



REGIONE LAZIO

COMMITTENTE:



Comune di Trevignano Romano

PIAZZA VITTORIO EMANUELE III, 1
TREVIGNANO ROMANO (RM) 00069 - Tel. +39 06 99 91 20 207
pec: protocollo.trevignanoromano@legalmail.it

IL SINDACO

Dott.ssa Claudia Maciucchi

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Geom. Sandro Torregiani

PROGETTISTA :

Ing. Leonardo Avincola

VIA S. FILIPPO 2 00069 TREVIGNANO ROMANO
TEL/FAX 06 9997 639
pec: l.avincola@pec.ordineingegneriroma.it



collaboratori :

Ing. Davide Saltari

VIA TITIRO 30 00155 ROMA
TEL/FAX 06 2294000
davide.saltari@gmail.com

PROGETTO :

BANDO REGIONALE REGIONE LAZIO MISURA 1.44 - PESCA NELLE ACQUE INTERNE E FAUNA E FLORA NELLE ACQUE INTERNE- PORTI, LUOGHI DI SBARCO, SALE PER LA VENDITA ALL'ASTA E RIPARI DI PESCA

LAVORI DI REALIZZAZIONE PONTILI PER PICCOLE IMBARCAZIONI

PROGETTO DEFINITIVO

N° progetto	Commessa	N° progr.	N° elab.	Rev
003	20 TRV POR	003	002	00

SCALA :

-

DATA :

Novembre 2020

Titolo Elaborato :

STUDIO DEL CLIMA ANEMOMETRICO E CALCOLO DELL'ONDA DI PROGETTO

INDICE

1	<i>Premesse.....</i>	2
2	<i>Ubicazione ed esposizione del paraggio al moto ondoso.....</i>	3
3	<i>Regime dei venti.....</i>	8
4	<i>Livello idrico di riferimento e sue variazioni.....</i>	14
5	<i>Individuazione dell'onda di progetto.....</i>	20

1 *Premesse*

Per poter condurre una corretta progettazione definitiva dei “Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni” finanziato dalla Regione Lazio ed affidato al Comune di Trevignano Romano, sono state sviluppate alcune indagini conoscitive preliminari, volte al reperimento ed all’analisi dei dati esistenti relativi alle caratteristiche meteo-marine del paraggio di interesse.

I temi d’indagine principali sono stati articolati come di seguito elencato:

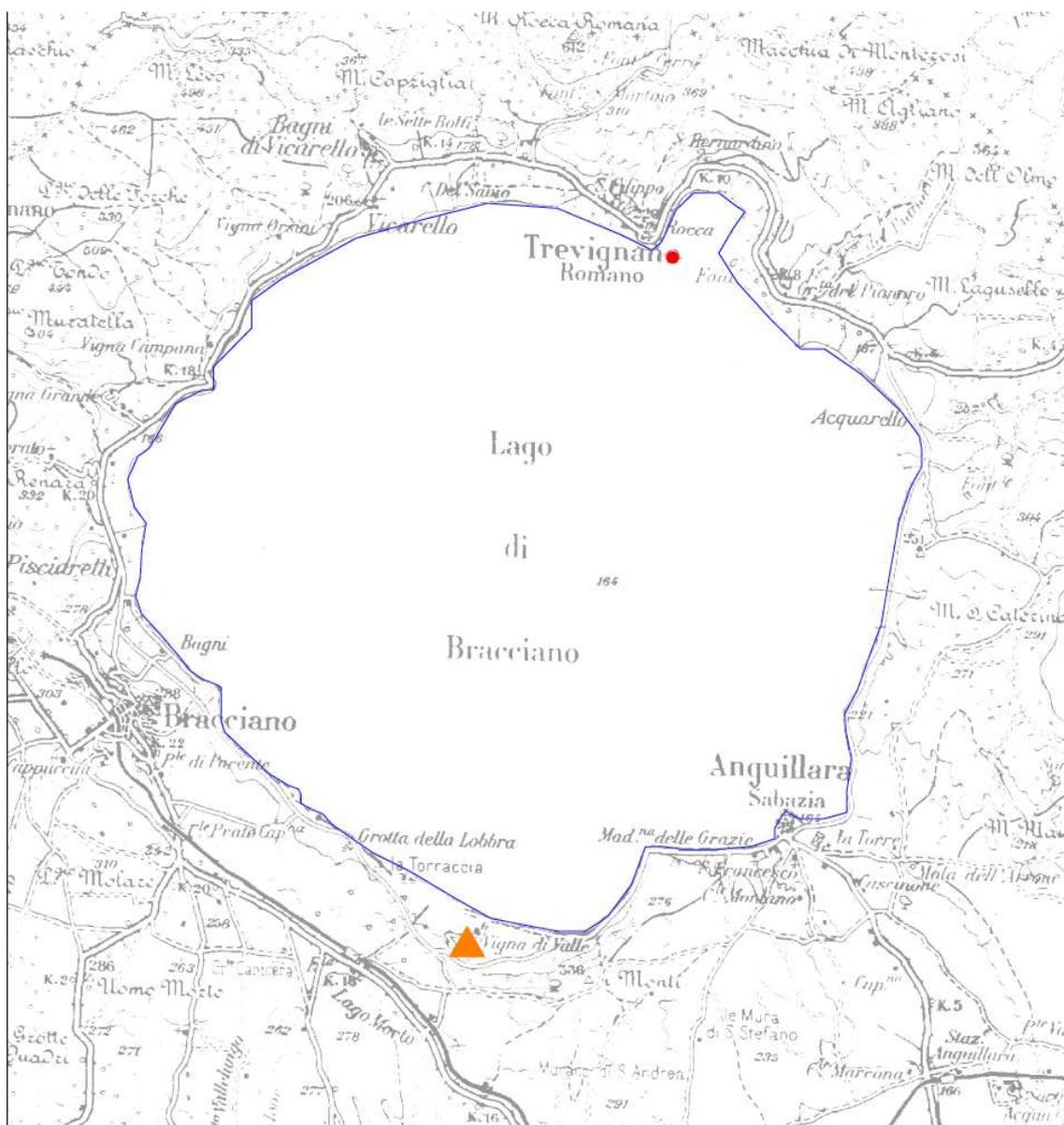
- caratteristiche geo-orografiche del paraggio (traversia del sito);
- esposizione ai venti (stazione meteorologica di Vigna di Valle);
- esposizione al moto ondoso (determinazione dell’onda di progetto a partire dai dati di vento locale);
- variazioni dei livelli.

La caratterizzazione geografica del sito in esame consente una prima valutazione delle condizioni di esposizione del tratto di riva oggetto di studio agli eventi meteorologici (essenzialmente vento e moto ondoso).

L’analisi del regime dei venti nel paraggio di interesse è finalizzata ad una prima analisi qualitativa del moto ondoso generato dall’azione del vento. Per quanto concerne i dati di vento, al fine di reperire informazioni sulla zona in cui verrà installata l’opera di attracco in esame per la redazione del presente studio, si è fatto riferimento alla stazione meteorologica A.M. presente nelle immediate vicinanze del sito oggetto di studio.

Per la determinazione dell’onda di progetto e per la caratterizzazione del clima anemometrico relativo al sito in oggetto, si è fatto riferimento alla stazione A.M. di Vigna di Valle.

Nella figura 1 è illustrata la localizzazione geografica del paraggio lacustre di interesse e l’ubicazione della stazione di misura del vento considerate.



2 Ubicazione ed esposizione del paraggio al moto ondoso

L'area in cui viene proposta la realizzazione del nuovo pontile galleggiante per piccole imbarcazioni da pesca è ubicata nel territorio del Comune di Trevignano Romano, in località "Rigostano", posta a est dell'esistente pontile di attracco comunale utilizzato a fini turistico ricreativi. La configurazione del nuovo punto di attracco/ormeggio per gli operatori della pesca è del tipo "galleggiante" e prevede il posizionamento di alcuni elementi modulari dislocanti, di forma rettangolare, destinati a garantire un agevole punto di ormeggio e stazionamento (in assenza di moto ondoso) alle locali imbarcazioni da pesca. Al nuovo pontile si accederà mediante apposita passerella sollevabile che sarà fissata ad una

nuova struttura fissa in calcestruzzo costituente il prolungamento dell'esistente braccio sud della "rotonda", ovvero dell'attuale struttura di servizio utilizzata dai pescatori locali.

Il paraggio antistante il nuovo pontile è esposto ad un ampio settore di traversia, delimitato a Ovest dalla riva comunale su cui si affaccia l'abitato di Trevignano Romano (290 °N), a Est dalla linea di riva che si estende fino all'abitato di Anguillara Sabazia (120 °N). Pertanto, il paraggio in esame abbraccia quasi tutto lo specchio liquido del lago di Bracciano (vedi figure seguenti).

Per un'analisi del settore di traversia, più propriamente mirata alla valutazione delle condizioni di possibile esposizione al moto ondoso, è prassi consolidata fare riferimento in luogo dei settori di traversia geografica al cosiddetto "fetch efficace" che rappresenta la porzione di superficie acqua costituente, sotto l'azione diretta dei venti, l'area di generazione degli eventi di moto ondoso.

A tal proposito si è proceduto applicando un metodo che consente di valutare le porzioni di lago (fetch efficaci) effettivamente coinvolte dal fenomeno di generazione del moto ondoso. Tale metodo tiene conto del fatto che il moto ondoso viene generato non solo nella direzione lungo la quale spira il vento, ma anche in tutte le direzioni comprese in un settore di $\pm 90^\circ$ rispetto alla sua direzione media di azione: pertanto ai fini della valutazione delle caratteristiche del moto ondoso occorre tenere conto non solo della lunghezza del fetch corrispondente alla direzione principale, ma anche (in modo opportuno) delle lunghezze corrispondenti a tutte le altre direzioni comprese nel settore di traversia del paraggio in esame (figura 2.1).

L'applicazione di un modello numerico per il calcolo automatico dei relativi fetch efficaci (figura 2.2) ha consentito inoltre di definire la legge di deviazione tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso generato. Nella tabella 2.1 e nei relativi grafici vengono riportati i valori delle corrispondenze fra le direzioni del vento e quella delle onde nonché i valori dei fetch efficaci calcolati per ciascuna direzione.

Dall'analisi di questi ultimi si evince che nel caso in esame il fetch efficace massimo per il paraggio in oggetto è pari a circa 5,5 km (con un valore di quello geografico pari a 7,82 km) ed è riferibile ad un settore incentrato intorno alla direzione di sud sud-ovest (210°N).

Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni
PROGETTO DEFINITIVO

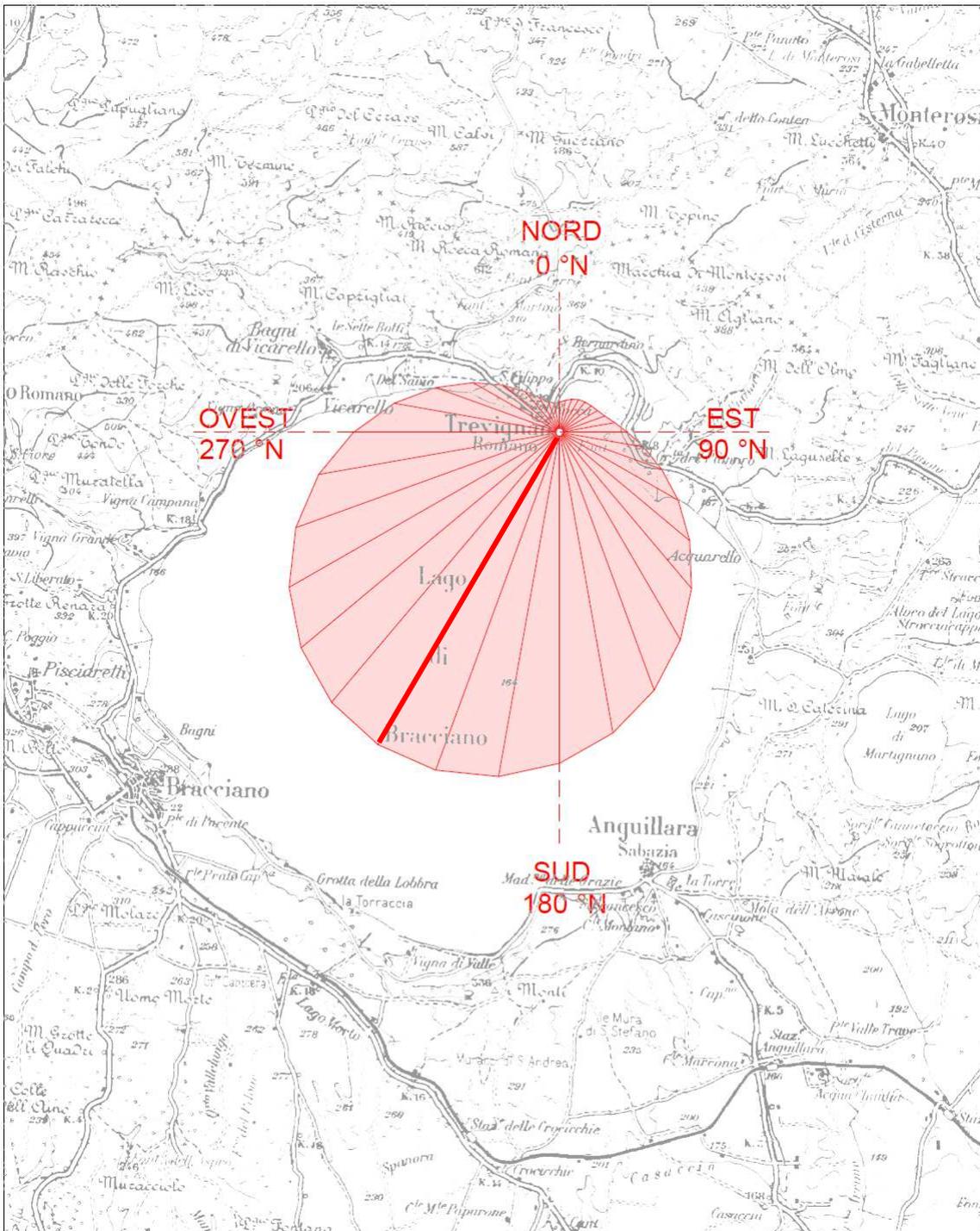


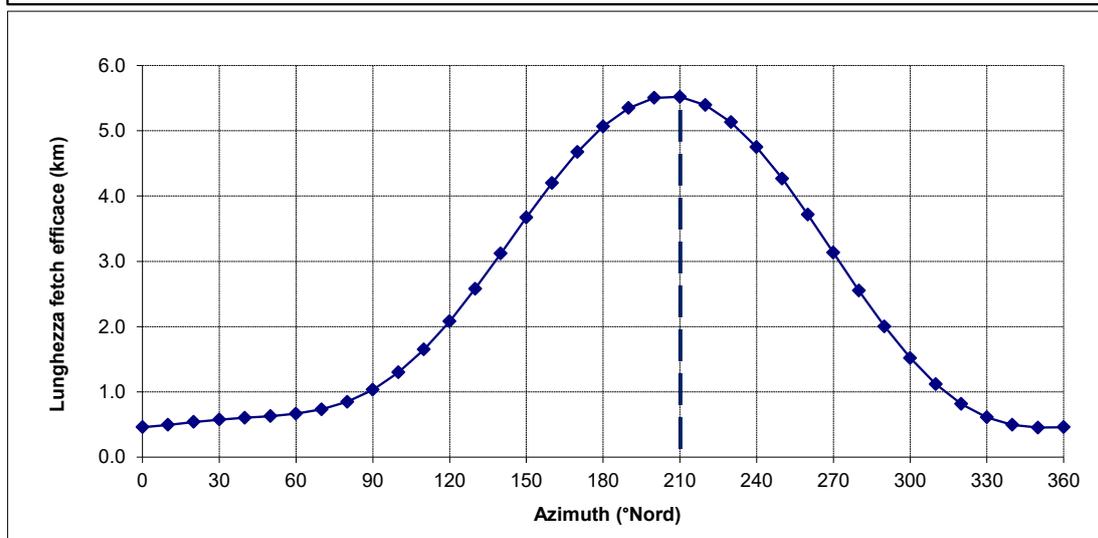
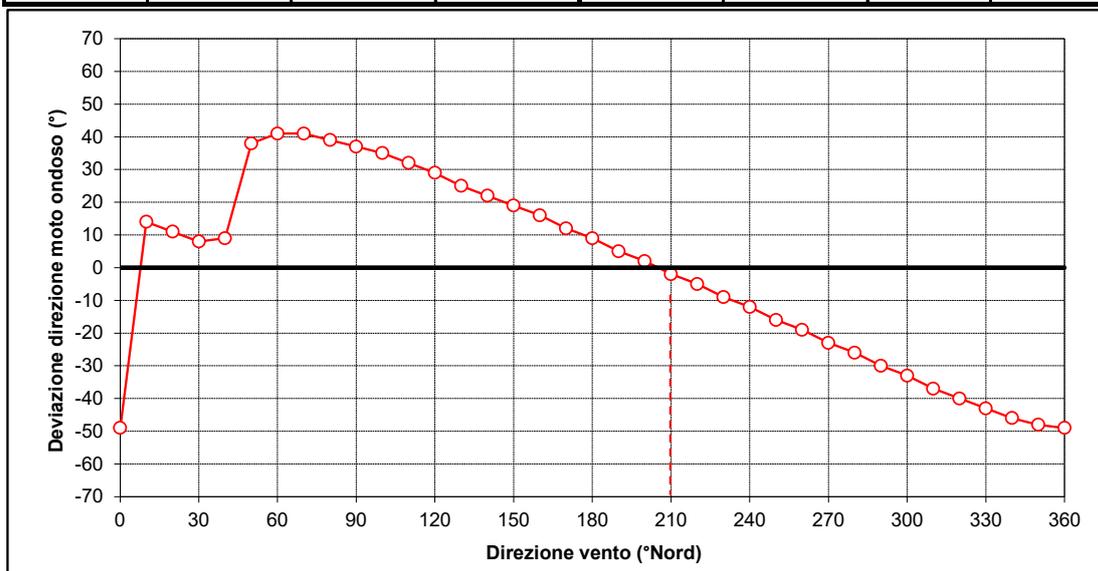
Figura 2.2 – Fetch efficaci

COMUNE DI TREVIGNANO ROMANO - arrivo - Prot. 16259/PROT del 30/11/2020 - titolo VI - classe 09

Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni
PROGETTO DEFINITIVO

Fetch geografici ed efficaci in corrispondenza del punto antistante il pontile

Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)	Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)
0	0.48	0.46	-49.0	180	6.98	5.07	9.0
10	0.70	0.49	14.0	190	8.08	5.35	5.0
20	0.84	0.54	11.0	200	7.96	5.50	2.0
30	0.91	0.58	8.0	210	7.82	5.52	-2.0
40	0.99	0.60	9.0	220	7.71	5.39	-5.0
50	0.99	0.63	38.0	230	7.47	5.13	-9.0
60	0.97	0.66	41.0	240	7.21	4.75	-12.0
70	0.71	0.73	41.0	250	6.54	4.27	-16.0
80	0.63	0.85	39.0	260	5.01	3.72	-19.0
90	0.61	1.03	37.0	270	4.17	3.13	-23.0
100	0.62	1.30	35.0	280	2.84	2.55	-26.0
110	0.76	1.65	32.0	290	1.82	2.00	-30.0
120	1.39	2.08	29.0	300	0.28	1.52	-33.0
130	3.23	2.58	25.0	310	0.25	1.12	-37.0
140	4.11	3.12	22.0	320	0.23	0.81	-40.0
150	4.88	3.67	19.0	330	0.24	0.61	-43.0
160	6.29	4.20	16.0	340	0.28	0.49	-46.0
170	6.98	4.67	12.0	350	0.35	0.45	-48.0



3 Regime dei venti

In generale la conoscenza del "clima anemologico" locale, cioè della distribuzione di frequenza della velocità e direzione del vento, è di grande importanza in quanto è necessaria sia per il dimensionamento degli ancoraggi del pontile di accosto, ma anche per la determinazione del moto ondoso (onda di progetto).

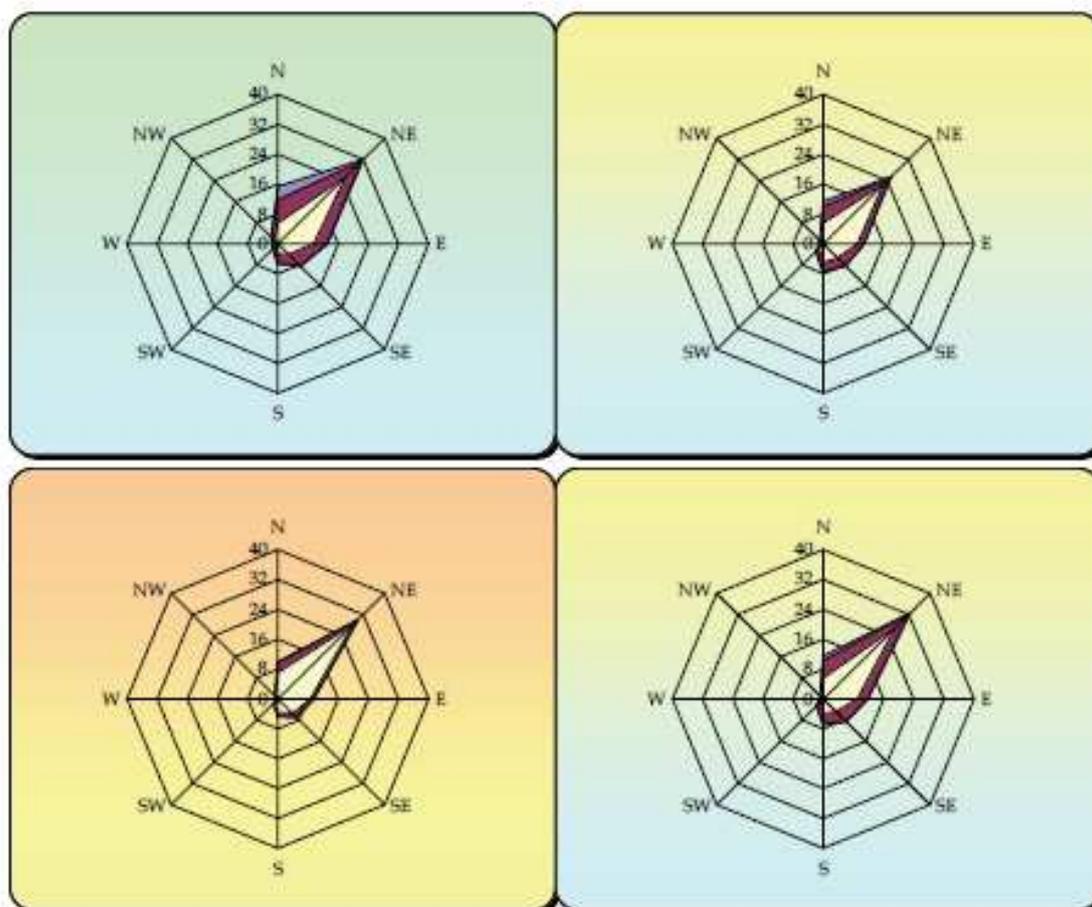
Per la individuazione del regime dei venti nel sito costiero in esame sono stati analizzati i dati della stazione anemometrica di:

- Vigna di Valle (Stazione A.M. - Lat. 42°04'52.73"N Long. 12°12'42.09"E: periodo di riferimento dal 1971 al 2000; quota: + 266 m s.l.m.);

La distribuzione delle frequenze annuali, per settori di provenienza e classi di intensità del vento (espresse in nodi), comprese le calme, è stata sintetizzata nelle tabelle 3.1 ÷ 3.3 e rappresentata graficamente nei grafici polari riportati nelle figure 3.1 ÷ 3.3.

DISTRIBUZIONE DEI VENTI (WIND DISTRIBUTION) - HH 06													
MM	Calme Calm	N 1-10	N 11-20	N >20	NE 1-10	NE 11-20	NE >20	E 1-10	E 11-20	E >20	SE 1-10	SE 11-20	SE >20
Gen(Jan)	18.59	5.47	5.70	3.19	27.14	5.59	0.80	9.58	3.19	0.23	4.45	4.45	0.00
Feb(Feb)	20.86	7.03	7.03	3.46	23.00	5.36	0.48	10.49	3.81	0.00	3.93	4.17	0.36
Mar(Mar)	28.06	4.33	5.63	2.60	21.99	4.44	0.87	9.86	1.73	0.00	5.20	3.68	0.11
Apr(Apr)	30.99	5.08	4.32	1.40	21.81	1.40	0.54	8.53	2.16	0.00	5.29	3.56	0.00
Mag(May)	34.05	7.52	3.01	0.21	24.06	1.29	0.00	8.92	1.07	0.00	5.48	1.72	0.00
Giu(Jun)	34.30	7.40	1.91	0.11	25.34	1.57	0.22	9.30	0.90	0.00	6.28	1.91	0.00
Lug(Jul)	39.35	7.02	3.23	0.33	25.86	2.12	0.11	7.92	0.45	0.00	6.02	0.67	0.00
Ago(Aug)	34.05	6.92	2.70	0.11	32.97	1.95	0.00	8.65	0.86	0.32	4.22	1.73	0.00
Set(Sep)	30.29	6.46	4.34	0.45	25.84	3.79	0.00	9.80	1.56	0.00	6.46	2.00	0.11
Ott(Oct)	21.81	4.86	3.78	1.08	30.56	5.83	0.32	9.07	2.70	0.11	4.10	4.43	0.11
Nov(Nov)	19.70	5.53	5.76	2.42	24.65	6.34	0.46	8.18	3.69	0.12	3.69	4.84	0.00
Dic(Dec)	19.46	4.25	6.04	3.91	25.95	6.82	0.78	8.50	3.36	0.11	3.69	4.14	0.11
MM	S 1-10	S 11-20	S >20	SW 1-10	SW 11-20	SW >20	W 1-10	W 11-20	W >20	NW 1-10	NW 11-20	NW >20	
Gen(Jan)	2.39	2.96	0.00	0.46	0.68	0.34	0.80	0.34	0.11	2.28	0.91	0.23	
Feb(Feb)	2.50	2.50	0.12	0.48	1.07	0.00	0.60	0.36	0.12	0.95	0.83	0.00	
Mar(Mar)	4.01	2.82	0.33	1.19	0.65	0.00	0.87	0.22	0.00	0.98	0.43	0.00	
Apr(Apr)	5.40	2.70	0.11	1.84	2.05	0.11	0.65	0.54	0.11	1.08	0.22	0.00	
Mag(May)	5.48	2.04	0.11	1.61	0.75	0.11	0.97	0.00	0.00	0.75	0.32	0.00	
Giu(Jun)	4.82	1.68	0.00	2.02	0.34	0.00	0.22	0.00	0.00	0.90	0.34	0.00	
Lug(Jul)	3.90	0.67	0.00	0.78	0.56	0.00	0.11	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	
Ago(Aug)	2.16	0.76	0.00	0.86	0.11	0.00	0.22	0.00	0.00	0.86	0.32	0.00	
Set(Sep)	3.67	1.67	0.00	1.00	1.00	0.00	0.67	0.00	0.11	0.45	0.22	0.11	
Ott(Oct)	4.21	2.70	0.22	1.08	0.97	0.00	0.76	0.11	0.00	0.65	0.32	0.00	
Nov(Nov)	3.57	4.15	0.35	1.04	2.42	0.23	0.69	0.23	0.00	0.92	0.69	0.12	
Dic(Dec)	2.91	2.24	0.45	0.45	2.35	0.22	0.89	0.89	0.00	1.57	0.78	0.11	

Tabella 3.1



I diagrammi del vento sono ordinati per stagione come la tabella seguente.
 (The anemometric diagrams are ordered by season as follows)

INVERNO (Dic. - Gen. - Feb.) WINTER (Dec. - Jan. - Feb.) % calme di vento = 20 % Wind Calm =	PRIMAVERA (Mar. - Apr. - Mag.) SPRING (Mar. - Apr. - May.) % calme di vento = 31 % Wind Calm =
ESTATE (Giu. - Lug. - Ago.) SUMMER (Jun. - Jul. - Aug.) % calme di vento = 36 % Wind Calm =	AUTUNNO (Set. - Ott. - Nov.) AUTUMN (Sep. - Oct. - Nov.) % calme di vento = 24 % Wind Calm =

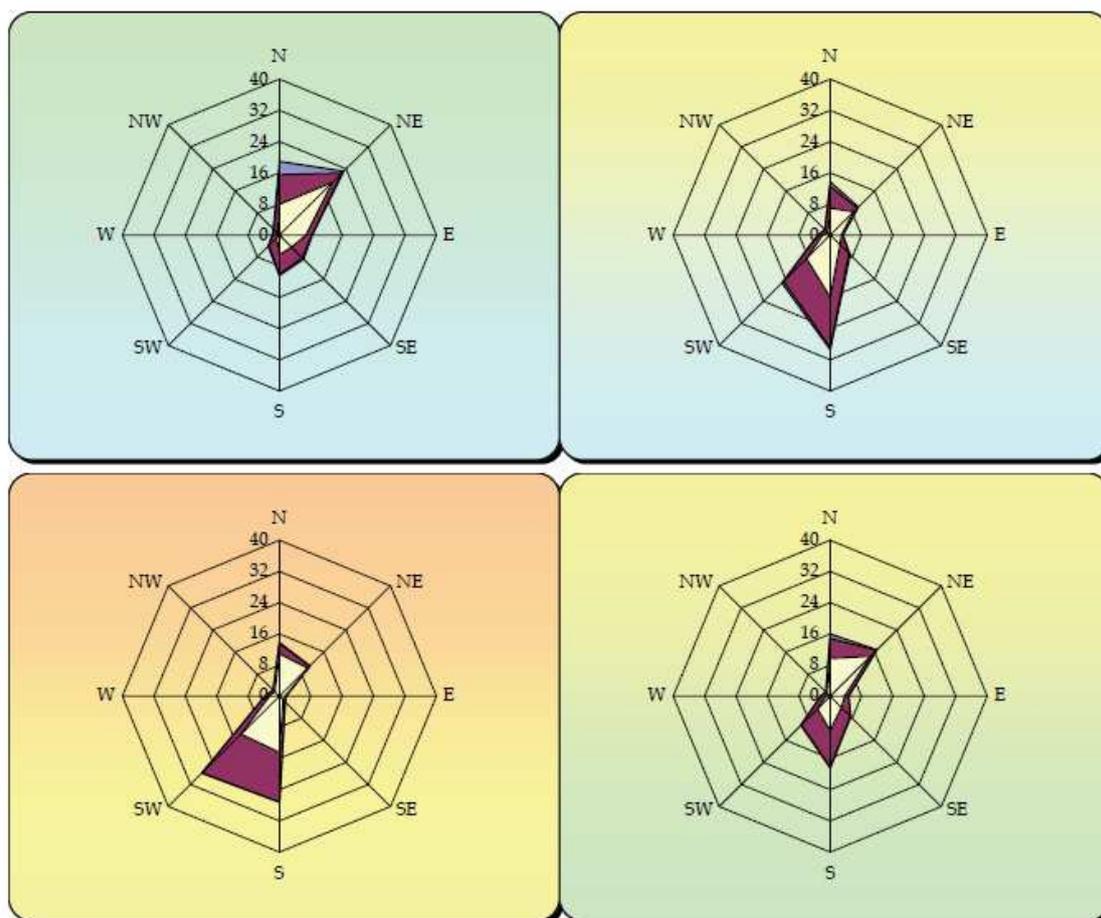
Periodo di riferimento dei dati (Period of reference considered to get data) = 1971 ÷ 2000
 Frequenze percentuali alle ore (Percentage frequency of occurrence at) = 06 UTC

Figura 3.1

Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni
PROGETTO DEFINITIVO

VIGNA DI VALLE (Roma) 266 m. s.l.m. (a.s.l.)													
DISTRIBUZIONE DEI VENTI (WIND DISTRIBUTION) - HH 12													
MM	Calme Calm	N 1-10	N 11-20	N >20	NE 1-10	NE 11-20	NE >20	E 1-10	E 11-20	E >20	SE 1-10	SE 11-20	SE >20
Gen(Jan)	23.09	8.40	7.51	3.20	20.00	2.10	0.88	8.07	1.99	0.11	4.20	3.98	0.55
Feb(Feb)	20.33	8.56	8.09	2.97	16.53	3.80	0.59	5.23	1.31	0.12	5.23	4.64	0.00
Mar(Mar)	16.00	7.24	6.59	2.27	11.57	2.27	0.86	3.89	0.32	0.00	4.86	3.78	0.76
Apr(Apr)	11.21	5.50	6.36	0.75	7.22	1.40	0.32	2.91	0.54	0.00	3.77	4.42	0.32
Mag(May)	12.67	8.06	3.65	0.43	6.55	0.43	0.00	1.72	0.21	0.00	2.04	1.29	0.21
Giu(Jun)	9.54	9.32	2.02	0.22	8.64	0.45	0.11	0.56	0.22	0.00	1.80	0.79	0.00
Lug(Jul)	7.59	10.60	3.68	0.33	10.60	1.00	0.11	1.67	0.00	0.00	0.78	0.67	0.00
Ago(Aug)	8.80	12.72	2.17	0.11	11.41	0.54	0.00	2.28	0.11	0.00	1.41	0.54	0.22
Set(Sep)	18.54	10.22	3.60	0.45	12.36	1.46	0.22	2.13	0.34	0.00	3.03	1.91	0.00
Ott(Oct)	22.88	10.02	4.79	1.20	13.94	2.61	0.11	3.70	1.63	0.00	4.25	3.49	0.33
Nov(Nov)	24.10	8.69	7.18	1.62	17.38	2.20	0.23	5.10	1.04	0.00	4.98	4.06	0.23
Dic(Dec)	23.63	6.69	7.13	4.12	20.96	4.01	0.56	7.02	1.11	0.11	3.68	3.12	0.67
MM	S 1-10	S 11-20	S >20	SW 1-10	SW 11-20	SW >20	W 1-10	W 11-20	W >20	NW 1-10	NW 11-20	NW >20	
Gen(Jan)	4.42	4.42	0.22	0.55	1.77	0.11	0.88	0.55	0.00	0.55	1.77	0.44	
Feb(Feb)	7.13	6.30	0.12	1.55	2.97	0.36	0.59	1.31	0.12	0.59	1.43	0.00	
Mar(Mar)	14.16	10.38	0.97	3.89	4.22	0.43	1.41	1.08	0.11	0.32	1.84	0.00	
Apr(Apr)	17.13	13.69	0.54	8.41	9.70	0.75	1.29	1.40	0.11	1.08	0.54	0.00	
Mag(May)	16.65	14.50	0.11	13.32	10.85	0.54	3.22	0.86	0.00	1.18	0.75	0.00	
Giu(Jun)	15.82	13.36	0.11	14.14	14.48	0.11	3.25	1.35	0.00	1.68	0.67	0.00	
Lug(Jul)	13.84	11.94	0.00	13.95	15.40	0.11	2.23	0.89	0.00	1.56	0.67	0.00	
Ago(Aug)	13.70	12.72	0.00	13.37	12.07	0.11	2.28	0.98	0.00	1.85	0.22	0.00	
Set(Sep)	12.02	11.24	0.34	8.65	7.53	0.00	1.80	1.35	0.00	1.69	0.45	0.00	
Ott(Oct)	8.82	9.26	0.44	3.38	5.01	0.33	1.20	1.20	0.00	0.76	0.44	0.00	
Nov(Nov)	5.56	7.53	0.00	1.85	4.75	0.23	0.46	1.16	0.12	0.70	0.58	0.00	
Dic(Dec)	3.57	4.46	0.45	0.78	3.68	0.45	0.45	1.45	0.11	0.78	1.00	0.00	

Tabella 3.2



I diagrammi del vento sono ordinati per stagione come la tabella seguente.
 (The anemometric diagrams are ordered by season as follows)

INVERNO (Dic. - Gen. - Feb.) WINTER (Dec. - Jan. - Feb.) % calme di vento = % Wind Calm = 22	PRIMAVERA (Mar. - Apr. - Mag.) SPRING (Mar. - Apr. - May.) % calme di vento = % Wind Calm = 13
ESTATE (Giu. - Lug. - Ago.) SUMMER (Jun. - Jul. - Aug.) % calme di vento = % Wind Calm = 9	AUTUNNO (Set. - Ott. - Nov.) AUTUMN (Sep. - Oct. - Nov.) % calme di vento = % Wind Calm = 22

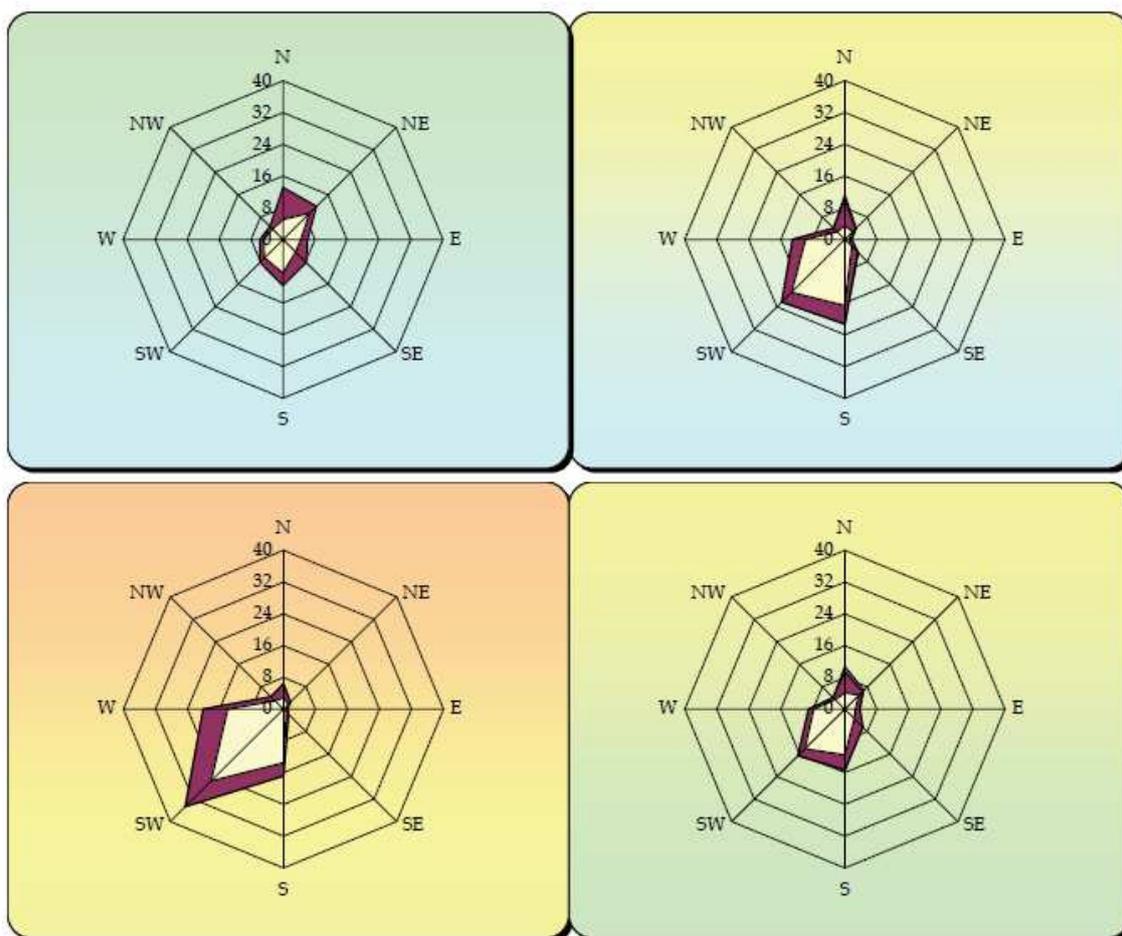
Periodo di riferimento dei dati (Period of reference considered to get data) = **1971 + 2000**
 Frequenze percentuali alle ore (Percentage frequency of occurrence at) = **12 UTC**

Figura 3.2

Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni
PROGETTO DEFINITIVO

DISTRIBUZIONE DEI VENTI (WIND DISTRIBUTION) - HH 18													
MM	Calme Calm	N 1-10	N 11-20	N >20	NE 1-10	NE 11-20	NE >20	E 1-10	E 11-20	E >20	SE 1-10	SE 11-20	SE >20
Gen(Jan)	28.35	6.46	6.22	2.63	11.00	0.96	1.44	5.14	2.03	0.00	3.35	4.19	0.36
Feb(Feb)	19.97	3.31	10.94	2.29	4.71	3.05	0.38	2.04	1.78	0.00	5.47	2.42	0.13
Mar(Mar)	16.65	3.93	8.44	1.73	2.77	1.50	0.46	1.27	1.16	0.00	3.24	3.47	0.69
Apr(Apr)	17.32	3.00	7.27	1.15	2.89	0.81	0.23	1.39	0.46	0.00	3.12	1.96	0.00
Mag(May)	18.13	3.46	4.27	0.23	2.77	0.58	0.00	0.58	0.23	0.00	1.04	0.81	0.00
Giu(Jun)	11.90	3.13	2.64	0.00	1.32	0.60	0.24	1.20	0.00	0.00	0.96	0.36	0.12
Lug(Jul)	10.78	2.63	4.67	0.12	2.16	0.96	0.00	0.84	0.24	0.00	0.96	1.08	0.00
Ago(Aug)	13.91	2.83	2.94	0.34	1.70	0.45	0.00	0.34	0.34	0.00	1.13	0.68	0.00
Set(Sep)	22.71	2.20	4.52	0.35	2.43	0.46	0.23	1.74	0.46	0.00	1.74	0.70	0.00
Ott(Oct)	28.06	5.16	3.82	1.35	4.60	1.46	0.79	2.13	1.12	0.00	4.04	3.93	0.00
Nov(Nov)	30.07	4.83	7.97	1.93	7.97	1.81	0.60	3.99	1.81	0.00	4.35	4.35	0.00
Dic(Dec)	28.29	5.43	7.04	4.39	12.36	3.46	0.46	6.24	1.27	0.00	4.62	4.50	0.23
MM	S 1-10	S 11-20	S >20	SW 1-10	SW 11-20	SW >20	W 1-10	W 11-20	W >20	NW 1-10	NW 11-20	NW >20	
Gen(Jan)	7.66	3.11	0.24	4.67	1.08	0.00	5.50	0.36	0.12	3.95	0.72	0.24	
Feb(Feb)	10.81	3.69	0.00	12.47	1.40	0.25	6.49	1.27	0.00	5.09	1.40	0.00	
Mar(Mar)	13.53	3.58	0.12	18.61	2.08	0.00	9.71	2.77	0.12	2.31	1.39	0.23	
Apr(Apr)	16.97	5.89	0.12	17.09	4.62	0.00	8.31	3.23	0.00	1.96	1.96	0.00	
Mag(May)	19.40	4.39	0.00	20.90	3.58	0.00	11.43	3.70	0.00	4.04	0.23	0.00	
Giu(Jun)	15.02	4.57	0.00	25.00	11.66	0.24	11.30	5.41	0.00	3.00	1.32	0.00	
Lug(Jul)	12.10	2.87	0.00	24.91	8.14	0.00	15.45	7.54	0.00	2.51	1.80	0.00	
Ago(Aug)	13.46	2.38	0.11	26.81	7.47	0.00	15.05	5.43	0.00	3.51	1.13	0.00	
Set(Sep)	15.30	3.36	0.00	24.33	3.13	0.00	10.43	2.78	0.00	2.32	0.70	0.12	
Ott(Oct)	12.68	3.14	0.22	13.58	1.80	0.11	7.30	0.79	0.00	3.03	0.45	0.00	
Nov(Nov)	6.64	4.71	0.24	4.35	2.17	0.36	5.56	0.24	0.00	4.95	0.85	0.00	
Dic(Dec)	6.93	2.77	0.23	2.42	2.42	0.12	2.54	1.15	0.12	2.08	0.69	0.12	

Tabella 3.3



I diagrammi del vento sono ordinati per stagione come la tabella seguente.
 (The anemometric diagrams are ordered by season as follows)

INVERNO (Dic. - Gen. - Feb.) WINTER (Dec. - Jan. - Feb.) % calme di vento = 26 % Wind Calm =	PRIMAVERA (Mar. - Apr. - Mag.) SPRING (Mar. - Apr. - May.) % calme di vento = 17 % Wind Calm =
ESTATE (Giu. - Lug. - Ago.) SUMMER (Jun. - Jul. - Aug.) % calme di vento = 12 % Wind Calm =	AUTUNNO (Set. - Ott. - Nov.) AUTUMN (Sep. - Oct. - Nov.) % calme di vento = 27 % Wind Calm =

Periodo di riferimento dei dati (Period of reference considered to get data) = **1971 ÷ 2000**
 Frequenze percentuali alle ore (Percentage frequency of occurrence at) = **18 UTC**

Figura 3.3

Dall'analisi delle registrazioni relative alla stazione di misura considerata si nota una non trascurabile variabilità del regime di vento, in termini sia di direzione che di intensità, distribuite in maniera differente nell'arco dell'intera giornata (ore 00, 06, 12, 18). Dall'analisi dei dati tabulati e rappresentati nei grafici polari è facile evincere che per la stazione di Vigna di Valle i venti locali più frequenti sono diretti secondo l'asse Sud Sud-Ovest (mezzogiorno-libeccio) Nord Nord-Est (tramontana-grecale); in particolare tali direzioni

hanno le maggiori frequenze di accadimento nelle stagioni primaverile ed estive, nella seconda metà della giornata (ore 12 e 18). Le maggiori frequenze dei venti più intensi (ovvero quelli caratterizzati da velocità superiori ai 20 nodi) provengono dal settore di Sud-Ovest (libeccio) nei mesi di Febbraio e di Ottobre-Novembre. Le maggiori intensità del vento registrate sono di poco superiori ai 60 km/h ovvero poco più di 16 m/s o 33 nodi.

4 Livello idrico di riferimento e sue variazioni

Il livello idrico di riferimento per il lago di Bracciano è rappresentato dallo “zero idrometrico”, ovvero dal livello lacustre che consente lo sversamento naturale nel fiume Arrone che è l'unico corso d'acqua emissario del lago. Tale livello, variabile nel corso dell'anno, dipende sia dalla quantità di afflussi e deflussi di origine meteorica sia dal fenomeno di evapotraspirazione che la superficie liquida subisce soprattutto nei mesi più caldi (primavera-estate).

Si deve sottolineare che l'apporto idrico del lago di Bracciano è dovuto in minima parte all'immissione di volumi idrici da parte di modesti fossi immissari al bacino lacustre che però forniscono volumi molto limitati, per cui il bacino lacustre viene sostanzialmente alimentato esclusivamente dalle acque meteoriche e dalle sorgenti sotterranee.

Il valore di riferimento dello “zero idrometrico” è fissato a 163,04 metri sul l.m.m. e rappresenta il livello idrico limite per cui si verifica lo sversamento naturale del lago nel fiume Arrone. Facendo riferimento al monitoraggio ed analisi dei dati relativi ai livelli resi disponibili dall'Ente Parco e dal SIARL (Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio), è stato possibile desumere la variabilità dei livelli idrici delle acque del lago, a partire dal 1 maggio 2015 fino ad oggi, individuando come valore di partenza proprio quello di riferimento dello zero idrometrico.

Dall'analisi svolta dagli Enti sopra citati è stato possibile desumere come il principale rifornimento idrico lacustre sia rappresentato dalla modesta quantità meteorica riconducibile alle piogge cadute dal 2016 fino alla metà del 2017 che però non spiega il notevole abbassamento del livello del lago, che ha raggiunto il valore record negativo di -198 cm rispetto allo “zero idrometrico” il 29 novembre 2017 (vedi grafico seguente).

L'intensificazione delle precipitazioni nel corso dell'anno 2018 (decisamente più piovoso rispetto al biennio 2016-2017) ha arrestato la discesa del livello idrometrico del lago, congiuntamente all'arresto dei prelievi operati dalla Soc. ACEA per l'approvvigionamento idrico potabile di Roma. Sempre dal grafico sottostante è possibile osservare come nei primi cinque mesi del 2019 le precipitazioni sono state particolarmente copiose con piogge cumulate pari a circa 80% di quella complessiva di tutto l'anno 2018. Infine per i primi mesi

dell'anno 2020 il livello si continua a mantenere al di sotto dello zero idrometrico di circa 140 cm, ma sembrerebbe esserci un tendenziale incremento del livello di riferimento che dopo il primo semestre si è attestato alla quota di 161,90 metri sul l.m.m.



Misurazione del livello idrometrico del lago aggiornata al 26.09.2020

Considerando il trend evolutivo osservato si può ipotizzare che per raggiungere nuovamente il valore dello zero idrometrico (+ 163,04 m sul l.m.m.) si dovrà attendere ancora qualche anno (almeno altri 4-5 anni).

Per quanto riguarda l'evaporazione dello specchio lacustre è stato possibile fare riferimento alle elaborazioni eseguite da ISPRA nel Rapporto del 18.10.2017: "Analisi e valutazione dello stato ambientale del Lago di Bracciano riferito all'estate 2017".

Facendo riferimento alla Tabella 2 riportata a pagina 16 del suddetto rapporto in cui sono riportate le caratteristiche morfometriche, idrologiche e idrogeologiche del lago di Bracciano desunte dalla principale letteratura tecnico-scientifica è stato possibile calcolare come nel lungo periodo di riferimento (1975 – 2011) l'evaporazione media annua è stata di 985 mm/anno, mentre l'evapotraspirazione di 424 mm/anno. Tali valori sono controbilanciati da un apporto meteorico medio annuo di 880 mm/anno e da quello idrico dovuto al ruscellamento e alla ricarica da falda, rispettivamente di 109 e 343 mm/anno. Dal loro confronto si desume facilmente che il bilancio si avvicina complessivamente all'equilibrio, ma con un sempre crescente problema di scarsità idrica che si manifesta, attraverso la riduzione dei livelli nel corpo idrico lacuale interessato dai prelievi dettati da necessità di natura antropica (ovvero di sopperire ai sempre maggiori fabbisogni idrico-potabili delle città soprattutto nei mesi estivi).

Lavori di realizzazione pontili per piccole imbarcazioni
PROGETTO DEFINITIVO

	A	B	C	D	E
	Musmeci e Correnti, 2002	Dragoni et al., 2006	Medici, 2007	Taviani e Henriksen, 2015	CNR-ISE LIMNO
Caratteristiche morfometriche					
Estensione specchio liquido	57 km ²	57 km ²	57 km ²	57 km ²	57.47 km ²
Perimetro dello specchio liquido					
Estensione bacino idrografico (superficiale)	110 km ² (1)	91 km ² (2)			
Estensione bacino idrogeologico (sotterraneo)		110 km ² (2)		150 km ² (1)	
Quota del lago				162 m s.l.m.	
Profondità massima		160 m		165 m	
Volume del lago				4.85 km ³	
Quota zero idrometrico					
Grandezze bilancio					
Periodo di riferimento			2005	1975-2011	
Precipitazione annua	967 mm		1237 mm	880 mm	
Temperatura media annua				23.7 °C	
Evaporazione annua dallo specchio liquido	1193 mm		1131 mm	985 mm	
Evapotraspirazione annua	300 mm		687 mm	424 mm	
Ruscigliamento annuo			272 mm	109 mm	
Ricarica annua della falda		25 hm ³		343 mm	
Alimentazione sotterranea annua		15 hm ³	18.761 hm ³ (3)		
Dati sui prelievi					
Prelievi di ACEA dal lago		25 hm ³ (3)		0.5 m ³ /s o 166 mm (3)	
Prelievo acquedotto Traiano				0.2 m ³ /s o 68 mm (5)	
Acque intercettate dal collettore circumlacuale		4 hm ³ (4)		0.03 m ³ /s (4)	
Emungimenti da pozzi	0.5 m ³ /s (5)	10 hm ³ (5)		49 mm (6)	

Le variazioni del livello idrico del lago di Bracciano, oltre che dalla variabilità degli apporti e dei prelievi, per gli scopi del presente progetto vanno rivolti anche alle possibili alterazioni del livello (sovralzi) cui il lago viene sottoposto in corrispondenza di perturbazioni atmosferiche, ovvero alle variazioni della pressione atmosferica e quelle del livello delle acque sottostanti.

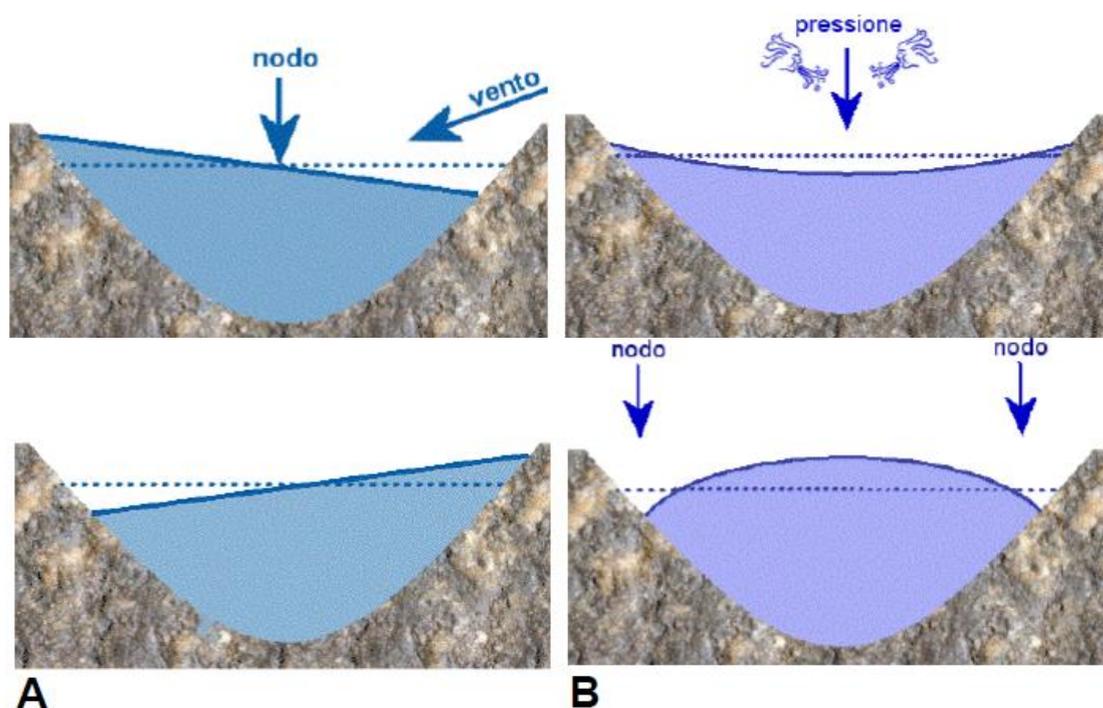
Analogamente alla superficie marina nei laghi il vento scorrendo sulla superficie liquida cede parte della sua energia alla massa d'acqua con la quale entra in contatto generando sia il moto ondoso sia le sesse (superficiali e interne).

Per il calcolo del moto ondoso causato dal vento si rimanda al successivo paragrafo della presente relazione, mentre di seguito viene riportata la valutazione dei livelli di oscillazione relativi alle sesse. Con il termine "sessa" si intende un movimento periodico delle acque all'interno di un bacino lacustre.

Come indicato poco sopra le sesse consistono in moti oscillatori che si originano:

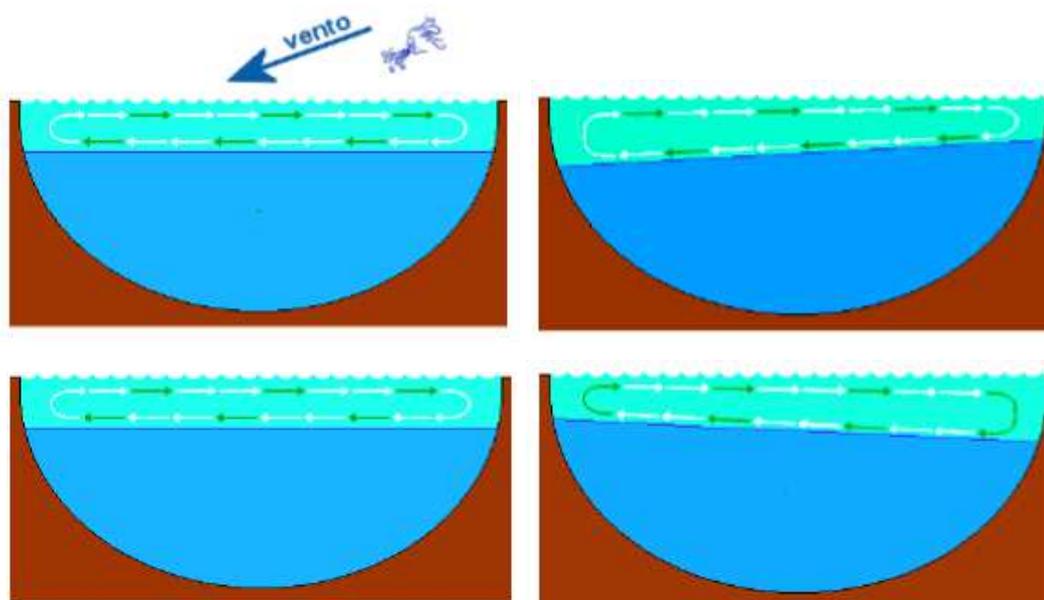
- quando il vento soffia costantemente in una direzione, spingendo l'acqua sottovento (*sessa superficiale*). Di conseguenza l'acqua si accumula sul tratto di costa sottovento e viene mantenuta in quella zona finché spira il vento. Quando il vento cala, la massa d'acqua accumulata rifluisce indietro per gravità, innescando una oscillazione che

progressivamente decresce per effetto della frizione e della gravità. Le sesse superficiali si evidenziano quando il lago non è stratificato; in particolare nella stagione autunnale quando lo strato di acqua superficiale (epilimnio), riscaldatosi in estate, inizia a raffreddare facendo diventare l'acqua più densa e facendola scendere verso il fondo (ipolimnio) aiutata dall'azione del vento. L'ampiezza massima di una sessa superficiale si ha sulla parte superficiale del lago, ma la sessa (come appena spiegato) coinvolgono l'intera colonna d'acqua. Le sesse superficiali nei laghi si manifestano come piccole variazioni del livello, misurabili con specifiche apparecchiature chiamate limnografi. L'entità delle sesse dipende dalla morfologia e dalle dimensioni del lago. I due punti estremi di massima oscillazione si dicono ventri (o antinodi) e il punto centrale, dove questi movimenti pendolari si annullano, nodo. Il periodo di una sessa superficiale è l'intervallo di tempo tra due alti o bassi livelli successivi e per ampiezza si intende il dislivello tra la massima e la minima altezza successiva raggiunta dalle acque. Oltre al fenomeno comune delle sesse superficiali uninodali, si possono avere anche sesse multinodali, generate da periodici aumenti e diminuzioni della pressione atmosferica al centro di un bacino. La loro ampiezza è di solito inferiore a quella delle sesse uninodali. Le sesse, provocando uno spostamento periodico delle acque, generano delle modeste correnti (dell'ordine del cm/sec) dirette alternativamente in senso opposto;



Sessa superficiale uninodale (A) e binodale (B)
(tratto da R. Bertoni – Laghi e scienza: introduzione alla limnologia)

- quando il vento spira nella stessa direzione per un periodo di tempo abbastanza lungo causando un “accumulo” della massa d’acqua (*sesse interne*). Si verificano quando il lago è stratificato (ovvero in primavera ed estate che sono i periodi in cui l’apporto di calore attraverso la radiazione solare determina un innalzamento della temperatura delle acque superficiali) e non sono evidenti in superficie, ma coinvolgono strati d’acqua di diversa densità che oscillano con onde stazionarie. Quando l’azione del vento cessa, le acque epilimniche tendono a riprendere la loro precedente distribuzione di equilibrio. La superficie che entra in oscillazione è, in questo caso, quella di separazione tra due strati d’acqua sovrapposti di diversa densità e generalmente il fenomeno si manifesta come variazioni di profondità del termoclino. Sono di solito più ampie e con periodo maggiore delle sesse superficiali e possono essere alte alcuni metri.

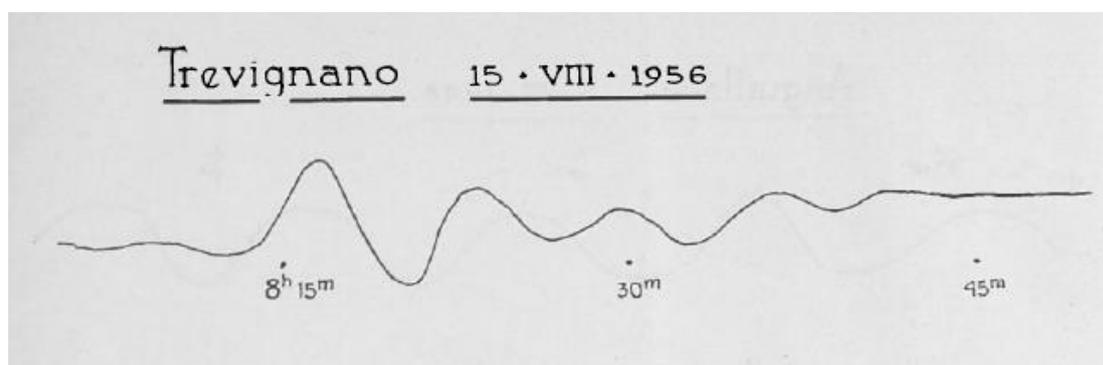


Evoluzione delle sesse interne
(tratto da R. Bertoni – Laghi e scienza: introduzione alla limnologia)

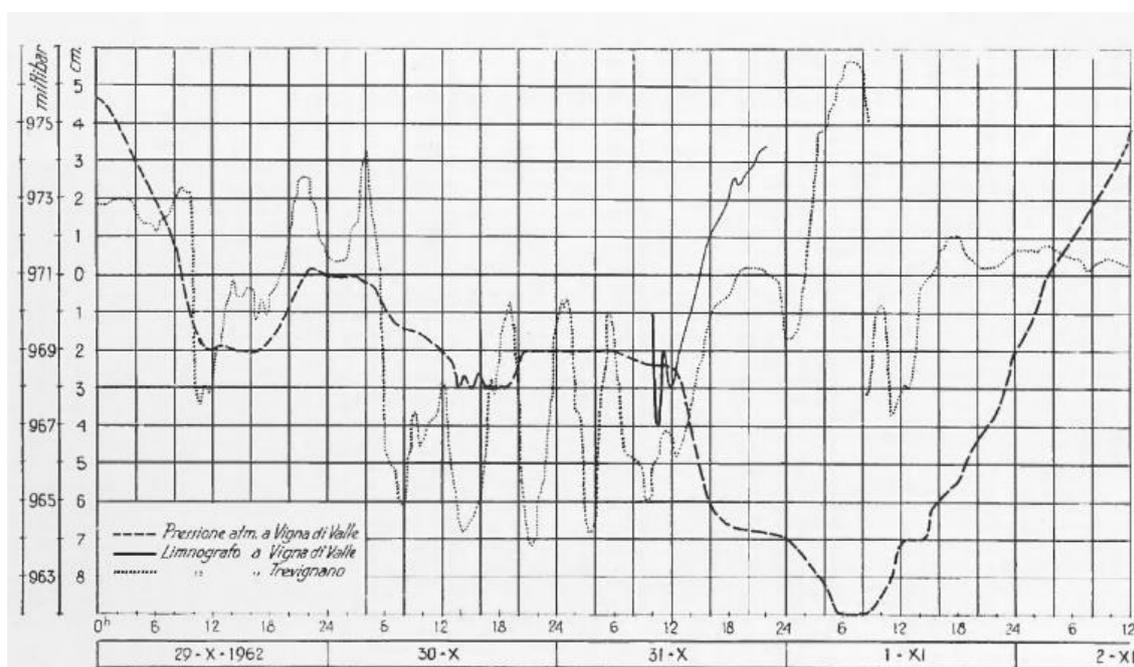
Il lago di Bracciano è stato oggetto di indagini di campo, con metodi diversi, per la determinazione dei possibili moti liberi superficiali del bacino lacustre (P. Caloi - Oscillazioni libere del lago di Bracciano: loro caratteristiche e loro energia), ma anche dovute alle onde interne (P. Caloi - M. Migani).

I risultati delle rilevazioni attraverso limnografi sono riassunti nella tabella e figura seguenti in cui sono rappresentati rispettivamente i periodi dei moti oscillatori e le ampiezze dicrote (ovvero di differente altezza e prodotte dall’interferenza di due fatti ondulatori) aventi valori dell’ordine delle decina di centimetri:

Oscillazione libera	Bacino circolare (Caloi)			
	modo simmetrico		modo asimmetrico	
	profondità uniforme	profondità variabile	profondità uniforme	profondità variabile
	m	m	m	m
T_0	4,0	4,0	8,4	8,0
T_1	2,2	2,3	2,9	3,0
T_2	1,5	1,6	1,8	1,9



Per quanto riguarda le onde interne si riporta il grafico in cui sono evidenziati i movimenti della superficie di discontinuità termica nel periodo Settembre – Novembre 1962 collegati a forti agitazioni atmosferiche e della pressione barometrica, con generazione di onde interne ampie e regolare (figura seguente), segno evidente della presenza della stratificazione estivo-autunnale.



Concludendo le variazioni di livello più importanti sono quelle (a lungo termine) relative al regime di afflussi – deflussi e prelievi ad uso idro-potabile che determinano oscillazioni del lago di Bracciano anche dell'ordine del metro. Il contributo attribuibile alle possibili sesse che si potrebbero verificare, dovute al vento e variazioni bariche, è quantificabile nell'ordine della decina di centimetri; eccezionalmente in occasione di picchi depressionari (tipici della stagione autunnale - invernale quando il lago è meno soggetto alla stratificazione) si potrebbero avere oscillazioni massime/minime di sessa variabili fino a 20-30 cm, che comunque non influiscono significativamente sui valori delle onde incidenti (vedi determinazione onda di progetto nel paragrafo seguente).

Pertanto per la determinazione del tirante idrico di progetto, non si è tenuto conto di tali valori di sovrizzo, ma del futuro livello idrico corrispondente al tirante massimo, ovvero al valore di 163,04 m che è il valore dello zero idrometrico. Per gli ulteriori approfondimenti si rimanda allo specifico elaborato inerente i calcoli di dimensionamento degli ancoraggi (corpi morti).

5 Individuazione dell'onda di progetto

Elemento indispensabile per una corretta valutazione degli eventi di moto ondoso estremi e per la definizione dell'onda morfologica finalizzata allo studio del litorale adiacente al nuovo porto, è il regime del vento (clima medio annuale e stagionale) che contraddistingue il sito in esame. La conoscenza "climatica" del vento, ovvero la definizione in termini di frequenze annuali delle grandezze che ne definiscono il regime, quali velocità del vento V_v e la direzione θ , è fondamentale per la definizione delle probabilità di occorrenza degli *eventi ondosi estremi* (onda di progetto) per il dimensionamento delle opere di attracco.

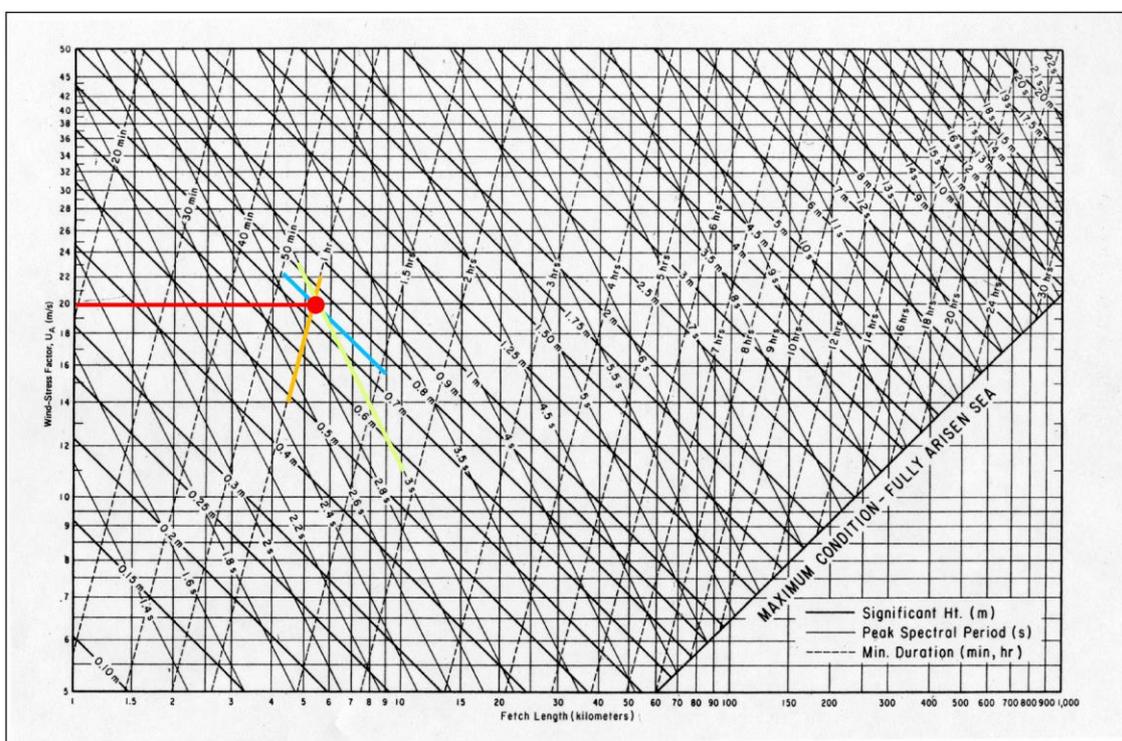
La conoscenza delle massime altezze d'onda che si possono verificare per il settore di traversia individuato, ovvero tra le direzioni $120\div 270$ °N, assume particolare importanza ai fini dell'individuazione delle onde e dell'agitazione ondosa interna che potrà interessare l'opera di accosto (pontile galleggiante).

Per la determinazione della massima altezza d'onda che può provenire da tale settore è stato utilizzato il consolidato metodo di ricostruzione delle condizioni di moto ondoso, che necessita come parametri di input la dimensione dei fetch efficaci (vedi tab. 2.1) e la velocità del vento.

L'applicazione del citato metodo di calcolo indiretto, che si basa sulle equazioni che regolano il trasferimento di energia dal vento al moto ondoso (SMB), ed ipotizza la

presenza, su tutta l'area di generazione, di un vento di intensità e direzione costanti e con durata tale che il processo di trasferimento energetico dal vento al mare (con la conseguente generazione di moto ondoso) giunga alle condizioni stazionarie, fornisce la massima altezza d'onda che è possibile ottenere per il paraggio considerato.

Utilizzando come dati di riferimento il valore massimo della lunghezza del fetch efficace pari a 5,5 km ed un vento di intensità costante di 20 m/s (pari a circa 40 nodi, congruente con i 33 nodi registrati dalla Stazione di Vigna di Valle), dall'abaco riportato in figura seguente è facilmente identificabile il valore dell'altezza d'onda significativa pari a $H_s = 0,7$ m, del periodo di picco $T_p = 3,5$ s e della persistenza del vento che risulta pari a $d = 1,5$ ore.



Abaco SMB per la determinazione dei principali parametri di moto ondoso

Considerando che la profondità media nell'area immediatamente antistante lo specchio liquido di interesse, dove verrà installato il pontile, è attualmente variabile tra i 2,0 – 2,3 m si può facilmente verificare (formulazione di Goda) che il valore massimo dell'onda calcolato con il metodo SMB, anche considerando un sovrizzo del livello del lago di 20-30 cm dovuto ad una possibile sessa, rappresenta anche il valore dell'altezza d'onda massima in condizioni di frangimento.

Si può quindi concludere affermando che, dal settore di traversia principale (mezzogiorno-libeccio) possono provenire onde aventi altezze di intensità massima di circa 0,70 m.