

Soglie critiche per le mareggiate: un modello da esportare a scala nazionale?



Paolo Ciavola, Clara Armaroli, Mitchell Harley
Coastal Processes Research Unit (COPRU)
Università di Ferrara



**Morphological Impacts
and COastal Risks induced
by Extreme storm events**

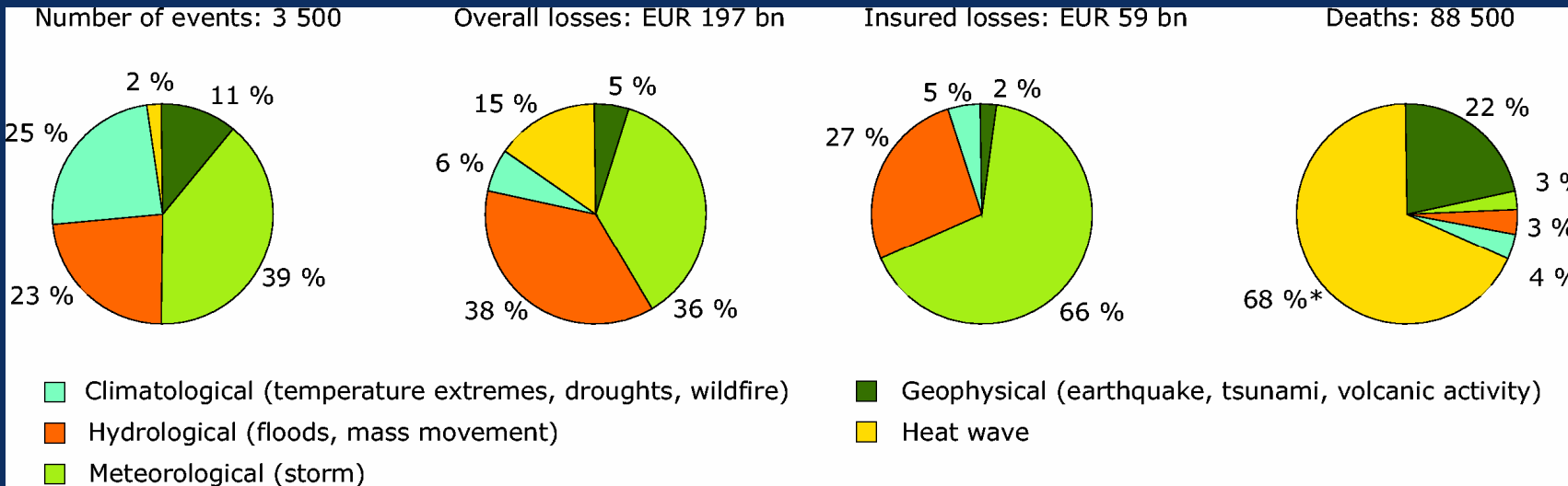
www.micore.eu

cvp@unife.it

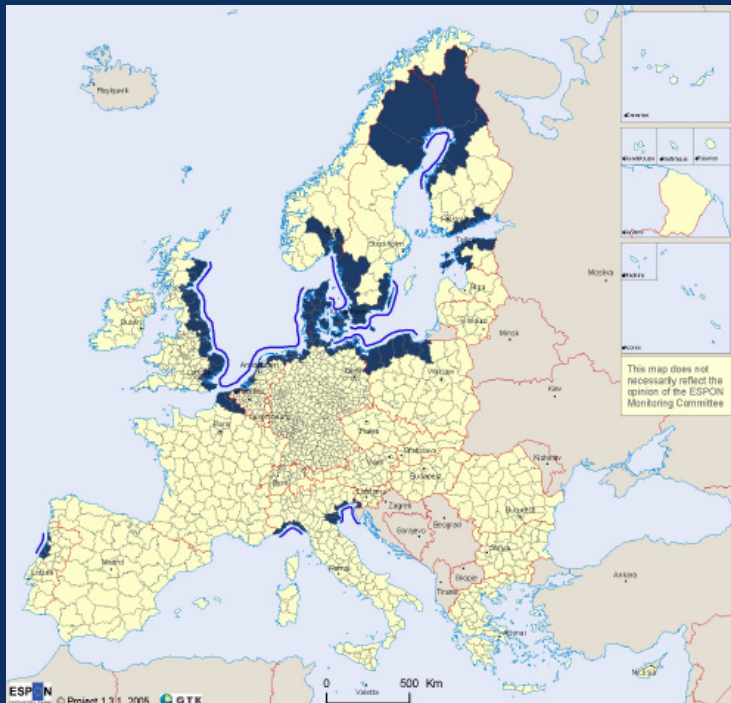


La vulnerabilità alle mareggiate è un problema europeo?

*Disastri naturali nella UE
EEA (European Environment Agency)*



Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



← **Zone esposte alle inondazioni marine**

→ **Siti di studio MICORE**

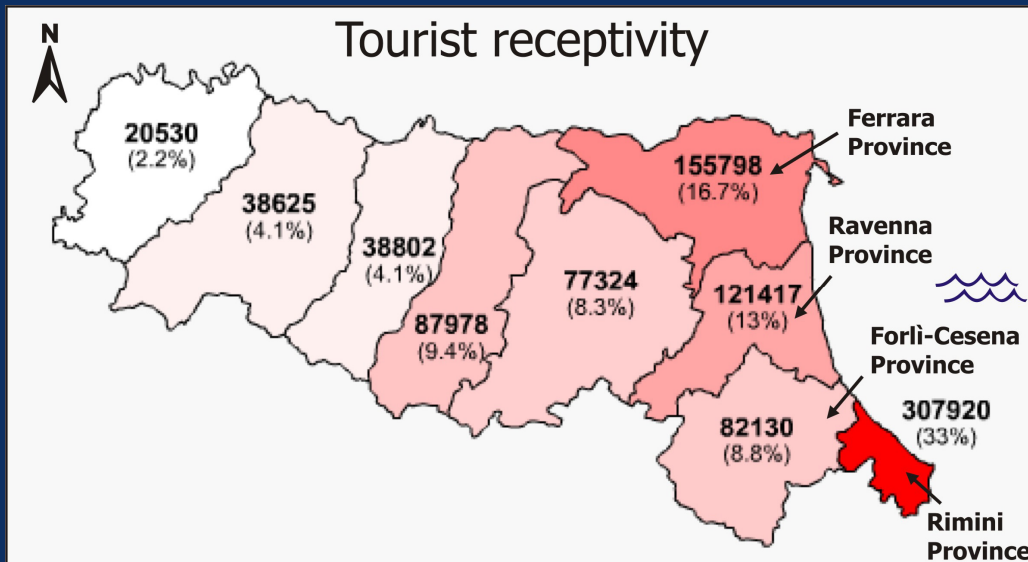


Obiettivi del progetto MICORE (EU-FP7)

- Studio dell'impatto delle mareggiate estreme
- Combinazione di meteorologia, geomorfologia, ingegneria costiera e impatto socio-economico
- Studio probabilistico delle mareggiate
- Impatto delle mareggiate sulle spiagge e sulle strutture antropiche
- Variazioni morfologiche
- Erosione ed inondazioni del retrospiaggia
- Supporto alla protezione civile
- Interventi di emergenza per arginare il fenomeno
- Identificazione delle zone da evacuare

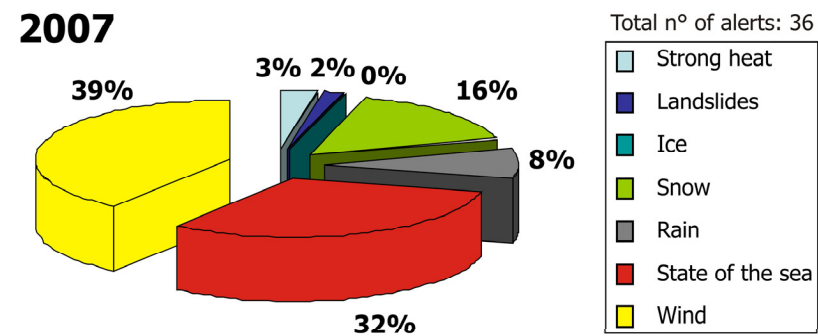
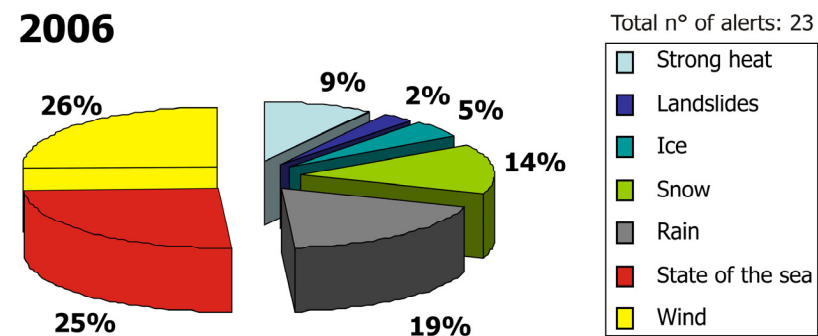
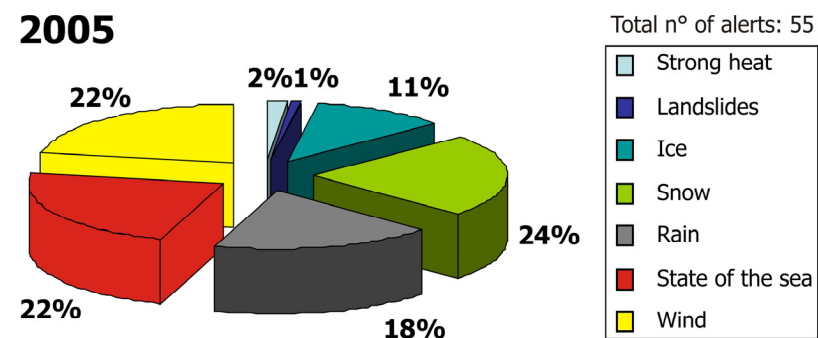
Esiste un problema di allerta sul rischio mareggiate in Emilia-Romagna?

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



Novembre 2002

Civil Protection warnings



Scenario probabilistico – T1

Acqua alta + risalita dell'onda + alta marea = h_{max}

	H_2O alta (m)	H_s (m)	T (s)
Input	0.85	3.3	7.7

45 cm

Yu et al., 1998; CENAS IDROSER, 1996

$$R_{2\%}^T = 0.36 \cdot g^{1/2} \cdot S \cdot H_{\infty}^{1/2} \cdot T$$

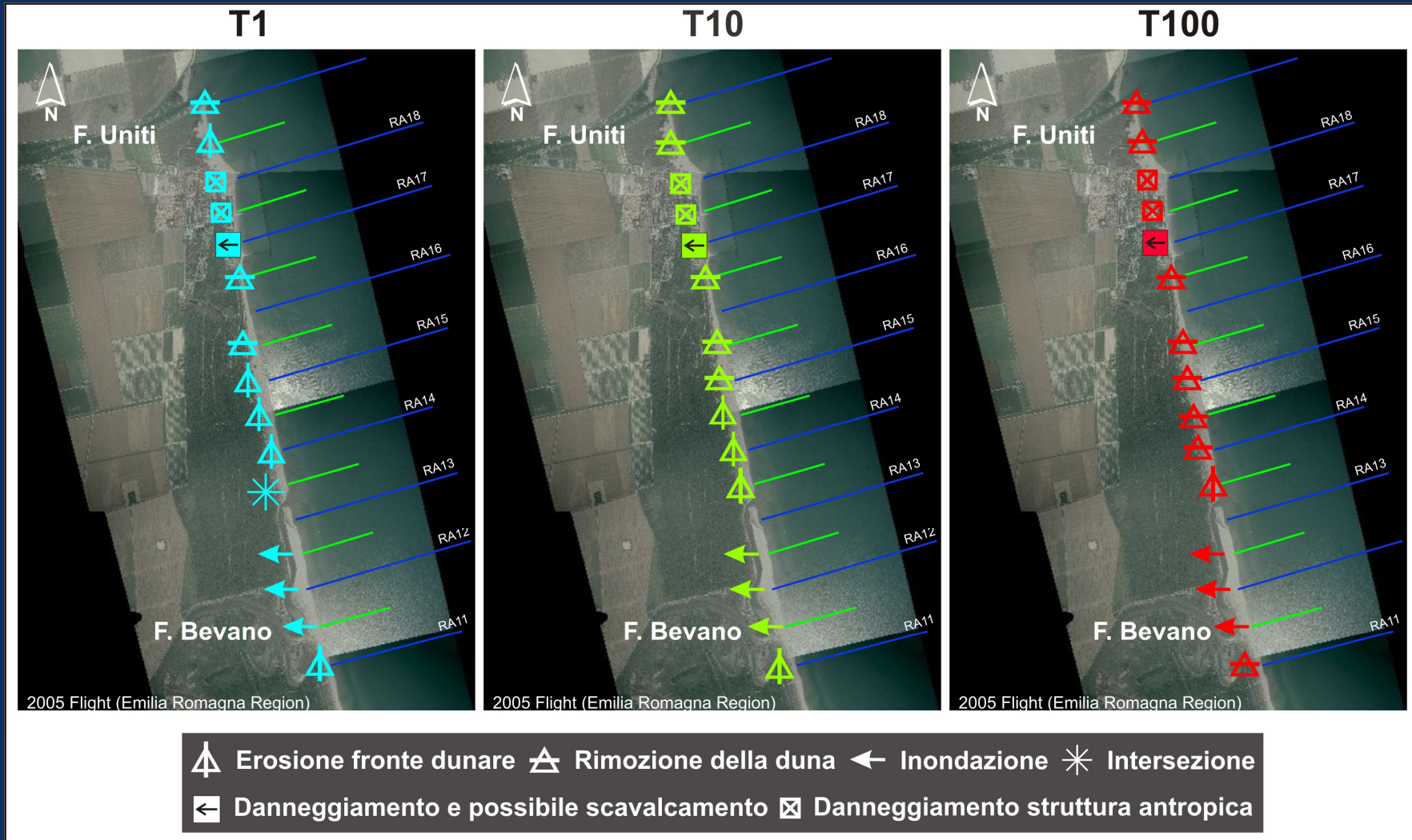
Holman, 1986, modificata in Komar, 1998 per includere il set-up

Con:

H_{∞} : altezza d'onda in mare profondo, T: periodo dell'onda, S: pendenza della spiaggia, g: accelerazione di gravità

Obiettivo "strategico": identificare la vulnerabilità su base probabilistica

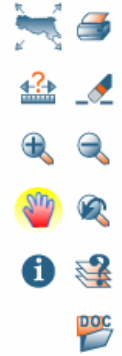
Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



Esempio da Lido di Dante, Ravenna (Ciavola et al. 2008), risultati consultabili su web GIS SGSS-RER



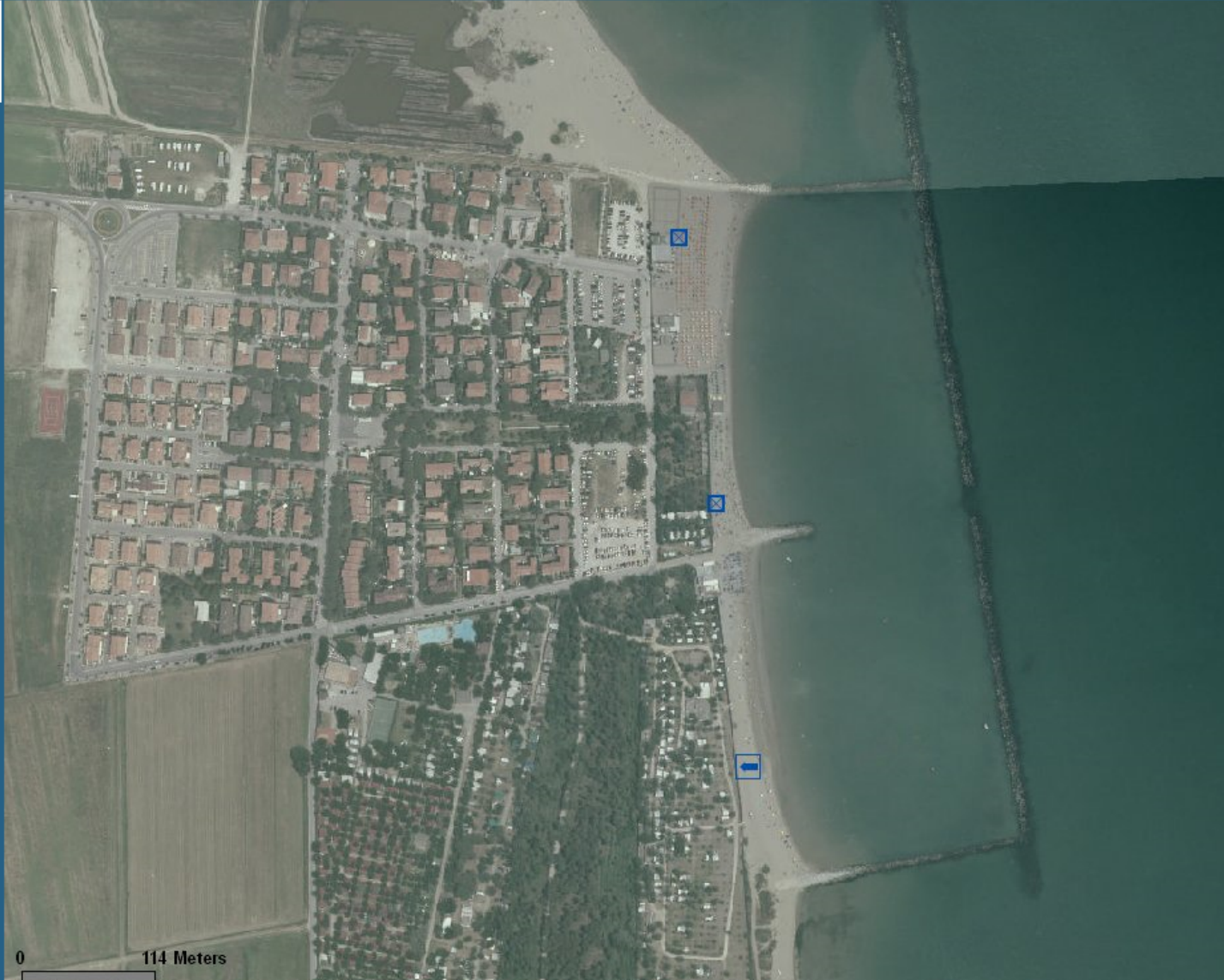
STRUMENTI



SCALA

1 : 4.303

CREDITS



INTERROGA LIVELLO

- scegli il livello da interrogare -

POSIZIONA PER

- scegli criterio -

LIVELLI CARTOGRAFICI

LEGENDA

- Limiti amministrativi**
- Vulnerabilità mareggiate**
 - eventi T1 (puntuale)
 - eventi T10 (puntuale)
 - eventi T100 (puntuale)
 - eventi T1 (lineare)
 - eventi T10 (lineare)
 - eventi T100 (lineare)
- Basi topografiche**
- Idrodinamica**
- Quadri di unione**
- Linee di Costa**
- Isobate**
- Opere di Difesa**
- Geologia Mare**
- Geomorfologia Costiera**
- Uso del Suolo della Costa**
- Ortofotopiani**
 - VOLO COSTA 2005
 - VOLO IT 2000
 - VOLO COSTA 1992
 - VOLO COSTA 1991
 - VOLO COSTA 1982
 - VOLO RER 1976-78
 - VOLO GAI 1954-55
 - VOLO RAF 1943-44
- Altimetria**
- Modello Digitale Batimetrico**

ridisegno automatico

Abitato di Lido di Dante (RA)

Obiettivo operativo: l'allerta morfologica

- E' necessario definire i livelli di rischio, identificando appropriate **soglie delle forzanti** (onde, maree) per il verificarsi di variazioni morfologiche o danni alla fascia costiera
- Analisi delle forzanti per definire la **probabilità che determinati eventi si verifichino**
- Accesso a un **modello di previsione delle forzanti** in grado di fornire simulazioni su scenari a 48 ore
- Utilizzo di un **modello morfodinamico validato** per eventi estremi

Mareggiata ??



- **APAT : “Italian Wave Atlas” – 2004**
 - persistenza dell’altezza d’onda soprasoglia di **1 m** maggiore di **12 ore** consecutive;
 - attenuazione dell’altezza d’onda sotto la soglia di 1 m per meno di **6 ore** consecutive;
 - appartenenza della direzione di provenienza **$\pm 30^\circ$** rispetto alla direzione iniziale.
 - La mareggiata viene identificata assegnandole i valori di altezza d’onda, periodo e direzione corrispondenti al culmine d’intensità della successione di stati di mare
- **Cavalieri et al., 1996**
 - Altezza significativa massima superiore a **2 m**;
 - Intervallo tra due picchi successivi di almeno **24 ore**;
 - Tra due picchi successivi, l’altezza significativa si abbassa a meno del 50% del primo picco.
- **Armaroli et al. 2007.**
 - Altezza significativa minima di **1.5 m** e durata minima di **6 ore**;
 - appartenenza della direzione di provenienza **$\pm 45^\circ$** rispetto alla direzione iniziale
 - Intervallo minimo tra due eventi successivi di **12 ore**
- **ARPA-SIMC e UNIFE-Progetto MICORE**
 - Altezza significativa superiore a **1.5 m** per un tempo di almeno **6 ore**;
 - Due eventi sono separati se l’altezza significativa rimane inferiore a 1,5 m per almeno **3 ore**;
 - Nessun filtro sulla direzione

Il ruolo dell'acqua alta (*storm surge*) in Emilia Romagna

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna

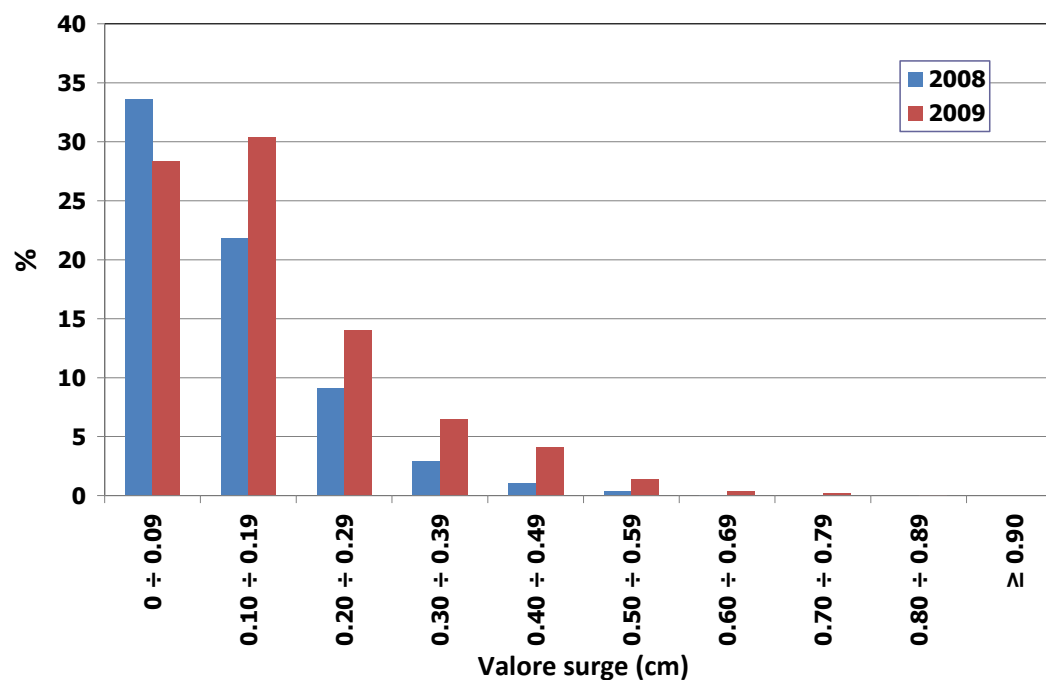
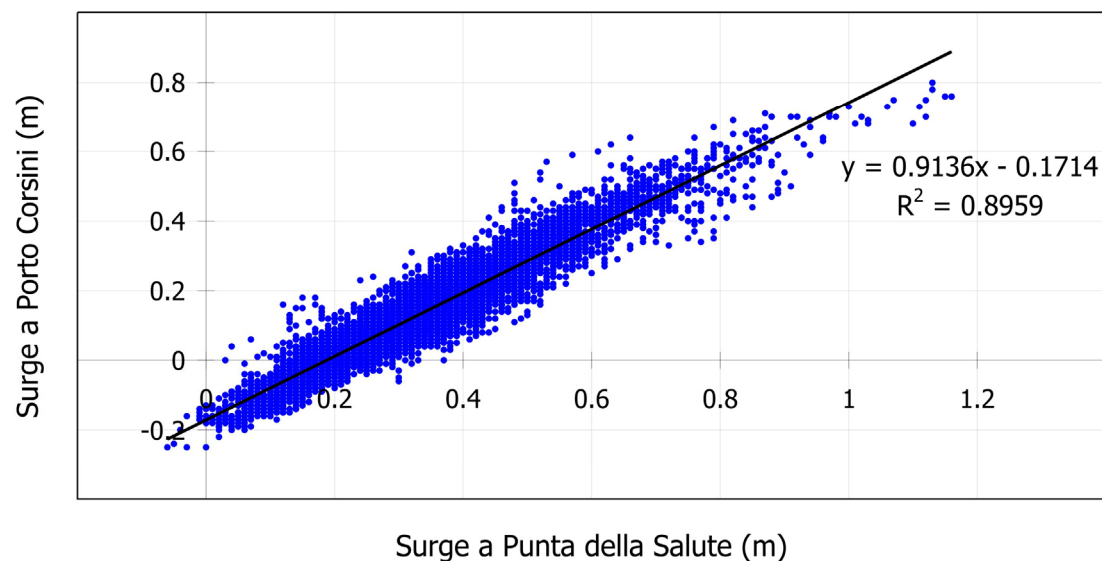
Massimi Livelli Mareografo di Porto Corsini

Ranking	2008	2009
1	0.97 m 01/12/2008	1.01 m 23/12/2009
2	0.87 m 11/12/2008	0.94 m 03/02/2009
3	0.86 m 15/12/2008	0.93 m 19/12/2009

Dati da:

**Masina e Ciavola, Studi Costieri,
in stampa**

ANNO 2009
Ravenna vs Venezia



Creazione di valori soglia di altezza d'onda e livello del mare

Informazioni utilizzate:

Zone naturali:

- 1) Analisi degli scenari ottenuti da calcoli utilizzando le "forzanti" derivanti dalla letteratura (CENAS e IDROSER);
- 2) Rilievo Lidar del 2003 (ENI) confrontato con rilievo Lidar del 2004 (RER);
- 3) Monitoraggio dei profili topografici, inverno 08-09;
- 4) Indice Dune Safety Factor (Armaroli et al, in stampa su *Geomorphology*).

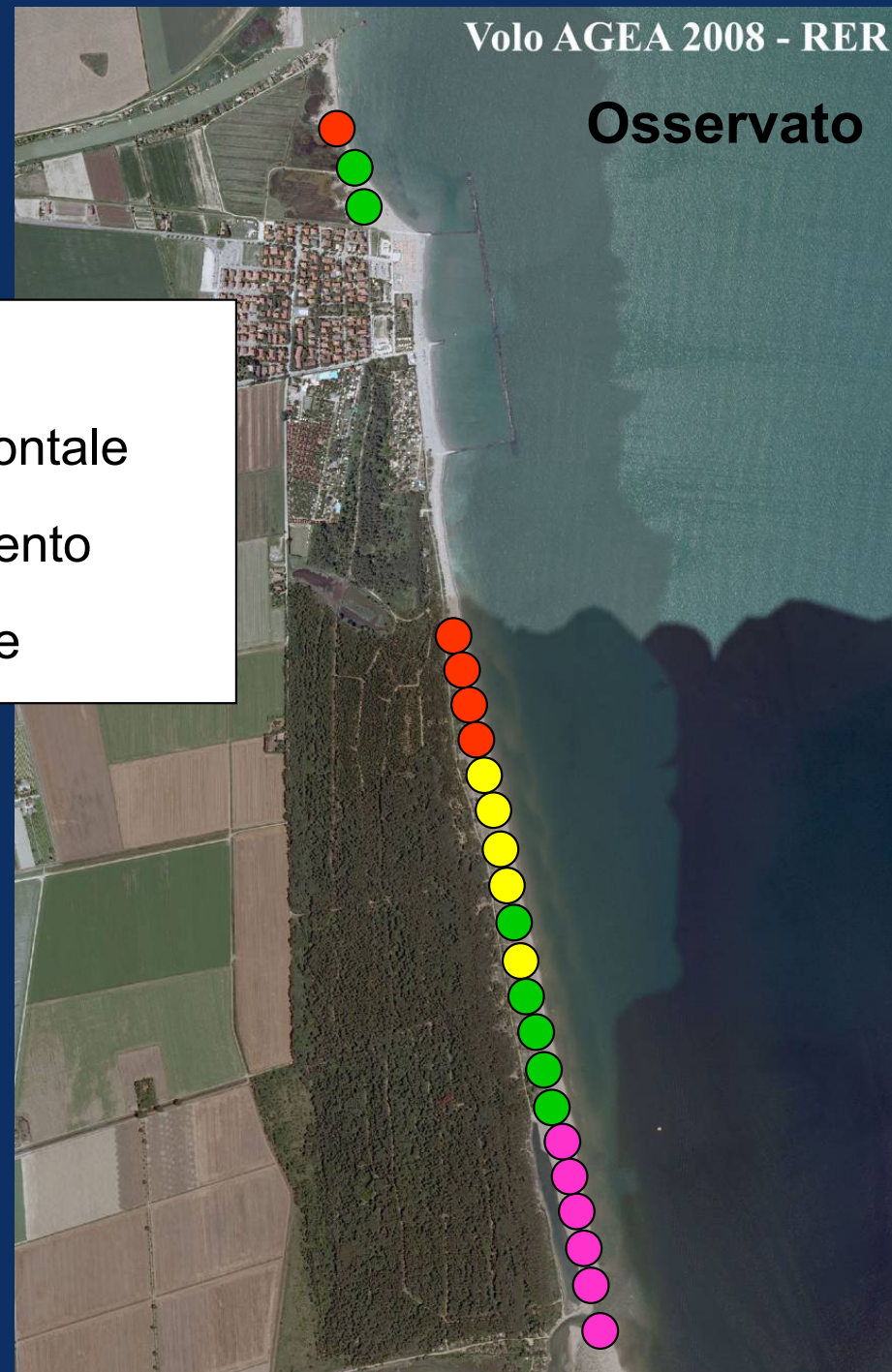
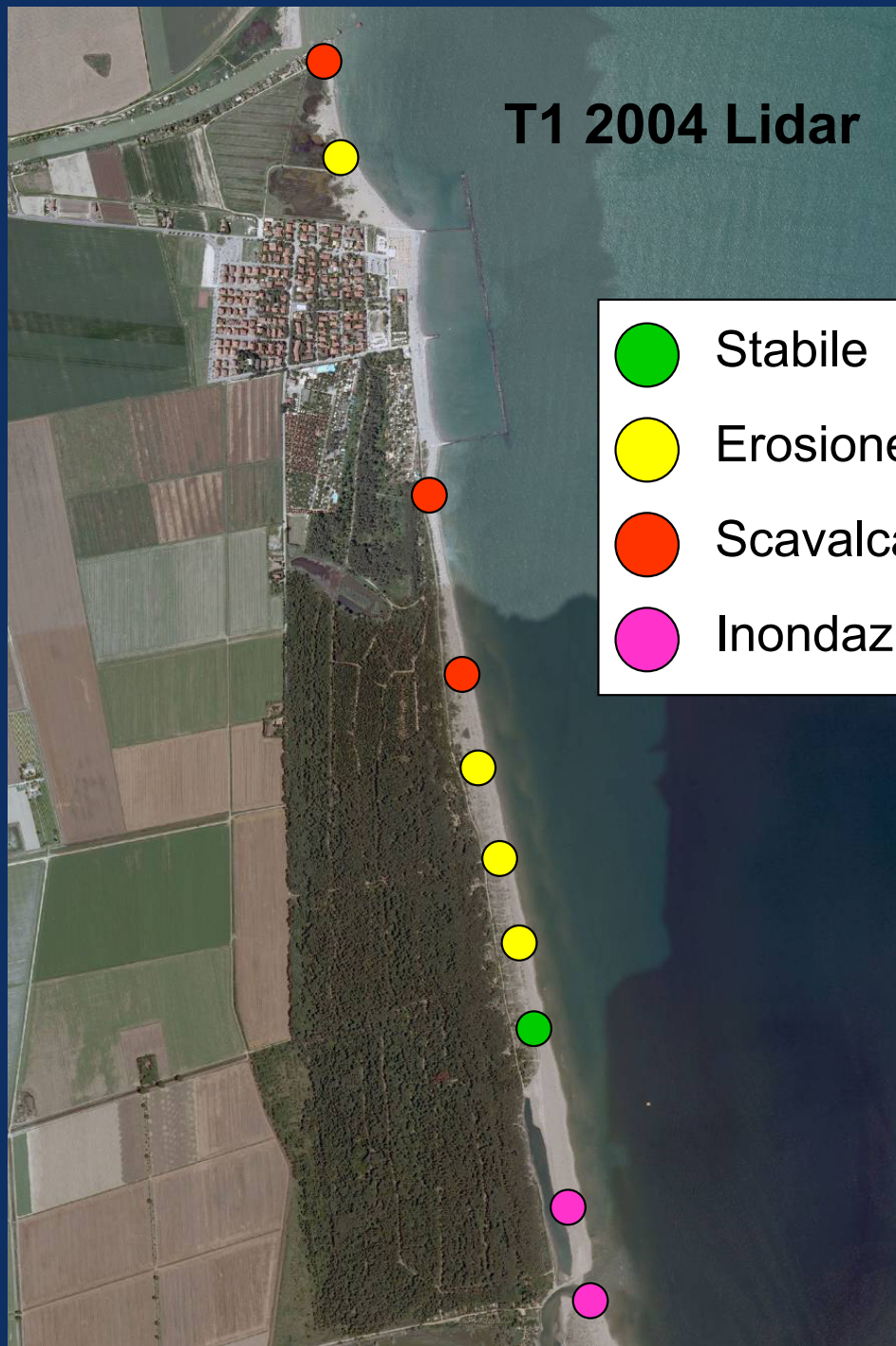
Zone antropizzate:





- 1) Analisi delle mareggiate con dati ondametrici derivanti da diverse fonti;
- 2) Analisi del livello del mare (acque alte);
- 3) Analisi di sezioni topografiche da Lidar 2004 (RER);
- 4) Monitoraggio dei profili topografici, inverno 08-09;
- 5) Catalogo delle mareggiate che hanno generato danni documentati.

Impatto 2008-2009



Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna







-  Stabile
-  Erosione frontale
-  Scavalcamento
-  Inondazione

Impatto 2008-2009

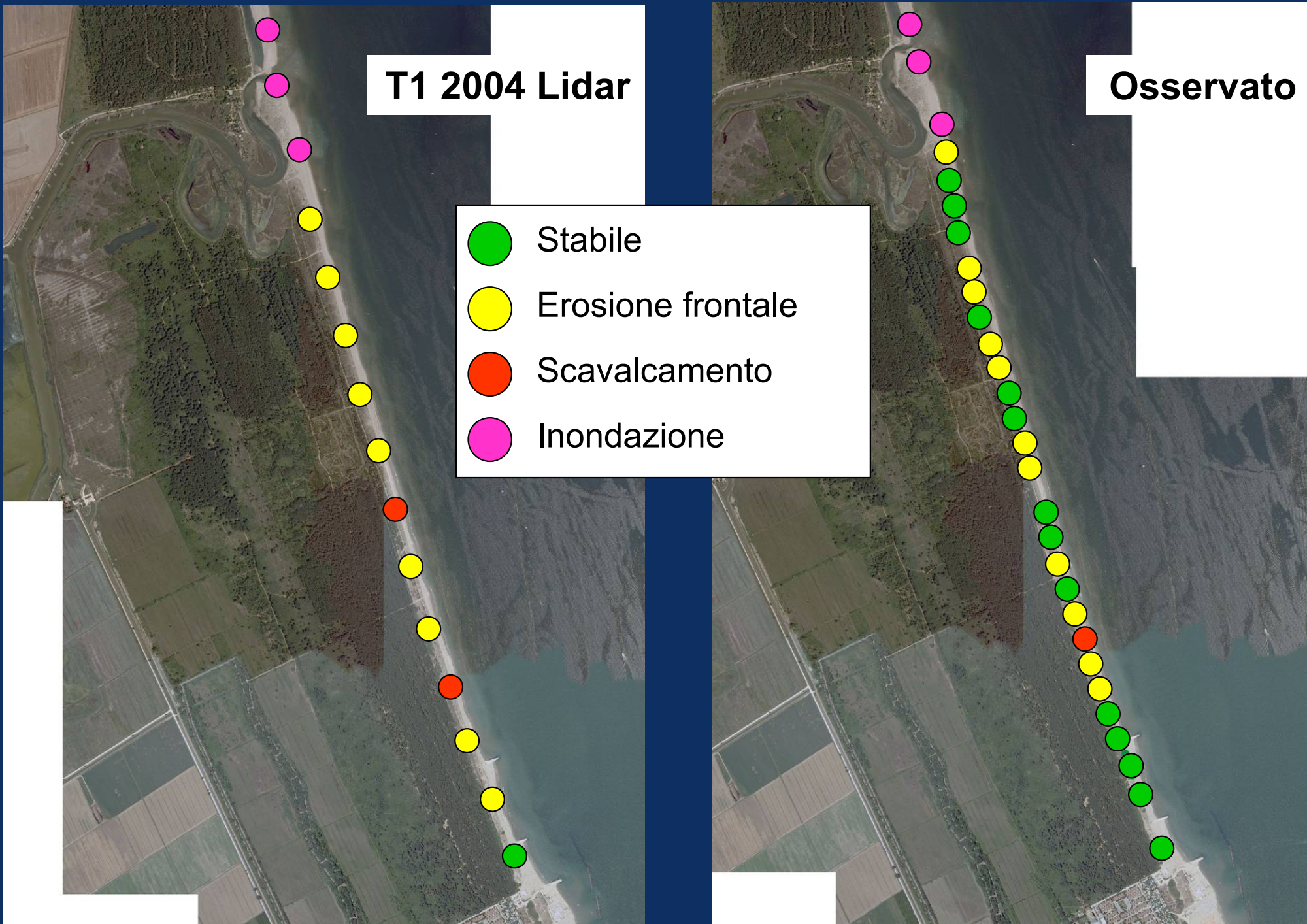


T1 2004 Lidar

Osservato

-  Stabile
-  Erosione frontale
-  Scavalcamento
-  Inondazione

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



Valori di soglia per le zone naturali

Scenario probabilistico – T1

	H_2O alta (m)	H_s (m)	T (s)
Input	0.85	3.3	7.7

Yu et al., 1998; CENAS

IDROSER, 1996



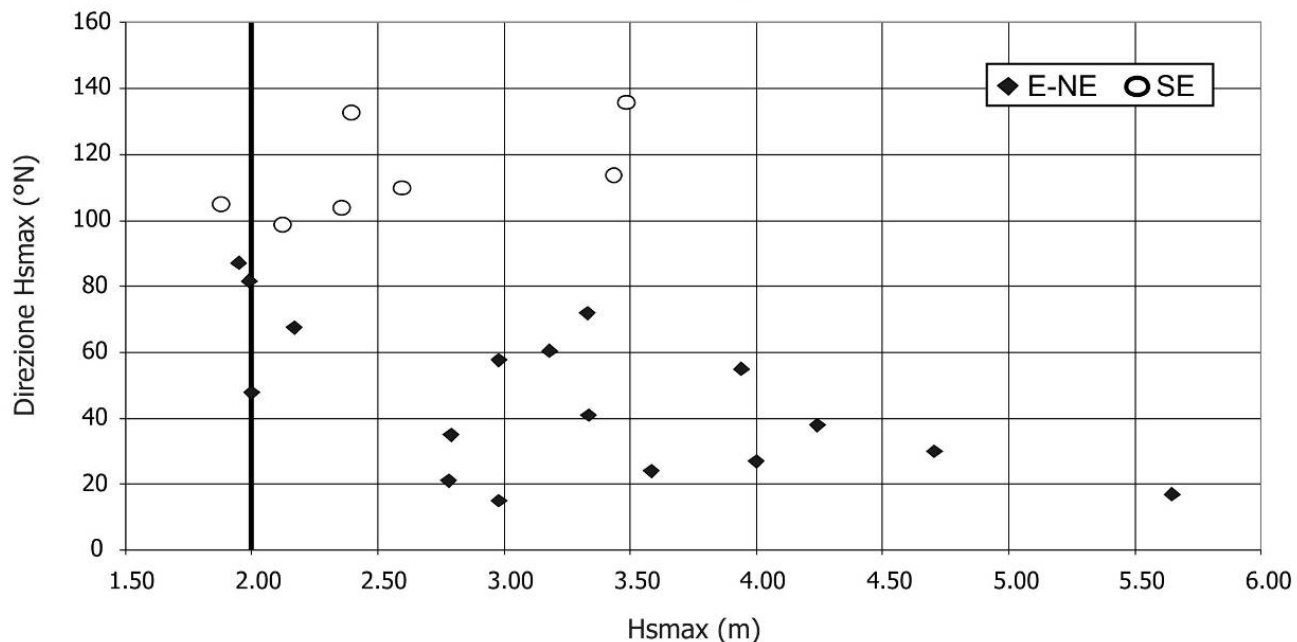
Il 60% dei profili naturali analizzati vengono danneggiati (erosione frontale o rimozione della duna) da queste condizioni di altezza dell'onda e di acqua alta

Valori soglia per le aree antropizzate basati su catalogo degli impatti delle mareggiate

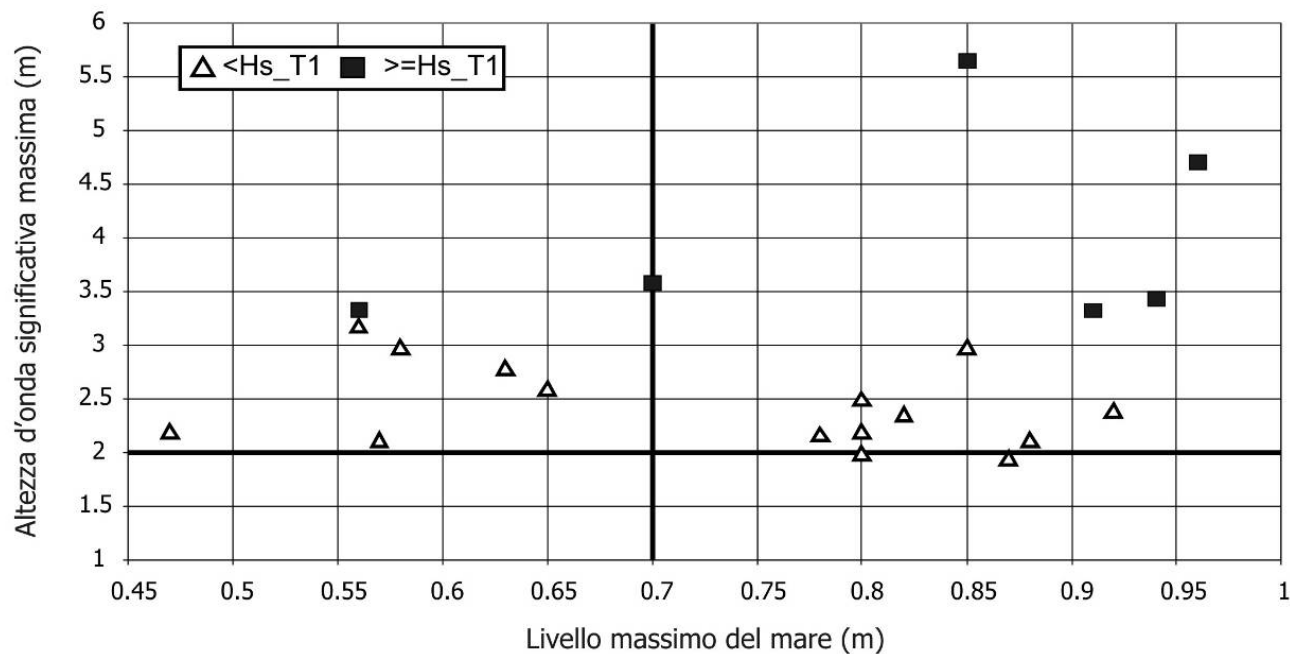
Hsmax \geq 2.0 m

Liv max \geq 0.7 m

Hsmax vs Direzione Hsmax, eventi osservati



Max WL vs Hsmax, eventi osservati



“Verifica” dei valori soglia per le aree antropizzate:

Liv \geq 0.7 m e Hs \geq 2.0 m

1) **H max** raggiunta dal mare = Liv max + run-up [Stockdon et al. (2006) per spiagge con $\xi_0 < 0.3$] + set-up = **1.23 m (± 0.21 m)**

Oppure:

2) **H max** raggiunta dal mare = Liv max + run-up [Komar (1998)] + set-up = **1.04 m**

Sapendo che (Lidar 2004, RER):

Quota media di 63 profili che attraversano zone antropizzate = **1.45 m** sul l.m.m.

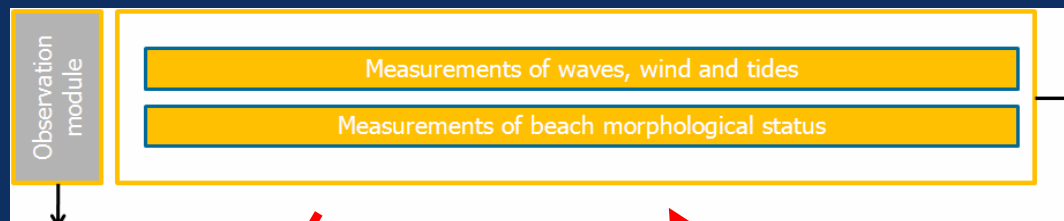
Allora:

I valori di soglia scelti generano inondazione dal 18% al 68% dei profili

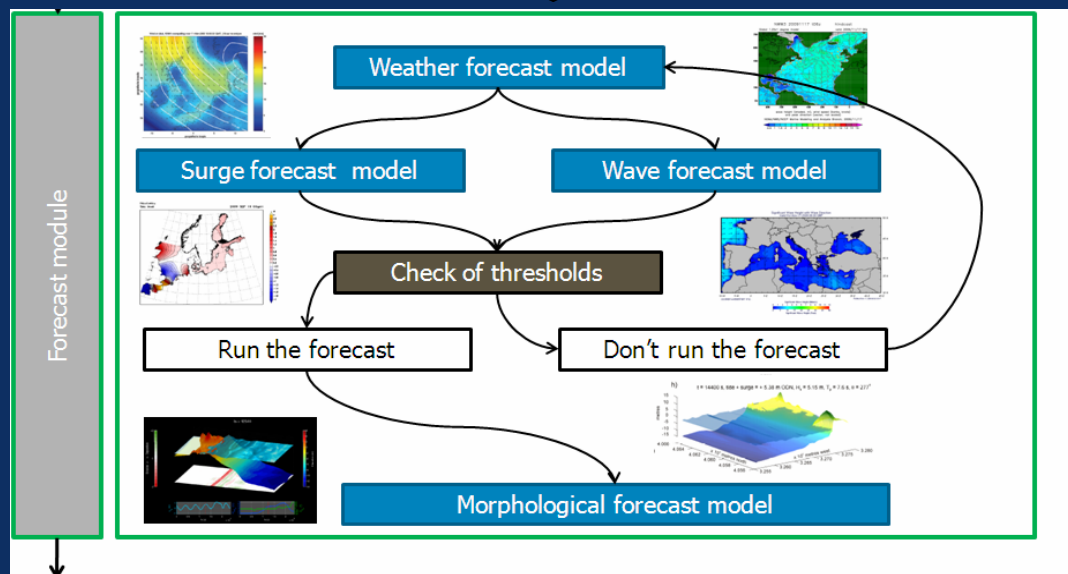
Tipo di spiaggia	Impatto mareggiata	Parametro	Soglie	Criterio
Naturali con dune	Variazione morfologica (Erosione frontale o rimozione duna)	Altezza d'onda (H_s)	T1 $H_s = 3.3$ m	DSF (Dune Stability Factor)
		Livello del mare (acqua alta + marea)	T1 Liv = 0.85 m sul Imm	
Antropiche	Inondazione e danno alle infrastrutture	Altezza d'onda (H_s)	$H_s = 2.00$ m	Confronto tra eventi che hanno generato danni documentati (run-up + H_2O alta + marea) con l'elevazione topografica max
		Livello del mare (acqua alta + marea)	WL = 0.7 m sul Imm	

I **valori soglia** sono **IMPORTANTISSIMI** perché danno una indicazione, basata su informazioni ottenute **SUL CAMPO** e dati **REALI**, dell'effetto delle mareggiate sul territorio sia **NATURALE** sia **ANTROPICO**;

Partendo da queste indicazioni, **MICORE** definirà **FINALMENTE** un grado di vulnerabilità **DINAMICO** attraverso l'accoppiamento dei **modelli METEO-MARINI** con **modelli MORFOLOGICI** (allerta in **tempo reale!**)



Input di base sistema di allerta



Categoria evento
T1; T10; T100



Indicatori impatto da run
modello:

Massimo livello acqua

Arretramento linea di riva

Erosione spiaggia

Conoscenza a priori zone critiche (web GIS)

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna

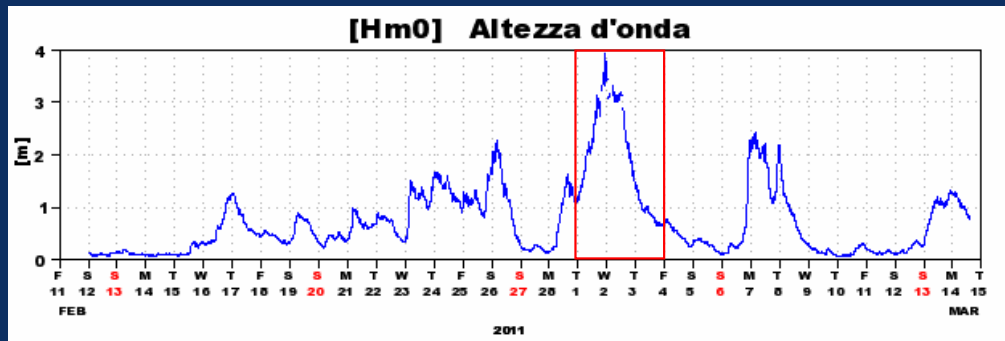


Tabella di marcia sviluppo sistema di allerta morfologica

- **Mappe di vulnerabilità a scala regionale:** completo, su WEBGIS province di Ferrara, Ravenna, Forlì-Cesena. Rimane da completare Rimini
- **Sistema di allerta morfologica:**
 - **Simulazioni giornaliere** off-line già operative presso **l'Università di Ferrara** su profili selezionati su zona di Lido di Classe (**esempi presentati oggi**)
 - Operativo parallelamente su Cluster ARPA in fase di test e successivamente visibile on-line
- Presentazione del prototipo operativo nella giornata finale di divulgazione MICORE a Riccione il **7 giugno 2011**

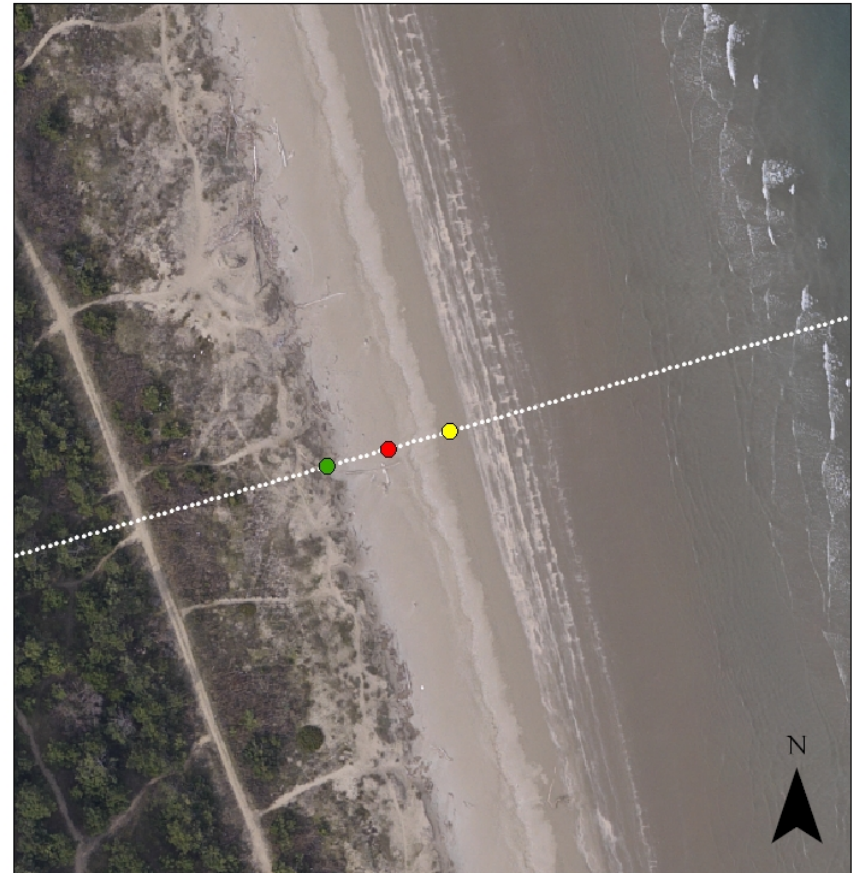
Obiettivo operazionale: erosione dune

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



Esempio di previsione di punto di massima ingressione e variazione della linea di riva in condizione di mareggiata previsto tramite catena di calcolo MICORE

XBeach Prediction Lido di Classe (MS17):
01 March - 04 March 2011



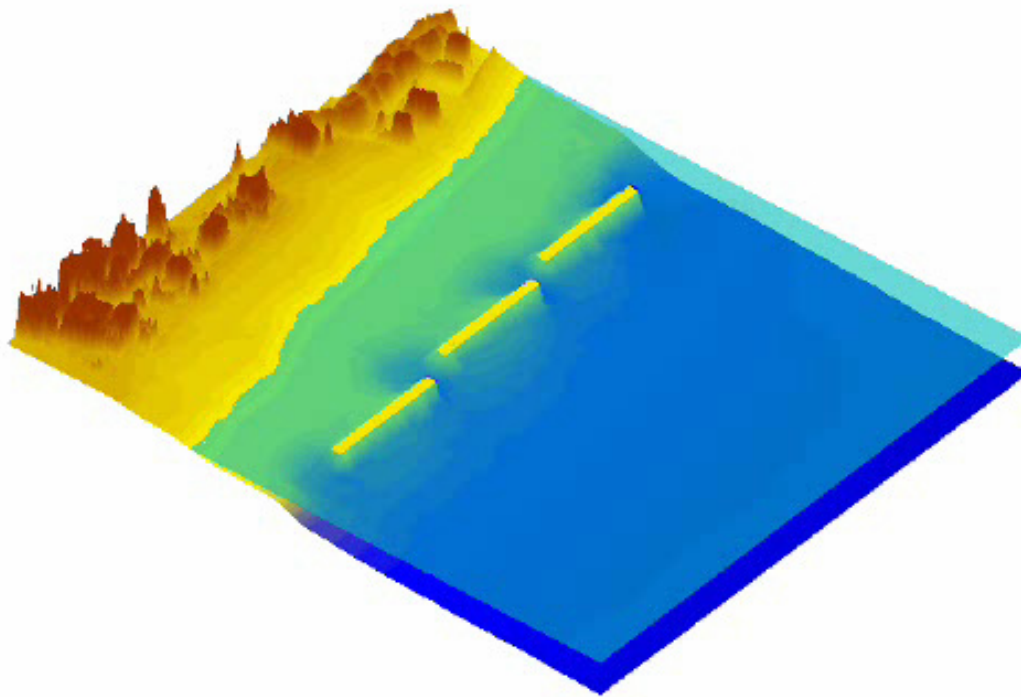
0 5 10 20 Meters
|-----|

- Max. water level
- Initial shoreline
- Final shoreline

Details:
Shoreline change = 9.0 m
Time of max. water level = 02/03/2011 at 00:15
Height of max. water level = 1.7 m

Obiettivo operativo: allagamento

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



**Lido di
Classe**

Esempio di previsione di punto di massima ingressione in condizione di mareggiata il 1 dicembre 2008 previsto tramite catena di calcolo MICORE

Obiettivo operativo : danni a strutture e variazione linea di riva

Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



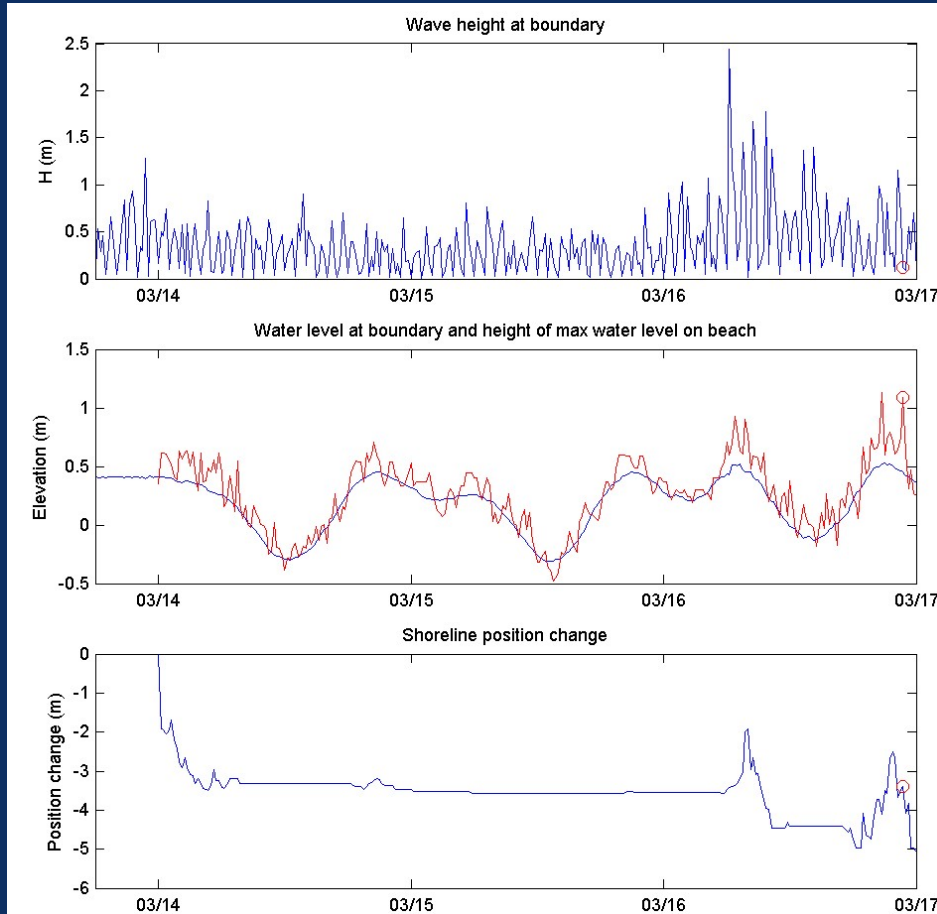
Esempio di previsione di punto di massima ingressione e variazione della linea di riva in condizione di mareggiata previsto tramite catena di calcolo MICORE e visualizzato su Google Earth

- Applicabile su altre zone previa identificazione delle "soglie morfologiche"
- Soglie identificabili tramite combinazione di evidenze quali-quantitative e/o modellistica del profilo
- Necessità di validazione della modellistica

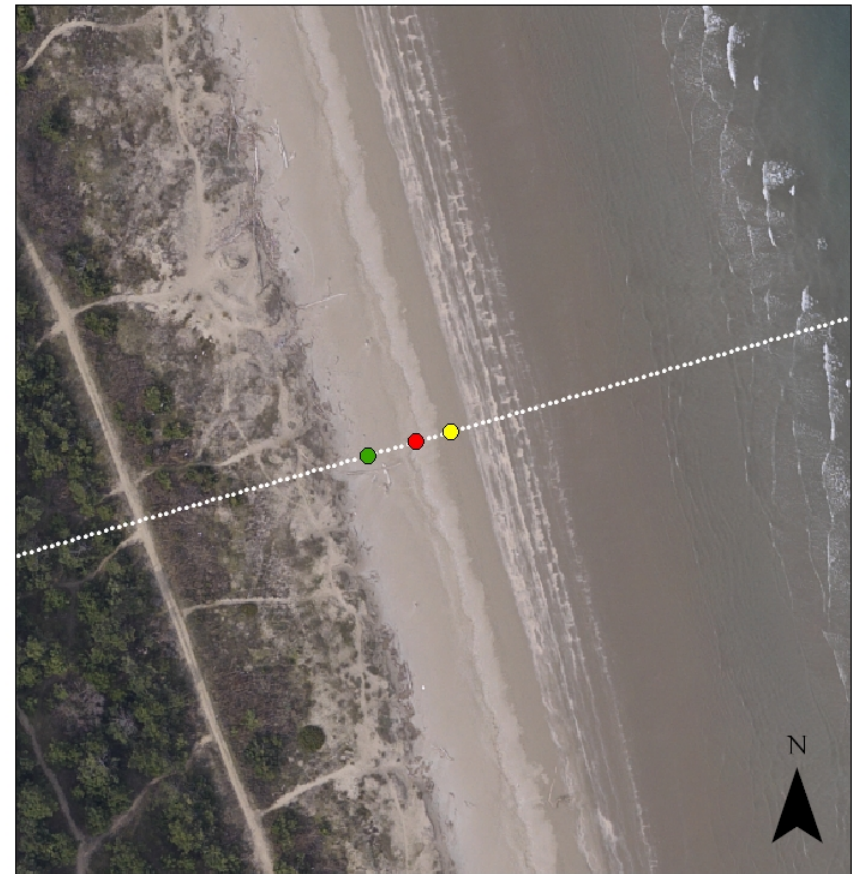
La previsione per le prossime 72 ore



Monitoraggio del sistema costiero in Emilia-Romagna



XBeach Prediction Lido di Classe (MS17):
14 March - 17 March 2011



0 5 10 20 Meters

- Max. water level
- Initial shoreline
- Final shoreline

Details:
Shoreline change = 5.1 m
Time of max. water level = 16/03/2011 at 22:45
Height of max. water level = 1.1 m



Arrivederci a Riccione il 7 giugno 2011