



Nereus S.r.l.



Parco Eolico Offshore - Nereus

Relazione Meteomarina Oceanografica e Idraulica

Doc. No. P0031639-2-H9 Rev.00 - Aprile 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	LSA01	ELDUH	ELDUH	04/04/2023

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	1
LISTA DELLE FIGURE	3
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	5
1 INTRODUZIONE	6
2 SCOPO DEL DOCUMENTO	7
3 AREA DI STUDIO	8
3.1 CARATTERISTICHE CLIMATICHE GENERALI	8
3.2 LA CIRCOLAZIONE GENERALE DEL MEDITERRANEO	10
3.3 LA CIRCOLAZIONE DEL MARE ADRIATICO	13
4 DATI DISPONIBILI	14
4.1 DATI DI ONDA	14
4.2 DATI DI VENTO	16
4.3 DATI DI CORRENTE	16
4.4 DATI DI TEMPERATURA E SALINITÀ	17
4.5 DATI DI MAREA	17
5 METODOLOGIA	18
5.1 CRITERI GENERALI	18
5.2 STIMA DEI VALORI ESTREMI	18
5.3 VENTO	19
5.3.1 Profilo della Velocità del Vento	19
5.3.2 Durata del Vento	19
5.4 MOTO ONDOSO	20
5.4.1 Relazioni tra le Grandezze Caratteristiche del Moto Ondoso	20
5.5 LIVELLO MARINO	20
5.6 CORRENTI	21
5.6.1 Profilo Verticale di Corrente	21
6 REGIME ANEMOLOGICO	22
6.1 CONDIZIONI TIPICHE	22
6.2 CONDIZIONI ESTREME	32
7 CARATTERIZZAZIONE DEL MOTO ONDOSO	33
7.1 CONDIZIONI TIPICHE	33
7.2 CONDIZIONI ESTREME	45
8 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO	46
9 CORRENTI	47
9.1 CONDIZIONI TIPICHE	47
9.2 CONDIZIONI ESTREME	57
10 CARATTERISTICHE FISICHE DELLE MASSE D'ACQUA	58
11 CONCLUSIONI	64
REFERENZE	65

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1: Caratteristiche Climatiche di Vieste	9
Tabella 6.1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Annuale	22

Tabella 6.2:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Tabella 6.13 Direzione di Provenienza – Gennaio	23
Tabella 6.3:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Febbraio	24
Tabella 6.4:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Marzo	24
Tabella 6.5:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Aprile	25
Tabella 6.6:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Maggio	25
Tabella 6.7:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Giugno	26
Tabella 6.8:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Luglio	26
Tabella 6.9:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Agosto	27
Tabella 6.10:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Settembre	27
Tabella 6.11:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Ottobre	28
Tabella 6.12:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Novembre	28
Tabella 6.13:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Dicembre	29
Tabella 6.14:	Valori Estremi Omnidirezionali della Velocità del Vento (m/s) a 10 m di Quota sul Livello Medio del Mare per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni	32
Tabella 7.1:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Annuale	35
Tabella 7.2:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Periodo di Picco – Annuale	36
Tabella 7.3:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Gennaio	36
Tabella 7.4:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Febbraio	37
Tabella 7.5:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Marzo	37
Tabella 7.6:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Aprile	38
Tabella 7.7:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Maggio	38
Tabella 7.8:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Giugno	39
Tabella 7.9:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Luglio	39
Tabella 7.10:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Agosto	40
Tabella 7.11:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Settembre	40
Tabella 7.12:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Ottobre	41
Tabella 7.13:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell’Altezza d’Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Novembre	41

Tabella 7.14:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Dicembre	42
Tabella 7.15:	Valori Estremi Omnidirezionali delle Altezze d'Onda Significative per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni	45
Tabella 9.1:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Annuale	47
Tabella 9.2:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Gennaio	48
Tabella 9.3:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Febbraio	49
Tabella 9.4:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Marzo	49
Tabella 9.5:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Aprile	50
Tabella 9.6:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Maggio	50
Tabella 9.7:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Giugno	51
Tabella 9.8:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Luglio	51
Tabella 9.9:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Agosto	52
Tabella 9.10:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Settembre	52
Tabella 9.11:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Ottobre	53
Tabella 9.12:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Novembre	53
Tabella 9.13:	Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Dicembre	54
Tabella 9.14:	Valori Estremi Omnidirezionali delle Velocità di Corrente Superficiale per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni	57
Tabella 10.1:	Profili Annuali di Temperatura e Salinità dell'Acqua	58

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Inquadramento Generale del Progetto	6
Figura 3.1:	Localizzazione del Sito di Progetto	8
Figura 3.2:	Andamento Mensile delle Precipitazioni (in blu) e Temperatura Media (in rosso) per il Sito di Vieste ⁹	
Figura 3.3:	Venti Caratteristici del Mediterraneo [1]	10
Figura 3.4:	Batimetria e Bacini del Mediterraneo	11
Figura 3.5:	Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)	12
Figura 3.6:	Schema di Circolazione delle Acque Intermedie (LIW)	12
Figura 3.7:	Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)	13
Figura 4.1:	Punti di Estrazione delle Serie Temporal dei Dati di Base	15
Figura 4.2:	Q-Q Plot tra Dati Satellitari e Serie CMEMS	16
Figura 6.1:	Wind_Off, Rosa Annuale del Vento	23
Figura 6.2:	Rosa del Vento, Gennaio - Giugno	30

Figura 6.3:	Rosa del Vento, Luglio - Dicembre	31
Figura 6.4:	Fitting dei Dati di Vento con Distribuzione Bi-parametrica di Weibull	32
Figura 7.1:	Scatter Plot Altezza d'Onda Significativa – Periodo di Picco	33
Figura 7.2:	Rosa Annuale delle Onde	35
Figura 7.3:	Rose delle Onde, Gennaio - Giugno	43
Figura 7.4:	Rose delle Onde, Luglio - Dicembre	44
Figura 7.5:	Fitting dei Dati di Altezza d'Onda Significativa con Distribuzione Biparametrica di Weibull	45
Figura 8.1:	Oscillazione del Livello Dovuta alla Marea, Vieste, Gennaio 2022	46
Figura 8.2:	Oscillazione del Livello Dovuta alla Marea, Pelagosa, Gennaio 2022	46
Figura 9.1:	Rosa Annuale della Corrente Superficiale	48
Figura 9.2:	Rosa della Corrente Superficiale, Gennaio - Giugno	55
Figura 9.3:	Rosa della Corrente Superficiale, Luglio - Dicembre	56
Figura 9.4:	Fitting dei Dati di Velocità di Corrente Superficiale con Distribuzione Biparametrica di Weibull	57
Figura 10.1:	Profili Annuali di Temperatura e Salinità Media dell'Acqua	59
Figura 10.2:	Profili Mensili della Temperatura dell'Acqua, Gennaio - Giugno	60
Figura 10.3:	Profili Mensili della Temperatura dell'Acqua, Luglio - Dicembre	61
Figura 10.4:	Profili Mensili della Salinità dell'Acqua, Gennaio – Giugno	62
Figura 10.5:	Profili Mensili della Salinità dell'Acqua, Luglio - Dicembre	63

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

a.s.l.	Above sea level
CMEMS	Copernicus Marine Environment Monitoring Service
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ERA5	ECMWF Reanalysis v5
ENVISAT	Environmental Satellite
GEOSAT	GEOdetic SATellite
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
MBES	Multi-Beam Echo Sounder
SWH	Significant Wave Height
ROV	Remotely Operated Vehicle
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
T_p	Peak period of the wave spectrum
H_s	Significant Wave Height

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta per illustrare le principali caratteristiche del Parco Eolico Offshore Flottante denominato “Nereus”.

Il progetto in oggetto è proposto dalla Nereus S.r.l., Società controllata interamente da Nexta Capital Partner, società di investimento focalizzata sullo sviluppo, la costruzione e la gestione di asset di energie rinnovabili.

Il progetto “Nereus” sarà composto da 120 aerogeneratori da 15 MW ciascuno, per una capacità totale installata pari a 1800 MW e sarà localizzato al di fuori delle acque territoriali italiane, quindi oltre le 12 miglia nautiche dalla linea di base, a largo della costa pugliese nello specchio acqueo antistante i comuni di Manfredonia e Barletta. L’energia prodotta sarà trasportata per mezzo di cavidotti sottomarini per i quali è previsto l’approdo nel Comune di Barletta (BT), mentre l’allaccio alla rete di trasmissione nazionale è previsto presso la stazione elettrica 380 kV “Manfredonia” gestita da Terna S.p.A.

Il progetto prevederà anche la realizzazione di un sistema di produzione a terra di idrogeno verde tramite elettrolizzatori.

L’area dove è localizzato il parco eolico ha una profondità del fondale compresa tra gli 80 m e i 120 m.

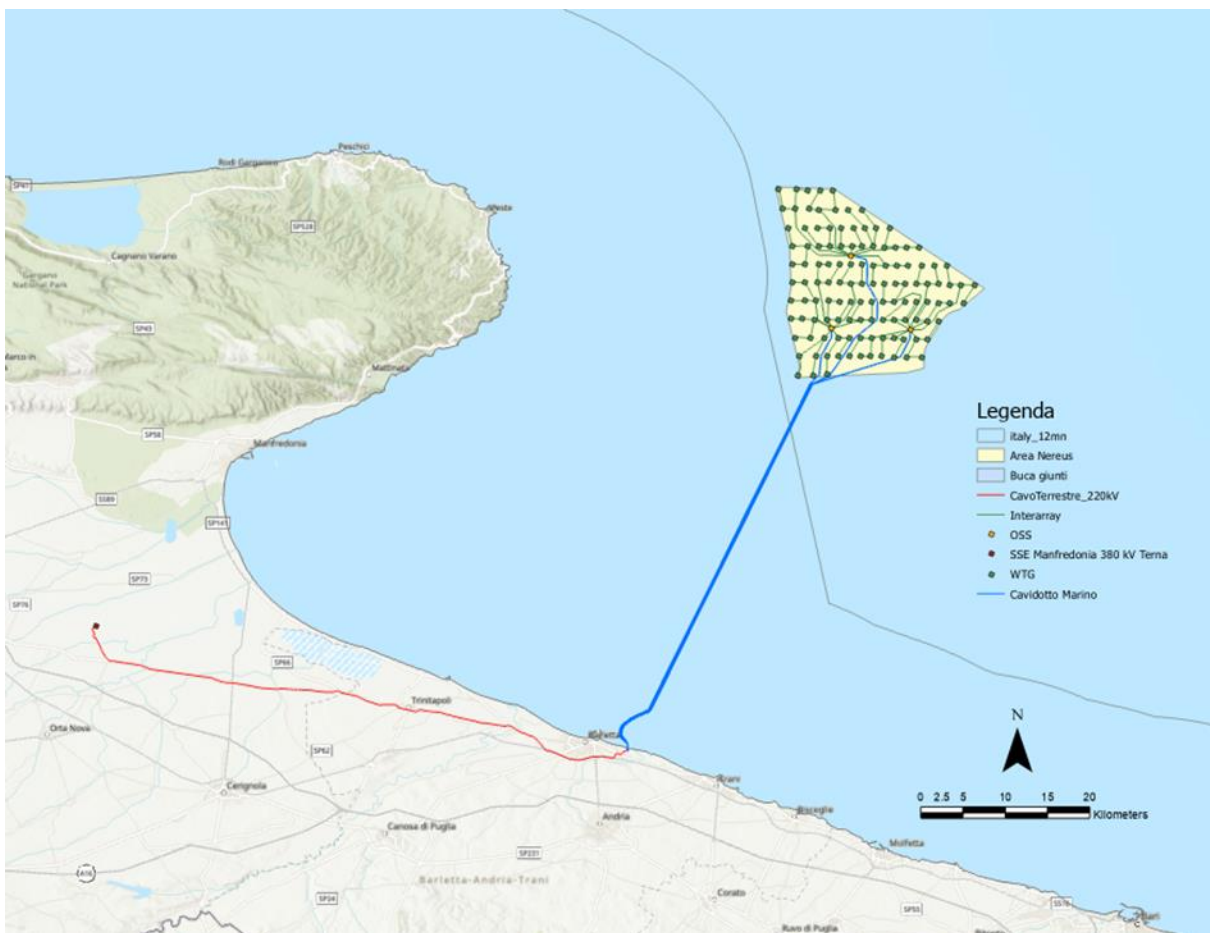


Figura 1.1: Inquadramento Generale del Progetto

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento consiste nella caratterizzazione climatica del sito scelto al largo delle coste del Gargano. Lo studio condotto ha pertanto portato alla definizione di:

- regime anemologico;
- regime del moto ondoso;
- caratterizzazione generale della circolazione del Mediterraneo;
- regime di corrente superficiale;
- variazioni di livello del mare dovute alla marea;
- descrizione delle caratteristiche fisiche delle masse d'acqua, ovvero profili mensili di temperatura e salinità dell'acqua;

Al fine di caratterizzare il clima tipico annuale ed i valori estremi di onde e vento, sono state analizzate le serie temporali estratte dai database del CMEMS ed ECMWF ERA5, per diversi punti disponibili al largo di Gargano (Figura 4.1), rappresentativi del sito in esame.

Gli stessi dati CMEMS sono stati utilizzati per fornire la caratterizzazione dei profili verticali di salinità e temperatura lungo la colonna d'acqua.

Per la definizione dell'oscillazione di livello del mare dovuta alla marea è stata considerata la serie temporale relativa al mese di Gennaio 2022 estratta dalla stazione mareografica dell'International Hydrographic Organization (IHO).

In sintesi, il documento riporta i seguenti risultati:

- ✓ Caratterizzazione del regime annuale, mensile e valori estremi omnidirezionali del vento;
- ✓ Caratterizzazione del regime annuale delle onde e valori estremi omnidirezionali;
- ✓ Caratterizzazione del regime annuale della corrente superficiale e valori estremi omnidirezionali;
- ✓ Oscillazione di livello dovuta alla marea;
- ✓ Profili verticali annuali mensili di temperatura e salinità.

3 AREA DI STUDIO

L'area di interesse per il parco eolico è situata al largo della costa del Gargano, a circa 24 km di distanza dalla costa. La Figura 3.1 riporta la localizzazione dell'area in cui sarà posizionato il parco eolico.



Figura 3.1: Localizzazione del Sito di Progetto

3.1 CARATTERISTICHE CLIMATICHE GENERALI

Il clima generale del sito è di tipo mediterraneo, caratterizzato da inverni miti e piovosi ed estati calde (Tabella 3.1).

In Figura 3.2 è riportato il tipico andamento mensile della piovosità e della temperatura media. Il mese più piovoso risulta essere Dicembre con una media di circa 68 mm, mentre il più secco è Agosto, durante i quali la media si abbassa a circa 14 mm.

La temperatura raggiunge il picco durante i mesi di Luglio e Agosto, tocca invece i valori minimi nel periodo Gennaio-Febbraio. La temperatura media si mantiene nel range 9.4-25.2°C nell'arco dell'anno, il picco massimo è di 27°C, mentre il minimo è pari a 7.9 (<https://it.climate-data.org/europa/italia/puglia/vieste-14060/>).

Tabella 3.1: Caratteristiche Climatiche di Vieste

VIESTE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura media(°C)	9.4	9.4	11.3	13.9	17.9	22.4	25	25.2	21.5	17.9	14.2	10.7
Temperatura minima (°C)	7.9	7.8	9.5	12.1	16	20.4	23	23.3	19.8	16.3	12.7	9.2
Temperatura massima (°C)	10.8	11	13.1	15.7	19.7	24.1	26.8	27	23.2	19.5	15.7	12.1
Precipitazioni (mm)	59	49	49	38	23	20	16	14	47	54	76	68
Umidità(%)	72	71	72	74	73	69	66	68	70	75	74	73
Giorni di pioggia (g.)	7	6	5	5	4	2	2	2	4	6	7	8
Ore di sole (ore)	6.6	7.6	9.2	11.0	12.4	13.2	13.1	12.2	10.4	8.5	7.3	6.5

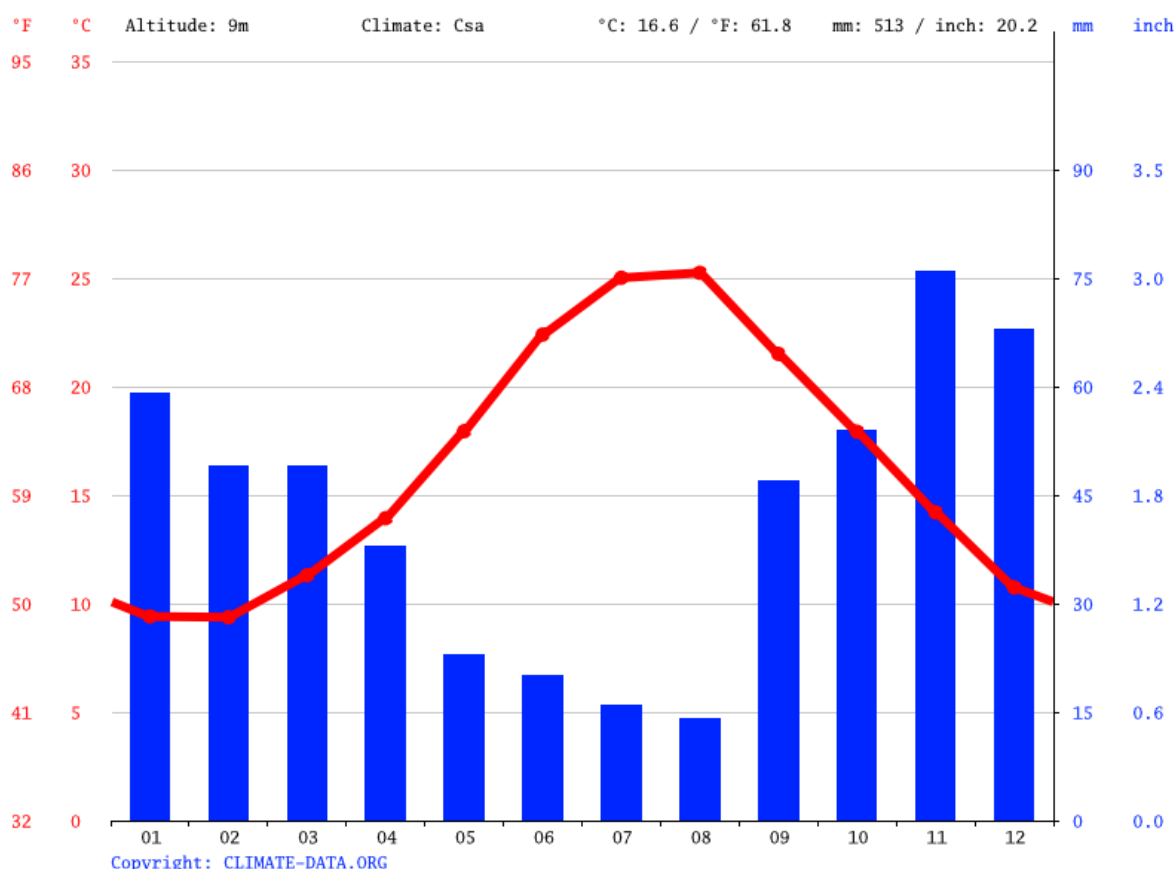


Figura 3.2: Andamento Mensile delle Precipitazioni (in blu) e Temperatura Media (in rosso) per il Sito di Vieste

Per quanto riguarda invece l'esposizione del paraggio, come si vede dalla Figura 3.3, l'area è soggetta prevalentemente a Scirocco, a meno di effetti locali.

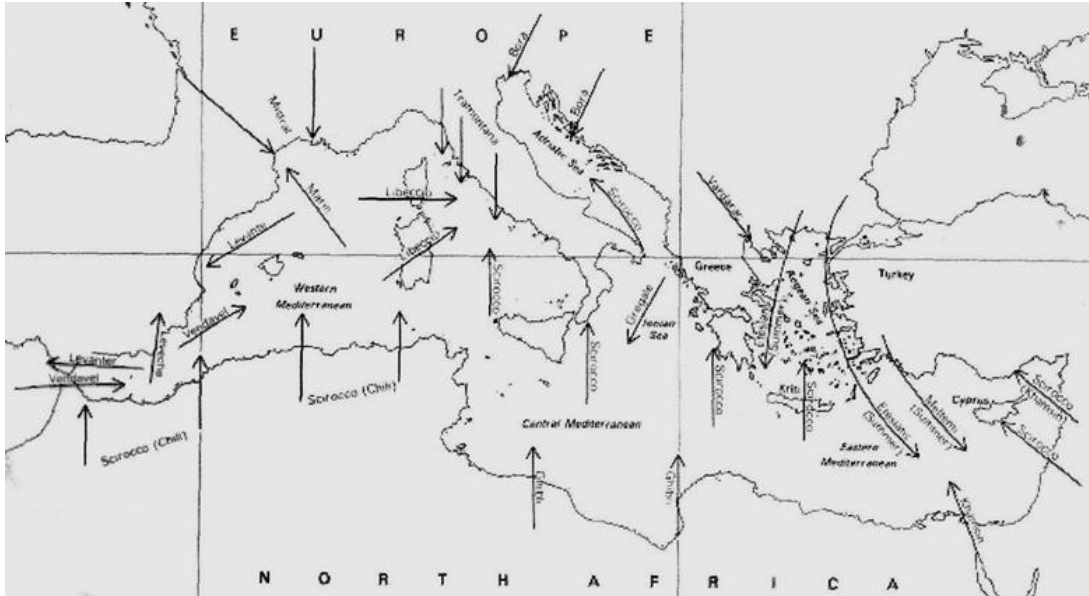


Figura 3.3: Venti Caratteristici del Mediterraneo [1]

3.2 LA CIRCOLAZIONE GENERALE DEL MEDITERRANEO

Il Mar Mediterraneo ha l'importante funzione di trasformare le acque atlantiche entranti dallo Stretto di Gibilterra, lungo il loro percorso nel bacino, attraverso un aumento progressivo della loro densità [1].

Le acque atlantiche entranti sono fondamentali per la circolazione del bacino; infatti, dal momento che l'ammontare di acqua che evapora è superiore alla quantità di acqua che il Mediterraneo riceve sotto forma di precipitazione e ruscellamento, se non fosse per le acque entranti il livello del mare si abbasserebbe in maniera significativa. Nonostante il loro contributo il Mediterraneo è definito come bacino di concentrazione. La circolazione è almeno parzialmente indotta dai gradienti di densità e di livello del mare tra il bacino e l'oceano Atlantico, e dalla trasformazione delle masse d'acqua che comporta una forte componente termalina.

Dal punto di vista della circolazione delle correnti il Mar Mediterraneo può essere diviso in due sottobacini: Mediterraneo Occidentale e Mediterraneo Orientale, rispettivamente ad ovest e ad est dello Stretto di Sicilia (Figura 3.4).



Figura 3.4: Batimetria e Bacini del Mediterraneo

Quest'ultimo è caratterizzato da una profondità massima di 500 m; pertanto, rappresenta una barriera per le acque profonde che quindi nascono e si muovono sempre nello stesso sottobacino.

Possono essere individuate, sulla base della temperatura, della salinità e della densità, tre distinte masse d'acqua nel Mediterraneo [2]:

- le Acque Modificate dell'Atlantico (MAW) (Figura 3.5);
- le Acque Levantine Intermedie (LIW) (Figura 3.6);
- le Acque Mediterranee Profonde (MDW) (Figura 3.7).

La circolazione superficiale è dovuta alle acque atlantiche (MAW) entranti da Gibilterra la cui densità diminuisce a causa del mescolamento con le acque del bacino. A partire dal Mare di Alboran il flusso si divide in due rami, uno passa nel Canale di Sardegna, mentre l'altro si muove lungo le coste del Nord Africa. Del secondo ramo, una gran parte si concentra nel Mar Ionio, la restante parte prosegue al sottobacino di Levante.

Le Acque Intermedie Levantine (LIW) si generano nella parte orientale del bacino Levantino, principalmente nei pressi delle isole di Rodi e Creta, durante i processi convettivi della stagione invernale. Queste acque si muovono verso ovest costeggiando la Sicilia meridionale, circolando nel Mar Tirreno a profondità nel range di 200-600 m, per poi oltrepassare lo Stretto di Gibilterra.

Le acque profonde (MDW) circolano sempre all'interno del loro bacino di appartenenza poiché si muovono al di sotto del minimo livello dello Stretto di Gibilterra e dello Stretto di Sicilia. Le sorgenti delle acque profonde sono il Mar Adriatico ed il Mar Egeo per il sottobacino orientale, mentre il Golfo dei Leoni per quello occidentale. Le acque profonde occidentali circolano a profondità di circa 1900-2000 m, mentre quelle orientali si muovono a circa 4000-5000 m.

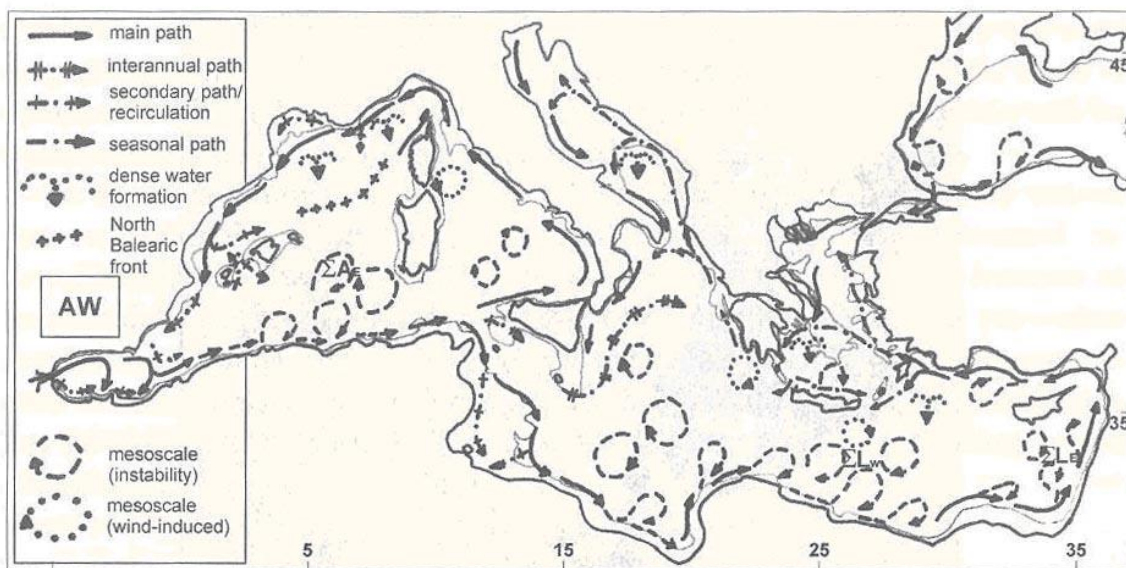


Figura 3.5: Schema di Circolazione delle Acque Modificate dell'Atlantico (MAW)

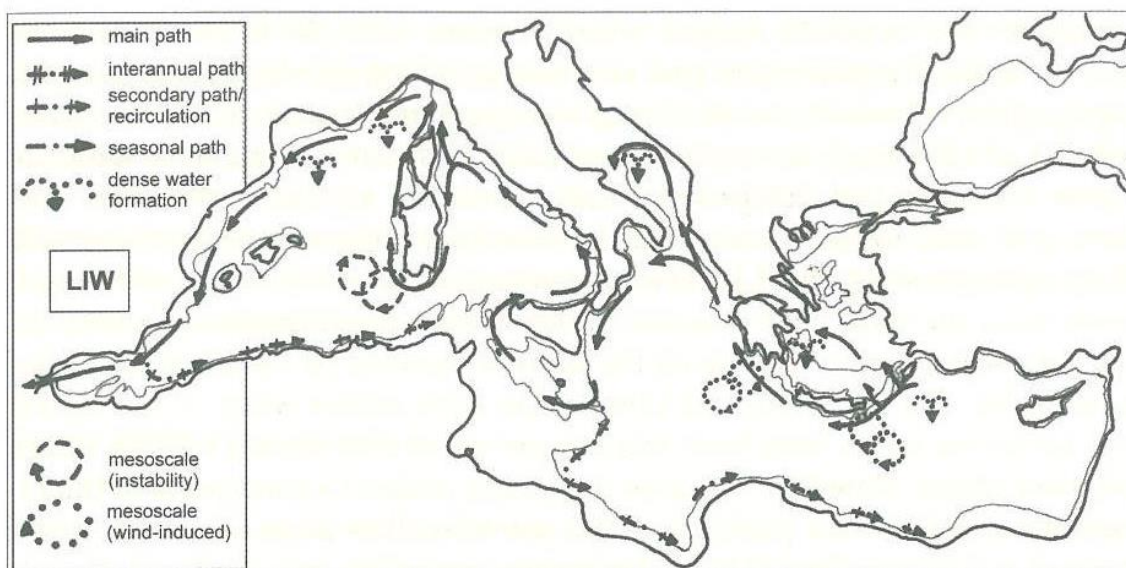


Figura 3.6: Schema di Circolazione delle Acque Intermedie (LIW)

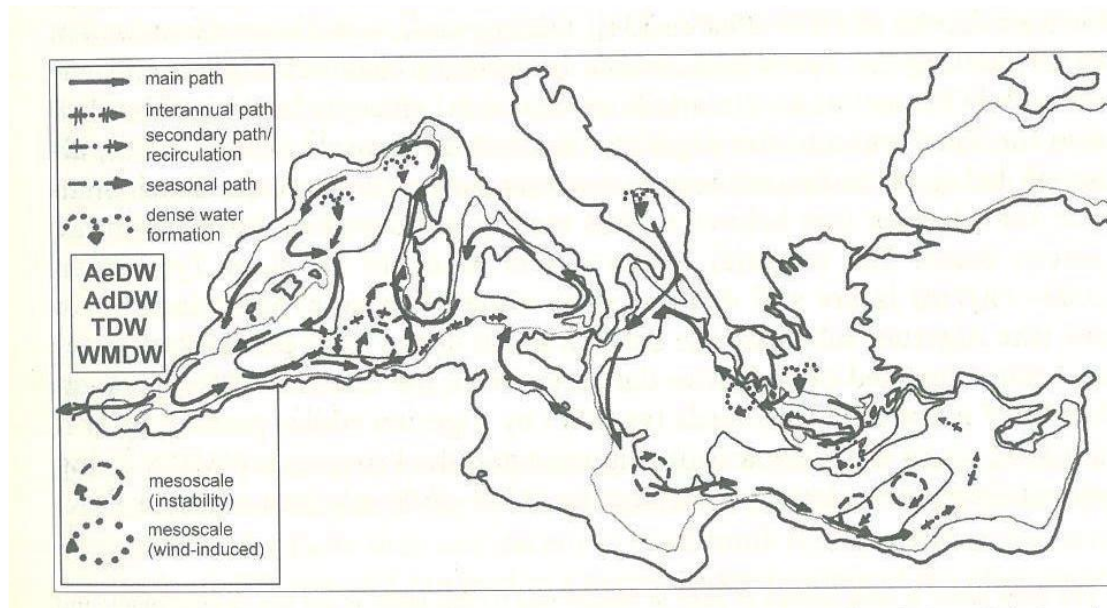


Figura 3.7: Schema di Circolazione delle Acque Profonde (MWD)

3.3 LA CIRCOLAZIONE DEL MARE ADRIATICO

La circolazione superficiale generale del Mare Adriatico, in particolare, è caratterizzata dalla presenza di strutture cicloniche (gyres) a larga scala, insieme a diverse strutture a sub scala, a larga variabilità stagionale. La presenza di tali strutture, inoltre, è verificata nella circolazione intermedia, soggetta prevalentemente a corrente che fluisce lungo la costa est, mentre nella circolazione profonda prevale il flusso diretto verso il versante ovest.

In particolare, il Mar Adriatico Meridionale vede la presenza di una struttura ciclonica superficiale distinta, altresì visibile nello strato intermedio, mentre la circolazione profonda è meno documentata in letteratura. Più precisamente, il gyre del bacino meridionale persiste per tutto l'anno, quello del bacino centrale è più evidente in estate ed autunno, nella parte settentrionale sembra essere presente solo in autunno [3].

I tre gyres sono collegati tra di loro da due correnti costiere, una che fluisce verso sud parallelamente alla costa occidentale per tutta la lunghezza del bacino (Western Adriatic Coastal Current, WACC) durante la stagione autunnale, la quale si presenta discontinua in primavera-estate, composta da tre distinti segmenti situati nei rispettivi sotto-bacini (Northern, Western-Middle e Southern Adriatic current); la seconda si dirige verso nord lungo la costa orientale sino a raggiungere il bacino centrale (Eastern Southern Adriatic Current, EAC o E-SAd current) [4].

Nel bacino meridionale le caratteristiche delle masse d'acqua sono piuttosto omogenee e simili alle condizioni di mare aperto al di sotto dei 150 m di profondità, corrispondente alla massima profondità locale del termocline, con temperatura e salinità medie attorno rispettivamente ai 13.58°C e 38.6 psu [5].

4 DATI DISPONIBILI

4.1 DATI DI ONDA

La serie temporale utilizzata è stata scaricata dal database di onde pluriennale utilizzato per la previsione delle onde del Mar Mediterraneo MEDSEA_MULTIYEAR_WAV_006_012 rilasciato da CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service).

Questo database è una rianalisi pluriennale a partire dal gennaio 1993, composta da parametri d'onda orari con risoluzione orizzontale di $1/24^\circ$, che coprono il Mar Mediterraneo e si estendono fino a 18.125° W nell'Oceano Atlantico.

Il sistema di modellazione delle onde si basa sul modello d'onda WAM 4.6.2 ed è stato sviluppato con due griglie innestate per garantire che lo swell che si propaga dal Nord Atlantico verso lo stretto di Gibilterra entri correttamente nel Mar Mediterraneo.

La griglia grossolana copre l'Oceano Atlantico settentrionale da 75° W a 10° E e da 70° N a 10° S con una risoluzione di $1/6^\circ$ mentre la griglia fine innestata copre il Mar Mediterraneo da 18.125° W a 36.2917° E e da $30,1875^\circ$ N a $45,9792^\circ$ N con una risoluzione di $1/24^\circ$.

Il sistema di modellazione discretizza lo spettro d'onda con 24 bin direzionali e 32 bin di frequenza distribuiti logaritmicamente. Il modello assimila i dati satellitari di altezza d'onda disponibili in CMEMS ed è forzato con le correnti medie giornaliere del modello Med-Physics(CMEMS) e con i dati di vento ERA5 (ECMWF).

La serie temporale oraria comprende i seguenti parametri:

- Hs: altezza d'onda significativa (m);
- Tp: periodo di picco (s);
- Tm,-10: periodo medio spettrale corrispondente al momento (-1,0) ;
- Tm,02 periodo medio spettrale corrispondente al momento (0,2);
- DM: direzione media di provenienza dell'onda totale($^\circ$ N);
- Hwind: altezza d'onda da vento (m);
- Tmwind: periodo medio dell'onda da vento (s);
- Dwind: direzione media di provenienza dell'onda da vento ($^\circ$ N);
- Hswell: altezza d'onda da swell;
- Dswell: direzione media di provenienza dell'onda da swell ($^\circ$ N);
- Tmswell: periodo medio dell'onda da swell;
- Dp: direzione di provenienza dell'onda totale al picco($^\circ$ N);

I parametri spettrali delle onde sono disponibili con una discretizzazione spaziale di $0.042^\circ \times 0.042^\circ$, dal 01/01/1993 al 31/05/2020 (circa 27 anni). I dati utilizzati per il presente studio si riferiscono al punto CMEMS di coordinate 16.5° E, 41.73° N (Figura 4.1).

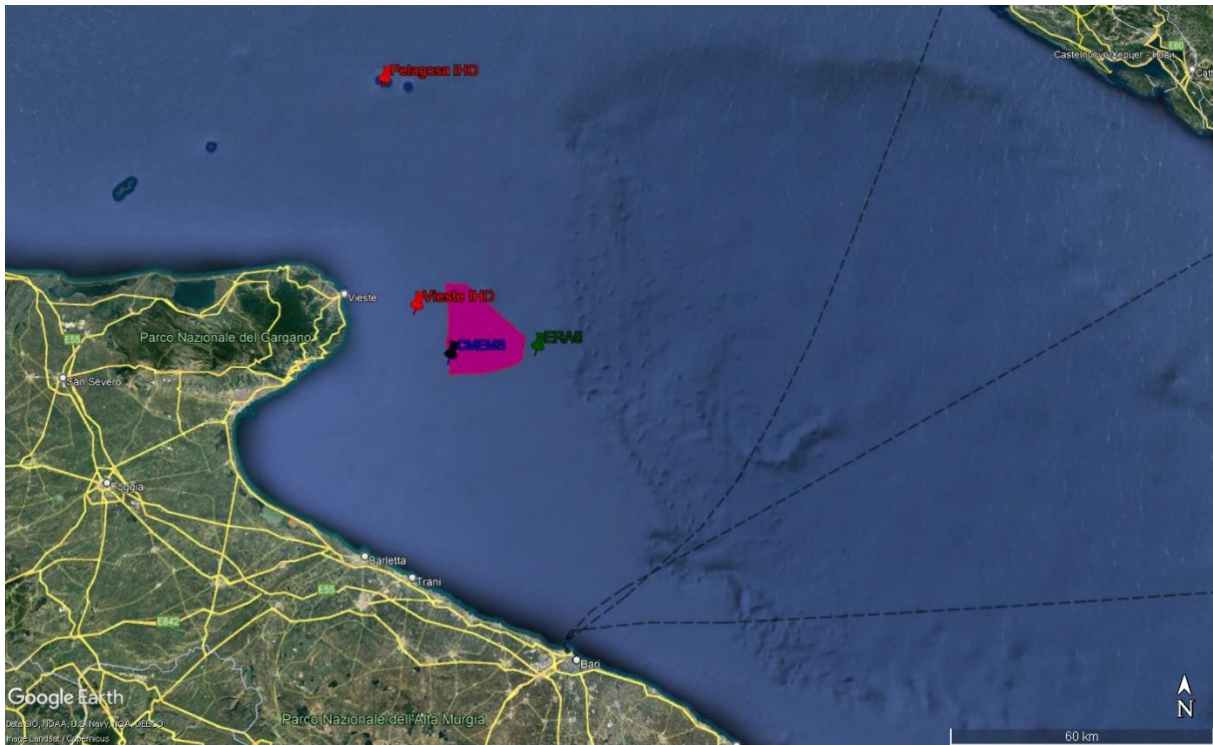


Figura 4.1: Punti di Estrazione delle Serie Temporal dei Dati di Base

I dati satellitari di altezza d'onda sono stati estratti dal sito dell'Ifremer Cersat allo scopo di validare i dati di onda CMEMS.

Le misure degli altimetri, provenienti dalle missioni ERS-1&2, TOPEX-Poseidon, GEOSAT Follow-ON (GFO), Jason-1, Jason-2, ENVISAT, Cryosat e SARAL, sono disponibili per un periodo di 26 anni (dal 1992 al 2017).

Il confronto con boe ondometriche [6][7][8][9] mostra che la stima dell'altimetro è, in generale, in accordo con le misure acquisite in sito, con deviazioni standard dell'ordine di 0.30 m, ma tende a sovrastimare leggermente le altezze significative più basse e a sovrastimare le più alte. Ai dati grezzi, pertanto, vengono applicate delle correzioni, generalmente lineari (tranne che per ENVISAT), regolarmente aggiornate utilizzando il metodo di confronto con le boe di Queffeuou [9].

I dati satellitari mediati nel tempo e nello spazio sono stati confrontati con i dati CMEMS simultanei in prossimità del punto offshore CMEMS_Off, per mezzo della tecnica del Q-Q plot.

I risultati per il caso studio sono riportati in Figura 4.2 e mostrano un'ottima corrispondenza tra i dati satellitari e i dati CMEMS, per i quali non è stata necessaria alcuna calibrazione.

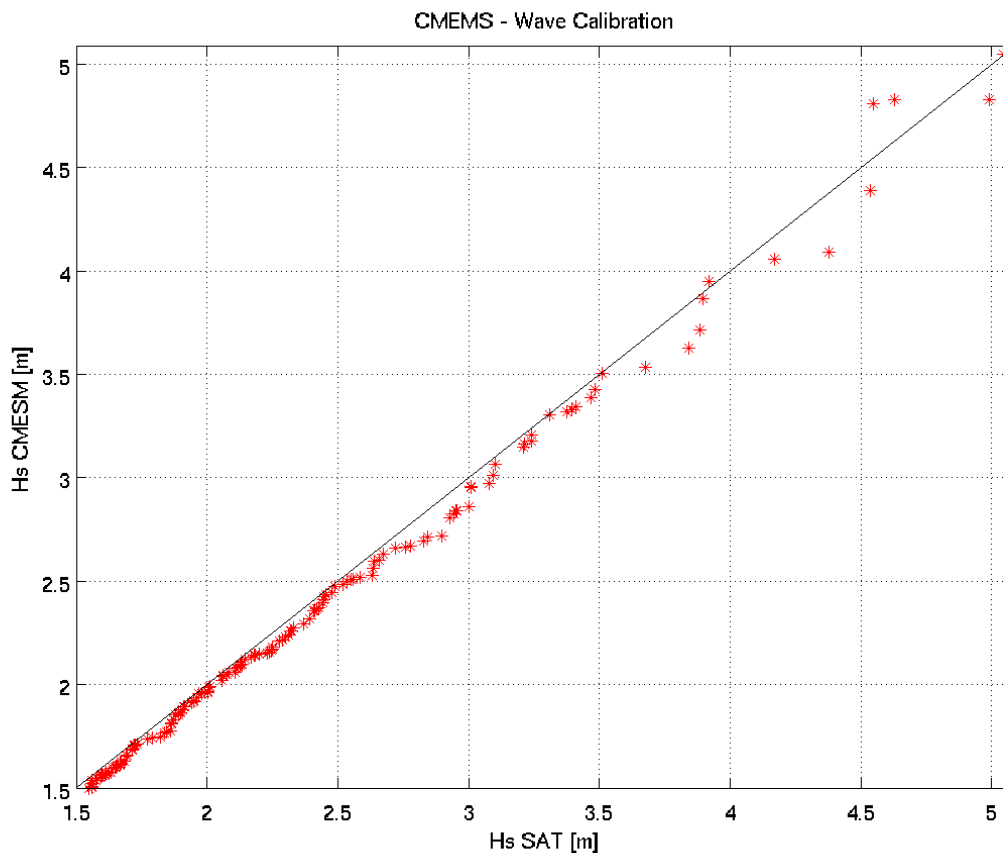


Figura 4.2: Q-Q Plot tra Dati Satellitari e Serie CMEMS

4.2 DATI DI VENTO

I dati di vento sono rilasciati dal European Centre for Medium-Range Weather Forecast e provengono da una rianalisi del database globale ERA5 di hindcast (onde e atmosfera), a partire da 1979 ad oggi.

Tutti i dati di hindcast vengono depurati dagli errori sistematici. I dati sono caratterizzati da step orario e comprendono i seguenti parametri:

- u e v rispettivamente componente sud-nord e ovest-est del vento a 10 m dal livello del mare.

I dati di vento, disponibili con una discretizzazione spaziale di 0.25°, sono stati estratti per il periodo 01/1979 – 12/2020 (42 anni) e per il punto ERA5 di coordinate 16.75° E, 41.65°N , ubicato a circa 40 km dalla costa (Figura 4.1).

4.3 DATI DI CORRENTE

I dati relativi al regime idrodinamico sono estratti dal database E.U. Copernicus Marine Service Information, CMEMS MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004.

Il database di re-analisi fisica del Mar Mediterraneo è generato mediante un sistema numerico composto dal modello idrodinamico proveniente dal Nucleus for European Modelling of the Ocean (NEMO) con implementato un complesso sistema di assimilazione dati (OceanVAR) di profili verticali di temperatura e salinità e di anomalie di livello del mare registrate da satellite lungo definiti track. La risoluzione orizzontale del modello è di 1/24° (ca. 4-5 km) mentre i livelli verticali sono 141 [10].

I dati di corrente sono relativi ai seguenti parametri orari:

- ✓ ux: velocità zonale lungo i livelli verticali (m/s);
- ✓ uy: velocità zonale lungo i livelli verticali (m/s).

I dati sono riferiti ai punti CMEMS riportati in Figura 4.1

4.4 DATI DI TEMPERATURA E SALINITÀ

I dati relative ai parametri della colonna d'acqua sono estratti dal database E.U. Copernicus Marine Service Information, CMEMS MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004.

Il database di re-analisi fisica del Mar Mediterraneo è il medesimo descritto nel Paragrafo 4.3.

I dati estratti sono relativi ai parametri giornalieri di:

- ✓ T: temperatura (°C);
- ✓ S: salinità (PSU).

I dati sono riferiti ai punti CMEMS riportati in Figura 4.1.

4.5 DATI DI MAREA

I dati di marea sono ricavati dalle stazioni di tipo "Tide Gauge" appartenenti all'International Hydrographic Organization (IHO) ubicate rispettivamente presso Vieste e Pelagosa, come riportato in Figura 4.1.

5 METODOLOGIA

Nel seguito vengono presentati i principali criteri metodologici utilizzati.

5.1 CRITERI GENERALI

La metodologia applicata nel presente studio consiste in un'analisi finalizzata alla definizione del clima tipico e dei valori estremi dei parametri meteomarini. I dati meteo-marini debbono essere rappresentativi dei fenomeni meteorologici che possono avvenire in periodi di tempo molto lunghi e quindi essere rappresentativi del clima medio del luogo a lungo termine e delle sue variabilità annuali e stagionali.

La metodologia generale che viene adottata segue le linee guida delineate nelle principali normative nazionale e internazionali per la progettazione off-shore e consiste in:

- ✓ raccolta dei dati storici relativi all'area di studio: con "dati storici" ci si riferisce generalmente a serie temporali di dati anemologici (intensità e direzione del vento), di moto ondoso (altezza, periodo e direzione delle onde), di livello marino e di corrente;
- ✓ analisi dei dati storici ed individuazione delle caratteristiche del clima del luogo e del regime idrodinamico;
- ✓ comprensione dei fenomeni fisici tipici dell'area;
- ✓ stima dei valori estremi nell'area di studio.

La metodologia descritta dipende quindi fortemente dal tipo e dalla quantità dei dati disponibili, dall'attendibilità del data-base, dalla conoscenza delle caratteristiche dinamiche dell'area, dalla disponibilità di tecniche numeriche per l'elaborazione dei dati e le successive simulazioni, dalle capacità interpretative dei fenomeni simulati.

5.2 STIMA DEI VALORI ESTREMI

Nell'ambito dell'ingegneria off-shore e costiera, la definizione dei parametri meteo-marini di progetto è basata sulla stima dei valori estremi di una grandezza (vento, moto ondoso, livello del mare, corrente), cioè di valori che abbiano associato un rischio di superamento nelle varie fasi di messa in opera e vita operativa delle strutture in progetto.

L'assunzione di base è che la sequenza temporale misurata dei valori di una data grandezza possa venire estrapolata, entro certe ipotesi, al di là del periodo di misura per valutarne i valori estremi.

La stima degli estremi comporta la definizione dei parametri caratteristici della distribuzione statistica dei valori rilevati, caratteristiche a priori ignote sia per quanto riguarda la forma funzionale che per quanto riguarda i parametri della distribuzione che descrive tale forma funzionale.

A posteriori la scelta può essere giustificata con i metodi di analisi di "bontà del fitting" tra la distribuzione dedotta dai dati misurati e distribuzioni di probabilità che, negli anni, sono state proposte ed utilizzate. La consuetudine ha portato poi ad una certa standardizzazione nell'uso di tali distribuzioni teoriche: in tal senso la stima dei valori estremi di vento, onde e correnti viene effettuata con la distribuzione di Weibull o, più raramente, con quella di Gumbel, quest'ultima utilizzata soprattutto quando siano disponibili solo i massimi rilevati.

La teoria dei valori estremi fornisce dunque stime della probabilità che si verifichino, in un certo periodo temporale, valori estremi di un determinato parametro.

Dato un insieme N di valori estremi di una grandezza, sia $F(x)$ la distribuzione estrema che meglio si adatta ad essi (il ragionamento è comunque indipendente dal tipo di distribuzione considerato).

Il periodo di ritorno $T(x)$ dell'evento x è definito come il numero di anni entro i quali x viene superato mediamente una volta. Allora $T(x)$ è collegato a $F(x)$ da:

$$T(x) = \frac{1}{[1 - F(x)]\lambda} \quad (5.1)$$

dove λ è il numero medio di eventi annui.

La probabilità che il superamento di x avvenga entro un anno è $1/T(x)$, la probabilità di non superamento è $[1 - 1/T(x)]$, e quindi la probabilità che x non sia superato entro t anni è data da:

$$P^-(x) = \left[1 - \frac{1}{T(x)}\right]^t \quad (5.2)$$

(Si indica con P- la probabilità di non-superamento, con P+ quella di superamento. È evidente che P- + P+ = 1). Con l'esclusione dei più bassi valori di T, la (5.2) è sostituibile con ottima precisione [11] con:

$$P^-(x) = e^{-\frac{t}{T(x)}} \quad (5.3)$$

È evidente che per applicare la (4.3) è necessario conoscere T (x), e quindi F (x).

Per t=T si ottiene P=63.2%: tale valore è dunque la probabilità media o "rischio medio" associato ad x nel tempo T.

Per t<T tale rischio è ovviamente ridotto: ad es. per t=30 anni e T=100 anni la probabilità di superamento è del 25.9% e così via.

Nel caso attuale si è ritenuto utile fornire i valori estremi per i periodi di ritorno di 1, 10, 50 e 100 anni, tipicamente utilizzati nella progettazione di opere costiere e offshore.

5.3 VENTO

Nel seguito si riportano alcune considerazioni teoriche sull'analisi dei dati di vento.

5.3.1 Profilo della Velocità del Vento

Secondo lo standard di riferimento ISO 19901-1 (2005), il profilo della velocità media del vento $U_w(z)$ è descritto più accuratamente da un profilo logaritmico piuttosto che da una legge di potenza. In riferimento alla velocità del vento orario $U_{w,1h}(z)$, il profilo logaritmico che si raccomanda 'è il seguente:

$$U_{w,1h}(z) = U_{w0} \left[1 + C \ln \frac{z}{z_r}\right] \quad (5.4)$$

dove

$U_{w,1h}(z)$	velocità del vento orario alla quota z al di sopra del livello del mare
U_{w0}	velocità del vento orario alla quota di riferimento z_r e velocità di riferimento
C	è un coefficiente dimensionale il cui valore è dipendente dalla quota di riferimento e dalla velocità del vento U_{w0} . Per $z_r = 10$ m: $C = (0.0573) (1 + 0.15 U_{w0})^{1/2}$ dove U_{w0} è espresso in metri al secondo (m/s)
z	quota sul livello del mare
z_r	quota di riferimento sul livello del mare ($z_r = 10$ m)

Le equazioni sono valide con le unità di misura del SI, metri e secondi.

5.3.2 Durata del Vento

Nel caso fossero necessarie durate diverse, le rispettive velocità possono venir calcolate mediante la nota formula [12]:

$$\frac{W_t}{W_{3600}} = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log_{10}\left(\frac{45}{t}\right)\right) \text{ per } 1 < t < 3600s \quad (5.5)$$

dove W_t è la velocità del vento di durata t e W_{3600} è la velocità di durata 1 ora.

5.4 MOTO ONDOSO

Nel seguito si riportano alcune considerazioni teoriche sull'analisi dei dati di onda.

5.4.1 Relazioni tra le Grandezze Caratteristiche del Moto Ondoso

Generalmente i periodi associati all'altezza d'onda significativa H_s sono il "periodo significativo" T_s , calcolato come media dei periodi associati alle altezze con cui viene calcolata l'altezza d'onda significativa, e il periodo di picco T_p .

L'altezza d'onda significativa H_s è solitamente definita nel "dominio del tempo", attraverso l'analisi di "zero-crossing", come media di 1/3 delle onde più alte ($H_{1/3}$).

Ai fini pratici $H_s=H_{1/3}$ può essere sostituita, senza grandi differenze, con H_{m0} , l'altezza d'onda calcolata dal momento spettrale di ordine 0 e, quindi, rappresentativa dell'energia dello spettro.

Per definire il periodo significativo da associare all'altezza d'onda significativa estrema occorre dunque effettuare un'analisi della probabilità congiunta altezza-periodo sulla base dei dati misurati, in quanto il periodo dell'onda non è una variabile indipendente ma, al contrario, è strettamente legato all'altezza d'onda.

Il problema, particolarmente attuale nell'ingegneria off-shore quando si stimano le onde di progetto, è stato a lungo studiato ed analizzato: non esistono tuttavia relazioni valide in ogni situazione, in quanto sono l'orografia/morfologia del bacino e le caratteristiche anemologiche dell'area a generare onde più o meno ripide.

Per l'area in esame è stata utilizzata la relazione:

$$H_s = 0.055 T_s^2 \quad (5.6)$$

dedotta dall'analisi di numerosi dati rilevati in vari bacini [13][14][15].

La definizione dell'altezza d'onda massima H_{max} da associare all'onda significativa estrema H_s viene in generale effettuata secondo la relazione $H_{max}/H_s=0.706*\sqrt{\ln(N)}$ dove N è il numero di onde nella finestra temporale considerata.

In questo caso, essendo lo step temporale orario anziché trioraio la relazione di Goda diventa:

$$H_{max} = 1.79 H_s \quad (5.7)$$

Tale relazione deriva dal considerare valida la distribuzione teorica di Rayleigh [16]. La natura "random" dell'onda massima è tale che records di onde individuali caratterizzati dallo stesso valore di H_s possono contenere valori di H_{max} differenti. La stima deterministica dei valori di H_{max} da treni d'onde individuali è quindi impossibile.

Si utilizza allora la distribuzione di Rayleigh per stimare il valore più probabile di H_{max} contenuto in un record, valore dato dalla (5.7).

La casualità delle onde massime può indurre incertezze nell'ingegneria delle strutture; per evitare tale fatto è d'uso, nella progettazione, stimare un valore di H_{max} sulla base sia della durata di un particolare stato di mare che sul numero di onde singole.

5.5 LIVELLO MARINO

La genesi delle variazioni del livello marino è piuttosto complessa, poiché molteplici sono i fenomeni che possono generare o modificare il movimento delle masse d'acqua. Supponendo che ogni fenomeno causi un singolo effetto possiamo pensare al livello come una semplice sovrapposizione di più vettori del tipo:

$$V = \sum \eta_i \quad (5.8)$$

La serie temporale $\eta(t)$ del livello può essere considerata, ad ogni istante, il risultato della sovrapposizione lineare di due parti fra loro indipendenti, vale a dire la parte deterministica e la parte stocastica:

$$\eta(t) = \eta_T(t) + \eta_S(t) \quad (5.9)$$

La parte deterministica è costituita dall'oscillazione di marea, mentre la parte stocastica η_s è dovuta principalmente agli effetti indotti dal vento e dai gradienti barici.

5.6 CORRENTI

Non esistendo misure di corrente, il regime dinamico può essere ricostruito a partire dai dati di vento e di marea. Analogamente a quanto descritto per il livello del mare, la corrente totale può essere rappresentata come una sovrapposizione di vettori del tipo:

$$V = \sum V_i \quad (5.10)$$

Questa rappresentazione, che presuppone la linearità e l'indipendenza dei differenti fenomeni, non è ovviamente rigorosa: essa, tuttavia, rappresenta un mezzo valido, sufficientemente attendibile e ragionevolmente approssimato, per impostare lo studio delle correnti marine. Nel caso specifico, i tipi di corrente possono essere fatti derivare da due gruppi completamente diversi di cause, ed essere di conseguenza raggruppati in due categorie fondamentali:

la componente deterministica della corrente;

la componente non deterministica o stocastica della corrente.

Ad un dato istante il valore $V(t)$ della corrente supponendo trascurabili i termini d'interazione, può quindi essere considerato il risultato della sovrapposizione lineare di due parti fra loro indipendenti:

$$V(t) = V_T(t) + V_S(t) \quad (5.11)$$

La parte deterministica è costituita dalla corrente di marea. La parte stocastica V_s è a sua volta esprimibile come somma di due termini:

$$V_S(t) = V_{Wind}(t) + V_{Slope}(t) \quad (5.12)$$

vale a dire le componenti dovute al vento e quelle da pendenza (slope), dovute alla presenza della costa.

5.6.1 Profilo Verticale di Corrente

La definizione di un profilo di velocità tipico valido in tutte le condizioni non è certo possibile in generale, in quanto l'andamento verticale del campo di velocità è strettamente legato alle caratteristiche circolatorie generali dell'area in esame, alla stagione considerata, alla presenza o meno di stratificazioni del campo di densità, alle continue variazioni dovute all'oscillazione di marea, a fenomeni transienti quali le perturbazioni meteorologiche, fenomeni a piccola scala, etc.

Di conseguenza andrebbe valutato un profilo tipico, o meglio un insieme di profili tipici, per ogni profondità e per ogni mese.

Nelle aree costiere, caratterizzate da acque basse o intermedie, il sistema è essenzialmente barotropico, e ci si limita quindi a prendere in esame un profilo verticale di tipo barotropico, caratterizzato cioè da omogeneità verticale del campo di densità (tale situazione corrisponde, ai fini pratici, alla condizione più energetica).

Per quanto concerne il profilo verticale della corrente, essendo in acque costiere si può utilizzare un "power profile", caratterizzato cioè da una relazione del tipo:

$$\frac{V_{z1}}{V_{z2}} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^{1/n} \quad (5.13)$$

dove V_{z1} è la velocità di corrente al livello z_1 e V_{z2} è la velocità di corrente al livello z_2 , ed n un valore desumibile dai dati sperimentali. Tale coefficiente, per acque basse o intermedie (<100 m) assume in generale valori di n variabili da 4 a 7.

Tenuto conto che non esistono dati locali sul decadimento verticale della velocità di corrente è preferibile adottare il valore $n = 7$, leggermente più cautelativo rispetto agli altri.

6 REGIME ANEMOLOGICO

Il presente capitolo descrive le condizioni tipiche del regime anemologico del sito di largo in esame (paragrafo 6.1) in termini di velocità del vento vs direzione di provenienza e le condizioni estreme per diversi periodi di ritorno (paragrafo 6.2).

6.1 CONDIZIONI TIPICHE

Di seguito si riportano le condizioni tipiche annuali di vento ottenute analizzando la serie temporale estratta dal database ERA5 in prossimità del punto scelto come caratteristico delle condizioni offshore. La Tabella 6.1 e la Figura 6.1 riportano la distribuzione delle frequenze percentuali di accadimento della velocità del vento rispetto alla direzione di provenienza dello stesso. Dalla tabella si evince che le massime velocità ricadono nella classe 17.5-19.5 m/s e provengono dai settori direzionali 300-330°N e 120-150°N; il valore massimo della velocità del vento è pari a 20.6 m/s. I venti prevalenti spirano prevalentemente da nord ovest (circa il 40%) e da sud-est (circa il 28% degli eventi). Circa il 99% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 13.5 m/s, mentre solamente lo 0.5% ricade nelle classi più alte.

Tabella 6.1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Annuale

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - Annual										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.52	1.62	1.44	1.24	0.84	0.38	0.11	0.02	*		8.18
30	1.61	0.77	0.62	0.48	0.26	0.11	0.02	*			3.87
60	1.47	0.47	0.26	0.14	0.08	0.03	0.01				2.43
90	1.83	0.56	0.24	0.11	0.08	0.05	0.01				2.88
120	2.91	2.44	1.64	0.91	0.37	0.16	0.05	0.01	*		8.48
150	3.22	3.22	2.61	1.54	0.78	0.26	0.06	0.02	*		11.72
180	2.61	2.26	1.86	1.08	0.35	0.05	0.01	*			8.22
210	2.07	1.61	1.43	0.93	0.32	0.04	*				6.40
240	1.86	1.10	0.94	0.62	0.25	0.04	*				4.80
270	2.33	1.41	0.75	0.24	0.06	0.01	0.01	*			4.80
300	3.65	5.63	6.23	2.92	0.69	0.19	0.04	0.01	*		19.37
330	4.06	5.07	4.59	3.09	1.44	0.47	0.10	0.03	0.01	*	18.87
TOT.	30.14	26.15	22.60	13.29	5.52	1.77	0.42	0.10	0.01	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

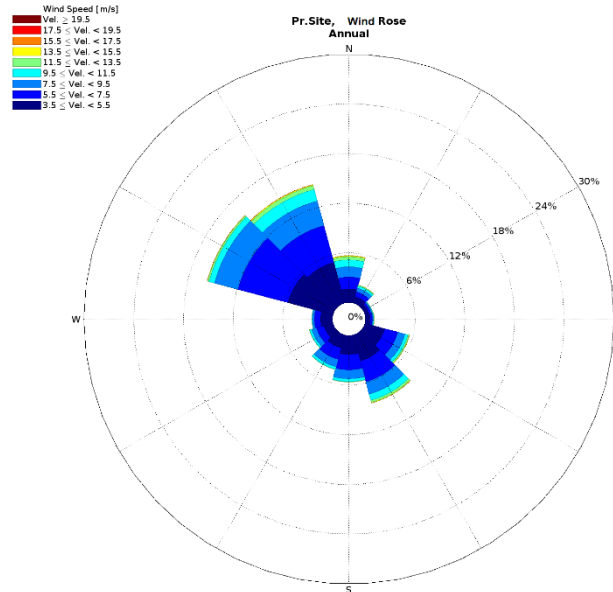


Figura 6.1: Wind_Off, Rosa Annuale del Vento

Le tabelle di distribuzione di frequenza mensile sono riportate in Tabella 6.2-Tabella 6.13 e Figura 6.2-Figura 6.3. Dall'analisi mensile si evince che Luglio ed Agosto sono i mesi caratterizzati dalla minore intensità di vento, i cui valori massimi infatti ricadono nella classe 13.5-15.5 m/s, provenienti da nord ovest. I mesi in cui si verificano le maggiori intensità invece sono Novembre-Marzo, con venti massimi provenienti da nord ovest e sud est.

Tabella 6.2: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Tabella 6.13 Direzione di Provenienza – Gennaio

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - January										TOT.
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	
0	1.83	2.09	2.14	2.23	1.66	1.09	0.42	0.08	0.02	*	11.56
30	1.09	1.25	1.03	0.84	0.56	0.29	0.08				5.13
60	1.04	0.68	0.38	0.19	0.21	0.13	*				2.63
90	1.08	0.50	0.45	0.21	0.20	0.16	0.04				2.64
120	1.84	0.99	0.78	0.62	0.29	0.25	0.07	0.03			4.87
150	2.56	2.60	2.32	2.35	1.23	0.25	0.06	0.03	0.01		11.41
180	2.34	2.67	3.06	2.09	0.65	0.07					10.87
210	2.18	1.78	1.72	1.22	0.43	0.07					7.38
240	1.84	0.99	1.08	0.84	0.29	0.04	0.02				5.10
270	2.11	1.24	0.61	0.28	0.07	0.01	*				4.31
300	3.31	3.87	3.79	2.16	0.63	0.20	0.10	0.03	0.01		14.11
330	3.28	4.07	5.10	4.32	2.31	0.74	0.10	0.04	0.02	*	19.98
TOT.	24.49	22.74	22.45	17.35	8.52	3.28	0.89	0.21	0.06	0.01	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.3: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Febbraio

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - February										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	1.83	2.10	2.41	2.45	1.74	0.86	0.26	0.10			11.75
30	1.51	1.29	1.21	0.99	0.37	0.27	0.06	0.01			5.71
60	1.24	0.66	0.34	0.07	0.05	0.02	*				2.39
90	1.26	0.49	0.30	0.07	0.06	0.02	0.01				2.20
120	1.94	1.68	1.02	0.71	0.43	0.31	0.11	0.01			6.19
150	2.28	2.69	2.48	1.74	1.09	0.54	0.18	0.07	0.01		11.07
180	2.03	2.39	2.74	1.68	0.56	0.13	*				9.54
210	1.61	1.63	2.00	1.41	0.56	0.07	0.01				7.28
240	1.58	1.18	1.06	0.89	0.37	0.03					5.10
270	2.03	1.20	0.63	0.32	0.09	0.02	0.02	*			4.31
300	2.88	4.43	4.68	2.79	0.81	0.25	0.04	0.01			15.88
330	2.75	3.88	4.58	4.27	2.12	0.80	0.12	0.05	0.02	*	18.58
TOT.	22.93	23.61	23.44	17.37	8.24	3.31	0.81	0.25	0.03	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.4: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Marzo

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - March										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	1.74	1.34	1.69	1.73	1.64	0.88	0.20	0.02			9.23
30	1.26	0.70	0.89	0.75	0.52	0.16	0.03				4.30
60	1.20	0.40	0.33	0.17	0.08	0.02	0.01				2.19
90	1.51	0.78	0.36	0.16	0.08	0.04	0.03	*			2.95
120	2.43	2.30	1.80	1.25	0.54	0.27	0.09	0.02	*		8.71
150	2.69	2.84	2.78	1.79	1.19	0.54	0.04	0.02			11.88
180	2.38	2.62	2.09	1.39	0.41	0.03	*				8.93
210	2.25	2.14	1.99	1.44	0.50	0.05	0.01				8.37
240	1.95	1.58	1.38	0.94	0.33	0.07	*				6.25
270	2.20	1.70	0.81	0.22	0.05	0.01	0.01				5.00
300	3.01	4.95	5.40	2.46	0.70	0.19	0.08	0.02			16.82
330	2.73	3.14	3.79	3.09	1.69	0.60	0.17	0.14	0.01	0.01	15.36
TOT.	25.35	24.48	23.31	15.40	7.73	2.86	0.66	0.21	0.01	0.01	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.5: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Aprile

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - April										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.07	1.12	1.19	1.07	0.67	0.19	0.01				6.32
30	1.34	0.51	0.38	0.42	0.13	0.01	*				2.79
60	1.47	0.44	0.24	0.17	0.07	0.01	*				2.41
90	2.06	0.76	0.23	0.11	0.08	0.04	0.01				3.29
120	3.22	3.37	2.62	1.63	0.70	0.19	0.02				11.75
150	3.58	4.58	3.58	1.73	1.00	0.18	0.05				14.68
180	2.98	2.78	1.99	0.81	0.17	0.01					8.73
210	2.04	2.02	1.78	0.90	0.24	0.01					6.99
240	1.98	1.37	1.33	0.77	0.18	0.01					5.64
270	2.32	1.83	1.21	0.30	0.07	0.01	0.01				5.74
300	3.15	5.06	6.06	3.59	1.05	0.30	0.04				19.25
330	3.00	2.85	2.49	2.19	1.36	0.47	0.05	*			12.40
TOT.	29.21	26.69	23.10	13.69	5.72	1.41	0.18				100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.6: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Maggio

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - May										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.24	1.02	0.80	0.56	0.22	0.07	*	*			4.898
30	1.47	0.35	0.24	0.14	0.01	0.01					2.222
60	1.47	0.19	0.05	*	0.01						1.713
90	1.94	0.67	0.10	0.06	0.06	*					2.826
120	3.60	3.65	2.42	1.40	0.45	0.13	0.02				11.662
150	4.06	3.66	2.40	0.98	0.25	0.05	0.03	*			11.434
180	3.11	2.38	0.86	0.17	0.02	0.01		*			6.545
210	2.53	1.79	1.27	0.62	0.28	0.06					6.536
240	2.61	1.77	1.01	0.59	0.18	0.02					6.192
270	3.53	2.39	1.20	0.28	0.10	0.02	*				7.511
300	4.57	6.74	8.03	4.06	0.67	0.05	0.01	*			24.125
330	3.82	4.01	3.01	1.97	0.99	0.39	0.11	0.02			14.335
TOT.	34.94	28.62	21.38	10.82	3.24	0.81	0.17	0.03			100.000

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.7: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Giugno

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - June										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.95	1.32	0.80	0.47	0.12	*					5.66
30	1.68	0.42	0.18	0.09	0.07						2.44
60	1.59	0.27	0.03	0.01	*						1.90
90	2.48	0.53	0.15	0.01							3.16
120	3.84	2.82	1.76	0.81	0.13	0.01					9.38
150	4.15	3.11	1.67	0.38	0.11	0.01					9.42
180	3.69	2.02	0.68	0.08							6.46
210	2.71	1.51	0.83	0.19	0.04						5.27
240	2.52	1.16	0.90	0.36	0.19	0.01					5.13
270	3.20	2.08	1.01	0.17	0.03	*					6.49
300	4.53	8.47	9.23	3.61	0.56	0.09	0.03	0.01			26.51
330	4.55	5.46	4.34	2.32	1.13	0.30	0.04	0.02	*		18.17
TOT.	37.88	29.16	21.56	8.49	2.38	0.43	0.07	0.03	*		100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.8: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Luglio

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - July										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.93	1.49	1.05	0.73	0.12	0.01					6.31
30	1.79	0.48	0.26	0.09	0.04						2.66
60	1.54	0.15	0.08	0.01							1.77
90	2.13	0.36	0.04	0.01							2.53
120	3.06	2.44	1.18	0.42	0.02						7.10
150	3.14	2.59	1.31	0.21	0.02						7.27
180	2.69	1.76	0.44	0.06							4.95
210	2.62	1.26	0.61	0.17	0.05	*					4.71
240	2.19	0.84	0.59	0.42	0.21	0.03					4.28
270	2.94	1.64	0.76	0.14	0.05	0.01					5.54
300	5.01	8.24	9.74	4.87	0.91	0.11					28.88
330	5.08	7.28	6.22	3.80	1.24	0.35	0.02				23.99
TOT.	35.10	28.51	22.27	10.93	2.67	0.51	0.02				100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.9: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Agosto

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - August										TOT.
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	
0	3.59	1.62	0.74	0.35	0.16	0.04					6.50
30	1.95	0.53	0.26	0.06	0.02	*					2.82
60	1.66	0.24	0.07								1.97
90	2.26	0.31	0.05	*							2.62
120	3.51	2.66	1.50	0.47	0.07						8.20
150	3.22	2.84	1.33	0.28	0.03						7.70
180	2.94	1.35	0.45	0.08	0.01						4.84
210	2.14	1.19	0.56	0.26	0.04	*					4.20
240	2.05	0.73	0.61	0.29	0.14	0.02					3.84
270	3.03	1.19	0.66	0.28	0.04	0.01					5.20
300	4.92	7.84	10.03	3.96	0.81	0.12	0.02				27.69
330	5.54	7.45	6.66	3.18	1.25	0.28	0.07				24.41
TOT.	36.80	27.95	22.92	9.22	2.56	0.47	0.09				100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.10: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Settembre

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - September										TOT.
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	
0	3.62	1.97	1.50	0.88	0.31	0.03					8.29
30	2.37	0.83	0.47	0.28	0.11	0.01					4.06
60	2.06	0.51	0.28	0.12	0.02	*	*				3.00
90	2.34	0.62	0.14	0.05	0.02	0.01	*				3.18
120	3.45	3.25	2.05	0.80	0.17	0.06					9.79
150	3.50	3.71	2.58	1.03	0.27	0.03	0.01				11.13
180	2.66	1.84	1.27	0.28	0.06	0.01	0.01				6.12
210	1.79	1.61	1.42	0.97	0.21	0.03					6.02
240	1.39	0.85	0.76	0.57	0.21	0.05					3.82
270	1.57	0.79	0.52	0.19	0.03						3.09
300	3.31	5.51	5.94	2.29	0.34	0.09	0.02	0.01			17.52
330	5.58	8.00	6.06	3.07	0.93	0.28	0.05	*			23.97
TOT.	33.64	29.49	22.99	10.53	2.67	0.58	0.09	0.01			100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.11: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Ottobre

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - October										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	3.00	1.69	1.33	1.09	0.72	0.12	0.04	0.02			7.99
30	2.16	1.06	0.78	0.59	0.25	*					4.83
60	2.03	0.80	0.35	0.21	0.08	0.02					3.48
90	2.34	0.71	0.33	0.16	0.15	0.09					3.76
120	3.88	3.15	2.24	1.04	0.48	0.10	0.02				10.91
150	3.83	4.03	4.11	2.39	0.78	0.23	0.07	0.03	0.01		15.47
180	2.04	2.12	2.40	0.98	0.29	0.03					7.85
210	1.61	1.40	1.45	1.14	0.27	0.02					5.89
240	1.27	0.74	0.89	0.40	0.17	0.02	*				3.49
270	1.52	0.71	0.38	0.13	0.05	0.01	*				2.80
300	3.45	4.73	4.63	1.63	0.59	0.13	0.02	*	*		15.18
330	5.06	5.61	4.14	2.13	1.04	0.23	0.05	0.08	*		18.35
TOT.	32.17	26.74	23.01	11.87	4.85	1.00	0.20	0.14	0.01		100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.12: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Novembre

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - November										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	2.55	1.83	1.55	1.07	0.69	0.43	0.10	0.01	*		8.22
30	1.51	0.87	0.82	0.70	0.28	0.10	0.01	*	*		4.30
60	1.32	0.58	0.53	0.27	0.15	0.04	0.04	*			2.93
90	1.50	0.54	0.40	0.28	0.17	0.07	0.04				3.00
120	2.49	1.90	1.55	1.04	0.64	0.27	0.11	0.03	*		8.03
150	3.03	3.61	4.15	3.37	1.84	0.67	0.15	0.04	*		16.86
180	2.21	2.94	3.19	2.47	1.00	0.15	0.03				11.99
210	1.73	1.63	1.78	1.32	0.58	0.05					7.09
240	1.26	0.99	0.72	0.59	0.31	0.03					3.91
270	1.54	0.92	0.45	0.20	0.04	0.02	0.01	*			3.18
300	2.65	3.79	3.37	1.56	0.62	0.34	0.04	0.01			12.37
330	3.93	5.12	4.05	2.96	1.20	0.62	0.20	0.03			18.10
TOT.	25.72	24.72	22.57	15.83	7.51	2.79	0.73	0.13	0.01		100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 6.13: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza – Dicembre

Dir (°N)	Project Site - Wind Speed (m/s) - December										
	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	> 19.5	TOT.
0	1.94	1.86	2.18	2.34	2.10	0.92	0.27	0.01	*		11.62
30	1.21	1.00	0.90	0.79	0.74	0.50	0.08	0.01			5.24
60	0.97	0.67	0.46	0.38	0.25	0.07	*				2.81
90	1.04	0.43	0.31	0.25	0.19	0.12	0.02				2.35
120	1.58	1.06	0.80	0.69	0.53	0.29	0.13	0.02			5.10
150	2.56	2.44	2.60	2.29	1.59	0.62	0.20	0.05	0.01		12.37
180	2.28	2.29	3.23	2.89	1.06	0.13	0.03	0.01			11.90
210	1.61	1.36	1.79	1.55	0.71	0.09					7.12
240	1.60	1.03	0.89	0.77	0.38	0.10	*				4.78
270	1.94	1.16	0.73	0.38	0.12	0.03	0.01	0.01	*		4.37
300	2.94	3.85	3.75	2.05	0.61	0.38	0.11	0.03			13.73
330	3.33	3.93	4.65	3.79	2.03	0.61	0.26	0.01	0.01	*	18.61
TOT.	23.02	21.07	22.29	18.17	10.31	3.86	1.12	0.15	0.02	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

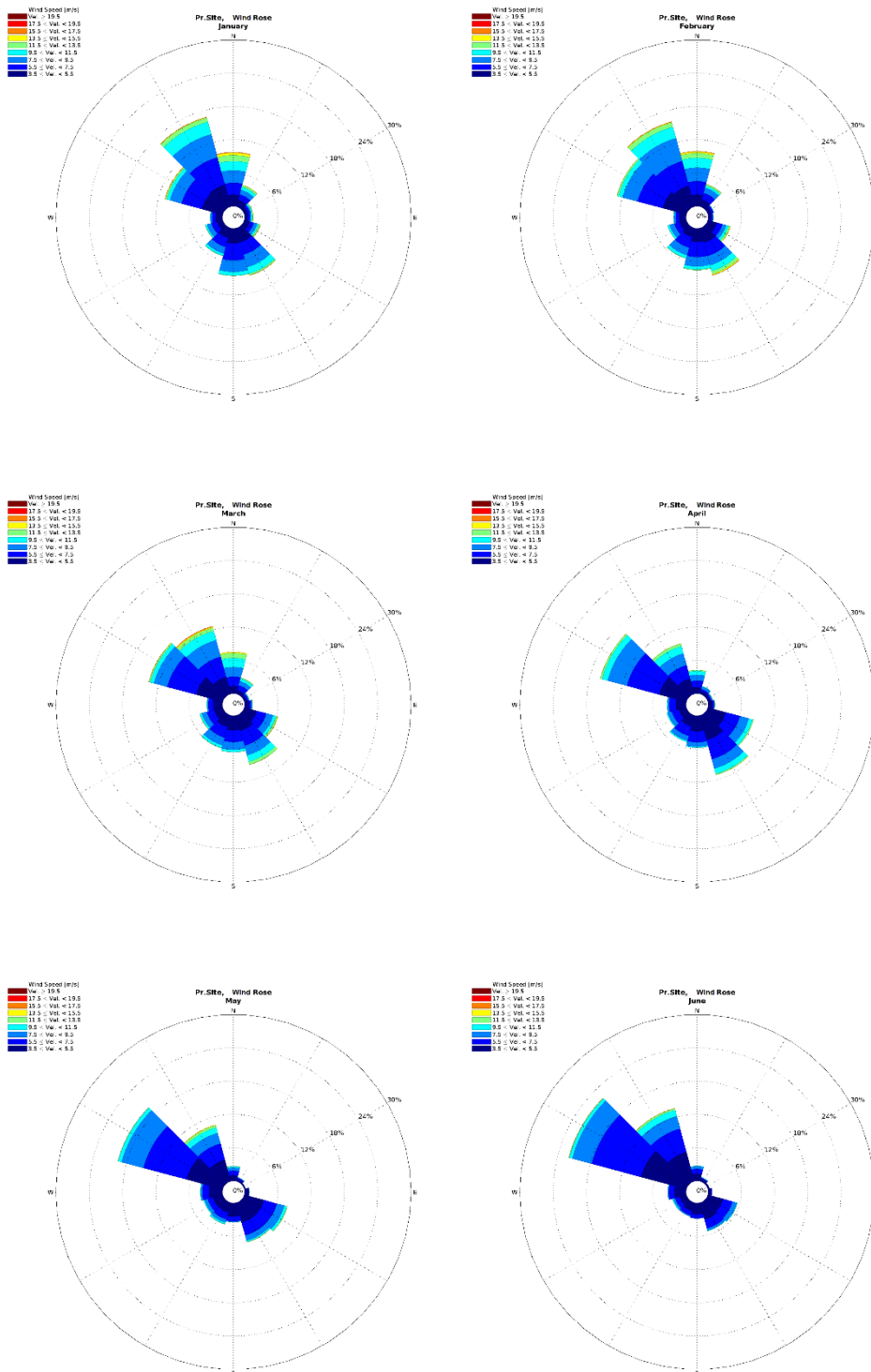


Figura 6.2: Rosa del Vento, Gennaio - Giugno

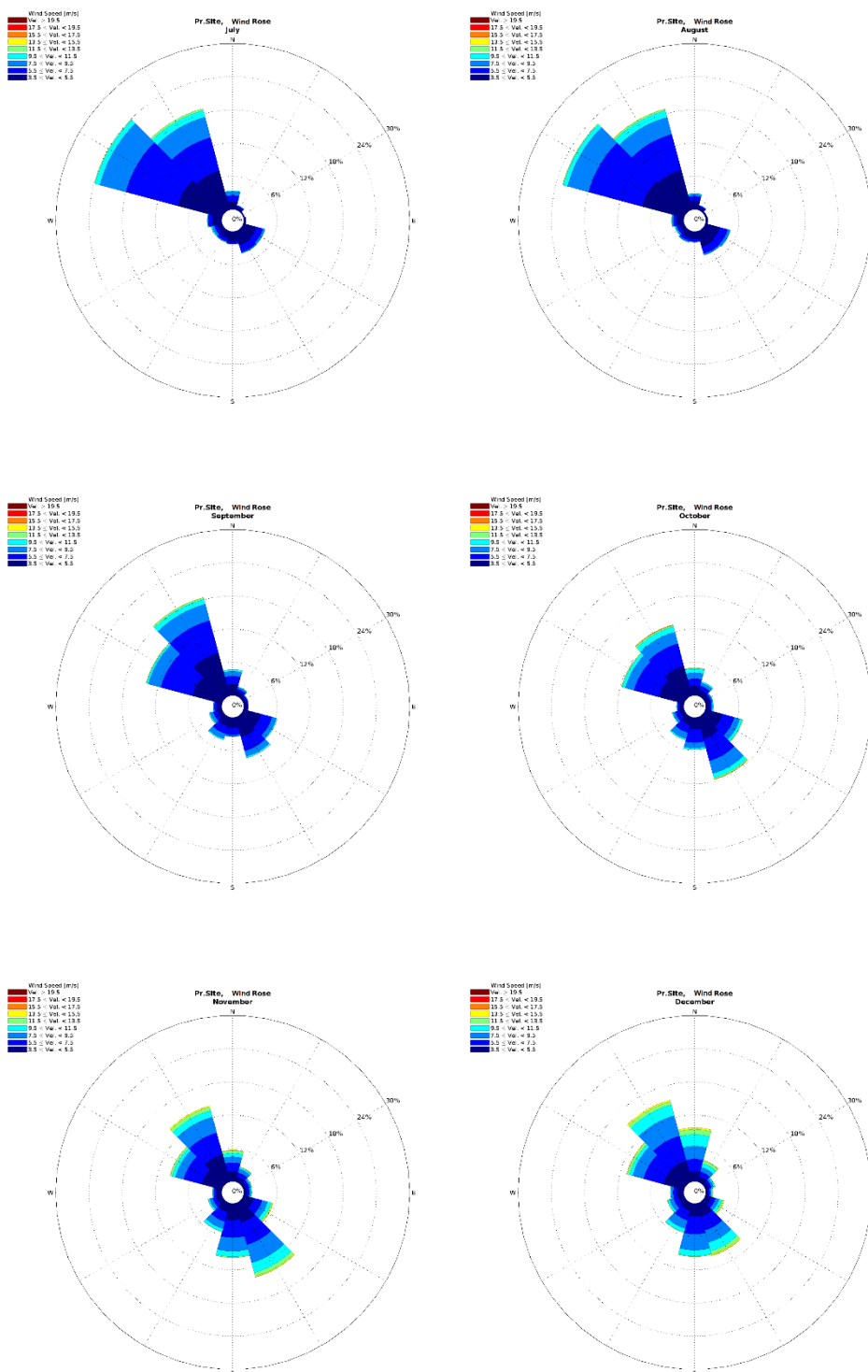


Figura 6.3: Rosa del Vento, Luglio - Dicembre

6.2 CONDIZIONI ESTREME

La Tabella 6.14 riporta i valori estremi omnidirezionali della velocità del vento riferiti alla durata di 1 ora e alla quota di 10 m sul livello medio del mare, espressi in m/s, ottenuti utilizzando l'intera serie di vento (i.e. Global Method) e la distribuzione di Weibull bi-parametrica (Figura 6.4), relativi ai periodi di ritorno di 1, 10, 50 e 100 anni.

Tabella 6.14: Valori Estremi Omnidirezionali della Velocità del Vento (m/s) a 10 m di Quota sul Livello Medio del Mare per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni

Dir(°N)	Project Site - Wind Speed Extreme Value (m/s)			
	1	10	50	100
OMNI	18.0	20.3	21.7	22.3

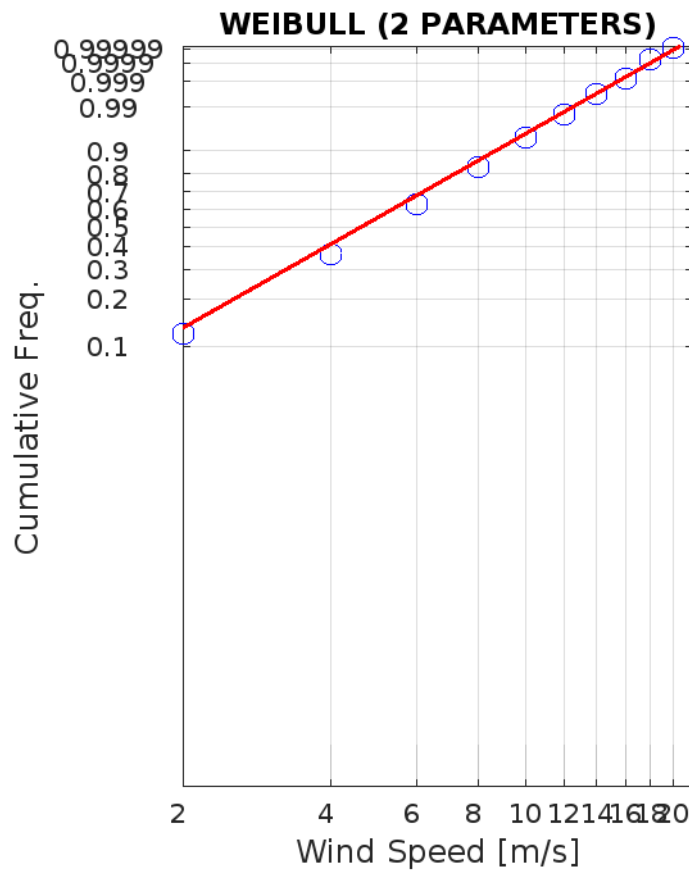


Figura 6.4: Fitting dei Dati di Vento con Distribuzione Bi-parametrica di Weibull

7 CARATTERIZZAZIONE DEL MOTO ONDOSO

In questo capitolo è riportata la descrizione del regime di moto ondoso. In particolare, il paragrafo 8 riporta la relazione H_s - T_p , il paragrafo 7.1 descrive le condizioni tipiche di onda in termini di altezza significativa e periodo di picco vs direzione di provenienza, mentre nel paragrafo 7.2 sono riportate le condizioni estreme per diversi periodi di ritorno.

La Figura 7.1 rappresenta lo scatter plot dell'altezza significativa rispetto al periodo di picco per i dati di onda proveniente dal dataset CMEMS. La relazione che lega le due grandezze è ben rappresentata dalla relazione di Boccotti [17]:

$$H_s = 0.055 * T_p^2$$

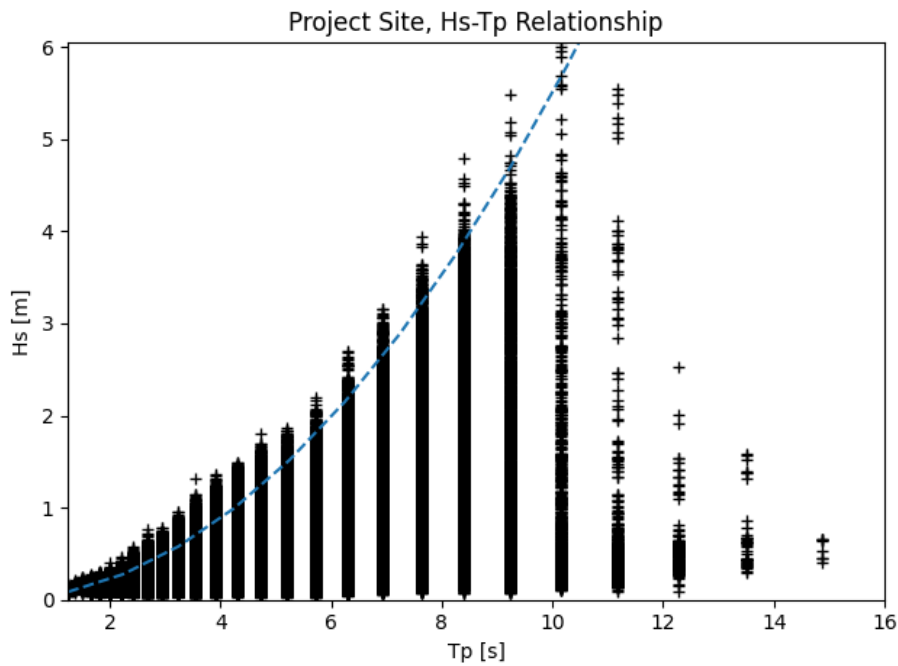


Figura 7.1: Scatter Plot Altezza d'Onda Significativa – Periodo di Picco

7.1 CONDIZIONI TIPICHE

Di seguito si riportano le condizioni tipiche annuali di onda ottenute analizzando le serie temporali estratte dal database CMEMS.

La

Tabella 7.1 e la Figura 7.2 riportano la distribuzione delle frequenze percentuali di accadimento degli eventi di onda in termini di altezza significativa rispetto alla direzione di provenienza media, relativa ai dati CMEMS. Circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 2.7 m, mentre soltanto l' 1% delle onde risultano maggiori di tale valore. Le onde provengono prevalentemente da sud/ovest (circa il 45% degli eventi), caratterizzati da onde alte fino a un massimo di 6 m e da un secondo settore di provenienza, il sud, caratterizzato da onde più basse, fino a 5.2 m di altezza, con il 37% degli eventi .

La Tabella 7.2 riporta la distribuzione delle altezze d'onda rispetto ai periodi di picco. I periodi caratterizzati da una maggior frequenza di accadimento sono compresi tra 2 e 6 s, per un totale di circa il 90% degli eventi. I periodi di picco massimi ricadono nella classe dei 14 s e sono più frequentemente associati ad altezze d'onda molto basse.

Tabella 7.1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Annuale

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - Annual													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.09	1.45	0.79	0.09										2.41
30	0.05	0.41	0.08	*										0.54
60	0.03	0.14	0.02	*										0.19
90	0.03	0.13	0.02	*										0.17
120	0.04	0.22	0.03	0.01										0.30
150	0.35	2.23	0.91	0.32	0.07	0.01	*							3.88
180	1.32	9.36	5.58	2.33	0.80	0.24	0.08	0.04	0.01	*	*			19.75
210	2.34	11.13	2.69	1.05	0.47	0.22	0.09	0.06	0.02	*	*			18.06
240	3.23	13.75	6.93	3.78	1.83	0.93	0.37	0.14	0.05	0.02	*	*	*	31.03
270	3.11	9.32	1.37	0.30	0.15	0.09	0.05	0.02	0.01	*	*	*		14.42
300	0.72	4.38	0.73	0.15	0.05	0.02								6.04
330	0.16	1.78	0.99	0.27	0.02									3.21
TOT.	11.46	54.28	20.13	8.28	3.37	1.51	0.59	0.25	0.09	0.02	0.01	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

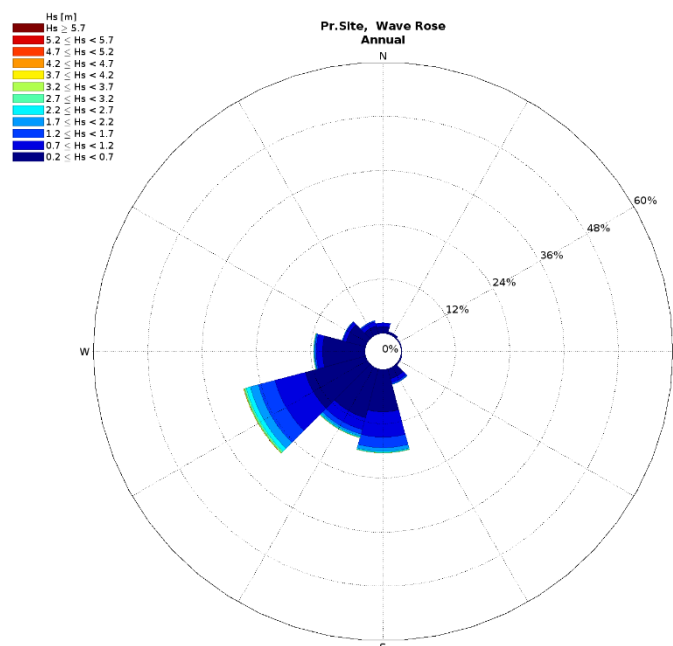


Figura 7.2: Rosa Annuale delle Onde

Tabella 7.2: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Periodo di Picco – Annuale

Tp (s)	Project Site - SWH [m] - Annual													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
2	4.56	6.76	0.01											11.34
4	5.06	27.99	4.36	0.34										37.76
6	1.59	17.12	14.00	5.61	1.48	0.31	0.03							40.14
8	0.17	1.69	1.56	2.18	1.76	1.10	0.46	0.16	0.04	*				9.13
10	0.07	0.48	0.18	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.05	0.02	0.01	*	*	1.34
12	0.02	0.21	0.02	0.01	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.28
14	*	0.02	*	*										0.02
TOT.	11.46	54.28	20.13	8.28	3.37	1.51	0.59	0.25	0.09	0.02	0.01	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

Le tabelle di distribuzione di frequenza mensile sono riportate in Tabella 7.3-Tabella 7.14 e Figura 7.3-Figura 7.4. Dall'analisi mensile si evince che Giugno ed Agosto sono i mesi caratterizzati dalle altezze d'onda minori, i cui valori massimi infatti ricadono nella classe 3.7 m, provenienti da sud/ovest. I mesi in cui si verificano le maggiori intensità invece sono Novembre-Gennaio, con valori provenienti sempre da sud/ovest.

Tabella 7.3: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Gennaio

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - January													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.23	3.01	2.19	0.28										5.72
30	0.09	0.74	0.27											1.10
60	0.06	0.26	0.02											0.34
90	0.04	0.27	0.01											0.32
120	0.06	0.43	0.09											0.58
150	0.46	4.34	1.57	0.38	0.07									6.82
180	1.96	6.85	6.59	2.83	1.18	0.25	0.03							19.70
210	1.95	7.75	3.23	1.62	0.79	0.31	0.07	0.01	0.01					15.74
240	2.81	10.54	7.19	5.04	2.59	1.37	0.53	0.23	0.16	0.06	0.01	*	*	30.52
270	2.80	3.51	1.07	0.55	0.30	0.23	0.14	0.06	0.03					8.70
300	0.84	3.08	0.68	0.36	0.11	0.02								5.09
330	0.41	2.54	1.63	0.79										5.36
TOT.	11.71	43.32	24.53	11.86	5.04	2.18	0.78	0.30	0.20	0.06	0.01	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.4: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Febbraio

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - February													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.09	2.67	1.28	0.14										4.17
30	0.05	0.71	0.14											0.90
60	0.01	0.21	0.05											0.27
90	0.03	0.25	0.02											0.30
120	0.05	0.36	0.03											0.44
150	0.34	2.68	1.32	0.43	0.15	0.01	0.01							4.94
180	1.72	7.58	5.44	2.50	1.10	0.37	0.05	0.01						18.76
210	1.49	8.25	4.25	1.78	0.71	0.46	0.24	0.11						17.28
240	1.92	9.82	7.31	4.49	2.32	1.49	0.62	0.31	0.04					28.31
270	1.56	5.64	1.46	0.36	0.27	0.18	0.13	0.06	0.02					9.67
300	0.76	5.73	1.08	0.28	0.15	0.01								8.00
330	0.26	3.69	2.42	0.58										6.95
TOT.	8.28	47.59	24.80	10.55	4.69	2.52	1.04	0.47	0.05					100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.5: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Marzo

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - March													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.04	1.95	1.12	0.17										3.28
30	0.07	0.79	0.13	0.01										0.99
60	0.05	0.32	0.02	0.01										0.39
90	0.02	0.16	0.01	0.01										0.20
120	0.05	0.16	0.02	0.01										0.25
150	0.49	2.36	1.21	0.67	0.21	0.03								4.97
180	0.90	10.29	5.76	1.95	0.68	0.31	0.11	0.01	0.02					20.04
210	1.34	11.30	3.13	1.66	0.64	0.35	0.13	0.03	0.01					18.59
240	1.60	9.96	7.71	5.34	2.55	1.14	0.47	0.21	0.10					29.08
270	1.62	8.14	1.20	0.34	0.14	0.09	0.04	0.01	0.01					11.58
300	0.36	3.97	0.81	0.23	0.08	0.07	0.01							5.52
330	0.13	2.53	1.79	0.59	0.08									5.11
TOT.	6.66	51.92	22.92	10.99	4.38	1.99	0.74	0.26	0.13					100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.6: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Aprile

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - April													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.08	0.86	0.38											1.32
30	0.04	0.08	0.01											0.12
60		0.01												0.01
90	0.02	0.02	0.01											0.04
120		0.05	0.03											0.07
150	0.05	1.16	1.01	0.38	0.14	0.03								2.76
180	0.69	11.38	8.12	3.13	0.74	0.14								24.21
210	1.39	12.32	3.46	1.17	0.29	0.12	0.04							18.79
240	1.67	11.92	7.57	4.37	1.94	1.09	0.27							28.83
270	2.63	11.09	1.87	0.36	0.08	0.04	0.04							16.10
300	0.31	4.02	0.84	0.17	0.01									5.36
330	0.07	1.67	0.64	0.03										2.40
TOT.	6.94	54.56	23.92	9.59	3.21	1.42	0.35							100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.7: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Maggio

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - May													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.03	0.75	0.10											0.88
30	0.01	0.04												0.06
60		0.01												0.00
90		0.03												0.03
120	0.01	0.09												0.10
150	0.06	0.83	0.62	0.12										1.63
180	0.92	11.39	5.48	1.07	0.15									19.01
210	2.51	13.65	2.51	0.59	0.19	0.04	0.01							19.49
240	3.10	16.94	6.96	3.01	1.40	0.43	0.14	0.19	0.06	0.04	0.01			32.26
270	3.43	12.62	1.57	0.10	0.06	0.02								17.79
300	0.52	5.05	1.01	0.12										6.70
330	0.08	1.66	0.31	0.01										2.05
TOT.	10.67	63.04	18.54	5.01	1.80	0.49	0.15	0.19	0.06	0.04	0.01			100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.8: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Giugno

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - June													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.02	0.27	0.04											0.33
30	0.02	0.07												0.08
60	0.01	0.01												0.02
90	0.01	0.01												0.02
120	0.01													0.01
150	0.08	0.32	0.19	0.07	0.01									0.66
180	0.70	8.80	3.43	0.71	0.22	0.03								13.88
210	3.27	15.92	2.12	0.11	0.01									21.43
240	3.47	20.23	5.89	2.31	0.83	0.32	0.11	0.01						33.17
270	3.34	17.38	1.71	0.12	0.05	0.01								22.61
300	0.60	5.69	0.60	0.02										6.90
330	0.03	0.72	0.15											0.90
TOT.	11.55	69.41	14.12	3.32	1.12	0.36	0.11	0.01						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.9: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Luglio

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - July													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.02	0.49	0.01											0.51
30	0.02	0.04												0.05
60		0.01												0.01
90	0.01													0.01
120	0.01													0.01
150	0.02	0.28	0.07											0.37
180	0.29	5.67	2.32	0.50	0.01									8.79
210	2.43	14.38	1.22	0.19	0.01	0.01								18.22
240	5.78	23.19	8.83	3.18	0.88	0.32	0.19	0.03	0.02					42.41
270	4.10	15.16	2.09	0.11	0.08	0.02								21.56
300	0.98	5.40	0.75											7.12
330	0.03	0.75	0.14	0.04										0.96
TOT.	13.67	65.36	15.41	4.01	0.97	0.34	0.19	0.03	0.01					100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.10: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Agosto

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - August													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.03	0.47	0.07											0.57
30	0.01	0.01												0.01
60	0.02	0.02												0.03
90	0.01	0.01												0.01
120		0.04												0.03
150		0.17	0.07	0.03										0.26
180	0.26	7.51	2.56	0.31	0.05									10.70
210	2.63	14.02	1.22	0.11										17.98
240	5.82	21.05	6.15	2.81	1.06	0.35	0.07	0.01						37.32
270	5.69	16.84	1.48	0.15	0.01									24.16
300	0.81	6.37	0.47	0.01	0.01									7.67
330	0.08	1.05	0.12											1.24
TOT.	15.35	67.55	12.14	3.42	1.12	0.35	0.07	0.01						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.11: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Settembre

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - September													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.11	1.26	0.11											1.48
30	0.08	0.49	0.02											0.58
60	0.04	0.17	0.03											0.23
90	0.04	0.09												0.13
120	0.08	0.22												0.30
150	0.60	1.97	0.51	0.12										3.19
180	2.29	8.44	5.31	2.30	0.44	0.05								18.83
210	3.10	11.19	2.23	0.56	0.15									17.24
240	3.87	13.87	6.98	3.56	1.62	0.88	0.28	0.05						31.11
270	5.06	10.26	1.00	0.16	0.11	0.10	0.02	0.01						16.72
300	1.33	5.21	0.76	0.11	0.02									7.42
330	0.23	1.66	0.82	0.07										2.77
TOT.	16.83	54.81	17.76	6.87	2.34	1.03	0.30	0.06						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.12: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Ottobre

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - October													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.14	1.14	0.70											1.99
30	0.04	0.48	0.05											0.56
60	0.03	0.08	0.07	0.01										0.18
90	0.05	0.11	0.07	0.01										0.23
120	0.08	0.27	0.09	0.03										0.46
150	1.16	3.54	1.06	0.48	0.03	0.01								6.27
180	2.61	13.88	7.52	3.84	0.96	0.24	0.09	0.08	0.01	0.01	0.01	0.02		29.25
210	3.73	11.52	2.35	0.75	0.41	0.10	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02			18.97
240	3.79	10.94	5.94	2.64	1.23	0.54	0.28	0.05	0.01	0.02				25.44
270	4.02	4.16	0.79	0.36	0.11	0.02	0.03	0.01						9.49
300	0.81	2.85	0.55	0.14	0.04									4.39
330	0.23	1.32	1.08	0.14	0.01									2.77
TOT.	16.67	50.29	20.26	8.39	2.78	0.91	0.41	0.16	0.04	0.05	0.02	0.01		100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.13: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Novembre

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - November													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.11	1.53	1.27	0.13										3.04
30	0.09	0.83	0.19											1.11
60	0.05	0.36	0.01	0.01										0.42
90	0.06	0.30	0.04	0.01										0.40
120	0.07	0.47	0.06	0.02										0.61
150	0.45	4.27	1.68	0.62	0.11	0.04	0.01							7.18
180	2.22	10.67	7.39	5.22	2.85	0.91	0.47	0.22	0.03					29.96
210	2.48	8.03	3.58	2.50	1.19	0.67	0.30	0.23	0.10	0.01				19.08
240	2.53	7.52	6.50	4.13	2.60	1.33	0.65	0.24	0.07	0.05	0.03	*	*	25.65
270	1.29	3.16	0.86	0.40	0.20	0.08	0.05	0.03	0.02					6.09
300	0.42	2.28	0.45	0.15	0.08	0.02								3.40
330	0.15	1.42	1.11	0.39	0.01									3.07
TOT.	9.92	40.82	23.12	13.55	7.03	3.04	1.48	0.72	0.22	0.06	0.03	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 7.14: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento dell'Altezza d'Onda Significativa vs Direzione di Provenienza – Dicembre

Dir (°N)	Project Site - SWH [m] - December													TOT.
	0.20	0.70	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70	4.20	4.70	5.20	5.70	> 5.70	
0	0.16	2.98	2.15	0.29										5.58
30	0.09	0.71	0.16											0.96
60	0.06	0.26	0.04											0.35
90	0.04	0.27	0.03											0.33
120	0.06	0.59	0.07	0.01										0.72
150	0.55	4.78	1.57	0.50	0.12	0.02								7.54
180	1.33	9.72	7.01	3.63	1.23	0.55	0.23	0.18	0.02	0.01				23.91
210	1.79	5.09	3.06	1.57	1.18	0.63	0.31	0.27	0.12					14.01
240	2.45	8.92	6.06	4.44	2.92	1.88	0.83	0.36	0.16	0.04	0.01	0.02	0.02	28.09
270	1.79	3.89	1.35	0.55	0.35	0.33	0.11	0.04	0.05	0.02	0.01	0.02		8.51
300	0.92	2.98	0.71	0.23	0.09	0.07								4.99
330	0.27	2.33	1.72	0.60	0.09	0.01								5.01
TOT.	9.49	42.53	23.92	11.81	5.97	3.48	1.47	0.85	0.35	0.07	0.01	0.04	0.02	100.00

* Value lower than 0.01 %

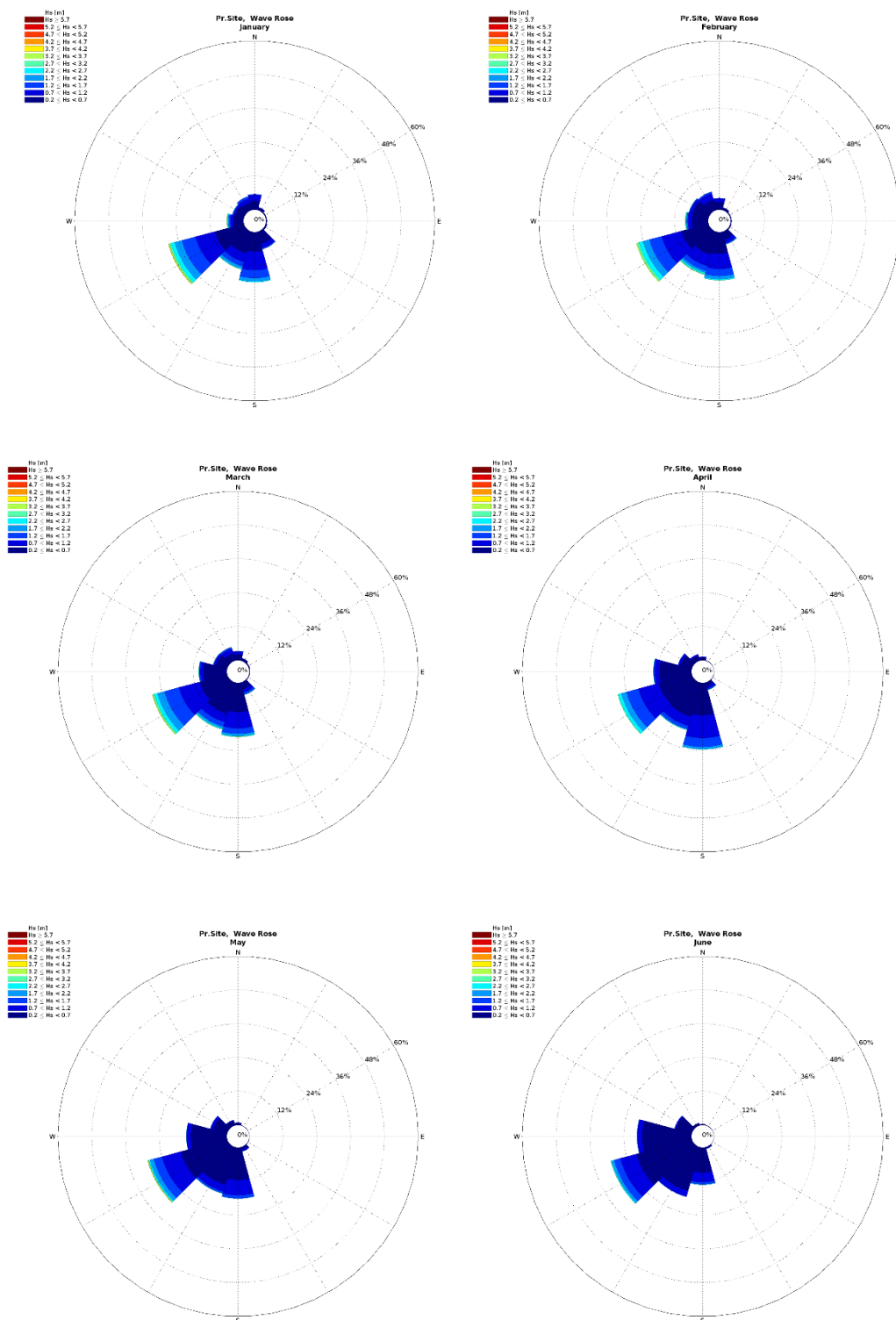


Figura 7.3: Rose delle Onde, Gennaio - Giugno

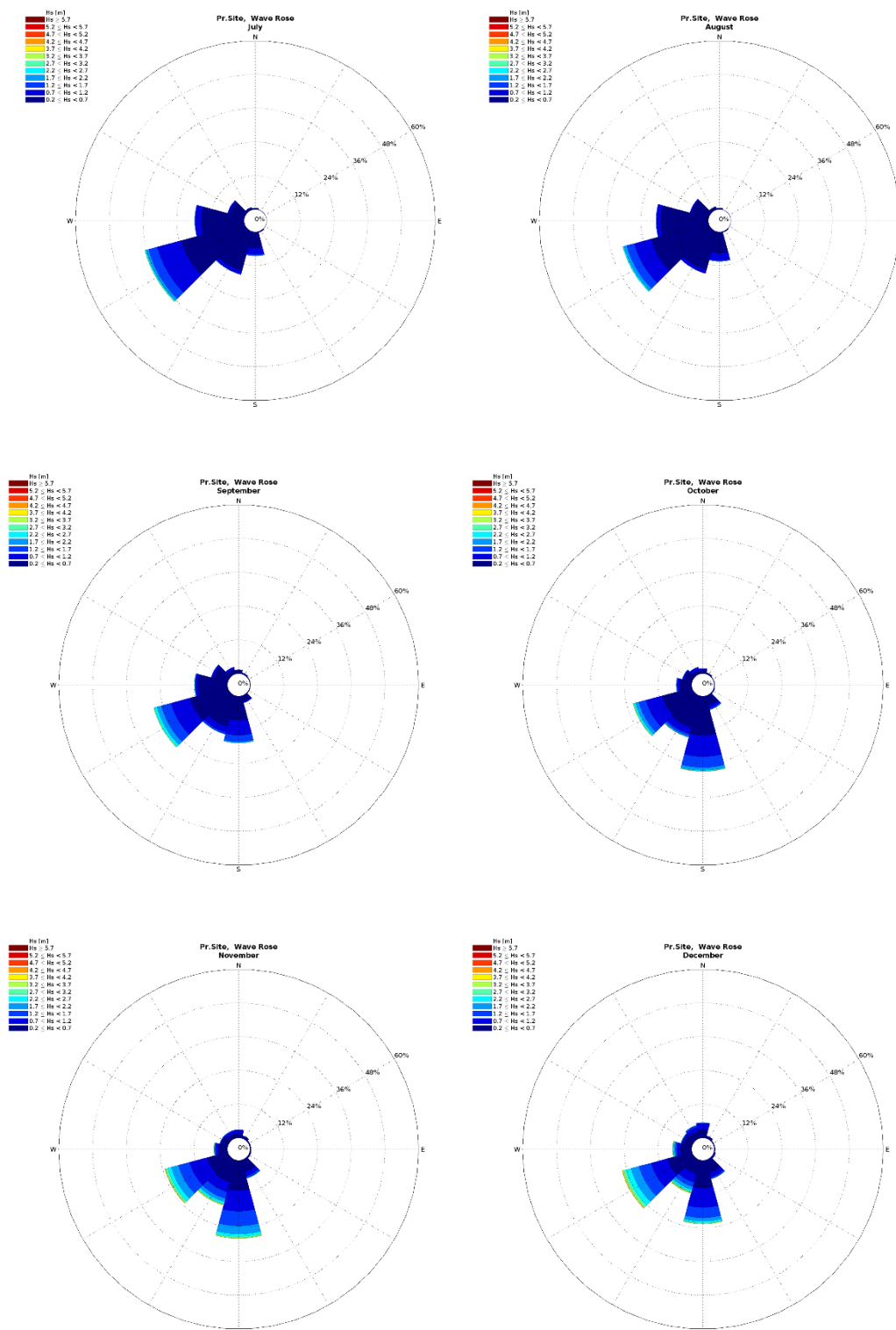


Figura 7.4: Rose delle Onde, Luglio - Dicembre

7.2 CONDIZIONI ESTREME

La Tabella 7.15 riporta i valori estremi omnidirezionali della velocità del vento riferiti alla durata di 1 ora e alla quota di 10 m sul livello medio del mare, espressi in m/s, ottenuti utilizzando l'intera serie di vento (i.e. Global Method) e la distribuzione di Weibull bi-parametrica (Figura 7.5), relativi ai periodi di ritorno di 1, 10, 50 e 100 anni.

Tabella 7.15: Valori Estremi Omnidirezionali delle Altezze d'Onda Significative per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni

Dir(°N)	Project Site - SWH Extreme Value [m]			
	1	10	50	100
OMNI	5.1	6.2	6.9	7.3

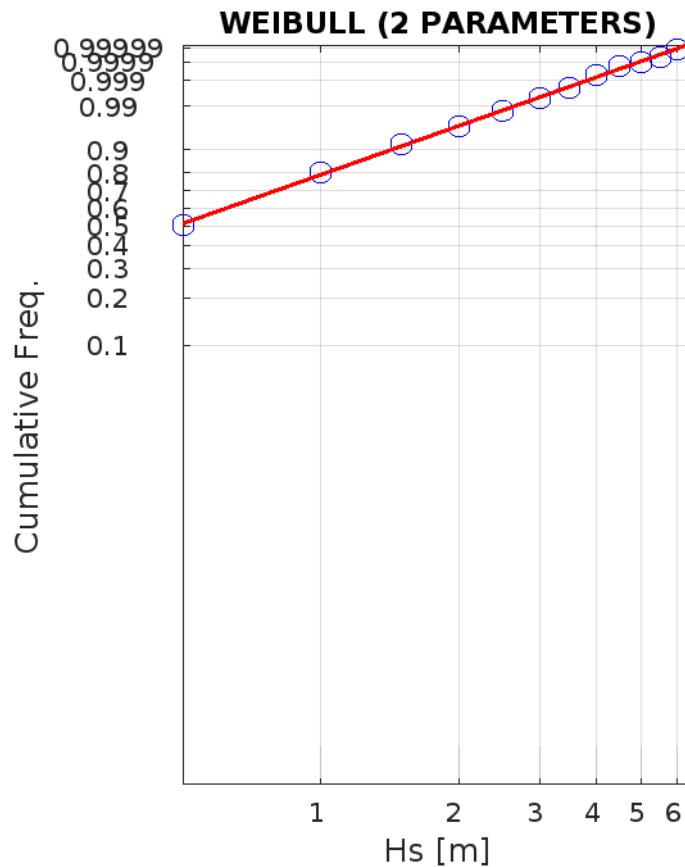


Figura 7.5: Fitting dei Dati di Altezza d'Onda Significativa con Distribuzione Biparametrica di Weibull

8 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

Nel presente capitolo è riportata una descrizione della variazione del livello marino, in riferimento all'oscillazione della marea astronomica.

Le Figura 8.1 e Figura 8.2 riportano l'oscillazione del livello marino dovuta alla marea astronomica per il singolo mese, allo scopo di rappresentare l'oscillazione mensile, rispettivamente per la località di Vieste e Pelagosa. I valori sono riferiti al livello medio del mare. L'escursione di marea è circa pari a 38 cm, da un minimo di -0.16 m.s.l.m. ad un massimo di circa 0.19 m.s.l.m. per la località di Vieste, mentre è di 45 cm per la stazione di Pelagosa, da un minimo di -0.22 m.s.l.m. ad un massimo di 0.22 m.s.l.m.

Il regime è semidiurno, caratterizzato quindi da due alte e due basse maree nell'arco di 24 ore.

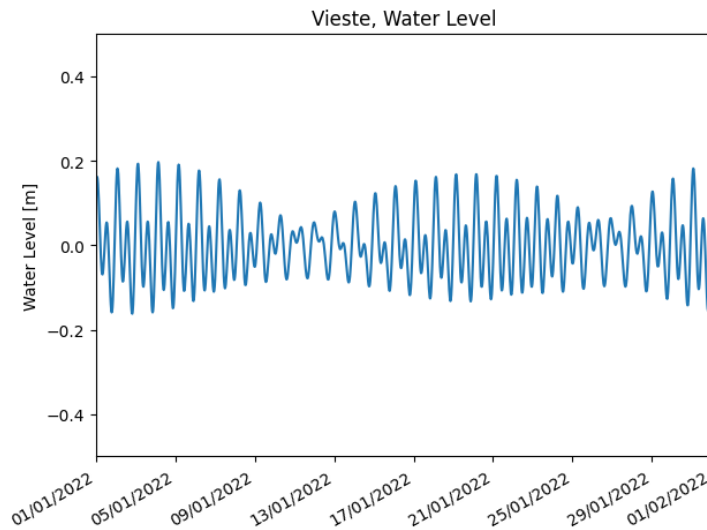


Figura 8.1: Oscillazione del Livello Dovuta alla Marea, Vieste, Gennaio 2022

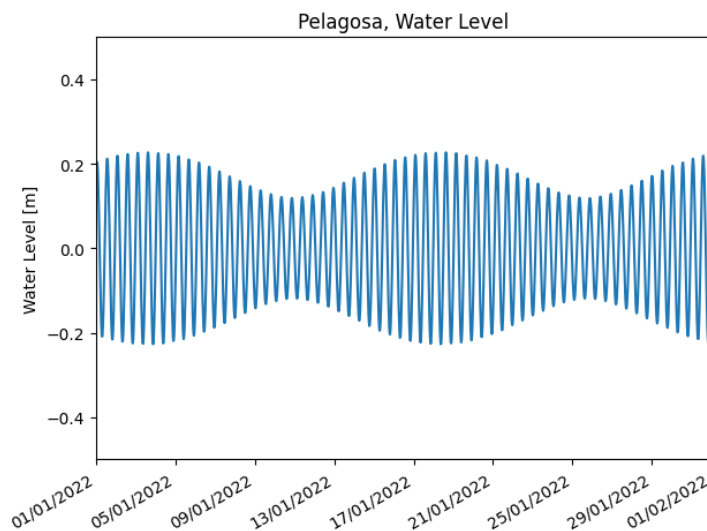


Figura 8.2: Oscillazione del Livello Dovuta alla Marea, Pelagosa, Gennaio 2022

9 CORRENTI

Il presente capitolo è dedicato alla descrizione delle condizioni di corrente nell'area di studio. In particolare, il paragrafo 9.1 riporta i valori tipici velocità della corrente superficiale per il punto CMEMS e nel 9.2 sono descritte le condizioni estreme.

9.1 CONDIZIONI TIPICHE

Di seguito si riportano le condizioni di corrente superficiale ottenute analizzando le serie temporali estratte dal database CMEMS.

La Tabella 9.1 e la Figura 9.1 riportano la distribuzione delle frequenze percentuali di accadimento degli eventi di corrente superficiale rispetto alla direzione di propagazione, relativa ai dati CMEMS. Circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da velocità di corrente minori o al più uguali a 0.6 m/s, mentre soltanto l' 1% delle velocità risultano maggiori di tale valore. Il regime di corrente è diretto prevalentemente verso sud (circa il 46% degli eventi), caratterizzati da regimi di corrente fino a un massimo di 1.35 m/s con frequenza minore verso sud/est, con velocità fino a 1 m/s, con il 26% degli eventi.

Tabella 9.1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Annuale

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - Annual														
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	TOT.
0	1.24	0.70	0.22	0.07	0.03	0.01	*	*							2.26
30	1.41	0.98	0.49	0.15	0.04	0.01	*								3.08
60	1.59	1.45	0.60	0.15	0.03	0.01	*								3.84
90	1.96	1.77	0.61	0.16	0.03	0.01									4.54
120	2.99	3.09	1.52	0.44	0.11	0.03	*	*							8.17
150	6.79	8.06	6.20	3.66	1.23	0.27	0.05	0.01	*	*					26.28
180	10.75	11.16	7.73	5.88	2.81	0.99	0.30	0.08	0.01	0.01	*	*	*	*	39.71
210	2.46	2.32	1.23	0.47	0.14	0.04	0.01	*	*						6.66
240	1.06	0.63	0.18	0.05	0.01	*	*								1.93
270	0.70	0.27	0.06	0.01	*										1.04
300	0.72	0.25	0.05	0.01	*										1.02
330	0.95	0.38	0.10	0.02	0.01	*									1.46
TOT.	32.62	31.06	18.98	11.06	4.43	1.35	0.36	0.10	0.01	0.01	*	*	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

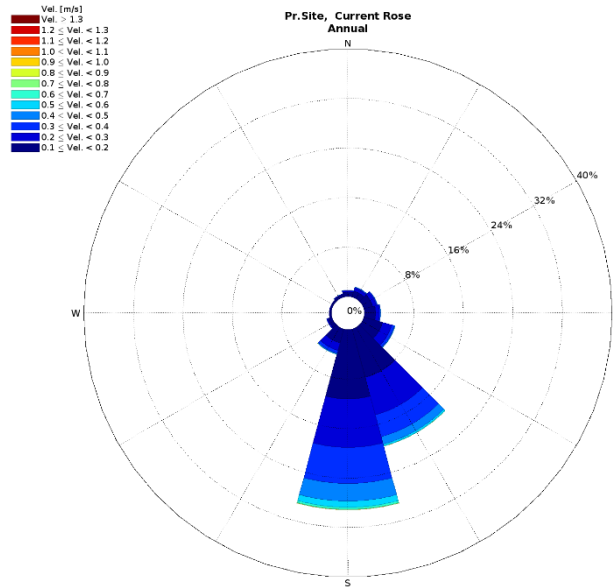


Figura 9.1: Rosa Annuale della Corrente Superficiale

Le tabelle di distribuzione di frequenza mensile sono riportate in Tabella 9.2-Tabella 9.13 e in Figura 9.2-Figura 9.3. Dall'analisi mensile si evince che Luglio ed Agosto sono i mesi caratterizzati da regimi di corrente non superiori a 0.8 m/s, diretti in prevalenza verso sud. I mesi in cui si verificano le maggiori intensità invece sono Ottobre, Novembre, Marzo e Giugno.

Tabella 9.2: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Gennaio

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - January														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.17	0.25	0.05	0.05	0.04										1.56
30	1.53	0.26	0.10	0.04	*										1.93
60	1.53	0.15	0.01												1.68
90	1.90	0.19	0.01	*											2.11
120	4.11	0.38	0.07	0.02	*										4.59
150	15.60	4.72	0.59	0.06	0.01	*	0.01	*							20.99
180	37.81	17.13	1.95	0.15	0.03	0.01	*	0.01							57.09
210	4.91	0.97	0.21	0.02	*	0.01									6.12
240	1.10	0.19	0.03	*	*	0.01									1.34
270	0.59	0.10	0.03	*											0.72
300	0.48	0.12	0.06	0.01											0.67
330	0.97	0.13	0.07	0.02	0.01	*									1.21
TOT.	71.69	24.58	3.18	0.39	0.10	0.04	0.02	0.01							100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.3: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Febbraio

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - February														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	2.70	0.86	0.17	0.04	0.01										3.78
30	2.20	0.48	0.11	0.02											2.80
60	1.97	0.57	0.07	0.03											2.64
90	2.45	0.69	0.14	0.03	0.01										3.32
120	3.76	1.32	0.39	0.05	0.03										5.54
150	11.82	7.35	1.61	0.32	0.05	0.01	*								21.16
180	24.95	17.24	3.52	0.70	0.11	0.03	0.02	0.01	0.01						46.58
210	5.09	2.02	0.64	0.14	0.01	*	*	0.01	0.01						7.91
240	1.84	0.26	0.04	0.01	*	*	*								2.16
270	0.84	0.06	0.02												0.92
300	0.93	0.10	0.03		0.01										1.06
330	1.51	0.45	0.11	0.05	0.01										2.13
TOT.	60.04	31.38	6.85	1.37	0.24	0.05	0.03	0.02	0.02						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.4: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Marzo

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - March														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	2.12	1.14	0.28	0.08	0.04	0.01	0.02	0.01							3.70
30	2.00	0.91	0.36	0.07	0.10	0.01	0.01								3.45
60	2.18	1.14	0.25	0.02	0.02										3.60
90	2.40	1.92	0.42	0.09	0.02										4.85
120	3.45	3.09	1.08	0.35	0.08	*									8.04
150	7.43	7.81	2.55	0.72	0.14	0.04	0.02	0.01		*					18.71
180	11.60	15.96	5.46	2.01	0.60	0.12	0.05	0.03	0.01	0.02	*				35.85
210	4.84	4.56	1.62	0.39	0.10	0.03	0.01	0.01							11.56
240	2.22	0.88	0.15	0.06											3.31
270	1.66	0.36	0.02	*	*										2.04
300	1.76	0.33	0.03	0.02	0.01										2.15
330	1.83	0.73	0.13	0.02	0.02	0.01	*	*							2.74
TOT.	43.49	38.81	12.33	3.84	1.12	0.21	0.12	0.06	0.01	0.02					100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.5: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Aprile

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - April														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.43	1.29	0.39	0.06	0.05	0.02									3.24
30	1.67	1.35	0.43	0.07	0.04	0.01									3.55
60	1.73	1.38	0.37	0.03	0.01										3.52
90	1.79	1.99	0.58	0.14	0.01										4.51
120	2.66	3.95	2.12	0.49	0.08	0.02									9.32
150	3.95	8.64	5.47	2.05	0.40	0.11	0.03	*							20.63
180	5.01	12.79	9.35	4.42	1.10	0.20	0.12	0.05	0.01						33.04
210	2.97	5.69	2.48	0.75	0.23	0.03	0.01	0.02	*						12.19
240	1.64	1.68	0.38	0.10	0.02	*	*								3.83
270	1.22	0.79	0.10	0.02											2.12
300	1.18	0.59	0.08	0.03	0.01										1.88
330	1.13	0.74	0.25	0.03		0.01									2.16
TOT.	26.37	40.88	22.00	8.16	1.94	0.40	0.16	0.07	0.02						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.6: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Maggio

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - May														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	0.63	0.57	0.22	0.04	0.01										1.46
30	0.77	0.55	0.39	0.07	0.01										1.79
60	0.91	1.01	0.37	0.08	*										2.37
90	1.27	1.61	0.74	0.21	0.08	0.02	*								3.93
120	1.58	3.01	2.23	0.79	0.29	0.12	0.02	0.01							8.06
150	2.12	7.09	6.93	3.47	1.26	0.25	0.06	0.03	0.01	0.01					21.23
180	2.37	10.78	15.02	9.59	3.48	0.84	0.21	0.08	0.01	0.02					42.39
210	1.91	4.57	3.54	1.47	0.50	0.16	0.01	0.01							12.17
240	1.17	1.34	0.47	0.13	0.03	*									3.14
270	0.78	0.43	0.10	0.02	*										1.34
300	0.57	0.33	0.06	0.02	0.02										1.01
330	0.54	0.47	0.07	0.04											1.11
TOT.	14.62	31.76	30.14	15.94	5.68	1.40	0.30	0.13	0.02	0.02					100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.7: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Giugno

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - June														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	0.69	1.02	0.35	0.15											2.21
30	0.82	1.21	0.45	0.17	0.01										2.66
60	0.83	1.28	0.69	0.18	0.03	0.01									3.01
90	1.15	1.71	1.10	0.40	0.05	0.02									4.41
120	1.32	3.51	2.71	0.91	0.33	0.10	0.01								8.89
150	1.65	6.90	9.29	4.83	1.94	0.48	0.10	0.01	*	*	*		*		25.22
180	1.73	7.99	11.41	9.05	4.42	1.43	0.45	0.09		*	0.01	*	*	0.01	36.61
210	1.41	3.13	2.71	1.26	0.37	0.10	0.03	*	0.01	*					9.02
240	0.96	1.35	0.50	0.13	0.04	0.01									2.98
270	0.63	0.70	0.21	0.03	*										1.57
300	0.67	0.60	0.18	0.03											1.48
330	0.69	0.88	0.30	0.06											1.93
TOT.	12.56	30.28	29.89	17.19	7.18	2.14	0.58	0.11	0.01	0.01	0.02	*	0.01	0.01	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.8: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Luglio

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - July														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.19	1.38	0.67	0.27	0.15	0.02									3.67
30	1.49	2.00	1.39	0.58	0.16	0.05									5.67
60	1.82	2.70	1.72	0.63	0.14	0.03									7.05
90	2.33	3.14	1.50	0.44	0.13	0.01									7.55
120	2.35	4.54	2.01	0.56	0.16	0.04	0.01								9.66
150	2.88	7.10	6.98	4.42	1.74	0.42	0.09	0.02							23.65
180	2.40	6.85	7.34	7.39	4.12	1.29	0.36	0.06							29.81
210	1.72	2.71	1.44	0.51	0.14	0.04	0.01								6.58
240	1.08	0.81	0.20	0.03	0.03	*									2.15
270	0.75	0.40	0.07	0.01	*										1.23
300	0.67	0.45	0.08	0.01											1.21
330	0.88	0.65	0.21	0.04	0.01										1.79
TOT.	19.55	32.72	23.60	14.88	6.78	1.90	0.48	0.08							100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.9: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Agosto

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - August														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.04	1.05	0.41	0.15	0.03	0.01									2.69
30	1.84	2.94	2.08	0.66	0.16	0.02	0.01								7.69
60	2.47	5.44	2.89	0.71	0.16	0.06	0.02								11.75
90	2.94	4.97	1.42	0.29	0.07	0.01									9.70
120	2.80	4.42	1.77	0.43	0.07	0.01									9.50
150	2.66	8.16	8.41	5.20	1.54	0.29	0.04	0.02							26.31
180	2.09	5.53	6.75	6.42	2.62	0.98	0.14	0.07							24.58
210	1.39	1.53	0.68	0.25	0.09	*									3.93
240	1.00	0.53	0.08	*											1.60
270	0.60	0.18	0.01												0.78
300	0.49	0.13	*												0.62
330	0.61	0.20	0.03												0.84
TOT.	19.91	35.06	24.54	14.10	4.72	1.38	0.21	0.09							100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.10: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Settembre

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - September														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	0.57	0.42	0.07	0.01											1.07
30	1.11	1.04	0.20	0.02	*										2.37
60	1.47	2.21	0.35	0.05	0.02										4.10
90	1.78	2.26	0.48	0.07	0.02										4.60
120	2.26	4.23	1.95	0.62	0.09	0.01									9.17
150	2.23	8.48	10.53	7.47	3.14	0.57	0.06	0.01							32.47
180	1.64	6.02	10.03	11.54	7.39	2.35	0.87	0.20	0.01						40.06
210	0.89	1.22	0.77	0.43	0.11	0.02	*								3.43
240	0.44	0.27	0.23	0.03											0.96
270	0.35	0.16	0.11												0.62
300	0.31	0.23	0.02												0.56
330	0.31	0.24	0.03	*											0.59
TOT.	13.36	26.78	24.74	20.24	10.78	2.95	0.93	0.21	0.01						100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.11: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Ottobre

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - October														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	0.36	0.15	0.02	0.01	0.02										0.55
30	0.73	0.36	0.10	0.02	0.02	0.02	0.01								1.27
60	1.09	0.40	0.15	0.03	0.01	0.01									1.69
90	1.55	1.18	0.38	0.10	0.02	*									3.24
120	2.70	3.99	1.93	0.45	0.08	0.01									9.16
150	2.35	10.58	12.17	11.53	3.52	0.76	0.10	0.01	*						41.03
180	1.25	5.10	10.38	12.33	6.67	3.45	1.12	0.33	0.06	0.03	0.02	0.01			40.75
210	0.40	0.47	0.32	0.28	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01						1.58
240	0.18	0.07	0.02	*	*										0.29
270	0.09	0.05		*											0.14
300	0.08	0.02													0.11
330	0.14	0.03	0.02	*	0.01										0.20
TOT.	10.92	22.40	25.49	24.78	10.41	4.27	1.24	0.35	0.07	0.03	0.02	0.01			100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.12: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Novembre

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - November														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.01	0.08	0.03	*	*										1.12
30	1.48	0.48	0.16	0.02	0.01										2.14
60	1.78	1.04	0.33	0.03	*										3.17
90	2.41	1.36	0.39	0.10											4.26
120	4.76	3.92	1.63	0.56	0.03	*									10.89
150	9.79	13.15	8.74	3.79	1.06	0.29	0.10	0.01							36.93
180	6.42	10.59	9.28	6.69	3.30	1.22	0.25	0.05	0.02	*	*	*	*	*	37.82
210	0.80	0.48	0.19	0.05	0.01	0.01									1.54
240	0.31	0.09	0.08	0.02											0.51
270	0.23	0.02	0.03												0.28
300	0.41	0.05	0.01												0.46
330	0.81	0.03	0.02	0.01		0.01									0.89
TOT.	30.20	31.28	20.87	11.27	4.42	1.53	0.35	0.05	0.02	*	*	*	*	*	100.00

* Value lower than 0.01 %

Tabella 9.13: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità di Corrente Superficiale vs Direzione di Propagazione – Dicembre

Dir (°N)	Project Site - Surface Current Velocity (m/s) - December														TOT.
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	> 1.30	
0	1.98	0.14	0.02	*	*										2.15
30	1.32	0.21	0.05	0.02											1.60
60	1.28	0.15	0.05	0.01											1.48
90	1.58	0.24	0.14	0.05	*										2.03
120	4.09	0.73	0.34	0.11	0.03										5.31
150	18.97	7.03	1.46	0.28	0.03	0.01									27.79
180	31.24	17.75	2.26	0.38	0.02	0.01									51.65
210	3.12	0.32	0.02	0.02	*										3.49
240	0.77	0.02													0.79
270	0.67	0.03	0.01												0.71
300	1.01	0.01													1.01
330	1.96	0.02	*	0.01	*										1.99
TOT.	67.99	26.65	4.36	0.87	0.10	0.02									100.00

* Value lower than 0.01 %

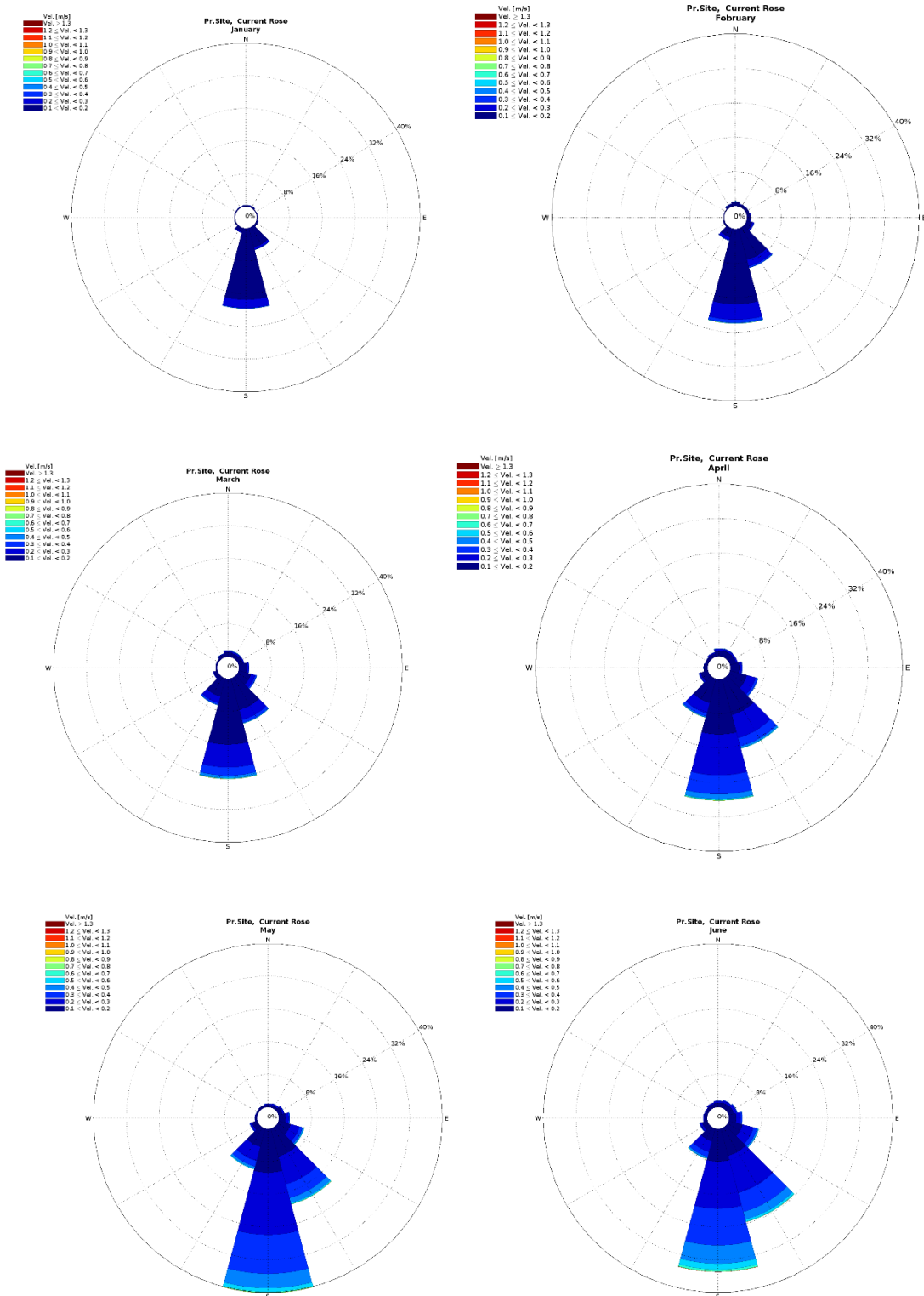


Figura 9.2: Rosa della Corrente Superficiale, Gennaio - Giugno

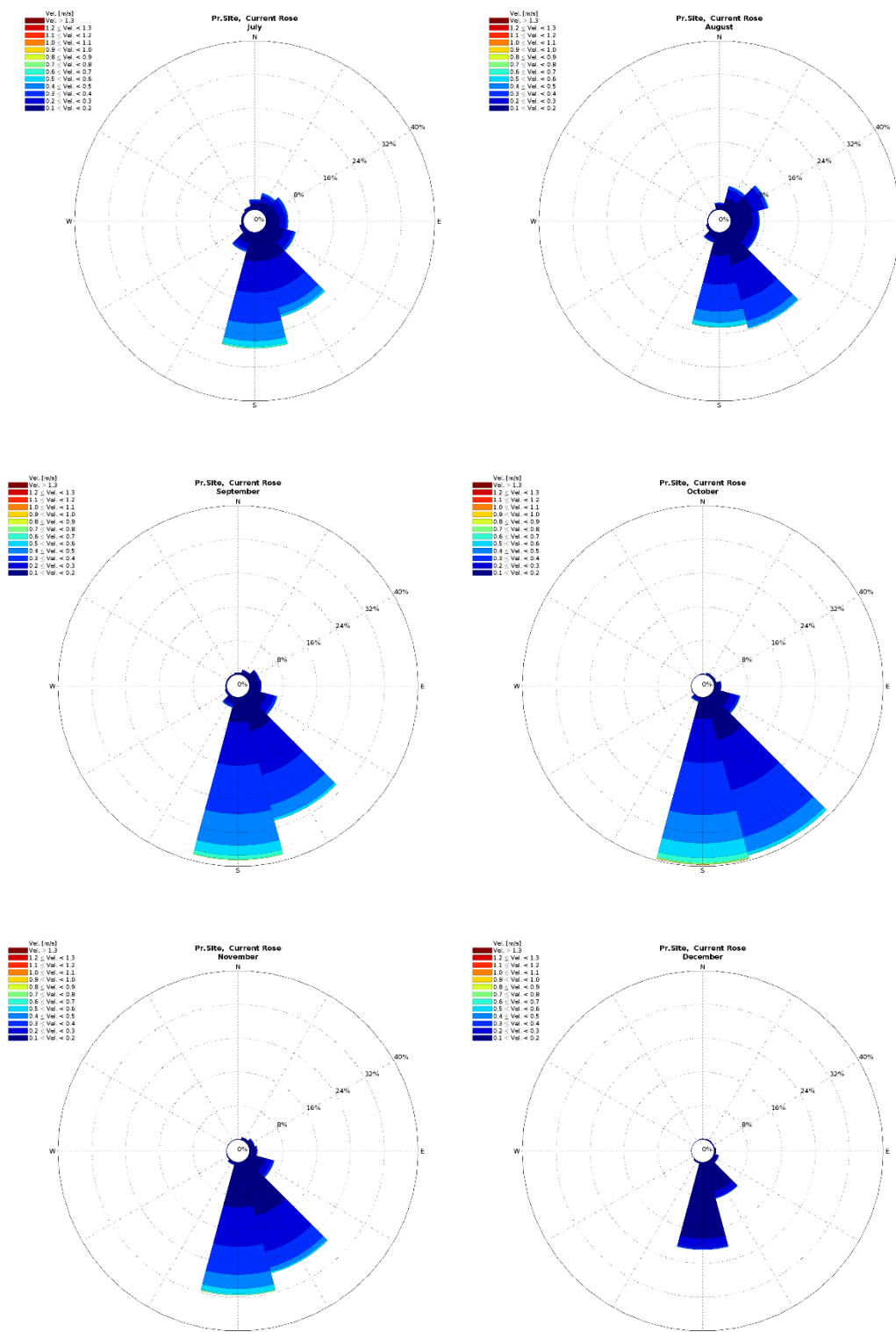


Figura 9.3: Rosa della Corrente Superficiale, Luglio - Dicembre

9.2 CONDIZIONI ESTREME

La Tabella 9.14 riporta i valori estremi omnidirezionali della velocità del vento riferiti alla durata di 1 ora e alla quota di 10 m sul livello medio del mare, espressi in m/s, ottenuti utilizzando l'intera serie di vento (i.e. Global Method) e la distribuzione di Weibull bi-parametrica (Figura 9.4), relativi ai periodi di ritorno di 1, 10, 50 e 100 anni.

Tabella 9.14: Valori Estremi Omnidirezionali delle Velocità di Corrente Superficiale per Periodi di Ritorno di 1, 10, 50 e 100 Anni

Dir(°N)	Project Site - Surface Current Speed Extreme Value [m/s]			
	1	10	50	100
OMNI	1.2	1.4	1.5	1.5

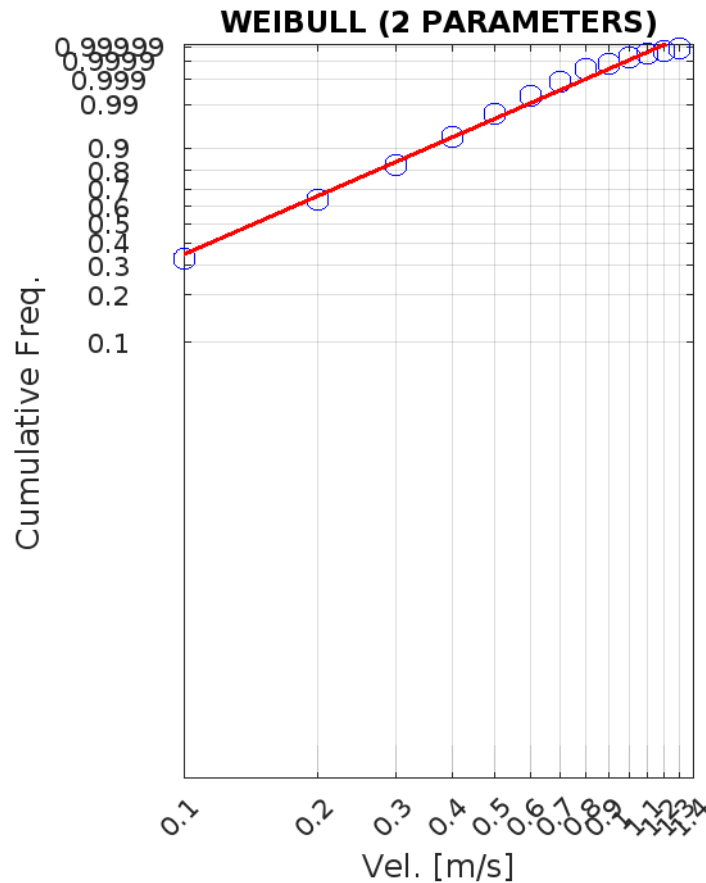


Figura 9.4: Fitting dei Dati di Velocità di Corrente Superficiale con Distribuzione Biparametrica di Weibull

10 CARATTERISTICHE FISICHE DELLE MASSE D'ACQUA

Nel presente paragrafo sono riportati i profili di temperatura e salinità dell'acqua relativi al punto CMEMS.

Le Tabella 10.1 e Figura 10.1 riportano i profili annuali di temperatura a partire dalla superficie fino ad una profondità di 85 m dal livello medio del mare, caratteristica del punto scelto. La temperatura superficiale varia tra un minimo di 10.6°C e un massimo di 29.2 °C, mentre la salinità varia tra 36 e 39 psu. Alla profondità di 85 m si hanno range più ristretti (10.8-18.9°C e 37.5-38.3).

I profili mensili di temperatura sono riportati in Figura 10.2 e Figura 10.3. Si evince come nel periodo tra maggio e ottobre il gradiente di temperatura con la profondità sia più accentuato, descrivendo il tipico andamento della temperatura del Mar Mediterraneo in questo periodo, caratterizzato dalla formazione di un termocline con massimo sviluppo nel mese di agosto dovuto al maggiore riscaldamento delle acque superficiali rispetto agli strati sottostanti.

In Figura 10.4 e Figura 10.5 sono rappresentati i profili mensili di salinità dell'acqua; il valore di salinità aumenta con la profondità, con leggi diverse a seconda del mese.

Tabella 10.1: Profili Annuali di Temperatura e Salinità dell'Acqua

Depth [m]	Pr. Site - Temperature Values [°C] Annual			Depth [m]	Pr. Site - Salinity Values [psu] Annual		
	Max	Min	Mean		Max	Min	Mean
1.0	29.25	10.61	18.35	1.0	39.01	36.12	38.08
3.2	29.01	10.45	18.26	3.2	39.01	36.11	38.08
5.5	28.88	10.42	18.17	5.5	39.01	36.11	38.08
7.9	28.86	10.40	18.09	7.9	39.01	36.13	38.09
10.5	28.81	10.40	17.99	10.5	39.00	36.17	38.10
13.3	28.47	10.44	17.86	13.3	39.00	36.22	38.12
16.3	28.12	10.58	17.69	16.3	38.97	36.39	38.13
19.4	27.70	10.64	17.45	19.4	38.91	36.48	38.15
22.7	26.83	10.65	17.13	22.7	38.92	36.66	38.18
26.2	26.23	10.68	16.72	26.2	38.92	36.93	38.21
29.9	25.35	10.73	16.25	29.9	38.92	37.21	38.24
33.8	24.49	10.86	15.78	33.8	38.92	37.25	38.27
37.9	22.44	10.85	15.34	37.9	38.92	37.41	38.30
42.1	21.63	10.84	14.98	42.1	38.92	37.50	38.32
46.7	20.64	10.82	14.71	46.7	38.92	37.53	38.34
51.4	20.13	10.81	14.51	51.4	38.92	37.63	38.35
56.3	19.49	10.81	14.35	56.3	38.92	37.64	38.36
61.5	19.02	10.82	14.23	61.5	38.92	37.64	38.36
66.9	19.01	10.83	14.12	66.9	38.92	37.64	38.37
72.6	18.99	10.85	14.03	72.6	38.91	37.64	38.38
78.6	18.94	10.86	13.96	78.6	38.91	37.64	38.38
84.7	18.94	10.86	13.95	84.7	38.91	37.64	38.38

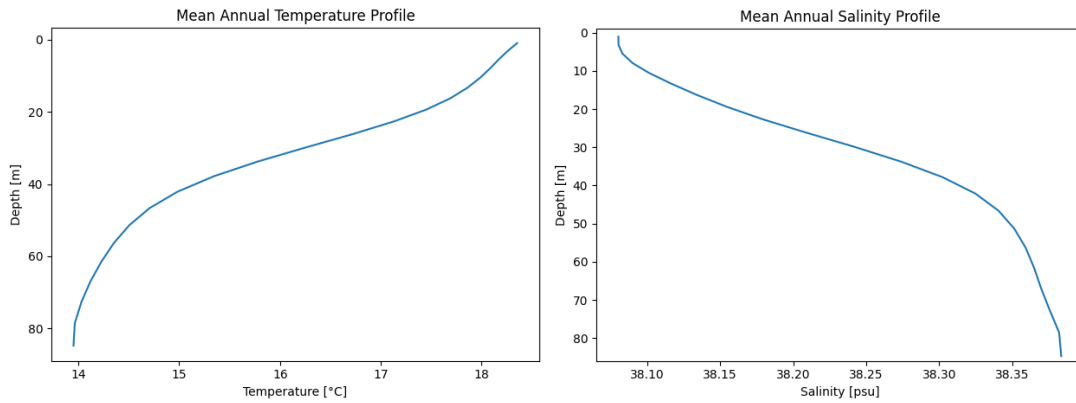


Figura 10.1: Profili Annuali di Temperatura e Salinità Media dell'Acqua

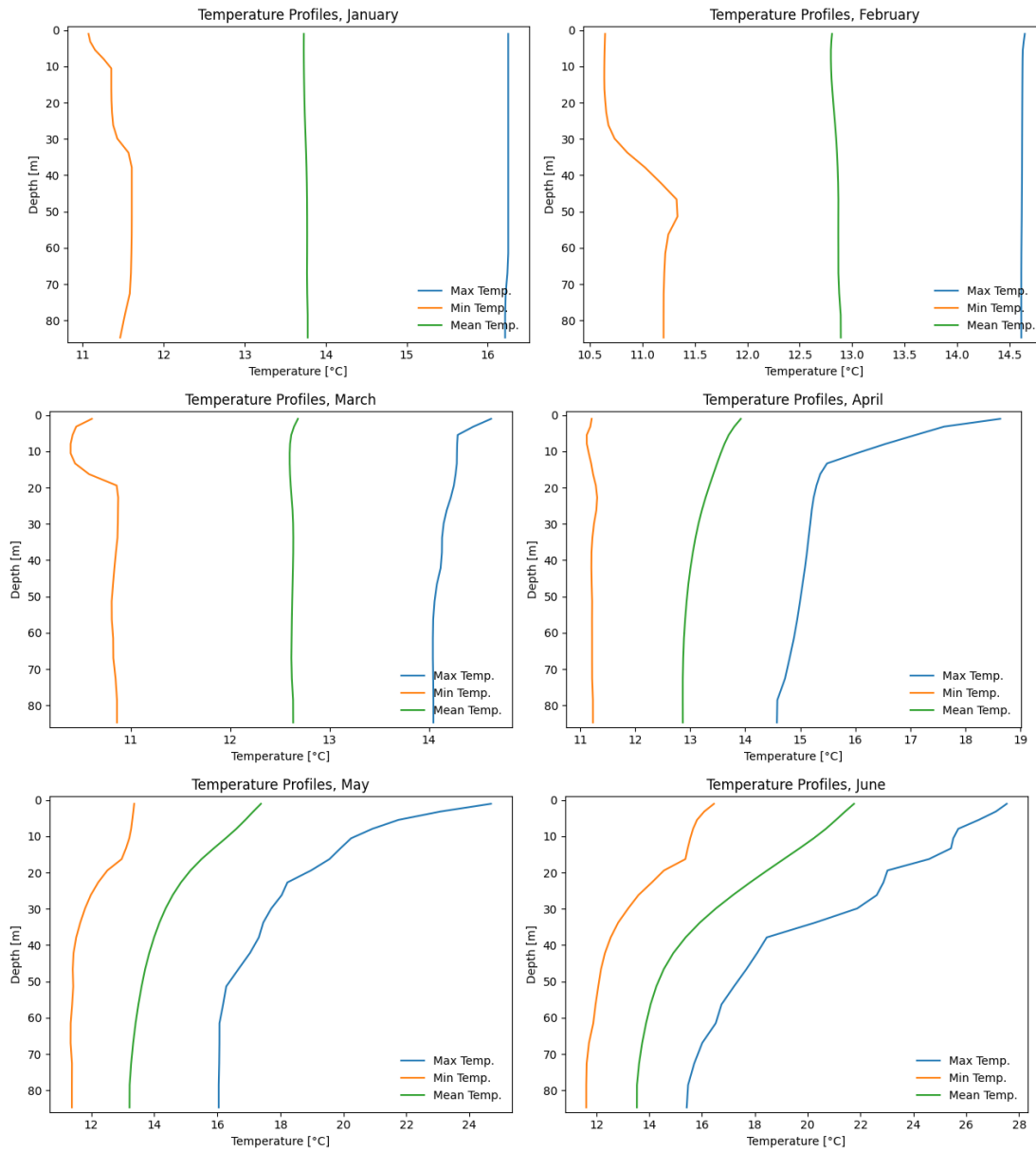


Figura 10.2: Profili Mensili della Temperatura dell'Acqua, Gennaio - Giugno

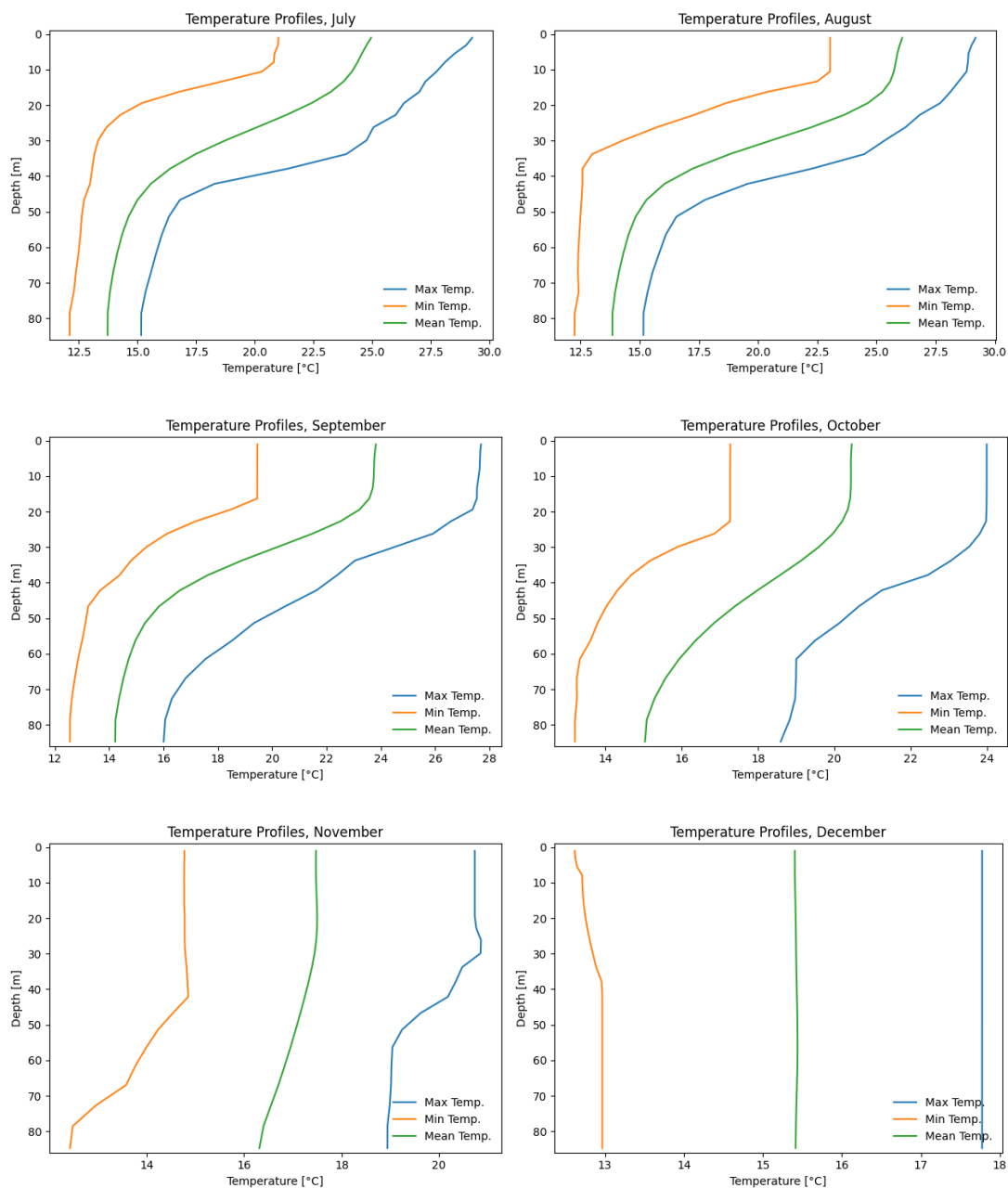


Figura 10.3: Profili Mensili della Temperatura dell'Acqua, Luglio - Dicembre

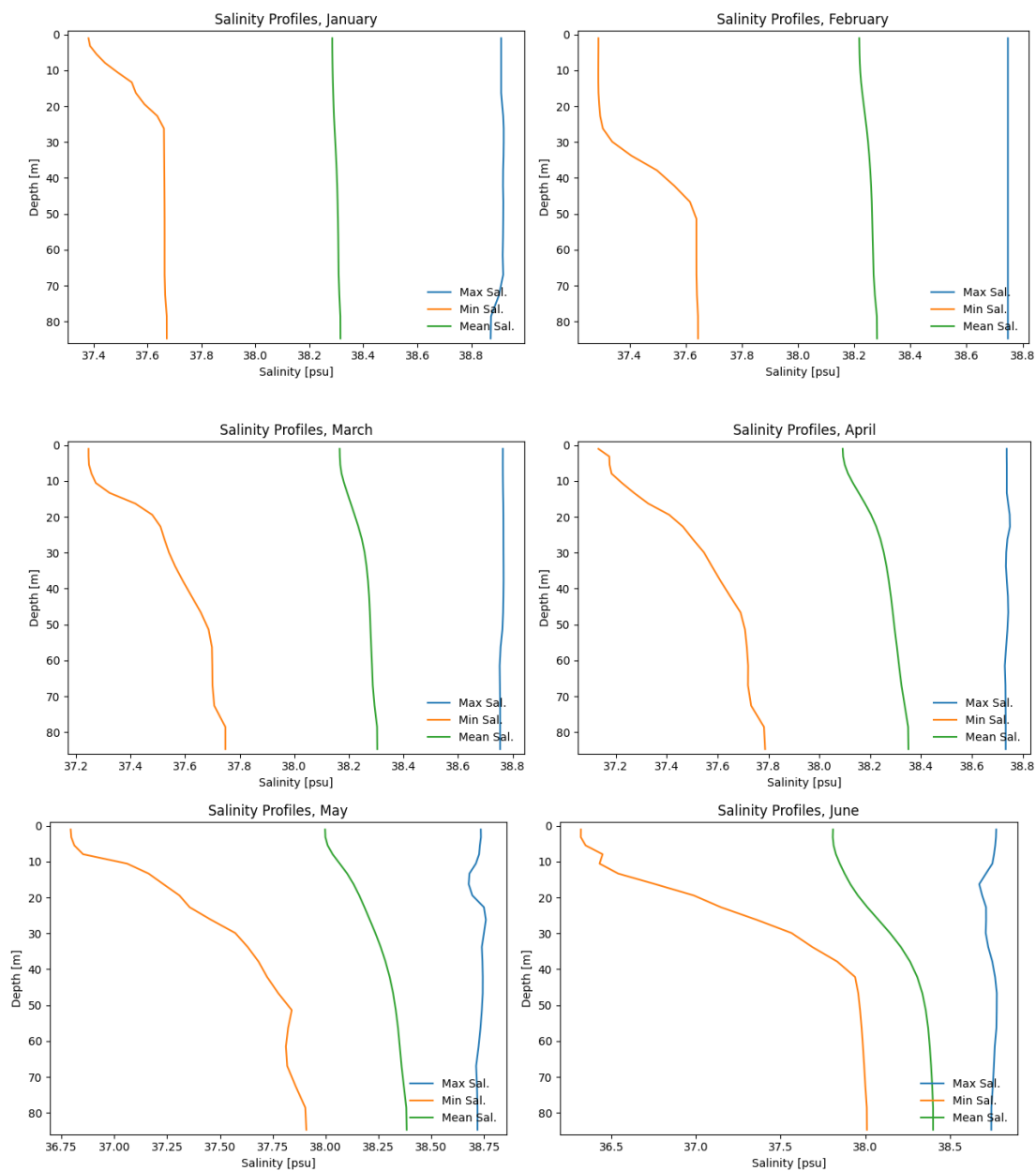


Figura 10.4: Profili Mensili della Salinità dell'Acqua, Gennaio – Giugno

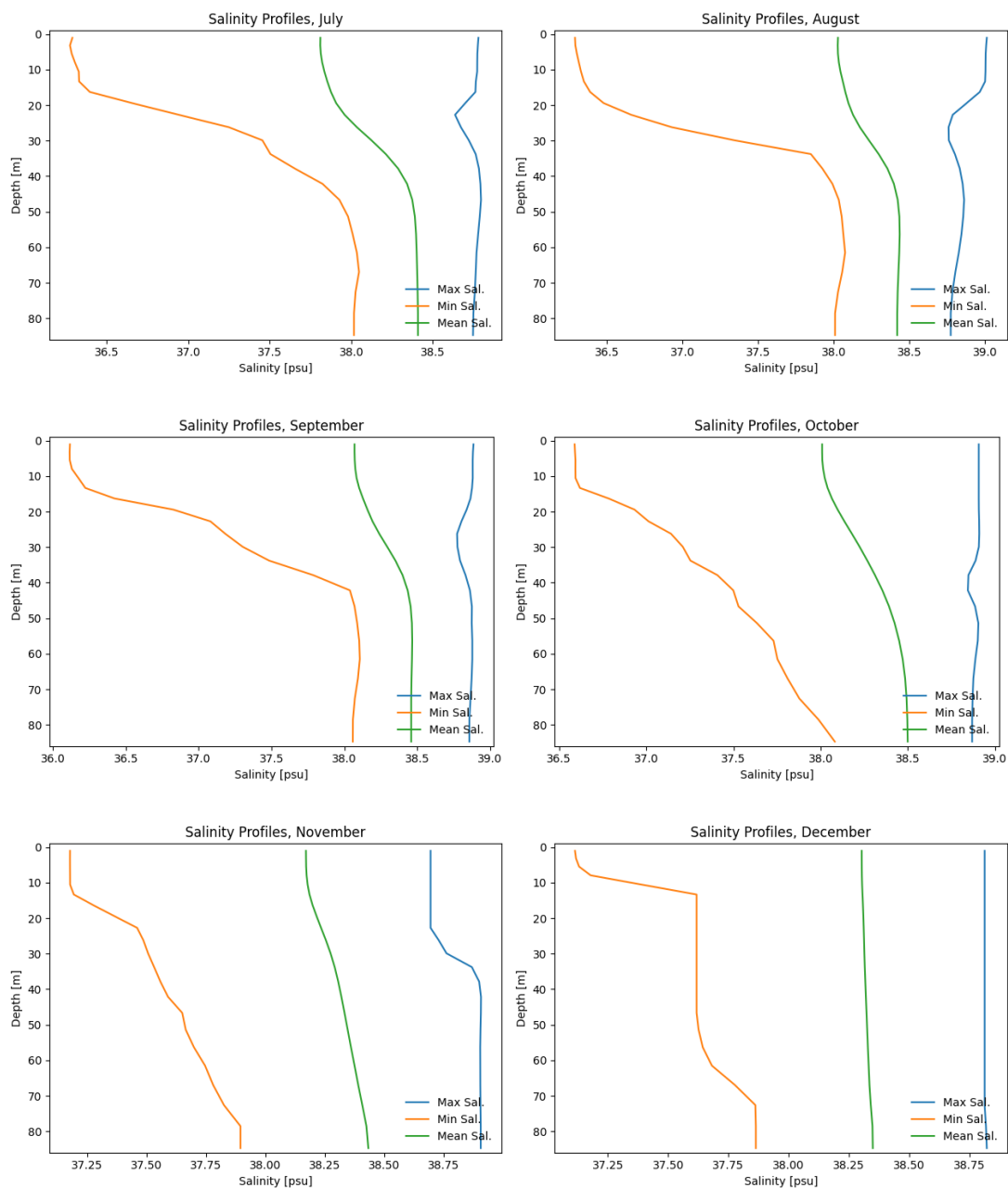


Figura 10.5: Profili Mensili della Salinità dell'Acqua, Luglio - Dicembre

11 CONCLUSIONI

Lo scopo del presente documento è quello di fornire la caratterizzazione del sito in esame in termini di regime anemologico, del moto ondoso, di corrente e una descrizione dell'oscillazione del livello marino dovuta alla marea. Viene inoltre fornita una descrizione generale in termini di caratterizzazione oceanografica e aspetti idrologici dell'area di studio a largo delle coste del Gargano.

L'elaborato ha il fine di illustrare il contesto metomarina, specifico per il suddetto studio, ai fine progettuali per l'opera d'interesse.

Al fine di descrivere il clima tipico di vento, di onda al largo della costa e di corrente superficiale per il sito di interesse, sono state estratte le serie temporali dai database pubblici di ERA5 e CMEMS. Sono stati inoltre forniti gli estremi omnidirezionali di intensità del vento, di altezza d'onda significativa e di regime di corrente superficiale.

L'oscillazione del livello del mare dovuta alla marea infine è stata analizzata sulla base di un mese di dati (Gennaio 2022) estratto dalla stazione mareografica dell'International Hydrographic Organization (IHO).

I principali risultati dello studio metomarina per il sito sono riassumibili come segue:

Le massime velocità del vento ricadono nella classe 17.5-19.5 m/s e provengono dai settori direzionali 300-330°N e 120-150°N; il valore massimo della velocità del vento è pari a 20.6 m/s. I venti prevalenti spirano prevalentemente da nord ovest (circa il 40%) e da sud-est (circa il 28% degli eventi). Circa il 99% del totale degli eventi è caratterizzato da una velocità minore o uguale a 13.5 m/s, mentre solamente lo 0.5% ricade nella classe più alta. I venti estremi orari a 10 m sul livello del mare relativi al periodo di ritorno di 1 e 100 anni sono rispettivamente di 18 e 22.3 m/s.

Per quanto concerne le onde, circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da altezze significative minori o al più uguali a 2.7 m, mentre soltanto l'1% delle onde risultano maggiori di tale valore. Le onde provengono prevalentemente da sud/ovest (circa il 45% degli eventi), caratterizzati da onde alte fino a un massimo di 6 m e da un secondo settore di provenienza, il sud, caratterizzato da onde più basse, fino a 5.2 m di altezza, con il 37% degli eventi. I periodi di picco caratterizzati da una maggior frequenza di accadimento sono compresi tra 2 e 6 s, per un totale di circa l'90% degli eventi. I periodi di picco massimi ricadono nella classe 14 s e sono associati ad altezze d'onda molto basse. Le onde estreme relative al periodo di ritorno di 1 e 100 anni sono rispettivamente di 5.1 m con 9.2 s di periodo di picco e 7.3 m con 11.6 s di periodo di picco.

L'escursione di marea è valutata essere circa pari a 45 cm.

Il regime di corrente superficiale è caratterizzato da circa il 99% degli eventi totali con velocità di corrente minori o al più uguali a 0.6 m/s. Il regime di corrente è diretto prevalentemente verso sud (circa il 46% degli eventi), caratterizzati da regimi di corrente fino a un massimo di 1.35 m/s e con frequenza minore verso sud/est, con velocità fino a 1 m/s, con il 26% degli eventi. I valori di corrente estremi associati al periodo di ritorno di 1 e 100 anni sono di rispettivamente 1.2 m/s e 1.5 m/s.

Infine, sono stati analizzati i dati CMEMS per ottenere i profili verticali di temperatura e salinità dell'acqua di un punto rappresentativo dell'area in esame. Infine, sono state fornite informazioni sulla circolazione idrodinamica del bacino del Mediterraneo basate sulla letteratura disponibile.

REFERENZE

- [1] Alain Saliot Editor, 2007, "The Mediterranean Sea", Springer.
- [2] Millot C., 1999, "Circulation in the Western Mediterranean Sea", J. Mar. Res., 20, 423-442. Springer.
- [3] Orlic, M., Gacic, M., & Laviolette, P. E. (1992). The currents and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanologica acta*, 15(2), 109-124.
- [4] Artegiani, A., Paschini, E., Russo, A., Bregant, D., Raicich, F., & Pinardi, N. (1997). The Adriatic Sea General Circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *Journal of Physical Oceanography*, 27(8), 1515-1532.
- [5] Artegiani, A., Paschini, E., Russo, A., Bregant, D., Raicich, F., & Pinardi, N. (1997). The Adriatic Sea general circulation. Part I: Air-sea interactions and water mass structure. *Journal of physical oceanography*, 27(8), 1492-1514.
- [6] Ardhuin, F., Rogers, E., Babanin, A.V., Filipot, J.F., Magne, R., Roland, A., Van Der Westhuysen, A., Queffelec, P., Lefevre, J.M., Aouf, L. and F. Collard, (2010) "Semiempirical Dissipation Source Functions for Ocean Waves. Part I: Definition, Calibration, and Validation", *Journal of Physical Oceanography* 40(9):1917 - September 2010.
- [7] Amante, C; Eakins, B W (2009), "ETOPO1 Global Relief Model converted to PanMap layer format", NOAA-National Geophysical Data Center, PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.769615>.
- [8] Queffelec P., 2003, Long term quality status of wave height and wind speed measurements from satellite altimeters. Proceedings of the ISOPE conference, Honolulu, Hawaii, USA, May 25-30.
- [9] Queffelec P., 2004, Long term validation of wave height measurements from altimeters, *Marine Geodesy*, 27, 495-510.
- [10] <http://resources.marine.copernicus.eu/documents/PUM/CMEMS-MED-PUM-006-004.pdf>.
- [11] Gumbel E.J., 1958. "Statistics of Extremes", Columbia University Press.
- [12] Army Corps of Engineers, "Shore Protection Manual", vol. 1, 2. edition, 1984.
- [13] Grancini G.F., Iovenitti L.M. e De Filippi G.L., 1979. "Analisi del moto ondoso nel Canale di Sicilia" Cetena, Genova.
- [14] Cavaliere L., De Filippi G.L., Grancini G.F., Iovenitti L.M. and Tosi R., 1986. "Extreme wave conditions in the Tyrrhenian Sea" *Ocean Engng.*, Vol. 13, no. 2, pp. 257 - 280.
- [15] Rampolli M., Biancardi A. and De Filippi G.L., 1996. "Meteo-oceanographic Premises for Structural Design Purposes in the Adriatic Sea: Acquisition and processing of data", 15 th Int. Conf. O.M.A.E., Firenze.
- [16] Goda Y., 2010. "Random Seas and Design of Maritime Structures". University of Tokio Press, Japan.
- [17] Boccotti P., 1997. "Idraulica Marittima", UTET.



RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.