



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
Facoltà di Ingegneria – DICAT

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA
Anno accademico 2008/2009

**METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DELLA
SUPERFICIE DI INONDAZIONE IN ZONE COSTIERE.
APPLICAZIONE ALLA SPIAGGIA DI TRAFALGAR, CADIZ (SPAGNA)**

Relatore: Ing. Giovanni Besio

Correlatore: Prof. Miguel Ortega Sánchez (Università di Granada)

Laureanda: Stefania Magrì

Importanza zone costiere:

Concentrazione di attività economiche e ricreative:

Risorse primarie
Trasporto
Industria
Turismo
Acquicoltura
...

Concentrazione densità popolazione in previsto aumento

Dinamicità zone costiere:

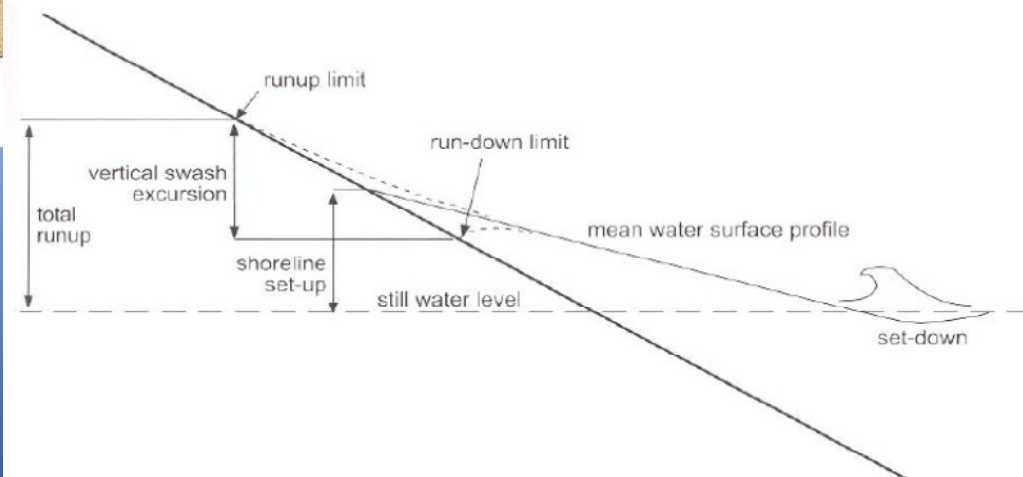
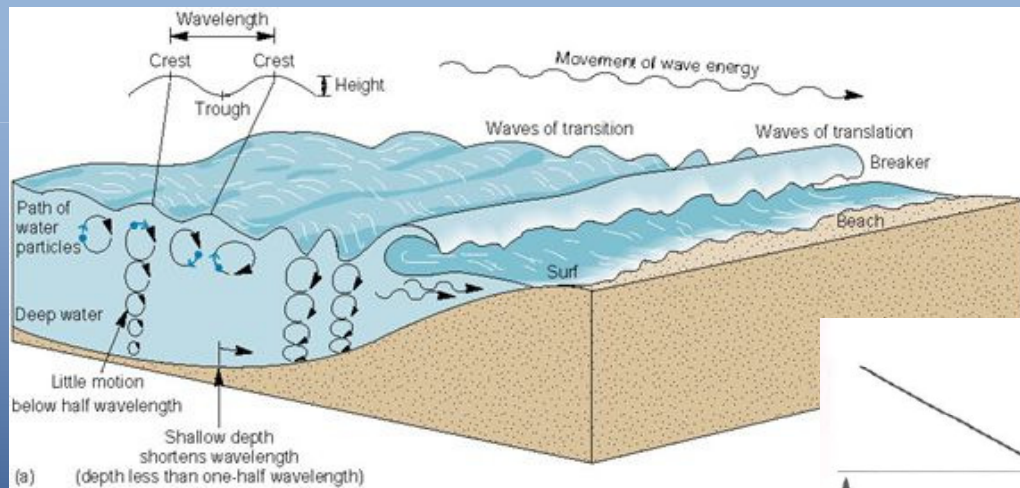
Variazioni della linea di costa a breve termine (equilibrio dinamico)
e lungo termine (erosione)



(La Jolla Shore, CA)

Fattori che determinano dinamicità

- Azione delle onde: frangimento, Set up, Swash, Run up
- Variazioni del livello medio dovuto alle oscillazioni della marea astronomica e della marea meteorologica (storm surge)



Effetti :

- erosione
- inondazione delle aree costiere

Importante corretta valutazione in

- progettazione di nuovi interventi
- opere di manutenzione

Community of Shishmaref, Alaska



Benidorm, Spagna



Obiettivo

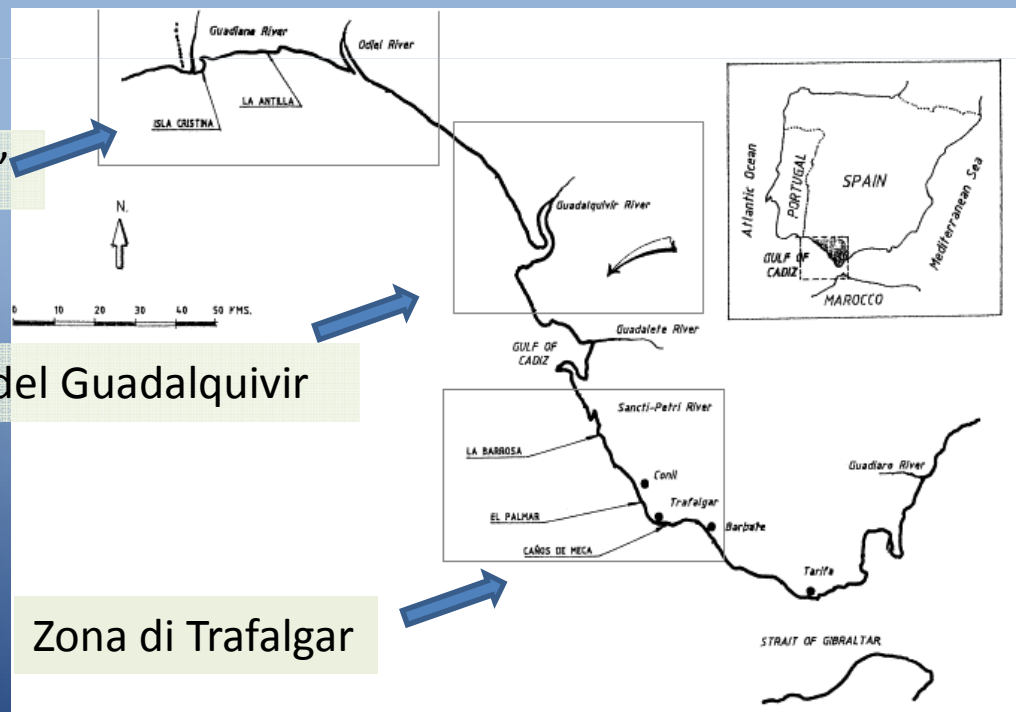
Sviluppo di una metodologia che consenta la determinazione della quota di inondazione in aree di diversa natura, per la gestione delle zone costiere .

Applicazione della metodologia alla costa Atlantica della Spagna in zone di particolare rilevanza naturalistica

Zona de “El Rompido”

Zona del Guadalquivir

Zona di Trafalgar



Zona di Trafalgar

Spiaggia di ~2 km

Allineamento costa NNW-SSE

Delimitata a Sud da Capo Trafalgar

Sabbia media-grande ($d=0.25 - 1\text{mm}$)

Media pendenza: 0.03-0.04 uniforme

0.02 in vicinanza del Capo



➤ Analisi dell'area

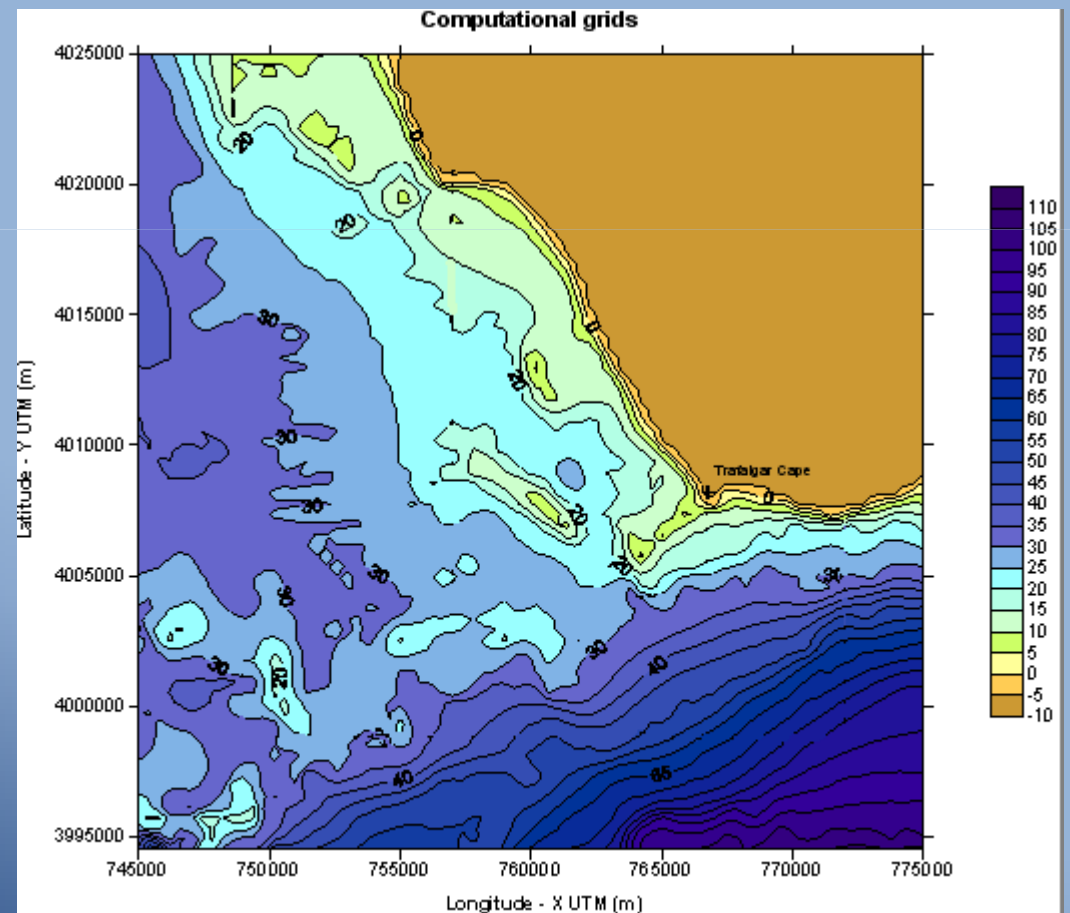
• **Batimetria** Carta Nautica 444 – Istituto Hidrografico della Marina

- Piattaforma continentale

In corrispondenza del Capo:

- basso fondale

- brusco cambiamento orientamento
linee batimetriche



Fasi della metodologia:

- Analisi della zona: batimetria, clima marittimo
- Individuazione degli eventi estremi
- Propagazione degli stati di mare selezionati da mare aperto alla costa
- Determinazione delle caratteristiche dell'onda a rottura
- Calcolo del set up, run up
- Calcolo della quota di inondazione come somma di run up totale, marea astronomica e meteorologica
- Analisi dei risultati della quota di inondazione
- Confronto risultati con topografia della zona

Applicazione alla zona di Trafalgar

➤ Analisi dell'area

Marea astronomica e meteorologica: Mareografo di Bonanza

Marea semi diurna

astronomica



Ampiezza media 1m

Intervallo di marea 0.2 m - 3.5 m

Marea meteorologica raggiunge valori di 0.5 m

Clima marittimo in mare aperto: WANA 1052046 – dati modello

oceanografico tarati con osservazioni in boe ondametriche

Localizzazione

a 80 km al largo dalla costa di Cadiz

a profondità di 450 m

Altezza d'onda significativa
Hs (m)

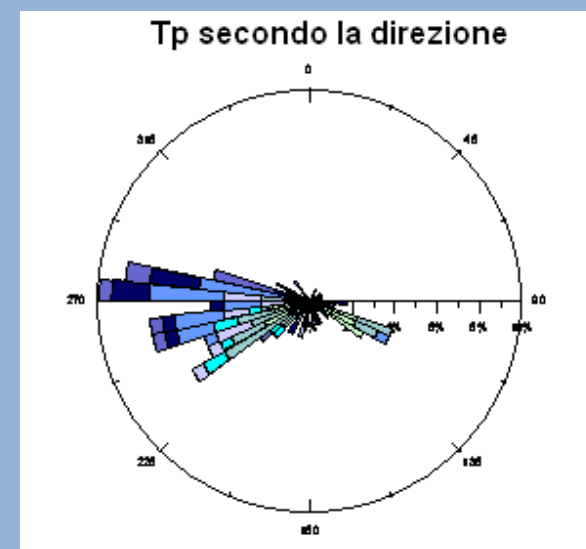
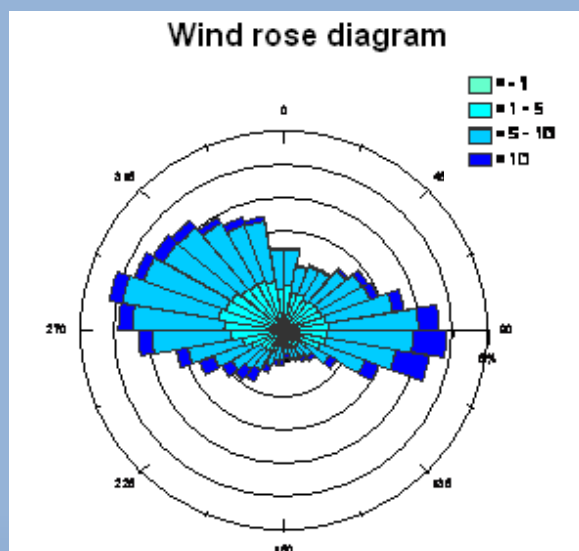
Periodo di picco Tp (s)

Direzione media DirM (°)

Velocità vento V (m/s)

Direzione Vento DirV(m/s)

Clima marittimo in mare aperto



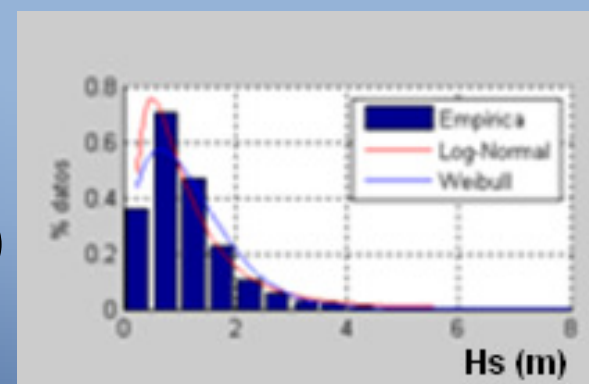
Direzioni principali del vento:

E – SE : venti provenienti dallo Stretto di Gibilterra

→ intensità elevata ma corto fetch → onde poco energetiche

W-NW :venti provenienti dall'Oceano Atlantico

→ onde maggiori condizioni energetiche
(generalmente < 2.5m)

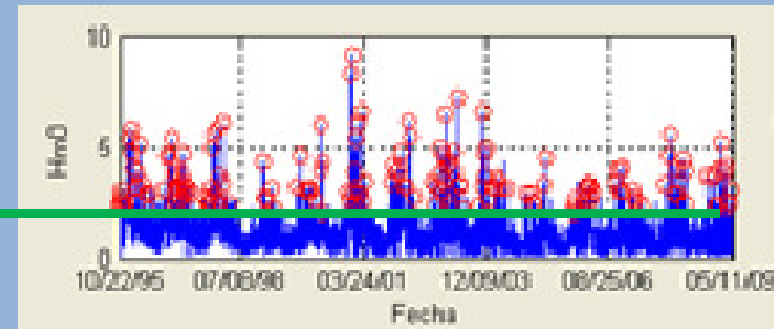


➤ Selezione degli eventi estremi

1) Metodo Peak Over Threshold (POT)

- Introdotta H di soglia: 2 m
- Considero solo i picchi $> H_s$
- Eventi divisi per “temporali”: durata min 24 ore

H_{soglia}



distanza temporale min tra due temporali 36 ore

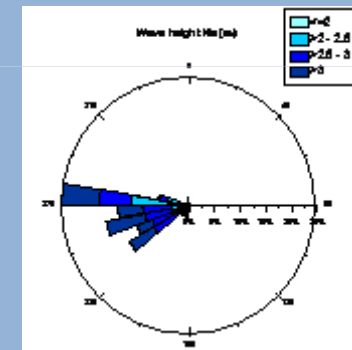
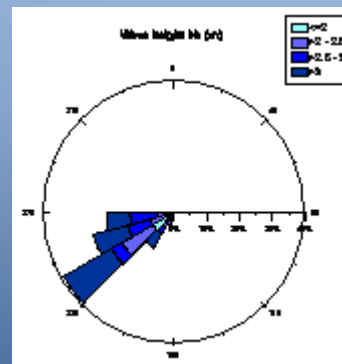
2) Selezione temporali:

$$|Dir_m - Dir_v| < 45^\circ$$

Settore W

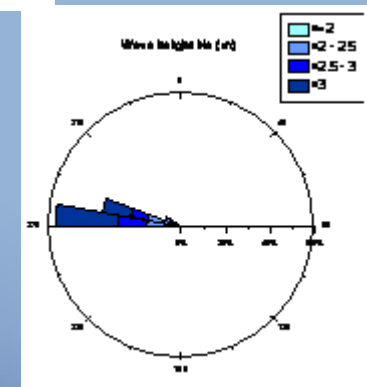
20 temporali: 3NW
(382 eventi) 4 SW
13 W

SW



W

NW



➤ Propagazione stati di mare

• Modello SWAN (Simulating WAve Nearshore) – Delft University

Propagazione da profondità infinita a profondità intermedia

→ 4 maglie computazionali annidate con risoluzione crescente
in cui input maglia interna fornito dall'output di quella esterna

Esterna

Risoluzione: 1000m

Nest 1

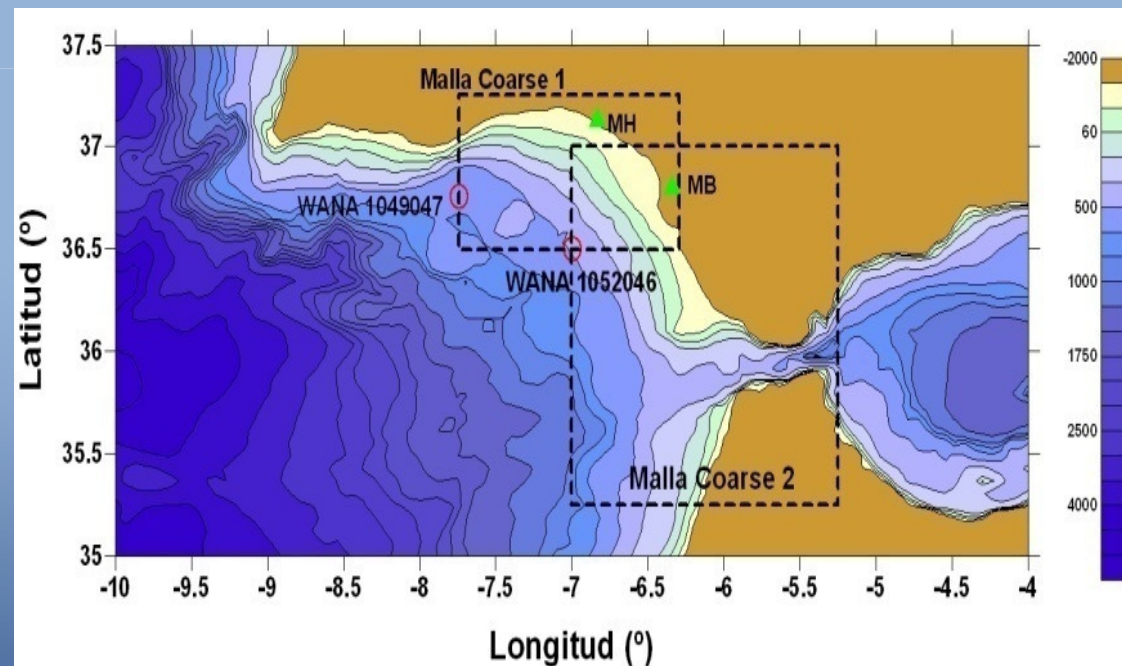
Risoluzione: 300m

Nest 2

Risoluzione: 50m

Nest 3

Risoluzione: 25m



➤ Propagazione stati di mare

• **Modello REF DIFF (REFraction DIFFraction) – University of Delaware**

Interfaccia grafica SMC –GIOC

Propagazione da profondità intermedia alla costa

- 2 maglie computazionali annidate con risoluzione crescente
in cui input maglia esterna fornito dall'output del SWAN
e input maglia interna fornito dall'output di quella esterna



Esterna

Risoluzione: 30 m x 40m

Interna

Risoluzione: 20 m

Orientamento parallelo alla batimetria



Risultati propagazione (caso SW)

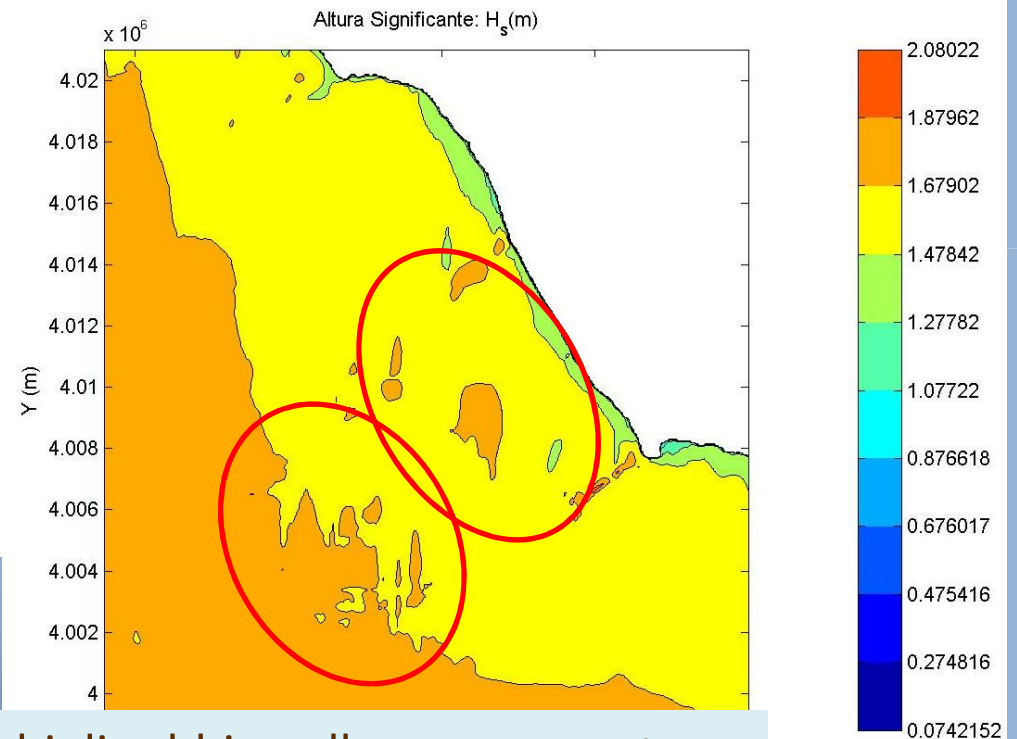
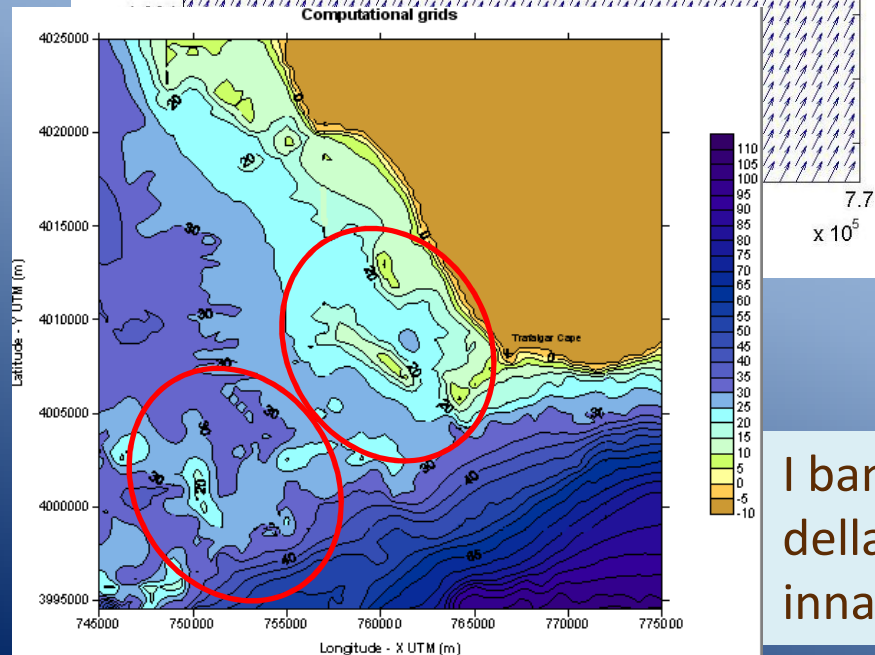
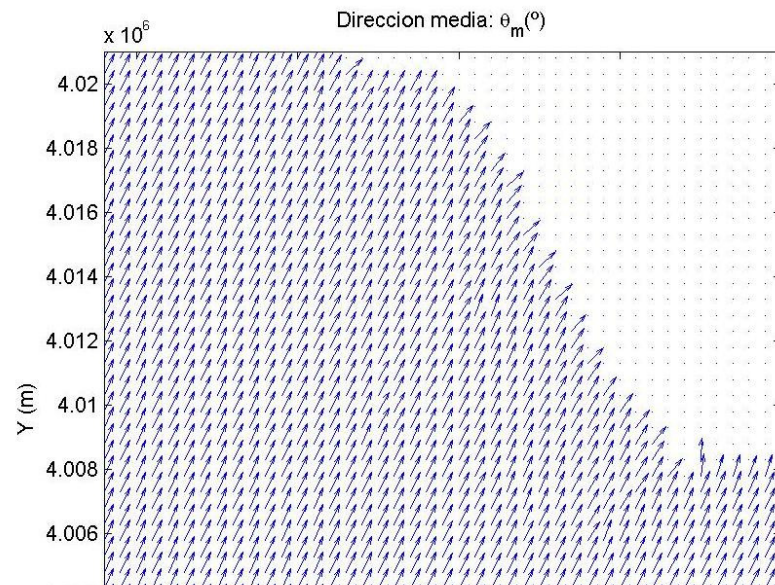
SWAN – Nest2

Condizioni mare aperto:

$H_s=2$ m

$T_p=6.9$ sec

$Dir_m=192^\circ$



I banchi di sabbia nella zona a ovest della spiaggia creano zone di innalzamento dell'altezza d'onda

Risultati propagazione (caso SW)

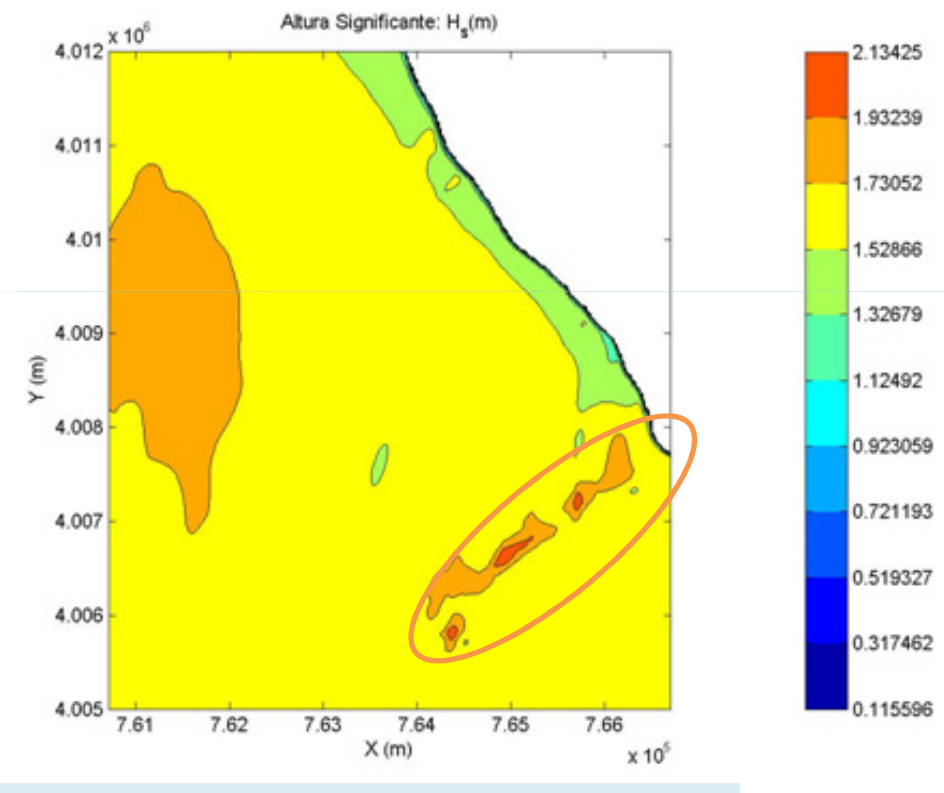
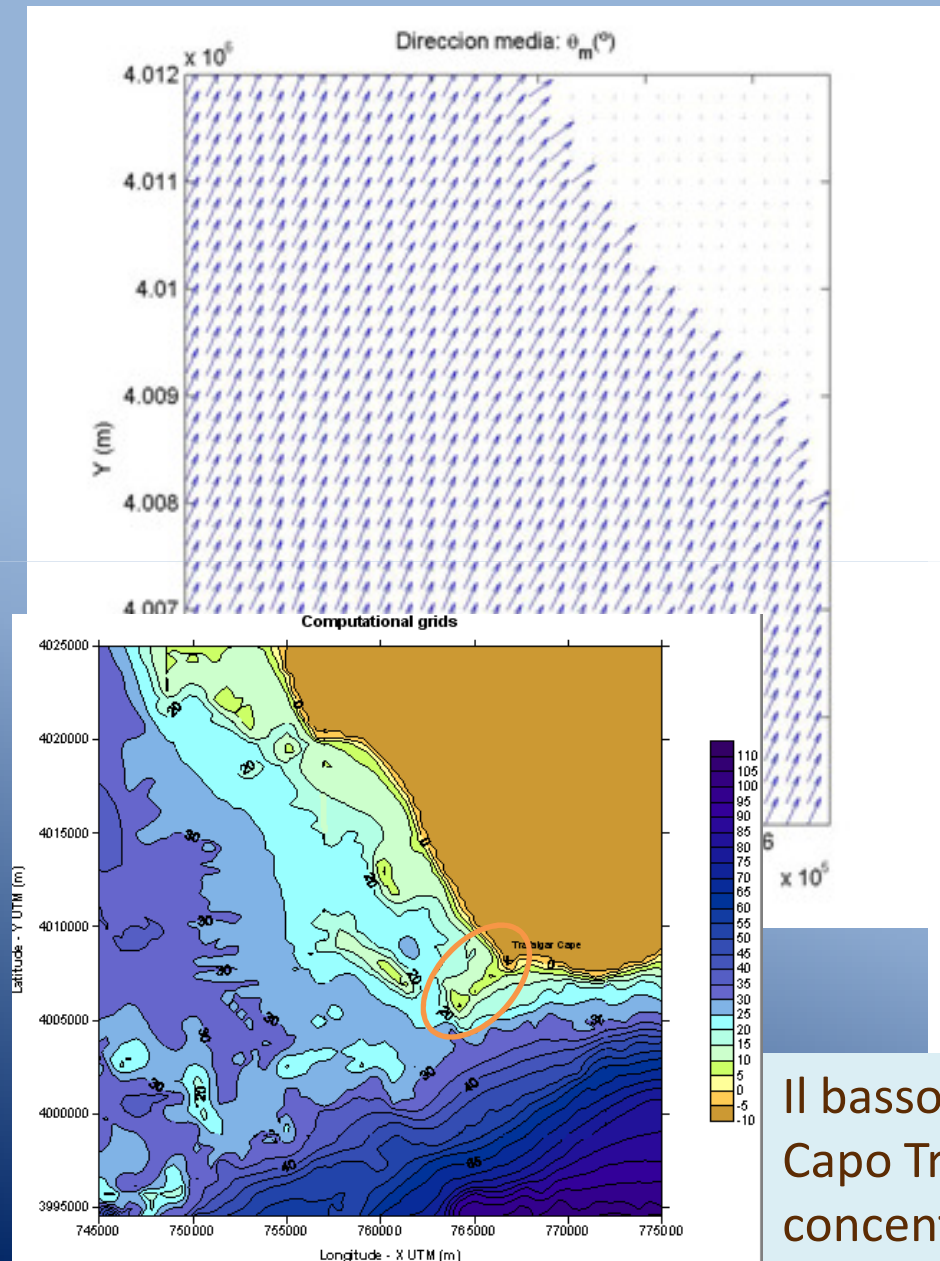
SWAN – Nest3

Condizioni offshore:

$H_s = 2$ m

$T_p = 6.9$ sec

$Dir_m = 192^\circ$

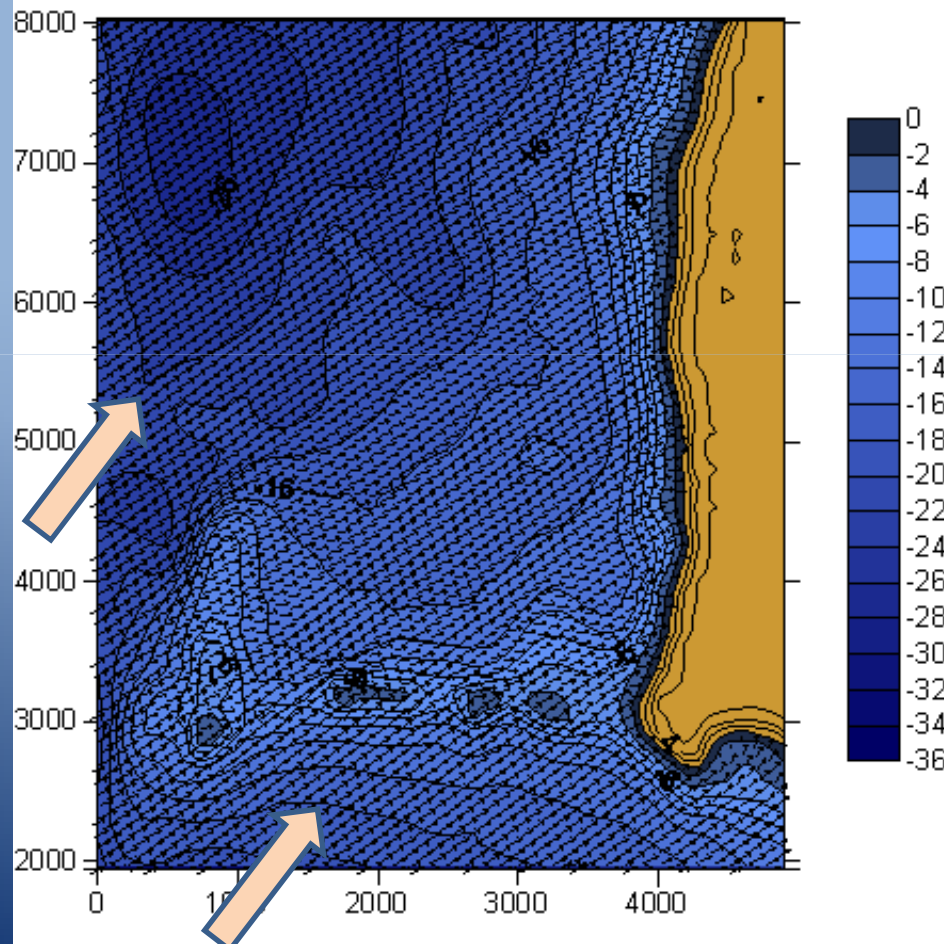


Il basso fondale roccioso di fronte a Capo Trafalgar crea zone di concentrazione dell'energia

Risultati propagazione (SW)

REF DIFF

Vettore direzione d'onda su
batimetria della zona

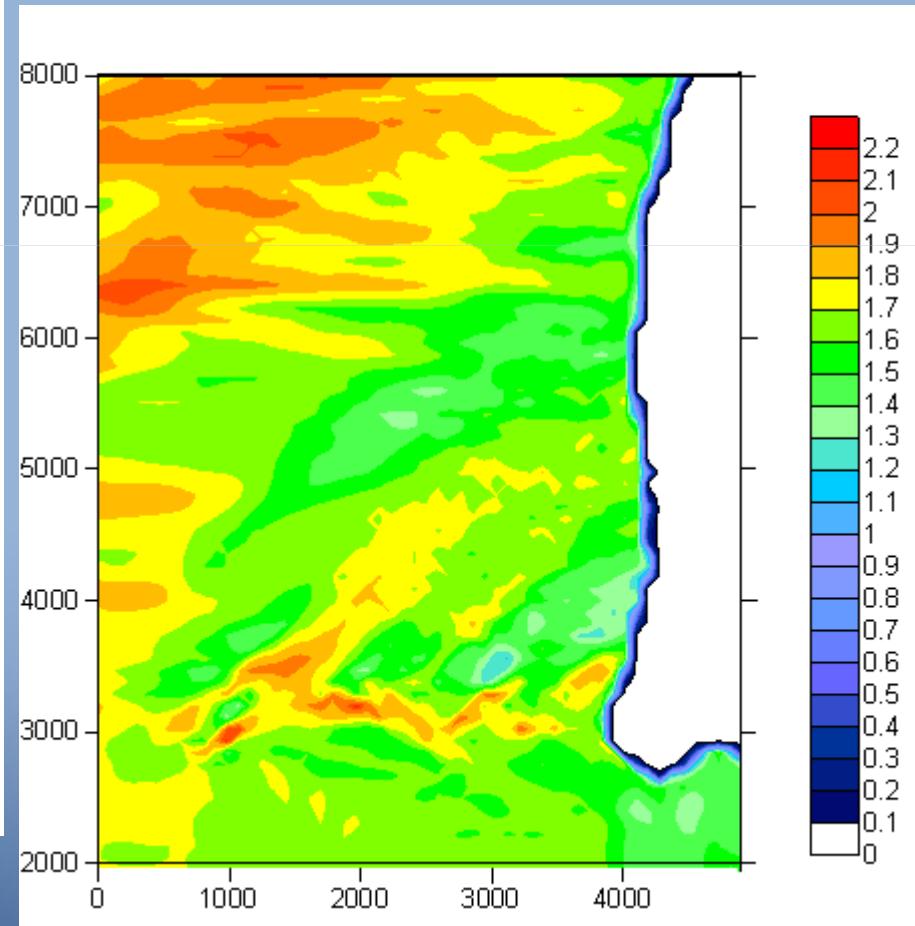


Condizioni offshore:

$H_s=2$ m

$T_p=6.9$ sec

$Dir_m=192^\circ$



Risultati propagazione Caso W-NW

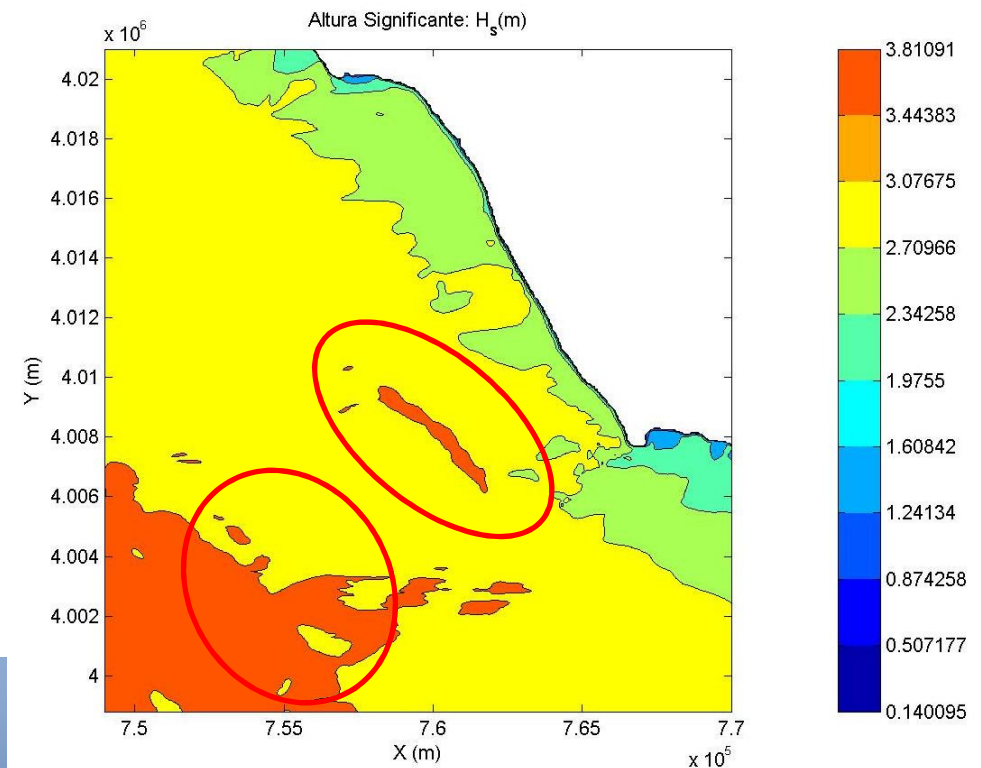
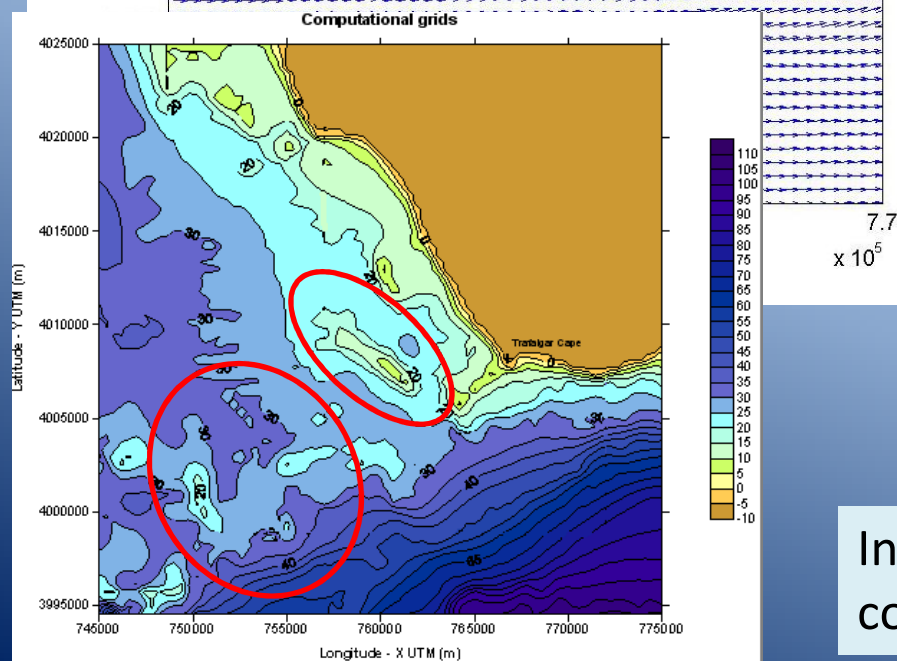
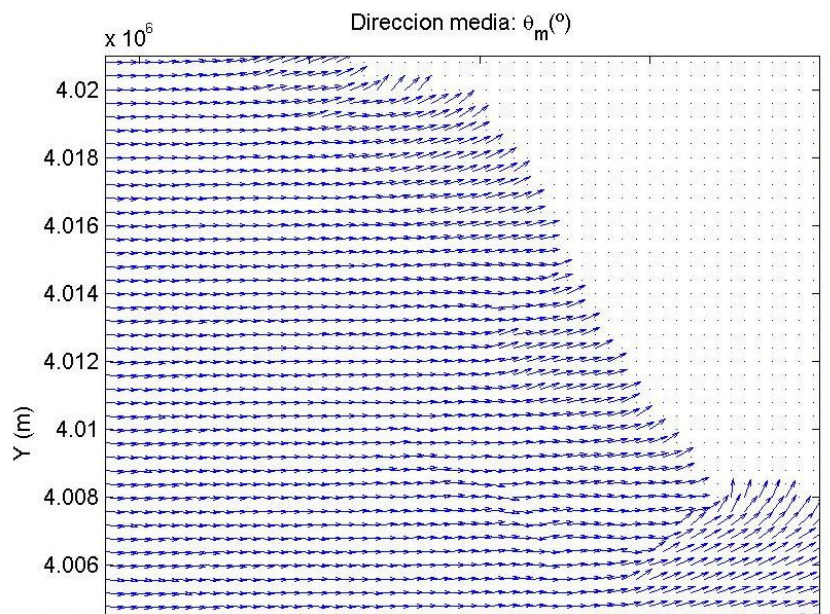
SWAN Nest 2

Condizioni mare aperto:

$H_s=3.5$ m

$T_p=10.2$ sec

$Dir_m=274^\circ$ (W-NW)



Innalzamento altezza d'onda in
corrispondenza banchi di sabbia

Risultati propagazione W-NW

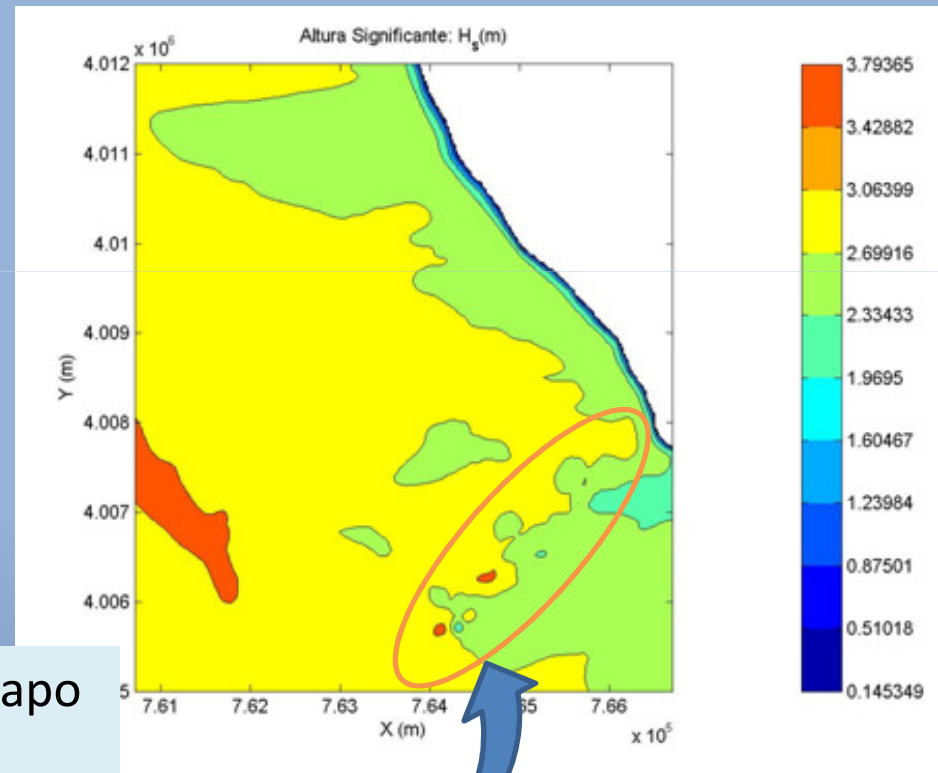
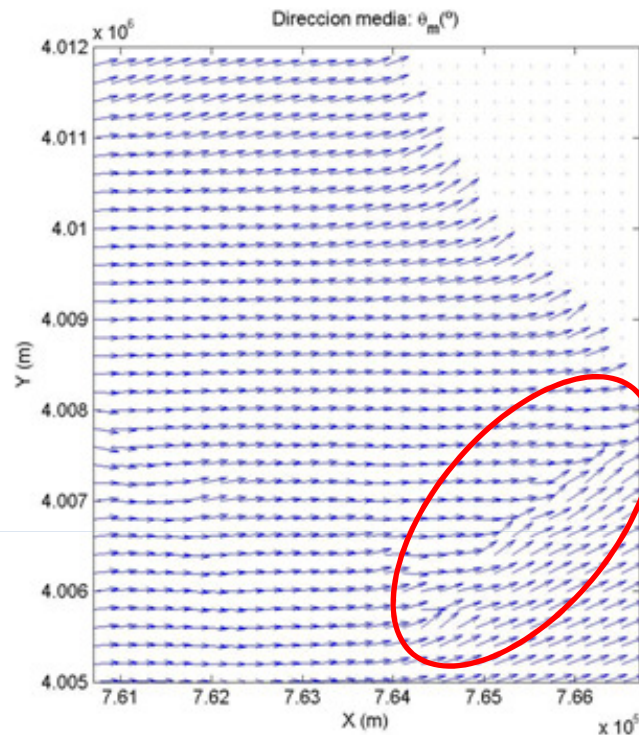
SWAN – Nest3

Condizioni mare aperto:

$H_s=3.5$ m

$T_p=10.2$ sec

$Dir_m=274^\circ$



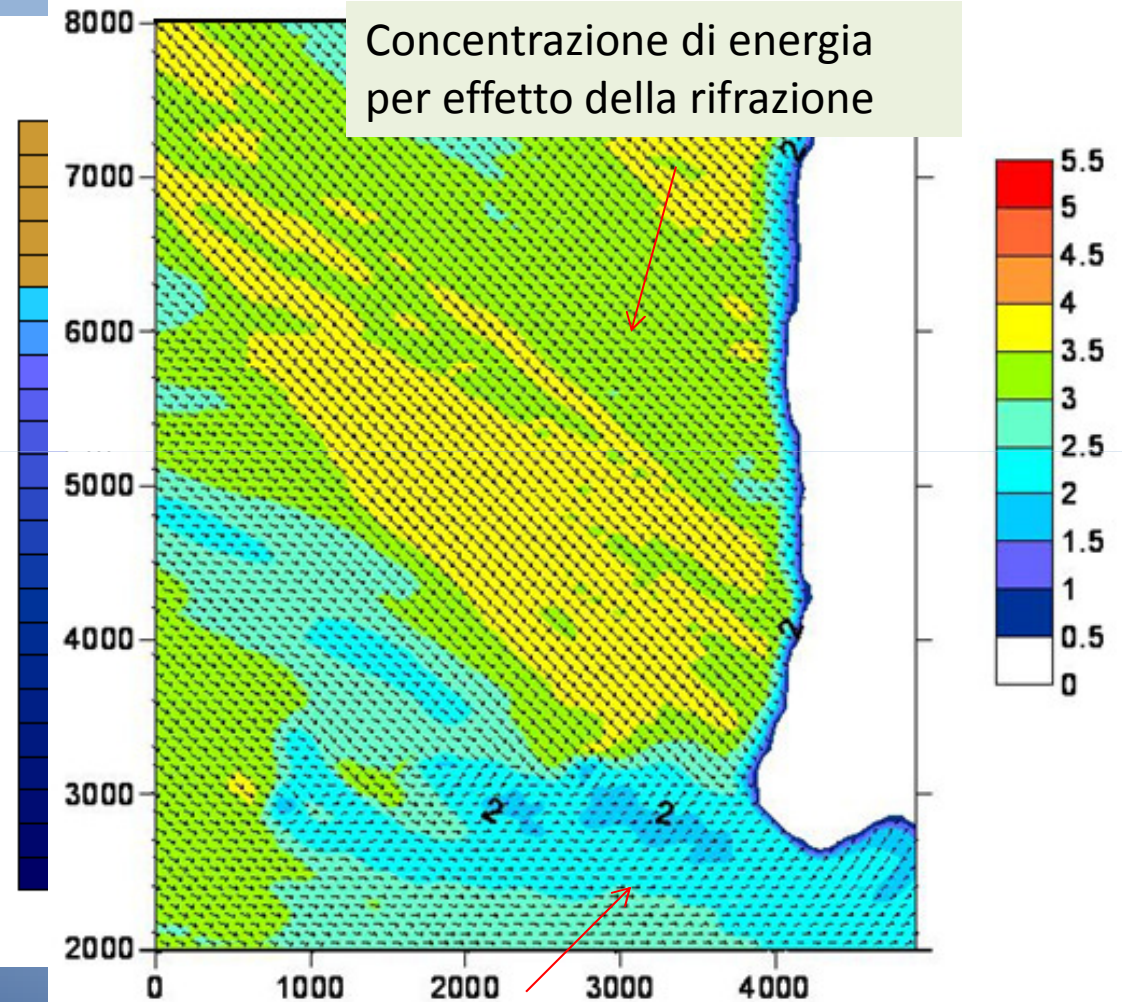
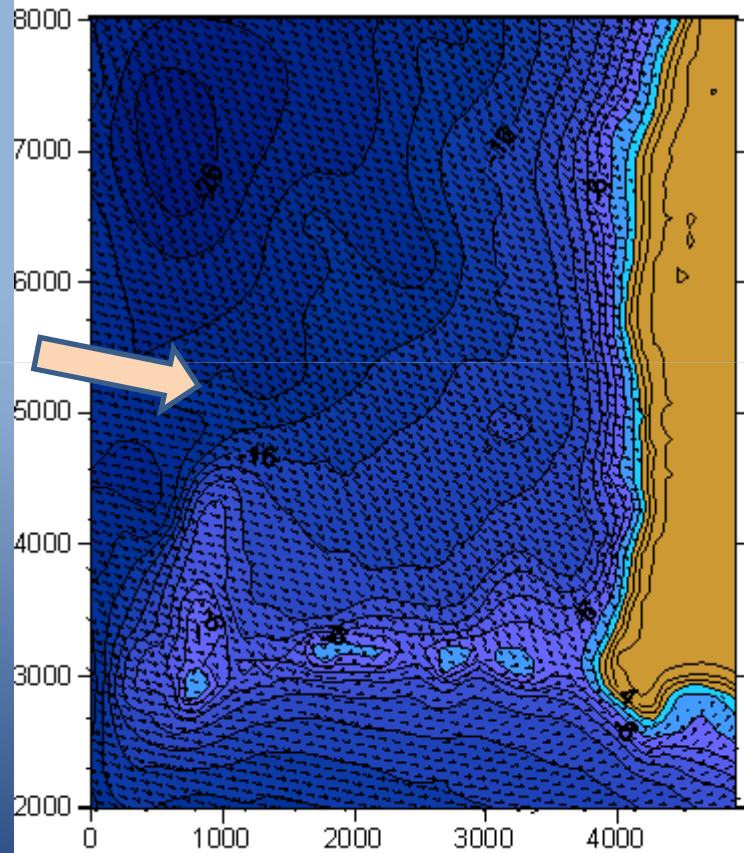
Il basso fondale roccioso di fronte a Capo Trafalgar crea zone di convergenza dell'energia meno pronunciata e una zona d'ombra a Est del Capo

Risultati propagazione W-NW

REF DIFF

Condizioni offshore:

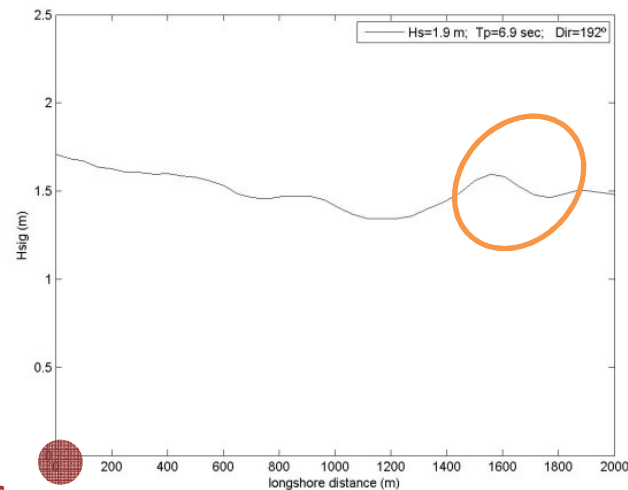
Hs=3.5 m



Variazione batimetria

Analisi lungo costa a profondità 4 m: **profilo di altezza d'onda**

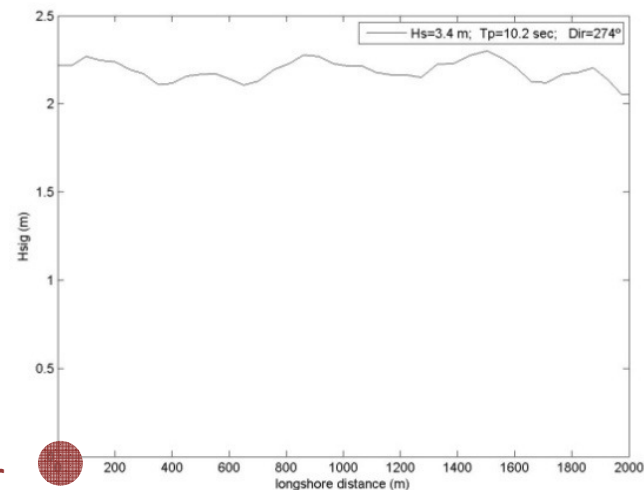
$\text{Dir}_m = 192^\circ$ (SW)



L'altezza d'onda decresce dalla parte sud a quella nord della spiaggia, con un leggero incremento a 1400 m

Capo Trafalgar

$\text{Dir}_m = 274^\circ$ (W-NW)



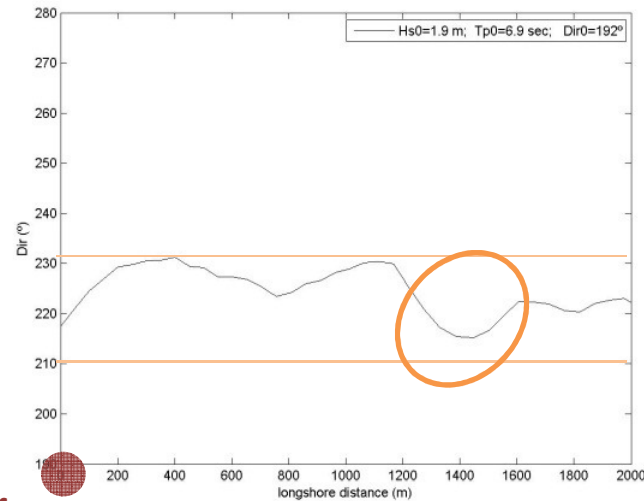
Profilo più omogeneo e costante

Capo Trafalgar

Analisi lungo costa a profondità 4 m: **profilo della direzione**

$Dir_m = 192^\circ$ (SW)

Capo Trafalgar

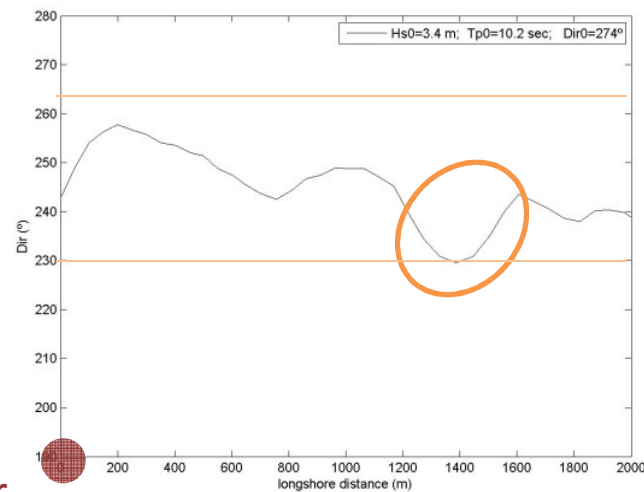


Indipendentemente dalle condizioni iniziali:

- l'onda arriva alla costa con lo stesso profilo di direzione
- fronte d'onda parallelo alla costa (range 215° - 260°)
- Cambio di direzione pronunciato a 1400 m dal Capo

$Dir_m = 274^\circ$ (W-NW)

Capo Trafalgar



Determinazione delle caratteristiche dell'onda a frangimento : H_b, D_b, h_b

Calcolo del Set up:

(Guza & Thornton, 1981)
Pendenza <0.1

$$\eta_{\text{setup}} = 0.15 * H_b$$

Calcolo dello Swash:

(Nielsen & Hanslow, 1981)
Pendenza <0.1

$$\eta_{\text{swash}} = 0.04 * (H_b * L_0)^{0.5}$$

Calcolo dell Run up

$$R_{\text{tot}} = \eta_{\text{setup}} + \eta_{\text{swash}}$$

Calcolo della quota di inondazione

$$CI = R_{\text{tot}} + \eta_{\text{marea_astronomica}} + \eta_{\text{storm_surge}}$$

Analisi della Quota di Inondazione:

CI ~ costante lungo la costa

→ uso valore medio

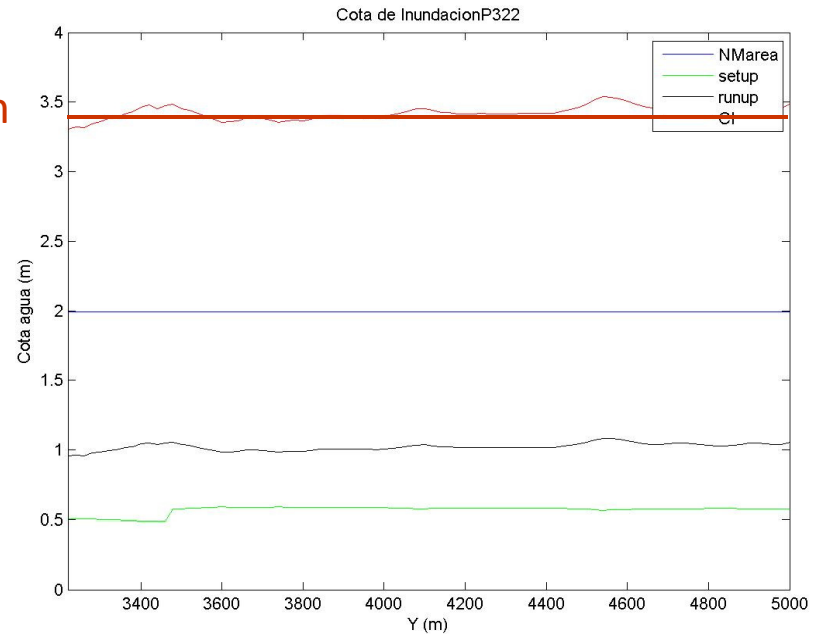
confronto contributo diversi termini

Run up tot = 1.43 m

Livello marea = 1.99 m

CI = 3,43 m (CI max dei 382 casi analizzati)

3,43 m



❖ Nella zona considerata la marea gioca un ruolo importante

Il valore massimo di CI si ha in corrispondenza di una **combinazione** di elevata Hs ed elevato livello di marea



E' necessario considerare i due aspetti contemporaneamente

Analisi della Quota di Inondazione:

Parametri della distribuzione

sperimentale:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = 1.4 \text{ m} \\ \sigma = 0.8 \text{ m} \end{array} \right.$$

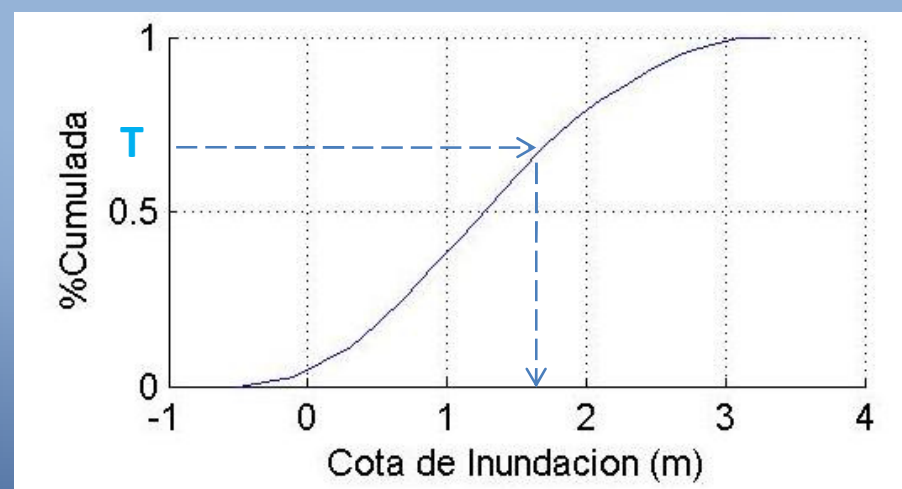
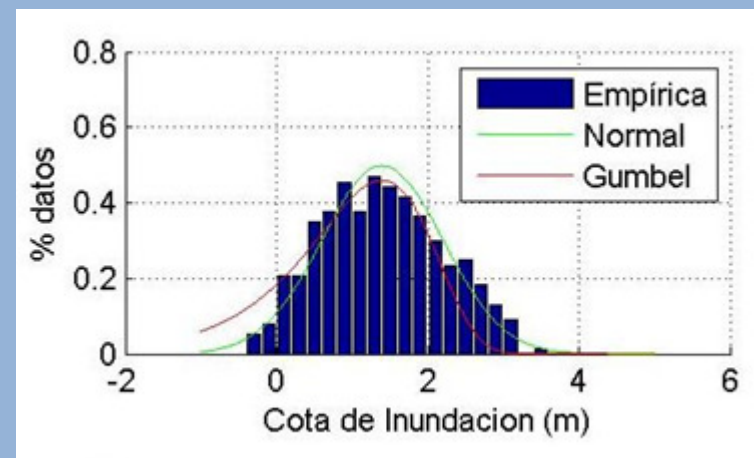
Caratteristiche secondo la direzione :

NW $Cl_{med}=1.14 \text{ m}$ $Cl_{max}=2.81 \text{ m}$

W $Cl_{med}=1.36 \text{ m}$ $Cl_{max}=3.18 \text{ m}$

SW $Cl_{med}=1.39 \text{ m}$ $Cl_{max}=3.43 \text{ m}$

Funzione densità di probabilità
cumulata : permetterebbe di
determinare il valore di CI
corrispondente a Tempi di ritorno
scelti



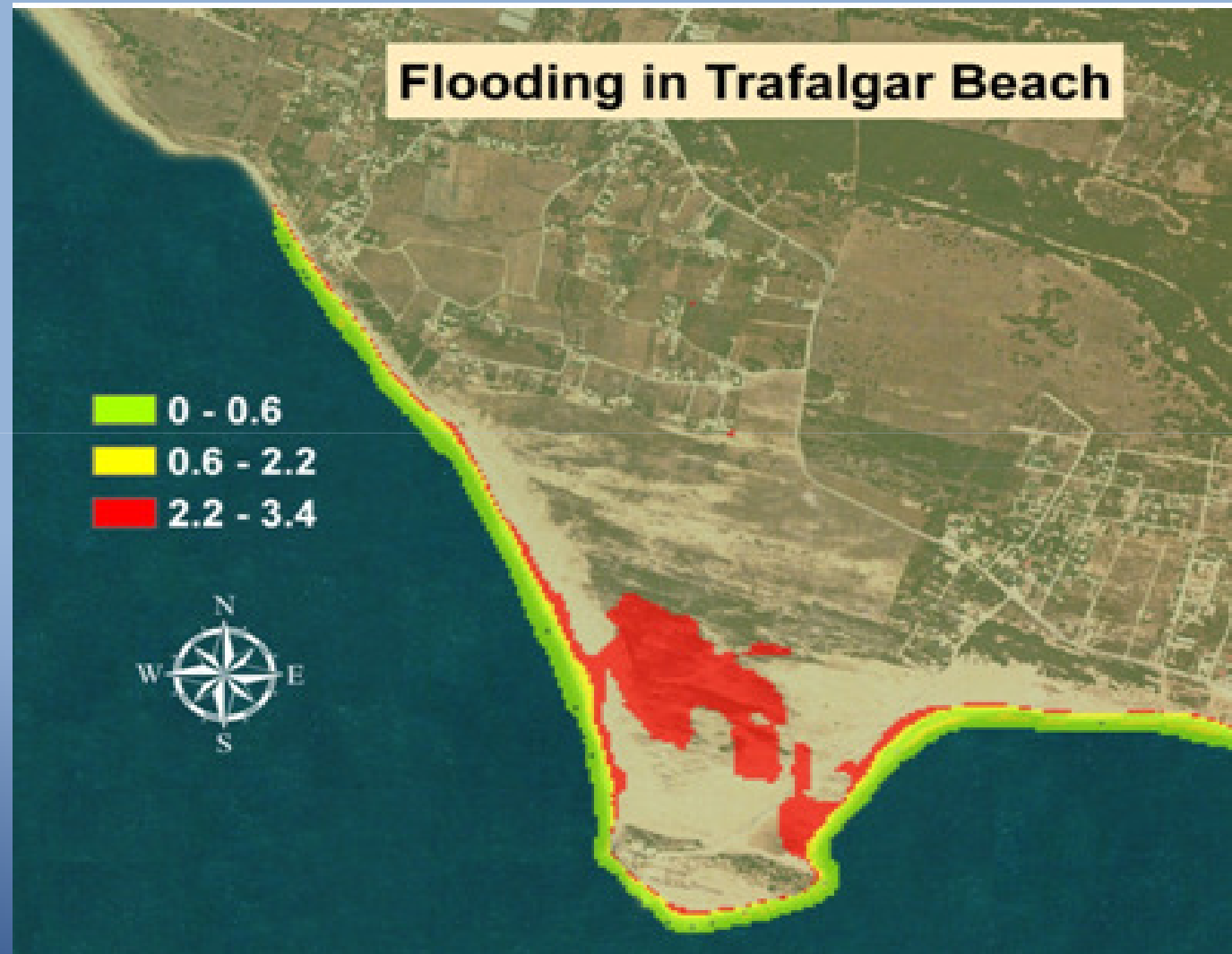
Rappresentazione dei risultati su mappa della zona

$$Cl_I = \mu - \sigma = 0.6 \text{ m}$$

$$Cl_{II} = \mu + \sigma = 2.2 \text{ m}$$

$$Cl_{max} = 3.4 \text{ m}$$

- Il valore Cl_{max} determina l'inondazione di una vasta area



Il valore massimo ottenuto determina l'inondazione di una vasta area.
Risultato ragionevole.



Conclusioni

- La metodologia sviluppata permette di calcolare valori della quota di inondazione in zone costiere di diversa natura
- Tale metodologia applicata alla spiaggia di Trafalgar ha mostrato risultati coerenti

Possibili sviluppi

- Riprodurre sul DTM il profilo dei livelli di inondazione ottenuto, che permetta di tener conto dei fenomeni di focalizzazione dell'energia o di di zone d'ombra
- Introdurre nel calcolo del Run up coefficienti di scabrezza diversi a seconda delle caratteristiche del terreno (sabbia, roccia, vegetazione,..) che tengano in conto l'effetto del attrito

Grazie dell'attenzione

