

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 45	<b>Rev.</b> 02

**EMERGENZA GAS**  
**INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)**  
**FRSU Alto Tirreno e Collegamento alla rete Nazionale Gasdotti**

**STUDIO METEOMARINO**

		<i>CP</i>	<i>cmo</i>		
03	Aggiornamento punto di ormeggio	C. Pizzigalli	C. Monda	G. Lanza	marzo 2024
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 45	<b>Rev.</b> 02

## INDICE

<b>1. SCOPO DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>3</b>
1.1. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI .....	4
1.1.1. ABBREVIAZIONI E SIMBOLI .....	4
<b>2. PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
2.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	5
<b>3. REFERENZE.....</b>	<b>6</b>
3.1. CODICI E STANDARDS.....	6
3.2. ALTRI DOCUMENTI .....	6
<b>4. DATI BASE .....</b>	<b>7</b>
4.1. ONDE E VENTO .....	7
4.2. DATI IDRODINAMICI .....	7
<b>5. VENTO .....</b>	<b>9</b>
5.1. CLIMA DEL VENTO.....	9
5.2. ESTREMI DI VELOCITÀ DEL VENTO.....	10
5.3. RAFFICHE DI VENTO .....	10
<b>6. ONDA.....</b>	<b>12</b>
6.1. CLIMA DELL'ONDA ED ECCEDEENZE .....	12
6.2. ASPETTI OPERATIVI .....	14
6.3. ALTEZZA DELL'ONDA E PERIODO DI PICCO SPETTRALE .....	15
6.4. SPETTRO D'ONDA .....	17
6.5. ONDA MASSIMA.....	18
6.6. ESTREMI DI ONDA .....	20
6.7. ESTREMI DI ONDA CALCOLATI CON METODOLOGIA PICCO SOPRA SOGLIA (POT) .....	21
6.8. CAMBIAMENTI CLIMATICI .....	23
<b>7. CORRENTI MARINE.....</b>	<b>25</b>
7.1. CLIMA DELLE CORRENTI.....	25
7.2. ESTREMI DI CORRENTE .....	31
<b>8. LIVELLO DEL MARE .....</b>	<b>38</b>
<b>9. IDROLOGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>10. BIOFOULING MARINO.....</b>	<b>44</b>
<b>11. APPENDICE A.....</b>	<b>45</b>
11.1. DATI CLIMATICI .....	45
11.2. ECCEDEENZE .....	45
11.3. DATI ESTREMI .....	45
11.4. DATI IDROLOGICI .....	45

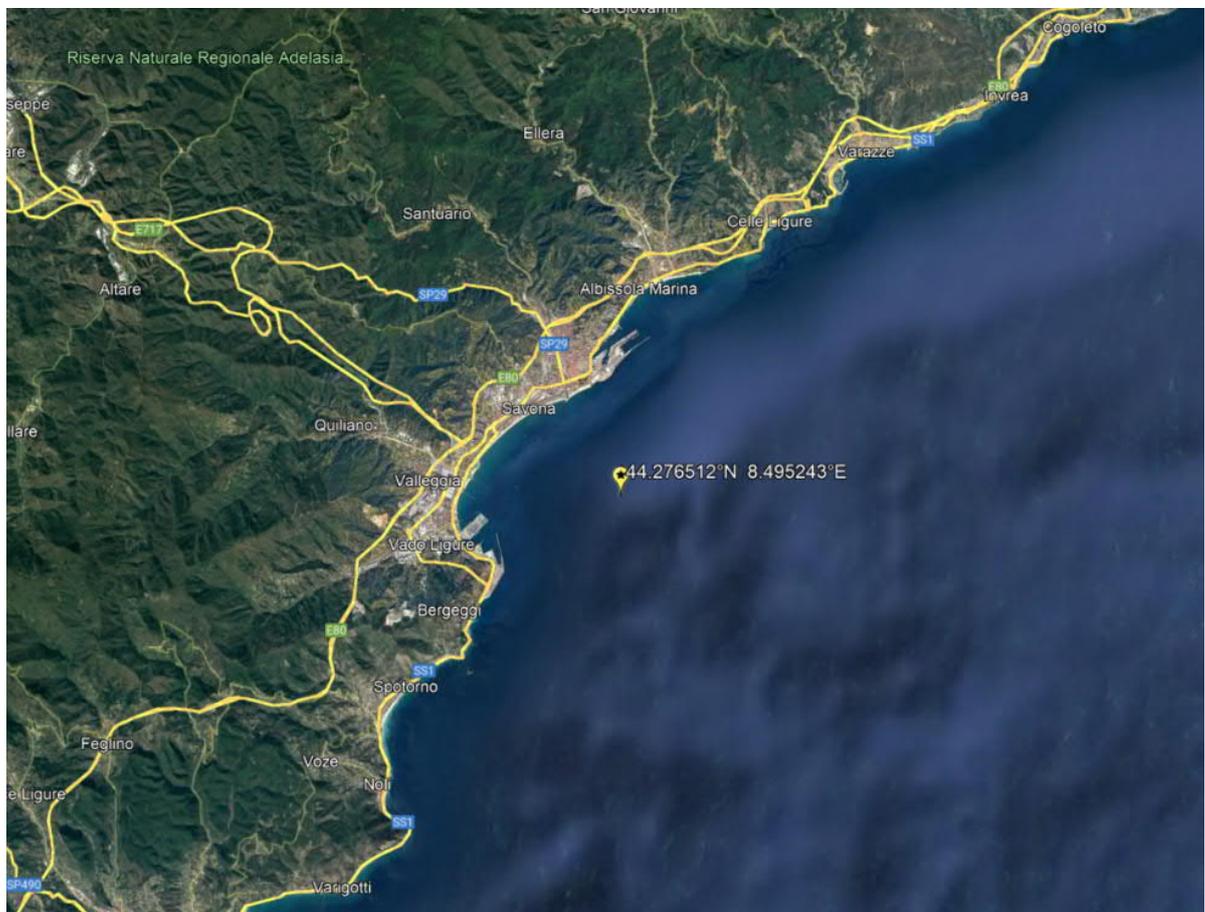
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Il seguente documento ha come scopo la descrizione delle caratteristiche meteomarine rilevanti per la fase di design del progetto FSRU Alto Tirreno.

Il punto meteomarino selezionato per l'area di studio è stato aggiornato a seguito delle indagini ambientali ed è stato rilocato alle seguenti coordinate: 44.276512° N - 8.495243° E (vedi Figura 1-1).

In questo documento vengono riportate le condizioni climatiche di onde, vento e correnti tipiche del sito.



*Figura 1-1 Area di Studio -Alto Tirreno*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 1.1. Definizioni e Abbreviazioni

**Company:** Snam FSRU Italia

### 1.1.1. Abbreviazioni e Simboli

3LPE	Polietilene a tre strati
a.s.b.	Above sea bottom (sopra fondo marino)
COWCLIP	Coordinated Ocean Wave Climate Project
Cs	Current Speed (m/s) (velocità di corrente)
D	Diametro totale della condotta
DHI	Danish Hydraulic Institute
Dir	Direzione di provenienza dell'onda e del vento o direzione verso cui fluiscono le correnti
FSRU	Unità galleggiante stoccaggio e rigassificazione
H <sub>max</sub>	Altezza massima dell'onda (m)
Hs	Altezza significative dell'onda (m)
ID	Diametro interno
KP	Punto kilometrico
LTE	Fine dell'approdo a terra
NA	Non applicabile
ND	Diametro nominale
OD	Diametro esterno
p	Significatività statistica
PU	Poliuretano
RCP8.5	Representative Concentration Scenario
RNG	Rete Nazionale Gasdotti
RP	Periodo di ritorno
s.l.m	sotto il livello marino
SRG	Snam Rete Gas
SSIV	Valvola di isolamento di sicurezza sottomarina
TBC	Da confermare
Tmax	Periodo dell'onda associata (s) alla massima altezza di onda (m)
Tp	Periodo di picco spettrale (s)
WD	Profondità dell'acqua
WT	Spessore del tubo
γ	Peak enhancement factor (fattore di picco)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 2. PROGETTO

### 2.1. Descrizione del progetto

In relazione alla necessità di iniziare con urgenza la costruzione delle nuove infrastrutture di importazione del gas naturale per ridurre la dipendenza di fornitura di gas, la SNAM sta studiando la possibilità di posizionare una nuova FSRU (Unità galleggiante stoccaggio e rigassificazione) in prossimità delle coste liguri (Mare Ligure Italia) provvedendo alla costruzione del relativo collegamento con la rete Nazionale di gasdotti (RNG)

Lo sviluppo di questo progetto prevede l'ormeggio della FSRU a circa 2 miglia dalla costa ad una profondità del fondale di circa 85 metri.

La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi cisterna in avvicinamento. Il GNL sarà rigassificato a bordo della FSRU e successivamente esportato a terra.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 45	<b>Rev.</b> 02

### 3. REFERENZE

#### 3.1. Codici e Standards

/1/ DNV-RP-C205 – Environmental Conditions and Environmental Loads.

#### 3.2. Altri documenti

- /2/ Y.Goda - Random seas and design of maritime structures – World scientific – 2000
- /3/ Lett\_369\_22.pdf - MetOcean data processing for 1 point in the Ligurian Sea
- /4/ Macrofouling Role of Mussels in Italian Seas: A Short Review. Giulio Relini and Manuela Montanari. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.
- /5/ Macrofouling of an Oceanographic Buoy in the Ligurian Sea (Western Mediterranean). G. Relini, M. Montanari, P. Moschella and A. Siccardi. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.
- /6/ D. L. Codiga, "Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01," Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp, 2011.
- /7/ R. Pawlowicz, B. Beardsley and S. Lentz, "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE," Computers & Geosciences 28, pp. 929-937, 2003.
- /8/ [20] K. E. Leffler and D. A. Jay, "Enhancing tidal harmonic analysis: Robust (hybrid L-1/L-2) solutions," Cont. Shelf Res. 29, pp. 78-88. DOI: 10.1016/j.csr.2008.1004.1011, 2009.
- /9/ De Leo F, De Leo A., Besio G., Briganti R. Detection and Quantification of trends in time series of significant wave heights : An application in the Mediterranean Sea. 2020, Ocean Engineering 202: 107155
- /10/ De Leo F., Besio G., Mentaschi L. Trends and variability of ocean waves under RCP8.5 emission scenario in the Mediterranean. 2021, Ocean Dynamics 71: 97-117.
- /11/ Casas-Prat, M., Wang, X.L., Mori, N., Feng, Y., Chan, R., Shimura, T., 2022. Effects of Internal Climate Variability on Historical Ocean Wave Height Trend Assessment. Front. Mar. Sci. 9.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 45	<b>Rev.</b> 02

#### 4. DATI BASE

I dati ambientali sono stati forniti dal DHI (Rif./3/) a circa 4 km dalla costa.

I parametri di vento e onda derivano dal database MWM (Mediterranean Wind Wave) mentre i parametri idrodinamici (Livello del mare, Corrente Temperatura e Salinità) dal database Mediterranean Sea Physics Reanalysis (MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004).

##### 4.1. Onde e Vento

I dati di vento e onde forniti si basano sul MWM, che è un database storico ad alta risoluzione delle condizioni di vento e onde nel Mar Mediterraneo (Rif./3/). Il database, prodotto attraverso modelli di vento e onde all'avanguardia, è il risultato di un progetto di ricerca congiunto tra il DHI e HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste, (Italia), ed è costituito da dati orari che coprono 43 anni a partire dal 1979 e sono stati ottenuti da una catena modellistica di ultima generazione.

Il modello meteorologico utilizzato da MWM è il modello WRF-ARW, uno dei modelli meteorologici non idrostatici più riconosciuti e all'avanguardia. La risoluzione del modello WRF è di 0.1°, mentre i dataset globali CFSR/CFSv2 (Climate Forecast System Reanalysis/Analysis), prodotti e pubblicati dal NCEP (National Center for Environmental Predictions), forniscono le condizioni al contorno e iniziali.

MIKE 21 SW, sviluppato da DHI, viene utilizzato come modello d'onda, ad alta risoluzione che va da circa 0.10° a 0.03° e copre tutto il bacino Mediterraneo. I dati derivanti dai modelli atmosferici e di onda sono stati validati attraverso confronto con dati da satellite (sono state considerate le misure effettuate dai satelliti Envisat, ERS-2, Geosat FO, Jason-1, Jason-2, Topex-Poseidon e CryoSat). I dati di onda vicino alla costa sono stati validati con i dati disponibili da più di 20 boe.

I risultati dei modelli di vento e onda sono memorizzati su base oraria, dal 01/01/1979 al 31/12/2021, in tutto il dominio, in termini di risultati parametrici e spettrali. Per il punto di interesse, sono stati forniti i seguenti dati medi orari parametrici di vento e onde:

- Velocità del vento –  $W_s$  (m/s)
- Direzione del vento –  $W_d$  (gradi, N)
- Altezza d'onda significativa –  $H_{m0}$  (m)
- Periodo dell'onda di picco –  $T_p$  (s)
- Periodo medio dell'onda –  $T_{01}$  (s)
- Periodo dell'onda Zero-crossing–  $T_{02}$  (s)
- Direzione media dell'onda –  $MWD$  (gradi, N)
- Direzione dell'onda di picco –  $PWD$  (gradi, N)
- Deviazione standard direzionale –  $DSD$  (deg.)

##### 4.2. Dati Idrodinamici

I dati idrodinamici forniti si basano sul prodotto "Mediterranean Sea Physics Reanalysis" (MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004) disponibile presso Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Il servizio di monitoraggio dell'ambiente marino di Copernicus (CMEMS) fornisce informazioni regolari e sistematiche sullo stato fisico, la variabilità e la dinamica

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 45	<b>Rev.</b> 02

degli ecosistemi oceanici e marini per l'oceano globale e i mari regionali europei. Il prodotto MED è generato da un sistema numerico composto da un modello idrodinamico, fornito dal Nucleus for European Modeling of the Ocean (NEMO) e da uno schema variazionale di assimilazione dei dati (OceanVAR) per i profili verticali di temperatura e salinità e le SLA (Sea Level Anomalies) lungo le tracce satellitari. La risoluzione della griglia orizzontale del modello è di 1/24° (circa 4-5 km) e i livelli verticali irregolarmente distanziati sono 141. Il modello è disponibile con frequenza giornaliera fornendo le medie giornaliere dei campi di temperatura, salinità, altezza della superficie del mare e correnti. I dati orari sono disponibili per le correnti superficiali e i livelli dell'acqua. I dati sono disponibili dal 01/01/1987 al 31/05/2020 (circa 32 anni). Per ottenere profili di corrente oraria sull'intera colonna è stata applicata la seguente procedura (concordata con Saipem):

- per il periodo di 32 anni sono stati scaricati i dati medi di corrente in superficie sia orari che giornalieri.
- i percentili rappresentativi sono stati calcolati in termini di rapporto tra percentili corrispondenti (serie oraria vs giornaliera) contro percentili.
- la correzione desunta dalla suddetta procedura è stata applicata all'intera colonna d'acqua (si tratta di un'ipotesi conservativa, dato che allontanandosi dalla superficie le differenze tra intensità di corrente oraria e giornaliera tendono a diminuire)
- dopo aver corretto i profili giornalieri di corrente, è stata applicata un'interpolazione lineare dei valori nel tempo per ottenere i profili orari.
- inoltre, ai profili di corrente è stato aggiunto il contributo della marea astronomica (la marea non è considerata nei dati di rianalisi CMEMS) utilizzando i valori ottenuti dal modello di marea globale TPXO (TPXO è una serie di modelli di marea oceanica globale che meglio fittano, in senso dei minimi quadrati, le equazioni di marea di Laplace e i dati altimetrici)
- la suddetta procedura non è stata applicata per temperatura, salinità e direzioni di corrente.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 5. VENTO

La velocità del vento e la direzione associata (proveniente da) relativi al sito Alto Tirreno sono state analizzate e riportate di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e mensile sopra soglia per le classi del vento di 10, 15, 20, 25 e 30 m/s
- Distribuzione annuale e mensile della velocità del vento (Ws) rispetto alla direzione (Dir).
- Estremi della velocità del vento, annuali direzionali e mensili.
- 

### 5.1. Clima del vento

Nel sito Alto Tirreno i venti soffiano prevalentemente dal settore direzionale NO. La velocità annuale del vento rispetto alla distribuzione dell'altezza significativa delle onde è riportata nella Tabella 5-1

Le informazioni mensili sono incluse nel file Excel " Regime\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Le eccedenze annuali per direzione della velocità del vento sopra soglia sono riportate in Tabella 5-2.

Le informazioni direzionali mensili sono incluse nel file Excel "Eccedenza\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Annuale - Ws (m/s) /Dir(°N) -Dati DHI - FSRU- Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																						
Dir (°N)	Ws(m/s)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Total
0.0	0.549	1.540	2.022	2.091	2.012	1.768	1.487	1.246	0.962	0.749	0.594	0.413	0.294	0.152	0.065	0.037	0.016	0.006	0.003	0.001	0.001	16.010
30.0	0.591	1.548	1.280	0.636	0.274	0.110	0.067	0.033	0.025	0.016	0.008	0.007	0.003	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.604
60.0	0.627	1.623	1.346	0.776	0.398	0.149	0.046	0.013	0.005	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.990
90.0	0.629	1.722	1.897	1.227	0.690	0.365	0.144	0.062	0.019	0.007	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.774
120.0	0.611	1.714	2.091	1.362	0.732	0.395	0.219	0.102	0.034	0.021	0.015	0.012	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	7.319
150.0	0.507	1.544	1.788	1.114	0.544	0.231	0.097	0.039	0.021	0.013	0.007	0.008	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	5.923
180.0	0.408	1.162	1.508	1.084	0.701	0.446	0.267	0.153	0.073	0.040	0.023	0.015	0.013	0.006	0.006	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	5.907
210.0	0.329	0.703	0.885	0.905	0.756	0.546	0.365	0.267	0.184	0.123	0.097	0.052	0.044	0.032	0.014	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	5.310
240.0	0.293	0.409	0.367	0.287	0.172	0.099	0.059	0.041	0.027	0.016	0.011	0.006	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.790
270.0	0.284	0.348	0.213	0.118	0.063	0.038	0.019	0.006	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.094
300.0	0.332	0.497	0.359	0.250	0.194	0.151	0.128	0.106	0.079	0.068	0.044	0.024	0.013	0.007	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.260
330.0	0.440	1.064	1.423	1.878	2.661	3.498	4.171	4.744	4.972	4.578	3.558	2.330	1.438	0.713	0.330	0.144	0.054	0.014	0.005	0.003	0.001	38.018
Omnidir	5.600	13.875	15.179	11.728	9.198	7.795	7.069	6.813	6.404	5.637	4.361	2.873	1.817	0.920	0.428	0.193	0.075	0.021	0.008	0.003	0.002	100.000

Tabella 5-1: Velocità del vento annuale versus Direzione a Alto Tirreno site

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI - Gen.1979 - Dic.2021					
Eccedenza Annuale - Ws (m/s) / Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità del vento (m/s)				
	> 10.0	> 15.0	> 20.0	> 25.0	> 30.0
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	1.58	0.06	0.00	0.00	0.00
30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.25	0.01	0.00	0.00	0.00
240	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
330	8.59	0.22	0.00	0.00	0.00
Total	10.70	0.30	0.00	0.00	0.00

Tabella 5-2: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale della velocità del vento- Alto Tirreno

## 5.2. Estremi di velocità del vento

Gli estremi annuali e mensili della velocità del vento con periodi di ritorno di 1,10,100,1000 e 10000 anni sono stati calcolate attraverso una procedura di best fit e l'utilizzo della distribuzione a 3 parametri di Weibull (vedi Equazione 5-1)

Equazione 5-1

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^\beta$$

dove:

x = velocità del vento (m/s).

F(x) = Distribuzione cumulativa di probabilità della velocità del vento

α = parametro di scala (m/s).

β = parametro di forma (-).

γ = parametro di posizione (m/s).

## 5.3. Raffiche di vento

Gli estremi della velocità del vento mediati su diversi periodi, come la velocità delle raffiche a 3", 1', 10' e 1h, sono stati determinati applicando il modello del profilo del vento di Frøya per estremi di 1 ora a 10 m (Rif./1). La generica velocità del vento U (T, z) a qualsiasi altezza z e per qualsiasi periodo medio T è data da (Equazione 5-2):

Equazione 5-2

$$U(T, z) = U_0 \cdot \left[1 + C \cdot \ln\left(\frac{z}{H}\right)\right] \cdot \left[1 - 0.41 \cdot I_u(z) \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right)\right]$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 45	<b>Rev.</b> 02

dove H è l'altezza sopra il livello del mare alla quale  $U_0$  è riferito, mentre T e  $T_0$  sono rispettivamente il tempo medio di U e  $U_0$  con  $T < T_0$ . In questo caso  $H = 10$  m e  $T_0 = 1$  h, il coefficiente C e  $I_u(z)$  sono dati da (Equazione 5-3 e Equazione 5-4):

Equazione 5-3  $C = 5.73 \cdot 10^{-2} \cdot (1 + 0.15 \cdot U_0)^{0.5}$

Equazione 5-4  $I_u(z) = 0.06 \cdot (1 + 0.043U_0) \cdot \left(\frac{z}{H}\right)^{-0.22}$

I venti estremi direzionali annuali a 10 m s.l.m. mediati su diversi periodi sono riportati in *Tabella 5-3*. Gli estremi mensili di vento a 10 m s.l.m. mediati su diversi periodi sono riportati in *Tabella 5-4*. Gli estremi di vento annuali e mensili a 10 m a.s.l sono anche essi inclusi nel file Excel "Estremeri\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A.

SRG - FSRU - Dati DHI - Jan. 1979 - Dec. 2021 - FSRU-Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E																					
Estremeri del Velocità del vento -10m sopra il livello medio del mare- Annuale																					
Tp	(^N)	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
		Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h
Direzione di Provenienza (^N)	0.0	22.6	20.4	18.7	17.3	26.5	23.7	21.6	20.0	30.0	26.7	24.3	22.3	33.3	29.5	26.7	24.5	36.3	32.2	29.0	26.5
	30.0	13.7	12.5	11.6	10.9	19.3	17.5	16.1	15.0	25.1	22.5	20.6	19.0	31.0	27.7	25.1	23.0	37.2	32.9	29.6	27.0
	60.0	10.4	9.6	8.9	8.4	13.8	12.6	11.7	10.9	17.1	15.5	14.3	13.4	20.4	18.5	17.0	15.8	23.8	21.4	19.6	18.1
	90.0	13.5	12.3	11.4	10.7	18.0	16.3	15.1	14.1	22.6	20.4	18.7	17.3	27.4	24.5	22.3	20.6	32.3	28.8	26.0	23.9
	120.0	14.9	13.6	12.6	11.8	20.4	18.4	16.9	15.8	26.2	23.5	21.4	19.8	32.4	28.9	26.1	24.0	39.0	34.4	30.9	28.2
	150.0	14.3	13.1	12.1	11.4	20.1	18.2	16.7	15.6	26.2	23.5	21.4	19.8	32.5	28.9	26.1	24.0	39.1	34.5	31.0	28.2
	180.0	15.9	14.5	13.4	12.6	20.3	18.3	16.8	15.7	24.4	22.0	20.1	18.6	28.5	25.4	23.1	21.3	32.4	28.8	26.1	23.9
	210.0	18.5	16.8	15.5	14.4	22.8	20.6	18.8	17.5	26.8	24.0	21.9	20.2	30.6	27.2	24.7	22.7	34.1	30.3	27.4	25.1
	240.0	13.8	12.6	11.7	11.0	18.9	17.1	15.8	14.7	23.9	21.5	19.6	18.2	28.8	25.8	23.4	21.6	33.7	30.0	27.1	24.8
	270.0	8.8	8.1	7.6	7.1	12.4	11.3	10.5	9.9	15.9	14.4	13.4	12.5	19.3	17.5	16.1	15.0	22.7	20.5	18.8	17.4
	300.0	16.8	15.3	14.1	13.2	21.7	19.6	18.0	16.7	26.2	23.5	21.5	19.8	30.6	27.3	24.7	22.7	34.8	30.8	27.8	25.5
	330.0	23.6	21.2	19.4	18.0	26.0	23.3	21.2	19.6	28.1	25.1	22.9	21.1	30.0	26.8	24.3	22.4	31.8	28.3	25.6	23.5
Omnidir	25.4	22.8	20.8	19.3	29.2	26.1	23.7	21.8	32.7	29.1	26.3	24.1	36.1	31.9	28.8	26.3	39.3	34.6	31.1	28.3	

Tabella 5-3: Estremeri direzionali annuali di velocità di vento a Alto Tirreno.

SRG - FSRU - Dati DHI - Jan. 1979 - Dec. 2021 - FSRU-Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E																					
Estremeri del Velocità del vento -10m sopra il livello medio del mare- Mensile																					
Tp	(^N)	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
		Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h
Mese	Gennaio	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
	Febbraio	21.4	19.3	17.7	16.5	24.7	22.2	20.3	18.8	27.5	24.7	22.4	20.7	30.1	26.9	24.4	22.4	32.5	28.9	26.2	24.0
	Marzo	21.4	19.4	17.8	16.5	25.4	22.8	20.8	19.2	28.9	25.8	23.5	21.6	32.2	28.6	25.9	23.8	35.3	31.2	28.2	25.8
	Aprile	19.7	17.9	16.4	15.3	23.8	21.4	19.5	18.1	27.4	24.6	22.4	20.6	30.9	27.5	24.9	22.9	34.2	30.3	27.4	25.1
	Maggio	19.6	17.7	16.3	15.2	24.4	21.9	20.0	18.6	28.9	25.9	23.5	21.6	33.3	29.6	26.8	24.5	37.6	33.2	29.9	27.3
	Giugno	16.9	15.3	14.2	13.2	20.6	18.7	17.1	16.0	24.2	21.7	19.9	18.4	27.5	24.6	22.4	20.7	30.7	27.4	24.8	22.8
	Luglio	16.7	15.2	14.0	13.1	20.4	18.4	16.9	15.7	23.8	21.4	19.6	18.1	27.0	24.2	22.0	20.4	30.1	26.9	24.4	22.4
	Agosto	16.5	15.0	13.8	12.9	19.9	18.0	16.5	15.4	23.0	20.8	19.0	17.6	26.0	23.3	21.3	19.7	28.8	25.7	23.4	21.6
	Settembre	18.3	16.6	15.3	14.3	22.0	19.8	18.2	16.9	25.2	22.7	20.7	19.2	28.3	25.3	23.0	21.2	31.2	27.8	25.2	23.1
	Ottobre	20.5	18.6	17.1	15.9	23.9	21.5	19.6	18.2	26.8	24.0	21.9	20.2	29.5	26.3	23.9	22.0	32.0	28.5	25.8	23.7
	Novembre	22.7	20.4	18.7	17.4	26.2	23.5	21.4	19.8	29.3	26.1	23.7	21.9	32.1	28.5	25.8	23.7	34.7	30.7	27.7	25.4
	Dicembre	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
Annuale	25.4	22.8	20.8	19.3	29.2	26.1	23.7	21.8	32.7	29.1	26.3	24.1	36.1	31.9	28.8	26.3	39.3	34.6	31.1	28.3	

Tabella 5-4: Estremeri omnidirezionali mensili della velocità di vento a Alto Tirreno.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 6. ONDA

L'altezza significativa dell'onda e la relativa direzione (proveniente da) rispetto al sito di Alto Tirreno sono state analizzate e riportate di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e mensile sopra-soglia per le soglie di Hs 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 e 4,0 m.
- Distribuzione annuale e mensile dell'altezza d'onda significativa (Hs) rispetto al periodo di picco (Tp).
- Estremi delle onde annuali direzionali e mensili.
- Relazione tra altezza d'onda annuale e mensile e periodo di picco spettrale.
- Altezza massima annuale e mensile dell'onda e associato periodo d'onda.

### 6.1. Clima dell'Onda ed Eccedenze

In Alto Tirreno le onde provengono principalmente dal settore direzionale S durante tutto l'anno, le onde dal settore direzionale O sono presenti nei mesi di luglio ed agosto. Le distribuzioni annuali di Hs vs Dir e di Hs vs Tp sono riportate, rispettivamente nella *Tabella 6-1* e nella *Tabella 6-2*. Le eccedenze annuali direzionali sopra-soglia sono riportati nella *Tabella 6-3*. Le informazioni mensili sono incluse nel file Excel "Regime\_Onda&Vento.xlsx" e "Eccedenza\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A.

Annuale - Hs (m) / Dir(°N) -Dati DHI - FSRU -Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Frequenza di Occorrenza(%)																					
Dir (°N)	Hs (m)																				
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	Total
0.0	0.471	4.707	2.584	0.355	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.142
30.0	0.610	3.194	3.028	0.972	0.170	0.014	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.988
60.0	0.802	1.572	1.492	0.823	0.235	0.031	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.957
90.0	0.846	1.026	0.921	0.564	0.246	0.084	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.702
120.0	4.414	3.755	2.219	1.210	0.554	0.229	0.106	0.038	0.023	0.008	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.563
150.0	5.898	6.444	3.170	1.453	0.718	0.409	0.205	0.111	0.072	0.037	0.028	0.015	0.008	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	18.576
180.0	6.808	8.571	4.833	2.943	1.724	0.937	0.573	0.299	0.175	0.093	0.051	0.034	0.019	0.010	0.005	0.005	0.005	0.001	0.001	0.000	27.085
210.0	3.140	2.823	2.368	2.058	1.396	0.865	0.509	0.315	0.157	0.095	0.043	0.025	0.011	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	13.812
240.0	0.051	0.193	0.241	0.070	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.569
270.0	0.042	0.148	0.127	0.025	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.343
300.0	0.088	0.219	0.135	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.466
330.0	0.240	1.101	0.389	0.059	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.795
Omnidir	23.412	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	100.000

*Tabella 6-1: Distribuzione direzionale annuale della frequenza di occorrenza dell'altezza d'onda significativa in Alto Tirreno.*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti</b>	Pag. 13 di 45	<b>Rev. 02</b>

Annuale- Hs(m) / Tp(s) -Dati DHI- Alto Tirreno- 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																					
Tp(sec)	Hs (m)																				
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	Total
1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	0.980	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.229
3.0	6.514	8.229	3.418	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.227
4.0	9.565	7.145	2.758	0.894	0.065	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.431
5.0	3.202	9.884	3.998	1.170	0.273	0.024	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.552
6.0	1.415	3.147	4.794	2.352	0.788	0.257	0.057	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.817
7.0	0.734	1.767	1.880	2.030	1.385	0.669	0.302	0.125	0.052	0.012	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.956
8.0	0.543	1.613	2.182	1.741	0.991	0.647	0.424	0.252	0.146	0.089	0.054	0.024	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.713
9.0	0.307	1.101	1.522	1.375	0.873	0.516	0.287	0.163	0.112	0.062	0.036	0.029	0.017	0.010	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	6.419
10.0	0.110	0.449	0.662	0.637	0.455	0.283	0.213	0.128	0.064	0.041	0.018	0.013	0.010	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	3.093
11.0	0.028	0.129	0.211	0.213	0.178	0.103	0.089	0.067	0.038	0.024	0.010	0.005	0.003	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	1.109
12.0	0.007	0.034	0.064	0.055	0.059	0.058	0.026	0.020	0.009	0.006	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.349
13.0	0.000	0.006	0.015	0.022	0.018	0.009	0.010	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
14.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
15.0	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
16.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	23.410	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	99.998

Tabella 6-2: Hs-Tp Distribuzione annuale in Alto Tirreno

Alto Tirreno- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI -Gen.1979 - Dic.2021							
Eccedenza Annuale - Hs (m) / Dir (N)							
Direzione di provenienza (°N)	Altezza d'onda significativa (m)						
	> 1.0	> 1.5	> 2.0	> 2.5	> 3.0	> 3.5	> 4.0
	Eccedenza sopra soglie (%)						
0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.35	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.97	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
150	1.61	0.49	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00
180	3.93	1.27	0.40	0.13	0.05	0.02	0.01
210	3.42	1.16	0.34	0.09	0.02	0.00	0.00
240	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	10.78	3.12	0.94	0.28	0.08	0.02	0.01

Tabella 6-3: Eccedenze annuali sopra-soglia per direzione in Alto Tirreno

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 45	<b>Rev.</b> <b>02</b>

## 6.2. Aspetti Operativi

Le tabelle seguenti (*Tabella 6-4 - Tabella 6-7*) mostrano le persistenze annuali e mensili delle onde per limiti di Hs=1.5m, Hs=2m, Hs=2.5m e Hs=3m.

Il significato delle tabelle è il seguente: se guardiamo la *Tabella 6-4*, a gennaio la soglia di 1.5m viene superata 3.05 volte e in media la durata di ogni evento è di 0.47 giorni.

SRG - FSRU - Dati DHI - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >1.5m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur. Media. (giorni)	Dev. St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	3.05	0.47	0.39	0.38	0.58	0.67	0.83	1.04	1.29	2.28	2.63	2.66
Febbraio	2.39	0.48	0.40	0.42	0.63	0.67	0.83	1.15	1.38	3.06	4.58	4.73
Marzo	2.95	0.38	0.34	0.29	0.51	0.63	0.67	0.79	1.18	2.19	3.33	3.45
Aprile	2.69	0.33	0.25	0.25	0.50	0.54	0.58	0.63	0.83	1.62	2.19	2.24
Maggio	1.56	0.35	0.24	0.33	0.46	0.52	0.58	0.71	0.94	1.28	1.33	1.33
Giugno	1.17	0.29	0.22	0.25	0.39	0.46	0.54	0.58	0.77	1.66	1.93	1.96
Luglio	0.79	0.25	0.11	0.27	0.34	0.38	0.38	0.38	0.47	0.53	0.54	0.54
Agosto	0.30	0.32	0.28	0.25	0.46	0.51	0.54	1.09	1.73	2.25	2.36	2.37
Settembre	1.12	0.36	0.34	0.23	0.49	0.52	0.82	0.89	1.31	1.52	1.54	1.54
Ottobre	2.84	0.47	0.42	0.38	0.63	0.67	0.88	1.00	1.33	2.71	3.35	3.41
Novembre	3.19	0.54	0.48	0.42	0.70	0.88	1.02	1.32	1.71	2.72	3.65	3.74
Dicembre	3.21	0.63	0.58	0.42	0.98	1.08	1.17	1.38	1.74	2.79	2.79	2.79
Annuale	24.89	0.46	0.44	0.33	0.58	0.67	0.79	1.04	1.36	2.29	3.12	3.24

Tabella 6-4: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 1.5m

SRG - FSRU - Dati DHI - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >2.0m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur. Media. (giorni)	Dev. St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	1.19	0.32	0.26	0.25	0.42	0.55	0.63	0.66	0.95	1.93	2.18	2.21
Febbraio	1.06	0.30	0.30	0.23	0.43	0.53	0.58	0.73	0.83	3.00	3.60	3.66
Marzo	1.05	0.34	0.26	0.25	0.56	0.58	0.63	0.72	0.96	1.58	1.73	1.75
Aprile	0.81	0.23	0.18	0.21	0.29	0.29	0.32	0.38	0.84	1.50	1.65	1.67
Maggio	0.51	0.25	0.13	0.25	0.39	0.42	0.42	0.45	0.53	0.61	0.62	0.62
Giugno	0.42	0.20	0.12	0.17	0.33	0.34	0.38	0.43	0.50	0.57	0.58	0.58
Luglio	0.28	0.10	0.07	0.08	0.11	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Agosto	0.16	0.15	0.07	0.13	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.45	0.46	0.46
Settembre	0.33	0.29	0.23	0.27	0.39	0.42	0.42	0.85	1.51	2.04	2.15	2.17
Ottobre	1.40	0.29	0.29	0.21	0.46	0.50	0.58	0.63	0.75	1.92	2.10	2.12
Novembre	1.49	0.40	0.37	0.27	0.49	0.71	0.90	1.06	1.23	2.15	2.46	2.50
Dicembre	1.66	0.43	0.34	0.38	0.63	0.67	0.83	0.94	1.22	1.96	2.26	2.29
Annuale	10.35	0.33	0.31	0.25	0.42	0.50	0.61	0.71	0.99	1.74	2.41	2.53

Tabella 6-5: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 2.0m

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti</b>	Pag. 15 di 45	<b>Rev.</b> <b>02</b>

SRG - FSRU - Dati DHI- Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >2.5m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur. Media. (giorni)	Dev. St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	0.32	0.20	0.21	0.10	0.27	0.33	0.61	0.75	0.81	0.86	0.87	0.87
Febbraio	0.37	0.27	0.19	0.21	0.35	0.48	0.58	0.68	0.82	0.93	0.96	0.96
Marzo	0.51	0.20	0.15	0.17	0.29	0.33	0.40	0.50	0.61	0.69	0.71	0.71
Aprile	0.23	0.13	0.07	0.13	0.19	0.23	0.26	0.29	0.31	0.33	0.33	0.33
Maggio	0.16	0.19	0.06	0.21	0.25	0.27	0.28	0.30	0.32	0.33	0.33	0.33
Giugno	0.14	0.10	0.09	0.08	0.18	0.25	0.32	0.40	0.47	0.53	0.54	0.54
Luglio	0.02	0.08	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Agosto	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Settembre	0.12	0.14	0.11	0.08	0.27	0.36	0.45	0.53	0.62	0.69	0.71	0.71
Ottobre	0.35	0.39	0.36	0.29	0.46	0.63	1.02	1.35	1.55	1.71	1.75	1.75
Novembre	0.67	0.34	0.32	0.21	0.52	0.63	0.77	1.08	1.17	1.27	1.29	1.29
Dicembre	0.74	0.35	0.26	0.25	0.49	0.56	0.67	0.83	1.09	1.58	1.70	1.71
Annuale	3.67	0.28	0.27	0.21	0.33	0.44	0.54	0.67	0.89	1.41	1.64	1.66

Tabella 6-6: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 2.5m

SRG - FSRU - Dati DHI- Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >3.0m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur. Media. (giorni)	Dev. St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	0.07	0.30	0.17	0.25	0.58	0.65	0.72	0.78	0.85	0.90	0.92	0.92
Febbraio	0.07	0.27	0.06	0.25	0.38	0.40	0.43	0.45	0.48	0.50	0.50	0.50
Marzo	0.10	0.16	0.07	0.15	0.26	0.29	0.32	0.35	0.39	0.41	0.42	0.42
Aprile	0.05	0.13	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Maggio	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Giugno	0.02	0.04	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Luglio	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Agosto	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Settembre	0.02	0.04	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Ottobre	0.17	0.37	0.29	0.25	0.71	0.79	0.88	0.96	1.04	1.11	1.12	1.12
Novembre	0.22	0.31	0.19	0.21	0.46	0.46	0.65	0.83	1.02	1.17	1.20	1.21
Dicembre	0.41	0.23	0.14	0.21	0.35	0.38	0.39	0.45	0.60	0.72	0.75	0.75
Annuale	1.16	0.27	0.20	0.21	0.39	0.44	0.46	0.58	0.79	0.96	1.00	1.00

Tabella 6-7: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 3.0m

### 6.3. Altezza dell'Onda e Periodo di Picco Spettrale

Uno stato di mare in generale (in questo caso la durata dello stato del mare è di 1 ora) è definito dall'altezza significativa dell'onda Hs e dal periodo di picco spettrale Tp associato. Per definire la relazione tra Hs e Tp, e quindi identificare il periodo più probabile associato ad un determinato valore di Hs, deve essere definita la funzione di densità di probabilità condizionale F<sub>Hs, Tp</sub>(Hs, Tp) dell'altezza d'onda significativa Hs e del periodo di picco spettrale Tp. La funzione di densità di probabilità condizionale in forma generale può essere scritta come (Equazione 6-1):

$$\text{Equazione 6-1} \quad F_{Hs, Tp}(Hs, Tp) = F_{Hs}(Hs) \cdot F_{Tp/Hs}(Tp, Hs)$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 45	<b>Rev.</b> 02

dove  $F_{Hs}(Hs)$  è la distribuzione di probabilità marginale dell'altezza d'onda significativa  $Hs$  e  $F_{Tp/Hs}(Tp, Hs)$  è la distribuzione di probabilità del periodo di picco spettrale  $Tp$  condizionato sull'altezza d'onda significativa  $Hs$ . Possono essere adottate diverse distribuzioni di probabilità  $F_{Hs}(Hs)$  per descrivere il clima dello stato del mare; per il caso considerato è stata scelta la distribuzione di Weibull (Equazione 5-1). Per descrivere la distribuzione del periodo di picco spettrale condizionato sull'altezza d'onda significativa  $Hs$ , viene solitamente adottata la distribuzione Log-Normale (Equazione 6-2):

Equazione 6-2

$$F_{Tp/Hs}(Tp, Hs) = \frac{1}{Tp\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln(Tp) - \theta)^2}{2\sigma^2}\right]$$

I valori dei parametri  $\theta$  e  $\sigma$  in funzione dell'altezza d'onda significativa  $Hs$ , (cioè per ogni classe  $Hs$ ) sono stati valutati mediante una funzione di interpolazione. Si è riscontrato che, per il set di dati considerato, la funzione più adatta per il parametro  $\sigma$  è la funzione empirica di potenza a 2 parametri mentre, per il parametro  $\theta$ , la funzione più adatta è l'arcotangente (Equazione 6-3):

Equazione 6-3

$$\sigma = bb \cdot Hs^{cc} \quad \theta = aa \cdot \arctg(bb(Hs + cc)) + dd$$

Una volta noti i parametri  $\theta$  e  $\sigma$  è possibile valutare il periodo di picco spettrale atteso  $Tp$  e relativo intervallo di confidenza (Equazione 6-4 e Equazione 6-5).

Equazione 6-4

$$Tp = \exp\left(\theta + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

Equazione 6-5

$$\{Tp_{5\%}|Tp_{95\%}\} = \exp(\theta \mp 1.165\sqrt{2}\sigma)$$

La relazione  $Hs$ - $Tp$  è stata determinata solo per il caso omnidirezionale. I parametri  $\theta$  e  $\sigma$  ottenuti sono riportati in Tabella 6-8.

Parametri della distribuzione Log-Normale - Alto Tirreno							
Direzione di Provenienza (°N)	$\theta = aa \cdot \arctg(bb \cdot (Hs + cc)) + dd$				$\sigma = bb \cdot Hs^{cc}$		
	aa	bb	cc	dd	aa	bb	cc
Omnidir	2.0831	3.4237	0.2048	-0.893	0.12	0.2087	-0.3239

Tabella 6-8: Parametri della distribuzione Log-Normale

La funzione di densità di probabilità condizionata definisce anche gli stati di mare con altezze d'onda significative inferiori caratterizzate da periodo spettrale di picco più alto o più basso del periodo medio di picco ma con uguale densità di probabilità.

La figura seguente mostra le curve di iso-probabilità nello spazio  $Hs$ - $Tp$  per gli stati di mare estremi con periodo di ritorno 1, 5, 10, 50, 100, per il caso annuale omnidirezionale.

Tutti i punti lungo l'isolinea corrispondente ad un dato periodo di ritorno devono essere ritenuti equiprobabili e pertanto sono attentamente considerati in tutte le analisi che utilizzano gli estremi d'onda e che sono particolarmente sensibili alla variazione di  $Tp$ .

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 45	<b>Rev.</b> 02

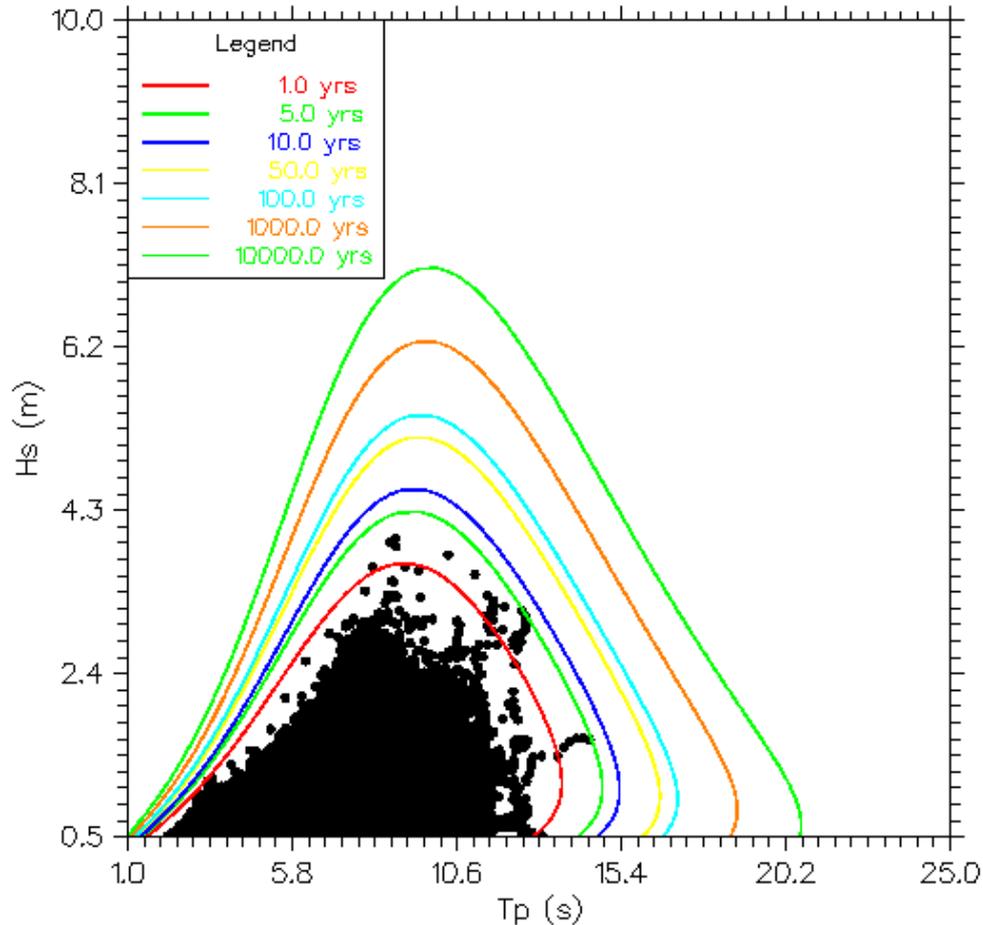


Figura 6-1 FSRU Vado Ligure: Linee di iso-probabilità per  $H_s/T_p$  calcolate per periodi di ritorni pari a 1, 5, 10, 50, 100, 1000 and 10000 anni graficati sullo scatter della serie temporale. Caso Omnidirezionale

#### 6.4. Spettro d'onda

La descrizione della distribuzione di frequenze dell'energia delle onde associate allo stato di mare relativa a ciascuna partizione del mare è comunemente fatta con lo spettro JONSWAP (Equazione 6-6)

$$\text{Equazione 6-6} \quad S(\omega) = (1 - 0.287 \cdot \ln(\gamma)) \cdot \frac{5}{16} H_s^2 \cdot \frac{\omega_p^4}{\omega^5} \exp\left(-\frac{5 \omega_p^4}{4 \omega^4}\right) \cdot \gamma^{\exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\omega - \omega_p}{\omega_p \sigma}\right)^2\right)}$$

dove

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p} ; \omega = \frac{2\pi}{T} ; \sigma = \begin{cases} 0.07 & \omega \leq \omega_p \\ 0.09 & \omega > \omega_p \end{cases} \quad \text{and} \quad A_\gamma = (1 - 0.287 \log \gamma)$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 45	<b>Rev.</b> 02

e il fattore  $\gamma$  definito in Equazione 6-7 (Rif. /1/ and /2/).

$$\text{Equazione 6-7} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \gamma - 5 & \text{for } \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} < 3.6 \\ \gamma = \exp\left(5.75 - \frac{1.15T_p}{\sqrt{H_s}}\right) & \text{for } 3.6 \leq \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} < 5 \\ \gamma - 1 & \text{for } \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} > 5 \end{array} \right.$$

Tuttavia, per descrivere la distribuzione di frequenza dell'energia delle onde associata al mare totale, dovrebbe essere utilizzata la formulazione degli spettri delle onde a due picchi come lo spettro di Ochi-Hubble. Lo spettro dell'onda direzionale 2D è formalmente definito dall'Equazione 6-8, con il vincolo che la distribuzione direzionale  $D(\theta/f)$  sia definito secondo Equazione 6-9

$$\begin{aligned} \text{Equazione 6-8} \quad & S(f, \theta) = S(f)D(\theta/f) \\ \text{Equazione 6-9} \quad & \int_0^{2\pi} D(\theta/f) d\theta = 1 \end{aligned}$$

La distribuzione dell'energia direzionale dell'onda può essere descritta in termini di una funzione coseno (Equazione 6-10) come riportato in Rif./1/

$$\text{Equazione 6-10} \quad D(\theta) = \frac{\Gamma\left(\frac{1+n}{2}\right)}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{1+n}{2}\right)} \cos^n(\theta - \theta_0)$$

## 6.5. Onda Massima

Gli estremi dell'altezza massima dell'onda  $H_{max}$  associati agli stati di mare sono stati forniti in tre siti e sono stati definiti, secondo Rif. /1/, dalla seguente equazione:

$$\text{Equazione 6-11} \quad H_{max} = \frac{H_s}{2} \cdot \sqrt{(1 - \rho) \cdot \ln(N)}$$

dove il parametro  $\rho$  riflette l'effetto della larghezza di banda ( Equazione 6-12) e  $N$  è il numero di onde durante lo stato di mare (Equazione 6-13).

$$\text{Equazione 6-12}$$

$$\rho = -0.000191\gamma^3 + 0.00488\gamma^2 - 0.0525\gamma - 0.605$$

$$\text{Equazione 6-13}$$

$$N = \frac{\text{Seastate duration (s)}}{T_z(s)}; \quad T_z = T_p \cdot (0.6673 + 0.05037\gamma - 0.006230\gamma^2 + 0.000341\gamma^3)$$

dove  $\gamma$  è definito in Equazione 6-7 Il periodo di onda associato a  $H_{max}$  è stato assunto essere uguale a  $0.9 \cdot T_p$ .

Le altezze massime di onda  $H_{max}$  e i periodi d'onda associati a  $H_{max}$  sono riportati in Tabella 6-9 e Tabella 6-10 e anche nel file Excel "Estremei\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 45	<b>Rev.</b> 02

Estremi d'onda direzionali e omnidirezionali - FSRU-Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale										
Direzione di Provenienza (°N)	Tp=1 anno		Tp=10 anni		Tp=100 anni		Tp=1000 anni		Tp=10000 anni	
	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)
0	1.83	6.29	2.12	6.63	2.39	6.88	2.63	7.08	2.85	7.24
30	2.15	6.66	2.47	6.95	2.74	7.16	2.99	7.33	3.21	7.46
60	2.27	6.78	2.64	7.09	2.95	7.31	3.23	7.48	3.49	7.61
90	2.64	7.08	3.19	7.45	3.67	7.70	4.12	7.88	4.53	8.03
120	3.87	7.79	4.94	8.15	5.98	8.40	7.02	8.57	8.05	8.70
150	4.98	8.16	6.53	8.49	8.10	8.71	9.69	8.86	11.29	8.97
180	5.70	8.34	7.21	8.60	8.70	8.77	10.18	8.90	11.64	9.00
210	4.99	8.16	6.04	8.41	7.04	8.57	7.97	8.70	8.87	8.79
240	1.76	6.20	2.12	6.62	2.41	6.90	2.66	7.10	2.88	7.26
270	1.45	5.73	1.77	6.22	2.03	6.52	2.24	6.74	2.43	6.91
300	1.41	5.67	1.74	6.17	2.00	6.49	2.23	6.73	2.43	6.91
330	1.52	5.85	1.84	6.30	2.12	6.62	2.38	6.87	2.62	7.07
OMNI	5.94	8.39	7.36	8.62	8.79	8.78	10.22	8.90	11.66	9.00

Tabella 6-9: H<sub>max</sub> direzionale annuale e periodo di onda associato a Alto Tirreno

Estremi d'onda -FSRU-Alto Tirreno -44.28°N 8.51°E -Mensile										
Mese	Tp=1 anno		Tp=10 anni		Tp=100 anni		Tp=1000 anni		Tp=10000 anni	
	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)
Gennaio	4.49	8.02	5.80	8.36	7.11	8.58	8.43	8.75	9.75	8.87
Febbraio	4.39	7.98	5.73	8.34	7.08	8.58	8.45	8.75	9.82	8.87
Marzo	4.25	7.93	5.41	8.27	6.56	8.50	7.69	8.66	8.80	8.78
Aprile	3.95	7.82	5.00	8.17	6.01	8.40	7.01	8.57	7.98	8.70
Maggio	3.70	7.71	4.82	8.12	5.94	8.39	7.06	8.58	8.18	8.72
Giugno	3.50	7.62	4.65	8.07	5.81	8.36	6.99	8.57	8.19	8.72
Luglio	2.99	7.33	3.99	7.83	4.99	8.16	6.00	8.40	7.04	8.57
Agosto	2.81	7.21	3.83	7.77	4.89	8.14	5.98	8.39	7.11	8.58
Settembre	3.54	7.63	4.73	8.09	5.95	8.39	7.21	8.60	8.48	8.75
Ottobre	5.03	8.18	6.62	8.51	8.19	8.72	9.76	8.87	11.31	8.98
Novembre	5.00	8.17	6.45	8.48	7.88	8.68	9.29	8.83	10.68	8.94
Dicembre	5.29	8.24	6.83	8.54	8.35	8.74	9.84	8.87	11.32	8.98

Tabella 6-10: H<sub>max</sub> mensile e periodo di onda associato a Alto Tirreno

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 6.6. Estremi di Onda

Gli estremi annuali degli stati di mare (durata 1 ora) sono stati valutati su base direzionale e omnidirezionale, mentre gli estremi mensili sono stati valutati su base omnidirezionale. Gli estremi di Hs sono stati valutati adottando una funzione di distribuzione di Weibull (Equazione 5-1) sui dati di base mentre il periodo di picco spettrale atteso Tp e i livelli di confidenza pari al 90% e al 5% associati alle onde estreme sono stati determinati secondo la metodologia descritta nella sezione precedente (sezione 6.3). Le Tabella 6-11 e Tabella 6-12 riportano estremi degli stati di mare direzionali mentre le Tabella 6-13 e Tabella 6-14 quelli mensili omnidirezionali.

Questi dati sono anche inclusi nel file Excel "Estremi\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Total sea - Directional extreme wave conditions - FSRU-Vado Ligure - Whole year																
Direction - coming from (°N)	Return period															
	1 year				10 years				20 years				50 years			
	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)
0	1.11	6.99	4.91	9.55	1.29	7.36	5.27	9.92	1.34	7.45	5.36	10.01	1.41	7.56	5.46	10.11
30	1.31	7.40	5.30	9.95	1.51	7.72	5.62	10.26	1.56	7.80	5.70	10.33	1.63	7.89	5.79	10.42
60	1.39	7.53	5.43	10.08	1.61	7.87	5.77	10.40	1.68	7.96	5.86	10.48	1.75	8.05	5.96	10.56
90	1.61	7.87	5.77	10.40	1.96	8.28	6.19	10.76	2.05	8.37	6.29	10.84	2.17	8.48	6.41	10.94
120	2.39	8.65	6.59	11.07	3.05	9.06	7.05	11.39	3.25	9.15	7.16	11.45	3.51	9.26	7.29	11.53
150	3.08	9.07	7.07	11.40	4.04	9.44	7.52	11.64	4.33	9.52	7.62	11.69	4.71	9.62	7.75	11.75
180	3.53	9.26	7.30	11.53	4.45	9.55	7.67	11.71	4.73	9.62	7.75	11.75	5.08	9.70	7.85	11.79
210	3.09	9.07	7.07	11.40	3.74	9.34	7.40	11.58	3.93	9.40	7.47	11.62	4.17	9.48	7.57	11.67
240	1.07	6.89	4.82	9.45	1.29	7.36	5.27	9.92	1.35	7.46	5.37	10.02	1.42	7.59	5.49	10.13
270	0.87	6.37	4.34	8.91	1.07	6.91	4.83	9.46	1.13	7.02	4.94	9.58	1.19	7.16	5.07	9.72
300	0.85	6.30	4.28	8.83	1.05	6.85	4.78	9.41	1.10	6.98	4.90	9.53	1.17	7.12	5.03	9.68
330	0.92	6.50	4.46	9.04	1.12	7.00	4.92	9.56	1.17	7.12	5.03	9.68	1.24	7.26	5.17	9.82
Omnidir	3.67	9.32	7.37	11.57	4.54	9.58	7.69	11.73	4.80	9.64	7.78	11.76	5.15	9.71	7.87	11.80

Tabella 6-11: Estremi d'onda direzionali annuali Alto Tirreno per periodi di ritorno 1-10-20-50 anni

Total sea - Directional extreme wave conditions - FSRU-Vado Ligure - Whole year												
Direction - coming from (°N)	Return period											
	100 years				1000 years				10000 years			
	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)
0	1.46	7.64	5.54	10.19	1.61	7.86	5.76	10.39	1.75	8.04	5.94	10.55
30	1.68	7.96	5.86	10.48	1.83	8.14	6.05	10.64	1.97	8.29	6.21	10.78
60	1.81	8.12	6.02	10.62	1.99	8.31	6.22	10.79	2.15	8.46	6.38	10.91
90	2.26	8.56	6.49	11.00	2.54	8.76	6.71	11.16	2.80	8.92	6.89	11.29
120	3.70	9.33	7.38	11.57	4.34	9.52	7.63	11.69	4.96	9.67	7.82	11.78
150	4.99	9.68	7.83	11.78	5.94	9.85	8.06	11.86	6.90	9.97	8.24	11.91
180	5.35	9.75	7.93	11.82	6.24	9.89	8.12	11.88	7.11	9.99	8.28	11.92
210	4.35	9.53	7.63	11.70	4.92	9.66	7.81	11.77	5.46	9.77	7.95	11.82
240	1.47	7.67	5.57	10.21	1.63	7.89	5.79	10.42	1.76	8.06	5.97	10.57
270	1.23	7.25	5.16	9.80	1.37	7.49	5.39	10.04	1.48	7.68	5.58	10.22
300	1.22	7.21	5.13	9.77	1.36	7.48	5.38	10.03	1.48	7.68	5.58	10.22
330	1.29	7.36	5.26	9.91	1.45	7.64	5.53	10.18	1.60	7.86	5.76	10.39
Omnidir	5.41	9.76	7.94	11.82	6.26	9.89	8.13	11.88	7.12	10.00	8.28	11.92

Tabella 6-12: Estremi d'onda direzionali annuali Alto Tirreno per periodi di ritorno 100 -1000-10000 anni

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti</b>	Pag. 21 di 45	<b>Rev.</b> <b>02</b>

Total sea - Monthly extreme wave conditions FSRU-Vado Ligure																
Month	Return period															
	1 year				10 years				20 years				50 years			
	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)
Jan	2.77	8.91	6.88	11.28	3.59	9.29	7.33	11.55	3.83	9.37	7.43	11.60	4.15	9.47	7.56	11.66
Feb	2.71	8.87	6.84	11.25	3.55	9.27	7.31	11.54	3.80	9.36	7.42	11.59	4.13	9.46	7.55	11.66
Mar	2.62	8.81	6.77	11.20	3.35	9.19	7.21	11.48	3.57	9.28	7.32	11.54	3.85	9.38	7.44	11.61
Apr	2.43	8.69	6.63	11.10	3.09	9.07	7.07	11.40	3.28	9.16	7.18	11.46	3.53	9.27	7.30	11.53
May	2.28	8.57	6.50	11.01	2.98	9.02	7.01	11.36	3.19	9.12	7.13	11.43	3.47	9.24	7.27	11.52
Jun	2.15	8.46	6.39	10.92	2.87	8.96	6.94	11.32	3.09	9.08	7.07	11.40	3.38	9.20	7.23	11.49
Jul	1.84	8.15	6.05	10.65	2.46	8.70	6.65	11.12	2.65	8.83	6.79	11.22	2.90	8.97	6.96	11.33
Aug	1.72	8.02	5.92	10.53	2.36	8.63	6.57	11.06	2.56	8.77	6.73	11.17	2.82	8.93	6.91	11.30
Sep	2.18	8.48	6.41	10.94	2.93	8.99	6.98	11.34	3.15	9.10	7.11	11.42	3.46	9.24	7.27	11.51
Oct	3.11	9.09	7.09	11.41	4.09	9.45	7.54	11.65	4.38	9.54	7.64	11.70	4.76	9.63	7.76	11.75
Nov	3.10	9.08	7.08	11.40	3.99	9.42	7.50	11.63	4.25	9.50	7.60	11.68	4.60	9.59	7.71	11.73
Dec	3.27	9.16	7.17	11.46	4.22	9.49	7.58	11.68	4.50	9.57	7.68	11.72	4.87	9.65	7.79	11.77

Tabella 6-13: Estremi d'onda omnidirezionali mensili Alto Tirreno per periodi di ritorno di 1-10-20-50 anni

Total sea - Monthly extreme wave conditions FSRU-Vado Ligure													
Month	Return period												
	100 years				1000 years				10000 years				
	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	Tp5% (s)	Tp95% (s)	
Jan	4.39	9.54	7.65	11.70	5.19	9.72	7.88	11.80	5.98	9.85	8.07	11.86	
Feb	4.38	9.53	7.64	11.70	5.20	9.72	7.89	11.80	6.02	9.86	8.08	11.87	
Mar	4.06	9.44	7.52	11.65	4.74	9.62	7.76	11.75	5.41	9.76	7.94	11.82	
Apr	3.72	9.33	7.39	11.58	4.33	9.52	7.62	11.69	4.92	9.66	7.81	11.77	
May	3.68	9.32	7.37	11.57	4.36	9.53	7.63	11.70	5.04	9.69	7.84	11.79	
Jun	3.60	9.29	7.33	11.55	4.32	9.52	7.62	11.69	5.05	9.69	7.84	11.79	
Jul	3.08	9.07	7.07	11.40	3.71	9.33	7.38	11.58	4.35	9.53	7.63	11.70	
Aug	3.02	9.04	7.03	11.37	3.70	9.33	7.38	11.57	4.39	9.54	7.65	11.70	
Sep	3.68	9.32	7.37	11.57	4.45	9.55	7.66	11.71	5.22	9.72	7.89	11.80	
Oct	5.05	9.69	7.85	11.79	5.99	9.85	8.07	11.86	6.91	9.97	8.25	11.91	
Nov	4.86	9.65	7.79	11.77	5.71	9.81	8.01	11.84	6.54	9.93	8.18	11.90	
Dec	5.14	9.71	7.87	11.80	6.04	9.86	8.08	11.87	6.92	9.97	8.25	11.91	

Tabella 6-14: Estremi d'onda omnidirezionali mensili Alto Tirreno per periodi di ritorno 100 -1000-10000 anni

## 6.7. Estremi di Onda calcolati con metodologia Picco Sopra Soglia (POT)

In accordo con la normativa (Rif./1) lo studio degli estremi con la distribuzione iniziale è stato abbinato allo studio con il metodo picco sopra soglia (POT) considerando varie distribuzioni (ovvero Weibull, Log-Normale, distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV), Gamma).

Le analisi sono state svolte considerando i periodi di ritorno (1 anni, 10 anni, e 100 anni) per il caso omnidirezionale selezionando 3 soglie pari a 1.5 m, 1.75 m e 2.0 m. di altezza d'onda.

Il best fitting risultato migliore è presentato in Figura 6-2 mentre il confronto con i valori degli estremi calcolati con la distribuzione iniziale in Tabella 6-15. La tabella riporta anche per ciascuna soglia la distribuzione migliore e il relativo Best fit.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 45	<b>Rev.</b> 02

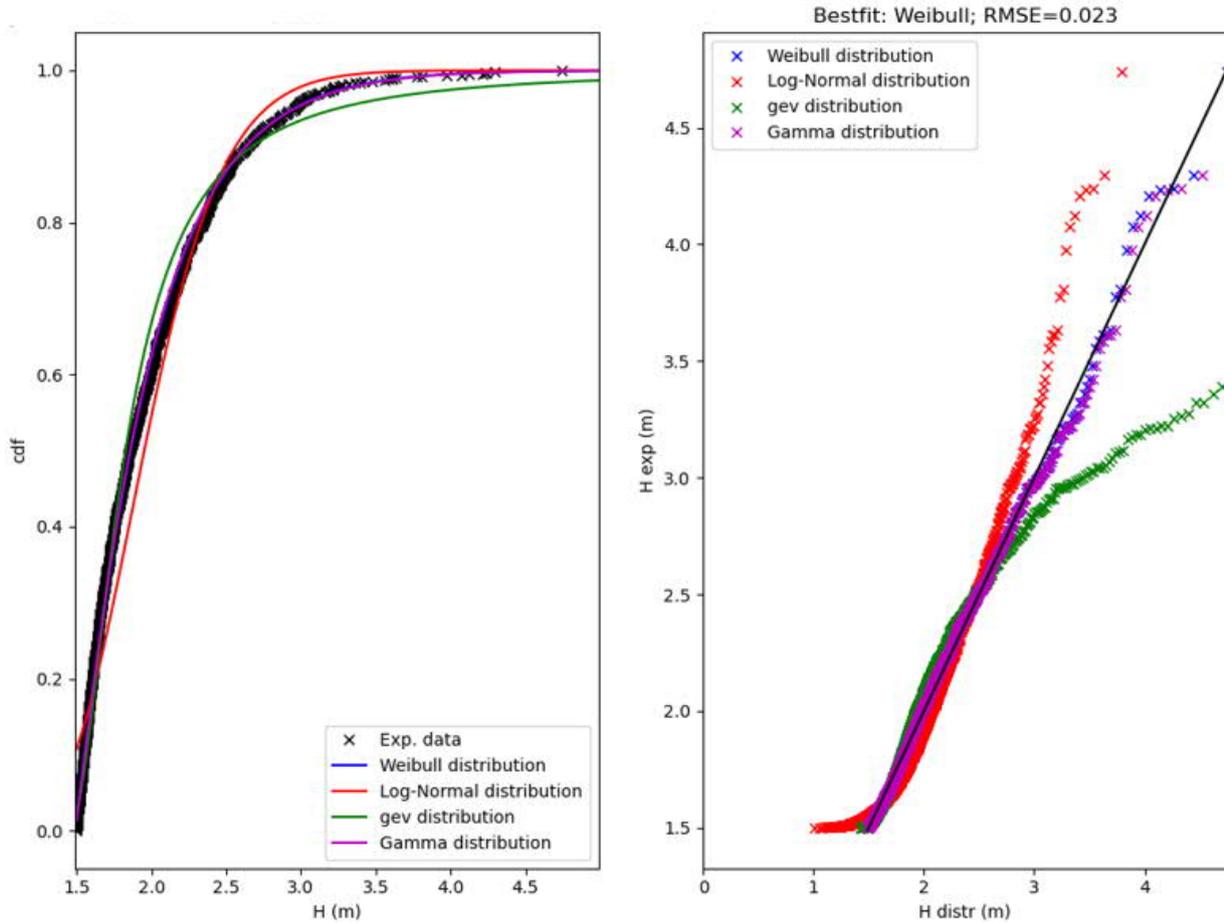


Figura 6-2 Confronto tra le varie distribuzioni per il caso Omnidirezionale (caso altezza di soglia pari a 1.5 m)

Il confronto degli estremi presentato mostra che gli estremi calcolati con metodologia POT risultano anche se di poco inferiori rispetto ai risultati della sezione 6.6. I risultati giustificano pertanto la metodologia adottata per il calcolo considerando anche che l'approccio della distribuzione iniziale garantisce la robustezza statistica nel calcolo degli estremi direzionali e stagionali.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 45	<b>Rev.</b> 02

<i>Initial Distribution _Omnidirectional</i>					
TR (years)	1 year	10 years	20 years	50 year	100 years
Hs (m)	3.67	4.54	4.80	5.15	5.41
<i>POT -Omnidirectional</i>					
<i>Soglia (m)</i>	2				
TR (years)	1 year	10 years	20 year	50 years	100 years
Hs (m)	3.04	4.01	4.29	4.67	4.96
Distribution	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
RMSE	0.0306	0.0306	0.0306	0.0306	0.0306
<i>Soglia (m)</i>	1.75				
TR (years)	1 year	10 years	20 year	50 years	100 years
Hs (m)	3.07	4.10	4.41	4.82	5.13
Distribution	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
RMSE	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228
<i>Soglia (m)</i>	1.5				
TR (years)	1 year	10 years	20 year	50 years	100 years
Hs (m)	3.08	4.11	4.41	4.81	5.11
Distribution	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull
RMSE	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Tabella 6-15: Confronto degli estremi ottenuti con la metodologia Distribuzione Iniziale e POT (per ciascuna soglia di Altezza Significativa (Hs))

## 6.8. Cambiamenti climatici

Dato l'attuale contesto ambientale, caratterizzato da mareggiate di elevata intensità che colpiscono frequentemente le coste italiane compresa l'area di progetto si è proceduto a valutare la presenza di eventuali trend nei valori di altezza d'onda significativa che possano influenzare il calcolo dei valori estremi attesi nel corso di vita dell'opera.

L'analisi dei trend è stata condotta sulla serie temporale dei dati hindcasting (1979-2021).

In particolare, è stato utilizzato il test non parametrico di Mann Kendall su 2 trasformazioni monotone della serie iniziale (ovvero le medie annuali e i massimi annuali), per valutare l'eventuale esistenza di un trend nella serie.

Nessun trend è stato identificato analizzando le medie annuali, che presentano una media climatologica su tutto il periodo intorno a 0.54 m con oscillazioni molto modeste dell'ordine di pochi cm.

Il range dei massimi annuali di altezza d'onda calcolati oscilla invece tra i 2.5 e i 4.7 m con variabilità inter-annuali significative. Il test ha rivelato la presenza di un trend positivo (upward) con livello di significatività statistica pari a  $p = 0.0116$ . Il trend è stato quantificato attraverso lo stimatore lineare Theil-Sen ottenendo uno slope pari a circa 0.018 m/anno come mostrato in Figura 6-3.

Questo valore appare in linea con i risultati di uno studio simile disponibile in letteratura per l'Alto Tirreno condotto sulla base di dati di hindcasting (Ref./9/).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 45	<b>Rev.</b> 02

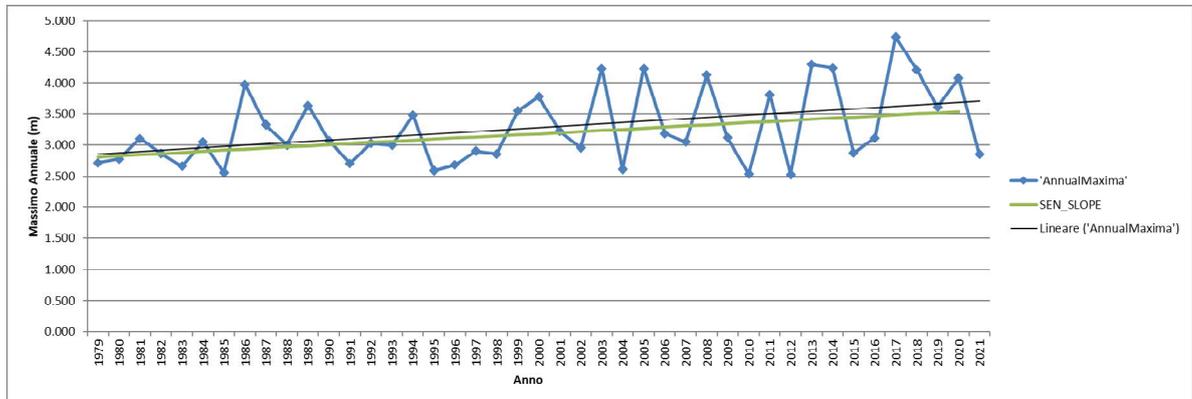


Figura 6-3 Serie dei valori dei massimi annuali e relativo trend lineare stimato con l'estimatore di Theil-Sen (linea verde) e con il modello di regressione lineare semplice (linea nera)

Per valutare potenziali impatti per il progetto, si è proceduto fare una previsione dei valori attesi per i massimi annuali a diversi intervalli temporali da oggi ai prossimi 50 anni utilizzando, sotto l'ipotesi che il trend identificato resti costante, lo stimatore sopra descritto.

Il valore della mareggiata annuale a 50 anni risulta all'incirca dell'ordine di 4.5 m di altezza significativa con un aumento pari a circa il 25 % rispetto ai valori massimi annuali attuali.

Stima previsionale dei Massimi Annuali			
Metodo Sen's Slope			
Intervallo Temporale	Anno	Hs(m)	Variazione (%)
0	2023	3.6	na
10 anni	2033	3.8	5
20 anni	2043	3.9	10
50 anni	2073	4.5	25

Tabella 6-16 Stima dell'aumento atteso dell'estremo annuale di altezza d'onda nel corso della vita dell'opera.

E' tuttavia importante tener conto che l'esistenza o meno di tendenze riscontrabili nelle varie aree del mondo, al di là della variabilità climatica, è oggetto di forte dibattito in ambito scientifico, soprattutto in relazione ai valori estremi di onda (Rif./11/).

In particolare per il Mediterraneo sembrerebbe esserci una scarsa consistenza nei trend identificati. Gli stessi autori sopra citati per le serie di hindcasting, presentando, nell'ambito del progetto COWCLIP (Coordinated Ocean Wave Climate Project), l'analisi dei trend dei massimi annuali condotta sulle simulazioni di moto ondoso forzate da 7 diversi modelli climatologici regionali (ensemble nel dominio Euro-Cordex) sotto lo scenario RCP8.5 (ovvero scenario con crescita delle emissioni al livello attuale/nessuna mitigazione) evidenziano tale problematica (Ref./10/). Inoltre specificatamente per l'Alto Tirreno viene riscontrato uno scarso livello di significatività nei trend dei massimi annuali per il periodo 2006 -2100.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 7. CORRENTI MARINE

La velocità delle correnti marine e relative direzioni (va verso) relativa al sito di Alto Tirreno sono disponibili per diversi livelli: superficie, 5m s.l.m., 16m s.l.m., 29m s.l.m., 51m s.l.m. e vicino al fondo.

I dati relativi alle correnti marine sono stati analizzati e riportati di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e eccedenza mensile sopra soglia per correnti di classe di velocità di 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 e 0,5 m/s per diversi livelli.
- Distribuzione della Velocità della corrente annuale e mensile (Cs) vs. direzione della corrente per diversi livelli.
- Estremi di velocità della corrente direzionale annuale e estremi mensili per il livello a 5m s.l.m.

### 7.1. Clima delle correnti

La distribuzione annuale della velocità di corrente direzionale per ogni livello verticale è riportata in Tabella 7 1 - Tabella 7 6.

Le eccedenze direzionali annuali sopra soglia per diversi livelli sono riportati in Tabella 7 7 - Tabella 7 12.

Le informazioni mensili sono incluse nei file Excel " Eccedenza\_Correnti.xlsx" e Regime\_Correnti.xlsx" incorporati in APPENDICE A.

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point - Superficie											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	4.551	0.378	0.016	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.948
30	8.026	1.187	0.062	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.283
60	2.976	0.370	0.026	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.375
90	1.330	0.062	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.393
120	1.098	0.022	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.121
150	1.437	0.053	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.492
180	3.149	0.528	0.040	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.722
210	15.676	8.456	1.301	0.136	0.018	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	25.589
240	20.743	10.940	1.729	0.145	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	33.572
270	6.117	1.097	0.104	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.342
300	3.677	0.253	0.024	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.962
330	3.366	0.153	0.012	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.533
Total	72.145	23.498	3.320	0.328	0.037	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	99.330

Tabella 7-1: Distribuzione direzionale annuale della velocità della corrente di superficie a Alto Tirreno

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -5m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	3.522	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.522
30	9.436	0.592	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.029
60	2.074	0.092	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.166
90	0.413	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.413
120	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.265
150	0.361	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.361
180	1.155	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.159
210	18.780	10.042	0.878	0.019	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.722
240	28.069	12.846	1.930	0.101	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.959
270	4.138	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.172
300	2.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.082
330	2.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.086
Total	72.380	23.609	2.810	0.121	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.936

Tabella 7-2: Distribuzione direzionale annuale della velocità di corrente a Alto Tirreno - 5 m s.l.m.

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -16m s.l.m.											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	2.974	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.974
30	10.834	0.549	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.384
60	2.192	0.038	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.230
90	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.365
120	0.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220
150	0.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.284
180	0.946	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.946
210	20.719	8.903	0.750	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.391
240	28.599	12.159	1.933	0.128	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.823
270	3.382	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.398
300	1.773	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.773
330	1.758	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.758
Total	74.046	21.665	2.685	0.146	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.546

Tabella 7-3: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Alto Tirreno - 16 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -29m s.l.m.											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	1.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.913
30	9.527	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.892
60	6.432	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.436
90	0.727	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.727
120	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.317
150	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.337
180	1.172	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.172
210	16.675	2.942	0.122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.739
240	38.335	12.193	1.118	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	51.705
270	2.592	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.604
300	1.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.344
330	1.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.264
Total	80.636	15.517	1.239	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	97.450

Tabella 7-4: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Alto Tirreno - 29 m s.l.m.

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -51m s.l.m.											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	1.342	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.342
30	15.042	1.024	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.121
60	1.854	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.900
90	0.249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.249
120	0.123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.123
150	0.162	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.162
180	0.751	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.751
210	37.707	15.596	2.878	0.515	0.067	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	56.768
240	12.762	3.815	0.838	0.135	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.576
270	1.165	0.015	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.182
300	0.528	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.528
330	0.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.565
Total	72.251	20.497	3.773	0.650	0.093	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	97.268

Tabella 7-5: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Alto Tirreno - 51 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -Vicino al Fondo											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	1.079	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.087
30	17.117	0.478	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.594
60	3.724	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.726
90	0.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548
120	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.272
150	0.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.521
180	2.064	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.112
210	44.624	10.730	1.428	0.169	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	56.964
240	9.800	1.775	0.204	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.788
270	0.733	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.733
300	0.383	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.383
330	0.409	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.409
Total	81.272	13.029	1.644	0.178	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	96.137

Tabella 7-6: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Alto Tirreno – vicino al fondo

Alto Tirreno- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI -Gen.1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente(m/s) - Superficie				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.40	0.02	0.00	0.00	0.00
30	1.26	0.07	0.01	0.00	0.00
60	0.40	0.03	0.00	0.00	0.00
90	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.57	0.05	0.01	0.00	0.00
210	9.91	1.46	0.16	0.02	0.00
240	12.83	1.89	0.16	0.02	0.00
270	1.22	0.13	0.02	0.00	0.00
300	0.28	0.03	0.01	0.00	0.00
330	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00
Omnidir	27.19	3.69	0.37	0.04	0.00

Tabella 7-7: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno –Superficie.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen. 1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente (m/s) 5m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	10.94	0.90	0.02	0.00	0.00
240	14.89	2.04	0.11	0.01	0.00
270	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Omnidir	26.56	2.95	0.14	0.02	0.00

Tabella 7-8: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno – Superficie – 5 s.l.m.

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen. 1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente (m/s) 16m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	9.67	0.77	0.02	0.00	0.00
240	14.22	2.07	0.13	0.00	0.00
270	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Omnidir	24.50	2.84	0.15	0.00	0.00

Tabella 7-9: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno – 16 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente (m/s) 29m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	3.06	0.12	0.00	0.00	0.00
240	13.37	1.18	0.06	0.00	0.00
270	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Omnidir	16.81	1.30	0.06	0.00	0.00

Tabella 7-10: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno – 29 m s.l.m.

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente (m/s) 51m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	1.08	0.06	0.00	0.00	0.00
60	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	19.06	3.46	0.59	0.07	0.00
240	4.81	1.00	0.16	0.03	0.00
270	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Omnidir	25.02	4.52	0.75	0.10	0.00

Tabella 7-11: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno – 51 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 45	<b>Rev.</b> 02

Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente (m/s) Vicino al Fondo				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie (%)				
0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
210	12.34	1.61	0.18	0.01	0.00
240	1.99	0.21	0.01	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Omnidir	14.87	1.84	0.19	0.01	0.00

Tabella 7-12: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Alto Tirreno – Vicino al fondo.

## 7.2. Estremi di corrente

Per ogni livello sono stati valutati gli estremi annuali della velocità di corrente su base direzionale e omnidirezionale, mentre gli estremi mensili sono stati valutati su base omnidirezionale. Gli estremi di velocità di corrente sono stati valutati fittando i dati di base del livello verticale specifico con la distribuzione di Weibull (Equazione 5-1).

Le tabelle seguenti mostrano gli estremi di velocità della corrente direzionale annuale e gli estremi di velocità di corrente mensili.

Questa informazione è riportata anche nel file Excel "Estremi\_Correnti.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 32 di 45	<b>Rev.</b> 02

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- superficie - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - Superficie</i>						
<i>Return period</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<b>Direzione della Corrente</b>	<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
	0	0.27	0.36	0.48	0.59	0.70
	30	0.30	0.40	0.51	0.63	0.75
	60	0.37	0.46	0.47	0.59	0.72
	90	0.40	0.50	0.31	0.40	0.49
	120	0.36	0.43	0.28	0.38	0.49
	150	0.33	0.39	0.38	0.53	0.70
	180	0.31	0.37	0.46	0.55	0.65
	210	0.30	0.37	0.59	0.67	0.75
	240	0.32	0.40	0.53	0.59	0.65
	270	0.33	0.41	0.50	0.60	0.69
	300	0.35	0.45	0.50	0.62	0.74
	330	0.30	0.39	0.44	0.55	0.66
	Omnidir	0.44	0.52	0.60	0.67	0.76

Tabella 7-13: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno - superficie.

<i>Estremi mensile delle Correnti- superficie - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - Superficie</i>						
<i>Tp</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<i>Mese</i>		<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Gennaio</b>		0.26	0.37	0.46	0.55	0.65
<b>Febbraio</b>		0.29	0.40	0.50	0.60	0.71
<b>Marzo</b>		0.25	0.36	0.55	0.63	0.70
<b>Aprile</b>		0.15	0.23	0.59	0.68	0.76
<b>Maggio</b>		0.12	0.19	0.50	0.56	0.62
<b>Giugno</b>		0.15	0.26	0.45	0.51	0.56
<b>Luglio</b>		0.26	0.36	0.43	0.48	0.54
<b>Agosto</b>		0.42	0.51	0.44	0.50	0.55
<b>Settembre</b>		0.39	0.46	0.47	0.53	0.60
<b>Ottobre</b>		0.31	0.41	0.48	0.55	0.61
<b>Novembre</b>		0.26	0.38	0.54	0.63	0.71
<b>Dicembre</b>		0.23	0.33	0.48	0.56	0.65
<b>Annuale</b>		0.44	0.52	0.60	0.67	0.76

Tabella 7-14: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – Superficie

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 33 di 45	<b>Rev.</b> 02

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 5m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 5 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
	<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Direzione della Corrente</b>	0	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
	30	0.18	0.22	0.25	0.28	0.31
	60	0.15	0.21	0.27	0.32	0.37
	90	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19
	120	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17
	150	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17
	180	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21
	210	0.34	0.40	0.45	0.51	0.55
	240	0.39	0.45	0.52	0.58	0.64
	270	0.12	0.17	0.22	0.26	0.31
	300	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
	330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
	Omnidir		0.39	0.46	0.53	0.59

Tabella 7-15: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno – 5m s.l.m.

<i>Estremi mensile delle Correnti- 5m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 5 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
	<i>Mese</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
	<b>Gennaio</b>	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
	<b>Febbraio</b>	0.22	0.28	0.33	0.37	0.42
	<b>Marzo</b>	0.32	0.41	0.49	0.57	0.65
	<b>Aprile</b>	0.34	0.43	0.50	0.58	0.65
	<b>Maggio</b>	0.32	0.39	0.44	0.50	0.55
	<b>Giugno</b>	0.27	0.32	0.36	0.40	0.44
	<b>Luglio</b>	0.29	0.35	0.41	0.46	0.51
	<b>Agosto</b>	0.28	0.35	0.41	0.47	0.53
	<b>Settembre</b>	0.31	0.38	0.45	0.51	0.57
	<b>Ottobre</b>	0.28	0.33	0.38	0.43	0.47
	<b>Novembre</b>	0.32	0.40	0.47	0.53	0.60
	<b>Dicembre</b>	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
	<b>Annuale</b>	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65

Tabella 7-16: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – 5m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 34 di 45	Rev. 02

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 16 m s.l.m.- Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 16 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<b>Direzione della Corrente</b>	<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
	0	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
	30	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32
	60	0.14	0.21	0.27	0.33	0.40
	90	0.02	0.06	0.12	0.22	0.34
	120	-	-	-	-	-
	150	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19
	180	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
	210	0.30	0.35	0.40	0.44	0.48
	240	0.37	0.44	0.49	0.55	0.60
	270	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32
	300	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17
	330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
Omnidir	0.38	0.44	0.50	0.56	0.62	

Tabella 7-17: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno – 16m s.l.m.

<i>Estremi mensile delle Correnti - 16 m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 16 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>		<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<i>Mese</i>		<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Gennaio</b>		0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
<b>Febbraio</b>		0.21	0.26	0.31	0.35	0.38
<b>Marzo</b>		0.30	0.38	0.46	0.53	0.61
<b>Aprile</b>		0.33	0.40	0.47	0.54	0.61
<b>Maggio</b>		0.31	0.36	0.41	0.46	0.50
<b>Giugno</b>		0.27	0.33	0.38	0.43	0.47
<b>Luglio</b>		0.29	0.36	0.43	0.49	0.56
<b>Agosto</b>		0.30	0.37	0.45	0.52	0.58
<b>Settembre</b>		0.31	0.39	0.45	0.52	0.57
<b>Ottobre</b>		0.29	0.35	0.40	0.44	0.49
<b>Novembre</b>		0.30	0.37	0.43	0.49	0.54
<b>Dicembre</b>		0.24	0.30	0.35	0.39	0.44
<b>Annuale</b>		0.38	0.44	0.50	0.56	0.62

Tabella 7-18: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – 16 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 35 di 45	<b>Rev.</b> 02

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 29 m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 29 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	
30	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	
60	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	
90	0.02	0.06	0.12	0.22	0.35	
120	-	-	-	-	-	
150	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	
180	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	
210	0.25	0.30	0.35	0.39	0.43	
240	0.32	0.37	0.42	0.46	0.50	
270	0.10	0.15	0.21	0.26	0.32	
300	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	
330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
Omnidir	0.32	0.38	0.44	0.49	0.56	

Tabella 7-19: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno – 29m s.l.m.

<i>Estremi mensile delle Correnti- 29 m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>					
<i>Velocità della corrente - 29 m s.l.m.</i>					
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>
<i>Mese</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Gennaio</b>	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
<b>Febbraio</b>	0.20	0.24	0.27	0.30	0.34
<b>Marzo</b>	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56
<b>Aprile</b>	0.28	0.35	0.41	0.47	0.52
<b>Maggio</b>	0.24	0.29	0.34	0.38	0.42
<b>Giugno</b>	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
<b>Luglio</b>	0.19	0.25	0.30	0.35	0.39
<b>Agosto</b>	0.19	0.24	0.29	0.33	0.37
<b>Settembre</b>	0.28	0.35	0.41	0.47	0.52
<b>Ottobre</b>	0.27	0.31	0.35	0.39	0.42
<b>Novembre</b>	0.30	0.36	0.42	0.48	0.53
<b>Dicembre</b>	0.24	0.30	0.35	0.39	0.44
<b>Annuale</b>	0.32	0.38	0.44	0.49	0.56

Tabella 7-20: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – 29 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 45	<b>Rev.</b> 02

Estremi Direzionale delle Correnti- 51 m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale						
Velocità della corrente - 51 m s.l.m.						
Tp		1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year
Direzione della Corrente	(to - °N)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)
	0	0.03	0.07	0.12	0.18	0.26
	30	0.21	0.26	0.31	0.35	0.40
	60	0.13	0.18	0.23	0.28	0.34
	90	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	-
	180	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16
	210	0.46	0.54	0.62	0.70	0.77
	240	0.42	0.52	0.62	0.71	0.80
	270	0.12	0.20	0.30	0.42	0.54
	300	0.04	0.07	0.11	0.15	0.20
	330	0.01	0.05	0.13	0.25	0.43
	Omnidir	0.47	0.55	0.63	0.71	0.80

Tabella 7-21: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno – 51m s.l.m.

Estremi mensile delle Correnti- 51 m s.l.m. - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale					
Velocità della corrente - 51 m s.l.m.					
Tp	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year
Mese	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)
<b>Gennaio</b>	0.28	0.34	0.40	0.46	0.51
<b>Febbraio</b>	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
<b>Marzo</b>	0.41	0.51	0.61	0.70	0.79
<b>Aprile</b>	0.38	0.45	0.52	0.59	0.65
<b>Maggio</b>	0.31	0.39	0.46	0.52	0.59
<b>Giugno</b>	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38
<b>Luglio</b>	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
<b>Agosto</b>	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
<b>Settembre</b>	0.32	0.41	0.50	0.58	0.66
<b>Ottobre</b>	0.44	0.53	0.62	0.70	0.78
<b>Novembre</b>	0.44	0.53	0.61	0.69	0.76
<b>Dicembre</b>	0.34	0.41	0.47	0.53	0.58
<b>Annuale</b>	0.47	0.55	0.63	0.71	0.80

Tabella 7-22: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – 51 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 45	Rev. 02

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- Vicino al Fondo - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - Vicino al Fondo</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.13	0.20	0.28	0.36	
30	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29	
60	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	
90	-	-	-	-	-	
120	-	-	-	-	-	
150	0.03	0.07	0.12	0.18	0.26	
180	0.19	0.28	0.37	0.46	0.56	
210	0.39	0.46	0.54	0.61	0.67	
240	0.30	0.38	0.46	0.53	0.61	
270	-	-	-	-	-	
300	-	-	-	-	-	
330	-	-	-	-	-	
Omnidir	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	

Tabella 7-23: Estremi direzionali annuali della corrente a Alto Tirreno – Vicino al fondo

<i>Estremi mensile delle Correnti- Vicino al Fondo- Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - Vicino al Fondo</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>Mese</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
<b>Gennaio</b>	0.26	0.32	0.37	0.42	0.46	
<b>Febbraio</b>	0.24	0.29	0.33	0.38	0.42	
<b>Marzo</b>	0.37	0.43	0.49	0.54	0.59	
<b>Aprile</b>	0.31	0.38	0.45	0.52	0.58	
<b>Maggio</b>	0.20	0.25	0.30	0.34	0.38	
<b>Giugno</b>	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	
<b>Luglio</b>	0.14	0.17	0.20	0.22	0.25	
<b>Agosto</b>	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	
<b>Settembre</b>	0.15	0.19	0.22	0.26	0.29	
<b>Ottobre</b>	0.32	0.42	0.51	0.60	0.70	
<b>Novembre</b>	0.35	0.43	0.52	0.60	0.67	
<b>Dicembre</b>	0.35	0.44	0.51	0.59	0.66	
<b>Annuale</b>	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	

Tabella 7-24: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Alto Tirreno – Vicino al fondo

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 8. LIVELLO DEL MARE

I livelli del mare sono stati sottoposti ad analisi armonica per separare la componente mareale da quella non di mareale (residua). L'analisi armonica è stata effettuata utilizzando il metodo U-tide come descritto in (Rif./6). Tale metodo è stato sviluppato da IOS (Rif./7/ - Institute of Oceanographic Sciences) e integra gli approcci di Foreman (Rif./8/).

I valori assoluti sono riportati rispetto al livello medio del mare (MSL).

Le elevazioni delle maree derivate dall'analisi sono fornite in termini di HAT, LAT e MSL nella tabella seguente.

LAT (m)	MSL (m)	HAT (m)
-0.22	0	0.22

Tabella 8-1: Elevazioni di marea

Gli estremi della componente residua (surge) sono forniti nella seguente tabella.

Estremi della corrente residua - Alto Tirreno - 44.28°N 8.51°E						
$T_p$		1 Anno	10 Anni	100 Anni	1000 Anni	10000 Anni
Surge	<b>Positiva</b>	0.28	0.34	0.40	0.45	0.50
	<b>Negativa</b>	-0.15	-0.19	-0.23	-0.26	-0.29

Tabella 8-2: Estremi della corrente residua (positiva e negativa) a Alto Tirreno.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 39 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 9. IDROLOGIA

Le seguenti tabelle riportano i valori mensili medi, massimi e minimi delle medie giornaliere, rispettivamente della temperatura (°C), salinità (psu) e densità (kg/m<sup>3</sup>).

Questa informazione è anche riportata nel file Excel "Temp&Sal&Dens.xlsx" incluso in APPENDICE A.

Media della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35
Febbraio	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
Marzo	13.51	13.46	13.45	13.45	13.45	13.45
Aprile	14.41	14.24	14.09	13.99	13.85	13.72
Maggio	17.50	17.03	16.31	15.61	14.72	14.06
Giugno	21.46	20.71	19.35	17.36	15.23	14.19
Luglio	24.47	23.83	21.69	18.29	15.44	14.22
Agosto	25.27	24.99	23.14	19.09	15.69	14.29
Settembre	23.20	23.15	22.99	20.65	16.36	14.44
Ottobre	20.72	20.72	20.72	20.65	18.57	14.93
Novembre	18.15	18.16	18.16	18.17	18.10	16.22
Dicembre	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.83

Tabella 9-1: Media mensile della temperatura media giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

Massima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.20
Febbraio	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86
Marzo	14.84	14.48	14.42	14.45	14.44	14.44
Aprile	18.16	17.71	15.79	15.62	15.25	14.98
Maggio	22.65	21.00	19.57	17.70	16.31	15.09
Giugno	26.80	25.44	23.18	20.58	17.33	15.19
Luglio	28.75	27.27	26.43	22.79	18.86	15.03
Agosto	28.58	28.23	26.13	24.24	18.05	15.11
Settembre	26.17	26.17	25.74	24.31	20.78	15.65
Ottobre	23.55	23.52	23.52	23.51	22.59	20.10
Novembre	20.67	20.66	20.66	20.66	20.42	19.77
Dicembre	18.30	18.31	18.33	18.37	18.41	18.33

Tabella 9-2: Media mensile della temperatura massima giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 40 di 45	<b>Rev.</b> 02

<i>Minima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Alto Tirreno</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08
Febbraio	12.50	12.56	12.72	12.76	12.76	12.76
Marzo	12.40	12.48	12.65	12.66	12.66	12.66
Aprile	12.61	12.61	12.60	12.61	12.62	12.63
Maggio	14.19	14.16	14.10	13.95	13.45	13.00
Giugno	17.55	17.38	16.31	14.97	13.81	13.28
Luglio	21.09	20.80	17.98	15.75	14.10	13.44
Agosto	22.82	22.65	19.86	16.45	14.09	13.42
Settembre	20.66	20.66	20.66	16.75	14.37	13.45
Ottobre	17.70	17.76	17.84	17.86	14.55	13.71
Novembre	15.17	15.17	15.17	15.17	15.17	12.99
Dicembre	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78

Tabella 9-3: Media mensile della temperatura minima giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

<i>Media della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Alto Tirreno</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.02	38.02	38.02	38.02	38.02	38.03
Febbraio	38.05	38.05	38.05	38.05	38.05	38.06
Marzo	38.03	38.03	38.04	38.04	38.05	38.06
Aprile	37.95	37.95	37.97	37.98	38.00	38.03
Maggio	37.82	37.83	37.85	37.90	37.96	38.02
Giugno	37.85	37.85	37.85	37.89	37.96	38.04
Luglio	38.00	37.98	37.93	37.92	37.97	38.06
Agosto	38.13	38.12	38.03	37.95	37.97	38.06
Settembre	38.10	38.11	38.10	37.99	37.95	38.05
Ottobre	38.04	38.05	38.05	38.05	37.98	38.00
Novembre	38.01	38.02	38.02	38.02	38.02	38.00
Dicembre	38.01	38.01	38.01	38.01	38.02	38.02

Tabella 9-4: Media mensile della salinità media giornaliera (psu) nella colonna d'acqua.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 41 di 45	<b>Rev.</b> 02

Massima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.36	38.36
Febbraio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35
Marzo	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34
Aprile	38.30	38.31	38.32	38.32	38.32	38.32
Maggio	38.17	38.17	38.18	38.21	38.24	38.26
Giugno	38.30	38.27	38.22	38.20	38.23	38.29
Luglio	38.43	38.43	38.33	38.17	38.23	38.29
Agosto	38.46	38.46	38.43	38.35	38.23	38.29
Settembre	38.45	38.45	38.45	38.38	38.22	38.27
Ottobre	38.36	38.36	38.36	38.35	38.31	38.23
Novembre	38.29	38.29	38.29	38.29	38.28	38.25
Dicembre	38.27	38.27	38.27	38.27	38.27	38.25

Tabella 9-5: Media mensile della salinità massima giornaliera (psu) nella colonna d'acqua.

Minima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	37.74	37.77	37.77	37.77	37.77	37.79
Febbraio	37.70	37.81	37.82	37.82	37.82	37.84
Marzo	37.39	37.46	37.71	37.80	37.80	37.82
Aprile	37.16	37.31	37.52	37.63	37.78	37.81
Maggio	37.27	37.41	37.49	37.64	37.74	37.80
Giugno	37.31	37.36	37.41	37.57	37.74	37.81
Luglio	37.26	37.37	37.39	37.54	37.74	37.86
Agosto	37.28	37.71	37.67	37.68	37.75	37.86
Settembre	36.90	37.47	37.63	37.66	37.73	37.89
Ottobre	37.22	37.51	37.60	37.60	37.64	37.77
Novembre	37.05	37.32	37.55	37.67	37.67	37.74
Dicembre	37.46	37.57	37.68	37.71	37.71	37.73

Tabella 9-6: Media mensile della salinità minima giornaliera (psu) nella colonna d'acqua

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 42 di 45	<b>Rev.</b> 02

Media della Densità media giornaliera psu (kg/m <sup>3</sup> ) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1028.45	1028.47	1028.52	1028.58	1028.68	1028.82
Febbraio	1028.64	1028.66	1028.71	1028.77	1028.86	1029.01
Marzo	1028.64	1028.67	1028.73	1028.79	1028.89	1029.04
Aprile	1028.38	1028.44	1028.53	1028.62	1028.77	1028.96
Maggio	1027.56	1027.70	1027.94	1028.20	1028.54	1028.88
Giugno	1026.55	1026.77	1027.18	1027.78	1028.43	1028.87
Luglio	1025.77	1025.97	1026.61	1027.57	1028.39	1028.88
Agosto	1025.63	1025.73	1026.26	1027.38	1028.33	1028.86
Settembre	1026.24	1026.27	1026.36	1027.00	1028.16	1028.82
Ottobre	1026.89	1026.92	1026.97	1027.04	1027.63	1028.68
Novembre	1027.55	1027.57	1027.62	1027.68	1027.79	1028.38
Dicembre	1028.09	1028.11	1028.16	1028.22	1028.32	1028.48

Tabella 9-7: Media mensile della densità media giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

Massima della Densità media giornaliera (kg/m <sup>3</sup> ) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1028.98	1029.00	1029.05	1029.10	1029.21	1029.36
Febbraio	1029.10	1029.10	1029.12	1029.17	1029.27	1029.41
Marzo	1029.11	1029.11	1029.13	1029.18	1029.28	1029.43
Aprile	1029.04	1029.06	1029.12	1029.18	1029.27	1029.42
Maggio	1028.60	1028.63	1028.70	1028.81	1029.04	1029.30
Giugno	1027.92	1027.96	1028.23	1028.58	1028.95	1029.26
Luglio	1027.09	1027.19	1027.90	1028.38	1028.89	1029.23
Agosto	1026.62	1026.69	1027.49	1028.35	1028.89	1029.23
Settembre	1027.22	1027.24	1027.29	1028.30	1028.82	1029.21
Ottobre	1027.93	1027.93	1027.96	1028.00	1028.85	1029.12
Novembre	1028.48	1028.50	1028.54	1028.60	1028.69	1029.29
Dicembre	1028.77	1028.79	1028.84	1028.89	1028.99	1029.12

Tabella 9-8: Media mensile della densità massima giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 43 di 45	<b>Rev.</b> 02

Minima della Densità media giornaliera psu (kg/m <sup>3</sup> ) - FSRU-Alto Tirreno						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	1027.81	1027.85	1027.90	1027.96	1028.06	1028.22
Febbraio	1028.09	1028.19	1028.25	1028.31	1028.41	1028.57
Marzo	1027.85	1028.01	1028.26	1028.38	1028.48	1028.65
Aprile	1026.89	1027.14	1027.81	1027.99	1028.29	1028.52
Maggio	1025.76	1026.35	1026.85	1027.50	1028.01	1028.48
Giugno	1024.53	1025.01	1025.78	1026.69	1027.76	1028.47
Luglio	1023.85	1024.44	1024.77	1026.05	1027.38	1028.54
Agosto	1023.92	1024.38	1025.08	1025.73	1027.59	1028.53
Settembre	1024.42	1024.87	1025.17	1025.69	1026.86	1028.43
Ottobre	1025.46	1025.71	1025.82	1025.88	1026.28	1027.22
Novembre	1026.15	1026.38	1026.60	1026.75	1026.91	1027.28
Dicembre	1027.09	1027.19	1027.31	1027.38	1027.47	1027.65

Tabella 9-9: Media mensile della densità minima giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

La persistenza (in ore) della temperatura del mare è riportata nel file Excel "Persistenza\_Temperatura.xlsx" incorporato in i APPENDICE A.

Legenda della tabella di persistenza:

- "LT" indica la persistenza al di sotto di una certa soglia T (°C).
- "ore/anno" indica le ore annue al di sopra o al di sotto di una soglia di T(°C).
- "% Ecc. (non)" indica la percentuale di eventi eccedenti (non eccedenti) la soglia T(°C).
- "Dur.Media. (ore)" indica per quanto tempo (in ore), in media, un singolo evento supera o rimane al di sotto della soglia T(°C).
- "Dev.St" indica la deviazione standard (in ore) di "Dur.Media (ore)".
- "Dur.Mass (ore)" indica la durata massima (in ore) di un singolo evento.
- "Persistenza (ore) per diversi percentili" indica le distribuzioni di probabilità della durata (ore) degli intervalli durante i quali T(°C) rimane costantemente al di sotto delle soglie selezionate.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 44 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 10. BIOFOULING MARINO

I dati relativi al biofouling marino sono stati estratti da vari progetti Oil&Gas e da studi accademici. Per Alto Tirreno si possono assumere valori di biofouling pari a 10 cm nei primi 20 m di profondità dell'acqua e a 7 cm da 20 m a 70 m di profondità dell'acqua. La densità varia da 1300 Kg/m<sup>3</sup> a 1650 kg/m<sup>3</sup> (Rif./4/ e Rif./5/)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 45 di 45	<b>Rev.</b> 02

## 11. APPENDICE A

### 11.1. Dati climatici



Regime\_Onda&Vento.xlsx



Regime\_Correnti.xlsx

### 11.2. Eccessenze



Eccessenza\_Onda&Vento.xlsx



Eccessenza\_Correnti.xlsx

### 11.3. Dati Estremi



Estremi\_Onda&Vento.xlsx



Estremi\_Correnti.xlsx

### 11.4. Dati Idrologici



Temp&Sal&Dens.xlsx



Persistenza\_Temperatura.xlsx