



Programma Operativo
Complementare 2014/2020



**REGIONE
SICILIANA**

Assessorato regionale delle
infrastrutture e della Mobilità



Repubblica Italiana

**Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti
Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali**



**POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA
MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL
PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)**

PROGETTO DEFINITIVO

<p>R.T.P.</p> 	<p>Il Progettista</p> <p>Mada Engineering s.r.l. Ing. Daniele D. Cianciolo a) civile e ambientale</p>  <p>Gruppo di Progettazione</p> <p>Ing. Paolo Atzeni Ing. Adamo Cali Ing. Salvatore Torrissi</p>	<p>Il RUP</p> <p>Geom. Giuseppe Bruno</p> <p><i>Dipartimento regionale delle infrastrutture, della Mobilità e dei Trasporti</i></p> <p>Il Dirigente del Servizio 8 Arch. Carmelo Ricciardo</p>
--	--	--

Titolo elaborato:

RELAZIONE STUDIO METEOMARINO

CODICE ELABORATO: 01_ED_RE_04		REVISIONE: A		SCALA: -	
A	PRIMA EMISSIONE	FEBBRAIO 2021	P.ATZENI	P.ATZENI	D. CIANCIOLO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Relazione Studio Meteomarino

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO	4
2.1.	Esposizione del paraggio.....	4
2.2.	Fetch geografico ed efficace.....	5
2.3.	Batimetria.....	7
3.	DATI METEOMARINI	8
3.1.	Variazione del livello medio del mare	8
3.2.	Moto ondoso	8
3.3.	Determinazione del periodo di picco in funzione dell'altezza d'onda	11
3.4.	Ricerca Mareggiate sopra soglia	11
3.5.	Vento.....	12
4.	Trasferimento delle onde da largo verso riva	13
4.1.	Mesh di calcolo	13
4.2.	Dati di input.....	15
4.3.	Risultati	16
5.	Statistica delle onde estreme	19
6.	Conclusioni	20

Relazione Studio Meteomarinò

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Localizzazione del Porto di Castellammare del Golfo.....	4
Figura 2 – Settore di traversia per il porto di Castellammare del Golfo.....	5
Figura 3 – Fetch geografico e fetch efficace calcolato con il metodo suggerito dallo SPM 1984	7
Figura 4 – Rosa delle onde rilevate presso l'ondametro della RON di Capo Gallo.....	8
Figura 5 – Diagramma polare delle mareggiate sopra soglia di 3 m.....	12
Figura 6 – Limiti del modello MIKE21-SW per il trasferimento delle onde da largo a riva.....	13
Figura 7 – Divisione del dominio di calcolo in 4 sottodomini con risoluzione via via maggiore in prossimità del porto.	14
Figura 8 - Mesh di tutto il dominio di calcolo	14
Figura 9 – Dettaglio della mesh di calcolo in prossimità del porto di Castellammare	15
Figura 10 – Posizione dei punti di estrazione delle onde sottocosta.....	15
Figura 11 – Rosa delle onde sottocosta.....	16
Figura 12 – Diagramma polare delle mareggiate sopra soglia di 3 m al largo e trasferite sottocosta nei punti 1 e 2	18

INDICE DELLE TABELLE

Tabella I – Tabella del Fetch Geografico ed Efficace.....	6
Tabella II – Tabella delle occorrenze in percentuali Altezza significativa - Direzione	9
Tabella III – Tabella delle occorrenze in percentuali Periodo di picco – Altezza significativa	10
Tabella IV – Altezza d'onda significativa sottocosta per vari tempi di ritorno.....	19

Relazione Studio Meteomarino

1. PREMESSA

La presente relazione è a correndo e parte integrante della progettazione definitiva del progetto di “Potenziamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza e prolungamento diga foranea del porto di Castellammare del Golfo (TP)” ed ha lo scopo di individuare le caratteristiche meteomarine, con preciso riferimento al moto ondoso, del paraggio.

Lo studio è stato articolato sulla base dei dati presenti in letteratura specifici per il sito di Castellammare del Golfo in provincia di Trapani, sulla base dei dati strumentali disponibili e sulla base dei dati rilevati per la redazione del presente studio.

In particolare dalla caratterizzazione meteomarina si sono ottenuti i dati necessari per la corretta progettazione dell'intervento.

Lo studio è improntato prevalentemente sulle azioni del moto ondoso che si ritiene essere l'elemento dimensionante per l'opera oggetto dell'intervento.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO

Il paraggio in oggetto di studio è situato lungo la costa settentrionale della Sicilia ed, ha coordinate geografiche 38°01'59"N 12°52'59"E.

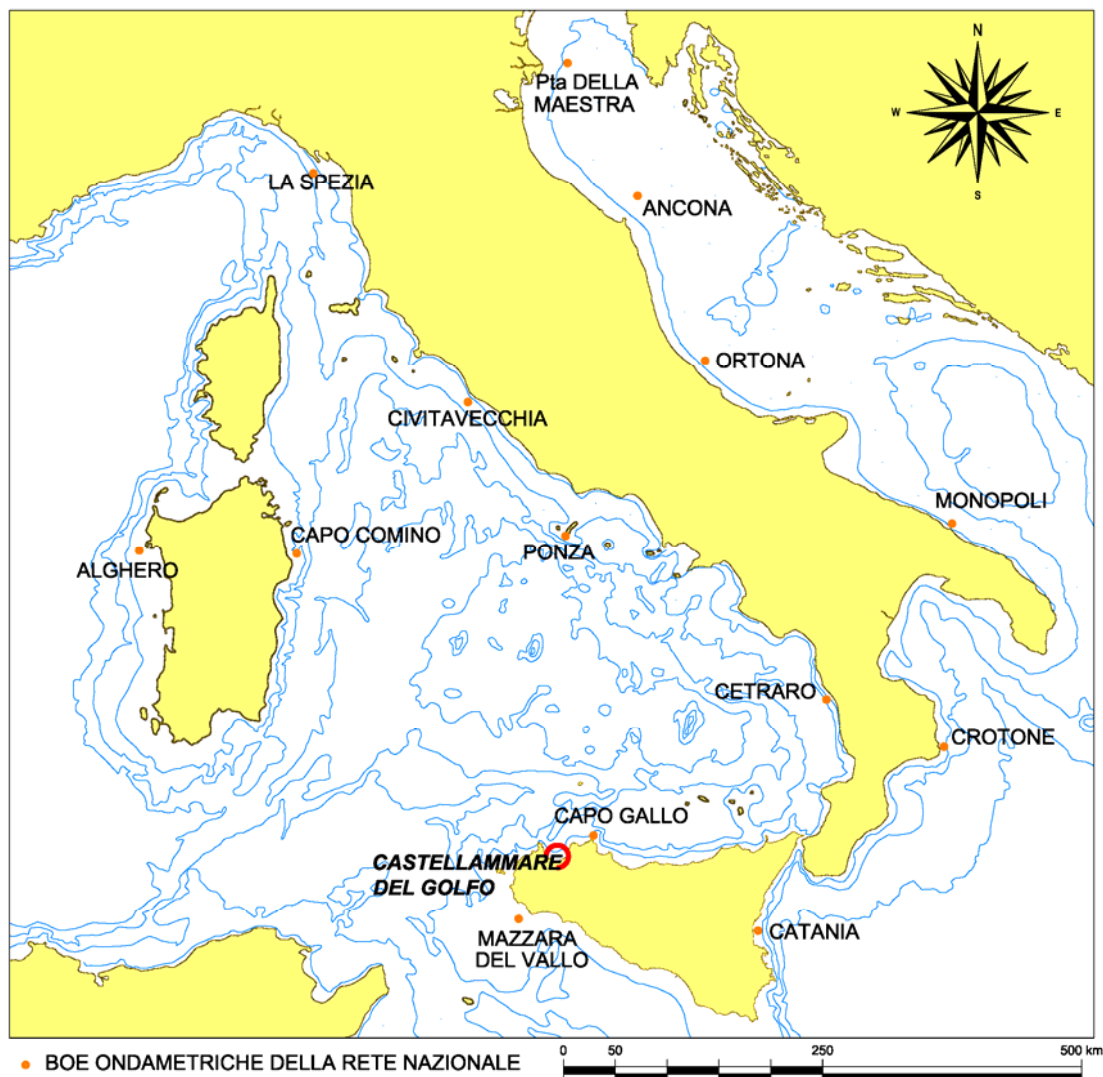


Figura 1 – Localizzazione del Porto di Castellammare del Golfo

2.1. Esposizione del paraggio

Il settore di traversia che compete il Porto di Castellammare del Golfo (d'ora in poi Castellammare) è orientato verso Nord ed è di circa 79°, compreso tra le direzioni 330°N in cui si incontra Punta di Solanto a circa 18.5 km (10 miglia Nautiche) e la direzione 49°N in cui si incontra il Punta Molinazzo a circa 22.7 km (12 miglia Nautiche).

Relazione Studio Meteomarinario

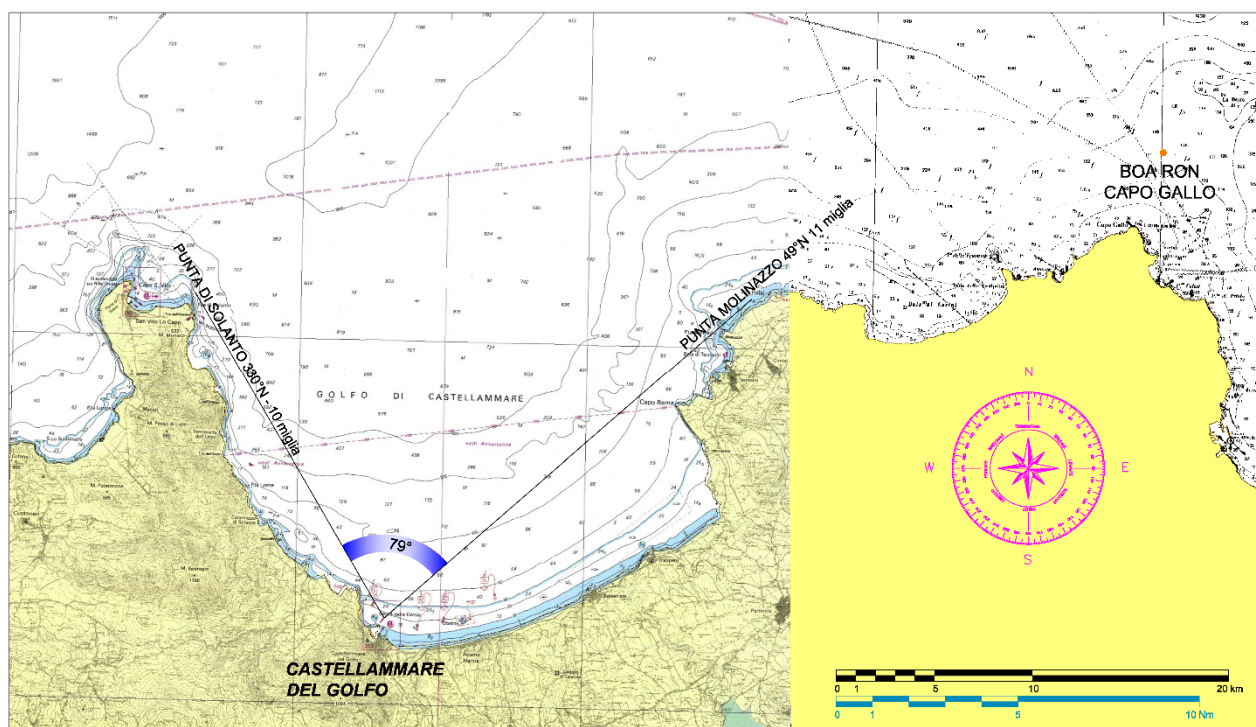


Figura 2 – Settore di traversia per il porto di Castellammare del Golfo

2.2. Fetch geografico ed efficace

Il Fetch è la porzione di mare libero nel quale il mare, per effetto del vento, ha la possibilità di formarsi. Generalmente in Mediterraneo si considera come lunghezza di fetch geografico la distanza dal punto di interesse fino alla costa opposta lungo una certa direzione in quanto i fenomeni atmosferici interessano aree molto estese che superano le distanze tra due coste opposte. È necessario però fare delle correzioni per la determinazione dell'effettiva distanza lungo la quale si può generare uno stato di agitazione del mare, infatti le coste opposte non sono mai regolari ed oltremodo vi è sempre un contributo alla generazione delle onde da parte delle direzioni adiacenti. Come suggerito dallo Shore Protection Manual del 1984 il calcolo del fetch viene eseguito considerando una serie di direzioni principali, per ognuna di esse si considerano dei settori di 30° a destra e a sinistra e all'interno di questi settori si considerano dei raggi ogni 3°. La lunghezza del fetch efficace per ognuna delle direzioni sarà la media aritmetica della lunghezza di tali raggi. Un altro modo di definire i fetch efficaci è quello di considerare la proiezione dei raggi ogni 3° sulla direzione del fetch di cui si vuole calcolare il fetch efficace e quindi fare la media pesata in base all'angolo delle lunghezza di tali proiezioni.

Nella Tabella seguente sono riportati il fetch geografico ed efficace in km calcolato con i vari metodi riportati in letteratura.

Relazione Studio Meteomarino

dir.	Saville	Seymour	SPM	geografico
°N	km	km	km	km
10	312.3	289.7	326.9	334.0
20	286.6	269.6	291.5	298.6
30	269.7	254.7	281.0	304.4
40	252.4	236.7	276.2	280.3
50	241.6	219.4	258.3	306.5
60	227.8	206.2	278.7	295.2
70	197.9	177.5	239.7	290.8
80	171.5	154.4	197.4	259.2
90	145.4	133.8	159.2	203.1
100	99.9	97.1	94.2	29.6
110	72.3	74.3	64.4	17.8
120	51.5	56.8	35.1	16.4
130	31.1	36.4	19.5	16.3
140	20.7	27.4	19.5	20.2
150	18.9	22.2	20.6	21.6
160	19.4	19.0	21.8	22.6
170	19.8	18.4	22.6	22.9
180	19.9	19.3	22.5	23.2
190	19.6	24.2	21.9	23.6
200	19.0	34.3	21.1	21.4
210	34.2	51.2	20.1	19.5
220	73.2	82.9	32.3	18.5
230	119.9	118.8	95.2	17.5
240	169.8	157.0	171.7	17.2
250	229.0	207.1	264.6	287.4
260	273.4	246.2	333.2	500.0
270	308.1	278.4	380.2	500.0
280	347.1	311.9	418.8	500.0
290	369.5	329.1	400.3	350.0
300	381.4	341.1	397.5	319.2
310	380.6	348.5	399.2	357.3
320	374.7	346.2	415.6	426.6
330	373.9	343.7	431.6	500.0
340	364.5	334.9	430.7	500.0
350	351.1	320.6	417.4	428.0
360	334.9	307.2	359.6	350.5

Tabella I – Tabella del Fetch Geografico ed Efficace

Relazione Studio Meteomarinario

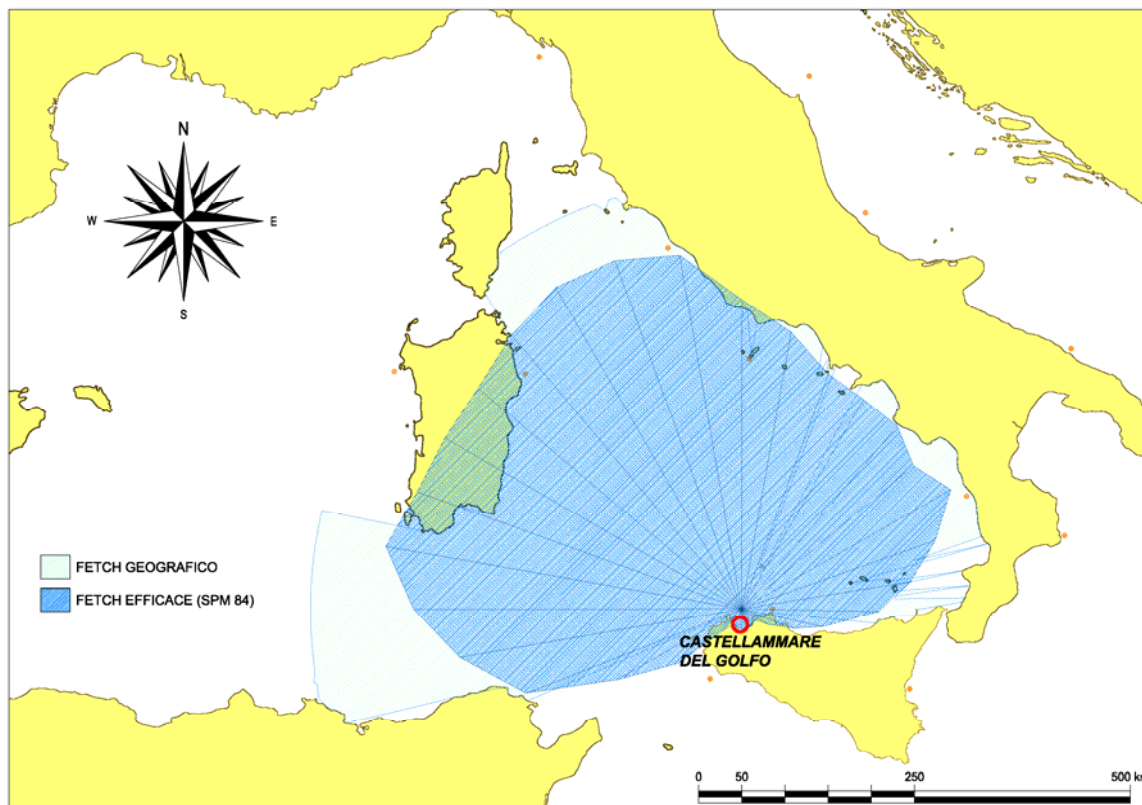


Figura 3 – Fetch geografico e fetch efficace calcolato con il metodo suggerito dallo SPM 1984

2.3. Batimetria

I dati batimetrici per lo studio sono stati acquisiti dalle carte nautiche della zona edite dall'Istituto Idrografico della Marina, in particolare la carta n°16 "da Capo Zafferano a Capo Rama e Isola di Ustica" in scala 1:100'000 in proiezione di Mercatore e la carta n°17 "da Capo Rama a Marsala e Isole Egadi" sempre in scala 1:100'000 in proiezione di Mercatore.

Benché fosse sufficiente la carta n°17 per l'inquadramento del sito in oggetto di studio, si è ritenuto necessario tenere conto anche della carta n°16, che rappresenta la costa a Est del sito, in quanto tale carta riproduce il paraggio di Capo Gallo in cui erano stati rilevati fino al 2014 i dati di moto ondoso della Boa della Rete Ondametrica Nazionale. Dati a cui si farà riferimento per il calcolo del moto ondoso.

La batimetria più sottocosta è stata rilevata dalle carte di dettaglio dei siti web di navigazione marittima, mentre la batimetria locale che rappresenta il molo foraneo su cui intervenire nel presente progetto è stata rilevata dalla Sigma Ingegneria S.r.l. nel luglio 2019 per la Regione Sicilia - Assessorato delle Infrastrutture e della Mobilità - Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali.

Dall'osservazione delle isobate si nota che al largo le profondità raggiungono velocemente valori di oltre i 100 m, mentre sottocosta l'opera foranea del porto è caratterizzata da una profondità al piede della stessa di circa 10 -12 m. La pendenza media del fondale è di circa 1:50 – 1:60.

3. DATI METEOMARINI

3.1. Variazione del livello medio del mare

Per quanto riguarda il livello medio del mare da utilizzare come dato di input per la progettazione si tiene conto di tre fattori principali: la massima escursione dovuta alla marea astronomica, la componente meteorologica dovuta alla pressione atmosferica e l'innalzamento generale del livello del mare a lungo periodo.

Dalla combinazione dei tre fattori si ha il seguente dato:

Marea Astronomica + - 0.15 m

Effetti meteorologici + 0.45 m

Innalzamento del livello medio del mare + 0.40 m

Si prevede quindi un dimensionamento dell'opera tenendo conto di una elevazione massima di 1.00 m.

3.2. Moto ondoso

Il moto ondoso per il calcolo della mantellata è stato riferito alla serie di dati rilevati presso la boa della Rete Ondametrica Nazionale (RON) sita di fronte a Capo Gallo (PA).

I dati sono disponibili dal 29/03/2002 fino al 03/11/2014 con cadenza ogni mezz'ora.

Si riporta di seguito la rosa delle onde e la tabella bivariata direzione/altezza significativa divisa per settori di 30° e classi di altezza di 0.5 m.

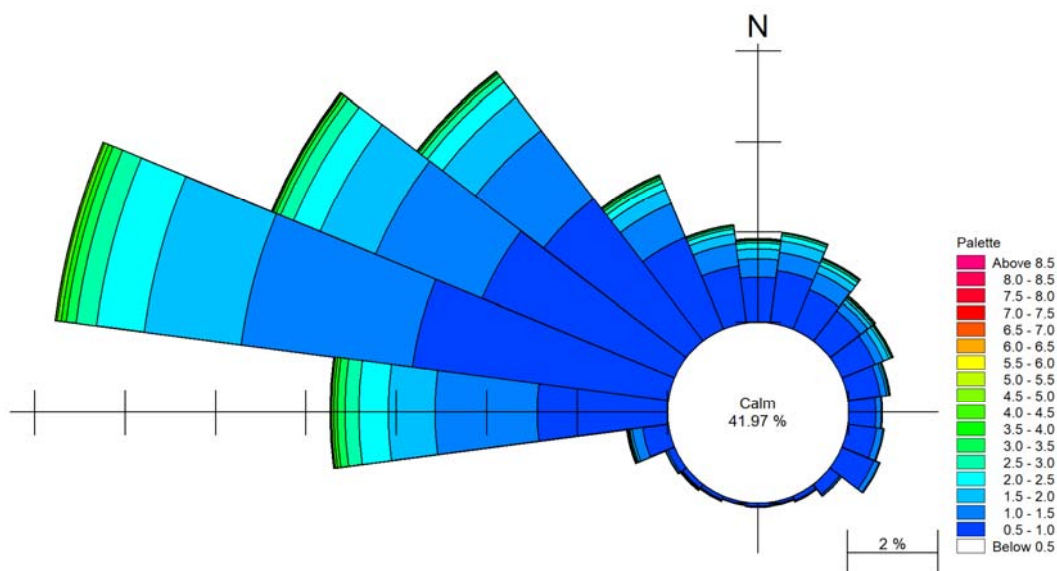


Figura 4 – Rosa delle onde rilevate presso l'ondametro della RON di Capo Gallo

Relazione Studio Meteomarinario

Hs (m)	Direzione provenienza (°N)												
	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210	210-240	240-270	270-300	300-330	330-360	
<0.5	6.6262%	5.3256%	4.2838%	1.8882%	0.4270%	0.1277%	0.0858%	0.1577%	0.9015%	5.5356%	8.1411%	8.4740%	41.9743%
0-0.5	2.1869%	1.7033%	1.4200%	1.3398%	0.6929%	0.1465%	0.1354%	0.2247%	1.6880%	9.9624%	7.4762%	2.7723%	29.7483%
0.5-1	0.8164%	0.4975%	0.2882%	0.2980%	0.1109%	0.0328%	0.0223%	0.0474%	0.9727%	6.7211%	3.6020%	1.0439%	14.4534%
1-1.5	0.4508%	0.2582%	0.1158%	0.0516%	0.0174%	0.0056%	0.0049%	0.0167%	0.3356%	3.6236%	1.7515%	0.4619%	7.0938%
1.5-2	0.2603%	0.1193%	0.0565%	0.0014%	0.0021%	0.0007%	0.0007%	0.0154%	0.2065%	1.8624%	0.8457%	0.2184%	3.5894%
2-2.5	0.1012%	0.0614%	0.0195%		0.0014%	0.0014%	0.0007%	0.0174%	0.1284%	0.7976%	0.3852%	0.1130%	1.6273%
2.5-3	0.0321%	0.0523%	0.0070%	0.0007%	0.0021%	0.0021%	0.0007%	0.0098%	0.0656%	0.4047%	0.1612%	0.0691%	0.8073%
3-3.5	0.0105%	0.0174%	0.0049%			0.0007%	0.0014%	0.0021%	0.0356%	0.1849%	0.0991%	0.0223%	0.3789%
3.5-4	0.0021%	0.0077%							0.0105%	0.1263%	0.0251%	0.0063%	0.1779%
4-4.5	0.0014%	0.0035%	0.0007%		0.0007%			0.0014%	0.0042%	0.0628%	0.0084%	0.0112%	0.0942%
4.5-5				0.0007%		0.0014%		0.0007%	0.0007%	0.0230%	0.0133%		0.0391%
5-5.5						0.0007%				0.0035%	0.0042%	0.0014%	0.0105%
5.5-6										0.0014%	0.0014%		0.0028%
6-6.5					0.0007%						0.0007%		0.0014%
6.5-7											0.0007%		0.0007%
7-7.5											0.0007%		0.0007%
8-8.5													
totale escluse le calme	3.86%	2.72%	1.91%	1.69%	0.83%	0.19%	0.17%	0.34%	3.45%	23.77%	14.38%	4.72%	58.03%
totale	10.49%	8.05%	6.20%	3.58%	1.26%	0.32%	0.25%	0.49%	4.35%	29.31%	22.52%	13.19%	100.00%

Tabella II – Tabella delle occorrenze in percentuali Altezza significativa - Direzione

Relazione Studio Meteomarinò

Tp (s)	altezza significativa (m)															Totale
	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	7-7.5	8-8.5
0-1	0.5457%	0.2484%	0.0223%	0.0007%												0.82%
1-2	0.6978%	0.0007%														0.70%
2-3	4.2565%	0.2386%														4.50%
3-4	7.9890%	3.4464%	0.0942%													11.53%
4-5	9.5367%	6.0436%	1.1681%	0.0370%	0.0014%											16.79%
5-6	5.5384%	9.3316%	2.7570%	0.5359%	0.0509%	0.0035%										18.22%
6-7	5.1197%	5.7610%	5.4009%	2.0069%	0.4654%	0.0691%	0.0070%									18.83%
7-8	5.4805%	2.1960%	2.8965%	2.5218%	1.2595%	0.3238%	0.0719%	0.0070%	0.0007%							14.76%
8-9	1.1416%	1.3272%	1.1479%	1.3042%	1.2553%	0.7425%	0.3001%	0.0907%	0.0154%	0.0014%	0.0021%					7.33%
9-10	0.1661%	0.6057%	0.5045%	0.3587%	0.3475%	0.3252%	0.2449%	0.1333%	0.0461%	0.0181%	0.0014%					2.75%
10-11	0.0593%	0.2596%	0.2721%	0.1870%	0.1144%	0.0809%	0.1158%	0.0872%	0.0830%	0.0377%	0.0147%	0.0007%	0.0007%			1.31%
11-12	0.0237%	0.0663%	0.1068%	0.0844%	0.0342%	0.0349%	0.0391%	0.0419%	0.0188%	0.0279%	0.0154%	0.0042%	0.0014%			0.50%
>12	1.4193%	0.2233%	0.0830%	0.0572%	0.0607%	0.0474%	0.0286%	0.0188%	0.0140%	0.0091%	0.0056%	0.0056%	0.0007%	0.0014%	0.0007%	1.98%
totale	41.9743%	29.7483%	14.4534%	7.0938%	3.5894%	1.6273%	0.8073%	0.3789%	0.1779%	0.0942%	0.0391%	0.0105%	0.0028%	0.0014%	0.0007%	100.0%

Tabella III – Tabella delle occorrenze in percentuali Periodo di picco – Altezza significativa

Relazione Studio Meteomarino

3.3. Determinazione del periodo di picco in funzione dell'altezza d'onda

Dall'analisi dei dati si è dedotta la seguente relazione che lega l'altezza significativa con il periodo di picco:

$$T_p = 4.96\sqrt{H_s}$$

3.4. Ricerca Mareggiate sopra soglia

La serie storica è stata elaborata al fine di individuare le mareggiate che determinano le massime altezze d'onda dalle quali, tramite elaborazione statistica si determinano le onde estreme per il dimensionamento dell'opera foranea.

A tal fine la serie storica è stata analizzata con programmi proprietari che individuano le mareggiate secondo i seguenti criteri:

- persistenza maggiore di 12 ore consecutive dell'altezza d'onda significativa maggiore di una certa soglia;
- attenuazione della altezza d'onda sotto la soglia per meno di 6 ore consecutive;
- appartenenza alla direzione di provenienza a un determinato settore angolare($\pm 30^\circ$) rispetto alla direzione dell'altezza massima della mareggiata stessa;

Imponendo una soglia di 3 m ed eseguendo la ricerca per settori di provenienza di 45° sono state trovate 128 mareggiate e in particolare:

- dal settore tra 270 e 315°N sono state individuate 78 mareggiate;
- dal settore tra 315 e 0°N sono state individuate 25 mareggiate;
- dal settore tra 0 e 45°N sono state individuate 19 mareggiate;
- dal settore tra 45 e 90°N sono state individuate 6 mareggiate;

Tali mareggiate verranno trasferite da largo verso riva per effettuare l'analisi statistica degli eventi estremi.

Al fine di considerare la situazione più gravosa le simulazioni per il trasferimento delle mareggiate sono state eseguite considerando un incremento del livello medio del mare di 1.00 m come indicato nel par. 3.1.

Relazione Studio Meteomarino

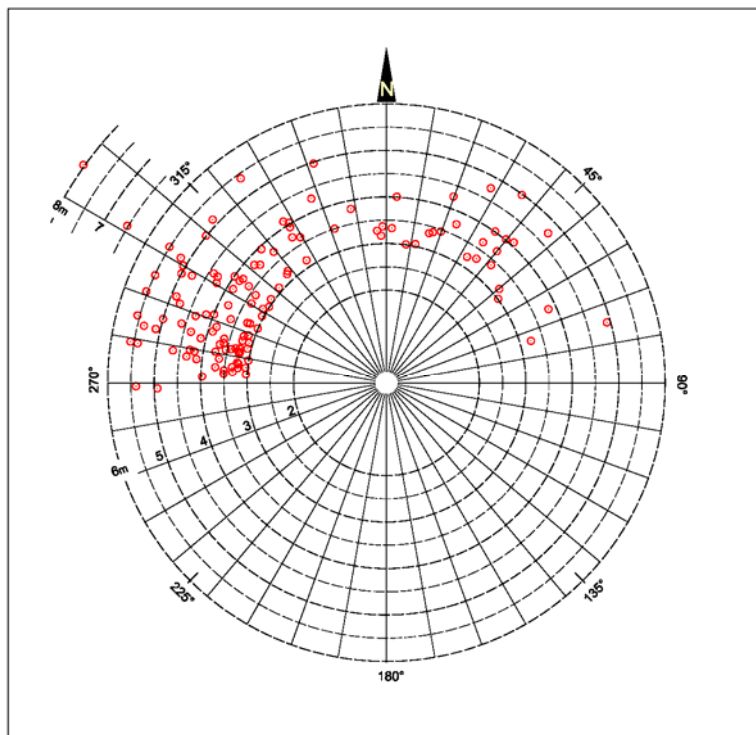


Figura 5 – Diagramma polare delle mareggiate sopra soglia di 3 m

3.5. Vento

Le condizioni di vento non sono state considerate nel presente progetto in quanto la forzante dimensionante è il moto ondoso.

4. TRASFERIMENTO DELLE ONDE DA LARGO VERSO RIVA

I dati ondametrici al largo sono stati trasferiti verso riva con il codice di calcolo a rifrazione spettrale diretta con griglia bidimensionale non strutturata: MIKE21-SW sviluppato da Danish Hydraulic Institute. Il modello permette di calcolare la propagazione delle onde tenendo conto dei fenomeni di trasformazione del moto ondoso come la rifrazione, lo shoaling, il frangimento, la diffrazione (parametrica) e l'attrito con il fondo.

Il modello è stato realizzato utilizzando i dati batimetrici di cui si è parlato nel par. 2.3 utilizzando una mesh di calcolo con quattro gradi di risoluzione al fine di infittire la griglia in prossimità del porto. Il modello è stato impostato utilizzando due differenti set di dati:

- 1) serie sintetica rappresentante l'intero clima ondoso rilevato presso la boa RON;
- 2) serie delle mareggiate sopra soglia di 3m.

I risultati sono stati plottati per tutto il dominio di calcolo e per due punti singolari posti di fronte al molo di sopraflutto del porto.

4.1. Mesh di calcolo

La mesh di calcolo è stata realizzata considerando un inquadramento di circa 70 km lungo l'asse Ovest-Est e di 38 km lungo l'asse Sud-Nord in modo da includere tutto il Golfo di Castellammare e oltre Capo Gallo verso Est. Nella figura sotto si riportano i limiti geografici del modello. Il modello è stato realizzato digitalizzando le carte nautiche al largo e sottocosta, integrato con i dati più di dettaglio.

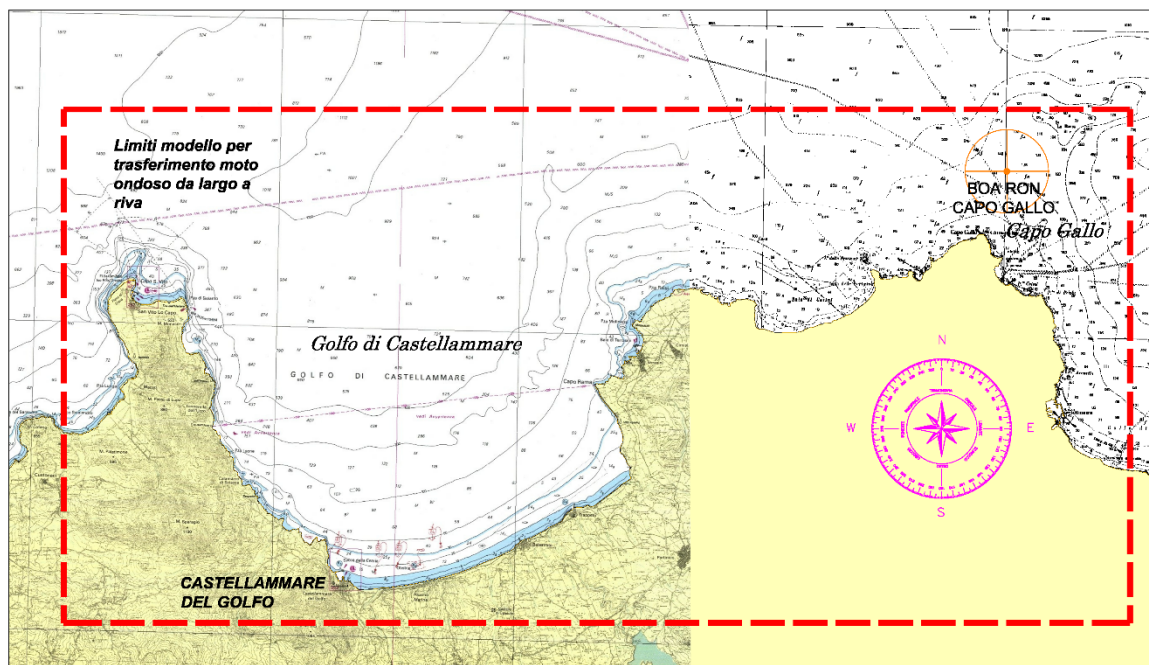


Figura 6 – Limiti del modello MIKE21-SW per il trasferimento delle onde da largo a riva

Relazione Studio Meteomarinario

Il modello è stato discretizzato con maglie triangolari di differente dimensione in funzione della distanza dal porto. Ovviamente e largo, dove le condizioni di moto ondoso variano di poco, sono stati considerati triangoli di aree maggiori, mentre in prossimità del porto la maglia è stata opportunamente infittita.

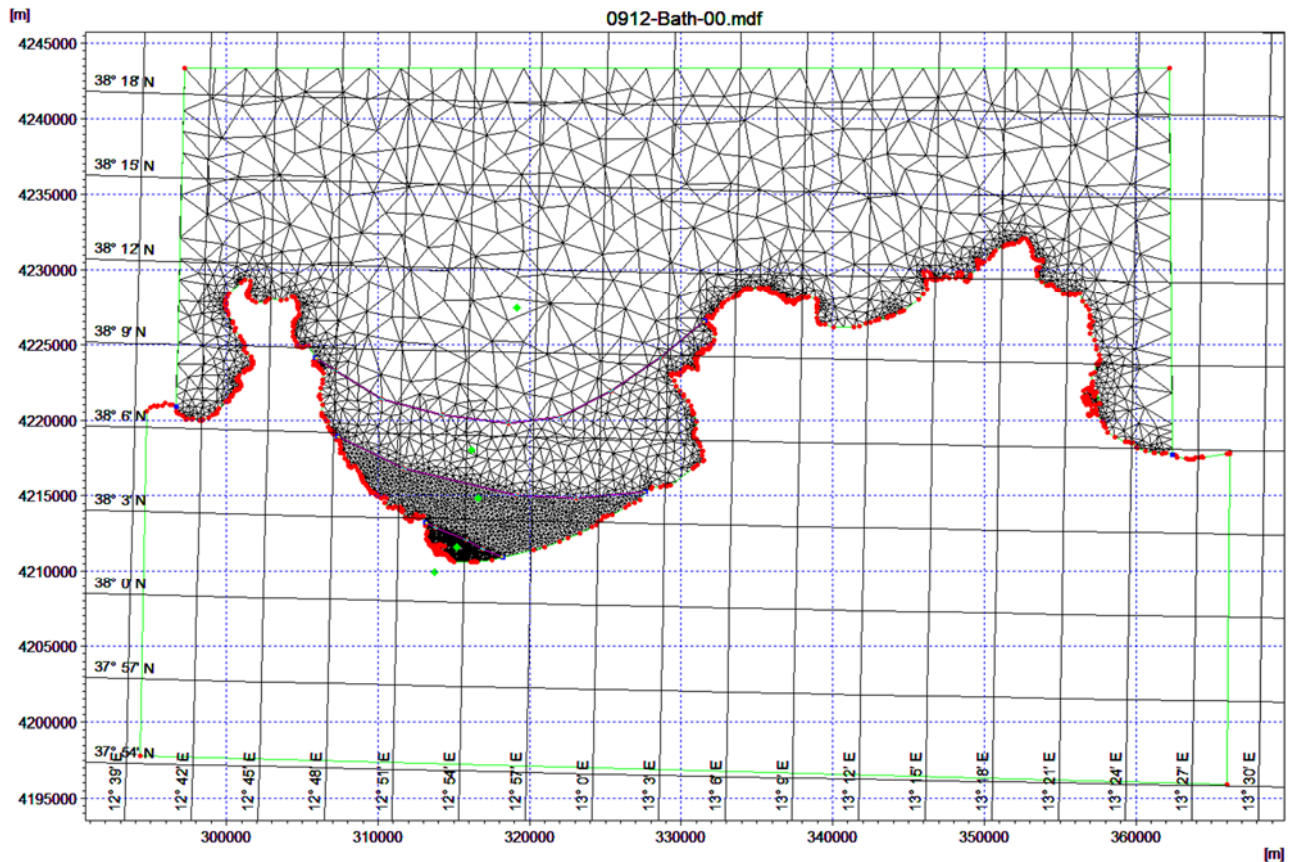


Figura 7 – Divisione del dominio di calcolo in 4 sottodomini con risoluzione via via maggiore in prossimità del porto.

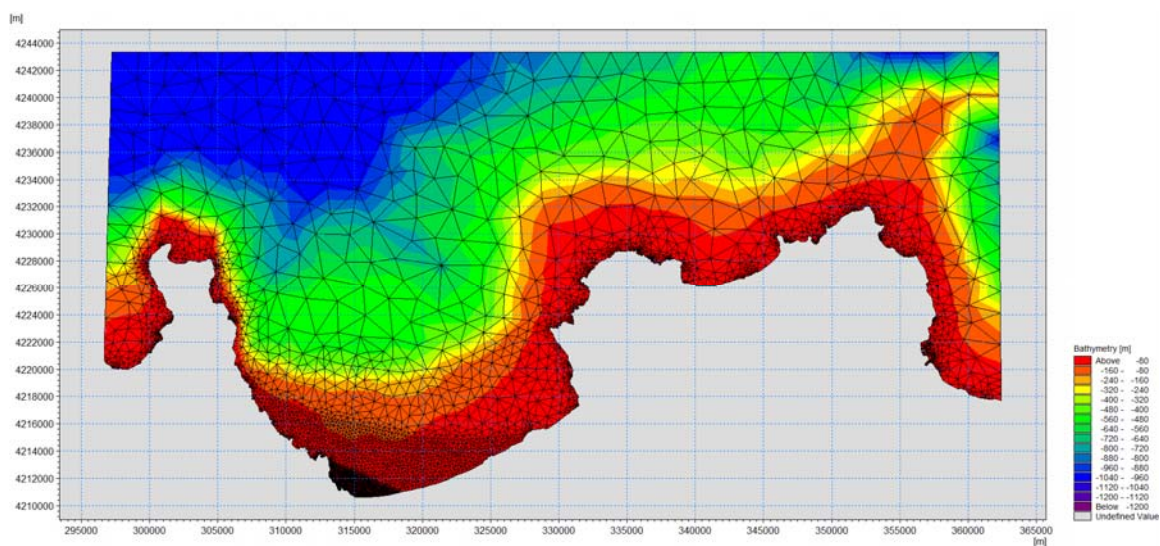


Figura 8 - Mesh di tutto il dominio di calcolo

Relazione Studio Meteomarinario

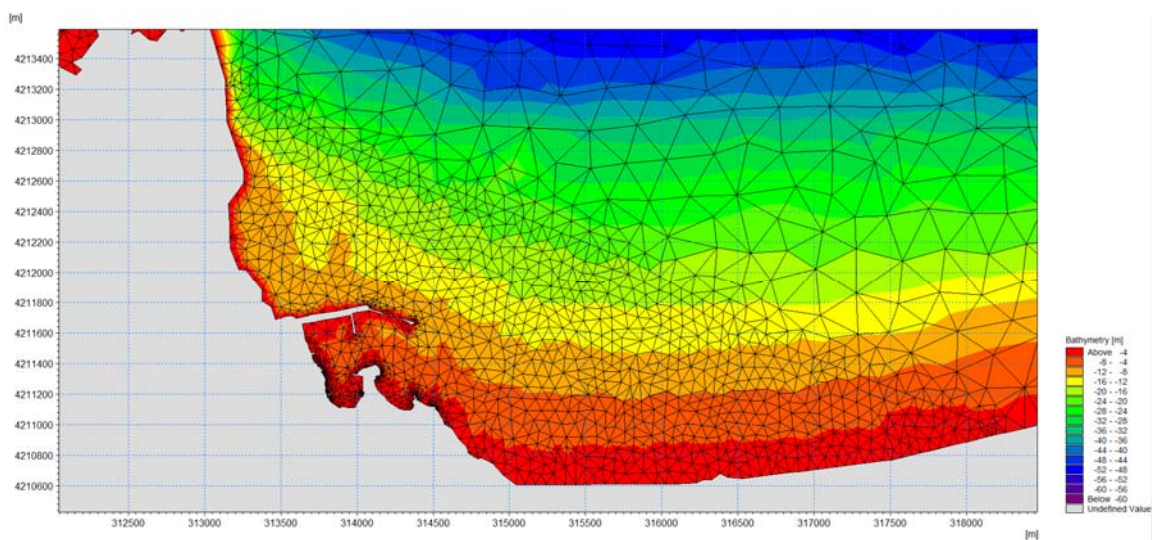


Figura 9 – Dettaglio della mesh di calcolo in prossimità del porto di Castellammare

4.2. Dati di input

Il codice di calcolo è stato lanciato con due diverse serie di dati:

- Serie Sintetica, rappresentativa di tutto il clima considerando settori di provenienza di 15° e classi di altezza d'onda di 0.5 m per un totale di 204 onde.
- Serie delle mareggiate reali rilevate oltre la soglia dei 3 m per un totale di 128 onde.

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati sia in formato bidimensionale che in formato di serie temporale relativa a due diversi punti sulla griglia ritenuti più rappresentativi per quanto riguarda il dimensionamento dell'opera foranea. I punti hanno le seguenti coordinate (UTM fuso 33, WGS84):

Point 1 – 314400 e, 4212000 n ----- Point 2 – 315000 e, 4212200 n

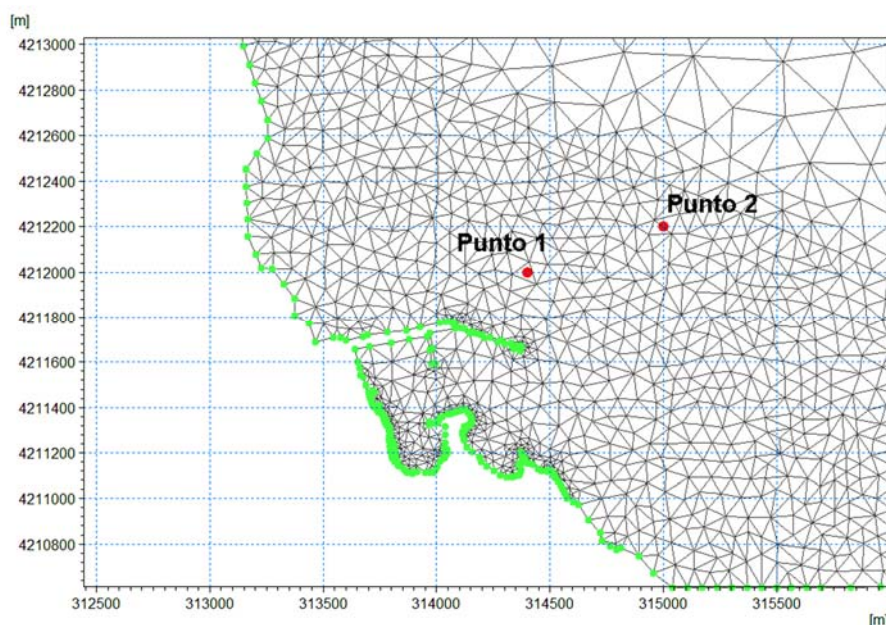


Figura 10 – Posizione dei punti di estrazione delle onde sottocosta

Relazione Studio Meteomarino

4.3. Risultati

I risultati ottenuti sono riportati sottoforma di grafico polare di rosa delle onde per quanto riguarda la simulazione con la serie sintetica che rappresenta il clima ondoso medio annuo e sottoforma di grafico polare tipo scatter-point per quanto riguarda le singole mareggiate con altezza d'onda al largo maggiore di 3 m.

4.3.1. *Clima ondoso medio annuo*

La simulazione con la serie sintetica che rappresenta il clima medio annuo permette di rilevare la seguente rosa delle onde sottocosta ne punto prossimo all'opera foranea.

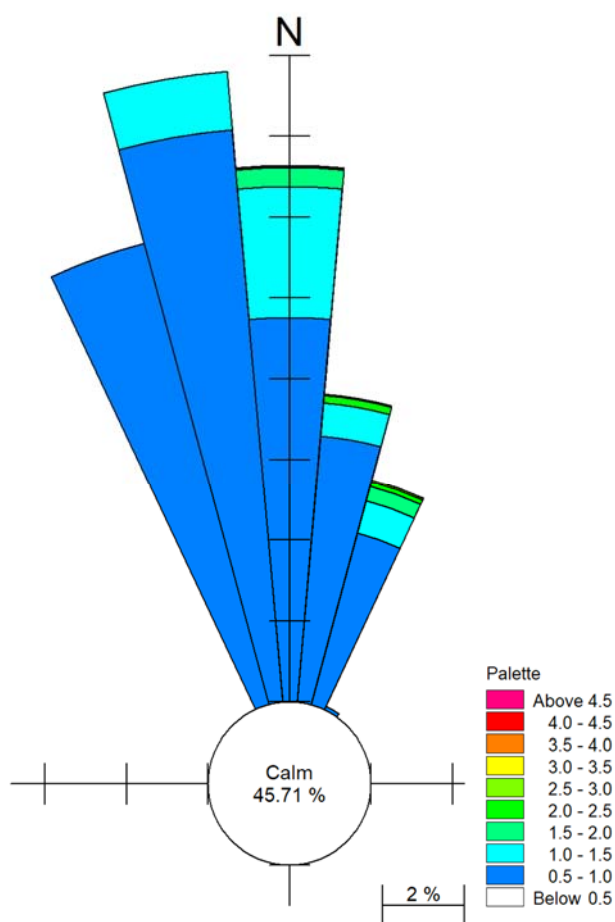


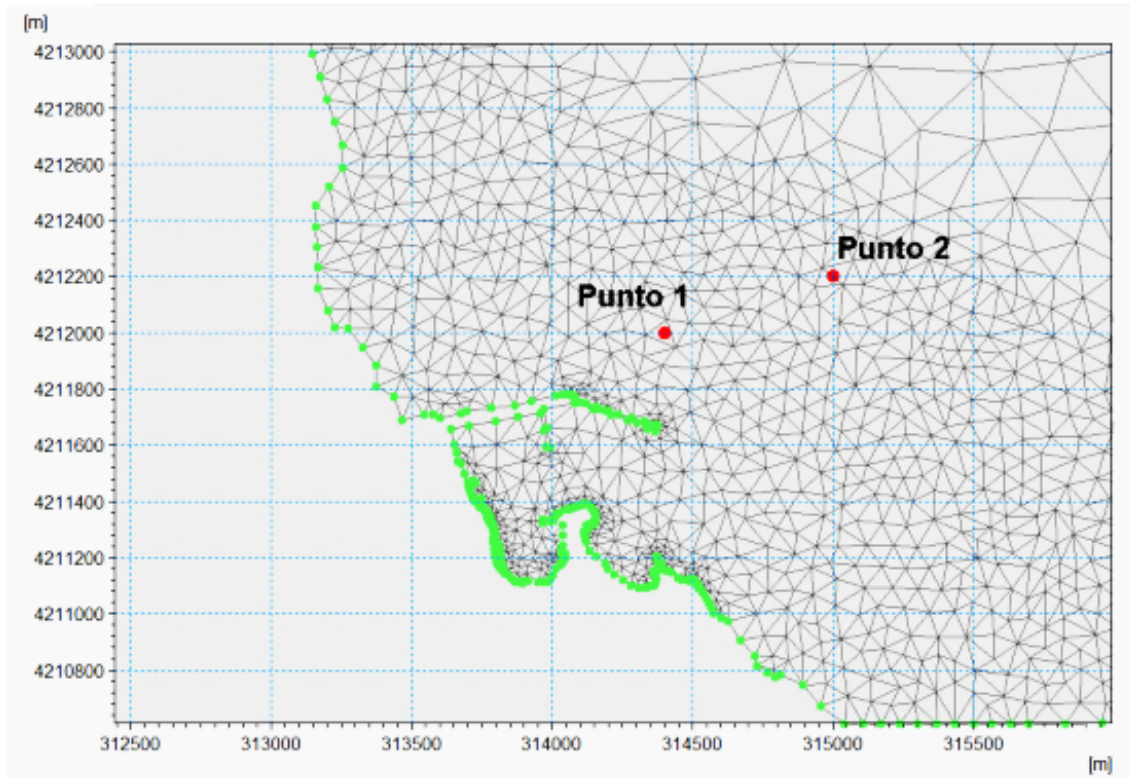
Figura 11 – Rosa delle onde sottocosta

Dall'osservazione della rosa si evince come il settore di traversia si stringa sempre di più man mano che si procede verso il porto. Sostanzialmente le onde che al largo si presentavano con direzione dal IV Quadrante si ritrovano ruotate con direzione NNW e molto attenuate per l'effetto della presenza della costa Ovest e dell'andamento batimetrico. Analogamente Le onde con direzione di provenienza al largo dal I Quadrante si ritrovano sottocosta ruotate in senso antiorario, anche se con altezze maggiori data la differente esposizione del sito di interesse.

Relazione Studio Meteomarinario

4.3.2. Mareggiate con altezza sopra soglia di 3 m al largo

Le mareggiate che al largo avevano altezza significativa maggiore di 3 m risultano sottocosta, nel punto 1 (più prossimo al porto), essere concentrate nel settore che va da 350-20°N mentre nel punto 2 sono concentrate nel settore tra 340 e 20°N. Le altezze massime sono comprese tra pochi centimetri, (e sono chiaramente le onde che a largo provenivano dai settori più ridossati) fino a 7 m. Di tali onde verranno elaborate quelle con altezza superiore ai 4 m per la definizione degli eventi estremi.



Relazione Studio Meteomarino

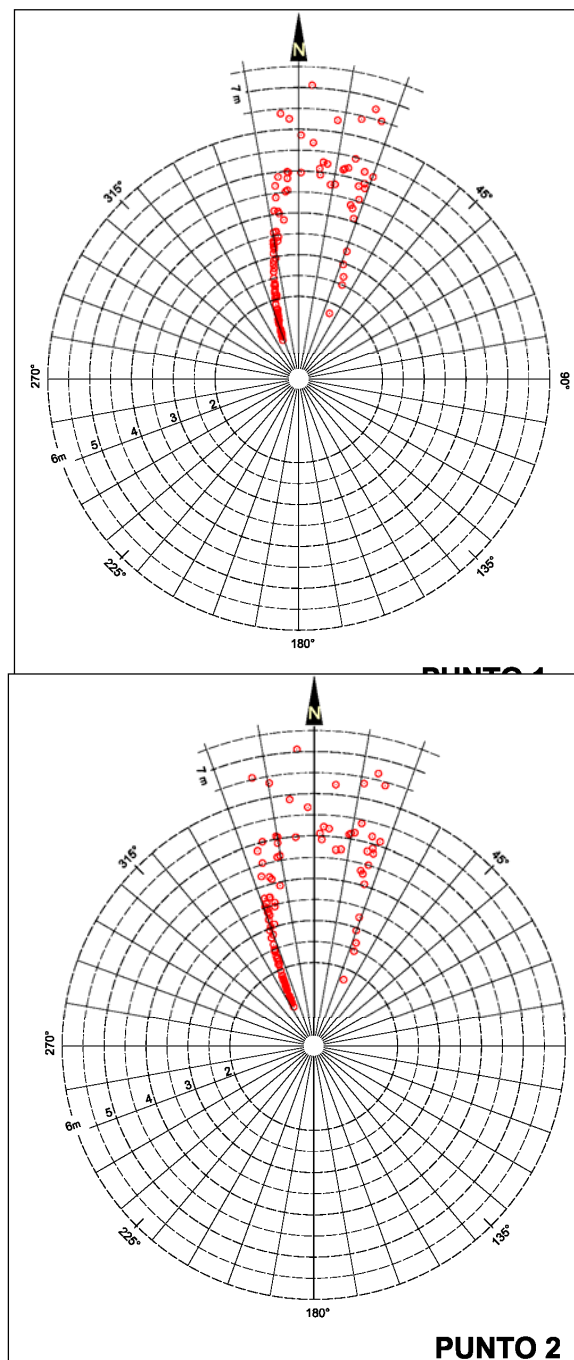


Figura 12 – Diagramma polare delle mareggiate sopra soglia di 3 m al largo e trasferite sottocosta nei punti 1 e 2

5. STATISTICA DELLE ONDE ESTREME

Le mareggiate individuate e riportate nel par 3.4 e trasferite sottocosta come riportato nel par. 4.3.2 sono state analizzate ed elaborate per determinare le onde estreme in funzione di un determinato tempo di ritorno.

Delle mareggiate trasferite sottocosta sono state considerate solamente quelle con altezza maggiore di 4 m che permette di avere un campione più rappresentativo ma con un numero di dati ancora sufficiente per avere una elaborazione consistente.

Utilizzando il metodo statistico di Weibull e di Gumbel si è ottengono i seguenti risultati:

	Weibull	Gumbel
<i>Tr</i>	Hs	Hs
<i>1</i>	4.4	--
<i>2</i>	5.7	5.7
<i>5</i>	6.3	6.3
<i>10</i>	6.7	6.6
<i>20</i>	7.0	7.0
<i>50</i>	7.3	7.5
<i>75</i>	7.4	7.7
<i>100</i>	7.5	7.8

Tabella IV – Altezza d'onda significativa sottocosta per vari tempi di ritorno

Per la progettazione si dovrà fere riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni cui compete un'altezza d'onda di 7.5 m, e periodo di 13.6 s.

6. CONCLUSIONI

Il paraggio antistante il porto di Castellammare del Golfo è stato esaminato dal punto di vista del clima ondoso al fine di determinare le forzanti di progetto per il dimensionamento della scogliera del molo nord.

Sono state prese in considerazione le caratteristiche geografiche e morfologiche determinando esposizione del sito al moto ondoso; fetch geografico ed efficace; batimetrie sia al largo che sottocosta che nelle immediatezze del molo.

Sono stati esaminati ed elaborati i dati di moto ondoso rilevati per circa 12 anni (dal 2002 al 2014) dalla boa ondometrica della rete nazionale posta al largo di Capo Gallo (PA). Di tali dati si è desunto il clima ondoso medio annuo al largo e individuate le mareggiate occorse, sempre al largo, con altezza d'onda superiore ai 3m.

È stato realizzato un modello numerico a rifrazione spettrale diretta con griglia non strutturata che ha permesso di trasferire il moto ondoso da largo a riva e quindi di individuare, in prossimità del molo, sia le caratteristiche del moto ondoso in termini di clima medio annuo, sia le mareggiate con maggiore intensità ($H_s > 4.0$ m).

Da le mareggiate con $H_s > 4$ è stato fatto lo studio statistico degli eventi estremi individuando per il tempo di ritorno di 50 anni, l'altezza d'onda significativa di 7.5 m che dovrà essere utilizzata per il dimensionamento della mantellata. Il periodo di picco relativo a tale altezza è 13.6 s.