



# Venice LNG S.p.A. Porto Marghera, Italia

## Deposito Costiero GNL a Marghera

### Studio Meteomarino Preliminare

**Doc. No. P0000556-2-H4 Rev. 1 – Novembre 2017**

Rev.	1
Descrizione	Seconda Emissione
Preparato da	E. Duchini
Controllato da	E. Terrile/A. Sola/P. Paci
Approvato da	A. Lo Nigro
Data	Novembre 2017





Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Meteomarinario Preliminare

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Seconda Emissione	E. Duchini	E. Terrile / A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	30/11/2017
0	Prima Emissione	E. Duchini	E. Terrile / A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	31/07/2017

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



**INDICE**

	<b>Pag.</b>
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>II</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2 DATI DI BASE</b>	<b>3</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>4</b>
3.1 STIMA DEI VALORI ESTREMI	4
3.2 VENTO	4
3.3 MODELLO IDRODINAMICO	6
<b>4 CONDIZIONI AMBIENTALI</b>	<b>7</b>
4.1 DATI DI TEMPERATURA	7
4.2 DATI DI UMIDITÀ	9
4.3 DATI DI RADIAZIONE SOLARE	12
4.4 DATI DI PIOGGIA	13
<b>5 VENTO</b>	<b>17</b>
5.1 CONDIZIONI TIPICHE	17
5.2 CONDIZIONI ESTREME	18
<b>6 MOTO ONDOSI</b>	<b>21</b>
<b>7 CORRENTE E LIVELLO DEL MARE ALL'INTERNO DEL CANALE</b>	<b>22</b>
<b>8 CONCLUSIONI</b>	<b>25</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4.1: Temperatura dell'Aria – Media delle Minime	8
Tabella 4.2: Temperatura dell'Aria – Media delle Medie	8
Tabella 4.3: Temperatura dell'Aria – Media delle Massime	9
Tabella 4.4: Umidità Relativa – Media delle Minime	10
Tabella 4.5: Umidità Relativa – Media delle Medie	11
Tabella 4.6: Umidità Relativa – Media delle Massime	11
Tabella 4.7: Radiazione Solare Globale Mensile (MJ/m <sup>2</sup> )	13
Tabella 4.8: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 5, 10, 15, 30 e 45 Minuti	14
Tabella 4.9: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 1, 3, 6, 12 e 24 Ore	15
Tabella 4.10: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 1, 2, 3, 4 e 5 Giorni	16
Tabella 5.1: Distribuzione Annuale della Frequenza Percentuale dell'Intensità del Vento per Direzione di Provenienza – Quota di 10 m s.l.m.	17
Tabella 5.2: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio Orario alla Quota di 10 m s.l.m	19
Tabella 5.3: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio su 10 Minuti alla Quota di 10 m s.l.m	20
Tabella 5.4: Valori Estremi della Velocità della Raffica di Vento alla Quota di 10 m s.l.m	20
Tabella 7.1: Costanti Armoniche della Stazione di Fusina (Ref. [5])	22

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1: Inquadramento Generale dell'Area con Evidenziato il Sito di Intervento	1
Figura 1.2: Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento	2
Figura 2.1: Ubicazione dei Dati di Base Reperiti	3
Figura 4.1: Andamento della Temperatura Mensile ed Annuale (°C)	7
Figura 4.2: Andamento dell'Umidità Mensile ed Annuale (%)	10
Figura 4.3: Andamento della Radiazione Solare Globale Mensile ed Annuale (MJ/m <sup>2</sup> )	12
Figura 5.1: Rosa Annuale del Vento alla Quota di 10 m s.l.m.	18
Figura 5.2: Distribuzione Estremale di Weibull applicata al Vento Omnidirezionale	19
Figura 7.1: Andamento del Livello del Mare nell'Area di Studio - Serie Temporale di 1 Mese	23
Figura 7.2: Campo Idrodinamico Indotto dalla Marea – Fase Crescente	23
Figura 7.3: Campo Idrodinamico Indotto dalla Marea – Fase Decrescente	24

## 1 INTRODUZIONE

Venice LNG intende installare, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera (Figura 1.1), un deposito costiero avente taglia di 32,000 m<sup>3</sup>, costituito da No. 1 serbatoio a pressione atmosferica.

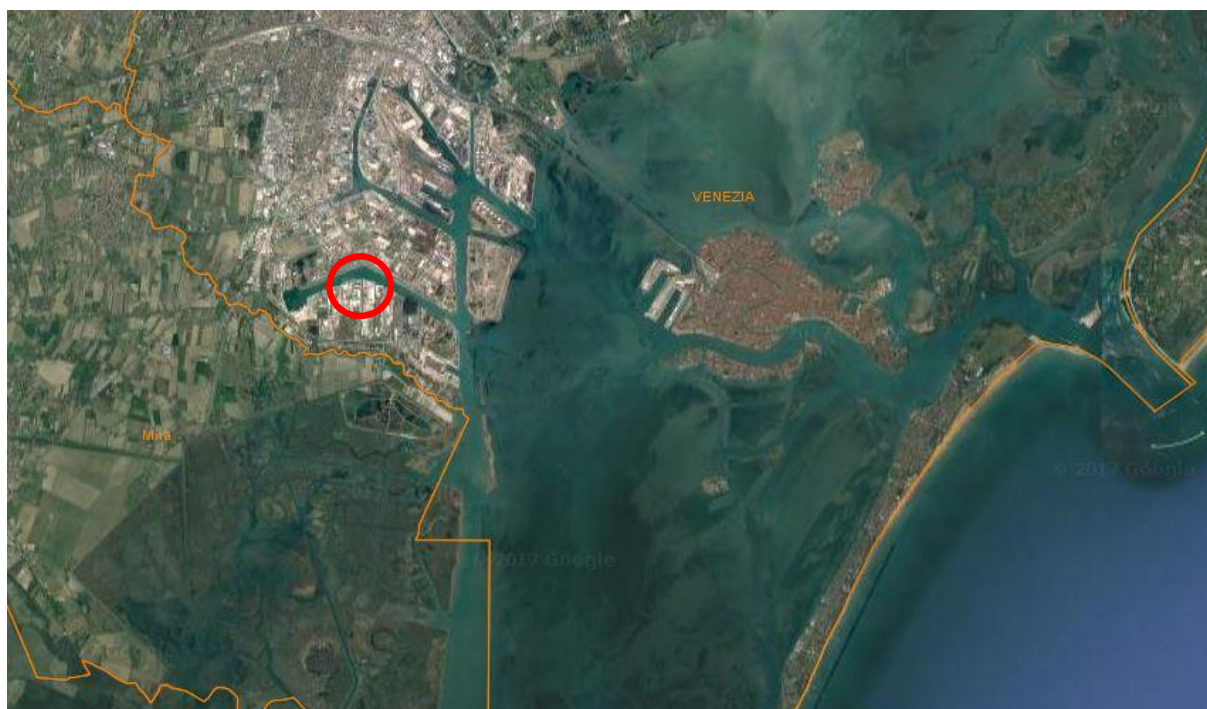
Il deposito sarà alimentato mediante navi gasiere di piccola e media taglia e, se necessario, autocisterne, mentre la distribuzione sarà garantita attraverso camion e metaniere di piccola taglia ("bettoline").

Il progetto prevede un transito di 450,000 m<sup>3</sup>/anno di GNL nella fase iniziale delle operazioni e fino a 900,000 m<sup>3</sup>/anno a regime con l'aumento della domanda di mercato.

L'area del deposito sarà localizzata a Est dell'attuale deposito oli di proprietà DECAL, in una zona attualmente non interessata dalla presenza di attività produttive.

Il sito individuato è contiguo ad aree a vocazione industriale (sia a Est sia a Ovest) e attualmente interessate da attività produttive.

L'area di studio è collocata nella zona centro-occidentale della laguna di Venezia, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera; essa si trova in località Fusina all'interno del Comune di Venezia, e confina a Nord con il Canale Industriale Sud e a Sud con l'adiacente Comune di Mira.



**Figura 1.1: Inquadramento Generale dell'Area con Evidenziato il Sito di Intervento**

L'area risulta inoltre inserita all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Venezia-Porto Marghera (SIN) come stabilito dalla legge n°426/1998 "Nuovi interventi in campo ambientale".



**Figura 1.2: Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento**

Il presente documento descrive l'inquadramento meteomarinario del sito, alla luce dei dati ad oggi disponibili.

L'attenzione è stata focalizzata, in questa fase, alla definizione delle condizioni ambientali, dei venti, del livello del mare e delle correnti indotte dalla marea.

Sono stati pertanto reperiti, validati ed elaborati i dati necessari, che opportunamente interpretati, hanno costituito la base di dati per la definizione delle condizioni meteomarine tipiche ed estreme del canale di Marghera. I dati di base sono stati reperiti dalla letteratura scientifica, da database di dominio pubblico e dalla rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale.

Il documento è strutturato nel seguente modo:

- ✓ nei Capitoli 2 e 3 vengono descritti i dati di base e la metodologia utilizzata nel presente studio;
- ✓ il Capitolo 4 presenta le condizioni ambientali del sito in termini di temperatura e umidità dell'aria, radiazione solare e piovosità;
- ✓ il Capitolo 5 descrive le caratteristiche del vento tipiche ed estreme nell'area di interesse;
- ✓ i Capitoli 6 e 7 illustrano infine le caratteristiche del moto ondoso e idrodinamiche all'interno del canale.



## 2 DATI DI BASE

Nell'ambito del presente studio si è fatto uso dei seguenti dati di base:

- ✓ serie temporale di intensità e direzione del vento proveniente dalla rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera (che ha concesso l'uso dei dati) relativi alla stazione N. 22 posizionata alle coordinate 12° 14' 11.8"E, 45° 26' 58.6"N. La serie temporale è disponibile dal 1/1/2007 al 31/12/2016, con passo orario. Gli strumenti di misura sono posizionati a 40 m s.l.m;
- ✓ dati pluviometrici reperiti da ARPAV (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Veneto) relativi alla stazione di Mira (codice stazione 167, posizionata alle coordinate 12° 7'3.68"E 45°26'7.08"N) e al periodo storico 1992-2016;
- ✓ dati ambientali di umidità e temperatura dell'aria e di radiazione solare reperiti da ARPAV (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Veneto) relativi alla stazione di Mira (codice stazione 167, posizionata alle coordinate 12° 7'3.68"E 45°26'7.08"N) e al periodo storico 1994-2016 ;
- ✓ dati mareografici desunti riferiti alla stazione di Fusina, di proprietà del Comune di Venezia (CDV).

In Figura 2.1 vengono mostrate le ubicazioni dei punti in cui sono disponibili i dati rispetto all'area di studio. Nel seguito vengono presentati i principali criteri metodologici utilizzati.

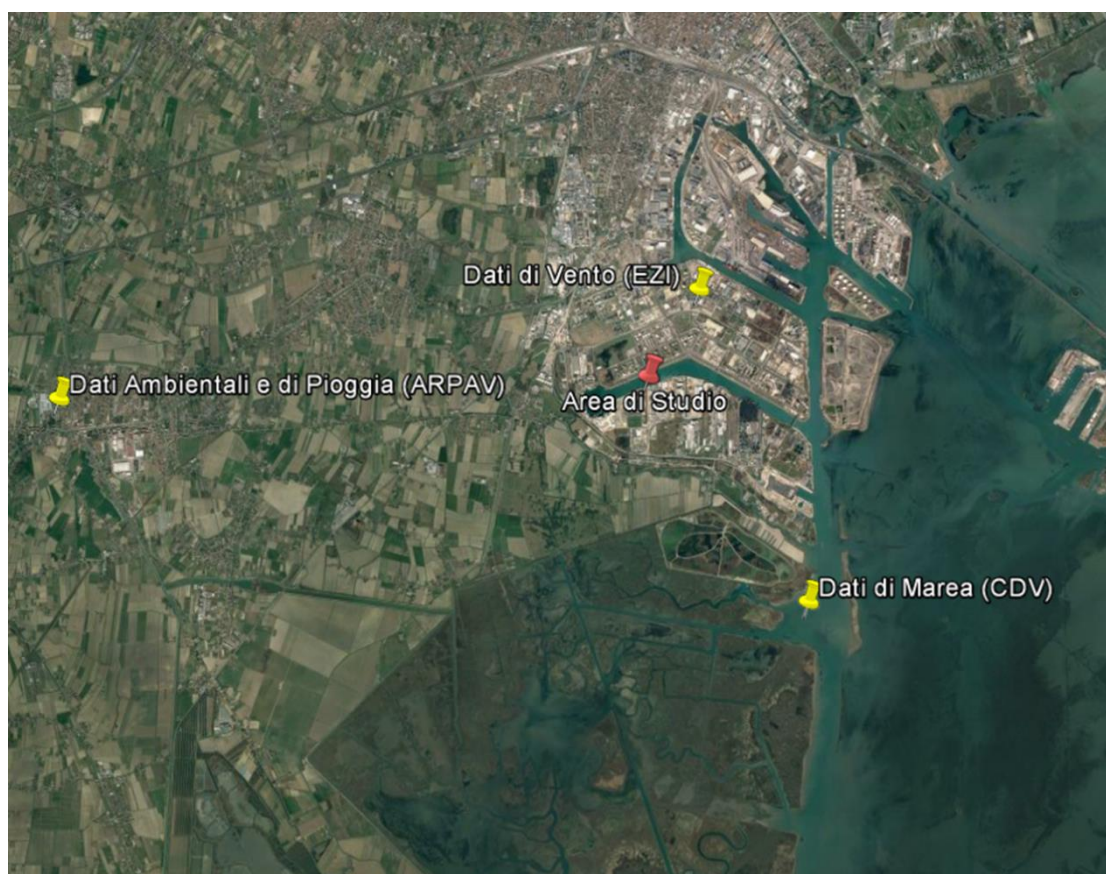


Figura 2.1: Ubicazione dei Dati di Base Reperiti

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 STIMA DEI VALORI ESTREMI

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

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

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

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

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

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

$$T(x) = \frac{1}{[1 - F(x)]\lambda} \quad (3.1)$$

dove  $\lambda$  è il numero medio di eventi annui.

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

$$P^-(x) = \left[1 - \frac{1}{T(x)}\right] \quad (3.2)$$

(Si indica con  $P^-$  la probabilità di non-superamento, con  $P^+$  quella di superamento. E' evidente che  $P^- + P^+ = 1$ ). Con l'esclusione dei più bassi valori di  $T$ , la (3.2) è sostituibile con ottima precisione [1] con:

$$P^-(x) = e^{-\frac{t}{T(x)}} \quad (3.3)$$

E' evidente che per applicare la (3.3) è necessario conoscere  $T(x)$ , e quindi  $F(x)$ .

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

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

Nel caso attuale si procede alla stima dei valori estremi del vento per i periodi di ritorno di 1, 10 e 100 anni.

#### 3.2 VENTO

Il profilo medio di velocità del vento  $U_w(z)$  durante le perturbazioni è ben riprodotto da un profilo di tipo "power law" [2]. Il profilo raccomandato è il seguente:

$$U_{w,1h(z)} = U_{w0} \left(\frac{z}{z_r}\right)^{1/7} \quad (4.4)$$

dove

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Meteomarinario Preliminare

$U_{w,1h(z)}$  vento medio orario riferito ad una generica quota  $z$  sul livello medio mare

$U_{w0}$  vento medio orario riferito alla quota di riferimento  $z_r$

$z$  generica quota rispetto al livello medio del mare

$z_r$  quota di riferimento rispetto al livello medio del mare

L'equazione suddetta è valida in unità SI.

L'equazione (4.4) è stata utilizzata per portare la serie temporale di vento disponibile (misurata a 40 m) alla quota di riferimento di 10 m s.l.m..

Per la stima di velocità del vento mediate su durate medie diverse (i.e., 1 ora, 10 minuti, 1 minuto, 3 secondi), in questo studio si è fatto riferimento alla ISO 19901 [3]: noto il vento medio orario  $U_{w,1h(z)}$  come espresso in eq. (4.4), il vento medio riferito a durate inferiori è dato da:

$$U_{w,T(z)} = U_{w,1h(z)} \cdot [1 - 0.41 \cdot I_u(z) \cdot \ln(T/T_0)] \quad (4.5)$$

dove:

$U_{w,T(z)}$  velocità del vento riferito a quota  $z$  rispetto il livello medio del mare e mediato su una durata generica  $T < 3,600$  s

$U_{w,1h(z)}$  vento medio orario riferito ad una generica quota  $z$  sul livello medio mare

$T$  generica durata di riferimento con  $T < T_0 = 3600$  s

$T_0$  durata media di riferimento standard 1 ora  $T_0 = 3600$  s

$I_u(z)$  intensità della turbolenza del vento a quota  $z$  rispetto al livello medio del mare, che dipende da  $U_{w0}$  secondo la relazione:

$$I_u(z) = 0.06 [1 + 0.043 \cdot U_{w0}] \left(\frac{z}{z_r}\right)^{-0.22} \quad (4.6)$$

Le equazioni suddette sono valide in unità SI.

I valori estremi, direzionali sono stati calcolati applicando la funzione probabilistica di Weibull:

$$P(w < W) = 1 - \exp[-(w/\alpha)^\beta] \quad (3.7)$$

dove  $P(w < W)$  è la probabilità di non superamento ossia la probabilità che un evento di intensità  $w$  sia minore del valore assegnato  $W$ ,  $w$  è la variabile (velocità del vento),  $\alpha$  e  $\beta$  sono i parametri della distribuzione calcolati mediante la tecnica di best-fit ai minimi quadrati.

### **3.3 MODELLO IDRODINAMICO**

Il modello idrodinamico Delft3D-FLOW è stato usato per simulare il campo idrodinamico indotto dalla marea all'interno del Canale Industriale Sud.

Delft3D-FLOW è un modello idrodinamico (e di trasporto) multi dimensionale in grado di calcolare flussi non stazionari e fenomeni di trasporto indotti dalla marea e da forzanti meteorologiche su grigliati rettilinei o curvilinei. Nelle simulazioni 3D, la griglia verticale usa le coordinate  $\sigma$  (sigma).

I seguenti processi sono rappresentati all'interno del modello:

- ✓ Forzanti di marea;
- ✓ Effetti di rotazione della terra (forza di Coriolis);
- ✓ Correnti di densità (termini di gradienti di pressione inclusi nelle equazioni del momento);
- ✓ Risoluzione dei termini di avvezione-diffusione per il calcolo dei gradienti di densità anche in presenza di bruschi gradienti verticali;
- ✓ Variazioni spazio-temporali di vento e pressione atmosferica;
- ✓ Modelli avanzati di turbolenza per tenere conto di viscosità e diffusività verticale turbolenta basati sul concetto di "eddy viscosity";
- ✓ Simulazione di sorgenti/pozzi variabili nel tempo (e.g. scarichi fluviali);
- ✓ Simulazione di scarichi termici, scarichi di effluenti e immissioni di acque di raffreddamento in ogni punto del dominio di calcolo e ad ogni profondità;
- ✓ Simulazione dei fenomeni di sommersione ed esposizione ciclica di superfici tidali.

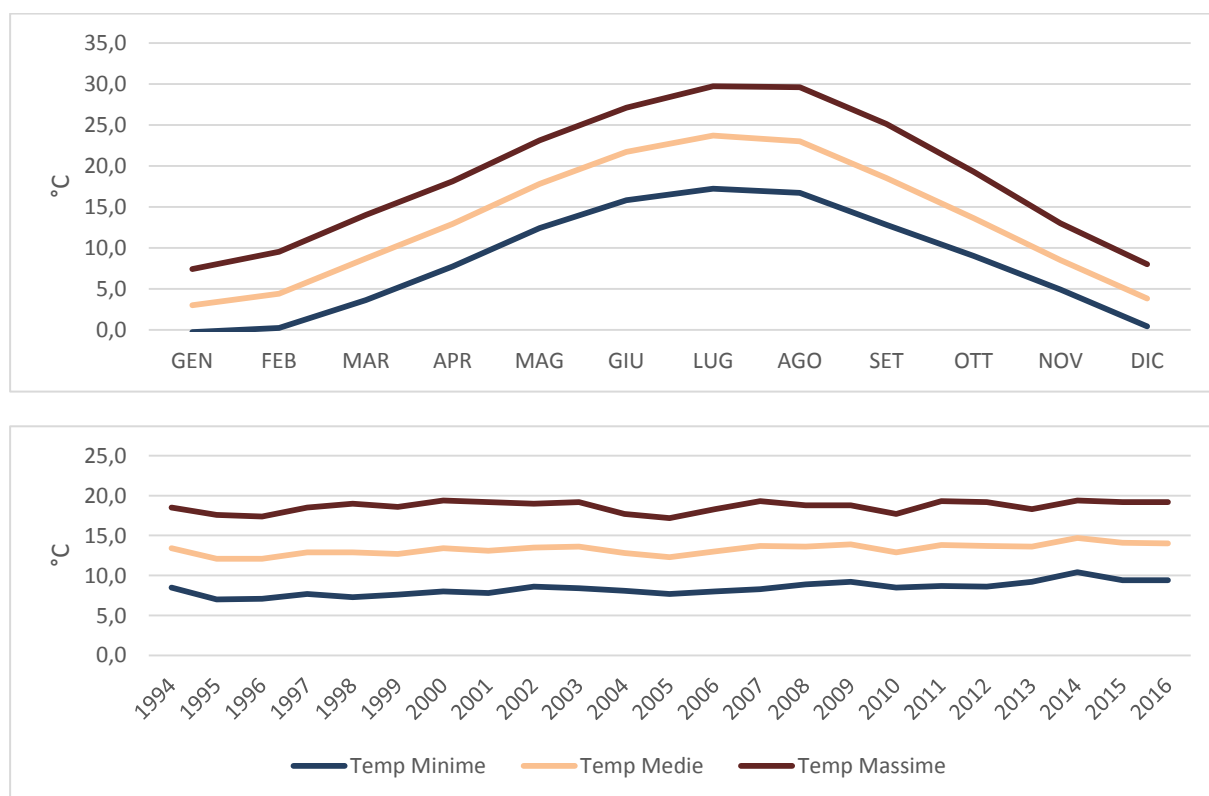
## 4 CONDIZIONI AMBIENTALI

Nel presente capitolo vengono brevemente descritti i dati di temperatura dell'aria, di umidità relativa, di radiazione solare globale e di piovosità, forniti da ARPAV, relativi alla stazione di Mira. Tutti i dati sono riferiti al periodo 1/1/1994-31/12/2016, ad eccezione dei dati di piovosità che fanno riferimento al periodo 1992-2016.

I dati sono stati validati da ARPAV.

### 4.1 DATI DI TEMPERATURA

I dati di temperatura dell'aria a 2m (°C), forniti da ARPAV relativamente alla stazione di Mira (1994-2016), sono presentati nel seguito in termini di valori medi mensili pluriennali di temperatura dell'aria: in particolare vengono presentate le tabelle della media delle minime (Tabella 4.1), media delle medie (Tabella 4.2) e media delle massime (Tabella 4.3). Il valore mensile presentato nelle Tabelle 4.1-4.2-4.3 corrisponde rispettivamente al valore medio delle minime /delle medie / delle massime giornaliere del mese. Il valore medio mensile è il valore medio dei valori mensili, mentre il valore medio annuale corrisponde al valore medio dei valori mensili dell'anno. L'andamento delle medie mensili e delle medie annuali vengono presentati sinteticamente nella Figura 4.1.



**Figura 4.1: Andamento della Temperatura Mensile ed Annuale (°C)**

**Tabella 4.1: Temperatura dell’Aria – Media delle Minime**

Temperatura aria a 2m (°C) - media delle minime													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio Annuale
1994	0.4	0.1	4.7	6.3	11.2	14.9	18.0	17.5	13.7	6.6	6.9	1.3	8.5
1995	-2.8	0.8	1.9	5.6	10.7	13.9	17.9	15.1	10.8	6.8	2.1	1.8	7.0
1996	1.8	-1.6	1.2	7.1	11.2	15.0	14.9	14.8	9.6	7.2	4.2	0.3	7.1
1997	1.1	0.6	2.6	4.2	11.1	15.1	15.2	16.3	12.0	7.6	5.0	1.9	7.7
1998	0.7	-0.7	1.2	7.0	11.5	15.7	17.3	16.1	11.7	8.2	1.5	-2.2	7.3
1999	-1.7	-2.5	3.2	7.6	13.6	15.0	16.7	16.7	13.5	9.0	2.5	-2.1	7.6
2000	-4.2	-1.4	3.3	9.0	13.2	14.5	14.6	16.2	12.2	10.1	5.9	2.1	8.0
2001	2.1	-0.1	5.9	6.1	14.1	14.1	16.4	16.8	9.9	11.0	1.8	-4.5	7.8
2002	-4.3	1.9	3.9	7.3	12.5	16.4	16.8	16.6	12.6	9.3	7.3	3.0	8.6
2003	-0.7	-2.6	2.3	6.5	12.9	19.1	18.3	19.6	11.1	7.1	6.0	0.8	8.4
2004	-1.1	-0.2	3.5	8.3	10.5	15.4	16.2	16.6	11.6	11.5	3.9	1.3	8.1
2005	-2.5	-2.7	2.2	6.8	12.2	15.6	17.3	15.5	14.1	9.8	4.4	-0.7	7.7
2006	-1.8	-0.1	2.7	7.9	11.6	15.3	17.6	14.2	13.6	9.6	4.1	1.7	8.0
2007	2.2	2.4	4.9	9.2	13.2	16.0	15.3	15.5	10.9	8.1	2.6	-0.3	8.3
2008	2.0	0.7	4.1	7.8	13.0	17.1	17.2	16.9	12.1	9.0	5.2	1.7	8.9
2009	-0.4	0.5	3.8	9.6	14.5	16.0	17.4	18.4	14.0	8.8	7.2	0.3	9.2
2010	-0.5	1.2	3.8	8.1	12.8	16.3	18.4	16.5	12.3	7.8	6.5	-0.6	8.5
2011	0.4	0.7	4.4	9.0	12.7	16.5	16.6	17.1	15.9	7.5	3.5	0.3	8.7
2012	-2.5	-2.7	4.4	8.2	12.1	16.7	18.3	17.8	14.8	10.4	6.3	-0.6	8.6
2013	0.8	-0.4	4.1	9.1	11.7	15.7	19.0	17.4	13.8	11.6	6.2	1.1	9.2
2014	4.4	5.0	5.9	9.7	11.9	16.1	17.2	16.6	14.3	11.8	8.3	3.3	10.4
2015	-0.1	1.8	4.3	7.4	13.8	16.8	20.6	18.5	14.6	10.0	4.6	0.8	9.4
2016	-0.6	4.0	5.1	9.4	12.2	16.6	18.8	16.9	15.4	9.3	6.0	-0.4	9.4
Medio mensile	-0.3	0.2	3.6	7.7	12.4	15.8	17.2	16.7	12.8	9.0	4.9	0.4	8.4

**Tabella 4.2: Temperatura dell’Aria – Media delle Medie**

Temperatura aria a 2m (°C) - media delle medie													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio annuale
1994	4.4	3.9	10.3	11.3	16.7	20.7	24.9	24.3	18.5	11.9	9.5	4.1	13.4
1995	1.4	4.8	7.1	11.0	16.1	18.8	24.2	21.0	16.4	12.9	6.5	4.4	12.1
1996	4.2	2.6	6.0	12.3	17.1	21.4	21.4	21.3	15.2	12.1	8.3	3.3	12.1
1997	4.2	4.7	9.5	10.6	17.5	20.2	21.9	22.2	18.7	12.6	8.3	4.7	12.9
1998	3.9	5.4	7.6	11.9	17.6	22.0	24.0	24.0	17.9	12.9	5.9	1.5	12.9
1999	2.2	2.6	8.4	12.9	18.5	20.9	23.1	22.7	19.9	13.5	6.2	2.0	12.7
2000	0.2	3.8	8.4	14.2	19.1	22.3	21.8	23.4	18.5	14.2	9.4	5.4	13.4
2001	4.8	5.3	9.9	11.7	19.6	20.4	23.1	24.1	16.1	15.8	6.3	0.2	13.1
2002	0.4	5.3	9.9	12.5	17.7	22.5	23.0	22.3	17.8	13.8	10.7	5.7	13.5
2003	2.7	2.1	8.3	11.5	19.4	25.3	24.8	26.4	17.5	11.5	9.4	4.4	13.6
2004	1.9	3.0	7.5	12.8	15.6	20.9	22.6	22.7	18.1	15.1	8.1	4.7	12.8
2005	1.1	1.9	7.2	11.8	17.8	21.9	23.3	20.6	19.1	13.3	7.4	2.6	12.3
2006	1.5	3.6	6.9	12.9	17.0	21.7	24.9	19.9	19.2	14.7	8.5	5.2	13.0
2007	5.2	6.6	10.0	15.8	19.0	21.9	23.3	22.0	17.3	13.0	7.3	3.3	13.7
2008	5.1	4.9	8.3	12.6	18.3	22.2	23.5	23.4	17.6	14.2	8.6	4.4	13.6
2009	2.8	4.8	8.8	14.3	20.0	21.4	23.6	24.4	19.9	13.6	9.7	3.6	13.9
2010	2.1	4.7	7.8	13.5	17.3	21.4	24.4	22.2	17.6	12.3	9.3	2.6	12.9
2011	2.8	4.7	9.0	15.0	19.2	21.8	22.5	24.0	21.6	12.8	7.5	4.3	13.8
2012	1.6	1.9	11.0	12.5	17.8	22.7	25.0	25.0	19.7	14.3	9.9	2.5	13.7
2013	3.7	3.7	7.4	13.4	16.3	21.5	25.0	23.5	19.2	14.9	9.7	4.6	13.6
2014	6.8	8.2	11.0	14.8	17.4	21.9	22.4	21.7	18.7	15.8	11.4	6.1	14.7
2015	4.0	5.7	9.3	13.1	18.4	22.7	26.5	24.2	19.5	13.8	8.2	3.9	14.1
2016	3.0	7.5	9.6	14.0	17.1	21.8	25.2	23.1	21.0	13.5	9.2	3.3	14.0
Medio mensile	3.0	4.4	8.7	12.9	17.8	21.7	23.7	23.0	18.5	13.6	8.5	3.8	13.3

**Tabella 4.3: Temperatura dell’Aria – Media delle Massime**

Temperatura aria a 2m (°C) - media delle massime													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio annuale
1994	8.8	7.9	16.5	16.3	21.7	26.3	31.5	30.8	24.8	18.1	12.5	7.2	18.5
1995	6.8	9.5	12.2	16.6	21.2	23.9	30.4	27.7	22.9	21.3	11.7	7.5	17.6
1996	6.9	7.5	10.8	17.6	22.8	27.5	27.4	28.5	21.9	17.9	13.0	6.8	17.4
1997	8.5	9.8	16.6	16.4	23.1	25.2	28.2	28.7	26.3	18.6	12.5	8.1	18.5
1998	7.5	13.6	14.0	16.9	23.4	27.8	30.4	31.9	25.2	19.2	11.2	6.4	19.0
1999	7.8	8.9	13.6	18.3	23.5	26.8	29.6	29.4	27.7	19.4	11.5	6.9	18.6
2000	6.8	10.1	14.2	19.8	25.1	28.7	28.5	31.4	26.1	19.4	13.7	9.4	19.4
2001	7.8	11.5	14.4	17.2	25.2	26.1	29.7	32.3	23.5	22.8	12.2	7.3	19.2
2002	7.5	9.4	16.5	17.5	23.0	28.5	29.6	29.0	24.1	19.7	14.6	8.4	19.0
2003	7.2	7.9	14.6	16.3	25.4	31.2	30.3	33.3	24.7	16.6	13.5	8.8	19.2
2004	5.5	7.0	11.8	17.3	20.3	26.0	28.2	28.8	25.1	19.5	13.3	9.5	17.7
2005	6.5	7.4	12.8	16.6	22.8	26.8	28.5	25.7	24.3	17.5	11.0	6.8	17.2
2006	5.7	8.4	11.3	18.0	21.7	26.9	31.2	26.0	25.8	21.1	13.8	10.0	18.3
2007	9.0	11.6	15.2	21.9	24.5	27.0	30.1	28.3	24.0	18.8	12.8	8.6	19.3
2008	9.0	10.0	13.1	17.4	23.1	27.2	29.6	30.2	24.3	20.8	12.6	7.8	18.8
2009	6.2	9.8	13.6	19.3	25.3	26.5	29.0	30.7	26.5	19.5	12.6	7.1	18.8
2010	5.3	8.9	12.5	18.9	22.1	26.3	29.9	28.3	23.8	18.0	12.2	6.3	17.7
2011	5.9	10.3	13.8	21.1	24.7	26.6	28.1	30.9	28.5	19.2	13.7	9.0	19.3
2012	7.5	7.3	18.0	17.4	23.4	28.3	31.0	31.9	25.5	19.7	14.3	6.4	19.2
2013	7.2	8.3	11.2	17.9	20.9	26.7	30.4	29.4	24.9	18.8	13.8	9.6	18.3
2014	9.5	11.9	16.7	20.0	22.8	27.4	27.6	27.3	23.9	20.9	15.4	9.6	19.4
2015	9.0	10.3	14.3	18.7	23.1	27.9	31.8	30.3	24.9	18.9	13.0	8.7	19.2
2016	7.7	11.3	14.2	19.0	22.1	27.6	31.2	29.6	27.7	18.4	13.1	8.8	19.2
Medio mensile	7.4	9.5	14.0	18.1	23.1	27.1	29.7	29.6	25.1	19.3	13.0	8.0	18.6

## 4.2 DATI DI UMIDITÀ

I dati di umidità relativa a 2m (%), forniti da ARPAV relativi alla stazione di Mira e al periodo storico 1994-2016, sono presentati nel seguito in termini di valori medi mensili pluriennali di umidità relativa: in particolare vengono presentate le tabelle della media delle minime (Tabella 4.4), media delle medie (Tabella 4.5) e media delle massime (Tabella 4.6). Il valore mensile presentato nelle Tabelle 4.4-4.5-4.6 corrisponde rispettivamente al valore medio delle minime /delle medie / delle massime giornaliere del mese. Il valore medio mensile è il valore medio dei valori mensili, mentre il valore medio annuale corrisponde al valore medio dei valori mensili dell'anno. L'andamento delle medie mensili e delle medie annuali vengono presentati sinteticamente nella Figura 4.2.

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Meteomarino Preliminare

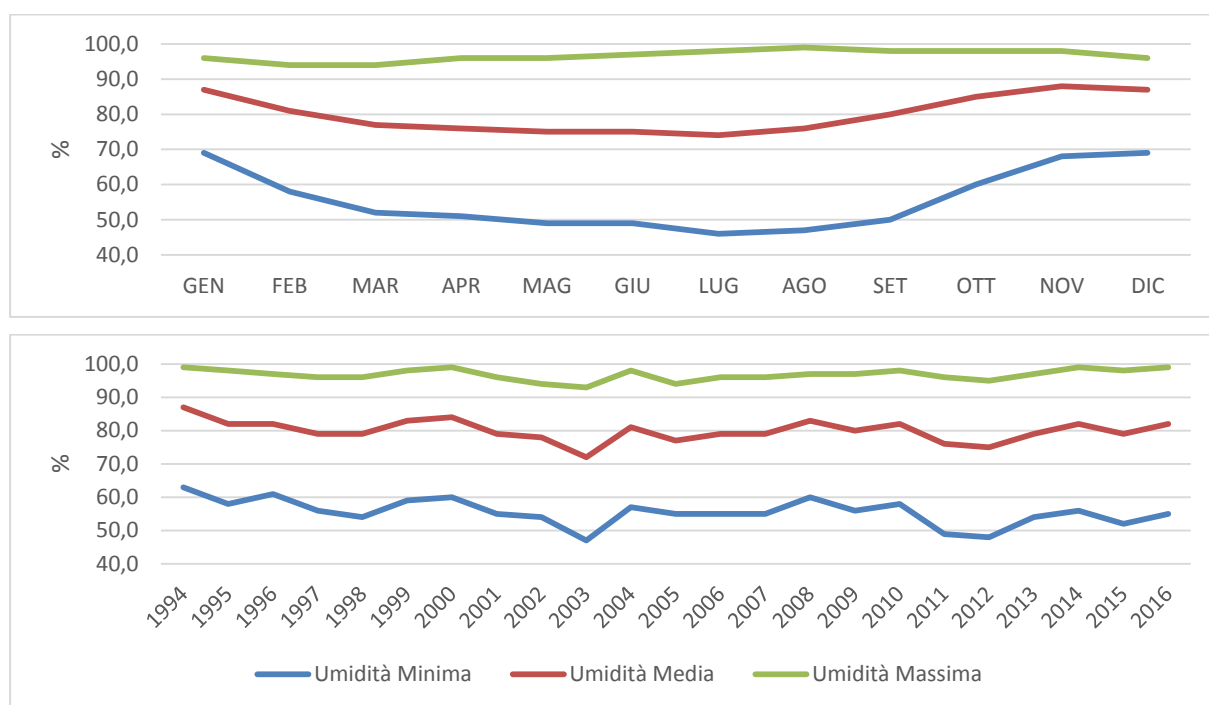


Figura 4.2: Andamento dell'Umidità Mensile ed Annuale (%)

Tabella 4.4: Umidità Relativa – Media delle Minime

Umidità relativa a 2m (%) media delle minime													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio annuale
1994	74.0	70.0	63.0	62.0	60.0	53.0	40.0	50.0	61.0	60.0	93.0	74.0	63.0
1995	50.0	72.0	52.0	51.0	57.0	60.0	50.0	51.0	59.0	55.0	65.0	76.0	58.0
1996	80.0	59.0	51.0	55.0	55.0	46.0	49.0	55.0	58.0	69.0	79.0	75.0	61.0
1997	75.0	68.0	41.0	39.0	45.0	56.0	48.0	51.0	46.0	54.0	71.0	81.0	56.0
1998	74.0	50.0	42.0	62.0	47.0	49.0	50.0	40.0	51.0	63.0	55.0	66.0	54.0
1999	70.0	44.0	57.0	55.0	56.0	53.0	52.0	56.0	54.0	67.0	72.0	73.0	59.0
2000	61.0	65.0	59.0	57.0	48.0	43.0	45.0	45.0	54.0	76.0	84.0	83.0	60.0
2001	90.0	48.0	67.0	48.0	46.0	47.0	52.0	45.0	51.0	64.0	56.0	50.0	55.0
2002	59.0	73.0	43.0	48.0	54.0	46.0	44.0	45.0	44.0	55.0	74.0	65.0	54.0
2003	59.0	35.0	43.0	46.0	40.0	44.0	41.0	39.0	40.0	52.0	67.0	60.0	47.0
2004	66.0	72.0	57.0	55.0	47.0	49.0	47.0	51.0	46.0	73.0	55.0	64.0	57.0
2005	63.0	44.0	49.0	53.0	49.0	46.0	46.0	57.0	57.0	68.0	69.0	61.0	55.0
2006	63.0	56.0	52.0	53.0	52.0	42.0	42.0	52.0	55.0	60.0	66.0	66.0	55.0
2007	78.0	71.0	51.0	42.0	49.0	53.0	42.0	48.0	48.0	56.0	54.0	63.0	55.0
2008	76.0	65.0	60.0	57.0	50.0	57.0	52.0	50.0	49.0	57.0	72.0	78.0	60.0
2009	70.0	56.0	54.0	57.0	49.0	49.0	48.0	44.0	46.0	51.0	76.0	71.0	56.0
2010	68.0	66.0	58.0	46.0	52.0	54.0	51.0	50.0	49.0	54.0	77.0	69.0	58.0
2011	70.0	54.0	52.0	38.0	37.0	50.0	44.0	39.0	43.0	46.0	58.0	62.0	49.0
2012	55.0	36.0	36.0	51.0	40.0	45.0	40.0	35.0	46.0	58.0	68.0	69.0	48.0
2013	72.0	51.0	60.0	53.0	50.0	40.0	40.0	40.0	49.0	63.0	57.0	67.0	54.0
2014	82.0	68.0	45.0	47.0	41.0	43.0	50.0	51.0	54.0	57.0	73.0	67.0	56.0
2015	60.0	52.0	45.0	43.0	50.0	44.0	44.0	46.0	45.0	57.0	65.0	75.0	52.0
2016	64.0	65.0	53.0	51.0	50.0	51.0	43.0	44.0	46.0	59.0	68.0	64.0	55.0
Medio mensile	69.0	58.0	52.0	51.0	49.0	49.0	46.0	47.0	50.0	60.0	68.0	69.0	56.0



Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Meteomarinario Preliminare

**Tabella 4.5: Umidità Relativa – Media delle Medie**

Umidità relativa a 2m (%) media delle medie													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio annuale
1994	91.0	87.0	89.0	87.0	85.0	81.0	74.0	81.0	90.0	87.0	99.0	90.0	87.0
1995	76.0	91.0	76.0	78.0	81.0	82.0	77.0	80.0	86.0	87.0	85.0	90.0	82.0
1996	90.0	78.0	72.0	78.0	80.0	72.0	75.0	82.0	85.0	90.0	94.0	88.0	82.0
1997	90.0	87.0	71.0	66.0	71.0	80.0	76.0	77.0	76.0	77.0	88.0	92.0	79.0
1998	88.0	79.0	70.0	84.0	73.0	76.0	75.0	69.0	81.0	88.0	79.0	87.0	79.0
1999	91.0	75.0	80.0	80.0	78.0	76.0	78.0	81.0	83.0	88.0	92.0	91.0	83.0
2000	86.0	88.0	84.0	81.0	74.0	71.0	76.0	78.0	84.0	93.0	97.0	95.0	84.0
2001	97.0	72.0	86.0	72.0	71.0	73.0	78.0	76.0	81.0	90.0	81.0	75.0	79.0
2002	81.0	87.0	67.0	73.0	79.0	74.0	74.0	78.0	77.0	83.0	87.0	80.0	78.0
2003	81.0	61.0	69.0	70.0	65.0	70.0	66.0	67.0	72.0	76.0	87.0	81.0	72.0
2004	86.0	91.0	81.0	80.0	74.0	74.0	75.0	80.0	77.0	91.0	82.0	85.0	81.0
2005	82.0	67.0	75.0	76.0	73.0	68.0	72.0	80.0	81.0	87.0	86.0	80.0	77.0
2006	80.0	77.0	75.0	76.0	75.0	68.0	70.0	80.0	82.0	85.0	88.0	87.0	79.0
2007	92.0	92.0	75.0	69.0	74.0	77.0	71.0	77.0	78.0	82.0	78.0	84.0	79.0
2008	91.0	84.0	82.0	80.0	75.0	81.0	78.0	78.0	79.0	84.0	89.0	90.0	83.0
2009	86.0	80.0	79.0	83.0	75.0	75.0	74.0	73.0	75.0	80.0	92.0	87.0	80.0
2010	87.0	86.0	84.0	74.0	79.0	79.0	78.0	78.0	78.0	80.0	93.0	88.0	82.0
2011	84.0	79.0	75.0	67.0	62.0	74.0	72.0	73.0	77.0	78.0	85.0	86.0	76.0
2012	80.0	61.0	67.0	77.0	70.0	74.0	67.0	67.0	77.0	86.0	88.0	88.0	75.0
2013	89.0	79.0	82.0	79.0	76.0	69.0	68.0	71.0	80.0	86.0	81.0	89.0	79.0
2014	95.0	89.0	76.0	74.0	71.0	71.0	78.0	80.0	84.0	84.0	93.0	89.0	82.0
2015	86.0	77.0	73.0	73.0	76.0	72.0	71.0	76.0	74.0	84.0	88.0	95.0	79.0
2016	88.0	88.0	78.0	80.0	78.0	79.0	73.0	75.0	78.0	86.0	89.0	89.0	82.0
Medio mensile	87.0	81.0	77.0	76.0	75.0	75.0	74.0	76.0	80.0	85.0	88.0	87.0	80.0

**Tabella 4.6: Umidità Relativa – Media delle Massime**

Umidità relativa a 2m (%) media delle massime													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medio annuale
1994	99.0	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0	99.0
1995	93.0	99.0	92.0	96.0	99.0	99.0	99.0	100.0	100.0	100.0	98.0	97.0	98.0
1996	96.0	93.0	89.0	97.0	98.0	97.0	98.0	100.0	99.0	99.0	99.0	95.0	97.0
1997	98.0	98.0	94.0	90.0	93.0	97.0	97.0	97.0	97.0	94.0	98.0	98.0	96.0
1998	96.0	95.0	91.0	97.0	94.0	97.0	97.0	96.0	98.0	98.0	95.0	97.0	96.0
1999	99.0	94.0	96.0	98.0	96.0	98.0	99.0	100.0	99.0	97.0	99.0	99.0	98.0
2000	98.0	99.0	99.0	97.0	96.0	98.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	99.0
2001	100.0	90.0	96.0	92.0	95.0	97.0	99.0	99.0	99.0	100.0	95.0	89.0	96.0
2002	92.0	96.0	88.0	93.0	96.0	94.0	96.0	97.0	96.0	95.0	94.0	91.0	94.0
2003	93.0	83.0	90.0	91.0	91.0	95.0	93.0	94.0	96.0	93.0	97.0	95.0	93.0
2004	97.0	99.0	97.0	98.0	96.0	98.0	100.0	100.0	99.0	99.0	96.0	96.0	98.0
2005	92.0	84.0	94.0	95.0	96.0	91.0	96.0	98.0	98.0	98.0	95.0	92.0	94.0
2006	91.0	92.0	91.0	95.0	94.0	95.0	97.0	98.0	99.0	99.0	98.0	97.0	96.0
2007	98.0	99.0	93.0	94.0	96.0	97.0	97.0	98.0	98.0	97.0	93.0	95.0	96.0
2008	98.0	95.0	95.0	96.0	96.0	99.0	99.0	99.0	98.0	98.0	98.0	95.0	97.0
2009	96.0	95.0	95.0	99.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	97.0	99.0	95.0	97.0
2010	97.0	98.0	98.0	97.0	98.0	99.0	100.0	99.0	98.0	97.0	100.0	97.0	98.0
2011	93.0	95.0	93.0	93.0	90.0	97.0	98.0	100.0	99.0	97.0	97.0	97.0	96.0
2012	93.0	82.0	92.0	97.0	96.0	99.0	95.0	99.0	98.0	99.0	98.0	97.0	95.0
2013	97.0	95.0	96.0	97.0	97.0	96.0	97.0	98.0	100.0	98.0	96.0	98.0	97.0
2014	100.0	100.0	95.0	98.0	97.0	97.0	99.0	100.0	100.0	99.0	99.0	99.0	99.0
2015	98.0	94.0	95.0	98.0	99.0	98.0	99.0	98.0	95.0	98.0	100.0	100.0	98.0
2016	99.0	100.0	96.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	99.0	99.0	98.0	99.0
Medio mensile	96.0	94.0	94.0	96.0	96.0	97.0	98.0	99.0	98.0	98.0	98.0	96.0	97.0

### 4.3 DATI DI RADIAZIONE SOLARE

I dati di radiazione solare globale (MJ/m<sup>2</sup>), forniti da ARPAV relativi alla stazione di Mira (1994-2016) vengono presentati nel seguito in termini di valori mensili, calcolati come somma dei valori giornalieri (Tabella 4.7). Il valore somma annuale corrisponde alla somma dei valori mensili dell'anno considerato, mentre il valore medio mensile è il valore medio dei valori mensili degli anni. Gli andamenti della media mensile e delle medie annuali vengono presentati sinteticamente nella Figura 4.3.

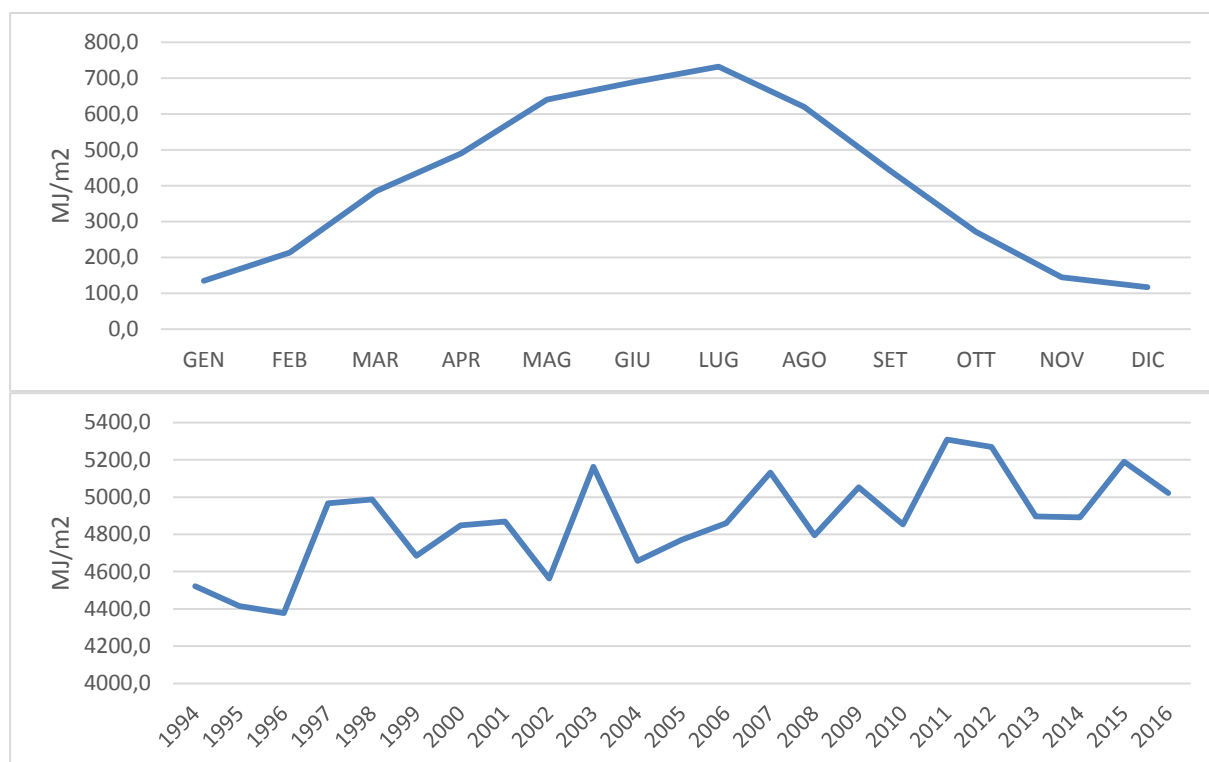


Figura 4.3: Andamento della Radiazione Solare Globale Mensile ed Annuale (MJ/m<sup>2</sup>)

**Tabella 4.7: Radiazione Solare Globale Mensile (MJ/m<sup>2</sup>)**

Radiazione solare globale (MJ/m <sup>2</sup> )													
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Somma Annuale
1994	139.1	186.1	387.3	421.8	575.7	614.5	714.4	611.5	391.9	294.0	101.3	84.0	4521.7
1995	156.9	151.2	399.6	431.0	521.7	578.9	695.3	550.9	401.8	306.2	145.7	75.9	4415.1
1996	92.3	238.6	357.9	428.1	603.0	663.7	642.1	535.3	389.6	215.3	121.7	90.3	4377.9
1997	126.4	194.8	454.4	560.9	671.7	595.9	759.0	602.1	506.1	275.4	127.6	91.8	4966.2
1998	113.1	263.0	446.5	417.8	654.3	718.9	730.1	640.0	429.4	266.1	179.6	128.7	4987.4
1999	153.3	243.5	361.2	473.2	590.8	679.0	708.6	542.1	437.1	235.8	147.8	112.8	4685.3
2000	182.7	224.0	359.1	469.6	656.0	756.6	709.2	633.1	443.5	198.5	117.7	98.7	4848.7
2001	99.5	233.9	279.7	511.5	671.9	708.6	698.0	650.5	410.3	271.2	168.5	165.1	4868.6
2002	157.8	131.6	386.5	476.3	554.5	679.0	695.1	596.8	409.2	280.3	107.9	88.4	4563.2
2003	151.9	293.1	425.3	469.0	702.1	724.3	746.5	639.6	461.6	267.4	153.3	128.8	5162.9
2004	129.9	145.5	338.3	448.0	634.6	670.2	726.2	624.4	454.4	211.4	158.4	116.7	4658.0
2005	171.1	243.3	406.7	477.2	681.0	648.4	717.2	517.4	423.5	207.7	142.8	134.0	4770.4
2006	160.6	210.5	352.6	450.1	608.7	736.9	740.6	573.8	441.6	292.8	157.9	133.5	4859.6
2007	107.4	195.7	382.8	627.3	669.7	663.5	781.8	583.8	484.5	302.7	179.4	152.6	5131.3
2008	116.9	209.2	342.0	453.7	655.7	654.2	727.4	668.6	431.7	277.7	149.4	108.2	4794.7
2009	131.8	245.5	385.6	459.4	663.0	669.2	756.9	690.3	490.0	336.5	107.5	116.9	5052.6
2010	121.1	188.1	354.3	585.0	623.2	718.1	737.0	597.5	427.8	296.0	104.7	101.2	4854.0
2011	102.6	214.7	376.9	576.1	784.1	698.0	731.8	694.2	473.7	349.1	186.3	120.5	5307.9
2012	177.4	267.4	495.6	471.4	691.8	718.4	785.0	696.5	427.6	272.7	147.7	117.6	5268.8
2013	117.4	231.1	291.7	471.1	582.7	757.8	797.1	665.8	456.9	228.5	165.0	131.2	4896.4
2014	83.5	183.1	426.2	516.2	689.0	741.0	675.8	590.0	424.7	306.2	138.2	116.6	4890.4
2015	161.1	223.6	413.3	557.5	610.6	756.8	800.3	647.2	456.1	279.4	162.1	122.7	5190.5
2016	145.9	176.7	389.2	516.1	622.2	670.4	762.9	690.6	486.7	267.9	154.2	139.5	5022.2
Medio mensile	134.8	212.8	383.2	489.9	639.9	687.9	732.1	619.2	441.7	271.2	144.6	116.3	4873.6

#### 4.4 DATI DI PIOGGIA

Nel presente capitolo vengono brevemente descritti i dati pluviometrici forniti da ARPAV relativi alla stazione di Mira e al periodo storico 1992-2016.

I dati sono presentati nel seguito in termini di precipitazione di massima intensità e breve durata. In particolare, in Tabella 4.8, Tabella 4.9 e Tabella 4.10 sono riportati anno per anno i valori di precipitazione di massima intensità rispettivamente per le durate di 5, 10, 15, 30, 45 minuti, 1, 3, 6, 12, 24 ore e 1, 2, 3, 4, 5 giorni.

Tali valori forniscono la base dell'analisi probabilistica finalizzata alla determinazione delle curve segnalatrici di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno.

**Tabella 4.8: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 5, 10, 15, 30 e 45 Minuti**

Anno	Pioggia (mm) Per le Varie Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti
1992	11.4	18.6	20.2	22.6	24.2
1993	5.8	9.0	11.6	18.2	20.8
1994	11.8	19.6	26.6	41.6	43.0
1995	12.8	25.2	29.2	31.6	32.0
1996	11.6	18.8	30.4	35.0	42.4
1997	9.2	17.8	23.8	36.0	41.0
1998	8.6	14.4	15.8	16.8	21.2
1999	16.6	25.6	31.4	37.6	44.6
2000	10.6	16.2	21.4	35.6	40.8
2001	10.8	17.6	20.6	29.6	31.4
2002	10.6	17.6	23.8	34.2	45.4
2003	7.0	12.4	14.2	22.0	26.0
2004	11.2	17.8	21.6	27.4	29.6
2005	6.6	11.2	16.0	25.4	28.4
2006	11.4	17.8	23.2	35.4	44.0
2007	9.4	14.4	17.4	26.6	38.0
2008	12.8	17.0	19.2	35.6	44.0
2009	10.0	17.4	22.0	26.8	28.6
2010	10.2	18.0	24.8	40.2	47.0
2011	12.2	17.4	23.4	36.0	50.4
2012	9.4	15.8	21.8	37.4	53.6
2013	7.0	9.4	10.6	11.8	14.6
2014	16.4	28.6	37.0	53.4	57.0
2015	9.4	16.2	19.6	23.8	24.0
2016	10.8	17.6	21.2	35.8	49.8

**Tabella 4.9: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 1, 3, 6, 12 e 24 Ore**

Anno	Pioggia (mm) Per le Varie Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1992	24.2	38.2	63.8	77.0	93.2
1993	21.8	22.4	22.8	29.0	43.2
1994	44.6	44.6	44.6	44.6	82.2
1995	34.4	37.8	41.6	42.0	54.2
1996	44.6	45.2	45.2	45.2	57.8
1997	43.2	49.4	50.4	50.6	63.6
1998	26.2	49.0	63.0	70.8	74.0
1999	46.8	46.8	56.0	83.4	88.4
2000	41.6	44.6	44.6	49.8	78.6
2001	32.4	43.0	45.4	68.6	87.2
2002	47.6	74.6	82.2	82.8	83.4
2003	28.0	28.8	28.8	32.4	38.0
2004	30.0	37.2	42.8	61.0	67.6
2005	30.6	35.2	48.0	69.8	98.0
2006	46.8	56.2	82.4	100.8	119.0
2007	46.4	71.4	133.8	163.4	169.0
2008	49.0	66.8	77.2	90.2	96.6
2009	29.2	59.8	91.8	151.6	170.6
2010	53.2	61.0	64.8	117.0	133.8
2011	56.6	96.6	100.2	101.4	103.4
2012	67.2	81.0	81.2	81.2	81.2
2013	19.6	25.0	35.4	42.8	53.2
2014	57.8	68.0	72.0	72.0	72.2
2015	24.4	29.2	29.2	31.4	41.4
2016	61.2	81.2	82.2	82.2	82.2

**Tabella 4.10: Serie Storiche delle Precipitazioni di Massima Intensità per le Durate di 1, 2, 3, 4 e 5 Giorni**

Anno	Pioggia (mm) Per le Varie Durate				
	1 giorno	2 giorni	3 giorni	4 giorni	5 giorni
1992	77.0	119.6	146.0	158.2	158.4
1993	33.8	46.2	46.4	51.2	54.6
1994	45.8	90.4	90.8	90.8	90.8
1995	52.6	54.4	58.4	63.6	72.0
1996	48.4	57.8	63.6	76.4	77.6
1997	53.0	65.6	69.8	82.4	82.8
1998	73.8	91.6	133.4	151.2	167.2
1999	83.2	88.4	121.8	138.8	150.2
2000	67.6	86.6	105.2	107.4	108.6
2001	61.4	87.8	88.2	88.4	107.2
2002	77.2	83.4	124.4	125.8	126.0
2003	36.8	52.6	61.8	62.4	62.8
2004	61.8	68.4	85.2	108.8	129.0
2005	90.4	107.0	126.0	142.6	192.0
2006	111.2	138.2	227.0	235.4	235.6
2007	165.8	214.6	217.8	217.8	217.8
2008	95.2	97.4	110.0	112.2	112.4
2009	168.8	171.6	189.4	189.6	189.6
2010	125.4	139.6	140.2	140.8	176.6
2011	103.4	103.4	103.4	103.8	106.8
2012	81.2	83.8	87.8	87.8	87.8
2013	48.4	57.8	72.6	83.8	84.0
2014	52.2	72.4	73.2	85.2	112.4
2015	33.0	44.8	55.0	63.6	63.6
2016	82.2	99.8	107.2	118.0	133.2

## 5 VENTO

Nel presente paragrafo vengono analizzate le caratteristiche anemologiche tipiche ed estreme dell'area di studio. I dati di base si riferiscono ai dati di vento della rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera, relativi alla stazione n. 22. Si ritiene che i dati suddetti siano sufficientemente rappresentativi delle condizioni anemologiche del canale di Marghera.

### 5.1 CONDIZIONI TIPICHE

La distribuzione annuale dell'intensità del vento per direzione di provenienza è mostrata in Tabella 5.1 e, graficamente, nella Figura 5.1 (rosa del vento).

Il regime medio annuale del vento è caratterizzato da una netta prevalenza dei settori direzionali 0-30°N (con il 39% degli eventi) e secondariamente del settore 120-150°N (17% degli eventi). Il resto degli eventi è distribuito piuttosto equamente tra le altre direzioni.

Per quanto riguarda le intensità, gli eventi con velocità inferiore a 8 m/s sono circa il 99% del totale, mentre i valori massimi sono di 12.9 m/s, provenienti da 60°N.

**Tabella 5.1: Distribuzione Annuale della Frequenza Percentuale dell'Intensità del Vento per Direzione di Provenienza – Quota di 10 m s.l.m.**

Dir (°N)	W (m/s)										TOT.
	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	>18.0	
0	4.29	8.13	1.62	0.15	0.02	*					14.21
30	4.58	13.16	6.00	1.38	0.22	0.07	*				25.40
60	1.88	3.24	1.80	0.77	0.16	0.05	0.01				7.91
90	1.75	3.68	0.95	0.18	0.03	0.01					6.59
120	1.83	6.19	1.36	0.13	0.04	0.01					9.55
150	1.52	4.36	0.96	0.14	0.02	0.01					7.01
180	1.84	2.40	0.27	0.03	*						4.55
210	2.91	2.07	0.30	0.03							5.31
240	2.30	1.43	0.20	0.04	0.01						3.97
270	2.78	1.61	0.14	0.01							4.54
300	3.04	2.30	0.17	0.02	*	*					5.53
330	3.31	1.92	0.16	0.04	*						5.42
TOT.	32.04	50.49	13.92	2.91	0.50	0.14	0.01				100.00
*	Valore inferiore a 0.01 %										

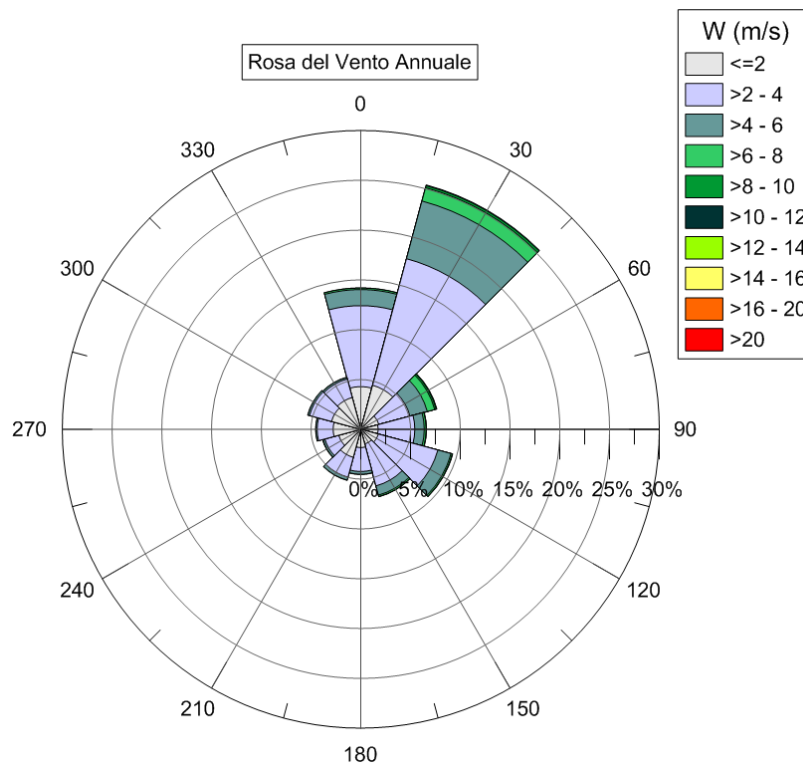


Figura 5.1: Rosa Annuale del Vento alla Quota di 10 m s.l.m.

## 5.2 CONDIZIONI ESTREME

I valori estremi direzionali e omnidirezionali del vento vengono presentati nelle Tabella 5.2 e Tabella 5.3 per i periodi di ritorno considerati. È stata adottata la distribuzione di Weibull, che mostrava un “fitting” migliore tra la stessa distribuzione e le distribuzioni dei dati di vento (Figura 5.2). I valori estremi di vento riportati in Tabella 5.2 si riferiscono a valori medi orari (a 10 m s.l.m), in Tabella 5.3 si trovano i valori estremi relativi al vento medio su 10 minuti (a 10 m s.l.m.) e in Tabella 5.4 i corrispondenti valori di raffica.



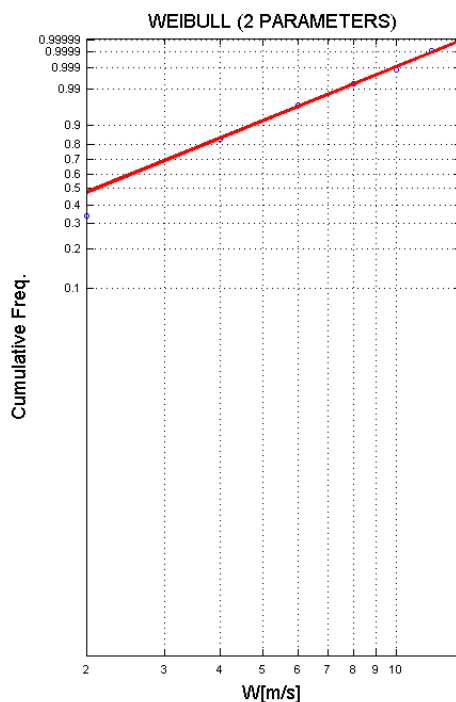


Figura 5.2: Distribuzione Estremale di Weibull applicata al Vento Omnidirezionale

Tabella 5.2: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio Orario alla Quota di 10 m s.l.m

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Vento medio orario		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	8.7	10.6	12.4
30	11.3	13.2	14.9
60	10.9	12.7	14.4
90	9.6	11.9	14.1
120	9.3	11.5	13.5
150	9.5	11.9	14.1
180	7.4	9.6	11.7
210	6.6	7.9	9.2
240	7.2	9.1	10.8
270	6.2	7.6	9.0
300	7.5	10.9	14.4
330	7.1	9.7	12.2
OMNI	12.0	14.0	15.8

**Tabella 5.3: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio su 10 Minuti alla Quota di 10 m s.l.m**

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Valori medi sui 10 minuti		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	9.2	11.3	13.2
30	12.1	14.1	16.0
60	11.6	13.6	15.4
90	10.2	12.7	15.1
120	9.9	12.3	14.5
150	10.1	12.7	15.1
180	7.8	10.2	12.5
210	7.0	8.4	9.7
240	7.6	9.6	11.4
270	6.5	8.1	9.5
300	7.9	11.6	15.4
330	7.5	10.3	13.0
OMNI	12.8	15.0	17.0

**Tabella 5.4: Valori Estremi della Velocità della Raffica di Vento alla Quota di 10 m s.l.m**

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Raffica di Vento		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	10.8	13.3	15.7
30	14.2	16.8	19.2
60	13.7	16.1	18.5
90	12.0	15.0	18.1
120	11.6	14.5	17.2
150	11.8	15.0	18.1
180	9.1	12.0	14.8
210	8.1	9.7	11.4
240	8.8	11.3	13.6
270	7.6	9.4	11.2
300	9.2	13.7	18.5
330	8.7	12.1	15.4
OMNI	15.2	17.9	20.4

## **6 MOTO ONDOSO**

All'interno della laguna di Venezia, il moto ondoso è dovuto sia al vento sia, soprattutto, alle imbarcazioni a motore. I dati di moto ondoso provenienti dalle stazioni di misura della rete di monitoraggio installate dal Comune di Venezia confermano e quantificavano la stretta correlazione tra il moto ondoso e il traffico acquo motorizzato. La creazione di onde per effetto del vento è evidente nelle stazioni di monitoraggio di Misericordia, Celestia, Murano e del Canale della Giudecca più esposte ai venti di Bora dove si osserva una stretta correlazione tra venti maggiori di 30 nodi e il moto ondoso.

In questa fase preliminare dello studio il modo ondoso non è stato indagato in considerazione delle caratteristiche geometriche del canale e dell'intensità del vento locale. Come in gran parte della laguna, le onde risultano prevalentemente generate dal passaggio delle navi a motore e non per effetto del vento.

## 7 CORRENTE E LIVELLO DEL MARE ALL'INTERNO DEL CANALE

Le caratteristiche della corrente e del livello del mare all'interno del canale industriale sono state analizzate per mezzo dell'applicazione del modello numerico Delft3D, precedentemente descritto nel Paragrafo 3.3.

Il modello ha permesso di indagare intensità e direzione del flusso di corrente indotto dalla marea, principale fattore responsabile della dinamica all'interno della laguna di Venezia.

Il modello è stato applicato su un grigliato batimetrico regolare di 380X115 maglie quadrate di 10 m alle quali è stata associata una profondità costante di 11.0 m lungo tutto il canale. In input al modello è stato fornito il livello di marea sui due contorni aperti sottoforma delle costanti armoniche della stazione di Fusina (Figura 2.1), i cui valori sono mostrati nella Tabella 7.1, ed è stato simulato un intero ciclo di marea (1 mese) al fine di individuare i flussi più intensi indotti dalle oscillazioni del mare tipiche di quest'area.

Si specifica che nelle simulazioni è stato considerato un livello medio mare ( $Z_0$ ) pari a +0.52 m rispetto al Chart Datum locale (Admiralty Tide Tables, Ref. [[4]]), rappresentativo del livello medio mare che esisterebbe in assenza della marea, tipicamente calcolato su un periodo di 18.6 anni.

**Tabella 7.1: Costanti Armoniche della Stazione di Fusina (Ref. [5])**

	M <sub>2</sub> (12.42 ore)		S <sub>2</sub> (12.00 ore)		K <sub>1</sub> (23.93 ore)		O <sub>1</sub> (25.82 ore)	
	Ampiezza	Fase	Ampiezza	Fase	Ampiezza	Fase	Ampiezza	Fase
	(m)	(°)	(m)	(°)	(m)	(°)	(m)	(°)
Fusina	0.25	160	0.15	324	0.20	085	0.06	288

I risultati della simulazione sono mostrati in termini di variazione del livello del mare e di intensità (valore medio sulla colonna d'acqua) e direzione del flusso di corrente. In particolare in Figura 7.1 è mostrata la serie temporale del livello del mare per un intero ciclo di marea in corrispondenza di un punto rappresentativo dell'area di studio (fondali antistanti la banchina DECAL/Venice LNG). Dalla figura si nota che il range massimo di variazione del livello del mare è dell'ordine di 1 m tra l'alta e la bassa marea.

In Figura 7.2 e in Figura 7.3 sono mostrati i risultati del campo idrodinamico su tutto il dominio di calcolo, rispettivamente nelle fasi di marea crescente (Figura 7.2) e decrescente (Figura 7.3), per mezzo di frecce di lunghezza e colore variabile ad indicare l'intensità del flusso (bianche e corte basse velocità, rosse e lunghe velocità più elevate).

Dalle figure si nota che la corrente all'interno del canale fluisce in direzione parallela al canale stesso, verso terra in fase crescente di marea e verso mare in fase decrescente. I flussi risultano in entrambe i casi di bassa intensità, attestandosi su valori massimi di circa 0.05 m/s all'imboccatura, caratterizzata da un restringimento della sezione con conseguente aumento della velocità. Nell'area di studio la corrente si presenta ancora più debole, circa 0.02-0.03 m/s, risultando quindi un fattore trascurabile ai fini delle operazioni di manovra nel canale.

La debole intensità dei flussi di corrente all'interno del canale è certamente dovuta alla variazione lenta, quasi contemporanea, del livello del mare tra un'estremità e l'altra del canale: tra l'imboccatura e il bacino più interno non si hanno mai differenze significative di livello durante il ciclo di marea per cui non si creano intense correnti di gradiente.

Deposito Costiero GNL a Marghera  
 Studio Meteomarinario Preliminare

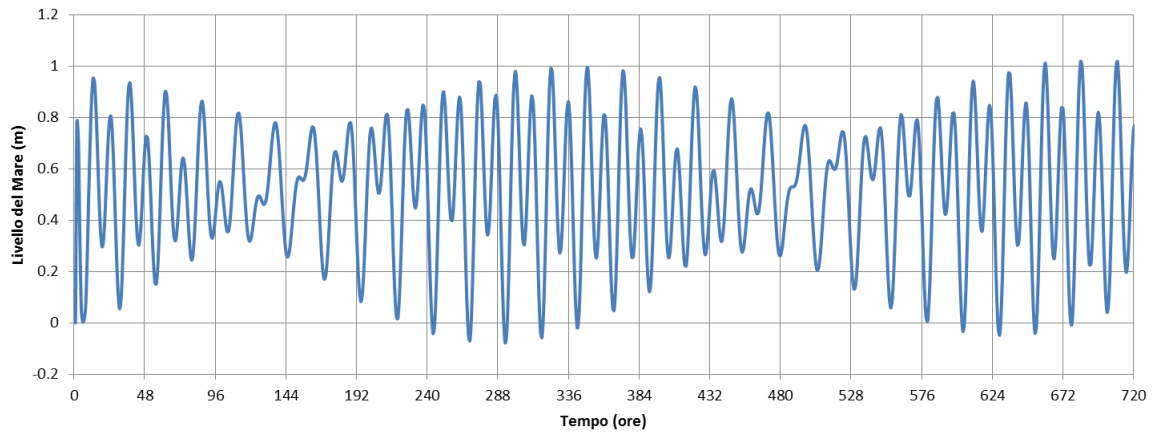


Figura 7.1: Andamento del Livello del Mare nell'Area di Studio - Serie Temporale di 1 Mese



Figura 7.2: Campo Idrodinamico Indotto dalla Marea – Fase Crescente

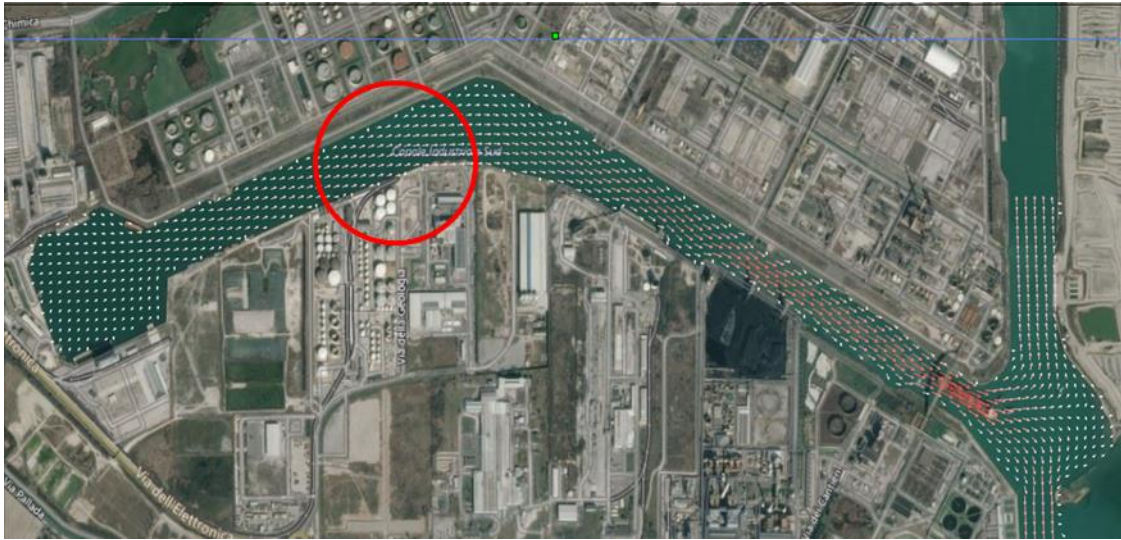


Figura 7.3: Campo Idrodinamico Indotto dalla Marea – Fase Decrescente

## 8 CONCLUSIONI

Nel presente studio meteo marino preliminare, relativo allo sviluppo dell'ingegneria per l'avvio dell'iter autorizzativo in materia di sicurezza e ambiente per un deposito costiero di GNL da realizzarsi a Marghera, sono stati forniti i dati necessari ad un primo inquadramento meteomarinario dell'area.

Sono stati pertanto reperiti ed elaborati i dati delle condizioni ambientali (temperatura, umidità, radiazione solare, piovosità) e di livello del mare che, opportunamente elaborati, hanno costituito la base dati per la definizione delle condizioni meteomarine tipiche del canale di Marghera.

Inoltre sono stati reperiti i dati di vento della rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera, con i quali sono state definite le condizioni anemologiche tipiche ed estreme dell'area di studio.

Il campo di corrente e le variazioni del livello del mare all'interno del canale industriale sono stati analizzati per mezzo dell'applicazione del modello numerico Delft3D che ha permesso di indagare intensità e direzione del flusso di corrente indotto dalla marea, principale fattore responsabile della dinamica all'interno della laguna di Venezia.

Lo studio ha messo in evidenza i seguenti aspetti:

- ✓ I venti più frequenti sono quelli di Bora, provenienti cioè dai settori NE, ai quali sono associate anche le velocità più elevate, dell'ordine massimo di 13 m/s;
- ✓ Le onde generate dal vento all'interno del canale possono essere considerate trascurabili date le caratteristiche geometriche del canale stesso e l'intensità del vento locale. Come in gran parte della laguna di Venezia, le onde risultano prevalentemente generate dal passaggio delle navi a motore e non per effetto del vento;
- ✓ Il range massimo di variazione del livello del mare all'interno del canale, in corrispondenza delle banchine DECAL/Venice LNG, è dell'ordine di 1 m tra l'alta e la bassa marea;
- ✓ La corrente indotta dalla marea (valori medi sulla colonna d'acqua), principale fattore responsabile della dinamica all'interno della laguna di Venezia, risulta essere di debole intensità, attestandosi su valori massimi di circa circa 0.03 m/s sui fondali antistanti l'area di studio.

EDI/ETE/ALS/PP/ALN:tds

## RIFERIMENTI

- [1] Gumbel E.J., 1958. "Statistics of Extremes", Columbia University Press.
- [2] DNV, 2007, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND ENVIRONMENTAL LOADS, - item 2.3.2 Wind Speed Profiles.
- [3] International Standard ISO 19901-1:2005(E) – Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 1: Metocean Design and operating considerations.
- [4] Admiralty Tide Tables, 2012. "Europe, Mediterranean Sea and Atlantic Ocean", Volume 2
- [5] Ferla, M., Cordella, M., Michielli, L., Rusconi, A., 2007, "Long-term variations on sea level and tidal regime in the lagoon of Venice", ScienceDirect, Estuarine, Coastal and Shelf Science75, 214-222.



**RINA Consulting S.p.A.**

**Via San Nazaro, 19 - 16145 GENOVA - Italy**

**Tel. +39 010 3628148 - Fax +39 010 3621078**

**[www.rinaconsulting.org](http://www.rinaconsulting.org)**

**e-mail: [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org)**

*former D'Appolonia*

---