

# RAPPORTI TECNICI

DELL'AREA GEOLOGIA, SUOLI E SISMICA

2024



MAREGGIATE  
E IMPATTI  
SULLA COSTA

**Obiettivo Operativo n. 12**

**Responsabile del progetto:**

**Luisa Perini**

**Area Geologia, Suoli e Sismica - Settore Difesa del Territorio – Regione Emilia-Romagna**

**[luisa.perini@regione.emilia-romagna.it](mailto:luisa.perini@regione.emilia-romagna.it)**

**collaboratori:**

**Lorenzo Calabrese, Jessica Lelli**

**Area Geologia, Suoli e Sismica - Settore Difesa del Territorio– Regione Emilia-Romagna**

**In copertina:**

**Foto Archivio Area Geologia, Suoli e Sismica**

**Immagine coordinata:**

**Simonetta Scappini**

**Area Geologia, Suoli e Sismica - Settore Difesa del Territorio – Regione Emilia-Romagna**

Il presente documento è rilasciato secondo i termini della licenza Creative Commons 4.0 Attribution (Attribuzione). I contenuti (salvo marchi, segni distintivi o altro diversamente specificato) possono essere riprodotti, distribuiti, comunicati, esposti, rappresentati e modificati rispettando la seguente condizione: citazione della fonte (“Regione Emilia-Romagna”) e il titolo del documento.

Una sintesi della licenza si trova alla pagina <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>

Per eventuali aggregazioni o rielaborazioni dei contenuti finalizzate alla realizzazione di prodotti diversi dall'originale, pur permanendo l'obbligo di citazione della fonte, si declina ogni responsabilità



**Direzione Generale cura del territorio e dell'ambiente  
Area Geologia, Suoli e Sismica, Settore difesa del Suolo**

**Viale della Fiera 8, 40127 Bologna**

**telefono: 051 5274792**

**fax: 051 5274208**

**e-mail: [segrgeol@regione.emilia-romagna.it](mailto:segrgeol@regione.emilia-romagna.it)**

**PEC: [segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it](mailto:segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it)**

**Sito web: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa>**

## Sommario

<b>1. Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Le mareggiate 2024 .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Dati inseriti nel DB in_Storm .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Caratteristiche degli eventi .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Gli impatti .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Analisi dati e aggiornamento del catalogo .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4. Le mareggiate nel periodo 2007 - 2024.....</b>	<b>9</b>
<b>3.5. Le mareggiate nel periodo 2011 - 2024.....</b>	<b>11</b>
<b>3.6. Le mareggiate nel periodo 1946 - 2024.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Conclusioni.....</b>	<b>17</b>
<b>5. Riferimenti bibliografici utili .....</b>	<b>18</b>

## 1. Premessa

Il presente rapporto tecnico riguarda l'analisi delle mareggiate che hanno prodotto impatti sulle coste regionali nell'anno 2024.

Si forniscono inoltre gli aggiornamenti del catalogo degli eventi storici oggetto della pubblicazione *'Le Mareggiate e gli Impatti sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946 - 2010' (Perini et al 2011)*.

A partire dal 2011 l'Area Geologia, Suoli e Sismica (AGSS (ex Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - SGSS) della Regione Emilia - Romagna ha provveduto a strutturare un'apposita banca dati denominata "in\_Storm" che raccoglie le informazioni sugli eventi meteomarini che affliggono le coste regionali, mantenendo il costante aggiornamento sui rischi costieri da mareggiata. Tali informazioni rappresentano la base dati indispensabile per lo svolgimento di diverse attività nelle quali l'AGSS è impegnata, ovvero:

- Il supporto al Centro Funzionale regionale per quanto concerne l'allertamento costiero. Sulla base dei dati archiviati nel DB in\_Storm, si elabora anche l'analisi delle allerte emesse, contribuendo così a migliorare l'affidabilità del sistema;
- L'analisi dell'evoluzione nel tempo degli impatti da mareggiata, che contribuisce al monitoraggio dei fenomeni di interesse per l'osservatorio istituito a supporto della Strategia Regionale di Mitigazione e Adattamento per i Cambiamenti Climatici (SMACC);
- L'aggiornamento delle cartografie di pericolosità, elaborate ai sensi del d.lgs. 49/2010 e del relativo piano (PGRA);
- L'aggiornamento dei quadri conoscitivi a supporto della pianificazione territoriale.

Per le informazioni generali relative alla banca dati in\_Storm e al clima meteo-marino si rimanda al rapporto *"Mareggiate e impatti sulla costa - aggiornamento dei dati al 2020, degli indicatori e analisi delle tendenze"* accessibile online all'indirizzo:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa/mareggiate-analisi-dati>

## 2. Le mareggiate 2024

Nel 2024 sono state emesse 14 allerte per criticità costiera (Tabella 1), riferibili ad un totale di 8 eventi, alcuni dei quali di durata pluri-giornaliera.

Di tali eventi, 5 sono rientrati nel catalogo in *\_Storm*, perché caratterizzati dal superamento di almeno uno dei valori meteo-marini di riferimento (altezza significativa dell'onda o livello del mare) utilizzati ai fini dell'allertamento, e/o per la presenza di impatti sul territorio.

N° Doc.	Data Inizio alle 0	Data Fine alle 0	PREVISIONI						MAREGGIATE CON IMPATTI	RILEVAZIONI						
			Allerte		SOGGIE		INDICATORI PREVISTI IN FASE	Marea max (m)		Giorno/Mese - Ora	Mareografo	Altezza onda significativa (m)	Giorno/Mese - Ora	Ondametro	Direzione vento	Direzione onda
			Stato del Mare	Criticità Costiera	Altezza d'onda a largo (m)	Livello del mare (m)										
012/2024	19/01/2023	20/01/2023	ARANCIONE	GIALLO	2.89	0.4	no	No	0.681	19-01 - ore 02:30	PG	2.81	19/01 - ore 16:30	Nausicaa 2	WSW	NE
054/2024	18/04/2024	19/04/2024	GIALLO	GIALLO	2.46	0.34	no	No	0.44	18/04 - ore 19:30	PC	1.66	18/04 - ore 23:30	Nausicaa 2	NE-ENE	NE
055/2024	22/04/2024	23/04/2024	GIALLO	GIALLO	2.54	0.52	no	No	0.778	22/04 - ore 20:40	PG	1.59	22/04 - ore 11:30	Nausicaa 2	SE	ENE
118/2024	17/09/2024	18/09/2024	GIALLO	GIALLO	2.85	0.72	no	Si	0.732	17/09 - ore 10:00	PG	2.56	17/09 - ore 20:00	Nausicaa 2	ESE	NE
119/2024	18/09/2024	19/09/2024	GIALLO	GIALLO	2.2	0.58	no	Si	0.83	18/09 - ore 10:00	PC	2.44	18/09 - ore 10:30	Nausicaa 2	ENE	NE
120/2024	19/09/2024	20/09/2024	VERDE	GIALLO	2.09	0.49	no	No	0.73	19/09 - ore 10:00	PC	0.93	19/09 - ore 00:30	Nausicaa 2	W	NE
131/2024	03/10/2024	04/10/2024	VERDE	GIALLO	1.45	0.57	no	Si	0.914	03/10 - ore 21:40	PG	1.58	03/10 - ore 23:00	Nausicaa 2	SE	N-NE
132/2024	03/10/2024	05/10/2024	GIALLO	GIALLO	2.33	0.47	no	No	0.691	04/10 - ore 00:00	PG	1.55	04/10 - ore 01:00	Nausicaa 2	NW	N-NE
142/2024	19/10/2024	20/10/2024	VERDE	GIALLO	1.1	0.68	no	Si	0.87	19/10 - ore 10:20	PC	2.21	19/10 - ore 22:00	Nausicaa 2	SSW	E
143/2024	20/10/2024	21/10/2024	VERDE	GIALLO	2.32	0.52	no		0.79	20/10 - ore 11:10	PC	2.12	20/10 - ore 00:30	Nausicaa 2	E	E
162/2024	08/12/2024	09/12/2024	ARANCIONE	ARANCIONE	3.57	0.99	no	Si	0.925	08/12 - ore 12:00	PG	2.54	08/12 - ore 22:30	Nausicaa 2	W	NE
163/2024	09/12/2024	10/12/2024	GIALLO	GIALLO	2.55	0.97	no		0.878	09/12 - ore 06:50	PG	2.56	09/12 - ore 10:00	Nausicaa 2	SW	ENE
164/2024	10/12/2024	11/12/2024	VERDE	GIALLO	1.93	0.84			0.854	10/12 - ore 06:40	PG	1.43	10/12 - ore 14:00	Nausicaa 2	SW	ENE
167/2024	20/12/2024	21/12/2024	ARANCIONE	GIALLO	2.83	0.51	Si	No	0.544	20/12 - ore 10:20	PG	3.51	20/12 - ore 11:30	Nausicaa 2	WNN	NE

Tabella 1: Allerte emesse al 2024, comprensivo di dati previsti e osservati.

### 2.1. Dati inseriti nel DB in *\_Storm*

La tabella seguente (Tabella 2) contiene la sintesi delle informazioni relative alle singole mareggiate catalogate nel DB in *\_Storm*, con particolare riferimento a:

- allertamento dell'evento;
- superamento dei valori di riferimento dei parametri meteo-marini di altezza significativa dell'onda, livello del mare, direzione di onda/vento registrati;
- impatti segnalati e relative informazioni.



Codice	Data Inizio	Data Fine	PREVISIONI Allerte		MAREGGIATE CON IMPATTI	RILEVAZIONI					SEGNALAZIONE DANNI		Note	
			Stato del Mare	Criticità Costiera		Marea max (m)	Giorno/Mese - Ora	Mareografo	Altezza ondata significative (m)	Ondometro	Direzione vento	Direzione onda		Ubicazione
2024_09_I	17/09/2024	18/09/2024	GIALLO	GIALLO		0,732	17/09 - ore 10:00	PG	2,56	Nausicaa 2	ESE	NE	Allagamento da mareggiata Viale Carducci a Valverde Forti erosioni localizzate in loc. Valverde e Ponente in Comune di Cesenatico e lungo l'arenile del Comune di San Mauro mare. Erosioni diffuse delle spiagge con arretramento generalizzato della linea di riva nel cesenate. Accumulo tronchi foci fluviali A Lido Adriano danni a stabilimento e ad opere difesa distaccate (ultimi pennelli verso S)	
	18/09/2024	19/09/2024	GIALLO	GIALLO	SI	0,83	18/09 - ore 10:00	PC	2,44	Nausicaa 2	ENE	NE		
	19/09/2024	20/09/2024	VERDE	GIALLO		0,73	19/09 - ore 10:00	PC	0,93	Nausicaa 2	W	NE		
	03/10/2024 03/10/2024	04/10/2024 05/10/2024	VERDE GIALLO	GIALLO GIALLO	SI	0,914 0,891	03/10 - ore 21:40 04/10 - ore 00:00	PG PG	1,58 1,55	Nausicaa 2 Nausicaa 2	SE NW	N-NE N-NE		Allagamenti spiaggia ferrarese da webcam
2024_10_II	19/10/2024	20/10/2024	GIALLO	GIALLO	SI	0,87	19/10 - ore 10:20	PC	2,21	Nausicaa 2	SSW	E	Erosioni puntuali a Lido di Volano (Bagno Isa) e a Lido di Spina (Bagno ex-Jamaica) con danneggiamento delle opere di difesa (formate da sacchi e pali in legno). Materiale spiaggiato nel ravennate	
	20/10/2024	21/10/2024	GIALLO	GIALLO		0,79	20/10 - ore 11:10	PC	2,12	Nausicaa 2	E	E		
2024_12_I	08/12/2024	09/12/2024	ARANCIONE	ARANCIONE		0,925	08/12 - ore 12:00	PG	2,54	Nausicaa 2	W	NE	Lido di Volano (Bagno Isa) danni opere difesa ed erosione duna invernale, inoltre erosione arenile e duna naturale. Erosione arenile proseguendo verso nord (Bagno PlayGround e Scammone a nord del Bagno Comorano). Lido delle nazioni nord erosione argine di difesa in sabbia realizzato da ARSTPC a difesa di Bosco delle Nazioni (tratto Erenite) ed erosione arenile zona Bagno Galattico e Oasi. Tratto compreso tra Lido delle Nazioni e Pomposa erosione duna naturale (dune di San Giuseppe). Lido di Spina erosione opere difesa e arenile (ex bagno Jamaica) e tratto Bagno Piranidi/Bagno ex-Jamaica (Riviera dei leoni marini) erosione duna artificiale. Marina Rometta (sud foce Lamone per un tratto di circa 600m ) danneggiamento argine invernale con abbattimento quasi totale nella prima porzione a nord di circa 100m ed erosione al piede di circa 50-60 cm per un tratto di 500m. Verso sud segnalato da corpo forestale dello stato al Comune di Ravenna danneggiamento armatura in legno foce fiume Beverato, segnalato da HERA diverso materiale legnoso spiaggiato in tutto il tratto di competenza. Materiale legnoso spiaggiato in tutto il litorale provinciale. Consistete erosione della duna di protezione invernale in vari tratti nel cesenate. Settore meridionale del litorale riminese segnalata minima erosione duna invernale (gradino di 10 cm). Significativo accumulo di legname Portoverde.	
	09/12/2024	10/12/2024	GIALLO	GIALLO	SI	0,878	09/12 - ore 06:50	PG	2,56	Nausicaa 2	SW	ENE		
	10/12/2024	11/12/2024	GIALLO	GIALLO		0,854	10/12 - ore 06:40	PG	1,43	Nausicaa 2	SW	ENE		
	20/12/2024	21/12/2024	ARANCIONE	GIALLO		0,544	20/12 - ore 10:20	PG	3,51	Nausicaa 2	WNW	NE		

Tabella 2: Prospetto mareggiate 2024 caratterizzate da superamento di valori di riferimento e/o impatto sul territorio.

Nel 2024 sono state 5 le allerte per criticità costiera, in cui è stato riscontrato un superamento dei valori di riferimento di onda o di livello del mare (soglie) o il verificarsi di impatti sulla costa, e che sono state inserite nel data base in\_*Storm*. Di queste, due allerte sono durate tre giorni, una due giorni e due sono durate un giorno.

Nella Tabella 3, sono riassunti i dati salienti che descrivono la risposta del sistema di allertamento costiero nell'anno.

Eventi inseriti nel DB In_ <i>Storm</i>	
Mareggiate con impatto	4
Superamento valori di riferimento per onda	1
Superamento valori di riferimento del livello del mare	1
Superamento valori di riferimento combinati	3
Superamento valori di riferimento totali	5
Eventi con impatto e senza superamento dei valori di riferimento	0
Eventi con superamenti e senza impatti	1
Allerte senza impatti/superamenti dei valori di riferimento	3

Tabella 3: Sintesi della risposta del sistema di allerta

## 2.2. Caratteristiche degli eventi

Dei 5 eventi registrati nel DB in\_*Storm* (Figura 1), uno è stato caratterizzato dal solo superamento del valore di riferimento del livello del mare (l.m.> 0.8 m), uno ha visto il solo superamento di altezza significativa dell'onda (Hs > 3m), mentre si sono verificati 3 eventi contrassegnati dal superamento sia dei valori di riferimento combinati (l.m. > 0.7 m e Hs onda > 2 m), sia del valore l.m.>0.8 m.

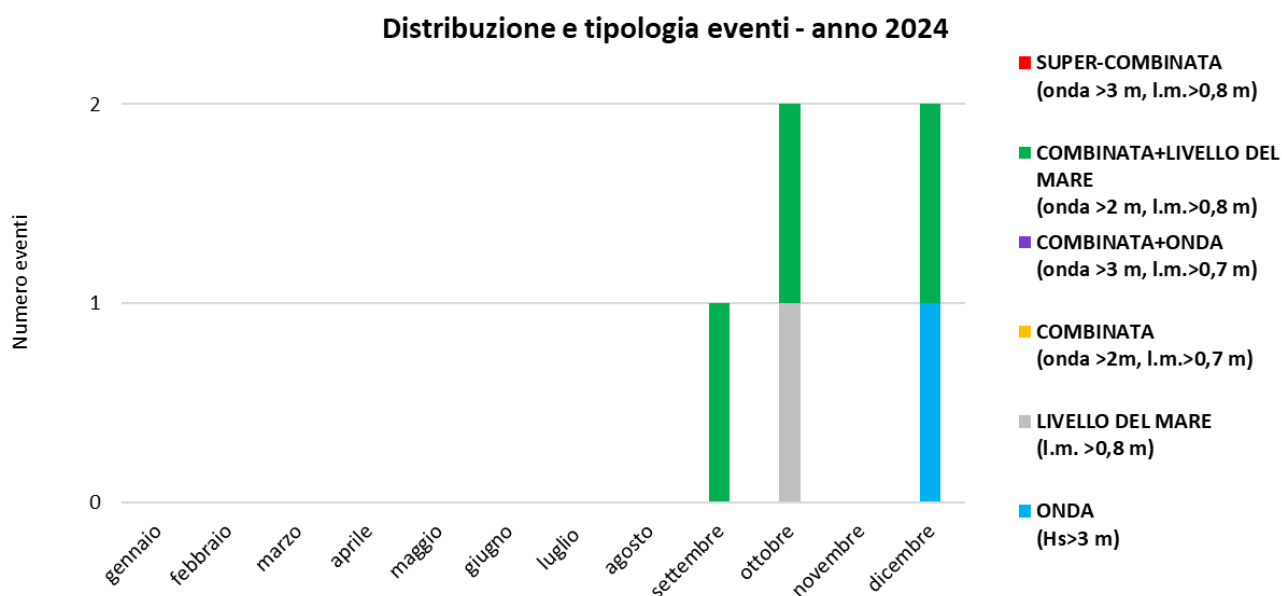


Figura 1: Distribuzione e tipologia eventi con superamento nell'anno 2024

Nessun evento ha registrato valori di onda o di livello del mare estremi. In particolare:

- L'altezza significativa dell'onda massima registrata nell'anno, rilevata alla boa Nausicaa di Cesenatico il 20 dicembre 2024, ha raggiunto un valore Hs di 3.51 m, con provenienza da NE. Tale valore è di poco superiore a quello di riferimento per le mareggiate con 'tempo di

ritorno (Tr) di 1 anno per direzioni tra i 60 e i 90 gradi (NE-E), che, in base ai dati statistici attualmente disponibili (Piano Costa 1996), è di circa 3,6 m.

- Il valore massimo annuale del livello del mare, registrato dal mareografo di Porto Garibaldi è stato di 0.95 m, misurato l'8 dicembre alle ore 12:00, che, con riferimento al lavoro Masina e Ciavola 2011, corrisponde a un  $Tr \cong 2$  anni. Questo valore è stato registrato in concomitanza con un'onda con  $Hs \cong 1$  m.
- Le mareggiate del 2024 si sono concentrate principalmente nei mesi autunnali e invernali (Figura 2). Solo l'ultima mareggiata, del 20 dicembre, non ha prodotto impatti.

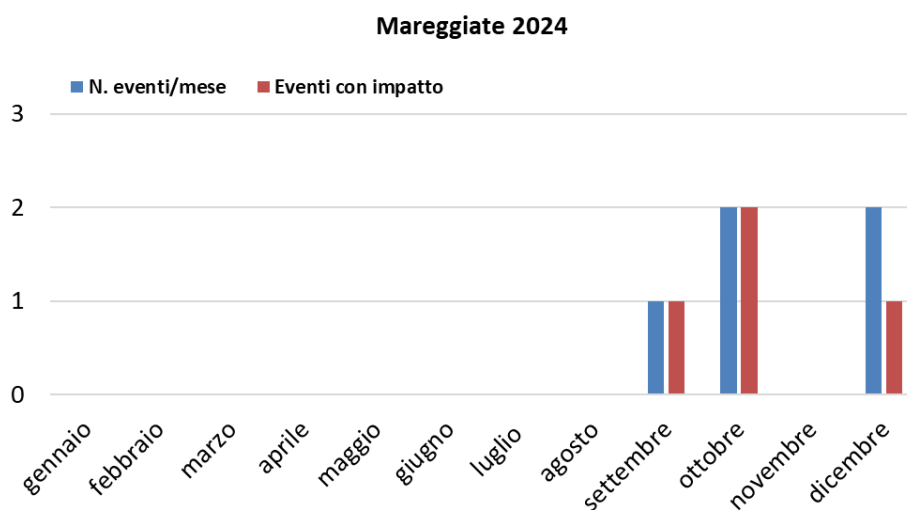


Figura 2: Distribuzione nell'anno delle mareggiate 2024

### 2.3. Gli impatti

Nel corso del 2024 sono stati monitorati impatti da mareggiata in occasione di 4 dei cinque eventi registrati: quelli del 17-18-19 settembre, del 3-4 ottobre, del 19-20 ottobre e dell'8-9-10 dicembre.

In nessun caso sono stati registrati danni particolarmente gravi; tuttavia, l'evento di dicembre ha interessato l'intero litorale emiliano-romagnolo, provocando dissesti alle opere di difesa rigide e fenomeni di erosione delle spiagge e delle dune di protezione invernale, soprattutto nei tratti centro-settentrionali della regione.

Gli eventi meteorologici del 17-19 settembre e del 19-20 ottobre, che hanno causato gravi danni a livello regionale a causa dell'esondazione di fiumi e per dell'innescò di frane, hanno invece generato limitati danni lungo la fascia costiera, con allagamenti ed erosioni nei tratti già identificati come critici. I maggiori impatti sono derivati principalmente dall'ingente accumulo di tronchi e altri materiali, trasportati a mare dai fiumi in piena e successivamente dispersi lungo i litorali. Ciò ha richiesto un intervento massiccio e tempestivo di mezzi meccanici.

Per i tre eventi del 17-19 settembre, 19-20 ottobre e 8-10 dicembre sono stati elaborati, da parte del 'Centro Funzionale', i rapporti di evento che includono i contributi relativi agli impatti da mareggiata. Essi sono consultabili e scaricabili alla pagina:

<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/archivio-report-post-evento>

In sintesi, le tipologie di impatto rilevate nel 2024 sono state:

- Erosione della spiaggia con conseguente abbassamento della quota media;
- Erosione di ampi tratti di 'duna invernale', ma anche danni alle opere di difesa costiera rigide;

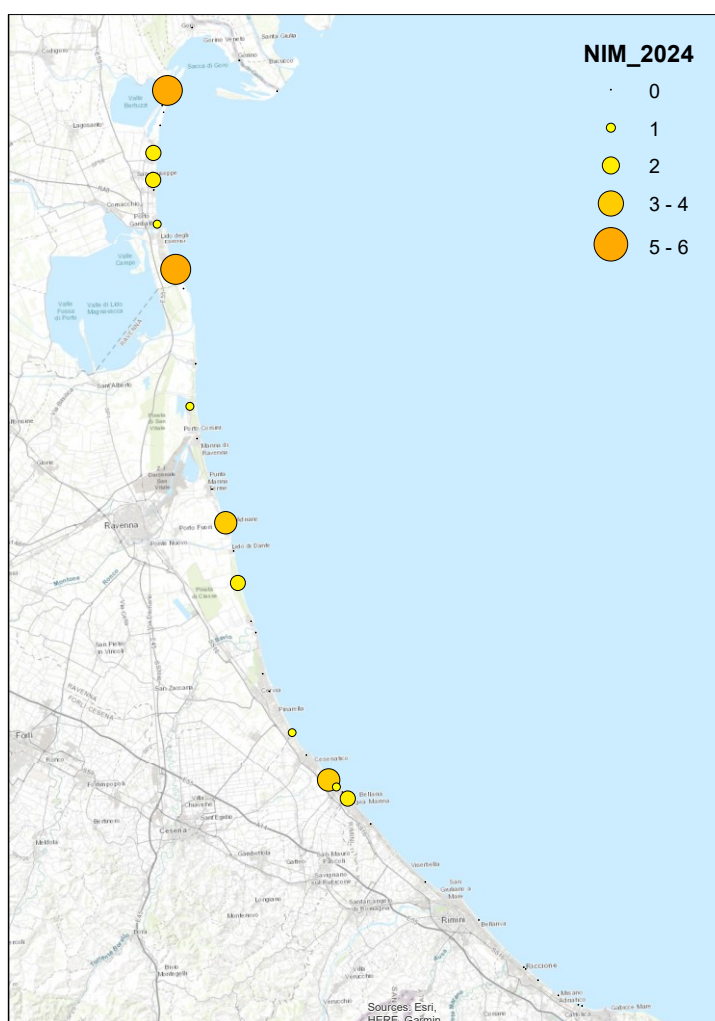


- Limitati episodi di ingressione marina, in particolare nel settore cesenate (Valverde) e nel ferrarese (Lido di Pomposa e Porto Garibaldi);
- Limitati danni agli stabilimenti balneare con la mareggiata del 17-18 settembre a Lido Adriano e Valverde;
- Ingenti accumuli di materiale (vegetale e inerti) lungo i litorali con conseguente impatto alle infrastrutture balneari. Questa categoria non rientra in quelle normalmente censite ai fini dell'analisi statistica.

L'analisi della frequenza degli impatti si avvale di un indicatore, denominato **NIM**, che rappresenta il **Numero** totale degli **Impatti** da **Mareggiata** registrati nelle località costiere maggiormente critiche. Questo numero è spesso superiore uno per ciascun evento. Tale indicatore rappresenta la somma totale delle diverse tipologie di impatto rilevate durante i vari eventi, con riferimento alle seguenti categorie:

- Erosione dei litorali e/o della duna
- Inondazione marina
- Tracimazione di Fiumi e Canali
- Danneggiamento Opere di difesa (anche temporanee)
- Danneggiamento delle strutture balneari

Si riportano in Figura 3 i risultati per l'indicatore NIM relativi all'anno 2024.

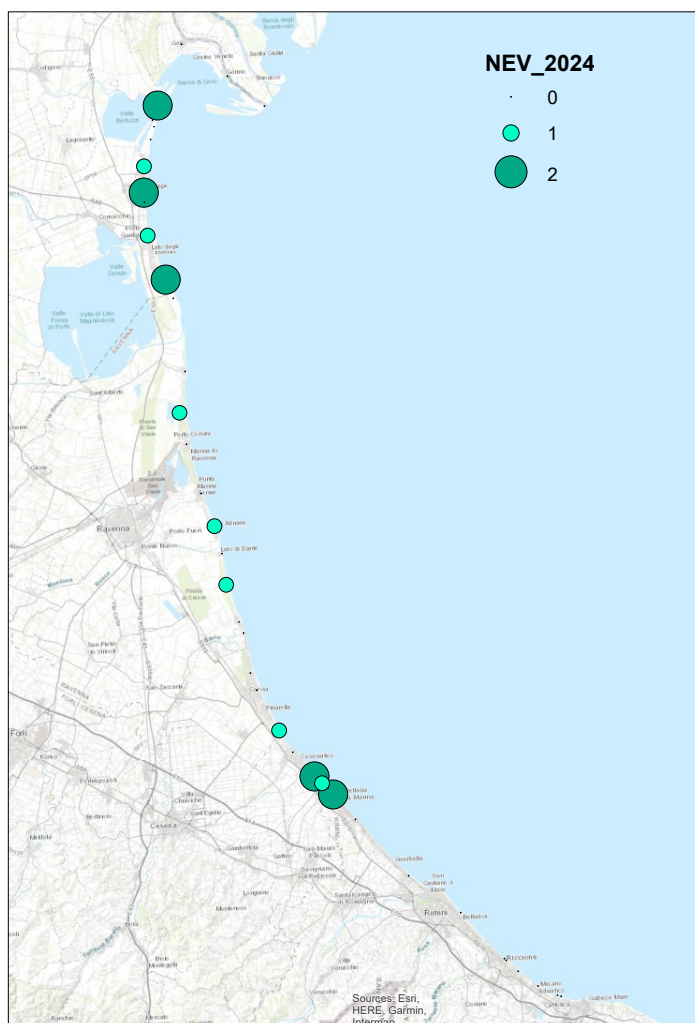


LOCALITÀ	NIM
LIDO DI VOLANO	6
SPIAGGIA ROMEA/ZONA PENNELLI	0
PINETA VOLANO	0
BOCCA DEL BIANCO	0
LIDO DELLE NAZIONI	2
LIDO DI POMPOSA	2
LIDO DEGLI SCACCHI	0
PORTO GARIBALDI	1
LIDO DI SPINA SUD	6
CASALBORSETTI	0
MARINA ROMEA	1
MARINA DI RAVENNA	0
PUNTA MARINA	0
LIDO ADRIANO	3
LIDO DI DANTE	0
FOCE BEVANO	2
LIDO DI CLASSE	0
LIDO DI SAVIO	0
MILANO MARITTIMA	0
CERVIA	0
PONENTE-ZADINA	1
CESENATICO	0
VALVERDE	4
VILLAMARINA	1
SAVIGNANO-S.MAURO	2
BELLARIA-IGEA MARINA	0
RICCIONE SUD	0
MISANO NORD	0
FARO DI GORO	0
GORO	0
VENE BELLOCCHIO	0
RIMINI NORD	0
CATTOLICA	0
PORTOVERDE*	0
RICCIONE ALBA*	0
RIMINI SUD *	0
GATTEO MARE*	0
GORINO PORTO*	0
RICCIONE PORTO CANALE*	0

Figura 3: Distribuzione numero impatti da mareggiata (NIM) anno 2024

L'indicatore NIM (numero di impatti da mareggiata) viene confrontato con il **Numero degli Eventi (NEv)**, che rappresenta gli eventi che, nello stesso intervallo temporale, hanno causato almeno una tipologia di impatto. La differenza tra i due indicatori indica quanto, in ciascuna località, siano multipli, e quindi ricorrenti, gli impatti. Si può osservare che, nell'anno considerato, le diverse località sono state colpite al massimo da due eventi di mareggiata. In Figura 4 sono illustrati i risultati per l'indicatore NEv relativi all'anno 2024.

Nei paragrafi successivi sono dettagliate le tendenze e dei due indicatori per gli intervalli temporali di riferimento.



LOCALITÀ	NEv
LIDO DI VOLANO	2
SPIAGGIA ROMEA/ZONA PENNELLI	0
PINETA VOLANO	0
BOCCA DEL BIANCO	0
LIDO DELLE NAZIONI	1
LIDO DI POMPOSA	2
LIDO DEGLI SCACCHI	0
PORTO GARIBALDI	1
LIDO DI SPINA SUD	2
CASALBORSETTI	0
MARINA ROMEA	1
MARINA DI RAVENNA	0
PUNTA MARINA	0
LIDO ADRIANO	1
LIDO DI DANTE	0
FOCE BEVANO	1
LIDO DI CLASSE	0
LIDO DI SAVIO	0
MILANO MARITTIMA	0
CERVIA	0
PONENTE-ZADINA	1
CESENATICO	0
VALVERDE	2
VILLAMARINA	1
SAVIGNANO-S.MAURO	2
BELLARIA-IGEA MARINA	0
RICCIONE SUD	0
MISANO NORD	0
FARO DI GORO	0
GORO	0
VENE BELLOCCHIO	0
RIMINI NORD	0
CATTOLICA	0
PORTOVERDE*	0
RICCIONE ALBA*	0
RIMINI SUD *	0
GATTEO MARE*	0
GORINO PORTO*	0
RICCIONE PORTO CANALE*	0

Figura 4: Distribuzione numero di eventi con impatto (NEv) anno 2024

### 3. Analisi dati e aggiornamento del catalogo

Di seguito sono presentati i dati sintetici relativi alle mareggiate con impatto e agli eventi contenuti nel DB *in\_Storm*, relativamente ai seguenti intervalli temporali:

- Periodo 2007-2024: corrisponde al periodo di funzionamento della boa ondometrica regionale Nausicaa, sostituita a dicembre 2022 da Nausicaa 2. Per questo intervallo viene fornito un aggiornamento delle sole mareggiate con impatto;
- Periodo 2011-2024: attivazione del DB *in\_Storm*; in questo paragrafo si analizzano anche le mareggiate senza impatto ma caratterizzate dal superamento delle soglie di attenzione;
- Periodo 1946-2024: aggiornamento dei dati del catalogo mareggiate.

#### 3.4. Le mareggiate nel periodo 2007 - 2024

L'analisi è stata sviluppata integrando i dati del citato lavoro *'Le Mareggiate e gli Impatti sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946 – 2010'*, per il periodo 2007-2010, con i nuovi dati raccolti nel DB *in\_Storm* a partire dal 2011.

Nell'intervallo 2007-2024, il numero totale delle mareggiate che hanno causato impatti sulla costa è stato di 81, distribuite prevalentemente nei mesi di dicembre, novembre, maggio, febbraio e marzo (Figura 5).

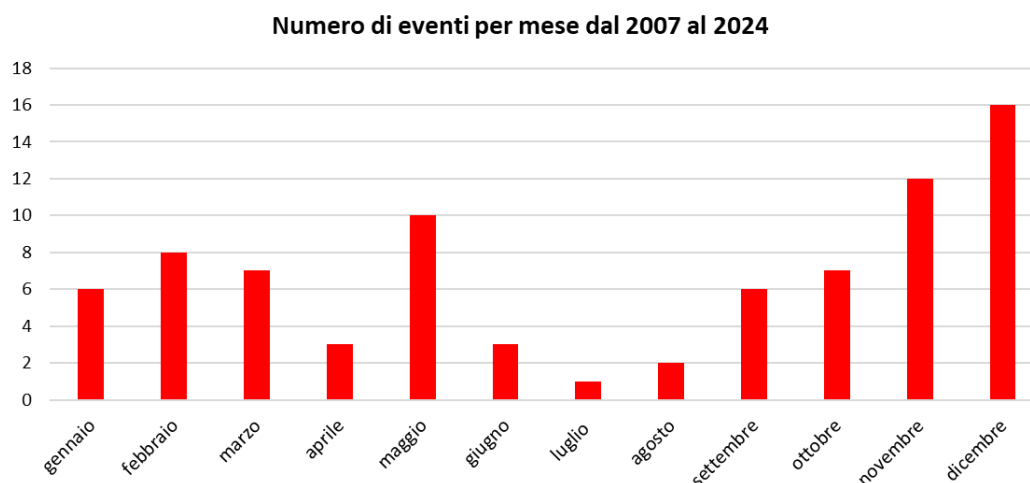


Figura 5: Distribuzione mensile delle mareggiate con impatto - periodo 2007-2024.

Come è possibile osservare dal grafico di Figura 6, che illustra l'analisi dell'indicatore NIM (Numero totale degli Impatti da Mareggiata), relativo al periodo 2007-2024, le località che hanno registrato il maggior numero di impatti sono, in ordine, le seguenti: Lido di Volano (con 81 segnalazioni), seguito da Valverde e Lido di Spina sud (71).

**Indicatore NIM (Numero di Impatti totali da Mareggiata) periodo 2007-2024**

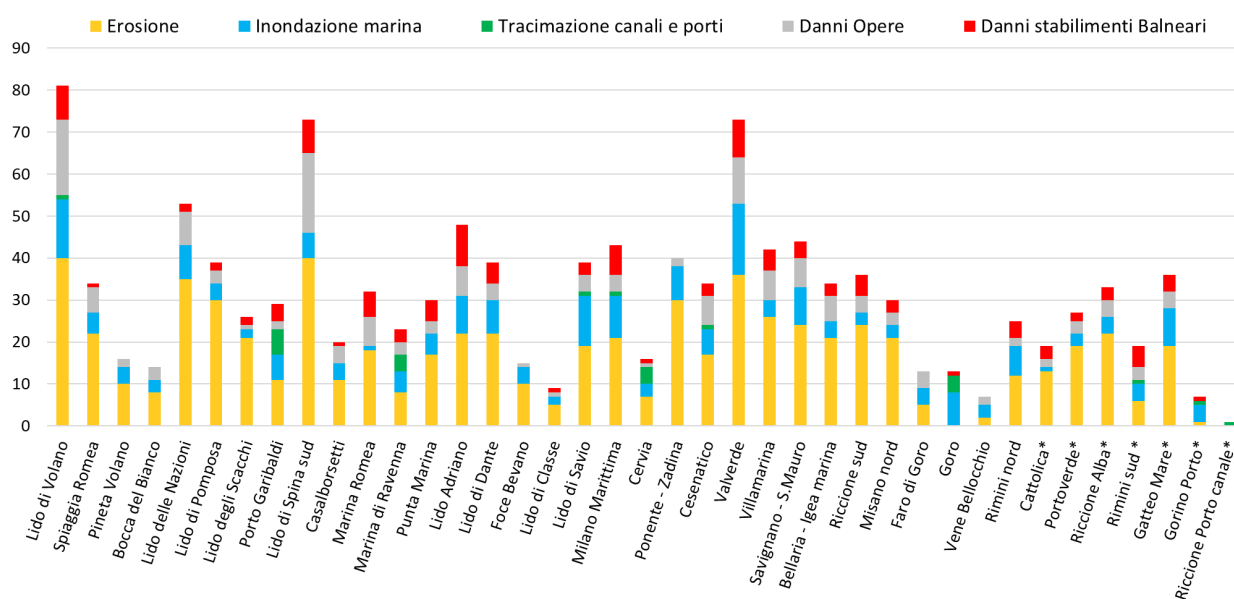


Figura 6: Distribuzione dell'indicatore NIM per località - periodo 2007 - 2024

In generale, prevale il fenomeno erosivo, che, come si osserva in Figura 7, rappresenta il 56% degli impatti totali. Il fenomeno dell'inondazione marina, che costituisce il 18% delle tipologie di impatto è particolarmente dannoso per i beni esposti. Seguono gli impatti alle opere di difesa e alle infrastrutture balneari, rispettivamente con il 14 e 10% del totale dei danni. Gli impatti legati alle tracimazioni di fiumi e canali, in occorrenza con fenomeni di 'storm surges', sono limitati a poche località della costa e rappresentano il 2% del totale.

**Tipologie di impatto 2007-2024**

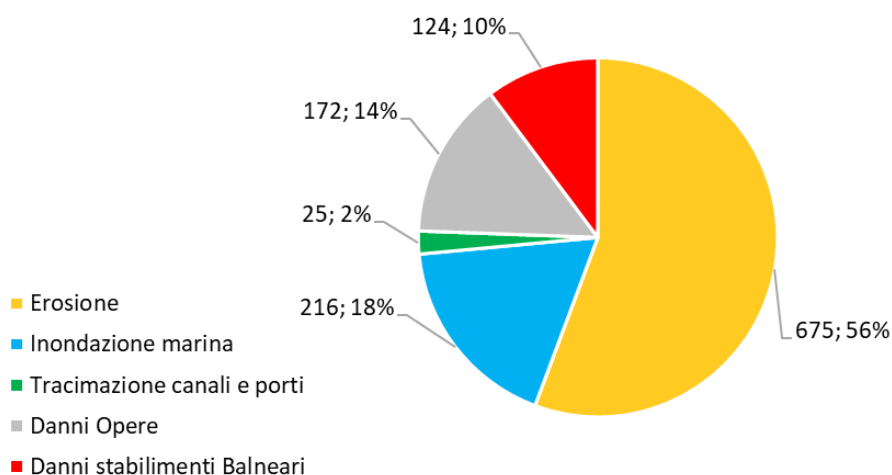


Figura 7: Frequenza e percentuale classi di impatto - periodo 2007-2024.

Nella Figura 8 l'indicatore NIM (numero di impatti da mareggiata) è messo a confronto con il Numero degli Eventi (NEv) che, nello stesso intervallo temporale 2007-2024, hanno prodotto qualche tipologia di impatto. Lido di Volano, ad esempio, è il sito che registra il maggior numero di impatti (81), a fronte di 43 mareggiate con impatto. Oltre al fenomeno erosivo, qui si verificano spesso fenomeni di inondazione, danni alle opere di difesa e agli stabilimenti balneari.

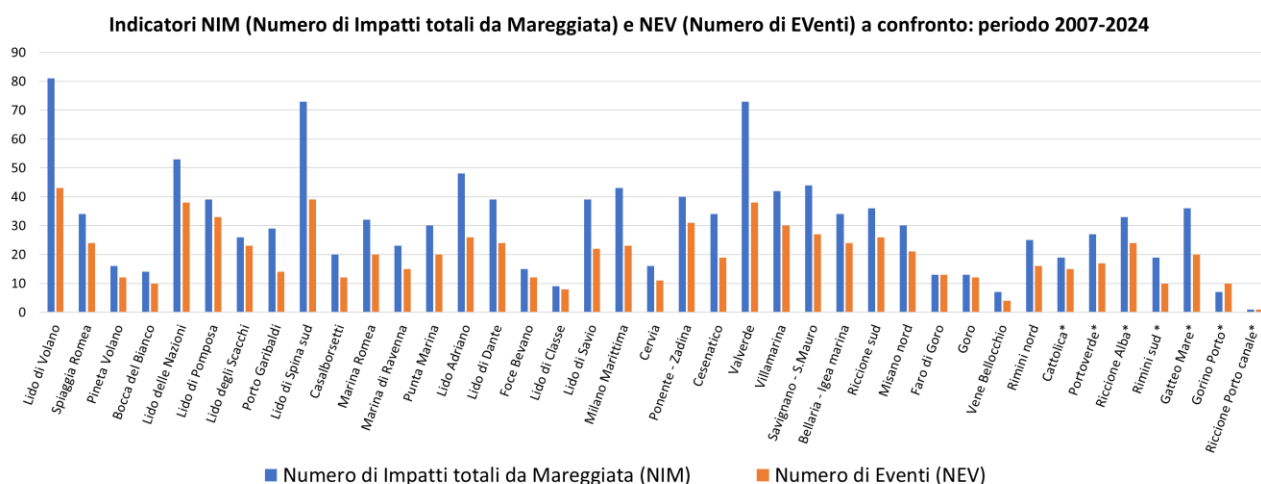


Figura 8: Confronto tra Mareggiate con impatto NEV e NIM totali - periodo 2007-2024

### 3.5. Le mareggiate nel periodo 2011 - 2024

Con riferimento ai dati delle mareggiate, si osserva che il numero totale degli eventi che hanno prodotto impatti e/o superamenti di soglia per l'intervallo temporale 2011-2024 è pari a **119**. Come si evince dal grafico di Figura 9, il mese con la massima frequenza degli eventi è novembre (27 eventi), che risulta anche il mese con il maggior numero di mareggiate con impatto (11). Seguono i mesi di febbraio e dicembre (16), con rispettivamente 7 e 10 eventi che hanno prodotto impatto nel periodo 2011 - 2024.

#### Distribuzione mensile delle mareggiate registrate: periodo 2011 - 2024

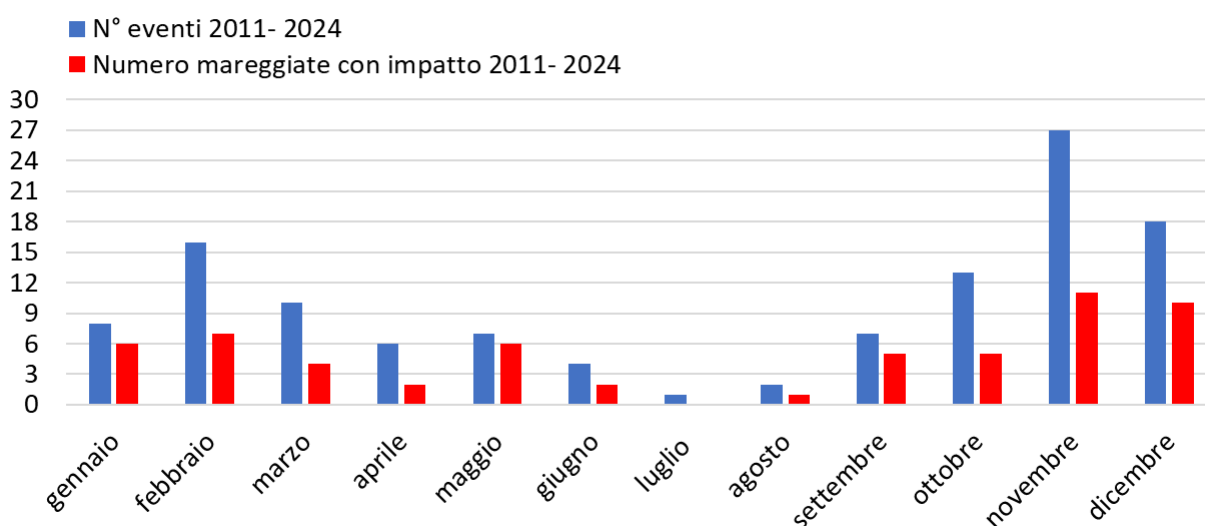


Figura 9: Distribuzione mensile delle mareggiate periodo 2011-2024

Dei 119 eventi registrati, 89 sono stati caratterizzati da superamento di almeno una delle soglie meteomarine utilizzate ai fini dell'allertamento, mentre 13 sono stati eventi sottosoglia ma con impatto.

Per quanto riguarda al Numero d Mareggiate con Impatto (NEV), da gennaio 2011 a dicembre 2024 sono stati conteggiati 59 eventi.



L'entità degli eventi, tuttavia, è molto variabile: quelli che interessano tutta la costa regionale e/o che hanno generato più tipologie di impatto sono infatti limitati. Inoltre, è stata osservata una ricorrenza di mareggiate con impatto in alcune località, come Lido di Volano e Lido di Spina nel ferrarese e Valverde in Romagna (Figura 10), dove l'indicatore NIM raggiunge valori anche di un ordine di grandezza superiore rispetto ad alcune altre.

Va sottolineato che i dati relativi agli impatti diventano via via più affidabili con il perfezionamento del modello di catalogazione, in particolare dal 2010, quando sono state definite le categorie di classificazione degli impatti.

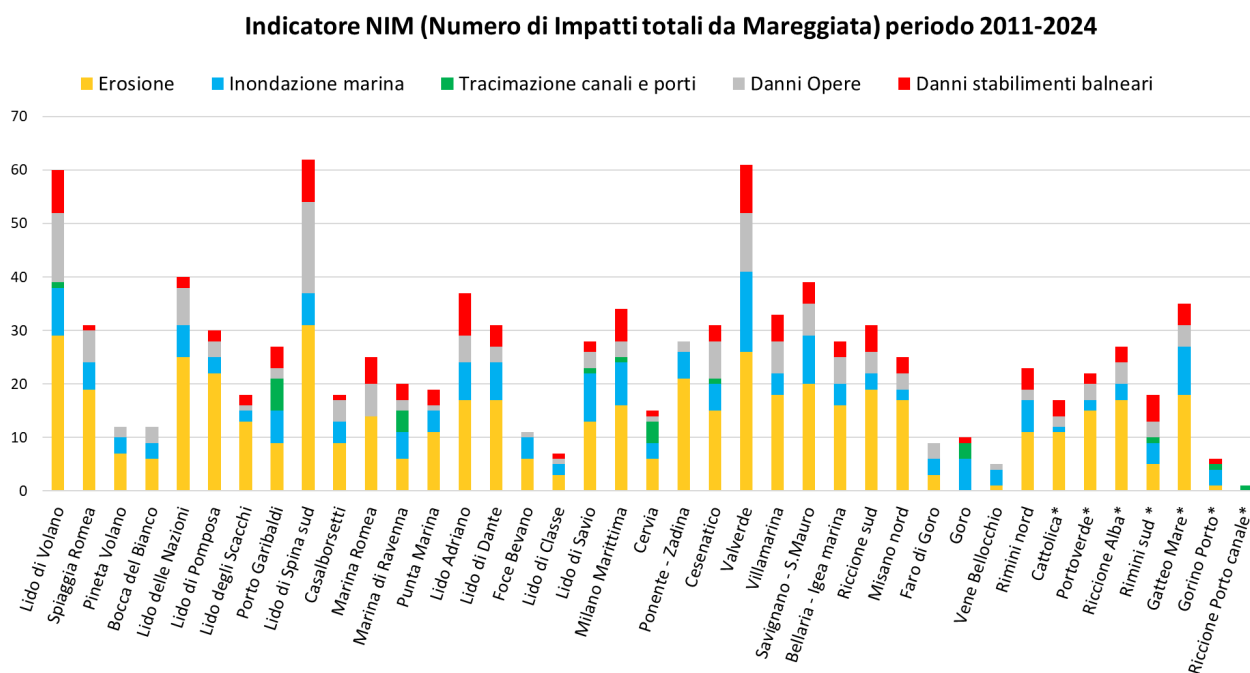


Figura 10: Distribuzione dell'indicatore NIM e tipologie di impatto per località - periodo 2011-2024.

Come evidente dal grafico di Figura 11 il fenomeno erosivo continua ad essere nettamente il più diffuso (513 segnalazioni), seguito dai seguenti fenomeni:

- inondazione di stabilimenti e/o retrospiaggia (183 segnalazioni)
- danni alle opere di difesa, che includono anche i danni alle opere temporanee, tipo dune invernali (150 segnalazioni)
- danni agli stabilimenti balneari (116 segnalazioni)
- tracimazione di canali e porto-canali (24 segnalazioni).

### Tipologie di impatto 2011 - 2024

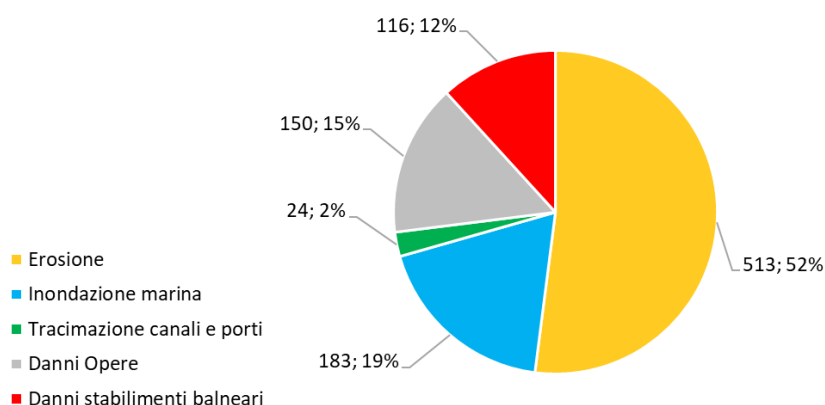


Figura 11: Frequenza e percentuale classi di impatto - periodo 2011-2024.

Per quanto riguarda gli aspetti climatologici degli eventi con impatto, nel database in\_Storm vengono registrate le direzioni del vento e delle onde che caratterizzano i vari eventi.

Si tratta di dati non sempre facili da sintetizzare, poiché la maggior parte degli eventi è pluridirezionale nel corso del loro sviluppo. Inoltre, spesso si osserva che i dati sulla direzione dell'onda registrati alla Boa Nausicaa differiscano anche sensibilmente dalla direzione del vento, a causa della rifrazione delle onde, alla posizione/profondità di ancoraggio della boa (comunicazione Arpae). L'analisi della direzione degli eventi richiede pertanto di ulteriori approfondimenti, e dovrebbe essere definito un criterio univoco per attribuire la direzione corretta.

Come si evince dal grafico di Figura 12, tuttavia, risulta chiaro che il numero maggiore degli eventi che hanno generato danni sulla costa proviene principalmente da mareggiate del I quadrante, in particolare quelle ENE e NE, sia in assenza che associate a fenomeni di acqua alta. Le mareggiate più numerose sono, invece, quelle provenienti da Est, come risulta dalla rianalisi effettuata sui dati Nausica 2008-2023 da Arpae (Rapporto IdroMeteoClima Emilia-Romagna 2023).

### Condizioni climatiche degli eventi con impatto

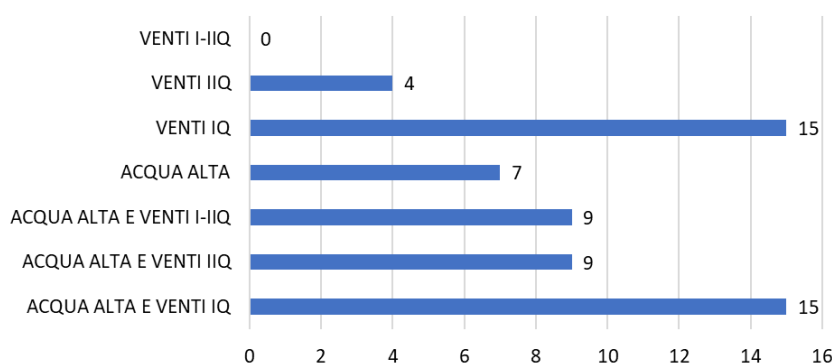


Figura 12: Caratteristiche delle mareggiate con impatto 2011-2024.

Nel grafico di Figura 13, infine, sono riportati i massimi valori di livello del mare registrati nel periodo alla stazione mareografica di Porto Garibaldi, che, dal 2011 è quella con la serie regionale più continua. L'anno che ha avuto il maggior numero di eventi che hanno superato la soglia di marea 0.8 m è stato il 2013, con 9 eventi.

Per quanto riguarda l'anno 2024, il valore massimo della stazione Porto Garibaldi è stato quello acquisito il giorno 8 dicembre, di 0.95 metri, sebbene non corrisponda al livello di marea più elevato registrato in regione. Il giorno 9 dicembre alle ore 8.30, infatti, il mareografo di Cervia ha acquisito un valore di 1,09 m. Quest'ultimo mareografo, insieme a quello di Cattolica, è stato installato nel 2023 da Arpae; entrambi sono dotati del solo sensore radar.

Per visualizzare l'intera rete meteo-marina si può consultare la pagina:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/mare/dati-e-indicatori/rete-di-monitoraggio-meteo-marina>

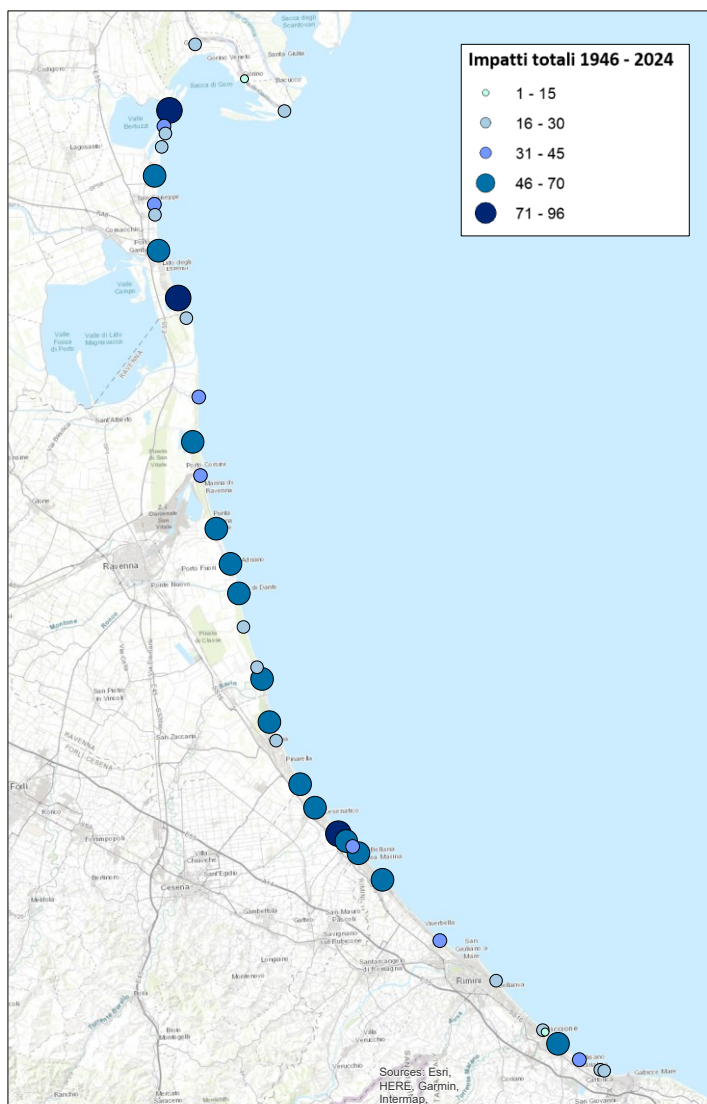


Figura 13: Massimo livello del mare periodo 2011-2024

### 3.6. Le mareggiate nel periodo 1946 - 2024

Sono state aggiornate al 2024 le principali informazioni del catalogo “Le Mareggiate e gli Impatti sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946 – 2010”.

In Figura 14 sono riportate le località della costa regionale in cui risultano ricorrenti gli eventi di mareggiata e i due principali indicatori NIM (Numero impatti da mareggiata) e NEv (Numero degli eventi che hanno prodotto impatto).



Indicatori NIM (Numero di Impatti totali da Mareggiata) e NEV (Numero di Eventi con Impatto) a confronto: periodo 1946-2024

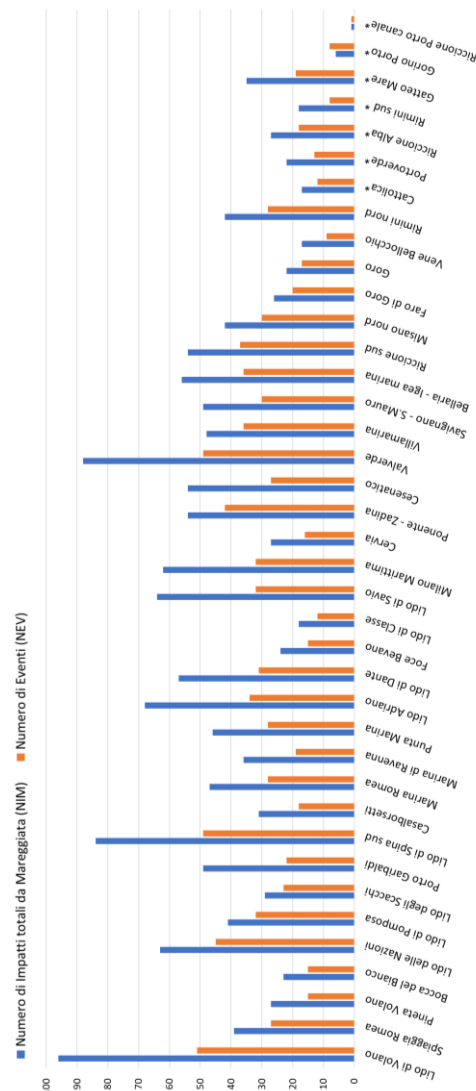


Figura 14: Distribuzione e numero impatti da mareggiata 1946-2024.

Le località più critiche si confermano: Lido di Volano (NIM 96 e NEV 51), Lido di Spina sud (NIM 84 e NEV 49), Valverde (NIM 88 e NEV 49), Lido delle Nazioni (NIM 63 e NEV 45), e Ponente – Zadina (NIM 54 e NEV 42) che registrano tutte oltre 40 eventi con impatto.

Osservando la distribuzione e la frequenza delle diverse tipologie di impatto per località, come illustrato in Figura 15 e Figura 16, si nota che, anche nel lungo periodo, prevalgono le segnalazioni relative al fenomeno erosivo (832 segnalazioni), seguito dall'inondazione (321 segnalazioni), dai danni alle opere di difesa (207 segnalazioni), dai danni agli stabilimenti balneari (194 segnalazioni) e, infine, dalla tracimazione di canali/aree a pertinenza portuale (55 segnalazioni).

### Indicatore NIM (Numero di Impatti totali da Mareggiata) periodo 1946-2024

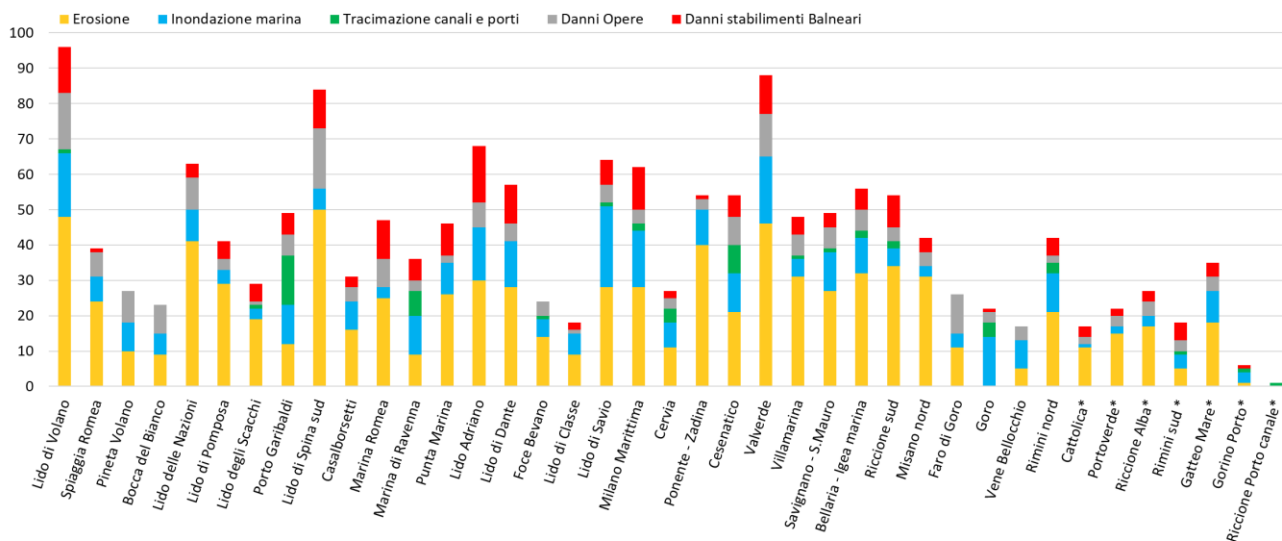


Figura 15: Distribuzione dell'indicatore NIM e tipologia di impatto per località - periodo 1946-2024.

### Tipologie di impatto 1946-2024

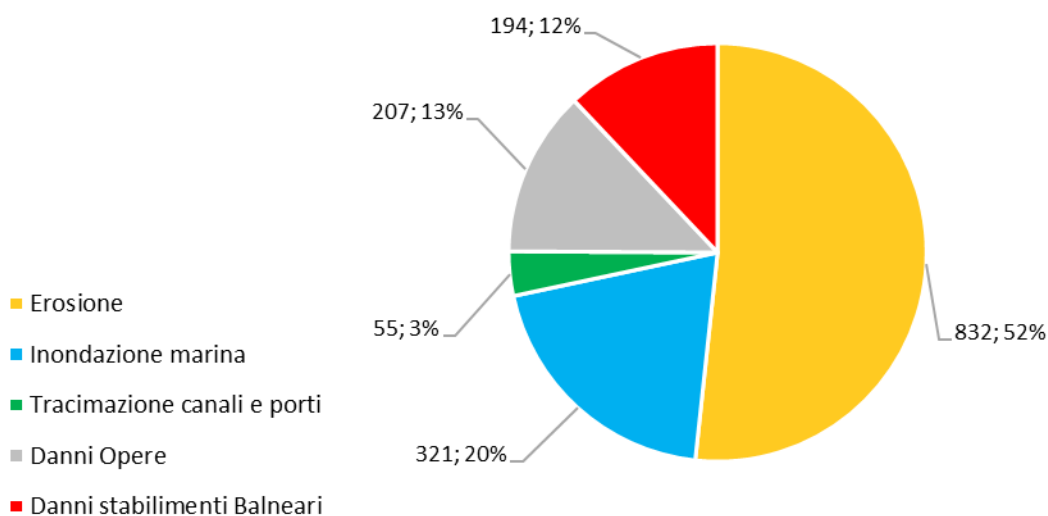


Figura 16: Frequenza e percentuale classi di impatto - periodo 1946-2024



## 4. Conclusioni

Il presente rapporto tecnico fornisce l'aggiornamento annuale delle analisi relative alle mareggiate che causano impatti lungo le coste dell'Emilia-Romagna.

Il 2024 non è stato un anno particolarmente critico per gli effetti delle mareggiate: l'unico evento significativo a livello regionale è stato quello del 8-10 dicembre, che ha provocato alcuni danni alle opere di difesa rigide e fenomeni di erosione delle spiagge e delle dune di protezione invernale, soprattutto nei tratti centro-settentrionali della costa.

L'anno 2024, inoltre, ha registrato un numero di episodi di *storm surge* (acqua alta) inferiore rispetto ai precedenti 5 anni ( Figura 17). Tuttavia, non bisogna abbassare la guardia riguardo a questa problematica e all'esigenza di effettuare ulteriori approfondimenti, come sottolineato nel rapporto 2023.

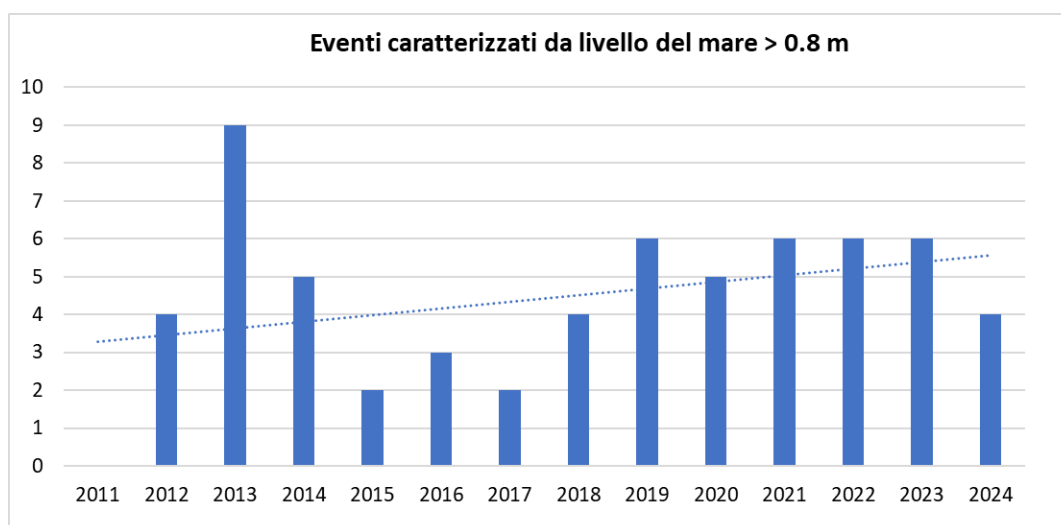


Figura 17: Grafico eventi di mareggiata caratterizzati da superamento di soglia l.m.

Dal punto di vista delle località colpite, si conferma quanto descritto nei rapporti precedenti, ovvero il costante aumento degli impatti a Lido di Spina Sud e nel tratto tra Lido di Pomposa e Lido di Volano. In questi settori, le morfologie costiere stanno subendo una forte regressione a causa del deficit sedimentario a cui è sottoposto l'intero settore costiero, particolarmente dai primi anni 2000, quando è venuta a mancare la fonte di alimentazione costituita dallo *spit* sviluppato alla foce del Fiume Reno. Restano comunque da monitorare con attenzione le località della fascia centrale della regione, nel ravennate e nella provincia di Forlì - Cesena, che mostrano forti criticità in occasione degli eventi più significativi, particolarmente quelli con l.m. > 1 metro.

Anche le analisi più recenti confermano che le mareggiate con impatto sono spesso caratterizzate dal fenomeno dell'acqua alta, come già emerso nel volume *'Le Mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna, 1946-2010'* (a cura di Perini et al., 2011) e come sottolineato nel rapporto *'Mareggiate e impatti sulla costa - aggiornamento dei dati al 2020, degli indicatori e analisi delle tendenze'*

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa/mareggiate-analisi-dati>

## 5. Riferimenti bibliografici utili

- Armaroli, C., Ciavola, P., Perini, L., Calabrese, L., Lorito, S., Valentini, A., & Masina, M., 2012. Critical storm thresholds for significant morphological changes and damage along the Emilia-Romagna coastline, Italy. *Geomorphology* 143-144, 34-51. doi: 10.1016/j.geomorph.2011.09.006
- Arpae 2023: Rapporto idro-meteo-clima 2023; <https://www.arpae.it/it/notizie/rapporto-idro-meteo-clima-2023-online-il-video-riepilogativo>
- Ciavola P., Armaroli C., Chiggiato J., Valentini A., Deserti M. Perini L. & Luciani P. (2007) - Impact of storms along the coastline of Emilia-Romagna: the morphological signature on the Ravenna coastline (Italy). (1.83 MB) *Journal of Coastal Research*, SI 50, pp. 540-544
- Decouttere C., De Baker K, Monbaliu J. & Berlamont J. 1997. Storm wave simulation in the Adriatic Sea. In CENAS, Kluwer Academic (ed.), Dordrecht, The Netherlands: pp. 189-210.
- Perini, L., Calabrese, L., Deserti, L. M., Valentini, A., Ciavola, P., & Armaroli, C., 2011. *Le Mareggiate E Gli Impatti Sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946–2010*. Bologna: I Quaderni di ARPA – Regione Emilia-Romagna.
- Perini L., Calabrese L, Lorito S., Luciani P. (2015). Il Rischio da mareggiata in Emilia-Romagna: l'evento del 5-6 Febbraio 2015. *Il Geologo* Volume n. 53 p. 8-17.
- Perini L., Calabrese L, e Luciani P. (2019). Altimetria e pericolosità all'inondazione marina. *Ecoscienza* numero 5 anno 2019
- Valentini A. 2016, Review of Climate change impacts on sea storm occurrence. Report progetto Life Primes. Azione A1.
- Idroser S.p.A. (1996) - Progetto di piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della regione Emilia-Romagna. Relazione Generale. Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp. 16-43.
- Masina, M. and Ciavola, P. (2011) Analisi dei livelli marini estremi e delle acque alte lungo il litorale ravennate, *Studi Costieri*, 18, 87–101.
- Perini L.& Calabrese L. (2010) – Le dune costiere dell'Emilia-Romagna: strumenti di analisi, cartografia ed evoluzione. *Studi Costieri*, 17, 71-84.
- Perini, L. e Calabrese, L. (a cura di) (2010) - Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna; Bologna: Pendragon. Monografie ISBN 978-888342847
- Perini, L., Calabrese, L., Deserti, L. M., Valentini, A., Ciavola, P., & Armaroli, C., 2011. *Le Mareggiate E Gli Impatti Sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946–2010*. Bologna: I Quaderni di ARPA – Regione Emilia-Romagna.
- Raicich, F., Orlić, M., Vilibić, I. and Malačić, V. (1999). A case study of the Adriatic seiches (December 1997). *Il Nuovo Cimento*, Vol. 22 C, N. 5, 715-726.
- Vilibić, I. (2000). A climatological study of the uninodal free oscillation in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 41(2), 89-102.