

## Geoindicatori della morfodinamica costiera della Campania e criteri di progettazione ambientale

Carlo Donadio<sup>1</sup>, Micla Pennetta<sup>1</sup>, Renata Valente<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse (DiSTAR) - Università degli Studi di Napoli Federico II, Largo San Marcellino, 10 – 80138 Napoli. Tel. +39 0812538382-3, +39 0812538122, Fax:+39 0812538338, E-mail: carlo.donadio@unina.it; pennetta@unina.it

<sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria Civile, Design, Edilizia, Ambiente (DIcDEA) - Scuola Politecnica e delle Scienze di Base della Seconda Università di Napoli (SUN), Via Roma, 29 – 81031 Aversa (CE). Tel.: +39 0815010391, E-mail: renata.valente@unina2.it

### Riassunto

I recenti studi dell'ambiente costiero della Campania fino a -30 m di profondità, completi di cartografia batimetrica, geomorfologica e geologica, hanno permesso sia una nuova lettura, sia di raccordare la fascia prossimale ai contigui settori continentali e a quelli sottomarini profondi, aggiornando il quadro geomorfologico e sedimentario d'insieme. La suddivisione in principali ambienti (spiaggia emersa e sommersa, piattaforma interna ed esterna, falesia, piede di falesia) ha consentito di raggruppare aree con processi erosivo-depositivi simili, attivi o meno, e correlare le forme alle zone emerse. Il riconoscimento e l'interpretazione di elementi tettonici, litostratigrafici e geomorfologici, antichi o recenti, nonché di strutture geoarcheologiche, rappresentano utili geoindicatori per la ricostruzione dell'evoluzione del paesaggio nei diversi morfotipi costieri, di cui si analizzano alcuni casi studio. Al fine di mitigare erosione e dissesti idrogeologici anche nei lungomare densamente urbanizzati, questi geoindicatori si possono usare per guidare i criteri di progettazione in tali ambienti di transizione in relazione ai vari tempi di ritorno dei fenomeni. La scelta ed integrazione di specifiche tecniche d'ingegneria naturalistica e di sistemi di gestione del prisma litoraneo sono connesse ai locali aspetti ambientali. Le metodologie adattive e le soluzioni non impositive contribuiscono a ridurre gli impatti antropici ed i rischi ambientali in una regione caratterizzata da alte pericolosità naturali, migliorando sicurezza e stabilità delle coste.

**Parole chiave:** geomorfologia costiera, geoindicatori, morfoevoluzione, pericolosità, progettazione ambientale, ecodesign, Campania, Italia meridionale

### Abstract

*The recent geological mapping of the Campania Region from the coastline down to -30 m depth, provided to a new reading of the coastal environment as well as to connect the geological aspects of continental and deep sea-bottom zones to those of this proximal sector. In this way, the surveys updated the whole geomorphologic and sedimentologic outline. The main environments (cliff, cliff base, emerged and submerged beach, proximal and distal platform) have been recognized, with the aim to grouping sea-bottom and coastal areas with the same erosive-depositional processes, active or not, and the correlated shapes. The recognition and interpretation of tectonic, lithostratigraphic and geomorphic elements, ancient or recent, and geoarchaeological structures too, represent useful geoindicators to reconstruct the coastal dynamics. Some case studies with different morphologic, geostructural and anthropogenic*

*features are shown. In order to mitigate erosion processes and hydrogeological damages along densely urbanized waterfronts, these geoindicators could be taken into account to drive the main waterscape design criteria, considering the different return times. The specific selection and integration of naturalistic technologies and littoral management systems is strictly related to the local environmental characteristics. The adaptive methodologies and the choice of non-prescriptive solutions will contribute to reduce anthropogenic impacts and environmental risks in a region characterized by high natural hazards, improving safety and stability of the coastland.*

**Keywords:** *costal geomorphology, geoindicators, morphoevolution, hazard, landscape architecture, ecodesign, Campania, southern Italy.*

## Introduzione

Gli ambienti di transizione risultano estremamente sensibili alle perturbazioni esterne, pur essendo al contempo conservativi in quanto mostrano il timbro dei processi prevalenti avvenuti in passato. La loro evoluzione è strettamente connessa alla mutua interazione di fenomeni fisici, biotici ed antropici ed è governata da una fisica non lineare: ad un'alta variabilità morfologica della costa corrisponde una maggiore complessità della sua dinamica evolutiva. L'azione antropica, specialmente negli ultimi 200 anni, ha contribuito a modificare i paesaggi costieri, specie quelli urbani, mediante una serie di interventi alla scala di bacino idrografico e golfo, concentrandosi tuttavia in tempi brevi e spazi circoscritti. In tal senso, l'uomo opera come un agente esogeno, irrigidendo il territorio, rallentando o inibendo l'azione livellante degli altri agenti naturali. Gli interventi sulle coste sono attuati per ragioni insediative, anche turistiche, o di protezione dai fenomeni meteo-climatici, secondo criteri tradizionali fondati su logiche di rigida opposizione alla forza degli elementi naturali e di sfruttamento intensivo di luoghi di pregio dall'alto valore di mercato. Nella maggior parte dei casi lo sguardo è ristretto al sito d'intervento, mentre invece gli ambiti di transizione sono proprio quelli che ci insegnano a considerare il dinamismo dei fenomeni naturali con la velocità delle trasformazioni che sono loro proprie e pertanto va inquadrata l'intera zona in cui agiscono i fenomeni connessi. Questi sono anche i luoghi dove è più facile imparare l'interdipendenza dei fenomeni stessi e quindi la necessità di uno sguardo allenato alla complessità. La progettazione ambientale si rifa a questi principi, secondo riferimenti storici della letteratura scientifica di settore, a partire da quelli fondativi quali sono i lavori di Ian L. McHarg: «*L'assunto basilare è che ogni luogo è la somma di processi storici, fisici e biologici, che questi sono dinamici, che costituiscono valori sociali, [...]. È importante riconoscere il dinamismo dei processi fisici e biologici e, più importante, riconoscere che questi coinvolgono l'uomo e sono coinvolti dal suo intervento.*» (McHarg, 1969).

Riferimento filosofico è l'approccio di tipo olistico per la comprensione, la soluzione dei problemi e lo studio delle criticità, con l'obiettivo di risolvere più aspetti e considerarne le concatenazioni. Questo tipo di metodo come conseguenza di una disposizione all'ascolto ed allo studio del contesto ambientale è il preludio per un atteggiamento adattivo proprio dei progetti sostenibili sulle coste, ovvero quelli in cui la soluzione permette mutevoli configurazioni ogni volta idonee ad affrontare il fenomeno naturale nelle sue forme diverse nel tempo, piuttosto che bloccare le trasformazioni con interventi impositivi. Affinché si possano realizzare tali progetti occorre che l'analisi ambientale prodromica sia condotta in maniera interdisciplinare considerando tutti gli aspetti fisici, meteo-climatici, sociali, insediativi, vocazionali. Inoltre, tale insieme complesso di dati deve essere letto nelle sue mutue intrinseche relazioni per comprendere le tendenze evolutive e ad esse riferirsi.

Sugli scenari così studiati è possibile scegliere in seguito il tipo di atteggiamento progettuale da proporre, che può essere *impositivo*, ovvero con struttura serrata e rigida, con direttrice generalmente parallela alla costa, indifferente alla topografia del luogo; *di infiltrazione*, caratterizzato da sistemi più "soft", flessibili e riciclabili, in legno, gomme riciclate, con l'uso della vegetazione per controllare l'erosione o recuperare sistemi di dune, ed infine *ibrido*, a metà tra gli archetipi classici e le soluzioni tipiche di intorni non-urbani (Dern, 1992). Nei vari casi le configurazioni alternative comprendono colmate, strutture trasversali, scavi verso l'interno del territorio, irrigidimenti della linea di riva con litorali concretizzati. Diverse possono essere anche le scelte tecniche per la realizzazione di tali insiemi di strutture, a partire da elementi in calcestruzzo armato o acciaio, oppure opere di difesa costituite da elementi componibili, fino a moduli flottanti, barriere soffolte, tubi e pozzetti drenanti, ripascimenti di litorali, consolidamenti con tecniche d'ingegneria naturalistica. È per scegliere opportunamente tra queste differenti opzioni che la lettura degli aspetti geomorfologici è tra quelle di maggiore importanza per le successive strategie di progettazione ambientale

lungo la riva; di seguito si illustrano le definizioni per l'inquadramento dei tratti di costa, attraverso il caso studio della regione Campania.

È noto come l'alternarsi di brevi crisi climatiche caldo-aride e freddo-umide connesse a cause astronomiche, con ciclicità di 150-200 e 10-40 anni (Ortolani e Pagliuca, 1994; Mazzarella, 2007), l'innalzamento globale del livello marino, i movimenti verticali del suolo a scala regionale e locale, contribuiscono pure all'arretramento della linea di riva e all'incremento del rischio costiero. Questo fenomeno è intenso in molte piane costiere densamente urbanizzate, dove si registrano gli effetti della subsidenza accelerata. Tipici esempi delle retroazioni indotte dagli interventi antropici sono le opere di difesa costiera che, realizzate per rimediare alle conseguenze connesse a variazioni ambientali, naturali o indotte, spesso hanno amplificato il fenomeno o acceso nuovi *focus* erosivi. Pertanto, queste strutture sono definibili senz'altro resistenti, ma non resilienti, a differenza dei sistemi naturali e delle loro stesse retroazioni. Negli attuali paesaggi costieri campani (Monti et al., 2003) sono riconoscibili sia differenti stili tettonici sia geoindicatori tipici di sistemi morfoclimatici non più attivi. A partire dal riconoscimento di tali aspetti, questo lavoro sviluppa una metodologia per lo studio degli ambienti costieri per proporre strategie di progettazione ambientale di tipo adattivo, in cui le soluzioni dispongono il paesaggio all'evoluzione in armonia con le trasformazioni naturali, senza danneggiare ed anzi potenziando l'attività antropica ivi destinata. Tale approccio parte quindi dalla lettura delle caratteristiche fisiche dei luoghi e dello studio dei principali fenomeni in essi attivi.

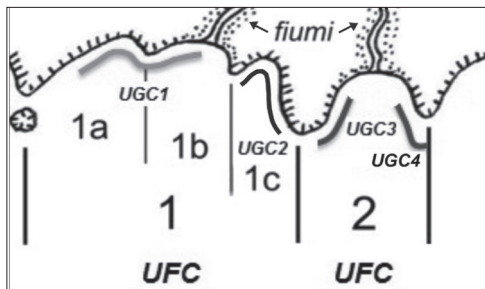
### Sistemi geografico-fisici costieri

Le zone costiere sono caratterizzate da un'associazione di tratti distinti, detti *unità fisiografiche costiere* (UFC); in base agli aspetti morfologici una UFC è identificata come un settore di costa più o meno ampio (chilometri), che delimita ai margini, con ostacoli topografici (promontori) o con opere antropiche (strutture portuali), il transito dei sedimenti lungo la spiaggia emersa e sommersa. I sedimenti del litorale hanno movimenti confinati all'interno dell'unità stessa e scambi con l'esterno trascurabili; questi in genere non sono influenzati direttamente da quanto avviene nei settori costieri adiacenti. Dal punto di vista ingegneristico, invece, gli effetti di un'opera costruita sul litorale non si estendono, almeno nel breve termine, al di fuori dell'UFC in cui ricade, ad eccezione di alcuni casi rappresentati da sub-UFC contigue in cui il limite coincide con una struttura portuale. I limiti dell'area possono non risultare fissi nel tempo a seguito di vari eventi, naturali o artificiali, che, modificando la fisiografia della costa, ne alterano la dinamica litoranea: tra questi, ad esempio, gli intensi fenomeni erosivi, la costruzione di moli portuali o di una serie di difese costiere. L'UFC rappresenta l'area in cui ha significato estendere i rilievi per la definizione dei movimenti sedimentari (per azione eolica, delle onde, delle correnti e antropica) oppure degli effetti prodotti (fenomeni di erosione e deposizione). Inoltre, si basa sull'individuazione degli agenti dinamici prevalenti, con l'indicazione se questi sono influenzati dall'evoluzione del litorale e viceversa; gli apporti fluviali e la sottrazione di materiali fini verso il largo possono essere influenzati dalla dinamica evolutiva.

L'UFC è costituita pertanto dal tratto di spiaggia emersa e sommersa compreso fra due sezioni, con estensione tale da contenere i movimenti trasversali, entro cui il trasporto longitudinale netto è nullo. Le foci fluviali non interrompono l'UFC, anche nel caso in cui il verso di deriva litoranea sia differente lungo le due ali del sistema di foce, in quanto modifiche seppure piccole su un'ala inducono una diversa ripartizione degli apporti fluviali, esercitando una certa influenza pure sull'ala opposta. Ai fini dello studio del comportamento idraulico di un litorale possono considerarsi UFC anche quelle individuabili nell'arco di brevi intervalli di tempo, quali ad esempio una mareggiata o una stagione; tuttavia, l'uso corrente del termine in ambito progettuale si riferisce ad intervalli di tempo comparabili con la vita delle opere, mentre in ambito geomorfologico si riferisce ad intervalli molto più lunghi. Al crescere dell'intervallo temporale di osservazione, UFC distinte possono congiungersi, per esempio a seguito di intensi processi erosivi prolungati nel tempo oppure di un evento meteomarinico eccezionale che determina consistenti movimenti di sedimento in precedenza non attuati. Infine, i limiti di UFC di vasta scala sono determinati dai moti di deriva o dai trasporti netti quando questi appaiono significativi, in quanto i moti alterni hanno effetti solo ad una scala inferiore. L'identificazione dell'UFC può avvenire in base a vari elementi fisici: la fisiografia della linea di riva, la composizione petrografica e tessiturale dei sedimenti, il regime meteomarinico e la presenza di opere antropiche. Sulla base di quanto esposto, lungo la costa campana s'individuano cinque principali UFC, da nordovest a sudest (Tab. 1).

**Tabella 1 - Unità Fisiografiche Costiere della Campania e loro estensione. L'indice di strutturazione I indica il rapporto tra lunghezza totale delle opere di difesa e sviluppo della costa, in chilometri (in corsivo il valore medio).**

|  | n° | Unità Fisiografica Costiera                          | km   | I           |
|---|----|--|------|-------------|
|   | 1  | Golfo di Gaeta (foce F. Garigliano-Monte di Procida) | 58   | 0.21        |
|   | 2  | Golfo di Napoli (Monte di Procida - P. Campanella)   | 305  | 0.38        |
|   | 3  | Golfo di Salerno (P. Campanella - P. Licosa)         | 84.5 | 0.16        |
|   | 4  | Costiera Cilentana (P. Licosa - C. Palinuro)         | 112  | 0.13        |
|   | 5  | Golfo di Policastro (P. degli Infreschi - Sapri)     | 34.5 | 0.11        |
|   |    |  | 594  | <i>0.20</i> |



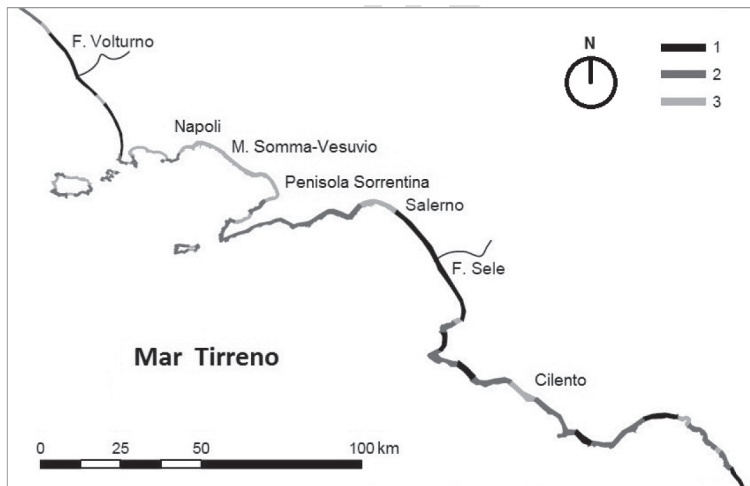
**Figura 1 - Schema di un settore costiero con due contigue Unità Fisiografiche Costiere (UFC 1 e 2) delimitate da capi, tre sub-UFC (1a, 1b, 1c) e tre Unità Geomorfiche Costiere (UGC): l'UGC1 è a cavallo di due sub-UFC (1a e 1b), l'UGC2 coincide con la sub-UFC 1c (pocket beach), le restanti UGC (3 e 4) ricadono all'interno dell'UFC 2.**

Queste, secondo i criteri in precedenza descritti, possono essere suddivise in sub-UFC costiere di minore estensione, quale ad esempio il Golfo di Pozzuoli ubicato all'interno del Golfo di Napoli, a cui sono state aggiunte ulteriori sub-unità identificate. Le unità geomorfiche costiere (UGC) rappresentano invece segmenti di costa con caratteristiche morfotipologiche e processi geomorfici omogenei (De Pippo et al., 2008a). Pertanto, a causa dell'alta variabilità morfologica e geodiversità della costa campana, l'UGC non coincide con un'ampia UFC, a volte corrisponde ad una sub-UFC, come nel caso delle *pocket beaches*, o spesso è a cavallo di due UFC o sub-UFC contigue, varlicando i loro limiti topografici (Fig. 1). Esempi di UGC sono la spiaggia di Miliscola tra Monte di Procida e Capo Miseno, la costa vesuviana, Positano ed Agropoli, rispettivamente nelle ampie UFC dei golfi di Gaeta, Napoli e Salerno.

**Geomorfotipi costieri**

La costa della Campania si estende per 480 km, di cui 256 km (60%) sono coste alte rocciose e 224 km (40%) coste basse clastiche (Monti et al., 2003). Tra queste ultime, 95 km (42.4%) di litorali sono in erosione (Aucelli et al., 2006), mentre i tratti stabili o in avanzamento sono minimi, in genere solo alcuni segmenti meridionali

delle UFC in cui si registrano significativi arretramenti nelle zone settentrionali (D'Acunzi et al., 2008; De Pippo et al., 2008b; Pennetta, 2009). Pur considerando la grande varietà di ambienti costieri (Valente, 1999; Brondi et al., 2003; Ferretti et al., 2003), dal punto di vista morfotipologico si possono distinguere tre principali UGC (Fig. 1), intese come settori caratterizzati da omogeneità litostratigrafica e da processi erosivo-deposizionali simili, ricadenti o meno all'interno della medesima UFC: la spiaggia, la falesia e la tecnocosta (Fig. 2). Numerose e di varia tipologia sono le opere marittime: il rapporto tra le lunghezze della costa e delle difese fornisce l'indice di strutturazione I (Tab. 1).



**Figura 2 - Carta delle Unità Geomorfiche Costiere della Campania: 1, spiaggia; 2, falesia; 3, tecnocosta.**

**Spiaggia**

Tratti costieri consistenti in accumuli in prevalenza sabbiosi e/o ciottolosi (Fig. 3), con una buona continuità laterale; nella fascia costiera campana questi sono meglio sviluppati quando è presente nell'entroterra una piana alluvionale e un sistema di foce (fiumi Garigliano, Volturno, Sarno, Irno, Sele, Alento, Lambro, Mingardo, Bussento). Le spiagge in molti casi sono ancora delimitate da cordoni dunari, ma molto spesso da loro forme relitte, al cui retro, almeno fino a qualche decennio fa, si sviluppavano condizioni idonee per l'instaurazione di zone umide; infatti, i diversi interventi di bonifica operati nelle piane dei fiumi Garigliano, Volturno, Sarno e Sele, hanno preservato solo alcuni ambienti lagunari (Patria, Fusàro e Lucrino) e aree palustri (i Variconi).



**Figura 3 - La spiaggia sabbiosa con gradino d'erosione lungo il litorale falerno-domitio, incluso nell'area SIC in sinistra della foce fluviale del Garigliano (2012).**

La linea di riva mostra un andamento debolmente concavo o subrettilineo e una debole convessità presso i sistemi di foce dei fiumi Volturno e Sele, un tempo a delta pronunciato. Gli altri sbocchi di corsi d'acqua minori o di canali artificiali sono impercettibili. Il rifornimento alle spiagge da parte dei fiumi è diminuito nel tempo a causa del prelievo d'inerti e della costruzione di sbarramenti lungo i fiumi Garigliano (Suio), Volturno (Riba Spaccata, Ponte Annibale), Sele (Persano) e Alento, cui ha corrisposto un significativo arretramento della riva soprattutto negli ultimi decenni. La spiaggia emersa in genere è caratterizzata da ampiezza e profondità variabili, con valori massimi vicino al centinaio di metri e pendenza  $<1.5\%$ . Ai minimi valori di ampiezza e a quelli massimi di pendenza si associa un aumento della dimensione granulometrica. Nella spiaggia sommersa, con gradiente medio intorno all'1%, non si riscontrano significative anomalie nella diminuzione del granulo medio verso il largo, ad eccezione di aree da cui sono stati prelevati sedimenti

per il ripascimento delle spiagge emerse. La continuità del profilo sommerso è interrotta da barre sabbiose e truogoli a morfologia irregolare. L'alterazione di tali aspetti naturali, a causa di strutture antropiche spinte fin sulla riva, non permette di ascrivere alcuni tratti di litorale a questa UGC (per esempio, le esigue e frammentarie spiagge antistanti la Piana del Sarno).

### **Falesia**

Tratti di costa rocciosa con gradiente rilevante (di solito >30%, spesso verticali) e promontori a strapiombo sul mare (Fig. 4). Alla base spesso sono presenti spiagge ciottolose o coni detritici, dovuti all'erosione dei litotipi affioranti non solo per l'azione del moto ondoso, ma anche per fenomeni di degradazione meteorica. Nell'area in studio si distinguono falesie in rocce carbonatiche stratificate, affioranti in Penisola Sorrentina e M. Bulgheria (promontorio del Cilento); quelle costituite da depositi terrigeni (*flysch*), formate da alternanze di arenarie e conglomerati con peliti o argilliti e calcareniti, molto deformate, affioranti soprattutto in Cilento; infine, quelle costituite da rocce vulcaniche diffuse nei Campi Flegrei, Ischia e Procida, M. Somma-Vesuvio. L'alterazione superficiale delle vulcaniti, il grado di fratturazione dei carbonati e del *flysch* rende queste litologie relativamente più tenere. Ciò determina una maggiore attitudine all'erosione che non si limita alla sola falesia prossima al mare, ma riguarda anche il versante sovrastante, spesso soggetto a movimenti franosi. Il profilo delle falesie risulta più irregolare in rocce laviche e/o piroclastiche, laddove non si raggiungono rilevanti altezze dei versanti, a differenza di quelle in roccia carbonatica e *flysch*oide, in cui oltre alla frequente segmentazione dell'intero versante si osservano pendii più alti e con maggiore omogeneità; falesie con spiagge ciottolose o con conetti detritici al piede sono diffuse nel distretto vulcanico flegreo, nelle isole, in Penisola Sorrentina e nel Cilento.



**Figura 4 - La ripida falesia a sud dell'Isola di Capri, caratterizzata da faglie, solco di battente e cavità (2013).**

### ***Tecnocosta***

Questo termine indica la costa artificializzata (ovvero *engineered coast* oppure *technocoast* in De Pippo et al., 2008b). Spesso si sovrappone a spiagge degradate, dove la costruzione di opere o l'intensa urbanizzazione ha reso irriconoscibile il precedente ambiente naturale (Fig. 5), come è visibile nelle aree di Napoli, Pozzuoli e Salerno, dove è rappresentata dal lungomare (*waterfront*). Ciò scaturisce soprattutto dall'elevata densità di popolazione lungo questi tratti costieri (indice di litoralizzazione), nonché dalla difficoltà di proteggere la costa e le strutture antropiche con le attività annesse in modo razionale e programmato. Le opere realizzate si distinguono non solo per tipologia e posizione, ma anche per dimensione. In particolare, nei tratti di costa bassa e sabbiosa sono state realizzate opere di difesa rigide ed emergenti, perlopiù a sviluppo longitudinale e subordinatamente trasversale, talora soffolte (foce del F. Volturno e litorale di Castellammare di Stabia; Pennetta 2009).



**Figura 5 - La costa artificializzata (tecnocosta) del Golfo di Castellammare di Stabia: in primo piano l'omonimo abitato, sullo sfondo l'edificio vulcanico del M. Somma-Vesuvio (2012).**

Insieme a queste, ma non solo, a protezione delle infrastrutture litoranee (quali ad esempio la linea ferroviaria della direttrice meridionale tirrenica in partenza da Napoli), sono state costruite opere aderenti longitudinali nelle zone dove un tempo si sviluppava un esteso cordone dunare. Alcune delle opere trasversali sono state realizzate a difesa degli sbocchi a mare di canali naturali e artificiali. Sulle coste alte e rocciose si distinguono interventi diretti, al fine di contenere fenomeni di crollo e ribaltamento, o indiretti, con lo scopo di ridurre lo scalzamento al piede operato dal moto ondoso. I primi consistono in semplici rivestimenti con l'apposizione di tiranti e reti oppure in muri paramassi, per i secondi le opere sono simili a quelle longitudinali di protezione delle spiagge. Nelle tecnocoste possono determinare criticità i seguenti fattori e

fenomeni, nell'ordine: erosione costiera, esondazioni fluviali e/o torrentizie in aree costiere, eventi meteomarinari significativi, fenomeni franosi, sismicità e vulcanismo, attività ed opere antropiche. Questi ultimi non hanno una distribuzione uniforme e assumono per ogni UGC un peso differente.

### Geoindicatori

La metodologia applicativa per l'identificazione delle aree di criticità, intesa come propensione di un settore territoriale all'insorgenza di fenomeni distruttivi (susceptività), si basa sull'utilizzo di geoindicatori (Hammond et al., 1995; Elliott, 1996). Questi, secondo la IUGS (*International Union of Geological Sciences*), sono descritti come «...*misure di processi o fenomeni geologici che avvengono sulla superficie terrestre o vicino ad essa, che variano significativamente in periodi di tempo inferiori ai 100 anni e forniscono significative informazioni per la valutazione dell'ambiente*». Nell'ambito della Commissione per la Pianificazione Ambientale (*Commission on Geological Sciences for Environmental Planning – Cogeoenvironment*) della IUGS, un gruppo di lavoro multidisciplinare (*Geoindicators Working Group*) ha redatto una lista di 27 geoindicatori a valenza globale (Berger e Iams, 1996). Questi rappresentano uno strumento di supporto per la valutazione integrata degli ambienti naturali e degli ecosistemi e hanno un'ampia varietà di applicazioni gestionali, nella valutazione del rischio costiero e in particolare dei danni (Bush et al., 1999). Tra di essi, sono stati selezionati quelli ritenuti più significativi, a scala sia regionale sia locale, per la valutazione generale dello stato degli ambienti costieri. Questo approccio metodologico consente di identificare un numero minimo di parametri sufficiente a descrivere dinamiche ambientali a breve termine quali quelle costiere (Berger, 1997); inoltre, fornisce una buona interpretazione di quei parametri da cui dipendono i principali processi evolutivi. Bush et al. (1999) hanno applicato tale metodo utilizzando i geoindicatori per la valutazione delle condizioni di sistemi di isole barriera e coste alte in materiale non consolidato, interessati da erosione ed impatto da parte di tempeste e uragani.

Va detto che l'utilizzo di geoindicatori rappresenta un metodo indicativo, valido a fini gestionali, rispetto a tecniche più sofisticate e rigorose che però richiedono tempi di analisi più lunghi e spesso costi elevati. Sebbene l'impiego di geoindicatori fornisca informazioni meno accurate, esse si ottengono in tempi brevi con l'osservazione diretta o il confronto semiquantitativo di immagini e cartografie costiere. Queste ultime, ad esempio, consentono di identificare zone soggette ad intensa erosione attraverso il riconoscimento di semplici elementi morfologici e ambientali (Brandolini et al., 1994 e 2007), quali la presenza di cumuli di frana al piede e il grado di fratturazione della roccia, le scarpate incise nelle dune, la distruzione della copertura vegetale, l'ampiezza e la profondità ridotte e l'elevata acclività della spiaggia emersa, i gradini d'erosione e i solchi di battente.

Nel caso delle coste campane sono stati scelti alcuni tra i geoindicatori globali elencati da Berger e Iams (1996), ritenuti più significativi in relazione ai diversi e specifici caratteri geoambientali, morfodinamici e antropici di quest'ambito costiero mediterraneo. I potenziali fenomeni di criticità nella fascia costiera, e di conseguenza il relativo rischio, risultanti dall'esame degli aspetti geomorfologici e della dinamica litoranea regionale, integrata dalle analisi di immagini ortofotogrammetriche, carte topografiche e batimetriche, sono in sostanza riconducibili a sei principali geoindicatori (Tab. 2).

**Tabella 2 - Elenco delle principali categorie di geoindicatori utili per la valutazione della criticità costiera degli ambienti mediterranei.**

| n° | categoria di geoindicatore  |
|----|---|
| 1  | erosione costiera   |
| 2  | alluvionamento / esondazione fluviale o torrentizia in area costiera                  |
| 3  | evento meteomarinario significativo / tsunami   |
| 4  | fenomeno franoso  |
| 5  | sismicità / vulcanismo / bradisismo / movimento verticale da carico e/o compattazione |
| 6  | attività ed opere antropiche  |

I valori stabiliti per ogni geoindicatore possono essere attribuiti a tratti di costa caratterizzati da omogeneità degli elementi fisici (coste alte, basse e artificializzate) e dei processi morfodinamici, in atto o potenziali. Tali valori devono essere tra di loro relativi e per quanto possibile non qualitativi ed oggettivi: in questo modo l'attribuzione del valore numerico, ricadente in un intervallo delimitato da un minimo e un massimo (ad



esempio, compreso fra 0 e 4), ad ogni fenomeno agente su un determinato segmento di costa, deriva dalla somma dei differenti fenomeni attivi in quel segmento, espressa da un punteggio.

Il risultato finale, in termini quantitativi, è indipendente dalle modalità, dirette e/o indirette, di acquisizione del dato, la cui fonte può essere plurima, a scale e tematismi diversi (ad esempio immagini satellitari, aerofotogrammetrie, cartografia, rilievi morfologici, dati batimetrici). Il grado di criticità costiera, dipendente da ogni singolo geoindicatore localmente significativo, deve essere poi tradotto in un valore complessivo, risultante dalla sommatoria dei valori di tutti gli indicatori ritenuti importanti alla grande scala.

Le mutue influenze tra geoindicatori si analizzano con una matrice d'interazione (*causa/effetto*) in cui si distinguono fattori che influenzano il sistema (*causa*) e ne sono influenzati (*effetto*). Tale matrice (Fig. 6) consente di quantificare la criticità complessiva mediante l'indicizzazione dell'intensità e ricorrenza dei vari fattori agenti in ogni UGC (De Pippo et al., 2008b e 2009).

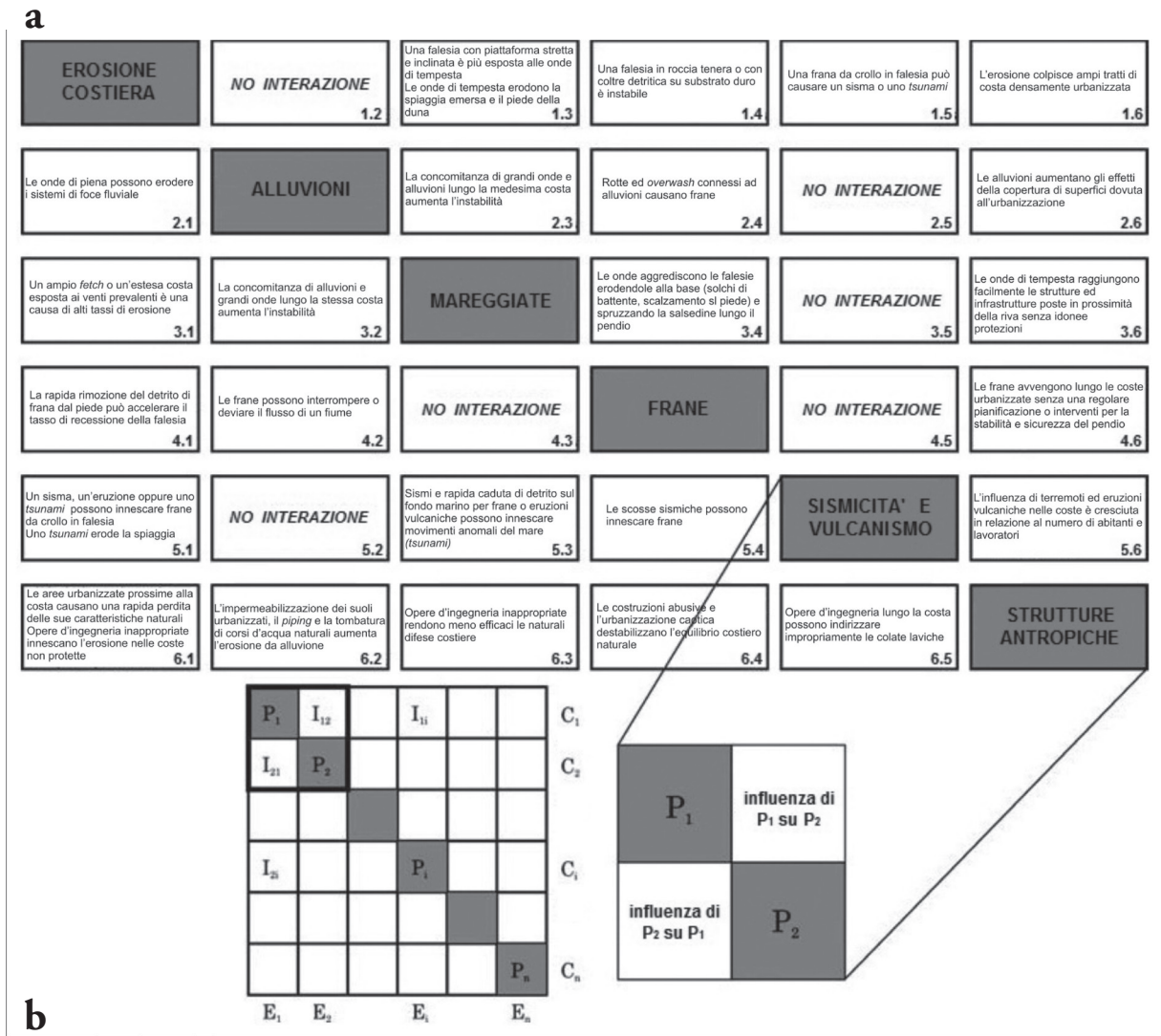


Figura 6 - Matrice descrittiva delle interazioni di pericolosità. Lungo la diagonale vi sono i sei principali geoindicatori: erosione costiera, alluvioni, mareggiate, frane, sismicità e vulcanismo, strutture antropiche. La matrice indica l'influenza dei parametri sul sistema (causa del fenomeno) o del sistema su ogni parametro (effetto del fenomeno) [schema a]. Il diagramma di causa-effetto per N parametri [schema b] mostra come funziona la matrice d'interazione: la casella  $I_{12}$  rappresenta l'influenza di  $P_1$  su  $P_2$  (causa); al contrario, la casella  $I_{21}$  mostra l'influenza di  $P_2$  su  $P_1$  (effetto). Il meccanismo si ripete per ogni parametro della diagonale della matrice (da De Pippo et al., 2009 mod.).

Per quantificare la differente importanza delle interazioni si utilizza una codificazione semiquantitativa che definisce la percentuale d'incidenza del singolo parametro. In sintesi, per ogni UGC si considerano i differenti livelli dei fattori di criticità ( $I_k$ , da 0 a 4), a loro volta da moltiplicare singolarmente per il coefficiente risultante dall'applicazione della matrice ( $Xk$ , da 1 a 6), ovvero la percentuale d'incidenza che ciascun fattore ha sull'UGC considerata. La sommatoria ponderale risultante consente così di calcolare il grado effettivo di criticità complessiva ( $K$ ) con la seguente espressione:

$$K_r = \sum_{n(1-6)} \cdot I_{k_n} \cdot Xk_n \quad [1]$$

Il risultato della sommatoria ponderale [1] corrisponde al grado di criticità complessiva di quel particolare segmento costiero variabile da basso ad estremo, espresso da un tema cartografico (Fig. 7).

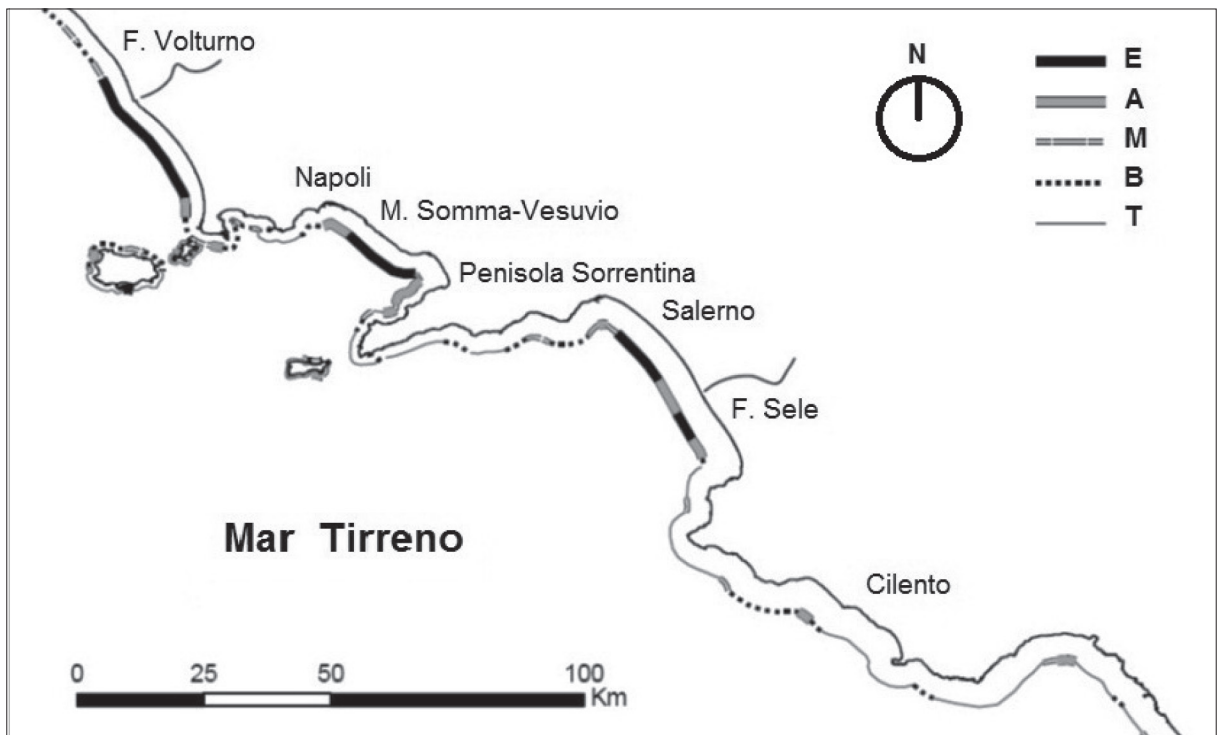


Figura 7 - Carta della Pericolosità Complessiva nelle coste della Campania: E, estrema; A, alta; M, media; B, bassa; T, trascurabile. I valori più alti si registrano soprattutto nelle UGC di tecnocosta e spiaggia (cfr. Fig. 2).

Il passaggio dalla nozione di *criticità*, intesa come propensione di un settore territoriale all'insorgenza di fenomeni distruttivi, a quella di *pericolosità*, intesa invece come probabilità che uno o una serie di eventi naturali si manifesti in futuro in una certa zona, è dettato dalla stima del tempo di ritorno ( $t_r$ ) di quegli eventi, anche di genesi antropica, riconosciuti come possibili fattori di rischio. In proposito, tenuto conto dei piani d'intervento e di gestione territoriale degli enti preposti (De Pippo et al. 2008a), è opportuno considerare tempi di ritorno brevi, espressi in anni e suddivisi in almeno quattro classi (Tab. 3).

Si rammenta che nello studio dei fenomeni naturali, nonché dell'impatto antropico sugli stessi e viceversa, non esiste una sola scala del tempo, con un'unica unità di misura; infatti, si va dall'istante o dal minuto (reazioni bio-geochimiche, scosse sismiche, eruzioni esplosive, frane) fino alle centinaia di migliaia di anni (tettonica) attraverso ben sedici ordini di grandezza, da  $10^{-7}$  a  $10^9$  anni (Ricci Lucchi, 2000). Pertanto, non esiste un tempo geologico standard, poiché ad ogni scala corrispondono differenti processi, sia fisici (endogeni ed esogeni) sia biotici a cui si aggiungono negli ultimi secoli quelli di genesi antropica, di diversa intensità e mutuamente interagenti nello spazio e nel tempo.

La quarta classe (D) si riferisce a tutti quegli eventi naturali i cui tempi di ritorno non sono ben definibili (ad esempio i sismi, le eruzioni vulcaniche, gli *tsunami*) o risultano lunghi rispetto alla tempistica media della pianificazione territoriale, quali ad esempio i fenomeni bradisismici (Parascandola, 1947; Guerra et al., 1973; Cinque et al., 1985; Dvorak e Mastrolorenzo, 1991; Pappalardo e Russo, 2000) ed i sismi degli ultimi 30.000-10.000 anni (Serva, 2000).

Ad ogni classe si attribuisce un valore decrescente compreso fra 4 (A) e 1 (D). Il grado di pericolosità risulta dal prodotto tra i valori di criticità espressi dall'applicazione della matrice d'interazione (cfr. Fig. 6) e quelli dei tempi di ritorno (cfr. Tab. 3): la pericolosità complessiva, ovvero geomorfologica (cfr. Fig. 7), si ottiene dall'integrazione fra le diverse pericolosità relative ad ogni evento significativo, con valori crescenti in funzione della criticità e del tempo di ritorno (De Pippo et al., 2008b e 2009). Questo metodo basato sui tre tipi di UGC è più semplice ed efficace di quelli proposti da Gornitz et al. (1994 e 1997) o di altri da validare (Nicholls e de la Vega-Leinert, 2000; Benassai et al., 2009), in cui manca tale specifica distinzione morfotopologica e pertanto sono applicabili solo ai litorali.

**Tabella 3 - Classi del tempo di ritorno ( $t_r$ ) nel breve periodo (anni) di eventi naturali e/o di genesi antropica riconosciuti come potenziali fattori di criticità costiera e relativo valore numerico attribuito. Il cronogramma mostra la possibile sovrapposizione dei tempi di ritorno assegnati ai sei geoidicatori (Tab. 2) in ciascuna UGC.**

| classe | tempo di ritorno $t_r$ (anni) | valore | Cronogramma |
|--------|-------------------------------|--------|-------------|
| A      | 0 - 2                         | 4      |             |
| B      | 2,1 - 5                       | 3      |             |
| C      | 5,1 - 10                      | 2      |             |
| D      | > 10                          | 1      |             |

Sulla base delle precedenti considerazioni metodologiche, lo studio delle UGC campane evidenzia specifiche criticità e pericolosità, come di seguito illustrato per ambiti geografico-fisici simili.

### ***Isole d'Ischia e Procida***

L'ambiente marino costiero ischitano e procidano è formato da lave e piroclastiti autoctone e flegree, con età non oltre 100 ka BP (Vezzoli, 1988; Aiello et al., 2007; Sbrana et al., 2011). Vi sono paleosolchi di battente fra -1 e -8 m, terrazzi marini fra -3 e -24 m, vaste coltri sedimentarie con fanerogame marine che mitigano l'erosione dei litorali più antropizzati (De Pippo et al., 2002a); alcuni ruderi romani sono a -4.5 m di profondità (Cartaromana ad Ischia) e d'età micenea a -9.5 m (Vivara a Procida). Ad Ischia la pericolosità alta si registra nelle tecnocoste a nord e ovest (Ischia Porto, Forio d'Ischia), quella estrema a sud (Lido dei Maronti; De Pippo et al., 2000b) per l'esposizione alle onde del II-III quadrante, nonostante i recenti ripascimenti; è bassa o trascurabile nei restanti segmenti. A Procida la pericolosità è alta ovunque per scalzamento al piede della falesia tufacea, per erosione della spiaggia (Ciraccio) esposta alle mareggiate del IV quadrante e nei brevi tratti di tecnocosta (Marina Grande, Chiaiolella, Coricella).

### ***Isola di Capri e Penisola Sorrentina***

Il paesaggio sommerso caprese e peninsulare sorrentino ricalca quello emerso: le ripide falesie carbonatiche mostrano forme legate all'intensa tettonica e alle frane (Pennetta, 2004; De Pippo et al., 2004, 2007; Pennetta e Lo Russo, 2011, 2013). Molte cavità costiere tettono-carsiche e marine si aprono lungo le falesie, specie in quelle sorrentine nell'Ignimbrite Campana (De Vivo et al., 2001). Due frane da crollo sono avvenute in età storica a Capri: nel 1808 a sud (Unghia Marina) e nel 1974 a nord (Marina di Caterola); i terrazzi sono fra -3 e -32 m, i paleosolchi fra -2 e -15 m (Pennetta, 2004; D'Argenio et al., 2012; de Alteriis e Donadio, 2012). Al largo della costa caprese vi è un rudere romano a -4.5 m (Bagni di Tiberio): la sua posizione, incompatibile con le variazioni eustatiche in epoca post-romana, è imputabile a recenti eventi sismotettonici o franosi. A Capri la pericolosità alta si registra nel tratto nord-orientale per scalzamento al piede in presenza di una piattaforma d'abrasione marina poco profonda, antistante falesie con litotipi morfoerodibili alla base

dei calcari (Pennetta e Lo Russo, 2011); quella medio-alta si registra nella tecnocosta a nord (Marina di Caterola) e nelle falesie a sud (Marina Piccola) a causa delle frane; nei restanti tratti è bassa. In Penisola Sorrentina la pericolosità è alta ed estrema nelle tecnocoste e falesie del versante settentrionale per le mareggiate soprattutto del IV quadrante, lo scalzamento al piede e le frane (Pennetta, 2004), mentre è bassa in quello meridionale.

### ***Costa flegrea e napoletana***

Il settore costiero flegreo-partenopeo, fra Torregaveta (NO) e Portici (SE), è formato da detriti al piede di falesie vulcanoclastiche, a luoghi da lave o strati di entrambi i prodotti vulcanici, mentre al largo affiorano peliti. Il paesaggio sommerso ricalca la morfologia vulcanica del settore emerso: l'intensa attività eruttiva e le fasi tettoniche hanno più volte ridisegnato il territorio (De Pippo et al., 2002b). Molte morfologie sono ereditate e riconducibili a edifici vulcanici, bradisismo, eventi catastrofici quali collassi vulcano-tettonici e colate detritiche. Le evidenze geomorfologiche rivelano un'evoluzione complessa dopo la messa in posto dell'Ignimbrite Campana (De Vivo et al., 2001), la formazione della caldera di Tufo Giallo Napoletano (Deino et al., 2004) e la strutturazione delle falesie. Paleofalesie tufacee, modellate in ambiente subaereo e poi sommerse fra -10 e -25 m sono tra Capo Posillipo e Mergellina (Donadio e Valente, 1995) e nell'area orientale napoletana (Donadio, 1998). Nell'area flegrea e occidentale napoletana, fra Torregaveta e il Castel dell'Ovo, ruderi romani sommersi fino a -12 m indicano variazioni della costa negli ultimi 2500 anni per cause bradisismiche. A Pietrarsa (Portici) una paleolinea di riva sommersa pre-romana rilevata a -20 m è riconducibile a fenomeni vulcano-tettonici del M. Somma-Vesuvio (De Pippo et al., 1996). Molte cavità semisommerse, di fattura antropica ed età greco-romana, si aprono lungo le falesie tufacee. I terrazzi sono intagliati nei tufi e talora nelle lave fino a -50 m, mentre i paleosolchi sono incisi solo nel tufo fra -1.8 e -3.7 m (Baia, Posillipo). Da nordovest verso sudest si registra un aumento di terrazzi, fino a cinque ordini, per la presenza di affioramenti rocciosi più estesi. La pericolosità è alta nelle tecnocoste (opere marittime e lungomare urbani) e media nelle falesie piroclastiche esposte alle mareggiate del II-III quadrante, per scalzamento al piede e crolli.

### ***Costa Vesuviana***

Il settore costiero nel piedimonte del M. Somma-Vesuvio, tra Portici e Torre Annunziata, è densamente antropizzato. Nelle zone del Granatello (Portici), Santa Maria La Bruna, Torre Scassata e Scogli di Prota fino a Villa Filangieri (Torre Annunziata) le lave preistoriche, medievali e del 1631 si protendono in mare fino a -5 m con scarpate alte 3-4 m e sono terrazzate con marmitte d'evorsione. Depositi grossolani colmano le *pocket beaches* (Pennetta, 2004) tra le basse falesie laviche e piroclastiche, fino alla tecnocosta estesa fra Torre Annunziata e Castellammare di Stabia, nell'intorno della foce del F. Sarno. Sulla parte sommersa delle lave del 1631 sono modellati due ordini di terrazzi (-5 e -12 m) ed il solco attuale. Alcuni ruderi romani a -4.5 m indicano variazioni dell'assetto costiero per fenomeni vulcano-tettonici post-79 d.C. (De Pippo et al., 1996). La pericolosità varia da estrema nelle tecnocoste ad alta nei tratti di spiaggia e falesia, per l'esposizione alle mareggiate del II-III quadrante e le frane da crollo.

### ***Litorali falerno-domitio e del Sele***

I sistemi duna-spiaggia dei fiumi Garigliano, Volturno (litorale falerno-domitio) e Sele mostrano gli stessi aspetti morfosedimentari. In entrambi, presso gli abitati di Castel Volturno e Salerno, la duna è antropizzata, mentre negli altri tratti è scomparsa per erosione o appare in forme relitte mammellonari. I porti, le difese litoranee e l'urbanizzazione spinta fino a riva hanno intensificato l'erosione già in atto dagli anni '50 (D'Acunzi et al., 2008; Pennetta et al., 2011a, b, c; Valente et al., 2013). Le tecnocoste e le spiagge contigue sono caratterizzate da una pericolosità da alta ad estrema, anche per le frequenti alluvioni. Le cause sono riconducibili all'intrappolamento di sedimenti negli invasi artificiali e al prelievo d'inerti in alveo che hanno ridotto l'apporto sedimentario in mare tramite le foci fluviali.

### ***Cilento e Golfo di Policastro***

Questo settore è caratterizzato da falesie carbonatiche alte e ripide e terrigene basse, alternate a *pocket beaches* ciottoloso-sabbiose. Le falesie, interessate da una rete di cavità tettono-carsiche, raggiungono profondità di

oltre -20 m con detrito al piede. I terrazzi si rinvennero fra -3 e -24 m, le tracce di paleosolchi fra -2 e -15 m (Antonioli et al., 1994). Negli ultimi anni l'arretramento della riva è accelerato, specie alla foce del F. Alento sbarrato da una diga, a Marina di Ascea a seguito della costruzione del porto di Casalvelino, alle foci fluviali del Mingardo e Bussento ed infine a sud del porto di Marina di Policastro. La pericolosità alta si registra nelle tecnocoste e spiagge adiacenti.

Tra i vari geoindicatori da considerare nella dinamica morfoevolutiva recente della costa alta campana, vanno senz'altro monitorati lungo le falesie i solchi di battente attuali, la loro morfologia e il grado di approfondimento, insieme ai parametri geostrutturali e litostratigrafici, altezza e pendenza del versante, morfologia del fondo marino prospiciente e presenza di cumuli di frana al piede. Per i prismi litoranei, invece, oltre agli aspetti cartografici storici, va attentamente considerata la presenza di persistenti gradini d'erosione, di berma di tempesta e scalzamento al piede dunare, nonché le relazioni tra riduzione della profondità, aumento della pendenza e diametro di soglia del litorale (LCD o *littoral cutoff diameter*, Limber et al., 2008), di solito per le spiagge campane intorno a 0.125 mm. Inoltre, vanno valutati lo stato di conservazione e di naturalità dell'intero sistema dunare e della sua seriazione vegetale, gli aspetti morfosedimentari della fascia di barre sommerse e del fondo marino entro -10 m di profondità. In entrambi i morfotipi costieri la presenza di strutture o ruderi sommersi, la loro profondità e datazione contribuisce a migliorare il quadro conoscitivo sulla morfoevoluzione e sull'entità dei moti verticali (subsidenza accelerata, bradisismo) in coste antropizzate.

### Criteri di progetto

Le considerazioni sinora esposte spiegano l'importanza dell'attenta valutazione della componente temporale nella definizione dei vari gradi di criticità dei tratti di costa. Le differenze fisiche e dei tempi di ritorno degli eventi in precedenza classificati consentono di impostare una metodologia che si basi sulle dinamiche del luogo, sulla ricorrenza dei fenomeni, sulla loro intensità prevista, per individuare strategie di progetto appropriate.

Una prima analisi può essere fatta sulle conseguenze normalmente indotte dalla tipologia di modelli insediativi sulle coste alte rocciose o basse clastiche, come già illustrato con grafico da Valente (1999), analizzando la corrispondenza in ogni situazione della modifica del luogo a medio termine, con descrizione in pianta e sezione. Si constata così come sia quasi impossibile non registrare trasformazioni nell'aspetto dei luoghi e come spesso i paesaggi costieri e le opere di difesa subiscano danni legati a questi relativamente rapidi cambiamenti. A tali alterazioni fisiche naturali ed artificiali vanno poi a sovrapporsi ogni volta gli effetti dei geoindicatori presentati, che si compongono con le forze normalmente in atto. Inoltre, è fondamentale considerare ulteriori aspetti quali il grado di urbanizzazione dei luoghi in esame, oltre alla qualità dell'insediamento presente e gli usi del suolo, per valutare la pericolosità dei siti in quanto prodotto delle criticità per il valore complessivo del luogo, in termini culturali, sociali, insediativi ed anche naturalistici. Riflettendo sulle relazioni tra pericolosità e densità, si osserva come in realtà extraeuropee con minori concentrazioni insediative possano essere considerati anche approcci di eventuale abbandono di aree interessate da forti fenomeni naturali catastrofici come esondazioni o mareggiate. Al contrario, in Europa mediterranea ed in Italia meridionale nella fattispecie, la concentrazione di popolazione lungo le coste è tipica per le speciali condizioni di favore climatico e di paesaggio. In queste circostanze è maggiore la frequenza di siti definiti pericolosi e la difficoltà di coniugare sicurezza ed insediamento, presidio ed uso. Così in molti casi la maggiore ricorsività degli eventi è paradossalmente da considerarsi indice di sicurezza, poiché la distanza temporale tra i fenomeni tende a dare false rassicurazioni sulle modalità di fruizione di taluni luoghi. Tuttavia si vuole sottolineare come l'interesse delle informazioni geomorfologiche espressive dei *trend* evolutivi in atto sia notevole per le questioni di progettazione ambientale anche al di là dello studio delle condizioni di criticità e piuttosto in relazione ad ogni possibile classe di mutamenti fisici che possano verificarsi.

L'approccio metodologico che si propone è infatti quello di considerare come materia da trattare soprattutto il processo evolutivo del sito, per porsi in sintonia completa con esso e scongiurare così quegli eventi distruttivi nei quali l'elemento naturale riprende il sopravvento sulle opere di cristallizzazione del paesaggio realizzate dalla mano dell'uomo. L'atteggiamento che proponiamo permette anche di conservare la memoria dei fenomeni naturali nell'inconscio collettivo degli abitanti e dei visitatori del luogo, che vengono messi

in condizione di fruire, in maniera cosciente e quindi più responsabile, di un'educazione ambientale attiva. Quest'approccio permette di aumentare notevolmente la sicurezza dei luoghi quando la popolazione ne sia in grado di riconoscere gli stessi geoindicatori o almeno i principali segnali di trasformazione, regolando le attività antropiche in sintonia con le dinamiche naturali ed in funzione di esse. Semplici esempi dell'atteggiamento progettuale qui proposto sono quelle soluzioni nelle quali l'innalzamento del livello delle acque o le variazioni delle quote del suolo per bradisismo o alluvioni sono affrontati mediante l'uso di strutture galleggianti, permettendo il formarsi di configurazioni transitorie di linee di costa in relazione ai diversi livelli dell'acqua.

Nello sforzo di sistematizzare in maniera scientifica le possibili alternative di progetto nelle differenti condizioni, attraverso l'osservazione della carta delle criticità della costa campana (Fig. 7) e riferendosi a precedenti lavori scientifici degli Autori, sono state estrapolate alcune UGC esemplificative per le quali indicare le tipologie d'intervento appropriate. Per ciascuna UGC sono state qui costruite le tabelle degli esempi di interventi in relazione ai sei geoindicatori ed ai relativi tempi di ritorno (Tabelle 4, 5, 6 e 7), riferendosi ai valori semiquantitativi già indicati da De Pippo et al. (2008b).

L'iterazione di tale processo ha consentito così di ottenere un quadro sinottico della tipologia di interventi sostenibili per le UGC campane, distinta per le caratteristiche fisiche generali di costa alta e bassa e per i geoindicatori presenti (Tab. 8). La stessa tabella mostra sulla parte superiore la freccia indicante la maggiore frequenza dei fenomeni. A tal proposito si osserva come all'estremo opposto della freccia, dove si indica la minore ricorrenza degli eventi, sono classificati i casi nei quali può ridursi il numero degli interventi ma non il grado di allerta delle autorità preposte al controllo della sicurezza.

Osservando nello specifico i risultati ottenuti si rileva che alcuni fenomeni non preoccupano per coste alte, mentre altri per quelle basse. Esempi sono nella UGC 2 le frane o la sismicità, gli alluvionamenti o gli *tsunami* nei casi di coste alte, o ancora le frane nelle coste basse. Mentre in generale l'allontanamento dalla linea di riva degli insediamenti si rivela un denominatore comune, nel dettaglio si riscontra come alcuni particolari interventi, quali ad esempio le strutture galleggianti, si rivelino appropriati in presenza di diverse condizioni quali alluvionamenti, mareggiate o bradisismi con tempi di ritorno brevi, inferiori a 5 anni.

È in questi casi che tra le strategie indicate c'è anche quella di utilizzare la spettacolarizzazione di alcuni dei fenomeni naturali previsti per aumentare il valore turistico di taluni luoghi alla maniera in cui William Wenk ha trattato nel 1985 il George Wallace Park di Denver (USA), dove negli spazi di svago durante i momenti di allagamento le strutture in cemento diventano sia ostacoli per l'esondazione, sia scenografiche ed attrattive cascate.

**Tabella 4 – Interventi appropriati per l'UGC foce Volturno – Cuma (E, pericolosità elevata)**

|                                       | <b>geoindicatore</b>  | <b>tempo di ritorno <math>t_r</math> (anni)</b> | <b>tipo di intervento</b>   |
|---------------------------------------|---|---|---|
| <b>UGC 2: foce Volturno - Cuma, E</b> | erosione costiera/accrescimento   | 0-2   | arretramento insediamento, RSA, usi transitori, strutture smontabili, recupero dei sistemi dunari                             |
|                                       | alluvionamento/esondazione fluviale o torrentizia in area costiera              | >10   | arretramento insediamento, strutture sollevate, strutture galleggianti  |
|                                       | evento meteomarinario significativo   | 0-2   | arretramento, strutture galleggianti, sistema di <i>alert</i>   |
|                                       | fenomeno franoso  | —   | —   |
|                                       | sismicità/vulcanismo/bradisismo/movimento verticale da carico e/o compattazione | —   | —   |
|                                       | attività ed opere antropiche  | 0-2   | protezione litoranea soffolta, destrutturazione dei margini sull'acqua, ingegneria naturalistica, rispetto della vincolistica |

Tabella 5 – Interventi appropriati per l'UGC Miliscola (da Capo Miseno a Monte di Procida) (H, pericolosità alta).

|                     | <b>geoindicatore</b>  | <b>tempo di ritorno <math>t_r</math> (anni)</b> | <b>tipo di intervento</b>   |
|---------------------|---|---|---|
| UGC 5: Miliscola, H | erosione costiera/accrescimento   | 5,1-10  | arretramento insediamento   |
|                     | alluvionamento/esondazione fluviale o torrentizia in area costiera              | >10   | arretramento, strutture sollevate, strutture galleggianti   |
|                     | evento meteomarinario significativo   | 2,1-5   | arretramento, strutture galleggianti, sistema di <i>alert</i>   |
|                     | fenomeno franoso  | >10   | disgaggio, boiaccia, ingegneria naturalistica   |
|                     | sismicità/vulcanismo/bradisismo/movimento verticale da carico e/o compattazione | >10   | strutture antisismiche, sistema di <i>alert</i>   |
|                     | attività ed opere antropiche  | 0-2   | protezione litoranea soffolta, destrutturazione dei margini sull'acqua, ingegneria naturalistica, rispetto della vincolistica |

Tabella 6 – Interventi appropriati per l'UGC golfo di Pozzuoli (M, pericolosità media).

|                             | <b>geoindicatore</b>  | <b>tempo di ritorno <math>t_r</math> (anni)</b> | <b>tipo di intervento</b>  |
|-----------------------------|---|---|--|
| UGC 6: Golfo di Pozzuoli, M | erosione costiera/accrescimento   | >10   | arretramento insediamento  |
|                             | alluvionamento / esondazione fluviale o torrentizia in area costiera                  | >10   | arretramento insediamento, strutture sollevate   |
|                             | evento meteomarinario significativo   | 0-2   | arretramento insediamento, strutture galleggianti, sistema di <i>alert</i>             |
|                             | fenomeno franoso  | 5,1-10  | disgaggio, boiaccia, ingegneria naturalistica  |
|                             | sismicità / vulcanismo / bradisismo / movimento verticale da carico e/o compattazione | 5,1-10  | strutture elastiche antisismiche, strutture galleggianti, sistema di <i>alert</i>      |
|                             | attività ed opere antropiche  | >10   | protezione soffolta, destrutturazione dei margini sull'acqua, ingegneria naturalistica |

Tabella 7 – Interventi appropriati per l'UGC Torre Annunziata – Castellammare di Stabia (H, pericolosità alta).

|                                | <b>geoindicatore</b>  | <b>tempo di ritorno <math>t_r</math> (anni)</b> | <b>tipo di intervento</b>  |
|--------------------------------|---|---|--|
| UGC 9: Torre A.-Castel. St., H | erosione costiera/accrescimento   | 2,1-5   | arretramento insediamento, RSA, strutture smontabili   |
|                                | alluvionamento/esondazione fluviale o torrentizia in area costiera              | 0-2   | arretramento insediamento, strutture sollevate, strutture galleggianti, usi transitori, spettacolarizzazione |
|                                | evento meteomarinario significativo   | 2,1-5   | arretramento insediamento  |
|                                | fenomeno franoso  | >10   | disgaggio, boiaccia, ingegneria naturalistica  |
|                                | sismicità/vulcanismo/bradisismo/movimento verticale da carico e/o compattazione | >10   | strutture antisismiche, sistema di <i>alert</i>  |
|                                | attività ed opere antropiche  | 0-2   | protezione soffolta, destrutturazione dei margini sull'acqua, ingegneria naturalistica                       |

Tabella 8 - Quadro sinottico della tipologia di interventi appropriati per le UGC della costa campana.

| Indicazione di interventi appropriati per coste alte e basse | tempo di ritorno $t_r$ (anni)                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | ← frequenza dei fenomeni   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A = 0 – 2 anni   |  | B = 2,1 - 5 anni   |  | C = 5,1 - 10 anni  |  | D = > 10 anni  |  |  |
|  | coste alte   | coste basse  | coste alte   | coste basse  | coste alte   | coste basse  | coste alte   | coste basse  |  |
| categoria di geoindicatore                                   | Erosione costiera  | Ricostituzione della spiaggia al piede della falesia<br>Protezione con barriere soffolte | Arretramento dell'insediamento RSA<br>Usi transitori<br>Strutture smontabili e riposizionabili<br>Protezione e consolidamento delle dune con vegetazione | Ricostituzione della spiaggia al piede della falesia                   | Arretramento dell'insediamento RSA<br>Strutture smontabili e riposizionabili<br>Protezione e consolidamento delle dune con vegetazione | Ricostituzione della spiaggia al piede della falesia                   | Arretramento dell'insediamento<br>Strutture smontabili e riposizionabili<br>Protezione e consolidamento delle dune con vegetazione | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Protezione e consolidamento delle dune con vegetazione |
|  | Alluvionamento/Esondazione fluviale o torrentizia in area costiera | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Usi transitori<br>Strutture galleggianti<br>Sistema di alert<br>Spettacolarizzazione                                   | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Usi transitori<br>Strutture sollevate<br>Strutture galleggianti<br>Sistema di alert                  | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Strutture sollevate<br>Strutture galleggianti<br>Sistema di alert                                | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Strutture sollevate<br>Sistema di alery                |
|  | Evento meteorologico significativo/ Tsunami (D)                    | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Usi transitori<br>Strutture galleggianti<br>Predisposizione vie di fuga<br>Sistema di alert                            | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Strutture galleggianti<br>Predisposizione vie di fuga<br>Sistema di alert                            | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Predisposizione vie di fuga<br>Sistema di alert  | -  | Arretramento dell'insediamento<br>Sistema di alert                                       |
|  | fenomeno franoso   | Prevenzione dall'uso<br>Disgaggio Boiaccia con rocce locali                              | -  | Disgaggio Boiaccia con rocce locali<br>Ingegneria naturalistica        | -  | Disgaggio Boiaccia con rocce locali<br>Ingegneria naturalistica        | -  | Disgaggio Boiaccia con rocce locali<br>Ingegneria naturalistica        | -  |
|  | sismicità/vulcanismo/bradisismo/moti verticali da carico           | Strutture antisismiche   | Strutture antisismiche<br>Strutture galleggianti   | Strutture antisismiche   | Strutture antisismiche<br>Strutture galleggianti   | Strutture antisismiche   | Strutture antisismiche<br>Strutture galleggianti   | Strutture antisismiche   | Strutture antisismiche   |
| attività ed opere antropiche                                 | Vincolistica ambientale  | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica                   | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica   | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica   | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica   | Protezione soffolta<br>Ammorbidente difesa<br>Ingegneria naturalistica |  |



In presenza di spiagge interessate da fenomeni erosivi, sono indicate anche tecniche quali il RSA (Recupero e Stabilizzazione degli Arenili attraverso il drenaggio delle spiagge o *dewatering*), la scelta di destinazioni di uso transitorie e delocalizzabili, l'opzione di strutture smontabili e riposizionabili e, in presenza di cordoni dunari retrostanti, la protezione e consolidamento delle dune con tecniche d'ingegneria naturalistica. Tuttavia in relazione al confronto con i tempi di ritorno, queste ultime possono risultare meno appropriate quando sono necessari risultati immediati per le frequenze alte. In questi interventi va tenuto conto delle caratteristiche che contribuiscono alla buona qualità di una spiaggia (Blakemore e Williams, 2008), quali preferibilmente presenza di sabbie fini e chiare, bassa pendenza e profondità non superiore a 50 m. Va precisato che è necessario anche lo sguardo alla scala vasta del bacino fluviale di riferimento prevedendo interventi in presenza di dighe (*desilting, bypassing e hydroflushing*) e l'incremento della connettività con il recupero delle sponde e il modellamento in alveo di rapide.

In presenza di falesie in frana, oltre a ripristinare le preesistenti spiagge sabbiose e/o ciottolose al piede, piuttosto che interventi di consolidamento massiccio, quali chiodature o tecniche similari, dopo le opportune operazioni di disaggancio è utile apporre boiaccia a gravità, formata da una miscela di cemento e sabbia di roccia locale, nelle fratture per suturarle ed evitare l'infiltrazione meteorica e l'azione disgregante delle radici di alcune specie vegetali. Inoltre, in funzione dell'acclività del versante, è sempre utile considerare i vantaggi offerti dall'uso della vegetazione in applicazione delle tecniche d'ingegneria naturalistica.

In caso di zone interessate da fenomeni alluvionali, oltre alla previsione di usi transitori nelle aree esondabili, è opportuno utilizzare strutture che possano essere sopraelevate per quota o galleggiamento.

I tratti definiti di tecnocosta, dove nel tempo è stata prevalente l'antropizzazione, invece, pongono il problema di una rigidità che offre resistenza ma non resilienza agli atmosferici. Al fine di dissipare l'energia dei fenomeni sono da prevedersi preferibilmente le barriere soffici e laddove possibile la destrutturazione dei margini sull'acqua, permettendone discontinuità e diverse configurazioni.

In molti casi la Tabella 8 presenta indicazione della progettazione di idoneo sistema di *alert* per eventi massimi finalizzato ad avvisare la popolazione presente lungo la costa. Si ritiene infatti che anche i sistemi di *design* dei servizi, che progettano sistemi di comunicazione e informazione, debbano entrare in larga misura tra gli strumenti aggiornati dell'*environmental design*. Sostituendo le strutture di difesa rigide ed impositive con elementi immateriali quali *network* e *software* che gestiscano la tempistica dell'affluenza delle persone (ad esempio in caso di zone esondabili), è possibile prefigurare il ritorno alla naturale dinamica trasformativa di tanti paesaggi le cui dinamiche evolutive sono state fino ad oggi fossilizzate dall'intervento antropico, ma che possono tornare ad essere mutevoli ed in sintonia con i processi naturali.

## Conclusioni

Grazie alle informazioni fornite su ricorrenze e ricorsività dei principali fenomeni evolutivi dei territori costieri, i geoindicatori si offrono come indispensabili strumenti di progetto per definire le strategie più appropriate di progettazione ambientale. Gli interventi non impositivi sono i più adattivi lungo la linea di costa e vanno opportunamente calibrati in relazione ai tempi di ritorno dell'insieme dei fenomeni attivi nei siti. Gli schemi presentati risultanti dall'osservazione della casistica campana sono utili per la scelta delle tecniche da adottare con uno sguardo lungimirante verso la durata delle opere, le energie da approfondire per la relativa manutenzione, oltre alle possibili nuove modalità di uso sostenibile dei luoghi. Tali spunti concorrono alla costruzione di strategie innovative di riqualificazione e sviluppo delle quali la Campania continua ad avere profondamente bisogno.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. Michele Di Natale della Seconda Università di Napoli per i suoi preziosi suggerimenti. Si è inoltre molto grati ad entrambi i referees, Prof. Gian Camillo Cortemiglia e Dott. Marco Ferrari, per i loro proficui commenti che hanno contribuito a migliorare il nostro manoscritto, nonché alla famiglia del Prof. Remo Terranova che ne ha consentito la pubblicazione in questo volume in sua memoria. Il lavoro è frutto della collaborazione tra gli autori; in particolare, i paragrafi "Introduzione" e "Criteri di Progetto" sono stati scritti da Renata Valente, gli altri paragrafi sono a cura di tutti gli autori.

## Bibliografia

- Aiello G., Barra D., De Pippo T., Donadio C., Petrosino C. (2007) - *Morphological evolution of volcanic islands near Naples, southern Italy*. Zeit. Geomorph. N. F., 51(2): 165-190.
- Antonioli F., Donadio C., Ferranti L. (1994) - (a cura di) *Guide to the excursion*. Int. Meet. on Underwater Geology Geosub '94, June 8-10 1994, Palinuro (Italy), ENEA - Roma, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli Federico II, De Frede Ed., Napoli. pp. 58.
- Aucelli P.P.C., Aminti P.L., Amore C., Artom C., Bellotti P., Bozzano A., Caputo C., Castellitti G., Cipriani L.E., Cocco E., Corradi N., D'Alessandro L., Damiani L., Davoli L., De Pippo T., Devoti S., Di Gregorio F., Evangelista S., Ferrari M., Ferri S., Fierro G., Fontolan G., Ginesu S., Giuffrida E., Iannantuono E., Iuliano S., La Monica G.B., Landini B., Mascioli F., Nesci O., Palmentola G., Pranzini E., Pugliese F., Randazzo G., Raffi R., Roskopf C.M., Salvatore M.C., Silenzi S., Simeoni U., Veltri P. (2006) - *Lo stato dei litorali italiani*. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero, Studi costieri, 10, pp. 174.
- Benassai G., Chirico F., Corsini S. (2009) - *Una metodologia per la definizione del rischio da inondazione costiera*. Studi costieri, 16: 51-72.
- Berger A.R. (1997) - *Assessing rapid environmental change using geoindicators*. Env. Geol., 321: 36-44.
- Berger A.R., Iams W.J. (1996) - (Eds.) *Geoindicators: assessing rapid environmental change in earth systems*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. pp.466.
- Blakemore F., Williams A. (2008) - *British tourists' valuation of a Turkish beach using contingent valuation and travel cost methods*. J. of Coastal Res., 24(6): 1469-1480.
- Brandolini P., Faccini F., Robbiano A., Terranova R. (2007) - *Geomorphological hazard and monitoring activity in the western rocky coast of the Portofino Promontory (Italy)*. Quat. Int., 171-172: 131-142
- Brandolini P., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M., Terranova R. (1994) - *Esempi di interazione tra fattori naturali ed interventi antropici nell'evoluzione recente della fascia costiera ligure*. In: Citarella F. (a cura di), Studi Geografici in onore di Domenico Ruocco, Napoli. pp. 41-55.
- Brondi A., Cicero A.M., Magaletti E., Giovanardi F., Scarpato A., Silvestri C., Spada E., Casazza G. (2003) - *Italian coastal typology for the European water framework directive*. Proc. of the Sixth Int. Conf. on the Mediterranean Coastal Env. MEDCOAST '03, Özhan E. Ed. 7-11 October 2003, Ravenna, Italy. Vol. II, pp. 1179-1188.
- Bush D.M., Neal W.J., Young R.S., Pilkey O.H. (1999) - *Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation*. Ocean and Coastal Management, 42: 647-670.
- Cinque A., Rolandi G., Zamparelli V. (1985) - *L'estensione dei depositi marini olocenici nei Campi Flegrei in relazione alla vulcano-tettonica*. Boll. Soc. Geol. It., 104: 327-348.
- D'Acunzi G., De Pippo T., Donadio C., Peduto F., Santoro U., Sessa F., Terlizzi F., Turturiello M.D. (2008) - *L'uso della cartografia numerica nell'analisi dell'evoluzione della linea di costa nella Piana del Sele*. Studi costieri, 14: 55-67.
- D'Argenio B., Barattolo F., Budillon F., Cesarano M., Donadio C., Pappone G., Pugliese A., Putignano M.L., Aucelli P.P.C., Russo Ermolli E., Sgrosso A., Terlizzi F., Ferrari G., Lamagna R. (2012) - (a cura di) *Carta Geologica della Regione Campania, Note Illustrative della Carta Geologica alla scala 1:10.000, Foglio 484 Isola di Capri*. Regione Campania, Assessorato Difesa del Suolo, SystemCart, Roma. pp. 106.
- de Alteriis G., Donadio C. (2012) - *La geologia marina e subacquea del Golfo di Napoli e della Penisola Sorrentina*. In: Pepe C. e Senatore F. Ed., Piano di Sorrento. Una storia di terra e di mare - Atti del I, II e III ciclo di conferenze (2010-2011) sulla storia del territorio di Piano di Sorrento e della Penisola Sorrentina. Scienze e Lettere Ed., Roma. pp. 29-57.
- De Pippo T., Donadio C., Pennetta M., Terlizzi F., Valente A. (2009) - *Application of a method to assess coastal hazard: the cliffs of Sorrento Peninsula and Capri (southern Italy)*. In: Violante C. Ed., Geohazards in rocky coastal areas, Geological Society of London, Spec. Publ., 322: 189-204.
- De Pippo T., Donadio C., Pennetta M. (2002a) - *Variazioni ambientali di genesi antropica ed incremento del rischio costiero nell'Isola d'Ischia (Italia)*. Boll. Soc. Geogr. It., ser. XII, vol. III: 495-508.
- De Pippo T., Donadio C., Pennetta M., Petrosino C., Terlizzi F., Valente A. (2008b) - *Coastal hazard assessment and mapping in Northern Campania, Italy*. Geomorphology, 97: 451-466.
- De Pippo T., Donadio C., Pennetta M., Terlizzi F., Vecchione C., Vegliante M. (2002b) - *Seabed morphology and pollution along the Bagnoli coast (Naples, Italy): a hypothesis of environmental restoration*. Marine Eco-

- logy, 23: 154-168
- De Pippo T., Donadio C., Russo F., Sgambati D. (1996) - *Caratterizzazione geomorfologica del litorale vesuviano: evidenze per la ricostruzione della linea di costa di epoca romana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., "Atti del Convegno Geosub 94", 52: 207-224.
- De Pippo T., Donadio C., Terlizzi F. (2008a) - *Analisi critica della letteratura geomorfologica sulla dinamica evolutiva delle coste campane*. In: "Le criticità delle aree costiere della Campania. Verso un progetto di monitoraggio integrato" Conv. Naz. ARPAC, CoNISMa, 1 dicembre 2008, Napoli. Pubblicato negli atti su supporto CD-Rom.
- De Pippo T., Donadio C., Mazzarella A., Paolillo G., Pennetta M. (2004) - *Fractal geometry applied to coastal and submarine features*. Zeit. Geom. N. F., 48: 185-199.
- De Pippo T., Monti L., Pennetta M., Terlizzi F. & Vecchione C. (2000a) - *Morfologia della spiaggia sommersa ed individuazione delle modificazioni indotte dagli interventi antropici nel litorale compreso tra Punta del Soccorso e Punta Caruso nel Comune di Forio (isola d'Ischia, Napoli)*. Geologia Tecnica, 2: 13-20.
- De Pippo T., Pennetta M., Terlizzi F., Valente A. (2007) - *Principali tipi di falesia nella Penisola Sorrentina e nell'Isola di Capri: caratteri e lineamenti morfoevolutivi*. Boll. Soc. Geol. It., 126: 181-189.
- De Pippo T., Pennetta M., Terlizzi F., Vecchione C. (2000b) - *Ipotesi di intervento di ripascimento protetto lungo la spiaggia dei Maronti (Comune di Barano- isola d'Ischia- Napoli)*. Geologia Tecnica, 3: 33-43.
- De Vivo B., Rolandi G., Gans P.B., Calvert A., Bohrsen W.A., Spera F.J., Belkin H.E. (2001) - *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy)*. Mineral. Petrol., 73: 47-65.
- Deino A.L., Orsi G., Piochi M., de Vita S. (2004) - *The age of Neapolitan Yellow Tuff caldera-forming eruption (Campi Flegrei caldera – Italy) assessed by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating method*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 133: 157-170.
- Dern J.Q. (1992) - *Mar Tierra Paisaje de frontera*, Quaderns d'Arquitectura y Urbanisme. Actar Ed., Barcelona, Spain, 196: 32-41.
- Donadio C. (1998) - *Caratteristiche geomorfologiche ed ambientali dell'area orientale napoletana*. In: Lebro M., Lebro D. (a cura di), *Le frontiere della città. L'area orientale di Napoli*, Univ. degli Studi di Napoli Federico II, Regione Campania, Ord. Arch. Prov. di Napoli. pp.120.
- Donadio C., Valente R. (1995) - *Coast renaturalization at west periphery of Naples: morphologic features and landscape design*. Proc. II Int. Conf. Medit. Coastal Env., MEDCOAST 95, 24-27 october 1995, Özhan E. Ed., 1: 423-437.
- Dvorak J.J., Mastrolorenzo G. (1991) - *History of vertical movement in Pozzuoli Bay, southern Italy: the result of regional extension related to evolution of the Tyrrhenian Sea and of local volcanic activity*. Geol. Soc. Am., Special Pap., 263, pp.47.
- Elliott D.E. (1996) - *A conceptual framework for geoenvironmental indicators*. In: Berger A.R., Iams W.J. Eds., *Geoindicators: assessing rapid environmental change in earth systems*, A.A. Balkema Ed., Rotterdam, Netherlands. pp. 337-350.
- Ferretti O., Barsanti M., Delbono I., Furia S. (2003) - *Tipi morfo-sedimentologici dei litorali italiani. Elementi di gestione costiera*. Parte I. ENEA, RT/2003/42/CLIM. pp. 43.
- Gornitz V.M., Beaty T.W., Daniels R.C. (1997) - *A coastal hazard data base for the U.S. West Coast*. ORNL/CDIAC-81, NDP-043C, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA. pp. 162.
- Gornitz V.M., Daniels R.C., White T.M., Birdwell K.R. (1994) - *The development of a coastal risk database for the U.S. Southeast: erosion and inundation from sea level rise*. In: Finkle C.W. Jr Ed., *Coastal hazards: perception, susceptibility and mitigation*. J. Coastal Res., Special Issue, 12: 327-338.
- Guerra I., Lo Bascio A., Luongo G., Nazzaro A., Talarico G. (1973) - *Bradisismo flegreo*. Oss. Vesuv. Rapp. n.5, Napoli.
- Hammond A., Adriaanse A., Rodenburg E., Bryant D., Woodward R. (1995) - *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. Washington, D.C., World Resources Institute. pp. 43.
- Limber P.W., Patsch K.B., Griggs G.B. (2008) - *Coastal sediment budgets and the littoral cutoff diameter: a grain size threshold for quantifying active sediment inputs*. J. of Coastal Res., 22(2B): 122-133.
- Mazzarella A. (2007) - *The 60-year solar modulation of global air temperature: the Earth's rotation and atmospheric circulation connection*. Theor. Appl. Climatol. 88, 193-199.

- McHarg I.L. (1969) - *Design with Nature*. Garden City, New York, American Museum of Natural History, by the Natural History. Press. pp. 197.
- Monti L., Donadio C., Putignano M.L., Toccaceli R.M. (2003) - (a cura di) *Geologia subacquea delle aree marine costiere. Linee guida al rilevamento geologico subacqueo, scala 1:10.000. Progetto CARG Regione Campania*. Regione Campania, Lab. Graf. Legatoria Duminuco Ed., Sapri (SA). pp. 93.
- Nicholls R.J., de la Vega-Leinert A.C (2000) - *Synthesis and upscaling of sea-level rise vulnerability assessment studies (SURVAS): SURVAS methodology*. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University.
- Ortolani F., Pagliuca S. (1994) - *Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato*. Il Quaternario, 7(1): 351-356.
- Pappalardo U., Russo F. (2001) - *Il bradisismo dei Campi Flegrei (Campania): dati geomorfologici ed evidenze archeologiche*. In: Gianfrotta P.A., Maniscalco F. (a cura di), *Forma Maris, Forum internazionale di archeologia subacquea*, 22-24 settembre 1998, Pozzuoli, Massa Ed., pp. 107-119.
- Parascandola A. (1947) - *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 56. pp.115.
- Pennetta M. (2004) - (Responsabile Scientifico) *Studio dei fattori di pericolosità per la valutazione del rischio costiero lungo il litorale compreso tra Punta Campanella e Napoli - S. Giovanni a Teduccio* - Progetto di Ricerca commissionato dall'Autorità di Bacino del Sarno della Regione Campania al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Napoli Federico II nell'ambito delle attività finalizzate al Piano Stralcio per l'Erosione Costiera adottato nel settembre 2012, B.U.RC. n.68 del 29.10.12.
- Pennetta M. (2009) - *Arretramento della linea di riva nel Golfo di Castellammare di Stabia (NA) in risposta all'intercettazione dei sedimenti di deriva litoranea*. Studi costieri, 16: 33-50.
- Pennetta M., Corbelli V., Esposito P., Gattullo V., Nappi R. (2011c) - *Environmental impact of coastal dunes in the area located to the left of the Garigliano river mouth (Campany, Italy)*. J. Coastal Res., SI, 61: 421-427.
- Pennetta M., Corbelli V., Gattullo V., Nappi R. (2011b) - *Contributo degli studi morfosedimentari alla pianificazione delle attività turistico balneari ed alla mitigazione degli impatti: indice di vulnerabilità del sistema dunare e carrying capacity della spiaggia emersa nell'area SIC in sinistra foce del Fiume Garigliano*. Rend. Online Soc. Geol. It., 17: 145-151.
- Pennetta M., Lo Russo E. (2011) - *Hazard factors in high rocky coasts of Capri island (Gulf of Naples, Italy)*. J. Coastal Res., SI, 61: 428-434.
- Pennetta M., Lo Russo E. (2013) - *Landslides in sea cliff area along the Capri coast (Gulf of Naples, Italy)*. In: Margottini C. et al. Ed., *The Second World Landslides Forum, Landslides Science and Practice*, 5: 119-127.
- Pennetta M., Sica M., Abbundo R. (2011a) - *Canali da Rip Currents nella spiaggia sommersa presso la foce del Fiume Sele (Golfo di Salerno, Italia)*. Rend. Online Soc. Geol. It., 17: 139-144.
- Ricci Lucchi F. (2000) - *Memorie della Terra: il concetto del tempo*. Geoitalia, FIST, 6: 35-37.
- Sbrana A., Toccaceli R.M., Biagio G., Cubellis E., Faccenna C., Fedi M., Florio G., Fulignati P., Giordano F., Giudetti G., Grimaldi M., Italiano F., Luperini W., Marianelli P., Buia M.C., Donadio C., Gambi M.C., Putignano M.L., Aiello G., Budillon F., Conforti A., D'Argenio B. (2011) - (a cura di) *Carta Geologica della Regione Campania, Note Illustrative della Carta Geologica alla scala 1:10.000, Foglio 464 Isola di Ischia*. Regione Campania, Assessorato Difesa del Suolo, Litografia Artistica Cartografica, Firenze. pp. 216.
- Serva L. (2000) - *Il concetto del tempo nei rischi geologici: la Paleosismicità*. Geoitalia, FIST, 6: 37-39.
- Valente A., Pennetta M., Sica M. (2013) - *Rip channel patterns on the beach near the mouth of Sele River (Southern Italy)*. Abstr. Vol. 8th Int. Conf. (AIG) on Geomorphology, "Geomorphology and Sustainability", Paris - 2013, 27-31 august, Paris. p. 916.
- Valente R. (1999) - *Frontiere tra Mare e Terra. La progettazione ambientale lungo la linea di costa*. Liguori Ed., Napoli. pp. 208.
- Vezzoli L. (1988) - (Ed.) *Island of Ischia*. C.N.R., Quad. de «La Ricerca Scientifica», Prog. Fin. Geodin., Monogr. fin., 114(10). pp.122.

**Ricevuto il 04/02/2014, accettato il 09/06/2014.**