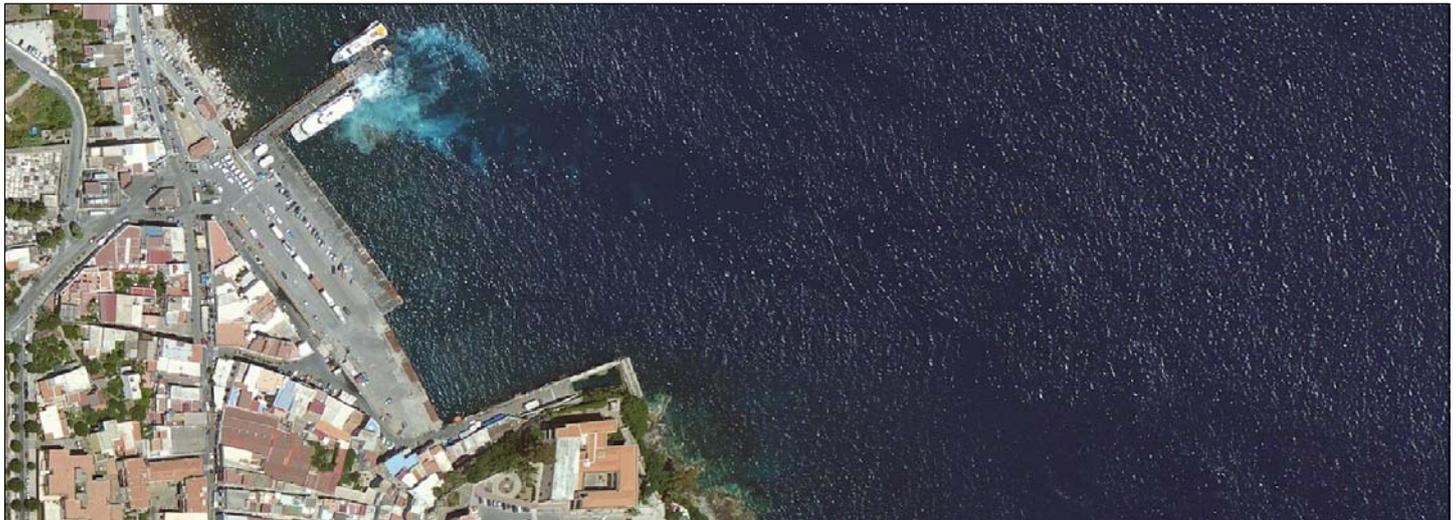




REGIONE SICILIANA  
Assessorato delle infrastrutture e delle mobilità  
Dipartimento tecnico regionale  
Ufficio del Genio Civile di Messina

**INTERVENTI NECESSARI PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI  
DI STABILITA' DELLA BANCHINA PUNTA SCALIDDI E PORZIONE  
DELLA BANCHINA COMMERCIALE IN LOCALITA'  
SOTTOMONASTERO DEL COMUNE DI LIPARI**  
Progetto esecutivo



DATA:	SEZIONE: <b>B: RELAZIONE GENERALE E STUDI AMBIENTALI</b>
ELAB./TAV.: <b>B.01</b>	OGGETTO: <b>RELAZIONE GENERALE</b>

IL NUCLEO DI PROGETTAZIONE

arch. Giuseppe Di Leo \_\_\_\_\_  
geologo Giuseppe Schirò \_\_\_\_\_  
geom. Giacomo Amico \_\_\_\_\_  
geom. Giuseppe Presti \_\_\_\_\_  
ing. Giovanna Grinciari \_\_\_\_\_  
sig.ra Marina Barletti \_\_\_\_\_

IL RESPONSABILE UNICO DEL  
PROCEDIMENTO  
**dott. Romano Alaimo**

\_\_\_\_\_

## INDICE

<b>1.</b>	<b>SINTESI DEL PROGETTO ESECUTIVO</b>	<b>2</b>
1.1	PREMESSA	2
1.2	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PRESENTE PROGETTO ESECUTIVO	5
<b>2</b>	<b>STATO ATTUALE DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO</b>	<b>7</b>
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA	7
2.2	BANCHINE PORTUALI OGGETTO DI INTERVENTO	9
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b>	<b>11</b>
3.1	INDIVIDUAZIONE DELLA TIPOLOGIA D'INTERVENTO	11
3.2	PARTI D'OPERA, SPECIFICHE TECNICHE DI PROGETTO, PARTICOLARI COSTRUTTIVI, ESECUTIVI E FASISTICA	13
3.2.1	Caratteristiche prestazionali materiali utilizzati in progetto	15
<b>4</b>	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI</b>	<b>20</b>
4.1	GENERALITÀ CRITERI METODOLOGICI ADOTTATI	20
4.2	STUDIO ANEMOMETRICO E METEOMARINO. CLIMA ONDOSI AL LARGO	21
4.2.1	Determinazione dei fetch geografici ed efficaci, dati di marea, regime anemologico, clima ondoso al largo	21
4.2.2	Propagazione del moto ondoso; onda di progetto in corrispondenza delle banchine	25
4.3	STUDIO GEOTECNICO	29
4.4	PIANO DI MANUTENZIONE E MONITORAGGIO	31
4.4.1	Monitoraggio e Manutenzione	31
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>34</b>

# RELAZIONE GENERALE

## **1. SINTESI DEL PROGETTO ESECUTIVO**

### **1.1 Premessa**

La presente Relazione Generale, parte integrante del progetto esecutivo degli « INTERVENTI NECESSARI PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLA BANCHINA PUNTA SCALIDDI E PORZIONE DELLA BANCHINA COMMERCIALE IN LOCALITA' SOTTOMONASTERO DEL COMUNE DI LIPARI », in Provincia di Messina, è finalizzata ad illustrare in maniera esaustiva i contenuti del progetto, le caratteristiche tecniche delle opere, le modalità di realizzazione e le lavorazioni previste.

Al fine di addivenire all'individuazione di una soluzione ottimale per il ripristino funzionale dell'area portuale di interesse, preliminarmente sono state condotte una serie di ricerche documentali sull'area di intervento ed è stato analizzato lo stato attuale dei luoghi valutando l'entità e le cause del dissesto in atto, successivamente sono state condotte una serie di indagini e studi specialistici necessari per la scelta ed il dimensionamento degli interventi di ripristino.

Si riporta di seguito l'elenco degli allegati, raggruppati in sezioni, costituenti il presente progetto definitivo/esecutivo, in conformità a quanto prescritto dagli artt. 24 e seguenti del D.P.R. 207/2010:

### **A. RILIEVI, INDAGINI, STUDI SPECIALISTICI E MODELLAZIONE**

- A.01 RELAZIONE SUGLI STUDI SPECIALISTICI PROPEDEUTICI ALLA PROGETTAZIONE
- A.02 ELABORATI TECNICI STORICI
- A.03 RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA
- A.04 PLANIMETRIA E SEZIONI STATO DI FATTO
- A.05 PLANIMETRIA E SEZIONI SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA
- A.06 TABULATI DI CALCOLO

### **B. RELAZIONE GENERALE E STUDI AMBIENTALI**

- B.01 RELAZIONE GENERALE
- B.02 STUDIO VOLTO ALLA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE E DI INCIDENZA (redatto di Dinamica s.r.l.)
- B.03 SINTESI NON TECNICA DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE E DI INCIDENZA (redatto di Dinamica s.r.l.)
- B.04 RELAZIONE PAESAGGISTICA

### **C. ELABORATI GRAFICI STATO DI FATTO**

- C.01 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STRALCI CARTOGRAFICI – scale varie

- C.02 COROGRAFIA GENERALE
- C.03 PLANIMETRIA AREA COSTIERA – CARTA NAUTICA
- C.04 PLANIMETRIA STATO DI FATTO
- C.05 SEZIONI TRASVERSALI STATO DI FATTO

#### **D. ELABORATI GRAFICI DI PROGETTO**

- D.01 PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO
- D.02 SEZIONE TIPO DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
- D.03 SEZIONI DI PROGETTO

#### **E. ELABORATI ECONOMICI**

- E.01 ELENCO PREZZI
- E.02 ANALISI PREZZI
- E.03 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
- E.04 QUADRO DELL'INCIDENZA PERCENTUALE DELLA QUANTITÀ DI MANODOPERA
- E.05 QUADRO ECONOMICO GENERALE
- E.06 SCHEMA DI CONTRATTO
- E.07 CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
- E.08 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI
- E.09 PIANO DI MANUTENZIONE E MONITORAGGIO

#### **F. SICUREZZA**

- F.01 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO
- F.02 FASCICOLO TECNICO

La presente Relazione Generale (*elaborato B.01*) è a sua volta suddivisa nelle seguenti 4 sezioni principali (Capitoli):

- 1. SINTESI DEL PROGETTO ESECUTIVO:** contiene una descrizione sintetica dei fattori ritenuti responsabili che hanno portato Agli attuali fenomeni di dissesto strutturale, caratterizzato da profonde sgrottature lungo la zona di intervento, e della tipologia di intervento individuata nel presente progetto esecutivo, con le relative caratteristiche tecniche salienti.
- 2. STATO DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO:** sviluppa un'analisi dello stato attuale, a partire dall'inquadramento territoriale generale dei luoghi, riportando anche le risultanze dei sopralluoghi effettuati da parte della Guardia Costiera nel 2010 e la documentazione tecnica (anche di carattere storico) disponibile relativamente all'area oggetto di intervento;
- 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO:** sulla base delle conoscenze acquisite dallo studio della condizione attuale dei luoghi e delle origini del dissesto, ed in relazione alle ulteriori condizioni al contorno esistenti, individua la tipologia di intervento ritenuta ottimale. Descrive quindi dettagliatamente l'opera progettata sotto l'aspetto tecnico-costruttivo.
- 4. CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI:** illustra brevemente i criteri di redazione degli studi specialistici propedeutici e di supporto alla progettazione, procedendo, elaborato per elaborato, alla sintesi dei contenuti e dei risultati conseguiti.

## **1.2 Descrizione sintetica del presente progetto esecutivo**

L'area oggetto d'intervento è costituita da una porzione delle banchine del Porto principale dell'isola di Lipari, la maggiore delle isole appartenenti all'arcipelago Eoliano, sito in località Marina Lunga.

Il complesso portuale di Marina Lunga rappresenta l'unico approdo commerciale dell'isola destinato all'attracco ed all'ormeggio delle imbarcazioni per il trasporto di veicoli e passeggeri (cfr. elaborato C.01 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STRALCI COROGRAFICI). Esso è composto dalla banchina di Punta Scaliddi, dalla banchina commerciale (banchina di riva) e da un pontile a giorno posto all'estremità nord della stessa banchina commerciale, quest'ultimo destinato all'utilizzo da parte degli aliscafi.

Le banchine oggetto di intervento, caratterizzate da evidenti fenomeni di sgottamento, sono soggette ad un processo di subsidenza consistente. In particolare la costa orientale di Lipari presenta un processo di subsidenza a fronte di un generale processo di sollevamento della restante parte dell'isola, tale processo è dimostrato dalla presenza di infiltrazioni di acqua salmastra in diverse cisterne interrate di edifici nella zona di Marina corta e lungo l'adiacente via Roma, nonché dal ripetersi di frequenti allagamenti riscontrati lungo le vie di marina Corta anche in presenza di lievi mareggiate. Il suddetto fenomeno è presente anche nella zona orientale dell'isola di Lipari, precisamente nel Porto di Sottomonastero in cui sia i magazzini dell'antica via di accesso al Porto (Via Tenente Mariano Amendola) si trovano attualmente alla stessa quota del mare in condizioni di alta marea. In particolare, in Via Tenente Mariano Amendola, viene segnalato il rialzamento di un tratto di manto stradale nonché un cedimento del marciapiede limitrofo, presumibilmente originati da infiltrazioni di acqua salmastra e da criticità nel sistema fognario a servizio dell'area.

A seguito di ispezioni subacquee di controllo, effettuate da personale militare appartenente al 3° Nucleo Operatori Subacquei della Guardia Costiera di Messina supportato dall'Ufficio Circondariale Marittimo di Lipari nell'agosto 2010, è emersa una situazione gravissima che interessa l'unica banchina commerciale del Porto di Sottomonastero dell'isola di Lipari. La situazione di criticità si è riscontrata tra la radice della banchina suddetta ed il molo di punta Scaliddi, abitualmente destinato alle operazioni commerciali ed alla sosta notturna delle navi. Le strutture portuali in argomento appaiono interessate da fenomeni di sgottamento.

Ai fini cautelativi, allo scopo di tutelare la pubblica incolumità e la sicurezza delle operazioni portuali, il comandante dell'Ufficio Circondariale di Lipari ha proceduto ad emanare apposita ordinanza n°38/2010 del 27/09/2010 con la quale interdice le operazioni commerciali, l'ormeggio e la sosta delle Navi di Linea lungo la banchina di Punta Scaliddi per circa 25,00 mt nel tratto in cui insiste il poggia portellone e 5,00 mt lateralmente ad esso, poiché le manovre di ormeggio possono indurre delle sollecitazioni non sopportabili dalla struttura dissestata.

L'obiettivo del presente progetto è il ripristino delle condizioni di stabilità delle banchine portuali ai fini del regolare utilizzo delle stesse da parte dei traghetti di linea per il servizio di trasporto veicoli e passeggeri.

A supporto di tale esigenza sono state privilegiate tipologie di azione non invasive dal punto di vista paesaggistico ed ambientale, contemperando peraltro questa esigenza con l'indiscutibile necessità di realizzare un'opera efficace e duratura.

La soluzione ottimale per il caso specifico è rappresentata dalla tura delle sgrottature con sacchi di geotessile riempiti in calcestruzzo XS2 - Rck 45 (soluzione di rapida esecuzione e che non richiede l'utilizzo di carpenterie per il getto di calcestruzzo) che andranno a colmare le cavità presenti, e la successiva messa in sicurezza del piede delle opere attraverso la posa in opera di massi guardiani. Tali massi poggeranno su uno scanno di imbasamento da realizzare in massi naturali, previa posa in opera di uno strato di geocomposito atto a distribuire il carico sul terreno di fondazione ed evitare nel contempo cedimenti differenziati del piano di posa, e saranno protetti in testa da una scogliera anch'essa in massi naturali, ma di pezzatura maggiore (100-500 kg).

Per quanto concerne il quadro economico generale di progetto, come desunto dal Computo Metrico Estimativo e dagli altri elaborati della Sezione E (ELABORATI ECONOMICI), si rimanda all'apposito elaborato E.05 – QUADRO ECONOMICO GENERALE.

## 2 STATO ATTUALE DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO

### 2.1 Inquadramento geografico. Caratteristiche generali dell'area

L'area oggetto d'intervento è costituita da una porzione delle banchine dal Porto principale dell'isola di Lipari, la maggiore delle isole appartenenti all'arcipelago Eoliano, sito in località Marina Lunga.



Le Isole Eolie, di origine vulcanica, sono distribuite nel basso Tirreno lungo un arco che si estende seguendo il confine della grande depressione tirrenica con la quale, peraltro, sono in stretta relazione geografica e tettonica, sono costituite sia da vulcani ancora attivi che da edifici vulcanici spenti. Sorgono da una profonda piattaforma a livello dell'isobata di 1.000 metri. Il loro vulcanismo, di età recente, comincia all'incirca 1 milione di anni fa, ed è diviso in due fasi: una prima fase nella quale si formano le isole di Alicudi, Filicudi, Panarea e, parzialmente, Salina e Lipari; ed una seconda fase, avvenuta dopo un periodo di stasi nel Pleistocene superiore, nella quale si assiste al completamento di Lipari e Salina e alla nascita di Vulcano e Stromboli.

Le rocce più antiche affioranti sull'isola hanno un'età di 223.000 anni, quelle più recenti (Monte Pelato, Forgia Vecchia) risalgono al VI sec. d.C.; quest'ultima età, particolarmente recente, sottolinea che il "vulcano" Lipari deve considerarsi ancora attivo.

Le Isole Eolie fanno parte di un sistema arco-fossa-bacino marginale che è il risultato della collisione tra le placche convergenti Africana ed Eurasiatica, condizionata dalla presenza di crosta oceanica (Ionio) interposta a crosta continentale (Sicilia e Calabria sett.) lungo il margine della placca Africana. Il piano di subduzione si immerge dal Mar

Ionio verso il bacino del Tirreno meridionale e consiste in una stretta (200 Km) zona di Benioff con direzione NE-SW, immersione verso NW con inclinazione di circa 60° gradi e profonda fino a 500 Km. L'arcipelago eoliano rappresenta la porzione emersa dell'arco vulcanico attivo localizzato tra il bacino di retro-arco del tirreno meridionale (bacino oceanico Marsili) e la regione avan-arco dell'Arco Calabro, una catena ercinica interessata dalla tettonica estensionale (bacini fore-arc) e generale sollevamento tardo Quaternaria.

Lipari é la principale delle Isole Eolie, la piú estesa ed anche la piú complessa dal punto di vista geologico e vulcanologico.

La cittadina di Lipari si allarga a ventaglio intorno alla Rocca su cui sorge l'antico castello, proprio ai piedi del quale, sui due lati del promontorio, si trovano due dei tre porticcioli dell'isola.

Sulla sinistra del promontorio del Castello la costa forma una piccola insenatura dove si trova il porto di Marina Corta, con la Chiesa delle Anime del Purgatorio che separa i due piccoli bacini: quelli a sud, alla cui banchina attraccano gli aliscafi, caratterizzato da fondali di circa 3,5 metri, è adatto soltanto alle piccole imbarcazioni; quello a nord della penisola, piú ampio e banchinato, può ospitare imbarcazioni di maggior pescaggio.

Sulla destra del promontorio del Castello c'è la banchina di Porto Sotto Monastero, lunga 115 metri, riservata quasi esclusivamente alle navi passeggeri e ai traghetti e, accanto un pontiletto lungo circa 40 metri ai cui lati si può ormeggiare.

## 2.2 Banchine Portuali oggetto di intervento

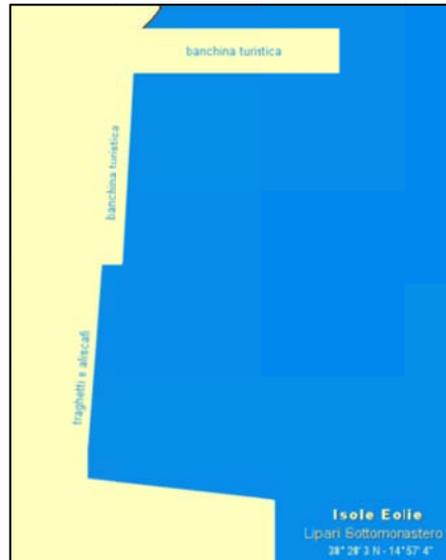
Il complesso portuale di Marina Lunga rappresenta l'unico approdo commerciale dell'isola destinato all'attracco ed all'ormeggio delle imbarcazioni per il trasporto di veicoli e passeggeri. Esso è composto dalla banchina di Punta Scaliddi, dalla banchina commerciale (banchina di riva) e da un pontile a giorno posto all'estremità nord della stessa banchina commerciale, quest'ultimo destinato all'utilizzo da parte degli aliscafi.

Le banchine oggetto di intervento, caratterizzate da evidenti fenomeni di sgottamento, sono:

- Parte della banchina di Punta Scaliddi, che si estende verso est per circa 100 m a partire dall'angolo con la banchina di riva;
- porzione della banchina commerciale in località Sottomonastero, che si estende a partire dall'angolo con la banchina di Punta Scaliddi per circa 60 metri verso nord.



Fig. 2.1 Vista aerea delle banchine portuali oggetto di intervento



**Fig. 2.2 Planimetrica schematica dell'approdo di Sottomonastero**

La zona in questione è soggetta ad un processo di subsidenza consistente. In particolare la costa orientale di Lipari presenta un processo di subsidenza a fronte di un generale processo di sollevamento della restante parte dell'isola, tale processo è dimostrato dalla presenza di infiltrazioni di acqua salmastra in diverse cisterne interrato di edifici nella zona di Marina corta e lungo l'adiacente via Roma, nonché dal ripetersi di frequenti allagamenti riscontrati lungo le vie di marina Corta anche in presenza di lievi mareggiate. Il suddetto fenomeno è presente anche nella zona orientale dell'isola di Lipari, precisamente nel Porto di Sottomonastero in cui sia i magazzini dell'antica via di accesso al Porto (Via Tenente Mariano Amendola) si trovano attualmente alla stessa quota del mare in condizioni di alta marea. In particolare, in Via Tenente Mariano Amendola, viene segnalato il rialzamento di un tratto di manto stradale nonché un cedimento del marciapiede limitrofo, presumibilmente originati da infiltrazioni di acqua salmastra e da criticità nel sistema fognario a servizio dell'area.

L'analisi dettagliata dello stato dei luoghi è stata condotta nell'ambito degli studi specialistici ("RELAZIONE SUGLI STUDI SPECIALISTICI", allegato A.01) redatti dalla società d'ingegneria Dinamica s.r.l. e contenuti nel presente progetto esecutivo alla quale si rimanda per approfondimenti. Si riporta di seguito una descrizione sintetica tratta dall'elaborato succitato.

La banchina di punta Scaliddi risulta costituita da un muro a gravità realizzato in massi pilonati delle dimensioni di 2,50 m x 2,50 e completato dal getto in opera di un masso di coronamento dell'altezza di 1,40 m. La quota di imbasamento della banchina risulta pertanto a - 5,00 m s.l.m.. La banchina risulta evidentemente interessata da fenomeni di sgrottatura dello substrato riolitico al piede del muro, per un'altezza di 1,50 m e una profondità di circa 1,00 m.

La banchina commerciale in località Sottomonastero risulta invece caratterizzata da un cassone in calcestruzzo, avente un'altezza di 7 m e una larghezza di 8 m, riempito in opera con materiale inerte e completato con l'esecuzione della pavimentazione portuale in calcestruzzo. Anche in questo caso la banchina risulta evidentemente interessata da fenomeni di sgrottatura, che però interessano una zona ben più ampia ed appaiono decisamente più gravi, con grattature che arrivano fino a circa 4 m di profondità e 1,50 m di altezza.

### 3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

#### 3.1 Individuazione della tipologia d'intervento

Da un'attenta analisi dello stato di fatto, sono emerse possibili soluzioni progettuali, come l'utilizzo di barriere impermeabili e strutturalmente consistenti, costituite ad esempio da diaframmi continui di palancole metalliche con giunti impermeabili integrati inferiormente, se necessario, da impermeabilizzazioni profonde realizzate con gettiniezioni o diaframature plastiche, al fine di intercettare lo strato impermeabile naturale presente nel terreno. Questa soluzione potrebbe consentire di evitare l'asportazione di parte dei suoli nell'area su cui insiste l'intervento.

Tale palancolato dovrebbe essere dimensionato anche rispetto al soddisfacimento delle esigenze operative portuali (profondità di fondali e sovraccarichi) relative alla sua futura destinazione d'uso (muro di banchina) e dovrebbe essere attrezzato in modo adeguato alla destinazione d'uso portuale.

Potrebbero essere utilizzate anche palancole in acciaio con giunti formati da pali di iniezione. Operativamente vengono prima trivellati i pali e poi infissi i pannelli; i pali vengono trivellati ad una distanza pari alla larghezza dei pannelli e vengono poi riempiti con miscela sigillante e prima dell'indurimento della miscela si collocano le palancole in acciaio. Tale tecnica, per la velocità di messa in opera, è applicata nel caso di messa in sicurezza in emergenza. Per contro non assicura nel tempo un isolamento duraturo del sito e come tale non viene applicata nel caso di messa in sicurezza permanente.

Tali progettualità presuppongono il ricorso al completo marginamento fisico, in sostanza un barrieramento continuo con palancole in cemento armato/metalliche da infiggere nel terreno che può essere ritenuto, oltre che enormemente dispendioso anche altamente impattante dal punto di vista ambientale.

Inoltre appare evidente che le problematiche riscontrate derivano dall'effetto di erosione alla base delle banchine portuali determinato dall'azione delle eliche delle navi e non certo da problemi di instabilità propri delle strutture in sé, che in condizioni normali appaiono ben dimensionate.

Si è dunque ritenuto che la soluzione ottimale per il caso specifico fosse rappresentata dalla tura delle sgrottature con sacchi di geotessile riempiti in calcestruzzo XS2 - Rck 45 (soluzione di rapida esecuzione e che non richiede l'utilizzo di carpenterie per il getto di calcestruzzo) che andranno a colmare le cavità presenti, e la successiva messa in sicurezza del piede delle opere attraverso la posa in opera di massi guardiani. Tali massi poggeranno su uno scanno di imbasamento da realizzare in massi naturali, previa posa in opera di uno strato di geocomposito atto a distribuire il carico sul terreno di fondazione ed evitare nel contempo cedimenti differenziati del piano di posa, e saranno protetti in testa da una scogliera anch'essa in massi naturali, ma di pezzatura maggiore (100-500 kg) (vedi Elaborati D.01 "Planimetria generale di progetto" e D.02 "Sezioni tipo di progetto e particolari costruttivi"). In Fig. 3.1 si riporta la planimetria generale di progetto, utilizzata quale riferimento per la descrizione delle sezioni:



### **3.2 Parti d'opera, specifiche tecniche di progetto, particolari costruttivi, esecutivi e fasistica**

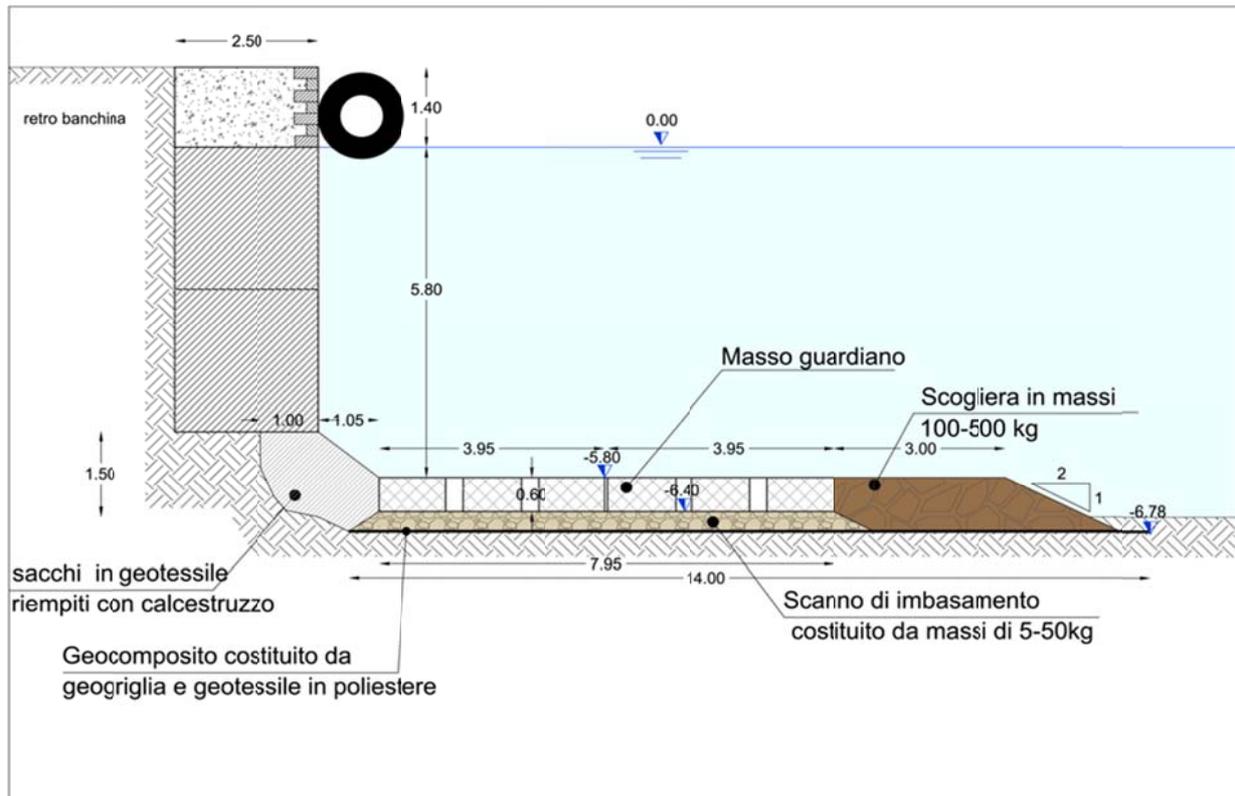
Sotto l'aspetto costruttivo gli elementi costituenti e la fasistica realizzativa degli interventi di ripristino della funzionalità delle banchine possono essere così sinteticamente riassunti:

- Salpamento dei trovanti e/o materiale di risulta presente attualmente nei fondali antistanti le banchine di intervento ed all'interno delle sgrottature;
- Interventi di riempimento delle sgrottature esistenti da realizzarsi attraverso la posa in opera, con l'ausilio di sommozzatori, di geo-sacchi riempiti di calcestruzzo;
- Scavo subacqueo, ove occorrente, per garantire gli spessori minimi necessari per la realizzazione delle opere di protezione al piede alle quote di progetto;
- Posa in opera di uno strato di geocomposito (geogriglia + geotessile in poliestere) quale strato di fondazione dello scanno di imbasamento e della scogliera sommersa;
- Costituzione di uno scanno di imbasamento in massi naturali del peso singolo compreso tra 5-50 kg, con le seguenti caratteristiche:
  - spessore minimo 35 cm;
  - quota del coronamento: - 6,40 m s.l.m.;
  - larghezza del coronamento: 7,95 m;
  - pendenza scarpe: 2:1
- Spianamento subacqueo dello scanno di imbasamento attraverso la posa in opera di pietrisco di adeguata pezzatura;
- Posa in opera di due file di massi guardiani delle dimensioni in pianta di 3,95 x 3,95 m e dello spessore di 60 cm, con quota di coronamento a - 5,80 m s.l.m., compatibile con il pescaggio della nave;
- Posa in opera di scogliera radente in massi naturali del peso singolo compreso tra 100-500 kg, da posizionare in testata dell'opera di protezione al piede, avente le seguenti caratteristiche:
  - spessore minimo 95 cm;
  - quota del coronamento: - 5,80 m s.l.m.;
  - larghezza del coronamento: 3,00 m;
  - pendenza scarpa esterna: 2:1

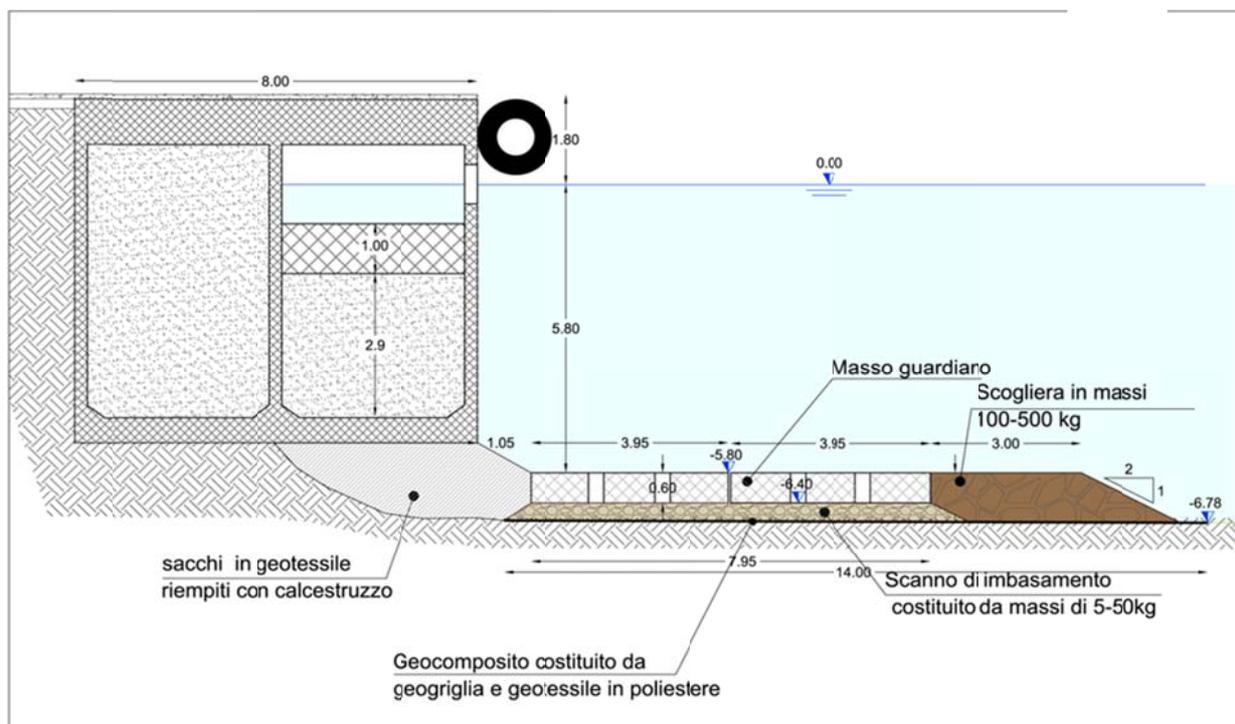
A seguire si riportano le sezioni tipologiche rappresentanti gli interventi previsti per le due tipologie di banchine riscontrate (vedi Fig. 3.2 e Fig. 3.3).

L'intervento sarà esteso per tutto il fronte banchina interessato dalle sgrottature, con un adeguato margine di sicurezza; in particolare per quanto riguarda la banchina di riva che sarà protetta con massi guardiani e scogliera anche nel tratto dove non sono presenti allo strato attuale sgrottature, considerato che i rilievi effettuati hanno mostrato una

tendenza all'estensione del fenomeno. Si è dunque deciso di estendere l'intervento fino allo spigolo nord della banchina di riva (in corrispondenza dell'esistente sporgenza visibile in planimetria) e per circa metà della lunghezza della banchina di punta Scaliddi.



**Fig. 3.2 Sezione scogliere Punta Scaliddi**



**Fig. 3.3 Sezione scogliere banchina di Sottomonastero**

### 3.2.1 Caratteristiche prestazionali materiali utilizzati in progetto

I massi naturali, dovranno essere caratterizzati da compattezza, omogeneità, durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:

- massa volumica:  $\geq 25 \text{ kN/m}^3$  ( $2500 \text{ kgf/m}^3$ )
- resistenza alla compressione:  $\geq 80 \text{ Mpa}$  ( $800 \text{ kgf/cm}^2$ )
- coefficiente di usura:  $\leq 1,5 \text{ mm}$
- coefficiente di imbibizione:  $\leq 5\%$
- gelività: il materiale deve risultare non gelivo
- elevata resistenza all'azione dei raggi UV ed all'azione del salmastro.
- elevata adattabilità dimensionale alle specifiche esigenze progettuali.

I getti subacquei per intasamento delle sgrottature esistenti, saranno eseguiti, con l'ausilio di sommozzatore, utilizzando sacchi di geotessile costituiti da un contenitore flessibile (cassero tessile) per miscele cementizie, confezionato con geotessile tessuto a trama e ordito in filati di poliestere ad alta tenacità. Verranno impiegati sacchi in geotessile in tre differenti dimensioni (da 2, 5 e 10 m<sup>3</sup>), aventi le caratteristiche riportate a seguire:

#### Sacchi da 2 mc

Contenitore flessibile (cassero tessile) per miscele cementizie in applicazioni di getti subacquei, derivante da sacco piano di larghezza m 1.80 e lunghezza m 3,00, confezionato con geotessile tessuto a trama e ordito in filati di poliestere ad alta tenacità.

Le dimensioni del contenitore, una volta riempito ad una pressione di circa 0,3 kPa e senza vincoli, saranno le seguenti:

Altezza : m 0,50 (circa)

Lunghezza : m 2,80 (circa)

Larghezza : m 1,60 (circa)

Volume : m<sup>3</sup> 2 (circa)

Il geotessile tessuto dovrà avere le seguenti caratteristiche fisiche, meccaniche ed idrauliche:

- massa areica :  $306 \text{ g/m}^2 \pm 5 \%$  (norma EN ISO 9864)
- resistenza a trazione longitudinale : non inferiore a 90 kN/m (UNI EN ISO 10319)
- resistenza a trazione trasversale : non inferiore a 90 kN/m (UNI EN ISO 10319)
- allungamento a trazione (carico nominale) longitud. : 12 % , +3 % (UNI EN ISO 10319)
- allungamento a trazione (carico nominale) trasvers. : 12 % , +3 % (UNI EN ISO 10319)

10319)

- resistenza al punzonamento statico (prova CBR) : non inferiore a 10 kN (UNI EN ISO 12236)

- permeabilità verticale :  $6 \times 10^{-3}$  m/s , +/-  $1 \times 10^{-3}$  m/s (UNI EN ISO 11058)

- porometria , diametro di filtrazione O90 : 80 microns  $\pm$  30 microns (UNI EN ISO 12956 )

Tutte le cuciture dovranno essere eseguite con filati in poliestere ad alta tenacità. La resistenza a trazione delle cuciture dovrà essere equivalente ad almeno il 50 % della resistenza a trazione nominale del geotessuto.

Ogni contenitore sarà dotato di manichetta di riempimento di diametro cm 30 e lunghezza m 1,20, con laccio di chiusura.

Le caratteristiche prestazionali sopra esposte devono essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio.

### **Sacchi da 5 mc**

Contenitore flessibile (cassero tessile) per miscele cementizie in applicazioni di getti subacquei , di forma cilindrica con circonferenza di m 5,00 e lunghezza m 3,00 , confezionato con geotessile tessuto a trama e ordito in filati di poliestere ad alta tenacità.

Le dimensioni del contenitore ,una volta riempito ad una pressione di circa 3 kPa e senza vincoli , saranno le seguenti:

Altezza : m 1,00 (circa)

Larghezza : m 2,00 (circa)

Lunghezza : m 3,00 (circa)

Volume : m<sup>3</sup> 5 (circa)

Il geotessile tessuto dovrà avere le seguenti caratteristiche fisiche , meccaniche ed idrauliche :

- massa areica :  $460 \text{ g/m}^2 \pm 5 \%$  (norma EN ISO 9864)

- resistenza a trazione longitudinale : non inferiore a 150 kN/m (UNI EN ISO 10319)

- resistenza a trazione trasversale : non inferiore a 150 kN/m (UNI EN ISO 10319)

- allungamento a trazione (carico nominale) longitud. : 11 % , +2 % (UNI EN ISO 10319)

- allungamento a trazione (carico nominale) trasvers. : 11 % , + 2 % (UNI EN ISO 10319)

- resistenza al punzonamento statico (prova CBR) : non inferiore a 15 kN (UNI EN ISO 12236)

- permeabilità verticale :  $4 \times 10^{-3}$  m/s , +/-  $1 \times 10^{-3}$  m/s (UNI EN ISO 11058)

- porometria , diametro di filtrazione O90 : 90 microns  $\pm$  30 microns (UNI EN ISO 12956 )

Tutte le cuciture dovranno essere eseguite con filati in poliestere ad alta tenacità .

La resistenza a trazione delle cuciture dovrà essere equivalente ad almeno il 50 % della resistenza a trazione nominale del geotessuto .

Ogni contenitore sarà dotato di manichetta di riempimento di diametro cm 30 e lunghezza m 1,20, con laccio di chiusura .

Le caratteristiche prestazionali sopra esposte devono essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio.

### **Sacchi da 10 mc**

Contenitore flessibile (cassero tessile) per miscele cementizie in applicazioni di getti subacquei , di forma cilindrica con circonferenza di m 5,00 e lunghezza m 6,00 , confezionato con geotessile tessuto a trama e ordito in filati di poliestere ad alta tenacità.

Le dimensioni del contenitore ,una volta riempito ad una pressione di circa 3 kPa e senza vincoli , saranno le seguenti:

Altezza : m 1,00 (circa)

Larghezza : m 2,00 (circa)

Lunghezza : m 6,00 (circa)

Volume : m<sup>3</sup> 10 (circa)

Il geotessile tessuto dovrà avere le seguenti caratteristiche fisiche , meccaniche ed idrauliche :

- massa areica :  $460 \text{ g/m}^2 \pm 5 \%$  (norma EN ISO 9864)

- resistenza a trazione longitudinale: non inferiore a 150 kN/m (UNI EN ISO 10319)

- resistenza a trazione trasversale: non inferiore a 150 kN/m (UNI EN ISO 10319)

- allungamento a trazione (carico nominale) longitud. : 11 % , +2 % (UNI EN ISO 10319)

- allungamento a trazione (carico nominale) trasvers. : 11 % , + 2 % (UNI EN ISO 10319)

- resistenza al punzonamento statico (prova CBR) : non inferiore a 15 kN (UNI EN

ISO 12236)

- permeabilità verticale :  $4 \times 10^{-3}$  m/s , +/-  $1 \times 10^{-3}$  m/s (UNI EN ISO 11058)
- porometria , diametro di filtrazione O90 : 90 microns  $\pm$  30 microns (UNI EN ISO 12956 )

Tutte le cuciture dovranno essere eseguite con filati in poliestere ad alta tenacità.

La resistenza a trazione delle cuciture dovrà essere equivalente ad almeno il 50% della resistenza a trazione nominale del geotessuto.

Ogni contenitore sarà dotato di manichetta di riempimento di diametro cm 30 e lunghezza m 1,20, con laccio di chiusura.

Le caratteristiche prestazionali sopra esposte devono essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio.

I sacchi saranno inseriti all'interno degli sgrotti con l'ausilio di sommozzatori; una volta inserito sarà riempito di miscela cementizia, ad una pressione di circa 3 kPa, utilizzando un apposito impianto di pompaggio dalla banchina, attraverso le manichette opportunamente applicate.

Il calcestruzzo utilizzato per il riempimento dei sacchi deve possedere inoltre le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza: C35/45

Classe di esposizione: XS2

Cemento di tipo pozzolanico: (CEM IV)

Classe di lavorabilità: S5

Diametro massimo dell'inerte: 32 mm

Additivo fluidificante-lubrificante (4kg/mc),

Additivo coesivizzante-antidilavamento (5kg/mc)

I massi guardiani previsti in progetto dovranno essere in conglomerato cementizio con resistenza caratteristica non inferiore a  $R_{ck}$  35 N/mm<sup>2</sup>, classe di esposizione XS1 e classe di consistenza S4, dati nel cantiere massi secondo le sagome di progetto, compreso ferro tondo ad aderenza migliorata Classi B450 C e B450 A, in quantità non inferiore a 50 kg per m<sup>3</sup> di conglomerato, di qualsiasi diametro, piegatura e legatura, con filo di ferro, uncini, sovrapposizioni, sfrido, nonché le necessarie casseforme, armo e relativo disarmo, vibratura, l'onere della formazione degli eventuali fori da valutare come pieni, e quanto altro occorre per dare i massi guardiani a piè d'opera a perfetta regola d'arte.

Le casseforme – metalliche o in legname – per la confezione di massi artificiali

devono essere di robustezza tale da non subire deformazioni sotto la spinta del calcestruzzo. Esse devono avere dimensioni interne tali che i massi risultino delle dimensioni prescritte.

In linea generale, per la movimentazione dei massi vanno evitati dispositivi metallici da lasciare annegati nel calcestruzzo dei massi.

Le pareti interne delle casseforme devono essere preventivamente trattate con opportuni preparati disarmanti, al fine di evitare distacchi al momento del disarmo.

I massi artificiali dovranno rimanere nelle loro casseforme durante tutto il tempo necessario per un conveniente indurimento del calcestruzzo, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori in relazione a quanto prescritto dalle vigenti leggi.

I massi artificiali devono essere collocati in opera con apposite apparecchiature di sollevamento e di posa, applicate nei punti tecnicamente più opportuni, curando che si realizzi un idoneo concatenamento tra i vari elementi nello strato del rivestimento previsto dagli elaborati di progetto.

## **4 CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI**

### **4.1 Generalità Criteri metodologici adottati**

Nei capitoli precedenti è stato illustrato lo stato dei luoghi oggetto di intervento, sono state sinteticamente descritte le dinamiche che vi si riscontrano, nonché le caratteristiche tecniche e costruttive dell'intervento di progetto.

Il presente capitolo illustra sinteticamente i contenuti degli studi e delle elaborazioni specialistiche propedeutiche ed a supporto delle attività di progettazione dell'intervento; nel seguito si illustrano i contenuti ed i risultati principali desumibili dagli elaborati costituenti la Sezione A (redatti da Dinamica s.r.l.) degli allegati di progetto, rimandando agli elaborati stessi per una trattazione più approfondita degli argomenti.

L'individuazione del layout progettuale proposto nel presente progetto deriva da una serie di studi, approfondimenti critici e calcolazioni di dimensionamento e verifica, condotti anche con riferimento alla proposta progettuale eseguita ad opera dello studio Dinamica s.r.l., onde assicurare adeguati standards di sicurezza e funzionalità sia con riferimento all'esercizio che con riferimento alla risposta dell'opera nei confronti di sollecitazioni "estreme", il tutto nel pieno rispetto della vigente normativa di settore.

Per quanto riguarda la progettazione delle opere, i criteri fondamentali per la individuazione della scelta di progetto sono stati i seguenti:

- assicurare adeguate condizioni di sicurezza e comfort nell'ambito del bacino di ormeggio e dei percorsi aperti al pubblico;
- assicurare manovre di accesso compatibili con la normale operatività di un porto.

## **4.2 Studio anemometrico e meteomarino. Clima ondososo al largo**

L'area di interesse si trova in località Sottomonastero e chiude di fatto il lungo tratto di costa bassa prospiciente l'abitato di Lipari.

La redazione degli studi su modello matematico è stata articolata con particolare riferimento alle seguenti attività:

- definizione delle caratteristiche meteo marine al largo del paraggio (fetch geografici ed efficaci, clima ondososo, variazioni dei livelli di marea e regime anemologico);
- analisi statistica degli eventi estremi al largo del paraggio e definizione delle caratteristiche delle onde di progetto;
- modellazione matematica dell'attacco ondososo sottocosta (in prossimità dell'area oggetto di intervento) con riferimento alle mareggiate estreme di progetto.

Lo studio è stato condotto con l'ausilio di idonei modelli matematici in grado di simulare le condizioni di moto ondososo dell'area oggetto di studio.

### **4.2.1 Determinazione dei fetch geografici ed efficaci, dati di marea, regime anemologico, clima ondososo al largo**

I fetches geografici (ossia le cosiddette "lunghezze di mare libero"), sono determinati in funzione dell'esposizione del paraggio.; il sito in oggetto risulta esposto alle mareggiate di Grecale, Levante e Scirocco.

Per quanto concerne invece la determinazione dei fetches efficaci, è stata utilizzata la procedura proposta nello "Shore Protection Manual" (CERC, 1984). La metodologia proposta consiste nel costruire, a partire dal punto di interesse, nove raggi con spaziatura 3° estesi fino ad incontrare la linea di riva. Il fetch efficace, per ciascuna direzione, risulta dalla media aritmetica delle 9 lunghezze dei raggi tracciati.

I massimi fetches corrispondono alle mareggiate provenienti da E (Levante), per le quali il massimo fetch efficace è dell'ordine degli 80 km (circa 45 NM).

Per la definizione delle condizioni meteomarine (clima ondososo) al largo di Punta Scaliddi sono stati utilizzati i dati forniti dal CNR. Tali dati derivano dalla ricostruzione della serie storica delle mareggiate mediante modellazione matematica dei fenomeni di generazione/dissipazione del moto ondososo sulla base dei venti ricavati dalle carte bariche. Attraverso l'elaborazione dei dati forniti dal CNR è stato possibile definire il clima ondososo in corrispondenza del punto di coordinate (Long. 15° 0', Lat. 38° 30'), situato al largo della costa tirrenica su un fondale di circa 700 m.

I dati CNR derivano dalla ricostruzione delle condizioni meteomarine mediante modelli matematici (calibrati in base a rilevazioni da satellite topex poseidon e registrazioni di boe ondometriche) sviluppati a partire da osservazioni meteorologiche ottenute dall'archivio del Centro Meteorologico Europeo (ECMWF).

L'informazione è disponibile su di una serie di punti uniformemente distribuiti con un intervallo di 0.5 gradi geografici (55 km in latitudine; circa 40 km in longitudine alla nostra

latitudine). L'output del modello WAM viene immagazzinato al centro europeo sotto forma di campi esaorari.

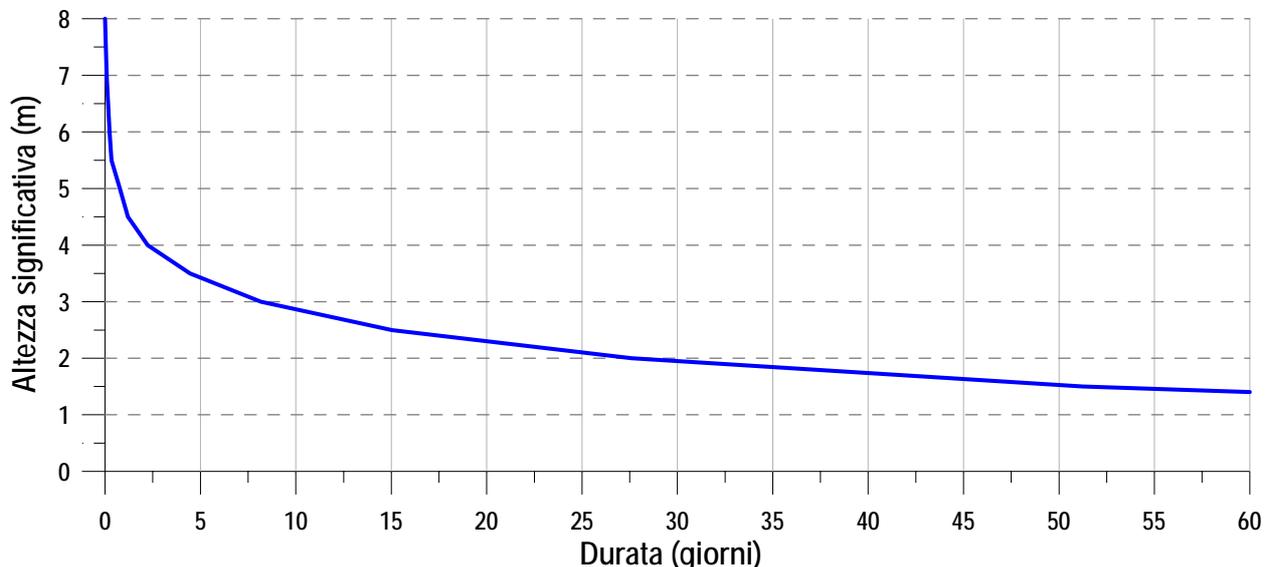
Le informazioni originali, disponibili come campi bidimensionali, sono state organizzate in serie temporali che comprendono altezza significativa  $H_s$ , periodo medio spettrale e di picco ( $T_{01}$  e  $T_p$ ), direzione media di provenienza (DIR). I relativi valori coprono il periodo luglio 1992 - giugno 2002, ad intervalli di sei ore. Per ragioni di proprietà dei dati originali le serie temporali non sono rese disponibili a terzi, anche se sono state utilizzate per ricavare la climatologia nel punto offshore prescelto.

I dati del clima ondoso del CNR sono ordinati per classi di altezza significativa e direzione di provenienza. Si fa presente che nei dati "al largo" non si tiene conto della presenza delle isole.

Sono state determinate le rose delle registrazioni, delle energie e delle altezze significative massime al largo.

Gli eventi con percentuale di apparizione più elevata e maggiore energia corrispondono a mareggiate provenienti da  $275^\circ$  N (Ponente). Le mareggiate di Ponente sono, inoltre caratterizzate dalle altezze significative massime: nel periodo luglio 1992 - giugno 2002 si registrano valori massimi dell'ordine di 7.5 m.

A partire dai dati disponibili, è stato possibile ricostruire anche la curva di durata relativa alle registrazioni al largo; la curva di durata consente di mettere in relazione le caratteristiche di un evento con la sua durata media annuale (Fig. 4.1). Si può osservare come l'altezza significativa di 2 m venga superata mediamente 25-30 giorni all'anno.



**Fig. 4.1** Curva di durata nel punto CNR al largo

I dati di marea utilizzati nel presente studio sono stati scaricati dal sito di ISPRA ([www.idromare.com](http://www.idromare.com)) e si riferiscono alla stazione RMN di Palermo. Il mareografo, appartenente alla Rete Mareografica Nazionale, si trova presso la stazione navale della guardia di Finanza, alla base del molo CT Bersagliere e in corrispondenza del punto di coordinate (Latitudine:  $38^\circ 07' 12''$  – Longitudine:  $13^\circ 22' 22''$ ). L'edificio, contenente la strumentazione, è di forma cubica con pozzo di calma circolare, ed è posizionato su banchina in cemento (Fig.4.2).

I dati utilizzati, registrati ad intervalli orari, si riferiscono al periodo 19 marzo 1992 – 1 novembre 2010, con alcune lacune parziali (registrazioni mancanti).

Le registrazioni sono state depurate dei dati mancanti; il livello di marea oscilla generalmente tra +0.40 e -0.20 m s.m.m., con eventi estremi a +0.67 e -0.44 m s.m.m.. I livelli di marea registrati sono riferiti allo zero dell'I.G.M..



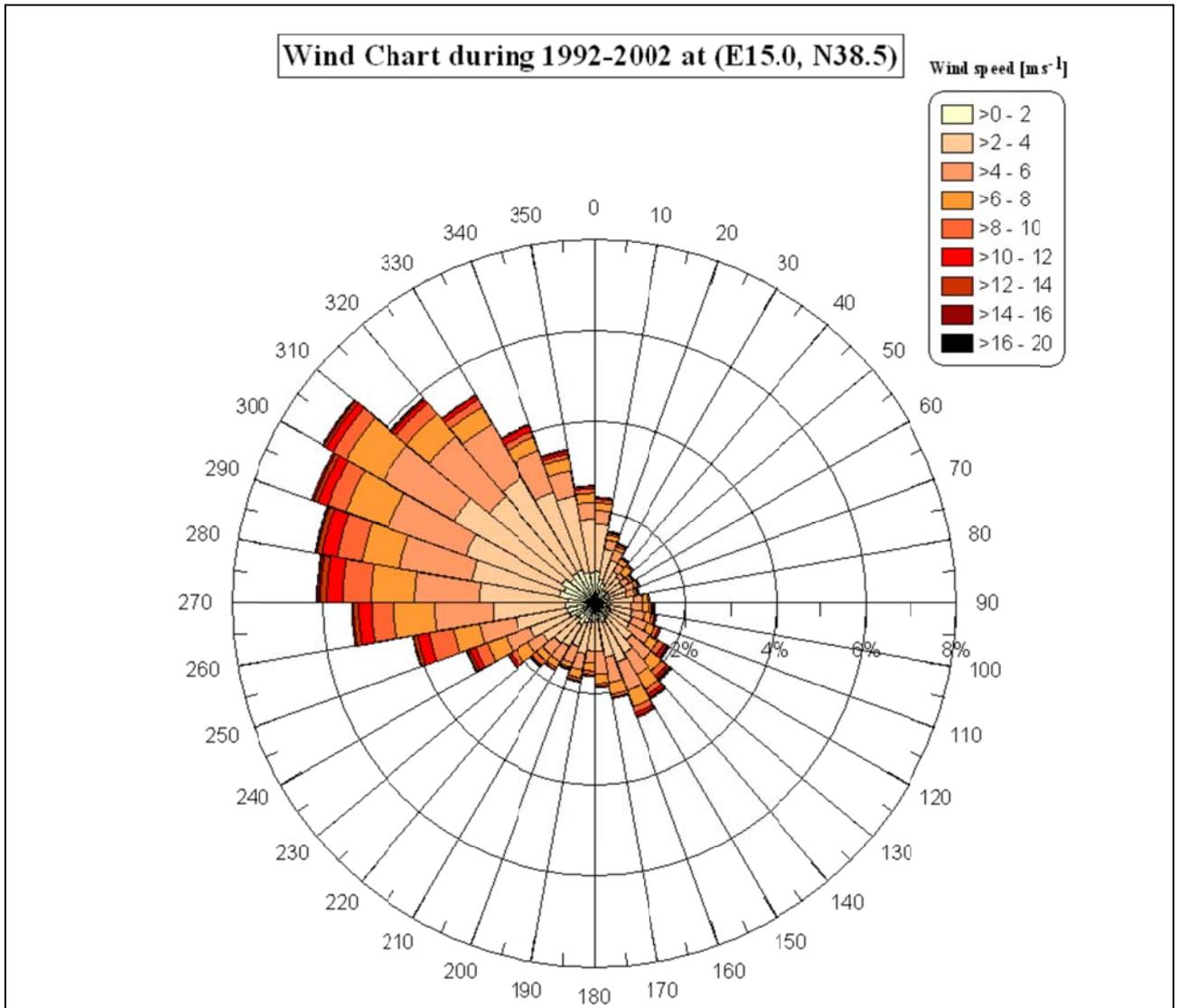
Fig. 4.2 Mareografo RMN (Palermo)

La descrizione del regime anemologico del paraggio oggetto di studio è stata condotta sulla base dei dati disponibili. In particolare, sono stati considerati nello studio le registrazioni di vento (velocità e direzione di provenienza) relative al punto C.N.R. al largo (Long. 15° 00', Lat. 38° 30').

Per quanto riguarda i dati C.N.R. si tratta di vento geostrofico, ossia di un vento "teorico" risultante dal perfetto equilibrio tra la forza di Coriolis e la forza dovuta al gradiente di pressione. Il vento geostrofico ha la caratteristica di essere diretto parallelamente alle isobare.

Nonostante sia un vento "teorico", alle medie latitudini (come nel caso in esame) le condizioni reali non differiscono significativamente dal bilancio geostrofico.

I dati sono di proprietà del C.N.R., il quale ha fornito un'elaborazione delle registrazioni, rappresentata nella rosa dei venti in Fig.4.3. Dall'osservazione della rosa dei venti si evidenzia la prevalenza dei venti provenienti da W-NW (Ponente e Maestrale).



**Fig. 4.3 Rosa dei venti – Dati C.N.R. (1992 – 2002)**

#### **4.2.2 Propagazione del moto ondoso; onda di progetto in corrispondenza delle banchine**

La determinazione degli effetti locali di mareggiate “estreme” (onda e marea), ritenute significative per il paraggio oggetto di studio, è un aspetto indispensabile ai fini di una corretta progettazione degli interventi necessari per il ripristino della stabilità della banchina commerciale dell’approdo di Punta Scaliddi.

La propagazione delle mareggiate estreme, condotta mediante il modello numerico STWAVE, è stata basata sulla batimetria del paraggio ricavata in base alla carta nautica dell’Istituto Idrografico della Marina e ad un rilievo locale. Il dominio di calcolo è stato discretizzato con un sistema di due griglie annidate con passo decrescente. La griglia più grande (BIG GRID - Fig.4.4) ha origine nel punto di coordinate 498650 m E, 4259020 m N (vertice in alto a destra), ha dimensione 2800 x 1800 m, maglia quadrata di passo 20 m e lati paralleli alle direzioni EW e NS.

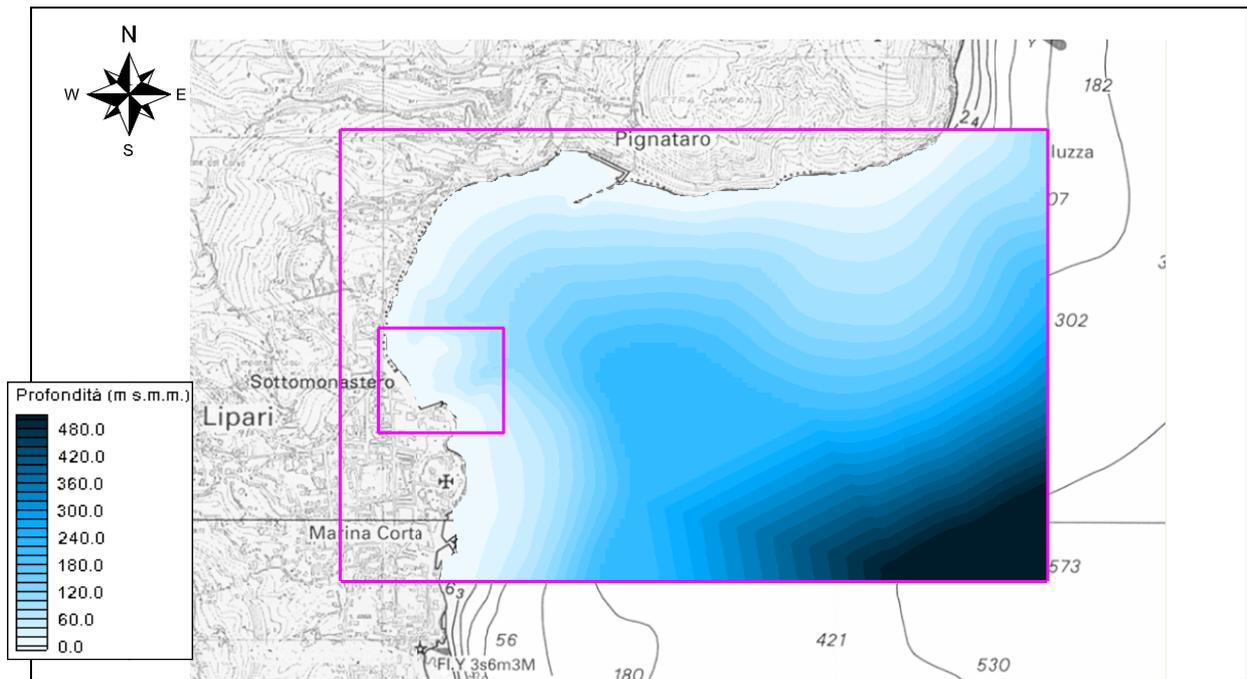
Successivamente, è stata definita una griglia di dettaglio (SMALL GRID - Fig.4.5) centrata nell’area di interesse, avente le seguenti caratteristiche:

- origine nel punto di coordinate 496500 m E, 4258230 m N (vertice in alto a destra);
- dimensione 500 x 420 m;
- maglia quadrata di passo 5 m;
- lati paralleli alle direzioni EW e NS.

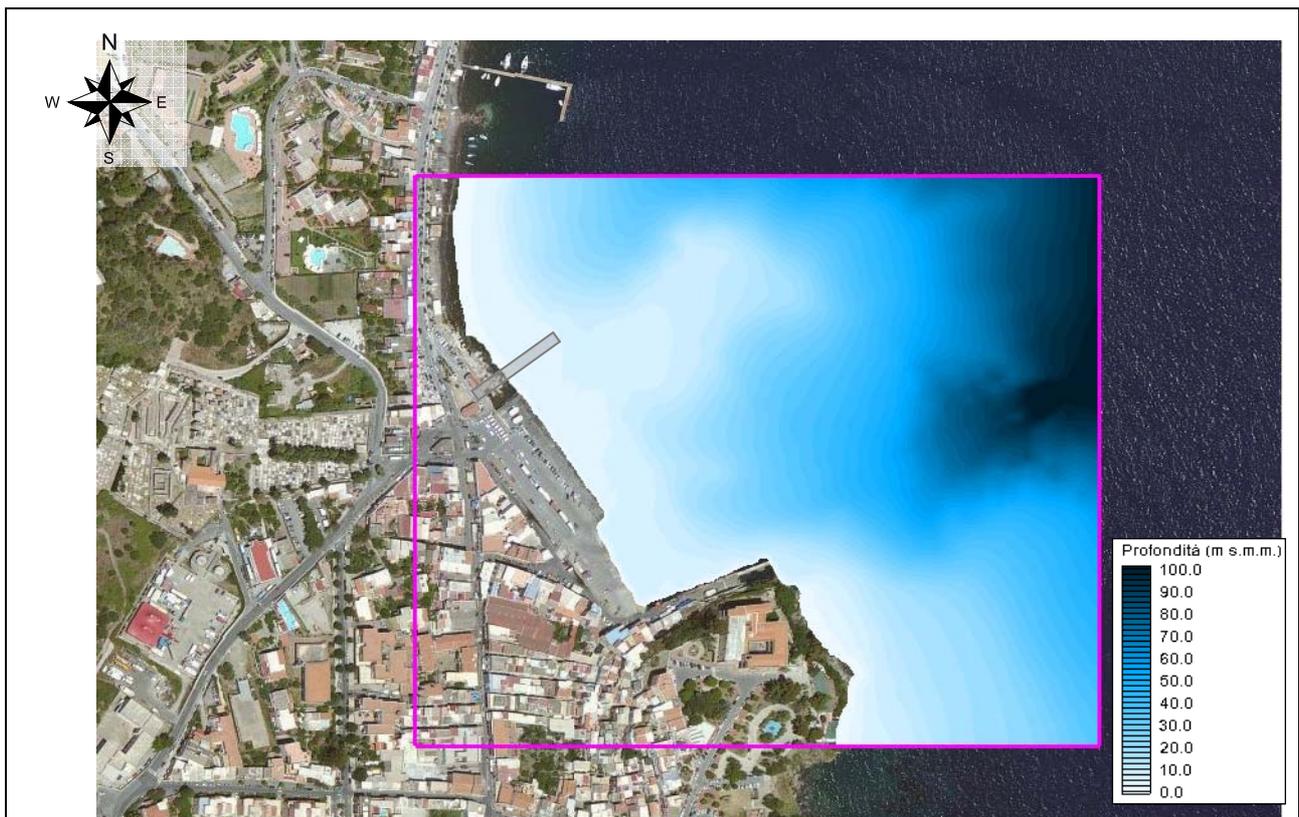
Le coordinate dei punti di origine delle griglie di calcolo sono espresse nel sistema di riferimento UTM33 WGS84.

Per le propagazioni delle mareggiate estreme è stata utilizzata la tecnica del ciclo annidato: si è inizialmente usata una griglia di calcolo di dimensioni maggiori (BIG GRID), discretizzata in maglie di calcolo di 20 m di lato. Le condizioni al contorno sono state assunte costanti lungo i bordi della griglia BIG (e pari alle caratteristiche degli eventi estremi nel punto CNR al largo), con l’accortezza di scalare i parametri d’onda in funzione della profondità nella porzione di bordo immediatamente sottoriva, dove avvengono i fenomeni di frangimento dovuti all’innalzamento della quota del fondale.

I risultati della prima fase di simulazione sono serviti da input per la successiva fase di calcolo effettuata utilizzando la griglia di dettaglio (SMALL GRID), centrata nell’area di interesse.



**Fig. 4.4 Griglia di calcolo BIG GRID (2800 x 1800 m) - passo 20 m**



**Fig. 4.5 Griglia di dettaglio SMALL GRID (500 x 420 m) - passo 5 m**

Nelle simulazioni sono state propagate le mareggiate con tempo di ritorno di 50 anni, aventi direzioni comprese all'interno dei settori di Greco-Levante ( $0^{\circ}\pm 90^{\circ}N$ ) e di Scirocco

(90°÷180°N). Tali settori, considerata l'esposizione del paraggio, sono stati ritenuti maggiormente significativi per lo studio in oggetto.

Le direzioni di provenienza delle mareggiate estreme per i settori considerati sono state scelte con riferimento alla rosa delle altezze massime relativa al punto C.N.R.

In particolare, le mareggiate provenienti dal settore Greco-Levante (0°÷90°N) sono state rappresentate nel modello con direzione 75°N, mentre quelle provenienti dal settore di Scirocco (90°÷180°N) sono state rappresentate nel modello con direzione 125°N.

Il periodo di picco ( $T_p$ ), fornito in input al codice di calcolo STWAVE, è stato ricavato sulla base del valore del corrispondente periodo medio ( $T_{01}$ ) e dello spreading direzionale  $\gamma$ , utilizzando formule proposte in letteratura ("Technical note" of the EUROWAVES project: [www.oceanor.no/projects/eurowaves/](http://www.oceanor.no/projects/eurowaves/)).

Agli eventi estremi, in mancanza di dati statistici sui livelli del mare, è stato associato nelle propagazioni un sovrizzo (dovuto a livello di alta marea, wind setup e marea meteorologica) pari a 60 cm, stimato sulla base dei dati registrati dalla stazione R.M.N. di Palermo.

Nella successiva Tab.4.1 sono riportate, con riferimento al numero di TEST, le caratteristiche delle mareggiate estreme nel punto C.N.R. al largo.

				PUNTO C.N.R. AL LARGO		
Caratteristiche mareggiata	Setup (m s.m.m.)	TEST	Settore di provenienza	$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	Dir (°N)
$T_R = 50$ anni	+0.60	1	0°÷90°N	4.93	11.25	75
		2	90°÷180°N	5.15	11.25	125

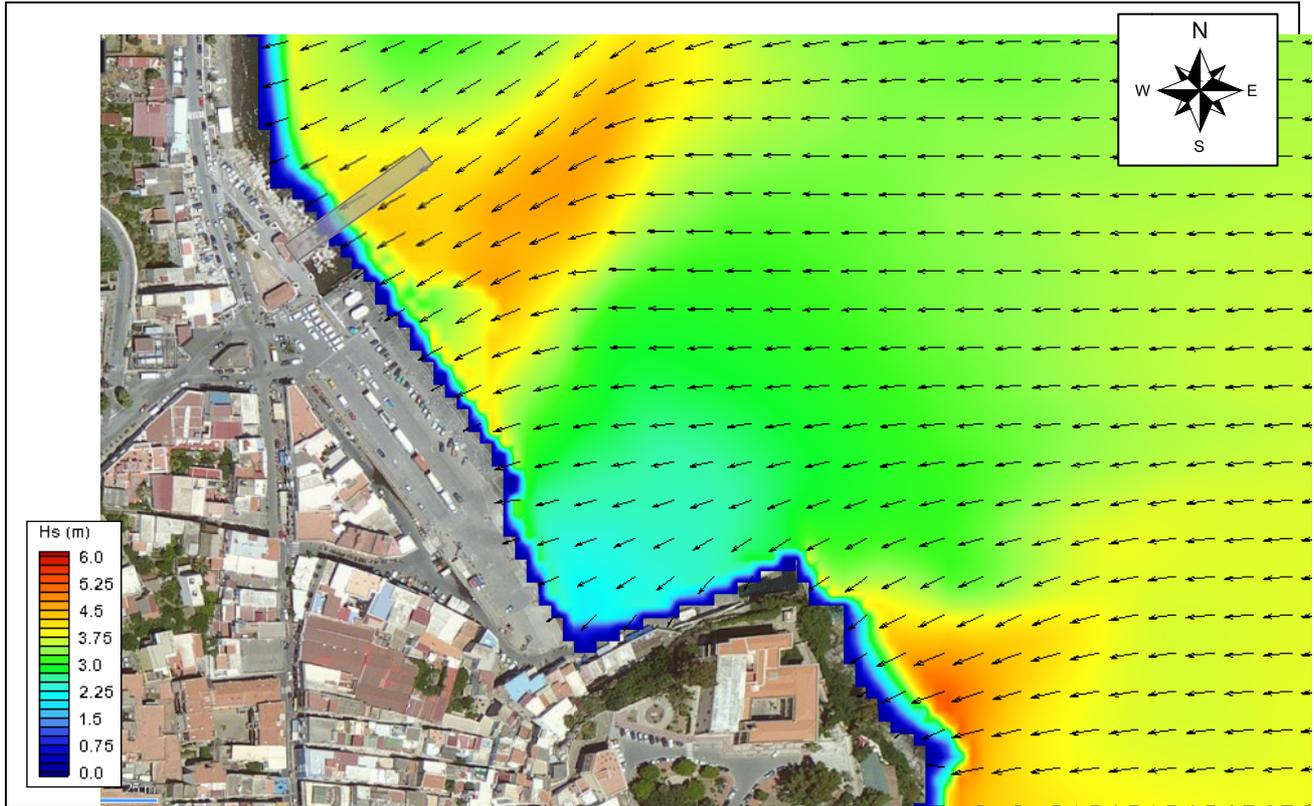
**Tab. 4.1** Caratteristiche delle mareggiate estreme propagate con il codice di calcolo STWAVE

I risultati ottenuti dalle simulazioni della propagazione delle mareggiate estreme sottocosta sono rappresentati nelle figure seguenti (Fig.4.6 e Fig.4.7).Le figure rappresentano, in forma di scala cromatica, le altezze d'onda significativa, mentre le direzioni locali dell'onda vengono indicate mediante vettori il cui modulo è proporzionale all'altezza d'onda significativa. I risultati, rappresentati con riferimento all'area di oggetto di intervento, sono stati estratti dalla griglia di dettaglio SMALL GRID.

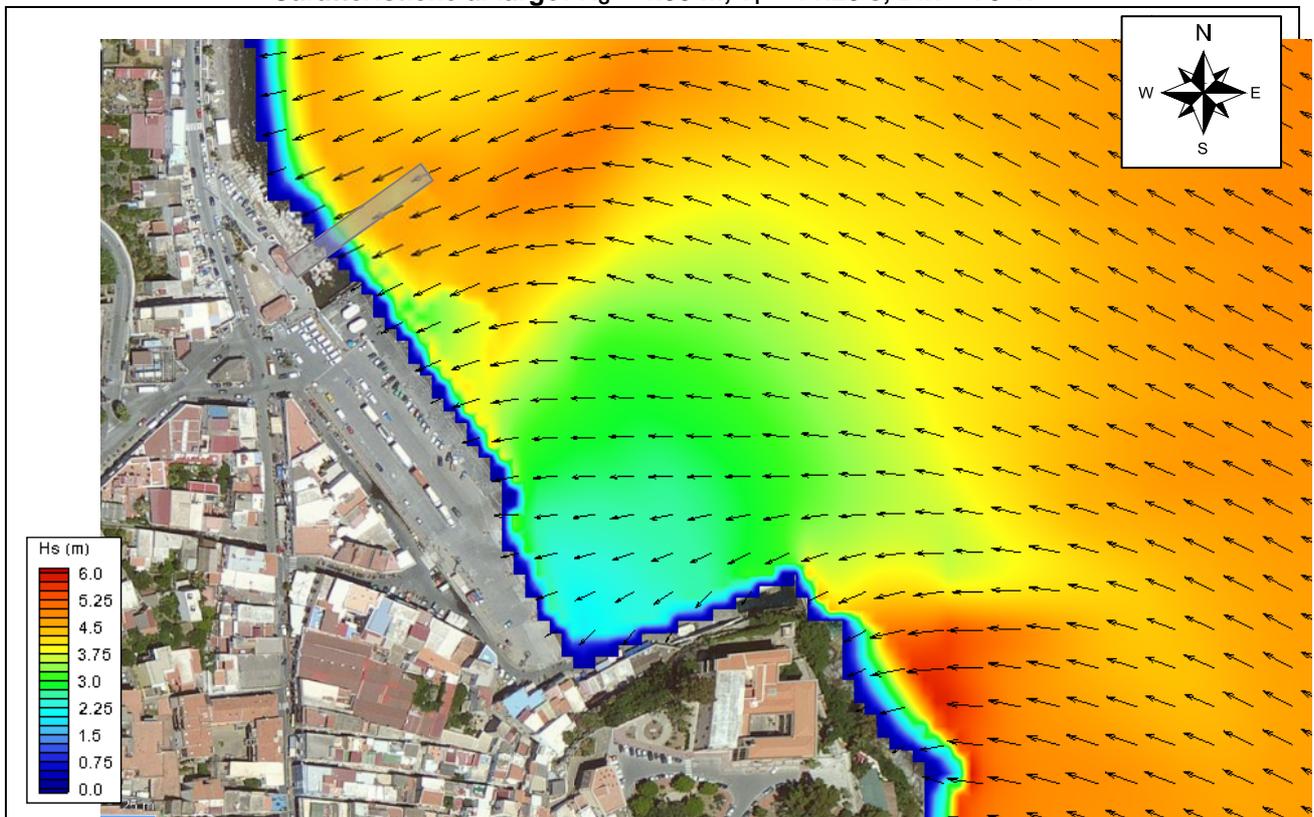
Le propagazioni sottocosta hanno evidenziato un campo di moto ondoso irregolare, fortemente influenzato dalla particolare conformazione batimetrica dei fondali.

In particolare, con riferimento agli eventi estremi di progetto (caratterizzati da un tempo di ritorno di 50 anni), si ottengono valori di altezza significativa compresi tra 2.0 e 3.0 m in prossimità al piede delle banchine oggetto del presente intervento.

Si fa presente che quella rappresentata nelle figure è l'onda progressiva proveniente dal mare aperto, che tuttavia potrebbe differire significativamente da quella effettivamente presente nell'area di interesse. La riflessione sulle banchine a parete verticale, infatti, porterà a valori effettivi dell'altezza d'onda anche doppi rispetto a quelli dell'onda progressiva. Va d'altra parte osservato che, in condizioni limite, la banchina viene tracimata ed il coefficiente di riflessione si abbatte drasticamente.



**Fig. 4.6 TEST 1: Onda di Greco-Levante,  $T_R = 50$  anni**  
**Caratteristiche al largo:  $H_S = 4.93$  m,  $T_P = 11.25$  s, Dir. =  $75^\circ N$**



**Fig. 4.7 TEST 2: Onda di Scirocco,  $T_R = 50$  anni,**  
**Caratteristiche al largo:  $H_S = 5.15$  m,  $T_P = 11.25$  s, Dir. =  $125^\circ N$**

### 4.3 Studio geotecnico

Lo studio geologico-tecnico in corrispondenza della banchina commerciale e della banchina di P.ta Scaliddi del Porto di Sottomonastero, grazie ai dati disponibili e alle indagini geognostiche eseguite, ha consentito la caratterizzazione del “volume significativo di sottosuolo”, sia dal punto di vista geotecnico sia riguardo la pericolosità sismica locale, sufficiente per la scelta della tipologia di intervento più razionale ed efficace finalizzata al ripristino delle condizioni di stabilità dell’area portuale e per il passaggio alla successiva fase di progettazione definitiva/esecutiva.

L’analisi geologica e della tettonica attiva e recente è stata determinante per definire le cause delle attuali incisioni evidenziate dai rilievi subacquei alla base della banchina di Punta Scaliddi e della banchina commerciale, che alterano le condizioni di stabilità e la sicurezza all’interno dell’area portuale.

L’area portuale di Sottomonastero risulta soggetta ad un tasso di subsidenza a carattere locale particolarmente intenso, peraltro già segnalato nella letteratura, che in questa sede si è cercato di valutare in termini di velocità nell’intervallo temporale più recente (ultimi 2200 anni B.P.). In particolare la velocità di sollevamento del mare, in base alla curva eustatica e alla subsidenza localizzata, si riduce da 5,6 m/Ka nel periodo 2200-1070 anni B.P. a 1,8 m negli ultimi 1000 anni, ma resta di entità tale da potere mettere in crisi nel prossimo futuro la struttura portuale e l’abitato prospiciente, tenuto conto tra l’altro anche degli scenari di risalita del livello del mare.

L’incisione dell’ammasso riolitico presente alla base della banchina di Punta Scaliddi può essere assimilata per forma e sviluppo ad un vero e proprio “solco di battente”, riferito in base alla sommatoria degli effetti di risalita del mare e di subsidenza alla metà del VI sec. d.C.. In questo caso, pertanto, si esclude che la causa di tale incisione sia imputabile alle attività all’interno del porto delle navi più veloci, mentre questo effetto viene ritenuto probabile per la incisione alla base della banchina commerciale, impostata direttamente sul deposito alluvionale e vulcanoclastico.

I dati acquisiti, riportati in dettaglio nella relazione con la descrizione delle metodologie e dei criteri utilizzati, sono sintetizzati nella Relazione Geologico - Tecnica a firma del Dott. Geol. Caterina Cucinotta (Elaborato A.03) in un “modello geologico-tecnico e geosismico del sito”, che rappresenta il riferimento per le successive fasi di calcolo e verifica delle scelte progettuali.

Gli stati limite ultimi si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con le opere ed al raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono le opere stesse.

Le verifiche geotecniche, relative allo stato attuale dei luoghi, riportate nell’elaborato A.01 “RELAZIONE SUGLI STUDI SPECIALISTICI PROPEDEUTICI ALLA PROGETTAZIONE” redatto dalla Dinamica S.r.l., evidenziano che sia la verifica al ribaltamento che quella allo scorrimento delle strutture esistenti non risultano soddisfatte, si rimanda all’elaborato succitato per ulteriori approfondimenti.

Per le strutture proposte sono state effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- Scorrimento sul piano di posa
- Ribaltamento rispetto allo spigolo a valle della fondazione
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno

Le verifiche geotecniche, relative allo stato di progetto, riportate nell'elaborato A.01 "RELAZIONE SUGLI STUDI SPECIALISTICI PROPEDEUTICI ALLA PROGETTAZIONE" e nell'elaborato A.06 "TABULATI DI CALCOLO", redatti da Dinamica S.r.l., evidenziano che tutte le verifiche previste dalla normativa vigente, risultano soddisfatte, si rimanda agli elaborati succitati per ulteriori approfondimenti.

## 4.4 Piano di manutenzione e monitoraggio

Il piano definisce i criteri operativi per il controllo dello stato delle opere e della loro funzionalità ed individua i necessari interventi di manutenzione da porre in essere per la conservazione delle opere e della loro efficacia nel tempo. A tal fine il piano si completa con la relativa modulistica di base inerente il monitoraggio e verifica dello stato dell'opera nonché le relative operazioni di manutenzione ordinaria. Sinteticamente le previsioni del PMM possono essere descritte come segue:

### 4.4.1 Monitoraggio e Manutenzione

Le componenti critiche dell'opera da sottoporre a monitoraggio e manutenzione sono:

- A) componente critica: RIEMPIMENTO SGROTTATURE;
- B) componente critica: SCANNI DI IMBASAMENTO E SCOGLIERE;
- C) componente critica: MASSI GUARDIANI.

#### – **MONITORAGGIO:**

##### A) RIEMPIMENTO SGROTTATURE

Data la tipologia di componente critica, è auspicabile e raccomandabile l'effettuazione di un **monitoraggio particolare**, da effettuarsi con cadenza prefissata, teso al controllo visivo delle condizioni di degrado dei geotubi riempiti in calcestruzzo, in particolare di quelli più esterni, esposti all'azione delle eliche delle navi e posti in opera a chiusura dell'intervento di riempimento.

##### B) SCANNI DI IMBASAMENTO E SCOGLIERE

Date le caratteristiche di questa componente critica (opera in materiale sciolto) è necessario effettuare due tipologie di monitoraggio, una di carattere generale direttamente collegata alla stabilità globale dell'opera nel suo complesso, ed una particolareggiata per l'individuazione di eventuali dislocamenti localizzati.

Il **monitoraggio generale** della funzionalità della opere a scogliera in massi naturali è ovviamente direttamente connesso con il controllo sul mantenimento nel tempo dei profili e delle sezioni di progetto, che dovrà essere effettuato mediante rilievi periodici, preferibilmente impostati sulle medesime sezioni trasversali definite nel progetto esecutivo.

Inoltre, data la tipologia di opera a gettata costituita da massi di una certa dimensione, è raccomandabile anche l'effettuazione di un **monitoraggio particolare**, da effettuarsi preferibilmente in seguito a forti mareggiate, teso al controllo sui singoli massi costituenti la mantellata esterna al fine di individuare eventuali fenomeni di dislocazione dei singoli elementi.

## C) MASSI GUARDIANI

Per questo tipo di componente critica il monitoraggio sarà un **monitoraggio particolare** da effettuarsi mediante controllo visivo sui singoli elementi, al fine di valutare eventuali dislocamenti e/o danneggiamenti occorsi successivamente alla realizzazione dei lavori.

### – **MANUTENZIONE:**

## A) RIEMPIMENTO SGROTTATURE

L'intervento di riempimento delle sgrottature verrà posto in essere mediante l'inserimento nelle cavità presenti di geotubi di varie dimensioni da riempire successivamente con calcestruzzo. L'intervento è finalizzato al ripristino delle condizioni di stabilità delle banchine portuali esistenti e prevede il contestuale salpamento di massi artificiali e/o naturali, rottami ed altri manufatti o elementi lapidei di qualsiasi dimensione presenti all'interno delle cavità.

Va da sé che gli interventi di manutenzione saranno tesi a garantire il mantenimento delle condizioni previste in progetto e consisteranno in interventi mirati nelle zone che dovessero presentare danneggiamenti, utilizzando sacchi di geotessile di dimensioni proporzionate all'intervento da porre in essere, secondo le indicazioni fornite nel corso delle attività di monitoraggio.

## B) SCANNI DI IMBASAMENTO E SCOGLIERE

La caratteristica predominante delle opere in massi naturali, ai fini della funzionalità della stesse come elementi di stabilizzazione del fondale, è ovviamente la loro stabilità.

Il concetto di stabilità, per questo tipo di opera, può assumere la duplice caratteristica di stabilità globale e stabilità locale.

La **stabilità globale** riguarda il mantenimento nel tempo delle caratteristiche dimensionali generali dell'opera (profili e sezioni di progetto).

Le operazioni di manutenzione correlate si riferiscono agli eventuali lavori di ripristino e rifacimento della mantellata per il mantenimento delle sezioni di progetto.

La **stabilità locale** riguarda il mantenimento nel tempo della posizione dei singoli massi in seno alla mantellata, con particolare riferimento ed attenzione alle scarpe esterne, ed è direttamente connessa al concetto di monitoraggio.

Le operazioni di manutenzione si riferiscono agli eventuali interventi di riposizionamento dei singoli massi soggetti a fenomeni di dislocazione.

Appare superfluo evidenziare che gli interventi volti alla manutenzione della stabilità globale della scogliera ricomprendono giocoforza quelli volti alla manutenzione della stabilità locale.

Pare invece opportuno rilevare che l'effettuazione di interventi mirati di manutenzione sui singoli elementi, eventualmente dislocati, consente di mantenere gli

standard prestazionali dell'intera opera ad un costo verosimilmente inferiore rispetto ai primi.

### C) MASSI GUARDIANI

La posa in opera dei massi guardiani è necessaria al fine di fissare la quota del fondale di progetto e garantire così la cessazione del fenomeno di sgrottamento alla base delle banchine portuali esistenti.

Le operazioni di manutenzione consisteranno essenzialmente nella ricollocazione di eventuali massi dislocati e/o nella sostituzione di quelli che dovessero risultare danneggiati a seguito delle risultanze degli interventi di monitoraggio.

Il seguente programma temporale di monitoraggio delle componenti critiche dell'opera segue uno scadenziario, con l'ovvio accorgimento che le attività di monitoraggio vanno effettuate prima degli interventi manutentivi, al fine di determinarne eventuali correzioni alle entità previste in questa sede.

Naturalmente, le operazioni di rilievo topografico e batimetrico, previste per le diverse componenti critiche, saranno eseguite in una unica soluzione.

<b>PROGRAMMA DI MONITORAGGIO DELL'OPERA</b>				
<b>Componente critica</b>		<b>Tipologia di intervento</b>	<b>Entità intervento</b>	<b>Cadenza temporale</b>
A	RIEMPIMENTO SGROTTATURE	1) Monitoraggio <b>particolare</b> teso al controllo visivo delle condizioni dell'intervento di riempimento di progetto.	1) Circa 150 ml da rilevare.	annuale (per 3 anni)
B	SCANNI DI IMBASAMENTO E SCOGLIERE	2) Monitoraggio <b>generale</b> mediante esecuzione di rilievi topo-batimetrici e sezioni trasversali; 3) monitoraggio <b>particolare</b> mediante controllo visivo sulla stabilità dei singoli elementi.	2) Circa 500 mq da rilevare.	
C	MASSI GUARDIANI	4) Monitoraggio <b>particolare</b> mediante controllo visivo sui singoli elementi.	3) Circa 1'000 mq da rilevare.	

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente documento illustra in sintesi i contenuti del progetto esecutivo relativo alle opere portuali nell'ambito degli "INTERVENTI NECESSARI PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLA BANCHINA PUNTA SCALIDDI E PORZIONE DELLA BANCHINA COMMERCIALE IN LOCALITA' SOTTOMONASTERO DEL COMUNE DI LIPARI". Sulla base degli studi condotti e delle simulazioni effettuate con l'ausilio di adeguati modelli matematici, sono state individuate le tipologie di intervento risultate ottimali. Tali tipologie sono state quindi verificate nel pieno rispetto della normativa di settore vigente, sia in termini prettamente idraulico marittimi, che in termini geotecnici e sismici. In merito alla fasistica realizzativa si rimanda al cronoprogramma dei lavori (Elab. E.08).

Per quant'altro non direttamente esplicitato nella presente relazione ci si riferisca agli elaborati specialistici (Sezione A degli allegati di progetto), agli elaborati grafici (Sezioni C ed D), economici (Sezione E) e sulla sicurezza (Sezione F).