

# CAMBIAMENTI CLIMATICI

## e scenari di RISCHIO

Accademia dei Georgofili - Logge degli Uffizi Corti, Firenze  
1 febbraio 2018 - 9.15/13.15



## Erosione costiera e cambiamenti climatici

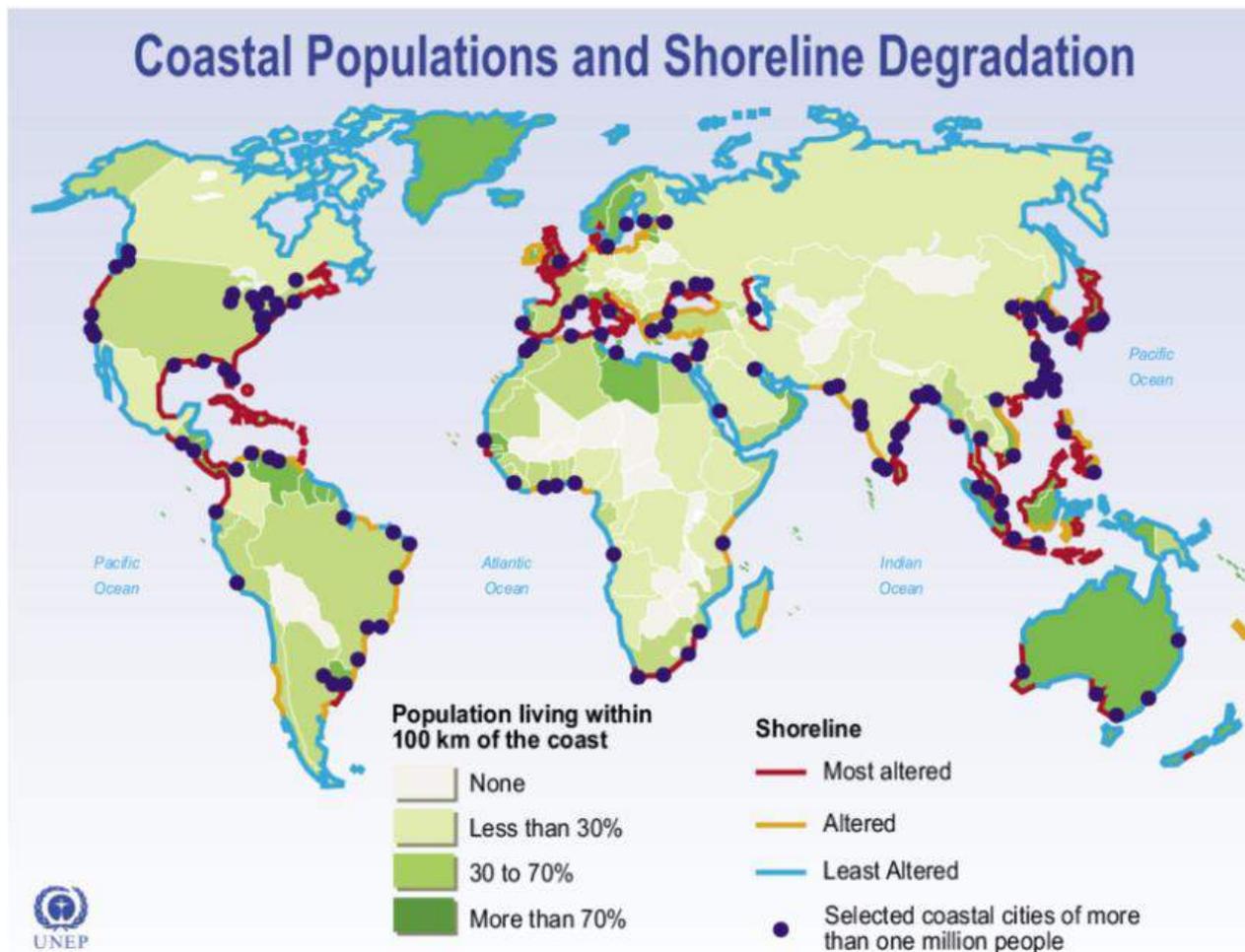
**Carlo Brandini e Massimo Perna – CNR Ibimet/Consorzio LaMMA**

**con contributi di :**

**Giovanni Vitale, Valerio Capecchi, Stefano Taddei e Andrea Valentini**



## La linea di costa nel mondo....



Source: Burke et al., World Resources Institute, Washington DC, 2001; Paul Harrison and Fred Pearce, *AAAS Atlas of Population and Environment 2001*, American Association for the Advancement of Science, University of California Press, Berkeley.

## Le cause dell'erosione costiera

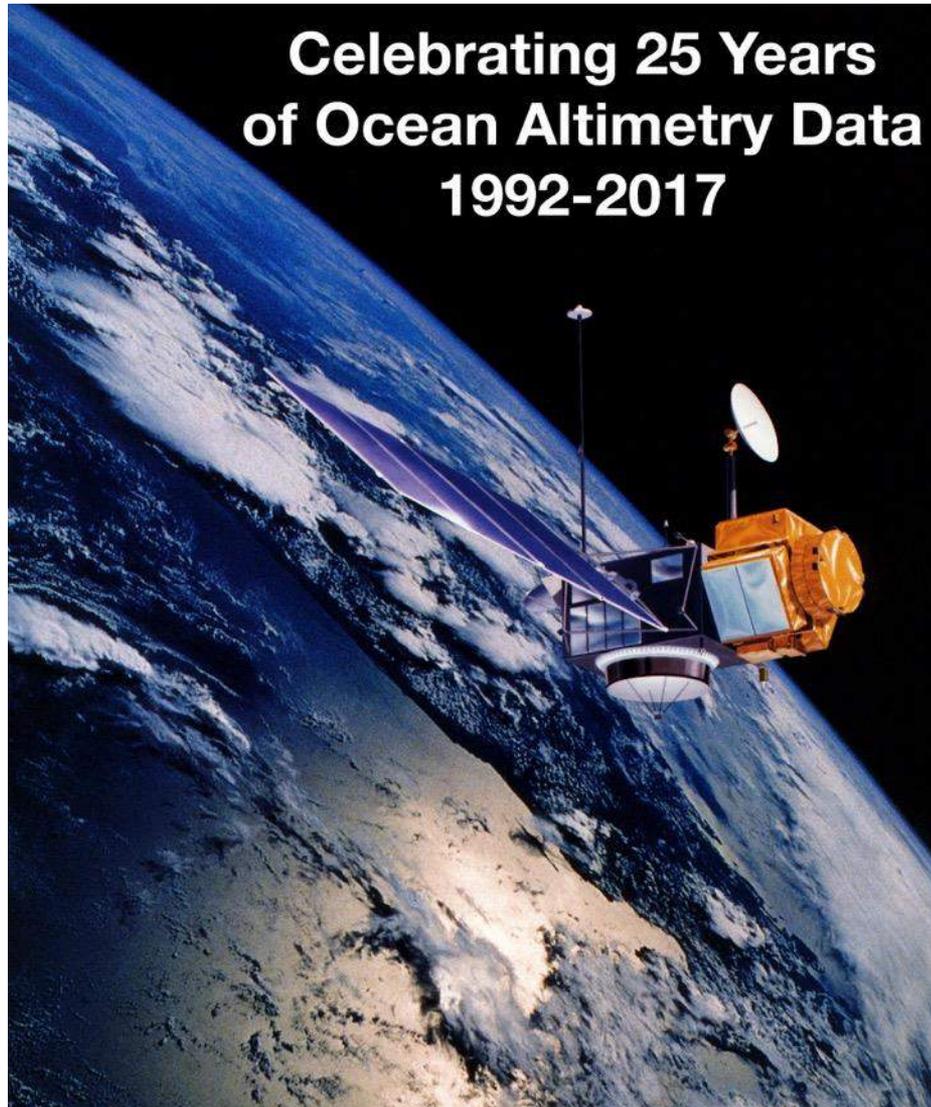
In gran parte, effetto di uno squilibrio legato al bilancio dei sedimenti lungo il litorale, dovuto a:

- Mancato apporto di sedimenti dai corsi d'acqua terrestre, dovuto a molteplici cause (uso del suolo, cave in alveo, dighe, ...)
- Variazione del **clima meteomarin**
- Effetti locali (impatto della costruzione di opere a mare)

Altri fenomeni:

- Subsidenza
- Eustatismo tettonico
- Innalzamento del livello medio del mare (**Sea Level Rise**)

## Come si misura il livello del mare



Dovuto a:

- 1) Dati satellitari (altimetria)
- 2) Dati dei mareografi

Le misure satellitari sono indirette e necessitano di calibrazione, questo in passato può avere determinato discrepanze tra i due metodi

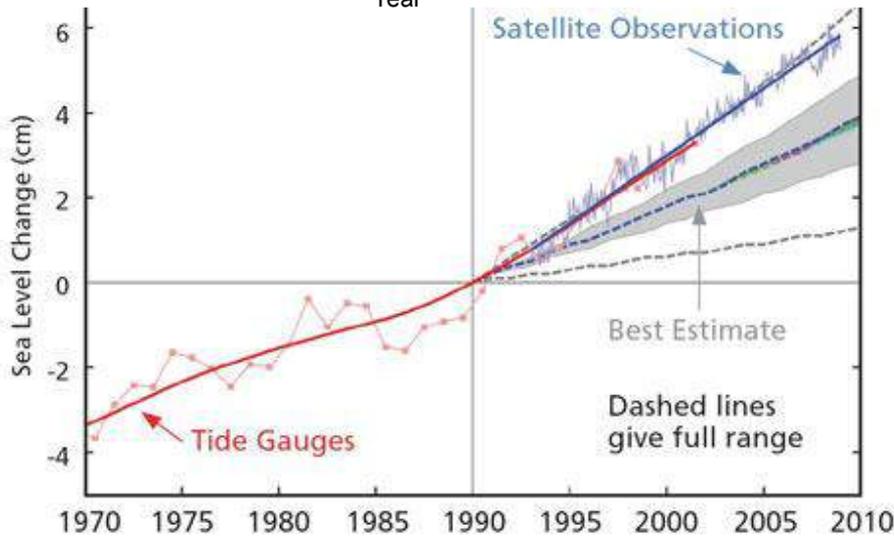
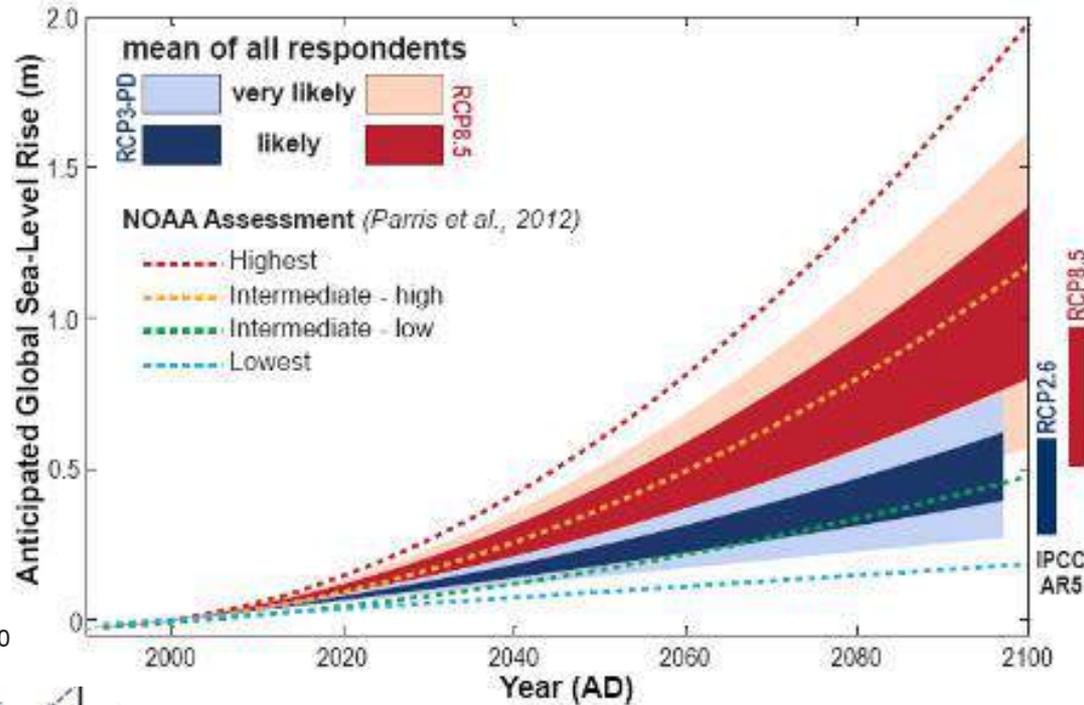
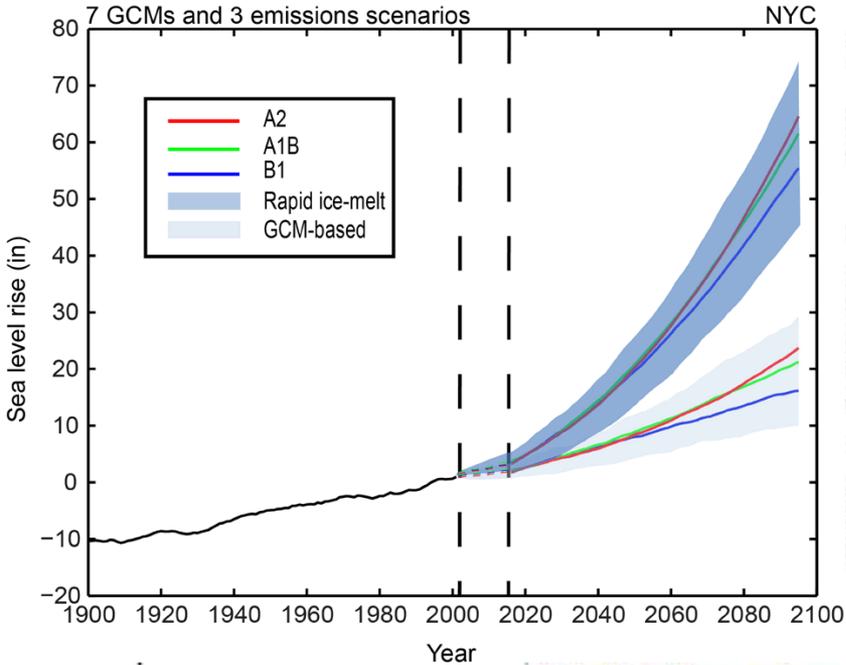
## SEA LEVEL RISE: INNALZAMENTO DEL LIVELLO MEDIO DEL MARE



Dovuto a:

- 1) Aumento del volume del mare a causa dell'aumento di temperatura delle masse d'acqua
- 2) Scioglimento dei ghiacci terrestri (Antartide e Groenlandia)

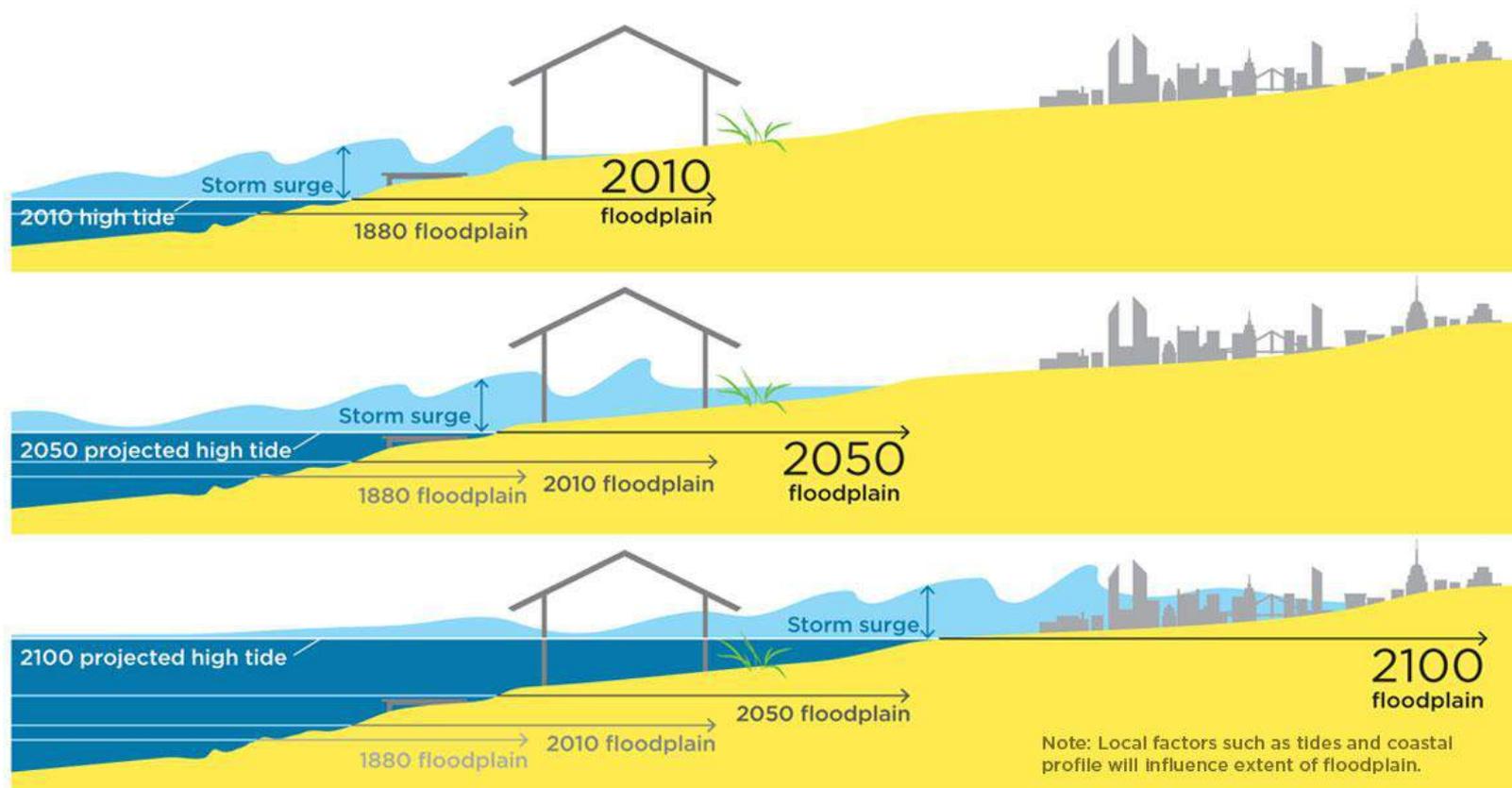
Gli effetti non sono completamente noti



Gli scenari non sono univoci, ma concordano nell'indicare un trend in accelerazione previsto  
I dati (in-situ e satellitari) confermano che l'attuale trend di crescita a livello globale è di circa 4 mm/anno

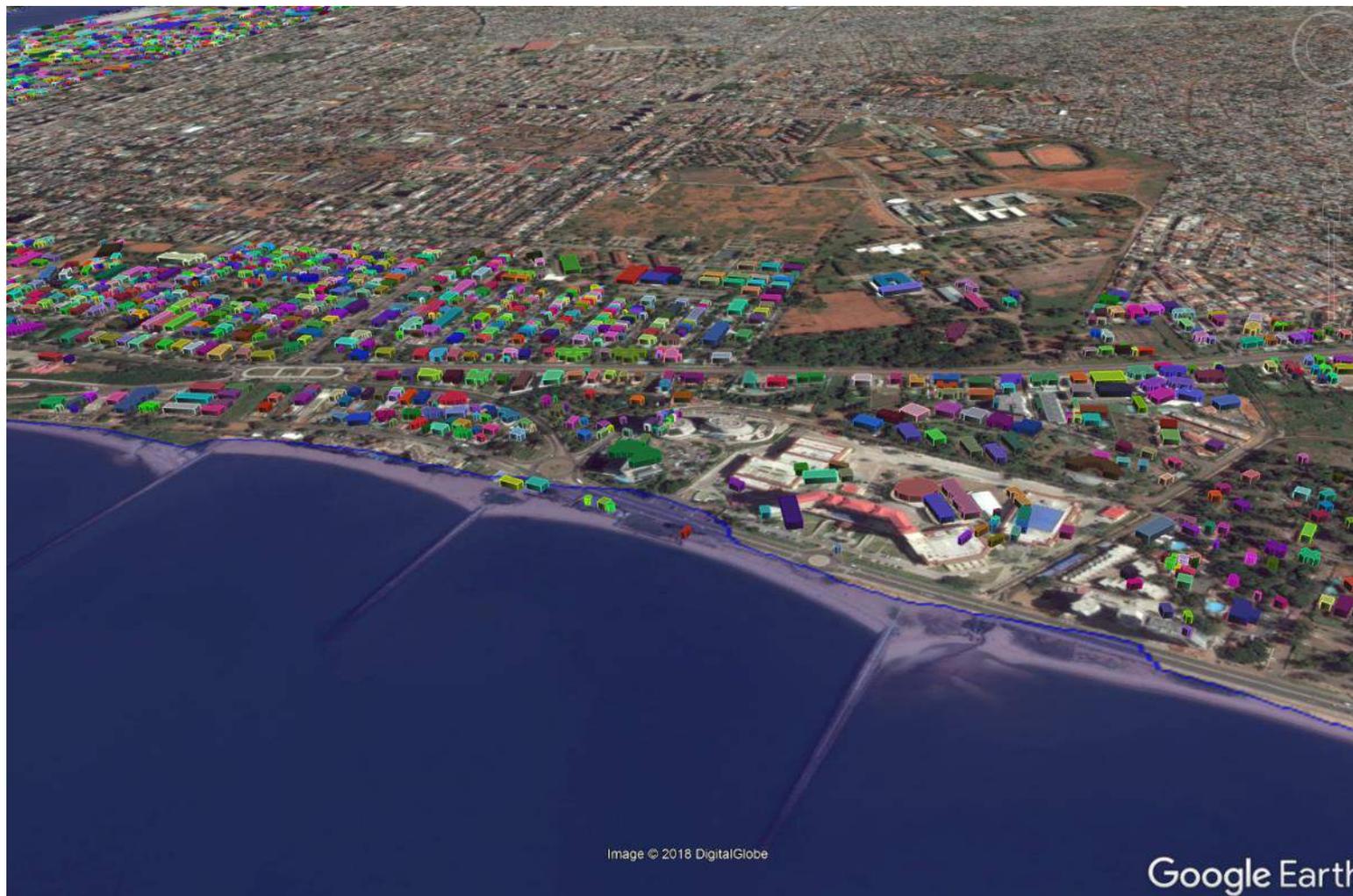
# SEA LEVEL RISE: AUMENTA IL RISCHIO DI INONDAZIONE DA MAREGGIATA

FIGURE 3. Storm Surge and High Tides Magnify the Risks of Local Sea Level Rise

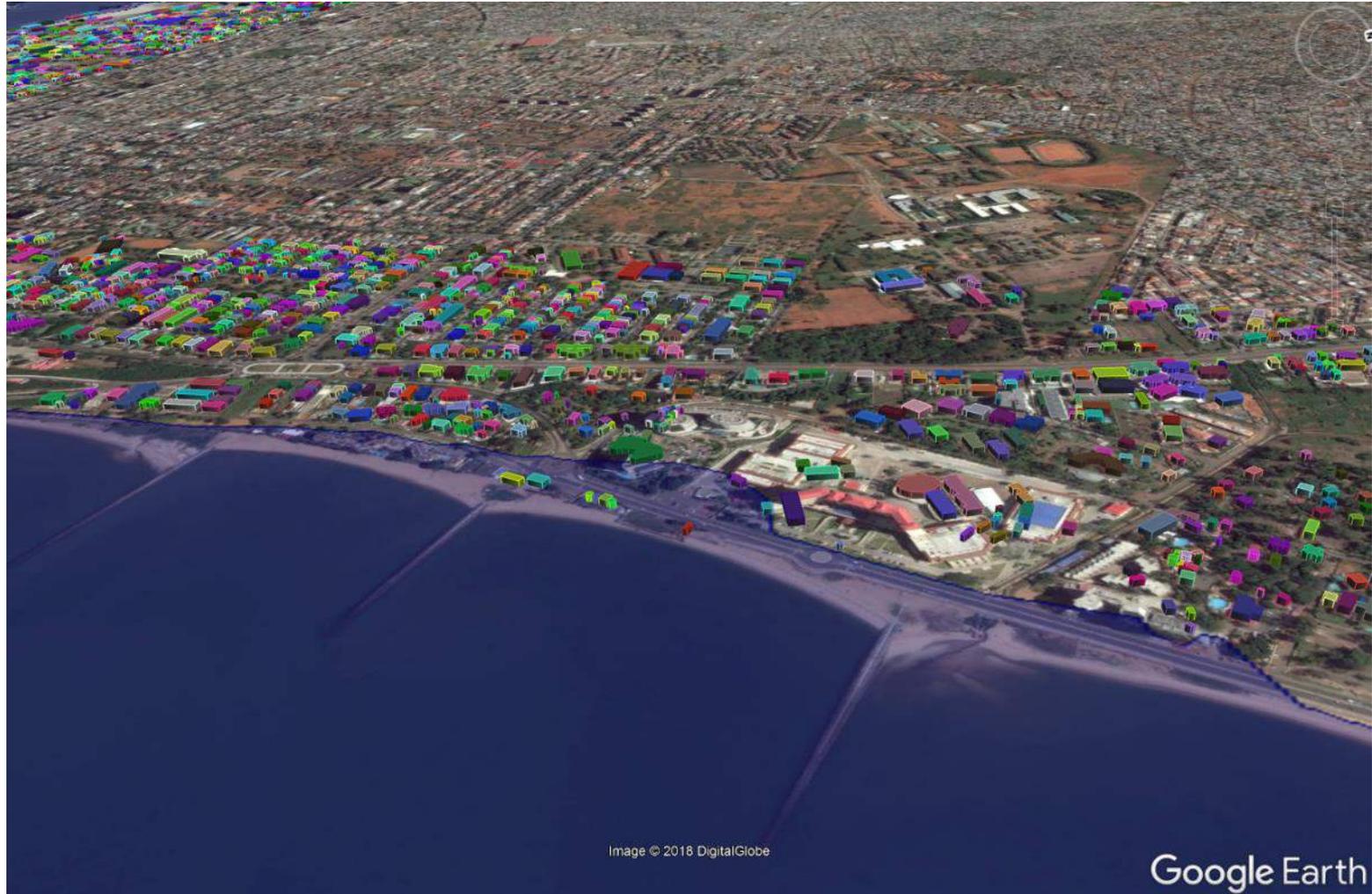




current situation



future situation, in the case of a SLR of 1.25 m



current situation if the coast would be flooded by a storm surge in phase with spring High Tide conditions and with a return period of 100 years



future situation in which, the MSL rise is compounded by a storm surge with re-turn period of 100 years



current situation



future situation, in the case of a SLR of 1.25 m



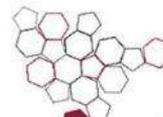
current situation if the coast would be flooded by a storm surge in phase with spring High Tide conditions and with a return period of 100 years



future situation in which, the MSL rise is compounded by a storm surge with re-turn period of 100 years

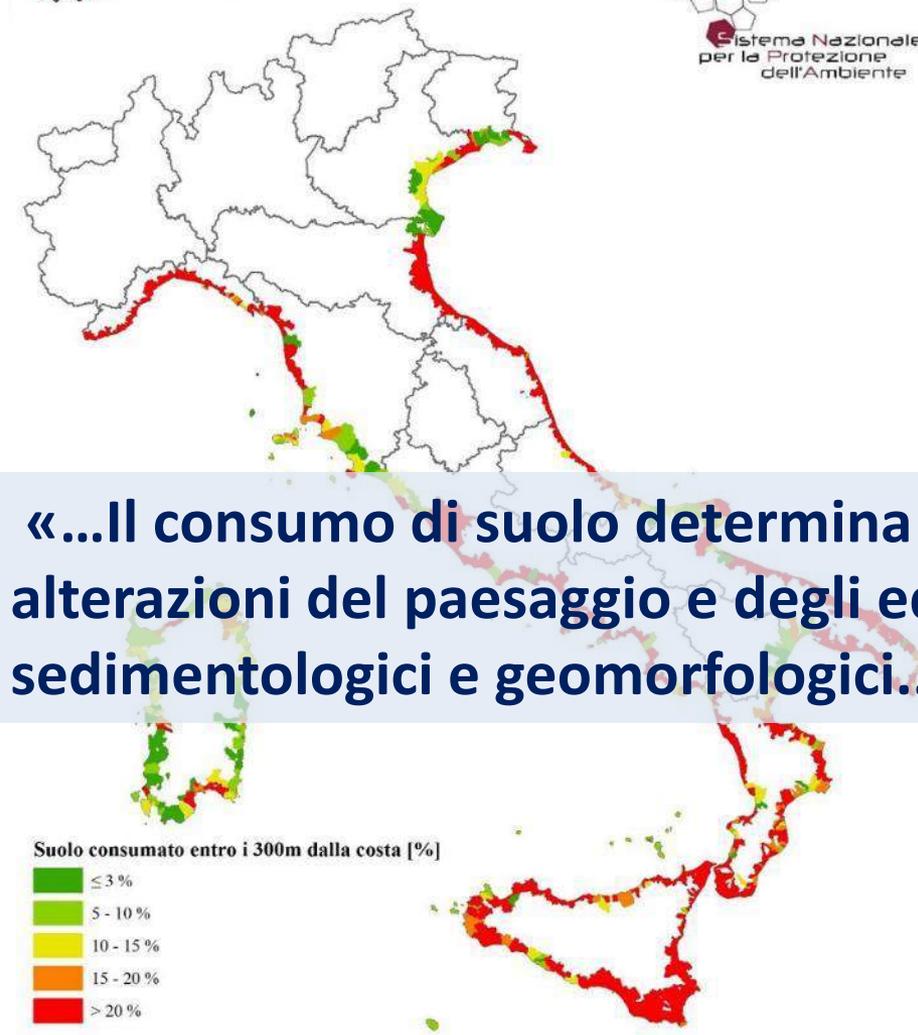


**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

## INDICATORE DI CONSUMO DI SUOLO IN AREA COSTIERA - Edizione 2016



«...Il consumo di suolo determina irreversibili alterazioni del paesaggio e degli equilibri ecologici, sedimentologici e geomorfologici...»

Suolo consumato entro i 300m dalla costa [%]

- ≤ 3 %
- 5 - 10 %
- 10 - 15 %
- 15 - 20 %
- > 20 %

## Erosione costiera

### VARIAZIONE DELLA LINEA DI COSTA DELL'ITALIA PENINSULARE DAL 1960 AL 2012

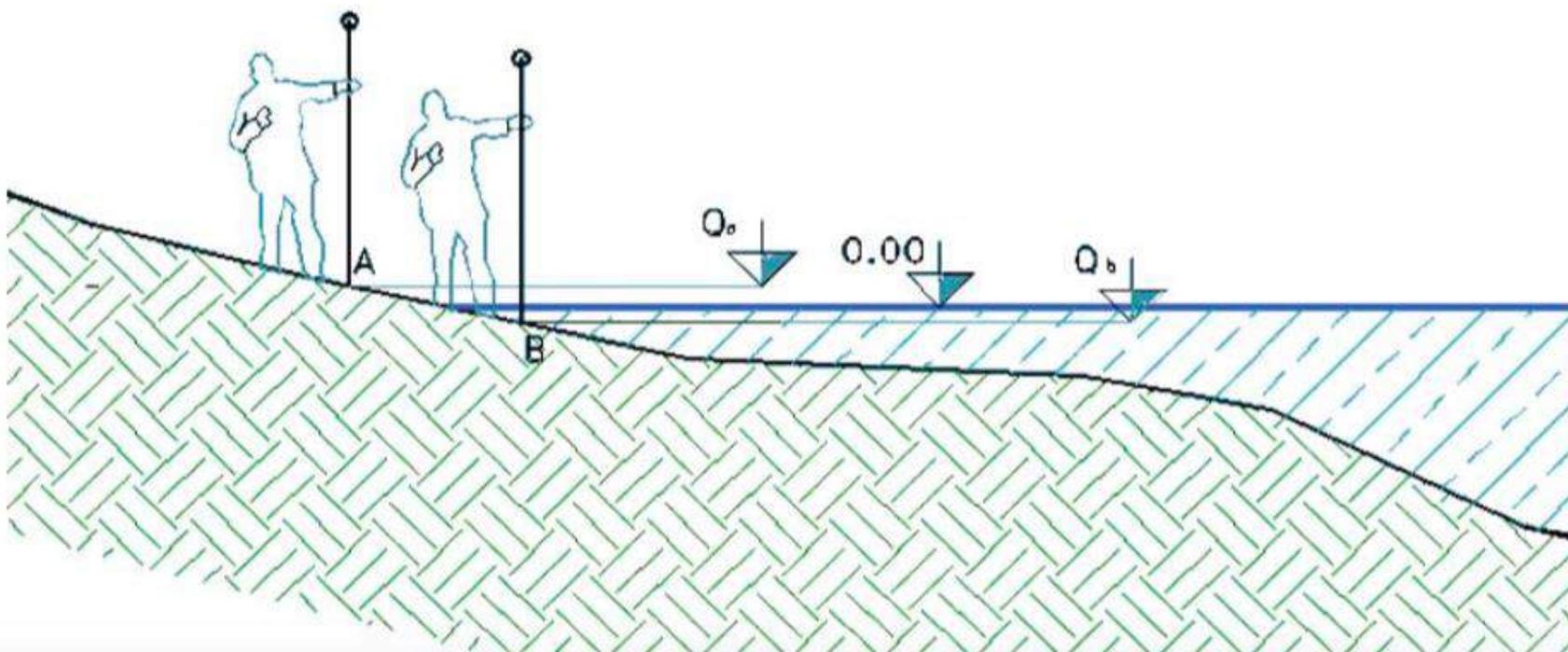
regione	superfici (kmq)		tratti costieri (km)		bilancio delle superfici (kmq)
	arretramento	avanzamento	arretramento	avanzamento	
ABRUZZO	1,3	1,9	39,9	58,0	0,6
BASILICATA	2,0	1,5	20,0	19,8	-0,5
CALABRIA	12,3	9,1	342,2	237,6	-3,2
CAMPANIA	3,7	2,0	86,0	61,5	-1,7
EMILIA R	20,0*	6,2	65,6	62,3	-13,8
FRIULI VG	1,1	3,2	32,1	50,5	2,1
LAZIO	2,4	4,9	77,3	131,4	2,5
LIGURIA	1,3	1,8	46,5	67,6	0,5
MARCHE	3,2	1,9	67,1	60,0	-1,3
MOLISE	1,5	0,7	14,5	19,5	-0,8
PUGLIA	4,3	3,7	128,2	121,7	-0,5
SARDEGNA	1,5	0,9	90,3	61,0	-0,5
SICILIA	13,4	5,9	365,9	187,9	-7,5
TOSCANA	6,1	5,2	88,7	87,0	-0,8
VENETO	17,9**	7,5***	70,0	80,7	-10,3
<b>Totale complessivo</b>	<b>91,9</b>	<b>56,6</b>	<b>1534,4</b>	<b>1306,4</b>	<b>-35,3</b>

\* di cui arretramento Delta F. Po EMR 10.7 kmq

\*\* di cui arretramento Delta F. Po VEN 16.2 kmq

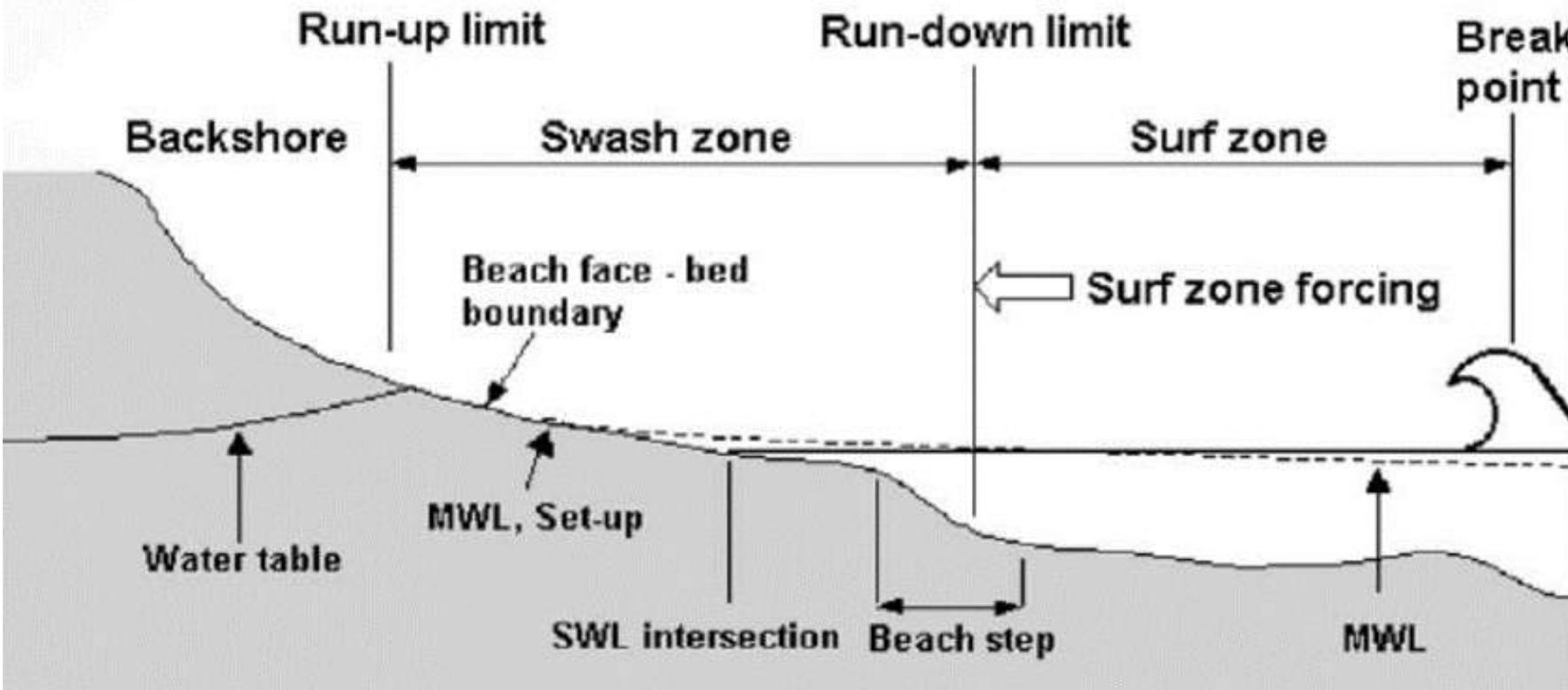
\*\*\* di cui avanzamento Delta F. Po VEN 3.1kmq

# Come si misura la linea di riva



## Monitoraggio della linea di riva da satellite

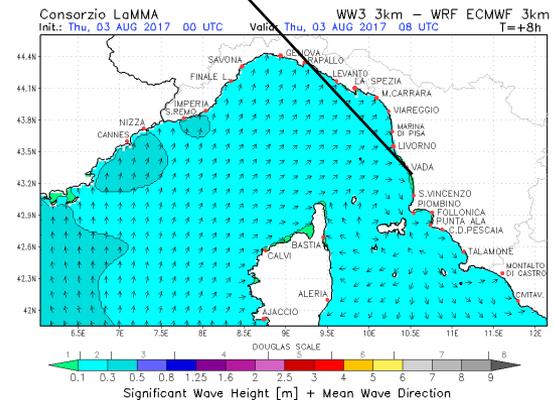
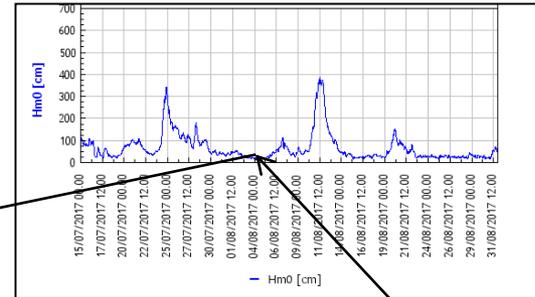




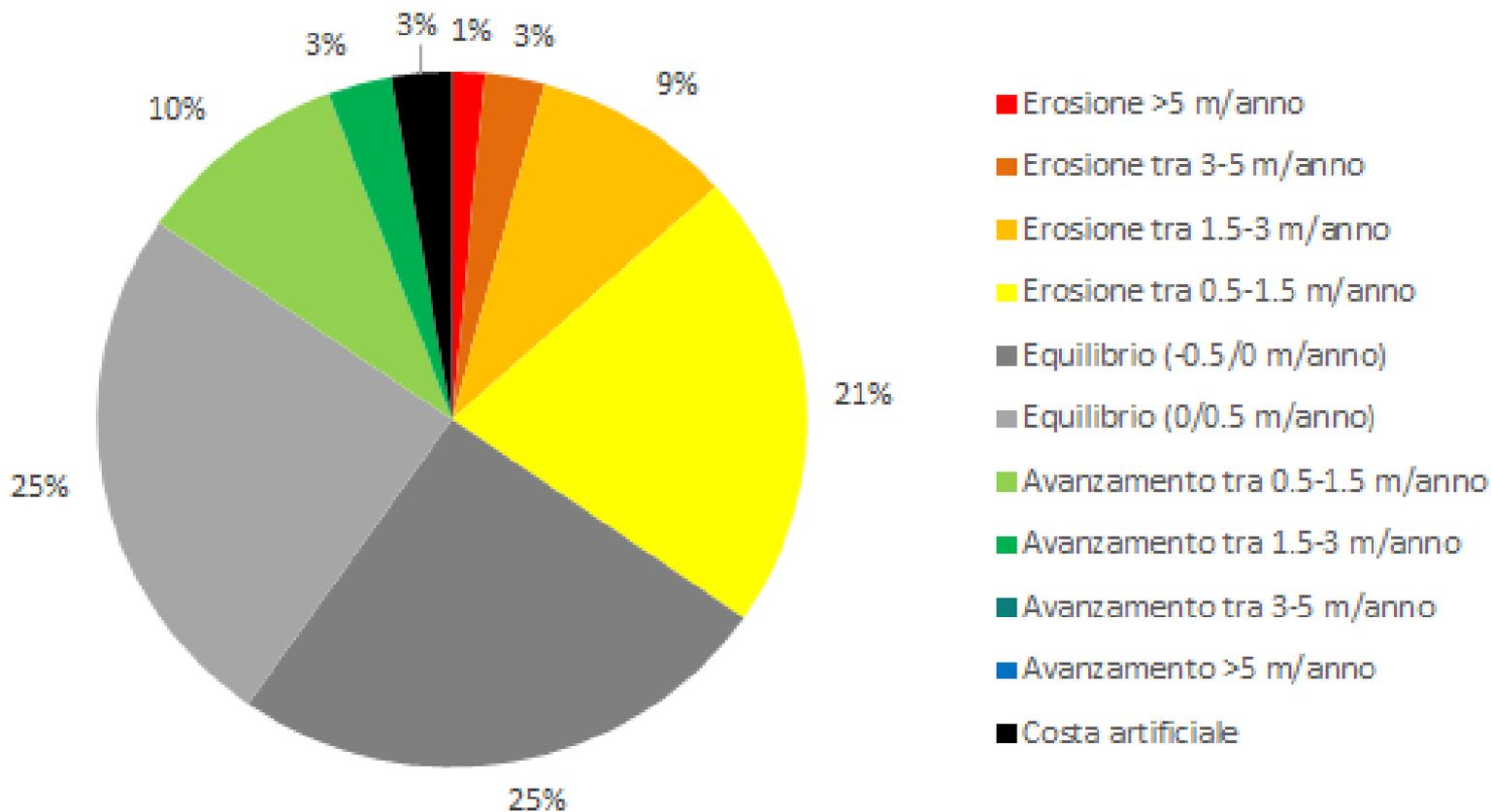
A titolo di esempio il valore medio dell'area di *swash* misurato nell'Area 1 (Cecinella) dall'immagine *Worldview2* acquisita in data 13/12/2016 è pari a 5,20 m, e quello ricavato dalle relazioni empiriche suddette è pari a 5,36 m.



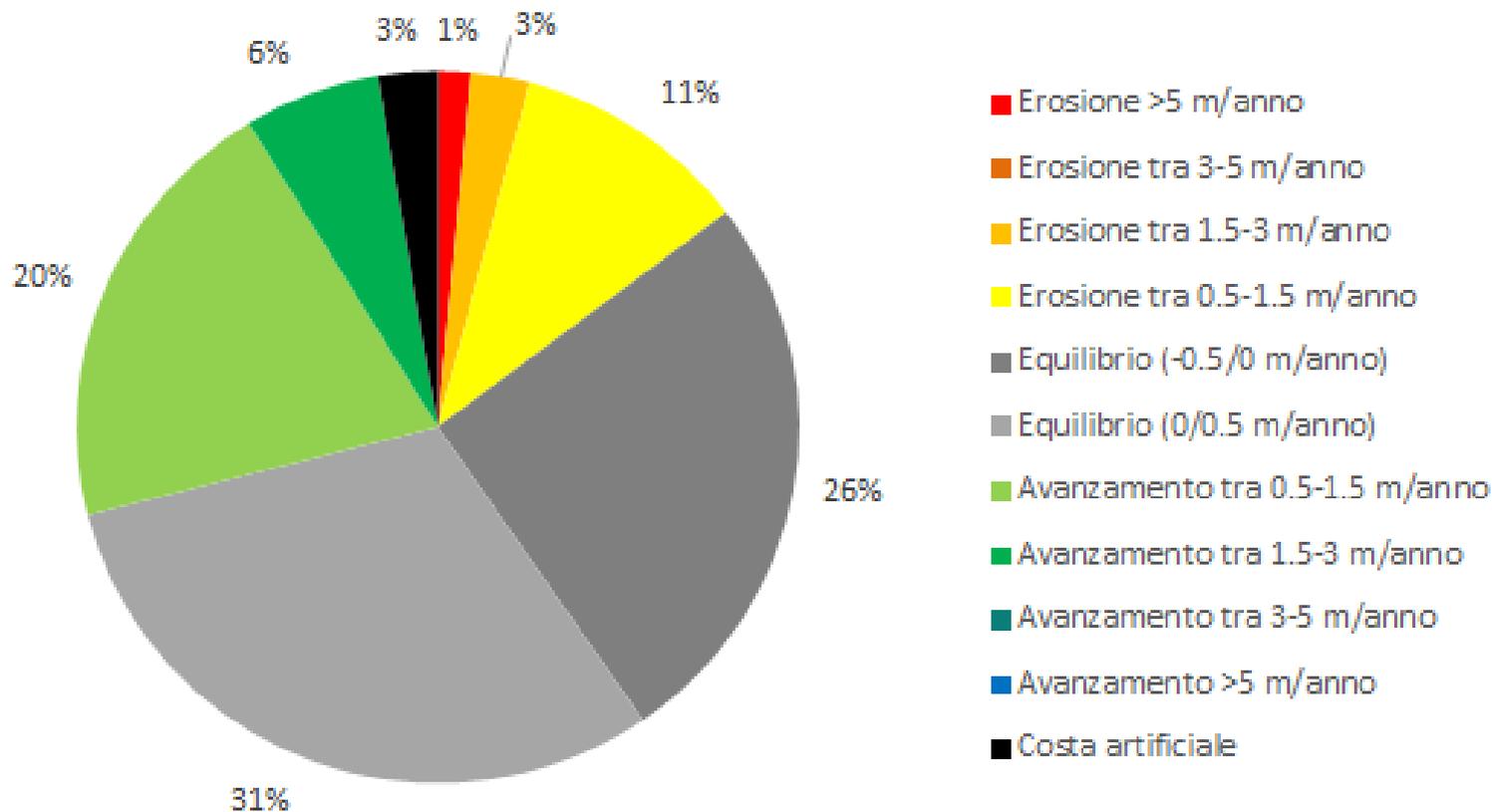
Utilizzo dei dati derivati dai modelli per calcolare l'ampiezza media del proxy da individuare sull'immagine



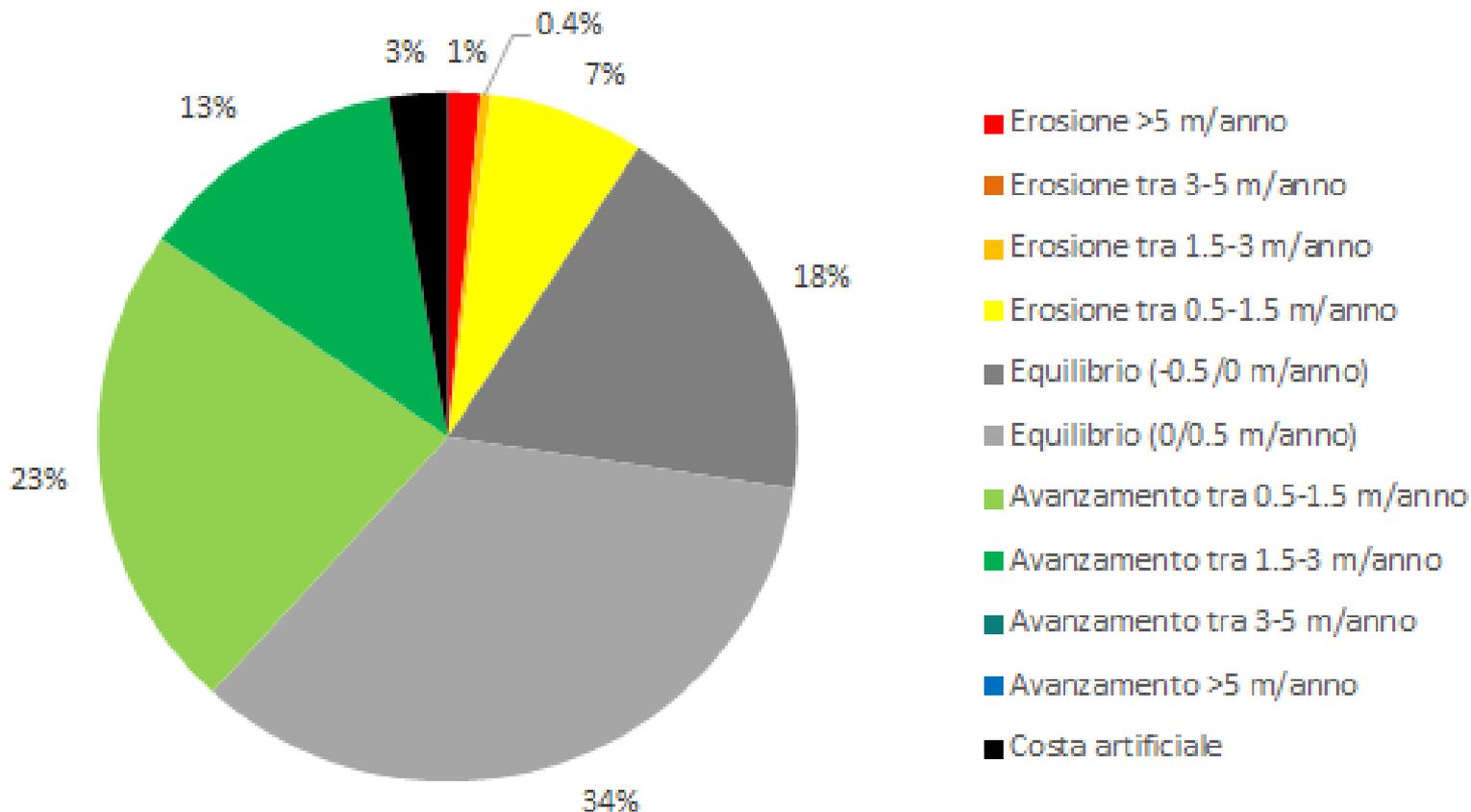
## Tassi annuali fra il 2005 ed il 2010

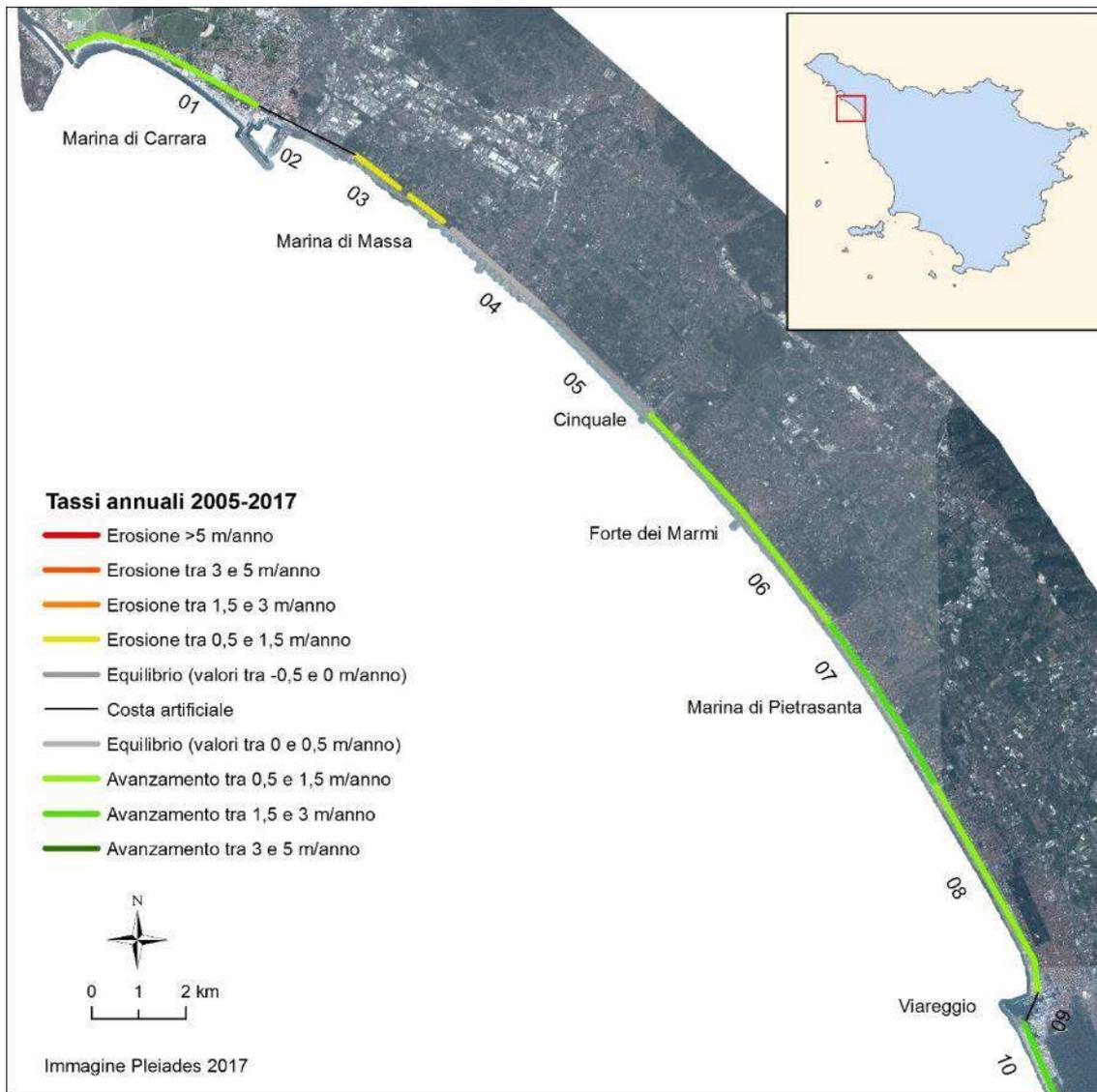


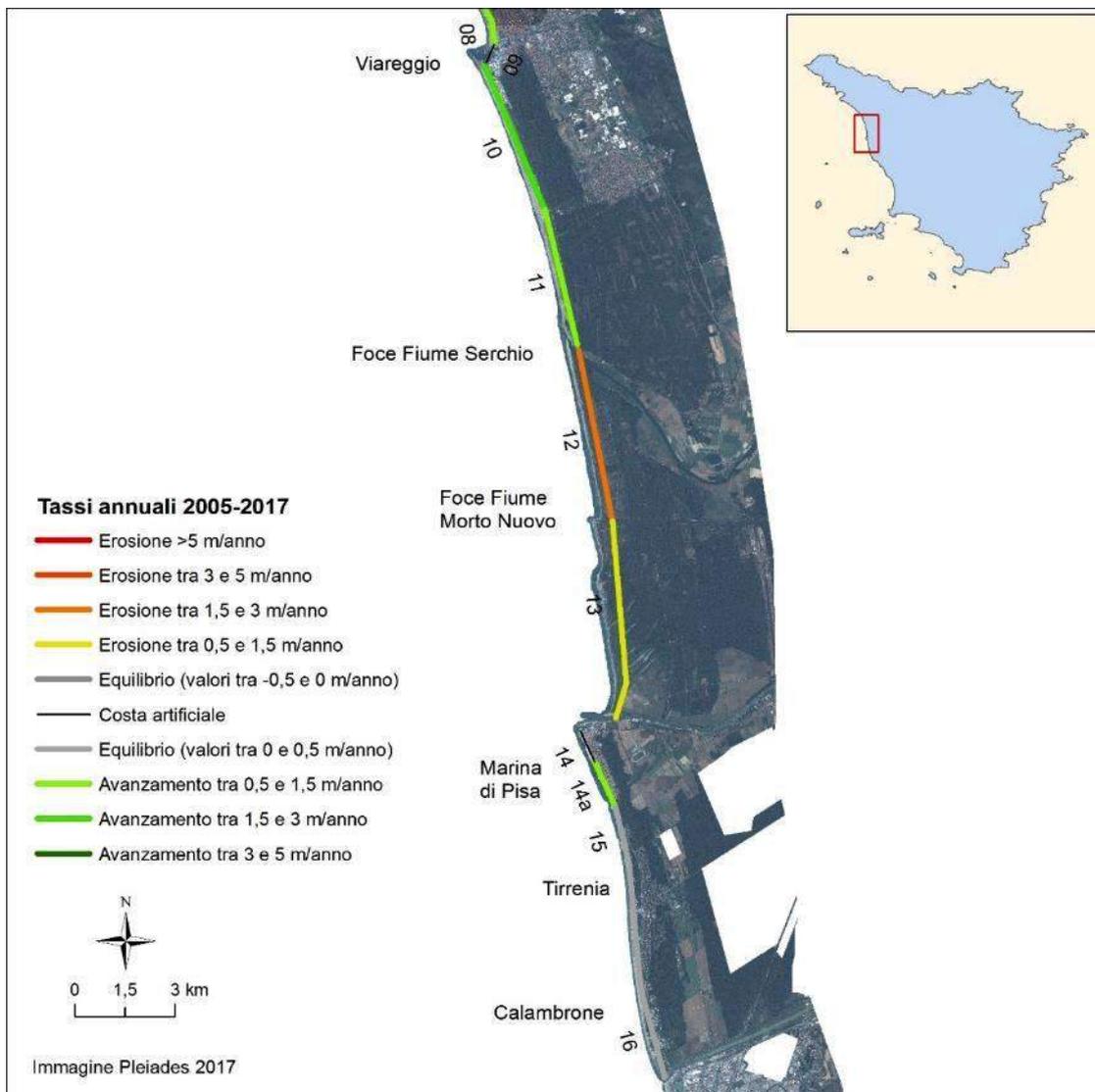
## Tassi annuali fra il 2005 ed il 2017

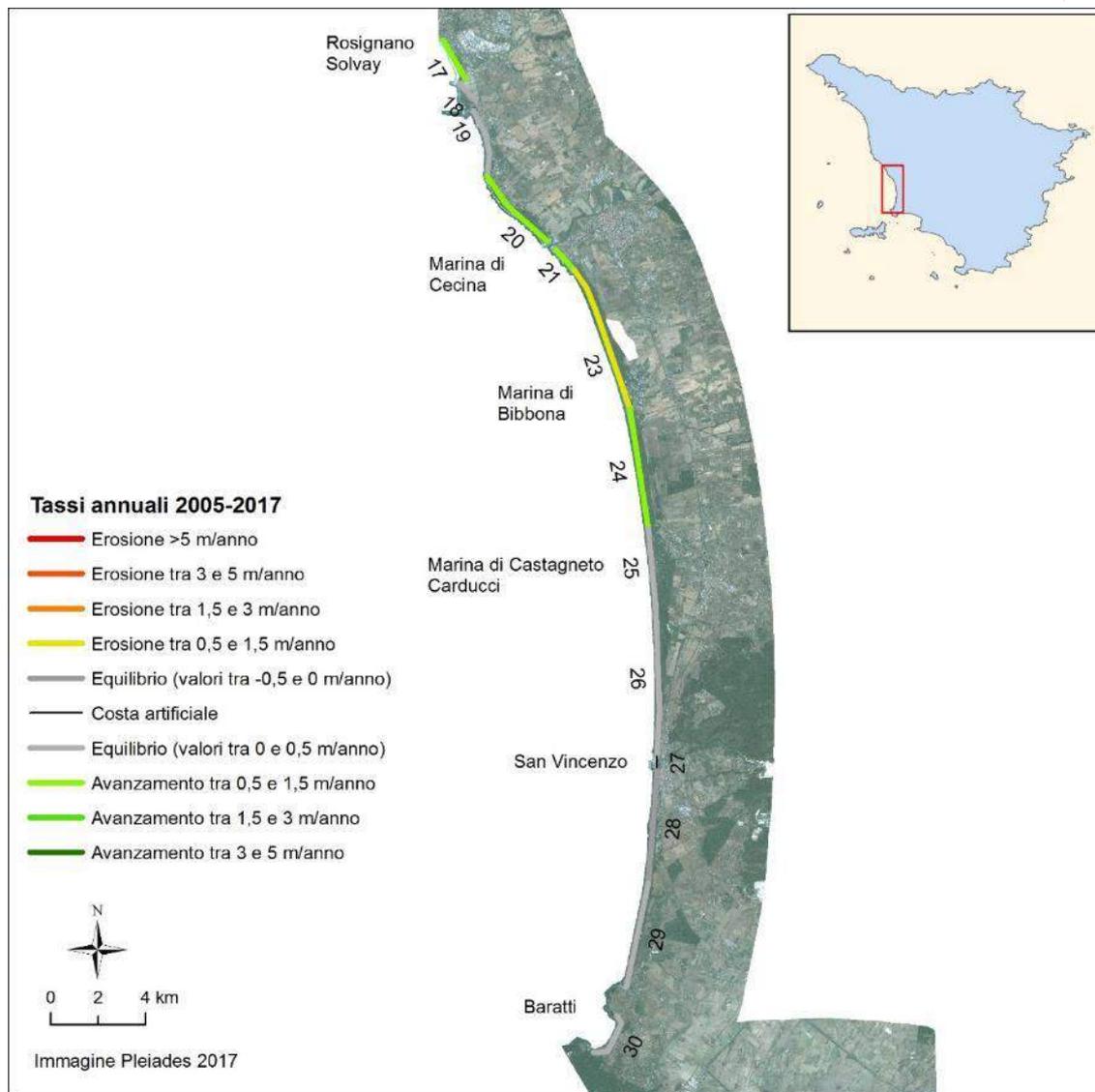


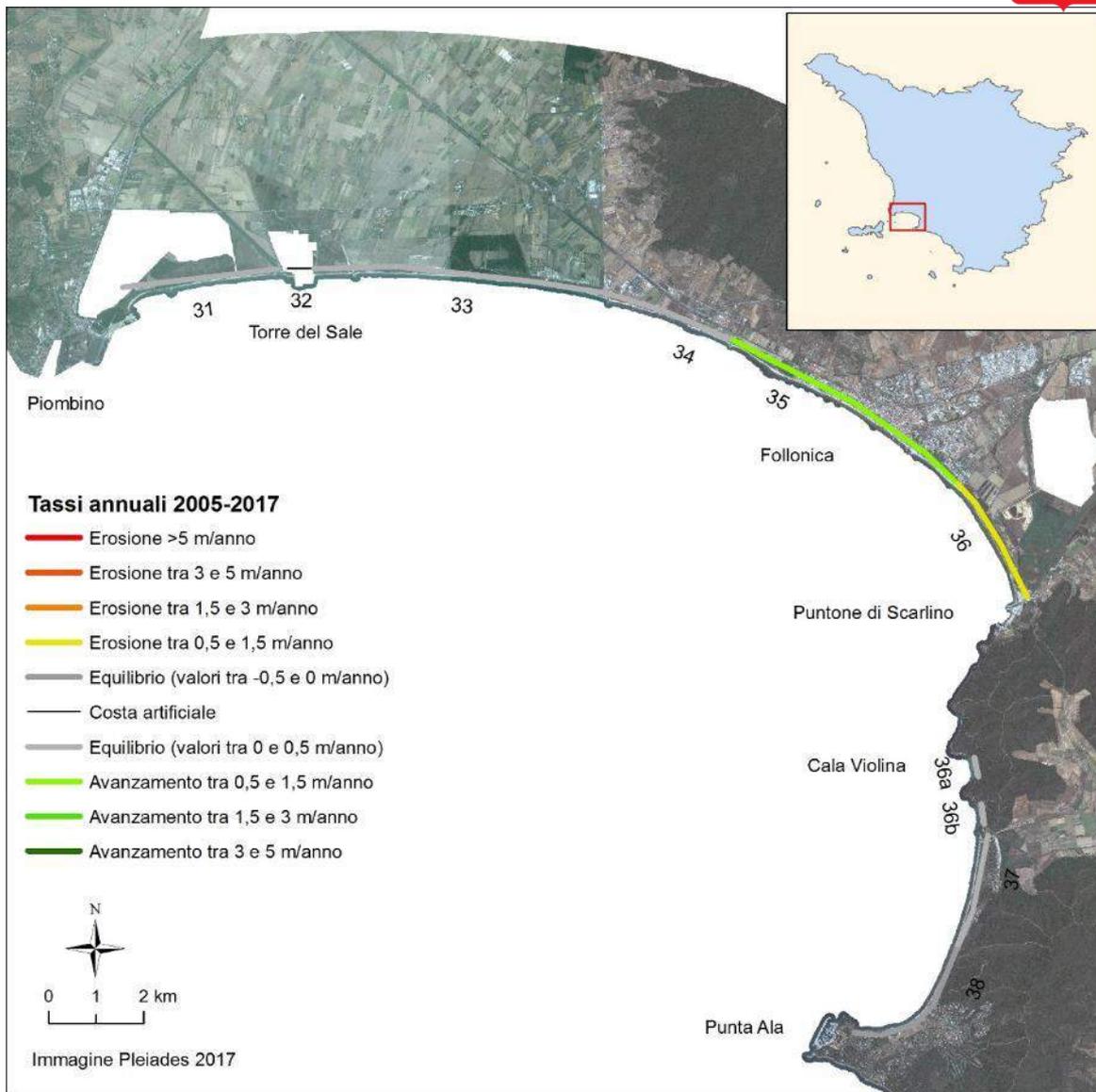
## Tassi annuali fra il 2010 ed il 2017

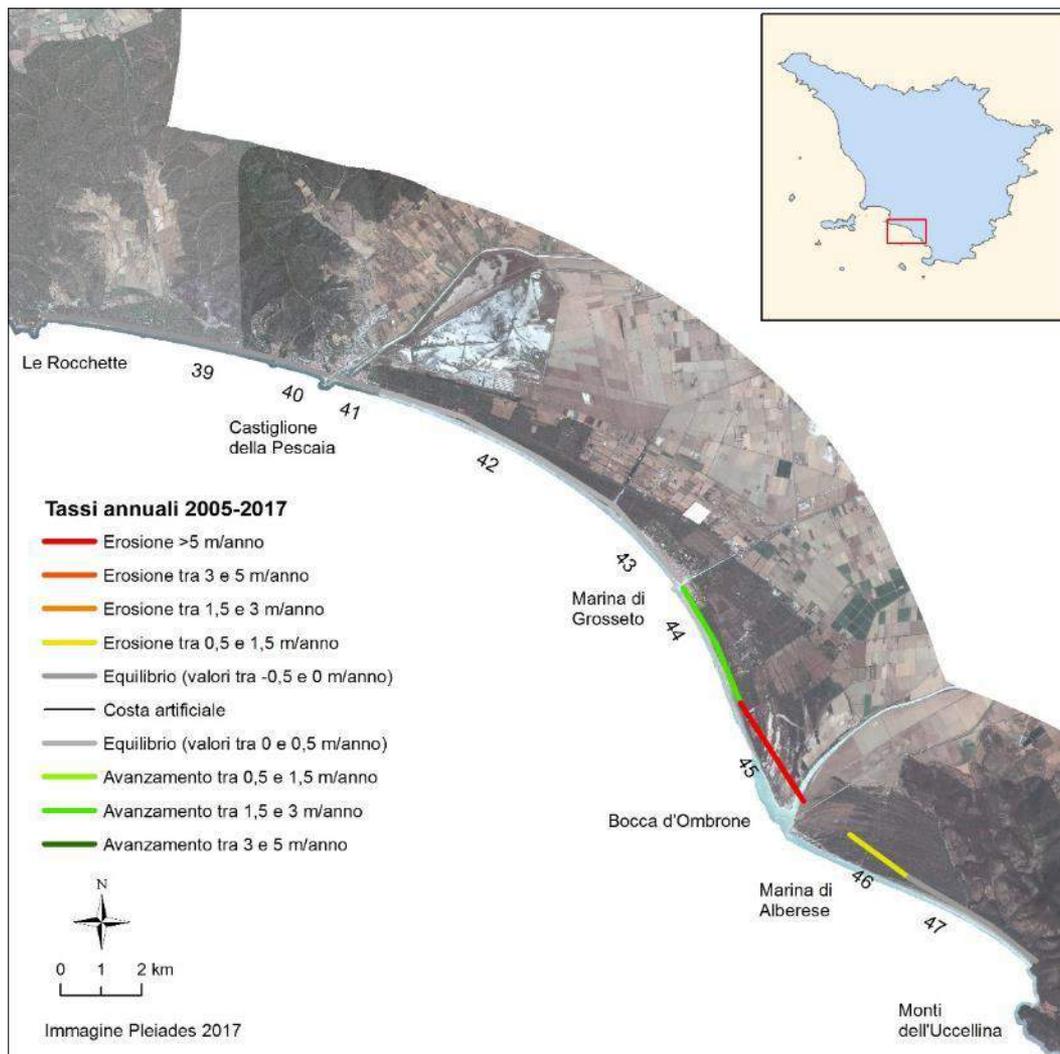


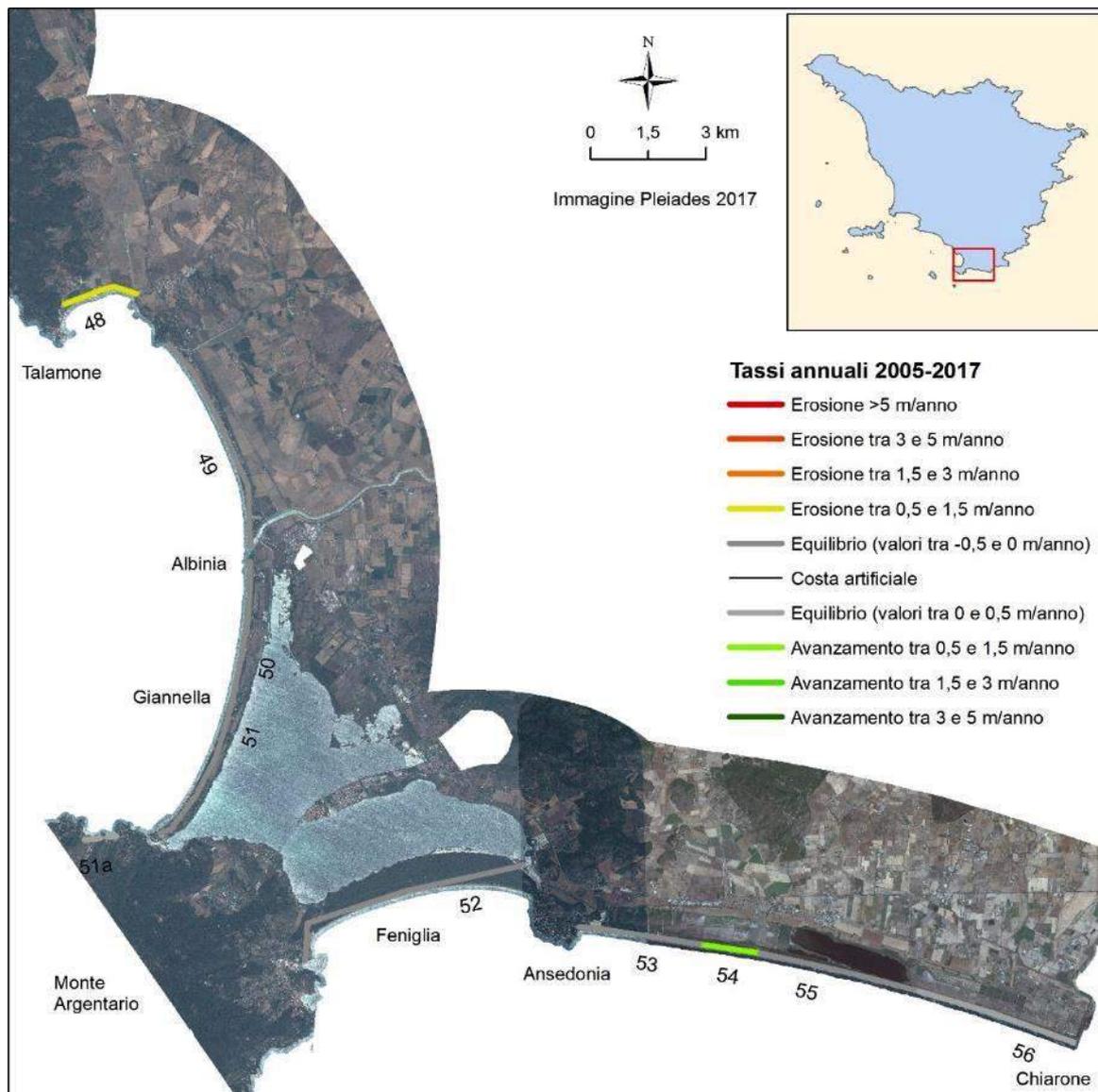












**Ai fini della Gestione Integrata della Zona Costiera, ci sono molti più aspetti da monitorare**

**Rilievo Lacona da UAV (nuvola di punti) - maggio 2016**

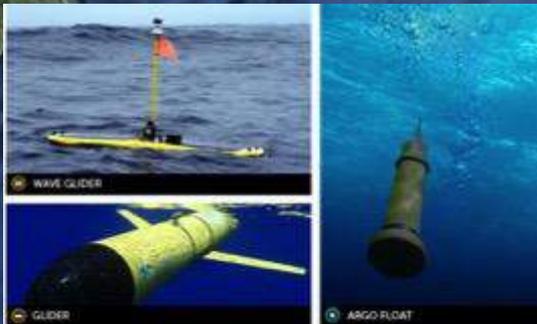


# Building a measurement network for sea observation and control

The FUTURE: sea OBSERVATION (2013-2015)



Starting from scratch:  
Multi-functionality  
Flexibility  
Integration (with existing and future system)  
Sustainability



©2013 Cnes/Spot Image

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth



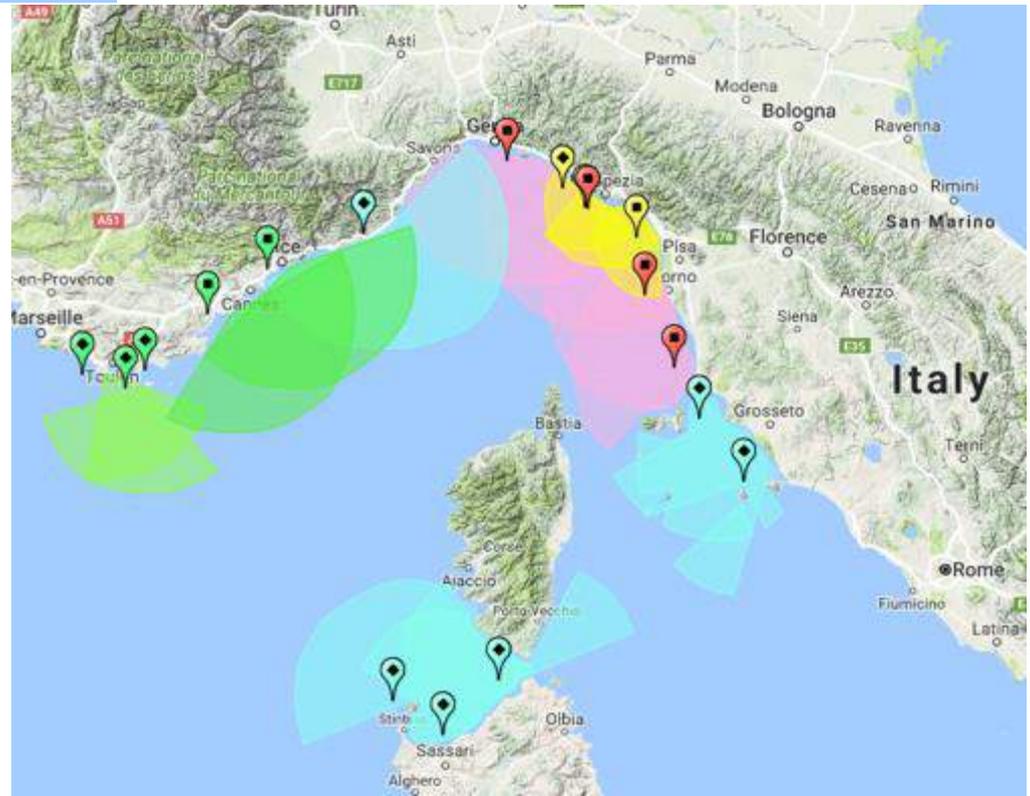
IMPACT

Hubporto Portuale su aree marine protette  
Azioni Cooperative Transfrontaliere

## La copertura radar in IMPACT.



### La copertura radar attesa per i prossimi anni.



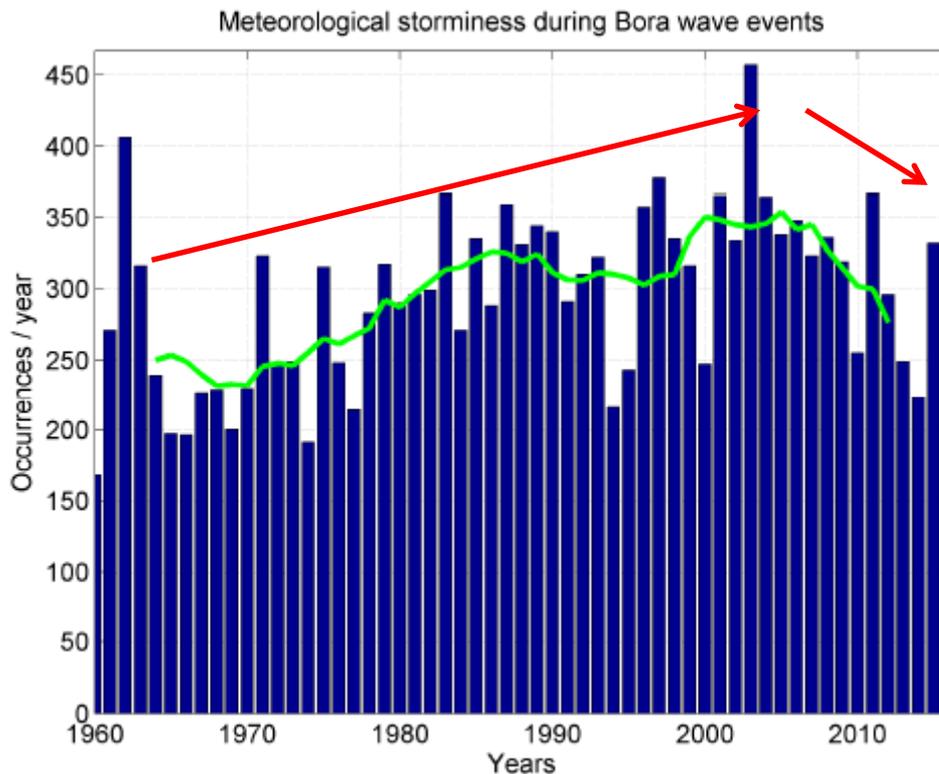
## Il clima meteomarinario varia



- Gli studi relativi all'impatto provocato dall'ampiamiento del porto turistico di San Vincenzo indicavano la necessità di prevedere dragaggi molto più consistenti di quelli che si sono poi verificati
- È possibile che questo errore di valutazione sia legato ad una variazione del clima meteomarinario che si è manifestata negli ultimi 15 anni, con una maggior frequenza di eventi da SE (Scirocco), rispetto al NW , con conseguente variazione del trasporto solido di equilibrio e dei punti di equilibrio dell'unità fisiografica
- Evidenze di questo tipo sono state evidenziate anche in altri paesi europei

“Stormy conditions” that may produce wave events have been defined as:

- Mean sea level pressure **difference** between **Rimini and Brindisi** > 0 mbar
- **Wind direction at Rimini** included into the range **0°-90°**



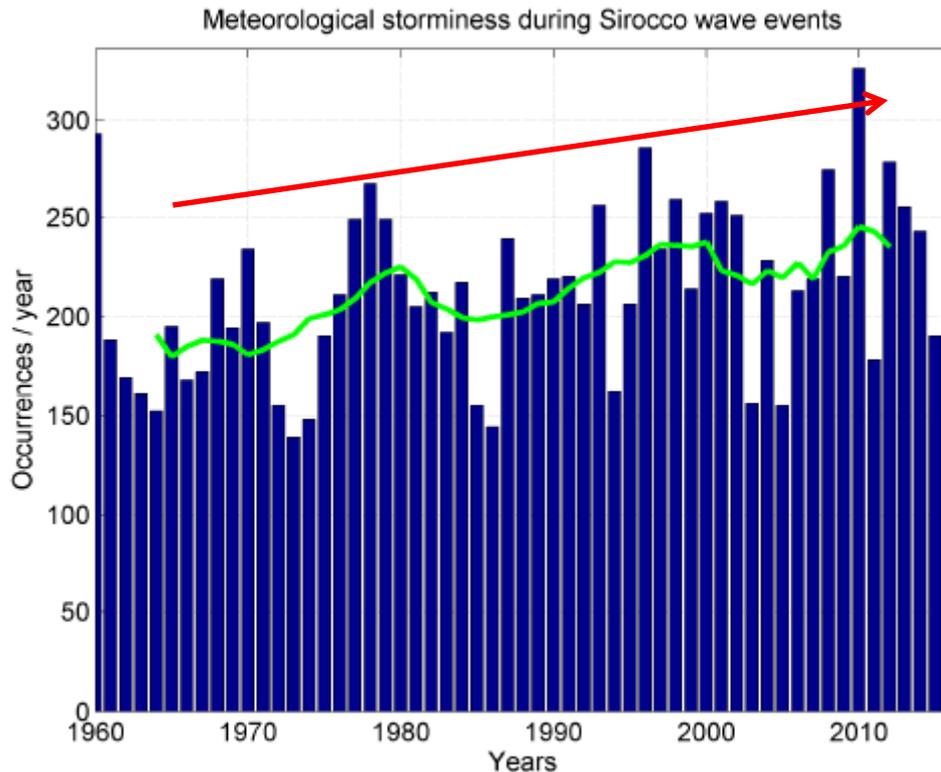
- ✓ Positive trend till the middle 2000s, when the sign inverted to negative.
- ✓ Similar behavior of the global case: bora events are the severest.

Per gentile concessione di:

Andrea Valentini, ARPA ER

“Stormy conditions” that may produce wave events have been defined as:

- Mean sea level pressure **difference** between **Rimini and Brindisi** < **2 mbar**
- **Wind direction** at Rimini included into the range **90°-180°**



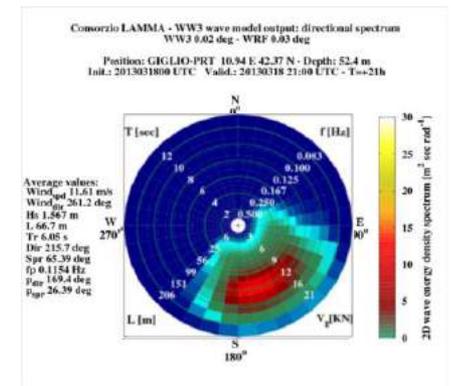
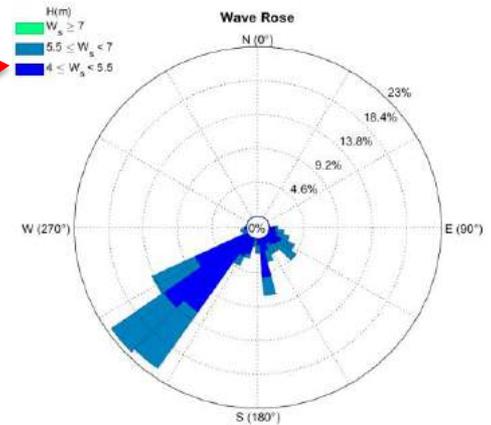
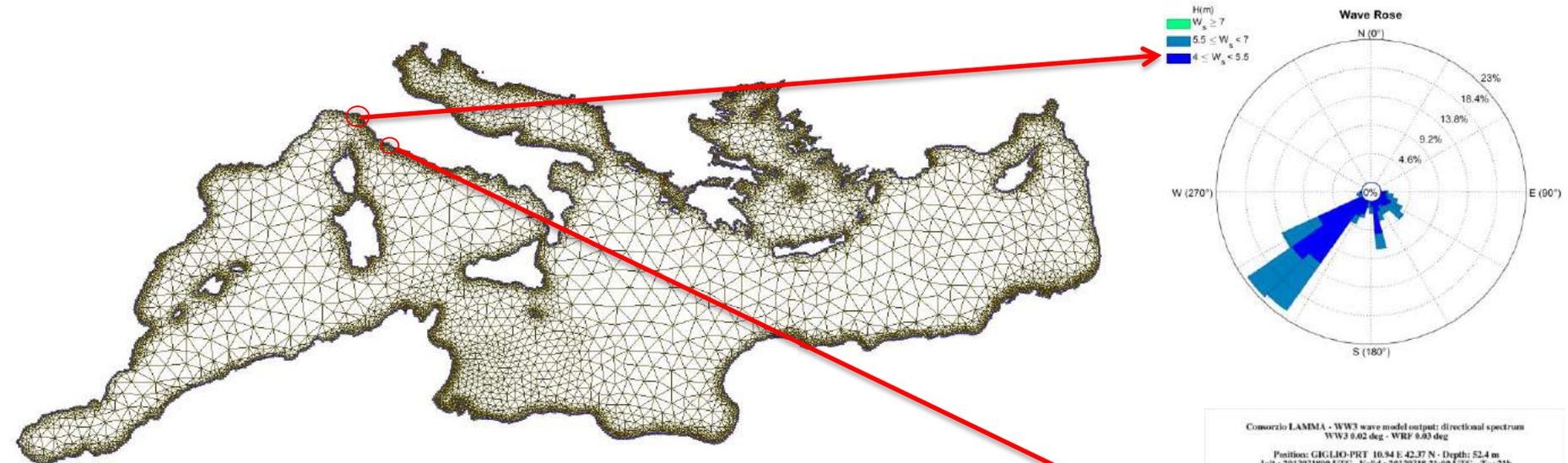
- ✓ **Small and mild positive trend** during the period 1960-2016, with large interannual variations but with a mildly ten-years moving average

Per gentile concessione di:

Andrea Valentini, ARPA ER



# Climatologia costiera

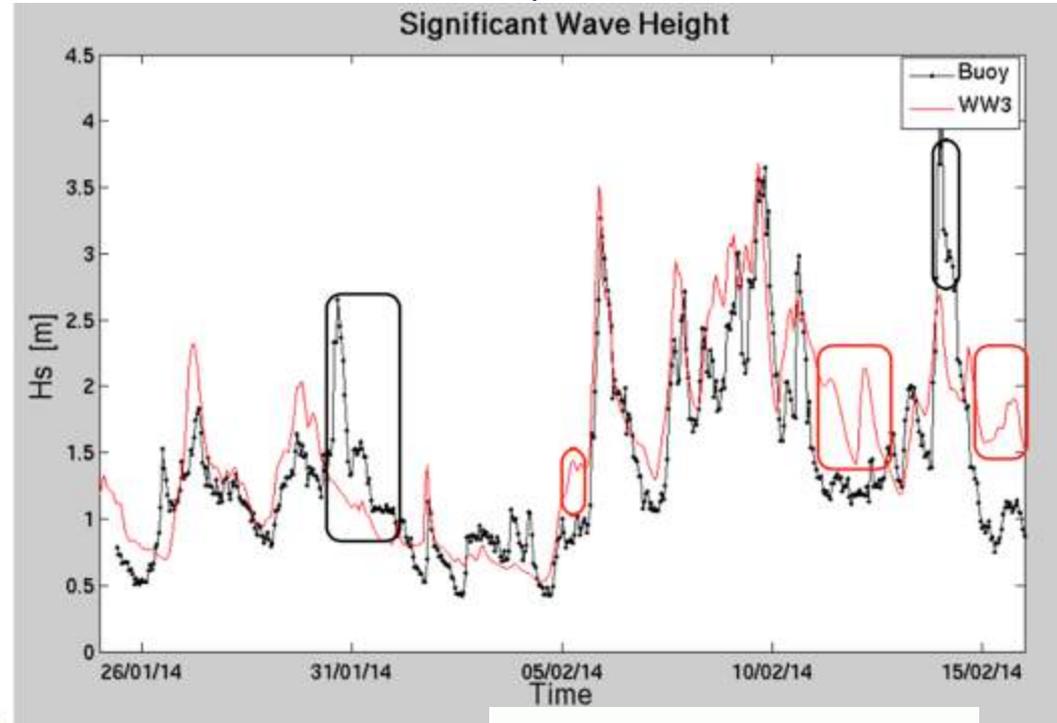
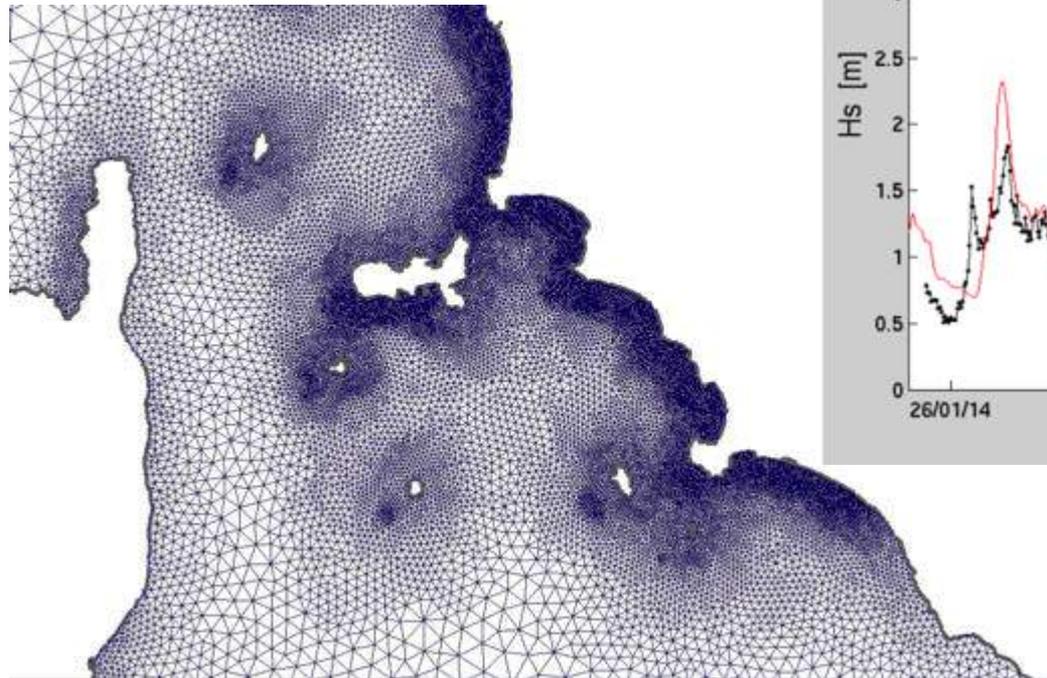


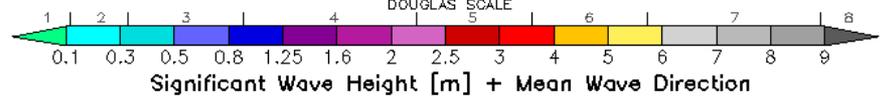
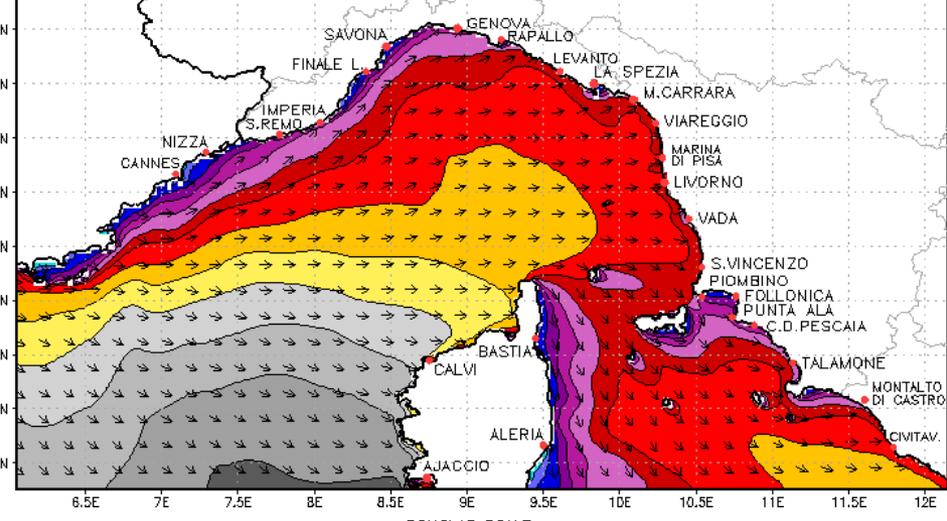
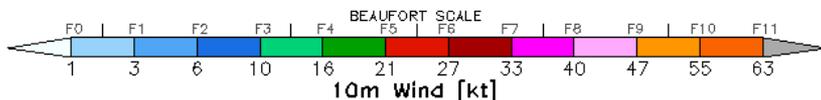
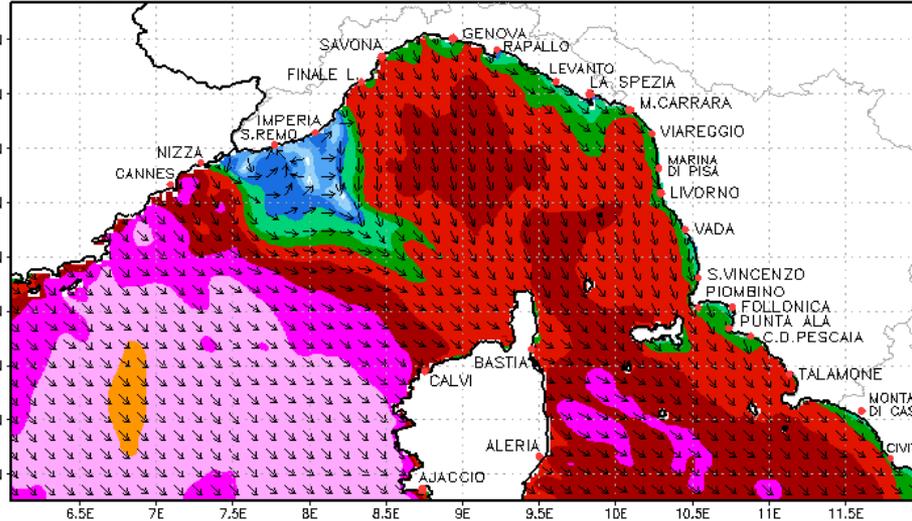
- Uso di maglia non strutturata per le onde
- 30-50 anni dati ECMWF WRF → WW3
- Climatologia tradizionale + climatologia spettrale (cogliere segnali di cambiamento)



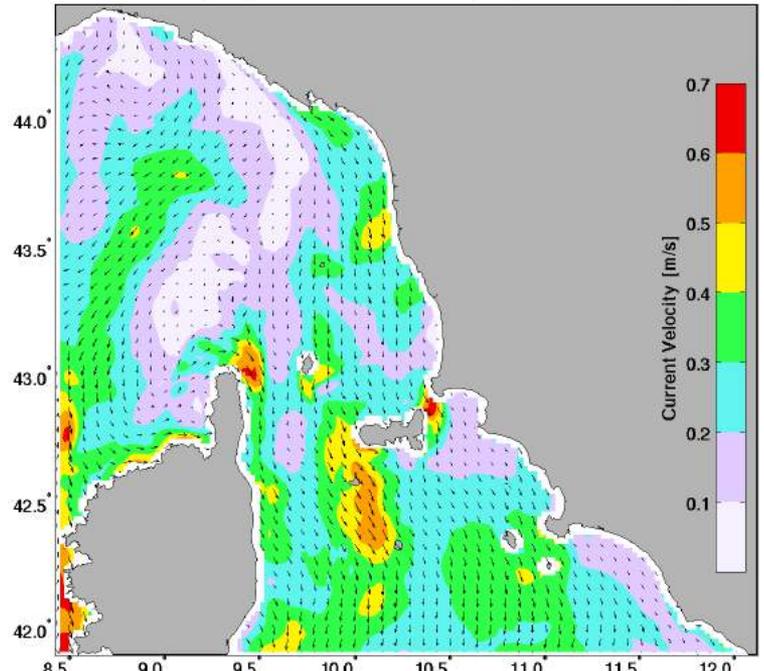
## Migliorare i modelli meteomarini per:

- Ridurre l'incertezza previsionale
- Ricostruire il passato (capire la storia dell'evoluzione costiera relativa agli ultimi decenni, e prevedere cosa succederà in futuro)





07 Mar 2017 03:00 (UTC) LaMMA - ROMS (2km) depth: -1 m



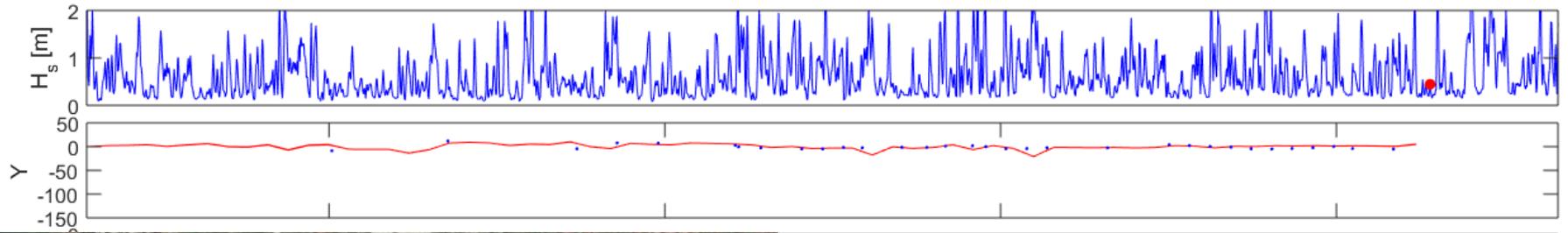
## Modelli operativi

Modelli meteorologici, di previsione delle onde, e di circolazione idrodinamica sono già operativi nello spazio di cooperazione transfrontaliera. Sono la base per costruire:

- Modelli di previsione del rischio
- Modelli climatologici per regionalizzazione del clima ondoso
- Modelli di evoluzione morfodinamica a lungo termine

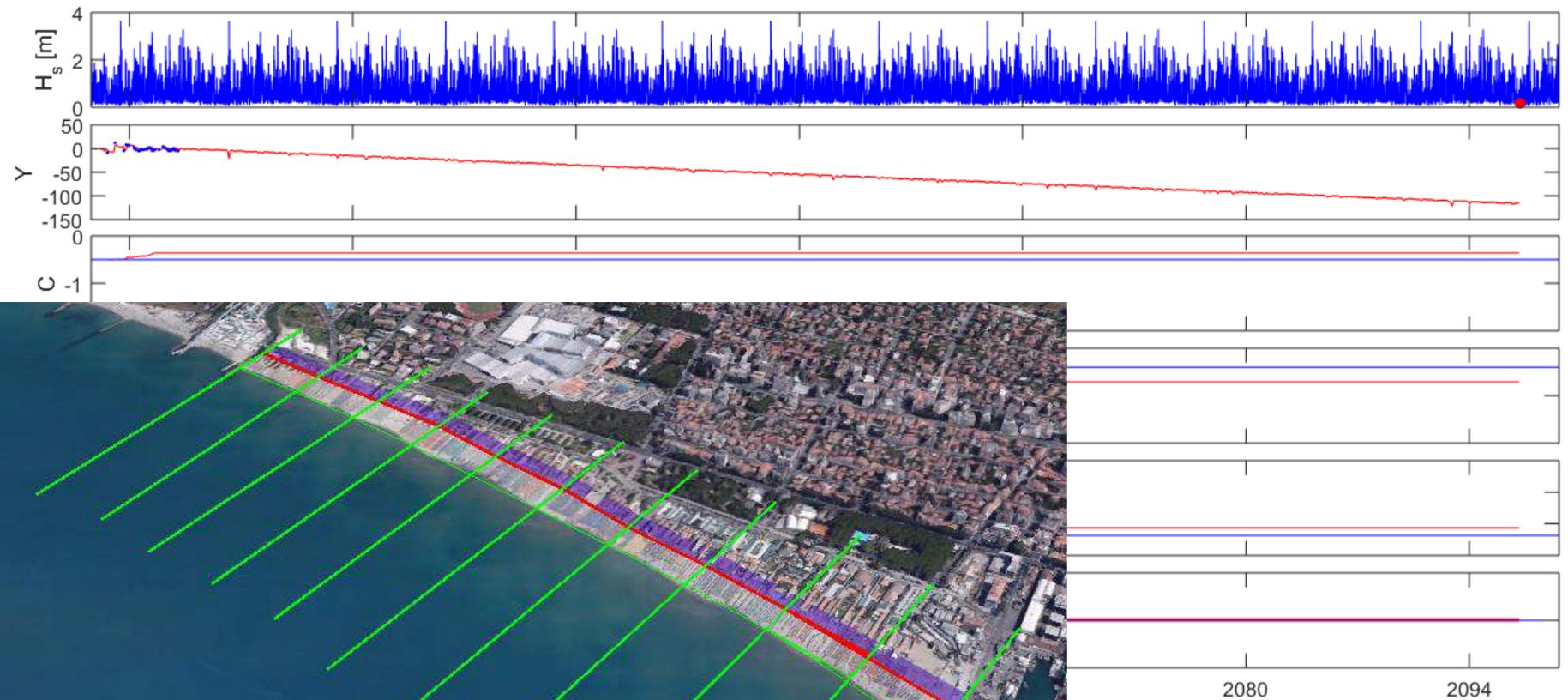


# Usare le onde per ricostruire il passato...





# ... e prevedere il futuro



Caso di SLR 48cm in 100 anni  
In rosso  
Ritiro della linea di riva di 69m  
In Blu  
Rischio di erosione di 108m

## Il progetto MAREGOT



Obiettivo: approfondire la conoscenza dell'erosione costiera e della dinamica dei litorali per individuare soluzioni congiunte ottimali a scala transfrontaliera.

Capofila: Regione Liguria;

Partner toscani: Regione Toscana, Univ. Di Firenze, Consorzio LaMMA



**Un approccio globale** al tema dell'erosione che comprende:

- Analisi dei fenomeni legati al moto ondoso e ai cambiamenti globali
- Analisi dei fenomeni legati al bilancio sedimentario
- Analisi del comportamento delle coste alte
- Ecosistemi e habitat costieri
- Gestione del rischio