

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



2/2022

ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma





Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

AVVISO DI CONVOCAZIONE ASSEMBLEA ORDINARIA DEI SOCI SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE (SIGEA) - APS AI SENSI DELL'ART. 16 DELLO STATUTO

Come stabilito nel corso del **Consiglio Direttivo dell'8 aprile 2022**, è indetta l'Assemblea ordinaria della Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA) - APS, in prima convocazione per il giorno 9 giugno 2022 alle ore 19.00, e in seconda convocazione per il giorno venerdì **10 giugno 2022 alle ore 10.30** presso la sede legale di Via Livenza 6, Roma.

L'ordine del giorno dell'Assemblea è il seguente:

- Lettura e approvazione del verbale dell'Assemblea del 26/04/2022
- Discussione e approvazione Regolamento SIGEA-APS
- Relazione del Presidente sull'attività della SIGEA-APS
- Relazione dei Presidenti di Sezione e Referenti regionali sull'attuazione del programma
- Elezioni rinnovo Consiglio direttivo 2022-2027

Tutti i Soci che intendono presentare la propria candidatura sono invitati a inviarla entro il 4/06/2022 all'indirizzo e-mail segreteria@sigeaweb.it specificando nell'oggetto: "Candidatura rinnovo CDN SIGEA-APS 2022-2027 di Nome e Cognome".

Si ricorda che ai sensi dell'Art. 19 dello Statuto *"È in facoltà di ogni socio avente diritto di voto e di farsi rappresentare in assemblea da altro socio con pari diritto di voto, mediante delega scritta"*.

Si rappresenta che ai sensi dell'Art. 15 dello Statuto *"In tutte le cariche direttive dell'Associazione deve essere prevista la riserva di un ragionevole numero minimo di cariche direttive a componenti di sesso femminile, in ossequio al principio costituzionale (art. 51 della Costituzione) dell'uguaglianza di genere di cui al "Codice delle pari opportunità tra uomo e donna, a norma dell'Art. 6 della legge 28 novembre 2005, n. 246 d.lgs. 198/2006"*.

5X1000

www.sigeaweb.it

Insieme da 30 anni per promuovere
la cultura geologica
e la tutela dell'ambiente

**SOSTIENI
LA TUTELA DELL'AMBIENTE**

**DESTINA
IL CINQUE X MILLE**

A SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE (SIGEA) - APS

C.F. 04336801008



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE
Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*),
Daria Duranti (*Tesoriere*), Iliaria Falconi,
Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento,
Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti
(*Presidente onorario*), Luciano Masciocco, Fabio Oliva,
Michele Orifici (*Vicepresidente*), Vincent Ottaviani
(*Vicepresidente*), Paola Pino d'Astore, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

N. 2/2022
Anno XXX • aprile-giugno 2022

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE
Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO
Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giovanni Bruno,
Francesco Cancellieri, Rachele Castro, Maria Di Nezza,
Massimiliano Fazzini, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Endro Martini, Luciano Masciocco,
Davide Mastroianni, Mario Parise, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotto, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE
Fatima Alagna, Giorgio Boccalaro, Valeria De Gennaro,
Eugenio Di Loreto, Sara Frumento, Fabio Garbin,
Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Maurizio Scardella

REDAZIONE
SIGEA - APS c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO
Pino Zarbo (Frailerighe Book Farm)
www.frailerighe.it

PUBBLICITÀ
SIGEA - APS

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2022 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigeaweb.it

Sommario

Caratteristiche geo-ambientali dei "relitti floristici terziari" nella evoluzione recente dell'isola d'Ischia. Proposta di tutela e valorizzazione

GIULIANA BALESTRIERE, LUCIA MONTI,
ROMEO TOCCACELI

2

Montiferru, Sardegna: aspetti antropologici, geologico-ambientali e inquadramento di sintesi a seguito degli incendi dell'estate 2021

LAURA CAEDDU, ANNA CORBI,
GIANCARLO GUADO

10

Le risposte adattive dei sistemi costieri alle variazioni temporanee del livello del mare

GIOVANNI SCARDINO, ANGELA RIZZO,
GIOVANNI SCICCHITANO

22

Geological Day Coste

Una giornata di escursione e di approfondimento geologico ambientale

31



In copertina: Francesco Russo, *Parco nazionale dei Monti Sibillini* (Umbria, Marche), particolare della foto vincitrice della menzione "Patrimonio geologico e geodiversità" del Concorso fotografico "Obiettivo Terra 2022", organizzato da Fondazione UniVerde, in collaborazione con SIGEA APS.

Le risposte adattive dei sistemi costieri alle variazioni temporanee del livello del mare

Giovanni Scardino*
Angela Rizzo
Giovanni Scicchitano

Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

*Corresponding author
E-mail: giovanni.scardino@uniba.it

Adaptive responses of coastal systems to temporary sea-level changes

Parole chiave: resilienza; sistemi costieri; maree; livello del mare; impatto antropico
Keywords: resilience; coastal systems; tide; sea level; anthropogenic impact

ABSTRACT

Le variazioni climatiche in atto influenzano profondamente i sistemi costieri alterandone il loro normale equilibrio naturale. Ad una ormai acclarata evidenza sull'innalzamento del livello del mare, si associano una serie di processi a medio e lungo periodo, quali ad esempio l'aumento in intensità degli eventi di mareggiata, movimenti verticali del terreno (subsidenza naturale ed indotta) e la forte influenza delle attività antropiche che determinano sovrasfruttamento delle risorse e sovraccarichi strutturali. Tuttavia, alle variazioni di medio e lungo periodo si aggiungono le componenti di bassa frequenza, come anomalie di pressione atmosferica temporanee, che talvolta dipingono delle situazioni peculiari lungo le coste. Nei mesi di febbraio-marzo 2021, è stato osservato un abbassamento relativo del livello del mare favorito da un'anomalia di alta pressione che ha influenzato l'intera

regione Mediterranea. Le registrazioni mareografiche hanno mostrato un abbassamento relativo del livello del mare di circa -0.2 m, il quale ha determinato la migrazione della linea di riva di diversi metri verso mare, come osservato lungo le coste adriatiche e tirreniche dell'Italia e lungo le coste della Grecia. Inoltre, tale minimi relativi del livello medio mare hanno portato in secca i canali e i moli, come osservato a Venezia e nella Darsena dei Pescatori di Pozzuoli (Napoli). L'analisi del contenuto in frequenza delle registrazioni mareografiche e le osservazioni dirette sul campo hanno mostrato che la risposta adattiva dei sistemi mobili costieri è stata molto rapida in risposta all'abbassamento relativo del livello medio del mare, con un completo ripristino delle condizioni iniziali al termine dell'anomalia di pressione. Questo particolare tipo di risposta nei sistemi costieri è rappresentativa di alterazioni temporanee nel bilancio sedimentario,

mentre le alterazioni causate da processi permanenti, quali l'innalzamento del livello del mare e l'impatto antropico, determinano modifiche irreversibili alle quali i sistemi costieri non riescono ad adattarsi nel breve termine.

INTRODUZIONE

L'innalzamento del livello del mare è una delle maggiori conseguenze del riscaldamento globale attualmente in corso. Negli ultimi due secoli, il livello medio del mare globale è risalito con un tasso medio di 1.65 ± 0.2 mm/a (Church and White, 2011; Kemp *et al.*, 2011; Cazenave and Cozannet, 2014) e nelle ultime decadi con un tasso di 3.2 ± 0.4 mm/a (Fig. 1) (Meysignac and Cazenave, 2012; Wöppelmann and Marcos, 2012; Jevrejeva *et al.*, 2014). Per quanto riguarda invece le proiezioni future di innalzamento del livello del mare, dall'ultimo Rapporto Speciale pubblicato dall'Intergovernmental Panel of

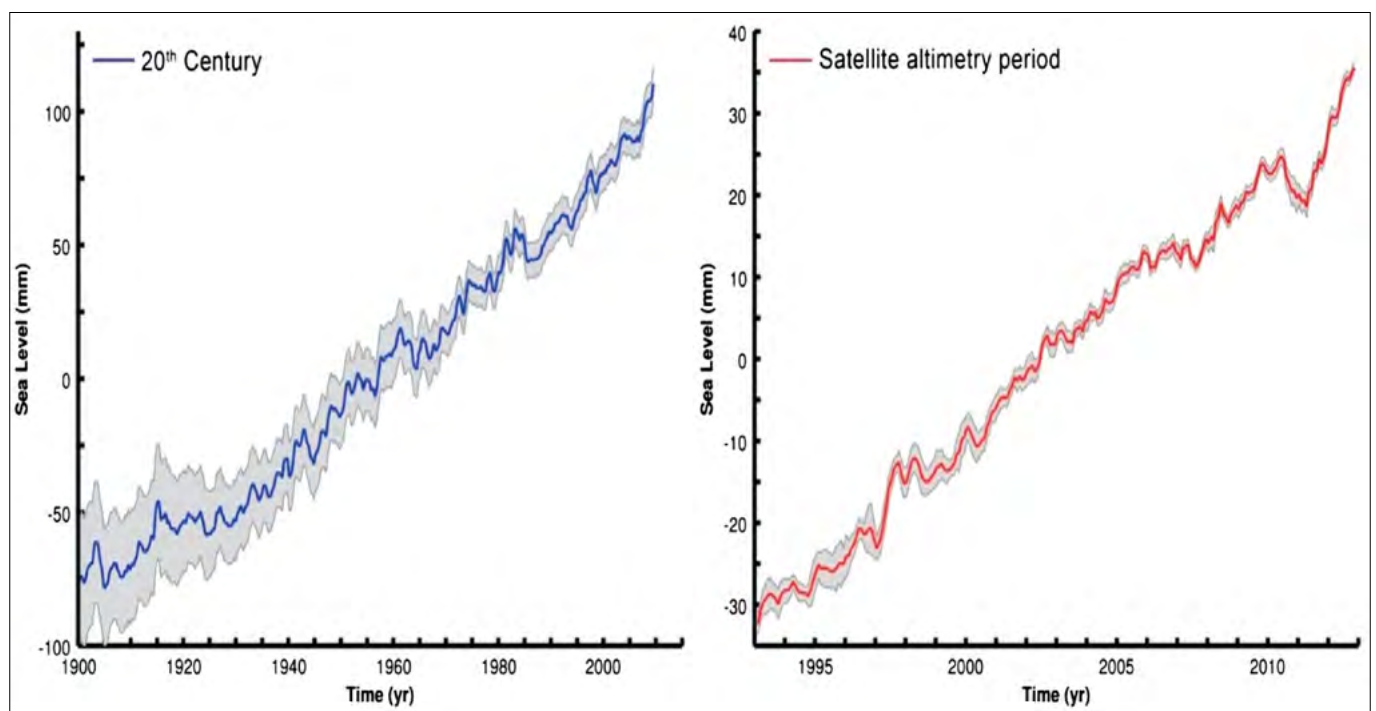


Figura 1. Livello medio globale del mare e relativa incertezza associata. Pannello sinistro: dati dei mareografi registrati nel corso del ventesimo secolo (Church and White, 2011) Pannello destro: dati di altimetria satellitare per il periodo 1993-2012 (dati medi di diversi gruppi). Immagine tratta da: Cazenave and Le Cozannet (2014)

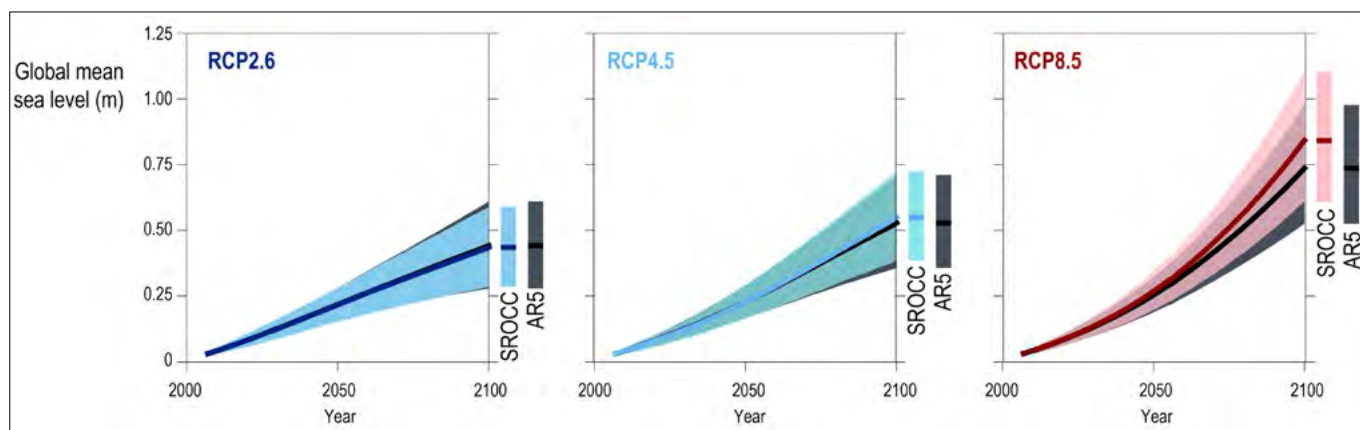


Figura 2. Proiezioni di innalzamento del livello medio globale del mare per il XXI secolo. Pannello sinistro: scenario RCP2.6 (“Mitigazione aggressiva”); Pannello centrale: scenario RCP4.5 (“forte mitigazione”); Pannello destro: scenario RCP8.5 (“Business-as-usual”). Immagine tratta da: IPCC (2019)

Climate Change (IPCC, 2019; 2021) emerge che il livello del mare continuerà ad aumentare durante i prossimi decenni a causa dell'aumento della temperatura globale del Pianeta al quale è associato un aumento delle masse d'acqua dovuto alla fusione dei ghiacciai e un aumento del volume oceanico, diretta conseguenza dell'espansione termica. Nello specifico, nel Report IPCC sono stati pubblicati i più recenti risultati ottenuti dalle simulazioni climatiche, le quali si basano sul presupposto che le condizioni climatiche future dipendano dall'evoluzione in atmosfera delle concentrazioni di gas climalteranti che, a loro volta, dipendono dall'attuazione o meno di politiche di mitigazione a scala globale. Le attuali simulazioni climatiche ad alta risoluzione sono riferite a diversi scenari di concentrazione noti come *Representative Concentration Pathways* (RCP) – Percorsi Rappresentativi di Concentrazione). Prendendo come riferimento lo scenario più critico (RCP8.5), il quale prevede una crescita delle emissioni in atmosfera pari ai ritmi attuali, entro fine secolo è possibile che si verifichi un innalzamento del livello del mare superiore ad 1 m rispetto al periodo di riferimento (1986-2005) (Fig. 2).

Numerosi studi hanno messo in luce che ulteriori fattori possono aggiungersi all'innalzamento del livello del mare, incrementando la vulnerabilità delle aree costiere, come i movimenti verticali del terreno, la pressione antropica e le alterazioni nel bilancio sedimentario (Antonioli *et al.*, 2017; 2020; Aucelli *et al.*, 2017; Anzidei *et al.*, 2021). A tali fenomeni andranno ad aggiungersi gli impatti degli eventi marini estremi sempre più intensi, quali mareggiate e sistemi simili a cicloni tropicali, noti come *Medicane* (Woodruff *et al.*, 2013; Cavicchia *et al.*, 2014; Lionello *et al.*, 2017; Scicchitano *et al.*, 2020). Tutti questi fattori determinano delle rispo-

ste adattive delle coste che dipendono dall'interazione fra l'intensità dei processi in atto e la quantità di sedimenti disponibili sulle coste. Moto ondoso, correnti e maree definiscono il bilancio energetico del sistema costiero a diverse scale temporali, mentre i processi sedimentari marini e continentali assieme a quelli biogenici determinano la quantità di sedimenti disponibili, definendo così il bilancio di massa. La relazione fra bilancio energetico e bilancio di massa definisce i caratteri morfologici e il bilancio sedimentario di una spiaggia e, di conseguenza, permette di valutare la dinamica in atto e le tendenze evolutive (Caldara *et al.*, 1998; Moretti *et al.*, 2016; Mastronuzzi *et al.*, 2020).

Nelle dinamiche di un sistema costiero possono instaurarsi delle alterazioni nei processi e nella quantità di sedimenti disponibili tali da determinare delle modifiche temporanee o irreversibili, le quali possono essere descritte facendo riferimento al modello di resilienza (Westman, 1978; 1986) applicato ai sistemi costieri. La resilienza costiera è definita come “la capacità intrinseca della costa di reagire ai cambiamenti indotti dalla variazione del livello del mare, dagli eventi estremi e dagli sporadici impatti antropici, mantenendo inalterate le funzioni del sistema costiero per un periodo più lungo” (punto IV.2.2.1 LL.GG., TAVOLO NAZIONALE SULL'EROSIONE COSTIERA and MATTM-REGIONI, 2016 - Progetto Eurosion, 2004). La disponibilità di sedimenti, lo spazio di accomodamento e i processi energetici in un sistema costiero sono i fattori chiave che ne determinano il livello di resilienza in relazione agli effetti del cambiamento climatico e dell'impatto antropico.

Allo stato attuale, molte coste italiane sono in forte erosione e le piane costiere risultano essere le aree più suscettibili al fenomeno di sommersione

dovuto all'innalzamento del livello del mare (Aucelli *et al.*, 2018; Toimil *et al.*, 2020). Nonostante siano noti i vari fattori che contribuiscono all'alterazione del naturale equilibrio dinamico delle aree costiere, la definizione della risposta, in termini di resilienza, di un sistema costiero in funzione delle variazioni climatiche nel medio e lungo termine è ancora un processo oggetto di analisi e studio da parte della comunità scientifica internazionale.

Una delle recenti evidenze della risposta adattiva di breve termine delle coste è stata osservata a seguito dell'instaurarsi di un'anomalia positiva di pressione che ha coinvolto l'area del Mediterraneo tra i mesi di febbraio e marzo 2021. Le registrazioni mareografiche e barometriche hanno evidenziato un abbassamento del livello medio mare fino a -0.2 m rispetto alla media, con valori estremi di -0.48 m osservati a Venezia e -0.41 m nella Darsena dei pescatori di Pozzuoli (Napoli). Tali condizioni meteorologiche hanno determinato una migrazione significativa della linea di riva, come è stato osservato in molte spiagge italiane e anche lungo le coste della Grecia.

Nonostante le elevate oscillazioni di marea e di pressione abbiano interessato le coste per un periodo relativamente breve, i loro effetti sono stati osservati in gran parte delle coste del Mediterraneo, dimostrando come i sistemi costieri possano avere una rapida risposta adattiva alle variazioni meteo-climatiche. Tuttavia, le variazioni associate alla risposta adattiva costiera hanno assunto un carattere temporaneo e hanno comunque permesso un ripristino delle condizioni iniziali delle coste al termine dell'anomalia di pressione.

Tale fenomeno ha permesso di evidenziare come le coste riescano ad adattarsi a determinate alterazioni fisiche di tipo temporaneo, mentre possono essere maggiormente suscettibili ad alterazioni

permanenti o di intensità tale da determinare cambiamenti irreversibili, quali la sommersione per innalzamento del livello del mare (Antonioli *et al.*, 2020; Anzidei *et al.*, 2021), l'erosione costiera a causa del deficit sedimentario (Bonaldo *et al.*, 2019; Toimil *et al.*, 2020), e la contaminazione delle falde acquifere come conseguenza dell'intrusione del cuneo salino (Masciopinto and Liso, 2016).

LE VARIAZIONI RECENTI DEL LIVELLO DEL MARE NEL MEDITERRANEO E GLI EFFETTI SULLE COSTE

Nel XX secolo, la diffusione sempre più numerosa delle stazioni mareografiche ha permesso di monitorare lo stato del livello del mare in numerose località del Pianeta. Allo stesso tempo, la realizzazione delle reti geodetiche ha permesso di eseguire rilievi topografici di elevata accuratezza lungo le aree costiere con-

sentendo così di effettuare valutazioni locali di variazione relativa del livello del mare sempre più precise. Inoltre, a partire dagli anni 90, le misurazioni altimetriche satellitari hanno fornito l'altezza della superficie del mare ad elevata risoluzione spaziale e temporale, permettendo così di ottenere una conoscenza molto più approfondita dell'innalzamento del livello del mare a scala globale.

Dall'analisi dei dati disponibili si evince che nel Mediterraneo il tasso di variazione del livello del mare nella prima metà del XX secolo ha mostrato una lieve tendenza positiva (Anzidei *et al.*, 2014). In questo periodo, le coste italiane hanno mostrato un equilibrio nel bilancio sedimentario con fenomeni localizzati di progradazione (Caldara *et al.*, 1998; 2002; Lambeck and Purcell, 2005; Scardino *et al.*, 2020). Tuttavia, a partire dalla metà del XX secolo, l'intensificarsi delle attività economiche lungo le fasce

costiere ha influenzato enormemente il bilancio sedimentario, determinando lo smantellamento dei corpi dunali con conseguente perdita di funzionalità geologica, idrologica ed ecologica, il sovrassfruttamento delle acque di pozzo con conseguente compattazione degli strati sedimentari, la diffusione di interventi di difesa che hanno alterato la naturale distribuzione litoranea dei sedimenti (Bonora *et al.*, 2002; Caldara *et al.*, 2006; Aucelli *et al.*, 2009; Nederhoff *et al.*, 2015) ed infine l'intenso sviluppo edilizio che ha determinato fenomeni di sovraccarico strutturale.

L'interazione tra questi processi ha causato processi di forte erosione lungo molte aree costiere e ha favorito fenomeni di subsidenza antropica, come osservato nella piana costiera Veneta-Friulana Friulana (Tosi *et al.*, 2018; Floris *et al.*, 2019; Boni *et al.*, 2020), nel delta del Po (Cenni *et al.*, 2021; Fabris,

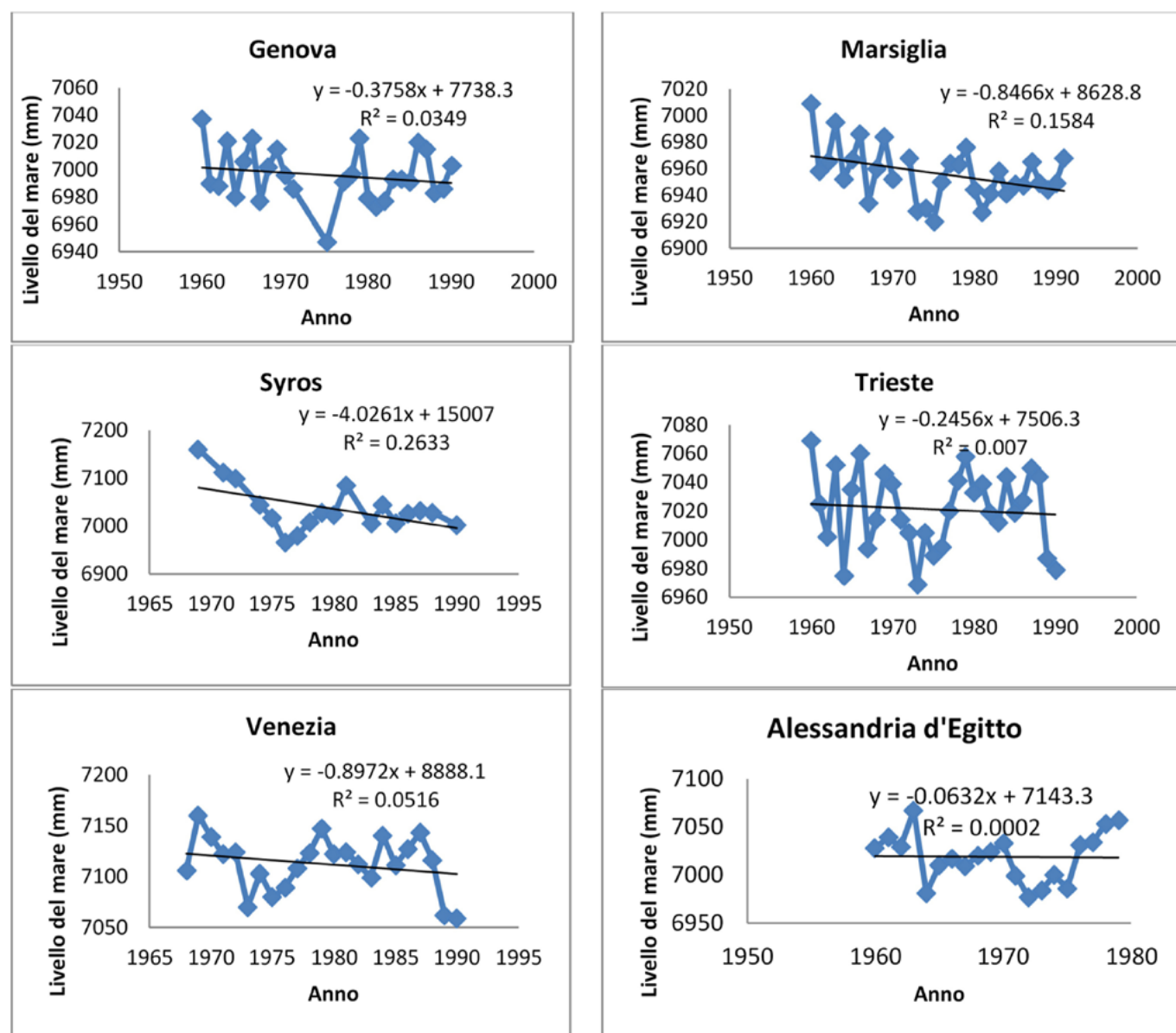


Figura 3. Serie storiche delle registrazioni mareografiche di Genova, Marsiglia, Syros, Trieste, Venezia e Alessandria d'Egitto dove è possibile osservare un trend negativo di variazione del livello del mare nel periodo 1960-1990 (dati da Holgate *et al.*, (2012); Permanent Service for Mean Sea Level - PSM SL, 2021. I valori di livello del mare sono espressi prendendo in considerazione un "REVISED LOCAL REFERENCE" datum definito considerando approssimativamente 7000 mm al di sotto del livello del mare medio; <https://www.psmsl.org/>)

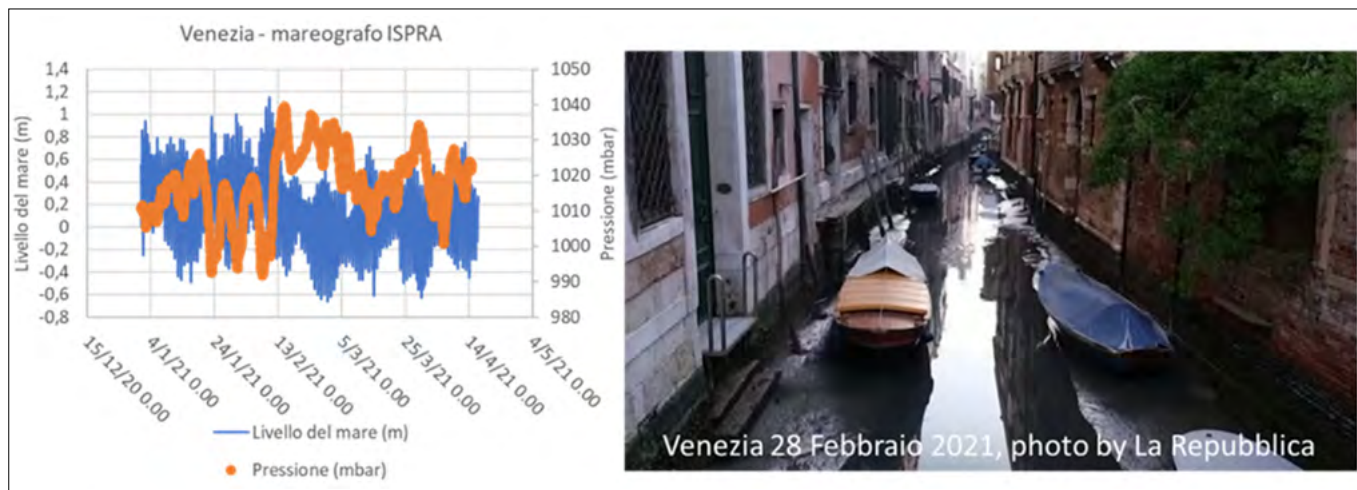


Figura 4. Dati di pressione e livello del mare registrati a Venezia (proprietà dell'ISPRA) nei mesi di febbraio-marzo 2021 e prosciugamento dei canali osservato durante la bassa marea nella città di Venezia

2021), nel delta del Nilo (Gebremichael *et al.*, 2018), nella piana di Manfredonia (Caldara *et al.*, 1998; 2014) e nelle pianure del Volturno e del Sele (Aucelli *et al.*, 2017; Di Paola *et al.*, 2018).

Benché il livello medio mare nel Mediterraneo abbia subito un innalzamento generale con un tasso di 1.8 mm/a nel XX secolo (Lambeck *et al.*, 2004; Anzidei *et al.*, 2014; Vecchio *et al.*, 2019), alcune condizioni peculiari di alta pressione hanno determinato oscillazioni negative in determinati momenti storici. Tra gli anni 1960-1990, il livello medio mare del Mediterraneo subì un abbassamento relativo, come registrato in differenti stazioni mareografiche (Fig. 3), dovuto ad una anomalia positiva di pressione atmosferica che si instaurò sull'intero bacino (Tsimplis *et al.*, 2005; Lionello *et al.*, 2017).

Successivamente, a partire dagli anni '90, è stato osservato un innalzamento del livello del mare con tassi elevati che terminò agli inizi del XXI secolo (Marcos *et al.*, 2011a; 2011b). Questa rapida risalita del livello del mare è stata attribuita all'effetto combinato dello scambio di masse d'acqua dall'Oceano Atlantico verso lo

Stretto di Gibilterra e alla variazione del volume delle acque conseguente a variazioni di temperatura e salinità (Calafat *et al.*, 2010; Lionello *et al.*, 2017; García-Lafuente *et al.*, 2021).

Negli ultimi anni la comunità scientifica italiana ha approfondito lo studio dei possibili impatti dell'innalzamento del livello del mare dovuto al riscaldamento globale e dei relativi rischi sulle aree costiere (Anzidei *et al.*, 2014; 2018; Antonioli *et al.*, 2017). Tali analisi si basano sulle proiezioni globali e regionali del livello del mare al 2050 e 2100, modellate sull'evidenza del riscaldamento del pianeta, sulle ricostruzioni paleoclimatiche, sui dati mareografici, sulle variazioni storiche della temperatura media della Terra, sulle masse di ghiaccio potenzialmente in fusione e sull'effetto dell'espansione termica degli oceani connessa al riscaldamento globale (Lambeck *et al.*, 2011; IPCC, 2013; 2019; Rovere *et al.*, 2016; Vecchio *et al.*, 2019). Tali proiezioni sono generalmente integrate con dati locali relativi ai movimenti verticali, quali isostasia e tettonica, al fine di inserire la componente geologica nel computo della variazione relativa del livello mari-

no (Lambeck *et al.*, 2011; Antonioli *et al.*, 2020). Inoltre, al fine di prendere in considerazione anche i trend di subsidenza indotta relativi alle ultime decadi, le più recenti valutazioni del rischio utilizzano anche i dati di subsidenza ottenuti dall'analisi di interferometria satellitare e dalle stazioni permanenti GPS (Aucelli *et al.*, 2017; Anzidei *et al.*, 2021).

In questo contesto di variazione permanente del livello del mare, le aree maggiormente suscettibili alla sommersione sono rappresentate dalle pianure alluvionali costiere che si sono sviluppate a valle dei principali sistemi fluviali. Tali aree risultano essere topograficamente poco elevate rispetto al livello del mare e interessate ad fenomeni di deformazione verticale del terreno causati dalla naturale compattezza dei sedimenti alluvionali e da intensi emungimenti antropici principalmente effettuati per scopi agricoli e industriali, come osservato ad esempio nella piana di Catania (Anzidei *et al.*, 2021), nella laguna di Venezia (Antonioli *et al.*, 2017; Tosi *et al.*, 2018), nella piana del Volturno e nella piana del Sele (Aucelli *et al.*, 2017; Di Paola *et al.*, 2018; Amato *et al.*, 2020). Queste pianure costiere risultano dunque

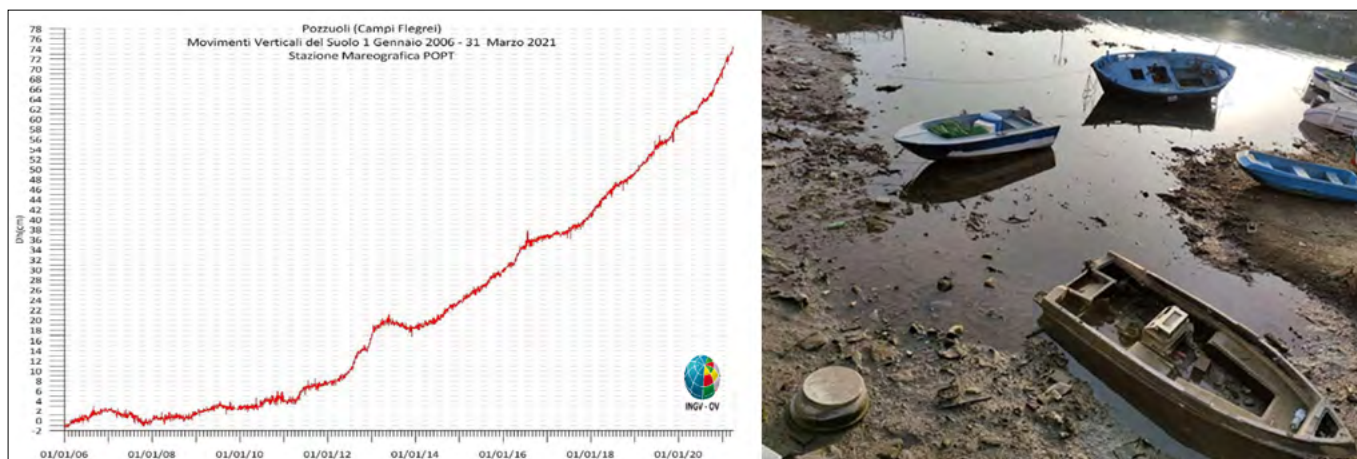


Figura 5. Movimenti verticali del suolo registrati nell'area di Pozzuoli (Napoli) nel periodo 2006-2021 (dati INGV) e abbassamento relativo del livello del mare registrato nella Darsena dei pescatori con conseguente messa a secco delle imbarcazioni avvenuta nel marzo 2021

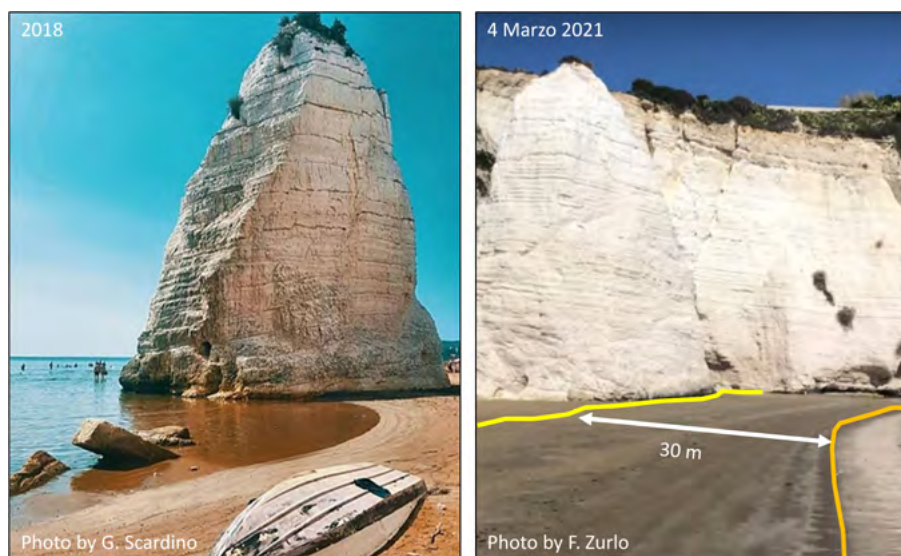


Figura 6. Faraglione di Pizzomunno (Vieste, Foggia); si noti la posizione della linea di riva nel 2018 alla base del faraglione mentre nella foto di marzo 2021 risulta migrata per circa 30 metri verso mare a causa della bassa marea

fortemente suscettibili anche al fenomeno dell'intrusione del cuneo salino il quale comporta un'alterazione delle componenti chimiche ed ecologiche (Masciopinto and Liso, 2016) determinando uno stato di malessere degli ecosistemi costieri ed una perdita di funzionalità dei relativi ecosistemi ad essi associati.

Infine, un ulteriore fattore di pericolosità costiera è rappresentato dall'aumento in intensità e frequenza degli eventi marini ad alta energia, come mareggiate estreme, Medicanes e tsunami (Lionello *et al.*, 2008; Cavicchia *et al.*, 2014; Scicchitano *et al.*, 2020), i quali possono determinare superfici di allagamento temporanee sempre più estese verso l'entroterra.

LE RECENTI EVIDENZE COSTIERE DELLA BASSA MAREA ESTREMA

Nei mesi di febbraio e marzo 2021, l'intero bacino del Mediterraneo è stato interessato da un'anomalia positiva di pressione registrata alle stazioni mareografiche che ha mostrato i suoi effetti su buona parte delle coste del Mediterraneo.

In particolare, l'abbassamento relativo del livello del mare che si è verificato a seguito dell'anomalia barometrica ha comportato fenomeni di secca nei moli e nei piccoli canali. Esempi di tale fenomeno sono stati osservati in varie località italiane come a Venezia, dove la bassa marea ha raggiunto valori di circa -0.4 m con il conseguente prosciugamento dei

piccoli canali nella città (Fig. 4). Lo stesso fenomeno si è verificato nella Darsena dei pescatori di Pozzuoli (Napoli), dove la bassa marea ha determinato il ritiro delle acque con la messa a secco delle imbarcazioni (Fig. 5). Inoltre, proprio questa zona risulta essere interessata negli ultimi anni da un sollevamento locale del terreno (fenomeno noto come bradisismo negativo) con conseguente abbassamento relativo del livello del mare. Dall'analisi dei dati dell'INGV risulta che da gennaio 2006 ad oggi il sollevamento nell'area di massima deformazione è di circa 44.5 cm e che la velocità media di tale sollevamento calcolata sulla base di dati settimanali a partire da settembre 2020 è di 13 ± 2 mm/mese (Bollettino INGV – Aprile 2021). In quest'area, gli effetti combinati tra la bassa marea e il sollevamento locale del terreno (Aucelli *et al.*, 2020; Cannatelli *et al.*, 2020) hanno determinato nel periodo febbraio-marzo 2021 l'esposizione di ampie aree costiere generalmente sommerse.

Tuttavia, i moli non sono le uniche aree dove è stato possibile osservare gli effetti della bassa marea estrema.

Un caso particolarmente emblematico è stato riportato a Vieste (Foggia), in particolare presso il Faraglione di Pizzomunno. In condizioni normali di escursione di marea, questa località presenta una linea di riva che lambisce la base del faraglione; tuttavia, nei primi giorni del mese di marzo 2021 è stata osservata una migrazione della linea di riva di circa 30 m verso mare (Fig. 6). Effetti simili di migrazione della linea di riva sono stati



Figura 7. Effetti della bassa marea su Torre Canne (Brindisi) registrate dalla videocamera dell'Autorità di Bacino Puglia (dati forniti dal Progetto SIMOP)



Figura 8. Confronto tra foto aerea dell'isola di Kavouri (Grecia, fonte: www.keptalkinggreece.com) del marzo 2021 con l'immagine satellitare del maggio 2019 dove è chiaramente evidente la sommersione dell'istmo

osservati anche in altre spiagge del Mediterraneo. Un esempio è stato riportato dalle registrazioni video della fascia costiera di Torre Canne (Brindisi) dove è stata osservata una progradazione progressiva della linea di riva in differenti giorni (Fig. 7). Tale progradazione è stata molto evidente fino alle prime due settimane di marzo 2021; successivamente, con il termine dell'anomalia positiva di pressione, è stato osservato un rapido ripristino delle condizioni costiere iniziali alla fine di marzo.

Un'altra evidenza della bassa marea estrema è stata riportata nell'isola di Kavouri (Atene). In quest'area costiera, l'istmo che collega l'isola di Kavouri alla costa risulta sempre sommerso, mentre nelle prime settimane di marzo 2021 è risultato emerso come conseguenza della bassa marea (Fig. 8).

Attraverso l'analisi dei dati dei mareografi ubicati nel Mediterraneo è sta-

to possibile derivare una misura diretta dell'entità della bassa marea verificatasi nel periodo febbraio-marzo 2021. Le registrazioni mareografiche hanno infatti mostrato un abbassamento relativo del livello medio mare a partire dalla metà del mese di febbraio 2021, in esatta coincidenza temporale con l'instaurarsi dell'anomalia positiva di pressione nel Mediterraneo. Le componenti in frequenza delle registrazioni mareografiche sono state analizzate attraverso un'analisi spettrale, impiegando la trasformata continua *wavelet* (Continuous Wavelet Transform - CWT). La trasformata CWT consente di ricavare dei coefficienti rappresentativi della percentuale energetica di un segnale e di rappresentarli in uno scalogramma a differenti intervalli di frequenza. Più è alto il contenuto energetico, maggiore sarà il valore assoluto dei coefficienti rappresentati nello scalogramma.

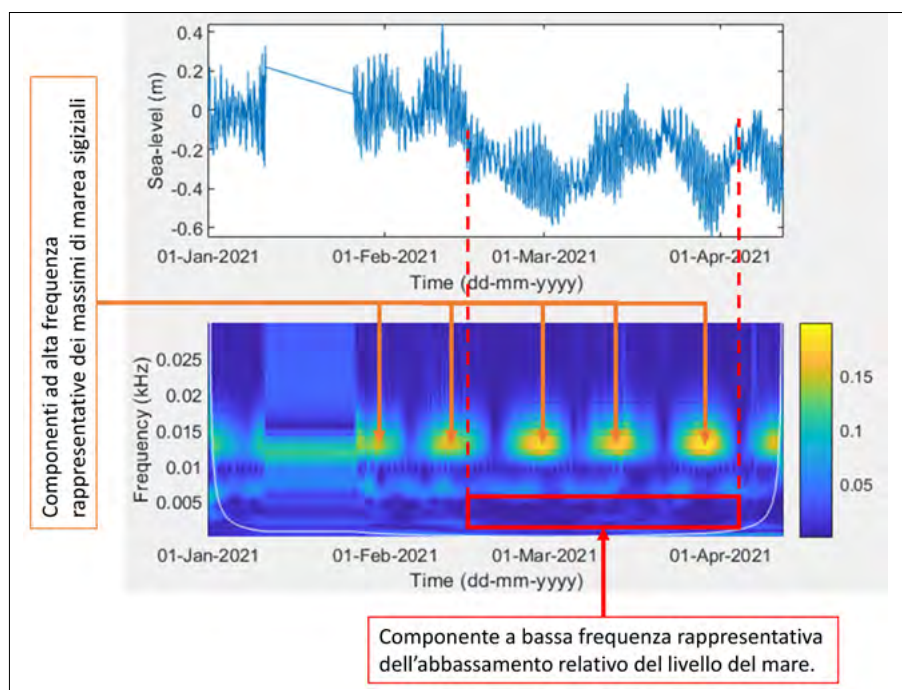


Figura 9. Analisi spettrale CWT della registrazione mareografica della stazione di Bari (proprietà dell'ISPRA); in alto sono riportate le registrazioni grezze e in basso lo scalogramma dei coefficienti della trasformata CWT

In Fig. 9 è riportata la trasformata CWT per le registrazioni mareografiche della stazione di Bari (disponibili tramite consultazione del sito ISPRA) per i mesi di gennaio-aprile 2021. Un contenuto della percentuale di energia maggiore è mostrato in corrispondenza delle maree sigiziali, dove le escursioni di marea sono ampie, mentre nelle componenti in frequenza più basse si osserva un abbassamento del contenuto energetico corrispondente alla fase di abbassamento relativo del livello del mare in risposta all'anomalia di pressione.

DISCUSSIONI

La recente anomalia positiva di pressione che si è verificata nel periodo febbraio-marzo 2021 e il conseguente abbassamento relativo del livello del mare sono stati osservati in tutte le stazioni mareografiche del Mediterraneo. Benché tali anomalie e conseguenti effetti sul livello del mare siano avvenute anche in momenti storici passati, effetti diffusi sulle coste del Mediterraneo sono stati raramente osservati. Tali effetti possono essere spiegati attraverso il modello di resilienza di Westman, (1986), che è valido per gli ecosistemi ma può essere modificato per i sistemi costieri.

Il concetto di resilienza applicato alle coste rappresenta la capacità del sistema costiero di adattarsi o resistere ad una determinata alterazione del suo stato originario. Come illustrato in Fig. 10, un'alterazione dello stato di un sistema costiero determina il passaggio da uno stato iniziale ad uno stato finale, il quale non potrebbe corrispondere necessariamente alla configurazione originaria della costa. La velocità con cui questo passaggio avviene è definita come tasso di recupero, in cui sono compresi una prima fase di alterazione e una successiva fase di isteresi. Nella prima fase di alterazione si osservano modifiche nelle forme e nelle strutture sedimentarie per intervalli temporali relativamente lunghi, che vanno dalle settimane ai mesi. Successivamente si ha una fase di isteresi in cui il sistema costiero cerca di ritornare al suo stato iniziale al fine di ripristinare l'assetto morfo-topografico e il bilancio sedimentario originario. Se lo stato iniziale del sistema costiero coincidesse con lo stato finale, il sistema si comporterebbe in maniera perfettamente elastica. Nel recente caso osservato nei mesi di febbraio-marzo 2021, l'alterazione dello stato del sistema costiero è stata causata dall'insistere dell'alta pressione nel Mediterraneo con evidenze di bassa marea estrema. Tale alterazione ha mostrato i

Tabella 1. Caratteristiche del modello di resilienza per un sistema costiero

Caratteristiche della resilienza	Significato
Inerzia	Capacità di resistere ad una sollecitazione o variazione del bilancio sedimentario.
Elasticità	Capacità di ripristino dello stato originario del sistema costiero in seguito ad una sollecitazione o variazione del bilancio sedimentario.
Ampiezza	Differenza tra lo stato di alterazione e stato finale del sistema costiero.
Isteresi	Intervallo di tempo tra alterazione e stato finale di un sistema costiero
Malleabilità	Differenza tra lo stato iniziale e stato finale di un sistema costiero

suoi effetti soprattutto sulle spiagge, le quali hanno mostrato una migrazione verso mare della linea di riva. Successivamente, a partire dalla metà di marzo 2021, con il termine dell'anomalia di pressione, è stato osservato un recupero delle condizioni iniziali del sistema costiero con una migrazione verso terra della linea di riva fino a raggiungere la posizione precedente all'alterazione. Tale scenario ha evidenziato una risposta adattiva elastica nel sistema costiero, dove lo stato finale è risultato essere analogo allo stato iniziale.

Le caratteristiche della resilienza in un sistema costiero sono le stesse definite in (Orians, 1975; Westman, 1978; 1986) per gli ecosistemi: inerzia, elasticità, ampiezza, isteresi e malleabilità (Tab. 1).

L'effetto dell'anomalia positiva di pressione sul livello medio del mare è stato uno dei più intensi osservati dall'ultimo secolo. Gomis *et al.*, (2008) hanno mostrato che le componenti delle forzanti atmosferiche sul livello del mare dal 1958 al 2001 (come variazione di pressione e ventosità) hanno avuto un contributo in ampiezza non rilevante, dell'ordine di 2 cm, significativamente inferiore rispetto alla bassa marea osservata nei mesi di febbraio-marzo 2021. Tuttavia, l'anomalia di pressione ha avuto un carattere temporaneo, terminando alla fine del mese di marzo 2021 e permettendo il ripristino dello stato costiero con una risposta elastica.

Se le variazioni esterne assumessero un carattere permanente, come sta avvenendo per gli effetti dell'innalza-

mento del livello del mare, le coste non riuscirebbero a rispondere elasticamente e potrebbero subire delle modifiche irreversibili, come la sommersione permanente e l'arretramento del sistema costiero (Antonoli *et al.*, 2020; Anzidei *et al.*, 2021). Alcune modifiche permanenti è possibile osservarle attualmente, come presso la piana di Metaponto, dove è presente una continua erosione della spiaggia e del corpo dunale (Sabato *et al.*, 2012; Scardino *et al.*, 2020). Altri tipi di modifiche permanenti nel sistema costiero sono direttamente correlate con l'attività antropica. L'attività antropica determina un tipo di alterazione molto spinta nei sistemi costieri che talvolta può determinare dei cambiamenti irreversibili. Alcuni esempi sono presenti presso la piana di Manfredonia e le coste molisane (Caldara *et al.*, 1998; 2006; 2014; Aucelli *et al.*, 2009; 2018; Roskopf *et al.*, 2018), dove gli interventi di difesa lungo costa hanno alterato la deriva litorale, l'emungimento di pozzi ha determinato la compattazione dei sedimenti e fenomeni di subsidenza localizzata e la costruzione di impianti di raccolta acque ha ridotto la portata solida dei fiumi. La risposta adattiva delle coste in funzione delle variazioni climatiche e dell'impatto antropico è uno dei temi di forte interesse per le istituzioni internazionali, in quanto la maggior parte delle attività residenziali e produttive mondiali sono concentrate proprio sulle fasce costiere (Caldara *et al.*, 1998; 2006; 2014; Aucelli *et al.*, 2009; 2018; Roskopf *et al.*, 2018).

CONCLUSIONI

Le risposte adattive dei sistemi costieri sono strettamente connesse al tipo di alterazione che determina una variazione nello stato fisico ed ecologico. Le alterazioni possono determinare uno stato finale completamente differente da quello iniziale, nel caso in cui il sistema costiero non sia in grado di rispondere elasticamente. Le alterazioni che non permettono ai sistemi costieri una risposta adattiva elastica sono principalmente quelle che mostrano un carattere permanente, come l'innalzamento del livello del mare e l'influenza antropica. In questo lavoro è stata osservata un'alterazione non permanente, associata ad una anomalia positiva di pressione atmosferica che si è instaurata nel bacino del Mediterraneo nei mesi di febbraio e marzo 2021. A questo tipo di alterazione le coste hanno mostrato un'ampia e rapida risposta adattiva, con una migrazione della linea di riva verso mare e un'esposizione delle aree normalmente sommerse. Al termine dell'alterazione si è avuto il ripristino delle condizioni costiere originarie. Tale risposta adattiva ha mostrato come il sistema costiero sia in grado di adattarsi a una variazione esterna per poi ripristinare la sua configurazione originaria, evidenziando come il modello di resilienza di Westman (1978) sia valido anche per i sistemi costieri. Tuttavia, questo tipo di risposta dei sistemi costieri non è sempre valida. Infatti, le alterazioni associate all'innalzamento del livello del mare oppure all'attività antropica determinano delle modifiche irreversibili a cui il sistema costiero non riesce a dare una risposta adattiva elastica. Queste tipologie di alterazioni dipingono degli scenari futuri critici, con significativa perdita di superficie emersa e danni per le attività socio-economiche e perdita dei servizi ecosistemici costieri.

BIBLIOGRAFIA

AMATO V., AUCELLI P.P.C., CORRADO G., DI PAOLA G., MATANO F., PAPPONE G., SCHIATTARELLA M. (2020), *Comparing geological and Persistent Scatterer Interferometry data of the Sele River coastal*

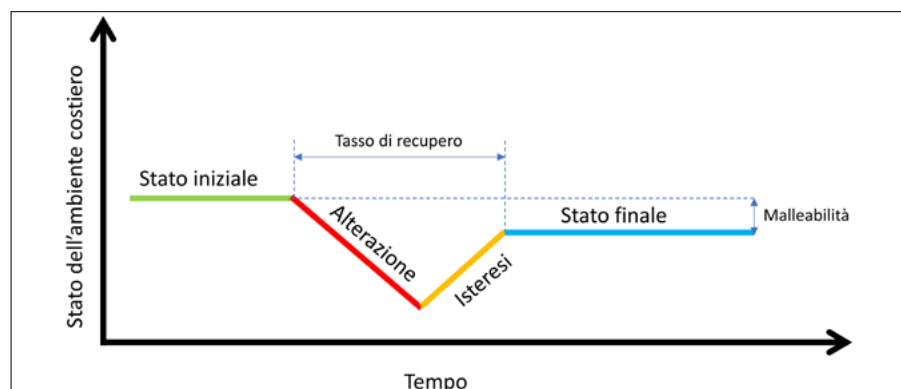


Figura 10. Modello di resilienza, modificato da Westman (1978), applicato ai sistemi costieri

- plain, southern Italy: Implications for recent subsidence trends. *Geomorphology* 351. doi:10.1016/j.geomorph.2019.106953.
- ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AMOROSI A., LO PRESTI V., MASTRONUZZI G., DEIANA G., DE FALCO G., FONTANA A., FONTOLAN G., LISCO S., MARSICO A., MORETTI M., ORRÙ P.E., SANNINO G.M., SERPELLONI E., VECCHIO A. (2017), *Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100*. *Quaternary Science Reviews* 158, 29–43. doi:10.1016/j.quascirev.2016.12.021.
- ANTONIOLI F., FALCO G.D., PRESTI V.L., MORETTI L., SCARDINO G., ANZIDEI M., BONALDO D., CARNIEL S., LEONI G., FURLANI S., MARSICO A., PETITTA M., RANDAZZO G., SCICCHITANO G., MASTRONUZZI G. (2020), *Relative Sea-Level Rise and Potential Submersion Risk for 2100 on 16 Coastal Plains of the Mediterranean Sea*. *Water* 12, 2173. doi:10.3390/w12082173.
- ANZIDEI M., LAMBECK K., ANTONIOLI F., FURLANI S., MASTRONUZZI G., SERPELLONI E., VANNUCCI G. (2014), *Coastal structure, sea-level changes and vertical motion of the land in the Mediterranean*. Geological Society, London, Special Publications 388, 453–479. doi:10.1144/SP388.20.
- ANZIDEI M., SCICCHITANO G., TARASCIO S., DE GUIDI G., MONACO C., BARRECA G., MAZZA G., SERPELLONI E., VECCHIO A. (2018), *Coastal retreat and marine flooding scenario for 2100: A case study along the coast of Maddalena peninsula (southeastern Sicily)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 41, 5–16. doi:10.4461/GFDQ.2018.41.9.
- ANZIDEI M., SCICCHITANO G., SCARDINO G., BIGNAMI C., TOLOMEI C., VECCHIO A., SERPELLONI E., DE SANTIS V., MONACO C., MILELLA M., PISCITELLI A., MASTRONUZZI G. (2021), *Relative Sea-Level Rise Scenario for 2100 along the Coast of South Eastern Sicily (Italy) by In-SAR Data, Satellite Images and High-Resolution Topography*. *Remote Sensing* 13, 1108. doi:10.3390/rs13061108.
- AUCELLI P.P.C., IANNANTUONO E., ROSSKOPF C.M., (2009), *Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia meridionale)*. *Italian Journal of Geosciences* 128, 759–771. doi:10.3301/IJG.2009.128.3.759.
- AUCELLI P.P.C., DI PAOLA G., INCONTRI P., RIZZO A., VILARDO G., BENASSAI G., BUONOCORE B., PAPPONE G. (2017), *Coastal inundation risk assessment due to subsidence and sea level rise in a Mediterranean alluvial plain (Volturno coastal plain – southern Italy)*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, EC-SA 55 Unbounded boundaries and shifting baselines: estuaries and coastal seas in a rapidly changing world 198, 597–609. doi:10.1016/j.ecss.2016.06.017.
- AUCELLI P.P.C., DI PAOLA G., RIZZO A., ROSSKOPF C.M. (2018), *Present day and future scenarios of coastal erosion and flooding processes along the Italian Adriatic coast: the case of Molise region*. *Environmental Earth Sciences* 77, 371. doi:10.1007/s12665-018-7535-y.
- AUCELLI P.P.C., MATTEI G., CAPORIZZO C., CINQUE A., TROISI S., PELUSO F., STEFANI LE M., PAPPONE G. (2020), *Ancient coastal changes due to ground movements and human interventions in the roman portus julius (Pozzuoli Gulf, Italy): Results from photogrammetric and direct surveys*. *Water (Switzerland)* 12. doi:10.3390/w12030658.
- BONALDO D., ANTONIOLI F., ARCHETTI R., BEZZI A., CORREGGIARI A., DAVOLIO S., DE FALCO G., FANTINI M., FONTOLAN G., FURLANI S., GAETA M.G., LEONI G., LO PRESTI V., MASTRONUZZI G., PILLON S., RICCHI A., STOCCHI P., SAMARAS A.G., SCICCHITANO G., CARNIEL S. (2019), *Integrating multidisciplinary instruments for assessing coastal vulnerability to erosion and sea level rise: lessons and challenges from the Adriatic Sea, Italy*. *Journal of Coastal Conservation* 23, 19–37. doi:10.1007/s11852-018-0633-x.
- BONÌ R., MEISINA C., POGGIO L., FONTANA A., TESSARI G., RICCARDI P., FLORIS M. (2020), *Ground motion areas detection (GMA-D): An innovative approach to identify ground deformation areas using the SAR-based displacement time series*. Presented at the Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, pp. 277–284. doi:10.5194/pi-ahs-382-277-2020.
- BONORA N., IMMORDINO F., SCHIAVI C., SIMEONI U., VALPREDÀ E. (2002), *Interaction between Catchment Basin Management and Coastal Evolution (Southern Italy)*. *Journal of Coastal Research* 81–88. doi:10.2112/1551-5036-36.sp1.81.
- CALAFAT F.M., MARCOS M., GOMIS D. (2010), *Mass contribution to Mediterranean Sea level variability for the period 1948–2000*. *Global and Planetary Change* 73, 193–201. doi:10.1016/j.gloplacha.2010.06.002.
- CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSÒ P., SERGIO A. (1998), *Features and present evolution of Apulian Coast (Southern Italy)*. *Jour. of Coastal Research* SI (26), 55–64.
- CALDARA M., PENNETTA L., SIMONE O. (2002), *Holocene Evolution of the Salpi Lagoon (Puglia, Italy)*. *Journal of Coastal Research* 36, 124–133. doi:10.2112/1551-5036-36.sp1.124.
- CALDARA M., CAPOLONGO D., DAMATO B., PENNETTA L. (2006), *Can the ground laser scanning technology be useful for coastal defenses monitoring?* *Italian Journal of Engineering Geology and Environment* 1, 35–49.
- CALDARA M., CAPOLONGO D., TRIGGIANI M., REFICE A. (2014), *La subsidenza delle piane costiere pugliesi*. *Geologia dell'Ambiente Suppl.* n2/2014, 30–36.
- CANNATELLI C., SPERA F., BODNAR R., LIMA A., DE VIVO B. (2020), *Ground movement (bradyseism) in the Campi Flegrei volcanic area*. *Vesuvius, Campi Flegrei, and Campanian Volcanism* 407–433. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816454-9.00015-8.
- CAVICCHIA L., VON STORCH H., GUALDI S. (2014), *Mediterranean Tropical-Like Cyclones in Present and Future Climate*. *Journal of Climate* 27, 7493–7501. doi:10.1175/JCLI-D-14-00339.1.
- CAZENAVE A., COZANNET G.L. (2014), *Sea level rise and its coastal impacts*. *Earth's Future* 2, 15–34. doi:https://doi.org/10.1002/2013EF000188.
- CENNI N., FIASCHI S., FABRIS M. (2021), *Monitoring of Land Subsidence in the Po River Delta (Northern Italy) Using Geodetic Networks*. *Remote Sensing* 13, 1488. doi:10.3390/rs13081488.
- CHURCH J.A., WHITE N.J. (2011), *Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century*. *Surveys in Geophysics* 32, 585–602. doi:10.1007/s10712-011-9119-1.
- CHURCH J.A., CLARK P.U., CAZENAVE A., GREGORY J.M., JEVREJEVA S., LEVERMANN A., MERRIFIELD M.A., MILNE G.A., NEREM R.S., NUNN P.D., PAYNE A.J., PFEFFER W.T., STAMMER D., UNNIKRISHNAN A.S. (2013), *Sea-Level Rise by 2100*. *Science* 342, 1445–1445. doi:10.1126/science.342.6165.1445-a.
- DI PAOLA G., ALBERICO I., AUCELLI P.P.C., MATANO F., RIZZO A., VILARDO G. (2018), *Coastal subsidence detected by Synthetic Aperture Radar interferometry and its effects coupled with future sea-level rise: the case of the Sele Plain (Southern Italy)*. *Journal of Flood Risk Management* 11, 191–206. doi:https://doi.org/10.1111/jfr3.12308.
- ERICSON J.P., VÖRÖSMARTY C.J., DINGMAN S.L., WARD L.G., MEYBECK M. (2006), *Effective sea-level rise and deltas: Causes of change and human dimension implications*. *Global and Planetary Change* 50, 63–82. doi:10.1016/j.gloplacha.2005.07.004.
- FABRIS M. (2021), *Monitoring the coastal changes of the Po River Delta (Northern Italy) since 1911 using archival cartography, multi-temporal aerial photogrammetry and LiDAR data: Implications for coastline changes in 2100 A.D.* *Remote Sensing* 13. doi:10.3390/rs13030529.
- FLORIS M., FONTANA A., TESSARI G., MULÈ M. (2019), *Subsidence zonation through satellite interferometry in coastal plain environments of ne italy: A possible tool for geological and geomorphological mapping in Urban Areas*. *Remote Sensing* 11. doi:10.3390/rs11020165.
- GARCÍA-LAFUENTE J., SAMMARTINO S., HUERTAS I.E., FLECHA S., SÁNCHEZ-LEAL R.F., NARANJO C., NADAL I., BELLANCO M.J. (2021), *Hotter and Weaker Mediterranean Outflow as a Response to Basin-Wide Alterations*. *Frontiers in Marine Science* 8. doi:10.3389/fmars.2021.613444.
- GEBREMICHAEL E., SULTAN M., BECKER R., BASTAWESY M.E., CHERIF O., EMIL M. (2018), *Assessing Land Deformation and Sea Encroachment in the Nile Delta: A Radar Interferometric and Inundation Modeling Approach*. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 123, 3208–3224. doi:https://doi.org/10.1002/2017JB015084.
- GOMIS D., RUIZ S., SOTILLO M.G., ÁLVAREZ-FANJUL E., TERRADAS J. (2008), *Low frequency Mediterranean sea level variability: The contribution of atmospheric pressure and wind*. *Global and Planetary Change, Mediterranean climate: trends, variability and change* 63, 215–229. doi:10.1016/j.gloplacha.2008.06.005.
- HOLGATE S.J., MATTHEWS A., WOODWORTH P.L., RICKARDS L.J., TAMISIA

- M.E., BRADSHAW E., FODEN P.R., GORDON K.M., JEVREJEVA S., PUGH J. (2012), *New Data Systems and Products at the Permanent Service for Mean Sea Level*. Journal of Coastal Research 29, 493–504. doi:10.2112/JCOASTRES-D-12-00175.1.
- IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535.
- IPCC (2019), *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)] Working Group II Technical Support Unit, 765.
- IPCC (2021), *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. 3949..
- JEVREJEVA S., MOORE J.C., GRINSTED A., MATTHEWS A.P., SPADA G. (2014), *Trends and acceleration in global and regional sea levels since 1807*. Global and Planetary Change 113, 11–22. doi:10.1016/j.gloplacha.2013.12.004.
- KEMP A.C., HORTON B.P., DONNELLY J.P., MANN M.E., VERMEER M., RAHMSTORF S. (2011), *Climate related sea-level variations over the past two millennia*. Proceedings of the National Academy of Sciences 108, 11017–11022. doi:10.1073/pnas.1015619108.
- LAMBECK K., PURCELL A. (2005), *Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas*. Quaternary Science Reviews, Quaternary coastal morphology and sea-level changes 24, 1969–1988. doi:10.1016/j.quascirev.2004.06.025.
- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A., ESPOSITO A. (2004), *Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change*. Earth and Planetary Science Letters 224, 563–575. doi:10.1016/j.epsl.2004.05.031.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., FERRANTI L., LEONI G., SCICCHITANO G., SILENZI S. (2011), *Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future*. Quaternary International, Tectonic Contribution to Relative Sea Level Change 232, 250–257. doi:10.1016/j.quaint.2010.04.026.
- LIONELLO P., COGO S., GALATI M.B., SANNA A. (2008), *The Mediterranean surface wave climate inferred from future scenario simulations*. Global and Planetary Change 63, 152–162. doi:10.1016/j.gloplacha.2008.03.004.
- LIONELLO P., CONTE D., MARZO L., SCARASCIA L. (2017), *The contrasting effect of increasing mean sea level and decreasing storminess on the maximum water level during storms along the coast of the Mediterranean Sea in the mid 21st century*. Global and Planetary Change, Climate Variability and Change in the Mediterranean Region 151, 80–91. doi:10.1016/j.gloplacha.2016.06.012.
- MARCOS M., JORDÀ G., GOMIS D., PÉREZ B. (2011a), *Changes in storm surges in southern Europe from a regional model under climate change scenarios*. Global and Planetary Change 77, 116–128. doi:10.1016/j.gloplacha.2011.04.002.
- MARCOS M., CALAFAT F.M., LLOVEL W., GOMIS D., MEYSSIGNAC B. (2011b), *Regional distribution of steric and mass contributions to sea level changes*. Global and Planetary Change 76, 206–218. doi:10.1016/j.gloplacha.2011.01.007.
- MASCIOPINTO C., LISO I.S. (2016), *Assessment of the impact of sea-level rise due to climate change on coastal groundwater discharge*. Science of The Total Environment 569–570, 672–680. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.183.
- MASTRONUZZI G., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., AUCELLI P.P.C., CAPORIZZO C., DONADIO C., LO PRESTI V., MATTEI G., SCARDINO G., SCICCHITANO G., SPAMPINATO C.R., VECCHIO A. (2020), *Dove il mare incontra la terra. In: Il Mediterraneo e la sua storia*. Catalogo Mostra Thalassa, Museo Archeologico Nazionale di Napoli 22–31.
- MEYSSIGNAC B., CAZENAVE A. (2012), *Sea level: A review of present-day and recent-past changes and variability*. Journal of Geodynamics 58, 96–109. doi:10.1016/j.jog.2012.03.005.
- MORETTI M., TROPEANO M., VAN LOON A.J. (TOM), ACQUAFREDDA P., BALDACCONI R., FESTA V., LISCO S., MASTRONUZZI G., MORETTI V., SCOTTI R. (2016), *Texture and composition of the Rosa Marina beach sands (Adriatic coast, southern Italy): a sedimentological/ecological approach*. Geology 44, 787–790. doi:10.1130/G37400.1.
- NEDERHOFF C.M., LODDER Q.J., BOERS M., DEN BIEMAN J. P., MILLER J. K. (2015), *Modeling the effects of hard structures on dune erosion and overwash*. In: Coastal Sediments 2015. WORLD SCIENTIFIC. doi:10.1142/9789814689977_0219.
- ORIANI G.H. (1975), *Diversity, stability and maturity in natural ecosystems*. In: *Dobben, W.H. van, Lowe-McConnell, R.H. (Eds.), Unifying Concepts in Ecology: Report of the Plenary Sessions of the First International Congress of Ecology*, The Hague, the Netherlands, September 8–14, 1974. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 139–150. doi:10.1007/978-94-010-1954-5_11.
- ROSSKOPF C.M., DI PAOLA G., ATKINSON D.E., RODRÍGUEZ G., WALKER I.J. (2018), *Recent shoreline evolution and beach erosion along the central Adriatic coast of Italy: the case of Molise region*. Journal of Coastal Conservation 22, 879–895. doi:10.1007/s11852-017-0550-4.
- ROVERE A., STOCCHI P., VACCHI M. (2016), *Eustatic and Relative Sea Level Changes*. Current Climate Change Reports 2, 221–231. doi:10.1007/s40641-016-0045-7.
- SABATO L., LONGHITANO S.G., GIOIA D., CILUMBRIELLO A., SPALLUTO L. (2012), *Sedimentological and morpho-evolution maps of the 'Bosco Pantano di Policoro' coastal system (Gulf of Taranto, southern Italy)*. Journal of Maps 8, 304–311. doi:10.1080/17445647.2012.722791.
- SCARDINO G., SABATIER F., SCICCHITANO G., PISCITELLI A., MILELLA M., VECCHIO A., ANZIDEI M., MASTRONUZZI G. (2020), *Sea-Level Rise and Shoreline Changes Along an Open Sandy Coast: Case Study of Gulf of Taranto, Italy*. Water 12, 1414. doi:10.3390/w12051414.
- SCICCHITANO G., SCARDINO G., TARASCIO S., MONACO C., BARRACANE G., LOCURATOLO G., MILELLA M., PISCITELLI A., MAZZA G., MASTRONUZZI G. (2020), *The First Video Witness of Coastal Boulder Displacements Recorded during the Impact of Medicean "Zorbas" on Southeastern Sicily*. Water 12, 1497. doi:10.3390/w12051497.
- TAVOLO NAZIONALE SULL'EROSIONE COSTIERA, MATTM-REGIONI (2016), *Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici* 312.
- TOIMIL A., CAMUS P., LOSADA I.J., LE COZZANET G., NICHOLLS R.J., IDIER D., MASPATAUD A. (2020), *Climate change-driven coastal erosion modelling in temperate sandy beaches: Methods and uncertainty treatment*. Earth-Science Reviews 202, 103110. doi:10.1016/j.earscirev.2020.103110.
- TOSI L., LIO C.D., TEATINI P., STROZZI T. (2018), *Land Subsidence in Coastal Environments: Knowledge Advance in the Venice Coastland by TerraSAR-X PSI*. Remote Sensing 10, 1191. doi:10.3390/rs10081191.
- TSIMPLIS M.N., ÁLVAREZ-FANJUL E., GOMIS D., FENOGLIO-MARC L., PÉREZ B. (2005), *Mediterranean Sea level trends: Atmospheric pressure and wind contribution*. Geophysical Research Letters 32. doi:https://doi.org/10.1029/2005GL023867.
- VECCHIO A., ANZIDEI M., SERPELLONI E., FLORINDO F. (2019), *Natural Variability and Vertical Land Motion Contributions in the Mediterranean Sea-Level Records over the Last Two Centuries and Projections for 2100*. Water 11, 1480. doi:10.3390/w11071480.
- WESTMAN W.E. (1978), *Measuring the Inertia and Resilience of Ecosystems*. BioScience 28, 705–710. doi:10.2307/1307321.
- WESTMAN W.E. (1986), *Resilience: concepts and measures*. In: Dell B., Hopkins A.J.M., Lamont B.B. (Eds.), *Resilience in Mediterranean-Type Ecosystems, Tasks for Vegetation Science*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 5–19. doi:10.1007/978-94-009-4822-8_2.
- WOODRUFF J.D., IRISH J.L., CAMARGO S.J. (2013), *Coastal flooding by tropical cyclones and sea-level rise*. Nature 504, 44–52. doi:10.1038/nature12855.
- WÖPPELMANN G., MARCOS M. (2012), *Coastal sea level rise in southern Europe and the nonclimate contribution of vertical land motion*. Journal of Geophysical Research: Oceans 117. doi:10.1029/2011JC007469.

Geological Day Coste

Una giornata di escursione e di approfondimento geologico ambientale

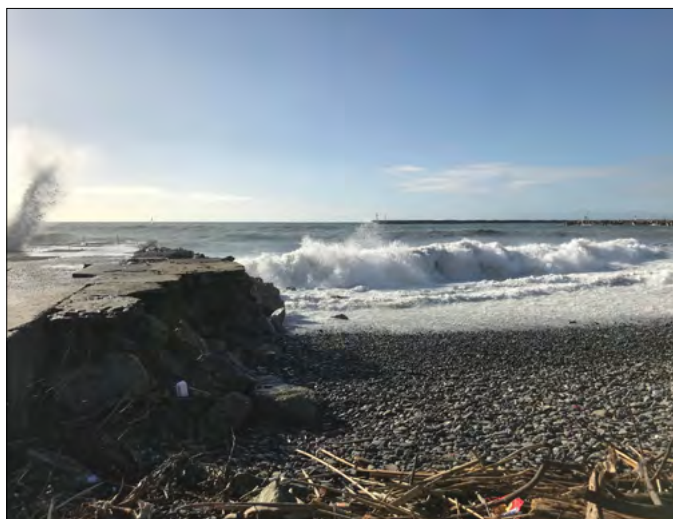


Foto G. Paliaga



Foto P. Tinelli

La **Società Italiana di Geologia Ambientale - APS**, in occasione della ricorrenza dei **30 anni** della propria fondazione, il **18 maggio 1992**, propone a tutti i soci e i simpatizzanti interessati dell'associazione, l'iniziativa **Geological Day Coste**, una giornata di escursione e di approfondimento geologico ambientale, da svolgersi nelle giornate dal **18 al 22 maggio 2022**.

Ogni socio o simpatizzante, a titolo volontario, può recarsi presso una spiaggia o un tratto di costa, che conosce e frequenta, per effettuare un sopralluogo/rilievo di carattere geologico ambientale, utilizzando un'apposita scheda contenente i dati di monitoraggio rilevati.

Sulla scheda di monitoraggio devono essere descritte:

- le caratteristiche geologiche;
- il contesto ambientale e naturalistico;
- le componenti vegetazionali;
- gli equilibri esistenti;
- i fenomeni di erosione o deposizione;
- le componenti antropiche.



Foto F. Boccalaro

Tale rilievo, che sarà coordinato dalla sezione regionale, consentirà di realizzare una banca dati di monitoraggio sullo stato delle nostre coste che può essere aggiornata annualmente.

La stagione primaverile permette di constatare i danni delle mareggiate e delle perturbazioni meteo invernali e di verificare l'incidenza delle attività legate alla stagione balneare di fruizione delle spiagge.

Scopo finale di questo evento, è quello di avviare un monitoraggio che riguardi le coste italiane e seguire negli anni l'evoluzione dei diversi siti, anche sulla base di ricerche precedenti, pubblicate o non.



Foto F. Boccalaro

Periodicamente i risultati verranno resi pubblici, sia sui mezzi di comunicazione SIGEA che su altri, in modo da attivare una discussione/confronto su tali dati, anche con altre organizzazioni interessate.



Foto E. Di Loreto

La scheda di monitoraggio, scaricabile online sul sito www.sigeweb.it, dovrà essere debitamente compilata e inviata al seguente indirizzo e-mail: eventi@sigeweb.it

**CONVEGNO NAZIONALE
ORGANIZZATO DALLA
SOCIETÀ ITALIANA
DI GEOLOGIA AMBIENTALE
(SIGEA) - APS**

**Roma, 10 e 11 ottobre 2022
Società Geografica Italiana
Palazzetto Mattei
Villa Celimontana
Via della Navicella, 12 - Roma**



LA GEOLOGIA AMBIENTALE AL SERVIZIO DEL PAESE

CELEBRAZIONE DEI 30 ANNI DI FONDAZIONE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE (SIGEA) – APS

PRIMA CIRCOLARE

PRESENTAZIONE

Nel 1992 un gruppo di accademici, professionisti, funzionari pubblici si confrontano e dialogano per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra con l'obiettivo di tutelare la salute e la sicurezza del territorio, ponendo l'attenzione sulle componenti ambientali per conservare le loro quantità e qualità attraverso l'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse, in un crescente confronto, talora contrapposto, sullo sfruttamento del territorio e delle sue risorse naturali secondo un paradigma tecnocratico che ha esercitato il dominio eccessivo sulla politica, sull'economia e sul profitto, attraverso uno sviluppo "disattento" o addirittura privo di rispetto per l'uomo e l'ambiente.

Si creano le basi statutarie per costituire una associazione scientifica e culturale che affronterà in ambito nazionale la promozione della cultura geologica. Nasce così la Società Italiana di Geologia Ambientale in breve SIGEA, un'associazione che rompe gli schemi tradizionali dell'associazionismo di settore e opera negli anni in un circuito ampio con accademici, ricercatori di enti pubblici, professionisti e società civile.

In questi 30 anni anche la scienza e la tecnica hanno vissuto, e vivono tutt'oggi, momenti di notevole conflittualità e SIGEA ha promosso e ospitato un confronto tecnico e scientifico basato su dati, su lucide visioni, su progetti concreti e realizzabili per migliorare lo stato dell'ambiente e la qualità della vita, e non su ideologie.

Riteniamo che la vera transizione ecologica, necessaria per compensare lo sviluppo urbano e industriale pensato indipendentemente dagli effetti che questi possano arrecare agli equilibri ambientali e sociali, debba partire dalle analisi che emergono da posizioni anche divergenti sulla sostenibilità dello sviluppo, sulla velocità della crescita e del progresso, sulle aspettative economiche, sul principio di precauzione e su quello di non arrecare un danno significativo (DNSH - Do No Significant Harm). Contrapposizioni queste che come spesso è accaduto negli ultimi 30 anni trovano nel confronto intergenerazionali fattori di amplificazione. Solo il dibattito culturale, leale e aperto alle diverse posizioni, può essere utile a individuare i reali limiti dell'agire in un'ottica conservativa per i caratteri ambientali di un territorio, nell'interesse intergenerazionale, volto a garantire benessere alle popolazioni che lo abitano, con un occhio ben attento ai 17 obiettivi dell'Agenda 2030 (SDGs).

I contributi potranno essere proposti da tutti coloro che svolgono le loro attività di ricerca, professionali e imprenditoriali, nell'ambito della geologia ambientale e più in generale sui temi di tutela dell'ambiente e della transizione verso la sostenibilità dello sviluppo.

RICHIEDA DI MEMORIE - SCADENZE

Potranno essere proposte memorie scientifiche e tecniche relative alle seguenti tre sessioni:

- **1 Rischi geologici: azioni e interventi di mitigazione (alluvioni, frane, terremoti, erosione costiera, eruzioni vulcaniche, sprofondamenti del suolo).**
- **2. Risorse geologiche: utilizzo sostenibile, tutela e valorizzazione (acqua, lapidei, giacimenti minerari, paesaggi e geositi, fonti energetiche rinnovabili e non).**
- **3. Rischi ambientali: analisi, monitoraggio e tecniche di bonifica (cambiamento climatico, inquinamento della matrice solida, inquinamento della matrice liquida, amianto, gas endogeni nocivi, CO₂, H₂S, radon).**

I riassunti dei contributi (**massimo 3 pagine comprese tabelle e figure**) dovranno essere inviati **entro il 31 luglio 2022** all'indirizzo e-mail 30anni@sigeaweb.it seguendo le norme per gli autori reperibili sul sito <http://www.sigeweb.it/documenti/istruzioni-rivista.pdf>.

I riassunti saranno pubblicati in occasione del convegno.

I contributi estesi (**massimo 10 pagine comprese tabelle e figure**) dovranno essere inviati **entro il 31 dicembre 2022** all'indirizzo e-mail 30anni@sigeaweb.it seguendo le norme per gli autori reperibili sul sito <http://www.sigeweb.it/documenti/istruzioni-rivista.pdf>.

Gli autori riceveranno le valutazioni dei *referee* **entro il 31 gennaio 2023** e dovranno restituire il testo corretto **entro il 28 febbraio 2023**. Gli Atti del Convegno (presentazioni a invito e memorie accettate) saranno pubblicati su un supplemento della rivista ufficiale della SIGEA-APS: "Geologia dell'Ambiente".

Segreteria organizzativa SIGEA-APS: Eugenio Di Loreto, Antonello Fiore, Enrico Gennari, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Paola Pino d'Astore, Livia Soliani | Per informazioni, email: 30anni@sigeaweb.it

« La **partecipazione** in continua **evoluzione** »

Sostieni la **SIGEA-APS**

Iscriviti e rinnova la tua adesione
per il **2022**

www.sigeaweb.it



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Insieme da 30 anni per promuovere la
cultura geologica e la tutela dell'ambiente