Workshop

Metodologie Innovative e Sostenibili contro l'Erosione Costiera in Calabria, per il Ripascimento delle Spiagge ed il loro Mantenimento

Pneumatic Breackwater

Questa tecnica è stata scovata nella letteratura scientifica non attinente all'erosione costiera e quindi non era conosciuta al momento della presentazione della domanda per il bando POR 2024.
Sarà comunque approfondita sia come modellazione teorica che come installazione sperimentale prototipale a cura e spese della Petra Srl

Relatore: Ing. Francesco Ferrini

PETRA
Building & Coastal Innovation

Pneumatic Breakwater è una tecnica antica ma mai utilizzata nel Mediterraneo per la mitigazione del moto ondoso. La sua applicazione porta alla dissipazione dell'energia delle onde in arrivo e riduce l'altezza delle onde trasmesse. Da qui il ns interesse per la mitigazione delle mareggiate causa dell'erosione costiera.

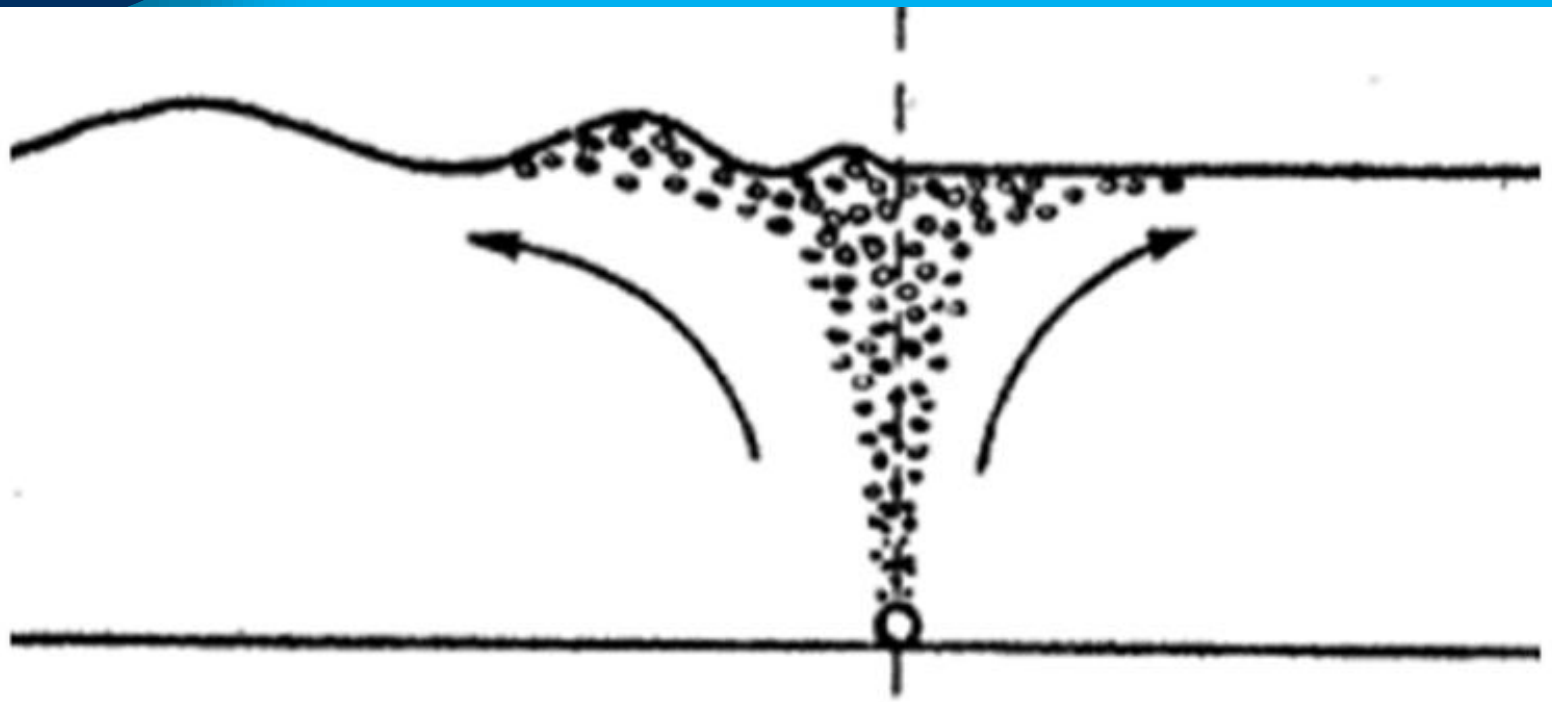


Figure 1: Pneumatic Breakwater Mechanism on wave height attenuation.

In Fig. 1 è riportato schematicamente il meccanismo di attenuazione dell'altezza delle onde attraverso la barriera di bolle d'aria.

PETRA
Building & Coastal Innovation

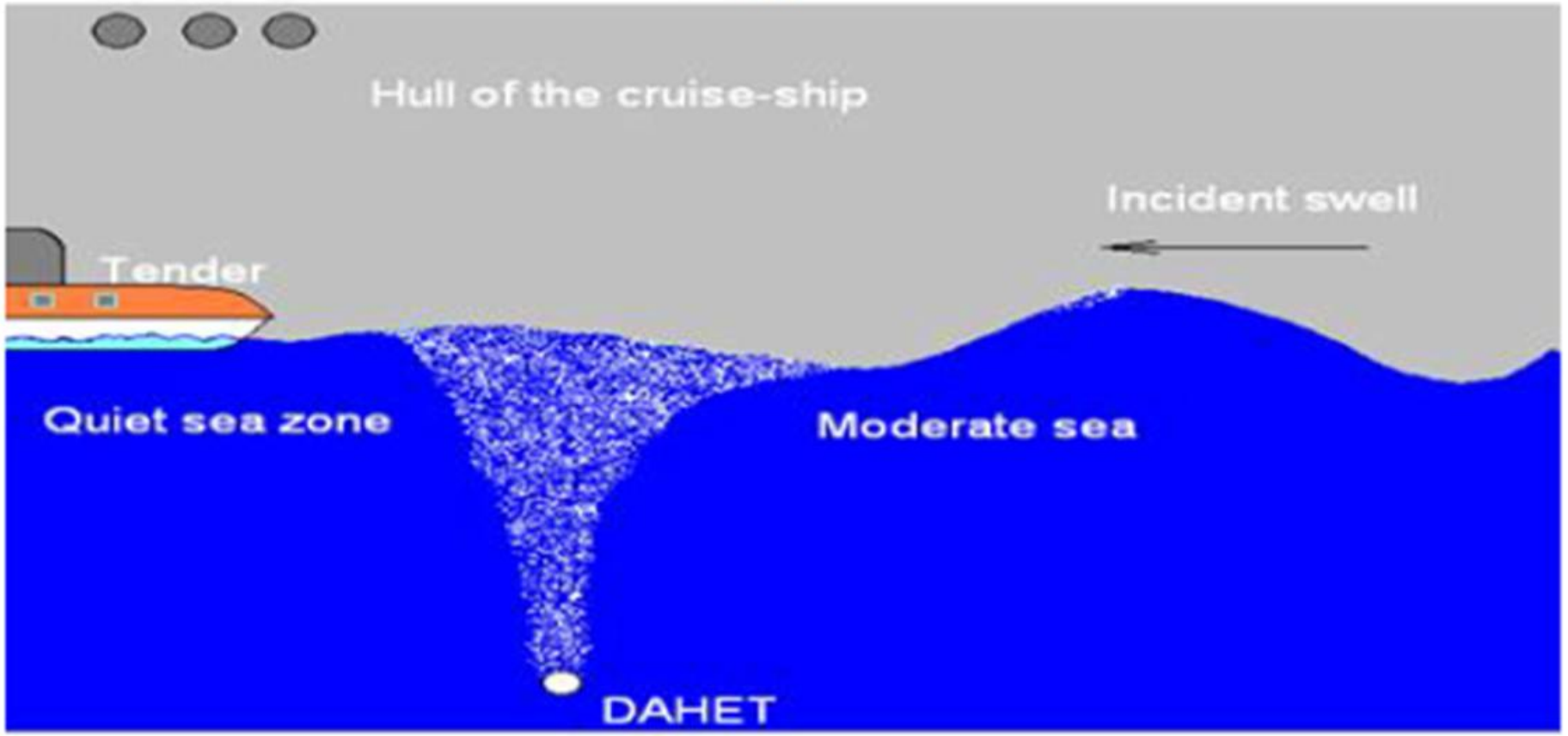
Trae le sue origini ai primi del 1900 (letteratura Russa) per consentire di operare, con maggiore sicurezza, il trans-shipment tra grandi navi di trasporto e natanti shuttle laddove non esistevano porti e darsene di accosto.



In condizioni di mare formato, veniva creata una zona di mitigazione del moto ondoso che permetteva il trasferimento di persone e merci dalle grandi alle piccole imbarcazioni più instabili in mare aperto.

PETRA
Building & Coastal Innovation

In pratica veniva posata una tubazione provvista di molti fori sul fondale di un'area di mare dove poteva ancorarsi una grande nave e in questa area veniva, all'occorrenza del trans-shipment, pompata aria che risalendo in superficie costituiva un sorta di barriera al propagarsi delle onde da mare aperto verso le imbarcazioni.



PETRA
Building & Coastal Innovation

Da questi studi ed esperienze nasce l'idea dell'applicazione della tecnica Pneumatic Breakwater alla mitigazione dell'erosione costiera in presenza di spiaggia sabbiosa e di dune.

La variazione di pressione genera onde stazionarie fondamentalmente in acque profonde che generano un moto circolatorio dell'acqua sottostante con vorticosità decrescente verso il fondale.
Il moto ondoso erosivo si presenta in prossimità della costa e la sua potenza dipende da: vento, pressione barometrica e andamento del fondale.

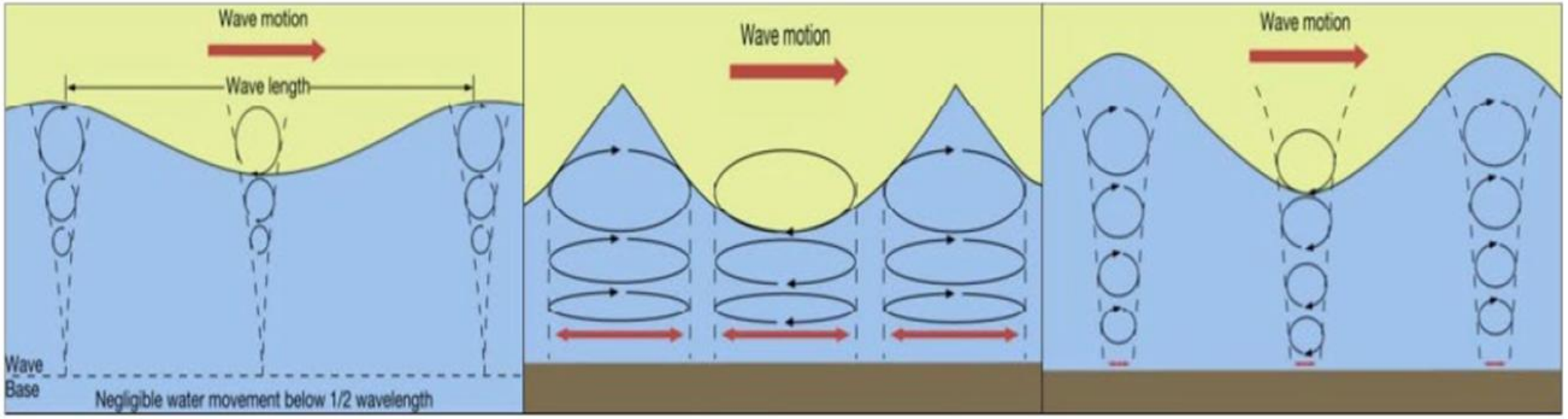


Figura 16 Movimento delle particelle d'acqua indotto dal moto ondoso in acque profonde (a sinistra), intermedie (al centro) e basse (a destra)

PETRA
Building & Coastal Innovation

Il vento genera, per trascinamento superficiale, una corrente che tende a formare uno scorrimento delle creste rispetto alla vorticosità sottostante fino a raggiungere una instabilità ed il conseguente frangimento delle creste in superficie provocando quelle linee spumeggianti che si vedono talvolta a largo.

Se la corrente è diretta verso la costa, diventa critica per l'erosione perché la vorticosità subacquea delle onde comincia ad interferire col fondale e quindi a frenarne l'avanzamento.



PETRA
Building & Coastal Innovation

Questo potenzia lo scorrimento e tende a generare un innalzamento delle creste fino alla instabilità con il conseguente frangimento delle onde sulla costa



PETRA
Building & Coastal Innovation

La criticità del frangimento viene ulteriormente potenziata per alcune onde, ciclicamente, a causa della risacca, cioè del ritorno a mare dell'onda nella spash zone sulla spiaggia.



PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

1a fase – Simulazioni e Sperimentazioni di laboratorio

- Simulazione numerica in 2D per una analisi di sensibilità, variando i parametri di: profondità, portata e pressione di immissione aria e altezza dell'onda incidente per il calcolo del rapporto di abbattimento
- SW di simulazione: OpenFoam
- Scala di simulazione 1:20 per il confronto con la possibile sperimentazione fisica da condurre nella vasca del Dpt DICEA dell'Univpm di Ancona (LxWxH=35x1x1,5 m) con generatore di onde piane di varia: altezza e periodo

PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

Foto canale Univpm

Lunghezza: 50 m

Larghezza: 1 m

Altezza sponde: 1,3 m



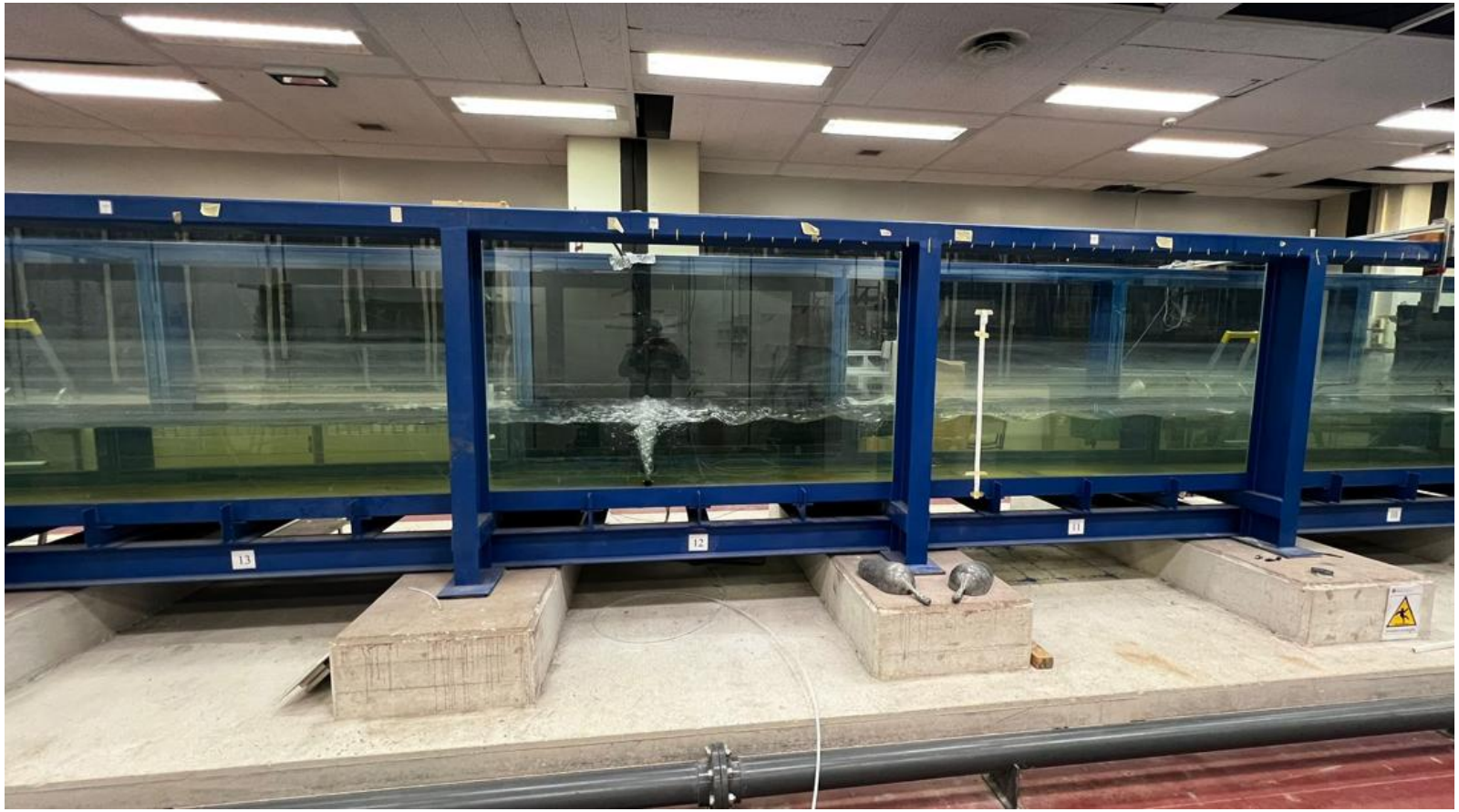
PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

Foto canale Univpm

Sperimentazione preliminare di insufflaggio aria

(vista laterale di parte del canale con la sezione di insufflaggio):



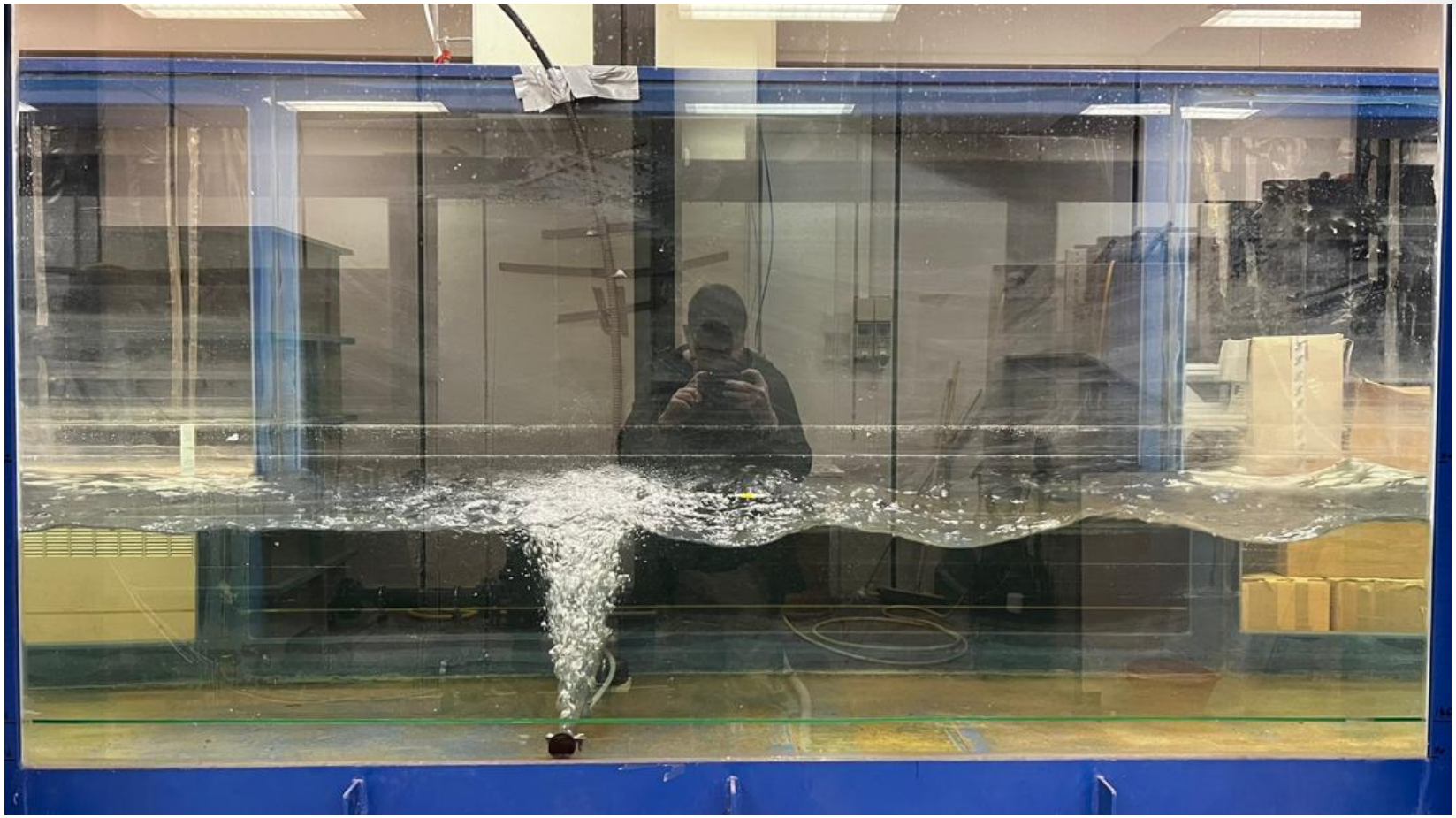
PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

Foto canale Univpm

Sperimentazione preliminarre di insufflaggio aria

(particolare della sezione di insufflaggio):



Da osservare il notevole smorzamento delle onde

PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

- Simulazione numerica: Scala di simulazione 1:1 del caso di sperimentazione in mare con lunghezza del tubo forato di ca 100 m posato ad una profondità di 4-5 m; fori di 5-8 mm distanziati di 30 cm, immissione d'aria: pressione 0,6-0,8 barg con una portata totale stimata di ca 2.000 Nm3/h



H_I = altezza onda incidente
H_T = altezza onda smorzata
WD = water depth

PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

2a fase – Posa in mare di una tubazione forata in un tratto sperimentale di ca 100 m nella zona prospiciente il sito della base logistica

- Selezione del tracciato a mare e collegamenti a terra
- Preparazione tubo con clampe di appesantimento
- Installazione a mare di geoviti per la stabilità del tubo
- Installazione a terra di un Radar X (fornitura Remocean-Sice) per il rilevamento del moto ondoso, il riconoscimento di situazioni critiche per l'erosione e quindi per l'attivazione del pompaggio di aria, monitoraggio dell'efficienza del sistema con misurazione dell'altezza delle onde a monte e valle della tubazione di insufflaggio aria (più dettagli nel seguito)
- Installazione a mare di n.2 ecoscandagli a monte e valle della tubazione come ridondanza del sistema Radar X
- Installazione generatore d'aria (soffiante da 3.000 Sm3/h a 0,8 barg) con motore elettrico

PETRA
Building & Coastal Innovation

Sperimentazione della tecnica Pneumatic Breakwater applicata alla mitigazione dell'erosione costiera

- Monitoraggio con veicolo subacqueo (Quavlive) e con veicolo di superficie (Applicon-Unical) entrambi comandati da remoto con trasmissione dati a terra
- Preparazione suolo: ammendamento superficiale, livellamento, recinzione ed accessi
- Allacciamento con POD dedicato da max 90 kW in BT su linea elettrica aerea esistente e passante nel sito
- Installazione impianto FV su copertura serre (ca 130 kWp con 160 kWh di accumulo) e collegamento alla rete
- Allestimento nel sito logistico di n.3 containers coibentati e climatizzati per: control room, materiali e strumentazione di monitoraggio e officina
- Basamento e traliccio per il Radar X

PETRA
Building & Coastal Innovation

Pneumatic Breakwater: Punti di Forza e Punti di Debolezza

Punti di Forza:

- Mitiga l'erosione della costa sabbiosa e consente di poter far avanzare la linea della duna
- L'installazione è molto semplice; il tubo forato può essere di PEAD DN 75 PN 16 e viene posato molto agevolmente sul fondale seguendo un tracciato perpendicolare alla direzione di provenienza del moto ondoso prevalente in termini di criticità
- Può essere appesantito con clampe di acciaio zincato e verniciato con prodotti compatibili con l'ambiente marino e ancorato sul fondale da geoviti
- Può essere saltuariamente spurgato da eventuali intrusioni di sabbia molto facilmente con un flussaggio di acqua, inserendo al terminale una valvola a clapet che si apre ad una pressione più elevata di quella di immissione dell'aria
    - Per quanto riguarda il consumo energetico dell'aria compressa va considerato che la sua attivazione avviene solo in prossimità di una mareggiata critica e poi viene spento al ritorno delle condizioni di mare calmo o con ondosità non critica

PETRA
Building & Coastal Innovation

Pneumatic Breakwater: Punti di Forza e Punti di Debolezza

Punti di Forza (cont):

- Per la fase di sperimentazione del Biorock del POR verranno installati almeno n.2 sensori (ecoscandagli) per il rilevamento dell'altezza delle onde e potranno nello stesso tempo monitorare la differenza delle a monte e valle della linea-tubo
- Installazione di Radar X per la caratterizzazione del moto ondoso nella zona e altre funzioni spiegate nel seguito
- Sempre in fase di sperimentazione del POR saranno disponibili dei veicoli subacquei e di superficie che trasmetteranno a terra i dati caratteristici del moto ondoso della zona
- Tutti i dati verranno archiviati in Cloud e continuamente elaborati e sintetizzati mediante algoritmi con Intelligenza Artificiale per una migliore conoscenza del moto ondoso di zona e per analisi predittive di condizioni critiche ed infine per un eventuale miglioramento continuo del dimensionamento e posizionamento del sistema

PETRA
Building & Coastal Innovation

Pneumatic Breakwater: Punti di Forza e Punti di Debolezza

Punti di Forza (cont):

- Le operazioni di attivazione e spegnimento vengono automatizzate con un sistema di sensori che rilevano le condizioni l'altezza delle onde potendo riconoscere le condizioni critiche a monte della linea-tubo (Radar X ed ecoscandagli) Installazione di Radar X per la caratterizzazione del moto ondoso nella zona e altre funzioni spiegate nel seguito

PETRA
Building & Coastal Innovation

Pneumatic Breakwater: Punti di Forza e Punti di Debolezza

Punti di Debolezza:

- Il tubo potrebbe essere soggetto a sporcamento e accrescimento di alghe limitandone la funzionalità; tuttavia i dati di funzionamento archiviati, elaborati e sintetizzati (c.s.d.) potranno indicare una diminuzione delle prestazioni; si potrà così attivare il monitoraggio con il veicolo subacqueo per visualizzare lo stato di conservazione e, dato il basso fondale su cui il tubo sarà installato, potranno essere prese le dovute misure per un intervento di manutenzione
- I consumi energetici. Tuttavia bisogna considerare che l'insufflaggio di aria leggermente compressa viene praticato solo poche ore/anno cioè in occasione di mareggiate con onde di altezza critica per l'erosione. Inoltre, i consumi energetici saranno sostenuti con la produzione di energia da rinnovabili quali il campo FV installato su serre installate nel sito di sperimentazione e che avranno anche la funzione di accrescimento e riproduzione di piante alofite da utilizzare per la riparazione ed estensione della duna

Descrizione dettagliata delle prestazioni del Radar X

Offshore & Coastal Monitoring è una delle applicazioni di Remocean basata sul suo innovativo algoritmo matematico integrato nel sistema Remocean Wave Radar (RWR).

La soluzione integrata consente il monitoraggio dal largo a costa e fornisce informazioni in tempo reale sullo stato del mare, sulle correnti superficiali del moto ondoso oltre a offrire un'analisi dell'impatto delle onde sulle spiagge con la possibilità di generare mappe batimetriche su fondali vicino a costa.

L'applicazione copre una superficie fino a 3 miglia nautiche dalla posizione del radar raccogliendo, con scansione temporale fino a frazioni di secondo, informazioni e dati numerici su:

- Stato del Mare: il sistema fornisce una rappresentazione grafica e tabellare dei valori di: onda dominante: altezza Hs, direzione, lunghezza e periodo delle onde primarie e secondarie. Inclusi i valori medi delle onde per direzione, propagazione, periodo e lunghezza

PETRA
Building & Coastal Innovation

- Spettro direzionale delle onde: rappresentazione 2D delle onde nel dominio del numero d'onda
- Moto ondoso: onde Ricostruzione spazio-temporale
- Correnti di superficie: mappa interattiva ad alta risoluzione
- Mappe batimetriche: ricostruzione batimetria interattiva
- Identificazione della linea di costa attuale e modifiche sopravvenute un utile monitoraggio anche dell'efficacia degli interventi RIGIDI (scogliere soffolte, Tee etc.)

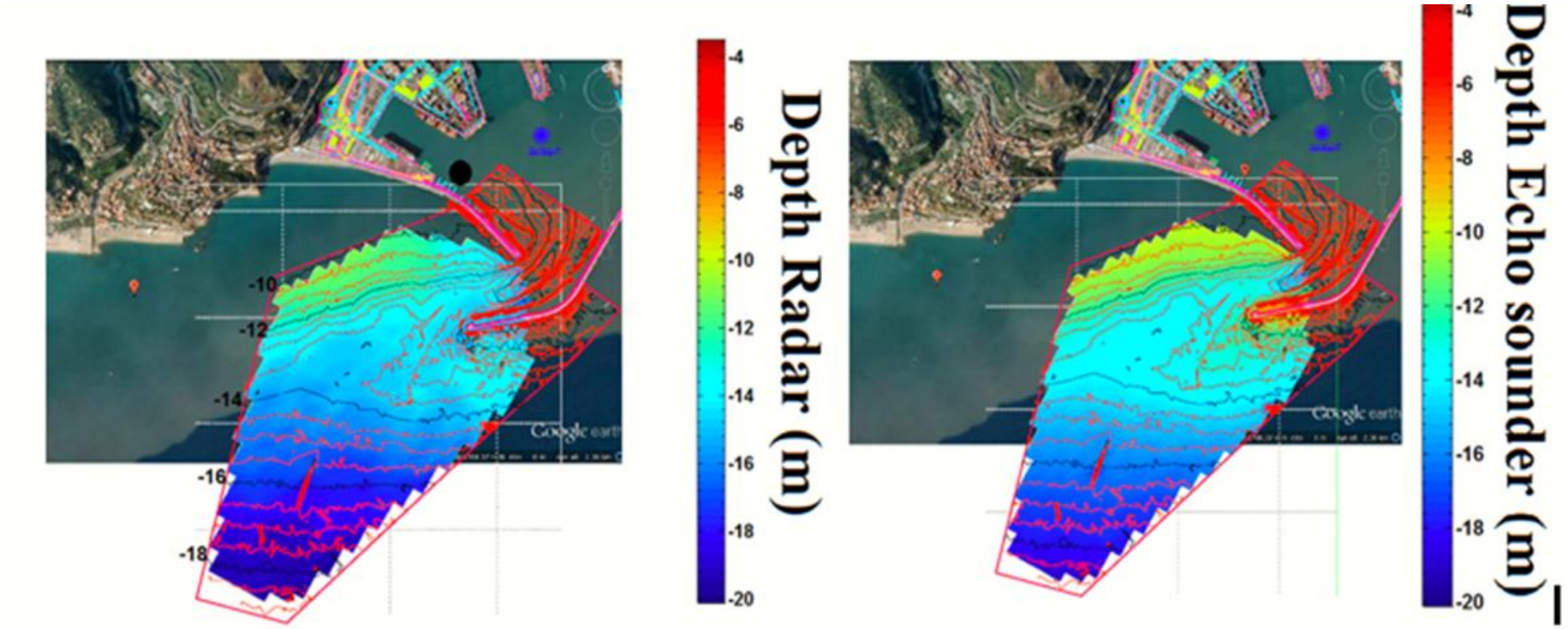
Queste informazioni sono estremamente utili per migliorare la sicurezza e la protezione dell'ambiente e il monitoraggio offshore, nearshore e lungo la costa.

Il sistema fornisce anche un database di informazioni di supporto per eseguire la "Sediment Trend Analysis"

I dati grezzi vengono memorizzati e resi disponibili per qualsiasi post-processing o analisi futura. Nel presente progetto il flusso di dati raccolti dal Radar X sarà continuamente processato con algoritmi dell'Intelligenza Artificiale per mettere a punto nel tempo sistemi predittivi per rendere automatica l'attivazione dell'insufflaggio di aria nei casi di incipienti mareggiate situazioni critiche .

Batimetrtia

Il sistema Wave Radar consente la stima della batimetria costiera in profondità comprese tra 4 e 20 metri, a seconda delle condizioni del mare e del modello utilizzato. L'esempio riportato mostra una stima batimetrica in un sito della costa italiana, confrontata con misure da ecoscandaglio



- *Esempio di mappa batimetrica stimata dal Remocean Wave Radar and Echosounder.*

Iterfaccia Utente (GUI)

L'interfaccia utente del sistema ha i seguenti tre componenti principali:

- Data Grid Area: in quest'area tutti i dati relativi alle misure dello stato del mare sono riportati come numeri;
- Area dello spettro direzionale: l'area dell'interfaccia utente identificata dai componenti spettrali dell'onda.
- Mappa delle correnti di superficie: il lato destro della GUI mostra il campo vettoriale della corrente di superficie automaticamente sovrapposto alla mappa geografica.

Il sistema è configurato per consentire la trasmissione dei dati ad un server web (metodo HTTP POST) al fine di visualizzare l'output di sistema in una pagina web utilizzando anche uno smartphone.

Grazie

Visit our website
www.petraenergy.it

Petra Srl – Via Toniolo 1/d 61032 Fano (PU) – Loc. Fangiano snc 88047 Nocera Terinese (CZ)

PETRA
Building & Coastal Innovation