Questa morfologia caratterizza le aree collinari con presenza di formazioni geologiche caotiche e facilmente erodibili (Argille policrome, marne, ecc.) dove in effetti si possono riscontrare strutture geomorfiche ad idrografia minuta e complessa, di tipo calanchivo, e dove la mobilità dei suoli può originare fenomeni di soliflusso con accentuazione evolutiva verso i processi di *mud-flow* nei periodi di più prolungata piovosità.

Per altro la morfologia a solchi vallivi ravvicinati e a modesto sviluppo longitudinale prevede superfici bacinali poco estese e alimentazione saltuaria con lunghi periodi di secca. Dove la presenza d'acqua è relativamente più prolungata (talweg dei compluvi) spesso attecchisce la vegetazione tipica dei fondovalle calanchivi. Ma la capacità di erosione e di trasporto dipende dall'acclività dei profili longitudinali e trasversali delle singole vallecicole per cui l'erosione si evidenzia maggiormente sulle sponde più interne, mentre allo sbocco nei corsi d'acqua principali vi è una certa tendenza al deposito da cui prendono origine alcune effimere conoidi di deiezione (Merici, Mantenea a monte della S.P.80).

La struttura geolitologica del territorio collinare è costituita esclusivamente da terreni incoerenti o pseudo-coerenti per cui la resistenza all'erosione piuttosto ridotta facilita lo sviluppo di fenomeni di erosione accelerata in tutte le aree a pendenza medio- elevata ( $p > 30\%$ ).

In queste condizioni, occorre prestare particolare attenzione all'apertura di nuove strade, agli sbancamenti e ai tagli artificiali in genere, ma soprattutto vanno evitati i deflussi idraulici incontrollati o concentrati.

### 5.1.2 Pianure

In questi ambiti geomorfici l'inclinazione del terreno è piuttosto modesta e, conformemente ai deflussi idraulici, si orienta verso la linea di costa attuale, con poche soluzioni di continuità, per lo più rappresentate da tagli artificiali legati all'uso agricolo del suolo, ma soprattutto a processi di espansione edilizia o alla costruzione di infrastrutture viarie. Ma nelle aree di pianura, più che la continuità della copertura vegetale, le pendenze modeste esercitano un'efficace protezione contro i ruscellamenti, mentre le opere agricole di tipo idraulico (canalizzazioni e indirettamente i terrazzamenti) manifestano la loro utilità garantendo un'efficace azione drenante nei confronti delle acque meteoriche.

Nelle aree di recente e disordinata espansione edilizia, a causa delle deficienze normative degli strumenti urbanistici e per la scarsa attenzione al problema dimostrata da progettisti e costruttori, è venuta a mancare la capillare azione delle opere agricole mentre l'urbanizzazione ha incrementato l'impermeabilizzazione e il volume dei deflussi idraulici, a cui non ha corrisposto una adeguata attenzione per la raccolta e canalizzazione delle acque meteoriche. Pertanto, si è creata la predisposizione a fenomeni di temporaneo impaludamento o ristagno, per altro limitati ai periodi immediatamente successivi alle piogge, ma soprattutto ai processi erosivi con trasporto di fanghiglie e detriti lungo le strade che tagliano trasversalmente le pur rade isoipse, e sedimentazione quasi istantanea su quelle a sviluppo sub-parallelo alle curve di livello con conseguenti pericoli per la viabilità.

Sotto questo punto di vista i fenomeni più appariscenti sono stati osservati nelle aree a ridosso della S.P. 80 e in maniera più ridotta lungo la ex SS n.111 e nella zona sottostante all'ospedale civile.

Verso la Fiumara Novito e la Fiumara di Gerace, l'attività idraulica dei corsi d'acqua ha dato origine a *pianure alluvionali* dove, pur in presenza di argini fluviali, non è esclusa la possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione.

In queste aree, alla distanza dagli argini e dalle confluenze dei compluvi minori imposta dalle norme vigenti - tra le quali soprattutto quelle che accompagnano il Piano PAI - il rischio idraulico necessariamente ipotizzabile perché incluso nel concetto stesso di pianura alluvionale, può essere efficacemente prevenuto e controllato mediante misure di prevenzione (distanze di rispetto) o di mitigazione (interventi di regimazione idraulica) insieme a misure di riduzione della vulnerabilità idraulica (terrapieni, impedimento di abitazione dei piani terra ecc.) .

Più in generale, va tenuta nettamente separata la situazione morfogenetica che caratterizza il territorio agricolo, da quella delle zone urbanizzate e delle loro adiacenze. Mentre nelle prime, infatti, la fase di biostasia è ancora marcata, nelle altre, pur permanendo un assetto complessivamente pianeggiante o sub-pianeggiante, le modificazioni antropiche tendono ad obliterare la pur modesta rete di drenaggio naturale e impediscono una gerarchizzazione idrologica significativa, per cui i deflussi idro-meteorici spesso avvengono lungo la rete stradale piuttosto che in canali idraulici veri e propri, con ovvie difficoltà di deflusso nelle zone prive di adeguate reti fognarie.

Va però ripetuto che questo morfotipo possiede un elevato grado di stabilità geomorfologica e, pur naturalmente predisposto ai fenomeni alluvionali, tuttavia non manifesta propensione ai dissesti generalizzati e particolarmente a quelli franosi.

### 5.1.3 - Alvei fluviali e litorale marino

Gli *alvei fluviali* rappresentano un geomorfotipo che di per sé costituisce una *invariante* ai fini pianificatori e richiede anche una adeguata tutela con appropriate misure di salvaguardia.

Anche se il termine *invariante* presuppone una concezione di tipo statico, mentre gli alvei fluviali sono permanentemente dinamici, il termine può ancora essere utilizzato nel senso che questi particolarissimi ed insostituibili morfotipi non possono essere sottoposti a variazioni di tipo urbanistico, prima ancora che per tutela giuridica e per oggettive condizioni di costante pericolosità idraulica, soprattutto perché riuniscono in sé insostituibili risorse idriche, idrogeologiche e geo-ambientali.

In ogni caso l'intera fascia infra-arginale va sottoposta a rigorosi vincoli inibitori nei confronti di ogni azione che possa ridurre l'efficacia drenante e il trasporto solido, mentre le strutture argini vanno mantenute costantemente efficienti.

Il *litorale marino* costituisce un particolare morfotipo nel quale i più vistosi processi morfogenetici avvengono in maniera impulsiva e non progressiva. Si tratta infatti di aree sub pianeggianti, il cui dinamismo desta attenzione solo in occasione delle mareggiate, ma dove i fenomeni meteomari agiscono permanentemente e costituiscono la base dell'esistenza stessa di spiaggia, retro-spiaggia ed apparati dunali più o meno estesi. L'interesse economico nei confronti dei litorali ha comportato un aumento delle costruzioni, delle infrastrutture e della popolazione, incrementando o addirittura generando particolari tipi di rischio.

Qui la salvaguardia ed anche il confine interno sono stati esercitati dalla ferrovia che in passato ha costituito una barriera fisica e psicologica tra le aree urbanizzabili e la spiaggia. Se però si confrontano le cartografie del 1967 (IGM) con quelle attuali (CTR) si riscontra una urbanizzazione abbastanza diffusa che non sempre ha tenuto conto dei più elementari fattori di pericolosità e di vulnerabilità, e ciò espone il territorio ad un rischio sempre più elevato.

In queste importanti porzioni di territorio che sono il risultato temporaneo di azioni complesse e permanentemente dinamiche, che coinvolgono anche l'entroterra - da cui in definitiva proviene buona parte del materiale solido che forma le spiagge - ogni manomissione va attentamente studiata e deve essere preceduta dalla distinzione e definizione plano-altimetrica della "spiaggia emersa", delle dune e del retro-spiaggia che evidentemente hanno potenzialità d'uso nettamente differenziate e, per ciò che

attiene alla spiaggia emersa, soltanto temporanee ed anche queste con l'osservanza di precise regolamentazioni.

Tali condizionamenti di ordine generale non escludono l'uso delle spiagge, ma vogliono stabilire il principio che non basta un "progetto" o un "finanziamento" per realizzare gli interventi, anche quelli da taluni ritenuti più compatibili come ad esempio il "lungomare", occorrendo invece specifici studi meteo marini e valutazioni di compatibilità e sostenibilità, che prendano in esame le interazioni che l'intervento, ancor prima della sua realizzazione, potrebbe avere con la dinamica del litorale e con il suo assetto geomorfico, ovviamente valutati per ambiti fisiografici e tenendo sempre presenti i costi, non solo economici, della periodica ricostruzione di opere in seguito a mareggiate "eccezionali" che di eccezionale hanno soltanto l'ignoranza di chi le ha realizzate.

## 5.2 - Elementi di climatologia

Dal punto di vista climatico, il territorio di Locri rispecchia le condizioni generali tipiche del clima "mediterraneo", caratterizzato da inverni miti e brevi, ed estati aride e lunghe, ma le condizioni climatiche all'interno dei bacini idrografici dei corsi d'acqua principali (Fiumara Novito e Fiumara di Gerace) sono molto diverse come si può dedurre dai dati pluviometrici registrati dalle stazioni meteorologiche più rappresentative (*Annali* del CFCalabria).

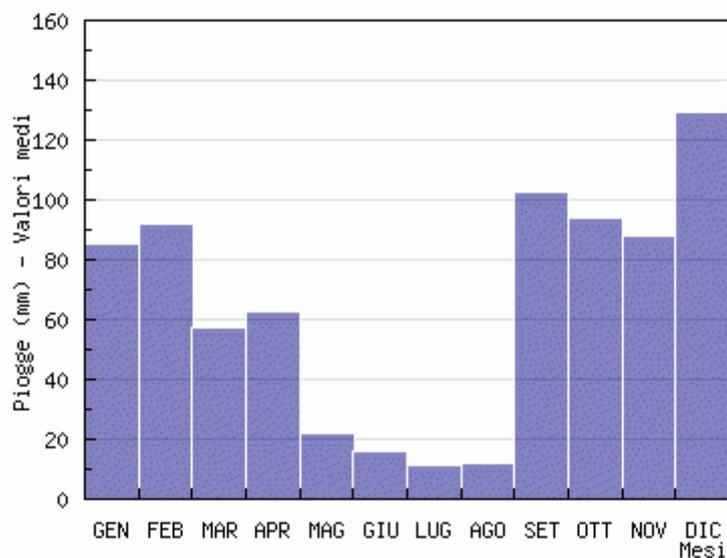
### Stazione di Locri

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
2001	»	»	20.6	37.2	38.2	17.6	3.4	1.2	11.0	15.0	76.2	93.0	»
2002	53.4	35.8	36.2	58.6	56.4	2.4	23.8	29.6	123.6	35.0	78.6	217.8	751.2
2003	112.6	76.2	15.2	146.0	28.8	11.2	-	57.2	51.6	114.2	56.0	136.2	805.2
2004	89.6	22.4	111.4	97.8	26.8	34.8	15.4	0.2	149.8	29.0	150.6	192.4	920.2
2005	32.2	44.2	16.0	68.2	20.4	15.6	8.8	21.4	74.2	87.8	30.8	179.6	599.2
2006	97.0	77.0	25.6	24.4	0.4	49.6	44.0	26.0	20.8	77.6	13.8	200.8	657.0
2007	18.2	100.8	72.6	40.4	20.8	17.2	-	1.8	63.2	191.6	95.0	66.4	688.0
2008	22.6	18.2	48.8	26.4	6.2	15.4	0.2	0.2	81.0	75.6	100.8	184.8	580.2
2009	218.8	133.8	81.0	38.2	3.6	25.2	18.0	3.6	252.6	73.6	34.0	48.6	931.0
2010	126.4	139.0	106.6	28.4	16.4	10.0	2.4	0.4	312.8	276.0	86.6	103.0	1,208.0
2011	96.0	115.6	83.6	159.0	58.0	1.4	4.4	-	91.4	77.6	106.6	50.6	844.2
2012	84.4	279.8	52.8	61.6	4.4	-	25.8	-	50.4	127.8	122.6	107.0	916.6
2013	78.0	58.2	71.4	25.6	5.0	7.6	0.2	14.6	55.8	42.2	192.2	100.2	651.0
2014	77.4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

### Valori medi mensili

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
85.1	91.8	57.1	62.4	22.0	16.0	11.3	12.0	102.9	94.1	88.0	129.3	771.9

## STAZIONE DI LOCRI



## Stazione di Antonimina – Passo del Mercante

### Piogge mensili

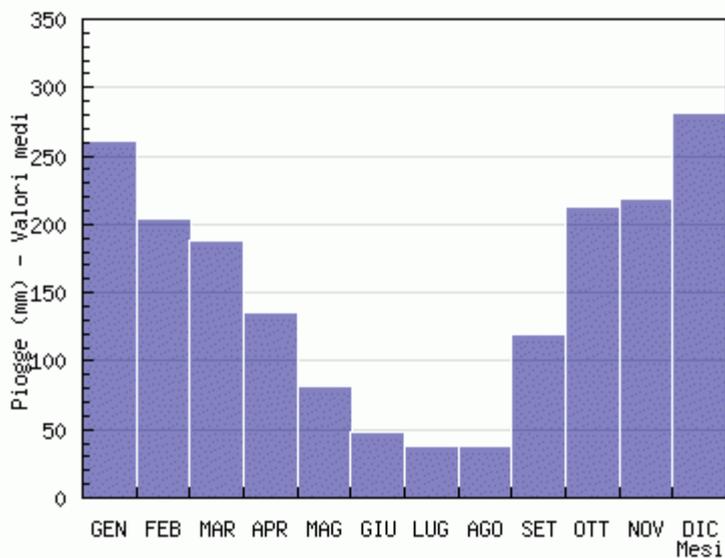
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
1951	»	»	»	»	»	»	»	66.3	174.8	1,520.3	215.1	37.2	»
1952	140.4	104.2	62.0	4.3	32.9	-	7.9	-	-	146.1	112.7	289.9	900.4
1963	258.9	318.9	207.7	218.9	169.4	11.1	12.8	78.2	67.2	330.0	41.1	354.4	2,068.6
1964	262.6	258.3	301.2	115.4	112.0	79.5	25.6	48.0	170.0	194.2	174.6	443.8	2,185.2
1965	489.4	138.3	86.3	100.8	16.5	2.0	-	28.6	158.2	175.6	224.0	297.8	1,717.5
1966	372.4	135.5	209.0	156.4	126.6	95.6	10.4	8.6	134.4	271.8	211.5	454.6	2,186.8
1967	121.8	370.0	74.8	182.8	45.2	30.0	40.6	66.6	123.2	80.9	117.8	250.5	1,504.2
1968	215.6	158.8	94.0	12.6	75.6	187.4	0.2	31.9	24.8	51.0	182.2	438.4	1,472.5
1969	158.6	136.0	279.0	52.8	50.6	41.6	46.0	110.0	290.1	233.0	148.2	463.9	2,009.8
1970	196.6	159.0	173.7	72.8	60.6	60.6	24.0	9.9	47.2	154.0	102.6	275.2	1,336.2
1971	172.9	175.8	245.1	142.3	35.3	13.6	111.2	20.0	119.4	402.6	168.7	97.5	1,704.4
1972	285.1	216.8	142.6	60.5	77.1	3.5	80.5	1.2	62.4	102.4	13.5	940.4	1,986.0
1973	689.4	189.2	427.6	127.4	17.6	17.2	219.2	-	-	263.0	67.9	223.0	2,241.5
1974	97.0	234.6	216.8	282.6	64.6	72.8	-	33.1	141.6	308.7	382.0	97.7	1,931.5
1975	155.6	283.6	222.6	53.9	132.1	»	»	»	39.0	131.4	272.3	193.1	»
1976	33.5	268.2	228.2	169.6	119.5	130.5	131.5	53.9	4.8	425.6	460.0	560.2	2,585.5
1977	303.0	162.8	55.0	135.5	5.9	60.8	-	11.8	59.8	37.6	285.8	123.0	1,241.0
1978	371.2	282.0	199.4	303.8	105.2	45.2	8.2	13.0	140.4	472.6	42.6	136.4	2,120.0
1979	244.6	340.2	107.2	176.0	70.4	27.8	41.8	22.0	60.8	188.2	265.7	196.2	1,740.9
1980	398.8	126.2	318.4	118.0	148.6	68.6	-	46.4	45.2	130.6	303.6	429.8	2,134.2
1981	315.0	194.4	49.4	63.2	90.8	0.8	56.0	39.8	125.8	62.2	141.2	225.6	1,364.2
1982	224.8	214.6	249.2	145.2	49.6	20.8	55.2	31.4	96.2	419.2	86.6	160.2	1,753.0
1985	»	»	»	»	»	»	36.7	2.0	56.2	»	155.9	29.8	»
1986	360.8	172.8	370.2	38.2	161.4	29.6	18.4	9.8	87.2	212.8	102.6	104.8	1,668.6
1987	156.6	231.8	161.2	40.4	70.8	19.2	-	47.8	14.6	117.2	478.4	212.2	1,550.2
1988	254.8	154.8	595.8	79.4	59.8	8.0	-	25.6	144.4	28.6	379.6	176.2	1,907.0
1989	106.6	53.0	57.0	202.2	75.4	4.2	53.4	88.6	77.0	136.8	»	97.4	»

1990	182.0	126.4	23.4	192.0	34.4	-	5.2	45.0	29.2	114.2	307.6	347.8	1,407.2
1991	268.2	255.0	183.4	203.0	73.8	18.6	41.0	1.2	26.4	141.8	131.0	63.8	1,407.2
1992	209.8	55.0	112.8	155.0	111.6	131.6	58.8	19.8	24.4	160.0	102.6	441.8	1,583.2
1993	177.6	167.2	277.8	74.8	125.0	22.0	45.8	22.6	56.0	182.0	483.8	202.4	1,837.0
1994	322.0	294.2	8.4	220.0	64.0	45.0	100.4	28.0	84.6	122.8	176.4	128.6	1,594.4
1995	218.8	71.2	207.2	87.6	68.4	3.8	66.6	89.6	61.2	16.6	294.2	563.2	1,748.4
1996	873.8	435.6	358.6	128.0	148.6	15.8	9.2	24.8	179.4	376.2	168.6	306.4	3,025.0
1997	108.8	66.2	50.6	241.0	19.4	5.0	4.4	»	211.0	261.8	249.4	268.6	»
1998	154.2	151.6	113.6	73.8	91.2	55.2	8.6	10.6	»	»	255.6	161.2	»
1999	216.4	158.0	148.0	84.4	29.4	37.6	151.6	50.2	183.8	77.0	349.0	202.6	1,688.0
2000	383.2	142.6	»	196.2	52.8	41.2	24.4	-	699.8	108.0	104.0	224.6	»
2001	314.0	178.0	92.2	158.6	185.2	60.4	2.0	»	22.6	40.2	147.0	237.0	»
2002	122.4	88.8	69.8	142.0	266.6	46.8	58.8	161.8	154.0	123.4	254.2	428.4	1,917.0
2003	361.4	131.0	56.2	213.0	»	»	1.2	115.2	53.6	164.0	248.0	305.8	»
2004	207.0	112.4	214.2	305.0	92.4	71.4	35.8	7.0	220.8	43.8	298.8	529.6	2,138.2
2005	108.4	199.4	117.0	173.2	140.0	80.6	56.2	131.0	179.2	187.4	153.0	453.2	1,978.6
2006	246.4	325.0	198.8	114.0	3.2	114.0	60.4	78.2	132.4	216.2	111.8	262.6	1,863.0
2007	71.6	304.0	303.4	94.4	95.6	27.8	0.4	11.4	97.2	214.0	152.2	234.0	1,606.0
2008	63.2	46.6	169.4	68.4	16.8	46.0	8.2	12.6	157.0	139.4	423.8	432.2	1,583.6
2009	614.2	238.2	214.8	142.4	26.6	201.8	24.2	23.0	352.2	247.0	162.6	240.6	2,487.6
2010	389.4	409.8	308.2	79.2	62.4	101.4	21.6	45.2	309.2	384.2	265.8	177.2	2,553.6
2011	235.4	223.8	295.0	245.6	68.6	65.2	4.2	4.2	106.4	229.0	333.6	225.0	2,036.0
2012	283.0	452.8	53.8	159.0	96.0	2.6	45.0	2.8	91.0	135.2	197.6	379.6	1,898.4
2013	326.0	278.2	316.6	61.8	56.6	51.8	53.8	49.8	76.6	180.0	453.2	213.6	2,118.0
2014	227.8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

### Valori medi annuali

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
261.4	203.9	188.1	136.1	81.3	48.4	38.1	38.1	119.5	213.5	219.2	281.2	<b>1,828.7</b>

### ANTONIMINA -Passo del Mercante



## Stazione di Antonimina

### Piogge medie mensili

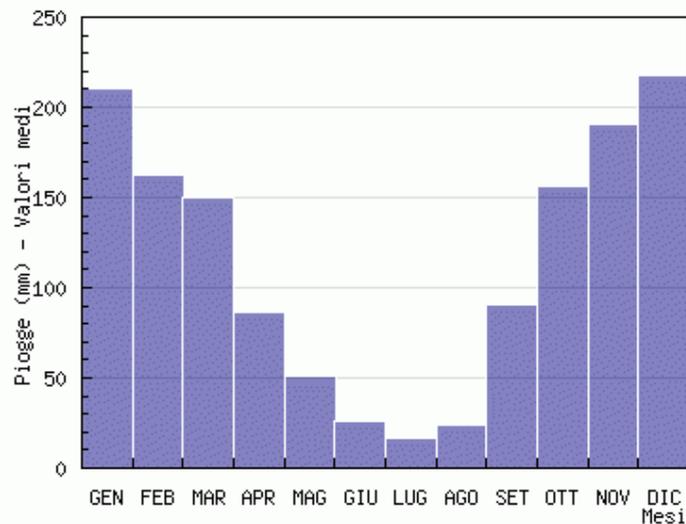
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
1923	251.9	305.1	151.3	108.5	34.0	39.7	-	15.0	32.4	50.7	227.2	299.3	1,515.1
1924	147.8	261.5	45.7	104.7	12.1	25.2	104.5	1.5	5.9	158.0	193.8	50.2	1,110.9
1925	26.0	78.2	189.0	193.2	117.3	14.0	2.0	2.5	96.5	273.8	418.6	69.1	1,480.2
1926	208.5	89.2	45.7	83.7	80.7	36.7	23.8	23.0	107.0	58.0	180.0	234.7	1,171.0
1927	275.7	109.2	93.1	102.2	48.5	1.0	-	7.7	42.5	288.0	454.8	472.4	1,895.1
1928	283.4	161.7	336.8	158.8	11.1	-	74.5	3.0	39.7	120.2	163.1	202.7	1,555.0
1929	136.0	297.0	182.2	71.5	102.7	29.0	0.2	119.0	72.0	79.2	229.5	96.8	1,415.1
1930	263.4	332.4	148.7	127.1	23.5	111.2	9.0	0.5	94.7	340.5	52.0	404.9	1,907.9
1931	423.6	468.8	129.2	104.3	31.8	-	37.5	-	87.3	90.0	164.8	253.7	1,791.0
1932	250.2	93.4	453.5	120.7	8.6	14.8	18.0	4.6	140.4	69.9	914.6	173.7	2,262.4
1933	313.6	115.7	143.5	106.6	90.4	28.3	45.7	58.9	103.5	60.3	286.6	808.0	2,161.1
1934	258.7	127.9	160.6	98.0	73.7	63.8	5.8	1.1	48.1	107.2	170.5	231.3	1,346.7
1935	145.2	117.0	357.5	3.9	12.3	9.7	5.7	10.0	89.3	261.1	566.3	280.9	1,858.9
1936	107.9	184.4	114.0	85.7	63.7	31.9	0.6	35.5	105.9	115.1	390.6	254.1	1,489.4
1937	90.4	152.1	163.8	100.5	121.8	3.6	26.4	16.1	85.2	60.8	282.7	227.6	1,331.0
1938	232.3	81.3	53.9	86.9	53.6	-	3.0	22.6	39.7	76.9	131.8	453.0	1,235.0
1939	216.6	278.6	238.1	186.7	91.4	82.7	-	14.7	340.0	118.0	152.8	198.5	1,918.1
1940	302.4	179.5	57.9	133.6	87.8	168.4	8.6	8.3	32.5	157.1	99.3	354.1	1,589.5
1941	142.4	177.3	25.7	108.2	91.6	13.1	1.1	1.7	124.8	172.4	433.8	113.5	1,405.6
1942	404.7	300.9	392.6	24.7	22.6	75.4	13.3	61.5	23.9	97.6	137.1	268.6	1,822.9
1943	334.7	343.0	271.3	44.7	35.6	49.7	3.9	1.0	18.4	275.8	447.0	255.7	2,080.8
1944	87.8	244.5	221.7	54.3	2.4	20.5	0.3	64.7	38.9	215.4	228.6	359.5	1,538.6
1945	469.1	72.9	52.8	13.0	22.8	-	4.0	10.5	236.6	53.0	221.9	303.7	1,460.3
1946	479.0	121.8	219.1	56.6	30.6	-	10.6	-	21.0	94.6	156.9	522.8	1,713.0
1947	347.5	278.7	33.8	93.4	53.7	7.9	13.7	11.8	54.5	381.1	222.3	136.4	1,634.8
1948	187.6	134.1	5.5	113.8	58.1	18.1	8.2	2.7	191.9	177.2	200.3	102.9	1,200.4
1949	463.2	66.5	267.1	24.0	61.7	18.5	24.1	15.6	85.7	154.4	247.0	55.5	1,483.3
1950	293.4	87.4	176.4	66.3	20.7	43.7	-	39.4	55.9	97.5	193.4	313.6	1,387.7
1951	358.0	110.6	272.2	74.1	92.6	8.6	24.2	51.3	268.6	1,066.5	182.4	88.3	2,597.4
1952	266.8	280.4	132.5	27.9	49.9	-	40.6	6.7	30.1	61.7	317.5	297.9	1,512.0
1953	140.9	197.7	265.7	98.0	167.3	52.5	1.8	23.1	29.0	715.6	315.0	252.9	2,259.5
1954	382.2	391.4	291.9	182.2	164.1	15.1	1.6	-	4.6	213.7	304.3	463.2	2,414.3
1955	376.8	158.5	363.8	120.1	28.0	15.2	80.8	106.3	288.7	247.7	104.1	66.6	1,956.6
1956	149.2	326.9	180.6	86.5	62.2	39.3	7.2	15.3	53.3	141.5	207.3	140.2	1,409.5
1957	217.1	62.5	154.2	165.2	76.2	2.0	4.5	86.3	78.5	223.7	435.6	241.8	1,747.6
1958	248.3	99.8	237.0	106.0	81.2	3.4	6.0	-	38.4	104.8	526.9	97.2	1,549.0
1959	307.0	85.2	52.8	140.2	28.2	124.4	36.2	30.4	53.4	155.0	259.8	190.8	1,463.4
1960	271.6	87.1	329.6	155.4	170.0	36.4	20.4	-	38.6	144.2	77.0	178.6	1,508.9
1961	217.1	88.8	74.4	37.2	39.6	20.6	3.6	23.4	79.0	66.5	98.8	80.8	829.8
1962	215.0	192.6	244.0	104.4	36.6	18.2	21.8	-	25.4	132.4	177.0	201.0	1,368.4
1963	146.8	307.2	146.6	172.2	121.9	4.4	13.8	61.0	49.4	203.4	37.0	236.8	1,500.5
1964	188.4	165.8	274.0	116.8	58.5	53.4	35.6	58.8	182.8	129.2	147.2	331.4	1,741.9
1965	393.2	179.0	51.2	63.0	8.1	1.4	-	14.8	134.1	177.8	163.5	234.8	1,420.9
1966	380.4	124.7	143.3	81.8	62.2	38.8	6.0	3.8	123.6	250.4	108.2	322.6	1,645.8
1967	154.3	306.1	78.0	107.4	27.0	18.2	27.2	80.0	70.8	64.0	94.5	198.3	1,225.8
1968	244.5	130.1	62.4	4.8	30.4	130.8	-	13.8	15.0	11.8	132.8	375.4	1,151.8
1969	76.7	136.5	118.0	51.8	27.8	18.8	7.0	74.4	149.6	229.6	63.4	231.1	1,184.7
1970	165.3	181.6	201.5	86.5	67.1	33.4	7.4	2.0	33.8	158.3	74.5	193.9	1,205.3
1971	109.5	235.5	218.7	88.0	24.3	2.7	25.5	6.4	102.1	273.2	116.5	113.0	1,315.4
1972	188.3	193.4	74.9	64.9	95.6	12.5	37.0	48.4	88.1	137.5	100.4	873.6	1,154.0

1973	407.3	328.6	371.6	87.9	11.0	11.0	100.0	5.4	25.8	317.0	11.0	154.2	1,830.8
1974	37.0	156.1	182.0	125.8	28.0	22.9	0.2	9.9	77.4	126.1	161.8	73.2	1,000.4
1975	86.6	153.8	»	11.6	»	9.0	»	»	11.0	45.2	142.2	»	»
1976	139.4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	268.4	»
1977	100.2	84.4	30.8	80.0	0.2	41.6	-	2.4	1.2	1.6	131.7	88.9	563.0
1978	249.1	133.0	127.8	158.8	39.2	7.8	-	22.8	80.4	255.2	28.2	72.8	1,175.1
1979	101.4	175.2	41.2	72.0	25.8	14.4	18.8	15.6	54.0	148.6	113.2	94.8	875.0
1980	236.6	73.4	144.4	59.8	49.6	40.2	-	29.2	57.8	59.4	167.4	191.4	1,109.2
1981	188.2	92.0	20.8	44.0	54.8	0.4	22.4	40.8	37.2	22.4	103.0	110.4	736.4
1982	176.8	148.8	184.6	57.4	6.6	8.0	10.0	19.0	13.0	»	»	»	»
1992	»	»	»	125.4	79.0	30.2	9.8	-	12.4	119.8	22.8	330.0	»
1993	134.0	123.4	157.8	30.6	78.6	7.4	38.6	8.4	26.2	103.0	394.4	70.2	1,172.6
1994	187.8	»	5.2	106.8	»	54.8	54.8	29.4	39.0	127.6	79.2	52.4	»
1995	115.4	23.4	145.2	48.4	62.4	2.8	46.4	38.4	42.0	5.2	222.4	205.4	957.4
1996	394.0	190.8	184.8	»	72.8	13.2	»	»	»	»	78.4	154.2	»
1997	79.6	39.6	23.4	96.0	12.6	1.8	1.8	133.2	191.6	152.6	178.0	111.4	1,021.6
1998	76.8	67.8	133.0	56.2	79.2	20.4	1.2	1.4	93.8	52.0	109.4	53.2	744.4
1999	134.8	48.0	64.0	25.8	4.2	»	»	8.6	»	»	145.0	66.8	»
2000	223.0	91.4	41.0	44.2	12.2	2.0	0.4	-	589.0	82.8	55.0	131.8	1,272.8
2001	171.0	135.0	32.2	71.6	85.2	38.6	-	5.2	11.2	14.2	67.6	139.4	771.2
2002	57.0	37.0	41.0	64.4	89.6	7.2	14.8	58.8	171.8	52.8	141.2	196.8	932.4
2003	212.2	89.8	21.8	150.0	23.8	3.4	0.4	73.8	62.0	100.2	81.8	169.2	988.4
2004	108.4	51.4	226.6	123.4	28.4	14.2	20.6	-	168.2	12.8	208.8	271.6	1,234.4
2005	35.4	94.6	33.8	93.4	51.8	18.0	5.4	44.4	75.2	117.2	34.0	215.0	818.2
2006	175.8	»	79.2	40.4	0.6	41.2	53.6	33.4	49.6	187.4	26.0	164.2	»
2007	33.6	134.8	165.2	51.6	30.8	28.8	-	1.6	53.4	180.4	88.8	142.0	911.0
2008	22.8	24.6	87.4	25.4	3.4	18.8	0.8	1.0	121.4	104.2	162.8	247.4	820.0
2009	295.0	133.8	126.6	68.6	4.4	52.0	34.2	1.8	307.2	135.0	61.4	106.2	1,326.2
2010	159.8	239.6	164.6	24.4	20.6	19.2	12.6	»	228.6	212.6	84.8	121.2	»
2011	142.2	108.6	126.4	145.0	58.4	16.4	0.2	-	91.2	120.6	194.2	121.2	1,124.4
2012	166.4	284.8	22.6	95.4	17.0	-	19.6	0.6	22.0	114.4	132.0	241.6	1,116.4
2013	196.4	94.2	156.4	55.6	19.2	17.6	1.8	24.6	85.2	65.8	229.0	142.4	1,088.2
2014	68.6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Valori medi annuali

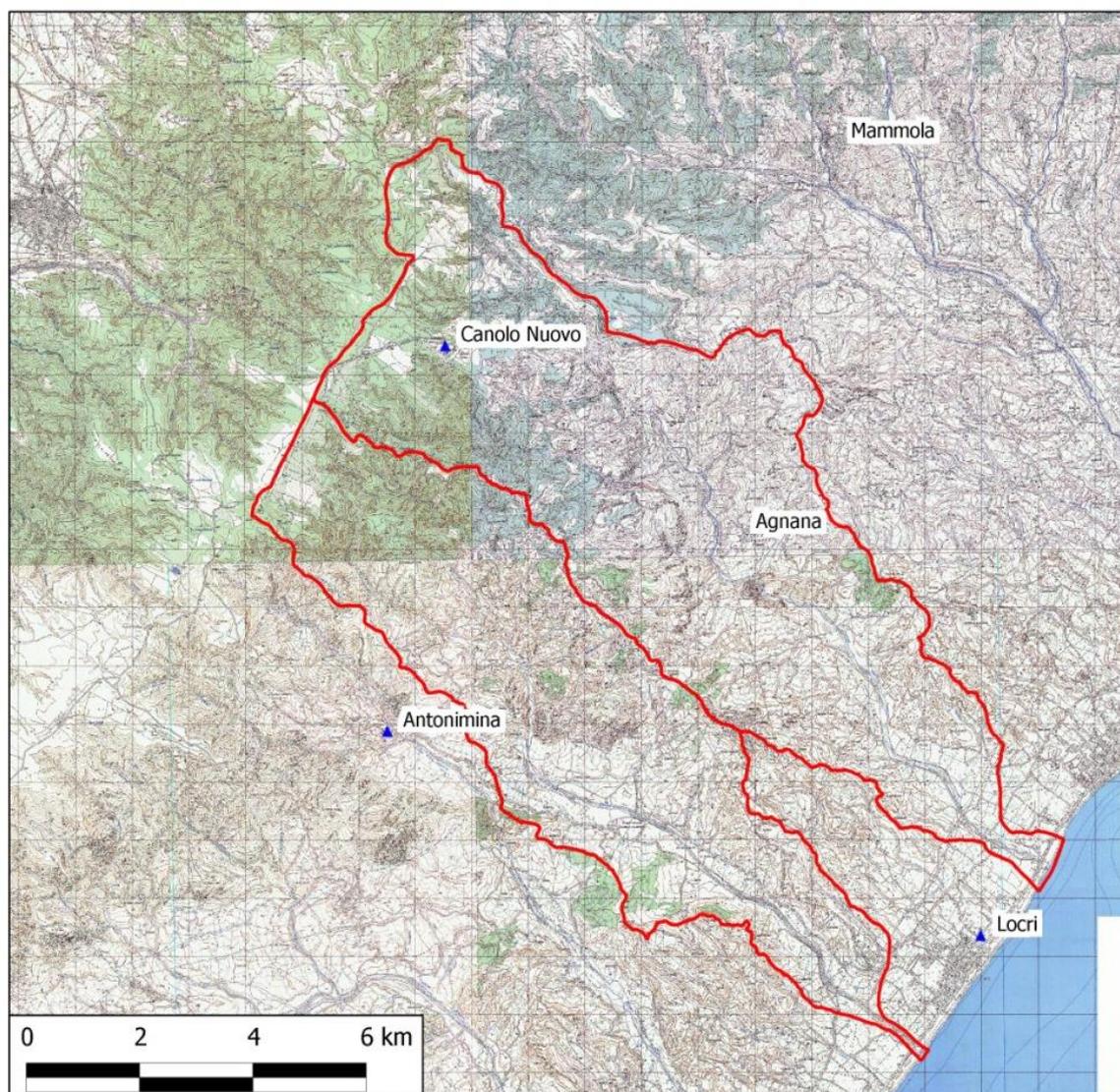
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
210.4	162.3	149.9	86.9	51.1	26.5	16.9	24.0	90.5	155.7	190.8	209.4	<b>1,374.4</b>

STAZIONE DI ANTONIMINA



### 5.3 Elementi di idrologia

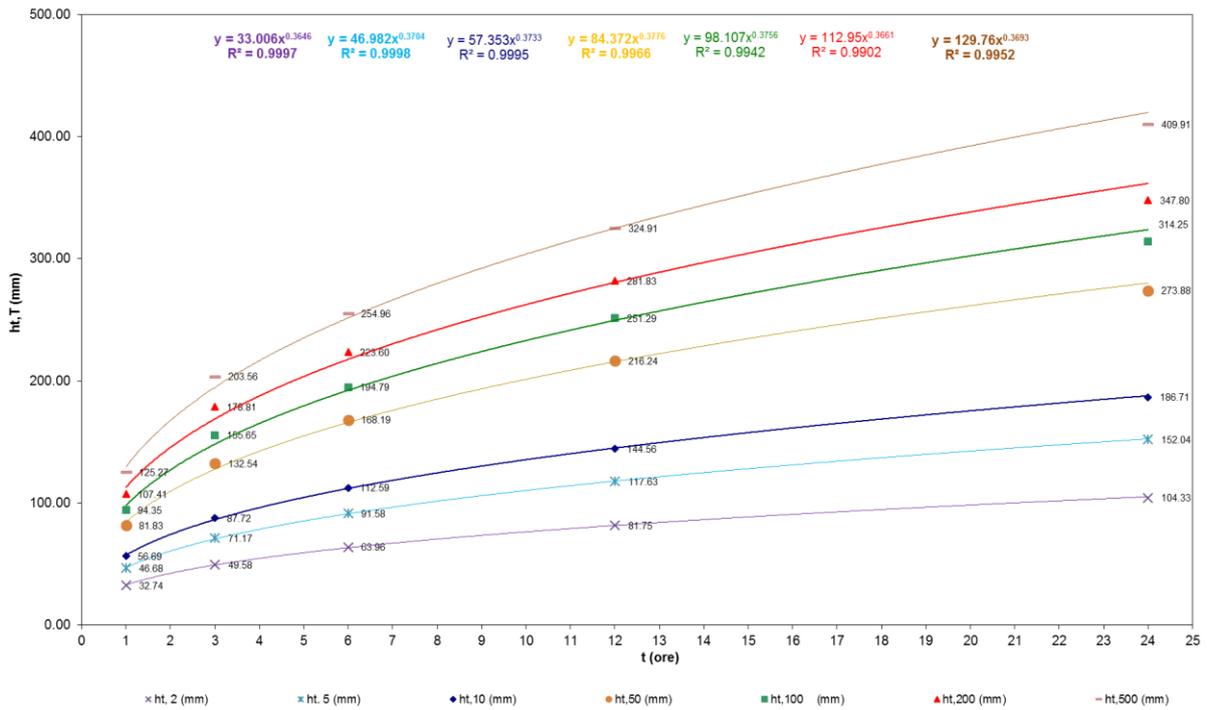
I corsi d'acqua che per estensione del bacino, energia del rilievo e capacità di modellamento geomorfologico, influenzano maggiormente il territorio di Locri sono in primo luogo La Fiumara Nopvito e la Fiumara di Gerace e subordinatamente il torrente Santo Stefano. Il bacino di quest'ultimo si articola praticamente per intero nel territorio, mentre i primi due entrano nel territorio comunale per un tratto piuttosto breve e soprattutto in condizioni geomorfologiche marginali anche se i loro sedimenti sono stati in grado di sostenere la progradazione e l'espansione della rispettiva pianura alluvionale fino a modellare, con il concorso dei fenomeni meteomarinari, la pianura litoranea.



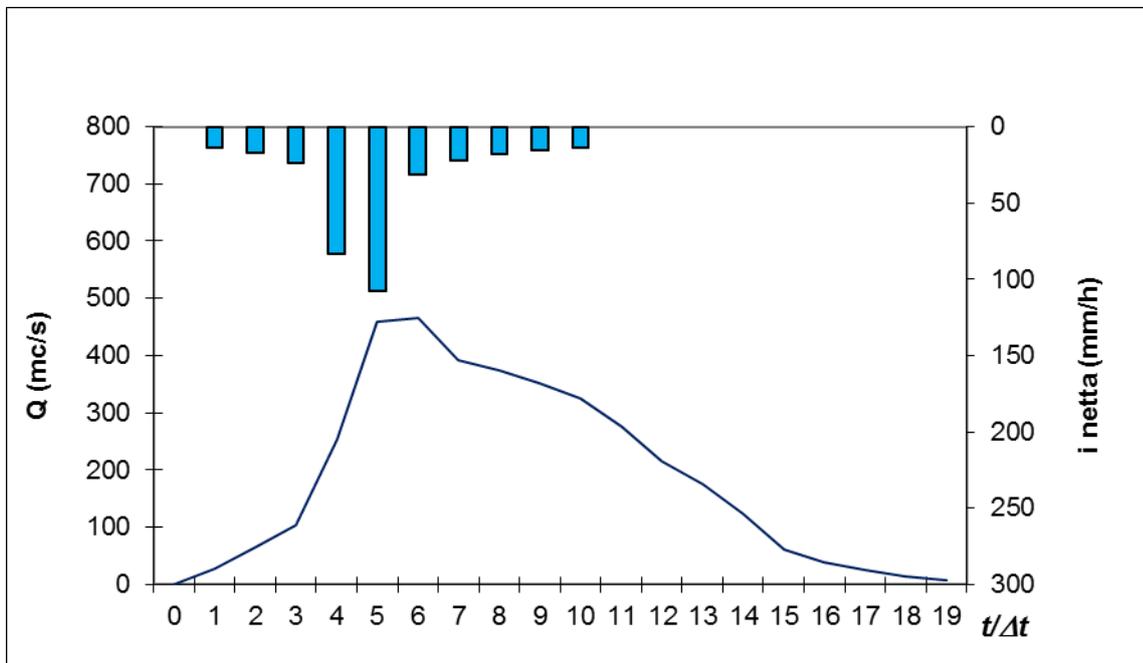
I principali parametri idrologici dei due bacini sono:

	<b>Fiumara Novito</b>	<b>Fiumara di Gerace</b>
Superficie	55.8 km <sup>2</sup>	38.9 km <sup>2</sup>
Perimetro	45.43 km	39 km
Pendenza media	30.53%	31.5
Altezza media	441.93 m	361.5
Indice di Gravelius	1.71	1.76

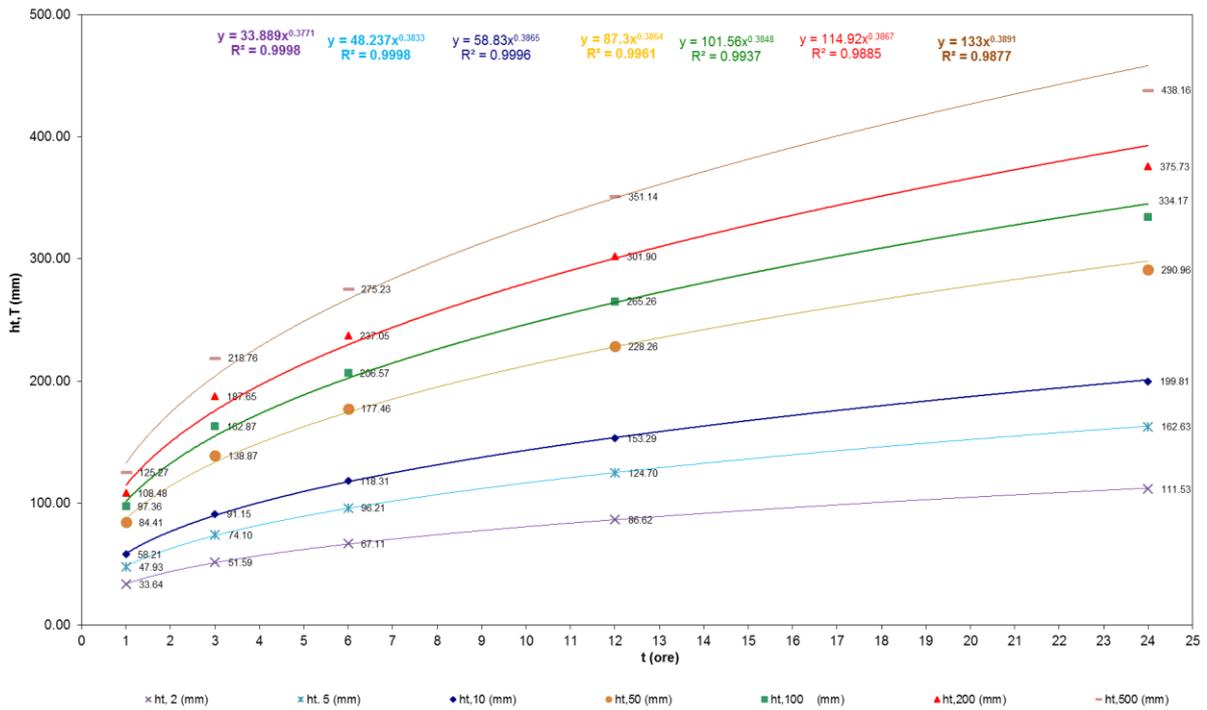
**Curve di possibilità pluviometrica Bacino della Fiumara di Gerace calcolate con il metodo TCEV al 3° livello di regionalizzazione**



**Portata al colmo per il bacino della Fiumara di Gerace**



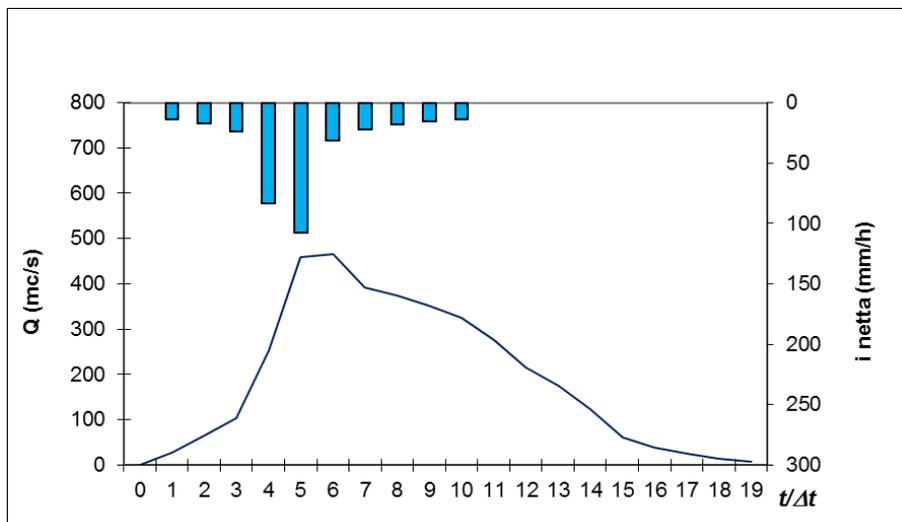
**Curve di possibilità pluviometrica (Bacino della Fiumara Novito) calcolate con il metodo TCEV al 3° livello di regionalizzazione**



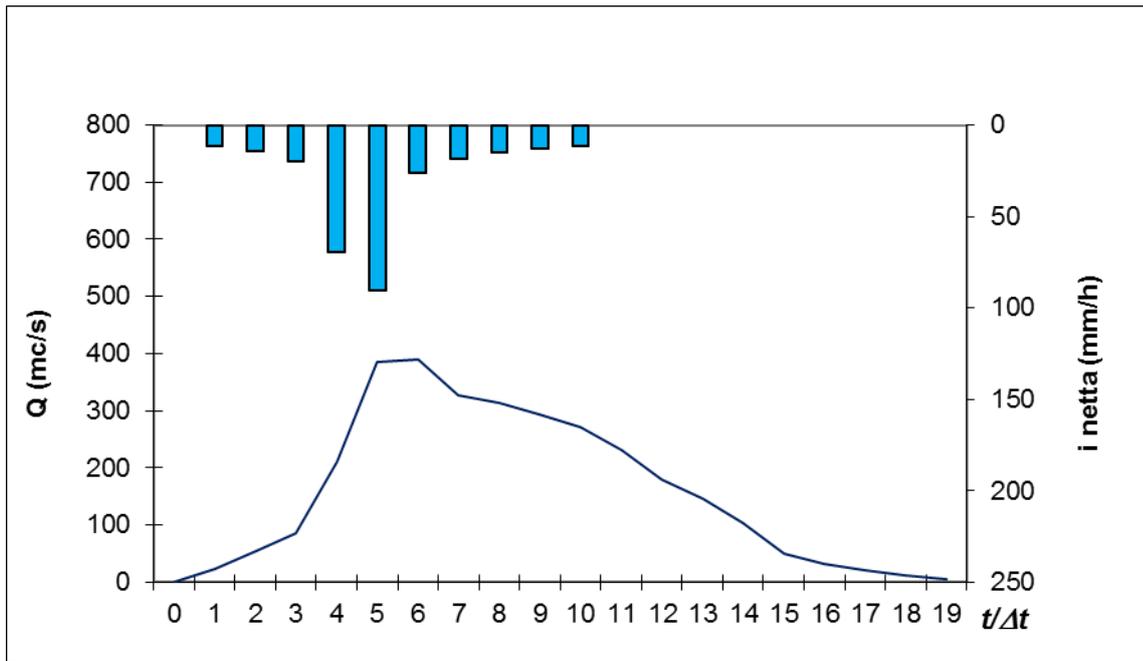
**Portata al colmo per il bacino della Fiumara di Gerace**

Parametri CPP					
	T 10 anni	T 50 anni	T 100 anni	T 200 anni	T 500 anni
a	57.35	84.37	98.11	112.95	129.76
n	0.37	0.38	0.38	0.37	0.37
Portata al colmo					
Corrivazione	155.11	269.12	328.09	390.18	465.43
Altezza di precipitazione					
Totale	71.60	105.92	122.85	139.70	161.16
Netta	42.11	73.33	89.25	105.30	125.95

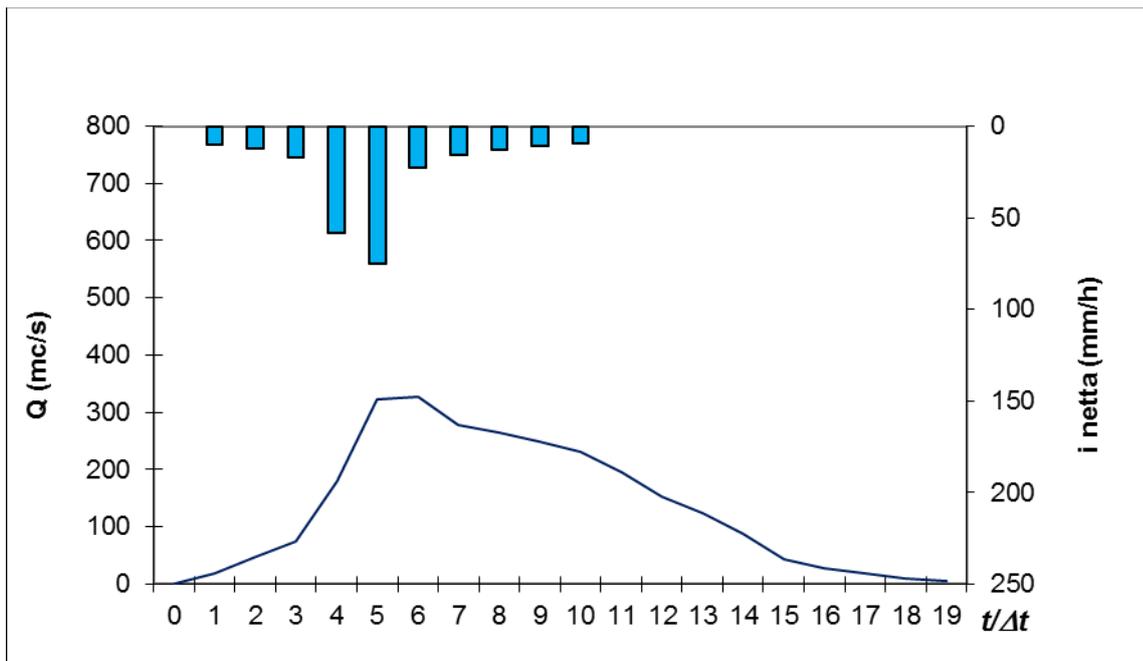
T500



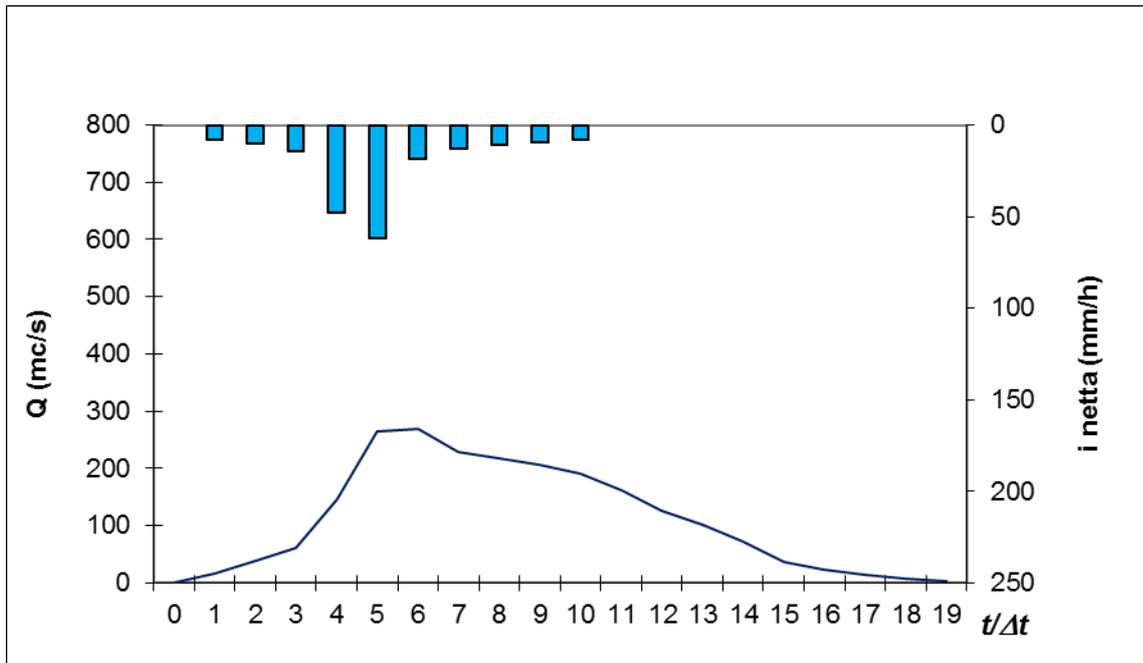
T200



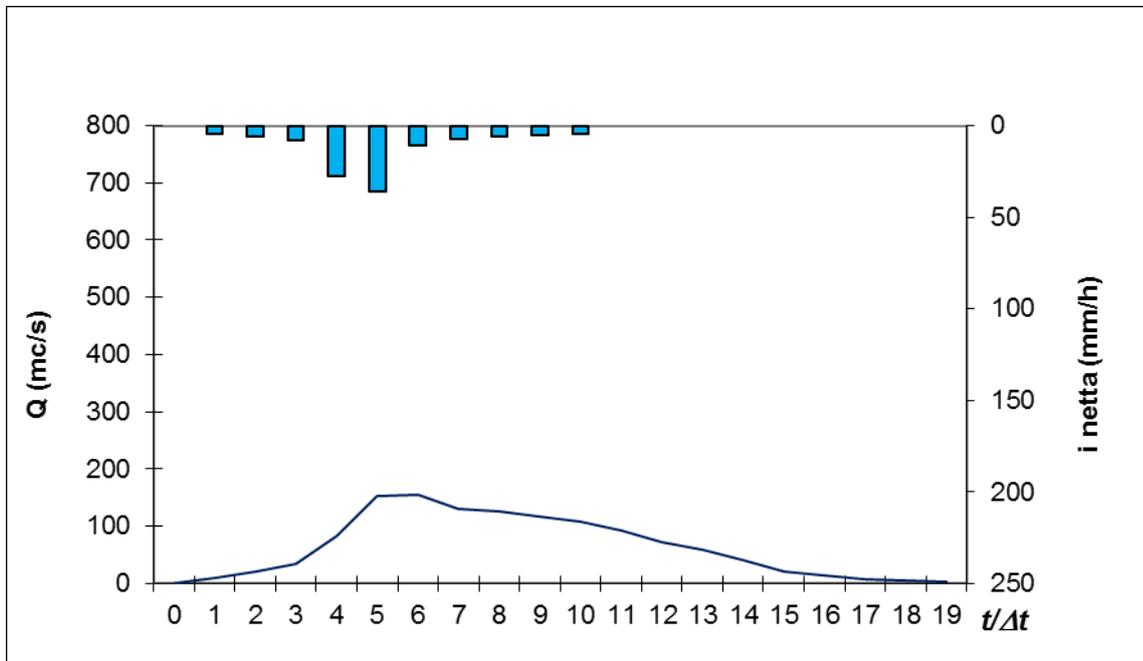
T100



T50



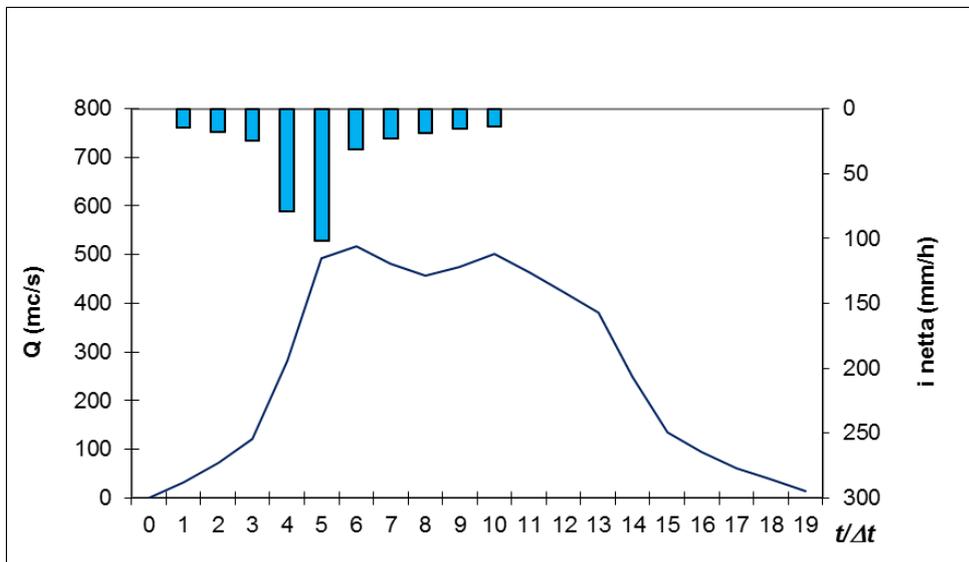
T10



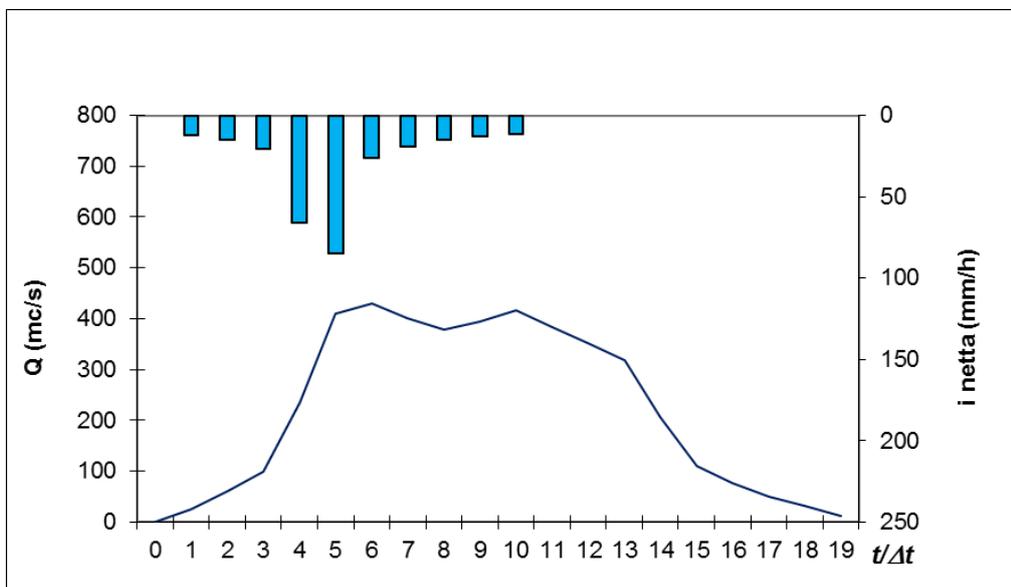
Portata al colmo per il bacino della **Fiumara Novito**

Parametri CPP					
	T 10 anni	T 50 anni	T 100 anni	T 200 anni	T 500 anni
a	58.83	87.30	101.56	114.92	133.00
n	0.39	0.39	0.38	0.39	0.39
Portata al colmo					
Corrivazione	172.22	300.60	366.50	430.22	517.53
Altezza di precipitazione					
Totale	72.40	107.42	124.70	141.45	164.24
Netta	42.82	74.73	91.00	106.98	128.92
Coeff defl	0.59	0.70	0.73	0.76	0.78

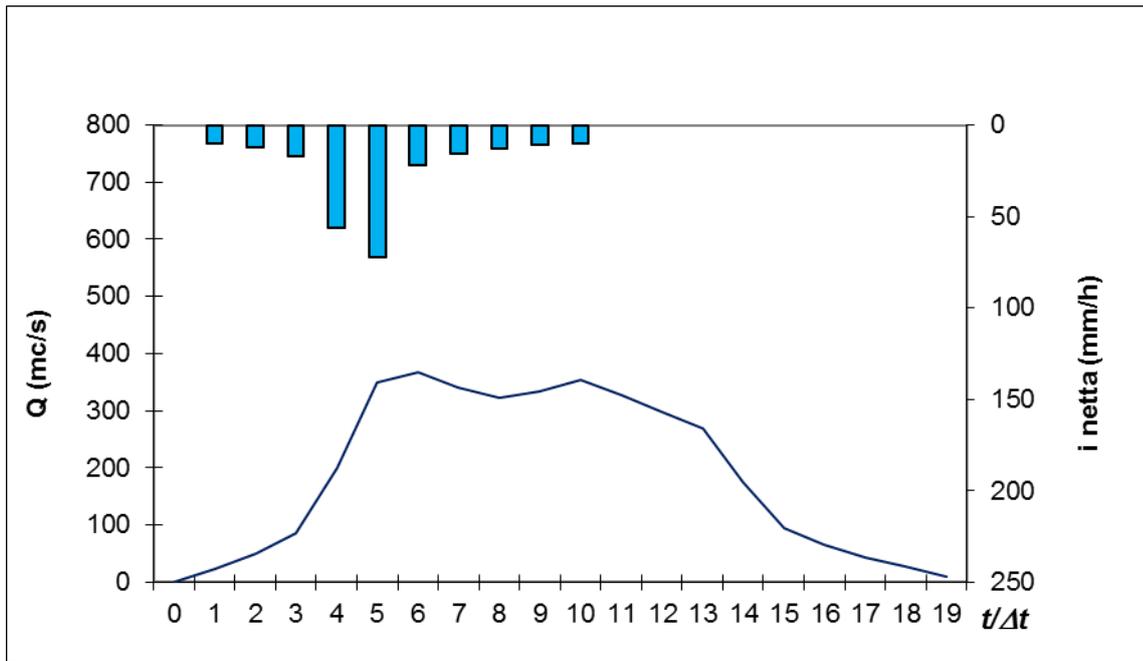
T500



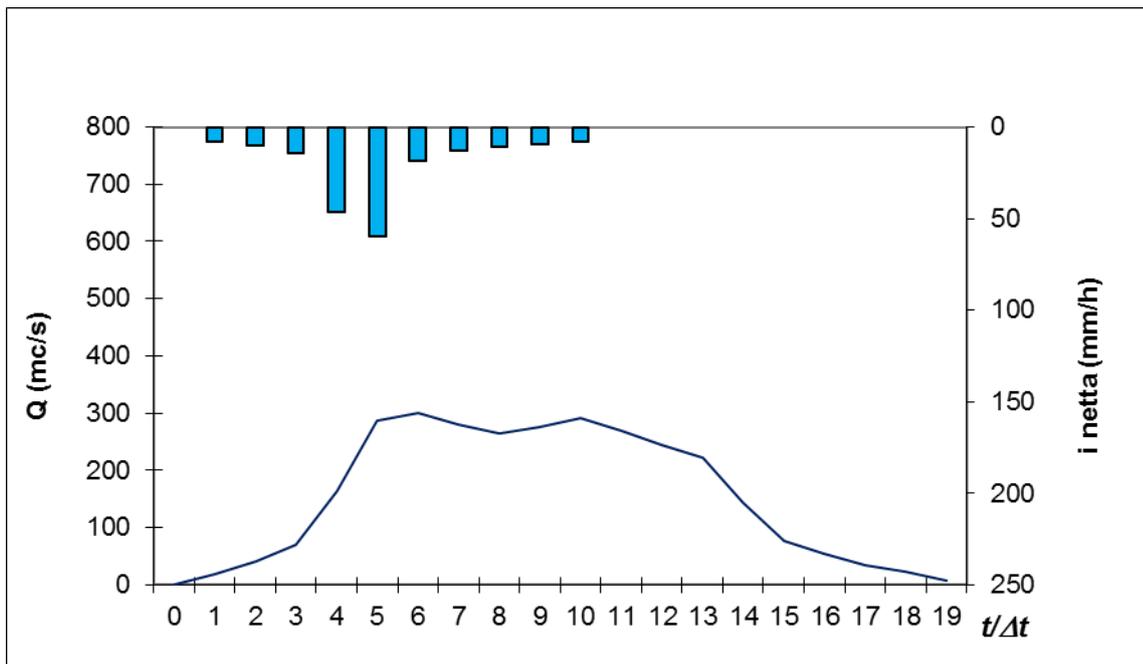
T200

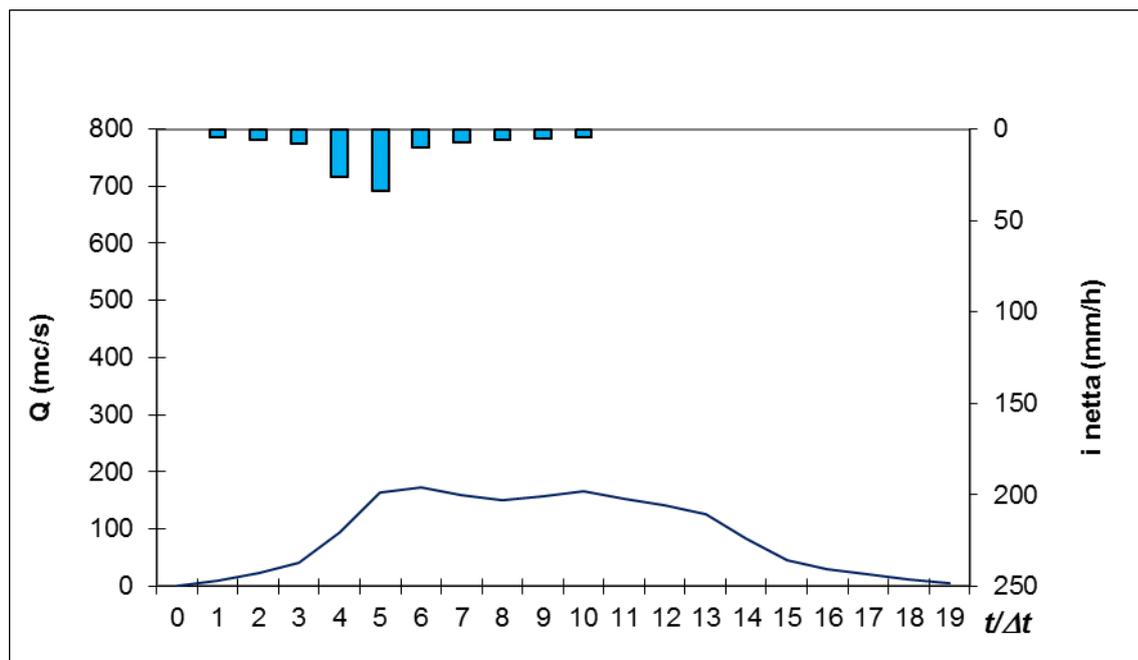


T100



T50





#### 5.4 - Elementi di geopedologia

L'agricoltura produce essenzialmente olive, frutta (prevalentemente e ortaggi, le cui coltivazioni sono distribuite con maggiore frequenza nei poderi ubicati in aree ricche di acqua intorno alle fiumare principali, dove le sole fasce incolte corrispondono alla difficoltà o impossibilità di irrigazione.

Nelle zone più impervie si rinvengono rade piante arboree residue da vegetazione spontanea certamente più diffusa in passato.

Considerando il clima, l'agricoltura potrebbe ricevere ulteriori impulsi ove si creassero sistemi di accumulo idraulico e condotte di derivazione in grado di sopperire con l'irrigazione alle carenze e alla saltuarietà degli afflussi pluviometrici. Ma il tutto andrebbe inserito in un'attenta opera di sistemazione idrogeologica e di difesa del suolo, oltre che di pianificazione degli emungimenti (in atto piuttosto caotici) in maniera che i prelievi siano messi in relazione con la capacità di ricarica e vulnerabilità degli acquiferi e con l'uso potenziale del suolo.

Nelle aree interne e lungo i versanti che digradano verso la piana costiera i terreni affioranti sono ricchi di matrice argillosa ma contengono discrete percentuali di clasti di natura granitoide.

I suoli pedologici esistenti sui terrazzi morfologici, dove la pendenza è molto modesta, sono poco aerati ed anche se sono poco esposti ai fenomeni di creep risentono, almeno nell'orizzonte più superficiale, delle variazioni di umidità naturale per cui nella lunga stagione arida danno origine a una certa fessurazione da ritiro. Lungo le valli alluvionali, invece, è sempre presente una ricca componente ghiaioso-sabbiosa con conseguente facilità di drenaggio e dispersione delle acque.

A causa della morfologia e delle situazioni idrogeomorfiche possono formarsi suoli pedologici a profilo A-C oppure B-C nelle zone più acclivi, mentre nelle aree pianeggianti sono più diffusi i suoli a profilo A-B-C, anche con orizzonti A (eluvium) e B (colluvium) di rilevante spessore.

# PARTE VI - SCHEDE TECNICHE SULLA DIFESA DEL SUOLO

## 6.1 FINALITÀ E METODOLOGIE

Per la costruzione dei *Quadri di pericolosità, Rischio idrogeologico,risorge geoambientali e criteri di salvaguardia a scala comunale*, le **Linee Guida** (Parte Prima - Punto 5.7) richiedono l'identificazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e, più in generale, la valutazione della pericolosità e dei rischi connessi ai processi geomorfici (LUR-art. 20-comma 3). Viene inoltre ribadito “ il principio che la riduzione del rischio idrogeologico dovrà essere uno degli elementi da considerare all'interno di ogni strumento di pianificazione ordinaria.”

Le modalità operative sono definite nelle **Schede Tecniche sulla Difesa del Suolo**:

- *Scheda Tecnica 1* – “Metodologie per analisi di pericolosità e rischi idrogeologici “
- *Scheda Tecnica 2* - “La componente geologica del PSC”;

Le schede rispondono alle esigenze emergenti “dal combinato disposto del comma 4 e dei commi 3c e 3d dell'art.20”, r contemperano la fondamentale prescrizione che, comunque, occorre determinare “ le condizioni di sostenibilità degli interventi e delle trasformazioni pianificabili nel senso indicato dall'art.10”. Inoltre, resta fissato “il principio che la riduzione del rischio idrogeologico dovrà essere uno degli elementi da considerare all'interno di ogni strumento di pianificazione.”

## 6.2 PERICOLOSITÀ e RISCHI GEOLOGICI

### 6.2.1. Il rischio idrogeologico.

Per ciò che attiene al **rischio idrogeologico**, le Linee Guida dettano le prescrizioni relative alle localizzazioni delle aree di espansione e delle infrastrutture in funzione di fattori escludenti o limitanti.

#### **Fattori escludenti**

Sono da considerare soggette a **fattori escludenti** le:

- *Aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti* (v. Punto 5.7.1):
  - soggette a crolli di massi; interessate da distacco e rotolamento di blocchi; dove vi siano frane attive o quiescenti, franosità superficiale attiva diffusa, erosione accelerata;trasporto di massa e flussi di detrito, carsismo, elevato livello di instabilità potenziale,oppure classificate PAI e confermate pericolose o a rischio R4-R3.
- *Aree interessate da vulnerabilità idrogeologica*:
  - Aree di salvaguardia delle captazioni idriche ad uso idropotabile (aree di tutela assoluta, di rispetto, di protezione);
  - Aree di elevata Vulnerabilità degli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000.
- *Aree di interesse scientifico-naturalistico dal punto di vista geologico, geomorfologico, paleontologico (geositi)*;

- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*, quando ricorrano una o più delle seguenti condizioni:
  - Aree ripetutamente allagate
  - Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale
  - Aree potenzialmente inondabili in base a criteri geomorfologici
  - Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito
  - Aree di attenzione, se confermate a rischio
  - Aree classificate PAI e confermate pericolose o a rischio R4,R3
- *Aree a pericolosità geologica da elevata a molto elevata,definite con studi di settore.*

### **Fattori limitanti**

Si devono considerare soggette a **fattori limitanti** le:

- Aree potenzialmente instabili a grado medio basso;
- Aree classificate PAI e considerate pericolose o a rischio R2,R1;
- *Aree interessate da vulnerabilità idrogeologica:*
  - situate in centri di pericolo;
  - con emergenze idriche diffuse;
  - a bassa soggiacenza della falda o con falde sospese.
- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico perché*
  - Classificate PAI e confermate pericolose o a rischio R2,R1;
- *Aree di interesse scientifico-naturalistico dal punto di vista geologico, geomorfologico, paleontologico (geotopi,(geositi)*
- *Aree con caratteristiche geomeccaniche e geotecniche scadenti o pessime*
- *Aree a maggiore pericolosità sismica locale*
- *Aree a pericolosità geologica media, definita con studi di settore.*

### **6.2.3. Piani estrattivi e discariche**

Nelle more della realizzazione di specifici strumenti regionali (**Piani estrattivi**) o provinciali (**Piani discariche**) resta fissato il principio che l'individuazione a livello di Piani strutturali delle aree potenzialmente interessate da attività estrattive o da attività di discarica di inerti deve avvenire nel rispetto delle misure di salvaguardia specifiche stabilite dal PAI, nonché dei vincoli paesistici, idrogeologici e di tutela ambientale che regolano le attività di trasformazione e, in ogni caso, rispettando le procedure di verifica di sostenibilità di cui all'art.10 e subordinando la prosecuzione di attività esistenti o l'avvio di nuove attività al rispetto della normativa prevista per la VIA (DPR 12.4.1996, che oggi andrebbero riguardate alla luce della legge regionale sulle cave (L.R. n.40/2010 e Regolamento di attuazione 2011; e del DPR n 152/ 2006 e s.m.i.)

### **6.2.4. Il rischio sismico**

Per quanto riguarda il **rischio sismico**, le linee guida prevedono (v. 5.7.2) che gli studi geologici e geomorfologici comprendano la identificazione della pericolosità sismica locale (art.20,comma 3d) riconoscendo le situazioni che possono generare amplificazioni o instabilizzazioni a vario livello per effetto di sollecitazioni dinamiche, distinguendo le relative incidenze limitatamente alle aree di interesse per le trasformazioni e gli interventi

urbanistici. Per le aree insediate ed infrastrutturate, resta *“fissato il principio che la riduzione del rischio sismico dovrà essere uno degli elementi da considerare all’interno di ogni strumento di pianificazione. Pertanto, per ogni strumento subordinato e attuativo, lo studio di pericolosità, eventualmente approfondito nella misura necessaria, dovrà essere accompagnato da uno studio della vulnerabilità urbana, delle infrastrutture e della mobilità, ai fini della identificazione dei rischi.”*

Anche in funzione del rischio sismico la localizzazione delle aree di espansione e delle infrastrutture va fatta in funzione dell’incidenza dei rispettivi fattori escludenti o limitanti.

### **Fattori escludenti**

Vanno considerate soggette a **fattori escludenti**:

- Le aree in cui gli effetti cosismici possono manifestarsi con rotture superficiali per rimobilizzazione di faglie, destabilizzazione dei pendii, invasioni del mare;
- Le aree ad elevato potenziale di liquefazione;
- Le aree in cui le proprietà geomeccaniche dei litotipi sono tali da generare forti contrasti orizzontali;
- Le aree che le normative escludono dall’edificazione.

### **Fattori limitanti**

Sono da ritenere soggette a **fattori limitanti**:

- Le aree dove possono verificarsi fenomeni di densificazione/liquefazione con potenziale medio-basso;
- Le aree dove le condizioni litostratigrafiche, strutturali e morfometriche possono originare effetti combinati di amplificazione sismica.

### **6.2.5. Geositi**

Infine, le Linee guida riaffermano il principio della valorizzazione dei **geositi** intesi come risorse da assumere quali “elementi ordinatori e dialettici dei processi di trasformazione territoriale locale.” (5.7.3?) .

## **6.3 La verifica di compatibilità**

Il numero delle condizioni da analizzare e la possibilità di interferenza multipla, insieme alla variabilità delle situazioni locali, richiede analisi complesse, particolarmente per la definizione di:

- Pericolosità e rischi (per frana o per fenomeni, idrologici, erosivi, sismici, ecc.);
- Vulnerabilità dei sistemi idrogeologici e impatti potenziali generati da attività antropiche;
- Caratteri dei geositi.

In tale contesto di conoscenze si inserisce la verifica della compatibilità, che deve valutare:

- La congruità degli obiettivi di piano con i vincoli esistenti;
- I rapporti tra assetto geologico ed ipotesi di trasformazione, da valutare attraverso analisi in grado di fornire adeguati quadri di pericolosità e di rischio legati a fenomeni geologici.
- L’incidenza delle azioni di piano rispetto ai rischi connessi a permeabilità, drenaggio e percolazioni nel sottosuolo, oppure relativi alla vicinanza di acque superficiali e falde sotterranee. La disponibilità di georisorse – ivi compresi i beni ambientali di natura geologica (geositi) - e l’esigenza di tutela, salvaguardia e valorizzazione.

# PARTE VII - SCHEDE TECNICHE

## 7.1 - Scheda Tecnica 1 - Metodologie per analisi di pericolosità e rischi idrogeologici

Le Linee Guida, nella Parte seconda – **Tematismi e approfondimenti**, nel **Capitolo I Difesa del Suolo – Rischi geologici e georisorse**, espongono la *Scheda Tecnica 1 - Metodologie per analisi di pericolosità e rischi idrogeologici* che, richiamandosi alle procedure già applicate per la realizzazione del PAI della Regione Calabria e per non generare problemi di difformità, articola le modalità di definizione del rischio e dei danni di inondazione, del rischio e del danno di frana, del rischio e del danno di erosione costiera e, andando oltre il PAI, del Rischio sismico, indicando anche le cartografie minime da allegare e gli elementi da considerare per il rischio. Si tratta di tematiche di grande rilevanza ma trattate in maniera piuttosto ambigua tra le richiamate competenze dei Piani e Programmi provinciali (Livello 1-scala 1:50.000 o 1:25.000 e Livello 2- Scala 1:25.000 o 1:10.000 ?) e quelle sottintese che dovrebbero agire a livelli sub-provinciali o addirittura locali (livello 3 – scala 1.5.000-1:2.000) per altro esplicitamente previsti per la pianificazione di emergenza.

## 7.2. Scheda Tecnica 2 - Problematiche connesse alla compatibilità geologica e fattibilità del PSC

Nella *Scheda Tecnica 2 - La Componente geologica per il PSC* - vengono descritte, sia pure in forma suscettibile di integrazioni ed approfondimenti, le *Problematiche connesse alla compatibilità geologica e fattibilità dei piani urbanistici* e quelle relative alla *valutazione delle risorse naturali*, e viene indicato il percorso attraverso cui pervenire a dettare le prescrizioni relative alle localizzazioni delle aree di espansione e delle infrastrutture, Si tratta di costruire, oltre alla Carta dei Vincoli prevista nella Scheda Tecnica 2, strumenti cartografici di sintesi ad integrazione di quelli di analisi, con informazioni tali da configurarsi come quadri e indicatori di compatibilità che rendano possibili giudizi differenziati e progressivamente approfondibili, sulla fattibilità e compatibilità delle diverse azioni di piano ma anche sulla loro opportunità e necessità, in coerenza con un processo di pianificazione permeato dalle procedure di **valutazione di coerenza e compatibilità** che in tale ottica diventano elementi di costruzione, valutazione, gestione e monitoraggio, imponendo, peraltro, conoscenze multidisciplinari integrate.

Gli studi e le cartografie geotematiche proposte nella Scheda tecnica richiamata dalle Linee guida, sono strutturati in maniera da pervenire ai quadri di compatibilità e agli indicatori geologici fondamentali, lasciando aperta la possibilità di approfondire quadri e indicatori, con indagini di maggiore dettaglio e talora con l'ausilio di indagini geognostiche, in

relazione alle reali esigenze di verifica delle relazioni tra particolari azioni - localizzazioni e specifiche situazioni geoambientali coinvolte.

Il processo conduce all'individuazione di indicatori di esclusione e di indicatori di limitazione graduabili in relazione alle resistenze opposte alla trasformazione, i quali diventano "indicatori di intervento" in presenza di strutture ed infrastrutture preesistenti, dato che è necessario almeno raccomandare processi ed opere per la eliminazione/mitigazione del rischio.

La gran parte di tali indicatori non è quantitativa, ma è sicuramente utile per la verifica di coerenza – compatibilità delle localizzazioni/ trasformazioni, al pari di altri indicatori, come per esempio gli indicatori di sensibilità territoriale ( boschi, luoghi della memoria, paesaggi, panorami, beni architettonici e ambientali, ecc.) o gli indicatori di pregio naturale-paesaggistico (Geositi, siti di interesse comunitario - SIC, Zone di Protezione Speciale – ZPS, aree soggette a vincoli generali (idrogeologici, archeologici, PAI ,ecc.) Parchi, riserve, aree 1497/39, aree 1089/39, ecc.).

Per le esigenze dei successivi piani attuativi, alcuni indicatori, dovranno essere resi anche in forma quantitativa.

Il rispetto della normativa e delle relative prescrizioni da una parte e le peculiarità e finalità del Piano Strutturale, impone la costruzione di una serie di carte tematiche e di relazioni specialistiche volte a definire i fattori escludenti e i fattori limitanti, mentre il rischio sismico deve costituire la sintesi di tutto il quadro conoscitivo dei rischi.

Tutti i fattori e gruppi di fattori incidenti sulla fattibilità delle azioni di piano dovranno essere rappresentati su adeguati elaborati cartografici che dapprima costituiranno specifici elementi di analisi e poi dovranno trovare composizione generale nella cartografia di sintesi.

# PARTE VIII - CARTOGRAFIA GEOTEMATICA

## 8.1 CARTE di ANALISI

La componente geologica del PSC si esprime anche attraverso l'elaborazione di una serie di carte tematiche a scala proporzionata al livello della pianificazione, alle finalità che si intendono perseguire e alle caratteristiche dell'ambiente fisico. Ogni carta è finalizzata alla rappresentazione grafica di alcuni temi, ai quali corrispondono fenomeni e gruppi di fenomeni fisici interdipendenti, dalla cui analisi e valutazione dipende un uso corretto del territorio e la cui precisa caratterizzazione dona la possibilità di ridurre i rischi che le attività antropiche possono indurre o subire.

Il quadro conoscitivo di base, essendo finalizzato alla identificazione delle pericolosità geologiche e delle georisorse che assumono rilevanza nell'ambito territoriale, deve essere composto con rigore scientifico e nel rispetto delle Linee Guida della Pianificazione Regionale. A tal fine, in base al metodo prescelto, all'indirizzo esplicitamente previsto dalla normativa e alle situazioni locali, sono state elaborate specifiche carte geotematiche di analisi.

- **Carta di inquadramento geo-strutturale**

La carta è stata redatta sulla base di:

- Carta Geologica della Calabria (1:25.000);
- Carta Strutturale del versante occidentale dell'Aspromonte (1:50.000);
- Carta Geologica d'Italia – Foglio Locri (1:100.000)

La cartografia sopra indicata è stata integrata con altre carte prodotte da Enti e centri di ricerca pubblici (ABR, INGV, SSN) e privati e soprattutto con le ricerche personali.

In tutti i casi, i rilievi diretti sul terreno hanno permesso di adeguare le informazioni delle cartografie generali alle situazioni locali.

- **Carta strutturale**

Per le finalità specifiche del PSC, la Carta strutturale è stata prodotta con la rappresentazione delle geostrutture che interessano tutta la Calabria Meridionale e alle quali sono stati riferiti fenomeni sismici particolari o altrettanto particolari assetti geomorfici e paesaggistici.

In tale carta risultano evidenti i limiti identificativi dell'unità fisiografica di riferimento, genericamente definibile come Locride, nella quale il territorio comunale interessato dal PSC occupa una parte compresa fra importanti elementi geostrutturali al contorno (Serre, Passo della Limina, Dorsale di Cittanova, Mare Jonio) ma non ne esaurisce le vaste e complesse peculiarità.

- **Carta geomorfologica**

La carta è stata elaborata per tutto il territorio del Piano, ma l'analisi dei processi morfogenetici è stata estesa anche ad alcune parti dei territori adiacenti, particolarmente per gli aspetti idrologici (bacino della F. Novito e della F. di Gerace).

Il processo di elaborazione (GIS e foto-interpretazione) con cui si producono normalmente le cartografie geomorfologiche è stato integrato dall'esame diretto dei siti.

Sulla carta geomorfologica sono state rappresentate in maniera analitica le forme di erosione e di dissesto, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfici attuali e passati, e valutandone lo stato di attività.

Per la rappresentazione grafica delle forme e dei processi morfogenetici si è fatto riferimento alla " *Carta geomorfologica ad indirizzo applicativo*" predisposta dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e

Geomorfologia. Per quanto attiene ai fenomeni franosi reali o potenziali, invece, si è fatto riferimento alla *Carta dei dissesti con elementi morfologici* del PAI, ovviamente integrata con studi e osservazioni dirette. Sulla Carta sono state adeguatamente rappresentate tutte le situazioni di interesse geomorfologico ritenute meritevoli di attenzione ai fini della previsione delle limitazioni d'uso cautelative, conservative e preventive.

- **Carta idrogeologica e del sistema idrografico**

Il *territorio significativo* previsto come termine di riferimento dalle Linee Guida è stato esteso oltre la superficie ricadente nei confini amministrativi del comune per motivazioni di natura geologica e idrologica. Infatti, l'assetto geologico è tale da generare strutture idrogeologiche e idrologiche che, anche quando si originano nei confini comunali, non si esauriscono all'interno o nelle immediate adiacenze dei confini stessi. In effetti, la presenza della Fiumara Novito e della Fiumara di Gerace che attraversano il territorio di Locri e che con il loro reticolo di affluenti si generano ben oltre il confine settentrionale del comune per spingersi a ridosso dello spartiacque appenninico non permette di ridurre l'analisi all'ambito comunale.

Mentre i dati pluviometrici sono stati riportati in un apposito capitolo della relazione, la rappresentazione dell'idrografia superficiale è stata invece considerata peculiarità molto significativa di diversi processi geomorfici per cui è stata considerata base comune – come del resto le isoipse – di tutte le carte geotematiche. I vincoli PAI (Aree a rischio idraulico con linee e punti di attenzione) sono stati rappresentati in maniera esplicita con legenda specifica nella carta geomorfologica.

Le particolarità idrogeologiche impediscono la presenza di emergenze idriche degne di attenzione, mentre interesse non secondario potrebbe avere la circolazione sotterranea che si instaura all'interno dei sedimenti alluvionali e nel subalveo dei corsi d'acqua. Eventuali approfondimenti del problema, che per essere efficaci richiedono specifiche indagini geognostiche, potranno essere effettuati in fase successiva.

- **Carta clivometrica**

Questa importante carta di analisi che, a ben vedere, si può configurare come carta di sintesi di tutti i fenomeni geologici che hanno agito sul territorio, è stata redatta con le classi proposte dalle linee guida. La pendenza topografica o acclività di un versante dipende sia dai caratteri interni – come la natura e la consistenza delle rocce, la giacitura degli strati, i fenomeni tettonici, ecc.- e sia da cause esterne, come i caratteri climatici, le attività dell'uomo, ecc. Pertanto, negli studi territoriali la sua redazione e l'analisi delle cause che hanno determinato le diverse classi clivometriche è ritenuta indispensabile e interessa varie discipline.

Infatti, in Geomorfologia come anche nello studio della stabilità dei versanti e dell'erosione potenziale, nella valutazione della propensione al dissesto dei terreni, la pendenza non è solo il risultato di certi fenomeni, ma è da considerare anche fra le cause preparatrici dei dissesti e quindi rappresenta un parametro fondamentale per l'analisi della compatibilità delle previsioni di piano.

Altrettanto importante è da considerarsi in Idrologia, poiché i deflussi superficiali dipendono dall'acclività e quindi si riflettono sulla formazione delle piene e sulla portata solida dei corsi d'acqua, in quanto il tempo di corrivazione, la capacità di ritenuta del suolo, l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo e la capacità di trasporto dei corsi d'acqua, a parità di condizioni dipendono dalla pendenza dei versanti e degli alvei.

In Pedologia la pendenza è in grado di influenzare la pedogenesi cioè la formazione del *suolo* in quanto maggiore è l'acclività e minore è la pedogenesi e soprattutto la possibilità di permanenza del suolo, poiché superato un certo valore limite (in Italia il limite è considerato del 15%) le acque ruscellanti erodono il suolo pedologico e ne impediscono la ricostruzione.

In Agricoltura, la pendenza del 35% rappresenta il valore sopra il quale le coltivazioni non sarebbero remunerative. Più in dettaglio, quando si raggiunge il 20% il terreno dovrebbe essere destinato a colture

arboree, mentre se si supera il 30%, salvo rare eccezioni, si hanno boschi e pascoli. Inoltre, nelle pratiche irrigue, sotto l'1% si ha il ristagno delle acque, fino al 5% è possibile l'irrigazione per scorrimento, e fino al 10% l'irrigazione a pioggia, mentre per pendenze superiori l'irrigazione è sconsigliata a causa dei processi di erosione che può comportare.

A parità di condizioni climatiche e a prescindere dalle azioni antropiche, a determinare le caratteristiche morfologiche e topografiche di un pendio e a governare i processi geomorfici sono in massima parte le proprietà geomeccaniche delle rocce. Sotto questo aspetto anche le acque dei deflussi superficiali – che indubbiamente vanno considerate come agenti morfogenetici primari – vengono influenzate dalle rocce, nel senso che la loro azione risulta più incisiva sui litotipi sciolti o teneri rispetto a quelli più compatti e resistenti, e il modo stesso di articolarsi della rete idrografica è, in generale, condizionato dai parametri geologico-tecnici dei terreni.

In maniera analoga possono essere considerate le pendenze dei versanti. Queste, infatti, da un lato esprimono le caratteristiche di resistenza dei terreni - più sono duri e compatti e più accentuate possono essere le pendenze - ma dall'altro le pendenze elevate, condizionando la velocità dei deflussi idrometeorici e le azioni gravitative in genere, stanno alla base dei processi morfogenetici e, in pratica, possono essere utilizzate come indicatori dell'*energia di rilievo* e della propensione al dissesto dei versanti.

Nelle analisi clivometriche applicate a un'area vasta, più che la pendenza lungo determinati profili topografici, interessa la pendenza di settori significativi dei versanti per cui i valori di pendenza vengono raggruppati in classi. La carta che così si ricava è detta "*clivometrica*" o carta delle pendenze.

In tal modo riesce facile un confronto diretto tra le aree ricadenti nelle diverse classi e i luoghi in cui si sono verificati o possono verificarsi determinati fenomeni morfogenetici o si presentano particolarità geomorfologiche o emergenze ambientali.

Ovviamente, le classi di pendenza andrebbero scelte in relazione agli obiettivi specifici dello studio a cui l'analisi clivometrica è rivolta, tenendo presente che la scelta delle classi e gli intervalli di ciascuna classe dipendono anche dalla scala di rappresentazione e dalla morfologia del territorio, e nella pianificazione territoriale non sempre è possibile indicare intervalli pre-definiti, ma piuttosto si deve parlare di limiti operativi per ciascun intervallo di pendenza.

Nel caso in esame le carte clivometriche sono state usate come base per la verifica di stabilità dei versanti, partendo dal principio che se in una regione con condizioni morfoclimatiche e con litologie analoghe, si sono verificati fenomeni di dissesto, si deve ipotizzare che i versanti ancora non interessati da quei fenomeni sono predisposti a subirli nella parte in cui le pendenze sono analoghe a quelle in cui i dissesti si sono verificati in passato.

Ma pur muovendo da tale principio, le classi clivometriche utilizzate per la specifica carta geotematica del PSC, formalmente corrispondono a quelle indicate nelle Linee Guida (Parte Seconda.Tematismi e approfondimenti (0-10%;10-20%;20-35%;35-50%;50-80%; >80%)

- **Carta delle aree a maggiore pericolosità sismica locale**

Il problema della pericolosità sismica locale nella pianificazione territoriale consiste nella individuazione delle situazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche che, possono amplificare gli effetti di un terremoto oppure produrre effetti co-sismici con incremento della pericolosità sismica di base.

Diverso è il problema della pericolosità nei confronti di un'area vasta (territorio comunale e centro abitato), che qui non viene presa in considerazione rimandando a studi particolari (microzonazione sismica) oppure alla fase di progettazione delle opere.

Gli elementi che caratterizzano l'area vasta di appartenenza, nella maggior parte dei casi sono stati rilevati e cartografati nelle Carte geostrutturali (faglie e linee di disturbo tettonico) mentre i contatti fra litotipi

presumibilmente a diversa impedenza (formazioni eterogenee dal punto di vista geomeccanico) potranno essere oggetto di altre carte tematiche particolareggiate.

In questi termini, che poi sono i termini previsti dalle Linee Guida, la Carta della pericolosità sismica (microzonazione) sarà concretamente completata soltanto nelle fasi successive della pianificazione, quando il campo di indagine si ridurrà oltre che alle aree urbanizzate alle zone di interesse urbanistico reale, adottando comunque tecniche interdisciplinari.

Allo stato attuale le stesse Linee Guida nel definire la legenda di questa Carta prevedono le seguenti situazioni tipologiche:

#### **Situazione Tipo 1**

Sono considerate in questa categoria - a causa dell'accentuazione dell'instabilità in atto o potenziale che può verificarsi in caso di sisma -:

- a - le frane attive e quiescenti e le aree franose potenzialmente franose;
- b - i pendii con fenomeni di instabilità superficiale esposti a diffusa circolazione idrica;
- c - versanti con copertura detritica esposta a scalzamento al piede;
- d - versanti con acclività elevate in rapporto al substrato roccioso, allo stato fisico delle rocce e alle condizioni di giacitura degli strati o dei piani di scistosità [pendi con acclività > 35% con coperture detritiche; pendii con acclività >50% con ammassi rocciosi intensamente fratturati e giacitura sfavorevole (franapoggio con pendenza inferiore al pendio)].

#### **Situazione Tipo 2**

Appartengono questa categoria di pericolosità - a causa dei cedimenti accentuati a cui possono andare incontro in concomitanza di stress dinamici e dell'amplificazione del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra copertura e substrato - :

- a - le aree in cui sono presenti depositi superficiali con caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti;

#### **Situazione Tipo 3**

Vengono considerate in questa categoria, perché possono dare origine ad amplificazione diffusa del moto del suolo connessa a focalizzazione delle onde sismiche con distacchi ribaltamenti di blocchi lapidei e conseguente arretramento dell'orlo di scarpata:

- a- creste rocciose;
- b - cocuzzoli;
- c - dorsali strette;
- d - Bordi e cigli di scarpate con  $h > 10\text{m}$ ;

#### **Situazione Tipo 4**

Rientrano in questa tipologia - in quanto possono andare incontro ad amplificazione diffusa del moto del suolo a causa della differente risposta sismica tra substrato e copertura detritica e a cedimenti collegati a particolari caratteristiche meccaniche dei terreni - :

- a- aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti;
- b- aree pedemontane con falde di detrito;

#### **Situazione Tipo 5**

Appartengono a questa tipologia - poiché soggette ad amplificazioni differenziali del moto del suolo e/o cedimenti differenziali dovuti alla disuniformità di resistenza e deformabilità :

- a- Le aree di brusca variazione litologica;
- b- Aree di contatto tra litotipi con caratteristiche meccaniche molto diverse;

#### **Situazione Tipo 6**

Sono inserite in questa classe di pericolosità - perché possono dar luogo a cedimenti per densificazione e a fenomeni di liquefazione -

- a- Le aree in cui sono presenti negli strati superficiali depositi sabbiosi sciolti e monogranulari in condizioni di saturazione idraulica

### Situazione Tipo 7

Ricadono in questa tipologia a causa dei possibili spostamenti dei terreni di fondazione

- a - Le fasce di terreno a cavallo di faglie attive

### Situazione Tipo 8 (da escludere a priori)

Questa tipologia comprende, a causa dell'invasione dell'onda marina,

- a - le zone costiere soggette a maremoto

Come si può osservare si tratta di situazioni che difficilmente ricorrono tutte insieme nello stesso luogo o addirittura impossibili nel territorio in esame e che afferiscono a una zonazione macrosismica che le stesse Linee Guida dichiarano "in via di definizione" e alquanto contraddittorie dove la zonazione proposta - definita Macrosismica - richiederebbe per la sua attuazione anche la definizione di caratteristiche meccaniche dei terreni che afferiscono alla microzonazione. E' invece accettabile il criterio qualitativo.

Pertanto, la pericolosità sismica della maggior parte del territorio sarà definita a livello qualitativo, identificando le situazioni realmente presenti [ Tipo 1 (a,b,c,d) Tipo 3 (a,b,c,d) Tipo 4 (a) ] ed escludendo le altre che saranno considerate insieme alla microzonazione sismica.

- **Carta geologico-tecnica**

Sulla vasta area di terrazzo che accoglie l'intero abitato di Polistena, gli "interessi di trasformazione urbanistica" sono già abbondantemente attuati; tuttavia, il timore dell'esistenza di faglie ancorché non dimostrate attive in epoca neotettonica propongono latenti condizioni di pericolosità geologica non preclusive ma con ipotetiche "limitazioni per la fattibilità della trasformazione". In questi casi le Linee Guida prescrivono "approfondimenti di indagine a scala di maggior dettaglio".

Allo stato attuale la ricerca ha permesso la caratterizzazione dei terreni e delle forme del rilievo sotto il profilo della pericolosità qualitativa.

## **8.2 CARTA di SINTESI**

### **8.2.1 Carta dei Vincoli**

Le aree sottoposte a vincolo e a limitazioni d'uso derivanti da normative in vigore a contenuto idrogeologico e sismico sono state dettagliatamente definite e proposte in maniera congiunta nella Carta dei Vincoli.

### **8.2.2 Carta di Sintesi**

Questo documento di lavoro contiene gli elementi più significativi emersi dalle fasi di analisi, necessari per indirizzare a una corretta pianificazione.

Come prevedono le Linee Guida, la carta ha avuto lo scopo di fornire in maniera sintetica e su un unico elaborato, peculiarità e limitazioni d'uso derivanti dalle pericolosità geologiche e alle quali si possono associare fattori limitativi o preclusivi per le scelte di Piano.

Le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e del sistema idrografico, la clivometria e le pericolosità sismiche locali, giocano un ruolo fondamentale sulle condizioni di equilibrio dei versanti e concorrono a determinare il quadro generale dei deflussi idraulici, delle situazioni geomorfologiche attuali e delle direttrici di sviluppo della morfogenesi, dando dimensioni spaziali definite alle cosiddette pericolosità geologiche locali.

Per evidenziare i rapporti di dipendenza geomorfica sono state elaborate opportune carte tematiche, su ognuna delle quali sono stati analizzati gruppi di fattori interdipendenti ed omogenei. Dal confronto fra i singoli elaborati e per incroci e scarti successivi, è stata elaborata la Carta di sintesi sulla quale sono state

rappresentate pericolosità e livelli di pericolo a cui sono esposte le diverse parti del territorio con i rispettivi fattori preclusivi e/o limitativi che possono condizionare la fattibilità delle azioni di piano. A tal fine, la legenda della carta è stata impostata in maniera tale da rendere facilmente distinguibile la ragione della classificazione nel rispetto della nomenclatura prevista dalle norme.

### **Classe 1. Aree gravate da fattori di limitazione lievi o nulli**

Sono state inserite in questa classe le aree caratterizzate da acclività ridotta o molto ridotta ( $p < 20\%$ ) lontane da frane e poli di dissesto, con corsi d'acqua scarsamente erosivi e sufficientemente distanti o comunque non in grado di esercitare azioni di richiamo e di alluvionamento, sottoposti a regimazione idraulica consolidata. Si tratta di aree dove i processi morfogenetici a rapida evoluzione sono molto improbabili e i processi di erosione orizzontale e verticale, nonché i ruscellamenti, risultano generalmente lievi. In queste aree la dinamica esogena si manifesta quasi esclusivamente con processi di alterazione cumulativa e pertanto sono possibili solo modificazioni di tipo iso-volumetrico che incidono in maniera marginale sulle forme del paesaggio.

Pur in queste condizioni, è opportuno che nel procedere all'urbanizzazione si tenga conto delle acque fluenti in superficie in modo da evitare, specie lungo le fasce marginali delle zone che si andranno a urbanizzare, i deflussi incontrollati, evitando altresì ogni intervento che possa limitare o impedire il deflusso delle acque meteoriche.

### **Classe 2. Aree gravate da fattori di limitazione moderati (occasionalmente consistenti)**

Sono state inserite in questa classe di fattibilità le aree a pendenza bassa ( $< 20\%$ ) ma situate in condizioni geomorfiche tali da non poter escludere qualche moderata e sporadica conseguenza indiretta ad opera di eventi che possono verificarsi nelle aree vicine ma non adiacenti (aree marginali dei terrazzi, aree pianeggianti in prossimità di versanti più acclivi, aree di fondovalle in condizioni di soggiacenza idraulica poco accentuata, ecc.).

Sono state inserite in questa classe anche zone più acclivi con pendenze fino al 35%, in presenza di formazioni geologiche con caratteristiche geomeccaniche discrete o buone e di situazioni geomorfologiche compatibili con le qualità geomeccaniche dei litotipi affioranti, purché prive di fattori di limitazione diversi da quelli clivometrici. Esse però, per varie cause - ruscellamenti e deflussi idraulici incontrollati, scavi di sbancamento, imbibizioni prolungate, ecc. - potrebbero subire, indirettamente e in maniera marginale, gli effetti di processi geomorfici, anche di origine antropica, attivi o attivabili in aree esterne e che allo stato attuale possono esercitare soltanto azioni indirette e limitate.

In pratica si tratta di aree con propensione al dissesto bassa o nulla e con fattori di limitazione moderati - quelle con fattori di limitazione occasionalmente consistenti sono state considerate in classe 3 - che possono essere rese urbanizzabili con moderati interventi di prevenzione e di mitigazione dei rischi.

### **Classe 3. Aree gravate da fattori di limitazione consistenti**

Sono state inserite in questa classe di fattibilità le parti di territorio in cui sono state osservate tracce di dissesto embrionale e/o aspetti geomorfologici, situazioni idrologiche e assetti geologici da cui derivano fattori di limitazione consistenti, capaci di incrementare le pericolosità.

Si tratta di versanti in cui si riscontrano pendenze comprese tra il 35% e il 50%, densità di drenaggio molto alte, corsi d'acqua privi di opere di sistemazione o in fase di erosione verticale e orizzontale accelerata, ma con fenomeni franosi di estensione limitata e con incidenza delle acque meteoriche saltuaria e generalmente ancora controllabile. In queste condizioni, la conservazione dell'equilibrio geomorfologico - pur reso precario dalle condizioni di giacitura e dall'assetto geo-strutturale dei litotipi affioranti - dipende dalle proprietà di resistenza geo-meccanica e dall'assenza di fattori e cause attive di dissesto, e siccome i litotipi affioranti o sub-affioranti possiedono proprietà geologico-tecniche non sufficienti per assicurare

condizioni di stabilità durevoli, mentre le condizioni per l'attivazione delle pericolosità geologiche, idrogeologiche e sismiche sono molteplici, si è creduto opportuno considerare le parti del territorio inserite in questa classe come difficilmente urbanizzabili.

Tale classificazione non esclude che, facendo ricorso a un insieme ben coordinato di opere di sistemazione, porzioni più o meno limitate delle aree inserite in questa classe possano essere risanate o che possa essere migliorato l'attuale stato di precarietà geomorfologica, efficacemente contrastando l'azione delle cause di dissesto, però si tratterà di aree per le quali saranno necessarie indagini molto dettagliate e oneri tecnico-economici considerevoli, mentre resterà sempre piuttosto aleatorio il grado di affidabilità complessiva che potrà essere garantito nel tempo.

#### **Classe 4. Aree gravate da fattori fortemente limitativi fino a preclusivi**

Appartengono a questa classe le aree in cui i processi della dinamica esogena e in specie quelli di natura erosiva e gravitativa, hanno raggiunto un livello tanto avanzato da generare fenomeni franosi e di dissesto vari per tipologia, forma e dimensioni, mantenuti più o meno attivi dall'elevata energia di rilievo, dalle caratteristiche climatiche della zona e dalle correnti idrauliche. Inoltre, in tutto il territorio di Polistena i terreni sono incoerenti o poco coerenti per cui sulle aree più acclivi la forza di gravità e i fenomeni idrogeologici esaltano profondamente e sistematicamente le pericolosità geologiche e le azioni sismiche diventano praticamente incontrollabili, per cui l'urbanizzazione è fortemente ed oggettivamente limitata o addirittura preclusa. Altrettanto preclusa è l'urbanizzazione del talweg di corsi d'acqua e compluvi e delle aree golenali dei corsi d'acqua principali per ineludibili motivi di officiosità idraulica. Del resto, le peculiarità funzionali, ambientali e paesaggistiche di questi morfotipi sono di per sé sufficienti per determinarne la inedificabilità. Se a tali elementi oggettivi, si aggiunge il pericolo concreto e più o meno periodicamente ricorrente, di invasione delle acque e, più in generale, il "rischio idrogeologico", si deduce l'imprescindibile necessità di impedirvi ogni costruzione stabile e qualsiasi attività antropica inquinante.

In relazione a tali peculiarità le parti che rientrano in questa classe sono da ritenere esposte a fenomeni morfogenetici a rapida evoluzione che si manifestano con episodi ancora saltuari ma ripetuti nel tempo. In queste condizioni è ovvio che le pericolosità geologiche non consentono alcuna possibilità di edilizia abitativa, mentre le peculiarità ambientali ne sconsigliano qualsiasi uso diverso da quello conservativo ed ecologico.

#### **• Carta delle pericolosità geologiche. Fattibilità delle azioni di Piano**

Questa carta costituirà la parte conclusiva dello studio geologico. Direttamente derivata dalla Carta di Sintesi - sulla quale le pericolosità sono state determinate in maniera ancora avulsa dalle azioni derivanti dalle scelte di Piano - essa sarà realizzata verificando la fattibilità delle azioni di Piano alla luce delle conseguenze che tali azioni possono indurre sul territorio. In pratica, questa Carta costituirà il quadro sinottico delle limitazioni imposte dalle pericolosità geologiche alla fattibilità delle azioni di Piano.

Il processo diagnostico sarà inizialmente rivolto alla valutazione della tipologia e del livello di pericolosità del territorio e delle associate incidenze negative, graduando le limitazioni sulla fattibilità delle azioni di Piano su una scala qualitativa che, partendo dalle classificazioni previste sulla Carta di Sintesi, terrà conto anche di elementi e fattori non cartografati (ambientali, territoriali e antropici) in modo da pervenire alla suddivisione del territorio in classi di fattibilità geologica. Questo elaborato dimostrerà la fattibilità geologica attraverso la valutazione critica delle pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico ambientale, fornendo altresì indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele da adottare per gli interventi, sugli studi di approfondimento eventualmente necessari, sugli interventi rivolti alla riduzione dei rischi e sulle necessità di controllo dei fenomeni in atto. In sostanza, come prescrivono le Linee Guida, essa sarà ricavata dalla Carta di Sintesi attribuendo a ciascuna area "un valore di classe di fattibilità" associando "ai livelli di pericolosità

*incidenze negative che hanno un peso sicuramente valutabile quando sono nulle o preclusive, ma che lasciano vari gradi di incertezza quando sono limitativi, imponendo limitazioni risolvibili con accorgimenti tecnici di maggiore o minore peso economico”.*

Le quattro classi di fattibilità previste sono:

**Classe 1 . Fattibilità senza particolari limitazioni**

**Classe 2 . Fattibilità con modeste limitazioni**

**Classe 3 . Fattibilità con consistenti limitazioni**

**Classe 4 . Fattibilità con gravi limitazioni**

Reggio Calabria, 14 aprile 2014

i geologi

60

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### 8.1 Pubblicazioni

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., SCANDONE P., ZANETTI-LORENZONI E., ZUPPETTA A.; 1976: *L'Arco Calabro-Peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.

AMBRASEYS N.N., SIMPSON K.A. & BOMMER J.J. (1996) - *Prediction of horizontal response spectra in Europe*. Earthq. Eng. Struc. Dyn., 25:371-400.

AMBRASEYS N.N., SMIT P., SIGBJORNSSON R., SUHALDOC P. & MARGARIS B. (2002) - *Internet-Site for European Strong-Motion Data*. European Commission, Research Directorate General, Environment and Climate Programme.

AMATO A.B., ALESSANDRINI B., CIMINI G.B., FREPOLI A. & SELVAGGI G. (1993) - *Active and remnant subducted slabs beneath Italy: Evidence from seismic tomography and seismicity*. Ann. Geofis., 36, 201-214.

ANTONIOLI F., SYLOS LABINI S. & FERRANTI L. (2002) - *Il Ponte sullo Stretto di Messina, problematiche geologiche*. Energia Ambiente e Innovazione, 1-2002, pp. 63-67.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) – *Piano di stralcio per l'assetto idrogeologico Regione Calabria – Relazione generale*. [www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home](http://www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home)

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) – *Piano di stralcio per l'assetto idrogeologico Regione Calabria – Specifiche tecniche*. [www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home](http://www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home)

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) – *Piano di stralcio per l'assetto idrogeologico Regione Calabria – Norme di attuazione*. [www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home](http://www.autoritadibacinocalabria.it/PAI/ReggioCalabria/Home)

BARBANO M.S., CARROZZO M.T., CARVENI P., COSENTINO M., FONTE G., GHISSETTI F., LANZAFAME G., LOMBARDO G., PATANE' G., RIUSCETTI G., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1978) - *Elementi per una carta sismotettonica della Sicilia e della Calabria Meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 19:681-688.

BARTON N. (2002) – *Some new Q-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design*. Int. J. of Rock Mech. & Min. Sciences, 39.

BARTON N., LIEN R. & LUNDE J. (1974) - *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mech. 1974; 6(4):189-236.

BOMMER J.J., DOUGLAS J. & STRASSER F. (2003) - *Style-of-faulting in ground Motion prediction equations*. Bull. Earthq. Eng., 1:171-203.

BOMMER J.J., SCHERBAUM F., BUNGUM H., COTTON F., SABETTA F. & ABRAHAMSON N.A. (2005) - *On the Use of Logic Trees for Ground-Motion Prediction Equations in Seismic-Hazard Analysis*. Bull. Seism. Soc. Am., 95(2):377-389.

BONARDI G., CAVAZZA W., PERRONE V., ROSSI S.; 2001: *Calabria-Peloritani terrane and northern Ionian Sea*. In: G.B. Vai & I.P. Martini (eds.) *Anatomy of a Mountain: the Apennines and adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publisher, London, 287 - 306.

BONARDI G., GUERRIERI S., MESSINA A., PERRONE V., RUSSO M & ZUPPETTA A. (1979) – *Osservazioni geologiche e petrografiche sull'Aspromonte*. Boll. Soc. Geol. It., 98, 55-73.

BONAVINA M., BOZZANO F., MARTINO S., PELLEGRINO A., PRESTININZI A & SCANDURRA R. (2005) – *Le colate di fango e detrito lungo il versante costiero tra Bagnara Calabria e Scilla (Reggio Calabria): valutazioni di suscettibilità*. Giornale di Geologia Applicata, 2, 65-74, doi: 10.1474/GGA.2005-02.0-09.0035.

BOZZANO, F., CHIOCCI F.L., MAZZANTI P., BOSMAN A., CASALBORE D., MARTINO S., PRESTININZI A. & SCARASCIA-MUGNOZZA G. (2006) - *Subaerial and submarine characterisation of the landslide responsible of the 1783 Scilla tsunami (Southern Tyrrhenian Sea)*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 10422, 2006, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-10422.

CAVAZZA W., BLENKINSOP J., DECELLES P., PATTERSON R.T., REINHARDT E.; 1997: *Stratigrafia e sedimentologia della sequenza sedimentaria oligocenico-quadernaria del bacino calabro-ionico*. Boll. Soc. Geol. Ital., 116, 51-77.

COPPERSMITH J.J & YOUNGS R.R. (2000) - *Data needs for fault displacement hazard analysis*. Journal of Geodynamics, 29:329-343

CORNELL C.A. (1968) - *Engineering Seismic Risk Analysis*. Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1583-1606.

D'AGOSTINO N. & SELVAGGI G. (2004) - *Crustal motion along the Eurasia-Nubia plate boundary in the Calabrian Arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements*. Journal of Geophysical Research. Vol. 109, B11402, doi:10.1029/2004JB002998.

DOGLIONI C. (1991) - *A proposal for the kinematic modelling of W-dipping subductions – possible application to the Tyrrhenian-Apennines system*. Terra Nova, 3, 423-434.

EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE (EERI) (1989) - *The Basics of Seismic Risk Analysis*. Earthquake Spectra, 5:675–699.

FACCENNA C., BECKER T.W., LUCENTE F.P. & ROSSETTI F. (2001) - *History of Subduction and Back-arc Extension in the Central Mediterranean*. Geophysical Journal International, 145, pp. 1-21.

FERRANTI L., MONACO C., ANTONIOLI F., MASCHIO L. & KERSHAW S. (2006) – *Quantificazione dei contributi regionali e co-sismici (faglia di Scilla) al sollevamento costiero tardo-olocenico dello Stretto di Messina: implicazioni sismotettoniche e confronto con i sollevamenti di lungo termine*. Rend. Soc. Geol. It., Nuova serie, 2., 144-145.

FIELD E.H., JORDAN T.H. & CORNELL C.A. (2003) - *OpenSHA: a developing community-modelling environment for seismic hazard analysis*. Seism. Res. Lett., 74, 406-419.

FINETTI I. & MORELLI C. (1973) - *Geophysical exploration of the Mediterranean Sea*. Boll. Geofis. Teor. Appl., XV (60), 261 –341, 14 maps, Trieste, Udine.

FREPOLI A. & AMATO A. (2000) - *Spatial variation in stresses in peninsular Italy and Sicily from background seismicity*. Tectonophysics, 317, 109-124.

GALADINI F., MELETTI C. & VITTORI E. (2000) - *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*. In: F. Galadini, C. Meletti and A. Rebez (eds.), *Le Ricerche del GNDT Nel Campo della Pericolosità Sismica (1996–1999)*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 2000, pp. 107–136.

GALLI P. (2000) - *New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction*. *Tectonophysics*, 324:169-187.

GALLI P. & BOSI V. (2002) – *Paleoseismology along the Cittanova fault. Implications for seismotectonics and earthquake recurrence in Calabria (southern Italy)*. *J. Geophys. Res.*, 107, DOI: 10.1029/2001JB000234.

GALLI P. & BOSI V. (2003) – *Catastrophic 1638 earthquakes in Calabria (southern Italy). New insight from paleoseismological investigation*. *J. Geophys. Res.*, 108, B1. doi: 10.1029/2002JB01713.

G.C.O. (1984) – *Geotechnical manual for slopes*. Geotechnical Control Office, Engineering Development Department, Hong Kong, 301 pp.

G.C.O. (1984) – *Guide to rock and soil descriptions*. Geotechnical Control Office, Civil Engineering Services Department, Hong Kong, 191 pp.

GHISETTI F. & VEZZANI L. (1979) - *The geodynamic evolution of the crustal structures of Calabria and Sicily*. I.G.U. Commission on Geomorphological Survey and Mapping, 15th Plen. Meeting, Proceedings, 335-347.

GHISETTI F. & VEZZANI L. (1982) - *The recent deformation mechanisms of the Calabrian Arc*. *Earth Evol. FT. Sci.*, 3, 197–206.

GHISETTI F. (1979) – *Evoluzione neotettonica dei principali sistemi di faglie della Calabria Centrale*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 98, 387-430.

GHISETTI F. (1981) - *L'evoluzione strutturale del bacino Plio-Pleistocenico di Reggio Calabria nel quadro geodinamico dell'arco Calabro*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 100, 433-466.

GHISETTI F. (1981) - *Upper Pliocene-Pleistocene uplift rates as indicators of neotectonic pattern: an example from southern Calabria (Italy)*. *Z. Geomorph. NF Suppl.*, 40, 93–118.

GRAESSNER T. (1999) – *Thermal evolution of the continental crust of Calabria during the Hercynian orogeny: constraints from metamorphic phase equilibria and isotopic dating*. Dissertation thesis. Christian-Albrechts-Universität. Kiel.

GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Versione 2004 (CPTI04)*. INGV, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.

GRUPPO DI LAVORO MPS (2004) - *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia 65pp + 5 appendici.

GRUPPO DI LAVORO CPTI (1999) - *Catalogo parametrico dei terremoti italiani*. ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 92 pp.

GUARNERI P. (2006) – *Plio-Quaternary segmentation of the south Tyrrhenian forearc basin*. *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)*, 95, 107-118, DOI: 10.1007/s00531-005-0005-2.

GUEGEN F., DOGLIONI C. & FERNANDEZ M. (1998) - *On the post-25 Ma geodynamic evolution of the western Mediterranean*. *Tectonophysics*, Vol.298, pp. 259-269.

GUIDI G.A. (1979) - *Computer Programs for Seismic Hazard Analysis – A user Manual (Stanford Seismic Hazard Analysis STASHA)*. The J. Blume Earthquake Center, Report n.36. (disponibile all'indirizzo: <http://blume.stanford.edu>).

GUZZETTA F. (1974) – *Ancient tropical weathering in Calabria*. *Nature*, 251, 5473, 302-303.

HASHASH Y.M.A., HOOK J.J., SCHMIDT B. & I-CHIANG YAO J. (2001) - *Seismic design and analysis of underground structures*. *Tunneling and Underground Space Technology*, 16, 247-293.

HOEK E. (1994) - *Strength of rock and rock masses*. *ISRM News Journal*, 2(2), 4-16.

- HOEK E. & MARINOS P. (2000) – *Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rock masses*. Tunnels and Tunnelling International. Part.1 – November 2000, Part.2 – December 2000, pp.21.
- HOLLENSTEIN C.H., KAHLE H.G., GEIGER A., JENNY S., GOES S. & GIARDINI D. (2003) - *New GPS constraints on the Africa-Eurasia plate boundary zone in southern Italy*. Geophysical Research Letters, 30(18), 1935, doi:10.1029/2003GL017554.
- IDRISS, I.M. & BOULANGER, R. W. (2006). *Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes*. Soil. Dyn. Earthq. Eng, 26:115\_130.
- IETTO A. (1969) – *I problemi geologico-tecnici delle gallerie nel cristallino-metamorfico della Calabria*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 78, 309-354.
- IRFAN T.W. & DEARMAN W.R. (1978) – *Engineering classification and index properties of a weathered granite*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 17.
- JACQUES E., MONACO C., TAPPONIER P., TORTORICI T. & WINTER T. (2001) – *Faulting and earthquake triggering during the 1783 Calabria seismic sequence*. Geophys. J. Int., 147, 499– 516.
- KRAMER S.L. (1996) - *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall, 653pp.
- KRAMER, S. L. & PAULSEN, S. B. (2004). *Practical Use of Geotechnical Site Response Models*. In “Proceedings of the International Workshop on Uncertainties in Nonlinear Soil Properties and their Impact on Modeling Dynamic Soil Response” (<http://peer.berkeley.edu/lifelines/Workshop304/index.html>).
- LAVECCHIA G. & CREATI N. (2005) – *A mantle plume head trapped in the transition zone beneath the Mediterranean: a preliminary idea*. Annals of Geophysics, supplement to vol 48 N4/5.
- LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1996) - *The tectonic significance of Italian magmatism: an alternative view to the popular interpretation*. Terra Nova, 8: 435-446.
- LAVECCHIA G., FEDERICO C., STOPPA F. & KARNER G.D. (1995) - *La distensione tosco-tirrenica come possibile motore della compressione appenninica*. Studi Geologici Camerti, vol. speciale 1995/1:489-497.
- LENTINI F. (2000) – *Carta Geologica della Provincia di Messina, scala 1:50.000 e Nota illustrativa*. a cura di Lentini F., Carbone S. & Catalano S.. SELCA, Firenze.
- LEGGE URBANISTICA DELLA CALABRIA . Norme per la tutela, governo e uso del territorio (Legge Regionale 16.aprile 2002 N°19 e s.m.i.)
- LINEE GUIDADELLA PIANIFICAZIONE REGIONALE E SCHEMA BASE DELLA CARTA RFEGIONALE DEI LUOGHI (Del.Cons.Reg. 10 novembre 2006 N°106 e succ.mod. e integrazioni)
- MANDAGLIO G. (1996) - *Studio geologico-tecnico per il consolidamento del Castello di Scilla*. Quaderni del Dipartimento PAU n. 11-12. Reggio Calabria
- MANDAGLIO G. (2002) – *Geologia e paesaggio: la dinamica dei litorali*– Iiriti Editore, Reggio Calabria
- MANDAGLIO G. (2003) – *Caratteristiche geologiche dell’Area grecanica* – (in Codice di pratica – Quaderni del Dipartimento P.A.U. n° 23 - n°24), Reggio Calabria
- MANDAGLIO G. (2004) – *Ambiente, progettazione ambientale e processi di valutazione*. Ed. Colombo, Roma
- MANDAGLIO G. – MANDAGLIO M. C.– *Presenza storica, fenomeni geomorfologici ed evoluzione dei litorali (in Ambiente Costiero e Misure di Salvaguardia – Atti del Percorso formativo “GECOS” – a cura di), REGGIO CALABRIA 2005*
- MANDAGLIO G. – MANDAGLIO M. C. (2005) – *Ambiente Costiero e Misure di Salvaguardia – Atti del Percorso formativo “GECOS”*, Falzea ed. Reggio Calabria

MANDAGLIO G. – MANDAGLIO M. C. (2006). – *Aspetti statici, processi dinamici e rischi nello studio degli impatti sul suolo e nel sottosuolo* in Problemi e tecniche negli studi d’impatto ambientale delle Grandi Opere. Ed. Colombo, ROMA

MANDAGLIO G. (2007) – *Atlante delle opere di sistemazione costiera*. APAT, Roma

MANDAGLIO G.e M.C. (2009) – *Il terremoto del 1908 nella sismicità dell’Italia meridionale* in La grande ricostruzione dopo il terremoto del 1908 nell’area dello Stretto. Clear, Roma

MANDAGLIO G. e MANDAGLIO M. *Il terremoto calabro-messinese cent’anni dopo*. Roto S. Giorgio,2009, Reggio Calabria

MARCELLINI A., DAMINELLI R., FRANCESCHINA G. & PAGANI M. (2001) - *Regional and local seismic hazard assessment*. Soil Dyn. Earthq. Eng., 21(5):415-429.

MARINOS P. & HOEK E (2000) - *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. In: Proceedings of the GeoEng2000 at the international conference on geotechnical and geological engineering, Melbourne, Technomic publishers, Lancaster, pp 1422–1446.

MELETTI C., PATACCA E. & SCANDONE P. (2000) - *Construction of a seismotectonic model: the case of Italy*. Pure and Appl. Geophys., 157, 11-35.

MIYAUCHI T., DAI PRA G. & SYLOS LABINI S. (1994) - *Geochronology of Pleistocene marine terraces and regional tectonics in the Tyrrhenian coast of South Calabria, Italy*. Il Quaternario, 7 (1), 17-34.

MONACO C., TAPPONIER P., TORTORICI L. & GILLOT P.Y. (1997) - *Late Quaternary slip rates on the Acireale Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily)*. Earth planet. Sci. Lett., 147, 125–139.

MONTALDO V., FACCIOLI E., ZONNO G., AKINCI A. & MALAGNINI L. (2005) - *Treatment of ground-motion predictive relationships for the reference seismic hazard map of Italy*. J. Seismology, 9:295-316.

MONTONE P., MARIUCCI M.T., PONDRELLI S. & AMATO A. (2004) - *An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean)*. Journal of Geophysical Research, 109, B10410, doi:10.1029/2003JB002703.

NERI G., BARBERI G., OLIVA G. & ORECCHIO B. (2004) - *Tectonic stress and seismogenic faulting in the area of the 1908 Messina earthquake, south Italy*. Geophys. Res. Lett., 31, L10602, doi:10.1029/2004GL019742, 2004.

NERI G., BARBERI G., OLIVA G. & ORECCHIO B. (2005) - *Spatial variations of seismogenic stress orientations in Sicily, south Italy*. Phys. Earth Plan. Int., 148, 175-191.

OPCM 3274 del 20 marzo 2003. *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. Gazzetta Ufficiale del 8 maggio 2003 n. 127 Suppl. Ordinario n.72.

OPCM 3519 del 28 aprile 2006. *Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*. Gazzetta Ufficiale del 11 Maggio 2006, n.108 Serie Generale.

ORTOLANO G., CIRRINCIONE R. & PEZZINO A. (2005) – *P-T evolution of Alpine metamorphism in the southern Aspromonte Massif (calabria – Italy)*. Schweizerische Min. Und Petr. Mitteilungen, vol. 85/1, 31-56.

REITER L. (1990) - *Earthquake Hazard Analysis, Issues and Insights*. Columbia University Press, 254pp.

PALMSTROM A. (1982) - *The Volumetric Joint Count. A Useful and Simple Measure of the Degree of Rock Mass Jointing*. Proc. Fourth Cong. Int. Assoc. of Engineering Geology,. New Delhi, India, Vol V, Theme 2.

PEZZINO A. & PUGLISI G. (1980) – *Indagine geologico-petrografica sul cristallino dell’Aspromonte centro-settentrionale (Calabria)*. Boll. Soc. Geol. It., 99, 255-268.

PEZZINO A., PANNUCCI S., PUGLISI G., ATZORI P., IOPPOLO S. & LO GIUDICE A. (1990) – *Geometry and metamorphic environment of the contact between the Aspromonte-Peloritani Unit (Upper Unit) and Madonna dei Polsi unit (Lower Unit) i the central Aspromonte area (Calabria)*. Boll. Soc. Geol. It., 109, 455-469.

PIROMALLO C. & MORELLI A. (2003) - *P-wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area*. J. Geophys. Res., 108, 2065, doi: 10.1029/2002JB001757.

QUADRO TERRITORIALE REGIONALE PAESAGGISTICO DELLA REGIONE CALABRIA (Del. Consiglio Regionale N° 300 del 22 aprile 2013).

SABETTA F. & PUGLIESE A. (1996) - *Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions*. Bull. Seism. Soc. Am., 86(2):337-352.

SCANDONE P., PATACCA E., MELETTI C., BELLATALLA M., PERILLI N. & SANTINI U. (1992) - *Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana*. In Atti del Convegno Annuale del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 1:119-135.

SCHNABEL, P.B, LYSMER, J. & SEED, H.B. (1972). *Shake: a computer program for earthquake response analysis of horizontal layered sites*. University of California, Berkeley, EERC Report 71-12, December 1972.

SCHWARTZ D.P. & COPPERSMITH K.J. (1984) - *Fault behaviour and characteristic earthquake: examples from the Wasatch and San Andreas fault zones*. J. Geophys. Res., 89, 5681-5698.

SEED H. B. & I. M. Idriss (1971). *Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential*. J. Soil. Mech. Found. ASCE, 97(SM9): 1249-1273.

SEED, H.B., R.T. WONG, I.M. IDRIS & K. TOKIMATSU (1984). *Moduli and damping factors for dynamic analysis of cohesionless soils*. Report no. UCB/EERC-84/14, September 1984, Earthquake Engineering Research Center.

SEED, H.B., R.T. WONG, I.M. IDRIS & K. TOKIMATSU (1986). *Moduli and damping factors for dynamic analysis of cohesionless soils*. J. Soil Mech. Foundations Division, ASCE, SM11(112): 1016-1032.

THENHAUS P.C. & CAMPBELL K.W. (2003) - *Seismic Hazard Analysis*. In: Earthquake Engineering Handbook, Capitolo CRC Press LCL.

TORTORICI L. (1982) – *Lineamenti geologico-strutturali dell'arco calabro-peloritano*. Rend. 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.

YOU D, T. L., I. M. IDRIS, R. D. ANDRUS, I. ARANGO, G. CASTRO, J. T. CHRISTIAN, R. DOBRY, W.D. LIAM FINN, L. F. Harder Jr., M. H. HEYNES, K. ISHIARA, J. P. KOESTER, S. S. C. LIAO, W. F. MARCUSON III, G. R. MARTIN, J. K. MITCHELL, Y. MORIWAKI, M. S. POWER, P. K. ROBERTSON, R. B. SEED, K. H. STOKOE II (2001). *Liquefaction resistance of Soils: Summary report from the 1996 and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of liquefaction resistance of soils*. Jour. Geotech. Geoenv. Eng., October 2001: 817-933.

YOUNGS R.R., ARABASZ W.J., ANDERSON R.E., RMELLI A., AKE J.P., SLEMMONS D.B., McCALPIN J.P., DOSER D.I., FRIDRICH C.J., SWAN III F.H., ROGERS A.M., YOUNT J.C., ANDERSON L.W., SMITH K.D., BRUHN L., KNUEPFER P.L.K., SMITH R.B., DEPOLO C.M., O'LEARY D.W., COPPERSMITH K.J., MEZZOPANE S.K., SCWARTZ D.P., WHITNEY J.W., OLIG S.S. & TORO G.R. (2003) - *A methodology for Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis (PFDHA)*. Earthquake Spectra, 19(1): 191-219.

WELLS D.L. & COPPERSMITH K.J. (1994) - *New empirical relations among manitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement*. Bull. Seism. Soc. Am., 84, 974-1002.

WELTJE G.; 1992: Oligocene to early Miocene sedimentation and tectonics in the southern part of the Calabrian-Peloritan Arc (Aspromonte, southern Italy): a record of mixed-mode piggy-back basin evolution. Basin Res., 4, 37-68.

WESTAWAY R. (1993) - *Quaternary Uplift of Southern Italy*. Journal of Geophysical Research 98 (B12): 21741-21772.

## 8.2 Cartografia

ATZORI P., GHISSETTI F., PEZZINO A. & VEZZANI L. (1983) - *Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte, in scala 1:100.000*. S.EL.CA, Firenze.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. 5.3-T17 "Carta inventario delle frane relative alle infrastrutture (strade, ferrovie e reti di servizio) ed ai beni culturali ed ambientali" in scala 1:25.000*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. RI 80043 "Perimetrazione aree a rischio idraulico" in scala 1:25.000*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. 080-043 "Carta inventario dei centri abitati instabili" in scala 1:10.000, Elaborato 15.1*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. 080-085/1 "Carta inventario dei centri abitati instabili" in scala 1:10.000, Elaborato 15.1*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. 080-043/1 e 080-043/2 "Carta inventario delle frane e delle relative aree di rischio" in scala 1:10.000, Elaborato 15.2*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *"Carta inventario delle frane e delle relative aree di rischio"*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav. 080-085/0 "Perimetrazione delle aree a rischio di erosione costiera" in scala 1:10.000, Elaborato 12.2*.

AUTORITA' DI BACINO DELLA REGIONE CALABRIA (2001) - *Tav.12.1.7 "Carta dell'evoluzione delle linee di riva" - Fogli 590- Taurianova, 603-Bovalino, 616 - Capo Spartivento*.

SORRISO VALVO M. (1988) - *Carta delle grandi frane e delle deformazioni gravitative profonde di versante della Calabria*. SELCA, Firenze

MARCHETTI M.P., HUGHES D.O. (1968) - *Carta geologica della Calabria in scala 1:25.000 - Foglio 255 I-NO "Siderno", F 255 I-SO "Locri", F 255-IV-NE "Antonimina, F 255-IV-SE "Ardore" . Cassa per il Mezzogiorno - Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (NA)*

PEZZINO A. & PUGLISI G. (1980) - *Carta geologica dell'Aspromonte settentrionale*. In Boll. Soc. Geol. It., 99.