



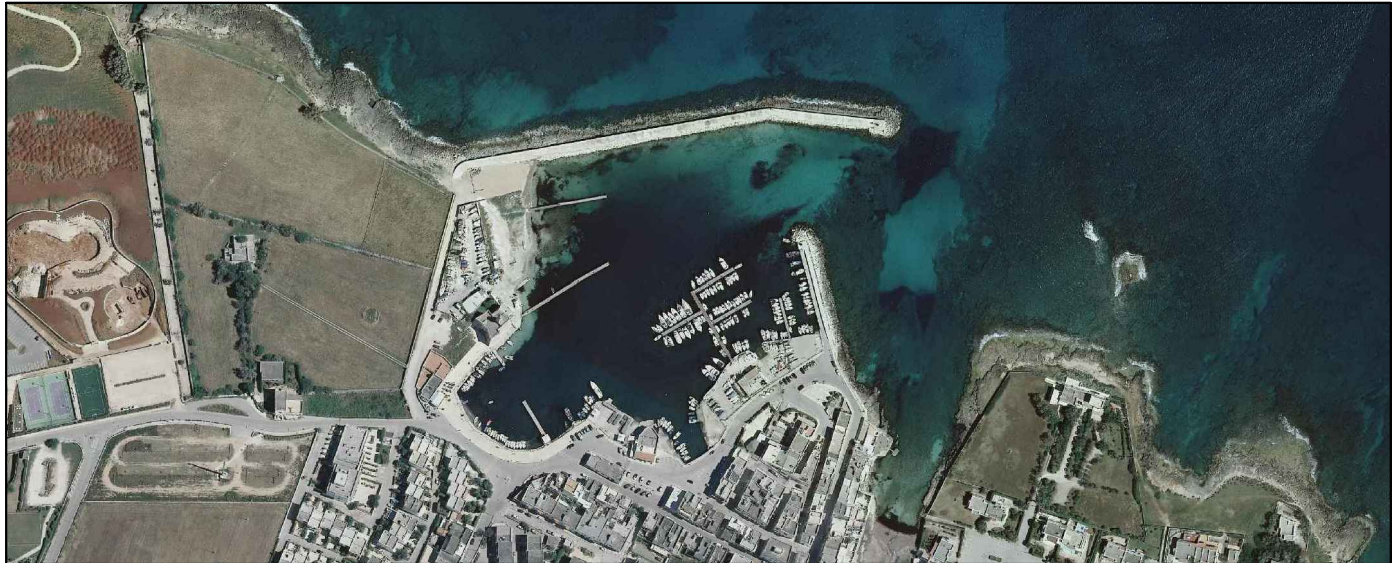
COMUNE DI OSTUNI
PROVINCIA DI BRINDISI



REGIONE PUGLIA
SERVIZIO DEMANIO E PATRIMONIO
GESTIONE DEMANIO MARITTIMO

PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)

ISTANZA DI CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA AI SENSI DELL'ARTICOLO 36 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE



COMMITTENTE

A.T.I.: C.R. COSTRUZIONI S.r.l. - FRAVER S.r.l.

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Roberto MELPIGNANO - Dirigente U.T.C.

PROGETTISTI

COORDINAMENTO

prof. dott. ing. Vitantonio VITONE (resp.) - **dott. ing. Luigi MAGGI**

PROGETTAZIONE GENERALE, OPERE EDILI, OPERE STRUTTURALI - RESTAURO EDIFICI STORICI

dott. ing. Francesco NOTARO (resp.) - **dott. arch. Annunziata DEL MONACO** (resp.) - **dott. Grazia CAVALLO**

OPERE PORTUALI DI DIFESA - OPERE A MARE - INTERVENTI DI DRAGAGGIO - STUDIO METEO MARINO

dott. ing. Gianluca LOLIVA

IMPIANTI IDRICO-SANITARIO, TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE, DISTRIBUZIONE CARBURANTE

dott. ing. Vitantonio MASTRO

IMPIANTI ANTINCENDIO

dott. ing. Francesco NOTARO

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI, ILLUMINAZIONE, FOTOVOLTAICO, CLIMATIZZAZIONE

dott. ing. Angelo Raffaele Vito RIZZO

SISTEMAZIONI ESTERNE E ARREDO URBANO

dott. arch. Valentina SANTORO

ARCHEOLOGIA

dott. Gianpaolo COLUCCI - **dott. arch. Valentina SANTORO** - **dott. Giuseppina GALIANDRO**

IMPATTO AMBIENTALE

dott. arch. Vittoria BIEGO (ACQUATECNO S.R.L.) (resp.) - **dott. Mario IMPERATRICE** - **dott. ing. Ania TROVISO**

GEOLOGIA

dott. Antonio Mattia FUSCO

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

dott. ing. Giuseppe DI GREGORIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Titolo

DRAGAGGIO DEI FONDALI
Studio geologico, idrologico e meteomarinario

Elaborato

PF-DRAG.R04

Data

Agosto 2019

Scala

-

Indice

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | PREMESSA..... | 2 |
| 2. | STUDIO GEOLOGICO..... | 3 |
| 2.1 | <i>Lineamenti geologici generali.....</i> | 3 |
| 2.2 | <i>Caratteri geomorfologici generali.....</i> | 5 |
| 2.3 | <i>Geologia del sito e caratterizzazione geotecnica.....</i> | 7 |
| 2.4 | <i>Sismicità dell'area in esame.....</i> | 8 |
| 3. | STUDIO IDROLOGICO..... | 10 |
| 3.1 | <i>Idrografia.....</i> | 11 |
| 3.2 | <i>Permeabilità delle rocce.....</i> | 11 |
| 4. | STUDIO METEOMARINO..... | 13 |
| 4.1 | <i>Cartografia.....</i> | 13 |
| 4.2 | <i>Descrizione del paraggio.....</i> | 13 |
| 4.3 | <i>Venti.....</i> | 15 |
| 4.4 | <i>Clima meteomarinò al largo.....</i> | 18 |
| 4.4.1 | <i>Clima meteo marino medio.....</i> | 20 |
| 4.4.2 | <i>Elaborazione statistica delle onde estreme.....</i> | 22 |
| 4.5 | <i>Calcolo dell'onda di progetto.....</i> | 23 |
| 4.6 | <i>Clima meteomarinò in prossimità del porto.....</i> | 34 |
| 4.6.1 | <i>Modello di diffrazione.....</i> | 34 |
| 4.6.2 | <i>Applicazione del modello.....</i> | 35 |

1. PREMESSA

Il presente *“Studio geologico, idrologico e meteomarino”*, facente parte del Progetto di Fattibilità tecnica ed economica degli *“Interventi di dragaggio dei fondali marini e gestione dei sedimenti estratti del porto turistico di Villanova di Ostuni (BR)”*, è stato redatto al fine di determinare le caratteristiche geologico-stratigrafico-meccaniche dei terreni e delle rocce del porto di Villanova di Ostuni (BR), oltre che la situazione meteomarina e litostratigrafica locale, con la definizione dell'origine e della natura dei litotipi, il loro stato di alterazione e fratturazione e la loro degradabilità.

Tale Progetto di Fattibilità si inquadra nell'ambito dell'Avviso Pubblico di selezione di *“Interventi di dragaggio dei fondali marini e gestione dei sedimenti estratti” del POR Puglia 2014-2020 – Azione 7.4 “Interventi per la competitività del sistema portuale ed interportuale”*.

Nella redazione della presente relazione si è tenuto conto anche degli studi effettuati dal dott. geol. Antonio Mattia Fusco nell'ambito del *“Progetto definitivo per la riqualificazione, la valorizzazione e la gestione del porto turistico di Villanova di Ostuni (Brindisi)”*, del quale i lavori di dragaggio costituiscono parte integrante.

2. STUDIO GEOLOGICO

Lo studio geologico è stato svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dalle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018, al fine di ricostruire un modello geologico atto a fornire i caratteri stratigrafici, litologici, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità geologica del sito.

Per lo svolgimento di tale relazione è stato effettuato un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, è stata consultata la cartografia dell'area e si è fatto riferimento alle informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

In particolare si è fatto riferimento a studi effettuati in aree limitrofe che presentano caratteristiche geologiche tecniche simili a quella in esame e per le quali precedentemente sono stati effettuati pozzi per acqua, indagini geognostiche in sito e prove di laboratorio.

2.1 Lineamenti geologici generali

I lineamenti geologici dell'area oggetto di studio sono caratterizzati dalla presenza continua di un potente substrato formato da rocce carbonatiche, di età mesozoica, appartenente al gruppo dei Calcari della Murgia.

Tale substrato risulta coperto, in superfici variamente estese, da lembi di depositi pleistocenici trasgressivi, noti con il nome di Calcareniti di Gravina, e da depositi quaternari di origine continentale derivanti dal disfacimento dei sottostanti calcari mesozoici.

In particolare il territorio di Ostuni è caratterizzato dalla presenza di una scarpata che raccorda l'altopiano murgiano, costituito dalla successione calcarea del Cretaceo Superiore, con una gradinata di superfici digradante sino alla linea di costa, modellata sia sui calcari mesozoici, sia sulle calcareniti plio-pleistoceniche. Solo la superficie più bassa è caratterizzata dalla presenza di depositi olocenici più recenti costituiti da depositi alluvionali, spiagge attuali e dune costiere. Le superfici che costituiscono la gradinata corrispondono ad una serie di terrazzi marini di abrasione dovuti all'interazione tra il sollevamento tettonico regionale e le variazioni glacio-eustatiche. Essi sono intaccati da valli profonde e strette, generalmente rettilinee e parallele fra loro, localmente chiamate "lame" che incidono, lungo la costa, anche i depositi poco spessi dell'unico terrazzo marino di accumulo del Pleistocene superiore il cui cordone dunare è visibile tra Torre Canne e Monticelli.

A valle di questo terrazzo marino il sistema costiero è rappresentato, dal punto di vista morfodinamico, da una pocket beach, priva di significativi apporti sedimentari diretti dall'entroterra, che deve la sua conformazione alla sovrapposizione in più fasi di depositi eolici e marini (Dini et al. 2000; Mastronuzzi et al. 2001).

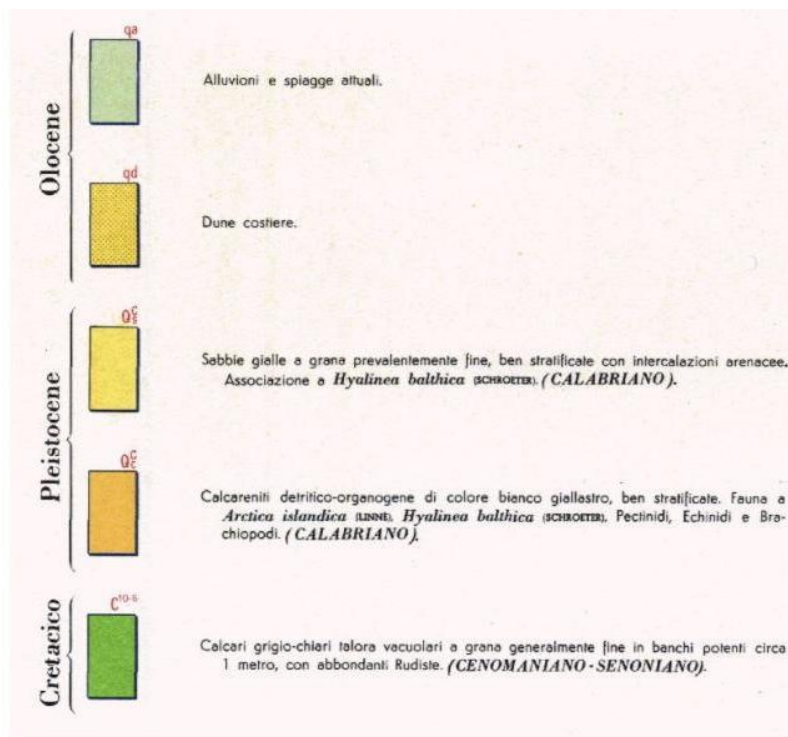
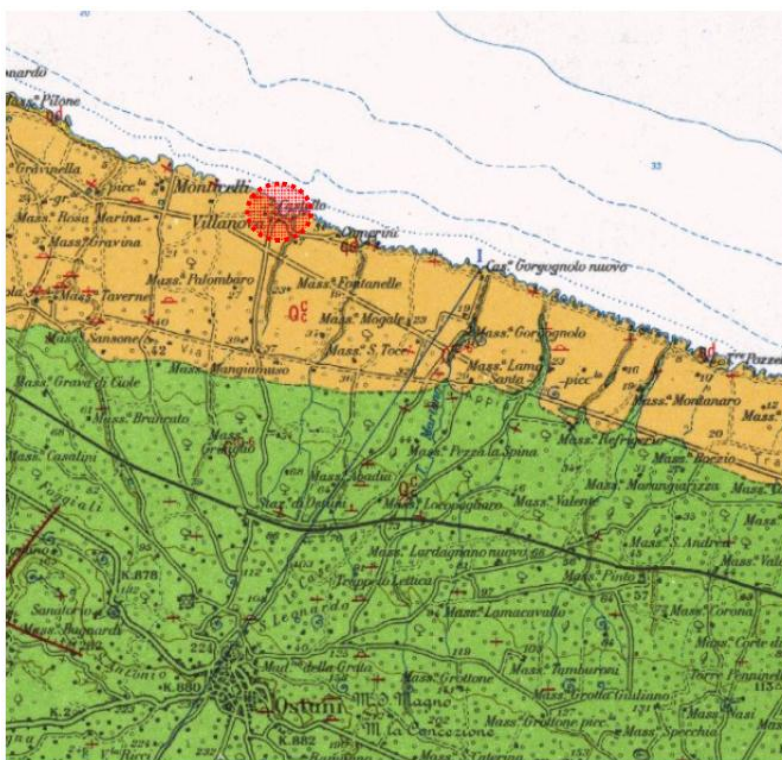


Figura 1 – Foglio n. 191 “Ostuni” della Carta Geologia d’Italia

La successione cretacea affiorante nel Foglio n. 191 “Ostuni” della Carta Geologia d’Italia (*Figura 1*) estremamente uniforme dal punto di vista litologico, comprende i livelli più alti del Calcare di Bari e la parte inferiore del Calcare di Altamura.

Il Calcare di Bari è in prevalenza formato da calcari detritici di colore biancastro intercalati da calcari dolomitici e dolomie di colore grigio disposti in strati e in banchi. Dal punto di vista deposizionale corrispondono a sedimenti di piattaforma carbonatica di ambiente neritico e di ambiente cotidale-lagunare, a tessitura laminare.

L’unità del Calcare di Altamura, invece, è costituita da calcari micritici compatti leggermente dolomitici di colore grigio-chiaro alternati, in sequenza ciclica, a calcari a Rudiste.

In genere le originarie condizioni di giacitura delle suddette formazioni sono alterate da disturbi tettonici che hanno prodotto piegamenti degli strati ed originato netti piani di fratturazione che attraversano l’intera sequenza calcareo-dolomitica. Tale condizione facilita il fenomeno carsico dovuto alla dissoluzione chimica ed all’azione meccanica delle acque meteoriche d’infiltrazione che, in più luoghi, allargano i giunti di fratturazione e stratificazione. In conseguenza di tale fenomeno le cavità si trovano spesso riempite dai prodotti dell’alterazione superficiale, “terre rosse”, che formano, in seno alla roccia ospitante, vene e sacche di materiale argilloso disposto a vari livelli. Caratteristica, dunque, delle formazioni calcareo-dolomitiche è la spiccata anisotropia che può rilevarsi sia in senso verticale che orizzontale.

In corrispondenza di depressioni morfologiche, quali doline o lame, sui calcari del substrato si rinvencono coperture discontinue di depositi continentali costituiti da limi argillosi rossastri contenenti ciottoli calcarei noti con il termine di “terre rosse”.

2.2 Caratteri geomorfologici generali

I lineamenti morfologici dell’area sono in stretta relazione con la litologia e con l’assetto strutturale dei terreni affioranti. Le zone interne topograficamente più elevate sono caratterizzate da vasti ripiani allungati parallelamente alla costa che rappresentano gli orli di terrazzi modellati dalle ingressioni marine che hanno interessato queste aree nel Pleistocene. Tali ripiani, che formano una gradinata con quote decrescenti verso il litorale adriatico, sono intaccati da numerose lame, strette incisioni vallive, impostate su linee di faglia o fratture aventi direzione trasversale alla direzione di massimo allungamento dell’altopiano murgiano.

In corrispondenza della zona costiera prevalgono le aree pianeggianti attraversate dalle incisioni vallive a fondo piatto (Torrente Mangiamuso, Lama d'Antelmi, etc.) coperte da esigui spessori di sedimenti di origine alluvionale e con pareti sub-verticali profonde 10-15 m. Tali solchi disposti parallelamente tra di loro e perpendicolarmente alla linea di costa, hanno origine alla base della scarpata (Figura 2).



Figura 2 – Individuazione delle lame su foto aerea

I processi morfodinamici possono coinvolgere fenomenologie erosive o di dilavamento delle coltri, nelle aree dove i gradienti topografici contribuiscono al deflusso ed al ruscellamento delle acque superficiali verso la linea di costa.

A tal proposito è immediato il riscontro di come l'idrografia superficiale sia poco sviluppata; ciò deriva, oltre che dalla conformazione morfologica predetta, anche dalla propensione delle acque superficiali ad essere assorbite da terreni e rocce costituenti il sottosuolo, prevalentemente dotate di permeabilità alta o media alta.

2.3 Geologia del sito e caratterizzazione geotecnica

Il rilevamento geologico effettuato e la successiva ricostruzione stratigrafica eseguita, hanno consentito di delineare un quadro sufficientemente attendibile delle caratteristiche geologico-stratigrafiche dei terreni affioranti.

La struttura del porto di Villanova è stata costruita sui depositi calcarenitici rappresentati dalle Calcareniti di Gravina. Tale formazione poggia sul substrato calcareo ed è costituita da calcareniti detritico-organogene grossolane, massive e cementate in maniera variabile (*Figura 3*).



Figura 3 – *Substrato calcarenitico*

Tale deposito si rinviene lungo quasi tutto il perimetro del porto, ad eccezione della zona a ridosso del molo foraneo, dove ha sede il circolo nautico “Villanova”, in corrispondenza del quale si sono accumulate, sempre sul substrato calcarenitico, sabbie e foglie morte di *Posidonia oceanica*.

Si tratta di sabbie prevalentemente carbonatiche di colore grigiastro e granulometria medio-fine provenienti dal mare aperto e formatesi in seguito al disfacimento del sottostante substrato calcarenitico. La loro deposizione all’interno del porto è stata determinata dalle mareggiate generate dai venti predominanti provenienti da NW e SE, con conseguente progressivo interrimento della struttura portuale.

Dal punto di vista morfologico, un elemento di rilievo è dato dalla presenza del Torrente Mangiamuso che, disposto perpendicolarmente alla linea di costa, incide il substrato carbonatico fino al mare, come si evince anche dall’indagine bati-morfologica eseguita nelle acque interne alla struttura portuale. Tale solco di erosione è interessato dallo scorrimento delle acque meteoriche solo in occasione di intensi eventi di pioggia.

Il rilevamento geologico effettuato e la successiva ricostruzione stratigrafica eseguita, hanno consentito di delineare un quadro sufficientemente attendibile delle caratteristiche geologico-stratigrafiche dei terreni affioranti.

La stratigrafia ottenuta consente di poter individuare la presenza continua di materiale litoide di natura calcarenitica e poter definire dei parametri geotecnici. Dal momento che non sono state effettuate indagini dirette i parametri geotecnici sono stati desunti correlando le conoscenze indirette del materiale (indagini dirette effettuate per aree limitrofe aventi caratteristiche tecniche simili) alla letteratura specializzata e al materiale bibliografico disponibile (*Tabella 1*).

| Depositi marini Terrazzati |
|-----------------------------------|
| ➤ Peso specifico = 1800 kg/mc |
| ➤ Angolo di attrito = 30° |
| ➤ Coesione drenata = 0,10 kg/cmq |

| Calcareniti di Garavina |
|----------------------------------|
| ➤ Peso specifico = 2000 kg/mc |
| ➤ Angolo di attrito = 35° |
| ➤ Coesione drenata = 0,50 kg/cmq |

| Calcare di Bari |
|----------------------------------|
| ➤ Peso specifico = 2300 kg/mc |
| ➤ Angolo di attrito = 41° |
| ➤ Coesione drenata = 0,90 kg/cmq |

Tabella 1 – Parametri geotecnici di riferimento

2.4 Sismicità dell'area in esame

Con l'ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n. 3431 del 03/05/2005, sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". Le nuove norme definiscono, dunque, i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche, ai sensi dell'art. 93, 1g) del D.L. 112/1998, ai fini della formazione e dell'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell'art. 94, 2a) del medesimo decreto.

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo oggetto di intervento, classificato in base alle N.T.C. 2018 di categoria A (formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti

eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riportate in *Tabella 2*, salvo più accurate determinazioni che possono portare a differenze comunque non superiori al 20% dell'accelerazione per le zone 1 e 2 e non superiori a 0,05g nelle altre zone.

| Zona | Valore di a_g |
|------|-----------------|
| 1 | 0,35g |
| 2 | 0,25g |
| 3 | 0.15g |
| 4 | 0,05g |

Tabella 2 – Valori di a_g per le diverse zone sismiche

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di Ostuni, rientra nelle “Zone sismiche 4” (*Figura 4*).

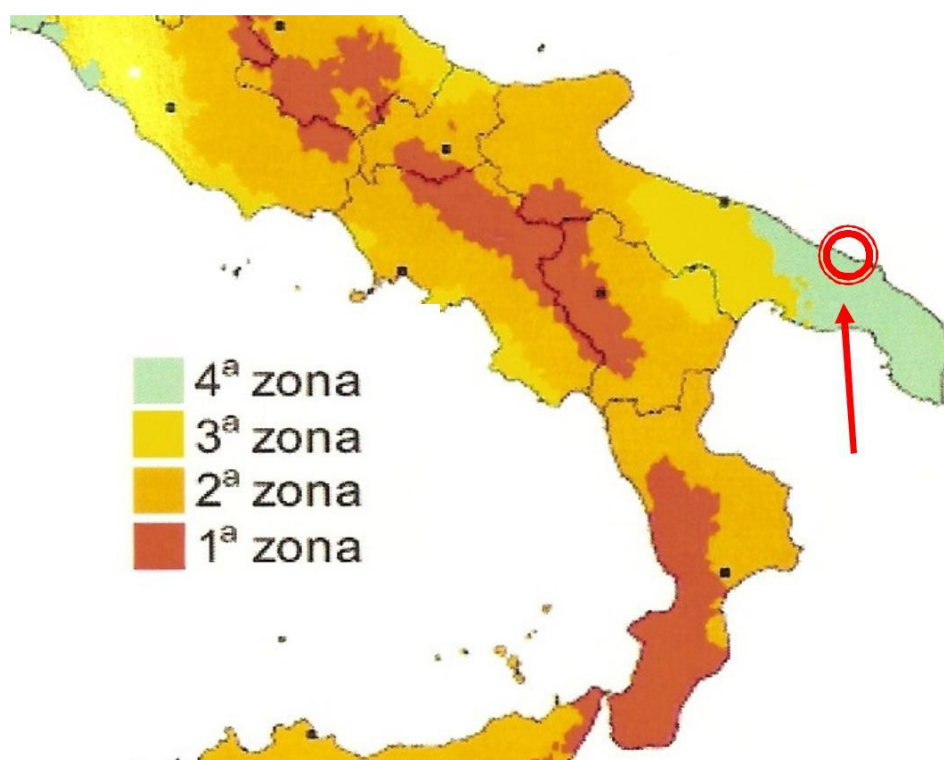


Figura 4 – Carta delle zone sismiche

3. STUDIO IDROLOGICO

Il sito in esame è sottoposto a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D.L. n. 3267/23 per cui nel presente studio si è tenuto conto della Circolare esplicativa n. 1 del 10 aprile 2013 e del Regolamento Regionale n. 9 del 11 marzo 2015.

I caratteri idrogeologici dell'area indagata sono in stretta relazione con le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti. I Calcari di Bari risultano permeabili per fratturazione e carsismo, ciò è reso evidente dalla totale assenza dell'idrogeologia superficiale e dalla presenza nel sottosuolo della falda profonda, che galleggia sull'acqua salmastra per minore densità (Figura 5).



Figura 5 – Carta dell'andamento della superficie piezometrica (P.T.A. Puglia)

3.1 Idrografia

Idrografia superficiale

L'idrografia superficiale è pressoché assente in quanto l'elevata permeabilità che caratterizza i depositi sabbiosi e calcarenitici (permeabilità per porosità) e i calcari del substrato (permeabilità per fratturazione), fa sì che le acque di pioggia si infiltrino nel sottosuolo andando ad alimentare la falda profonda. In superficie si rinvergono esclusivamente solchi di erosione torrentizia "lame" che sono percorsi dalle acque meteoriche solo in occasione di piogge molto intense.

Idrografia sotterranea

La marcata anisotropia, relativamente al grado della fratturazione e del carsismo dell'ammasso carbonatico, fa sì che la permeabilità presenti un'elevata variabilità in senso verticale e soprattutto orizzontale.

Negli acquiferi carsici, infatti, le fessure rappresentano le vie preferenziali di moto dell'acqua e le loro irregolarità geometriche, insieme alle loro interconnessioni, determinano brusche variazioni di velocità e conseguenti discontinuità nel livello piezometrico.

L'equilibrio tra acqua dolce e acqua marina è regolato, in prima approssimazione, dalla relazione di Ghyben-Herzberg che consente di valutare la profondità teorica dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata.

La falda profonda è confinata al tetto da spessi banchi di calcari micritici compatti i quali, essendo caratterizzati da un grado di permeabilità globale trascurabile, determinano la pressurizzazione dell'acqua dolce sotterranea. Pertanto l'acquifero si rinviene generalmente sotto il livello del mare ed ospita la falda in pressione, caratterizzata da una superficie piezometrica variabile da luogo a luogo.

3.2 Permeabilità delle rocce

Le rocce permeabili per fessurazione e per carsismo sono rappresentate dai calcari del cretaceo. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (calcarea e calcareo-dolomitica).

L'elevata capacità di contenimento e di circolazione idrica, e l'elevata porosità efficace, rendono i calcari in oggetto idonei a svolgere il ruolo idrostrutturale di acquifero inferiore, ovvero di contenitore

per la falda carsica profonda. Il livello di tale falda, che si abbassa dall'interno verso la costa, con cadenti piezometriche dell'ordine del 1-2%, si rinviene ad una quota di poco superiore al livello medio marino.

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dall'alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili e semipermeabili. Sulla scorta di una stima indiretta del grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di incarsimento, cadenti piezometriche, etc.), le condizioni idrogeologiche delle rocce presenti nel territorio di Ostuni risultano quelle schematizzate in *Figura 6*.

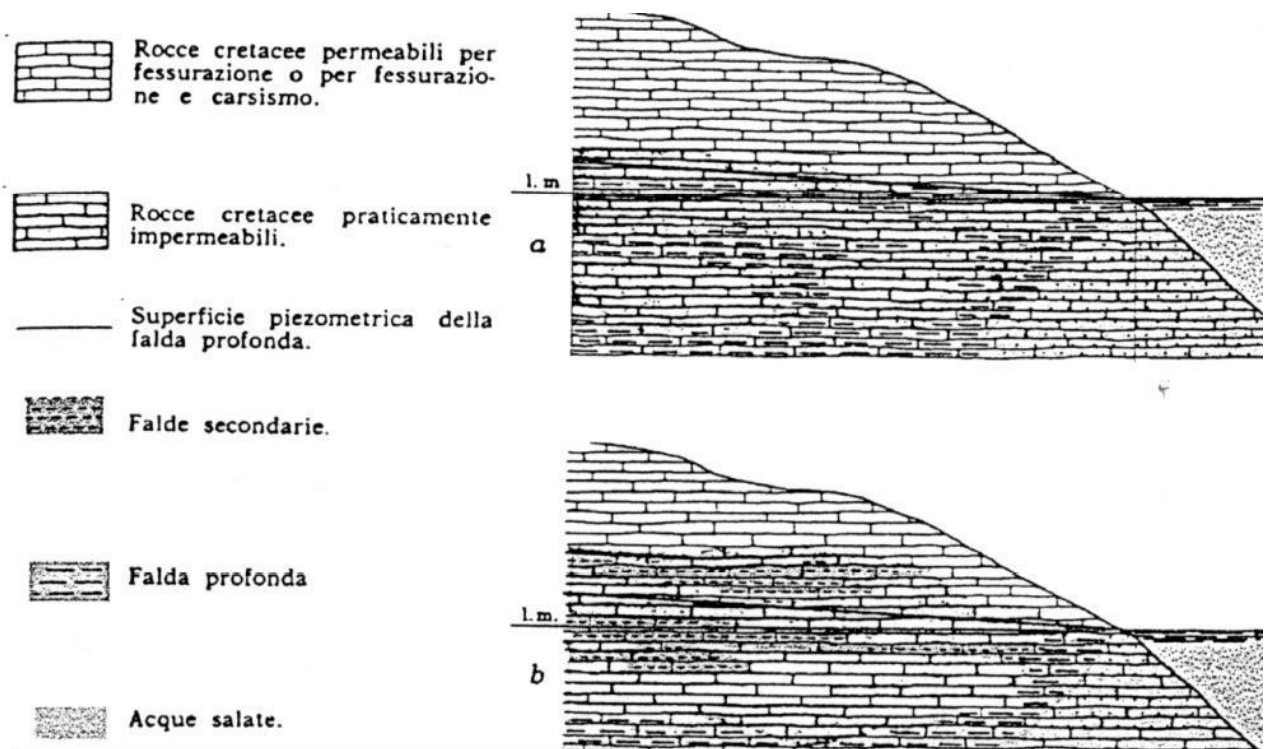


Figura 6 – Condizioni idrogeologiche delle rocce

4. STUDIO METEOMARINO

Per lo studio del clima meteomarinico dell'area oggetto di intervento, preliminarmente si è proceduto ad un inquadramento del litorale mediante un'analisi della cartografia disponibile e raccogliendo i dati anemologici e ondometrici. Successivamente i dati raccolti sono stati elaborati con l'ausilio di modelli matematici al fine di determinare il clima meteomarinico al largo ed in prossimità della zona di interesse.

4.1 Cartografia

Per il presente studio è stata condotta una caratterizzazione cartografica del sito in esame al fine di determinare l'esposizione al moto ondoso e la batimetria dei fondali antistanti il litorale.

Per l'inquadramento dell'area è stata utilizzata la carta nautica in scala 1:100.000 realizzata a cura dell'Istituto Idrografico della Marina che riporta le profondità in numerosi punti battuti nel corso di apposite campagne e alcune curve batimetriche, più o meno distanziate secondo la ripidità dei fondali.

4.2 Descrizione del paraggio

Il paraggio in esame ricade nel territorio comunale di Ostuni.

La delimitazione del settore di traversia geografico del paraggio è stata effettuata su cartografia dell'Istituto Idrografico Militare in scala 1:4.200.000 (*Figura 7*) opportunamente digitalizzata. Gli angoli sono stati misurati in senso orario, a partire dal nord geografico, assunto coincidente con lo zero. Successivamente per ogni intervallo di 5° del settore di traversia, sono stati determinati i fetch misurando la distanza tra un punto situato sulla costa di Villanova e le coste prospicienti.

La distribuzione dei fetch geografici nel paraggio presenta tre zone ben distinte: la prima che comprende il settore angolare tra 290° e 315° con fetch piuttosto limitati, la seconda da 320° a 325° a cui competono i fetch più estesi, oltre 600 km, che si sviluppano fino alle coste venete, la terza, che comprende il settore angolare tra 330 e 125°, è caratterizzata dai fetch meno estesi limitati dalle coste iugoslave, albanesi e greche. I valori dei fetch efficaci e geografici sono rappresentati in *Figura 8 - 9* e riportati in *Tabella 3*.

**REGIONE PUGLIA – PROVINCIA DI BRINDISI
 COMUNE DI OSTUNI – SETTORE LAVORI PUBBLICI
 PORTO TURISTICO DI VILLANOVA – INTERVENTI DI DRAGAGGIO DEI FONDALI MARINI E GESTIONE DEI SEDIMENTI ESTRATTI
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

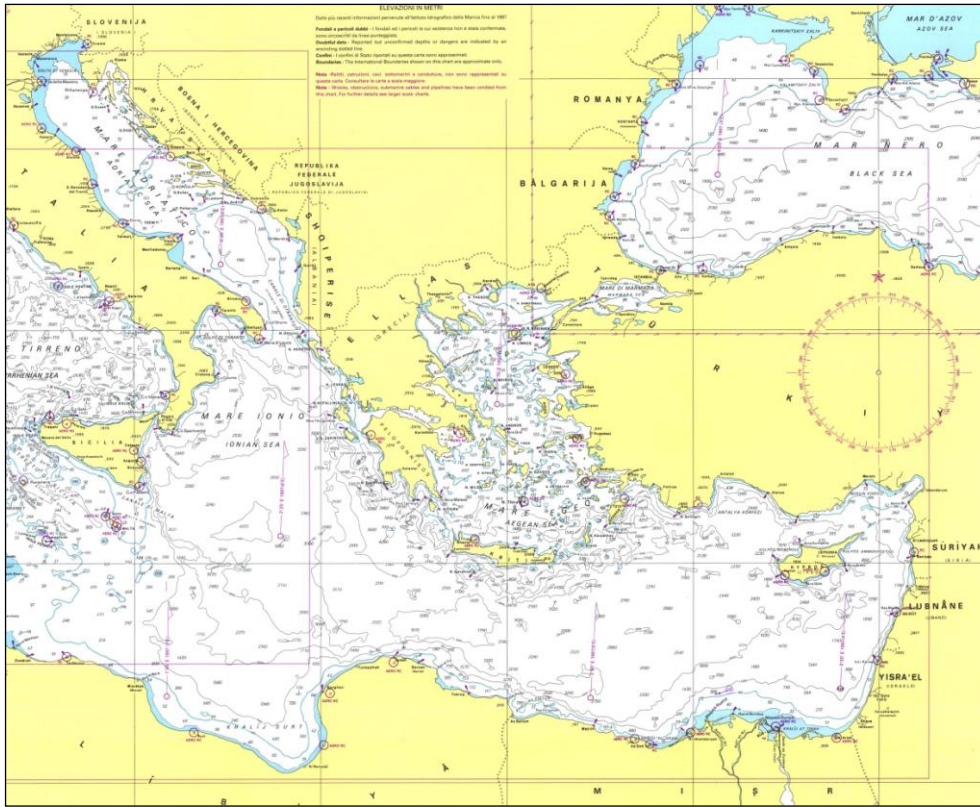


Figura 7

| Direzione [° Nord] | Fetch Geo [km] | Fetch Eff [km] | Direzione [° Nord] | Fetch Geo [km] | Fetch Eff [km] | Direzione [° Nord] | Fetch Geo [km] | Fetch Eff [km] |
|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| 0 | 190 | 199 | 120 | 255 | 175 | 240 | 13 | 13 |
| 5 | 188 | 194 | 125 | 234 | 153 | 245 | 13 | 13 |
| 10 | 192 | 191 | 130 | 68 | 123 | 250 | 14 | 14 |
| 15 | 190 | 188 | 135 | 56 | 91 | 255 | 15 | 15 |
| 20 | 186 | 186 | 140 | 40 | 64 | 260 | 15 | 17 |
| 25 | 180 | 184 | 145 | 35 | 47 | 265 | 17 | 21 |
| 30 | 179 | 182 | 150 | 31 | 36 | 270 | 20 | 27 |
| 35 | 182 | 181 | 155 | 29 | 30 | 275 | 23 | 37 |
| 40 | 180 | 181 | 160 | 26 | 26 | 280 | 35 | 52 |
| 45 | 180 | 181 | 165 | 21 | 23 | 285 | 53 | 71 |
| 50 | 175 | 181 | 170 | 20 | 21 | 290 | 106 | 92 |
| 55 | 183 | 182 | 175 | 17 | 19 | 295 | 134 | 114 |
| 60 | 190 | 182 | 180 | 16 | 17 | 300 | 137 | 140 |
| 65 | 190 | 181 | 185 | 17 | 16 | 305 | 130 | 177 |
| 70 | 179 | 178 | 190 | 16 | 15 | 310 | 128 | 231 |
| 75 | 174 | 175 | 195 | 15 | 15 | 315 | 136 | 296 |
| 80 | 165 | 171 | 200 | 13 | 14 | 320 | 608 | 353 |
| 85 | 166 | 169 | 205 | 13 | 13 | 325 | 620 | 378 |
| 90 | 168 | 167 | 210 | 11 | 12 | 330 | 418 | 365 |
| 95 | 163 | 168 | 215 | 11 | 12 | 335 | 242 | 325 |
| 100 | 163 | 171 | 220 | 11 | 11 | 340 | 203 | 279 |
| 105 | 165 | 176 | 225 | 11 | 11 | 345 | 217 | 242 |
| 110 | 175 | 182 | 230 | 11 | 12 | 350 | 212 | 219 |
| 115 | 190 | 184 | 235 | 12 | 12 | 355 | 208 | 206 |

Tabella 3

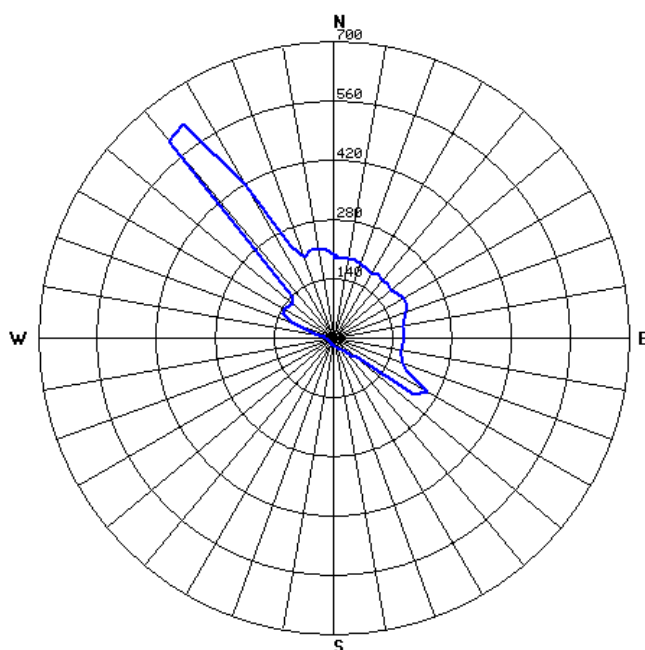


Figura 8

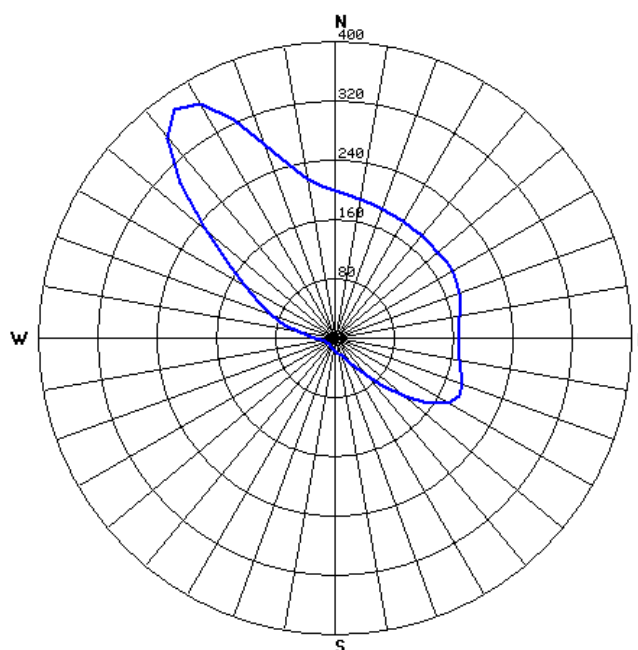


Figura 9

4.3 Venti

Per lo studio del clima anemologico nella zona di Villanova si è proceduto all'elaborazione statistica dei dati di vento triorari registrati nella stazione di misura dell'Aeronautica Militare di Brindisi. La scelta di utilizzare i dati registrati a Brindisi è sicuramente la migliore possibile considerata sia la vicinanza tra i due paraggi che l'esposizione ai venti foranei (Figura 10).

La stazione di misura si è ubicata ad una quota di 24.5 m slm.

Il periodo di osservazione per cui i dati sono disponibili va dal 1951 al 1996 e la serie storica delle registrazioni risulta essere completa (Figure 11 – 12 – 13 – 14 – 15 e Tabella 4).

Le registrazioni riportano per ogni osservazione la data e i valori della direzione e dell'intensità del vento.

REGIONE PUGLIA – PROVINCIA DI BRINDISI
 COMUNE DI OSTUNI – SETTORE LAVORI PUBBLICI
PORTO TURISTICO DI VILLANOVA – INTERVENTI DI DRAGAGGIO DEI FONDALI MARINI E GESTIONE DEI SEDIMENTI ESTRATTI
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Figura 10

PERIODO DI OSSERVAZIONE: 1951-1996

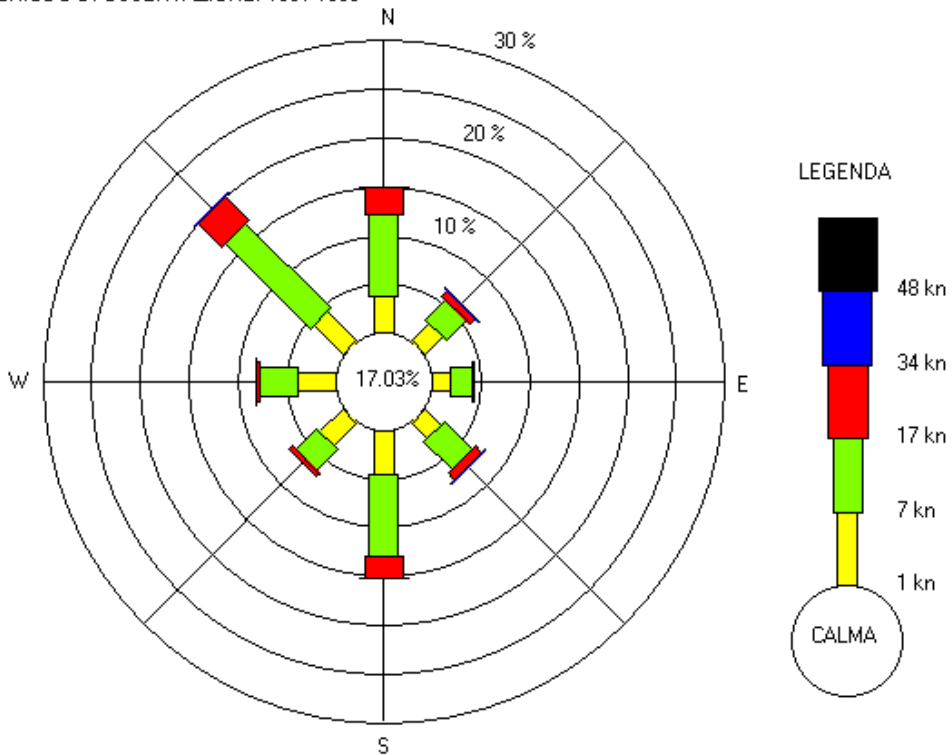


Figura 11

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DURANTE L'INTERO PERIODO

| | | Velocità [kn] | | | | |
|------------------|-----|---------------|-------|-------|-------|-----|
| | | 1÷7 | 8÷17 | 17÷34 | 34÷48 | >48 |
| DIR [gradi Nord] | 45 | 2.51 | 2.92 | 0.81 | 0.01 | 0 |
| | 90 | 1.88 | 2.2 | 0.25 | 0 | 0 |
| | 135 | 2.28 | 4.02 | 0.96 | 0.01 | 0 |
| | 180 | 4.58 | 8.35 | 2.14 | 0.01 | 0 |
| | 225 | 3.24 | 3.11 | 0.43 | 0 | 0 |
| | 270 | 3.92 | 3.74 | 0.53 | 0.01 | 0 |
| | 315 | 4.23 | 12.32 | 3.45 | 0.03 | 0 |
| | 360 | 3.69 | 8.47 | 2.8 | 0.05 | 0 |

Tabella 4

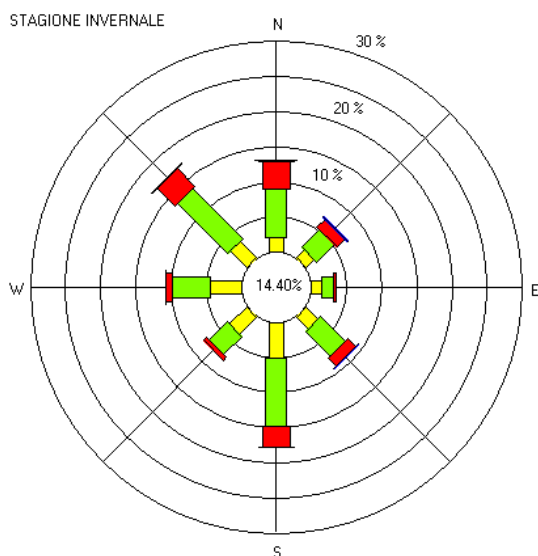


Figura 12

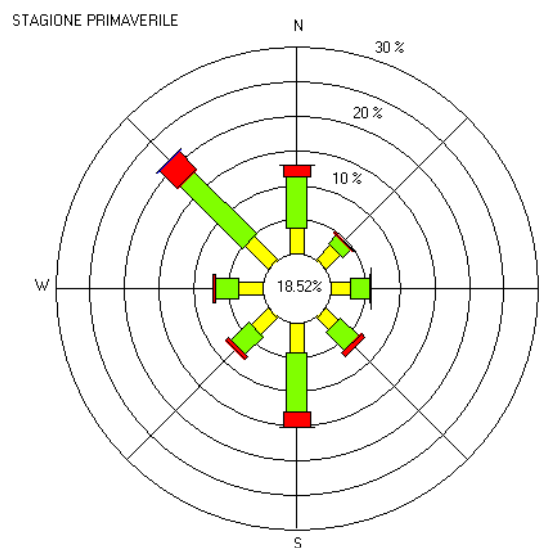


Figura 13

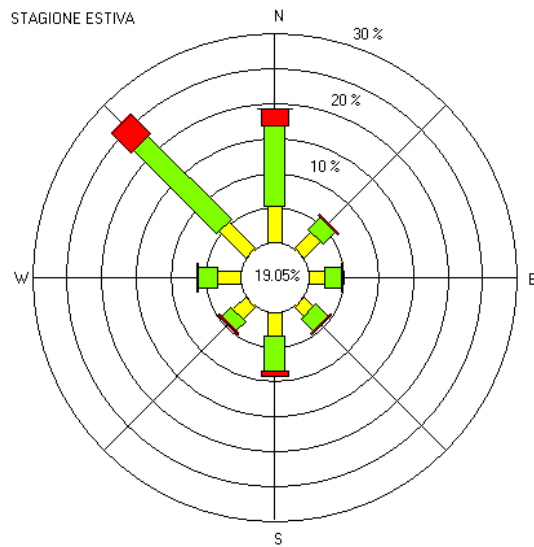


Figura 14

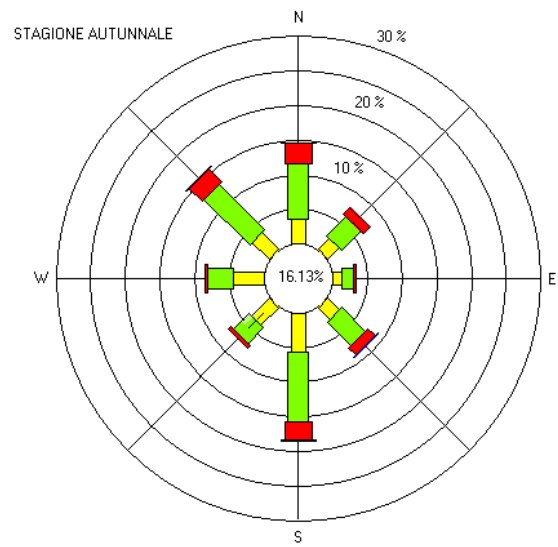


Figura 15

L'incidenza dei casi di calma si aggira sul 17% dell'intera popolazione, con una concentrazione massima in estate e primavera (19% delle osservazioni) ed un minimo in inverno (14%).

La distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza (*Figura 11*) mostra una prevalenza dei venti da NO che costituiscono il 20% di tutti i casi. I venti spiranti da N e S rappresentano le direzioni immediatamente più popolate, con il 15%, seguita dal vento da O con circa l'8%. Tra i venti foranei si segnalano anche i vento da NE e SE a cui competono il 7% delle osservazioni.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti di tramontana e maestrale.

4.4 Clima meteomarinò al largo

La conoscenza del clima meteomarinò al largo di un paraggio è un requisito essenziale per qualsiasi tipo di intervento nella fascia costiera. In letteratura sono presentate diverse metodologie di ricostruzione delle mareggiate sia con metodi indiretti (a partire dai dati di vento), sia con metodi diretti (a partire da misure sullo stato ondoso). Nel presente studio è stata utilizzata una procedura di ricostruzione del moto ondoso con metodo indiretto.

Per la ricostruzione del clima ondoso al largo di Villanova sono state utilizzate le registrazioni dei dati anemometrici effettuate dalla stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare ubicata a Brindisi nel periodo che va dal 1951 al 1996.

Il clima meteomarinico del paraggio è stato definito ricostruendo con il modello S.P.M. tutti gli episodi ondosi conseguenti all'azione dei venti foranei rilevati dalle stazioni di misura di Brindisi. Nel modello SPM sono state introdotte relazioni finalizzate alla correzione della direzione del vento per tenere in considerazione che il trasferimento di energia dal vento al mare dipende anche dalla distribuzione direzionale dei fetch. Il settore di traversia, calcolato considerando un fetch minimo pari a 100 km comprende il settore angolare compreso tra le direzioni 290° e 130° nord procedendo in senso orario. Le grandezze significative relative ad ogni evento sono state suddivise in classi di altezza e periodo per ogni direzione di provenienza. E' stata così ottenuta sia un'analisi di dettaglio delle mareggiate più intense che sono state elaborate statisticamente per ricavare l'onda di progetto a seconda del tempo di ritorno considerato, sia un quadro completo del clima ondoso che interessa la zona.

Dall'analisi della frequenza delle mareggiate ricostruite (*Tabella 5*) risulta che le calme costituiscono il 50,8% delle osservazioni, presentando una concentrazione minima durante i mesi estivi (41%) ed un massimo nei mesi autunnali ed invernali (55%).

Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione delle onde per direzione di provenienza (*Tabella 5 e Figura 16*) si osserva che il maggior numero di mareggiate proviene da NO con una percentuale pari al 26%. Le onde provenienti da N presentano una percentuale del 13%. Scarsa rilevanza va data alle mareggiate provenienti dalle restanti direzioni.

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DURANTE L'INTERO PERIODO

| | | H [m] | | | | |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|------|------|
| | | 0÷0.5 | 0.5÷1 | 1÷2 | 2÷3 | >3 |
| DIR [gradi Nord] | 0 | 0.83 | 1.62 | 3.31 | 1.66 | 0.32 |
| | 30 | 0.84 | 0.9 | 1.78 | 0.75 | 0.07 |
| | 60 | 0.78 | 0.55 | 0.52 | 0.08 | 0.03 |
| | 90 | 1.11 | 0.65 | 0.25 | 0.04 | 0 |
| | 120 | 1.07 | 1.02 | 0.78 | 0.19 | 0.03 |
| | 300 | 0.6 | 1.29 | 1.82 | 0.42 | 0.06 |
| | 330 | 1.38 | 2.87 | 12.94 | 7.02 | 1.59 |

Tabella 5

PERIODO DI OSSERVAZIONE: 1951-1996 N

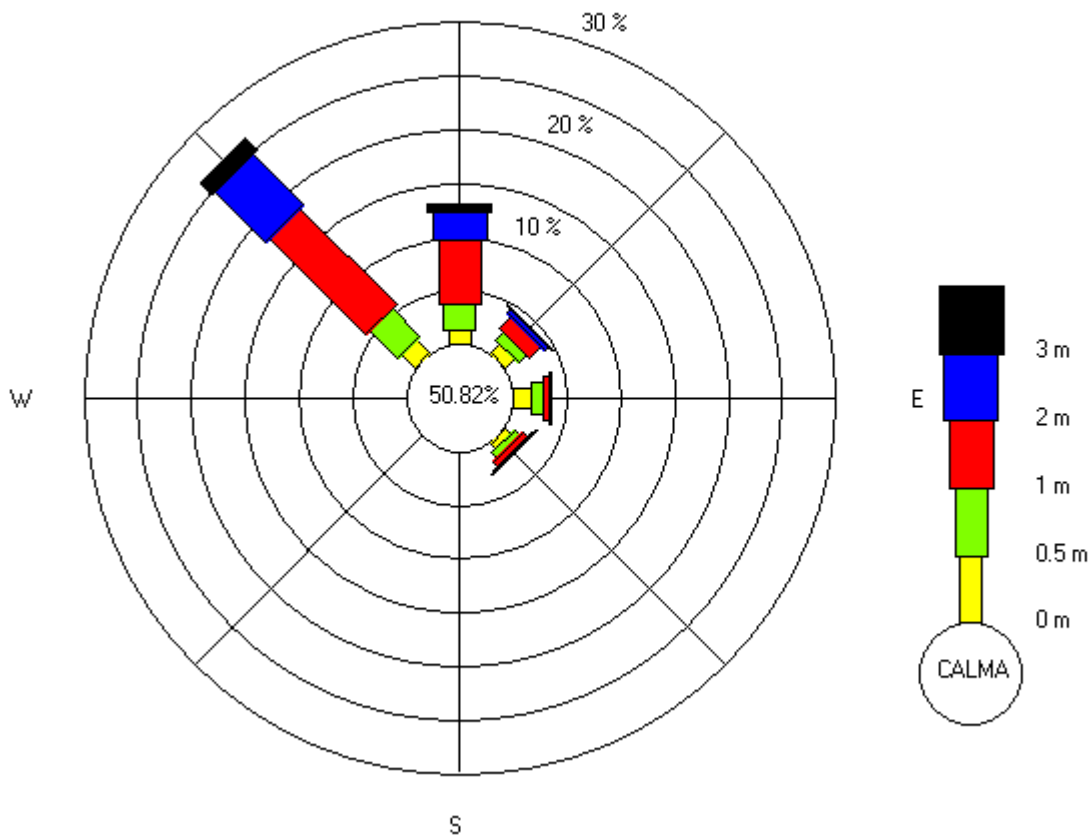


Figura 16

4.4.1 Clima meteo marino medio

Nell’ambito dello studio sono stati individuati gli stati di mare rappresentativi dell’anno climatico, quelli cioè a cui si attribuisce l’energia totale che compete al clima di moto ondoso che interessa il sito in esame. Utilizzando la totalità delle misure classificate in funzione della direzione di provenienza, si è calcolata un’onda avente un’altezza ed un periodo, con un contenuto energetico rappresentativo dell’energia di tutte le onde provenienti dallo stesso settore. Questo evento, chiamato onda di modellazione, ha caratteristiche tali da indurre effetti sul litorale, equivalenti a quelli provocati da tutte le onde provenienti da quella direzione in un anno statistico medio. È stata inoltre calcolata l’onda caratterizzante l’intero paraggio, inserendo tutte le mareggiate calcolate nell’intero settore di traversia procedendo al calcolo dell’altezza e del periodo con la stessa metodologia (*Tabella 6*). In questo caso

però si è reso necessario anche il calcolo della direzione di provenienza della mareggiata equivalente.

| EVENTI MEDI PER LE VARIE DIREZIONI | | |
|---|-------------|-------------|
| DIR | H[m] | T[s] |
| 0 | 1.89 | 6.33 |
| 45 | 1.54 | 5.19 |
| 90 | 1.00 | 4.16 |
| 135 | 1.34 | 4.69 |
| 315 | 1.97 | 6.89 |

Tabella 6

Dallo studio del clima meteomarinario medio del paraggio risulta che alla direzione 315° compete l'altezza d'onda energeticamente equivalente più elevata (1.97 m). L'onda caratteristica dell'intero paraggio ha un'altezza di 1,87 m, periodo pari a 6,3 s e direzione di provenienza 338°.

Se si considera il clima medio stagionale (*Tabella 7*) si osserva che:

- in inverno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 2.09 m e direzione di provenienza 344°;
- in primavera la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.8 m e direzione di provenienza 330°;
- in estate la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.75 m e direzione di provenienza 332°;
- in autunno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1,84 m e direzione di provenienza 346°.

| EVENTI MEDI PER I VARI PERIODI | | | |
|---|------------|-------------|-------------|
| PERIODO | DIR | H[m] | T[s] |
| INTERO | 338 | 1.87 | 6.3 |
| INVERNO | 344 | 2.09 | 6.56 |
| PRIMAVERA | 330 | 1.8 | 6.15 |
| ESTATE | 332 | 1.75 | 6.24 |
| AUTUNNO | 346 | 1.84 | 6.29 |

Tabella 7

4.4.2 Elaborazione statistica delle onde estreme

Per la determinazione dell'onda di progetto è stata eseguita un'elaborazione statistica degli eventi estremi di moto ondoso relativi alla serie storica dei massimi annuali di altezze d'onda ricostruite con metodo indiretto a partire dalle registrazioni anemometriche (*Tabella 8*). Mediante regolarizzazione della serie di eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, sono state ricavate le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare a prefissati tempi di ritorno.

| Anno | H _S MAX [m] | Anno | H _S MAX [m] | Anno | H _S MAX [m] |
|------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|
| 1951 | 3.1 | 1967 | 4.74 | 1983 | 4.89 |
| 1952 | 2.88 | 1968 | 5.61 | 1984 | 2.29 |
| 1953 | 3.36 | 1969 | 6.31 | 1985 | 2.43 |
| 1954 | 3.98 | 1970 | 3.78 | 1986 | 2.55 |
| 1955 | 4.81 | 1971 | 2.77 | 1987 | 2.44 |
| 1956 | 3.85 | 1972 | 3.37 | 1988 | 2.56 |
| 1957 | 4.35 | 1973 | 4.71 | 1989 | 2.92 |
| 1958 | 4.29 | 1974 | 2.57 | 1990 | 2.5 |
| 1959 | 3.73 | 1975 | 3.75 | 1991 | 2.15 |
| 1960 | 4.18 | 1976 | 3.67 | 1992 | 3.15 |
| 1961 | 3.51 | 1977 | 3.35 | 1993 | 2.66 |
| 1962 | 4.34 | 1978 | 3.42 | 1994 | 2.7 |
| 1963 | 3.88 | 1979 | 4.96 | 1995 | 3.3 |
| 1964 | 3.62 | 1980 | 4.24 | 1996 | 2.59 |
| 1965 | 4.13 | 1981 | 5.76 | | |
| 1966 | 4.1 | 1982 | 4.99 | | |

Tabella 8

Nel caso in esame è stata eseguita l'elaborazione statistica, per l'intero settore di traversia, dei massimi annuali delle altezze significative.

La serie tronca di dati è stata elaborata dalla legge di distribuzione probabilistica di Gumbel (*Figura 17*).

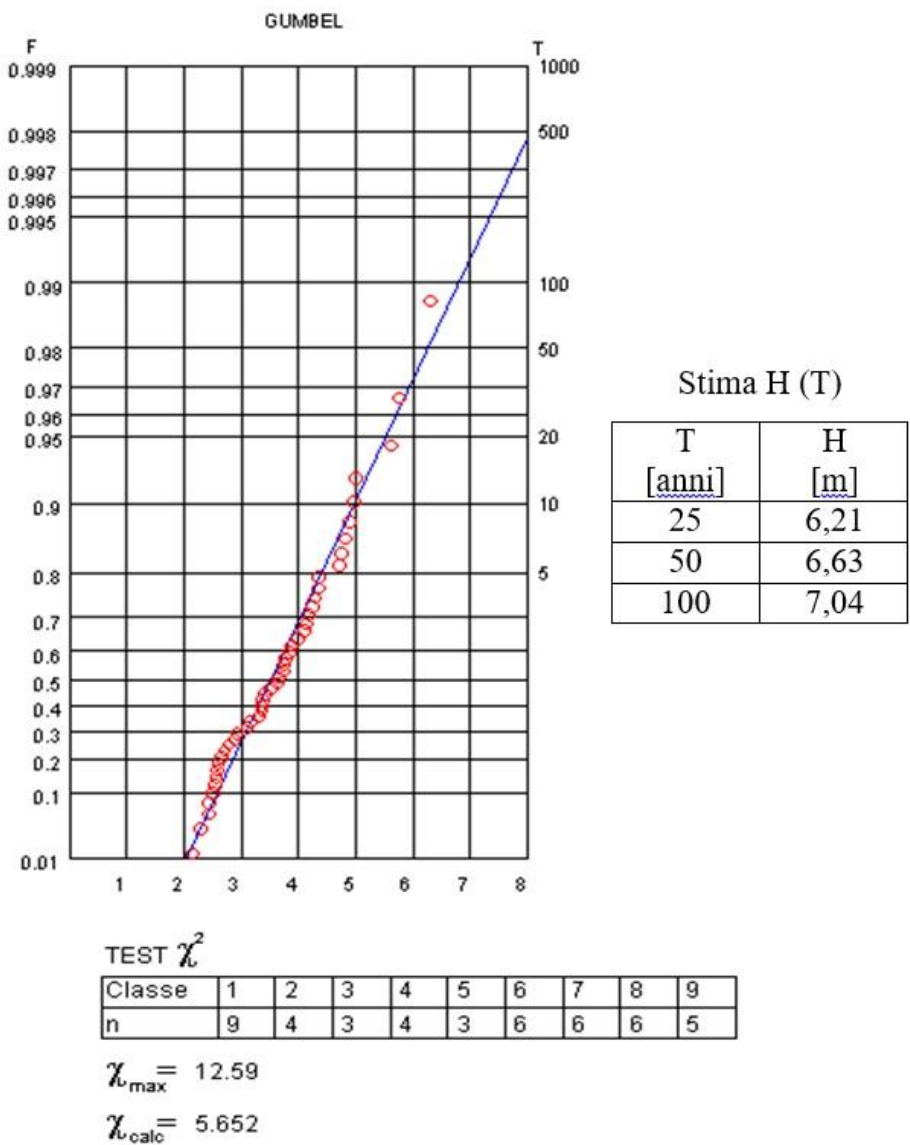


Figura 17

4.5 Calcolo dell'onda di progetto

Il modello utilizzato è basato su algoritmi classici in grado di descrivere gli effetti della rifrazione e dello shoaling, che, come noto, sono fenomeni non dissipativi. Il risultato che ne deriva è quindi approssimato per eccesso. Oltre alle caratteristiche della mareggiata al largo (altezza, periodo e direzione di propagazione dell'onda), il suddetto modello richiede in input la batimetria del paraggio in corrispondenza dei nodi di una o più griglie predefinite. In questa fase è stata utilizzata una batimetria desunta dalle carte IIM, sulle quali vengono riportate le profondità in numerosi punti nonché le

principali curve batimetriche, ed un rilievo appositamente realizzato. A partire da tali punti, mediante modello matematico, si è provveduto alla ricostruzione delle curve batimetriche di interesse e, attraverso un procedimento inverso, alle quote necessarie nei nodi della griglia di calcolo. Il procedimento adottato è abbastanza preciso, ma risente del modesto grado di dettaglio dei dati di partenza. Infatti, le carte della navigazione IIM non consentono di ricostruire una griglia con elevata precisione: si è potuto estrapolare dai dati di partenza una griglia a maglia quadrata con distanza tra i punti pari a 100 m. Con questa tipologia di griglia di calcolo si perdono informazioni riguardanti la posizione del punto di frangimento del moto ondoso.

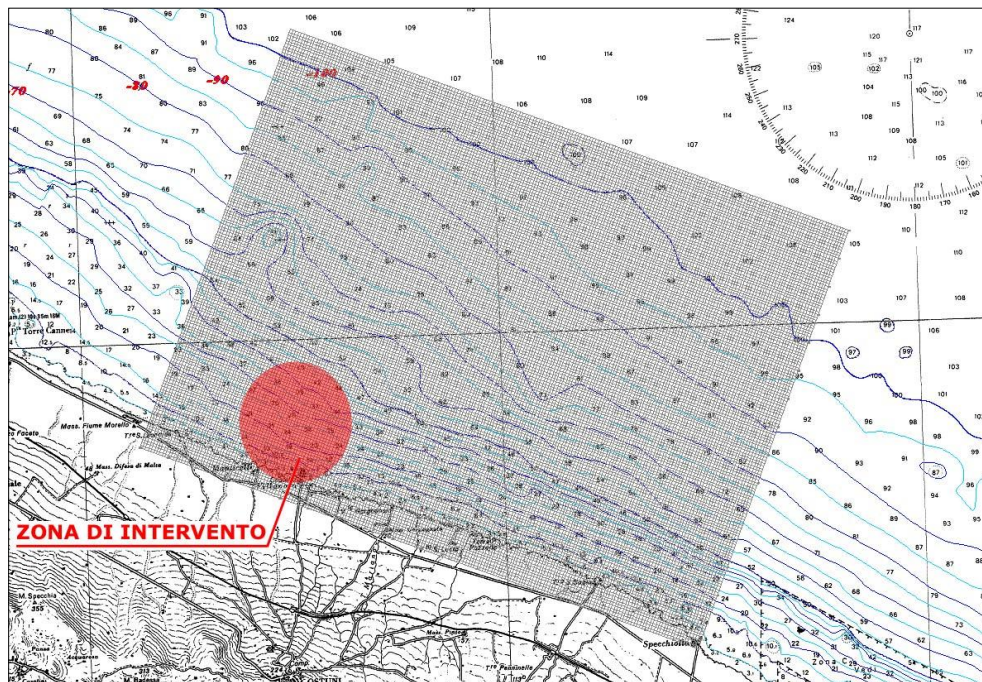


Figura 18

La griglia (Figura 18) di calcolo utilizzata per lo studio dell'evoluzione del moto ondoso ha origine nel punto di coordinate (UTM):

Longitudine 731505 m

Latitudine 4513191 m

L'asse delle Y che forma un angolo pari 290° rispetto al nord geografico in senso destrorso, 150 righe (parallele all'asse Y), 200 colonne (parallele all'asse X) ed una maglia quadrata di larghezza pari a 100 m.

Per il calcolo dell'onda estrema al largo del paraggio è stata considerato un tempo di ritorno $T = 100$ anni.

Dalla legge di distribuzione di Gumbel si ricavano le seguenti caratteristiche dell'onda al largo:

Altezza $H_S=6,80$ m

Periodo $T_P=11,80$ s

I piani d'onda elaborati sono relativi alle direzioni 0° , 10° , 20° e 30° nord che hanno fatto registrare un valore maggiore delle altezze d'onda in prossimità della zona di interesse.

Non si sono studiati i piani d'onda esterni a questo settore angolare in quanto le onde dirette secondo direzioni pressoché parallele alla linea di riva tendono sempre a diminuire in altezza durante l'evoluzione.

I piani d'onda studiati sono riportati nelle *Figure 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 26*.

Per ogni piano d'onda sono riportati due elaborati:

- il primo evidenzia il percorso dei raggi d'onda e dei fronti d'onda durante la propagazione verso costa del moto ondoso e fa notare come le onde tendano a frangere con una direzione che tende a diventare ortogonale alla linea di riva. Da tali elaborati si individuano, inoltre, le zone nelle quali la concentrazioni di energia, dovuta alla presenza di moto ondoso, è maggiore in quanto in tali zone i raggi d'onda tendono a convergere;
- il secondo è una carta tematica che mostra la variazione dell'altezza d'onda e di conseguenza le zone che sono attraversate da onde di elevata altezza. I valori dell'altezza d'onda sono riportati in forma adimensionalizzata rispetto all'onda al largo.

Dagli elaborati emerge che i valori più alti dell'altezza d'onda nella zona di interesse sono quelli relativi alle ondazioni provenienti da 30° che presenta un incremento del 50% rispetto al valore dell'altezza d'onda al largo:

$$H = 1,5 \cdot H_0 = 10,2 \text{ m.}$$

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = nord

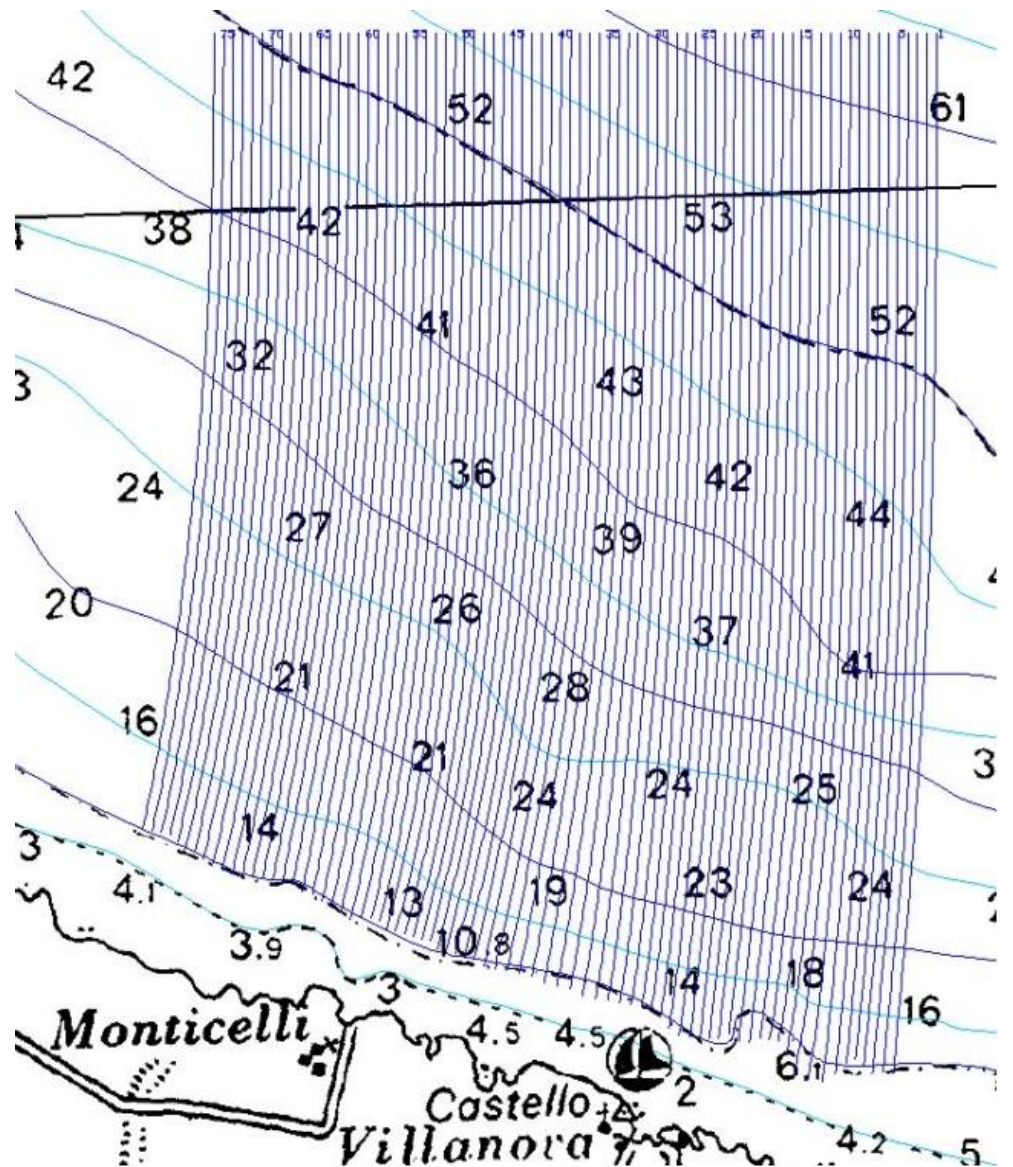


Figura 19

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = nord

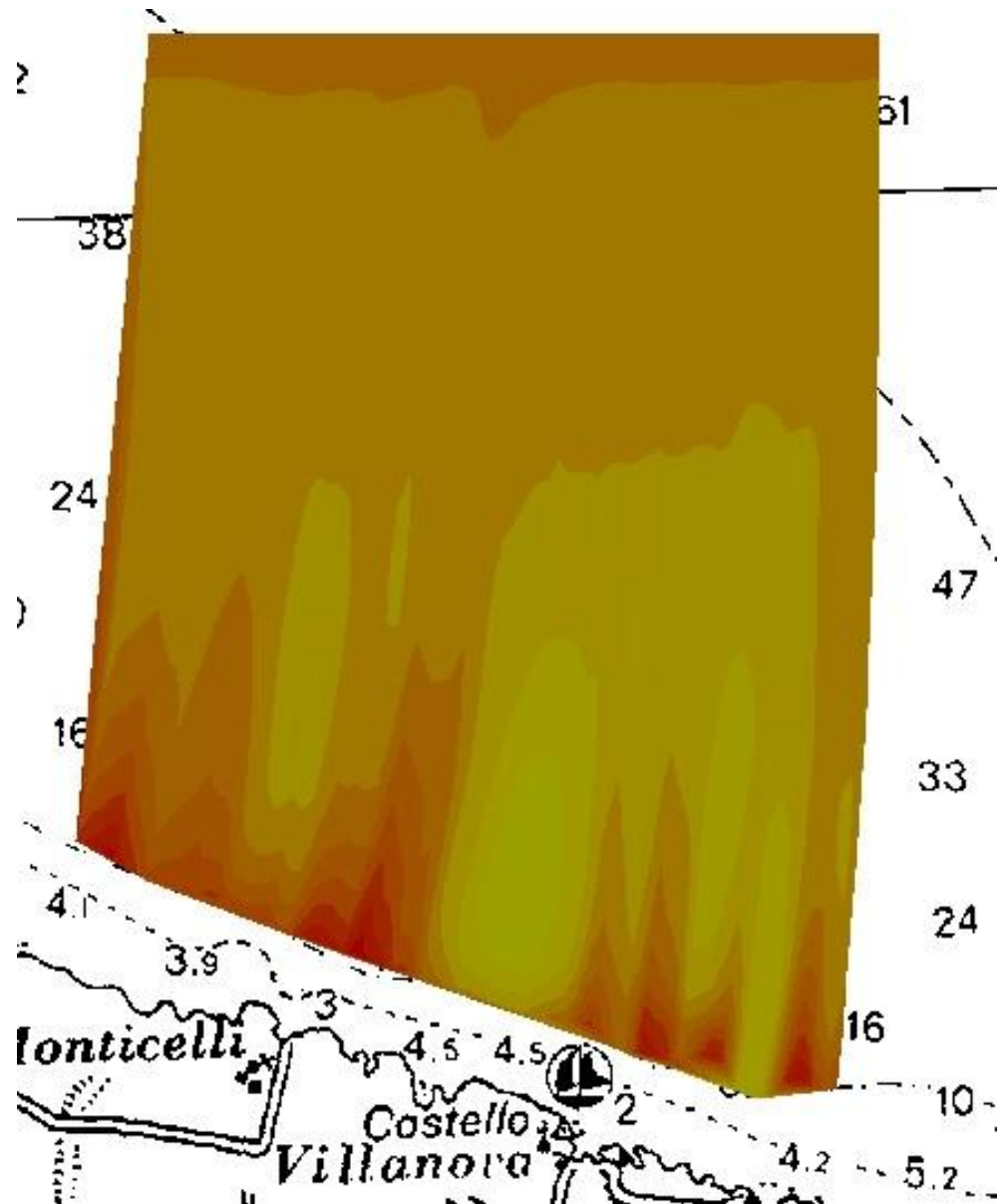


Figura 20

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = 10 ° nord

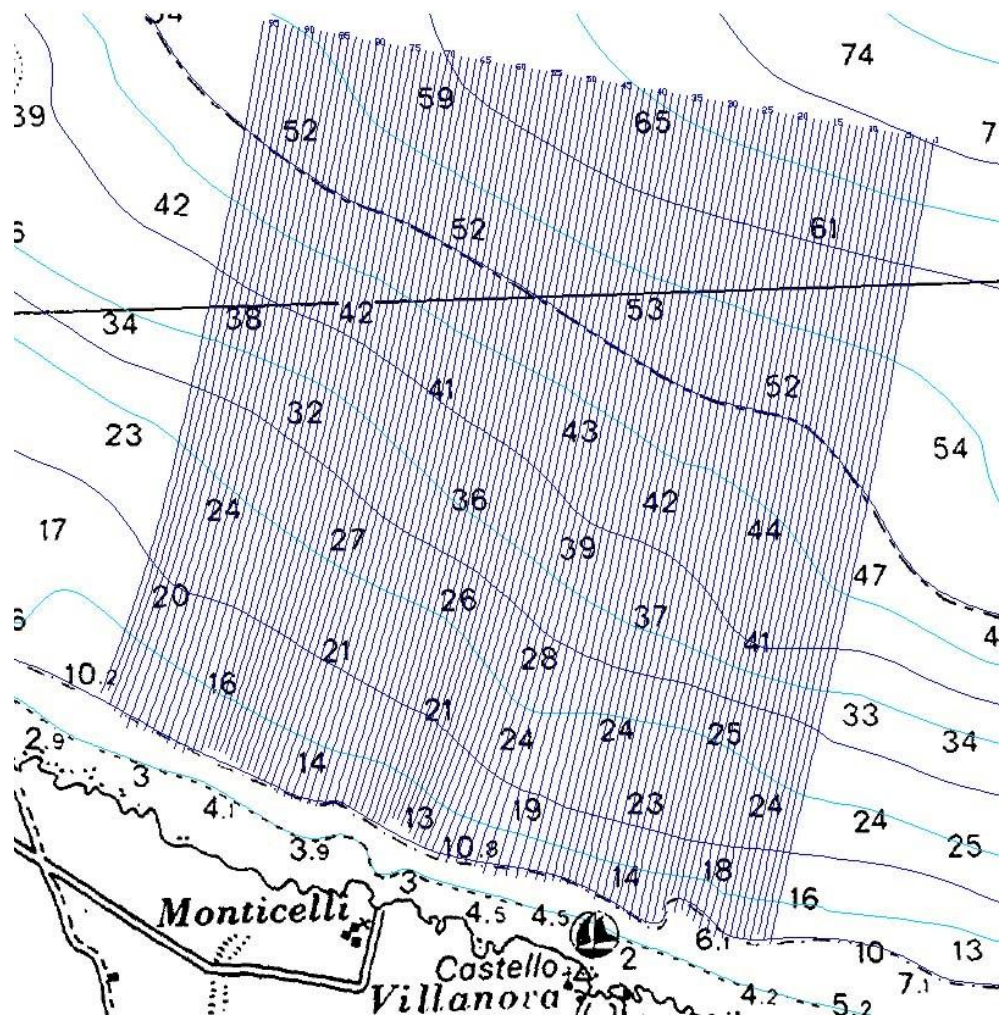


Figura 21

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = 10° nord

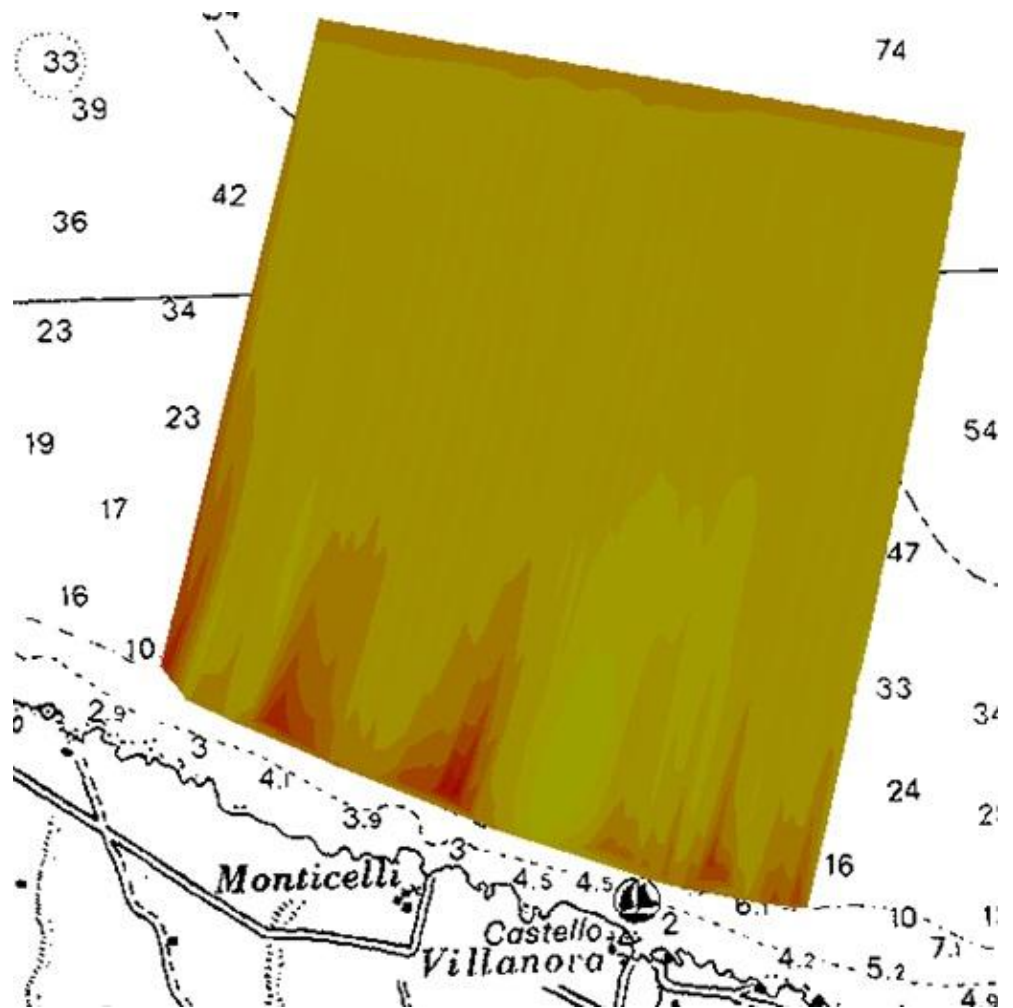


Figura 22

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = 20° nord

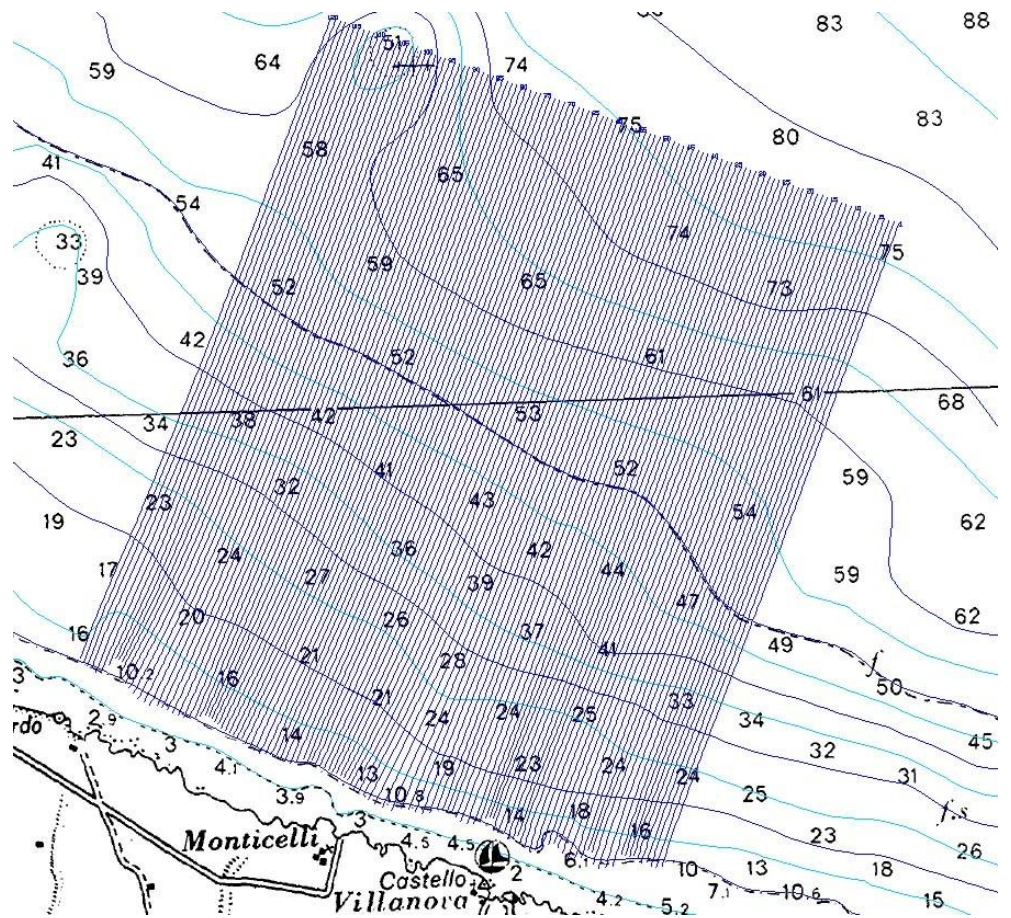


Figura 23

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = 30° nord

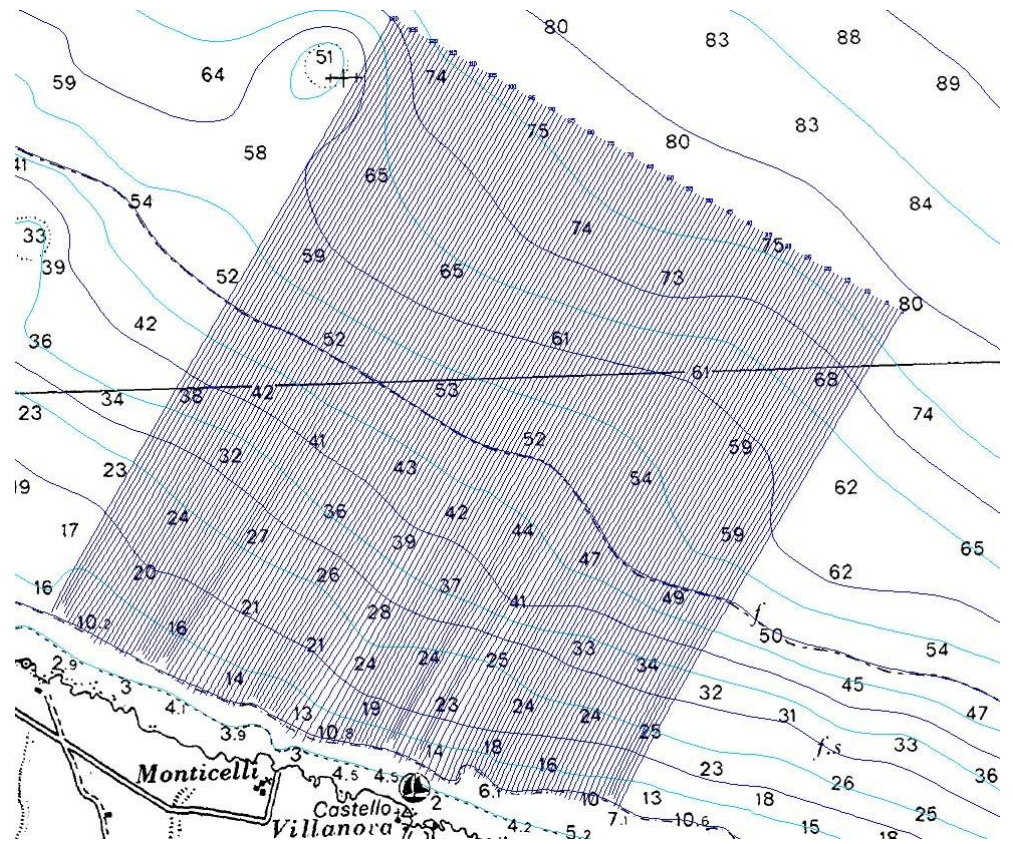


Figura 25

H=6,80 m

$T_p=11,80$ s

Direzione = 30° nord

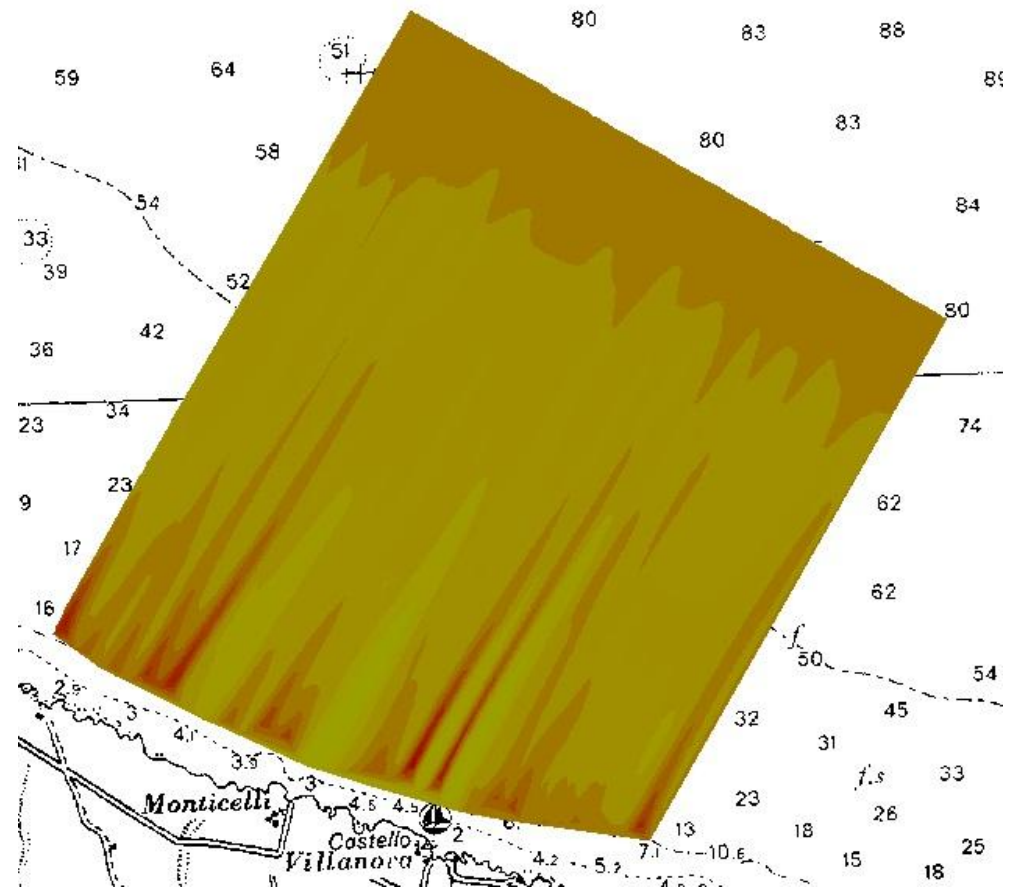


Figura 26

4.6 Clima meteomarinario in prossimità del porto

Le caratteristiche del moto ondoso che penetra all'interno del porto sono state determinate utilizzando un secondo modello matematico.

Tale modello ha consentito di determinare le altezze d'onda all'interno del porto al fine di determinare la migliore soluzione progettuale analizzando le diverse soluzioni proposte.

4.6.1 Modello di diffrazione

Il modello matematico fornisce le condizioni di moto ondoso all'interno di un bacino portuale o in una zona protetta da frangiflutti, in funzione di assegnate condizioni delle onde incidenti e simula gli effetti della rifrazione e dello shoaling, della riflessione e della diffrazione prodotta dalle strutture. Esso, inoltre, permette di analizzare la dissipazione di energia dovuta al frangimento delle onde ed all'attrito sul fondo. Viene utilizzata una tecnica secondo la quale i raggi di propagazione dell'energia sono tracciati a partire dall'imboccatura del porto fino ad intercettare il contorno dello specchio portuale, da cui si riflettono con un contenuto energetico che dipende dal particolare coefficiente di riflessione assegnato alle strutture.

Per ciascun set di onde all'ingresso del porto, il modello fornisce altezza d'onda, fase e direzione in tutti i punti di una griglia preassegnata.

Il metodo utilizzato per riprodurre la diffrazione da un frangiflutti nel modello è basato sulla soluzione di Sommerfield per la diffrazione delle onde da un frangiflutti semi-infinito a profondità costante.

Il modello richiede in input una rappresentazione digitale della batimetria e delle strutture portuali all'interno dell'area da modellare, la schematizzazione dei frangiflutti, le caratteristiche delle onde incidenti. I dati di profondità ed i contorni delle strutture sono inseriti utilizzando un sistema di griglie. Il programma attraverso un'utility permette, inoltre, la visualizzazione dell'altezza d'onda significativa all'interno del bacino portuale.

I contorni del porto sono modellati come una singola linea retta o come combinazione di più segmenti lineari per ogni elemento della griglia. Ad ogni segmento retto è assegnato un coefficiente di riflessione che dipende dal tipo di struttura che rappresenta.

4.6.2 Applicazione del modello

Per la determinazione dell'agitazione ondosa all'interno del porto si è proceduto allo studio degli effetti della diffrazione prendendo in considerazione le caratteristiche delle onde incidenti l'imboccatura del porto.

Le caratteristiche delle onde assunte come input sono quelle relative ad un periodo di ritorno pari a 10 anni e le caratteristiche delle agitazioni ondose al largo sono riportate in *Tabella 9*.

| DIR [°Nord] | H_{S0} [m] | T [s] |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 0 | 3.7 | 8.7 |
| 30 | 3.2 | 8.1 |
| 60 | 2.7 | 7.0 |
| 90 | 1.2 | 6.9 |

Tabella 9

Per l'applicazione del modello è stata predisposta la griglia di calcolo con passo 20 m ottenuta dai rilievi eseguiti in situ.

I risultati ottenuti con il modello sono stati rappresentati, attraverso opportune interpolazioni, per mezzo di carte di agitazione.