



SMART MARINAS

Sicurezza ed efficienza delle dighe costruite prima del 2000

Pierluigi Aminti, Ilaria Crema, Irene Simonetti

DICEA Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale- Università di Firenze





The logo for coast features the word "coast" in a blue, lowercase, sans-serif font, with a white background behind the text.

Sicurezza ed efficienza delle dighe costruite prima del 2000

Pierluigi Aminti, Ilaria Crema, Irene Simonetti

DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale- Università di Firenze

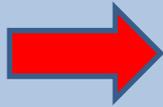
SMART MARINAS

18 Settembre 2019

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

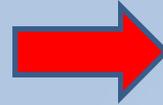
www.remtechexpo.com

**NUOVI DATI
per il progetto**



1989-1990 Realizzazione della Rete Ondametrica Nazionale - RON

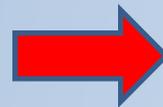
**NUOVE NORME
per esecuzione
lavori**



2001-2008 Sviluppo e adozione delle NTA Norme Tecniche delle Costruzioni

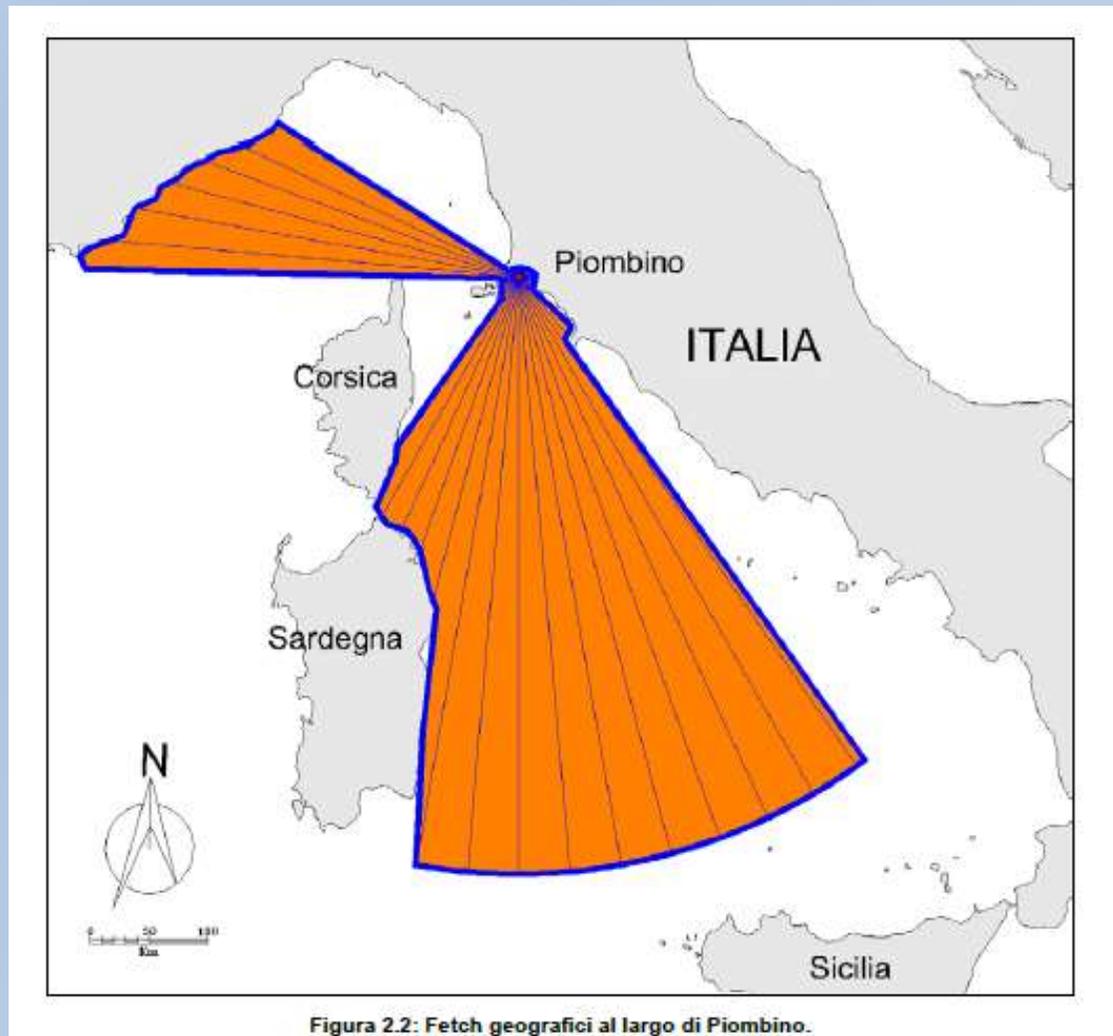
(sollecitazioni sismiche – prescrizioni sulla qualità dei calcestruzzi e acciaio – durabilità delle armature nelle strutture esposte alle azioni marine)

**DIVULGAZIONE
dei risultati
della ricerca
scientifica**



2000 Pubblicazione del Coastal Engineering Manual (CEM) in edizione on line gratuita

Divulgazione dei risultati delle ricerche dall'U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, **INTEGRATI** con i contributi delle ricerche svolte in ambiente europeo e giapponese.



Modelli di ricostruzione del moto ondoso (hidcasting 1960 1990)
 Altezza d'onda = funzione di lunghezza fetch, velocità direzione e
 durata del vento assunto uniforme nell'area di generazione



Figure 1: Buoys' location.

MISURE DI MOTO ONDOSO

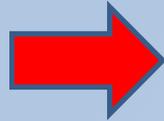
La Rete Ondametrica Nazionale per la misura in continuo del moto ondoso ha funzionato dal 1989 al 2014

I confronti con le stime SMB eseguiti valori di pico delle mareggiate hanno evidenziato differenze molto significative

Altezze d'onda provenienti da modelli SMB i dati KNMI più basse di quelle reali (misurate) hanno portato a stima delle onde di progetto più basse di 1-2 m rispetto a quelle previste utilizzando i valori misurati.

Questo ha comportato frequenti tracimazioni sulle dighe costruite su fondali relativamente profondi prevalentemente in Liguria e Calabria

**ALTEZZA
D'ONDA DI
PROGETTO**



Criticità evidenziate

10 anni di registrazioni di misure dirette di moto ondoso portavano a stime spesso sostanzialmente diverse sulle onde di progetto ricavare sulla base di dati di vento (SMB) o da osservazioni a vista eseguite da navi in transito (KNMI)

La diffusione di modelli commerciali per lo studio della trasformazione del moto ondoso dal largo a costa, basati su metodi spettrali rese evidente la scarsa accuratezza dei vecchi modelli lineari.

Fenomeni di tracimazione



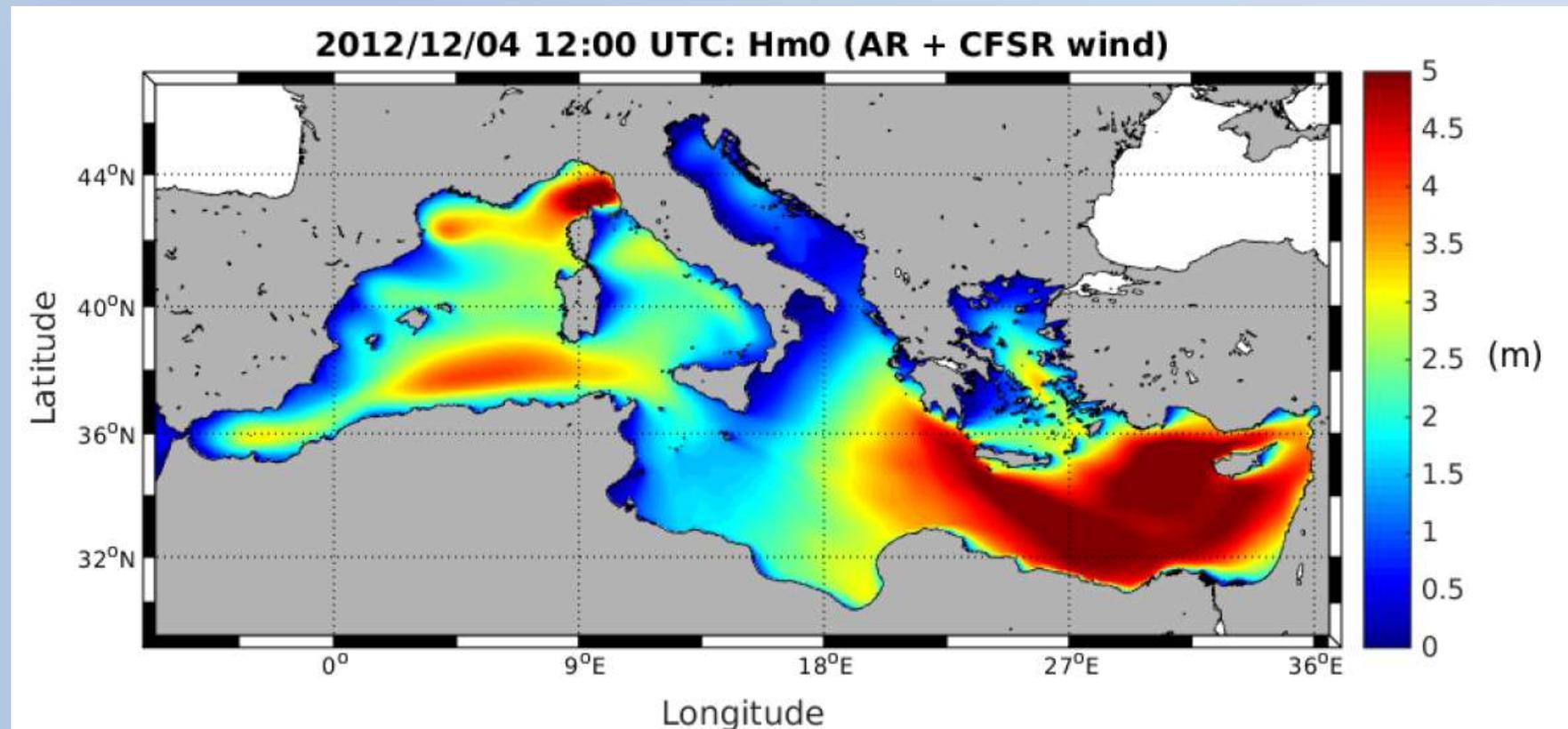
Porto di Cirò Marina



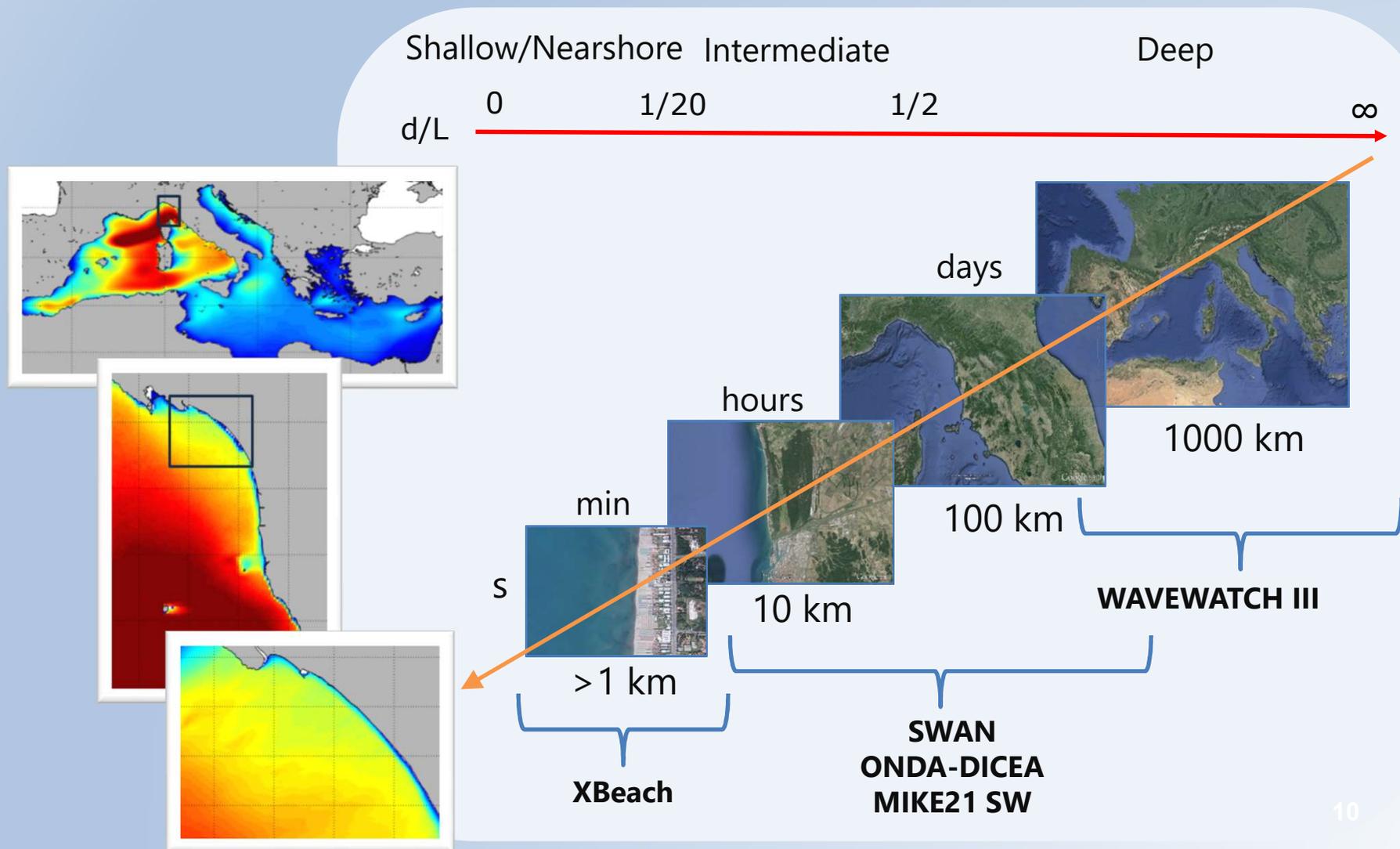


Adesso disponiamo di serie storiche di dati di moto ondoso provenienti da modelli tarati anche utilizzando le misure eseguite nel mediterraneo dagli ondometri.

Questi modelli possono essere usati per ottenere la ricostruzione storica e la previsione futura del moto ondoso del Mediterraneo .

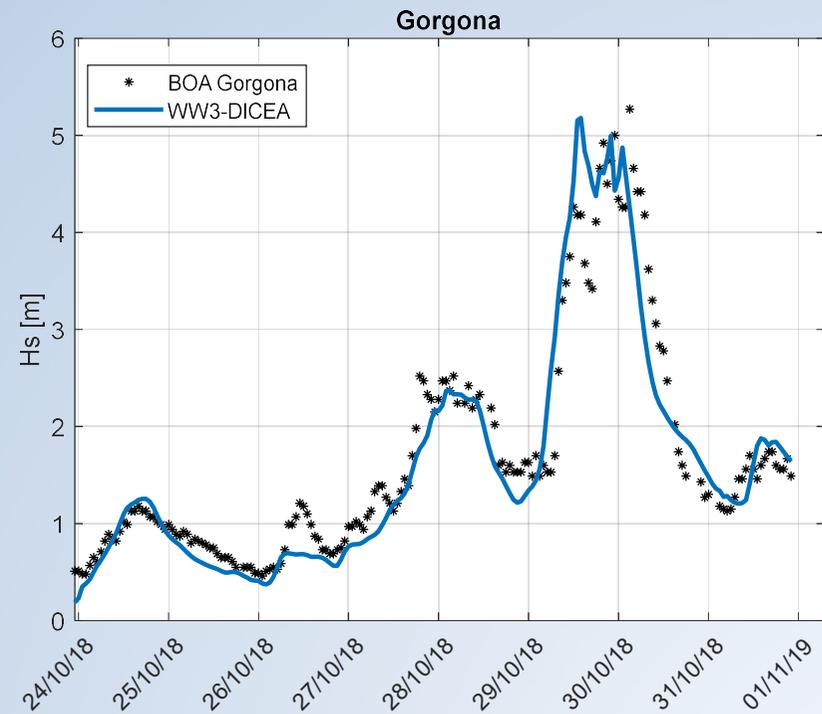
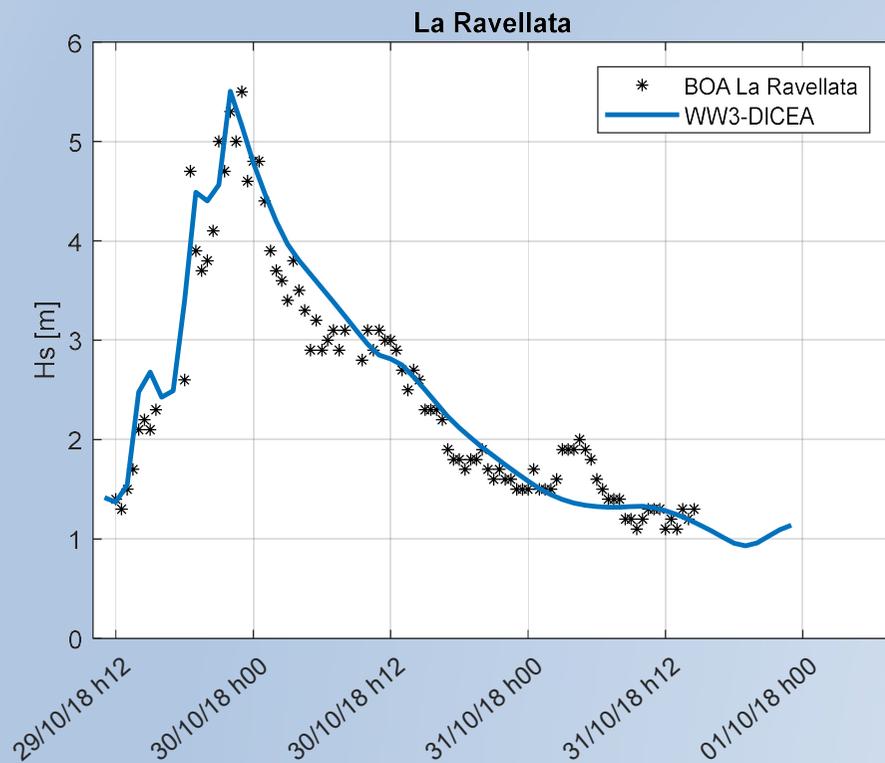


È possibile la ricostruzione e la previsione del moto ondoso multi-scala con approcci del tipo «nested»: uso di modelli con caratteristiche diverse a diversa risoluzione per meglio rappresentare i fenomeni fisici coinvolti nella generazione, propagazione e trasformazione del moto ondoso.



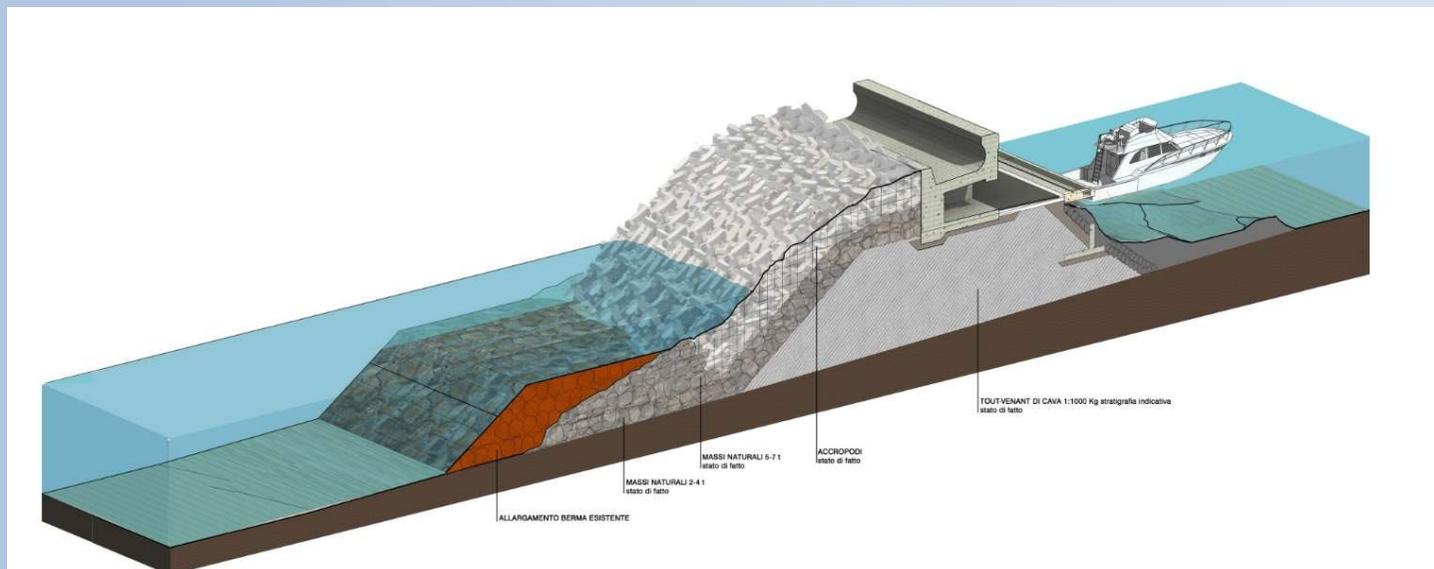
Modello **WW3-UNIFI-AM3**: dati orari di moto ondoso in tutto il mediterraneo dal 1979 ad oggi. Il modello è forzato con i dati di vento del CFSR (*Reanalysis Climate Forecast System*). Dominio spettrale impostato su 25 frequenze (0.05 Hz-0.5 Hz), con risoluzione minima al largo di 0.05° (5 km) in latitudine e longitudine.

Esempio di adattamento ai dati registrati dagli ondometri:



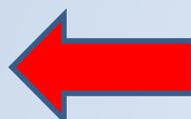
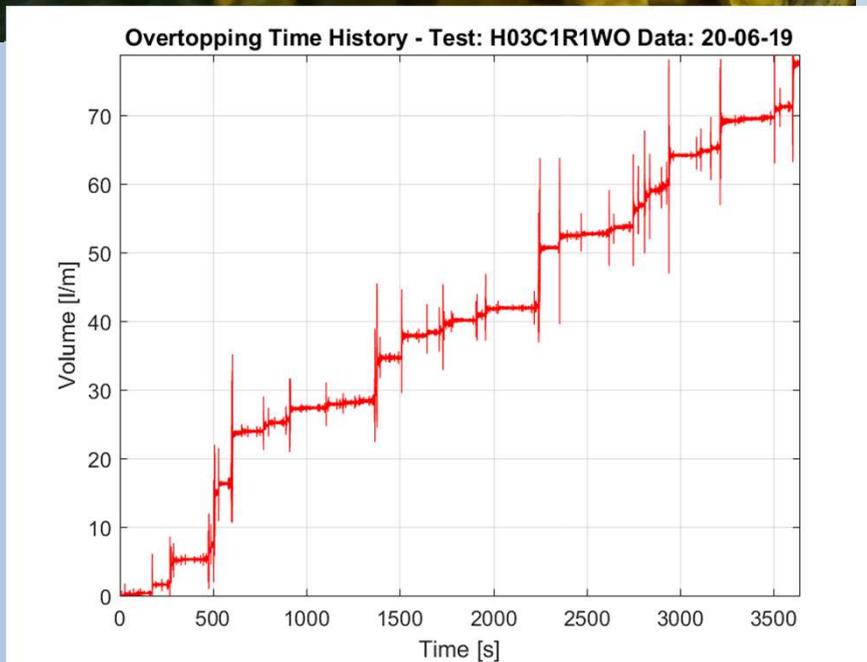
Con dati più accurati sul moto ondo fu possibile passare dalle portate medie di tracimazione stimate con relazioni empiriche SPM, (1984) e CEM (2000) alla misura ed analisi delle portate massime di sormonto e danni conseguenti (Overtopping Manual e misure sperimentali (2006)).

Risultò evidente il contributo alla progettazione di misure sperimentali su modello fisico



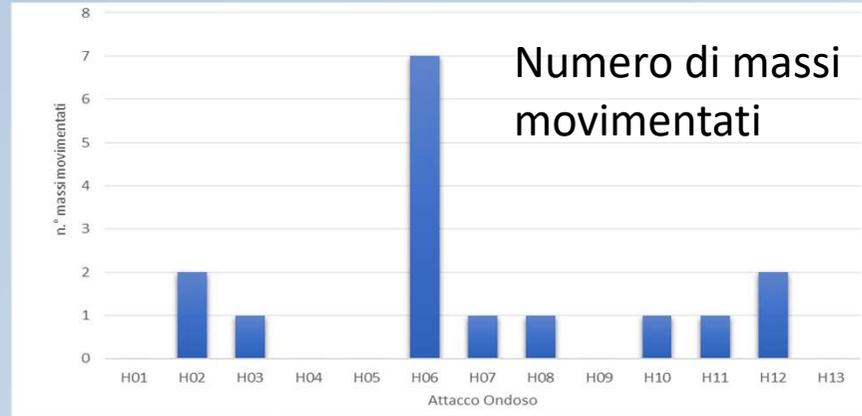
Overtopping - Prove su modello bidimensionale.





**Misura del numero di
tracimazioni e delle portate
tracimate dalle onde più
alte**

Misure di Stabilità - Prove su modello.



Modalità costruttive

Muri di coronamento
totalmente privi di
armatura

Spezzoni di acciaio o
pietre usate per
immorsare al meglio la
parte verticale del muro
sulla soletta orizzontale



Distruzione di un muro paraonde non armato e progettato con altezza donda sottostimata



Misure degli impatti sul muro - Prove su modello



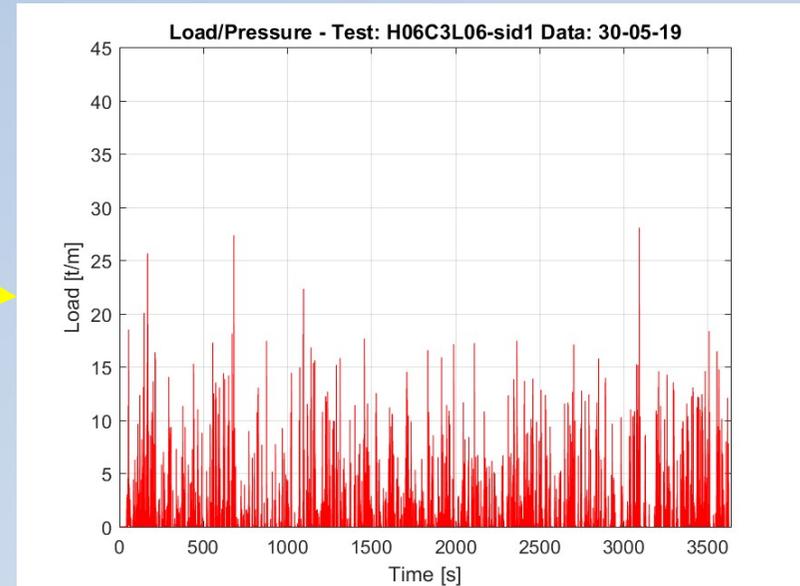
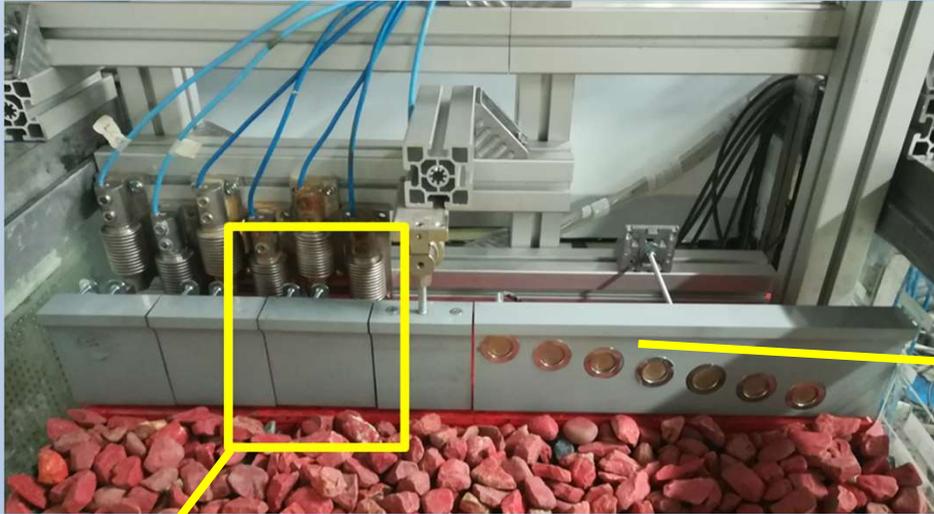
Celle di carico



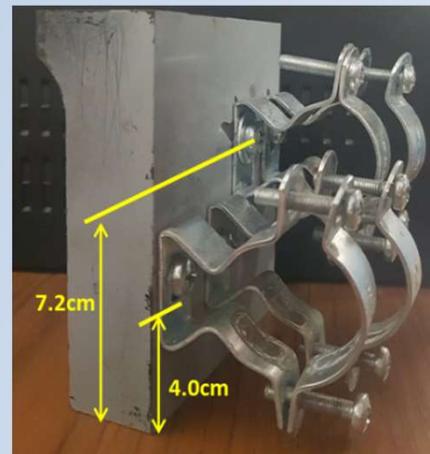
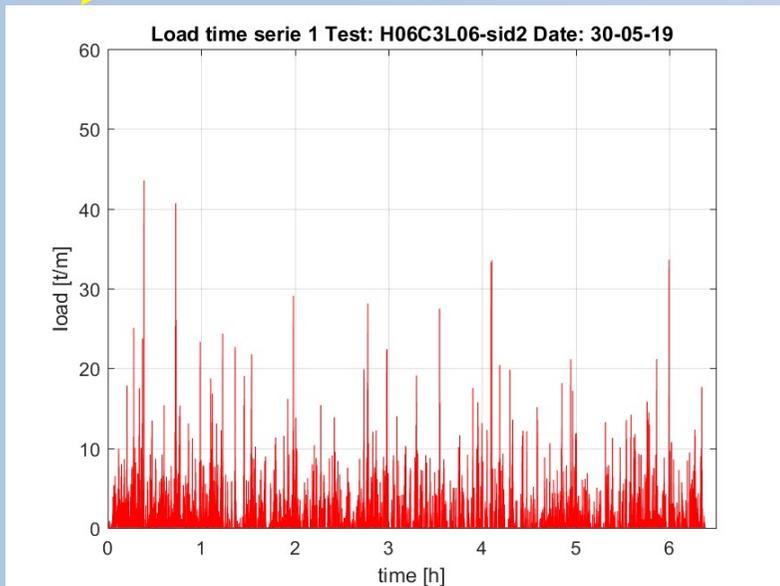
Trasduttori di pressione



Misura della risultante degli impatti agenti sulla seconda porzione di muro



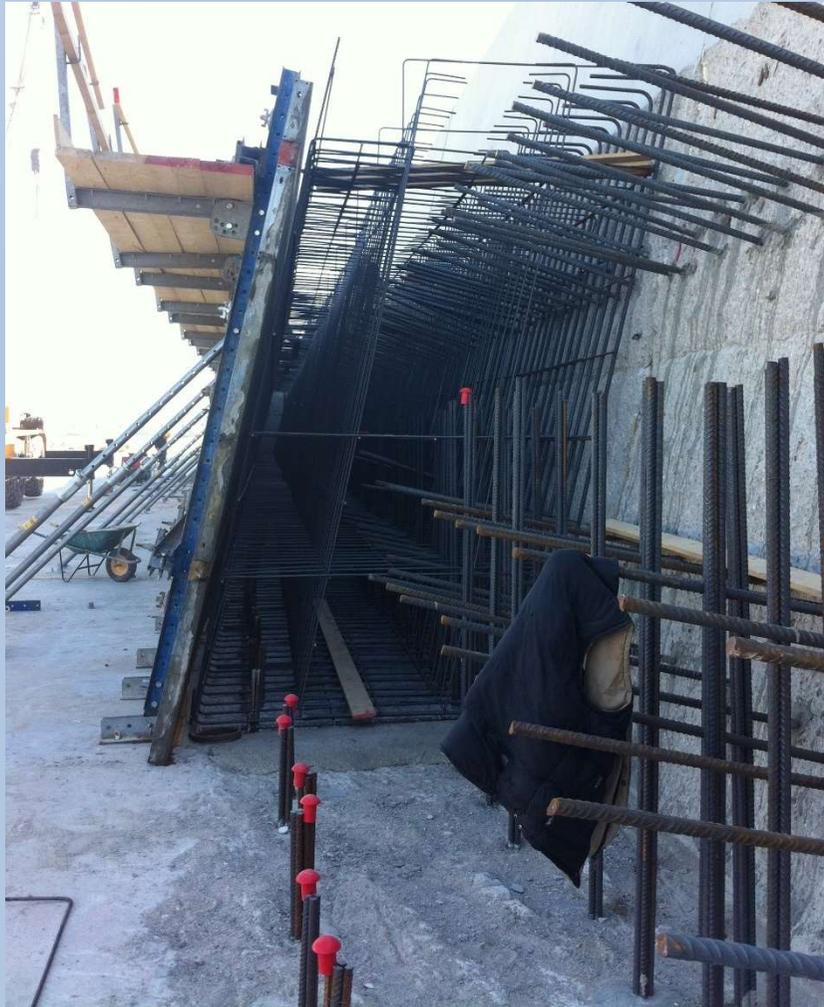
Misura della risultante degli impatti agenti sulla prima porzione di muro



Posizione dei centri di misura delle celle di carico



Irrobustimento di un muro esistente



Esempi di un nuovo muro in calcestruzzo armato con barre di acciaio di 40 mm



Conclusioni

Molti marina attualmente in esercizio hanno dighe con elementi che risultano sottodimensionati se progettati con le attuali conoscenze e normative.

I danni causati alle opere civili, seppure gravi, possono avere un valore economico di oltre 10 volte inferiore ai danni subiti dalla flotta presente nel porto.

Non è sufficiente l'assenza di danni in un periodo di 20 o 30 anni per ritenere la diga sicura.



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**