

**CRESCENZO VIOLANTE**  
Istituto per L'ambiente Marino Costiero  
Consiglio Nazionale Delle Ricerche



# VINCOLI GEOLOGICI PER LA GESTIONE DEL PAESAGGIO CULTURALE

PIANO DI GESTIONE DEL SITO UNESCO "COSTIERA  
AMALFITANA

*C. Violante*

*VINCOLI GEOLOGICI PER LA GESTIONE DEL PAESAGGIO CULTURALE*

*PIANO DI GESTIONE DEL SITO UNESCO "COSTIERA AMALFITANA*

*CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli; 2016*

*crescenzo.violante@cnr.it*

## **Cover**

*Scorcio di falesia costiera nei pressi dell'abitato di Amalfi*

© CNR – Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli

Calata Porta di Massa – Interno Porto di Napoli

Tel. +39 0815423847 - Fax +39 0815423888

[www.iamc.cnr.it](http://www.iamc.cnr.it)

Ottobre, 2016

# VINCOLI GEOLOGICI PER LA GESTIONE DEL PAESAGGIO CULTURALE. PIANO DI GESTIONE DEL SITO UNESCO “COSTIERA AMALFITANA

CRESCENZO VIOLANTE

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero

## 1. Introduzione

Nell'analisi delle interrelazioni tra fattori naturali e fattori antropici da cui scaturisce il Paesaggio la componente idro-geo-morfologica ricopre un ruolo regolatore in grado di influenzare la distribuzione delle forme viventi e la percezione visiva e sensoriale della collettività. Le forme e i caratteri del paesaggio fisico concorrono significativamente alla definizione dell'ambiente naturale con cui l'uomo interagisce e insieme alle specificità dei processi geologici forniscono indicazioni importanti per la stima e la localizzazione degli impatti potenziali sulle caratteristiche strutturali e funzionali del territorio. I caratteri fisico-geologici del paesaggio oltre a definire la morfologia, l'energia del rilievo e la natura dei terreni, modulano l'esposizione ai vari flussi di energia (eolica, solare, termica etc.), controllano l'andamento del reticolo idrografico e delle risorse idriche, fissando vincoli ambientali per l'insediamento e lo sviluppo delle attività antropiche e delle comunità biologiche. Leser (1997) vede il significato ecologico della geomorfologia nella sua funzione di fattore regolatore per molte funzioni dell'ecosistema paesaggio, soprattutto nei confronti della differenziazione spaziale del bilancio ecologico. La percezione del paesaggio deriva, quindi, dell'interazione tra più processi – fisici, biologici e sociali – tra loro fortemente interagenti e interdipendenti (fig. 1).

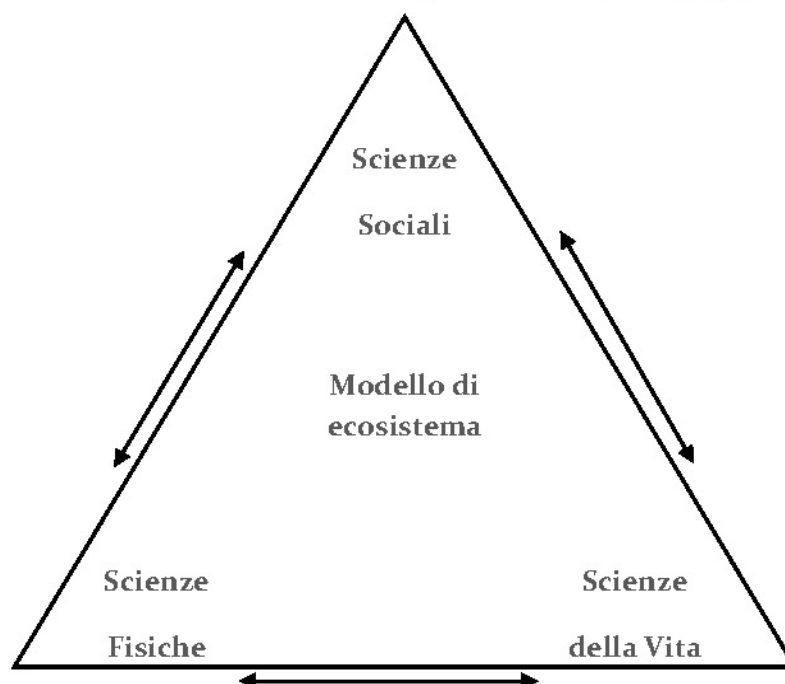


Figura 1 - Interazione e interdipendenza tra le principali discipline scientifiche nella determinazione di modelli di ecosistema.

Nonostante l'importanza dell'ambiente fisico nella definizione di paesaggio le geoscienze non sono ancora pienamente applicate nella gestione del territorio. A parte ciò che riguarda i rischi derivanti da catastrofi naturali (essenzialmente frane e inondazioni), il paesaggio e gli habitat che lo compongono sono ancora percepiti come un insieme di processi biologici che operano su un "substrato" geologico sostanzialmente inerte, avallando un approccio opposto a quello che prevede l'interazione e l'interdipendenza tra più processi.

In Italia il Progetto Carta della Natura (APAT, 2003), nato principalmente come strumento conoscitivo per identificare lo stato dell'ambiente naturale e di stimarne qualità e vulnerabilità a diverse scale di analisi, riconosce l'importanza dei caratteri fisiografico-geomorfologici e di copertura del suolo nella definizione di "tipi e unità di paesaggio" a una scala di osservazione estensivo-regionale di 1:250.000. Più in particolare i parametri che definiscono il tipo di paesaggio sono: l'elevazione (in m.s.l.), l'energia di rilievo, i litotipi prevalenti, il reticolo idrografico, le componenti fisiografiche e la copertura di suolo prevalente. Il progetto prevede una seconda scala di analisi a 1:50.000 sulla quale basare la caratterizzazione e mappatura degli habitat secondo il codice di nomenclatura della Comunità Europea "CORINE biotopes" cercando di integrare, con un approccio sistemico, le varie componenti fisiche, biotiche e antropiche del paesaggio.

Da quanto detto risulta evidente il legame tra paesaggio, habitat, ecosistema e componente antropica, quest'ultima intesa come agente in grado di trasformare il paesaggio fino a caratterizzarlo in modo prevalente. E' facile intuire l'alto numero di variabili da considerare per la caratterizzazione e la mappatura di tali sistemi. Diventa necessario, quindi, effettuare delle semplificazioni che consentano di individuare un numero relativamente limitato di caratteri diagnostici con cui identificare, riconoscere e cartografare un determinato paesaggio e gli elementi che lo compongono.

Il Piano di Gestione della Costa d'Amalfi offre la possibilità di contribuire allo sviluppo e al miglioramento di una tale metodologia attualmente applicata in poche regioni d'Italia e in modo disomogeneo. Nel caso in esame un forte elemento di diversificazione riguarda la scala di analisi che, a fronte della ridotta estensione del territorio in esame, deve necessariamente essere di alta definizione (circa 1:10.000). Uno dei punti critici da sviluppare riguarda sicuramente il legame tra caratteri fisici del paesaggio e andamento delle temperature e della piovosità e quindi tra clima locale e distribuzione spaziale della vita. Come accennato in precedenza i caratteri fisiografici e geomorfologici rivestono una funzione ordinatrice dello spazio con influenza diretta sui potenziali ecologici del paesaggio stesso, ad esempio regolando il microclima attraverso l'esposizione e la clivometria.

L'ipotesi di lavoro che si intende seguire nello studio del paesaggio amalfitano si basa essenzialmente sui concetti della "Landscape Ecology" (Troll, 1939), letteralmente traducibile come Ecologia del Paesaggio ma intesa nell'accezione più esaustiva di "Ecologia dei Sistemi Ambientali" (Geocologia). L'oggetto della Landscape Ecology è il paesaggio definibile come un sistema di ecosistemi o ambienti, in cui si integrano gli eventi della natura e le azioni della cultura umana. Nella scala biologica dei livelli di aggregazione della materia vivente il paesaggio compare quindi ad un livello superiore,

rispetto a quello dei singoli ecosistemi (Finke, 1993). In particolare si cercherà di descrivere e caratterizzare l'articolazione dello spazio naturale attraverso l'individuazione di unità spaziali omogenee dal punto di vista fisico (fisiosistemi e fisiotopi; Neef, 1961; 1968) riferibili esclusivamente a fattori abiotici. Tale approccio costituisce un primo passo verso la corretta individuazione di unità (ecologiche) di paesaggio che potrà essere effettuata attraverso la sommatoria funzionale tra areali omogenei per fattori fisici, informazioni relative ai fattori vegetazionali e faunistici e uso antropico del suolo in una prospettiva olistica (Zonneveld, 1983).

## 2. Caratteri geolitologici e fisiografici della Costa d'Amalfi

La Costiera Amalfitana costituisce parte del fianco meridionale dei Monti Lattari caratterizzato da ripidi versanti costieri localmente interrotti da aree litorali sabbioso-detritiche per lo più sviluppate alla foce di torrenti maggiori (fig. 2). Questi rilievi corrispondono all'alto strutturale della penisola di Sorrento, con andamento ENO-OSO, composto da rocce carbonatiche e dolomine stratificate di età mesozoica e da lembi di depositi silicoclastici alto-miocenici. L'attuale sollevamento fino a una quota di circa 1400 s.l.m. è legato a vicende geodinamiche più o meno complesse che hanno agito in più fasi fin dal Pleistocene inferiore attraverso fenomeni di tettonica estensionale a cui sono da imputare le elevate energie di rilievo e la fatturazione del substrato

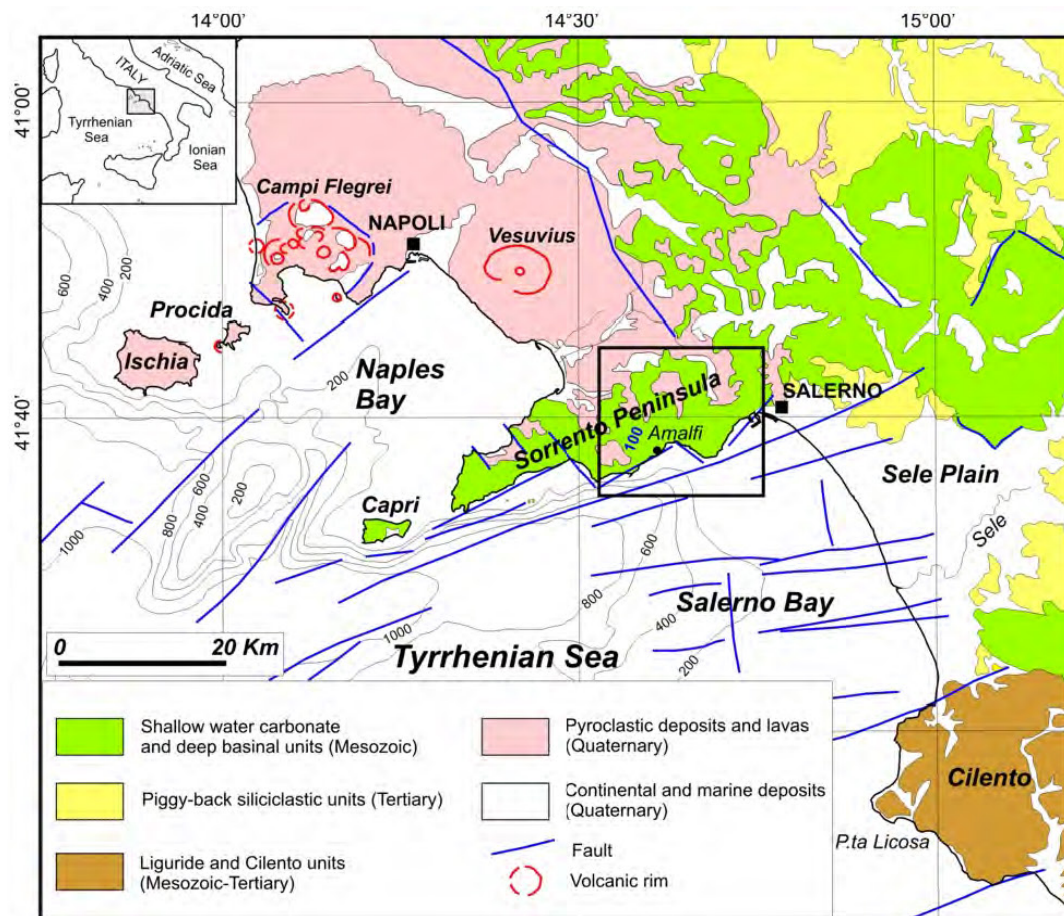
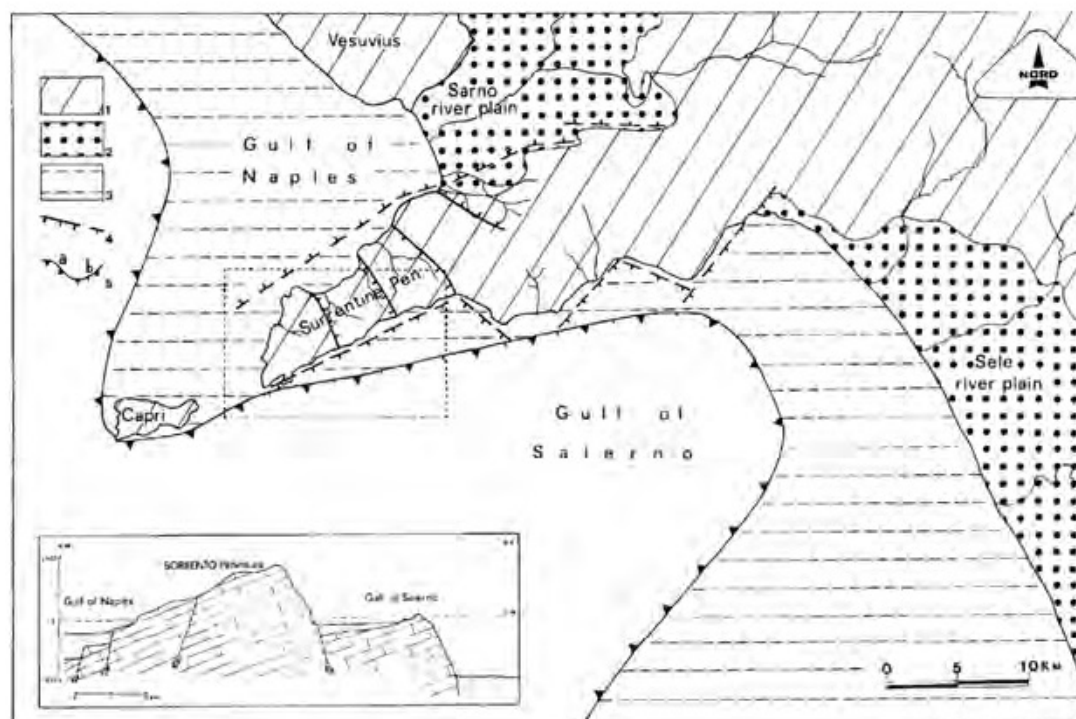


Figura 2 - Schema geologico della margine continentale campano e ubicazione dell'area di studio (da Sacchi et al. 2009).

calcareo. Il blocco sollevato corrisponde a una monoclinale rocciosa immergente a SO e limitata a sud da un importante sistema di faglie ad andamento antiappenninico (NE-SO) (fig. 3). A questo si associa un secondo sistema con andamento opposto (NO-SE), probabilmente più antico, trasversale alla direzione di allungamento della penisola, che esercita un forte controllo sull'andamento del rilievo e sulla localizzazione dei corsi d'acqua e dei relativi bacini di alimentazione.

Il promontorio sorrentino è per la gran parte costituito da calcari e dolomie di acque basse (fig. 4) la cui formazione è avvenuta in domini di piattaforma carbonatica, che durante il Mesozoico si sviluppavano lungo il margine meridionale dell'oceano Tetide. Tali depositi oltre a costituire l'ossatura dell'intera penisola formano anche numerosi scogli e piccole isole (ad es. Li Galli) presenti sia lungo la fascia costiera sorrentina che amalfitana (Fogli 185, 196 e 197 della Carta Geologica d'Italia). Oltre ai lavori pionieristici della fine dell'800 e dell'inizio del secolo scorso i primi studi a carattere analitico si devono a Scarsella (1961) e a De Castro (1962), che posero le basi per una corretta ricostruzione geologica dei Monti Lattari.

I termini più antichi della serie mesozoica sono costituiti da dolomie e calcari dolomitici del Trias superiore (Norico e Retico) affioranti nei Monti dell'Avvocata, a NE dell'abitato di Maiori. Studi sedimentologici di dettaglio hanno permesso di distinguere cinque principali associazioni di litofacies tra cui dolomie con *tepee*, calcari dolomitici a raggioni e calcari e dolomie a *Megalodon*



**Figura 3** - alto strutturale della Penisola Sorrentina e le adiacenti depressioni costiere del Golfo di Napoli e del Golfo di Salerno. 1. Rilievi; 2. piane costiere; 3. piattaforma continentale; 4. principali faglie; 4. ciglio della piattaforma. La sezione schematica riportata nel riquadro in basso a destra evidenzia il controllo strutturale sull'asimmetria e sui caratteri del paesaggio del

promontorio sorrentino e delle relative aree di piattaforma. (Ridisegnato da Cinque e Putignano, 1992).

interpretate come complessi di margine di piattaforma periodicamente emersi e soggetti a intensa diagenesi precoce, passanti lateralmente ad aree lagunari di retroscogliera (Iannace, 1991). Calcari e calcari dolomitici del Giurassico inferiore (Lias–Dogger) a luoghi oolitici con *Paleodasycladus mediterraneus* e grossi gusci spatizzati di lamellibranchi del livello a *Lithiotis*, sono invece presenti lungo il tratto di costa compreso tra Minori e Positano, dove fanno passaggio stratigrafico ai calcari a *Cladocoropsis mirabilis* e *Clypeina jurassica* del Dogger-Malm.

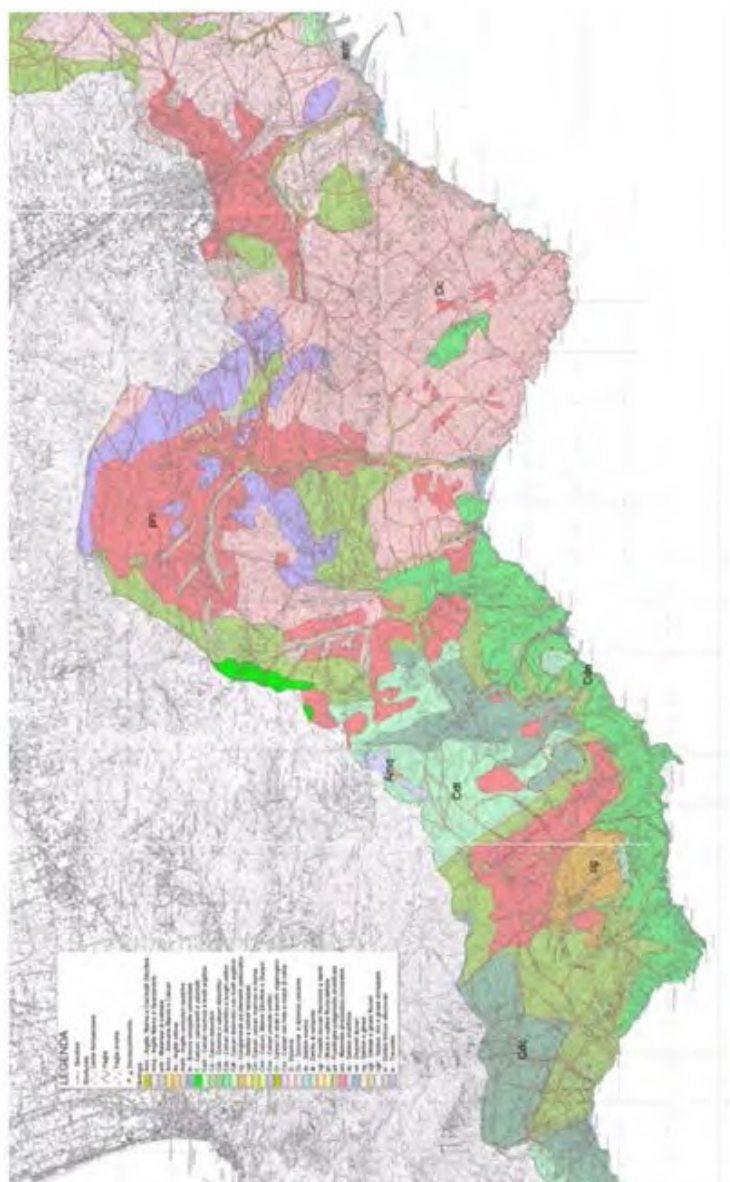
L'estensione di questi primi due gruppi di depositi mesozoici risulta alquanto esigua se comparata a quella dei sovrastanti calcari cretacei. Gran parte della penisola è infatti costituita da calcari e calcari dolomitici contenenti grossi lamellibranchi (Rudiste e Diceratidi), che nella parte intermedia (parte alta del Cretaceo inferiore) includono intercalazioni di livelli argillo-marnoso verdastri, alcuni dei quali risultano gremiti da varie specie di *Orbitolina* (Livello a *Orbitolina Auct.*). Tali livelli, oltre ad avere implicazioni di carattere idrogeologico, corrispondono a piani di taglio lungo i quali si sono verificati importanti fenomeni di dissesto tutt'oggi ancora attivi (vedi frana dello Scraio).

Depositi vulcanoclastici da caduta legati alla grande eruzione del 79 d.C., formano livelli di pomici e cineriti vulcaniche, documentati in affioramento e sepolti a varie profondità nelle adiacenti aree marine costiere (Buccheri et al., 2002; Sacchi et al. 2005). Tali coperture affiorano lungo tutta l'area costiera in esame, con spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro, e spesso risultano fortemente alterate a formare livelli pedogenizzati suscettibili al distacco e allo scivolamento in occasione di eventi meteorici. La serie vulcanica affiorante nella zona di studio include anche piroclastiti litoidi da flusso (*Ignimbrite Campana Auct.*) di età compresa tra 28 e 36 ka i cui spessori, valutati da dati di pozzo, raggiungono i 70 m nel Piano di Sorrento.

Queste hanno colmato, a luoghi, le depressioni preesistenti e poggiano direttamente sul substrato calcareo o su antichi depositi di versante o alluvionali. Significativi affioramenti si rinvencono nel tratto centrale della valle del Torrente Regina Maior (tra Pucara, Polvica e Campinola) con spessori che vanno da alcuni metri fino ad alcune decine di metri.

I caratteri geologici e strutturali precedentemente delineati determinano l'attuale fisiografia della penisola di Sorrento. La complessa e variegata articolazione morfologica è, infatti, da imputare a vicende geodinamiche e a forze esogene di degradazione meteorica e gravitativa, con importanti ricadute sui caratteri del paesaggio. I ripidi pendii del paesaggio costiero amalfitano vengono sostituiti lungo il tratto settentrionale (sorrentino) da inclinazioni più blande, sviluppate su distanze maggiori, ricalcando l'asimmetria della

monoclinale sorrentina (fig. 3). Ciò si riflette anche sullo sviluppo del reticolo idrografico caratterizzato da corsi d'acqua più lunghi e a minore pendenza nel versante sorrentino e brevi e ripidi lungo il fianco amalfitano. Qui i sistemi fluviali sono di piccole dimensioni, con bacini di drenaggio a quote elevate, zone di trasferimento ad elevato gradiente topografico e recapito finale nelle adiacenti aree marine (tab. 1). Le aree di fondo valle risultano di regola fortemente ristrette e approfondite nel tratto montano, con valori della pendenza decrescenti dalla quota d'origine alla foce, dove l'azione di colmamenti detritici ad opera di eventi "alluvionali" crea insenature costiere a basso gradiente topografico limitate da spiagge sabbioso-detritiche.



**Figura 4** – Carta geologica dell'area di studio. Modificata da PSAI Destra Sele.



l'isoieta che delimitava la media annuale tra 1200 e 1400 mm si estendeva fino a ricoprire interamente le due catene su entrambi i versanti, con punte superiori ai 1600 mm sui Monti Lattari e oltre i 1800 mm sui Monti Picentini.

Nel caso dei Monti Lattari non si presentano differenze marcate tra un versante e l'altro, né, su scala annuale, risultano evidenti significative differenze di quota. Le precipitazioni medie annuali non mostrano variazioni significative in funzione dell'altitudine dei Monti Lattari: Amalfi a 60 m s.l.m. riceveva circa la stessa quantità di pioggia (1235 mm) di Ravello (1202 mm) posta ad una quota di 315 m; Conca dei Marini a 119 m d'altitudine registrava 1348 mm di pioggia all'anno, mentre Agerola (a quota 583 m) ne misurava 1359 mm.

Nel grafico di figura 5 è rappresentato l'andamento dei valori medi e in figura 6 quello dei valori massimi dei totali mensili. In figura 7 sono riportati i totali annui per le stesse stazioni, calcolati sulle intere serie storiche disponibili.

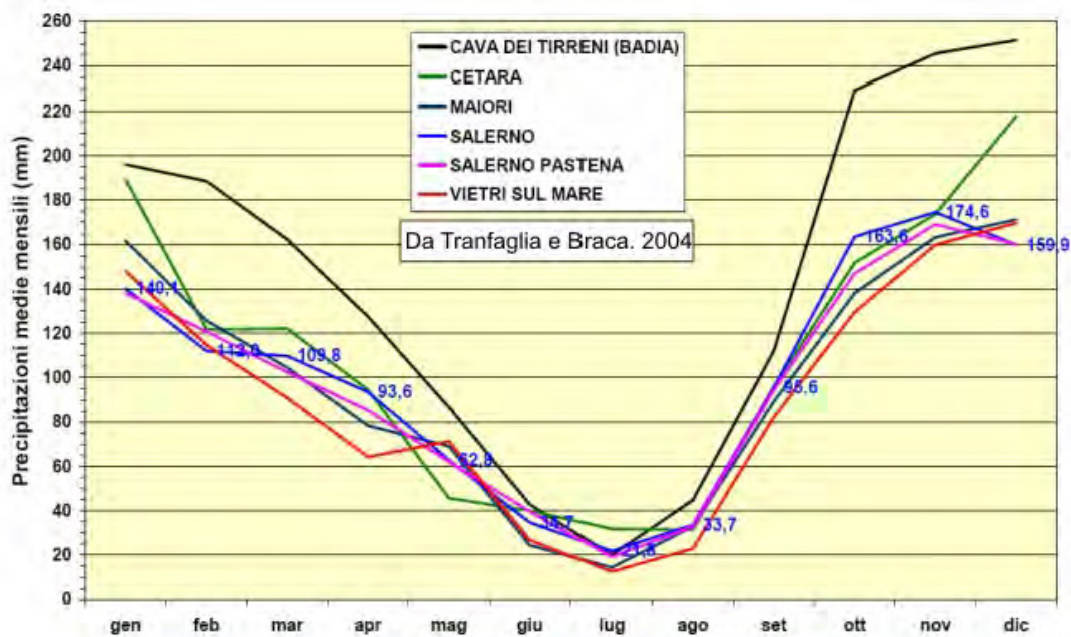


Figura 5 - Medie mensili delle serie storiche (in blu sono indicati i valori di Salerno) Da Tranfaglia & Braca, 2004.

L'osservazione dell'andamento stagionale delle precipitazioni nelle località studiate, evidenzia nettamente due stagioni: una piovosa che va da ottobre ad aprile-maggio ed una asciutta da giugno a settembre. La pioggia aumenta rapidamente fino a novembre-dicembre (quando tocca il massimo valore mensile), con un significativo incremento nel mese di ottobre, probabilmente dovuto alla notevole frequenza in questo mese di eventi di forte intensità, correlati al passaggio dall'estate all'autunno, e diminuisce quindi regolarmente da gennaio a luglio, salvo una lieve inversione di tendenza nei mesi di aprile e maggio.

Nei Monti Lattari, come in tutta la Campania, tra il mese di maggio e il mese di giugno (figg. 4 e 5) si assiste al passaggio dalla stagione piovosa a quella asciutta, con una riduzione delle precipitazioni in giugno, che in tutte le stazioni si

### 3. Caratteri meteorologici

Le caratteristiche pluviometriche dell'area di costa in oggetto sono strettamente connesse a quelle del bacino del Mediterraneo. Il *regime pluviometrico* del Mediterraneo, infatti, pur essendo legato alle stesse masse d'aria che interessano il nord Europa e le isole britanniche, risulta caratterizzato dalla presenza di *centri semipermanenti d'azione*: gli anticicloni delle Azzorre, siberiano e africano; le depressioni dell'Islanda e delle isole Aleutine, dalle cui stabilità dipendono il regime delle precipitazioni e l'andamento stagionale.

L'area di studio rientra nell'ambito del regime pluviometrico *sublitoraneo appenninico*, caratterizzato da due massimi periodi di piovosità, uno primario (in autunno), in cui la piovosità è maggiore, ed uno secondario (primavera). Le precipitazioni sono fortemente condizionate dai rilievi, che si elevano fino ad oltre 1400 m s.l.m. nell'immediata prossimità di una sorgente umida come il Mar Tirreno, caratterizzato, nel periodo estivo, da elevate temperature delle acque

Comune	Torrente alla cui foce si concentrano attività umane	Lunghezza in km del tratto di costa competente	Lunghezza in km asta torrentizia principale	Estensione in km <sup>2</sup> del bacino idrografico
Amalfi	Canneto	3,8	5.3	8.2
Atrani	Dragoni	0,3	6.4	9
Cetara	Cetus	1,5	3.5	3.8
Furore	Vallone Furore	1,4	5.6	20
Maiori	Reginna Major	8,3	9.5	33.5
Minori	Reginna Minor	0,7	4.7	6
Positano	Val.ne Porto	3,8	3.5	2.8
Praiano	Vallone di Praia	4,5	2.3	1.7
Vietri sul Mare	Bonea	4,2	7	20

**Tabella 1** - Foci fluviali, lunghezza del tratto di costa e dell'asta torrentizia ed estensione dei bacini torrentizi di competenza dei comuni rivieraschi della Costa d'Amalfi.

superficiali. Ai già noti effetti, come l'aumento delle precipitazioni al crescere dell'altitudine, si aggiunge nei mesi autunnali un *effetto barriera*: sui piccoli bacini costieri si abbattano, con frequenza elevata, nubifragi particolarmente intensi che si esauriscono in un arco di tempo relativamente breve (World Meteorological Organization, 1986).

Un'analisi delle serie storiche mensili delle precipitazioni del trentennio 1920-1950, registrate dalle stazioni pluviometriche della Campania e pubblicate sugli annali idrologici del Servizio Idrografico, rileva che l'area delimitata dalle catene montuose dei Lattari e dei Picentini era tra le più piovose della regione (Ruocco, 1957). Infatti

dimezzano rispetto al mese precedente. In generale, il mese di settembre segna il passaggio dalla stagione asciutta a quella piovosa, con un incremento delle medie mensili di oltre il doppio rispetto al mese di agosto. Un'analisi condotta sulla media del numero di giorni piovosi (fig. 8) non mostra significative differenze dell'andamento stagionale rispetto alle distribuzioni delle precipitazioni medie mensili e dei valori massimi. Fa eccezione il mese di ottobre che, a fronte di un numero medio di giorni piovosi non elevato, mostra invece massimi mensili decisamente alti, proprio a causa del verificarsi di frequenti eventi intensi in questo mese. La massima precipitazione giornaliera verificatasi dal 1866 al 2003 a Salerno è di 504 mm che ha generato l'alluvione del 25-26 ottobre 1954. Nello stesso mese di ottobre 1954 si è avuto il massimo mensile di 515 mm registrato nell'intera serie storica.

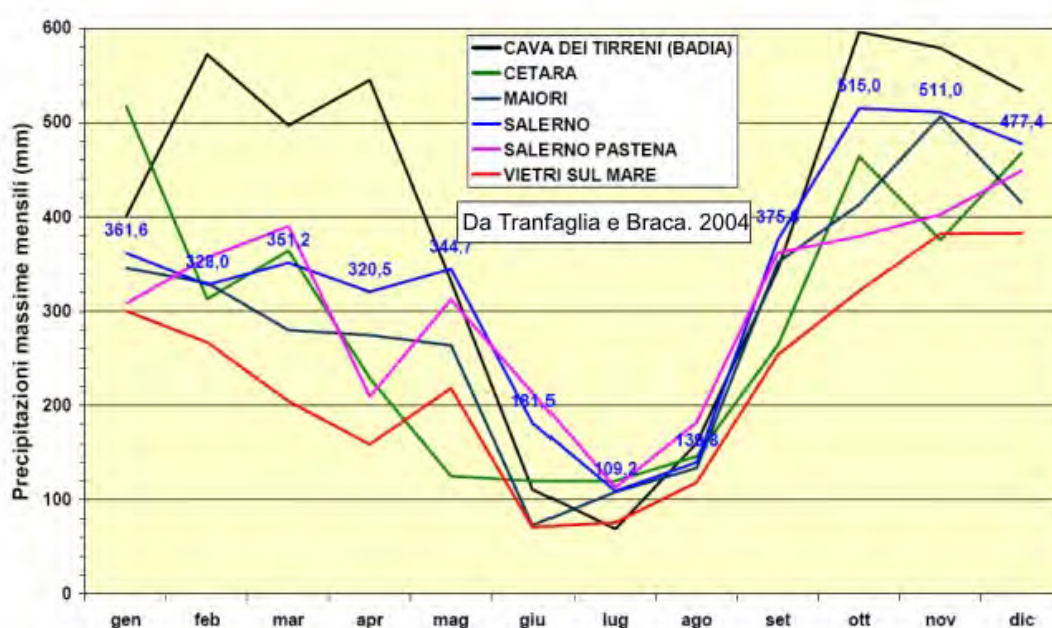


Figura 6 - Massimi mensili delle serie storiche (in blu sono indicati i valori di Salerno). Da Tranfaglia & Braca, 2004.

Gli eventi piovosi di maggiore entità che hanno colpito la Costa d'Amalfi sono tipicamente caratterizzati da alcuni giorni di piogge persistenti con alti valori dei totali giornalieri a cui seguono alcune ore di pioggia intensa in genere valutabile intorno ai 200 mm ma con picchi che possono raggiungere i 400-500 mm come per il nubifragio che colpì Vietri sul Mare e Salerno del 1954. Il pluviogramma di tale evento indica una durata di 16 ore: dalle 13 del 25 ottobre alle 5 del 26; la massima intensità che ha prodotto gli effetti idrogeologici disastrosi, pari a 458.6 mm, si è concentrata nelle 6 ore comprese tra le 20 del 25 ottobre e le 2 del 26 ottobre. Il valore massimo in un'ora è stato di 136.8 mm ed è stato raggiunto dalle 20 alle 21 del 25 ottobre (fig. 9). Inoltre, la distribuzione spaziale della pioggia calcolata per il nubifragio del 1954 (fig. 10) mostra un differenza di più di 450 mm su una distanza di soli 15 km mentre la ricostruzione del idrogramma di piena per il T.

Bonea indica un picco verosimilmente superiore a  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  verificatosi tra le ore 22:00 e le ore 23:00 mantenendosi, per le ore successive con valori comunque superiori ai  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tranfaglia e Braca, 2004). Sebbene significativi, tali valori non giustificano l'entità delle devastazioni osservate (vedi par. 8.4 e 8.5), dovute a portate superiori a quella ricostruita solo sulla base delle precipitazioni e alla presenza di un elevato carico solido che ha determinato la formazione di flussi iperconcentrati. Tali portate, di difficile se non impossibile valutazione, sono state determinate dalla formazione di sbarramenti temporanei del deflusso e dalla successiva formazione di onde di piena (vedi par. 8.3), con l'effetto di amplificare un fenomeno già di per se stesso eccezionale.

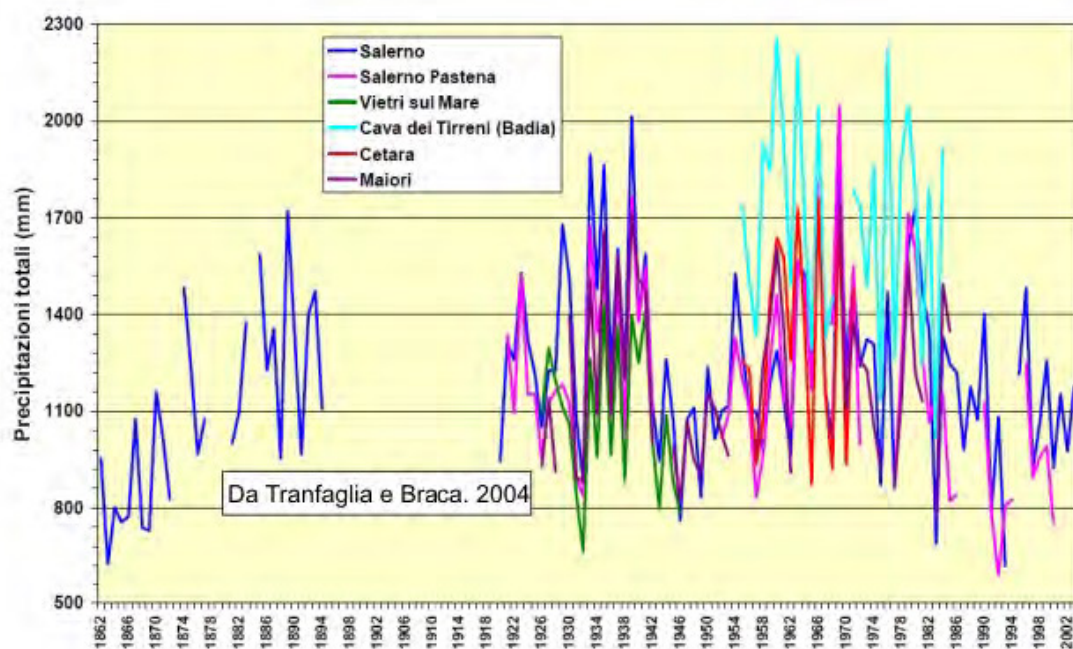


Figura 7 - Andamento delle piogge totali annue e periodo di funzionamento delle stazioni pluviometriche. Da Tranfaglia & Braca, 2004.

La frequenza con cui possono accadere eventi come quelli avvenuti nel 1954 è stata calcolata in base all'utilizzo di *curve di possibilità pluviometrica* (CPP) note anche con il nome di *linee segnalatrici di probabilità pluviometrica* (LSP) evidenziando tempi di ritorno molto maggiori di 100 anni (vedi par. 8.7; Tranfaglia & Braca, 2004; 2007; PSAI Destra Sele). Questo dato contrasta con le informazioni derivanti dall'analisi delle fonti storiche che indicano almeno 11 importanti fenomeni di piena torrentizia in circa quattro secoli (vedi tab. 3) ribadendo il carattere fortemente locale di tali eventi piovosi che tipicamente interessano aree di estensione areale molto limitata. Quindi, anche se i tempi di ritorno possono risultare anche molto elevati per una data zona, il carattere spiccatamente limitato a scala spaziale degli eventi descritti (fig. 11) li rende

altamente imprevedibili, non escludendo la possibilità che possano colpire in tempi brevi località limitrofe (Violante 2004; Violante 2009; Violante et al. 2009).

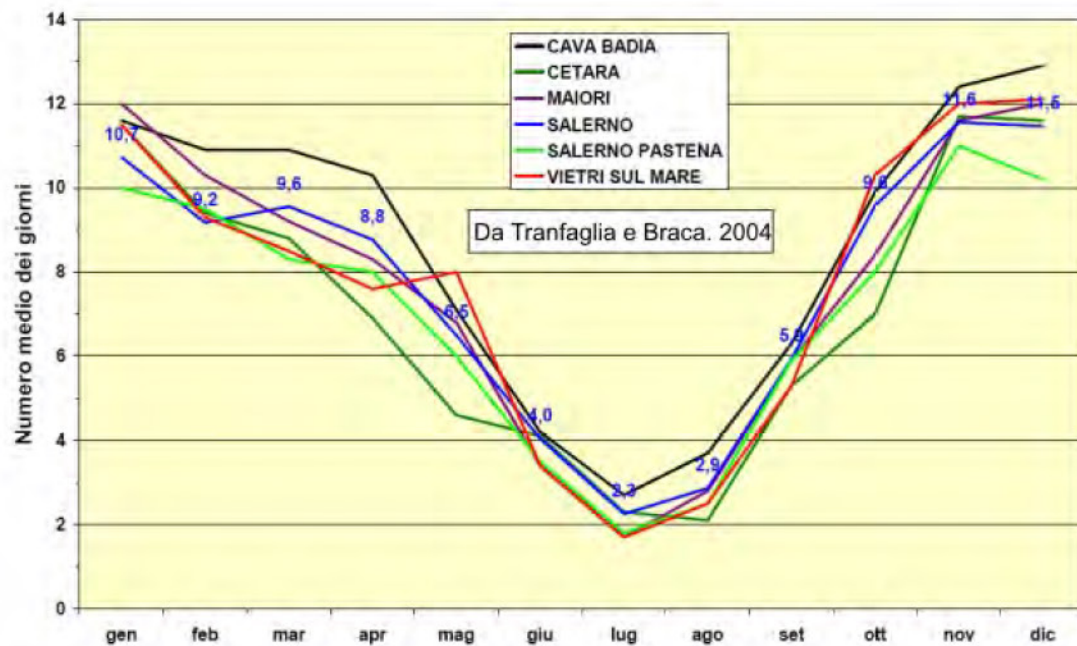


Figura 8 – Media mensile dei giorni piovosi della serie storica (in blu sono indicati valori di Salerno). Da Tranfaglia & Braca, 2004.

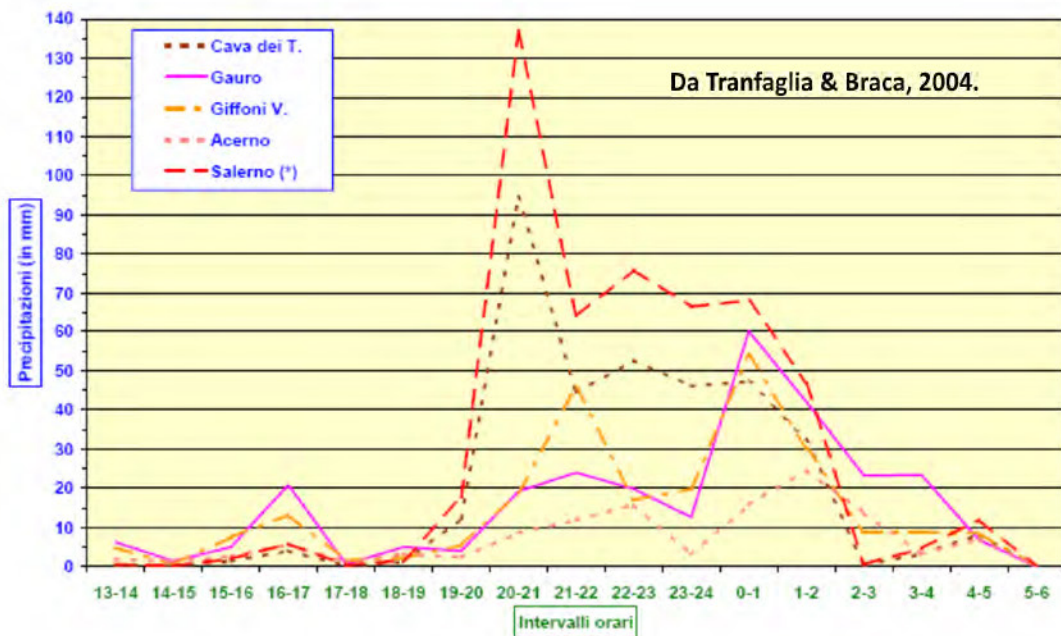


Figura 9 – Precipitazioni orarie dell'evento del 25-26 ottobre 1954. Da Tranfaglia & Braca, 2004.

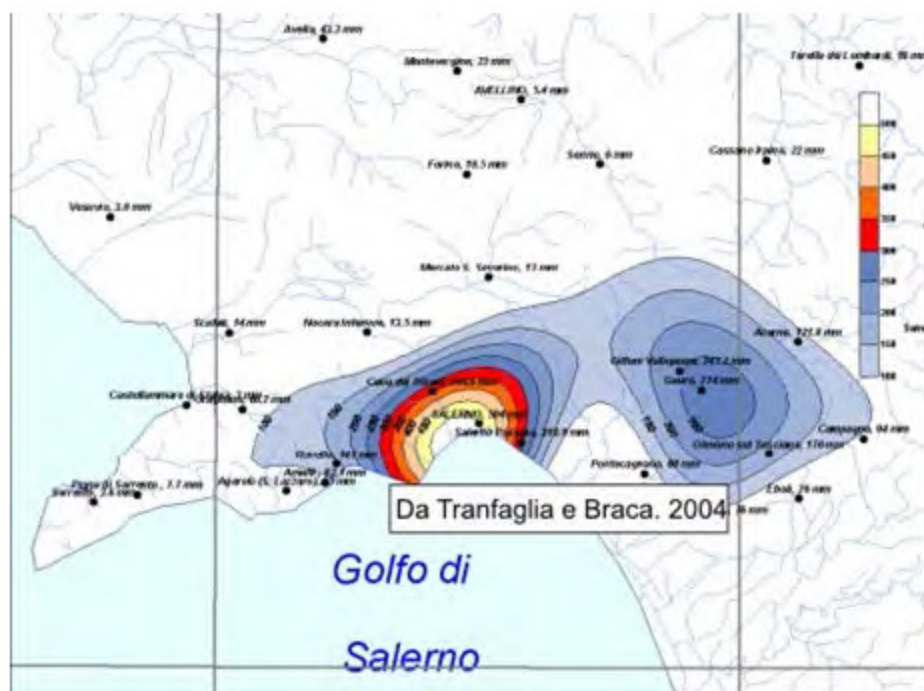
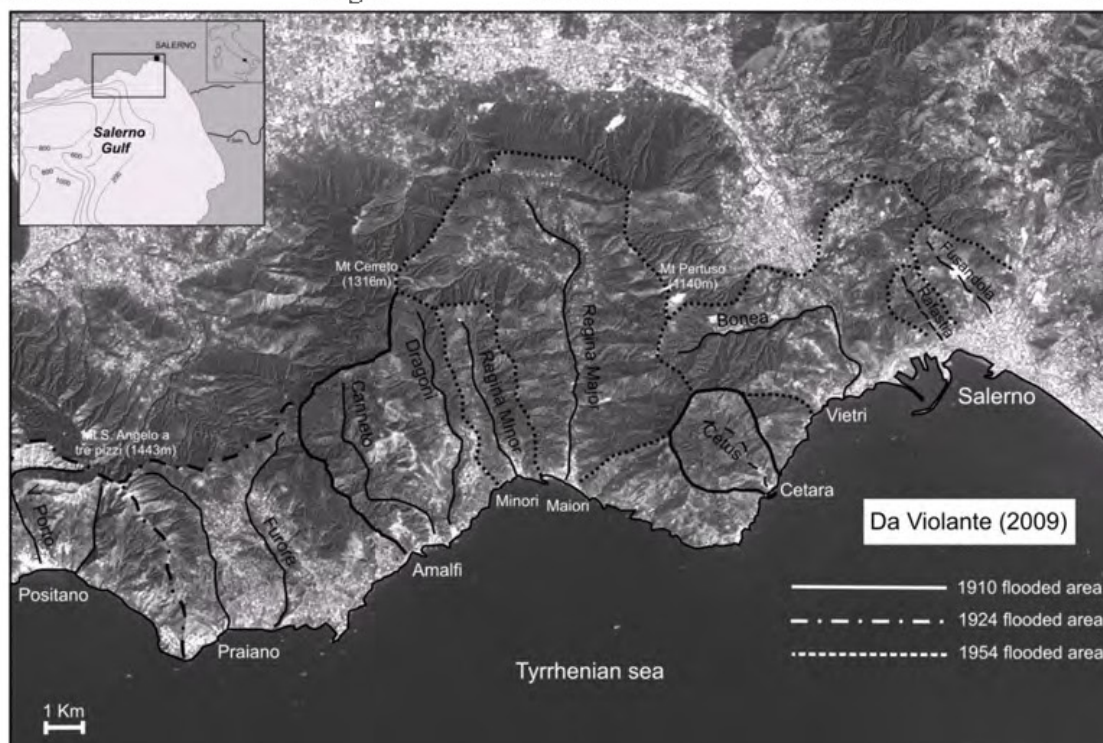


Figura 10 - Isoiete dell'evento del 25-26 ottobre 1954 elaborate con il metodo del *kriging* ordinario. Da Tranfaglia & Braca, 2004.

#### 4. L'articolazione dello spazio naturale

La Convenzione Europea del Paesaggio definisce il Paesaggio come *“una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni”* (CEP, 2000). Tale definizione racchiude due aspetti complementari riferiti ad un unico processo conoscitivo: uno di tipo estetico-percettivo, secondo il quale il paesaggio indica l'immagine della realtà e quindi il rapporto percettivo-culturale che si stabilisce fra l'uomo e quest'ultima, e uno di tipo geo-ecologico, secondo il quale esso indica la totalità dei fenomeni naturali sia abiotici (geologia, geomorfologia e clima) che biotici (flora e fauna) (Tassinari, 2007). In particolare nella definizione di un paesaggio culturale gli aspetti fisici e geomorfologici costituiscono gli elementi base dell'ambiente naturale con cui l'uomo interagisce. Oltre a definire le forme, la composizione e il grado di accessibilità del territorio, ne determinano il grado e le modalità di esposizione ai vari flussi di energia ambientale (eolica, solare etc.) e i caratteri idrologici. Essi, quindi, svolgono un ruolo primario nella percezione visiva e sensoriale della collettività oltre che controllare le condizioni climatiche e ambientali che permettono a una data specie, o una popolazione di specie, di vivere e svilupparsi. Nel caso della Costa d'Amalfi l'aspetto fisico è ampiamente valorizzato nelle motivazioni ufficiali che hanno portato all'iscrizione del sito nella lista mondiale del patrimonio dell'umanità (Word Heritage List, N. 830, 1997), secondo le quali il valore culturale e scenico di quest'area deriva appunto dall'interazione tra

componente topografica ed evoluzione storica (“...with exceptional cultural and natural scenic values resulting from its dramatic topography and historical evolution”). Inoltre, in tali motivazioni viene anche riconosciuto il ruolo fondamentale svolto dalla particolare conformazione topografica nella definizione degli ambienti naturali nei



**Figura 11** - Distribuzione areale dei tre maggiori eventi “alluvionali” avvenuti lungo la Costa d’Amalfi durante il XX sec. Da Violante 2009.

quali vivono e si sviluppano un’ampia varietà di specie nell’ambito di un’area relativamente ristretta (“the complex topography and resulting climatic variations provide habitats for an exceptional range of plant species within a relatively confined area”).

L’individuazione e la classificazione delle unità che compongono il paesaggio richiede un approccio gerarchico modulato dalla scala di osservazione. A scala estensivo-regionale (1:250.000) la Costa d’Amalfi ricade nell’ambito paesaggistico costiero e più specificamente nel sistema antropizzato delle coste montuose (tab. 2; APAT, 2003). L’area in esame, infatti, si sviluppa lungo il fianco meridionale dei Monti Lattari, con ripidi versanti rocciosi profondamente dissecati da piccoli corsi d’acqua a regime torrentizio, sottesi ad altrettanto ridotti bacini idrografici, la cui presenza introduce un’importante elemento di “discontinuità” creando le condizioni per una differenziazione spaziale del paesaggio. E’ quindi possibile, su basi geomorfologiche, scomporre la Costa d’Amalfi in due sistemi ambientali di ordine gerarchico inferiore: bacini torrentizi e coste rocciose, analizzabili a una scala compresa tra 1:50.000 e 1:25.000 che chiameremo, ampliando la

definizione di Neef (1968) di fisiotopo, *fisiosistemi*, in quanto riferiti soltanto all'insieme dei geofattori abiotici. Allo stesso modo è possibile dividere i fisiosistemi in unità fisiche minime, i *fisiotopi*, così come riportato in tabella 2, riconoscibili a una scala di analisi compresa tra 1:25.000 e 1:10.000.

L'approccio che si propone in questa sede si basa sul forte legame esistente tra condizioni ambientali e geomorfologia la cui funzione regolatore nei confronti della differenziazione spaziale del bilancio ecologico (Leser 1997) consente di classificare e scomporre il paesaggio in areali omogenei che condizionano la distribuzione degli organismi e delle attività antropiche. Ad esempio l'altitudine influenza il valore della temperatura dell'aria. In estate, la temperatura varia di circa 1°C ogni 180 m di dislivello mentre in inverno 1°C ogni 220m. Le variazioni di temperatura sono, quindi, inversamente proporzionali al variare dell'altitudine. Allo stesso modo la variazione della pendenza media del terreno rispetto all'orizzontale (clivometria) che a parità di altezza del

<b>Tipo di paesaggio: Rilievi Montuosi Costieri</b>	
<b>Unità di paesaggio: Rilievi Montuosi della Costa d'Amalfi (1:250.000)</b>	
<b>Componenti fisiografiche (<i>fisiosistemi</i>)</b>	<b>Unità fisiche minime (<i>fisiotopi</i>)</b>
1. Bacini Torrentizi	1.1 Aree di cresta
	1.2 Pianori
	1.3 Versante montuoso (> 500 m)
	1.4 Versante vallivo
	1.5 Rupe
	1.6 Greto di torrente
	1.7 Forra
	1.8 Impluvio
	1.9 Delta di foce-spiaggia
2. Coste Rocciose	2.1 Versanti costieri
	2.1 Falesia marina
	2.1 Spiaggia a tasca

**Tabella 2** – Proposta di classificazione su basi gerarchiche delle unità fisiografiche di paesaggio riconoscibili nel Paesaggio Montuoso della Costa d'Amalfi.

sole regola la quantità di energia solare ricevuta dal suolo. O ancora la direzione che hanno le linee di massima pendenza dei pendii rispetto agli assi cardinali (esposizione) che condiziona la temperatura dell'aria, con i pendii orientati a sud esposti a una maggiore quantità di radiazione solare e quindi con una temperatura locale più elevata. Questo fa sì che in un territorio dove due luoghi relativamente vicini sono situati su pendii aventi diverse esposizioni, sono caratterizzati da notevoli differenze microclimatiche. I caratteri geomorfologici influenzano anche il tasso di umidità relativa e la disponibilità d'acqua, oltre che il tipo e la distribuzione di suolo. In particolare i principali caratteri fisici e



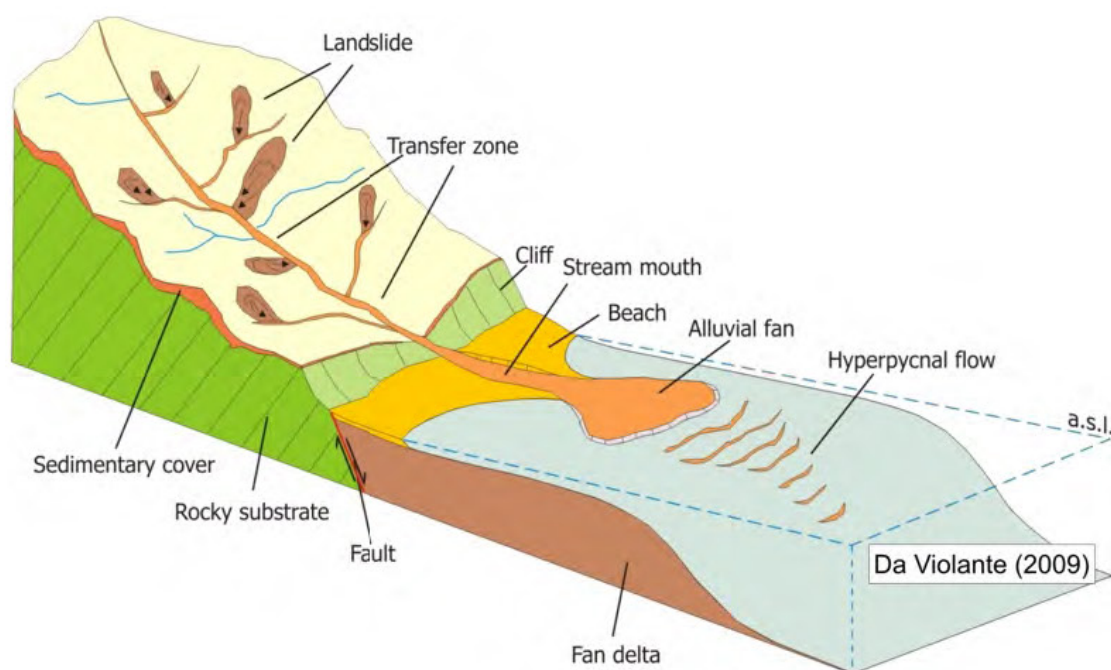
geomorfologici considerati per una suddivisione dello spazio naturale presente nei Rilievi Montuosi della Costa d'Amalfi sono i seguenti:

- tratti di versante a differente acclività ed esposizione;
- aree di fondo valle fortemente ristrette e approfondite nel tratto montano e con valori della pendenza decrescenti dalla quota d'origine alla foce;
- superfici terrazzate di natura deposizionale ed erosionale;
- aree di foce corrispondenti a insenature costiere a basso gradiente topografico costituite da conoidi alluvionali limitate da spiagge sabbioso-detritiche.

Inoltre per ogni fisisistema e fisiotopo dovrebbero essere descritti:

- tipo di substrato;
- altimetria;
- disponibilità idrica;
- temperatura;
- clivometria;
- esposizione.

Il passo successivo per una definizione appropriata degli ambienti (o unità) del paesaggio dovrebbe basarsi sulla raccolta, l'elaborazione cartografica e l'integrazione di informazioni biologiche e antropiche con un approccio che vada oltre la semplice sommatoria o sovrapposizione. Dal momento che le reciproche interazioni tra i vari fattori considerati determinano nuove proprietà dell'insieme, le proprietà spaziali e verticali di ogni singolo sistema o sub-sistema non saranno dettate da singole specie, forme fisiche o attività umane, ma dai caratteri derivanti dall'interdipendenza tra i vari processi.



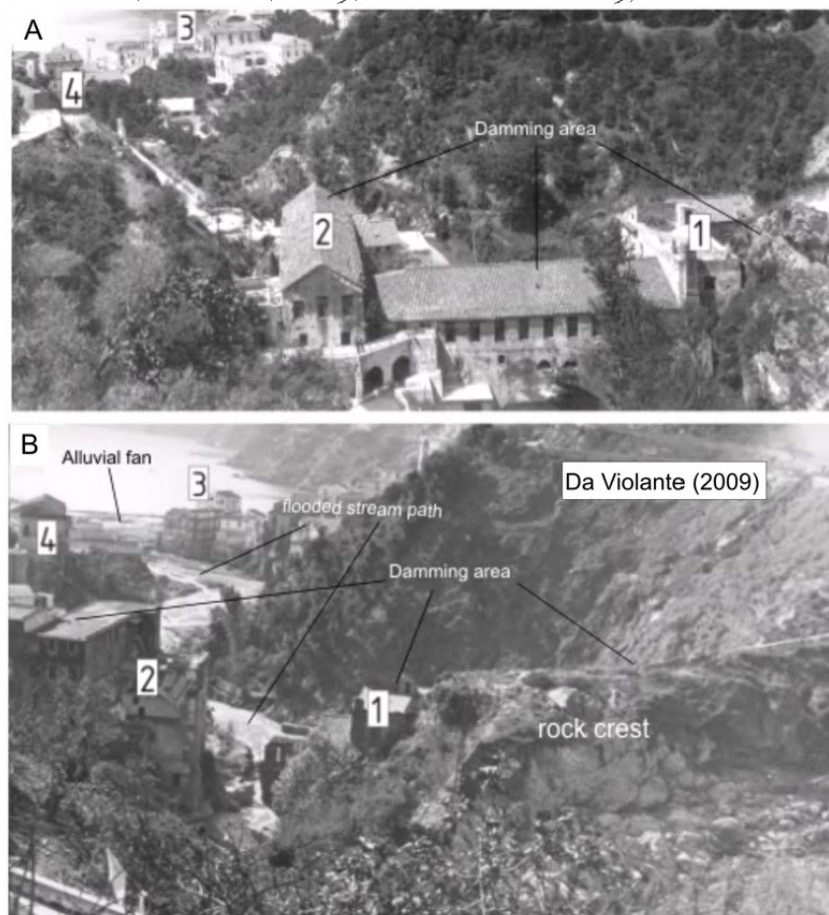
**Figura 12** – Relazione tra frane, carico solido fluviale e piene torrentizie in ambiente di costa rocciosa. Da Violante 2009.

Nella Costa d'Amalfi il distacco di materiale da fianchi vallivi, e la successiva redistribuzione nelle aste torrentizie principali ha provocato più volte il rapido aumento del carico solido fluviale fino a molti metri cubi in poche ore, con la formazione di flussi detritici, anche definiti come *alluvioni lampo (flash flood)*, altamente distruttivi in grado di provocare danni e perdita di vite umane (Esposito, et al. 2003a; 2003b; Casciello et al. 2004; Esposito et al., 2004b; Violante et al, 2004; Fumanti et al. 2002; Violante et al., 2009). Condizioni critiche di stabilità si verificano a causa del rapido aumento della pressione di poro nei depositi piroclastici di copertura che, saturi d'acqua, scivolano dal substrato calcareo-dolomitico e, sottoforma di flussi incanalati e/o dilavamenti diffusi, si dirigono verso i tratti vallivi principali. Le frane possono essere molto ampie fino ad estendersi alle aree di cresta attraverso meccanismi ascrivibili a fenomeni di colate rapide di detrito e fango. Queste ultime possono evolvere da scivolamenti superficiali del di suolo (soil slip), o svilupparsi lungo impluvi lineari già inondati dalle piogge "decorticando" interi settori di versante. L'eterogeneità dei materiali coinvolti contribuisce a creare intasamenti del flusso fangoso in corrispondenza di restringimenti naturali e/o artificiali (fig. 13) presenti lungo il corso d'acqua principale (*effetto diga*) che portano alla creazione di invasi temporanei di materiali alluvionali il cui svuotamento produce onde di piena di portata eccezionale (Eliason *et al.*, 2007) con fronti che possono raggiungere 8-10 metri (Larsen *et al.*, 2001; Perez, 2001; Esposito *et al.*, 2004a,b; Biscarini et al, 2006; Violante et al., 2009). Tale fenomeno è di gran lunga il più pericoloso e ha caratterizzato molte delle piene torrentizie verificatesi lungo la costa di Amalfi come quelle avvenute in seguito dei forti nubifragi del 1924 e del 1954 (Passerini, 1924; Penta *et al.*, 1954). Fenomeni di colamento rapido possono, ovviamente, anche interessare singoli settori di versante, senza riversarsi nel corso d'acqua principale. In questo caso possono essere anche più insidiosi delle altre tipologie franose, perché possono interessare aree generalmente considerate come sicure in quanto non interessate in passato da eventi analoghi.

Le elevate pendenze dei bacini torrentizi fanno transitare gran parte del materiale alluvionale prodotto da piene torrentizie verso le aree marine, dando origine a delta effimeri e flussi iperpicnali nelle relative aree di *offshore* (Budillon et al., 2004; Violante e Budillon, 2004; Violante et al. 2004a; 2004b; Budillon et al., 2005; Esposito et al., 2003; Violante, 2009a). Recenti ricerche geologiche e geofisiche effettuate sui fondali marini della Costa d'Amalfi (Violante et al., 2007; Sacchi et al., 2009; Violante, 2009a; 2009b; 2009c; Violante et. al. 2009) hanno permesso il ritrovamento di corpi di delta alla foce di impluvi e torrenti maggiori, fino a profondità di circa 50 m (fig. 14) a formare un gradino morfologico sommerso ampio tra i 100 e i 500 m alla base dei ripidi versanti costieri. Tali corpi sedimentari sono formati da stratificazioni successive di depositi geneticamente collegati ad eventi "alluvionali" seguiti al dilavamento per frana delle piroclastiti da caduta del 79 d.C. Tali depositi raggiunsero spessori di circa 2 m lungo i ripidi versanti amalfitani e all'interno dei bacini torrentizi provocando una drammatica

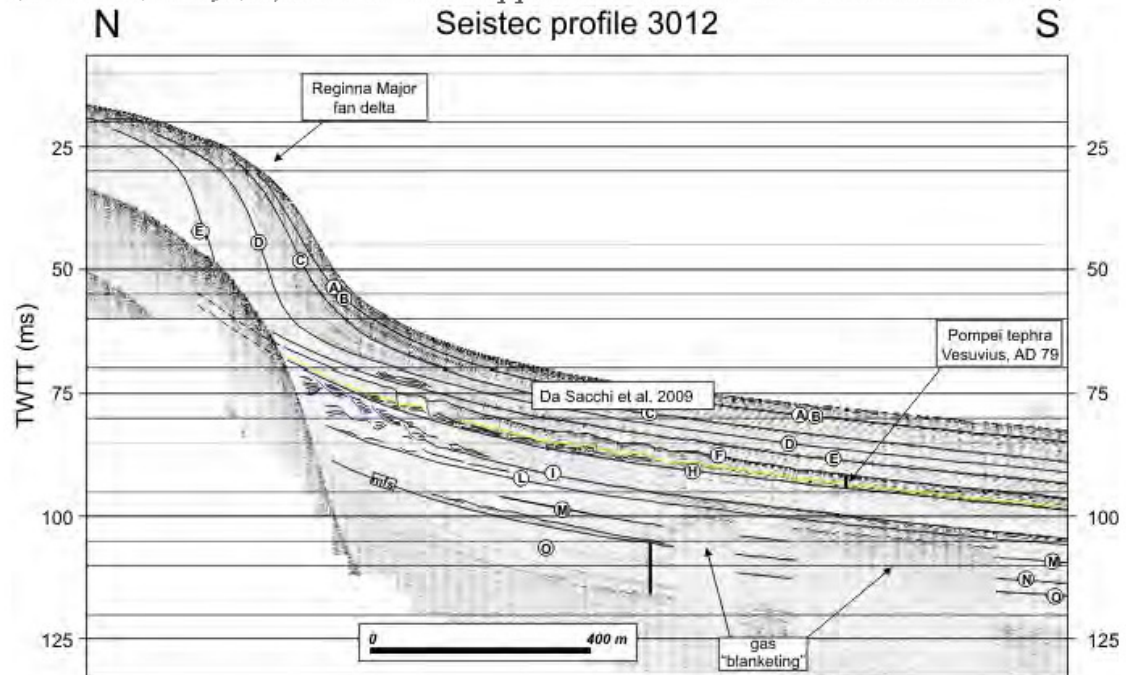
## 5. Dissesto idrogeologico

Le principali problematiche idrogeologiche che affliggono il territorio in oggetto sono legate a *processi di versante e piene torrentizie*, i primi riconducibili a varie tipologie franose (*debris flow, earth flow, rock fall*), i secondi, altrimenti generalmente definiti con il termine alluvione, oltre a includere fenomeni franosi prevedono la formazione di flussi di detrito e onde di piena lungo i corsi d'acqua principali con picchi di portata anche molto elevati. Studi storico-archivistici evidenziano che fin dai tempi storici questo tipo di eventi estremi hanno frequentemente colpito l'area di costa in oggetto (vedi par. 8.5). Si tratta di *fenomeni misti* che danno luogo a flussi detritici con elevata mobilità, dell'ordine di diverse decine di km/h, inglobanti materiale piroclastico e vegetale, incluso tronchi d'albero, laterizi e massi di varia forma e dimensione, mobilizzato dai ripidi fianchi montani in occasione di piogge particolarmente intense. La stretta relazione tra fenomeni franosi, carico solido fluviale ed eventi alluvionali (fig. 12) costituisce uno dei principali meccanismi geologici responsabile delle maggiori trasformazioni fisiche che avvengono in ambienti di costa alta come quella in oggetto, e pertanto risulta essere un elemento fondamentale per la valutazione del rischio geologico in tali aree (Violante et al., 2004; Esposito et al. 2004a; Violante et al. 2006; Violante, 2009; Violante et al 2009).



**Figura 13** - Area di ostruzione del deflusso durante l'evento del 1954 a Vietri sul Mare. I numeri indicano le stesse strutture prima (A) e dopo il nubifragio (B). Foto Parisio 1954; coll. EPT Salerno. Da Violante 2009.

risposta ambientale nei decenni successivi all'eruzione (Cinque et al., 2000; Cinque e Robustelli; 2009; Violante, 2009a; b; Violante et. al. 2009; Sacchi et al., 2009). Ripetute fasi di sovralluvionamento convogliarono il materiale vulcanico in eccesso verso le principali aste torrentizie e da qui nelle adiacenti aree marine dove, non più costretto dai fianchi vallivi, poté accumularsi "a ventaglio" (delta di foce), producendo una progradazione della linea di riva di varie decine di metri (Violante, 2009a; b). Ciò causò il seppellimento delle ville romane di Amalfi,



**Figura 14** - Profilo sismostratigrafico del fan-delta presente alla foce del torrente Reginna Major a Maiori. Modificato da Sacchi et al., 2009.



**Figura 15** - Delta alluvionale alla foce del T. Bonea prodotto dal nubifragio del 1954. Foto Parisio 1954; coll. EPT Salerno. Da Violante 2009.

Positano e Marina Di Equa sotto alcuni metri di sedimento e, con ogni probabilità, la distruzione della presunta città di Marcina a Vietri, attraverso fenomeni del tutto analoghi, ma di magnitudo più elevata, a quelli che produssero il cono alluvionale alla foce del torrente Bonea in seguito al nubifragio del 1954 (fig. 15). Gli studi di geologia marina hanno, inoltre, permesso di identificare varie crisi ambientali avvenute negli ultimi 2000 anni, oltre a quella avvenuta nei decenni immediatamente successivi alla grande eruzione del Vesuvio del 79 a.C., possibilmente modulate da oscillazioni climatiche tra periodi aridi e umidi (e.g. Dabrio, 1990; Mulder & Syvitski, 1995; Fernández-Salas *et al.*, 2006; Lobo *et al.*, 2006). Negli ultimi millenni periodi di raffreddamento dell'area mediterranea sono stati tipicamente caratterizzati da significativi aumenti della piovosità e da disequilibri tra processi biologici e geomorfologici che hanno comportato un aumento del tasso erosivo anche per la riduzione delle coperture vegetali. Per la Costa d'Amalfi (fig. 16) altri periodi di elevata attività torrentizia coincidono sia con fasi climatiche fredde conosciute come Raffreddamento Alto Medievale (c. 500 d.C. – 800 d.C.) e Piccola Età Glaciale (c. 1400 d.C. – 1850 d.C.) che fasi climatiche calde come quella Basso Medievale (c. 900 d.C. – 1100 d.C.).

Altra tipologia di dissesto, anch'essa diffusa ma sicuramente di magnitudo molto minore, è quella legata alle frane di crollo. Queste si verificano in corrispondenza delle pareti calcaree o dolomitiche più esposte ed acclivi presenti in corrispondenza dei rilievi montuosi e nelle aree dove maggiore è la pressione antropica. I fenomeni di instabilità sono dovuti all'improvviso rilascio di massi calcarei svincolati per sistemi di fratturazione, distacchi e crolli di spuntoni, pilastri, guglie, pennacoli e torrioni rocciosi per azioni chimiche, termoclastiche e meccaniche, con rotolio a valle e conseguente minaccia per gli abitati costieri.

Una componente essenziale, nell'ambito di indagini mirate a definire l'assetto idrogeologico del territorio riguarda, infine, i depositi di copertura in quanto essi rappresentano sia elementi diretti di rischio da frana (nel caso di "colate rapide detritico fangose"), sia indicatori dei processi pregressi o attivi lungo i versanti e gli impluvi. I depositi di copertura della Costa d'Amalfi possono essere così suddivisi:

- *Depositi detritici*: sotto forma di falda o cono detritico al piede dei versanti carbonatici, sono costituiti da breccie eterometriche stratificate a scarsa matrice sabbioso-siltosa da cementate a parzialmente cementate.
- *Depositi detritico-colluviali*: costituiti da piroclastiti rimaneggiate e limi di origine colluviale, generalmente incoerenti e frammisti a detrito carbonatico, sono spesso accumulati in concavità morfologiche ed alla base dei versanti.
- *Depositi detritico-alluvionali*: depositi clastici molto diffusi alla base dei versanti carbonatici. Si tratta di ghiaie calcaree a spigoli subarrotondati ed a scarsa matrice, spesso intercalate a piroclastiti in giacitura secondaria; sono rinvenibili nelle aree di recapito di frane di colata anche sotto forma di conoidi

sia quiescenti che relitti. Immediatamente alla base dei versanti, possono presentarsi coalescenti e formare consistenti accumuli, potenti diversi metri. Nelle zone distali lo spessore dei depositi si riduce a pochi decimetri.

- *Depositi alluvionali*: rappresentati da ghiaie e sabbie sciolte dei fondovalle dei principali corsi d'acqua e dei conoidi di deiezione costieri accumulate in seguito a fenomeni di piena torrentizia. A questa categoria appartiene un particolare gruppo di depositi che vanno sotto il nome di Durece (fig. 17), dal latino *durescere* (diventare duro), un termine usato dai contadini locali per indicare una tipica litofacies composta da depositi piroclastici rimaneggiati del 79 a.C. Con questo termine ci si riferisce all'intera successione di depositi che rappresentano le prime fasi di mobilizzazione delle piroclastiti da caduta del 79 a.C. (Cinque e Robustelli, 2009).
- *Depositi piroclastici*: costituiti da piroclastiti sciolte (cineriti e, a luoghi, livelli di pomici) o variamente addensate e pedogenizzate, sono presenti in maniera molto diffusa ma discontinua lungo i versanti e nelle testate d'impluvio intercalati talora a paleosuoli.

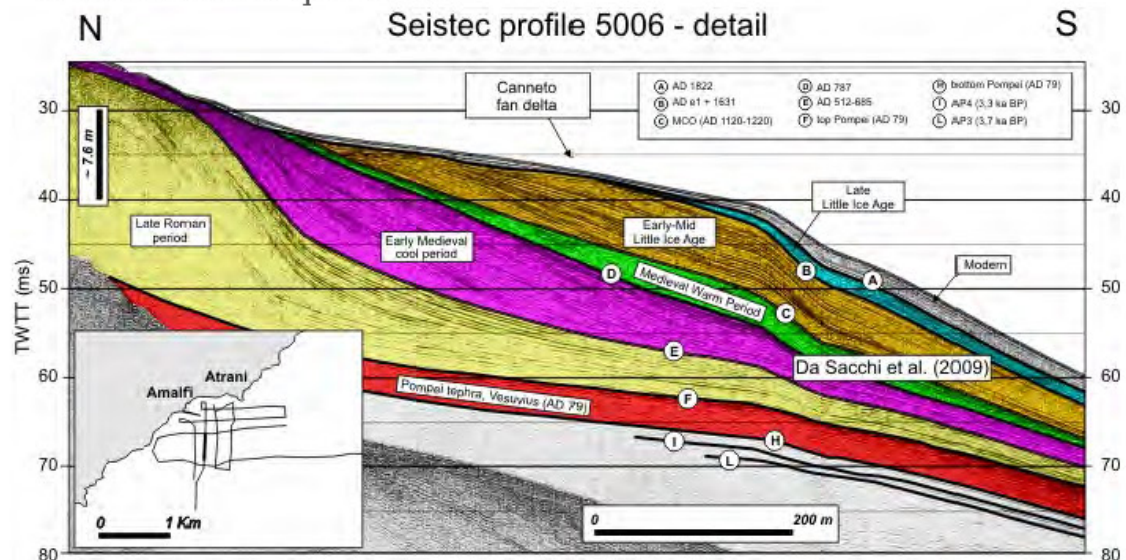


Figura 16 - Profilo sismostratigrafico effettuato alla foce del Torrente Canneto mostrando la correlazione tra diverse fasi di progradazione e fasi climatiche. Da Sacchi et al., 2009.

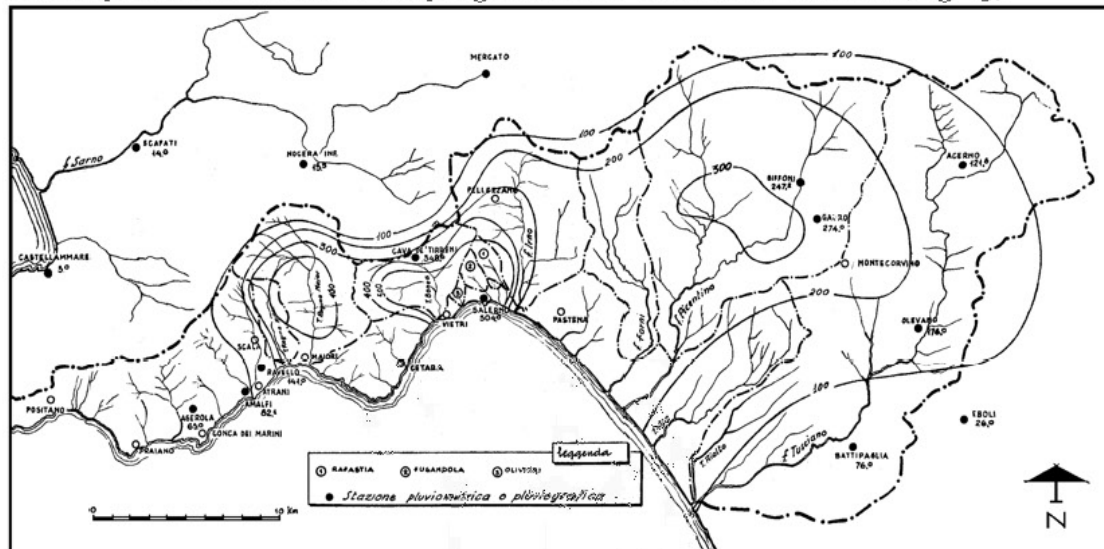


Figura 17 - Depositi di Durece affioranti lungo il tratto terminale del T. Canneto (foto Violante).

## 6. Analisi storica comparativa e magnitudo dei fenomeni di dissesto idrogeologico

La Costa d'Amalfi ha vissuto nel suo passato alluvioni che per la loro eccezionalità hanno lasciato il segno nelle cronache, negli archivi e nella memoria collettiva dei suoi abitanti. Le alluvioni così come le frane rappresentano un rischio reale per un territorio come quello amalfitano che per la sua conformazione geo-morfologica risente particolarmente dell'alterarsi del regime delle precipitazioni. Si tratta, infatti degli effetti prodotti da fenomeni meteo-climatici eccezionali caratterizzati da piogge molto intense, di limitata estensione (fig. 18) e concentrate in brevi periodi di tempo che provocano fenomeni franosi anche di grandi dimensioni.

In tale contesto si inserisce un numero impressionante di eventi piovosi di forte intensità che hanno dato seguito a forte instabilità dei versanti e vari casi di piene torrentizie che hanno interessato i bacini imbriferi primari e secondari presenti sulla Costa. I principali centri abitati, più o meno gravemente colpiti soprattutto da fenomeni di alluvionamento o allagamenti risultano essere quelli posizionati alla foce dei torrenti dove si concentrano ingentissime quantità di sedimenti e detrito, oltre a materiali vegetali come piante ed arbusti, che spesso hanno provocato fenomeni di progradazione della linea di costa (Fig. 15).



**Figura 18** - Isoiete dell'evento del 25-26 ottobre 1954 (Tranfaglia e Braca 2004)

Le forti analogie per gli scenari geomorfologico-ambientali ricorrenti lungo la Costiera fanno sì che una opportuna interpretazione di tali fenomenologie possa essere applicabile ai vari bacini presenti nell'area in esame, assumendo valenza previsionale nell'ambito dei Piani di Protezione Civile a livello provinciale e comunale. Sulla base della vasta casistica disponibile per lo studio approfondito dei fenomeni alluvionali avvenuti in periodi storici e relativamente attuali (Fumanti et al., 2002; Esposito et al., 2003a; 2003b; 2004a; 2004b; Violante 2009a; Porfido et al. 2009) è stato possibile definire la tipologia del dissesto idrogeologico della Costa d'Amalfi.

A tale proposito l'analisi storica comparativa ha permesso di valutare la ricorrenza di tali eventi in riferimento ad una scala temporale di quattro secoli (1562-2000), da cui è stato possibile determinare la *magnitudo* di ciascun evento in base all'estensione dell'area colpita, intesa anche come termine indice della gravità dell'evento (Tab. 3 e 4). A tale proposito sono stati documentati ottantatré eventi di piena e frane che hanno arrecato danni di varia natura, con carattere localizzato o più o meno esteso, talora con conseguenze molto gravi in termini di vite umane (tab. 5) e per le devastazioni che essi comportarono in abitati, infrastrutture oltre che alle strutture terrazzate. In particolare tra il 1500 e 1600 tre eventi alluvionali hanno interessato l'area compresa tra Maiori, Minori ed Atrani, un quarto evento, 1581, di maggiore *magnitudo* interessò buona parte della provincia di Salerno con risentimenti a Vietri sul Mare. Nel 1700 un numero elevato di eventi, almeno 15, nel complesso non di particolare gravità ma con effetti abbastanza pesanti sulle infrastrutture, si localizzarono in areali geografici estremamente limitati provocando dissesti sparsi in numerose località, con eventi di frane e piene torrentizie spesso ripetutesi più volte nell'arco dello stesso anno. L'evento più significativo, avvenuto nel 1773 interessò parte della costiera con gravissimi danni all'Università di Cava de'Tirreni, che a quell'epoca includeva anche i territori di Vietri sul Mare e Cetara provocando danni intensi al territorio ed un numero elevatissimo di vittime (400-450). Il diciannovesimo secolo segna un incremento di eventi piovosi intensi localizzati nelle aree di Conca dei Marini, Vietri sul Mare, Tramonti e subordinatamente Amalfi, Cetara, e Ravello. In particolare gli eventi alluvionali del gennaio 1823 e dell'ottobre 1899, i più significativi, si manifestarono con violenta attività franosa e torrentizia che produsse intensi danni ed un cospicuo numero di vittime sulla Costiera e nelle aree più interne del Salernitano; ad Amalfi la grande frana *alluvionale* del 1899 provocò quattordici vittime, un grande albergo distrutto, il Santa Caterina ed un altro parzialmente distrutto, Hotel Cappuccini. Il 1900 è stato caratterizzato da eventi calamitosi particolarmente significativi per la loro frequenza e distribuzione areale, contraddistinti da quantità di precipitazioni superiori alla norma raggiungendo localmente livelli catastrofici. Oltre 40 fenomeni alluvionali si verificarono lungo la costa; tra gli altri comuni, quelli di Minori e Vietri sul Mare furono quelli col numero maggiore di ricorrenze. L'evento alluvionale del 23-24 ottobre 1910 interessò la stretta fascia costiera da Salerno a Conca dei Marini. A seguito di questa alluvione si verificarono imponenti effetti geologici che furono causa di gravi danni soprattutto per il comune di Cetara dove la frazione Casale costituita da una trentina di abitazioni fu completamente seppellita da una enorme frana staccatasi dal Monte Falerio; duecento persone perirono sotto le macerie. I piccoli torrenti del Bonea, Cetus, Canneto, Regina Major e Minor ecc., si trasformarono in fiumi in piena travolgendo abitazioni e persone. Il territorio montano fu particolarmente colpito, per una moltitudine di terrazzamenti fu una *vera e propria ecatombe*, con asportazione di parte dei



terrazzamenti agrari e sostanziale modifica della facies morfometrica dei luoghi, ovvero di una completa decorticazione del terreno, in seguito a movimento caotico di masse rese fluide per eccesso di acqua: in taluni punti si debbono essere formate addirittura delle colate di fango, le quali hanno trascinato nella loro discesa rovinosa intere coltivazioni, muri di sostegno, abitazioni, manufatti stradali ecc. (Passerini, 1924). L'alluvione del 26 marzo 1924 colpì lo stesso tratto di costa dell'alluvione del 1910, focalizzando però gli effetti distruttivi su Vettica Minore, Amalfi, Positano e Praiano. A Vettica Minore una enorme frana seppellì un agglomerato di 25 abitazioni con la morte di 60 persone; il centro storico di Amalfi fu completamente sommerso dalle acque riportando danni a numerose abitazioni ed alla terrazza storica del Convento dei Cappuccini, il torrente Canneto per l'onda di piena produsse numerosi danni col crollo totale e parziale di diverse abitazioni edificate nella Valle. Tra Atrani e Positano, lungo la strada statale, si verificarono inoltre crolli di numerosi massi. L'evento alluvionale del 25-26 ottobre 1954 fu caratterizzato da precipitazioni eccezionali della durata complessiva di 16 ore e con un massimo misurato a Salerno di 504 mm di pioggia (Fig.2). L'area complessiva interessata dall'alluvione fu di 550 km<sup>2</sup>, mentre gli effetti più dannosi si verificarono in un'area di circa 100 km<sup>2</sup> interessando i bacini compresi tra il

<b>N</b>	<b>DATA</b>	<b>LOCALITA' COLPITE</b>	<b>BACINO IDROGRAFICO</b>
1	30.09.1581	Vietri sul mare	Bonea
2	31.08.1588	Atrani	Dragone
3	03.11.1750	Vietri sul mare	Bonea
4	25.05.1762	Cetara	Cetus
5	19.01.1764	Atrani, Maiori, Minori, Scala	Regina Maior, Regina Minor, Dragone
6	11.11.1773	Cetara, Tramonti, Vietri sul mare	Cetus, Regina Major, Bonea
7	24.01.1823	Amalfi, Cetara, Maiori, Vietri sul mare, Benincasa, Dragonea	Canneto, Cetus, Regina Major, Bonea
8	7.10.1899	Conca dei Marini, Vietri sul mare	Bonea
9	24.10.1910	Amalfi, Cetara, Erchie, Furore, Maiori, Minori, Ravello, Scala, Tramonti, Vietri sul mare	Canneto, Cetus, Regina Major, Regina Minor, Bonea
10	26.03.1924	Amalfi, Atrani, Conca dei Marini, Furore, Maiori, Minori, Positano, Praiano, Ravello, Vettica M., Vietri sul mare	Canneto, Dragone, Furore, Regina Major, Regina Minor, Bonea
11	25.10.1954	Amalfi, Atrani, Maiori, Minori, Positano, Praiano, Tramonti, Vettica M., Vietri sul mare	Canneto, Dragone, Regina Major, Regina Minor, Bonea

**Tabella 3** - Eventi di piena torrentizia di magnitudo medio – alta, avvenuti dal 1581 al 1996, con indicazione delle località colpite e dei bacini idrografici interessati censiti nell'ambito di progetti del CNR. Modificata da Porfido et al., 2009.

N	DATA		LOCALITA' COLPITE	BACINO IDROLOGICO	
1	20	12	1683	Maiori	Regina Major
2	15	10	1696	Minori	Regina Minor
3	09	11	1735	Cetara, Maiori, Vietri sul mare	Cetus, Regina Major, Bonea,
4	25	01	1736	Vietri sul mare	Bonea
5	26	09	1736	Vietri sul mare	Bonea
6		11	1738	Vietri sul mare	Bonea
7	10	10	1751	Amalfi	Canneto
8	01	09	1753	Amalfi	Canneto
9	23	01	1757	Vietri sul mare	Bonea
10	09	10	1757	Amalfi	Canneto
11		11	1760	Vietri sul mare	Bonea
12		02	1780	Atrani	Dragone
13	25	12	1796	Vietri sul mare	Bonea,
14	12	11	1817	Fuente, Vietri sul mare	Bonea
15		12	1822	Vietri sul mare	Bonea
16	24	01	1823	Cetara, Vietri sul mare	Cetus, Bonea
17	13	09	1834	Cetara	Cetus
18	18	07	1835	Conca dei Marini, Fotani, Ravello, Tramonti	Regina Major
19	27	09	1837	Vietri sul mare	Bonea,
20	26	10	1843	Cetara, Maiori, Vietri sul mare	Cetus, Regina Major, Bonea,
21	18	03	1845	Maiori, Vietri sul mare	Regina Major, Bonea
22	05	01	1853	Vietri sul mare	Bonea
23	11	10	1866	Vietri sul mare, Fuente, Raito	Bonea
24		08	1866	Tramonti	Regina Major
25	11	11	1866	Vietri sul mare, Raito, Albori	Bonea
26	16	03	1867	Vietri sul mare	Bonea,
27	01	04	1875	Conca dei Marini	
28	01	02	1878	Conca dei Marini	
29	05	02	1885	Amalfi	Canneto
30			1891	Tramonti	Regina Major
31			1896	Conca dei Marini	
32			1899	Conca dei Marini	
33		02	1903	Vietri sul mare	Bonea
34	07	10	1904	Ravello	Dragone
35	02	01	1911	Cetara, Vietri sul mare	Cetus, Bonea
36	03	01	1915	Minori	Regina Minor
37	06	11	1916	Vietri sul mare	Bonea
38	13	11	1921	Furore	
39	21	09	1929	Vietri sul mare	Bonea,
40	01	03	1935	Conca dei Marini, Minori, Tramonti, Ravello	Dragone, Regina Minor, Regina Major
41	18	11	1935	Vietri sul mare	Bonea
42	14	09	1939	Conca dei Marini, Amalfi, Maiori	Canneto, Regina Major
43	18	06	1944	Minori	Regina Minor
44	09	12	1946	Minori	Regina Minor
45	02	03	1947	Minori	Regina Minor
46	25	10	1947	Minori	Regina Minor
47	23	05	1948	Minori	Regina Minor
48	05	09	1948	Minori	Regina Minor
49	28	10	1948	Minori	Regina Minor
50	01	10	1949	Praiano, Maiori, Vietri sul mare	Regina Major, Bonea
51	21	01	1951	Minori	Regina Minor
52	11	09	1953	Ravello	Dragone
53	11	09	1955	Tramonti	Regina Major
54	22	10	1957	Tramonti, Minori	Regina Major Regina Minor
55	16	02	1963	Tramonti	Regina Major

numerosi crolli di edifici e venticinque vittime. Ampi fenomeni franosi interessarono i versanti montuosi travolsero due fabbricati e tredici persone Nel bacino del torrente Regina Minor i danni furono relativamente meno gravi. Anche a Minori furono divelti i tratti tombati del torrente, fenomeni di esondazione si verificarono nella parte bassa della cittadina, sventrando case e negozi con tre vittime. La distribuzione areale dei danni e degli effetti indotti dai maggiori eventi idrogeologici del 1910, 1924 e 1954 è riportata in figura 20.

Data	Località	Vitime	Data	Località	Vitime
30.09.1581	Vietri sul mare	2	10.11.1817	Vietri sul mare	4
25.05.1762	Cetara	50	24.01.1823	Cetara	8
19.01.1764	Atrani	2	18.10.1823	Minori, Atrani	1
11.11.1773	Cetara e Vietri	100	24.10.1910	Amalfi	2
				Cetara	150
				Maiori	20
				Minori,	4
01.02.1780	Atrani	26	26.03.1924	Amalfi	5
				Maiori	1
				Positano	15
				Praiano	10
21.12.1812	Positano	3	25.10.1954	Vettica M.	60
				Maiori	34
				Minori	3
				Salerno	108
				Tramonti	25
Vietri sul mare	117				
Totale vittime dal 1581 al 1954					992

**Tabella 5** – Numero di vittime per località colpite da eventi idrogeologici dal 1581 al 1996 sulla base di dati provenienti da progetti di ricerca CNR. Da Esposito et al., in prep.

## 7. Ambiente geologico e attività antropica

L'antropizzazione della Costa d'Amalfi è avvenuta sfidando le difficili condizioni ambientali di un paesaggio morfologicamente accidentato, con soluzioni insediative capaci di sfruttare tratti di territorio ad elevata energia di rilievo sia da un punto di vista produttivo che residenziale. L'aspra morfologia del paesaggio, dovuta alla presenza di rocce sedimentarie a prevalente composizione calcareo-dolomitico, litoidi e ben cementate, e a vicende geodinamiche recenti (vedi par. 8.1) ha storicamente vincolato lo sviluppo di nove dei sedici comuni compresi nel territorio in esame (vedi tab. 1) alle aree di foce dei torrenti maggiori (il T. Furore, il T. Dragone, il T. Regina Minor, il T. Regina Maior, il T. Cetus e il

56	25	09	1963	Cetara, Minori	Regina Minor
57	08	10	1963	Amalfi, Cetara	Canneto, Cetus
58	16	12	1963	Tramonti	Regina Major
59	19	12	1968	Amalfi, Tramonti	Canneto, Regina Major
60	25	12	1970	Amalfi, Minori	Canneto, Regina Minor
61	15	10	1971	Tramonti	Regina Major
62	23	11	1971	Amalfi, Minori	Canneto, Regina Minor
63	06	03	1972	Tramonti	Regina Major
64	21	10	1972	Tramonti	Regina Major
65	02	01	1973	Amalfi, Tramonti, Minori, Maiori	Regina Minor, Regina Major
66	12	10	1980	Tramonti, Minori, Maiori	Regina Major, Regina Minor
67	17	11	1985	Tramonti, Maiori	Regina Major
68	24	11	1986	Tramonti	Regina Major
69	10	11	1987	Positano, Ravello, Tramonti, Minori	Regina Major, Cavatola, Regina Minor
70	15	09	1988	Tramonti	Regina Major
71	25	09	1992	Tramonti	Regina Major
72	20	09	1996	Tramonti	Regina Major

**Tabella 4** - Eventi di piena torrentizia e fenomeni franosi di magnitudo medio - bassa, avvenuti dal 1581 al 1996, con indicazione delle località colpite e dei bacini idrografici interessati, censiti nell'ambito di progetti del CNR. Modificata da Porfido et al., 2009.

Bonea ed il regina Major. Il bilancio dei danni nelle aree più colpite fu stimato in 320 fabbricati distrutti, 318 vittime e 10.664 senzatetto. Le frazioni di Molina e Marina di Vietri sul Mare subirono danni devastanti ad una cinquantina di abitazioni ed all'intero nucleo industriale di Molina per l'effetto congiunto dell'erosione e dell'onda di piena del torrente Bonea. Il carico solido del materiale trasportato a mare dal torrente modificò la spiaggia di Marina, creando un ampio delta della lunghezza di 130 metri. Movimenti franosi si registrarono su tutto il territorio comunale. Nelle frazioni di Raito e Albori si innescarono fenomeni franosi di grandi dimensioni investendo alcune abitazioni e provocando due vittime. A Marina d'Albori, il trasporto solido operato dall'omonimo torrente innalzò di alcuni metri la spiaggia preesistente, provocando, inoltre, un avanzamento della linea di costa con la formazione di un piccolo delta. Nel bacino del Regina Maior si ebbero fenomeni confrontabili a quelli occorsi nel bacino del Bonea. Lo sfondamento dei tratti tombati del torrente provocò il crollo parziale o totale delle abitazioni latitanti (fig. 19); crollarono i ponti di comunicazione da e per Maiori e la strada statale fu interrotta dalle frane. L'apporto del materiale detritico a mare determinò, la formazione di un delta temporaneo della lunghezza di un centinaio di metri. Trantaquattro persone persero la vita. Nelle frazioni montane, Ponteprimario, Ferriera, Vecite, S. Maria delle Grazie, S. Pietro, estesero fenomeni franosi modificarono l'assetto territoriale, trascinando terrazzamenti, strade, ponti e abitazioni e le numerose cartiere poste lungo il corso del torrente Regina Maior. Nel vallone Fondi la strada fu coperta da detriti con spessori dell'ordine di una decina di metri (Penta et al, 1954). Si verificarono anche notevoli fenomeni di sovralluvionamento a Vecite e Ponteprimario dove i letti dei torrenti si alzarono di quattordici metri (Il Gallo, 1954). A Tramonti si verificarono

T. Bonea) dove si presentavano congiuntamente risorse idriche, rientranze atte ad ospitare porti e topografie meno acclivi dovute alla presenza di colmamenti alluvionali. Tali sistemi fluviali sono caratterizzati da corsi d'acqua brevi e ripidi che pure hanno avuto un ruolo importante per lo sviluppo di un'economia basata sulla produzione della carta con la costruzione di numerosi mulini in grado di sfruttare l'energia idrica fornita dalle acque torrentizie. Tuttavia, nonostante le ridotte dimensioni, essi possono dar luogo ad eventi catastrofici repentini e improvvisi intervallati a lunghi periodi di apparente stabilità. I processi possono essere così violenti, sia per magnitudo che per estensione e diffusione, che si arrestano solo allo sbocco a mare o nelle valli in corrispondenza di aree di conoidi (vedi par. 8.4), spesso intensamente urbanizzate ed edificate provocando danni significativi al tessuto socio-economico ed urbanistico e perdita di vite umane. La presenza di torrenti ha, quindi, fornito un importante



**Figura 19** - Maiori. Effetti dell'alluvione del 1954 alla foce del Torrente Regina Major (Foto del Servizio Idrografico e Mareografico di Napoli, 1954).

occasione di sviluppo antropico ma ha contemporaneamente esposto le comunità locali che vi si insediavano a un elevato grado di rischio derivante da *alluvioni lampo* in grado di trasformare l'abituale deflusso torrentizio in colate di fango e detrito altamente distruttive. Inoltre l'interazione tra attività umana e processi naturali ha condizionato l'evoluzione geologico - ambientale producendo un'intensificazione più o meno marcata degli stessi, in relazione al tipo di intervento realizzato. Nel caso in esame gli effetti delle forti alluvioni sul territorio sono state in buona parte aggravate dalle diffuse situazioni di dissesto

dovute all'abbandono del territorio montano, alla scarsa funzionalità della rete di deflusso delle acque e all'*intombamento* dei torrenti nei tratti inferiori degli alvei (fig. 19). Decine di case distrutte, numerosissime vittime, distruzione del patrimonio agricolo e forestale, è il bilancio dei danni materiali delle principali alluvioni verificatesi lungo la Costa d'Amalfi negli ultimi secoli.



**Figura 20** - Sintesi grafica della distribuzione dei principali eventi alluvionali, livello di danneggiamento e distribuzione dei fenomeni geologici indotti dalle alluvioni del 1910, 1924 e 1954 nelle principali località della Costa d'Amalfi. Da Esposito et al. 2003.



**Figura 21** - Depositi di copertura costituiti da detrito carbonatico in matrice di materiale piroclastico. Foto Violante. Da Violante et al., 2004.

Nell'area amalfitana fenomeni di piena torrentizia sono regolarmente accaduti anche per la presenza di suoli e terreni vulcanici di tipo piroclastico scarsamente

coerenti, costituiti da livelli di pomici e cineriti sabbioso-siltose. Questi materiali, fortemente inclini al distacco durante eventi piovosi, risultano frequentemente rimaneggiati (fig. 21) e argillificati e ricoprono con spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro il substrato carbonatico. Localmente mancanti sui tratti di versante più acclivi, la loro origine è per la gran parte da mettere in relazione alla grande eruzione del 79 d.C., mentre più rari e di limitata estensione sono i prodotti relativi ad episodi vulcanici più antichi (vedi par. 8.1).

Anche in questo caso la presenza di suoli vulcanici rappresenta una componente geologica a doppio impatto ambientale che, da un lato, determina lo sviluppo dei terrazzamenti agrari tipici paesaggio amalfitano, altrimenti costituito da spogli versanti rocciosi scarsamente sfruttabili e, dall'altro, costituisce un rilevante fattore di dissesto idrogeologico. Ciò evidenzia la necessità dell'applicazione di concetti e strategie d'azione ambientali per uno sviluppo sostenibile basato sia su nuove forme di progettualità che sul recupero di tecniche e metodi della tradizione.

*Terrazzamenti e stabilità dei versanti.* La presenza dell'uomo ha da sempre determinato un'ampia e intensa utilizzazione del suolo, che si è esplicata fino a metà del secolo scorso con il dissodamento e la messa a coltura di aree sempre più vaste, compreso quelle meno vantaggiose dal punto di vista fisico. In tal modo, il precario equilibrio naturale che si era instaurato, in precedenza, in vaste zone tra il clima, la vegetazione, il suolo e il sottosuolo è stato sostituito da uno nuovo, molto artificioso, ottenuto a costo di incredibili sacrifici e mantenuto attraverso la oculata e costante opera degli agricoltori e delle popolazioni montane. Questa opera era basata essenzialmente sulla realizzazione e sul mantenimento di adeguate opere di sistemazione idraulico-agraria (terrazzamenti, muretti a secco, reti idriche, drenaggi, ecc.) e di ordinamenti produttivi misti (APAT, 2006).

Nel caso della costa d'Amalfi la costruzione di terrazze ha trasformato profondamente il paesaggio alterando l'equilibrio e i caratteri vegetali delle coperture sedimentarie quaternarie, da cui deriva la quasi totalità dei materiali alluvionali (Violante et al. 2009). Sui ripidi versanti carbonatici l'uso dei terrazzamenti ha trasformato gli originari pendii in una serie di superfici sub-orizzontali attraverso la deforestazione e l'utilizzo di pietrame per la costruzione di muretti a secco con effetti diretti sui caratteri idrogeologici che regolano la stabilità e il tasso di erosione dei versanti e quindi grado di rischio geologico.

Il paesaggio agrario terrazzato ad Amalfi si è sviluppato con caratteri e tipologie anche molto diverse tra loro, spesso in relazione al grado di acclività dei pendii da colonizzare. Tali sistemi oltre ad apportare trasformazioni morfologiche, hanno profondamente modificato il drenaggio naturale dei versanti, attraverso la costruzione di una fitta rete di canali d'irrigazione e vasche per la raccolta

d'acqua (Violante et al., 2008a; 2008b). L'obiettivo primario di tali tecniche di sistemazione idraulico-agraria era quello di contenere l'erosione del suolo entro limiti ammissibili, comunque non superiori alla sua quota di rinnovamento dovuta ai processi pedogenetici. In particolare esse hanno consentito una maggiore capacità di infiltrazione delle acque piovane e la riduzione della velocità di ruscellamento, nonché di intercettare e canalizzare, in idonei recapiti, le acque di deflusso superficiale ed evitare i ristagni.

Dal secondo dopoguerra si è verificato il progressivo abbandono di vaste zone agricole, soprattutto perché inaccessibili con i mezzi meccanici o perché poco produttive da un punto di vista agricolo. Sono state abbandonate principalmente le aree ubicate su versanti di elevata pendenza, quindi particolarmente predisposte all'azione demolitrice degli agenti esogeni. In tal modo è venuta a mancare la funzione di presidio dell'uomo sul territorio, necessaria ad assicurare la salvaguardia di queste aree ancora fragili e il controllo sulle dinamiche naturali.

Da una prima analisi effettuata confrontando foto aree attuali con quelle risalenti agli anni 50 risulta che la riduzione dei terrazzamenti agricoli lungo la Costiera Amalfitana è valutabile intorno al 20 %. Senza la necessaria e costante opera di manutenzione operata dall'uomo, le strutture terrazzate tendono rapidamente al degrado con forti conseguenze sulla stabilità dei versanti e sull'equilibrio idrogeologico che, in queste aree, risulta fortemente dipendente dal continuo lavoro dei contadini. La loro presenza sul territorio, garantisce un efficiente deflusso delle acque evitando accumuli e intasamenti dei canali di scolo, soprattutto in occasione di eventi piovosi, e consente di mantenere le "artificiali" condizioni di stabilità attraverso la quotidiana sistemazione delle strutture murarie. Anche se l'impatto dei terrazzamenti antropici sulla stabilità dei versanti resta ancora da valutare, appare chiaro che in mancanza di un tale lavoro il risultato finale sarà un aumentato pericolo associato a diffusi fenomeni di instabilità di versante con conseguente aumento del carico solido fluviale in occasione di eventi meteorici (Violante et al., 2009).

## **8. Pericolosità e rischio idrogeologico**

Il rischio esprime il valore del danno atteso agli elementi vulnerabili conseguente al verificarsi di un evento di data pericolosità. E' evidente che, in assenza di elementi antropici, il danno e pertanto il rischio sono nulli. Per una corretta valutazione del dissesto idrogeologico in un dato ambito territoriale e' comunque importante l'individuazione delle aree di pericolosità, cioè di quelle zone, che pur essendo interessate da fenomeni franosi o da alluvioni, non rilevano presenza di antropico e, quindi di rischio a beni o persone.



Al fine di stimare il rischio è necessario, in accordo con la definizione maggiormente accettata dalla Comunità Scientifica (UNESCO, 1972), associare alla suscettibilità, ovvero la propensione al dissesto del territorio dovuta a fattori intrinseci dello stesso, la stima della probabilità che i fattori esterni, che innescano il fenomeno franoso, superano un assegnato valore (di soglia) in un determinato periodo di tempo. Nel caso specifico, alla prima categoria sono ascrivibili i fattori geologici, morfologici e idrogeologici, mentre alla seconda categoria le precipitazioni meteoriche per le quali è comunemente nota la relazione di causa-effetto con i fenomeni franosi.

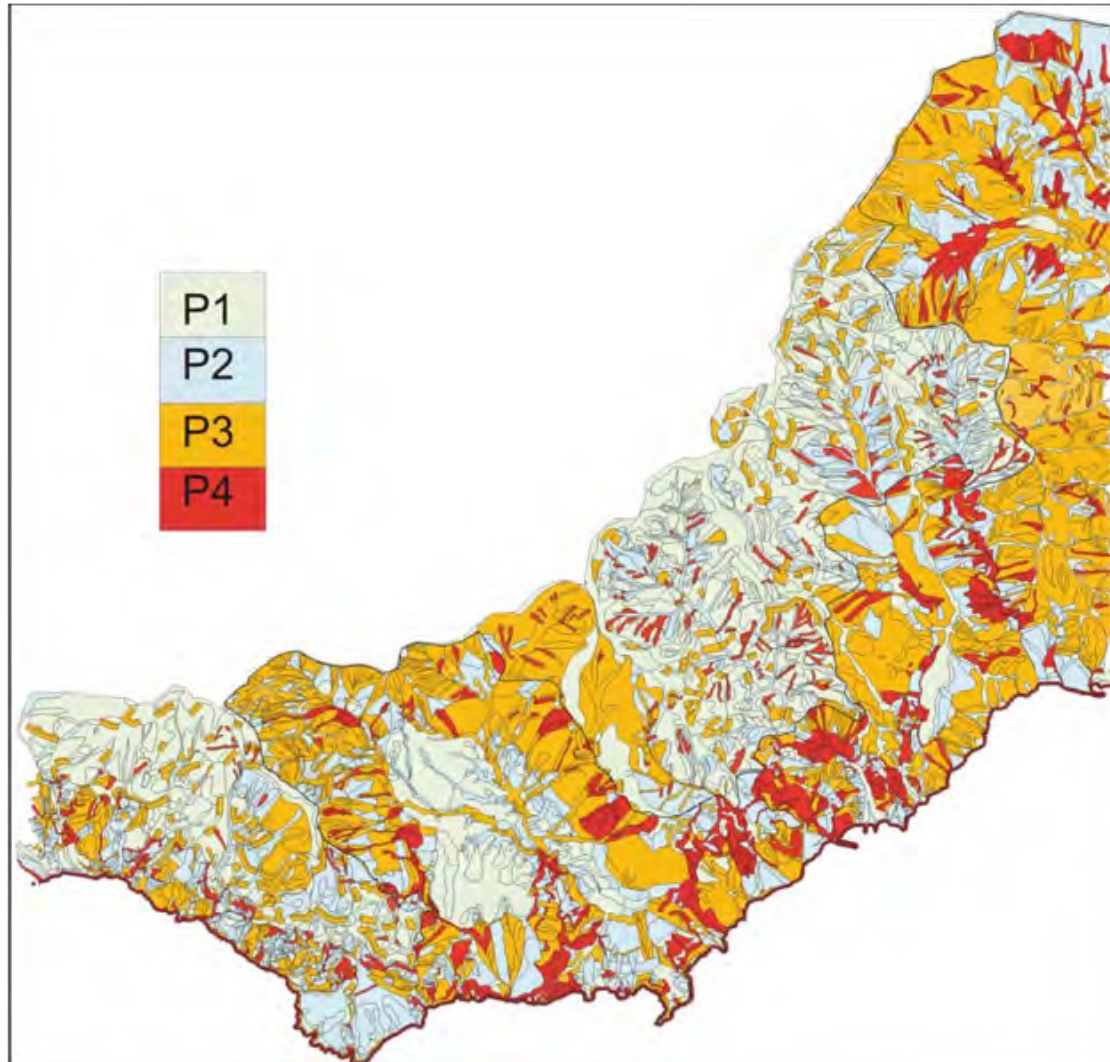
In letteratura esistono studi riguardanti il dissesto idrogeologico nell'area in oggetto (e.g. Lazzari, 1954; Guida, 2003; Calcaterra et al., 2003; Esposito et al., 2004a; Braca et al., 2007; Violante 2009a; Violante et al., 2009). Tuttavia l'organo ufficiale che opera nel settore della difesa del suolo preposto alla individuazione della pericolosità e del rischio idrogeologico, anche sulla base della letteratura esistente, con la finalità di inquadrare, coordinare e controllare le attività di pianificazione e di programmazione è L'Autorità di Bacino Destra Sele, a cui spetta il compito di governo del territorio in esame attraverso la redazione del Piano Stralcio Per l'Assetto Idrogeologico (PSAI). A tale Piano (<http://www.autoritabacinodestrasele.it/dati.aspx>) si rimanda per il quadro normativo di riferimento. Vengono qui di seguito riportate le principali considerazioni tecniche in esso contenute, opportunamente integrate e rielaborate, riguardanti l'individuazione della pericolosità e del rischio da frane e da piene torrentizie (fenomeni misti), e le relative cartografie tematiche.

**Pericolosità da frane.** Le aree interessate sono state distinte in quattro fasce (P<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>). Quelle di pericolosità maggiore, denominate P<sub>4</sub> e P<sub>3</sub> sono state distinte in aree di pericolo reale e aree di pericolo potenziale in riferimento al loro interessamento o meno da frane in atto o quiescenti. La distinzione in fasce si basa sulla individuazione e parametrizzazione di fattori predisponenti il dissesto, come la pendenza dei versanti, l'esposizione, le fasce altimetriche la sismicità e l'uso del suolo, esaminando le relazioni esistenti tra i vari tipi di fenomeno gravitativo e i fattori morfologici, geomorfologici e geolitologici, e sull'incrocio con altri elementi relativi agli spessori ed all'estensione delle coltri di copertura sciolta, laddove esistente, e alla valutazione della magnitudo del fenomeno atteso. In tal modo si è costruita una *Carta preliminare degli scenari di pericolosità da frana* (fig. 22) in cui sono campite le seguenti classi in termini di pericolosità:

**P<sub>4</sub>** Aree con franosità attiva e/o quiescente di frane con massima intensità reale o attesa elevata;

**P<sub>3</sub>** Unità Territoriale priva di franosità attiva o quiescente, ma caratterizzata da fattori predisponenti alla genesi di fenomeni franosi e/o evolutivi con intensità e

magnitudo elevate, nonché franosità attiva o quiescente, con evidenze di riattivazioni recenti (di epoca storica), di frane con massima intensità reale o attesa media;



*Figura 22* - Carta della pericolosità da frana dell'area compresa tra Maiori e Postano. Ridisegnata da PSAI Destra Sela. Per la spiegazione si veda il testo.

**P2** Unità territoriale caratterizzata da fattori predisponenti alla genesi di fenomeni franosi e/o evolutivi caratterizzati da intensità media o da intensità elevata ma magnitudo media, nonché franosità attiva o quiescente, con evidenze di riattivazioni recenti (di epoca storica), di frane con massima intensità reale o attesa bassa;

**P1** Unità territoriale caratterizzata da fattori predisponenti alla genesi di fenomeni franosi e/o evolutivi caratterizzati da intensità bassa, ovvero di fenomeni di intensità media/elevata e magnitudo bassa (volume coinvolto molto limitato), ovvero da fenomeni franosi di intensità media inattivi;

Po Unità territoriale caratterizzata da assenza di fattori predisponenti alla genesi di fenomeni franosi e/o evolutivi secondo le naturali tendenze morfoevolutive.

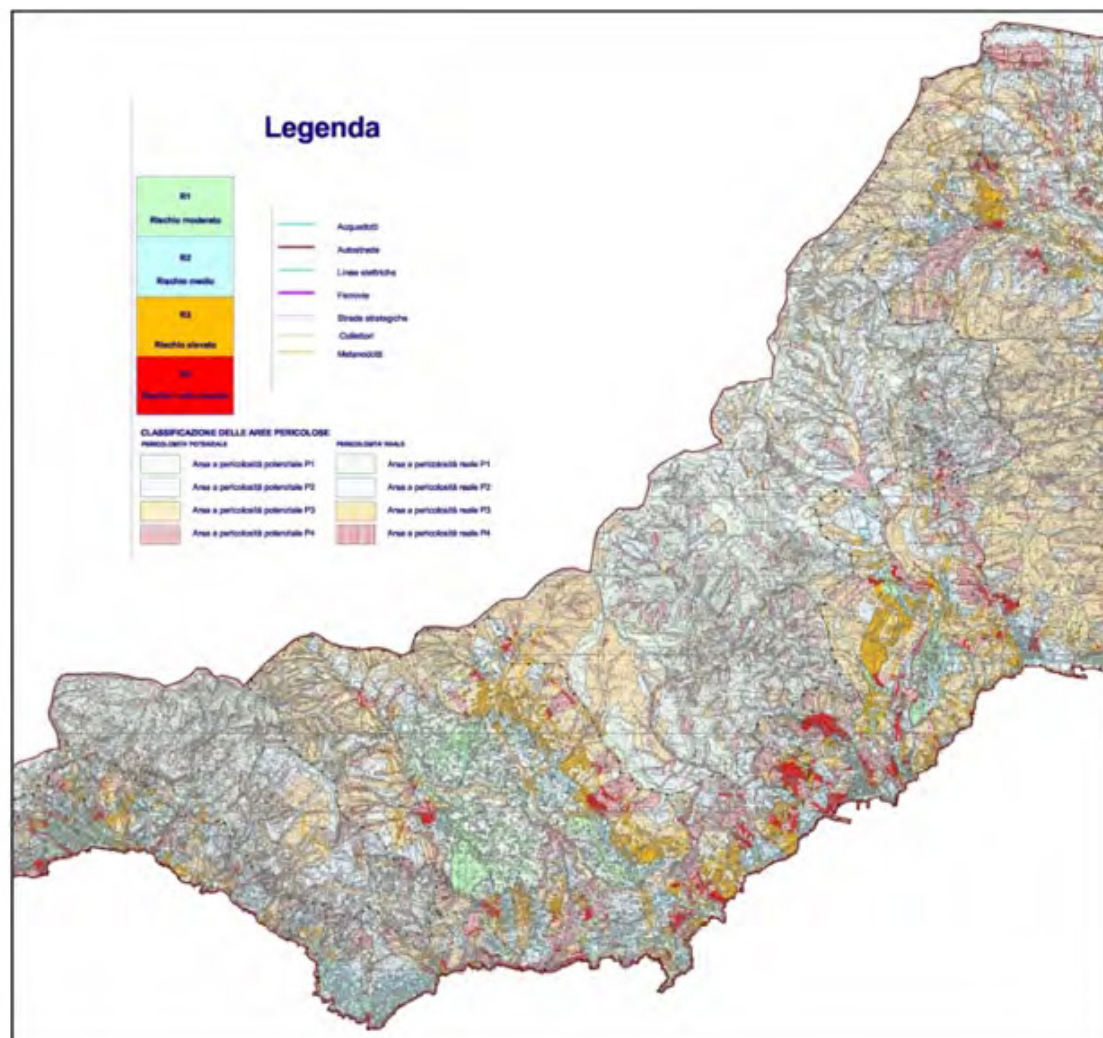
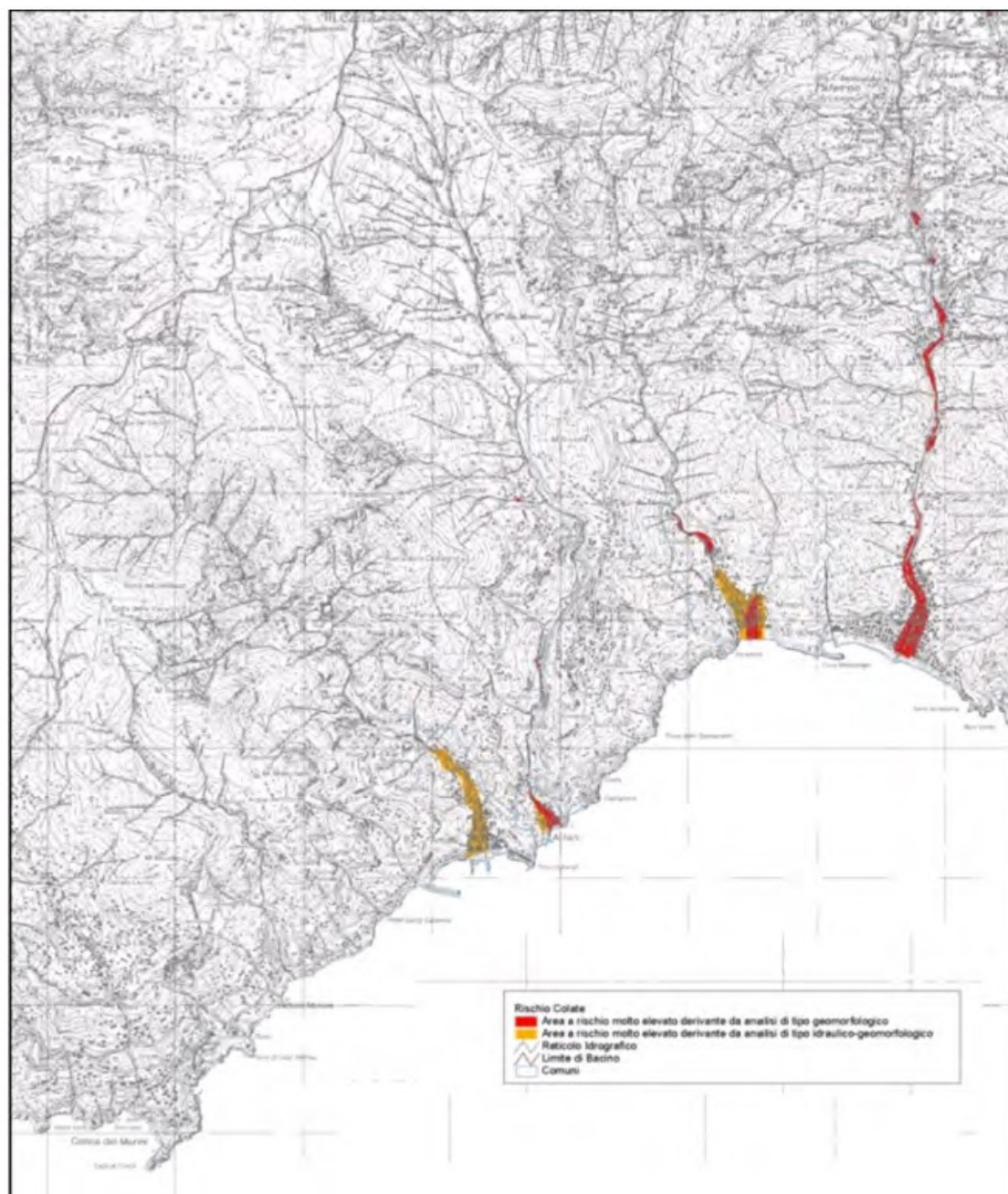


Figura 23 - Carta del rischi da frana dell'area compresa tra Maiori e Postano. Ridisegnata da PSAI Destra Sele. Per la spiegazione si veda il testo.

**Rischio da frane.** La Carta del Rischio da frane (fig. 23) scaturisce dall'incrocio della Carta degli elementi antropici (antropico esistente e di progetto) con la Carta della Pericolosità da Frana. Si tratta comunque di valutazioni di rischio relativo, all'interno del campione di tutte le frane studiate nell'ambito del bacino e non della singola frana, al fine di classificarle in un ordine gerarchico per individuare le priorità di intervento. La valutazione del rischio relativo è stata effettuata sulla base della pericolosità relativa e del danno atteso, cioè della perdita dell'incolumità e della vita umana e della perdita dei beni materiali.

Una netta separazione tra le classi è stata individuata sulla base della possibilità o meno di un coinvolgimento diretto delle persone. Sono state distinte quattro classi di rischio:



**Figura 24** - Carta del rischio colate dell'area compresa tra Maiori e Capo Conca. Ridisegnata da PSAI Destra Sele. Per la spiegazione si veda il testo.

Particolare importanza rivestono i così detti *fenomeni misti o piene torrentizie* (vedi par. 8.4) per i quali è necessario considerare sia gli aspetti geologico-geomorfologici per caratterizzare i processi di versante, sia quelli idraulici così da avere una visione integrata che consenta di modellizzare l'interazione della dinamica di versante con quella del reticolo idrografico. Tali processi, infatti, si generano in corrispondenza dei versanti ma interagiscono pesantemente con la dinamica fluviale, mobilitando ingenti quantitativi di materiale presi in carico dai corsi idrici.

**R1 Rischio moderato** Aree nelle quali i danni sociali , economici ed ambientali sono marginali; in queste zone possono verificarsi o sono stati riconosciuti fenomeni di modesta entità le cui dimensioni e/o la velocità (intensità e magnitudo) non mettono mai in discussione l'elemento antropico. Rientrano in questa classe le aree classificate a pericolosità P1, che interagiscono con elementi antropici ed ambientali.

**R2 Rischio medio** Aree per le quali sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche. Rientrano quindi in questa classe le aree classificate con grado di pericolosità P2 che interagiscono con gli elementi antropici ed ambientali.

**R3 Rischio elevato** Aree per le quali sono possibili problemi per l'incolumità delle persone , danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. Ricadono in questa classe le aree con grado di pericolosità P3 che interagiscono con gli elementi antropici ed ambientali.

**R4 Rischio molto elevato** Aree per le quali sono possibili la perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, con la distruzione di attività socio economiche. Rientrano in questa classe le aree classificate con grado di pericolosità P4 che interagiscono con gli elementi antropici ed ambientali.

**Rischio da fenomeni misti (colate - piene torrentizie).** Gli aspetti metodologici adottati per queste tipologie di dissesto che il PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) prende in esame sono dunque del tutto simili a quelle illustrate in precedenza per la parte generale di definizione del rischio, salvo poi differenziarsi per gli aspetti applicativi di dettaglio. Entrambi i fenomeni di dissesto (idraulico e geomorfologico) hanno una stretta connessione con i fenomeni meteorici di particolare rilevanza. Spesso i movimenti franosi danno luogo alla invasione di materiale solido nelle aree di pertinenza dei corsi d'acqua restringendone le sezioni di deflusso se non proprio occludendo sezioni di particolare attenzione. Allo stesso modo deflussi con elevati tiranti e ancor più zone di espansione della corrente fluviale possono dar luogo, se la testa della frana giunge nei pressi delle aree di pertinenza fluviale, a possibili reineschi di moti franosi in quiescenza da lungo tempo.

Anche in questo caso, così come per i fenomeni franosi, è possibile definire il rischio idraulico attraverso la valutazione del danno atteso agli elementi vulnerabili conseguente al verificarsi di un evento di data pericolosità.

$$\text{Rischio} = \text{pericolosità} \times \text{valore esposto} \times \text{vulnerabilità}$$

Dove: Pericolosità è la probabilità del verificarsi di un evento; valore esposto è il valore sociale, economico, ambientale di persone, beni e infrastrutture ubicate nell'area in esame ed esposte all'evento; vulnerabilità è la percentuale del valore che verrà perduto nel corso dell'evento in esame. Questa procedura di valutazione consente l'assegnazione di quattro classi di rischio (R1- moderato, R2-medio, R3-elevato, R4-molto elevato) la cui definizione è del tutto simile a quella riportata in corsivo per le precedenti definizioni del rischio da frane.

La carte e la valutazione del rischio idraulico e da fenomeni misti (fig. 24) vengono basate su una serie di studi ed attività per la cui trattazione si rimanda alla letteratura esistente. Qui di seguito si riportano la fasi principali:

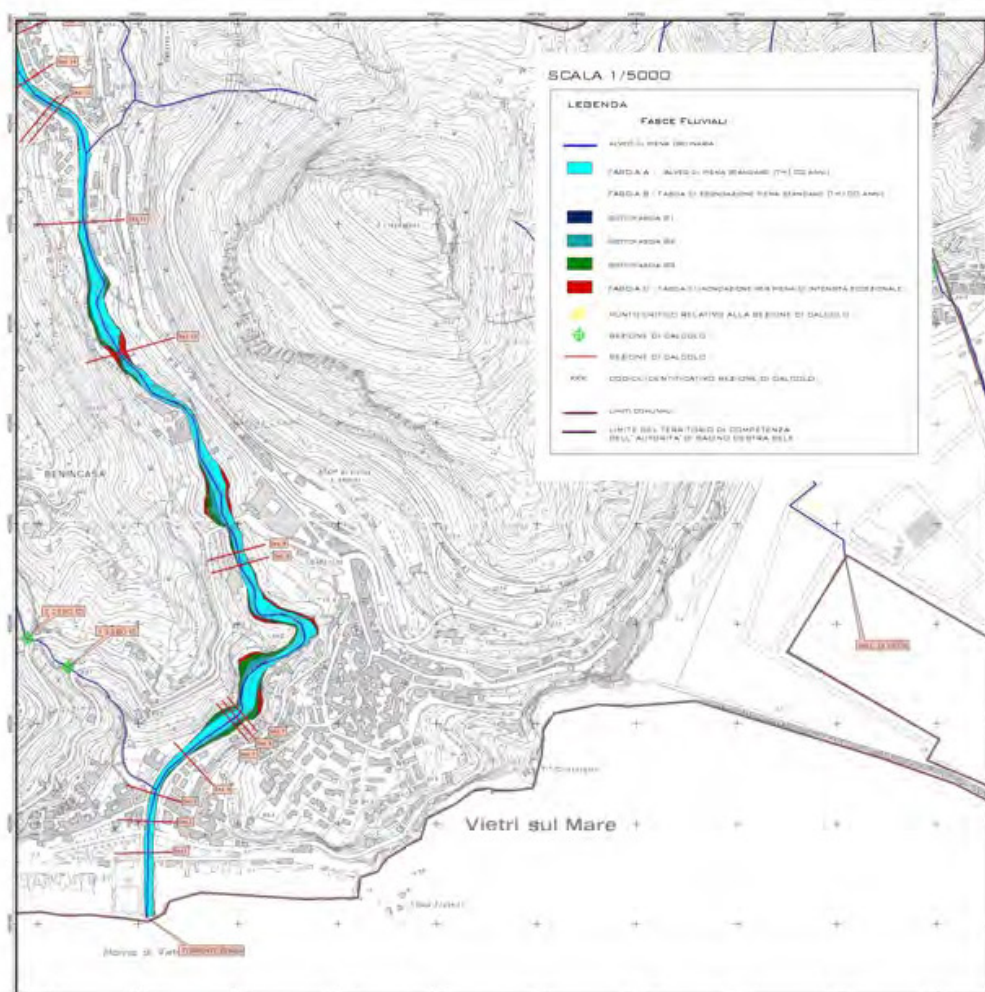


Figura 25 - Carta delle fasce fluviali per il corso del Torrente Bonea a Vietri sul Mare. Ridisegnata da PSAI Destra Sele. Per la spiegazione si veda il testo.

- Reperimento dei dati e degli studi di settore esistenti finalizzato ad una prima individuazione dei tratti di rete idrografica da considerare a rischio idraulico.
- Individuazione e rilievo planoaltimetrico di dettaglio delle opere idrauliche presenti lungo le varie aste fluviali e degli attraversamenti.
- Acquisizione ed elaborazione dei dati pluviometrici ed idrometrici disponibili e valutazioni idrologiche relative agli afflussi con semplificazioni nell'interpretazione delle trasformazioni afflussi-deflussi
- Realizzazione di un data-base pluviometrico ed idrometrico
- Analisi dei principali eventi pluviometrici ed idrometrici del passato.
- Elenco degli eventi catastrofici

Per ogni evento catastrofico vengono realizzate le carte delle isoiete, utilizzando la procedura del Kriging ordinario per l'interpolazione spaziale dei dati di pioggia puntuali misurati alle stazioni (vedi fig. 10).

In funzione delle aree inondabili con diverso periodo di ritorno è possibile definire le fasce fluviali rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione.

Le fasce fluviali sono state così definite (fig. 25):

- Alveo di piena ordinaria corrispondente al periodo di ritorno  $T = 2-5$  anni.
- Alveo di piena standard (Fascia A) corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 100 anni, calcolata portando in debito conto l'influenza delle varie opere esistenti nel bacino a monte e lungo le varie aste.
- Fascia di esondazione (Fascia B) con periodo di ritorno  $T < 100$  anni. In particolare dovranno essere considerate tre sottofasce:
  - la sottofascia B<sub>1</sub> è quella compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=30$  anni e altezza idrica  $h=90$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
  - la sottofascia B<sub>2</sub> è quella compresa fra il limite della Fascia B<sub>1</sub> e quello dell'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
  - la sottofascia B<sub>3</sub> è quella compresa fra il limite della Fascia B<sub>2</sub> e quello delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni.
- Fascia di inondazione per piena d'intensità eccezionale (Fascia C). E' quella interessata dalla piena relativa a  $T = 300$  anni o dalla piena storica nettamente superiore alla piena di progetto.

In rapporto alla individuazione delle fasce fluviali ed alle caratteristiche e quindi alla tipologia delle aree esposte al pericolo di inondazione (valore esposto), vengono definite eoidica to le aree a rischio. Si individuano pertanto le seguenti aree a diversa tipologia di elementi a rischio:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione (zone A, B-C)
- aree produttive industriali, artigianali e impianti tecnologici di rilievo (zona D)

- infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica: autostrade, strade principali, ferrovie (I)
- aree sede di servizi pubblici, strutture ricettive ed infrastrutture primarie e aree turistico-ricreative (zone F, T)
- parchi nazionali regionali e aree protette (P), beni culturali di interesse rilevante (M), aree soggette a vincolo della legge 1089 (V).
- edificato al di fuori del PRG e case sparse rilevate dall'aggiornamento effettuato con le ortofoto

## 9. Indicatori geologici

L'OECD (Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo) definisce l'indicatore come "un parametro (cioè una proprietà che è misurata ed osservata), o un valore derivato da parametri, che indica/fornisce informazioni su/descrive lo stato di un fenomeno/ambito/area con un significato che va ben oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro". L'EEA (Agenzia Europea Ambiente) stabilisce invece che "l'indicatore è un valore osservato rappresentativo di un fenomeno da studiare.

L'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS) definisce i geoindicatori come *Misure di processi o fenomeni geologici che avvengono sulla superficie terrestre o vicino ad essa, che variano significativamente in periodi di tempo inferiori a 100 anni e che forniscono informazioni apprezzabili per la valutazione ambientale.*

Nella tabella 6 sono riportati alcuni Geoindicatori riguardanti principalmente fenomeni di rischio idrogeologico nell'area di studio. Inoltre indicatori geomorfologici riguardanti il tipo di substrato, l'altimetria, la clivometria e l'esposizione rivestono particolare importanza anche nella definizione di unità di paesaggio.

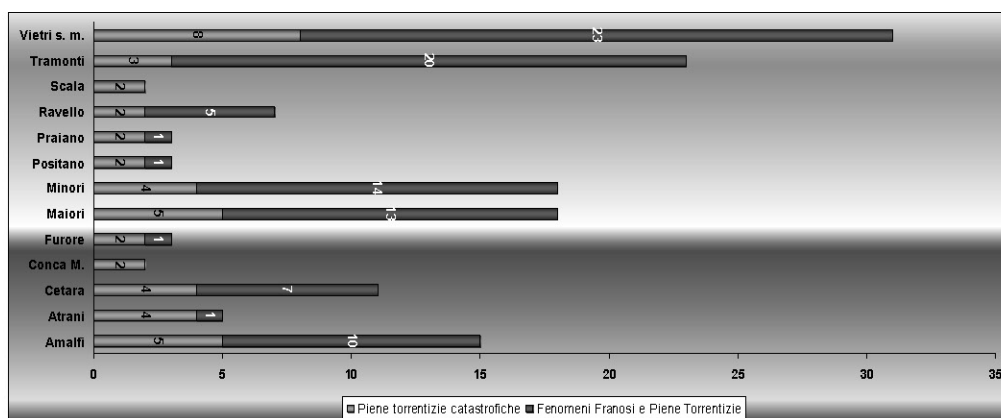


Figura 26 – Numero di eventi idrogeologici divisi per tipologia principale con indicazione delle località colpite.



<b>RISCHIO GEOLOGICO</b>				
<i>Indicatore</i>	<i>Valore / Unità di misura</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Fonte</i>	<i>Rif.</i>
<b>Eventi idrogeologici catastrofici (piene torrentizie – colate)</b>	n. 11	Numero di fenomeni di Piena Torrentizia (colate) di magnitudo elevata censiti nell'ambito di progetti di ricerca CNR dal 1581 al 1996	Tabella modificata dal lavoro di Porfido et al., (2009)	Tabella 3
	Superficie	Distribuzione degli eventi del 1910-1924-1954	Esposito et al., 2004	Figura 11 Figura 20
<b>Eventi idrogeologici di magnitudo medio-bassa</b>	n. 72	Numero di fenomeni franosi e piene torrentizie (colate) di magnitudo medio-bassa censite nell'ambito di progetti di ricerca CNR dal 1581 al 1996	Tabella modificata dal lavoro di Porfido et al., (2009)	Tab. 4
<b>Eventi idrogeologici catastrofici e di magnitudo medio-bassa per comune</b>	Grafico	Numero di fenomeni di Piena Torrentizia (colate) di magnitudo elevata e Numero di fenomeni franosi e piene torrentizie (colate) di magnitudo medio-bassa dal 1581 al 1996 censiti nell'ambito di progetti di ricerca CNR	Esposito et al., 2004	Figura 26
<b>Totale eventi idrogeologici per comune</b>	Grafico	Numero totale di eventi idrogeologici (frane e piene torrentizie/colate) per comune	Esposito et al., in prep.	Figura 27
<b>Fenomeni franosi</b>	n. 136	Frane censite nell'ambito del progetto AVI dal 1924 al 2000	CNR-GNDICI, Catalogo AVI (2000)	
	Carte tematiche	Carta inventario fenomeni franosi 1:25.000	Progetto IFFI	
<b>Precipitazioni annue</b>	1350 mm / 1550 mm	Precipitazioni medie min/max dal 1951 al 1980	Ducci & Tranfaglia (2008)	
	850 mm / 1100 mm	Precipitazioni medie min/max dal 1981 al 1999		
	800 mm / 1400 mm	Precipitazioni medie min/max dal 2000 al 2008		
<b>Numero stazioni Pluviometriche</b>	n. 16	Dal 1951 al 1999	Ducci & Tranfaglia (2008)	
	n. 20	Dal 1999 al 2008		
<b>Pericolosità e rischio da frana</b>	Carte tematiche	Carta della Pericolosità da frana	PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – Autorità Bacino Regionale Destra Sele	Figura 22 Figura 23
		Carta del rischio da frana		
<b>Rischio da Piene torrentizie – alluvione - colata</b>	Carte tematiche	Carte del rischio da Colate 1:25.000	Autorità Bacino Regionale Destra Sele	Figura 24 Figura 25
		Carta delle aree a rischio da colate		
		Carta delle fasce fluviali	PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – Autorità Bacino Regionale Destra Sele	
		Carta delle aree inondabili		
<b>Distribuzione depositi di copertura</b>	Carte tematiche	Carta delle coperture recenti	Carta Geologica d'Italia PSAI; Autorità Bacino Regionale Destra Sele	Figura 17 Figura 21
<b>Mareggiate</b>	n. 10	Numero di mareggiate di magnitudo medio-alta con danni e/o vittime nel periodo compreso tra il 1544 e il 1879	Budillon et al., 2004	
<b>Vittime per frane e piene torrentizie</b>	n. 992	Numero di vittime dal 1581 al 1996 censite nell'ambito di progetti di ricerca CNR	Esposito et al., in prep.	Tabella 5

Tabella 6 – Indicatori del rischio idrogeologico presenti nel territorio della Costa d'Amalfi.

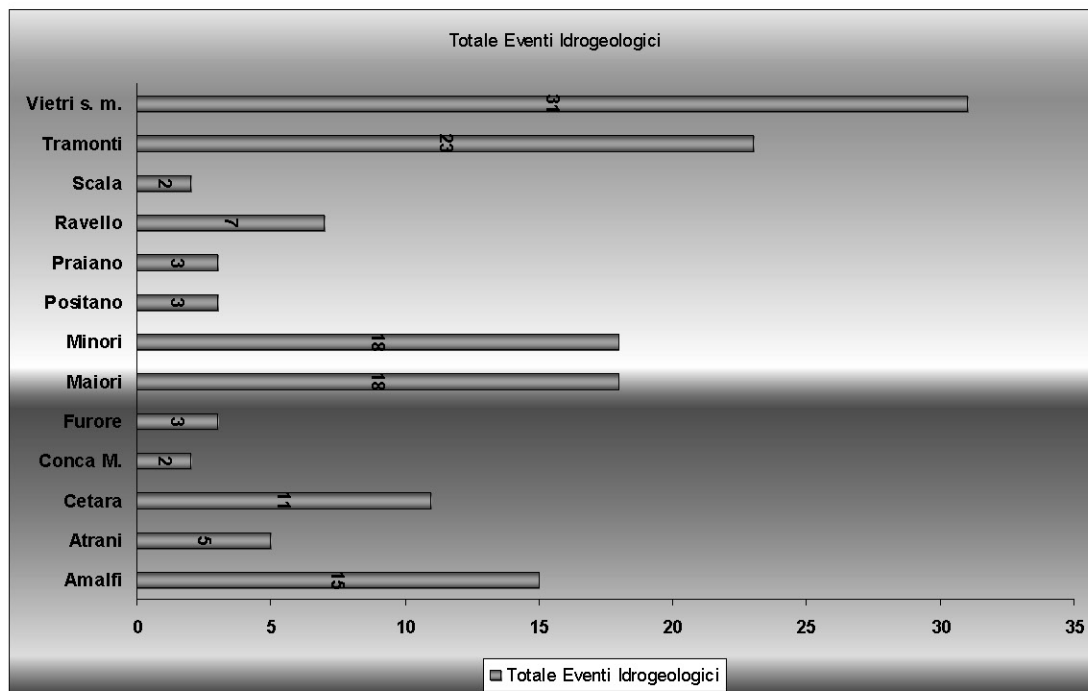


Figura 27 – Numero totale di eventi idrogeologici per località colpite.

## 10. Le azioni di prevenzione

La difesa del suolo è un'attività integrata che non può prescindere da un approccio complessivo che riguarda sia gli aspetti fisici e morfologici del territorio che quelli sociali, economici e istituzionali degli insediamenti umani. Per questo occorre conseguire alcuni obiettivi generali di fondo:

- sviluppare efficaci politiche di prevenzione dei rischi naturali a rapido innesco (frane, alluvioni) e lento innesco come pure efficaci interventi di mitigazione sostenibile;
- favorire lo sviluppo eco-compatibile della vita;
- preservare la resilienza del territorio e favorire il mantenimento ed il recupero di condizioni di naturalità.

E' necessario che urbanisti e politici locali stabiliscano e promuovano una forte connessione tra *mitigazione del rischio* e *sviluppo sostenibile*, cioè uno sviluppo che soddisfi le necessità del presente senza impedire alle prossime generazioni di soddisfare le proprie. Ciò significa che le amministrazioni pubbliche devono predisporre piani di azione mirati al mantenimento e alla difesa del suolo nel tempo, garantendone la fruizione tanto alla collettività attuale quanto a quella futura, in ossequio al principio dell'equità inter- e intra- generazionale (*intergenerational equity*) (Houlihan, 2008). Per attuare una gestione di questo tipo è necessario introdurre il concetto di "pianificazione partecipativa", cioè l'integrazione nei processi di pianificazione e programmazione delle opinioni e

dei punti di vista di tutti i soggetti interessati attraverso un coinvolgimento collaborativo che, creando impegno e responsabilità condivise, contribuisca ad assicurare l'individuazione di questioni reali e soluzioni di fattibilità, eliminando tutte le situazioni di conflittualità legate alla "gestione" (Nicosia, 2008).

Effettuare uno sviluppo sostenibile significa: evitare l'urbanizzazione di aree a rischio e, laddove necessario, procedere allo spostamento o al dimensionamento di infrastrutture e abitazioni; promuovere buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio geologico; incentivare azioni di supporto per sviluppare e incrementare la *resilienza* rispetto ai disastri naturali, cioè la capacità di continuare a funzionare a dispetto di eventi geologici di una certa entità (Mileti, 1999). Questi obiettivi possono essere raggiunti attraverso *una azione prolungata tesa a ridurre o a eliminare il rischio a lungo termine derivante da tali eventi* (mitigazione sostenibile del rischio).

La mitigazione del rischio è un processo ciclico che prevede diversi stadi tra cui la capacità di *reazione* e quella di *recupero*. Questo significa istituire procedure di gestione dell'emergenza prima che l'evento accada in modo da rendere tutte le risorse di prevenzione disponibili ed efficienti in caso di disastri naturali. La capacità di reazione si basa, quindi, su dettagliate analisi del rischio e della vulnerabilità (vedi par. precedenti), e dei problemi ad essi connessi, che consentono la predisposizione di sistemi di allarme e preallarme. Analogamente la capacità di recupero, cioè la capacità di ristabilire e/o riparare il sistema di comunicazione e le infrastrutture, si basa su una corretta valutazione del danno atteso e delle priorità immediate e a lungo termine (Mileti, 1999).

Anche se non tutte le tecniche di mitigazione del rischio sono sostenibili, molte di esse possono effettivamente ridurre le perdite e minimizzare sconvolgimenti sociali, economici e ambientali. Tra queste la principale è costituita dalla corretta *pianificazione e gestione dell'uso del suolo*. Tale strumento copre un vasto campo di applicazione attraverso l'impiego di misure che riguardano standard edilizi, regolamentazioni allo sviluppo, acquisto di terreni, politiche pubbliche, tassazione e piani di gestione. Un piano mitigazione sostenibile del rischio include otto componenti principali (Mileti, 1999):

1. identificazione e caratterizzazione del rischio
2. valutazione dell'impatto
3. stima delle perdite potenziali
4. valutazione della "capacità di carico" dell'ambiente locale
5. stima della massima espansione edilizia
6. stima dei bisogni idrici e territoriali
7. valutazione degli indicatori di sostenibilità locale
8. valutazione di impatto ambientale

L'uso di standard e codici edilizi è un altro importante strumento di mitigazione sostenibile in grado di ridurre i danni e le perdite in caso di eventi calamitosi. La qualità e il posizionamento delle costruzioni e delle infrastrutture determina in larga misura l'ammontare delle vittime e le perdite economiche subite da una data comunità per disastri naturali, ed'è pertanto un elemento critico per quanto riguarda la resilienza di un territorio antropizzato.

## BIBLIOGRAFIA

- APAT (2003) Il Progetto Carta della Natura alla scala 1:250.000. Metodologia di realizzazione. Manuali e Linee Guida, 17, 103 pp.
- APAT (2006) Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia. Manuali e Linee Guida, 39, 176 pp.
- AVI Project (2003) <http://avi.gndci.pg.cnr.it>.
- Biscarini C., Di Natale M., Esposito E., Porfido S., Violante C. (2006) Hydrological risk analysis in coastal area. Proceedings 1st Seminar of the National Comm. IHP-UNESCO on "Water for life: water resources and risk management perspectives. CNR-GNDCI pub. N° 2907.
- Braca G., Tranfaglia G., Esposito E., Porfido S., Violante C., Mazzarella A. (2007). Analisi meteorologica e idro-geologica dell'alluvione di Salerno del 25-26 ottobre 1954. In: Rivista dell'associazione idrotecnica Italiana. Roma, 7-8 maggio 2007, ROMA: L'ACQUA, vol. 3, p. 51-65, ISBN/ISSN: 1125-1255
- Buccheri, G., Capretto, G. Et Al. 2002. A high resolution record of the last deglaciation in the southern Tyrrhenian Sea: environmental and climatic evolution. *Marine Geology*, 186, 447-470.
- Budillion, F., Violante, C., Conforti, A., Esposito, E., Insinga, D., Iorio, M. & Porfido, S. 2005. Event beds in the recent prodelta stratigraphic record of the small flood-prone Bonea Stream (Amalfi Coast, Southern Italy). *Marine Geology*, 222-223, 419-441.
- Budillon F., E. Esposito, M. Iorio, N. Pelosi, S. Porfido, C. Violante (2005) The geological record of storm events over the last 1000 years in the Salerno Bay (Southern Tyrrhenian Sea): new proxy evidences. *Advances in Geosciences*, 2, 123-130.
- Calcaterra, D., Parise, M. & Palma, B. (2003) Combining historical and geological data for the assessment of the landslide hazard: a case study from Campania, Italy. *Natural Hazards & Earth System Sci.* 3, 3-16.
- Casciello E., Cesarano M., Esposito E., Pappone G., Piaquadio G., Porfido S., Violante C. (2004) Dissesti idrogeologici nel bacino del Bonea, Costiera Amalfitana (Salerno). Atti del Convegno su: Aree Costiere, Accademia dei Lincei, Roma, 205, 339-348.
- Cinque A. & Putignano M. (1992) - *Geomorphology of the continental shelf around the Surrentine Peninsula (Southern Italy)*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottom. "Geosub", Roma, 5-6 Novembre 1991. *Giorn. di Geol.*, ser. 3, 54(2), 165-193.
- Cinque, A. & Robustelli, G. 2009. Alluvial and coastal hazards caused by long-range effects of Plinian eruptions: the case of the Lattari Mts. After the AD 79 eruption of Vesuvius. In: VIOLANTE, C. (ed.) *Geohazard in Rocky Coastal Areas*. Geological Society, London, Special Publications, 322, 155-171.

L'uso di standard e codici edilizi è un altro importante strumento di mitigazione sostenibile in grado di ridurre i danni e le perdite in caso di eventi calamitosi. La qualità e il posizionamento delle costruzioni e delle infrastrutture determina in larga misura l'ammontare delle vittime e le perdite economiche subite da una data comunità per disastri naturali, ed'è pertanto un elemento critico per quanto riguarda la resilienza di un territorio antropizzato.

## BIBLIOGRAFIA

- APAT (2003) Il Progetto Carta della Natura alla scala 1:250.000. Metodologia di realizzazione. Manuali e Linee Guida, 17, 103 pp.
- APAT (2006) Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia. Manuali e Linee Guida, 39, 176 pp.
- AVI Project (2003) <http://avi.gndci.pg.cnr.it>.
- Biscarini C., Di Natale M., Esposito E., Porfido S., Violante C. (2006) Hydrological risk analysis in coastal area. Proceedings 1st Seminar of the National Comm. IHP-UNESCO on "Water for life: water resources and risk management perspectives. CNR-GNDCI pub. N° 2907.
- Braca G., Tranfaglia G., Esposito E., Porfido S., Violante C., Mazzarella A. (2007). Analisi meteorologica e idro-geologica dell'alluvione di Salerno del 25-26 ottobre 1954. In: Rivista dell'associazione idrotecnica Italiana. Roma, 7-8 maggio 2007, ROMA: L'ACQUA, vol. 3, p. 51-65, ISBN/ISSN: 1125-1255
- Buccheri, G., Capretto, G. Et Al. 2002. A high resolution record of the last deglaciation in the southern Tyrrhenian Sea: environmental and climatic evolution. *Marine Geology*, 186, 447-470.
- Budillion, F., Violante, C., Conforti, A., Esposito, E., Insinga, D., Iorio, M. & Porfido, S. 2005. Event beds in the recent prodelta stratigraphic record of the small flood-prone Bonea Stream (Amalfi Coast, Southern Italy). *Marine Geology*, 222-223, 419-441.
- Budillon F., E. Esposito, M. Iorio, N. Pelosi, S. Porfido, C. Violante (2005) The geological record of storm events over the last 1000 years in the Salerno Bay (Southern Tyrrhenian Sea): new proxy evidences. *Advances in Geosciences*, 2, 123-130.
- Calcaterra, D., Parise, M. & Palma, B. (2003) Combining historical and geological data for the assessment of the landslide hazard: a case study from Campania, Italy. *Natural Hazards & Earth System Sci.* 3, 3-16.
- Casciello E., Cesarano M., Esposito E., Pappone G., Piaquadio G., Porfido S., Violante C. (2004) Dissesti idrogeologici nel bacino del Bonea, Costiera Amalfitana (Salerno). Atti del Convegno su: Aree Costiere, Accademia dei Lincei, Roma, 205, 339-348.
- Cinque A. & Putignano M. (1992) - *Geomorphology of the continental shelf around the Surrentine Peninsula (Southern Italy)*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottom. "Geosub", Roma, 5-6 Novembre 1991. *Giorn. di Geol.*, ser. 3, 54(2), 165-193.
- Cinque, A. & Robustelli, G. 2009. Alluvial and coastal hazards caused by long-range effects of Plinian eruptions: the case of the Lattari Mts. After the AD 79 eruption of Vesuvius. In: VIOLANTE, C. (ed.) *Geohazard in Rocky Coastal Areas*. Geological Society, London, Special Publications, 322, 155-171.

- Cinque, A., Robustelli, G., Scarciglia, F. & Terribile, F. 2000. The dramatic cluster of pyroclastic debris flows occurred on 5–6 May 1998 on the Sarno mountains (Vesuvius regions, southern Italy): a geomorphological perspective. In: BROMHEAD, E., DIXON, N. & IBSEN, M. C. (eds) *Landslides in Research, Theory and Practice*, Vol. I, Thomas Telford, London, 273–278.
- CNR-GNDICI (1998) - Catalogo delle informazioni sulle località italiane colpite da frane e da inondazioni. Volumi 1 e 2, pubblicazione CNR-GNDICI n. 1799.
- Dabrio, C. J. 1990. Fan-delta facies associations in late Neogene and Quaternary basins of southern Spain. In: COLELLA, A. & PRIOR, D. B. (eds) *Coarse- Grained Deltas*. International Association of Sedimentologists, Special Publications, 10, 91–111.
- De Castro p. (1962) Il Giura-Lias dei Monti Lattari e dei rilievi a Ovest della Valle dell'Irno e della Piana di Montoro. *Boll. Soc. Nat. In Napoli*, 71, 21-52.
- Ducci D. e Tranfaglia G. (2008) - Effects of climate change on groundwater resources in Campania (southern Italy). Da Dragoni W. e Sukhija B. S. (eds) *Climate Change and Groundwater*, Geological Society of London, Special Publications, 288, 25-38.
- Eliason, J., Kjaran, S. P., Holm, S. L., Gudmussun, M. T. & Larsen, G. 2007. Large hazardous floods as translatory waves. *Environmental Modelling and Software*, 22, 1392–1399.
- Esposito E., Porfido S., Molisso F., Sacchi M., Violante C. - Rischi ambientali in Campania: alluvioni e frane nella Costa d'Amalfi. Pubblicazione del Dipartimento Terra e Ambiente *Rassegna Attività di Ricerca Scientifica e Tecnologica del CNR nell'ambito del mare e delle sue risorse*. In preparazione.
- Esposito E., Porfido S., Violante C., Alaia F. (2003a) Disater induced by historical floods in a selected coastal area (southern Italy). In: V.R. thordycraft, G. Benito, M. Barriendos & M.C. Llasat (Eds) "Paleofloods, Historical Floods and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assesment, Proc. of the Phepra Workshop, Barcellona, 16-19 October, 2002), 143-148.
- Esposito, E., Porfido, S. & Violante, C. (2003b) Reconstruction and recurrence of flood-induced geological effects: the Vietri sul Mare case history (Amalfi coast, Southern Italy). In: *Fast Slope Movements Prediction and Prevention for Risk Mitigation* (ed. by L. Picarelli). AGI 1, 169–172.
- Esposito, E., Porfido, S., Violante, C. (eds) 2004a. Il Nubifragio dell'Ottobre 1954 a Vietri sul mare, Costa d'Amalfi, Salerno. Scenario ed effetti di una piena fluviale catastrofica in un'area di costa rocciosa. Pubblicazione Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, 2870, pp.382, ISBN: 88-88885-03-X.
- Esposito, E., Porfido, S., Violante, C., Biscarini, C., Alaia, F., Esposito, G. 2004b. Water events and historical flood recurrences in the Vietri sul Mare coastal area (Costiera Amalfitana, southern Italy). In: Rodda, G. & Ubertini, L. (eds), *The Basis of Civilization ? Water Science?*, International Association of Hydrological Sciences, 286, 1-12.
- Fernandez-Salas, L. M., Lobo, F. J., Hernandez Molina, F. J., Somoza, L., Rodero, J., Diaz Del Ri O, V. & Maldonado, A. 2003. High-resolution architecture of late Holocene

- highstand prodeltaic deposits from southern Spain: the imprint of high-frequency climatic and relative sea-level changes. *Continental Shelf Research*, 23, 1037–1054.
- Fumanti F., Rischia I., Serva L., Trigila A., Tranfaglia G., Violante C. (2002) Effetti sul territorio dell'evento meteorico del 7-8 ottobre 1899 nel salernitano. *Acc. Naz. Lincei*, 181, 395-410.
- Gonggrijp G.P. (1992). Nature, policy plan, new developments in the Netherlands. *Utredning, NINA*, 41, Oslo, 5-16.
- Guida, D. (2003) The role of the zero-order basins in flowslide-debris flow occurrence and recurrence in Campania (Italy). In: *Fast Slope Movements Prediction and Prevention for Risk Mitigation* (ed. by L. Picarelli). *AGI* 1, 255–262.
- Houlihan A. 2007 Sustainable Hazards Mitigation Practice Guide #18. Center for Environmental Policy and Management, University of Louisville, 21pp.
- Iannace a. (1991) Ambienti deposizionali e processi diagenetici in successioni di piattaforma carbonatica del Trias superiore nei Monti Lattari e Picentini (Salerno). *Tesi di Dottorato. Università di Napoli*.
- Il Gallo, (annata del 1954).
- Larsen, M. C., Wiczorek, G. F., Eaton, L. S., Morgan, B. A. & Torres-Sierra, H. 2001. Natural hazards on alluvial fans; The Venezuela debris flow and flash flood disaster. *US Geological Survey, Fact Sheet*, 103–01.
- Lazzari, A. (1954) Aspetti geologici dei fenomeni verificatisi nel Salernitano in conseguenza del nubrifragio del 25–26 Ottobre 1954. *Bollettino Società dei Naturalisti LXIII*, 131–142.
- Leser, H. 1997. *Landschaftsökologie*. Ulmer. Stuttgart, Germany.
- Lobo, F.J., Fernandez-Salas, L.M., Moreno, I., Sanz, J.L., Maldonado, A. 2006. The sea-floor morphology of a Mediterranean shelf fed by small rivers, northern Alboran Sea margin. *Continental Shelf Research*, 26, 2607-2628.
- Lothar Finke, 1993, *Introduzione all' ecologia del paesaggio*. A cura di Rita Colantonio Venturelli, Franco Angeli, Milano.
- Mileti, D., ed. (1999). *Disasters by design: A Reassessment of natural hazards in the United States*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.
- Mulder, T. & Syvitski, J. P. M. 1995. Turbidity currents generated at river mouths during exceptional discharges to the world oceans. *Journal of Geology*, 103, 285–299
- Neef E.: 1968. Der Physiotope als Zentralbegriff der Komplexen Physischen \_ Geographie. *Petermanns J Geogr. Mitteilungen*. 1. pp. 15-23.
- Neef, E., G. Schmidt y M. Lauckner 1961. Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotope in Nordwestsachsen. *Abh. Sächs. Akad. D. Wiss . Leipzig* 47 (1), Berlin .
- Nicosia E. 2008 Cause di rischio e sostenibilita' urbana nella citta' di augusta. In: "Sviluppo sostenibile e qualità della vita in aree urbane della Sicilia Orientale", progetto di ricerca MIUR (ex 40%), 20pp

- Passerini G. (1924) *Intorno alle cause del disastro del marzo 1924 nella Penisola Sorrentina*. Bollettino "Ricerche ed Esperienze" dell'Istituto Agrario di Scandicci. Seconda Serie, VIII, 1-23. L'Industria Tipografica (Firenze).
- Penta, F., Lupino, R., Camozza, F., Esu F. 1954. Effetti dell'alluvione del 26 ottobre 1954 nel Salernitano. *Rivista Italiana di Geotecnica*, 6, 245-257.
- Perez, F.L. 2001 Matrix granulometry of catastrophic debris flows (December 1999) in central coastal Venezuela. *Catena*, 45, 163-183.
- Porfido S., Esposito E., Alaia F., Molisso F., Sacchi M (2009) - The use of documentary sources for reconstructing flood chronologies on the Amalfi rocky coast (southern Italy). In Violante C. (ed) *Geohazard in Rocky Coastal Area*, Geological Society, London, Special Publications, 322; p. 173-187.
- PSAI Autorità Bacino Destra Sele. <http://www.autoritabacinodestrasele.it/dati.aspx>
- Ruocco D., (1957) *La distribuzione della piovosità nella Campania*. *Rivista Geografica Italiana*, Annata LXIV, Tip. Bruno Coppini e C., Firenze, 4.
- Sacchi, M., Molisso, F., Violante, C., Esposito, E., Insinga, D., Lubritto, C., Porfido, S. & Tóth, T. (2009) Insights into flood dominated fan deltas: very high-resolution seismic examples off the Amalfi cliffed coasts, eastern Tyrrhenian Sea. In: VIOLANTE, C. (ed.) *Geohazard in Rocky Coastal Areas*. Geological Society, London, Special Publications, 322, 33-72.
- Tassinari. P. (2007) Il sistema costruito rurale e il paesaggio agrario: analisi delle relazioni tra contesti di riferimento disciplinari. Allegato alla rivista *Architettura del Paesaggio*, n. 16, maggio/ottobre 2007.
- Tranfaglia, G. & Braca, G. (2004) Analisi idrologica e meteorologica dell'evento alluvionale del 25-26 ottobre 1954: confronto con le serie storiche e valutazione del tempo di ritorno di eventi analoghi. In: *Il nubifragio dell'Ottobre 1954 a Vietri sul mare-Costa di Amalfi, Salerno. Scenario ed effetti di una piena fluviale catastrofica in un'area di costa rocciosa* (ed. by E. Esposito, S. Porfido & C. Violante). CNR-GNDICI n. 2870
- Troll, C. 1939. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung (Aerial photography and ecological studies of the earth). *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, Berlin: 241-298.
- UNESCO. *Annual summaries of information on natural disasters*, Paris, UNESCO, 1973-1979.
- Violante C. (Ed) (2009a) *Geohazard in rocky coastal areas*. Geological Society of London, Special Publication, 322, pp. 210.
- Violante C. (2009b). Rocky coast: geological constraints for hazard assessment. In: Violante C. (Ed.), *Geohazard in rocky coastal areas*. In: Violante C. (Ed) *Geohazard in rocky coastal areas*. Special Publication, Geological Society of London, 322, 1-32.
- Violante C. (2009c) Indagini geofisiche e geoarcheologiche sottomarine nella Costa d'Amalfi. Atti del seminario di Studi su: Storia a protagonisti nella Vietri dei Secoli XIX e XX, Vietri 27 gennaio 2007, a cura di Tesauro A., 197-208.



- Violante, C., Biscarini, C., Esposito, E., Molisso, F., Porfido, S. & Sacchi, M. 2009. The consequences of hydrologic events on steep coastal watersheds: the Costa d'Amalfi, eastern Tyrrhenian sea. In: LIEBSHER, H. J. ET AL. (eds) *The Role of Hydrology in Water Resource Management*. Capri Italy, 2008. IAHS Publication, 327, 102-113.
- Violante C., Biscarini C., Esposito E., Porfido S. (2008a) Evaluating water resources management in the frame of an integrated approach: a case study. *Atti congresso internazionale su: The Role of hydrology in Water Resources Management*. IAHS-UNESCO, Capri, 13-16 ottobre 2008.
- Violante C. e Budillon, F. (2004) L'evento dell'ottobre '54 nell'offshore di Salerno: portata solida e trasporto eccezionale di sedimento nelle adiacenti aree marine. In: Esposito E., Porfido S., Violante C. (Eds), *Il nubifragio del 1954 a Vietri sul Mare – Costa d'Amalfi, Salerno. Scenario ed effetti di una piena fluviale catastrofica in un area di costa rocciosa*. CNR-GNDCI, Pubb. N. 2870, 58-73, ISBN 88-88885-03-X.
- Violante C., de Alteriis G., Esposito E. (2006) Seafloor base maps, geological features and hazard assessment in marine coastal areas. Example from the Bay of Naples, Campania, Southern Italy. *Proc. Of 5<sup>th</sup> European Congress on Geoscientific Cartography and Information Systems*. Barcellona. Ist. Geo. Catalonia, 1, 534-537.
- Violante C., Esposito E., Gargano G., Porfido S., Sacchi M., Tesauro A., Vittori E. (2007) Coarse fan deltas off Amalfi coastal area (Italy): an interplay between catastrophic floods and volcanic fall-out events. *EGU General Assembly*, Vienna.
- Violante C., Esposito E., Porfido S. (2004) Scenario geologico dell'evento alluvionale nel bacino del Torrente Bonea. In: Esposito E., Porfido S., Violante C. (Eds), *Il nubifragio del 1954 a Vietri sul Mare – Costa d'Amalfi, Salerno. Scenario ed effetti di una piena fluviale catastrofica in un area di costa rocciosa*. CNR-GNDCI, Pubb. N. 2870, 273-294, ISBN 88-88885-03-X.
- Violante C., Esposito E., Porfido S. (2004a) Scenario geologico dell'evento alluvionale nel bacino del Torrente Bonea. In: Esposito E., Porfido S., Violante C. (Eds), *Il nubifragio del 1954 a Vietri sul Mare – Costa d'Amalfi, Salerno. Scenario ed effetti di una piena fluviale catastrofica in un area di costa rocciosa*. CNR-GNDCI, Pubb. N. 2870, 273-294, ISBN 88-88885-03-X.
- Violante C., Ferrigni F., Esposito E., Maurano C., Sorrentino M.C., Porfido S., Sacchi M. (2008b) Water resources management in the terraced landscape of the Amalfi rocky coast (southern Italy): a dynamic interaction between human activity and natural environment. *Atti congresso internazionale su: The Role of hydrology in Water Resources Management*. IAHS-UNESCO, Capri, 13-16 ottobre 2008.
- Violante C., Sacchi M., Cinque A., Esposito E., Porfido S., Toth T., Vittori E. (2004b) Geophysical investigations and underwater archaeology: the debated case of Amalfi sommersa (Amalfi coast, Southern Italy). *Atti GNGTS XXIII* - ISBN 88-900385-8-6.
- W.A.P. Wimbledon W. Et Al., 1995 *The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation: Part. 1*, *Modern Geology*, 20.
- Zonneveld J.I.S (1983) Some basic notions in geographical synthesis. *GeoJournal*, 7 (2), 121-129.

Stampato nell'ottobre 2016 presso  
CNR Istituto per l'Ambiente Marino Costiero  
Calata Porta di Massa  
Napoli