



TYRRHENIAN WIND ENERGY srl

**Ministero delle Infrastrutture
e della Mobilità Sostenibili**

• *Domanda di Concessione Demaniale
ex art. 36 R.D. 327/1942 agg. L.25/2010*

• *Domanda di Autorizzazione Unica
ex art. 12 D.lgs. 387/ 2003*

**Ministero della Transizione Ecologica
Ministero della Cultura**

• *Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale
ex D.lgs.152/2006*

Progetto preliminare

**PARCO EOLICO OFFSHORE AL
LARGO DELLE COSTE DI
CIVITAVECCHIA**

RELAZIONE METEOMARINA

UR04

F0321.UR04.RELMET.00.a

Progetto

Dott. Ing. Luigi Severini
Ord. Ing. Prov. TA n.776

Elaborazioni

iLStudio.
Engineering & Consulting **Studio**

Concept & Innovations

NiceTechnology®

00	Marzo 2022	EMESSO PER SCOPING	L.Carrieri C.Franchini	L.Severini
REV	DATA	DESCRIZIONE	DESIGNER	PLANNER

Codice:

F	0	3	2	1	U	R	0	0	4	R	E	L	M	E	T	0	0	a
NUM.COMM.	ANNO	CODSET	NUM.ELAB.	DESCRIZIONE ELABORATO											REV.	R.I.		

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	I di V

SOMMARIO

1.	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	1
2.	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	2
2.1	Ubicazione.....	2
3.	PROFILO ANEMOLOGICO	4
3.1	Note sui modelli hindcast.....	4
3.2	Caratteristiche anemologiche del sito	5
3.2.1	Stima della ventosità di lungo periodo.....	8
3.2.2	Stima della variabilità spaziale del vento.....	9
3.2.3	Analisi del profilo verticale di velocità.....	9
4.	PROFILO ONDAMETRICO	12
4.1	Studio meteomarina mediante dataset di Med-MFC (CMEMS)	12
4.1.1	Risultati.....	13
5.	PROFILO MAREOGRAFICO.....	18
5.1	Temperatura del mare.....	18
5.2	Presenza di ghiaccio.....	24
5.3	Densità dell'acqua.....	24
5.4	Marine growth mass (accrescimento biocenotico)	24
5.5	Livello relativo di marea	24
5.6	Livello di salinità.....	28
5.7	Profilo batimetrico	30
5.8	Correnti marine	32

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl iLStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE Relazione meteomarina	Data Marzo 2022	Pagina II di V

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Schema qualitativo del progetto.....	2
Figura 2.2 – Ubicazione impianto.	3
Figura 3.1 – Dataset anemologici disponibili nell’intorno del parco.....	4
Figura 3.2 – Serie storica della velocità del vento a 10 mMSL estratta dal dataset A del servizio metocean DHI.	5
Figura 3.3 – Approssimazione di Weibull del dataset di vento DHI.....	6
Figura 3.4 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto.....	7
Figura 3.5 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto. Media mensile di lungo periodo (41 anni). 8	
Figura 3.6 – Profilo verticale di velocità, estrapolazione con legge logaritmica e confronto con il profilo verticale di velocità del dataset Global Wind Atlas.	9
Figura 3.7 – Mappa della ventosità media annuale a 150 mMSL.	10
Figura 4.1 – Ubicazione della cella di calcolo WAM (CMEMS) rispetto all’area del parco eolico.	12
Figura 4.2 – Suddivisione in sub-regioni del Mar Mediterraneo.	13
Figura 4.3 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per direzione di provenienza.	14
Figura 4.4 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa.	15
Figura 4.5 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per periodo di picco.	15
Figura 4.6 – Rosa dei mari per la località di progetto.	16
Figura 5.1 – Temperatura del mare a 1 m di profondità per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.....	18
Figura 5.2 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine.....	19
Figura 5.3 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine.....	20
Figura 5.4 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine.....	21
Figura 5.5 – Profilo termico verticale del mare – anno 2016, valori medi mensili.	22
Figura 5.6 – Profilo termico verticale del mare – anno 2017, valori medi mensili.	22
Figura 5.7 – Profilo termico verticale del mare – anno 2018, valori medi mensili.	23
Figura 5.8 – Profilo termico verticale del mare – anno 2019, valori medi mensili.	23
Figura 5.9 – Spessore di accrescimento marino sulle strutture sommerse al variare della profondità.	24
Figura 5.10 – Livello relativo medio di marea per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.....	25
Figura 5.11 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.26	
Figura 5.12 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.27	
Figura 5.13 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.28	
Figura 5.14 – Mappa della salinità superficiale nel Mar Mediterraneo, valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012.	29
Figura 5.15 – Mappa batimetrica per la località di installazione del parco eolico.	30
Figura 5.16 – Mappa della pendenza del fondale per la località di installazione del parco eolico.	31
Figura 5.17 – Mappa delle correnti marine, mesi gennaio (sx) e febbraio (dx).....	32
Figura 5.18 – Mappa delle correnti marine, mesi marzo (sx) e aprile (dx).....	33
Figura 5.19 – Mappa delle correnti marine, mesi maggio (sx) e giugno (dx).....	33
Figura 5.20 – Mappa delle correnti marine, mesi luglio (sx) e agosto (dx).	34
Figura 5.21 – Mappa delle correnti marine, mesi settembre (sx) e ottobre (dx).	34

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
	Relazione meteomarina	Pagina III	di V

Figura 5.22 – Mappa delle correnti marine, mesi novembre (sx) e dicembre (dx).....35

Figura 5.23 – Profili verticali della velocità di corrente medi mensili per l’anno 2019.....36

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
	Relazione meteomarina	Pagina IV	di V

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati.	5
Tabella 3-2 – Valori z_0 per diverse tipologie di superficie limite	9
Tabella 4-1 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e periodo di picco.	16
Tabella 4-2 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e direzione.	17
Tabella 5-1 – Livelli batimetrici per la soluzione di layout proposta.....	31

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	V
		di	V

INDICE DELLE VOCI

CFSR	Climate Forecast Reanalysis
DHI	Dansk Hydraulisk Institut
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
FOS	Floating Offshore Substation
GWA	Global Wind Atlas
IEA	International Energy Agency
MCP	(analisi) Misura – Correlazione – Predizione
mMSL	Meter Mean Sea Level (metri sul livello medio mare)
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NCOM	Navy Coastal Ocean Model
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NWP	Numerical Weather Prediction
RSE	Ricerca Sistema Elettrico
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
TJB	Transition Joint Bay
WAM	WAve Model
WTG	Wind Turbine Generator

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina	1 di 38

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Il progetto, proposto da Tyrrhenian Wind Energy S.r.l., consiste nella realizzazione di un impianto offshore per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, collocato nel Mar Tirreno al largo delle coste di Civitavecchia con capacità elettrica nominale di 270 MW.

Il presente documento fornisce un inquadramento del profilo meteomarinico del sito individuato per le installazioni. I principali parametri investigati sono:

- il *profilo anemologico* della località (caratterizzazione statistica della direzione e dell'intensità del vento con la quota),
- il *profilo ondometrico* (caratterizzazione statistica del moto ondoso nei termini della direzione media di provenienza, periodo medio e di picco, altezza d'onda significativa, rispetto a condizioni ordinarie ed estreme),
- il *profilo mareografico*, (caratterizzazione delle condizioni termofisiche del mare, andamento annuale del livello di marea, correnti marine, stima del livello di salinità medio, etc.).

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	2 di 38

2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

L'impianto di produzione, a realizzarsi nella fascia di mare rivolta a sud ovest delle coste di Civitavecchia, è composto da 27 aerogeneratori ad asse orizzontale (WTG) ed una sottostazione elettrica di trasformazione (FOS) sostenuti da innovative fondazioni galleggianti che ne consentono l'installazione in acque profonde e a grande distanza dalle coste.

La collocazione del parco, frutto di una approfondita conoscenza delle caratteristiche del sito, armonizza le risultanze di studi e consultazioni finalizzati alla migliore integrazione delle opere all'interno del contesto naturale e antropico pre-esistente.

Ciascun aerogeneratore sarà costituito da un rotore tripala con diametro fino a 250 m calettato su torre ad una quota sul livello medio mare di 155 m. L'energia elettrica, prodotta dalle turbine alla tensione di 66 kV, sarà elevata a 220kV mediante apposita sottostazione elettrica di trasformazione offshore galleggiante (FOS) ed esportata, con elettrodotto sottomarino, fino al punto di giunzione a terra (Transition Joint Bay - TJB). Da qui sarà quindi trasportata mediante elettrodotto in cavo interrato al di sotto della viabilità stradale esistente, presso la sottostazione di trasformazione, misure e consegna nei pressi della esistente stazione elettrica ENEL Torrevaldaliga Nord di Civitavecchia. L'iniezione nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) avverrà, previa compensazione della potenza reattiva al livello di tensione 380 kV mediante gruppo di trasformazione 220/380 kV.

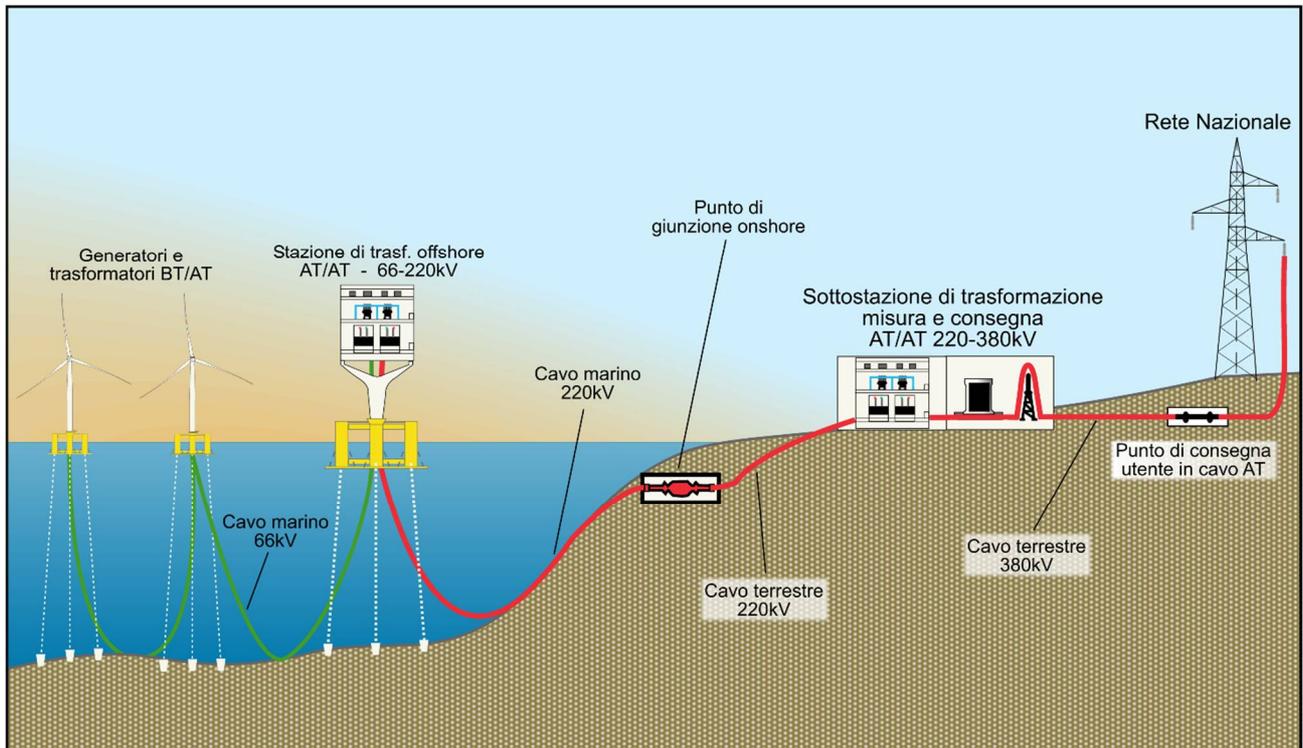


Figura 2.1 – Schema qualitativo del progetto.
Elaborazione iLStudio.

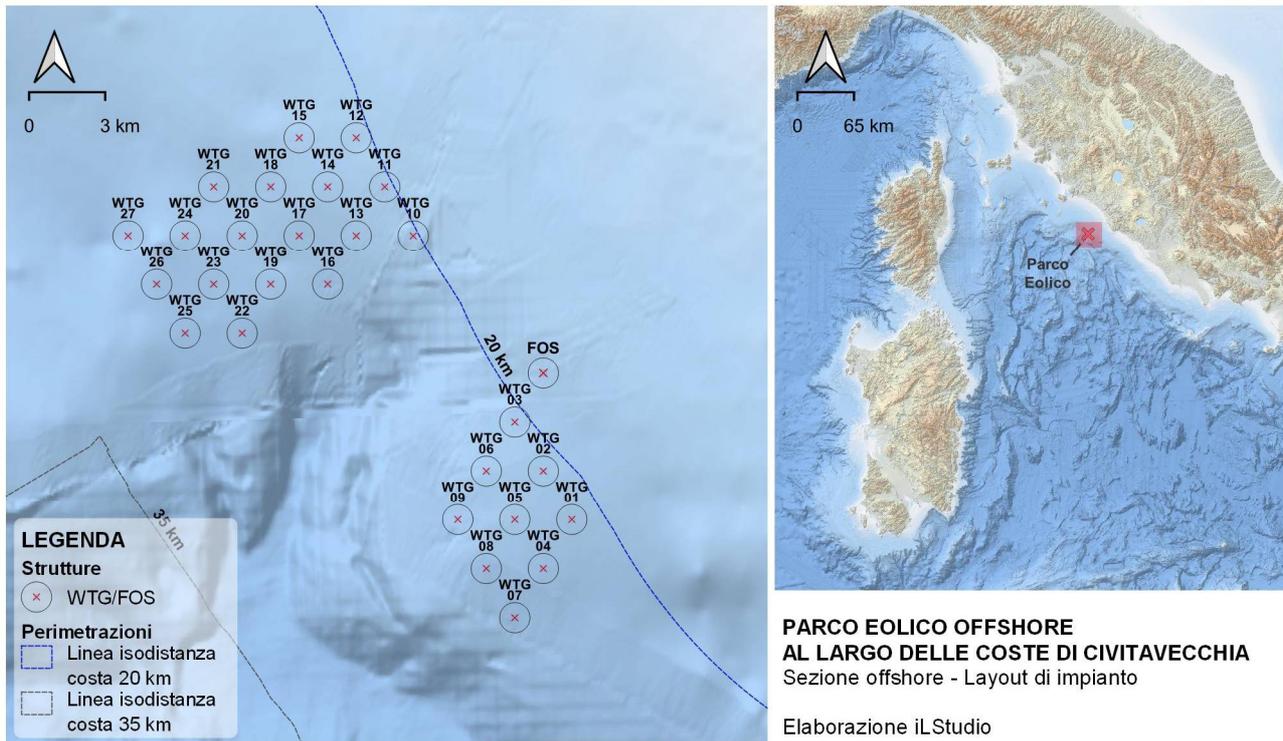
2.1 Ubicazione

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto di generazione eolica è ubicato nella zona di mare antistante alla città di Civitavecchia a oltre 20 km dalla costa.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina		Pagina 3 di 38

Il posizionamento del parco sintetizza diversi studi e consultazioni che hanno fornito una conoscenza preliminare delle caratteristiche del sito. La macro localizzazione delle strutture sintetizza i requisiti concorrenti di:

- massimizzazione della producibilità energetica (*energy yield*),
- eliminazione o minimizzazione degli impatti negativi prevedibili sull'ambiente naturale,
- eliminazione o minimizzazione degli impatti negativi prevedibili sull'ambiente antropico,
- mantenimento di elevati standard di sicurezza durante l'intero ciclo di vita dell'opera.



*Figura 2.2 – Ubicazione impianto.
Elaborazione iLStudio.*

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	4 di 38

3. PROFILO ANEMOLOGICO

Il profilo anemologico della località, inteso come valutazione dell'intensità e direzione del vento statisticamente significative per il sito, è stato estrapolato da dati storici del servizio MetOcean (DHI, 2021) elaborati secondo il modello NCEP CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) per il periodo 1 gennaio 1979 – 31 dicembre 2020 e relativi alla quota 10 mMSL. Il modello considera l'interazione termofluidodinamica tra i domini globali aria, terra e acqua fornendone una rappresentazione di stato oraria con risoluzione spaziale inferiore a 30 km.

Nello specifico, l'analisi anemologica è stata effettuata interrogando il dataset DHI su due punti di estrazione A (703269E, 4659541N EPSG32632 WGS84 UTM 32N) e B (712899E, 4648917N EPSG32632 WGS84 UTM 32N) interni alla macro area di indagine centrata sulle coordinate 706788E, 4654888N EPSG32632 WGS84 UTM 32N (rif. Figura 3.1). A valle, i risultati sono stati validati per confronto con:

- le mappe della ventosità del Global Wind Atlas;
- le mappe della ventosità dell'Atlante Eolico Italiano RSE.

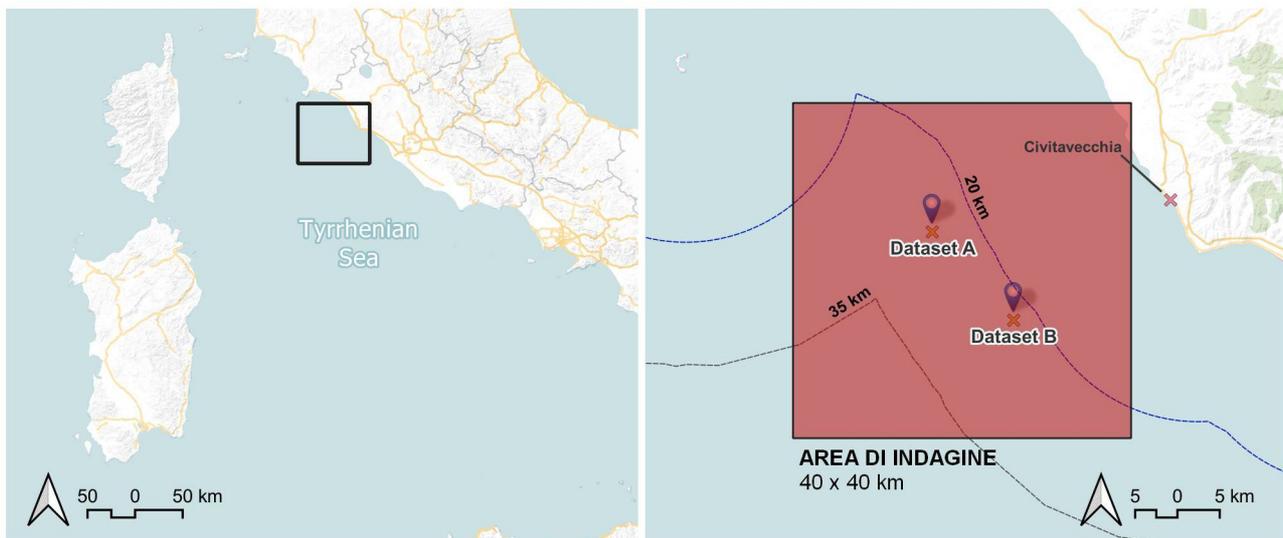


Figura 3.1 – Dataset anemologici disponibili nell'intorno del parco.
Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2021)

La valutazione preliminare conserva, in relazione alle caratteristiche dei dataset di input, un'incertezza di risultato riconducibile a errori di estrapolazione del profilo di vento da 10 mMSL alla quota hub mediante l'uso di un profilo logaritmico.

3.1 Note sui modelli hindcast

I set di dati di rianalisi sono prodotti utilizzando dataset di *misurazione atmosferica* in modelli NWP globali che vengono eseguiti su griglie di calcolo medio-grossolane. I set di dati di rianalisi coprono ampi periodi di tempo, in genere più di 30 anni, e sono costituiti da serie temporali con periodi di media dei campioni che vanno da 1 ora a 1 mese. Poiché i dati di rianalisi sono quindi rappresentativi delle condizioni atmosferiche per una data area (scala regionale, tipicamente) e un dato periodo di media, essi non sono direttamente confrontabili con le misurazioni locali "puntuali"; tuttavia, a condizione che siano convalidati utilizzando misurazioni coerenti a lungo termine, offrono una solida base per valutare la variazione a lungo termine della velocità del vento in un certo luogo di misurazione.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	5 di 38

3.2 Caratteristiche anemologiche del sito

L'elaborazione delle serie storiche di vento è stata effettuata in ambiente MATLAB confrontando i risultati con le elaborazioni restituite dal software di calcolo Resoft Windfarm e i valori medi anemologici dei servizi Global Wind Atlas e Atlante Eolico RSE. Per quanto riguarda la velocità media del vento, i risultati della valutazione preliminare sono riassunti in tabella. Alla quota di riferimento 10 mMSL i dataset restituiscono valori in ottimo accordo con scostamenti sul valor medio attorno a 0.04 m/s.

Tabella 3-1 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati. Elaborazione iLStudio.

FONTE	VELOCITÀ MEDIA DEL VENTO
Global Wind Atlas	5.12 m/s @ 10 mMSL, 6.62 m/s @ 100 mMSL
Atlante Eolico d'Italia	5.16 m/s @ 10 mMSL, 6.09 m/s @ 100 mMSL
DHI Metocean	A - 5.23 m/s @ 10 mMSL, B – 5.14 m/s @ 10 mMSL

A scopo illustrativo, la Figura 3.2 riporta le serie temporali di velocità e direzione del vento a 10 mMSL estratta dal dataset A DHI.

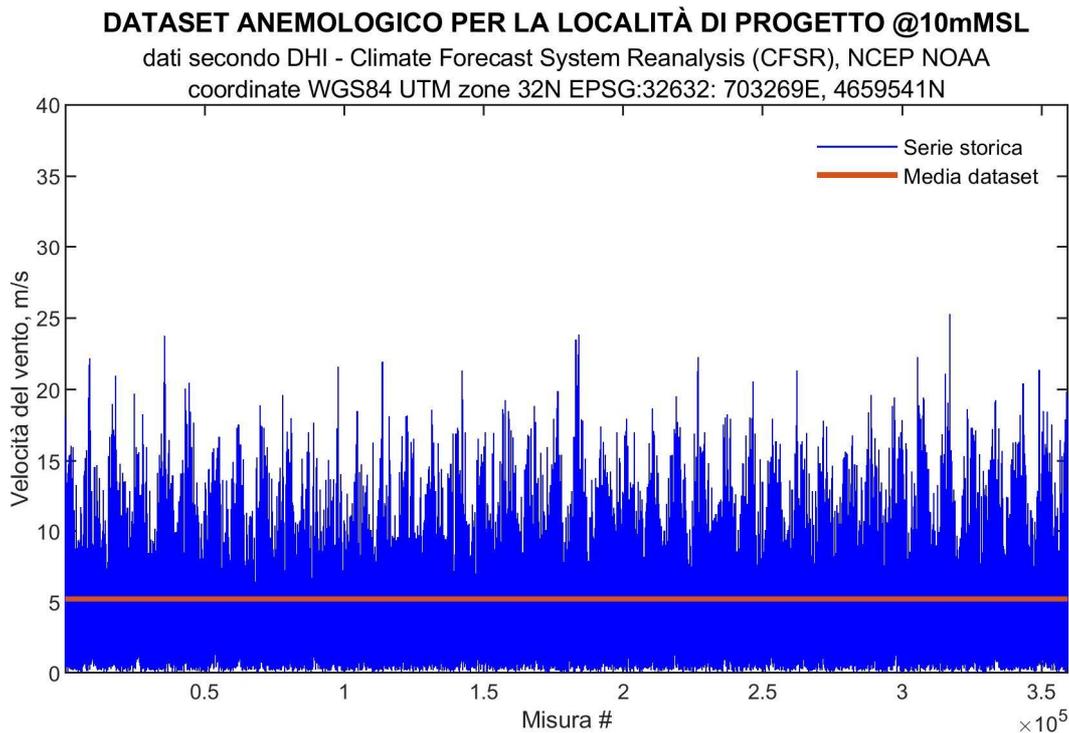


Figura 3.2 – Serie storica della velocità del vento a 10 mMSL estratta dal dataset A del servizio metocean DHI. Elaborazione iLStudio.

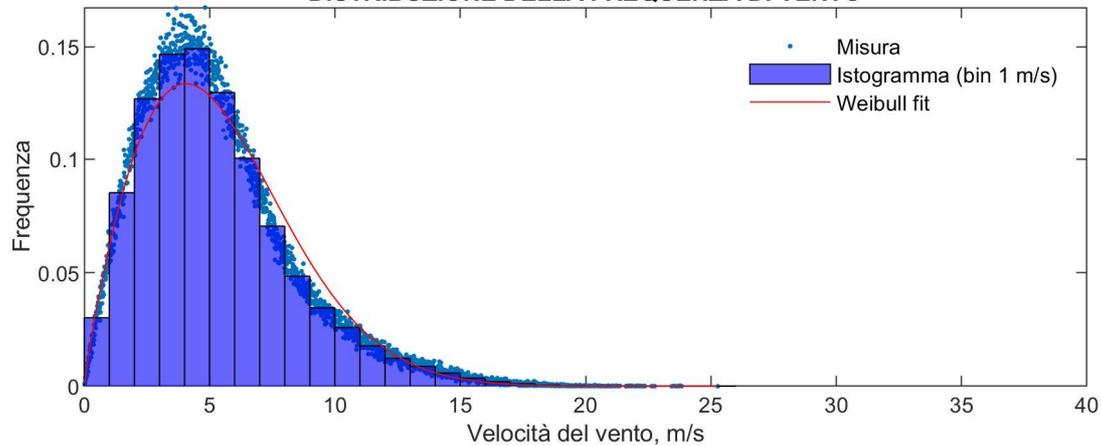
La distribuzione delle velocità del vento del set di dati DHI, per i punti di estrazione A e B e per il periodo di riferimento di 41 anni dal 1979 al 2020, è ben approssimata da distribuzioni Weibull omnidirezionali del tipo in Figura 3.3.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina 6	di 38

DATASET ANEMOLOGICO PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @10mMSL

dati secondo DHI - Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA
 coordinate WGS84 UTM zone 32N EPSG:32632: 703269E, 4659541N
 Weibull fit - Fattore di forma k = 1.8616 - Fattore di forma c = 6.1383

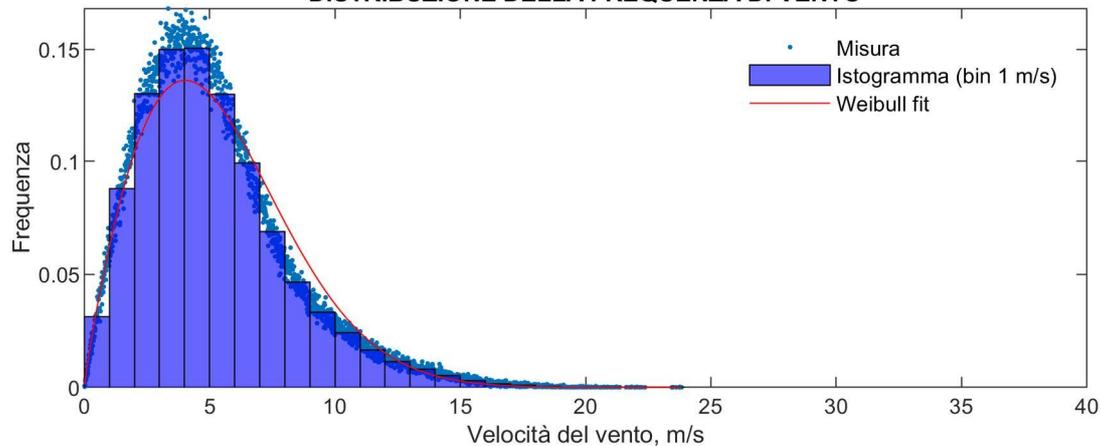
DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA DI VENTO



DATASET ANEMOLOGICO PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @10mMSL

dati secondo DHI - Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA
 coordinate WGS84 UTM zone 32N EPSG:32632: 712899E, 4648917N
 Weibull fit - Fattore di forma k = 1.8744 - Fattore di forma c = 6.0464

DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA DI VENTO



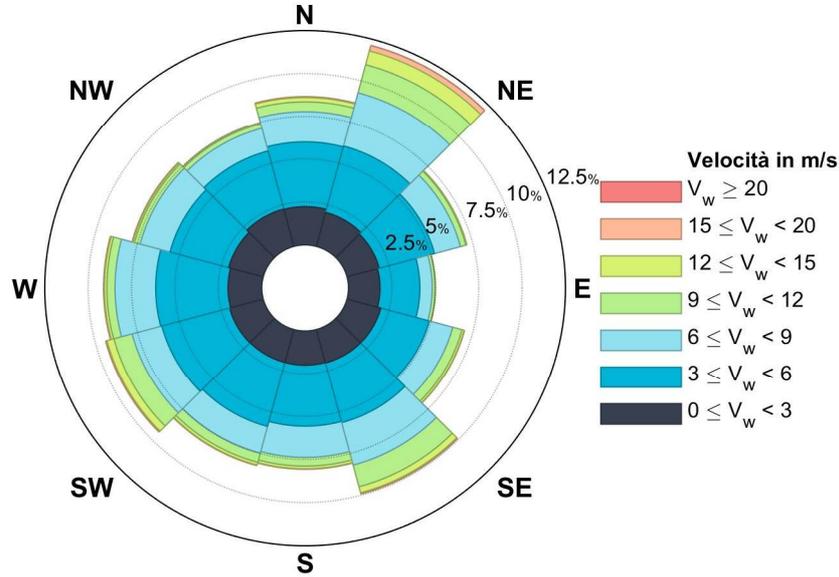
*Figura 3.3 – Approssimazione di Weibull del dataset di vento DHI.
 (In alto) dataset A, (in basso) dataset B. Elaborazione iLStudio.*

Le rose dei venti medie sul periodo di riferimento mostrano una distribuzione di vento pressoché uniforme nelle diverse direzioni con un picco nel settore centrato sui 30 gradi nord e un più modesto picco nella direzione di provenienza 150 gradi nord. I risultati sono in buon accordo con le informazioni del Global Wind Atlas (GWA). Le rose dei venti medie mensili (rif. Figura 3.5) mostrano invece significativi contributi di frequenza ed energia anche nel settore 270 gradi nord.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE Relazione meteomarina	Data Marzo 2022	Pagina 7 di 38

ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @10mMSL

dati secondo DHI - Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA
 coordinate WGS84 UTM zone 32N EPSG:32632: 703269E, 4659541N



ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @10mMSL

dati secondo DHI - Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA
 coordinate WGS84 UTM zone 32N EPSG:32632: 712899E, 4648917N

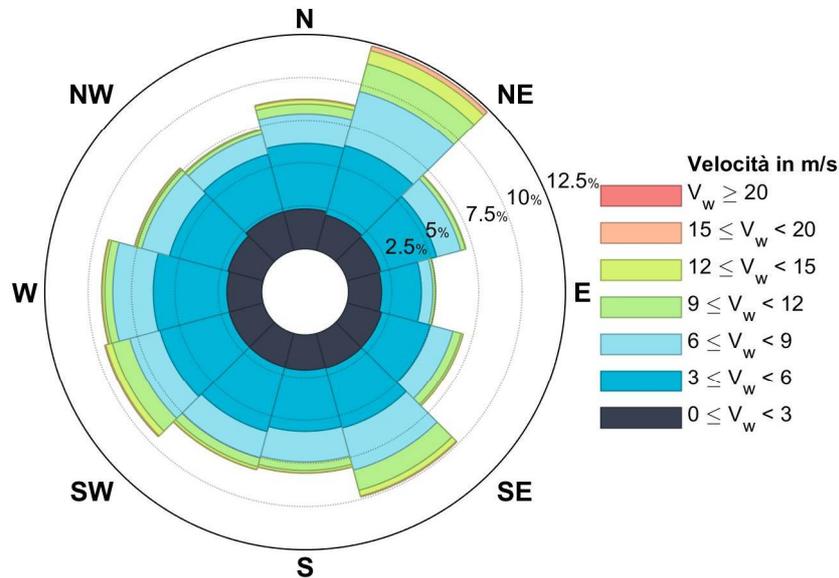
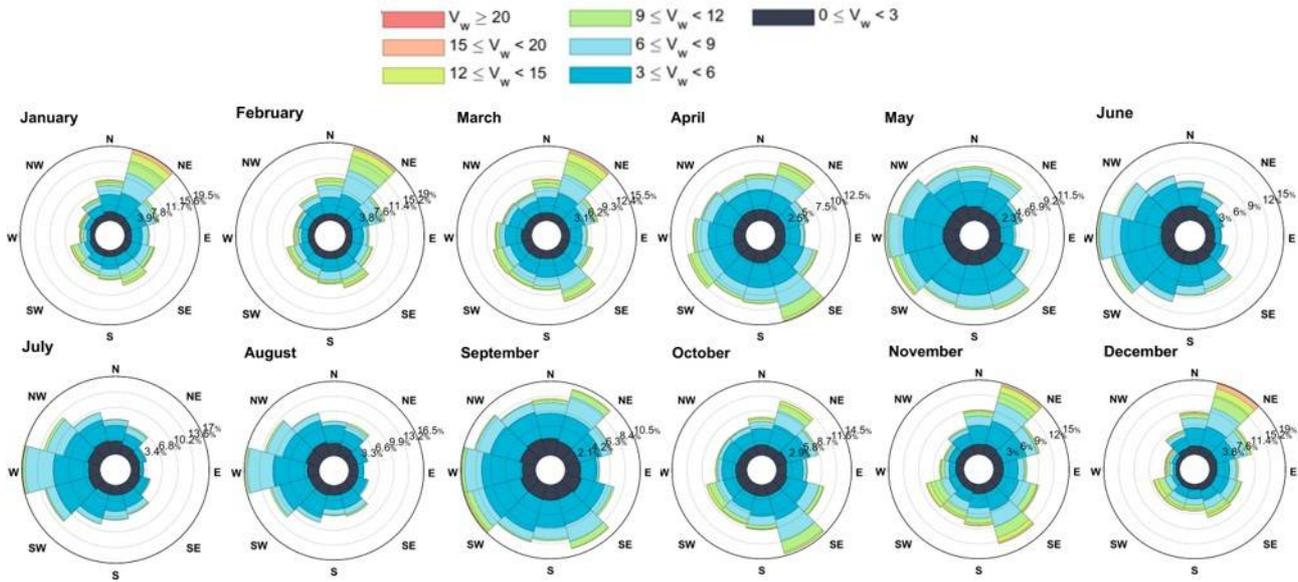


Figura 3.4 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto.

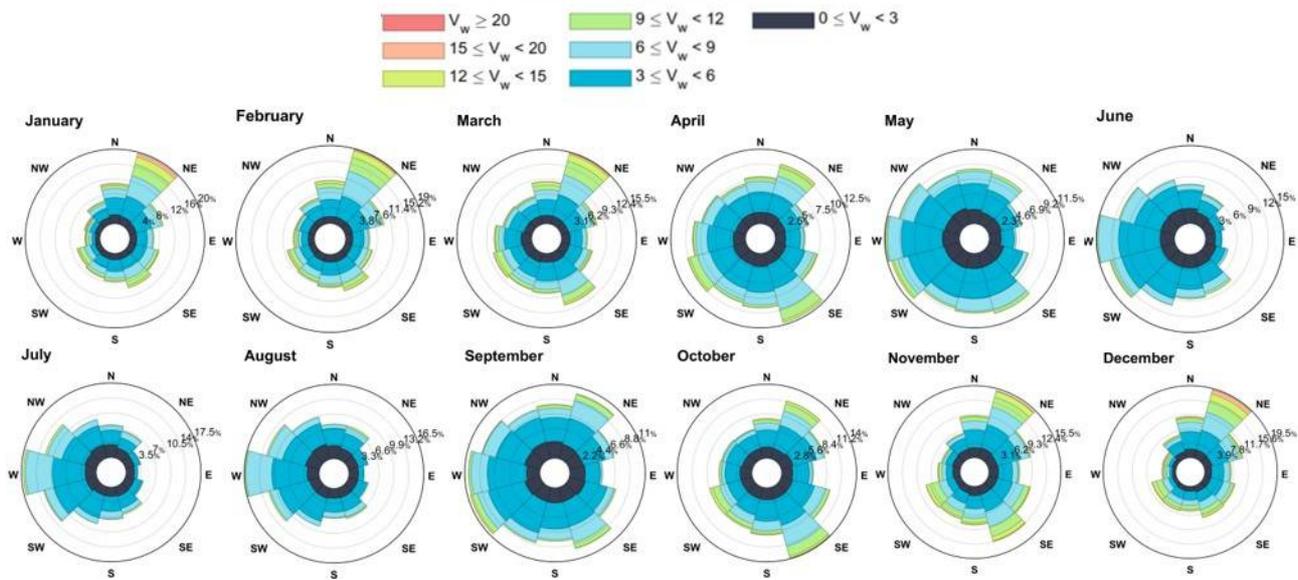
Media di lungo periodo (41 anni) su dataset DHI. (In alto) dataset A, (in basso) dataset B. Elaborazione iLStudio.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE Relazione meteoromarina	Data Marzo 2022	Pagina 8 di 38

VENTOSITÀ NEL SITO DI PROGETTO – ROSE DEI VENTI MEDIE MENSILI
 Velocità del vento a 10 mMSL



VENTOSITÀ NEL SITO DI PROGETTO – ROSE DEI VENTI MEDIE MENSILI
 Velocità del vento a 10 mMSL



*Figura 3.5 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto. Media mensile di lungo periodo (41 anni).
 (in alto) dataset A, (in basso) dataset B. Elaborazione iLStudio.*

3.2.1 Stima della ventosità di lungo periodo

L'analisi della ventosità di lungo periodo è stata effettuata mediante una analisi MCP (Misura – Correlazione – Predizione) inizializzata considerando le serie storiche di vento del dataset DHI per i punti di estrazione A e B. Dal confronto dei dataset, non si riscontrano incongruenze statisticamente significative anche se il test di coerenza statistica dei dati conferma in genere una migliore corrispondenza all'aumentare del periodo di riferimento delle serie temporali. A valle di questa analisi, la velocità media stimata di lungo periodo a 10 mMSL si attesta attorno a 5.25 m/s.

3.2.2 Stima della variabilità spaziale del vento

Alla data del presente documento, non sono disponibili informazioni dettagliate sulla distribuzione spaziale della ventosità sull'intera area del sito di indagine. Pertanto nel seguito, con buona approssimazione, i parametri di vento e le producibilità specifiche degli aerogeneratori saranno calcolati secondo criteri di vicinanza ai punti A e B di estrazione del dataset DHI.

3.2.3 Analisi del profilo verticale di velocità

L'estrapolazione del profilo di velocità verticale è stata effettuata applicando la *wind logarithmic law* (rif. eq. (1) (Manwell & McGowan, 2009) che descrive il profilo di velocità nella regione dello strato limite atmosferico sotto le ipotesi di superficie limite piana ed omogenea; il profilo è stato ricavato fino alla quota 300 m ipotizzando una altezza hub degli aerogeneratori di circa 155 m.

$$v(z) = v(z_{rif}) \frac{\log\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\log\left(\frac{z_{rif}}{z_0}\right)} \quad eq. (1)$$

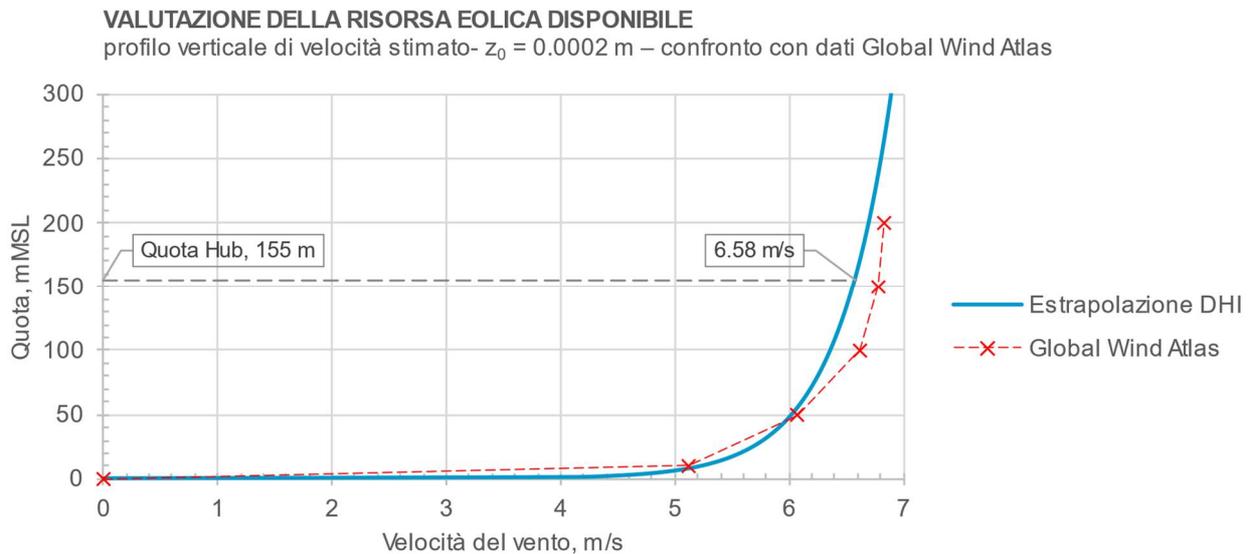


Figura 3.6 – Profilo verticale di velocità, estrapolazione con legge logaritmica e confronto con il profilo verticale di velocità del dataset Global Wind Atlas.

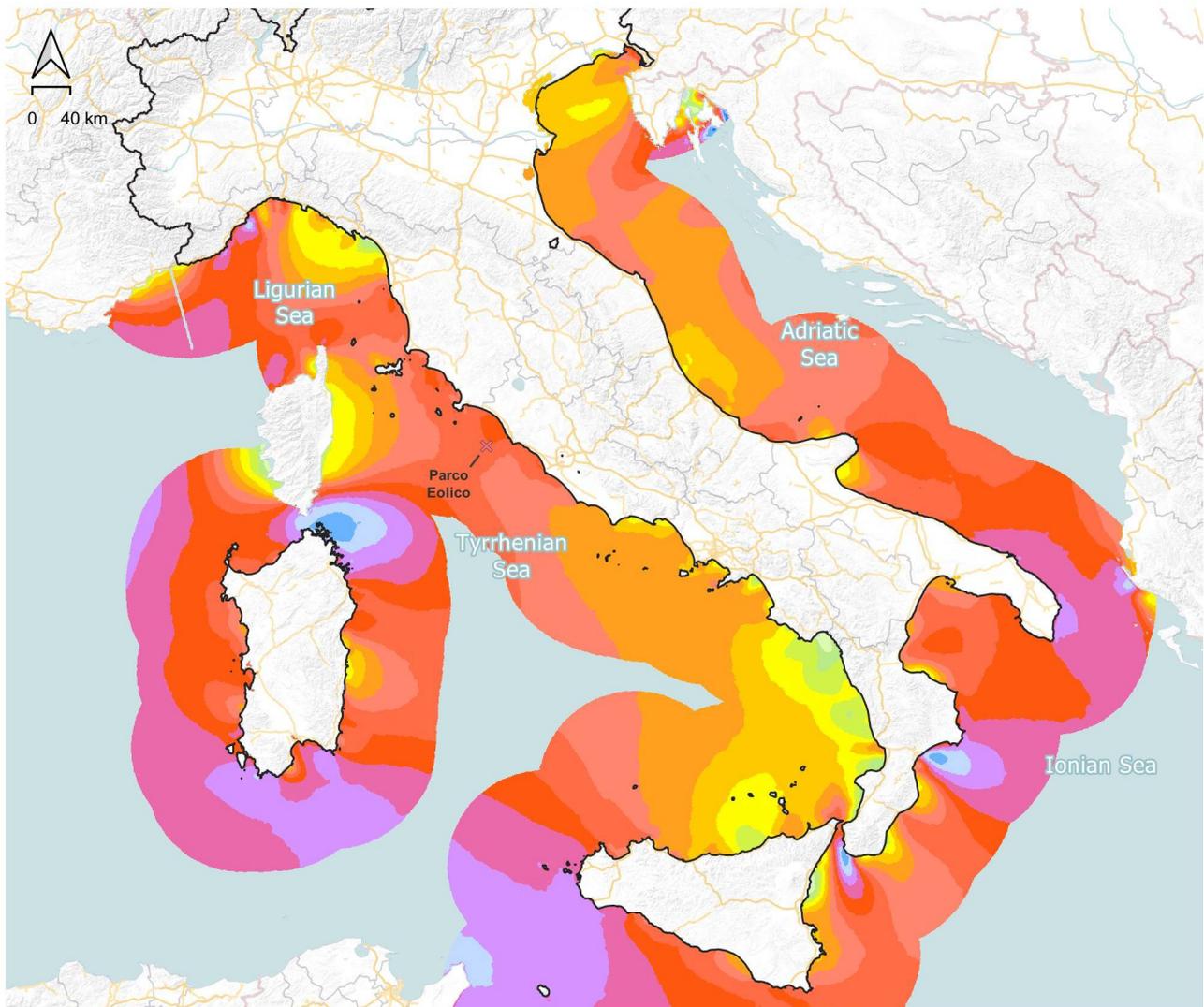
Elaborazione iLStudio.

Fissando cautelativamente la lunghezza caratteristica z_0 al valore 0.20 mm (tipico per la descrizione di una superficie limite del tipo “mare calmo”, rif. Tabella 3-2), la velocità media nel periodo di riferimento (41 anni), estrapolata alla quota 155 m.s.l.m., si attesta a circa 6.58 m/s con un profilo del tipo in Figura 3.6.

Tabella 3-2 – Valori z_0 per diverse tipologie di superficie limite

z_0 [mm]	Caratteristiche della superficie limite
0.01	Ghiaccio o fango molto lisci
0.20	Mare calmo
0.50	Mare mosso
3.00	Superficie innevata
8.00	Erba da prato

z₀ [mm]	Caratteristiche della superficie limite
50.00	Colture
100.00	Pochi alberi
250.00	Molti alberi, siepi, pochi edifici
500.00	Foreste e boschi
1500.00	Periferia urbana
3000.00	Centro cittadino con edifici alti



LEGENDA - Velocità del vento a 150 mMSL

■ <= 3.1 m/s	■ 5.0 - 5.4 m/s	■ 7.3 - 7.8 m/s
■ 3.1 - 3.6 m/s	■ 5.4 - 5.9 m/s	■ 7.8 - 8.2 m/s
■ 3.6 - 4.1 m/s	■ 5.9 - 6.4 m/s	■ 8.2 - 8.7 m/s
■ 4.1 - 4.5 m/s	■ 6.4 - 6.8 m/s	■ 8.7 - 9.2 m/s
■ 4.5 - 5.0 m/s	■ 6.8 - 7.3 m/s	■ > 9.2 m/s

PARCO EOLICO OFFSHORE

AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA

Clima anemologico, ventosità alla quota 150 mslm.

Elaborazione iLStudio su dati (Global Wind Atlas, 2021)

Figura 3.7 – Mappa della ventosità media annuale a 150 mMSL.
 Elaborazione iLStudio su dati (Technical University of Denmark (DTU), 2021).

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
	Relazione meteomarina	Pagina 11	di 38

Il confronto con i dati puntuali di velocità restituiti a partire dal dataset del Global Wind Atlas (rif. Figura 3.6 e Figura 3.7) per le quote discrete 10, 50, 100, 150 e 200 m ed interrogato in corrispondenza del centroide dell'area di riferimento, mostra che la stima elaborata sui dati DHI può ritenersi ragionevolmente conservativa.

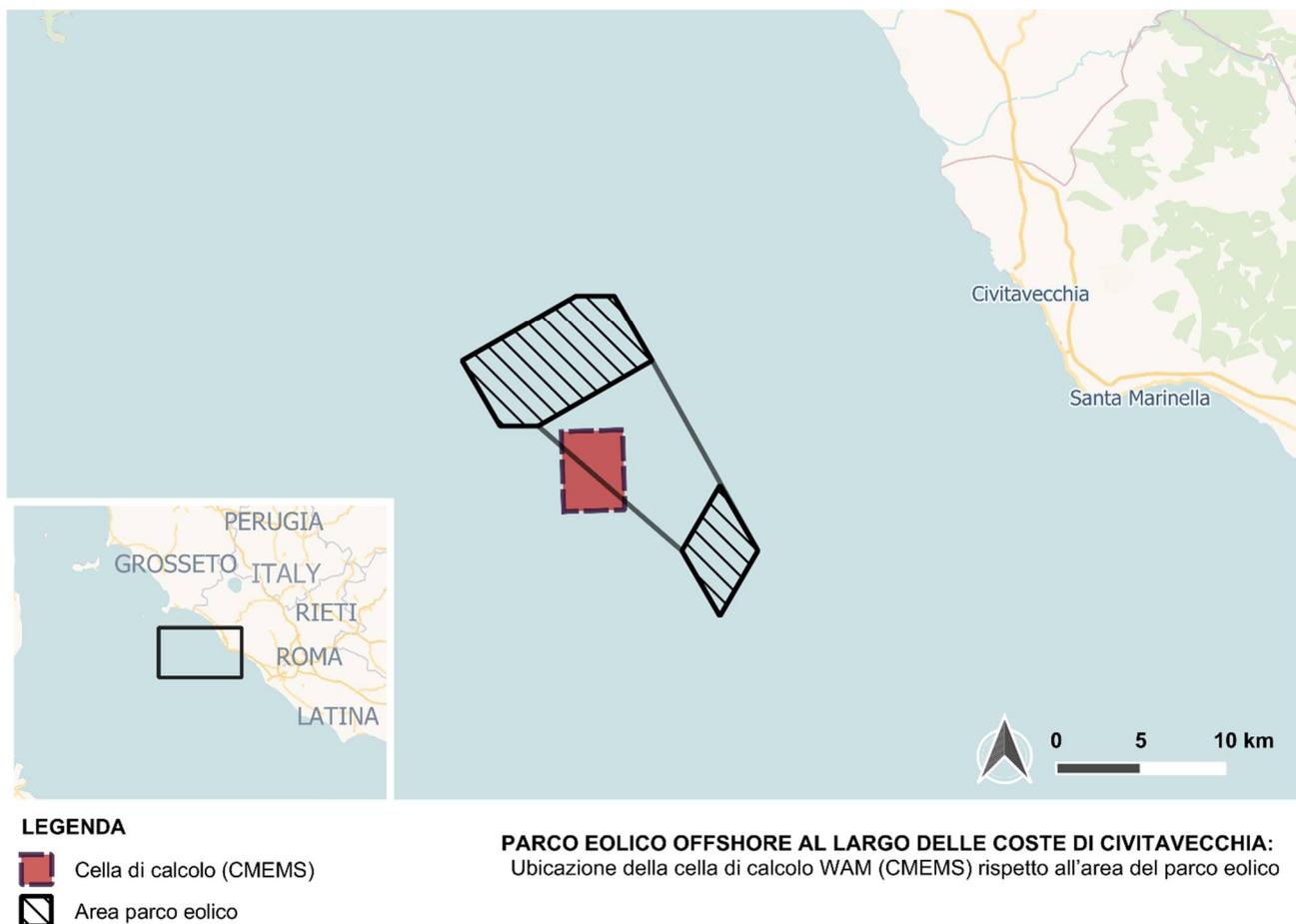
TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	12
		di	38

4. PROFILO ONDAMETRICO

La ricostruzione del moto ondoso nella zona di progetto è da intendersi come caratterizzazione dell'onda significativa in termini di altezza, periodo, direzione e frequenza. Lo studio illustrato nel presente paragrafo è stato effettuato tramite l'utilizzo dei dati d'onda presenti nel prodotto MEDSEA_HINDCAST_WAV_006_012 a cura del Mediterranean Monitoring and Forecasting Centre (CMEMS, 2021). Tale prodotto contiene le caratteristiche d'onda ottenute, a partire dai dati di vento, tramite modelli matematici di trasposizione d'onda di terza generazione (hindcasting).

Lo studio meteomarino è stato effettuato considerando due aree di riferimento:

- area del parco eolico;
- area della cella di calcolo WAM (WAVE Model);



*Figura 4.1 – Ubicazione della cella di calcolo WAM (CMEMS) rispetto all'area del parco eolico.
Elaborazione iLStudio.*

4.1 Studio meteomarino mediante dataset di Med-MFC (CMEMS)

I dati del prodotto MEDSEA_HINDCAST_WAV_006_012 sono frutto di un modello globale di analisi del moto ondoso di terza generazione. Tale modello, denominato WAM Cycle 6.4.2 (WAVE Model) permette di determinare le caratteristiche del moto ondoso a partire dai dati di vento, componendo uno spettro del mare tramite la risoluzione delle equazioni di bilancio dell'energia. Ciò che differenzia WAM da modelli di seconda generazione è la possibilità di risolvere l'equazione di trasporto senza alcuna assunzione in merito alla forma dello spettro d'onda. L'equazione è composta, nei suoi termini principali, dalle caratteristiche del vento, dal termine relativo alle

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina 13	di 38

dissipazioni dovute al fenomeno del frangimento, da un termine di trasferimento non lineare e da un termine relativo alle interazioni con il fondale.

L'accuratezza del modello è valutata tramite confronto diretto con le osservazioni altimetriche satellitari e con le serie storiche delle boe ondamiche presenti. Nel caso del mar Mediterraneo l'accuratezza relativa ai dati satellitari è stata valutata per 17 sub-regioni a partire dall'Oceano Atlantico sino al Mar di Levante.

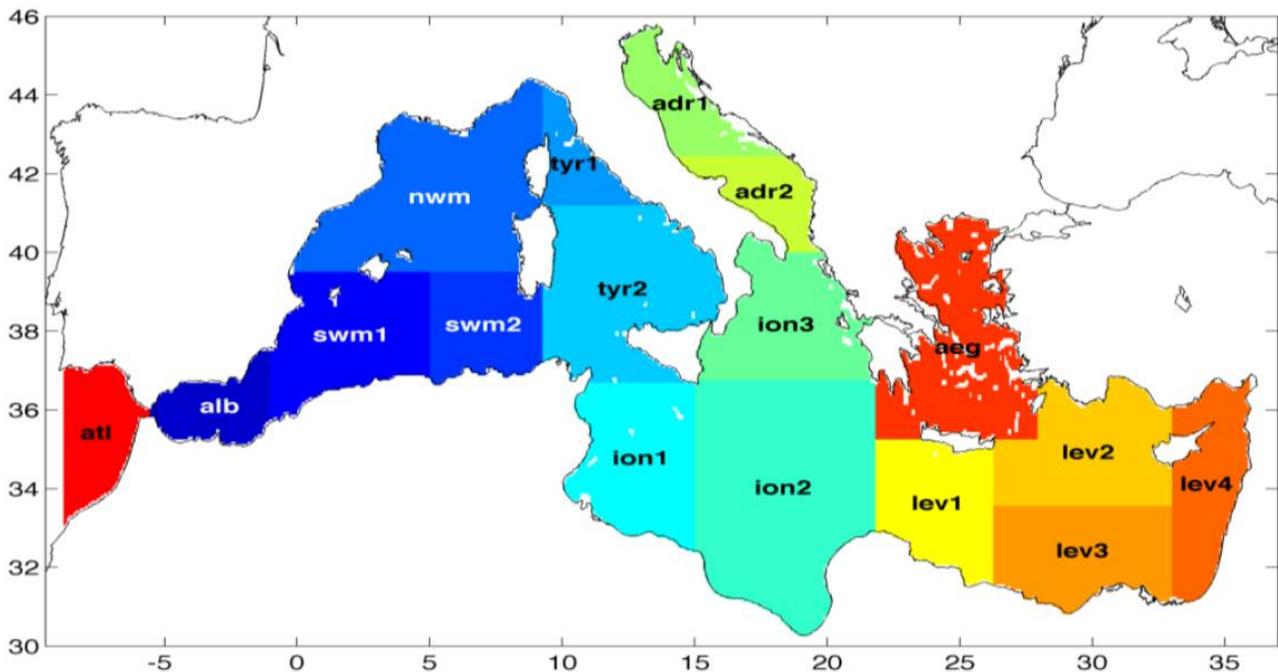


Figura 4.2 – Suddivisione in sub-regioni del Mar Mediterraneo.

Fonte: (CMEEMS, 2021).

Considerando la sub-regione contenente il parco eolico, denominata “tyr1”, questa presenta una media della differenza tra i risultati del modello e le osservazioni satellitari in termini di altezza d’onda significativa pari a $-0.083 \pm 0.02m$. La deviazione standard associata risulta pari a $0.252 \pm 0.019m$.

In merito al confronto effettuato con le serie storiche delle boe ondamiche, si ha una media della differenza pari a $-0.056 \pm 0.022m$ ed una deviazione standard di 0.227 ± 0.012 .

In generale si può affermare che il modello WAM tende a sottostimare i valori dell’altezza d’onda significativa per il Mar Mediterraneo. Tuttavia, nonostante il carattere non conservativo del modello, le differenze sono valutate trascurabili ai fini dello studio meteomarina preliminare dell’area di progetto.

4.1.1 Risultati

Il dataset preso in considerazione è una rianalisi del moto ondoso su un periodo di 27 anni dall’1° Gennaio 1993 al 31 Dicembre 2019. I parametri d’onda sono riportati su base oraria, con una risoluzione orizzontale della griglia di calcolo pari ad $1/24^\circ$. I dati analizzati per questo studio sono quelli relativi alla cella indicata in bordeaux nella Figura 4.1.

Le caratteristiche osservate ai fini dello studio sono:

- altezza d’onda significativa spettrale (Hm0)
- periodo di picco (TP)

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	iLStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina 14	di 38

- periodo d'onda (TM)
- direzione media di provenienza dell'onda (dir)

Sono state quindi analizzate la distribuzione di probabilità per direzione di provenienza del fenomeno ondoso, per altezza d'onda significativa, per periodo di picco ed infine quella congiunta altezza d'onda-direzione di provenienza. I risultati delle elaborazioni sono di seguito riportati.

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per direzione - Dataset Med-MFC
 Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 706479E, 4655766N

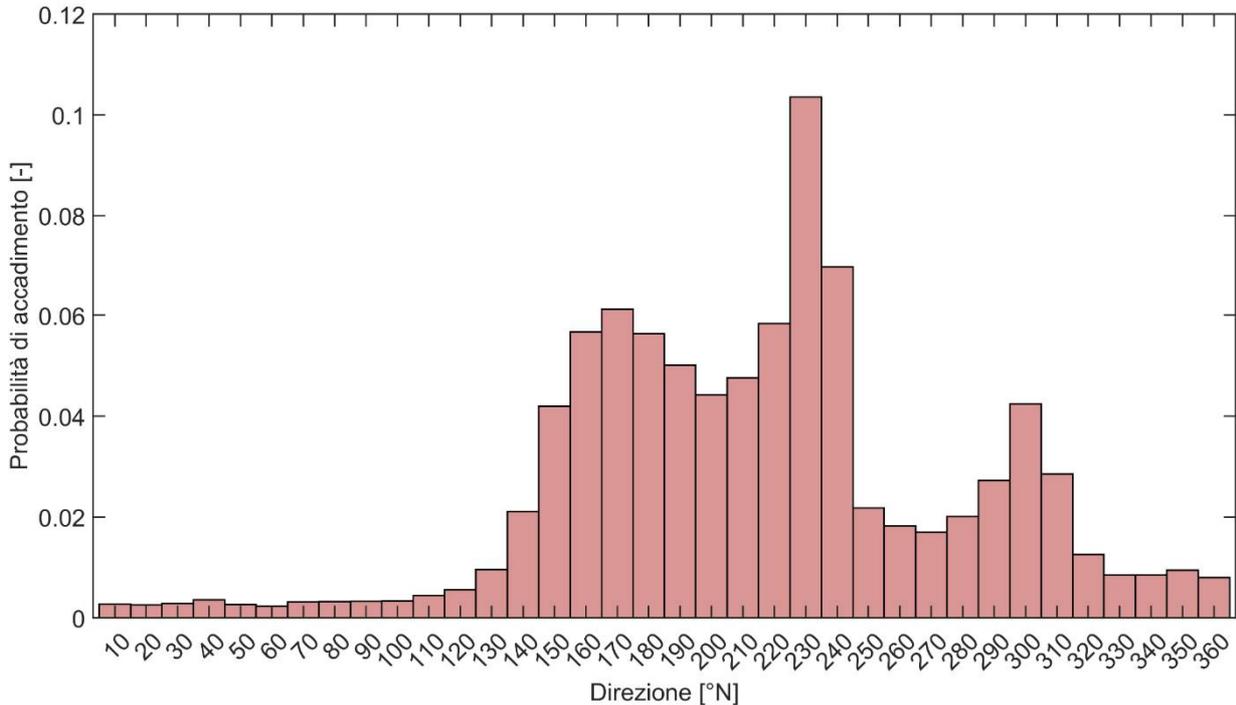


Figura 4.3 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per direzione di provenienza.
 Elaborazione iLStudio.

La Figura 4.3 mostra chiaramente la direzione “prevalente” dei fenomeni ondosi che si attesta attorno ai 230°N, con una percentuale di occorrenza sull'intero campione pari a circa il 10%. Questa fa riferimento al settore Sud-Ovest, soggetto ai venti provenienti dal Tirreno.

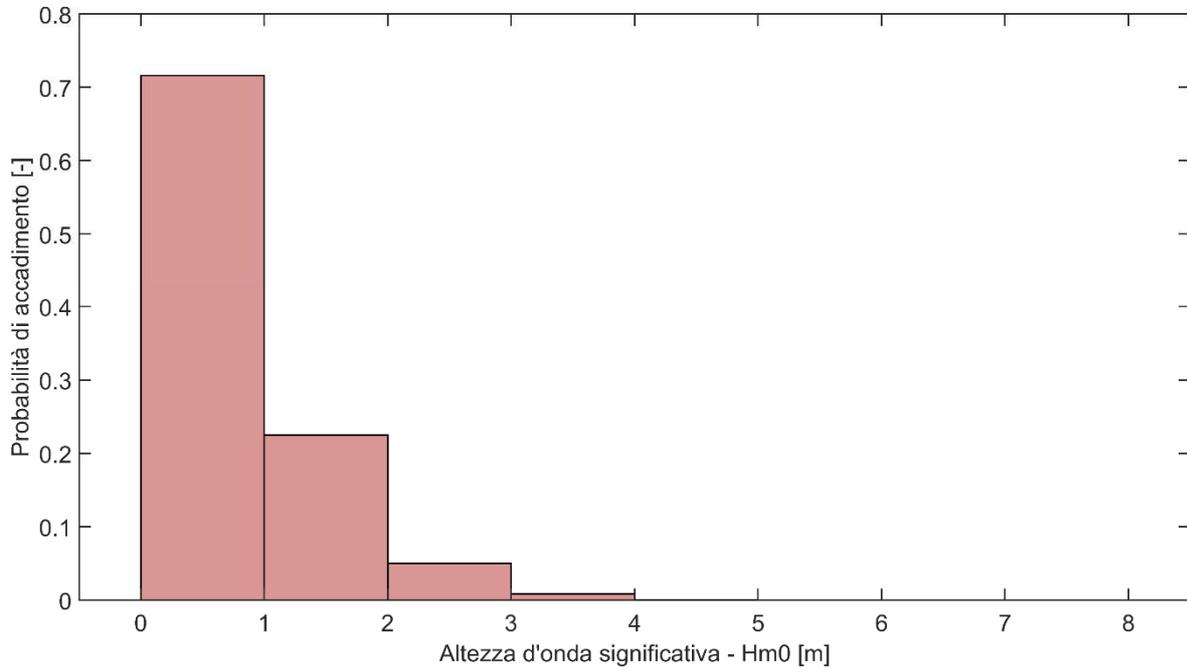
La direzione secondaria risulta essere invece quella attorno ai 170-180°N, corrispondente al settore Sud, soggetto ai venti provenienti dal basso Tirreno.

Di seguito si riportano le probabilità di occorrenza delle mareggiate per altezza d'onda significativa e periodo di picco.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina 15	di 38

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

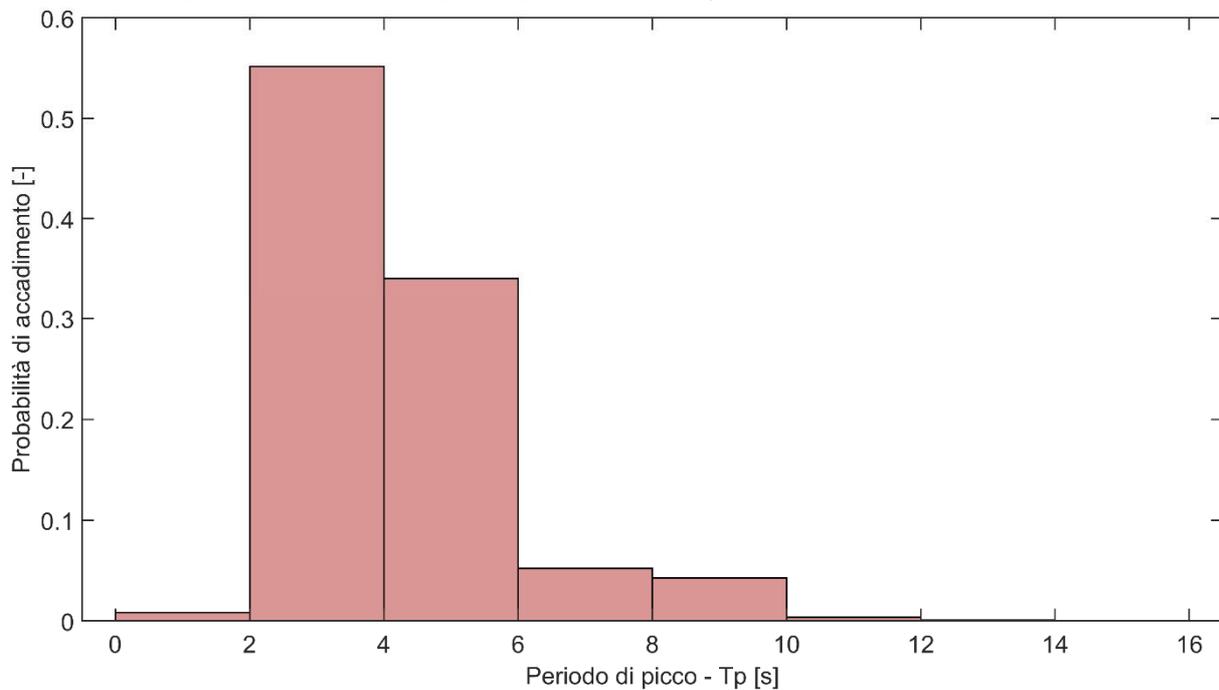
Probabilità di accadimento per altezza d'onda significativa - Dataset Med-MFC
 Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 706479E, 4655766N



*Figura 4.4 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d'onda significativa.
 Elaborazione iLStudio.*

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per periodo di picco d'onda - Dataset Med-MFC
 Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 706479E, 4655766N



*Figura 4.5 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per periodo di picco.
 Elaborazione iLStudio.*

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina 16	di 38

In base all'analisi ondometrica per la località di progetto è dunque possibile fare le seguenti considerazioni:

- con riferimento all'altezza d'onda significativa (Figura 4.4) la classe più frequente è quella compresa tra 0 e 1 m (Probabilità di accadimento pari a circa 0.7);
- con riferimento al periodo di picco d'onda (Figura 4.5) la classe più frequente è quella compresa tra 2 e 4 s (probabilità di accadimento 0.53) seguita da quella tra 4 e 6 s (probabilità di accadimento 0.35).

ROSA DEI MARI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Dati secondo Med-MFC

Coordinate WGS84 EPSG34632 UTM32N: 706479m, 4655766m

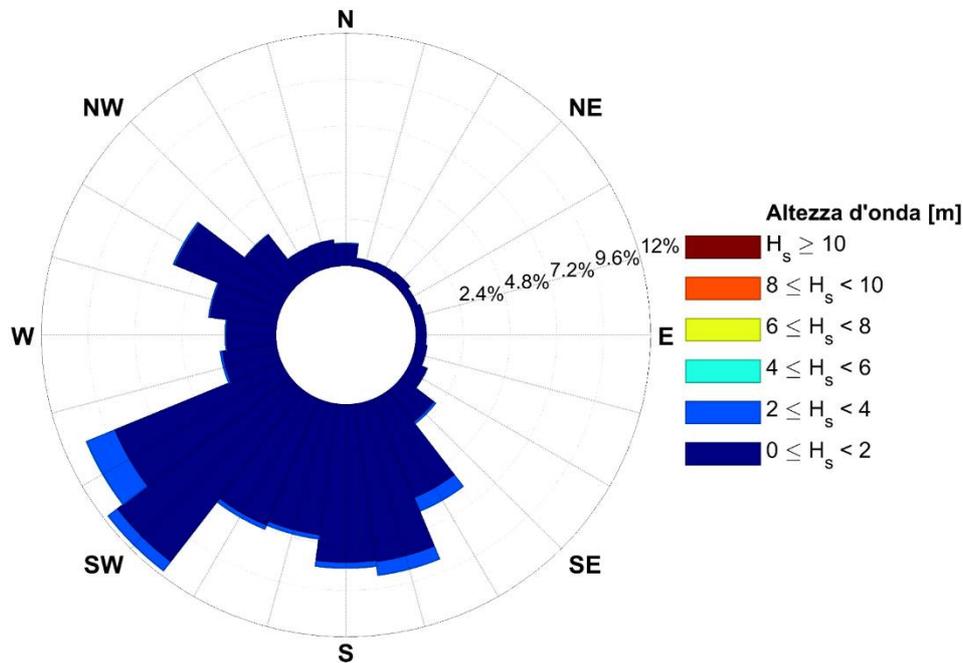


Figura 4.6 – Rosa dei mari per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

Considerando come mareggiate più intense quelle caratterizzate da altezze d'onda superiori ai 3m, risulta essere “dominante”, la direzione attorno ai 250°N (O-SO).

Di seguito si riportano le percentuali di accadimento del fenomeno ondoso per altezze d'onda, periodo di picco e direzione.

Tabella 4-1 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d'onda significativa e periodo di picco.

Elaborazione iLStudio.

PERIODO [s]	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA [m]						TOTALE
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	
0-2	0.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.85%
2-4	52.37%	0.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	52.92%
4-6	26.60%	8.30%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	35.12%
6-8	2.10%	2.61%	1.17%	0.14%	0.00%	0.00%	6.01%
8-10	1.23%	1.51%	1.10%	0.71%	0.10%	0.01%	4.64%
>10	0.26%	0.08%	0.07%	0.04%	0.01%	0.00%	0.45%
TOTALE	83.41%	13.04%	2.56%	0.88%	0.11%	0.01%	100.00%

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE Relazione meteomarina	Data Marzo 2022 Pagina 17 di 38

*Tabella 4-2 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d'onda significativa e direzione.
Elaborazione iLStudio.*

DIREZIONE [°N]	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA [m]						TOTALE
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	
0-9	0.42%	0.19%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.66%
10-19	0.30%	0.14%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.49%
20-29	0.22%	0.20%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.43%
30-39	0.39%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.57%
40-49	0.42%	0.09%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.52%
50-59	0.30%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.37%
60-69	0.37%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.45%
70-79	0.36%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.45%
80-89	0.39%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.47%
90-99	0.34%	0.05%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%
100-109	0.40%	0.05%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.46%
110-119	0.47%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.56%
120-129	0.62%	0.10%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.73%
130-139	1.19%	0.28%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	1.51%
140-149	2.06%	0.92%	0.15%	0.07%	0.00%	0.00%	3.20%
150-159	3.24%	1.68%	0.28%	0.08%	0.01%	0.00%	5.29%
160-169	4.02%	1.55%	0.32%	0.11%	0.01%	0.00%	6.01%
170-179	4.74%	0.96%	0.16%	0.07%	0.01%	0.00%	5.94%
180-189	4.62%	0.58%	0.10%	0.05%	0.01%	0.00%	5.36%
190-199	4.47%	0.44%	0.06%	0.05%	0.01%	0.00%	5.02%
200-209	4.74%	0.42%	0.06%	0.03%	0.00%	0.00%	5.26%
210-219	5.59%	0.55%	0.08%	0.02%	0.00%	0.00%	6.24%
220-229	6.36%	0.92%	0.16%	0.03%	0.00%	0.00%	7.47%
230-239	6.33%	1.36%	0.46%	0.13%	0.02%	0.00%	8.30%
240-249	2.97%	0.30%	0.24%	0.14%	0.02%	0.00%	3.65%
250-259	2.12%	0.06%	0.05%	0.02%	0.01%	0.00%	2.25%
260-269	2.16%	0.04%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	2.25%
270-279	2.39%	0.07%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	2.48%
280-289	3.23%	0.08%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	3.34%
290-299	5.30%	0.17%	0.03%	0.02%	0.01%	0.00%	5.53%
300-309	5.73%	0.21%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	5.99%
310-319	2.72%	0.14%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	2.89%
320-329	1.26%	0.15%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	1.44%
330-339	0.99%	0.15%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	1.16%
340-349	1.05%	0.25%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	1.31%
350-359	1.12%	0.40%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	1.55%
TOTALE	83.41%	13.04%	2.56%	0.88%	0.11%	0.01%	100.00%

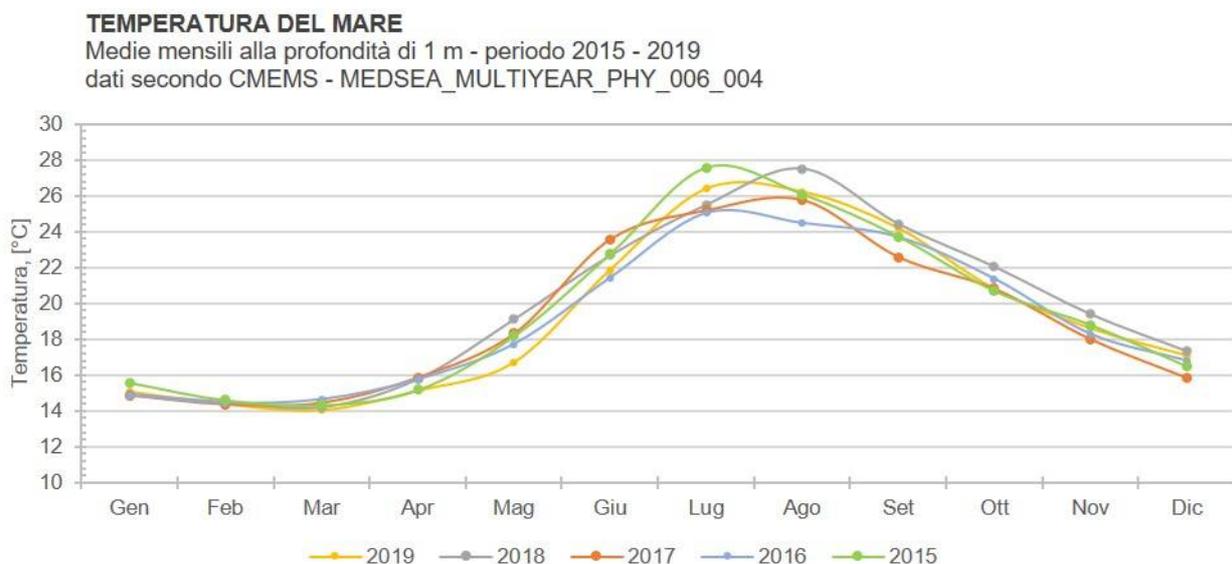
TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina 18	di 38

5. PROFILO MAREOGRAFICO

L'indagine mareografica ha lo scopo di determinare gli andamenti, su una definita scala temporale, dei principali aspetti termofisici del mare quali, ad esempio, il livello relativo medio di marea, il profilo di salinità, il livello termico medio, il campo delle correnti locali. Per le analisi che seguono, ove non diversamente indicato si è fatto riferimento al dataset MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004 per il periodo gennaio 2015 – dicembre 2019 contenente il prodotto di rianalisi dello stato fisico del Mar Mediterraneo e costituito da campi media 3D e/o 2D mensili, giornalieri e orari di temperatura potenziale, salinità, velocità e altezza media della superficie acquosa con una risoluzione spaziale di circa 4 km.

5.1 Temperatura del mare

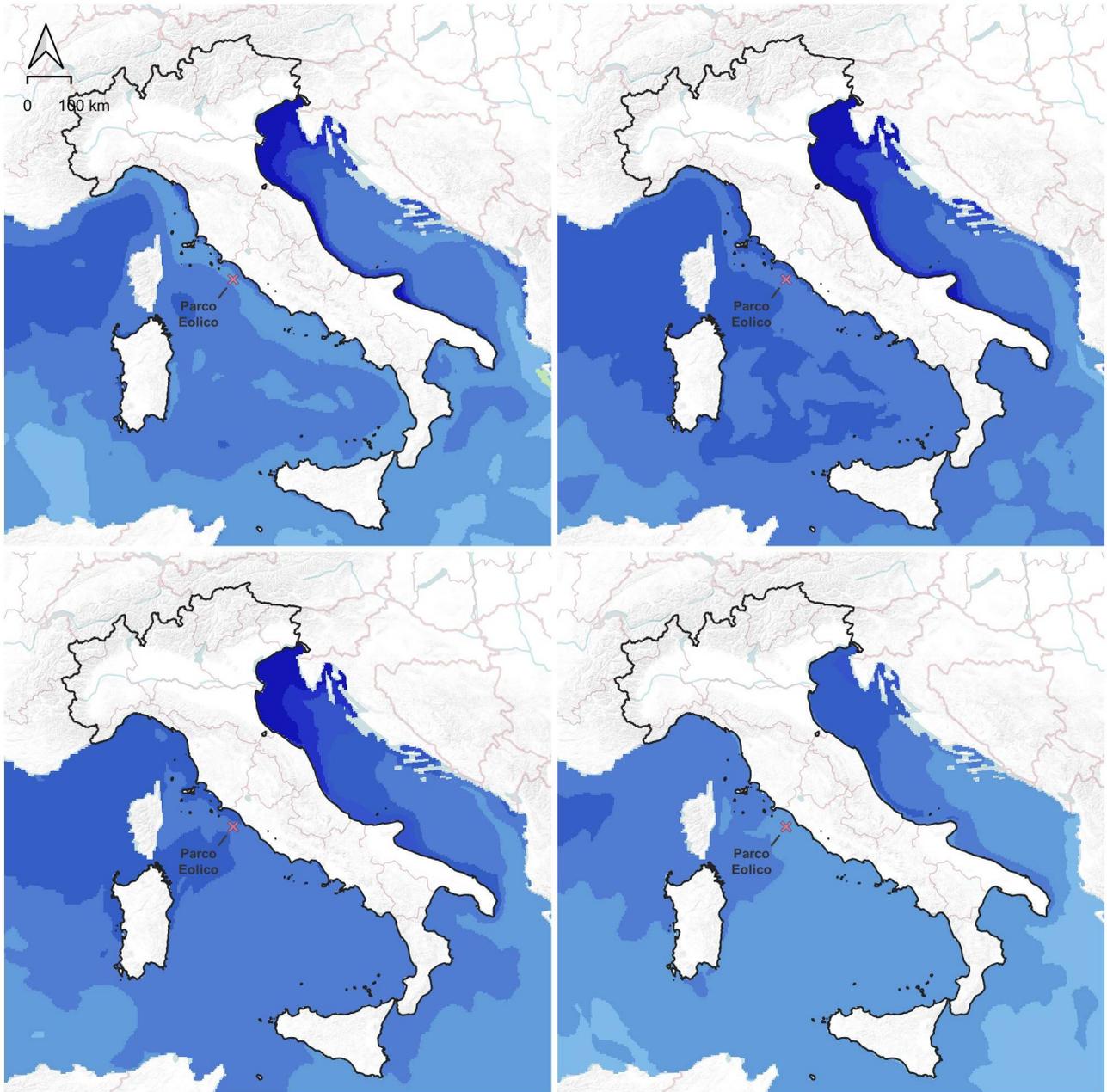
I dati sui livelli di temperatura del mare per la località di progetto estratti dal database europeo del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, 2021) sono mostrati in Figura 5.1 ove si propone il confronto tra i livelli termici medi mensili ad 1 metro di profondità per gli anni dal 2015 al 2019 rilevati alle coordinate del centroide dell'area di analisi a partire da mappe termiche del tipo in Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4.



*Figura 5.1 – Temperatura del mare a 1 m di profondità per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.
 Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).*

Per gli anni investigati la temperatura superficiale oscilla tra circa 14 e 28°C con media attorno a 21°C. Gli andamenti sono riproducibili su base inter - annuale con differenze poco significative rispetto alle finalità dell'indagine.

Guardando invece al profilo di temperatura verticale nella colonna d'acqua, le successive figure riportano gli andamenti della temperatura al variare della profondità. L'analisi dei profili indica una spiccata variabilità della temperatura superficiale, certamente più sensibile alla variazione delle condizioni climatiche esterne rispetto agli strati più profondi la cui temperatura si mantiene infatti attorno ai 14 °C durante tutto l'anno generalmente oltre i 120 m di profondità.



LEGENDA - Temperatura colonna d'acqua a 1 m di prof.

■ ≤ 11°C	■ 15 - 16°C	■ 20 - 21°C
■ 11 - 12°C	■ 16 - 17°C	■ 21 - 22°C
■ 12 - 13°C	■ 17 - 18°C	■ 22 - 23°C
■ 13 - 14°C	■ 18 - 19°C	■ 23 - 24°C
■ 14 - 15°C	■ 19 - 20°C	■ > 24°C

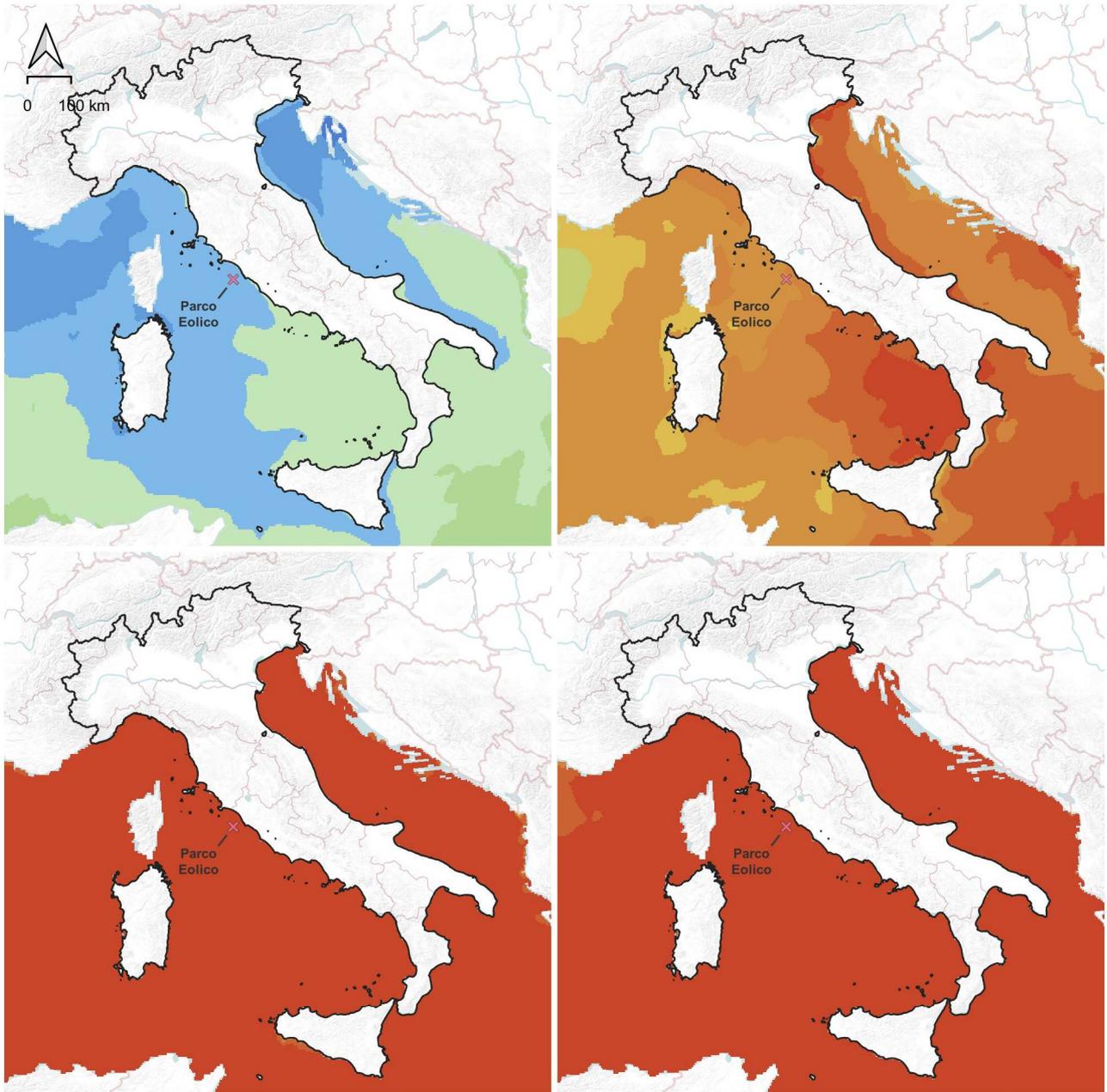
PARCO EOLICO OFFSHORE

AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA

Temperatura del mare, profondità 1 m, anno 2019.
 da sx verso dx, dall'alto in basso: Gen, Feb, Mar, Apr

Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.2 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine. Valori medi mensili da gennaio ad aprile per l'anno 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

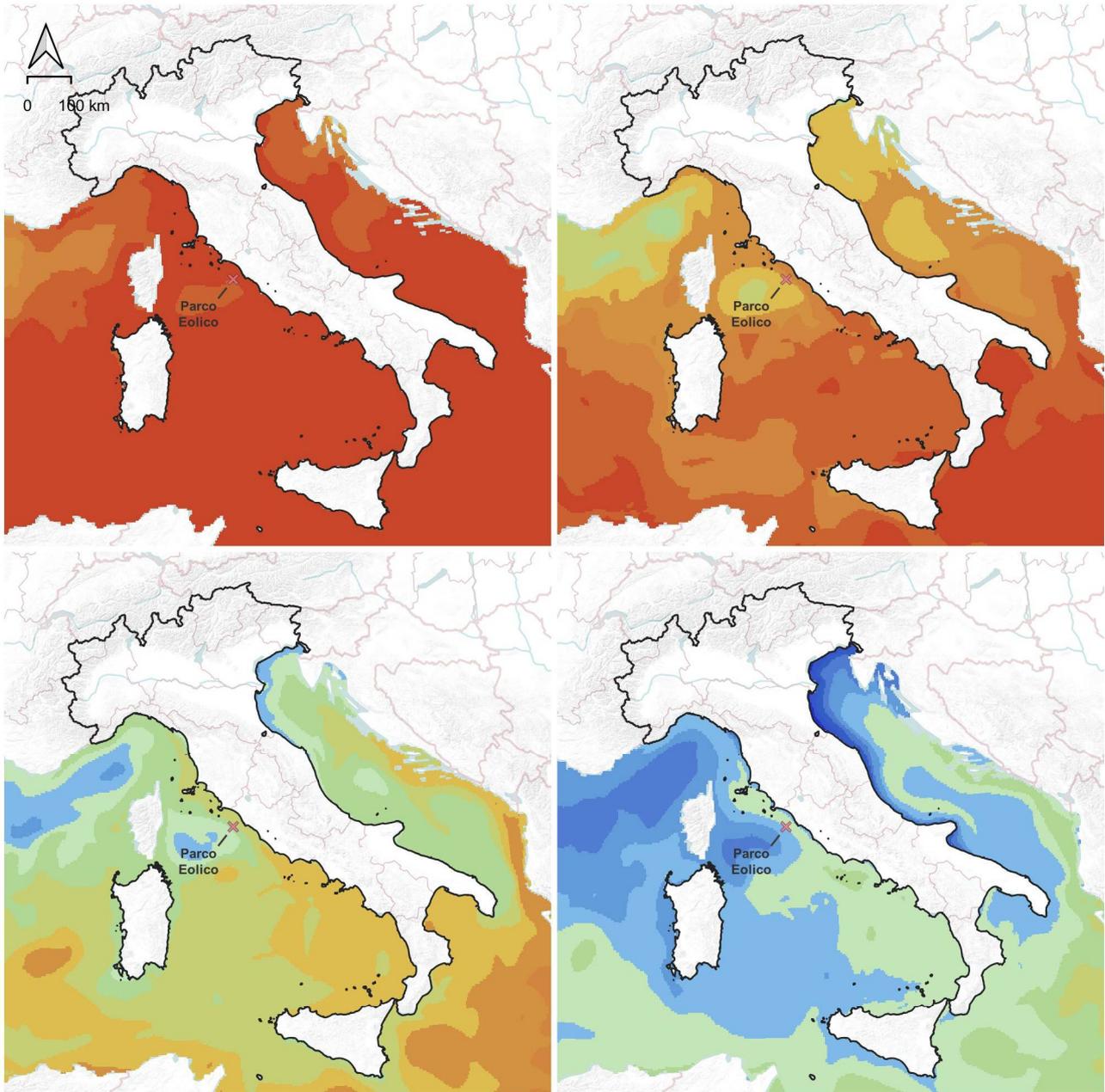


LEGENDA - Temperatura colonna d'acqua a 1 m di prof.

■ ≤ 11°C	■ 15 - 16°C	■ 20 - 21°C
■ 11 - 12°C	■ 16 - 17°C	■ 21 - 22°C
■ 12 - 13°C	■ 17 - 18°C	■ 22 - 23°C
■ 13 - 14°C	■ 18 - 19°C	■ 23 - 24°C
■ 14 - 15°C	■ 19 - 20°C	■ > 24°C

**PARCO EOLICO OFFSHORE
AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA**
 Temperatura del mare, profondità 1 m, anno 2019.
 da sx verso dx, dall'alto in basso: Mag, Giu, Lug, Ago
 Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.3 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine. Valori medi mensili da maggio ad agosto per l'anno 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)



LEGENDA - Temperatura colonna d'acqua a 1 m di prof.

■ ≤ 11°C	■ 15 - 16°C	■ 20 - 21°C
■ 11 - 12°C	■ 16 - 17°C	■ 21 - 22°C
■ 12 - 13°C	■ 17 - 18°C	■ 22 - 23°C
■ 13 - 14°C	■ 18 - 19°C	■ 23 - 24°C
■ 14 - 15°C	■ 19 - 20°C	■ > 24°C

PARCO EOLICO OFFSHORE

AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA

Temperatura del mare, profondità 1 m, anno 2019.
da sx verso dx, dall'alto in basso: Set, Ott, Nov, Dic

Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.4 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella macro area di indagine. Valori medi mensili da settembre a dicembre per l'anno 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

TEMPERATURA DEL MARE

Medie mensili al variare della profondità - periodo gennaio 2016 - dicembre 2016
dati secondo CMEMS - MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004

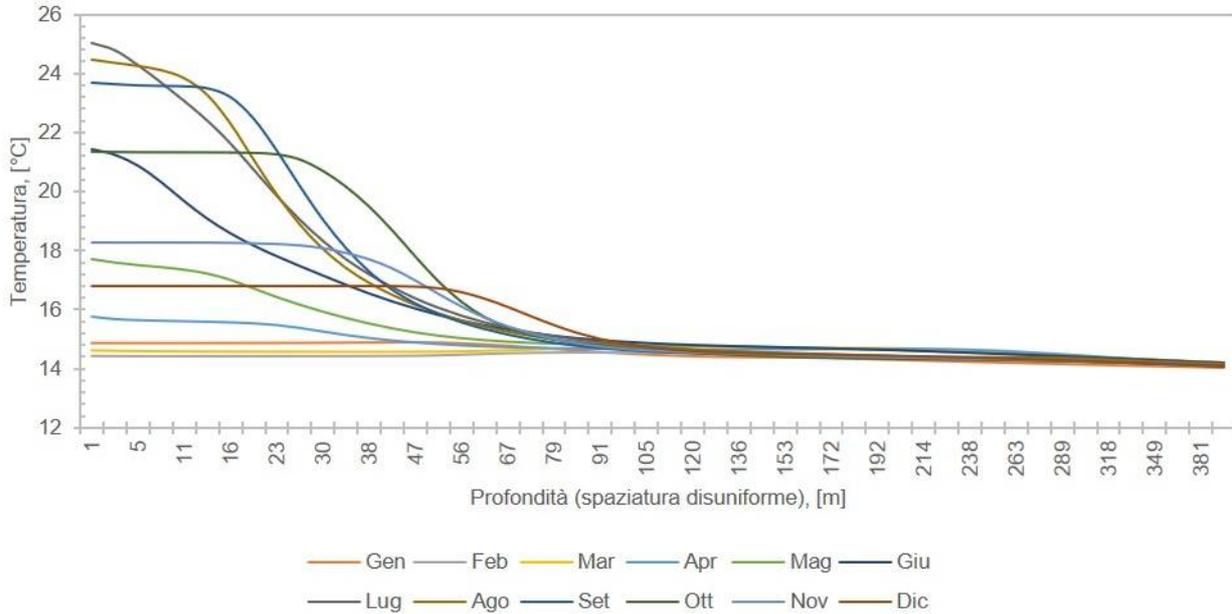


Figura 5.5 – Profilo termico verticale del mare – anno 2016, valori medi mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

TEMPERATURA DEL MARE

Medie mensili al variare della profondità - periodo gennaio 2017 - dicembre 2017
dati secondo CMEMS - MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004

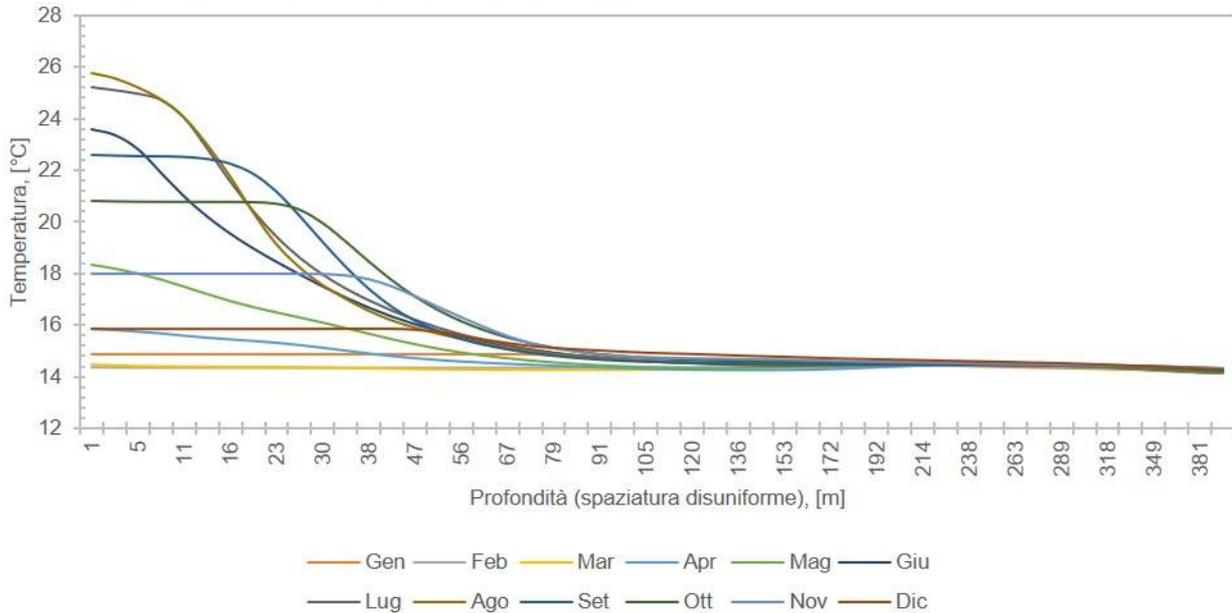
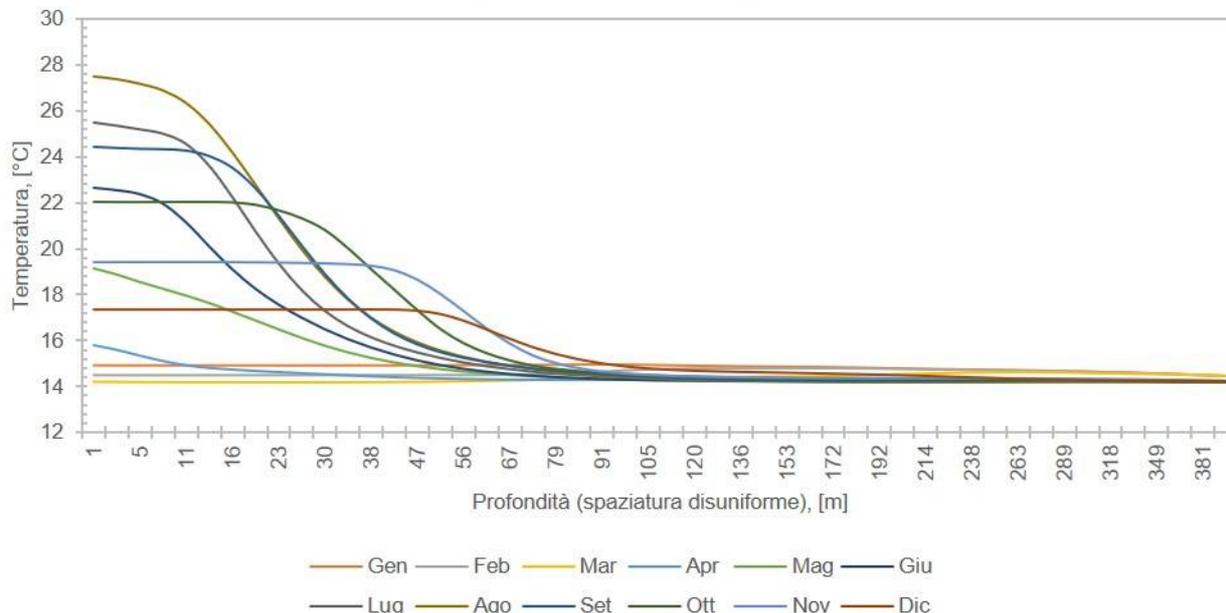


Figura 5.6 – Profilo termico verticale del mare – anno 2017, valori medi mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

TEMPERATURA DEL MARE

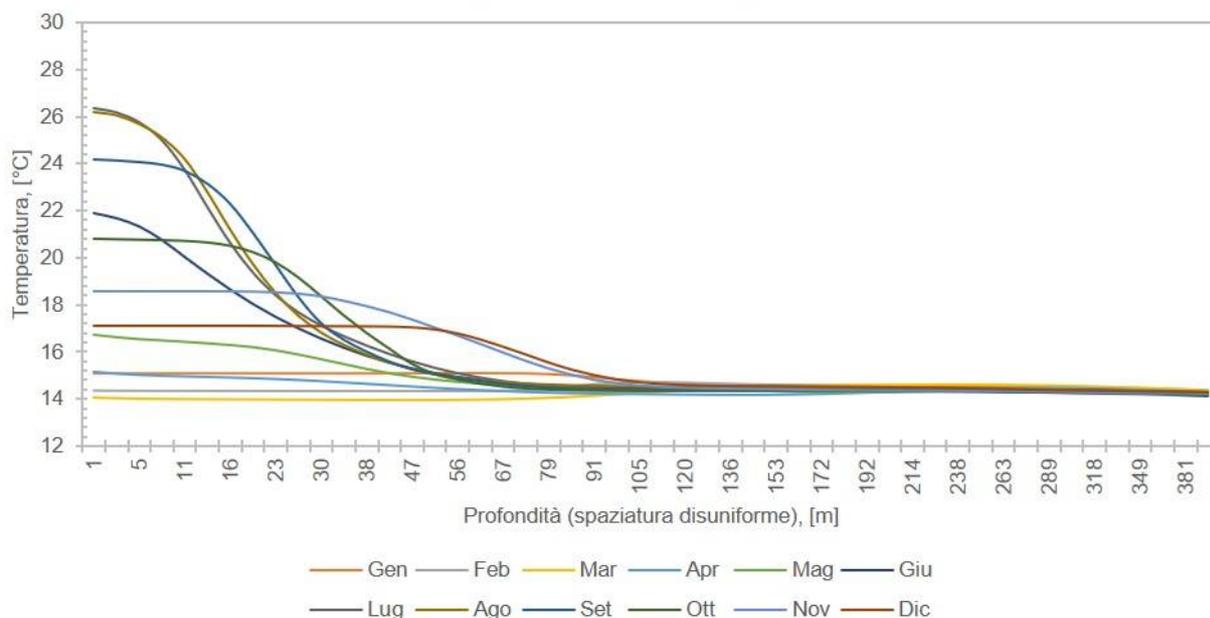
Medie mensili al variare della profondità - periodo gennaio 2018 - dicembre 2018
dati secondo CMEMS - MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004



*Figura 5.7 – Profilo termico verticale del mare – anno 2018, valori medi mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).*

TEMPERATURA DEL MARE

Medie mensili al variare della profondità - periodo gennaio 2019 - dicembre 2019
dati secondo CMEMS - MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004



*Figura 5.8 – Profilo termico verticale del mare – anno 2019, valori medi mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).*

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina 24	di 38

5.2 Presenza di ghiaccio

Le condizioni climatiche della località non consentono la formazione di ghiaccio sulla superficie marina.

5.3 Densità dell'acqua

La densità dell'acqua marina può assumersi al valor medio 1026 kg/m^3 .

5.4 Marine growth mass (accrescimento biocenotico)

Qualsiasi struttura immersa nelle acque marine diviene sede di attecchimento per diversi organismi marini. Questa crescita, generalmente indicata come *biofouling*, è costituita da una varietà di specie a seconda della posizione, profondità e configurazione della struttura. La crescita marina sui dispositivi di energia rinnovabile può avere conseguenze per l'integrità strutturale o l'efficienza idrodinamica e va dunque tenuta in debito conto.

Riferendosi alle linee guida (DNV, 2018), lo spessore di accrescimento marino è stimabile con la profondità secondo il diagramma di Figura 5.9. Si assume inoltre una densità di accrescimento pari a 1325 kg/m^3 .

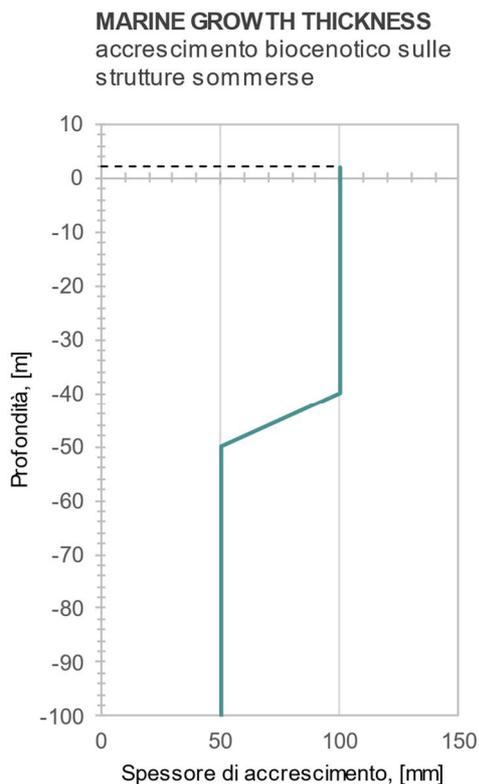


Figura 5.9 – Spessore di accrescimento marino sulle strutture sommerse al variare della profondità.
Elaborazione da (DNV, 2018).

5.5 Livello relativo di marea

I dati per la caratterizzazione del livello di marea della località sono stati estratti dal database europeo del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, 2021) in riferimento al dataset MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004.

Il livello medio di marea del dataset è espresso in metri relativi al geoide di riferimento.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina 25	di 38

L'informazione, estrapolata per il periodo gennaio 2015 – dicembre 2019 sottoforma di media mensile alle coordinate del centroide dell'area di indagine, è mostrata in Figura 5.10 e fa riferimento a mappe del tipo in Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 (relative all'anno 2019).

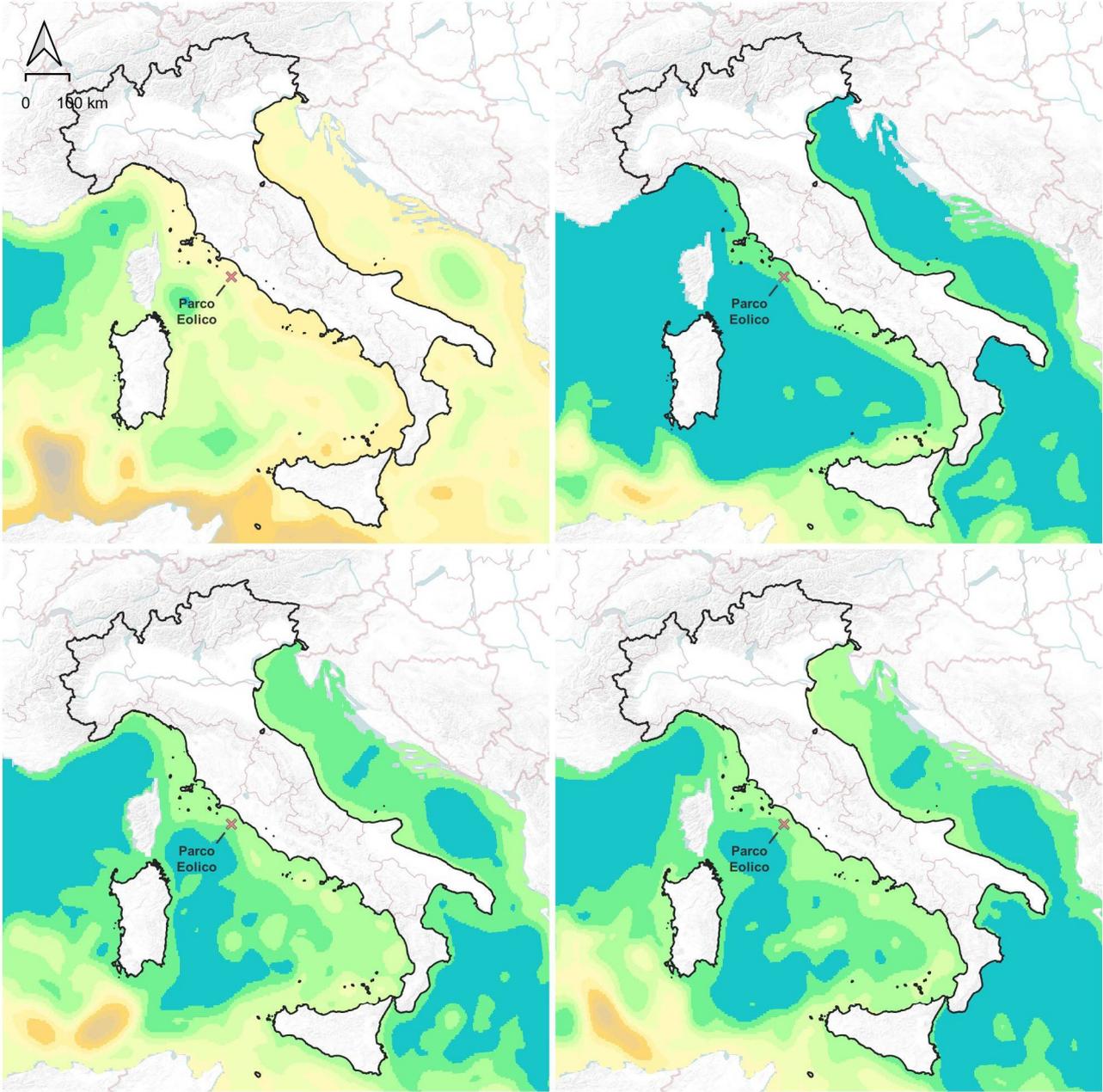
I dati mostrano una generale depressione del livello medio mare nella zona di progetto con media circa pari a -0.38 m sul livello di riferimento e valori compresi tra -0.61 m e -0.16 m con una escursione massima pari a 0.23 m rispetto al livello medio.

SEA SURFACE HEIGHT (above geoid)

Livello di marea medio mensile (rispetto al geoide) - periodo 2015 - 2019
 dati secondo CMEMS - MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004



Figura 5.10 – Livello relativo medio di marea per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.
 Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

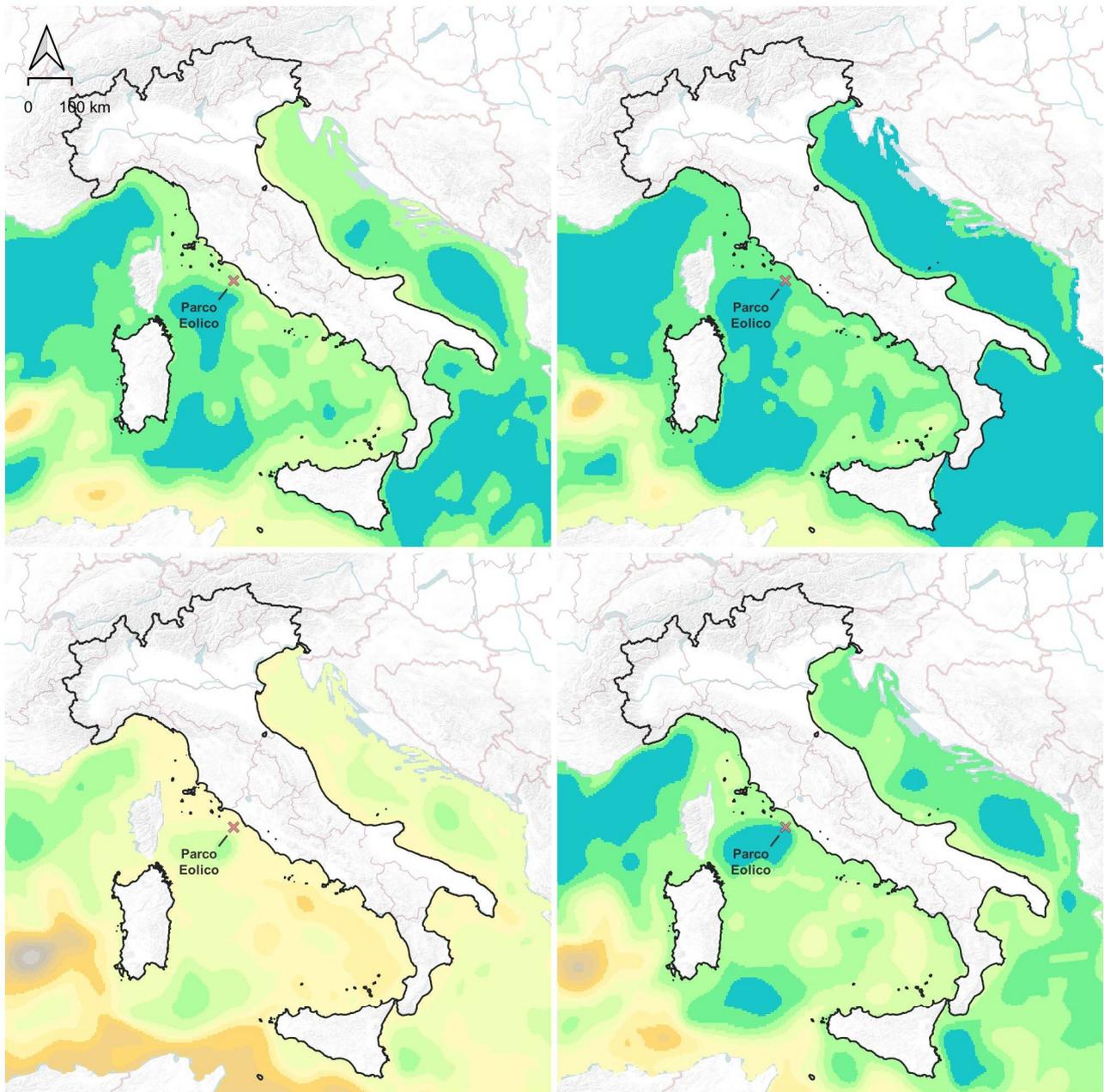


LEGENDA - Sea Surface Height

■ <= -0.47m	■ -0.33 - -0.30m	■ -0.17 - -0.13m
■ -0.47 - -0.43m	■ -0.30 - -0.27m	■ -0.13 - -0.10m
■ -0.43 - -0.40m	■ -0.27 - -0.23m	■ -0.10 - -0.07m
■ -0.40 - -0.37m	■ -0.23 - -0.20m	■ -0.07 - -0.03m
■ -0.37 - -0.33m	■ -0.20 - -0.17m	■ > -0.03m

**PARCO EOLICO OFFSHORE
AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA**
 Sea Surface Height, anno 2019.
 da sx verso dx, dall'alto in basso: Gen, Feb, Mar, Apr
 Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.11 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine. Valori medi mensili da gennaio ad aprile per l'anno 2019. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)



LEGENDA - Sea Surface Height

■ <= -0.47m	■ -0.33 - -0.30m	■ -0.17 - -0.13m
■ -0.47 - -0.43m	■ -0.30 - -0.27m	■ -0.13 - -0.10m
■ -0.43 - -0.40m	■ -0.27 - -0.23m	■ -0.10 - -0.07m
■ -0.40 - -0.37m	■ -0.23 - -0.20m	■ -0.07 - -0.03m
■ -0.37 - -0.33m	■ -0.20 - -0.17m	■ > -0.03m

PARCO EOLICO OFFSHORE

AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA

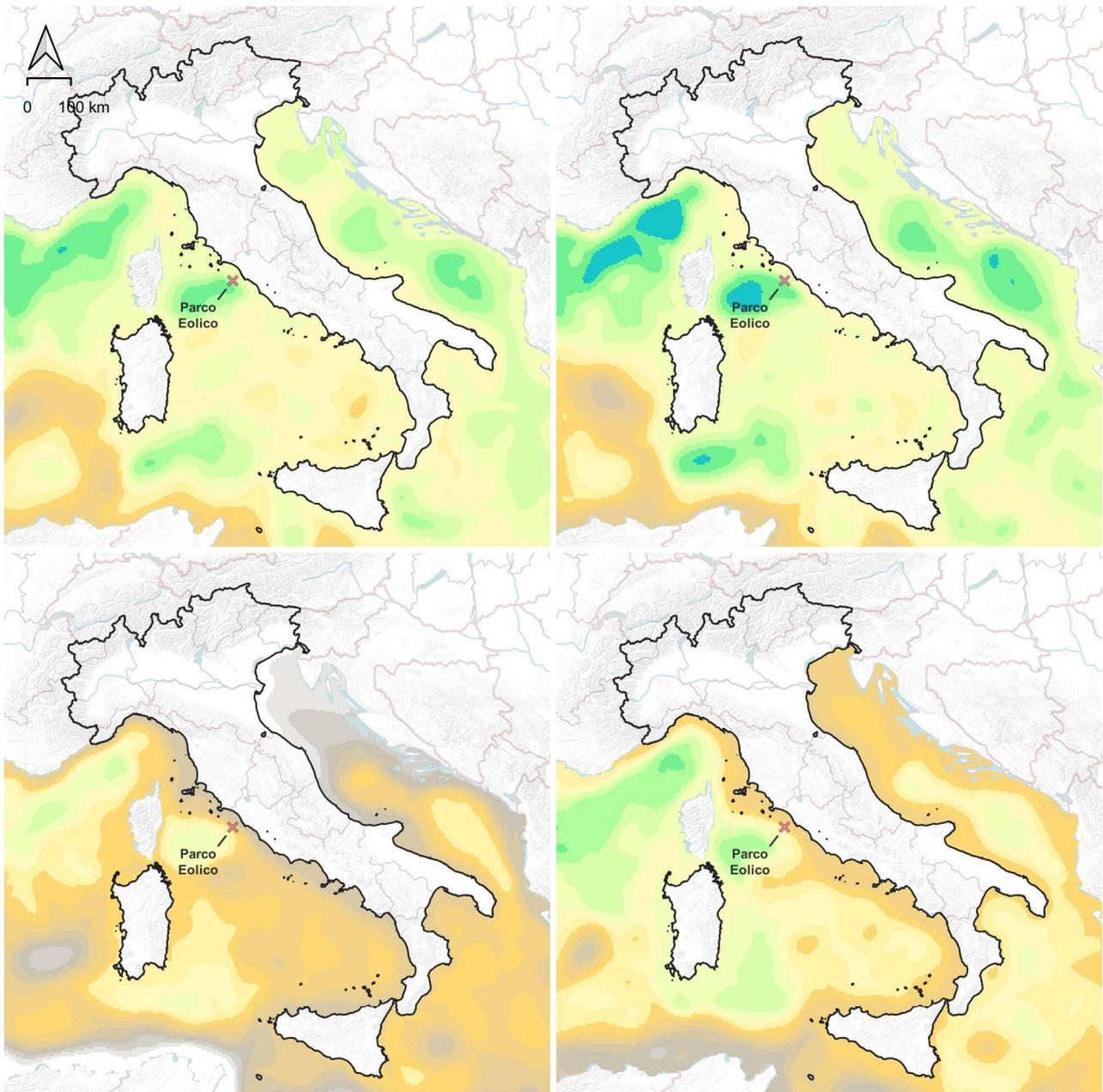
Sea Surface Height, anno 2019.

da sx verso dx, dall'alto in basso: Mag, Giu, Lug, Ago

Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.12 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine. Valori medi mensili da maggio ad agosto per l'anno 2019.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)



LEGENDA - Sea Surface Height

■ <= -0.47m	■ -0.33 - -0.30m	■ -0.17 - -0.13m
■ -0.47 - -0.43m	■ -0.30 - -0.27m	■ -0.13 - -0.10m
■ -0.43 - -0.40m	■ -0.27 - -0.23m	■ -0.10 - -0.07m
■ -0.40 - -0.37m	■ -0.23 - -0.20m	■ -0.07 - -0.03m
■ -0.37 - -0.33m	■ -0.20 - -0.17m	■ > -0.03m

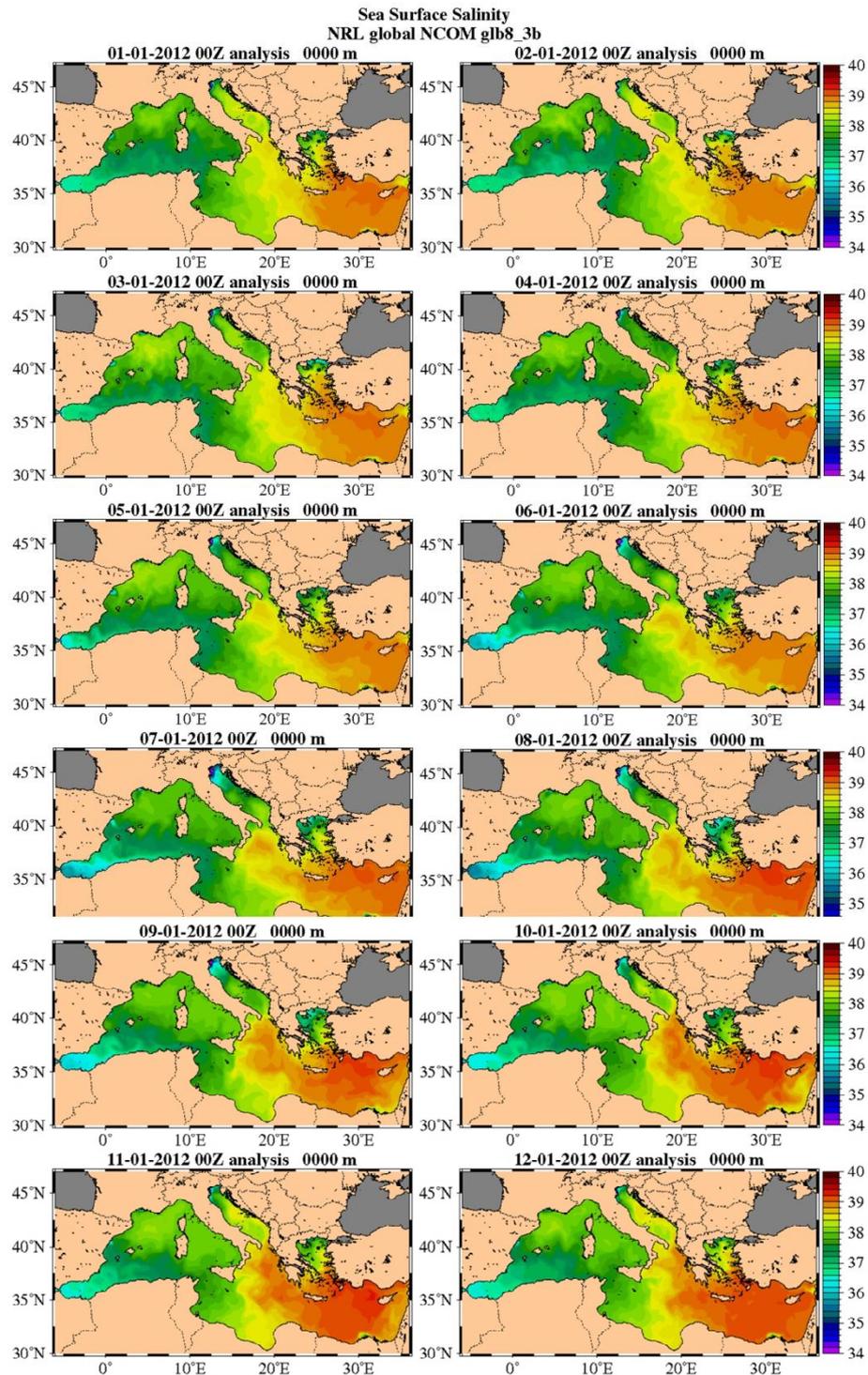
**PARCO EOLICO OFFSHORE
 AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA**
 Sea Surface Height, anno 2019.
 da sx verso dx, dall'alto in basso: Set, Ott, Nov, Dic
 Elaborazione iLStudio su dati (Marine Copernicus 2021)

Figura 5.13 – Mappa della sea surface height (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine. Valori medi mensili da settembre a dicembre per l'anno 2019. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

5.6 Livello di salinità

A causa dell'esigua comunicazione idrica tra il Mar Mediterraneo e gli oceani Atlantico e Indiano, oltretutto per la forte evaporazione, le acque del bacino mediterraneo sono generalmente molto salate; la salinità media si aggira infatti attorno al 38.5‰ con un livello locale variabile tra il 36‰ e 39‰ muovendosi dalle regioni dello Stretto di Gibilterra verso il Mar di Levante (Treccani, 2019).

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina		Pagina 29 di 38



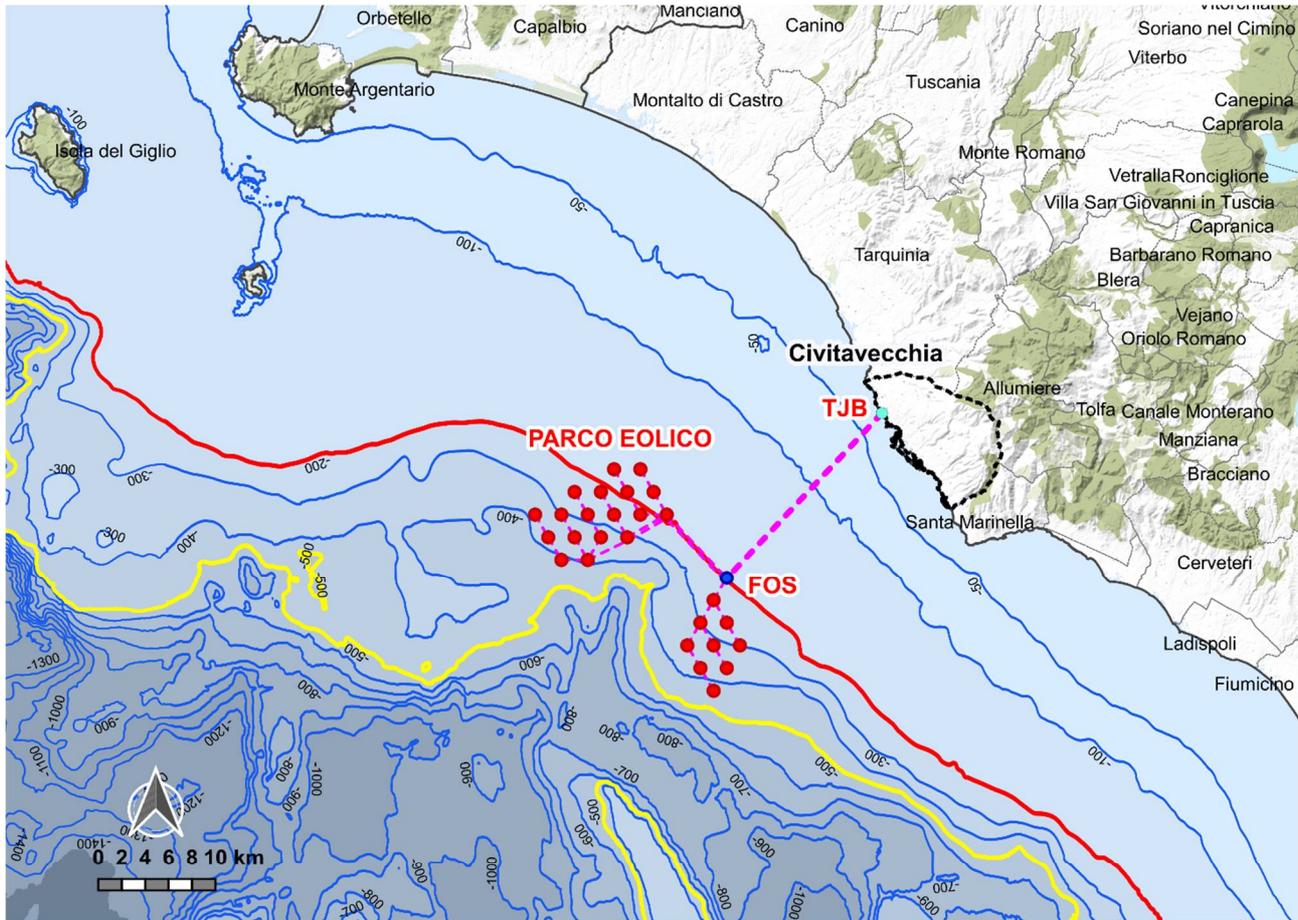
*Figura 5.14 – Mappa della salinità superficiale nel Mar Mediterraneo, valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012.
 Dati da (NRL, 2015)*

L'analisi delle mappe di salinità del Naval Research Laboratory (Figura 5.14) ottenute a partire dal modello globale Navy Coastal Ocean Model (NCOM) (NRL, 2015), evidenzia, per la località di progetto, una generale costanza del livello di salinità su base annuale; le mappe, relative al primo giorno del mese per l'anno 2012, mostrano un livello di salinità superficiale variabile con buona approssimazione nell'intervallo 37 - 38‰.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina		Pagina 30 di 38

5.7 Profilo batimetrico

Il Parco Eolico insiste su un ambito territoriale, quello del mar Tirreno nella sua porzione a sud ovest di Civitavecchia, caratterizzato da un andamento batimetrico abbastanza regolare e variabile con buona continuità, in una fascia di mare di ampiezza compresa tra 10 e 20 km dalla costa entro cui la profondità media non supera i 200 m per poi scendere verso il largo a circa 1000 m di profondità attorno ai 50 km dalla costa laziale. La Figura 5.15 mostra il layout del parco sulla mappa batimetrica del dataset (EMODnet, 2021).



LEGENDA

- Torri Eoliche (WTGn)
- Sottostazione Elettrica Off-Shore (FOS)
- Punto di Giunzione (TJB)
- Cavidotto Marino di Esportazione
- Cavidotti Marini di Inter-Array

PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA: Ubicazione Parco Eolico

- Caratterizzazione batimetrica dell'area
- Isobata 500 m
 - Isobata 200 m

*Figura 5.15 – Mappa batimetrica per la località di installazione del parco eolico.
Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2021).*

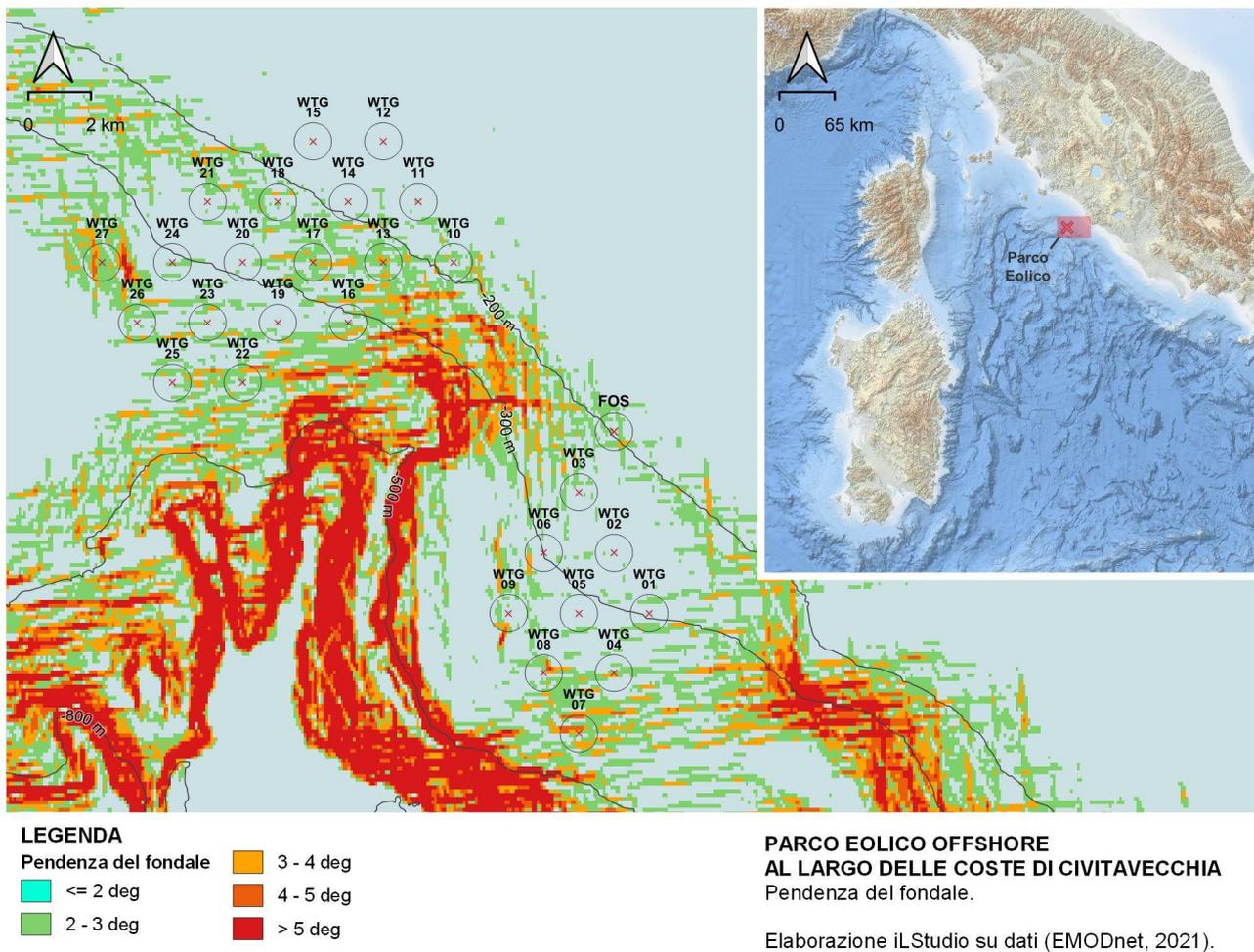
La profondità del fondale, valutata lungo l'asse delle torri di generazione e della sottostazione FOS rispetto al livello medio mare, varia tra un minimo di circa -150 m in corrispondenza della turbina WTG12 ad un massimo attorno a -437 m al di sotto della turbina WTG07.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteoromarina		Pagina 31 di 38

*Tabella 5-1 – Livelli batimetrici per la soluzione di layout proposta.
Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2021).*

ID	Batimetria, [mMSL]	ID	Batimetria, [mMSL]	ID	Batimetria, [mMSL]
WTG01	-297.00	WTG10	-187.20	WTG19	-324.05
WTG02	-265.54	WTG11	-162.91	WTG20	-289.94
WTG03	-256.36	WTG12	-149.76	WTG21	-264.22
WTG04	-349.93	WTG13	-232.82	WTG22	-392.21
WTG05	-312.43	WTG14	-191.60	WTG23	-349.16
WTG06	-299.97	WTG15	-170.93	WTG24	-304.64
WTG07	-437.22	WTG16	-314.94	WTG25	-415.5
WTG08	-378.51	WTG17	-265.32	WTG26	-374.59
WTG09	-360.71	WTG18	-222.98	WTG27	-365.67
FOS	-196.79				

In Figura 5.16 è invece riportata la mappa della pendenza del fondale da cui si osserva una buona “dolcezza” nell’area delle installazioni con pendenza generalmente inferiore a 2 gradi.



*Figura 5.16 – Mappa della pendenza del fondale per la località di installazione del parco eolico.
Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2021).*

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	32
		di	38

5.8 Correnti marine

Nel bacino del Mediterraneo le correnti superficiali sono solitamente di debole intensità e direzione variabile. La circolazione superficiale è fortemente influenzata dai venti che al largo possono generare correnti di intensità massima attorno a 0.3 m/s.

A livello di macro area, per il bacino del Mediterraneo l'evaporazione non è compensata dall'apporto di acqua fluviale e piovana ed è sempre presente una corrente entrante da ovest in corrispondenza dello Stretto di Gibilterra. Questa corrente si spinge verso est dividendosi in un ramo principale e diversi rami secondari.

Il ramo principale, sotto l'effetto della forza di Coriolis, ripiega verso destra addossandosi alle coste africane e perdendo gran parte dell'intensità fino ad estinguersi. Lungo la penisola italiana si sviluppa invece una corrente modesta di circa 0.08 m/s che muove verso nord salendo lungo le coste del Tirreno e che devia verso ovest per poi ridiscendere in corrispondenza della Sardegna.

Assimilando le condizioni correntometriche dell'area marina di indagine a quelle determinate in corrispondenza del suo centroide, si osserva che, in generale, la corrente marina si sviluppa con orientamento prevalente lungo le coste peninsulari in direzione SE – NO come evidenziato nelle mappe dell'Istituto Idrografico della Marina (Istituto Idrografico della Marina, 1982) riportate per i diversi mesi dell'anno nelle figure a seguire (da Figura 5.17 a Figura 5.22).

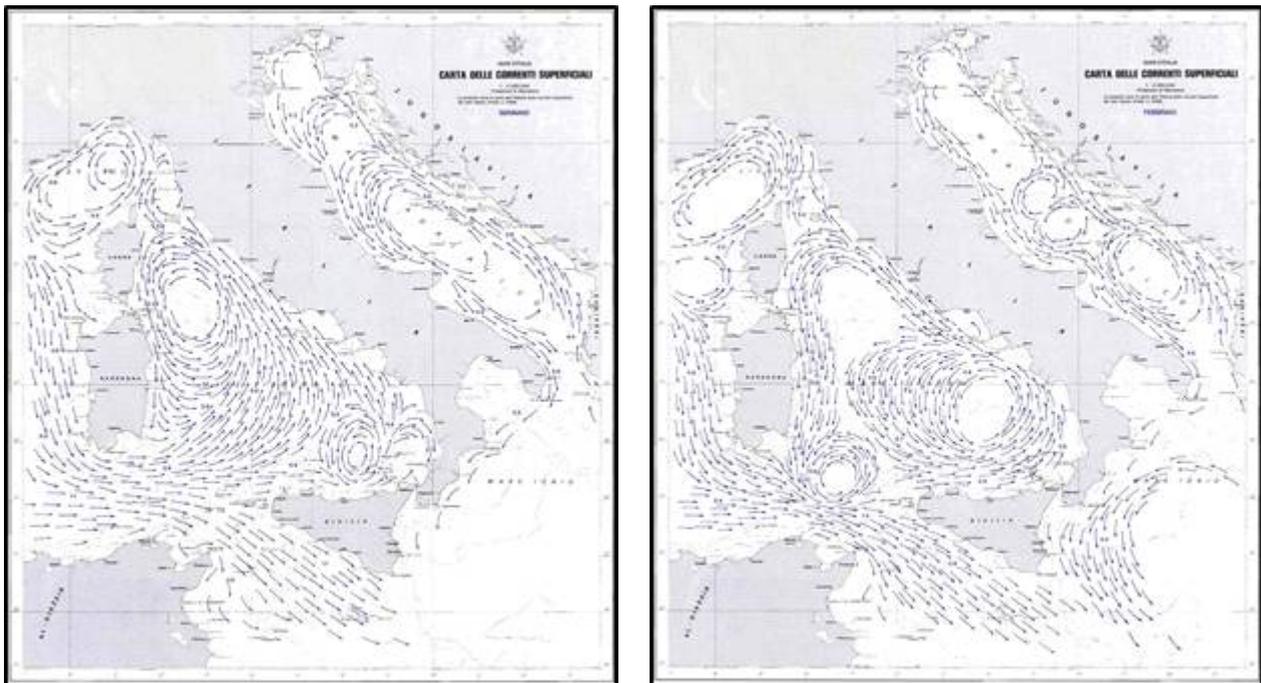
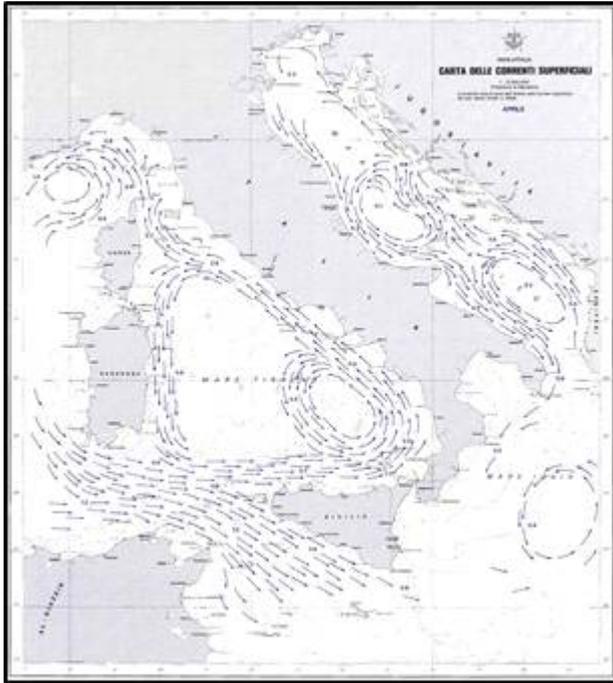
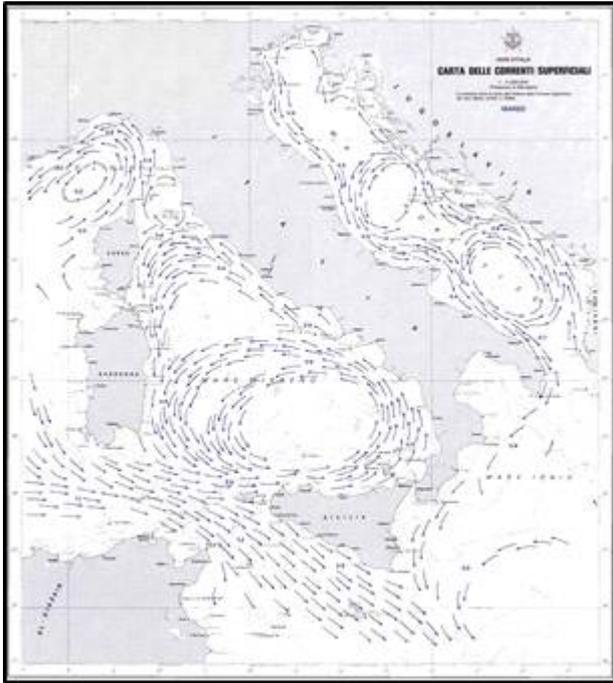
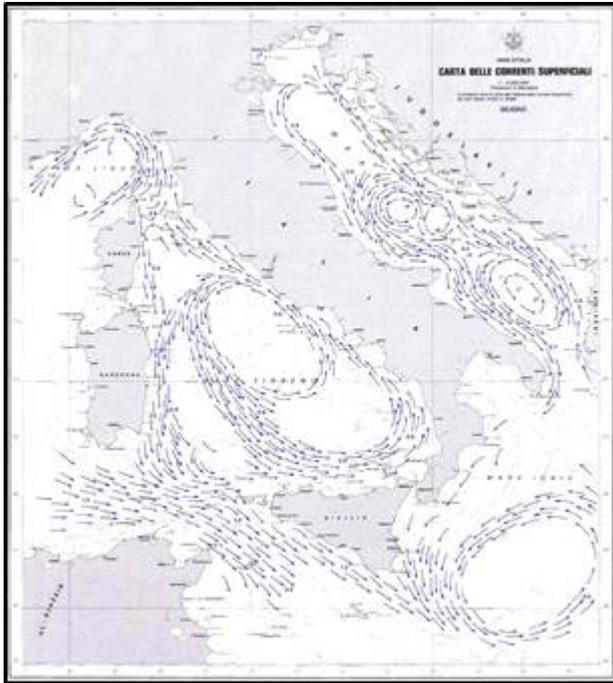


Figura 5.17 – Mappa delle correnti marine, mesi gennaio (sx) e febbraio (dx).

Fonte: Istituto Idrografico della Marina.



*Figura 5.18 – Mappa delle correnti marine, mesi marzo (sx) e aprile (dx).
Fonte: Istituto Idrografico della Marina.*



*Figura 5.19 – Mappa delle correnti marine, mesi maggio (sx) e giugno (dx).
Fonte: Istituto Idrografico della Marina.*

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	34 di 38

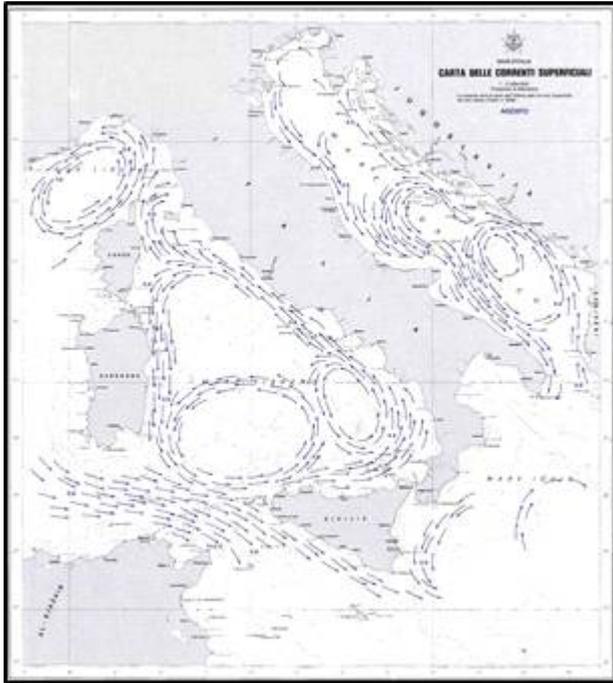


Figura 5.20 – Mappa delle correnti marine, mesi luglio (sx) e agosto (dx).
 Fonte: Istituto Idrografico della Marina.



Figura 5.21 – Mappa delle correnti marine, mesi settembre (sx) e ottobre (dx).
 Fonte: Istituto Idrografico della Marina.

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	Relazione meteomarina	Pagina	35 di 38

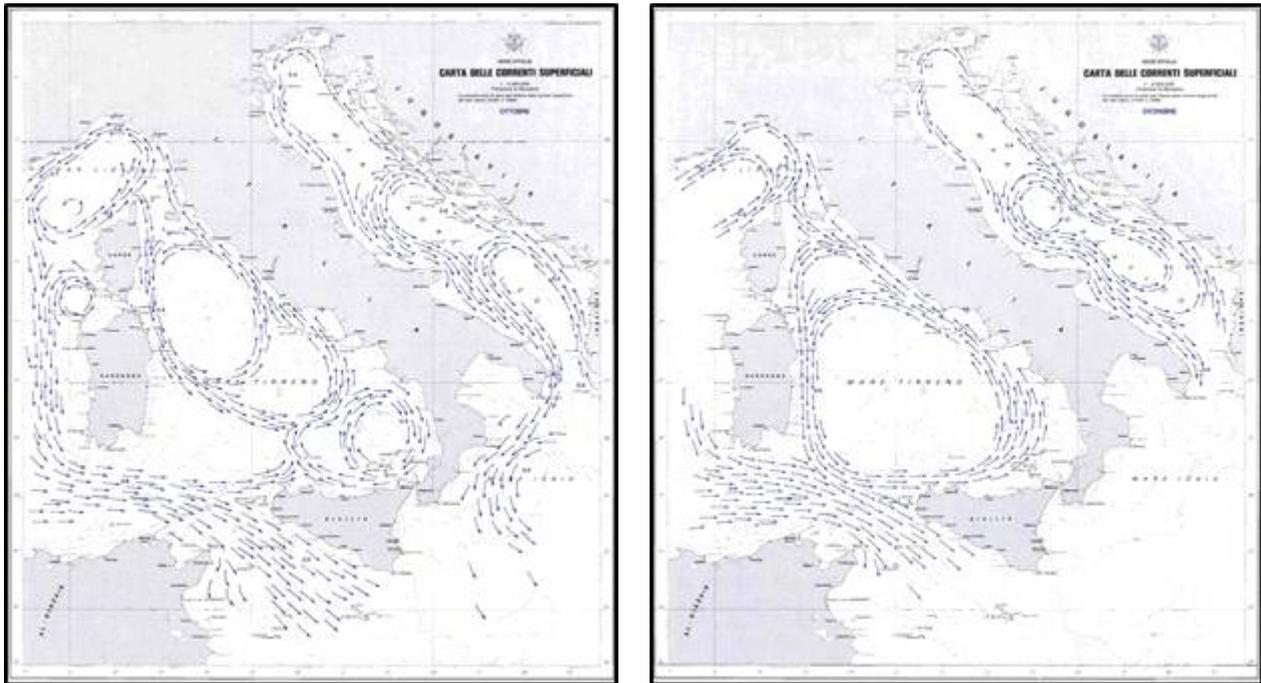


Figura 5.22 – Mappa delle correnti marine, mesi novembre (sx) e dicembre (dx).

Fonte: Istituto Idrografico della Marina.

Per quanto riguarda infine la velocità delle correnti, riferendosi al dataset del servizio Marine Copernicus (CMEMS, 2021) interrogato sulla colonna d'acqua alle coordinate del centroide dell'area di indagine, si ottengono i profili verticali di velocità di Figura 5.23. I profili, raggruppati su base stagionale, corrispondono alle medie mensili per l'anno 2019. La massima velocità di corrente, riscontrabile nei primi strati al di sotto del livello medio mare, si attesta a poco meno di 0.5 m/s per il mese di novembre; dicembre e agosto sono mesi caratterizzati invece da correnti più modeste attorno a 0.3 m/s. Valori massimi entro 0.2 m/s sono invece riscontrabili durante il resto dell'anno.

CORRENTI MARINE NEL SITO DI INTERESSE

profilo verticale della velocità delle correnti
dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004

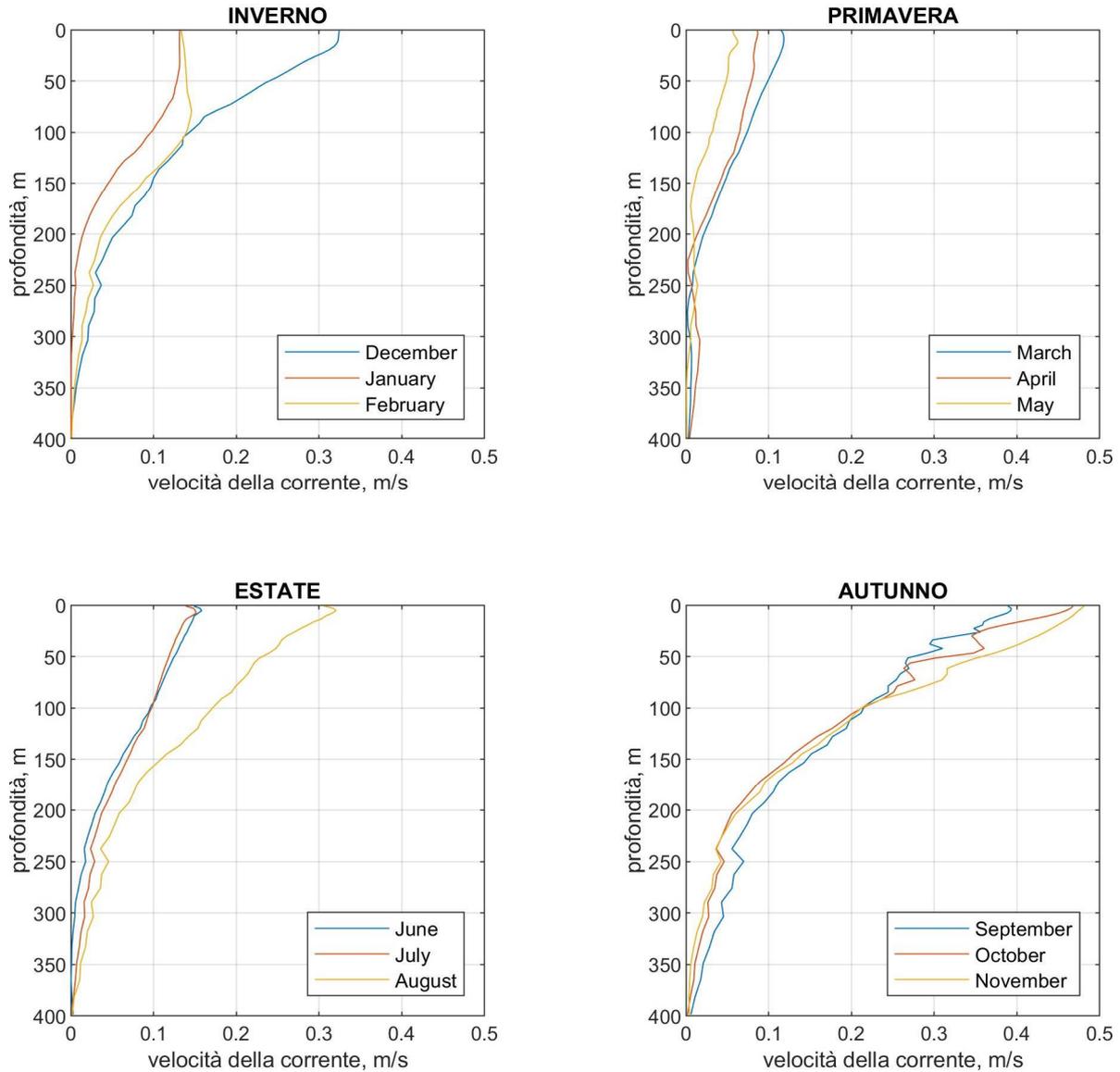


Figura 5.23 – Profili verticali della velocità di corrente medi mensili per l'anno 2019.

Fonte: Marine Copernicus (CMEMS, 2021).

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2022
Relazione meteomarina		Pagina	37 di 38

RIFERIMENTI

CMEMS, 2021. *CMEMS, Copernicus Marine Environment Monitoring Service*. [Online]

Available at: <http://marine.copernicus.eu>

[Consultato il giorno 2021].

DHI, 2021. *MetOcean Data Portal, On demand data and analytics globally*. [Online]

Available at: <http://www.metocean-on-demand.com>

DNV, 2018. *DNV GL-OS-E301 - Offshore Standard: Position mooring*. [Online].

DTU, 2020. *orbit.dtu.dk*. [Online]

Available at: <https://orbit.dtu.dk/en/publications/control-system-design-for-a-20-mw-reference-wind-turbine/fingerprints/>

[Consultato il giorno 2021].

EMODnet, 2021. *EMODnet Bathymetry Consortium*. s.l.:EMODnet.

ISPRA, 2018. *Annuario in cifre - Annuario dei Dati Ambientali 2018*. [Online]

Available at: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-in-cifre-annuario-dei-dati-ambientali-2018>

Istituto Idrografico della Marina, 1982. *Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani*, Genova: Istituto Idrografico della Marina.

Manwell, J. F. & McGowan, J. G., 2009. *Wind energy explained, theory design and application*. 2nd a cura di s.l.:Wiley.

NREL, 2021. *IEA Wind TCP Task 37 - Definitio of the IEA Wind 15-Megawatt Offshore Reference Wind Turbine - Technical Report*, s.l.: NREL.

NRL, 2015. *Mediterranean region SSS*. [Online]

Available at: https://www7320.nrlssc.navy.mil/global_ncom/glb8_3b/html/Links/sss_list_med.html

Technical University of Denmark (DTU), 2021. *Global Wind Atlas*. [Online]

Available at: <https://globalwindatlas.info/>

[Consultato il giorno Marzo 2022].

TNO Innovation for Life, 2020. *TNO Innovation for Life*. [Online]

Available at: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/energy-transition/roadmaps/renewable-electricity/wind-energy/cost-effective-windturbines-sea/10-20-mw-offshore-wind-turbines/>

[Consultato il giorno 2021].

Treccani, 2019. *Mediterraneo, Mare*. [Online]

Available at: <http://www.treccani.it/enciclopedia/mare-mediterraneo/>

TYRRHENIAN WIND ENERGY srl	PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DI CIVITAVECCHIA	Documento F0321.UR04.RELMET.00.a	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2022	
	Relazione meteomarina	Pagina 38	di 38

Il presente documento, composto da n. 45 pagine è protetto dalle leggi nazionali e comunitarie in tema di proprietà intellettuali delle opere professionali e non può essere riprodotto o copiato senza specifica autorizzazione del progettista.

Taranto, Marzo 2022

Dott.Ing. Luigi Severini