







C0	04/09/14	Emissione per approvazione	GP	AC	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL.	CON.	APP.
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA					
NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991 ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10 ^a ASSEGNAZIONE CIPER PER IL “SISTEMA MOSE”					
INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA CUP: D51B02000050AD1 (CIPE 10B)					
PROGETTO ESECUTIVO					
WBS: CH.E1.14 WBE: CH.E1.14.PE.01B					
BOCCA DI CHIOGGIA CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE					
ELABORATO 		CONTROLLATO 		APPROVATO 	
N. ELABORATO MV048P-PE-CAR-6021-C0		CODICE FILE MV048P-PE-CAR-6021-C0.doc		DATA 04 Settembre 2014	
CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”					
COORDINAMENTO PROGETTAZIONE VERIFICATO  CONTROLLATO   CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. M. Redi			PROGETTAZIONE  IL RESPONSABILE 		
OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N° 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE					

 TECNITALIA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

**PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE
VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA**

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991


ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10ª ASSEGNAZIONE CIPER PER IL “SISTEMA MOSE”

CONSORZIO VENEZIA NUOVA

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA
REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**

**BOCCA DI CHIOGGIA
CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE
PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI**

RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE

 PROVVEDITORATO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

INDICE

A.1. LIVELLI DI MAREA	4
A.2. VENTO	6
A.3. MOTO ONDOSO	10
A.3.1. Moto ondoso al largo	10
A.3.2. Moto ondoso all'esterno della bocca	13
A.3.3. Moto ondoso in corrispondenza del porto rifugio	18
A.3.4. Onde di fronte alle conche lato mare	22
A.3.5. Livelli di fronte alle conche lato mare	23

A.1. LIVELLI DI MAREA

Nel progetto il livello dell'acqua è riferito al livello medio mare (l.m.m), il cui riferimento (0.00 m s.l.m.m.) attualmente si trova 23 cm sopra il livello misurato a Punta della Salute, dove è collocato il mareografo storico di Venezia. Nella situazione attuale il livello a Punta della Salute durante la marea è praticamente uguale (a parte uno sfasamento temporale) a quello delle bocche di porto: pertanto nel dimensionamento delle opere in esame si farà riferimento alla statistica dei livelli misurati a Punta della Salute, per i quali si hanno a disposizione le registrazioni orarie a partire dal 1955. (Fig. A.1.1)

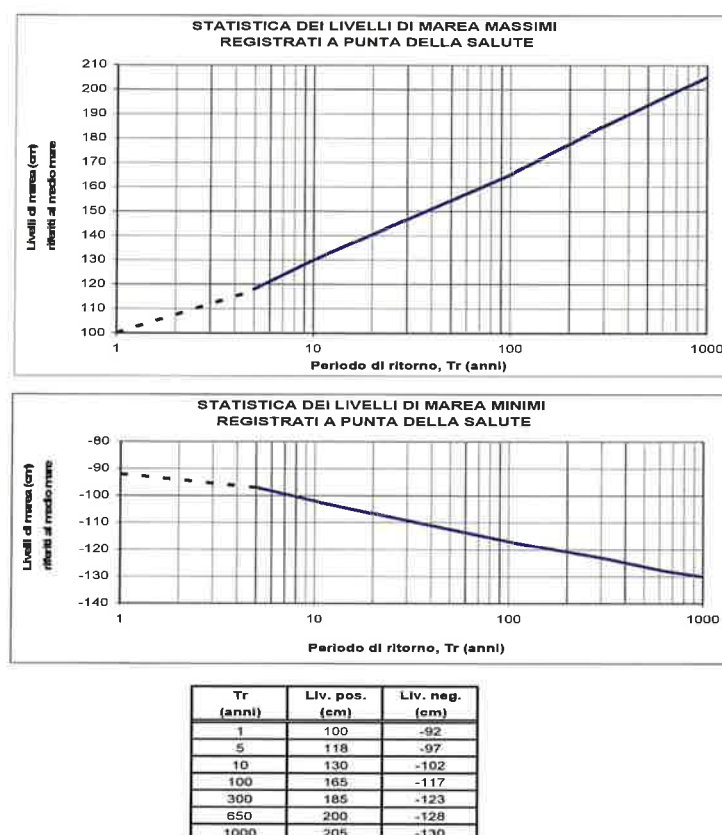



FIG. A.1.1 - STATISTICA DEI LIVELLI DI MAREA MASSIMI E MINIMI REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

Ai livelli di marea positivi va poi aggiunto l'eustatismo, il cui valore massimo considerato nel progetto delle opere mobili è di 60 cm. Tale valore viene utilizzato solo nelle verifiche in condizioni eccezionali in corrispondenza di eventi millenari.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

Per le verifiche in condizioni operative massime si fa riferimento allo scenario previsto per il 2100 assumendo, in accordo con il documento del Co.Ri.La del novembre 1999 “Scenari di crescita del livello del mare per la Laguna di Venezia”, un incremento del livello medio mare di 22 cm.

In questo documento infatti lo Scenario probabile cautelativo (SPC) di crescita relativa del livello medio mare a Venezia (somma di 1.5 – 1.7 mm/anno di eustatismo + 0.4 mm/anno di subsidenza naturale), calcolato a partire dal 1990, prevede una crescita di 22 cm per il 2100.

Considerando le singole registrazioni orarie del campione a disposizione, si è ricavata la statistica campionaria dei livelli di marea e si è definita la frequenza di superamento dei livelli di marea riportata in Fig. A.1.2.

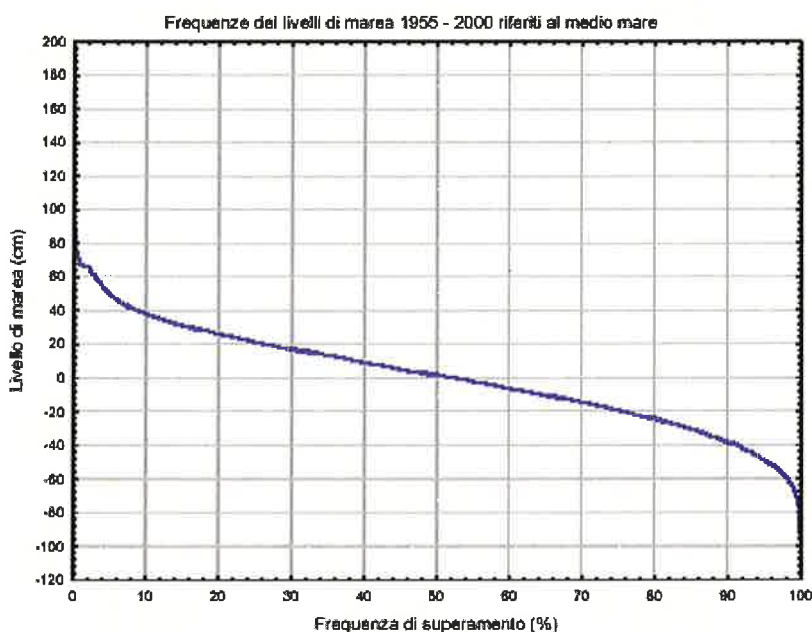



FIG. A.1.2 - FREQUENZA DI SUPERAMENTO DEI LIVELLI REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

 TECNITALIA	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

A.2. VENTO

Il regime del vento è stato ricavato elaborando i dati triorari registrati nelle seguenti stazioni anemometriche:

- Piattaforma “Acqua Alta” situata a circa 8 miglia al largo della costa Veneziana (Lat 45°18'48"N, Lon 12°30'54"E), relativamente al periodo gennaio 1988-dicembre 2003 (Fig. A.2.1)

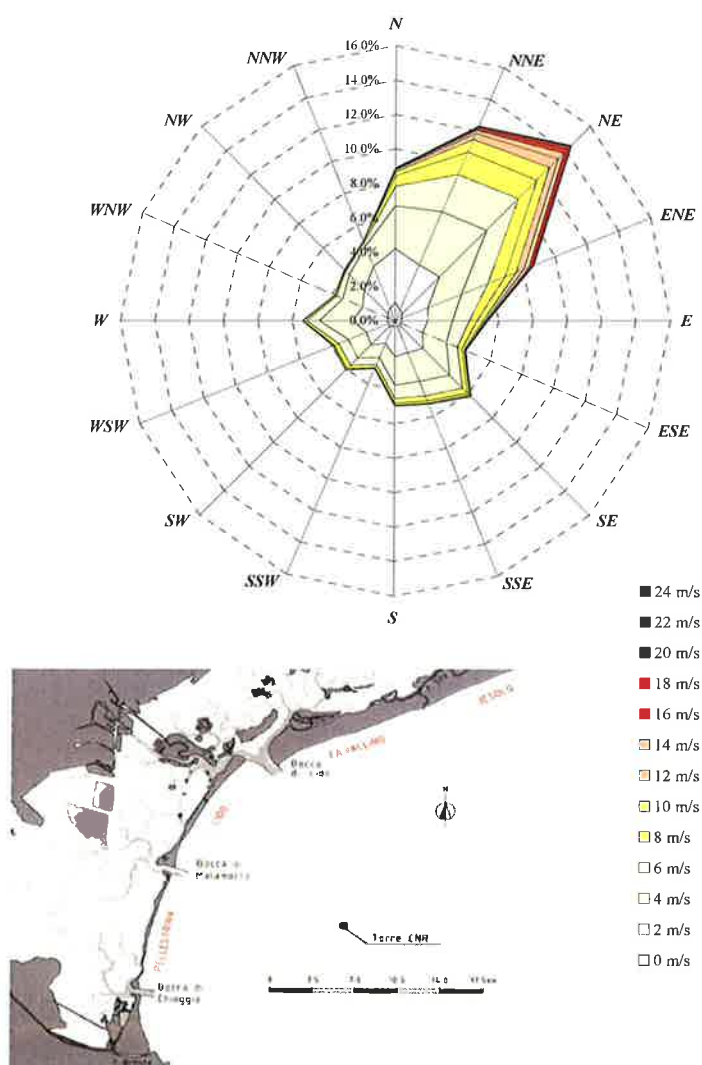



FIG. A.2.1 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEL VENTO MISURATO ALLA PIATTAFORMA ACQUA ALTA (1988-2003)

 TECNITALIA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

- Lido S. Nicolò (Lat 45°25'34"N, Lon 12°22'55"E), relativamente al periodo novembre 1951- luglio 1977 (Fig. A.2.2)

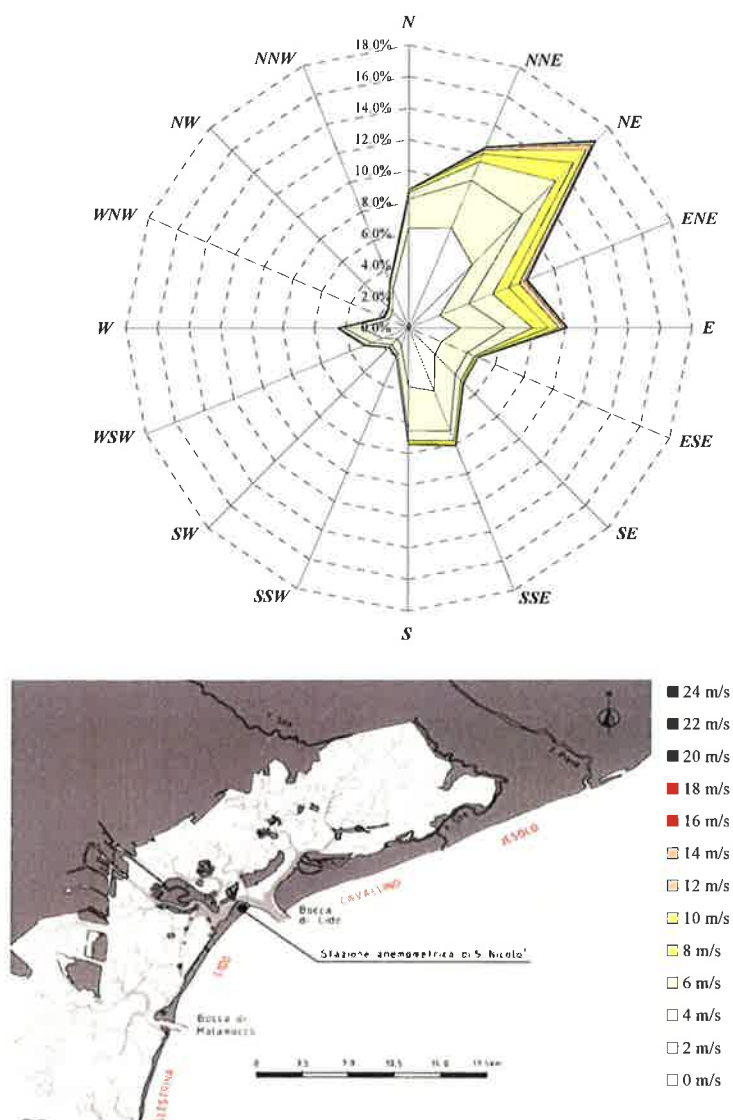



FIG. A.2.2 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEL VENTO MISURATO A LIDO S.NICOLÒ (1951-1977)

 REGIONE DEL VENETO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

Le due serie di dati risultano in buon accordo tra loro come evidenziato nelle figure sopra citate e nelle seguenti tabelle che riportano la distribuzione direzionale della velocità del vento suddivisa in classi di ampiezza pari a 2 m/s, ogni 22.5°.

Si osserva che i venti prevalenti appartengono al 1° quadrante con maggiori concentrazioni dalla direzione di NE corrispondente alla Bora.

TAB. A.2.1 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEL VENTO MISURATO ALLA PIATTAFORMA ACQUA ALTA (1988-2003)

Dir	VELOCITA' VENTO (m/s)													Tot.
	≥ 0	≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 7	≥ 9	≥ 11	≥ 13	≥ 15	≥ 17	≥ 19	≥ 21	≥ 23	
	< 1	< 3	< 5	< 7	< 9	< 11	< 13	< 15	< 17	< 19	< 21	< 23	< 25	
N	1.07	3.11	2.51	1.15	0.60	0.24	0.11	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	8.91
NNE	0.72	2.81	3.35	2.35	1.43	0.79	0.38	0.19	0.15	0.08	0.03	0.01	0.00	12.30
NE	0.57	3.04	3.84	2.61	1.52	1.03	0.74	0.46	0.32	0.21	0.08	0.02	0.00	14.43
ENE	0.42	1.62	2.10	1.63	1.09	0.69	0.47	0.33	0.18	0.10	0.03	0.01	0.00	8.67
E	0.38	1.50	1.44	0.97	0.46	0.35	0.12	0.08	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	5.37
ESE	0.31	1.42	1.49	0.71	0.29	0.12	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44
SE	0.44	1.86	2.17	1.08	0.41	0.15	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
SSE	0.36	1.63	1.81	0.91	0.31	0.13	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	5.24
S	0.33	1.75	1.65	0.78	0.28	0.13	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97
SSW	0.33	1.09	0.88	0.46	0.19	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03
SW	0.48	1.50	1.10	0.57	0.29	0.08	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.05
WSW	0.39	1.39	1.15	0.62	0.27	0.08	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92
W	0.47	2.02	1.94	0.74	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.41
WNW	0.44	1.61	1.26	0.39	0.09	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.82
NW	0.63	1.90	1.27	0.29	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20
NNW	0.78	2.63	1.27	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
Tot. Parz.	8.12	30.88	29.22	15.48	7.56	3.95	2.13	1.20	0.78	0.46	0.18	0.04	0.01	100.00
Tot. Cum.	8.12	39.00	68.22	83.70	91.26	95.21	97.34	98.53	99.32	99.77	99.95	100.0	100.0	

TAB. A.2.2 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEL VENTO MISURATO A LIDO S.NICOLÒ (1951-1977)

Dir	VELOCITA' VENTO (m/s)													Tot.
	≥ 0	≥ 1	≥ 3	≥ 5	≥ 7	≥ 9	≥ 11	≥ 13	≥ 15	≥ 17	≥ 19	≥ 21	≥ 23	
	< 1	< 3	< 5	< 7	< 9	< 11	< 13	< 15	< 17	< 19	< 21	< 23	< 25	
N	0.40	5.95	1.85	0.43	0.14	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.82
NNE	0.23	6.68	3.28	1.30	0.56	0.26	0.13	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	12.52
NE	0.14	5.54	4.51	3.01	1.65	1.12	0.51	0.22	0.10	0.03	0.01	0.01	0.00	16.85
ENE	0.07	2.08	1.96	1.65	1.09	0.72	0.36	0.13	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	8.15
E	0.10	3.17	2.88	1.75	1.01	0.68	0.33	0.14	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	10.15
ESE	0.03	2.23	1.79	0.49	0.13	0.10	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81
SE	0.05	2.32	1.83	0.51	0.16	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97
SSE	0.11	4.19	2.78	0.65	0.22	0.11	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	8.11
S	0.09	3.65	2.79	0.63	0.20	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
SSW	0.05	1.13	0.61	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.03
SW	0.04	0.94	0.52	0.20	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78
WSW	0.06	1.70	0.78	0.34	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02
W	0.07	2.94	1.09	0.31	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54
WNW	0.09	1.27	0.29	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76
NW	0.07	1.37	0.28	0.08	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83
NNW	0.15	2.53	0.41	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23
Tot. Parz.	1.74	47.69	27.67	11.68	5.52	3.28	1.46	0.58	0.26	0.07	0.03	0.01	0.00	100.00
Tot. Cum.	1.74	49.43	77.10	88.78	94.30	97.58	99.04	99.63	99.88	99.95	99.99	100.0	100.0	

Per quanto riguarda gli eventi con velocità superiore ai 10 m/s si osserva che questi risultano sensibilmente maggiori nella stazione in mare aperto (circa il 4%) rispetto a quelli registrati nella stazione litoranea (circa 2.5%).

La statistica degli eventi estremi è stata dedotta applicando il metodo di Gumbel ai valori massimi annuali registrati nelle due stazioni: i valori ottenuti sono illustrati in Fig. A.2.3

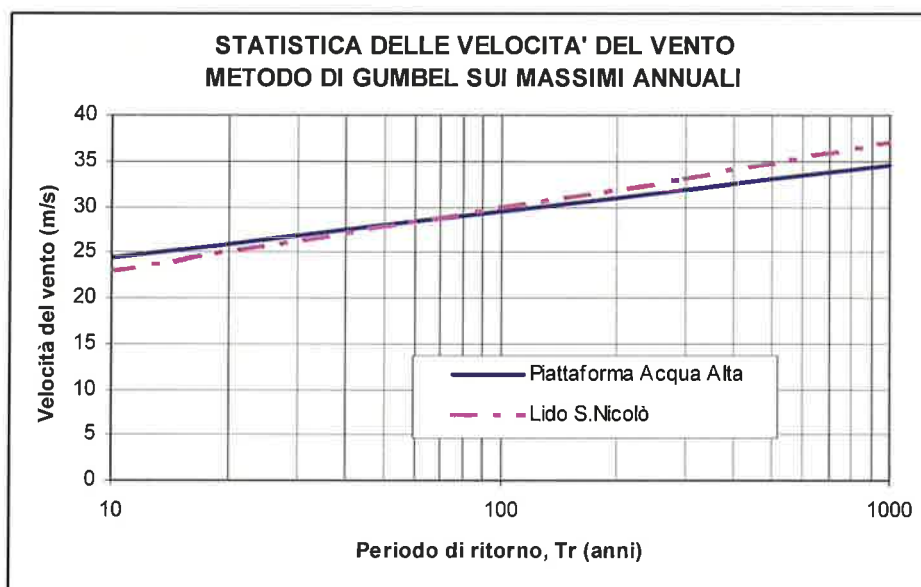



FIG. A.2.3 - VALORI ESTREMI DEL VENTO DEDOTTI DAI DATI MISURATI NELLE DUE STAZIONI ANEMOMETRICHE

Si assumono i seguenti valori estremi della velocità del vento:

TAB. A.2.3 - VALORI ESTREMI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO ADOTTATI NEL PRESENTE PROGETTO

Tr (anni)	10	100	300	1000
Velocità vento (m/s)	25.0	30.0	33.0	37.0

 Consorzio Venezia Nuova	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

A.3. MOTO ONDOSO

A.3.1. Moto ondoso al largo

Le caratteristiche del moto ondoso al largo in condizioni ricorrenti ed in condizioni estreme sono state analizzate dettagliatamente nella Relazione Meteomarina e Morfologica allegata al Progetto definitivo degli interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea e successive revisioni.

Il punto al largo della costa veneziana è stato definito in corrispondenza dell'ubicazione della Piattaforma Acqua Alta del CNR (Lat 45°18'48"N, Lon 12°30'54"E), situata a circa 8 miglia dalla costa su fondali di 17 m. In questa stazione sono state effettuate le prime misure di moto ondoso dal CNR, poi proseguite dal Consorzio Venezia Nuova.

Il clima del moto ondoso è stato dedotto dalle misure direzionali eseguite dal Consorzio Venezia Nuova nel periodo da ottobre 1987 a dicembre 2003, mediante un sensore acustico abbinato ad un correntometro elettromagnetico.

Il relativo diagramma polare, depurato degli eventi di calma, è rappresentato in

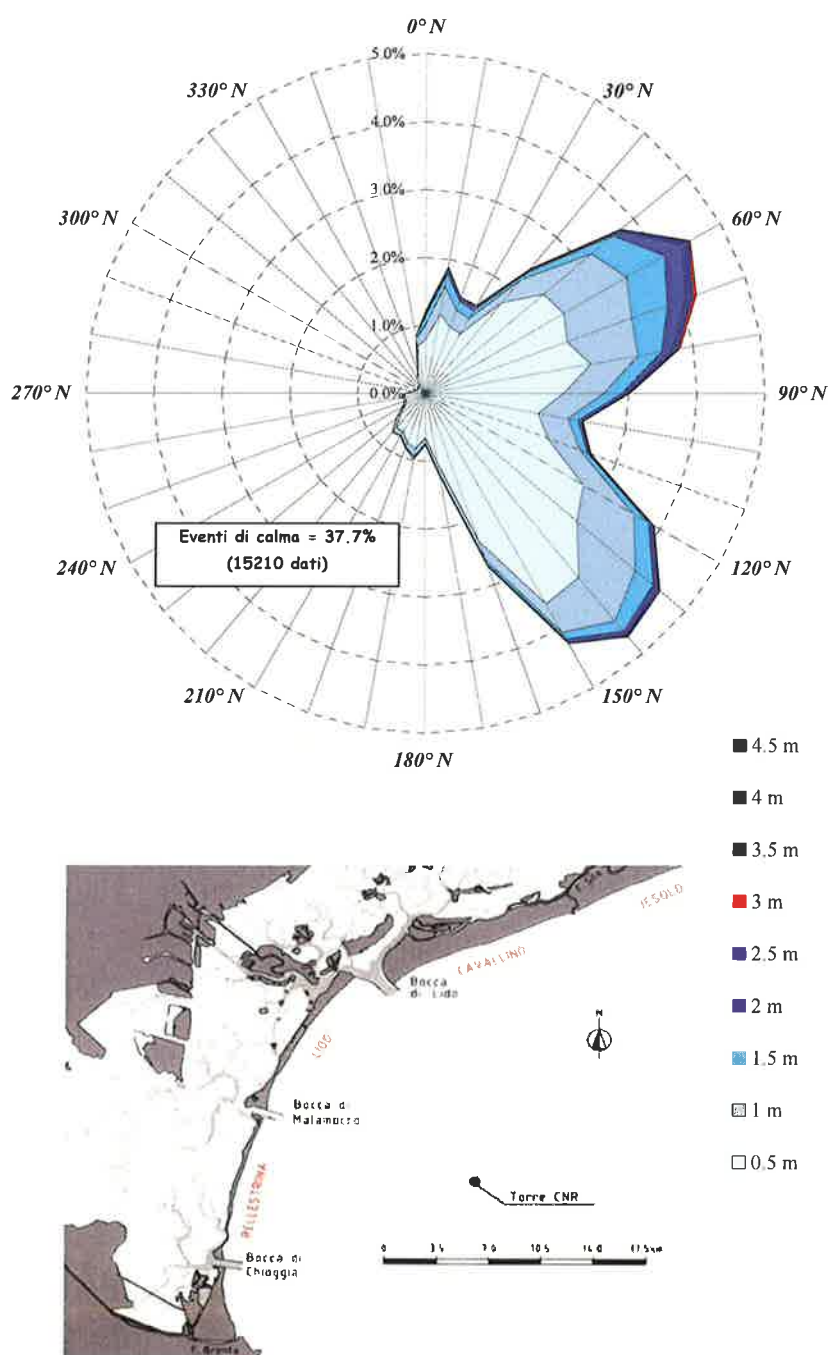
Fig. A.3.1.

La correlazione tra altezza d'onda e periodo è stata definita sulla base delle registrazioni effettuate dal CVN alla Piattaforma Acqua Alta e dei risultati ottenuti con il modello *Hsww*, suddividendo i dati nei due settori principali di Bora e Scirocco.

Per le onde al largo vengono assunte le seguenti relazioni:


- settore di Bora: $T_p = 4.0 \sqrt{H_s}$
- settore di Scirocco: $T_p = 4.5 \sqrt{H_s}$

I valori estremi sono stati determinati seguendo due diversi approcci: esaminando, da un lato, le registrazioni dirette del moto ondoso alla piattaforma Acqua Alta, dall'altro applicando dei modelli numerici di generazione e propagazione del moto ondoso.



DATI PTF CNR DA OTTOBRE 1987 A DICEMBRE 2003: 40388 dati

FIG. A.3.1 - CLIMA DEL MOTO ONDOSO ALLA PIATTAFORMA ACQUA ALTA DEDOTTO
DALLE MISURE ESEGUITE NEL PERIODO : OCT.1987-DIC.2003

 REGIONE	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

In conclusione alla Piattaforma si sono assunti i valori estremi del moto ondoso, riportati in Tab. A.2.1.

TAB. A.3.1 - VALORI ESTREMI DEL MOTO ONDOSO ALLA PIATTAFORMA


Tempo di ritorno (anni)	5	10	100	300	1000
Hs (m)	4.4	4.7	5.6	6.0	6.4
Tp (s) settore di bora	8.4	8.7	9.5	9.8	10.1
Tp (s) settore di scirocco	9.4	9.8	10.6	11.0	11.4

Infine dall'esame dei valori contemporanei di moto ondoso registrati alla Piattaforma e dei livelli di marea misurati al mareografo di Punta della Salute è stata definita la statistica combinata dei valori estremi di onde e livelli.

In Tab. A.3.2 si riportano i valori numerici di alcune coppie di valori di altezza d'onda (Hs) e di livello del mare (h) caratterizzate dallo stesso periodo di ritorno.

TAB. A.3.2 - STATISTICA COMBINATA DI ONDE E LIVELLI ALLA PIATTAFORMA

Tr=5 anni		Tr=10 anni		Tr=100 anni		Tr=300 anni		Tr=1000 anni	
Hs (m)	h (cm)	Hs (m)	h (cm)	Hs (m)	h (cm)	Hs (m)	h (cm)	Hs (m)	h (cm)
4.4	0	4.7	0	5.6	0	6.0	0	6.4	0
4.4	70	4.7	75	5.6	80	6.0	100	6.4	125
4.0	100	4.5	100	5.0	130	5.5	150	6.0	170
3.0	118	3.5	130	4.6	150	5.0	170	5.0	200
0.0	118	0.0	130	4.0	165	4.0	185	4.0	205
				0.0	165	0.0	185	0.0	205

 PROVINCIA DI VENEZIA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

A.3.2. Moto ondoso all'esterno della bocca


Le trasformazioni del moto ondoso dalla Piattaforma Acqua Alta all'ingresso della bocca di Chioggia sono state valutate utilizzando due diversi modelli numerici:

- il modello *Merope* che, utilizzando la tecnica di *rifrazione inversa spettrale*, consente di valutare la variazione delle caratteristiche del moto ondoso dal largo alle zone costiere a causa dello *shoaling* e della rifrazione tenendo conto della natura irregolare delle onde generate dal vento. Il modello non è in grado di simulare fenomeni dissipativi, quindi trova la sua corretta applicazione per punti ubicati al di fuori della zona dei frangenti e per onde frequenti;
- il modello Hiswa è un modello di rifrazione spettrale che utilizza un approccio di tipo euleriano: la propagazione dell'energia non avviene lungo dei raggi ma su una griglia che ricopre l'area di studio e la rifrazione è calcolata considerando la cessione di energia da una direzione all'altra durante la propagazione del moto ondoso. Il termine energetico dell'equazione del trasporto di energia è in grado di simulare cessione di energia dal vento alle onde, le resistenze offerte dal fondo ed il frangimento.

Il modello di *inversa spettrale Merope* ha permesso di definire il clima del moto ondoso di fronte alla bocca di Chioggia, a circa 1 Km dal suo ingresso, su fondali di circa 12.0 m (punto C2 di Fig. A.3.2) a partire dalle registrazioni dirette effettuate alla Piattaforma Acqua Alta nel periodo ottobre 1987 – dicembre 2003.

Come si osserva dal diagramma polare di Fig. A.3.2 gli eventi provenienti dal settore di Bora risultano centrati sulle direzioni $70\div 80^{\circ}\text{N}$, mentre quelli di Scirocco sulle direzioni $120\div 130^{\circ}\text{N}$.

Nella Tab. A.3.3 è riportata la distribuzione direzionale del moto ondoso suddivisa in classi di altezza d'onda di 0.5m per settori di 10° di ampiezza, relativa all'intero periodo di osservazione. Gli eventi di calma, caratterizzati da un valore dell'altezza d'onda significativa inferiore a 0.25 m, sono il 54%, mentre circa lo 0.5% delle registrazioni presenta valori superiori ai 2.0 m. Questi ultimi appartengono al settore $80^{\circ}\text{-}120^{\circ}\text{N}$.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

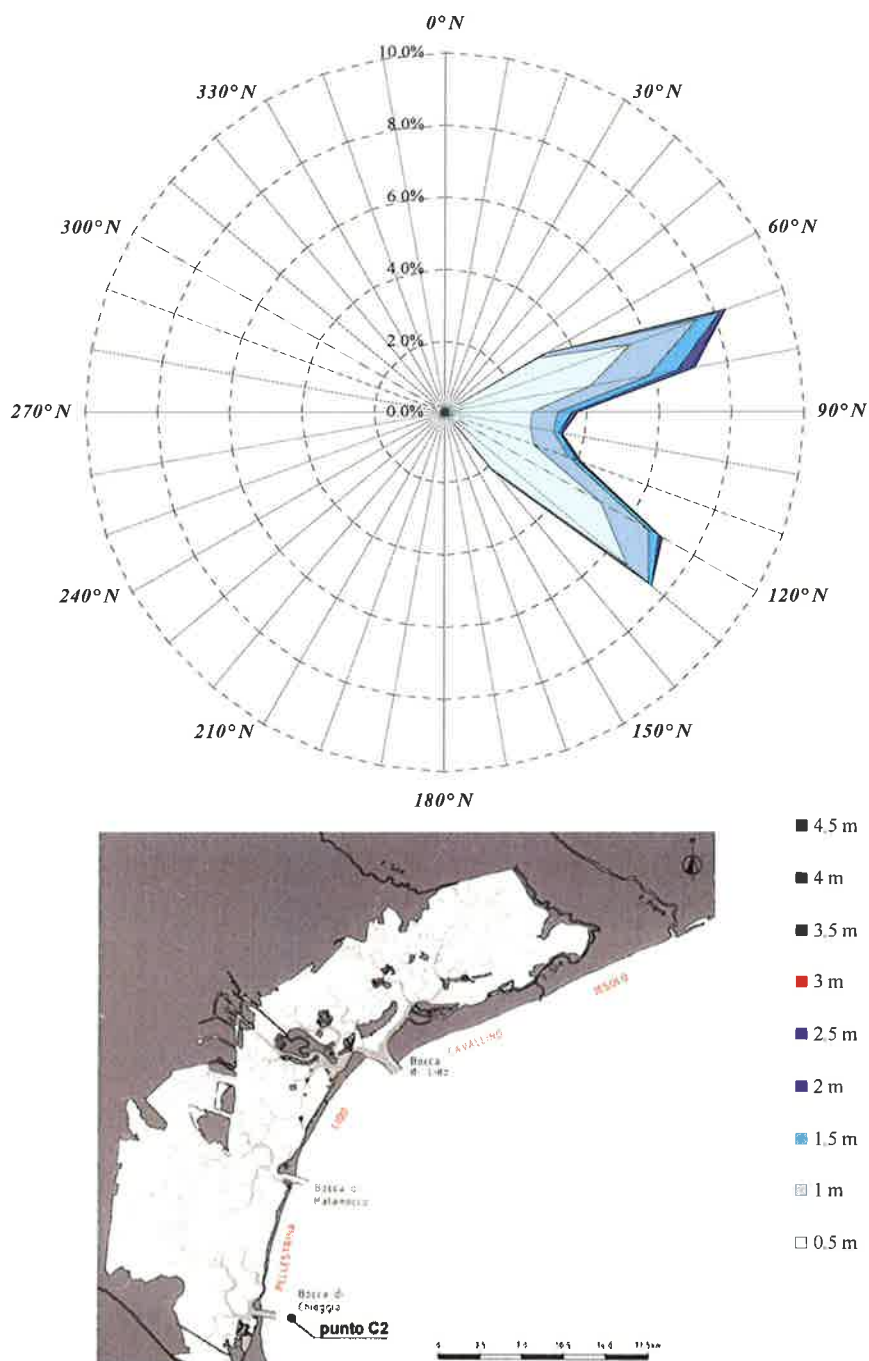



FIG. A.3.2 - CLIMA DEL MOTO ONDOSO DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA
DEPURATO DELLE CALME (OTT.1987 – DIC.2003)

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

TAB. A.3.3 - STATISTICA DIREZIONALE DEL MOTO ONDOSO DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA (DATI OTT. 1987- DIC.2003)

Hs (m)	≥ 0.00	≥ 0.25	≥ 0.75	≥ 1.25	≥ 1.75	≥ 2.25	≥ 2.75	≥ 3.25	≥ 3.75	≥ 4.25	Totale	Tot. parz. no calme
DIREZIONE °N	< 0.25	< 0.75	< 1.25	< 1.75	< 2.25	< 2.75	< 3.25	< 3.75	< 4.25	< 4.75		
60	11.60	2.96	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.80	3.20
70	4.92	5.52	1.96	0.70	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	13.27	8.35
80	2.72	4.09	1.62	0.82	0.41	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	9.83	7.10
90	3.24	2.45	0.72	0.39	0.11	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	6.96	3.72
100	1.95	2.45	0.64	0.17	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	5.30	3.35
110	1.78	2.65	1.01	0.30	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	5.83	4.05
120	3.43	5.04	1.51	0.30	0.12	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	10.43	7.00
130	8.01	6.63	0.78	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.55	7.53
140	13.99	2.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.08	2.09
150	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00
Tot. Parz.	53.60	33.84	8.50	2.80	0.93	0.27	0.05	0.01	0.00	0.00	100.00	46.40
Tot. Cum.		87.44	95.94	98.74	99.67	99.94	99.99	100.00	100.00	100.00		

Numero dati comprese le calme: 40353


Percentuale eventi di calma=53.6%

Analizzando la probabilità di superamento delle diverse classi di altezza significativa e la loro interpolazione nel piano di Weibull si ottiene che l'altezza d'onda con ricorrenza annuale risulta pari a 3.10m, quelle con periodo di ritorno di 5 e 10 anni risultano rispettivamente pari a 3.8 e 4.0 m. Questi ultimi due valori in via cautelativa sono stati incrementati di circa il 10%, pertanto nel progetto delle opere alle bocche si assumono i seguenti valori delle altezze d'onda in corrispondenza del punto C2:

Tr= 5 anni Hs= 4.2 m

Tr= 10 anni Hs=4.4 m

Il modello *Hiswa* è stato dapprima applicato considerando diverse combinazioni dei parametri di moto ondoso in modo da poter effettuare un'analisi di sensibilità dell'altezza d'onda al variare di tali parametri e da individuare le funzioni di trasferimento delle caratteristiche del moto ondoso dalla Piattaforma Acqua Alta alle zone costiere. Sono state successivamente trasferite fin sottocosta le perturbazioni estreme di Bora e Scirocco (Fig. A.3.3).

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

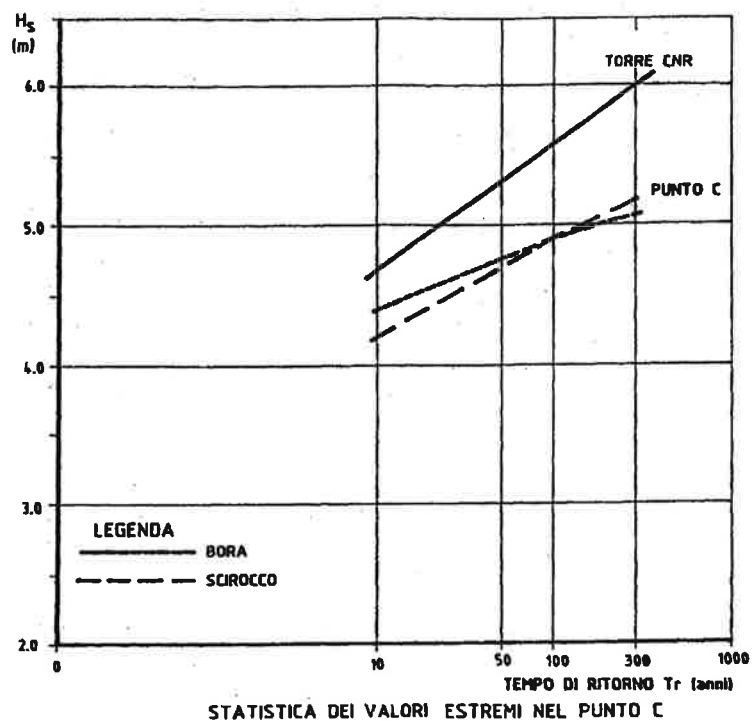
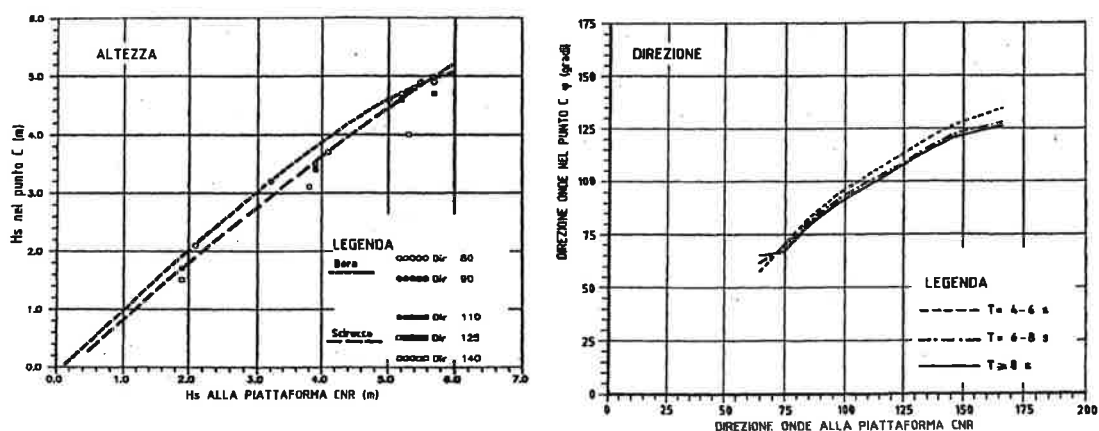
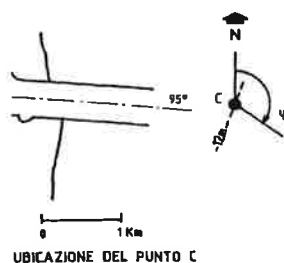



FIG. A.3.3 - FUNZIONI DI TRASFERIMENTO DEL MOTO ONDOSO DALLA PIATTAFORMA CNR AL PUNTO C2

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

In conclusione nel punto C2 di fronte alla bocca di Chioggia si assumono i seguenti valori estremi del moto ondoso:


TAB. A.3.4 - VALORI ESTREMI DEL MOTO ONDOSO DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA

	Tempo di ritorno (anni)	5	10	100	300	650
ALLA PTF	Hs (m)	4.4	4.7	5.6	6.0	6.2
	Tp (s) settore di bora	8.4	8.7	9.5	9.8	10.0
	Tp (s) settore di scirocco	9.4	9.8	10.6	11.0	11.2
DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA	Hs (m) settore di bora	4.2	4.4	4.9	5.1	5.15
	Hs (m) settore di scirocco	4.0	4.2	4.9	5.2	5.4

Sulla base delle funzioni di trasferimento precedentemente definite si è dedotta la statistica combinata del moto ondoso e dei livelli all'esterno della bocca di Chioggia e riportata in Tab. A.3.5.

TAB. A.3.5 - STATISTICA COMBINATA ONDE E LIVELLI IN C2

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN C2			
Tr (anni)	liv (m)	Hs (m)	BORA		SCIROCCO	
			Tp (s)	Hs C2 (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)
5	<0.7	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0
5	1.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6
5	1.18	3.0	6.9	3.0	7.8	2.8
10	<0.75	4.7	8.7	4.4	9.8	4.2
10	1.00	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0
10	1.30	3.5	7.5	3.4	8.4	3.2
100	<0.8	5.6	9.5	4.9	10.6	4.9
100	1.30	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4
100	1.50	4.6	8.6	4.3	9.7	4.1
100	1.65	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6
300	<1.00	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2
300	1.50	5.5	9.4	4.8	10.6	4.7
300	1.70	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4
300	1.85	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6
650	<1.2	6.2	10.0	5.2	11.2	5.4
650	1.60	5.8	9.6	5.0	10.8	5.1
650	1.90	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4
650	2.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6
1000	<1.25	6.4	10.1	5.2	11.4	5.5
1000	1.70	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2
1000	2.00	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4
1000	2.05	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

A.3.3. Moto ondoso in corrispondenza del porto rifugio

Per l'esame della penetrazione delle onde estreme all'interno del porto rifugio di Chioggia si sono utilizzati i risultati delle prove sul modello fisico dell'intera bocca realizzato presso il Centro Sperimentale di Voltabarozzo in scala 1:60 in diverse configurazioni (studi B.7.3 e B.6.53). I valori di input sono stati desunti dalla statistica del moto ondoso nel punto C2 precedentemente definito.

Il modello fisico riproduce una superficie molto vasta e pari a 3700m² (corrispondenti a 13.32 km² prototipo), di cui il 65% è rappresentata dall'area di mare antistante la bocca, l'8% dall'area del canale di bocca e dai moli, il restante 27% dall'area della laguna e dei litorali. Nel modello fisico si sono esaminate diverse configurazioni della bocca: quella corrispondente alla situazione attuale, quella del progetto di massima del 1992, quella del progetto definitivo con due diverse soluzioni planimetriche della diga foranea ed infine quella con la diga foranea approvata dal MAV e la nuova conformazione del porto rifugio (Fig. A.3.4).

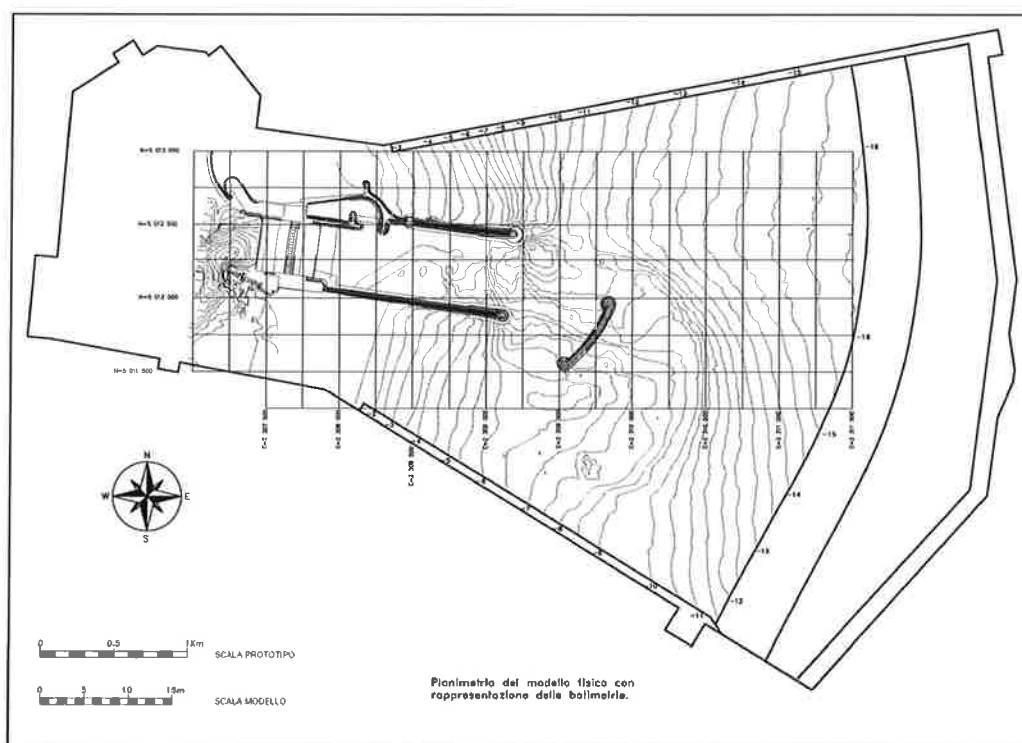


FIG. A.3.4 - PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO IN SCALA 1:60 DELLA BOCCA DI CHIOGGIA CON L'ULTIMA CONFIGURAZIONE DELLE OPERE

Nella configurazione finale del porto rifugio sono state eseguite 13 prove di duratapari a circa 5h prototipo, di corrente di flusso, (configurazione 2003) variando le caratteristiche dell'onda incidente e del livello del mare, come indicato in tabella .

TAB. A.3.6 - ELENCO DELLE PROVE ESEGUITE NELLO STUDIO B.6.53 - 2^ VARIANTE

N°	NOME PROVA	Posizione paratoie	Liv. mare (m)	Liv. laguna (m)	ONDA INCIDENTE			
					Dir (°N)	Hs (m)	Tp (s)	γ
1	E122_56_00s115D3p3	sollevate	0.6	0.6	115	5.59	12.39	3.3
2	E80_30_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.28	8.09	3.3
3	E101_36_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.5	10.15	3.3
4	E107_44_20s115D3p3	sollevate	0.6	2.6	115	4.58	10.82	3.3
5	E106_49_00s115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	4.65	10.87	3.3
6	E122_56_00a115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	5.57	12.39	3.3
7	E78_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	2.98	7.70	3.3
8	E100_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	3.01	10.09	3.3
9	E87_44_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.11	8.78	3.3
10	E95_49_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.67	9.56	3.3
11	E101_52_20s80D3p3	sollevate	0.6	2.6	80	5.57	10.44	3.3
12	E101_52_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	5.00	10.39	3.3
13	E95_49_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	4.90	9.56	3.3

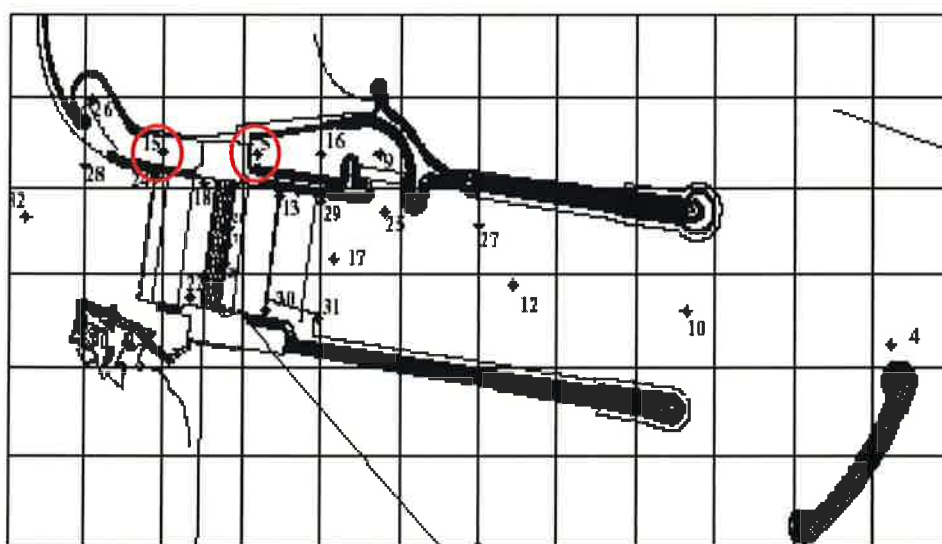



FIG. A.3.5 - PLANIMETRIA MODELLO FISICO CON INDICAZIONE DELLE SONDE DI MISURA DEL MOTO ONDOSO (PROVE A PARATOIE ABBASSATE)

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

Per quanto riguarda il bacino lato mare del porto rifugio si evidenziano le seguenti sonde:

- Sonda 25: all'ingresso del porto rifugio
- Sonda 9: al centro dell'avamporto
- Sonda 16: nel bacino interno
- Sonda 5: di fronte alle porte delle conche

Nella seguente si riportano le altezze d'onda di breve ($T < 33$ s) e di lungo periodo ($T > 33$ s) misurate nelle sonde sopraelencate in tutte le prove eseguite, i valori misurati sono diagrammati in fig.1.2 in funzione dell'onda in generazione.

TAB. A.3.7 - ALTEZZE D'ONDA REGistrate ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO SU MODELLO FISICO

nome prova	config. Paratoie	ONDE IN GENERAZIONE					SONDA 25		SONDA 9		SONDA 16		SONDA 5		
		dir	livelli (m)		Tp (s)	Hs di breve periodo (m)	Hs di breve periodo (m)	Hs di lungo periodo (m)	Hs di breve periodo (m)	Hs di lungo periodo (m)	Hs di breve periodo (m)	Hs di lungo periodo (m)	Hs di breve periodo (m)	Hs di lungo periodo (m)	Hmax lungo periodo (m)
		(°N)	lag	mare											
E78_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	7.78	2.96	0.77	0.15	0.25	0.23	0.09	0.29	0.06	0.40	0.69
E100_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	10.08	3.41	0.89	0.28	0.32	0.42	0.14	0.51	0.12	0.71	1.12
E87_44_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	8.81	4.42	1.04	0.30	0.34	0.47	0.15	0.61	0.11	0.82	1.16
E95_49_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	9.56	4.81	1.50	0.46	0.48	0.65	0.20	0.76	0.15	1.04	1.51
E101_52_20s80D3p3	soll	80	0.6	2.6	10.31	5.36	1.27	0.51	0.48	0.70	0.21	0.86	0.16	1.10	1.62
E95_49_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	9.67	5.02	1.24	0.42	0.42	0.55	0.18	0.91	0.14	1.13	1.52
E101_52_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	10.17	5.52	1.34	0.57	0.47	0.71	0.20	1.05	0.17	1.38	1.94
E122_56_00s115D3p3	soll	115	0.6	0.6	12.39	5.59	1.10	0.65	0.38	1.12	0.24	0.78	0.14	1.22	1.86
E80_30_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	8.09	3.28	0.70	0.17	0.10	0.12	0.03	0.17	0.05	0.31	0.52
E101_36_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	10.15	3.50	1.23	0.40	0.41	0.61	0.17	0.59	0.08	0.56	0.86
E107_44_20s115D3p3	soll	115	0.6	2.6	10.82	4.58	1.76	0.61	0.57	0.87	0.16	0.66	0.12	0.90	1.36
E122_56_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	5.57	1.13	0.58	0.39	0.84	0.09	0.47	0.16	1.26	1.96
E106_49_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	4.65	1.11	0.44	0.39	0.63	0.07	0.39	0.14	1.05	1.54

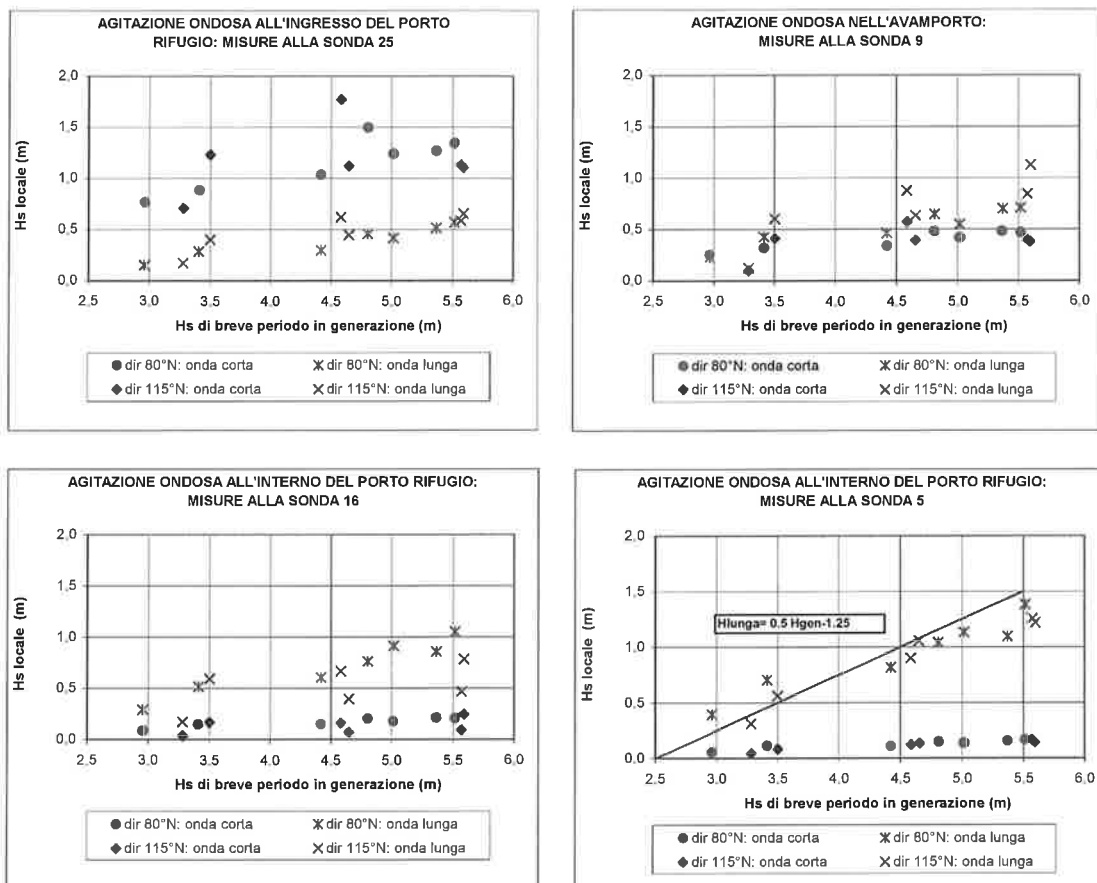



FIG. A.3.6 - ALTEZZE D'ONDA REGISTRATE ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA AL GENERATORE

Si osserva che via via che si procede all'interno del porto rifugio, l'onda di breve periodo decresce, mentre aumenta quella di lungo periodo.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

A.3.4. Onde di fronte alle conche lato mare

Di fronte alle conche l'onda di breve periodo si è sempre mantenuta inferiore a 0.20 m, mentre l'onda lunga cresce all'aumentare dell'onda di breve periodo in generazione, raggiungendo in condizioni estreme il valore $H_s=1.5m$.

L'effetto delle onde di breve periodo, seppur limitato, può essere valutato utilizzando le usuali formule per il calcolo delle sovrappressione di manica, mentre l'effetto dell'onda di lungo periodo può essere considerata equivalente ad una variazione di livello, infatti i periodi di picco associati a tali onde sono dell'ordine dei 250 s (4 minuti). In fig.1.3 si riportano a titolo di esempio gli spettri d'onda misurati alla sonda 5 in alcune prove.

Per tale motivo di seguito si farà riferimento direttamente ai livelli misurati nella sonda 5, ipotizzando che siano interamente legati alle oscillazioni di lungo periodo.

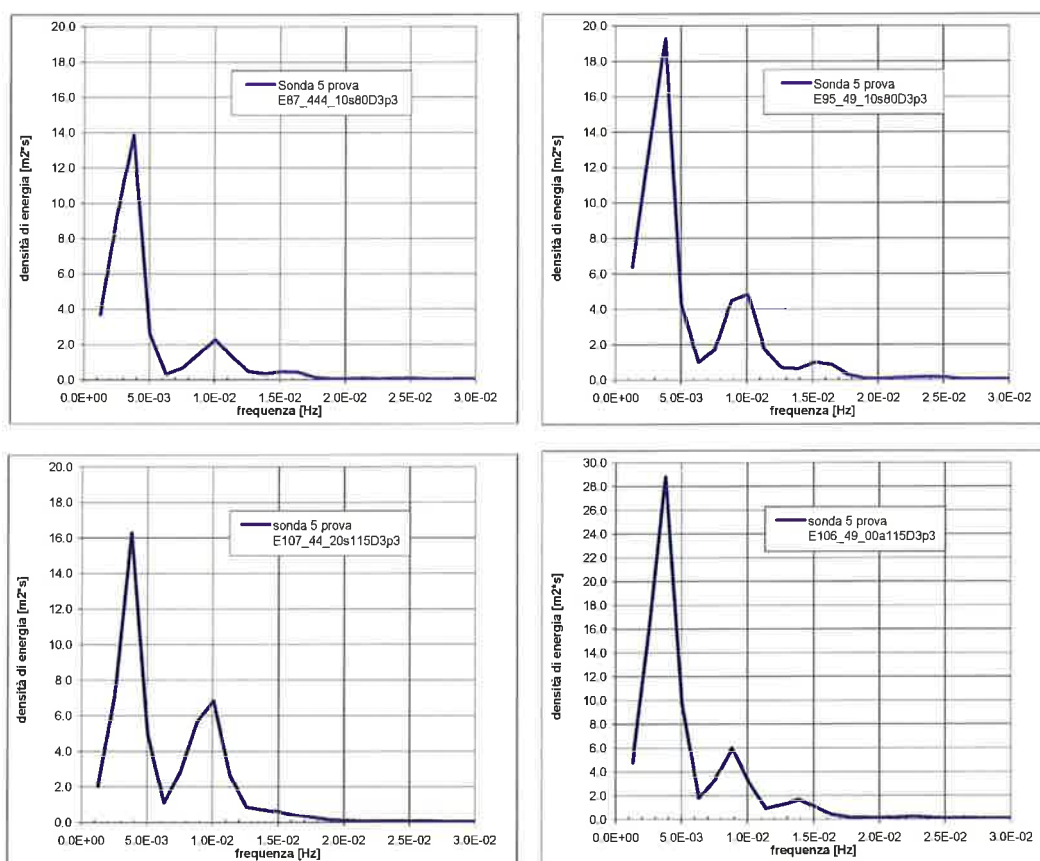


FIG. A.3.7 - SPETTRI D'ONDA MISURATI ALLA SONDA 5 IN ALCUNE PROVE

A.3.5. Livelli di fronte alle conche lato mare

Per ogni prova è stata eseguita un'analisi statistica dei livelli misurati, individuando: il livello massimo, il livello minimo, il livello medio e, dalle curve di eccedenza, i livelli corrispondenti ad assegnate probabilità di superamento.

Nelle prove con onde provenienti dal settore di bora il livello medio si mantiene prossimo allo zero, mentre nel caso di scirocco si è osservato un innalzamento del livello medio di prova in funzione dell'altezza d'onda in generazione

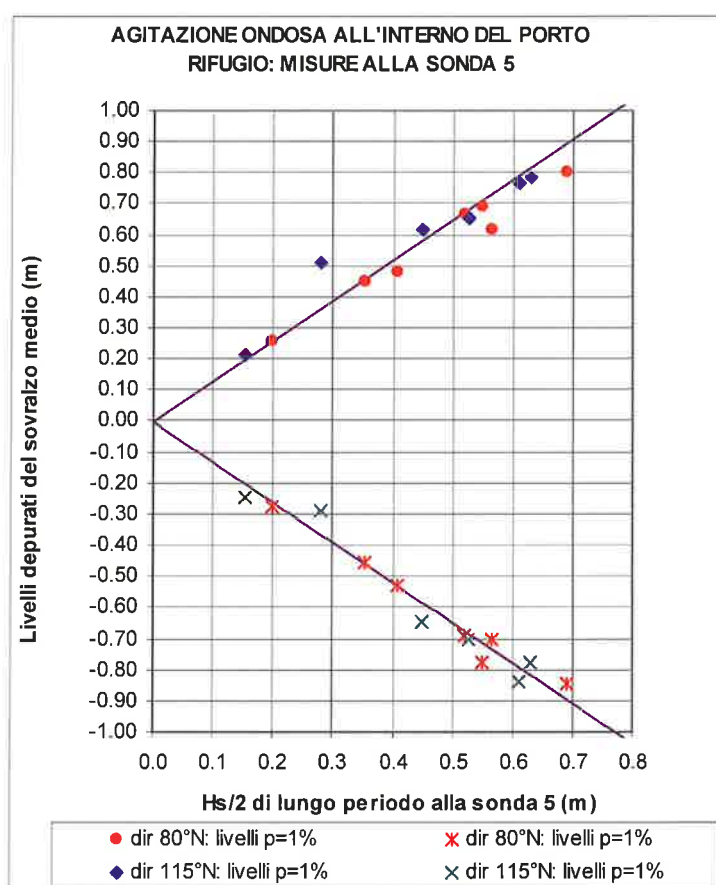



FIG. A.3.8 - RELAZIONE TRA L'ALTEZZA D'ONDA DI LUNGO PERIODO ED I LIVELLI REGISTRATI ALLA SONDA 5

Depurando dai livelli misurati il valore del livello medio di ogni prova, si è ottenuta una buona correlazione tra l'altezza d'onda significativa di lungo periodo ed i livelli aventi probabilità di superamento pari al 1% (positivi) e quelli con probabilità di superamento del 99% (negativi). Tali livelli possono essere assunti pari a 0.65 volte l'altezza d'onda significativa di lungo periodo (Tab. A.3.8).

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE - APPENDICE	

Noti, in funzione dell'onda al largo, il valore dell'altezza significativa di lungo periodo e del sovrizzo del livello del mare davanti alla conca è quindi possibile dedurre i livelli di progetto.

Come si osserva dalla seguente tabella, le condizioni più gravose si verificano per il settore di scirocco.

Si rammenta che nel dimensionamento delle opere ai livelli dovuti al moto ondoso occorre aggiungere quelli derivati dalla statistica della marea e quelli dovuti all'eustatismo.

TAB. A.3.8 - LIVELLI DI FRONTE ALLE CONCHE DOVUTI AL MOTO ONDOSO, PER DIVERSI PERIODI DI RITORNO

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN C2				D'AVANTI ALLA CONCA 1%				
			BORA		SCIROCCO		SCIROCCO			BORA	
Tr (anni)	liv (m)	Hsptf (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)	Hs lunga (m)	livelli >0 (m)	livelli <0 (m)	Hs lunga (m)	livelli (m)
5	<0.7	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/- 0.6
5	1.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
5	1.18	3.0	6.9	3.0	7.8	2.8	0.2	0.2	0.0	0.3	+/- 0.2
10	<0.75	4.7	8.7	4.4	9.8	4.2	0.9	0.7	-0.4	1.0	+/- 0.6
10	1.00	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/- 0.6
10	1.30	3.5	7.5	3.4	8.4	3.2	0.4	0.4	-0.1	0.5	+/- 0.3
100	<0.8	5.6	9.5	4.9	10.6	4.9	1.2	1.0	-0.6	1.2	+/- 0.8
100	1.30	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
100	1.50	4.6	8.6	4.3	9.7	4.1	0.8	0.7	-0.4	0.9	+/- 0.6
100	1.65	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
300	<1.00	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/- 0.8
300	1.50	5.5	9.4	4.8	10.6	4.7	1.1	0.9	-0.5	1.2	+/- 0.7
300	1.70	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
300	1.85	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
650	<1.2	6.2	10.0	5.2	11.2	5.4	1.5	1.2	-0.7	1.3	+/- 0.9
650	1.60	5.8	9.6	5.0	10.8	5.1	1.3	1.0	-0.6	1.3	+/- 0.8
650	1.90	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
650	2.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
1000	<1.25	6.4	10.1	5.2	11.4	5.5	1.5	1.2	-0.8	1.4	+/- 0.9
1000	1.70	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/- 0.8
1000	2.00	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
1000	2.05	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4