

# Le dinamiche evolutive delle coste e le criticità attuali

*Le banche dati e i quadri conoscitivi regionali*



*Dott. Geol. Luisa Perini*

Settore difesa del territorio - Area Geologia, Suoli e Sismica



# Argomenti trattati

- **Introduzione alle attività conoscitive per la gestione della costa**
- **Accenni alla geologia e geomorfologia dei litorali**
- **I rischi costieri: principali fenomeni e fattori influenti**
- **Possibili effetti legati ai cambiamenti climatici**
- **Indirizzi strategici di gestione della costa**
- **Gli interventi di difesa ‘tradizionali’ e ‘naturalistici’**



## per l'ambiente terrestre e costiero

## per l'ambiente marino

- Raccomandazione relativa all'attuazione della gestione integrata delle zone costiere in Europa (2002/413/CE)
- Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo (2008)
- Direttiva Alluvioni (2007/60/CE - d.lgs. 49/10)
- Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE - d.lgs. 152/06)
- Direttiva Acque di balneazione (2006/7/CE - d.lgs. 116/08)
- Direttive Habitat e Uccelli (92/43/EEC e 2009/147/CE e D.P.R. 120/2003)
- Strategia europea per una maggiore crescita e occupazione nel turismo costiero e marittimo (COM(2014)88)
- Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio (L.R. 24/2017)

- Convenzione delle Nazioni unite sul Diritto del Mare (UNCLOS 1982)
- Convenzione sulla Protezione del patrimonio culturale subaqueo (UNESCO 2001)
- Protocollo relativo alle Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo (Barcellona 1995)
- Politica Marittima Integrata (COM(2007)575 finale)
- Comunicazione delle EC relativa alla "Blue Growth" (COM(2012)484)
- Comunicazione delle EC relativa alla strategia Adriatico-Ionica EUSAIR (COM(2012)713final; COM(2014)357)
- Direttiva sulla pianificazione dello spazio marittimo (2014/89/EU - d.lgs. 201/2016)
- Politica Comune sulla Pesca (Reg.(EC) No 2371/2002)
- Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino (2008/56/CE - d.lgs. 190/10)
- Direttiva sulla Sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi (2013/30/EU e d.lgs.n. 145/2015)
- Politiche sui trasporti e la navigazione (COM(2009)10; COM(2013)295; Reg(EU)1315/2013)

- Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici (COM(2013) 216)
- Strategia sulla biodiversità fino al 2020 (COM(2011) 244)
- Strategia sulla bioeconomia (COM(2012)80)
- Direttiva sulla Promozione delle energie rinnovabili (2009/28/EC)
- Direttiva 2011/92/EU (VIA) e 2001/42/EC (VAS)
- Strategia Energetica Nazionale (SEN2017)

# Molteplici le norme - strategie e gli strumenti di pianificazione che riguardano la costa e il mare:

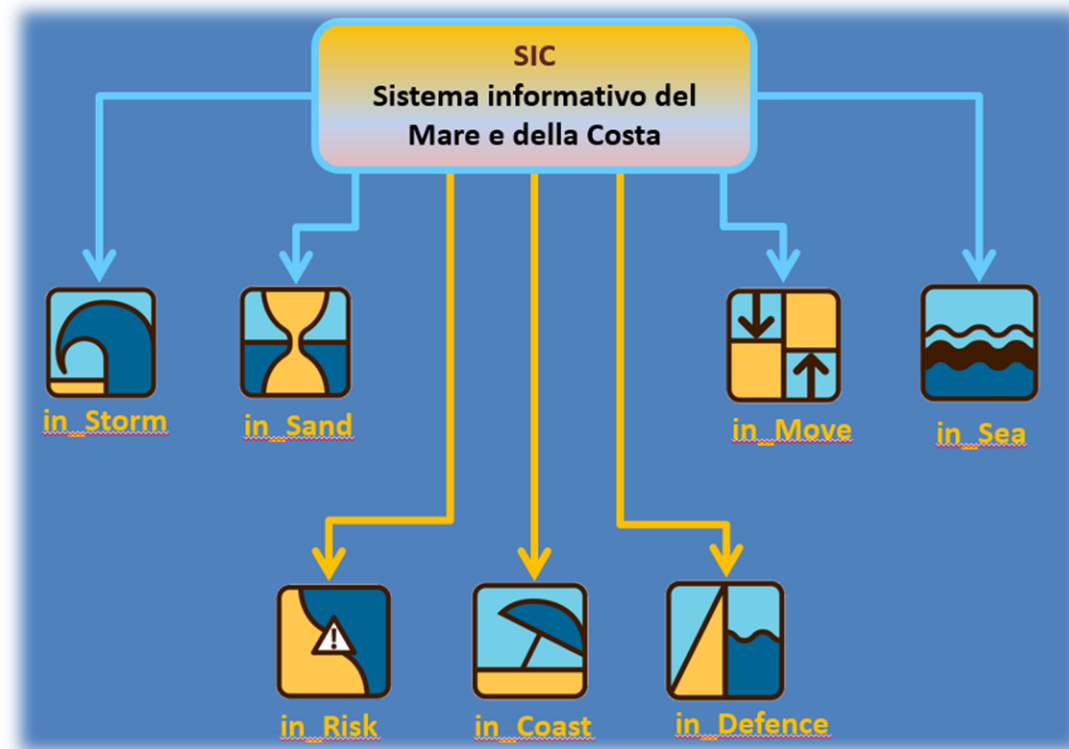
- *gestione integrata della fascia costiera;*
  - *direttive acque e alluvioni;*
  - *politica marittima integrata*
- *pianificazione dello spazio marittimo;*
- *strategia regionale di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*

# Dati e conoscenze per la gestione della costa

L'Area Geologia, Suoli e Sismica della Regione Emilia-Romagna è la struttura deputata a costruire e gestire le conoscenze necessarie alla pianificazione territoriale, alla progettazione degli interventi e alla gestione dei rischi naturali. Per fare questo, in ambito costiero, si è dotata del SISTEMA INFORMATIVO DEL MARE E DELLA COSTA (**SIC**), lo strumento di raccolta, gestione, elaborazione e analisi di dati sul sistema fisico mare-costa

## Supporta

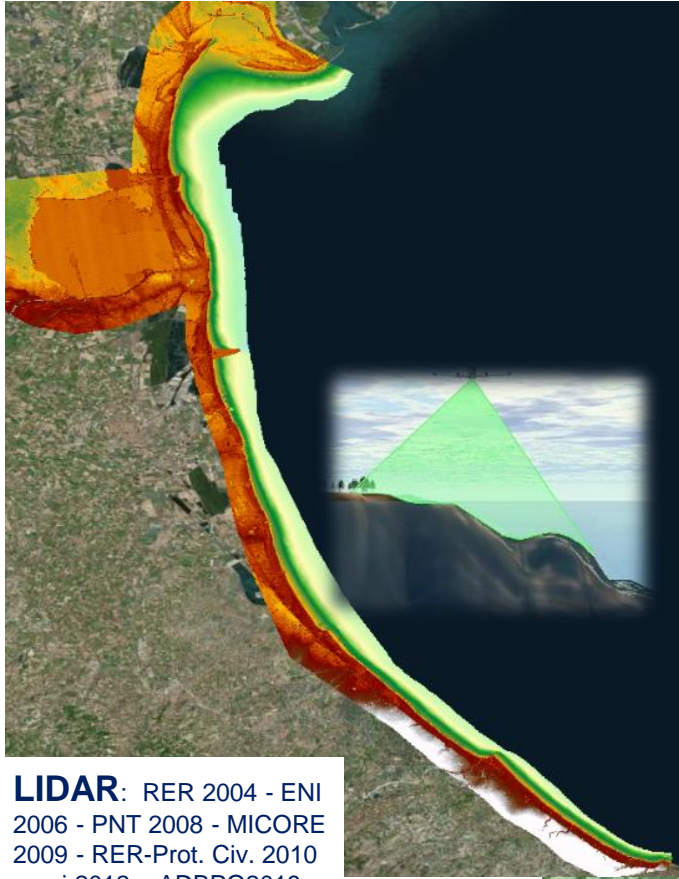
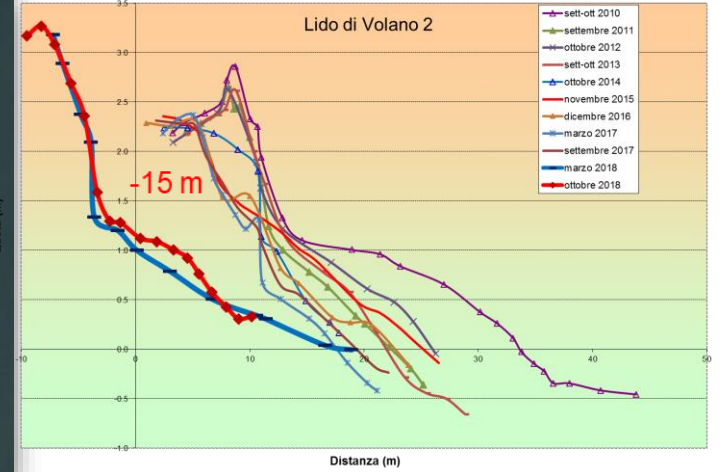
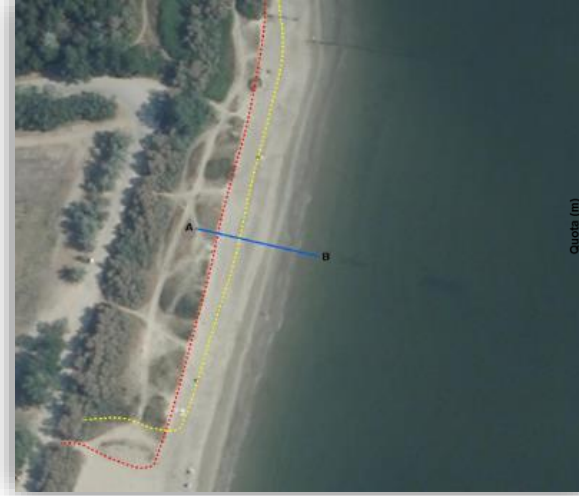
- le **DECISIONI** sulle politiche regionali, nazionali e le direttive europee elaborando i quadri conoscitivi e le cartografie per:
  - GIZC (Gestione Integrata zone costiere) /SRCC (Strategia Regionale sul Cambiamento Climatico)
  - DIR EU 2007/60- alluvioni (d.lgs. 49/2010) - PGRA e Misure: GIDAC
  - DIR EU 49/2014- pianificazione dello spazio marittimo (d.lgs. 201/2016)
- il **SISTEMA DI ALLERTAMENTO** regionale per lo sviluppo e miglioramento dell'allertamento COSTIERO da MAREGGIATA
- la progettazione regionale degli interventi – in particolare i **'PROGETTONI'** di ripascimento delle spiagge in erosione



<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa/banche-dati-settore-costiero>

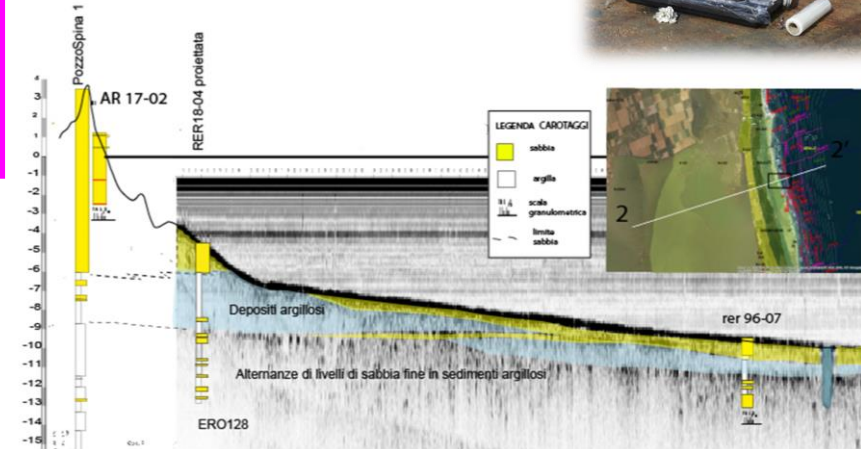
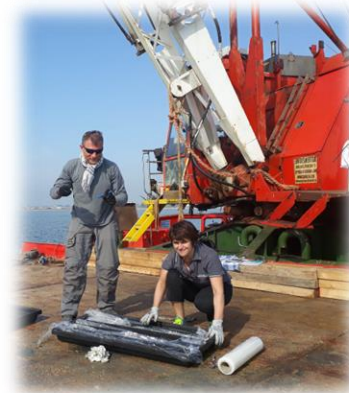
# INDAGINI E MONITORAGGI

Altimetrici; topo-batimetrici; subsidenza, compattazione; impatti mareggiate; acquiferi; indagini geologiche; ecc



Rilievi topo-batimetrici ogni 5-6 anni dal 1980: campagne ARPAe

Rilievi geofisici e sondaggi



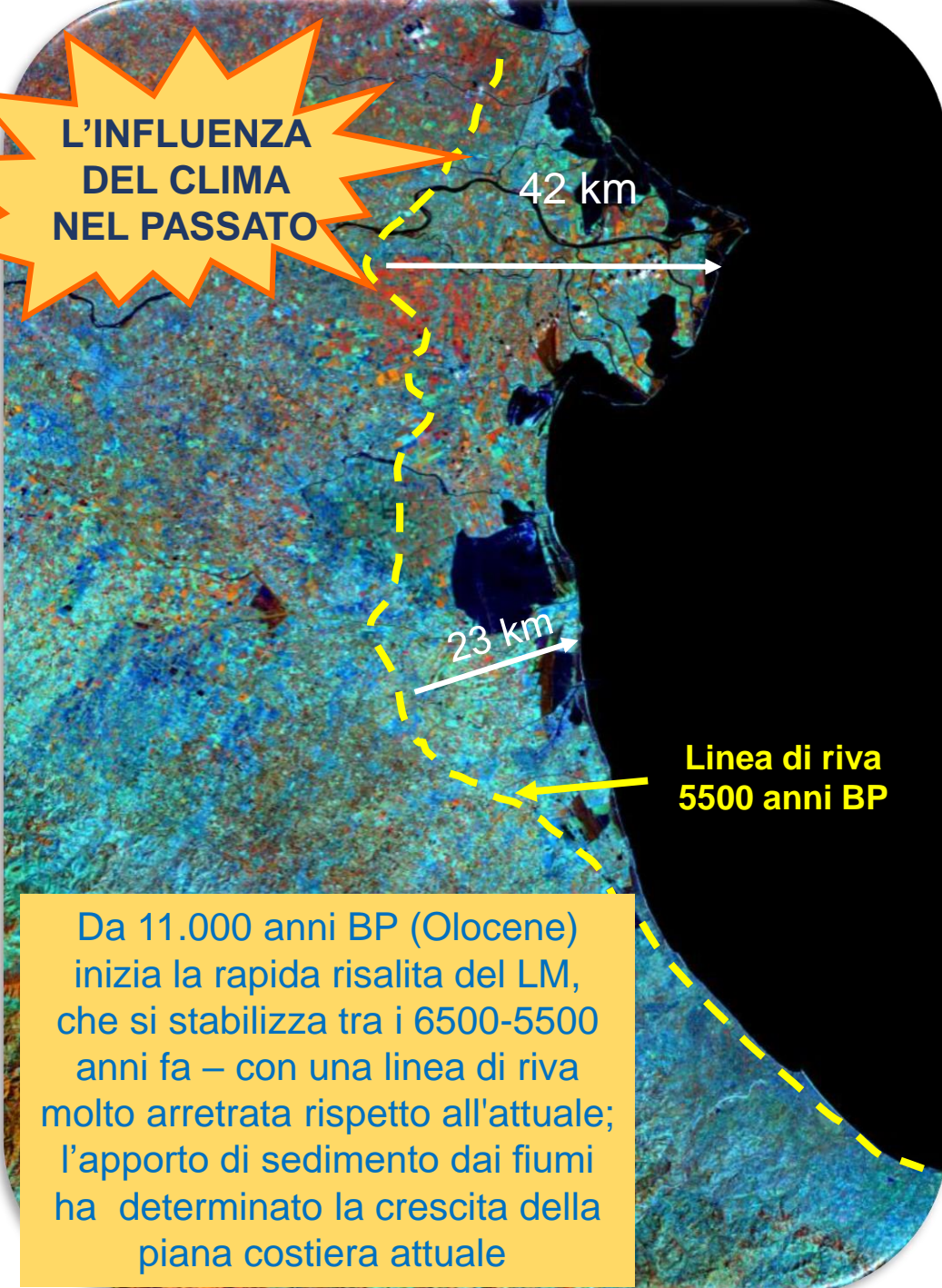
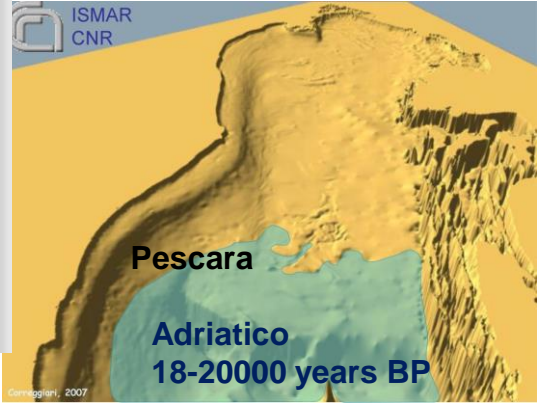
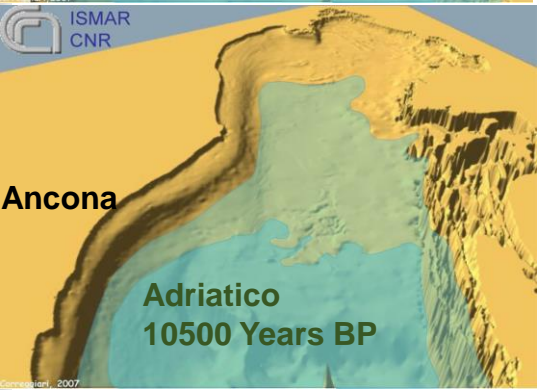
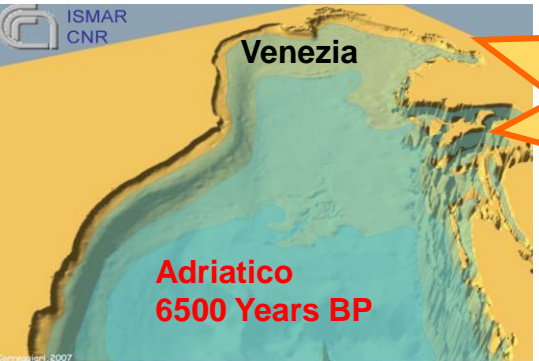
**LIDAR:** RER 2004 - ENI 2006 - PNT 2008 - MICORE 2009 - RER-Prot. Civ. 2010 - eni 2012 - ADBPO2019

# Storia geologica recente della costa

Durante l'ultimo acme glaciale (circa 18-22.000 anni BP), il LM è -120 m rispetto all'attuale, linea di costa all'altezza di Pescara



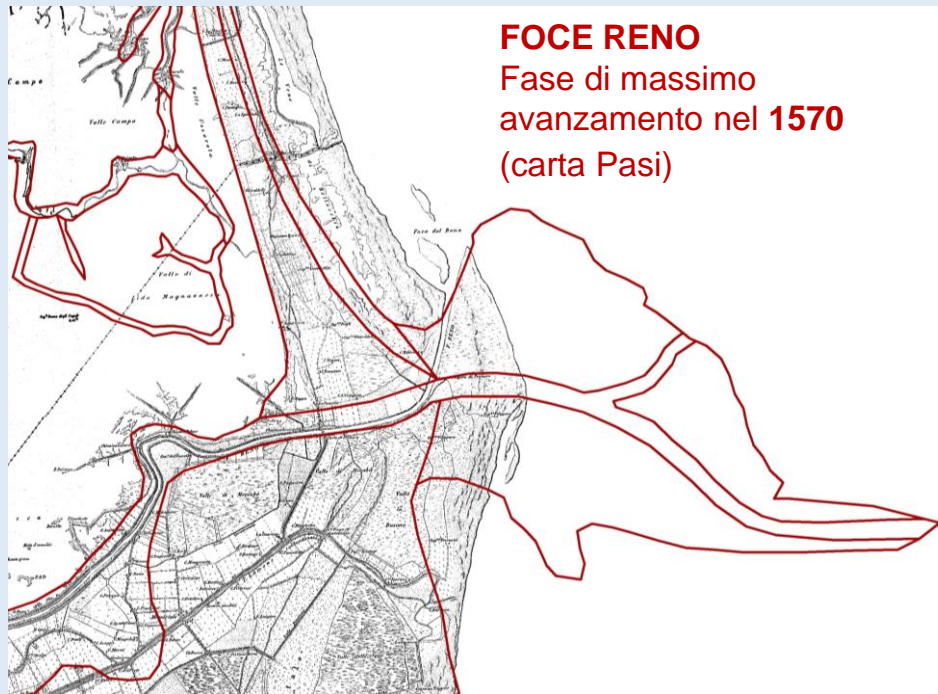
(Modificato da Amorosi, Maselli & Trincardi, 2017)



Da 11.000 anni BP (Olocene) inizia la rapida risalita del LM, che si stabilizza tra i 6500-5500 anni fa – con una linea di riva molto arretrata rispetto all'attuale; l'apporto di sedimento dai fiumi ha determinato la crescita della piana costiera attuale

**Cicli climatici di più breve periodo, anche molto recenti come la *Piccola età glaciale* (1300-1860 circa), hanno determinato la crescita e poi l'arretramento dei delta, che sono le zone più critiche degli ambienti costieri**

**L'INFLUENZA DEL CLIMA NEL PASSATO**



**FOCE RENO**  
Fase di massimo avanzamento nel **1570**  
(carta Pasi)



**1893**



**2018**



**FIUMI UNITI 1851**



**1893**

**crescita** →



**1943**

**smantellamento** →



**2008**



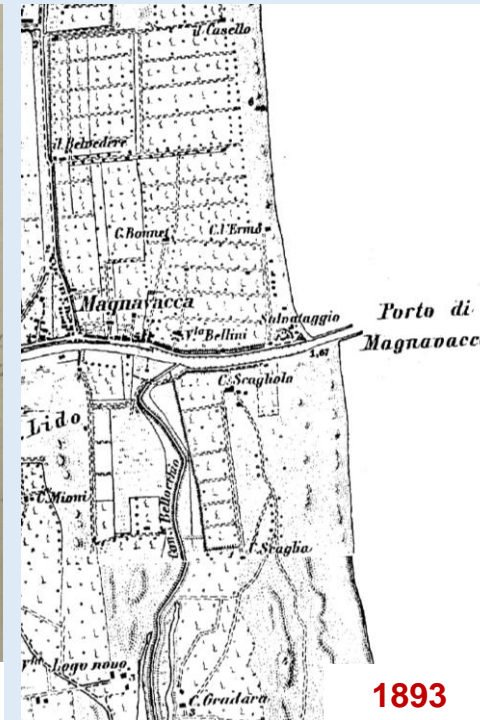
## L'IMPATTO ANTROPICO

Negli ultimi secoli

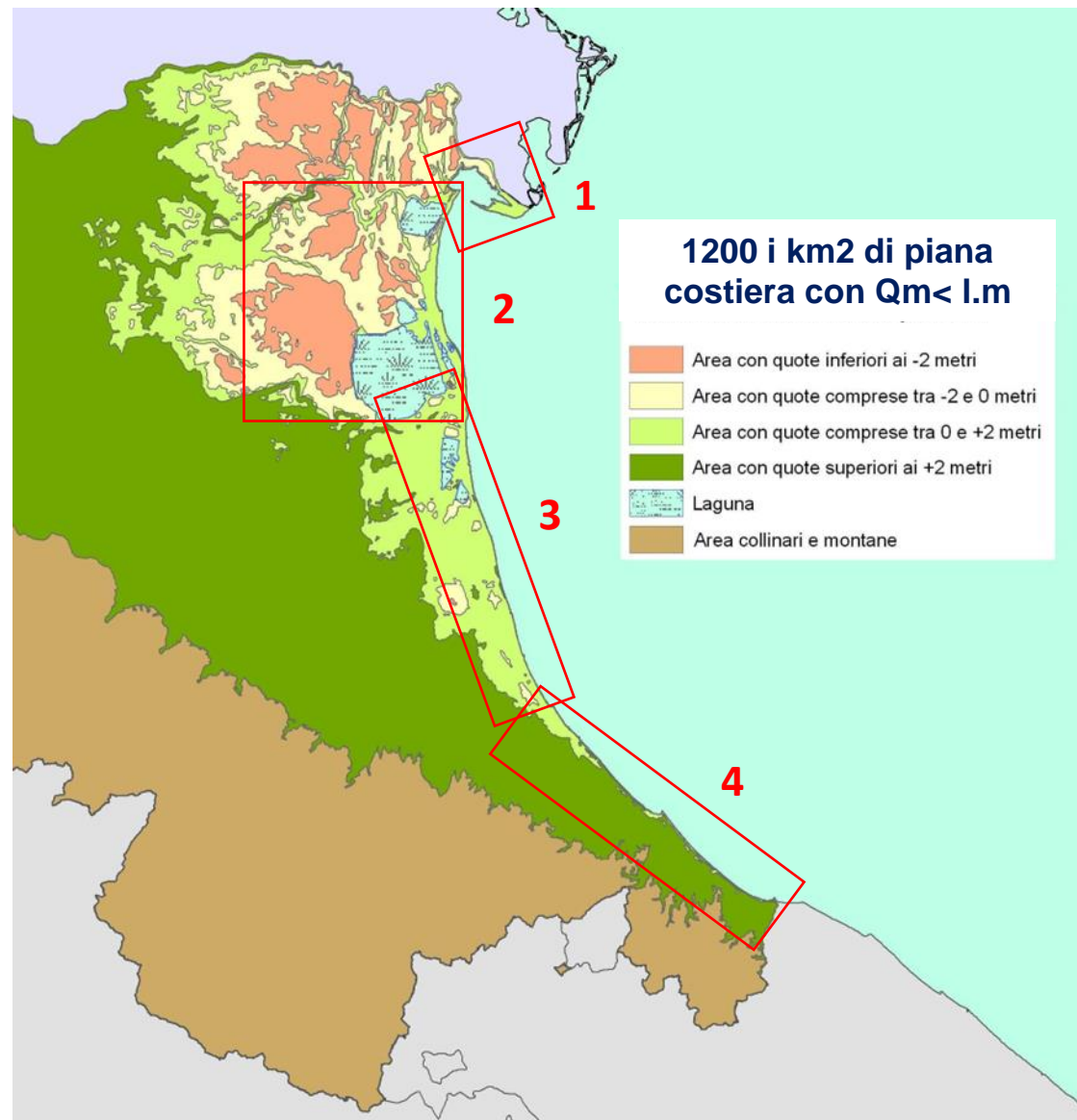
- **cambi di uso del suolo/interventi e briglie sui fiumi**
- **antropizzazione della costa - il 400% dal dopoguerra**
- **costruzione di opere marittime**

hanno accentuato le naturali dinamiche costiere e i fenomeni di

- **erosione**
- **subsidenza**
- **inondazione marina**



# Ambienti e morfologie



**1: il delta padano moderno;** gli elementi sono la foce, l'unica laguna costiera attiva, la Sacca di Goro, separata dal mare dalla freccia litorale (l'isola-barriera Scanno di Goro)



**2: la piana ferrarese;** caratterizzata da forme fossili dell'antico delta padano (lagune e cordoni), valli con Qm < 1.m. spesso bonificate; locali argini a mare; freccia litorale di Volano; antropizzazione recente, sparsa e nell'entroterra



**3: la piana ravennate;** formata dagli apparati deltizi fiumi appenninici (cordoni, zone umide, pinete), antropizzazione estesa; moli porto RA/barriera flussi sedimentari



**4: la costa riminese e cesenate;** sottile piana costiera intensamente urbanizzata



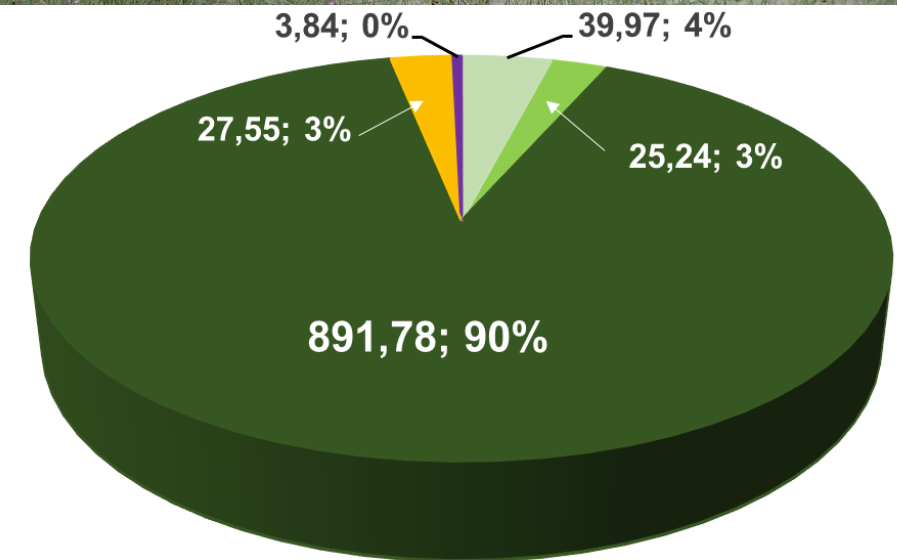


# Le morfologie del sistema litoraneo: la duna costiera

**Le dune**, sono l'elemento più importante per ostacolare l'ingressione marina in occasione di mareggiate e contrastano l'erosione dei litorali; drasticamente spianate nel dopoguerra

Alcuni dati:

- presenti solo lungo il **35%** del totale dello sviluppo lineare della costa tra Cattolica e il Po di Volano, concentrate nel litorale ravennate e ferrarese;
- il **90%** è costituito dalle **'dune stabilizzate'** che includono, ampie porzioni di cordoni litorali del XX e XIX secolo o più antichi (fino al XVII secolo).
- **l'82% delle dune censite al 2019**, ovvero 814 ettari, ha una quota **<2 m**, quindi facilmente sormontabile in caso di mareggiata.
- **Solo il 3,7%** ha quota superiore ai 3 metri
- Quote max: 8-9 m a Lido di Pomposa



■ Duna attiva ■ Duna semi-stabilizzata ■ Duna stabilizzata ■ Duna residuale ■ Duna artificiale

# rischi costieri e i fattori influenti

## L'EROSIONE DEI LITORALI

- abbassamento della quota di spiaggia;
- gradini e scarpate di erosione
- erosione della duna
- formazione di canali di deflusso;
- escavazioni del fondale marino



## Assetto altimetrico e morfologico:

- Piana costiera con vaste aree depresse;
- Spiagge basse e poco pendenti e assenza del dosso/duna

## Mareggiate

Molto frequenti gli eventi di 'storm surge' (mareggiata con acqua alta)

## Ridotto apporto sedimentario

- drastica riduzione di apporto di sedimenti dai fiumi, almeno dall'800 e
- estrazione inerti (fino al 1982);
- opere idraulico-forestali
- dighe;
- opere portuali e di difesa costiera

## L'INONDAZIONE MARINA

- allagamenti di spiaggia e retrospiaggia;
- fenomeni di 'washover'
- correnti di sedimento verso mare

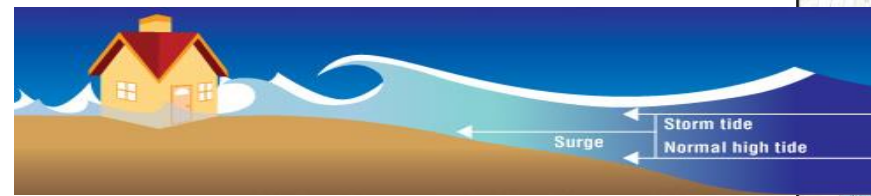
## Subsidenza

In passato molto rilevante la componente antropica legata alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo - ora solo localmente tassi > 8-10 mm/a

**Cambiamenti climatici –  
innalzamento del livello del mare**

# Le mareggiate

innescano i fenomeni di erosione e inondazione marina;



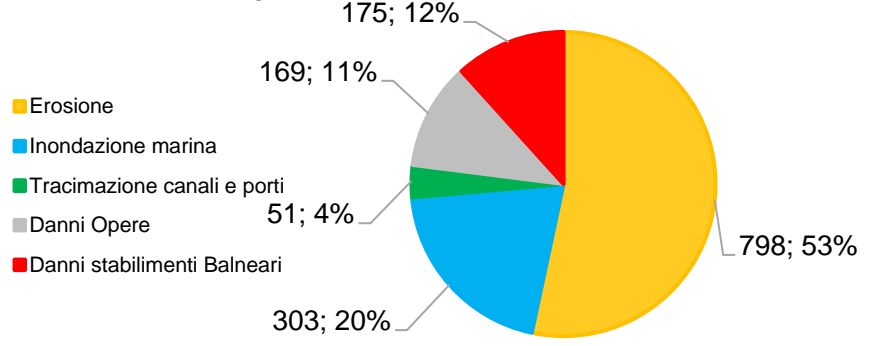
**Eventi più critici:** quelli legati a venti del 1° Q (N-E) e a fenomeni di acqua alta (**Bora scura**); seguono gli eventi di **Scirocco** (sud-est) e surge



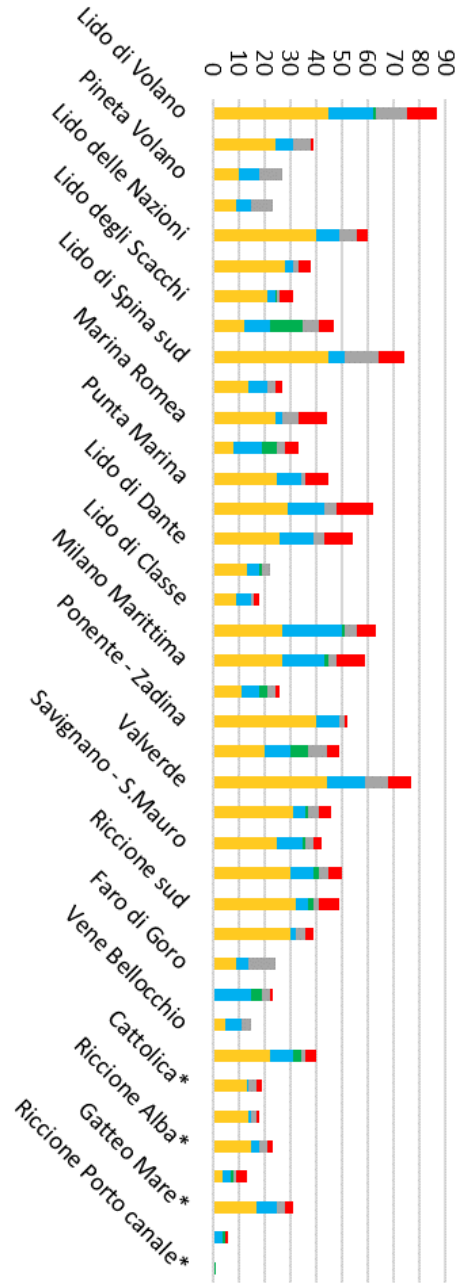
Distribuzione e numero impatti da mareggiata 1946-2022

Se la **durata** > 10 ore  
Se **eventi** ravvicinati

Tipologie di impatto 1946-2022

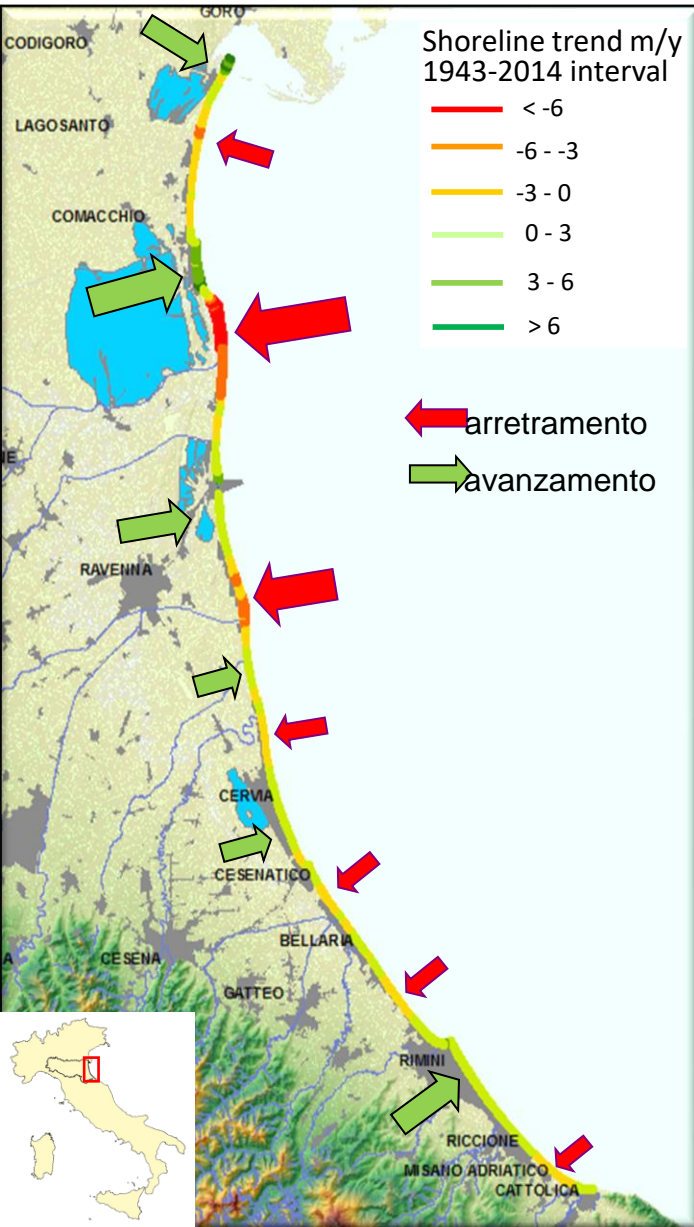


Erosione Inondazione marina



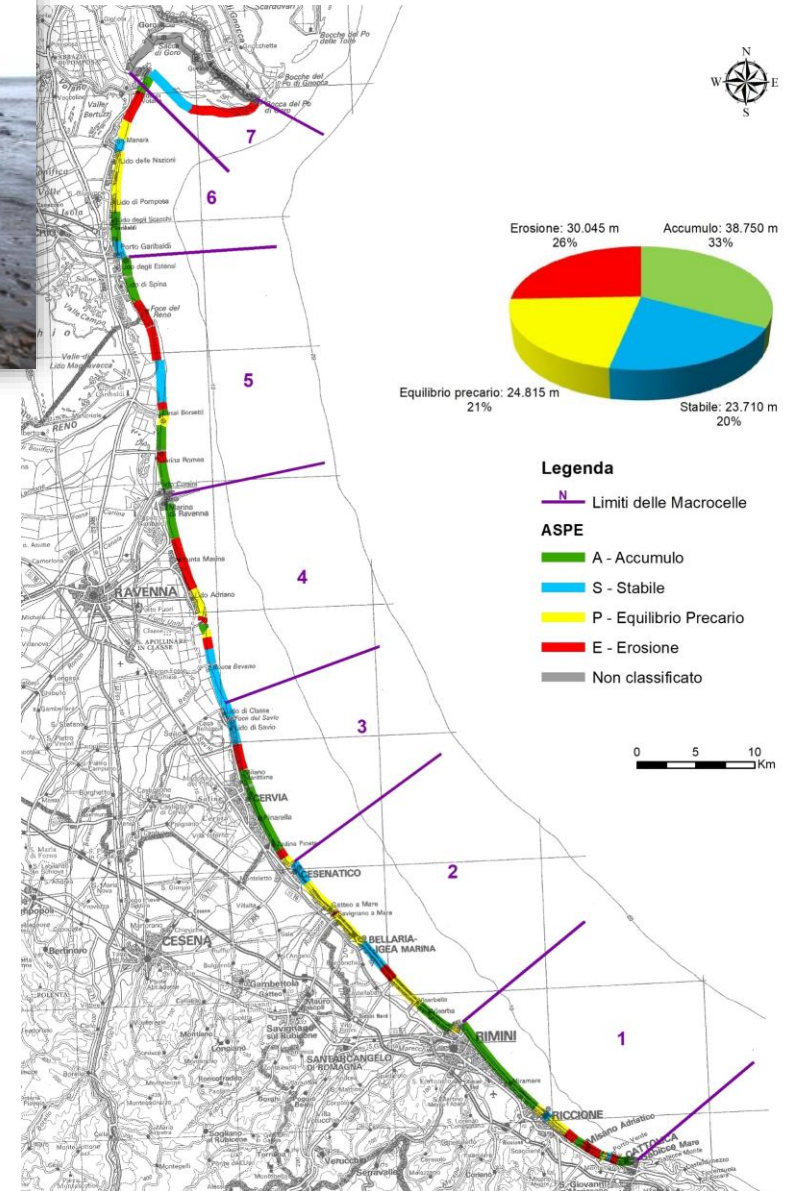
Indicatore NIM (Numero di Impatti totali da Mareggiata) periodo 1946-2022

# L'erosione costiera



processo di rettificazione della linea di riva innescato dal XIX secolo che determina lo smantellamento delle foci fluviali; tassi di arretramento più elevati a Foce Reno-10 -12 m/a,

**Monitoraggi ARPAE 2012-2018**  
**classificazione ASPE spiagge:**  
**Erosione: 26%**  
**Equilibrio Precario: 21%**  
**Stabile: 20%**  
**Accumulo 33%**



# L'inondazione marina

Lido do Savio 5-6 Febbraio 2015



Gli scenari di evento considerano (onda + surge e marea astronomica)

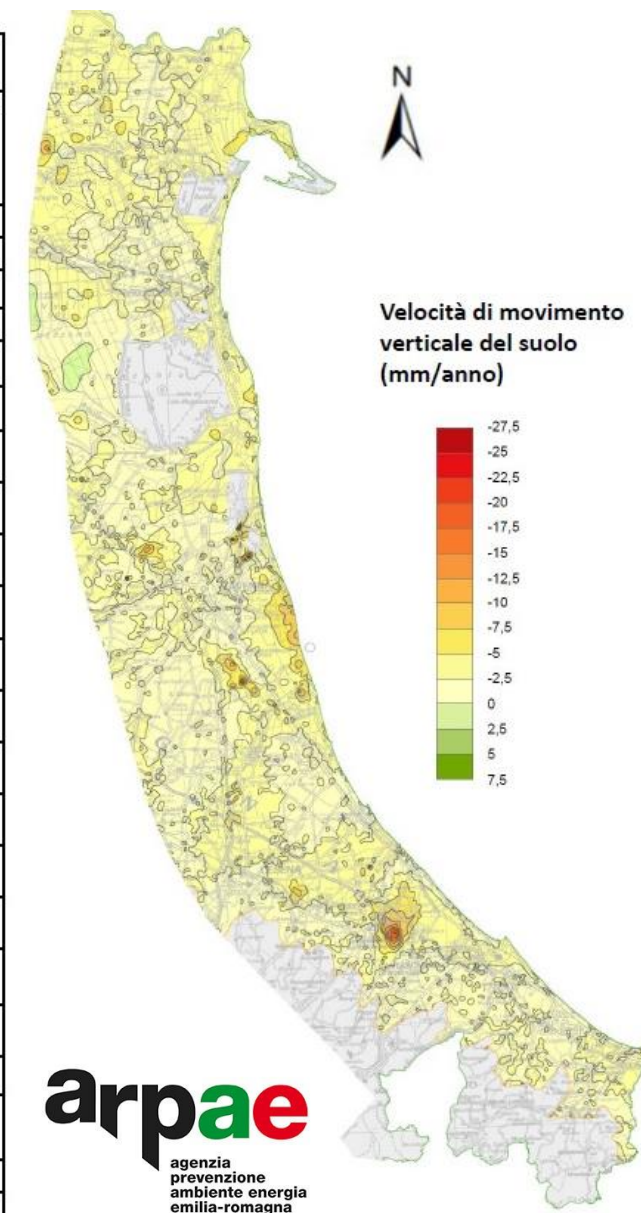
	Evento molto frequente P3 Tr =10 anni	Evento frequente P2 Tr =100 anni	Evento raro P1 Tr >>100 anni
<b>Sollevamento livello del mare totale considerato per scenario</b>	+1.5 m	+ 1.8 m	+ 2.50 m
<b>Superfici interessate (calcolo preliminare) - pericolosità 2019</b>	<b>15.5 km<sup>2</sup></b>	<b>29.5 km<sup>2</sup></b>	<b>78.9 km<sup>2</sup></b>



# La subsidenza

- Il fenomeno, ha **2 componenti: naturale e antropica**; la seconda ha costituito un problema serio, per la costa, nei decenni passati
- ridotti i tassi di abbassamento grazie alle normative che hanno ridotto l'estrazione di fluidi dal sottosuolo
- i tassi medi di abbassamento del suolo sono dell'ordine dei 3 mm/a nella parte meridionale della costa e di 4-5 mm/a verso nord. I valori maggiori si osservano ancora nel Ravennate (Foce dei Fiumi Uniti - a 9 mm/a)

Località	Velocità di abbassamento (mm/anno)						Abbassamento totale 1984-2021 (cm)
	1984-1987	1987-1999	1999-2005	2006-2011	2011-2016	2016-2021	
Cattolica	10	2	4	4	3	3	-13
Rimini	28	6	9	6	4	3	-28
Torre Pedrera	27	2	6	3	3	3	-19
Bellaria	36	6	8	5	2	2	-28
Gatteo a Mare	38	12	10	6	3	3	-38
Cesenatico	55	10	9	5	3	3	-39
Pinarella di Cervia	30	6	8	5	3	3	-28
Milano Marittima	35	9	10	7	5	6	-38
Lido di Savio	24	9	10	6	5	5	-33
Foce Bevano	17	8	11	11	<b>11</b>	<b>7</b>	-37
Lido di Dante	20	12	19	21	<b>17</b>	<b>9</b>	-58
Lido Adriano	23	13	15	14	<b>11</b>	<b>8</b>	-49
Punta Marina	21	11	10	5	4	4	-32
Marina di Ravenna	20	10	8	5	4	4	-29
Porto Corsini	24	15	13	7	8	6	-45
Casalborsetti	18	11	10	3	2	4	-30
Dozzo degli Angeli	23	18	13	2	3	4	-42
Portogaribaldi	10	8	8	3	2	4	-23
Lido delle Nazioni	14	13	10	2	3	5	-31
Boscone della Mesola	10	11	7	5	<b>3</b>	<b>6</b>	-28
Goro	20	17	10	8	3	5	-41
Foce del Po di Goro		-	9	9	4	6	-



## L'influenza dei CC nel futuro

dal cambiamento climatico già in atto dipendono:

l'innalzamento del **livello del mare**  
l'aumento degli **eventi estremi** (acque alte)  
l'aumento delle **temperature**  
la salinizzazione degli acquiferi...

gli impatti attesi sono:

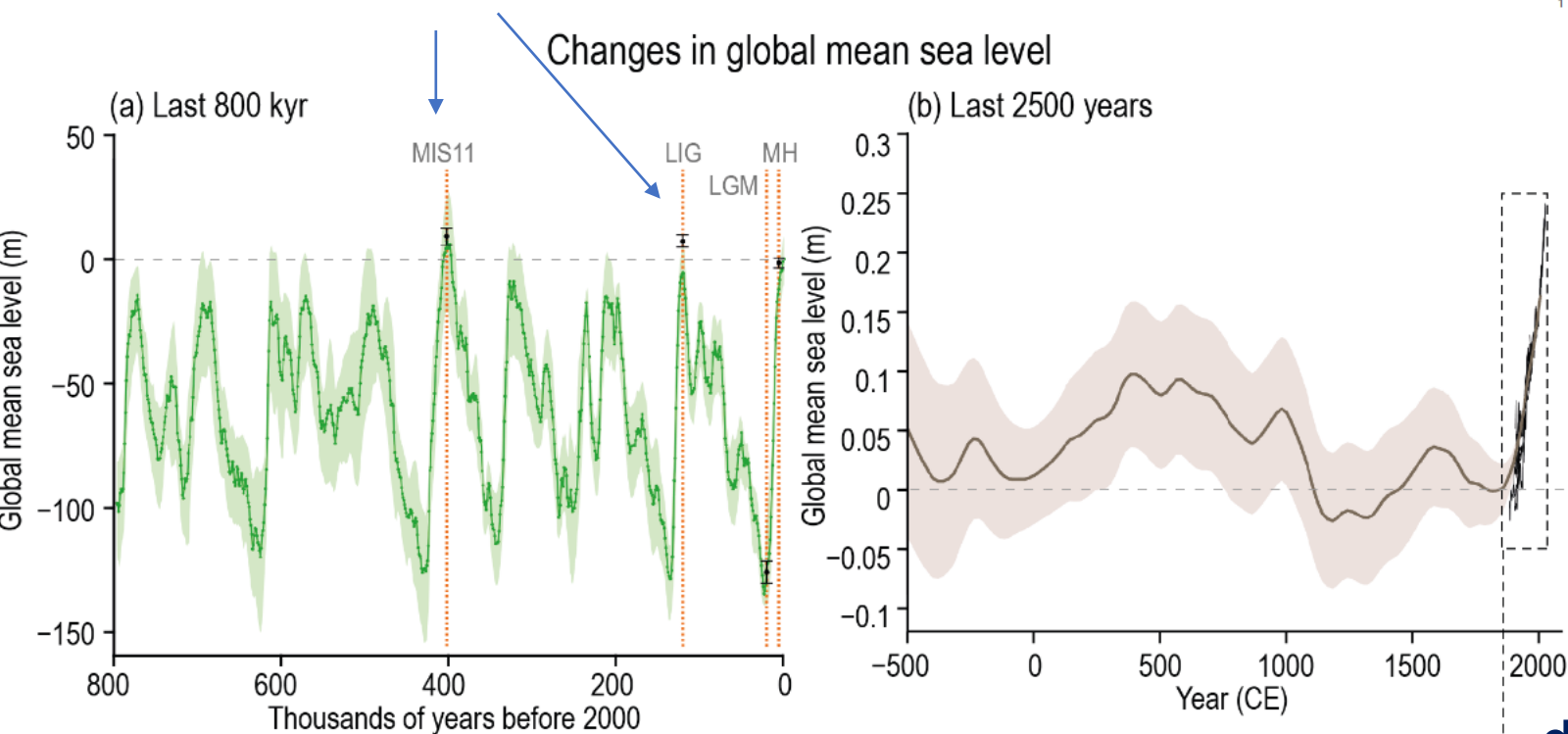
- aumento delle **aree allagabili**
- arretramento della **linea di riva** accelerato e l'ampliamento delle zone critiche
- perdita di ecosistemi e di **risorse naturali** (acqua, suolo, colture agricole, fauna)
- impatti sul sistema antropico/infrastrutture e sulla società



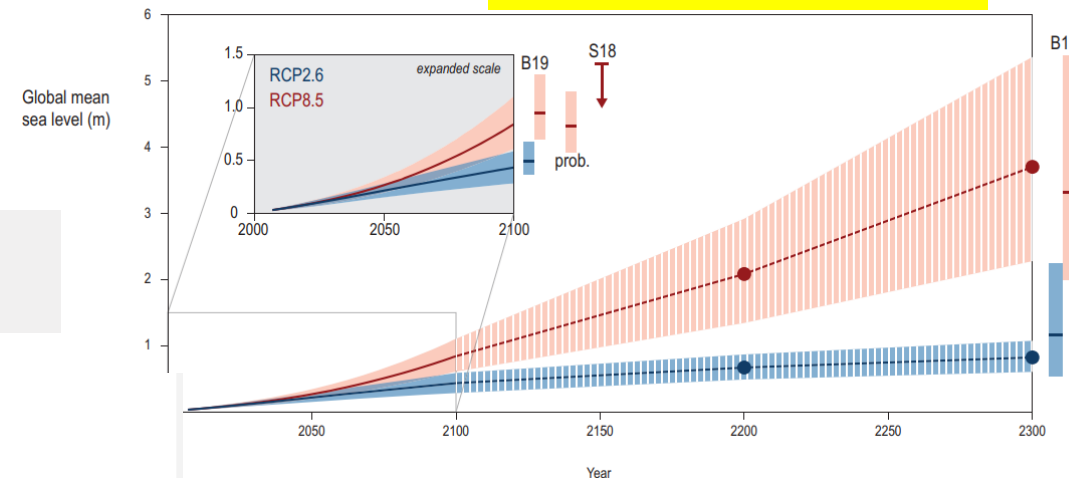
# Cicli climatici e oscillazioni del livello del mare

I dati geologici hanno permesso di ricostruire clima e Livelli del Mare del passato

il periodo interglaciale più lungo e caldo (stadio isotopico 11) il s.l. era + 6-8 metri: analogamente all'ultimo interglaciale LIG (stadio isotopico 5)



Fino a 80 cm -1 m al 2100



Le proiezioni IPCC evidenziano una rapida accelerazione dell'innalzamento del livello del mare che, per i secoli futuri, potrebbe assomigliare ai precedenti picchi riscontrati in epoca geologica

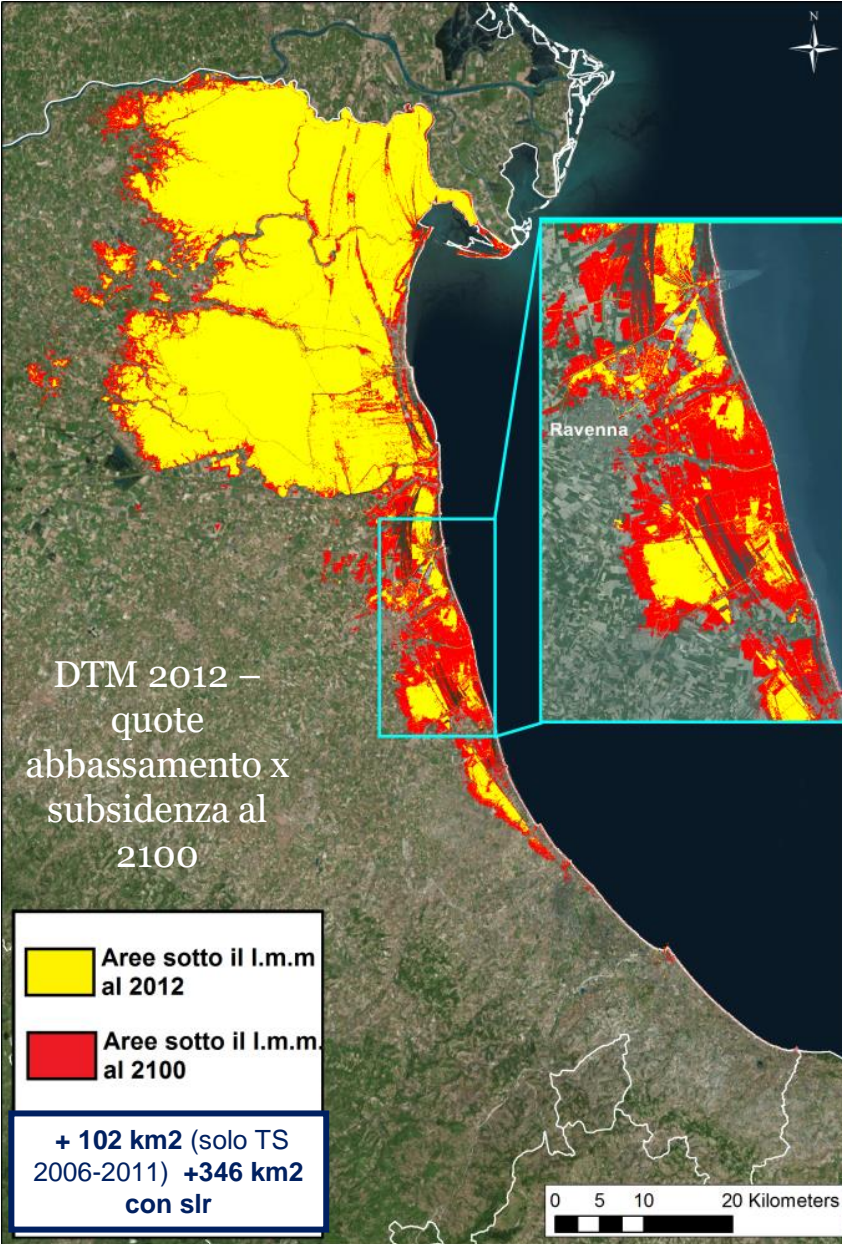
Le ricostruzioni più recenti si basano su dati osservativi (mareografi) + accurati

da IPCC AR6-WG2 The Physical Science Basis doi: [10.1017/9781009157896.004](https://doi.org/10.1017/9781009157896.004).

# La costa attuale e futura?

**SIMULATO LO SCENARIO PEGGIORE IN CASO DI NON INTERVENTO: PERDITA DI AREE EMERSE PER EFFETTO DI SUBSIDENZA E INNALZAMENTO DEL LM**

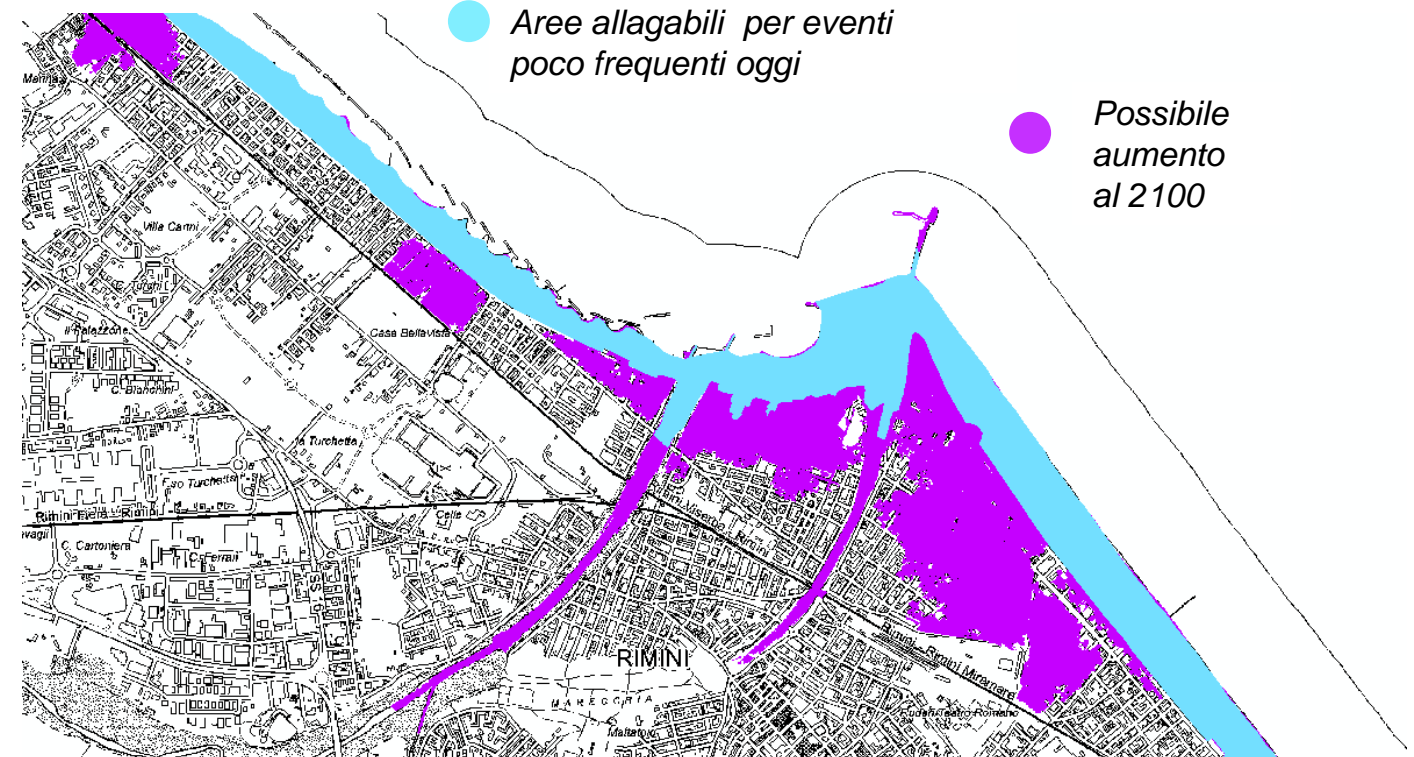
1200 km<sup>2</sup> la piana costiera attuale con quote sotto il livello del mare; potrebbe aumentare del 25% al 2100



**Arretramento accelerato della linea di riva; perdita di ecosistemi (diversi habitat, spiagge, dune, aree umide) e risorse naturali**



# Aumento delle aree allagabili



**Scenario peggiore e di NON intervento: possibile aumento delle aree a rischio di inondazione marina per eventi  $Tr=100$  anni pari a 3.5 volte**

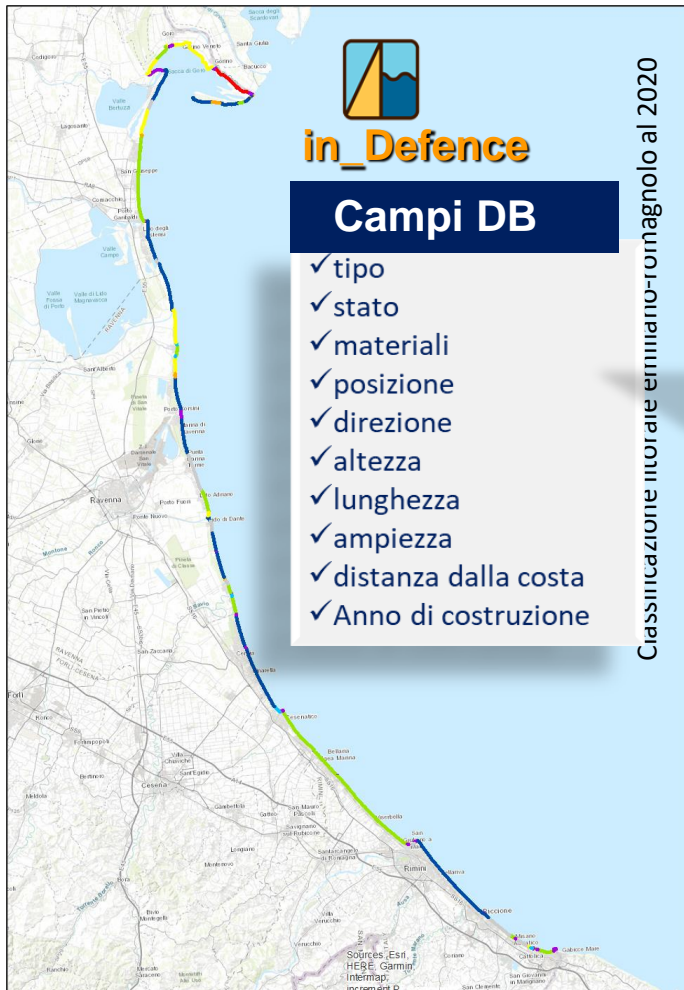
*L'analisi condotta ha riguardato le aree allagabili per scenari di inondazione Poco Frequenti ( $Tr=100$  anni) basato su scenari di innalzamento IPCC AR5 - l'analisi sui nuovi scenari sarebbe peggiorativa*

# strategie di gestione e adattamento della costa ai cambiamenti climatici (GIDAC)

## obiettivi ICZM – GIDAC e PSM

- **Mantenere una spiaggia libera da infrastrutture come “fascia di rispetto” per le dinamiche meteomarine, arretrando dove possibile le strutture antropiche**
- **Privilegiare interventi morbidi come il ripascimento; conservare o ripristinare le morfologie di spiaggia e i sistemi dunosi**
- **mantenere efficienti le opere rigide esistenti e utili**
- **Potenziare Sistemi di allertamento**
- **Mantenere un elevato livello di conoscenza: nuovi dati, studi, banche dati**

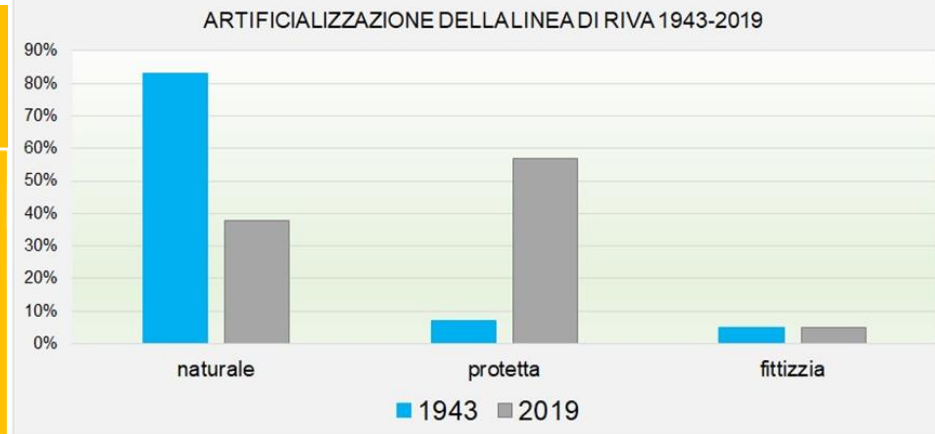
# Aggiornamento del catalogo delle opere e delle criticità



CATALOGHI OPERE: 1943-1982-1998-2005-2014-2019/20

**in\_Defence** raccoglie tutti i dati sulle opere di difesa e sui ripascimenti:

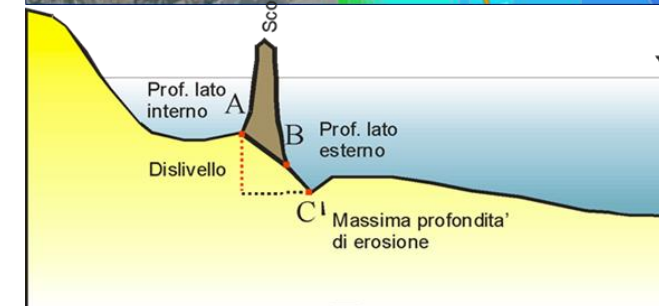
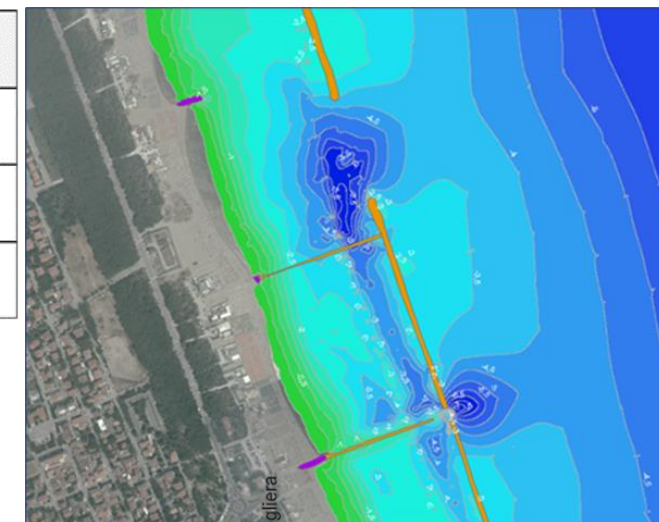
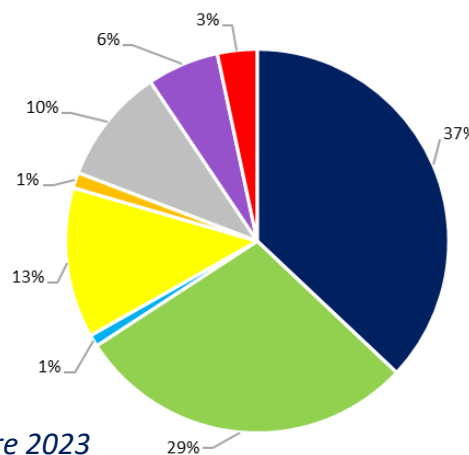
- 6 cataloghi a partire dal 1943
- Classificazione dello stato delle opere
- Dati sui ripascimenti dal 1972



Tipo costa	Lunghezza in km	Percentuale
Naturale	51,96	37%
Protetta	79,87 di cui 17,0 interni alla Sacca di Goro	57%
Fittizia	8,73 di cui 3,3 interni alla Sacca di Goro)	6%

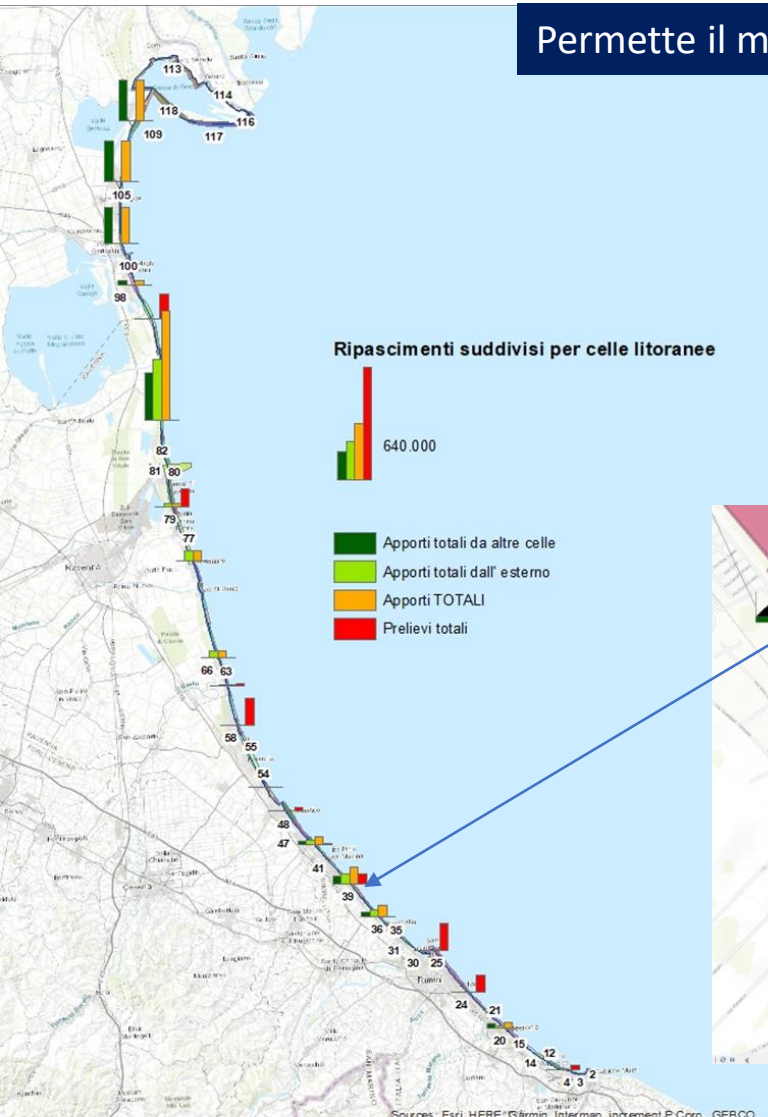
Lunghezza litorale in relazione alla tipologia di opera (km)

- Litorali privi di difese rigide
- Difese longitudinali distaccate emerse
- Difese longitudinali distaccate soffolte
- Difese longitudinali aderenti
- Difese trasversali
- Difesa mista (elementi trasversali e longitudinali associati)
- Area portuale/foce fluviale
- Argine fluviale

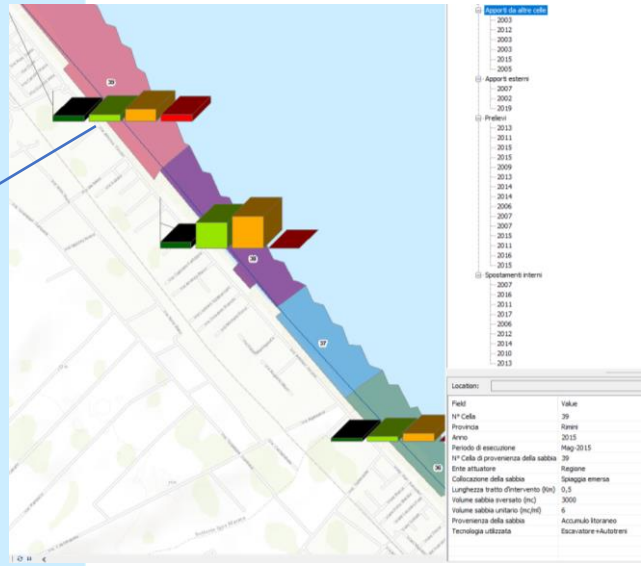




Permette il monitoraggio nel tempo e nello spazio degli apporti o spostamenti di sedimento



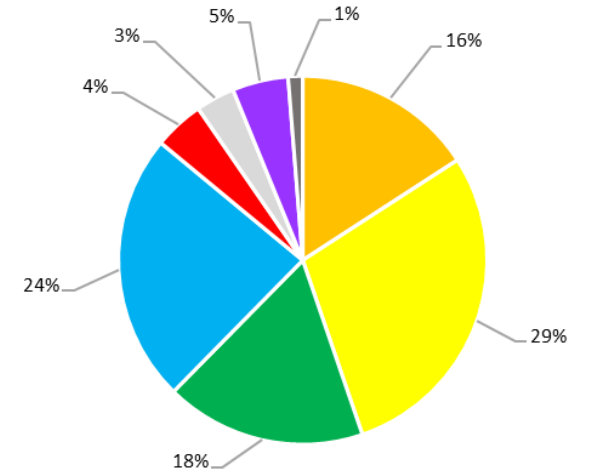
più del 70% da provenienze esterne al sistema  
Indispensabile per garantire la fruizione turistico/balneare delle spiagge anche in futuro



## Fonti di provenienza periodo 1972-2018 (mc)

TOTALE: 12,819,928 mc

- Litorali in avanzamento
- Cave a terra
- Dragaggi
- Giacimenti sottomarini
- Pulizia spiagge
- Scavi edili
- Porto di Ravenna
- Darsene



	Periodo 1972-1999 (mc)	Periodo 2000-2009 (mc)	Periodo 2010-2018 (mc)
	<b>TOTALE: 3,240,368</b>	<b>TOTALE: 5,609,234</b>	<b>TOTALE: 3,970,326</b>
Litorali in avanzamento	7,500	817,716	1,206,304
Cave a terra	2,778,150	832,384	95,832
Dragaggi	241,368	1,176,633	839,360
Giacimenti sottomarini	0	1,635,000	1,395,300
Pulizia spiagge	193,350	219,732	151,420
Scavi edili	20,000	334,819	82,110
Porto di Ravenna	0	430,000	200,000
Darsene	0	162,950	0

APPORTO MEDIO DALL'ESTERNO INTERVALLO 1999-2008: **324.529 m3 /anno**  
 APPORTO MEDIO DALL'ESTERNO INTERVALLO 2009-2018: **184.626 m3/anno**



# Gestione delle informazioni sulle risorse di sedimento

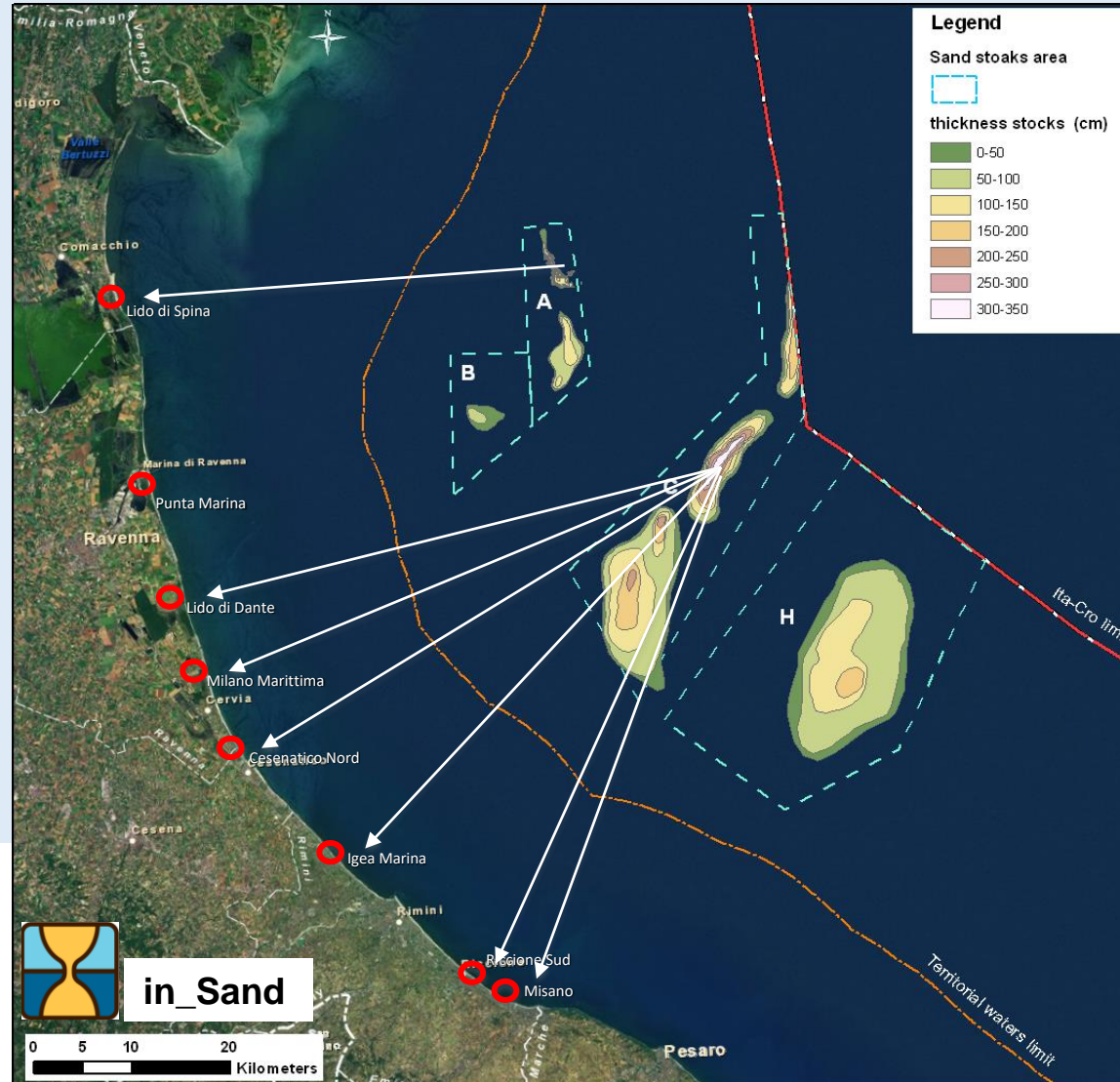
4 progetti già realizzati nel 2002-2007-2016-2022

I sedimenti sono l'elemento strategico per mantenere le funzioni attuali della costa

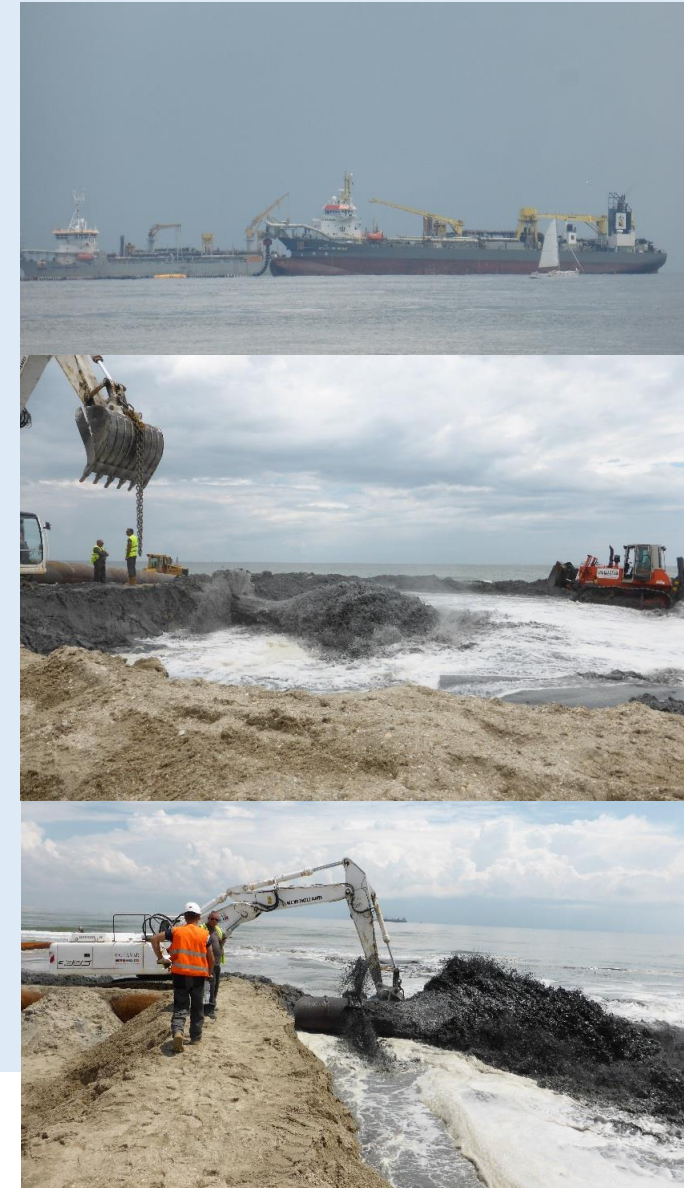
indispensabili

- ricerca
- monitoraggio
- gestione dei depositi

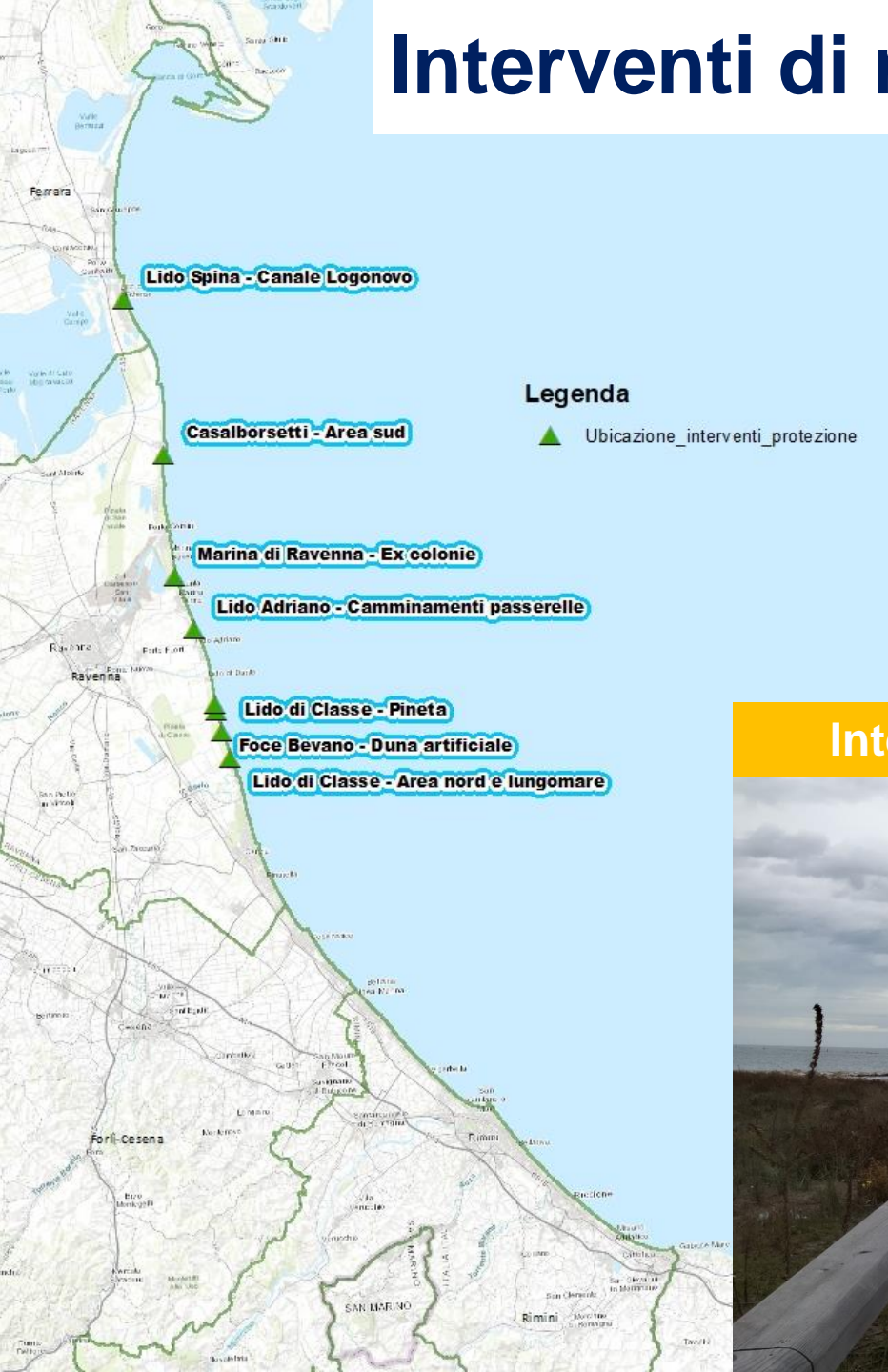
*circa 220 Mm<sup>3</sup> i sedimenti disponibili 390 Mm<sup>3</sup> potenzialmente accessibili*



Perini L. – 18 Ottobre 2023



# Interventi di riqualificazione e difesa delle dune



Intervento su circa 900 m di duna



# Tutela e il ripristino delle morfologie litorali

Un esempio concreto e visitabile a marina di Ravenna (di fronte alla zona colonia). Progetto realizzato da eni su progetto preliminare RER nell'ambito dell'accordo Angela-Angelina e consegnato al Comune di RA



A wide-angle photograph of a sunset over a calm sea. The sun is a bright orange orb on the horizon, with its light reflecting as a shimmering path on the water. The sky is filled with wispy, light-colored clouds, and the overall color palette is dominated by warm oranges, yellows, and soft blues. The foreground shows a dark, silhouetted beach.

*GRAZIE PER L'ATTENZIONE*

*Dott.ssa Luisa Perini*

*Regione Emilia-Romagna*

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