

REGIONE ABRUZZO 	Servizio Opere Marittime e Acque Marine PESCARA DIREZIONE LL.PP., CICLO IDRICO INTEGRATO, DIFESA DEL SUOLO E DELLA COSTA
	PROGETTO PRELIMINARE

*ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E
AL FINANZIAMENTO DI INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA
MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL 16.09.2010
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA
VARCHI NEL COMUNE DI ROSETO DEGLI ABRUZZI*

STUDIO METEOMARINO

Pescara.....

I progettisti:

Ing. Daniele Raggi _____

Arch. Valter Varani_____

Geom. Cristiano Ferrante_____

Geom. Paolo Iarussi_____

Il Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Nicola Caporale



INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	DESCRIZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA R.O.N. DI ORTONA.....	1
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO	4
3.1	LA CORRELAZIONE TRA LA DIREZIONE DEL VENTO E QUELLA DELLO STATO DI MARE GENERATO.....	7
4	ANALISI DELLA SERIE DI MISURE ONDAMETRICHE.....	9
4.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSI IN BASE ALL'ALTEZZA D'ONDA ED ALLA DIREZIONE – CLIMA DI MOTO ONDOSI.....	9
4.2	CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSI IN BASE ALL'ALTEZZA ED AL PERIODO D'ONDA.....	24
4.3	ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSI	27
5	DEFINIZIONE DEL CLIMA DI MOTO ONDOSI AL LARGO.....	35
6	IL METODO DI TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA DELLE MISURE DI MOTO ONDOSI	36
6.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA	36
7	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO	40
7.1	I FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI	40
7.2	LA CORRELAZIONE TRA LA DIREZIONE DEL VENTO E QUELLA DELLO STATO DI MARE GENERATO.....	42
8	ANALISI DELLA SERIE DI MISURE ONDAMETRICHE TRASPOSTA.....	44
8.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSI IN BASE ALL'ALTEZZA D'ONDA ED ALLA DIREZIONE.....	44



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

8.2	CORRELAZIONE TRA L'ALTEZZA ED IL PERIODO D'ONDA	58
8.3	ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSI	58
9	ANALISI DEI LIVELLI DI MAREA.....	62
10	ANALISI DEI DATI MAREOGRAFICI.....	64
10.1	MAREOGRAFO DI ORTONA	64
10.2	MAREOGRAFO DI PESCARA	69
11	LIVELLI DI MAREA	71
11.1	ANALISI ARMONICA DEI LIVELLI MISURATI	71
11.2	COMPONENTE DETERMINISTICA DEI LIVELLI MISURATI: MAREA ASTRONOMICA	76
11.3	COMPONENTE STOCASTICA DEI LIVELLI MISURATI: MAREA METEOROLOGICA	76
12	ANALISI STATISTICA DEGLI ESTREMI DI MAREA METEOROLOGICA.....	79
12.1	SELEZIONE DEI CAMPIONI PER ORTONA E PESCARA	79
12.2	LEGGI DI DISTRIBUZIONE DEI VALORI ESTREMI	79
12.3	ANALISI DEI RISULTATI	85
12.4	CONCLUSIONI SULL'ANALISI DEI LIVELLI DI MAREA.....	85
13	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	87
13.1	MISURE ONDAMETRICHE.....	87
13.2	LIVELLI DI MAREA.....	87



1 Premessa

La presente relazione riguarda lo studio dei parametri meteomarini di interesse per la progettazione preliminare delle opere oggetto dell'incarico.

Si osserva che per la caratterizzazione del clima di moto ondoso si è fatto riferimento alle misure ondametriche eseguite dalla boa ondometrica RON ubicata al largo di Ortona. Tali misure sono state utilizzate per caratterizzare l'area centrale della costa abruzzese (Ortona, Francavilla al Mare e Montesilvano), mentre per quanto riguarda le aree di intervento ubicate a nord (Martinsicuro, Roseto degli Abruzzi,) è stata eseguita una trasposizione geografica delle suddette misure di moto ondoso in due punti denominati per semplicità "Giulianova" e "Punta Penne".

Attualmente sono in fase di acquisizione i dati della boa ondometrica posta al largo di Giulianova, questo consentirà di integrare i risultati valutati con il metodo della trasposizione con i dati ondametrici registrati. I risultati di questa integrazione verranno presentati nel di Progetto Definitivo.

Nei capitoli 10-12 sono prese in esame le caratteristiche dei livelli di marea sulla base delle misure mareografiche eseguite nei porti di Pescara e Ortona dalla Rete Mareografica Nazionale.

2 Descrizione della stazione di misura R.O.N. di orton

La stazione ondometrica di Ortona, che fa parte della Rete Ondometrica Nazionale, costituita da una boa ondometrica direzionale (tipo Datawell Wavec MKI) posizionata su fondali di circa 100 m ed è caratterizzata dalle seguenti coordinate geografiche:

42° 24,4' N; 14° 32,2' E

Si evidenzia che la serie storica analizzata in questo documento si estende dal 01/07/1989 al 30/06/2006. Il rendimento dell'ondametro (percentuale degli eventi misurati rispetto a



quelli teorici) è pari al 79.48%. Nella tabella 2.1 sono riportati i rendimenti mensili dell'ondametro. Si osserva che il rendimento ha subito un netto calo negli ultimi anni, con un minimo raggiunto nel 2005, così come si evince dalla figura sotto riportata.

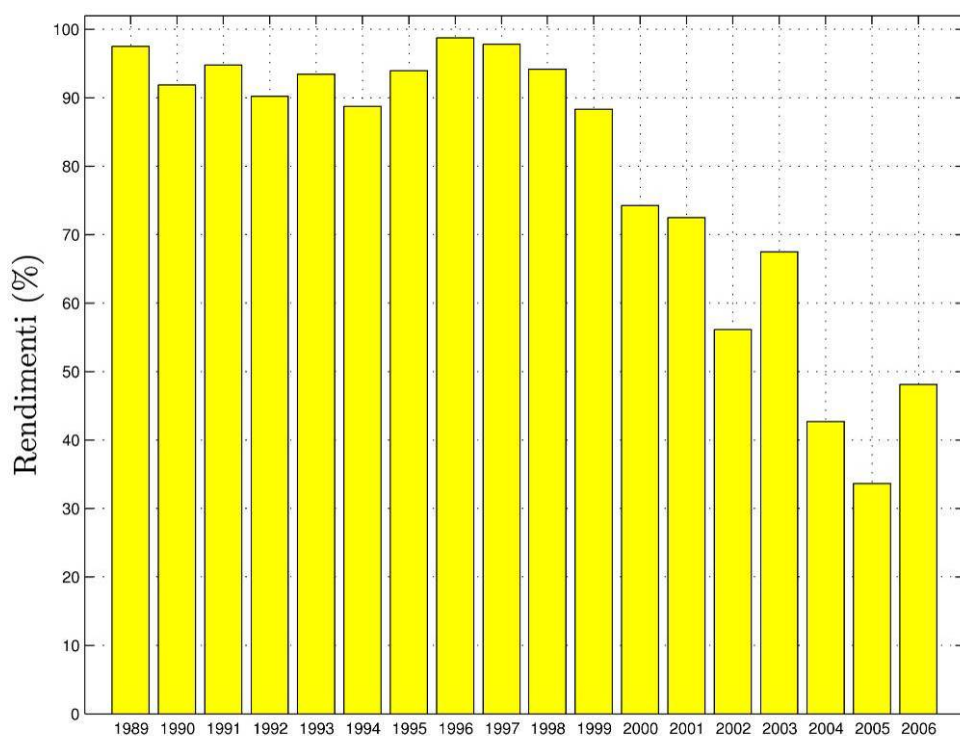


Tabella 2.1 – Rendimento dell'ondametro



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Anno	Mese	N.ro eventi nominali	N.ro eventi misurati	Rend. [%]	Anno	Mese	N.ro eventi nominali	N.ro eventi misurati	Rend. [%]	Anno	Mese	N.ro eventi nominali	N.ro eventi misurati	Rend. [%]
1989	7	248	218	87.90	1995	7	248	240	96.77	2001	7	248	154	62.10
1989	8	248	246	99.19	1995	8	248	246	99.19	2001	8	248	196	79.03
1989	9	240	238	99.17	1995	9	240	218	90.83	2001	9	240	188	78.33
1989	10	248	247	99.60	1995	10	248	237	95.56	2001	10	248	170	68.55
1989	11	240	238	99.17	1995	11	240	238	99.17	2001	11	240	165	68.75
1989	12	248	247	99.60	1995	12	248	199	80.24	2001	12	248	176	70.97
1989	7-12	1472	1434	97.42	1995	1-12	2920	2743	93.94	2001	1-12	2920	2116	72.47
1990	1	248	248	100.00	1996	1	248	246	99.19	2002	1	248	184	74.19
1990	2	224	224	100.00	1996	2	232	232	100.00	2002	2	224	206	91.96
1990	3	248	246	99.19	1996	3	248	247	99.60	2002	3	248	210	84.68
1990	4	240	237	98.75	1996	4	240	240	100.00	2002	4	240	121	50.42
1990	5	248	234	94.35	1996	5	248	240	96.77	2002	5	248	144	58.06
1990	6	240	208	86.67	1996	6	240	236	98.33	2002	6	240	106	44.17
1990	7	248	217	87.50	1996	7	248	244	98.39	2002	7	248	112	45.16
1990	8	248	248	100.00	1996	8	248	242	97.58	2002	8	248	27	10.89
1990	9	240	195	81.25	1996	9	240	239	99.58	2002	9	240	12	5.00
1990	10	248	165	66.53	1996	10	248	247	99.60	2002	10	248	136	54.84
1990	11	240	234	97.50	1996	11	240	238	99.17	2002	11	240	181	75.42
1990	12	248	227	91.53	1996	12	248	241	97.18	2002	12	248	199	80.24
1990	1-12	2920	2683	91.88	1996	1-12	2928	2892	98.77	2002	1-12	2920	1638	56.10
1991	1	248	210	84.68	1997	1	248	247	99.60	2003	1	248	131	52.82
1991	2	224	216	96.43	1997	2	224	223	99.55	2003	2	224	182	81.25
1991	3	248	246	99.19	1997	3	248	247	99.60	2003	3	248	192	77.42
1991	4	240	216	90.00	1997	4	240	239	99.58	2003	4	240	167	69.58
1991	5	248	248	100.00	1997	5	248	247	99.60	2003	5	248	153	61.69
1991	6	240	239	99.58	1997	6	240	239	99.58	2003	6	240	165	68.75
1991	7	248	248	100.00	1997	7	248	244	98.39	2003	7	248	204	82.26
1991	8	248	244	98.39	1997	8	248	231	93.15	2003	8	248	196	79.03
1991	9	240	214	89.17	1997	9	240	239	99.58	2003	9	240	182	75.83
1991	10	248	246	99.19	1997	10	248	241	97.18	2003	10	248	186	75.00
1991	11	240	234	97.50	1997	11	240	228	95.00	2003	11	240	157	65.42
1991	12	248	206	83.06	1997	12	248	229	92.34	2003	12	248	56	22.58
1991	1-12	2920	2767	94.76	1997	1-12	2920	2854	97.74	2003	1-12	2920	1971	67.50
1992	1	248	247	99.60	1998	1	248	248	100.00	2004	1	248	175	70.56
1992	2	232	231	99.57	1998	2	224	223	99.55	2004	2	232	168	72.41
1992	3	248	247	99.60	1998	3	248	235	94.76	2004	3	248	132	53.23
1992	4	240	194	80.83	1998	4	240	239	99.58	2004	4	240	150	62.50
1992	5	248	201	81.05	1998	5	248	247	99.60	2004	5	248	85	34.27
1992	6	240	237	98.75	1998	6	240	238	99.17	2004	6	240	0	0.00
1992	7	248	214	86.29	1998	7	248	246	99.19	2004	7	248	6	2.42
1992	8	248	230	92.74	1998	8	248	213	85.89	2004	8	248	185	74.60
1992	9	240	184	76.67	1998	9	240	239	99.58	2004	9	240	133	55.42
1992	10	248	233	93.95	1998	10	248	248	100.00	2004	10	248	80	32.26
1992	11	240	185	77.08	1998	11	240	135	56.25	2004	11	240	83	34.58
1992	12	248	238	95.97	1998	12	248	238	95.97	2004	12	248	53	21.37
1992	1-12	2928	2641	90.20	1998	1-12	2920	2749	94.14	2004	1-12	2928	1250	42.69
1993	1	248	234	94.35	1999	1	248	233	93.95	2005	1	248	131	52.82
1993	2	224	219	97.77	1999	2	224	211	94.20	2005	2	224	2	0.89
1993	3	248	242	97.58	1999	3	248	230	92.74	2005	3	248	170	68.55
1993	4	240	234	97.50	1999	4	240	226	94.17	2005	4	240	180	75.00
1993	5	248	239	96.37	1999	5	248	227	91.53	2005	5	248	155	62.50
1993	6	240	228	95.00	1999	6	240	232	96.67	2005	6	240	0	0.00
1993	7	248	191	77.02	1999	7	248	170	68.55	2005	7	248	37	14.92
1993	8	248	231	93.15	1999	8	248	186	75.00	2005	8	248	149	60.08
1993	9	240	226	94.17	1999	9	240	217	90.42	2005	9	248	0	0.00
1993	10	248	243	97.98	1999	10	248	242	97.58	2005	10	248	119	47.98
1993	11	240	203	84.58	1999	11	240	217	90.42	2005	11	240	40	16.67
1993	12	248	238	95.97	1999	12	248	186	75.00	2005	12	248	0	0.00
1993	1-12	2920	2728	93.42	1999	1-12	2920	2577	88.25	2005	1-12	2920	983	33.57
1994	1	248	228	91.94	2000	1	248	201	81.05	2006	1	248	97	39.11
1994	2	224	209	93.30	2000	2	232	186	80.17	2006	2	224	182	81.25
1994	3	248	215	86.69	2000	3	248	96	38.71	2006	3	248	20	8.06
1994	4	240	233	97.08	2000	4	240	143	59.58	2006	4	240	78	32.50
1994	5	248	198	79.84	2000	5	248	208	83.87	2006	5	248	126	50.81
1994	6	240	227	94.58	2000	6	240	227	94.58	2006	6	240	193	80.42
1994	7	248	199	80.24	2000	7	248	230	92.74	2006	1-7	1448	696	48.07
1994	8	248	239	96.37	2000	8	248	193	77.82					
1994	9	240	188	78.33	2000	9	240	196	81.67					
1994	10	248	169	68.15	2000	10	248	222	89.52					
1994	11	240	238	99.17	2000	11	240	174	72.50					
1994	12	248	247	99.60	2000	12	248	99	39.92					
1994	1-12	2920	2590	88.70	2000	1-12	2928	2175	74.28					
1995	1	248	247	99.60	2001	1	248	169	68.15					
1995	2	224	223	99.55	2001	2	224	151	67.41					
1995	3	248	246	99.19	2001	3	248	155	62.50					
1995	4	240	163	67.92	2001	4	240	209	87.08					
1995	5	248	247	99.60	2001	5	248	195	78.63					
1995	6	240	239	99.58	2001	6	240	188	78.33					
1989 - 2006		49 680	39 487	79.48										



3 Inquadramento geografico del paraggio

L'analisi dell'esposizione geografica di una stazione di misura del moto ondoso o di un sito costiero si basa sulla determinazione dei fetch geografici ed efficaci. Per fetch si intende la lunghezza della porzione di mare sulla quale può avvenire la generazione del moto ondoso ad opera dell'azione esercitata dal vento. In bacini semichiusi di estensione limitata come il Mar Adriatico, l'individuazione dei fetch può essere eseguita facendo ricorso al concetto di fetch geografico che indica la distanza geografica tra il punto di interesse e la terra più vicina in relazione ad una prefissata direzione. Tale assunzione risulta plausibile poichè le dimensioni caratteristiche delle perturbazioni che normalmente interessano l'Adriatico sono dello stesso ordine di grandezza dei valori massimi che caratterizzano i fetch geografici (circa 400–500km). Il valore del fetch efficace relativo ad una determinata direzione è funzione dei valori dei fetch geografici associati alle direzioni contigue; in questo modo i fetch efficaci consentono di tener 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 direzione media di azione del vento. Di conseguenza la lunghezza dei fetch efficaci risulta essere diversa da quella dei fetch geografici. Il fetch efficace massimo ottenuto risulta pari a circa 180 km ed è riferito al settore di levante.

La boa ondometrica di Ortona è contraddistinta da un settore di traversia geografico delimitato dal Gargano a sud-est e dal Conero a nord-ovest. Ponendosi al largo di Ortona, in prossimità del punto ove è localizzata la boa della R.O.N., il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 330° e i 110° N. I valori più elevati della lunghezza del fetch geografico si hanno secondo le direzioni che riguardano la costa veneta (circa 340° N) e la costa albanese (circa 110° N) per le quali la lunghezza del fetch geografico risulta pari a circa 400 km. Il settore che si affaccia sulle coste croate (10 – 80° N) è il più confinato ed è caratterizzato da lunghezze del fetch geografico di circa 200 km. Nel diagramma polare in figura 3.3 sono indicati graficamente i valori dei fetches efficaci



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

relativi alla boa di Ortona. La tabella 3.1 riporta gli stessi valori in forma numerica. Il fetch efficace massimo ottenuto risulta pari a circa 180 km ed è riferito al settore di levante.

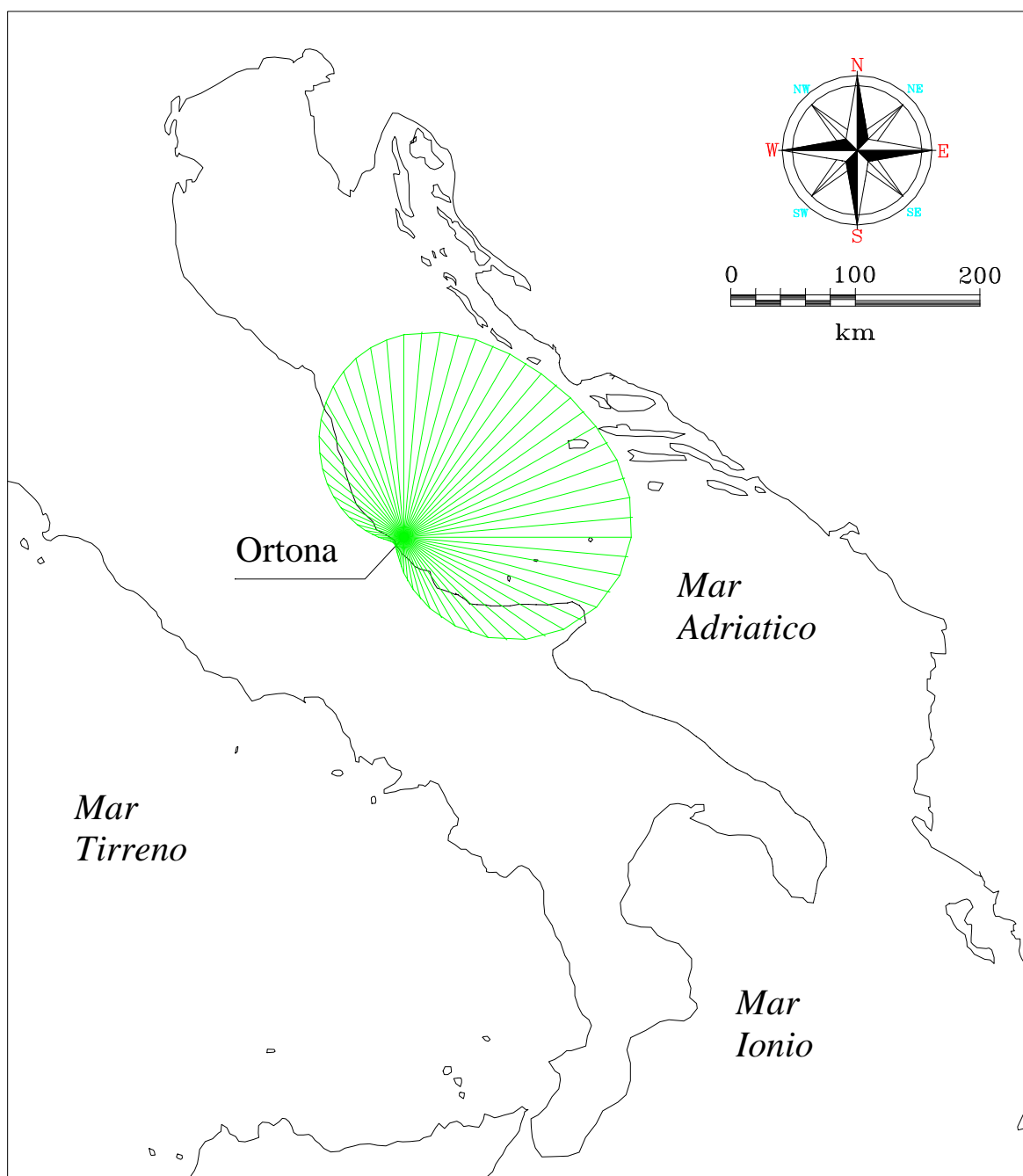


Figura 3.3 – Fetch efficaci al largo di Ortona



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Tabella 3.1 - Fetch geografici ed efficaci al largo di Ortona

Dir. (°N)	Fetch geografico (m)	Fetch efficace (m)	Dir. (°N)	Fetch geografico (m)	Fetch efficace (m)
0	245758	162891	180	23304	28896
10	221750	167223	190	14408	19809
20	181078	168885	200	14408	14640
30	181078	169852	210	14408	11836
40	174454	171566	220	9093	10177
50	181142	174287	230	9093	9395
60	184251	177908	240	9093	9366
70	185981	181809	250	9093	10273
80	200666	184056	260	8855	13473
90	312722	182589	270	8855	20368
100	402498	176209	280	8855	31503
110	434250	164542	290	21297	46676
120	126210	148006	300	28115	65050
130	105082	127702	310	45493	85299
140	61520	105191	320	45493	105871
150	31866	82294	330	110863	125176
160	31866	60884	340	395568	141778
170	23304	42677	350	315000	154537



3.1 La correlazione tra la direzione del vento e quella dello stato di mare generato

Per il calcolo della relazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato, si è fatto riferimento al criterio introdotto da Donelan (v. Smith, 1991). In base a tale criterio, la direzione media del moto ondoso β generato da un vento caratterizzato da una direzione media ϕ_w è pari al valore dell'angolo (rispetto a quello di provenienza del moto ondoso) cui corrisponde il massimo valore della seguente funzione:

$$f(\beta) = (F_{e,w})^{0.28} (\cos \beta)^{0.44} \quad (3.2)$$

dove $F_{e,w}$ è la lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione ϕ_w del vento (v. figura 3.1).

La legge di deviazione direzionale tra la direzione media del vento (spirante lungo il fetch efficace) e la direzione del moto ondoso generato è stata determinata per Ortona utilizzando l'equazione 3.2. La legge ottenuta è riportata in forma grafica nella figura 3.4 e in forma numerica nella tabella 3.2. I maggiori valori della deviazione si verificano per gli stati di mare provenienti da SE, mentre per quelli provenienti dal primo quadrante la deviazione risulta pressoché nulla.

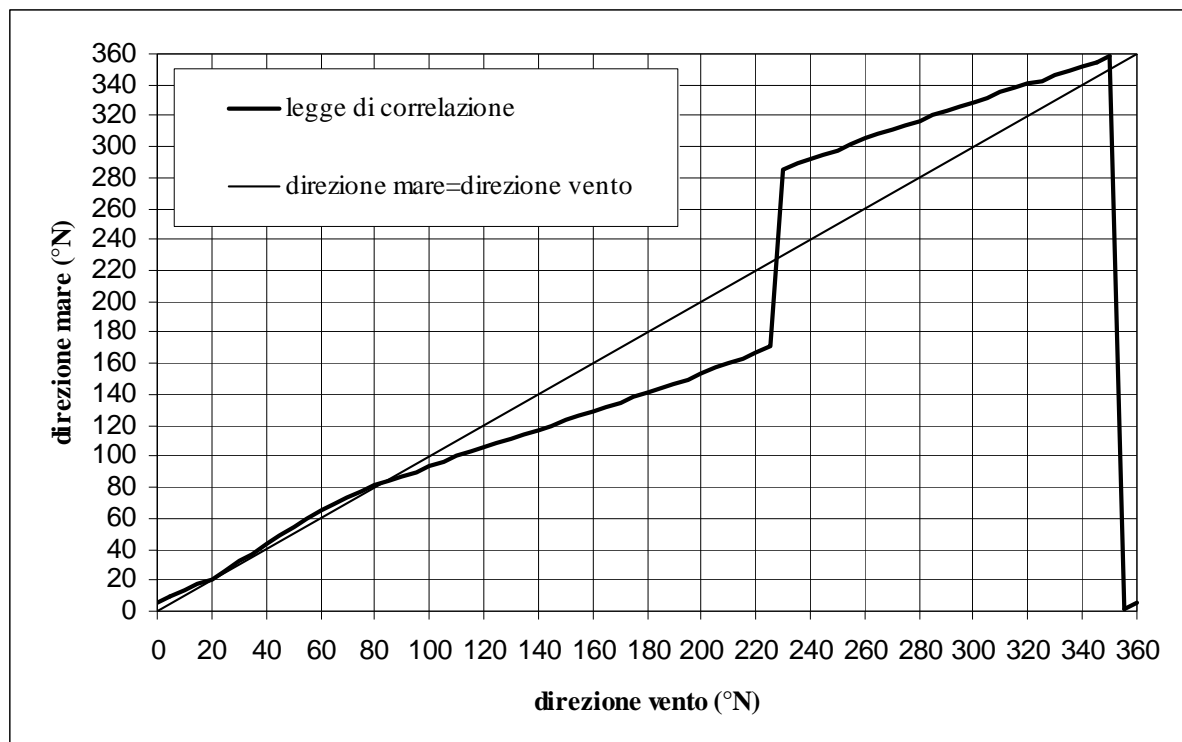


Figura 3.4 – Deviazione della direzione dell'onda rispetto a quella del vento al largo di Ortona

Tabella 3.2 - Fetch geografici, efficaci e deviazione vento-mare al largo di Ortona

Dir. Vento (°N)	Dir. Moto ondoso (°N)	Dir. Vento (°N)	Dir. Moto ondoso (°N)
0	5	180	141
10	13	190	147
20	21	200	153
30	32	210	160
40	43	220	167
50	54	230	285
60	65	240	292
70	73	250	298
80	81	260	305
90	87	270	311
100	94	280	317
110	100	290	323
120	106	300	329
130	111	310	335
140	117	320	341
150	123	330	346
160	129	340	352
170	135	350	359



4 Analisi della serie di misure ondametriches

4.1 Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed alla direzione – clima di moto ondoso

Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli eventi di moto ondoso sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa ed alla direzione di provenienza. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Nella figura 4.1 e nelle figure 4.2 e 4.3 sono riportate rispettivamente la rosa annuale e quelle stagionali del clima di moto ondoso. Le tabelle 4.1-4.5 riportano gli stessi risultati in forma numerica.

Dall'analisi dei risultati si evince che al largo di Ortona gli stati di mare più frequenti e caratterizzati da altezze d'onda più elevate provengono dal settore di traversia nord-ovest-nord ($320\text{-}50^{\circ}\text{N}$) che quindi può essere assunto quale settore di traversia principale. In particolare emergono le seguenti caratteristiche del clima d'onda annuale:

1. la percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 0,5 m è pari a circa il 45%;
2. gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per il 62% dal settore di traversia principale e per il rimanente 38% dalle altre direzioni;
3. gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dal settore di traversia principale hanno per l'90,43% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
4. gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dalle altre direzioni hanno per il 96,14% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
5. nel settore di traversia principale si sono verificate altezze d'onda superiori a 5,5 m, mentre negli altri settori l'altezza d'onda massima non ha superato i 4 metri;

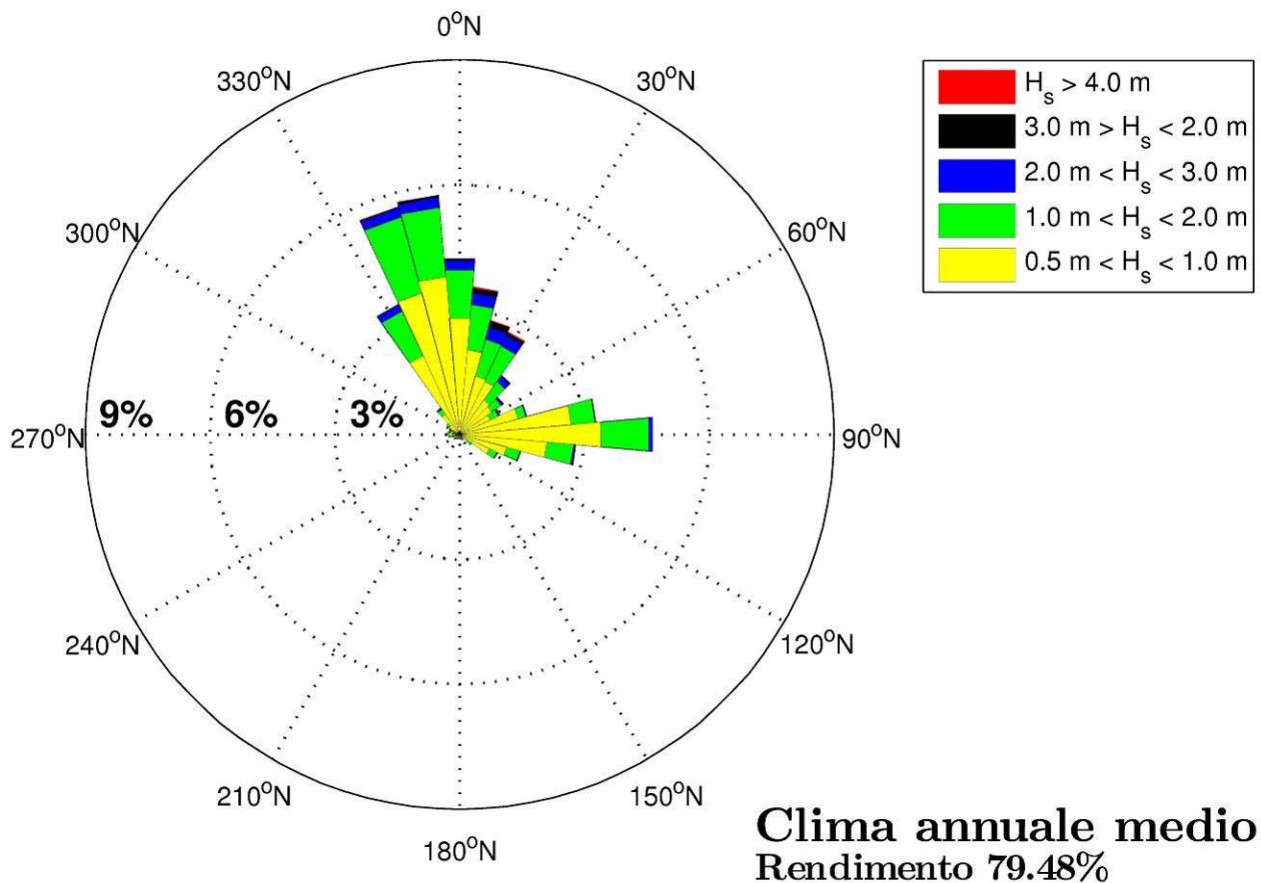


Si evidenzia che le caratteristiche climatiche sopra indicate si possono riscontrare anche analizzando gli eventi su base stagionale.

In conclusione si può affermare che:

1. il moto ondoso più intenso ($H_s > 3.5$ m) proviene prevalentemente da un limitato settore di traversia ($320-50^\circ\text{N}$) e gli eventi estremi con $H_s > 2.0$ m sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (inferiore al 5%);
2. il clima di moto ondoso non presenta sensibili variazioni stagionali per quanto riguarda le direzioni prevalenti del moto ondoso;
3. tra gli stati di mare “significativi” (altezza d’onda maggiore di 0,5 m) quelli più frequenti (circa il 97% degli eventi) sono caratterizzati da un’altezza d’onda inferiore a 2m;
4. la distribuzione degli stati di mare “significativi” (altezza d’onda maggiore di 0,5 m) non presenta sensibili variazioni stagionali, in particolare gli eventi provenienti dal settore di traversia principale sono il 57% circa del totale in inverno ed in estate, ed il 48% circa in primavera ed in autunno.

Si osserva che le osservazioni suesposte non si differenziano sostanzialmente da quelle evinte in base all’analisi climatica della serie storica che si estendeva temporalmente sino al giugno del 2003. Tuttavia è da sottolineare che negli anni di misura successivi al 2003 il rendimento dell’ondametro è sceso notevolmente, dunque l’arricchimento della popolazione è stato modesto.



**Figura 4.1 – Rosa della distribuzione direzionale degli
eventi di moto ondoso annuali al largo di Ortona**



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

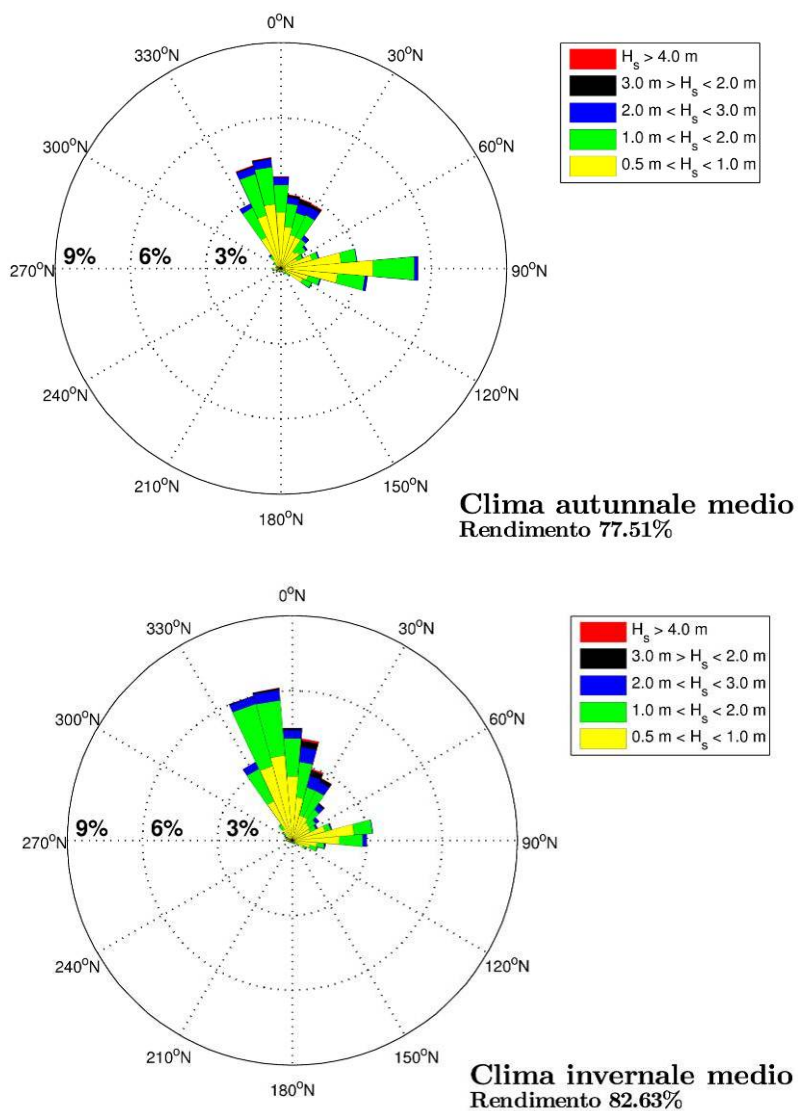


Figura 4.2 – Rosa della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso autunnali e invernali al largo di Ortona



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

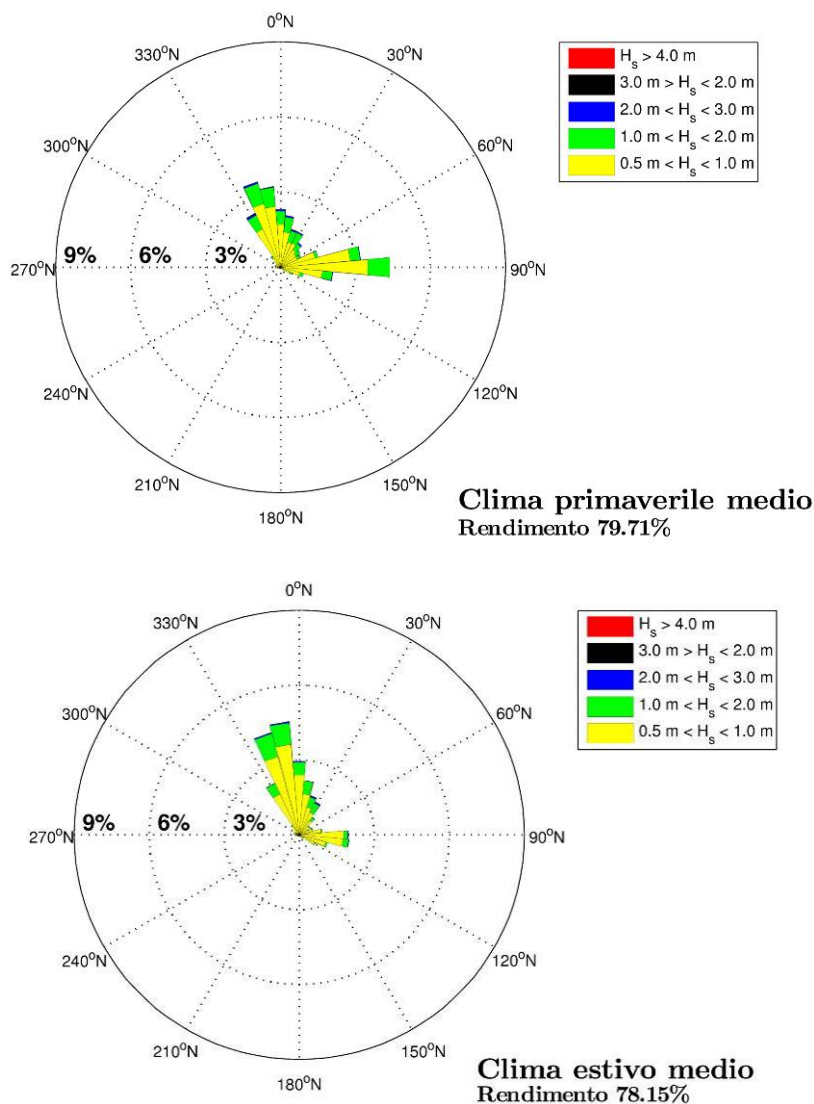


Figura 4.3 – Rosa della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso primaverili ed estivi al largo di Ortona



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	582	663	591	274	118	61	44	20	21	7	6					2 387
20	459	506	507	280	123	88	42	41	19	8	3					2 076
30	412	424	457	228	145	69	39	20	11	5	2		1			1 813
40	371	389	285	143	66	52	12	2	8	3						1 331
50	372	432	257	82	18	21	8	1	2							1 193
60	396	489	237	68	19	9	6	3	1		1					1 229
70	480	715	401	55	21	7	6		1							1 686
80	609	1 114	810	190	38	4	2	2								2 769
90	642	1 196	947	341	79	25	10	1	2							3 243
100	578	1 015	625	211	60	15	10	4	1							2 519
110	456	807	350	118	19	4	3	2								1 759
120	325	415	216	66	9	5	1	1	1							1 039
130	212	153	78	34	20	6		1	1							505
140	147	72	33	17	3	1	2	1	1							277
150	82	46	28	10		3	1									170
160	72	48	23	8	4	6	1									162
170	44	32	23	8	4	5		1								117
180	48	27	15	1	1	5	2									99
190	29	28	23	4	3	3	2									92
200	36	27	23	5	5	3										99
210	40	38	27	8	3	2	1	1								120
220	33	36	31	8	4	2	1									115
230	27	42	36	7	2	5	1		1							121
240	25	34	31	7	3	3	1									104
250	56	54	29	8	3	3			1							154
260	43	68	76	8	4	2	1									202
270	72	80	83	12	2	3		1								253
280	80	70	77	7	5	4	1									244
290	82	93	66	11	5	4	1	2								264
300	114	153	52	10	4	6	2	2								343
310	147	220	72	21	8	3	2			1						474
320	162	315	178	51	15	13	6	1		1						742
330	262	555	561	284	116	51	11	5	1							1 846
340	336	914	1 219	603	217	71	26	8	4	1	2					3 401
350	496	1 119	1 199	480	178	75	25	13	5	2	2					3 594
360	579	955	845	327	128	49	42	12	5	1		2				2 945
Tot.	8 906	13 344	10 511	3 995	1 452	688	312	145	86	29	16	2	1	0	0	39 487

**Tabella 4.1.a - Clima annuale: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione**



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.17	1.33	1.19	0.55	0.24	0.12	0.09	0.04	0.04	0.01	0.01					4.80
20	0.92	1.02	1.02	0.56	0.25	0.18	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01					4.18
30	0.83	0.85	0.92	0.46	0.29	0.14	0.08	0.04	0.02	0.01						3.65
40	0.75	0.78	0.57	0.29	0.13	0.10	0.02		0.02	0.01						2.68
50	0.75	0.87	0.52	0.17	0.04	0.04	0.02									2.40
60	0.80	0.98	0.48	0.14	0.04	0.02	0.01	0.01								2.47
70	0.97	1.44	0.81	0.11	0.04	0.01	0.01									3.39
80	1.23	2.24	1.63	0.38	0.08	0.01										5.57
90	1.29	2.41	1.91	0.69	0.16	0.05	0.02									6.53
100	1.16	2.04	1.26	0.42	0.12	0.03	0.02	0.01								5.07
110	0.92	1.62	0.70	0.24	0.04	0.01	0.01									3.54
120	0.65	0.84	0.43	0.13	0.02	0.01										2.09
130	0.43	0.31	0.16	0.07	0.04	0.01										1.02
140	0.30	0.14	0.07	0.03	0.01											0.56
150	0.17	0.09	0.06	0.02		0.01										0.34
160	0.14	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01										0.33
170	0.09	0.06	0.05	0.02	0.01	0.01										0.24
180	0.10	0.05	0.03			0.01										0.20
190	0.06	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01										0.19
200	0.07	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01										0.20
210	0.08	0.08	0.05	0.02	0.01											0.24
220	0.07	0.07	0.06	0.02	0.01											0.23
230	0.05	0.08	0.07	0.01		0.01										0.24
240	0.05	0.07	0.06	0.01	0.01	0.01										0.21
250	0.11	0.11	0.06	0.02	0.01	0.01										0.31
260	0.09	0.14	0.15	0.02	0.01											0.41
270	0.14	0.16	0.17	0.02		0.01										0.51
280	0.16	0.14	0.15	0.01	0.01	0.01										0.49
290	0.17	0.19	0.13	0.02	0.01	0.01										0.53
300	0.23	0.31	0.10	0.02	0.01	0.01										0.69
310	0.30	0.44	0.14	0.04	0.02	0.01										0.95
320	0.33	0.63	0.36	0.10	0.03	0.03	0.01									1.49
330	0.53	1.12	1.13	0.57	0.23	0.10	0.02	0.01								3.72
340	0.68	1.84	2.45	1.21	0.44	0.14	0.05	0.02	0.01							6.85
350	1.00	2.25	2.41	0.97	0.36	0.15	0.05	0.03	0.01							7.23
360	1.17	1.92	1.70	0.66	0.26	0.10	0.08	0.02	0.01							5.93
Tot.	17.93	26.86	21.16	8.04	2.92	1.38	0.63	0.29	0.17	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	79.48
Tot. Cumulato	44.79	65.94	73.99	76.91	78.29	78.92	79.21	79.39	79.44	79.48	79.48	79.48	79.48	79.48	79.48	

Tabella 4.1.b - Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	85	147	151	73	29	15	13	4	6	2	1					526
20	77	124	157	87	39	33	19	15	9	1	2					563
30	58	89	151	66	54	25	20	8	5	3	2					481
40	52	82	79	54	18	15	8	1	3							312
50	66	115	85	31	6	4	2	1	1							311
60	56	87	72	24	9	3	1	1	1							254
70	92	123	126	21	11	3	1		1							378
80	112	228	254	62	17		1	1								675
90	115	262	347	151	36	8	9	1	2							931
100	115	230	232	115	34	10	3	2	1							742
110	94	200	113	57	10	2	3	1								480
120	61	132	82	36	7	2		1	1							322
130	49	47	32	18	12	2			1							161
140	34	22	18	9	1	1			1							86
150	17	11	5	5		1	1									40
160	18	21	6	5	2	3										55
170	7	7	8	3	2	1		1								29
180	5	9	5		1	2	1									23
190	6	8	12	2	3	2	1									34
200	5	9	9	2	4	1										30
210	1	12	8	4	3	1	1	1								31
220	5	11	14	4	2											36
230	2	13	17	5	1	2	1		1							42
240	6	10	14	5	1	2	1									39
250	6	14	12	3	1	1			1							38
260	9	22	27	4		1	1									64
270	11	26	31	5	2											75
280	13	9	22	3												47
290	7	20	12	3	1	1		2								46
300	19	30	13	3	1	3		1								70
310	15	44	21	7	2	1	1									91
320	17	67	39	17	4	7	2	1		1						155
330	36	82	133	92	45	13	5	2	1							409
340	40	134	246	171	64	28	13	3	2		2					703
350	41	185	268	129	55	32	8	5	2	2	1					728
360	84	207	219	90	47	18	19	5		1		1				691
Tot.	1 436	2 839	3 040	1 366	524	243	135	57	39	10	8	1	0	0	0	9 698

**Tabella 4.2.a - Clima autunnale: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione**



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	0.68	1.17	1.21	0.58	0.23	0.12	0.10	0.03	0.05	0.02	0.01					4.20
20	0.62	0.99	1.25	0.70	0.31	0.26	0.15	0.12	0.07	0.01	0.02					4.50
30	0.46	0.71	1.21	0.53	0.43	0.20	0.16	0.06	0.04	0.02	0.02					3.84
40	0.42	0.66	0.63	0.43	0.14	0.12	0.06	0.01	0.02							2.49
50	0.53	0.92	0.68	0.25	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01							2.49
60	0.45	0.70	0.58	0.19	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01							2.03
70	0.74	0.98	1.01	0.17	0.09	0.02	0.01		0.01							3.02
80	0.90	1.82	2.03	0.50	0.14		0.01	0.01								5.39
90	0.92	2.09	2.77	1.21	0.29	0.06	0.07	0.01	0.02							7.44
100	0.92	1.84	1.85	0.92	0.27	0.08	0.02	0.02	0.01							5.93
110	0.75	1.60	0.90	0.46	0.08	0.02	0.02	0.01								3.84
120	0.49	1.05	0.66	0.29	0.06	0.02		0.01	0.01							2.57
130	0.39	0.38	0.26	0.14	0.10	0.02			0.01							1.29
140	0.27	0.18	0.14	0.07	0.01	0.01			0.01							0.69
150	0.14	0.09	0.04			0.01	0.01									0.32
160	0.14	0.17	0.05	0.04	0.02	0.02										0.44
170	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.01		0.01								0.23
180	0.04	0.07	0.04		0.01	0.02	0.01									0.18
190	0.05	0.06	0.10	0.02	0.02	0.02	0.01									0.27
200	0.04	0.07	0.07	0.02	0.03	0.01										0.24
210	0.01	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01								0.25
220	0.04	0.09	0.11	0.03	0.02											0.29
230	0.02	0.10	0.14	0.04	0.01	0.02	0.01		0.01							0.34
240	0.05	0.08	0.11	0.04	0.01	0.02	0.01									0.31
250	0.05	0.11	0.10	0.02	0.01	0.01			0.01							0.30
260	0.07	0.18	0.22	0.03		0.01	0.01									0.51
270	0.09	0.21	0.25	0.04	0.02											0.60
280	0.10	0.07	0.18	0.02												0.38
290	0.06	0.16	0.10	0.02	0.01	0.01		0.02								0.37
300	0.15	0.24	0.10	0.02	0.01	0.02		0.01								0.56
310	0.12	0.35	0.17	0.06	0.02	0.01	0.01									0.73
320	0.14	0.54	0.31	0.14	0.03	0.06	0.02	0.01		0.01						1.24
330	0.29	0.66	1.06	0.74	0.36	0.10	0.04	0.02	0.01							3.27
340	0.32	1.07	1.97	1.37	0.51	0.22	0.10	0.02	0.02		0.02					5.62
350	0.33	1.48	2.14	1.03	0.44	0.26	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01					5.82
360	0.67	1.65	1.75	0.72	0.38	0.14	0.15	0.04		0.01		0.01				5.52
Tot.	11.48	22.69	24.30	10.92	4.19	1.94	1.08	0.46	0.31	0.08	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	77.51
Tot. Cumulato	34.17	58.46	69.38	73.57	75.51	76.59	77.05	77.36	77.44	77.50	77.51	77.51	77.51	77.51	77.51	

Tabella 4.2.b - Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA INVERNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	139	164	162	102	59	39	30	15	15	5	5					735
20	116	106	122	97	58	42	20	22	10	7	1					601
30	105	79	107	76	67	34	13	12	6	2			1			502
40	82	94	75	54	25	28	3	1	5	3						370
50	88	100	74	30	5	14	5		1							317
60	78	143	68	28	6	4	4	1			1					333
70	108	211	112	20	8	3	4									466
80	119	265	237	78	13	2	1	1								716
90	130	204	170	88	25	16	1									634
100	122	179	91	29	9	3	5	2								440
110	62	116	70	33	5	2		1								289
120	33	52	50	13	2	3	1									154
130	37	18	15	10	6	3		1								90
140	33	18	9	6	1		2	1								70
150	16	7	7	3		2										35
160	14	9	6	1	2		1									33
170	16	10	9	4	2	4										45
180	8	4	3	1		3	1									20
190	7	6	5	1		1	1									21
200	6	7	6	2	1	2										24
210	10	5	10	2												27
220	7	8	3	3	1	2	1									25
230	12	9	8		1	2										32
240	6	5	13	1	2	1										28
250	12	13	5	2	1	2										35
260	9	16	16	2	3	1										47
270	19	17	21	3		2		1								63
280	18	16	14	2	4	3	1									58
290	8	19	22	7	4	3	1									64
300	25	34	13	3	3	3	2	1								84
310	37	61	24	12	4	2	1			1						142
320	35	77	61	22	7	2	1									205
330	63	116	158	106	48	29	5	1								526
340	76	208	335	239	98	32	8	3	2	1						1 002
350	118	262	340	187	85	36	14	7	2		1					1 052
360	125	253	237	131	56	22	20	6	4			1				855
Tot.	1 899	2 911	2 678	1 398	611	347	146	76	45	19	8	1	1	0	0	10 140

Tabella 4.3.a - Clima invernale: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA INVERNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.13	1.34	1.32	0.83	0.48	0.32	0.24	0.12	0.12	0.04	0.04					5.99
20	0.95	0.86	0.99	0.79	0.47	0.34	0.16	0.18	0.08	0.06	0.01					4.90
30	0.86	0.64	0.87	0.62	0.55	0.28	0.11	0.10	0.05	0.02			0.01			4.09
40	0.67	0.77	0.61	0.44	0.20	0.23	0.02	0.01	0.04	0.02						3.01
50	0.72	0.81	0.60	0.24	0.04	0.11	0.04		0.01							2.58
60	0.64	1.17	0.55	0.23	0.05	0.03	0.03	0.01			0.01					2.71
70	0.88	1.72	0.91	0.16	0.07	0.02	0.03									3.80
80	0.97	2.16	1.93	0.64	0.11	0.02	0.01	0.01								5.83
90	1.06	1.66	1.39	0.72	0.20	0.13	0.01									5.17
100	0.99	1.46	0.74	0.24	0.07	0.02	0.04	0.02								3.59
110	0.51	0.95	0.57	0.27	0.04	0.02		0.01								2.35
120	0.27	0.42	0.41	0.11	0.02	0.02	0.01									1.25
130	0.30	0.15	0.12	0.08	0.05	0.02		0.01								0.73
140	0.27	0.15	0.07	0.05	0.01		0.02	0.01								0.57
150	0.13	0.06	0.06	0.02		0.02										0.29
160	0.11	0.07	0.05	0.01	0.02		0.01									0.27
170	0.13	0.08	0.07	0.03	0.02	0.03										0.37
180	0.07	0.03	0.02	0.01		0.02	0.01									0.16
190	0.06	0.05	0.04	0.01		0.01	0.01									0.17
200	0.05	0.06	0.05	0.02	0.01	0.02										0.20
210	0.08	0.04	0.08	0.02												0.22
220	0.06	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01									0.20
230	0.10	0.07	0.07		0.01	0.02										0.26
240	0.05	0.04	0.11	0.01	0.02	0.01										0.23
250	0.10	0.11	0.04	0.02	0.01	0.02										0.29
260	0.07	0.13	0.13	0.02	0.02	0.01										0.38
270	0.15	0.14	0.17	0.02		0.02		0.01								0.51
280	0.15	0.13	0.11	0.02	0.03	0.02	0.01									0.47
290	0.07	0.15	0.18	0.06	0.03	0.02	0.01									0.52
300	0.20	0.28	0.11	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01								0.68
310	0.30	0.50	0.20	0.10	0.03	0.02	0.01			0.01						1.16
320	0.29	0.63	0.50	0.18	0.06	0.02	0.01									1.67
330	0.51	0.95	1.29	0.86	0.39	0.24	0.04	0.01								4.29
340	0.62	1.69	2.73	1.95	0.80	0.26	0.07	0.02	0.02	0.01						8.16
350	0.96	2.13	2.77	1.52	0.69	0.29	0.11	0.06	0.02		0.01					8.57
360	1.02	2.06	1.93	1.07	0.46	0.18	0.16	0.05	0.03			0.01				6.97
Tot.	15.47	23.72	21.82	11.39	4.98	2.83	1.19	0.62	0.37	0.15	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	82.63
Tot. Cumulato	39.19	61.02	72.41	77.39	80.22	81.40	82.02	82.39	82.55	82.61	82.62	82.63	82.63	82.63		

Tabella 4.3.b - Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	146	126	133	58	13	6	1	1								484
20	99	117	103	48	14	6	2	3								392
30	121	109	105	47	12	4	2									400
40	126	108	75	21	17	7	1									355
50	120	102	65	19	5	1	1									313
60	140	153	62	12	4	2	1	1								375
70	159	258	121	13	2	1	1									555
80	231	392	249	44	7	2										925
90	231	439	292	88	15											1 065
100	163	316	153	42	11	2										687
110	156	226	76	18	3											479
120	111	102	26	11												250
130	58	43	11	5	2	1										120
140	36	10	3	1												50
150	20	11	4	1												36
160	24	9	5	1		1										40
170	11	7	2	1												21
180	20	6	3													29
190	6	2	5													13
200	12	5	4													21
210	15	10	4	2		1										32
220	12	7	5	1	1											26
230	4	12	3	1		1										21
240	7	8	2	1												18
250	27	18	6	1												52
260	10	20	17	1												48
270	20	18	19	2												59
280	24	25	17	2		1										69
290	30	22	17	1												70
300	25	38	14	1												78
310	23	40	14	2	1											80
320	34	81	39	8	3	3	2									170
330	53	145	137	45	16	9		2								407
340	90	247	270	91	28	6	2	1								735
350	155	287	241	77	16	2	2	1								781
360	172	199	162	55	12	6	2	1								609
Tot.	2 691	3 718	2 464	721	182	62	17	10	0	0	0	0	0	0	0	9 865

Tabella 4.4.a - Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.18	1.02	1.07	0.47	0.11	0.05	0.01	0.01								3.91
20	0.80	0.95	0.83	0.39	0.11	0.05	0.02	0.02								3.17
30	0.98	0.88	0.85	0.38	0.10	0.03	0.02									3.23
40	1.02	0.87	0.61	0.17	0.14	0.06	0.01									2.87
50	0.97	0.82	0.53	0.15	0.04	0.01	0.01									2.53
60	1.13	1.24	0.50	0.10	0.03	0.02	0.01	0.01								3.03
70	1.28	2.08	0.98	0.11	0.02	0.01	0.01									4.48
80	1.87	3.17	2.01	0.36	0.06	0.02										7.47
90	1.87	3.55	2.36	0.71	0.12											8.61
100	1.32	2.55	1.24	0.34	0.09	0.02										5.55
110	1.26	1.83	0.61	0.15	0.02											3.87
120	0.90	0.82	0.21	0.09												2.02
130	0.47	0.35	0.09	0.04	0.02	0.01										0.97
140	0.29	0.08	0.02	0.01												0.40
150	0.16	0.09	0.03	0.01												0.29
160	0.19	0.07	0.04	0.01		0.01										0.32
170	0.09	0.06	0.02	0.01												0.17
180	0.16	0.05	0.02													0.23
190	0.05	0.02	0.04													0.11
200	0.10	0.04	0.03													0.17
210	0.12	0.08	0.03	0.02		0.01										0.26
220	0.10	0.06	0.04	0.01	0.01											0.21
230	0.03	0.10	0.02	0.01		0.01										0.17
240	0.06	0.06	0.02	0.01												0.15
250	0.22	0.15	0.05	0.01												0.42
260	0.08	0.16	0.14	0.01												0.39
270	0.16	0.15	0.15	0.02												0.48
280	0.19	0.20	0.14	0.02		0.01										0.56
290	0.24	0.18	0.14	0.01												0.57
300	0.20	0.31	0.11	0.01												0.63
310	0.19	0.32	0.11	0.02	0.01											0.65
320	0.27	0.65	0.32	0.06	0.02	0.02	0.02									1.37
330	0.43	1.17	1.11	0.36	0.13	0.07		0.02								3.29
340	0.73	2.00	2.18	0.74	0.23	0.05	0.02	0.01								5.94
350	1.25	2.32	1.95	0.62	0.13	0.02	0.02	0.01								6.31
360	1.39	1.61	1.31	0.44	0.10	0.05	0.02	0.01								4.92
Tot.	21.74	30.04	19.91	5.83	1.47	0.50	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.71
Tot. Cumulato	51.79	71.70	77.52	78.99	79.49	79.63	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	

Tabella 4.4.b - Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	212	226	145	41	17	1										642
20	167	159	125	48	12	7	1	1								520
30	128	147	94	39	12	6	4									430
40	111	105	56	14	6	2										294
50	98	115	33	2	2	2										252
60	122	106	35	4												267
70	121	123	42	1												287
80	147	229	70	6	1											453
90	166	291	138	14	3	1										613
100	178	290	149	25	6		2									650
110	144	265	91	10	1											511
120	120	129	58	6												313
130	68	45	20	1												134
140	44	22	3	1	1											71
150	29	17	12	1												59
160	16	9	6	1		2										34
170	10	8	4													22
180	15	8	4													27
190	10	12	1	1												24
200	13	6	4	1												24
210	14	11	5													30
220	9	10	9													28
230	9	8	8	1												26
240	6	11	2													19
250	11	9	6	2	1											29
260	15	10	16	1	1											43
270	22	19	12	2		1										56
280	25	20	24		1											70
290	37	32	15													84
300	45	51	12	3												111
310	72	75	13		1											161
320	76	90	39	4	1	1	1									212
330	110	212	133	41	7		1									504
340	130	325	368	102	27	5	3	1								961
350	182	385	350	87	22	5	1		1							1 033
360	198	296	227	51	13	3	1		1							790
Tot.	2 880	3 876	2 329	510	135	36	14	2	2	0	0	0	0	0	0	9 784

Tabella 4.5.a - Clima estivo: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.69	1.81	1.16	0.33	0.14	0.01										5.13
20	1.33	1.27	1.00	0.38	0.10	0.06	0.01	0.01								4.15
30	1.02	1.17	0.75	0.31	0.10	0.05	0.03									3.43
40	0.89	0.84	0.45	0.11	0.05	0.02										2.35
50	0.78	0.92	0.26	0.02	0.02	0.02										2.01
60	0.97	0.85	0.28	0.03												2.13
70	0.97	0.98	0.34	0.01												2.29
80	1.17	1.83	0.56	0.05	0.01											3.62
90	1.33	2.32	1.10	0.11	0.02	0.01										4.90
100	1.42	2.32	1.19	0.20	0.05		0.02									5.19
110	1.15	2.12	0.73	0.08	0.01											4.08
120	0.96	1.03	0.46	0.05												2.50
130	0.54	0.36	0.16	0.01												1.07
140	0.35	0.18	0.02	0.01	0.01											0.57
150	0.23	0.14	0.10	0.01												0.47
160	0.13	0.07	0.05	0.01		0.02										0.27
170	0.08	0.06	0.03													0.18
180	0.12	0.06	0.03													0.22
190	0.08	0.10	0.01	0.01												0.19
200	0.10	0.05	0.03	0.01												0.19
210	0.11	0.09	0.04													0.24
220	0.07	0.08	0.07													0.22
230	0.07	0.06	0.06	0.01												0.21
240	0.05	0.09	0.02													0.15
250	0.09	0.07	0.05	0.02	0.01											0.23
260	0.12	0.08	0.13	0.01	0.01											0.34
270	0.18	0.15	0.10	0.02		0.01										0.45
280	0.20	0.16	0.19		0.01											0.56
290	0.30	0.26	0.12													0.67
300	0.36	0.41	0.10	0.02												0.89
310	0.58	0.60	0.10		0.01											1.29
320	0.61	0.72	0.31	0.03	0.01	0.01	0.01									1.69
330	0.88	1.69	1.06	0.33	0.06		0.01									4.03
340	1.04	2.60	2.94	0.81	0.22	0.04	0.02	0.01								7.68
350	1.45	3.08	2.80	0.69	0.18	0.04	0.01		0.01							8.25
360	1.58	2.36	1.81	0.41	0.10	0.02	0.01		0.01							6.31
Tot.	23.00	30.96	18.60	4.07	1.08	0.29	0.11	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.15
Tot. Cumulato	53.96	72.56	76.64	77.72	78.00	78.12	78.13	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	

Tabella 4.5.b - Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



4.2 Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza ed al periodo d'onda

Nella figura 4.4 sono riportati tutti gli eventi della serie storica diagrammati in funzione del periodo e dell'altezza d'onda.

Gli eventi di moto ondoso sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa e del periodo al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi. Nelle tabelle 4.6 e 4.7 è riportata la classificazione degli eventi in base al periodo di picco ed all'altezza d'onda.

Al fine di individuare la legge di dipendenza tra il periodo di picco delle onde T_P e l'altezza d'onda significativa H_s si è fatto riferimento alla seguente relazione (Mathiesen et al., 1994):

$$T_P = a \cdot (H_s)^b \quad (4.4)$$

ove i parametri a e b sono stati ricavati mediante il metodo dei minimi quadrati sulla base delle coppie di valori osservati dell'altezza d'onda e del periodo.

Nella tabella 4.8 sono riportati i valori dei coefficienti a e b relativi alle equazioni 4.4. Nella tabella 4.8 è riportato anche il valore del coefficiente di correlazione e l'ampiezza di confidenza dei parametri. Data l'estrema, peraltro tipica, dispersione dei dati di periodo rispetto all'altezza significativa l'estremo superiore della fascia di confidenza dei coefficienti può essere utile per stimare il periodo di picco per le onde di mare morto, laddove le onde sono meno ripide (periodi maggiori a parità di altezza). Viceversa, il limite inferiore può essere utilizzato per la stima del periodo di onde di mare vivo, laddove la ripidità delle onde risulta maggiore se confrontata con quella di onde di mare morto.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Classi di periodo di picco T_p (s)									
H_s (m)	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	> 14	Tot.
0 ÷ 0.25	199	6128	2015	510	25			9	8886
0.25 ÷ 0.75	7	6676	10803	1200	91	8		6	18791
0.75 ÷ 1.25		265	5282	1428	159	18			7152
1.25 ÷ 1.75		3	1268	1241	124	6			2642
1.75 ÷ 2.25			190	833	44	5		1	1073
2.25 ÷ 2.75			13	414	54	2			483
2.75 ÷ 3.25				158	57	1			216
3.25 ÷ 3.75				39	83	1			123
3.75 ÷ 4.25				13	46	1			60
4.25 ÷ 4.75					21	1			22
4.75 ÷ 5.25					5	3			8
5.25 ÷ 5.75						1			1
5.75 ÷ 6.25									0
6.25 ÷ 6.75									0
6.75 ÷ 7.25									0
> 7.25									0
	206	13072	19571	5836	709	47		16	39457

Tabella 4.6 – Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo

Classi di periodo di picco T_p (s)									
H_s (m)	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	> 14	Tot.
0 ÷ 0.25	0.40	12.33	4.06	1.03	0.05			0.02	17.89
0.25 ÷ 0.75	0.01	13.44	21.75	2.42	0.18	0.02		0.01	37.82
0.75 ÷ 1.25		0.53	10.63	2.87	0.32	0.04			14.40
1.25 ÷ 1.75		0.01	2.55	2.50	0.25	0.01			5.32
1.75 ÷ 2.25			0.38	1.68	0.09	0.01		0.00	2.16
2.25 ÷ 2.75			0.03	0.83	0.11	0.00			0.97
2.75 ÷ 3.25				0.32	0.11	0.00			0.43
3.25 ÷ 3.75				0.08	0.17	0.00			0.25
3.75 ÷ 4.25				0.03	0.09	0.00			0.12
4.25 ÷ 4.75					0.04	0.00			0.04
4.75 ÷ 5.25					0.01	0.01			0.02
5.25 ÷ 5.75						0.00			0.00
5.75 ÷ 6.25									0.00
6.25 ÷ 6.75									0.00
6.75 ÷ 7.25									0.00
> 7.25									0.00
	0.41	26.31	39.39	11.75	1.43	0.09		0.03	79.42

**Tabella 4.7 – Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo –
Distribuzione percentuale**



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

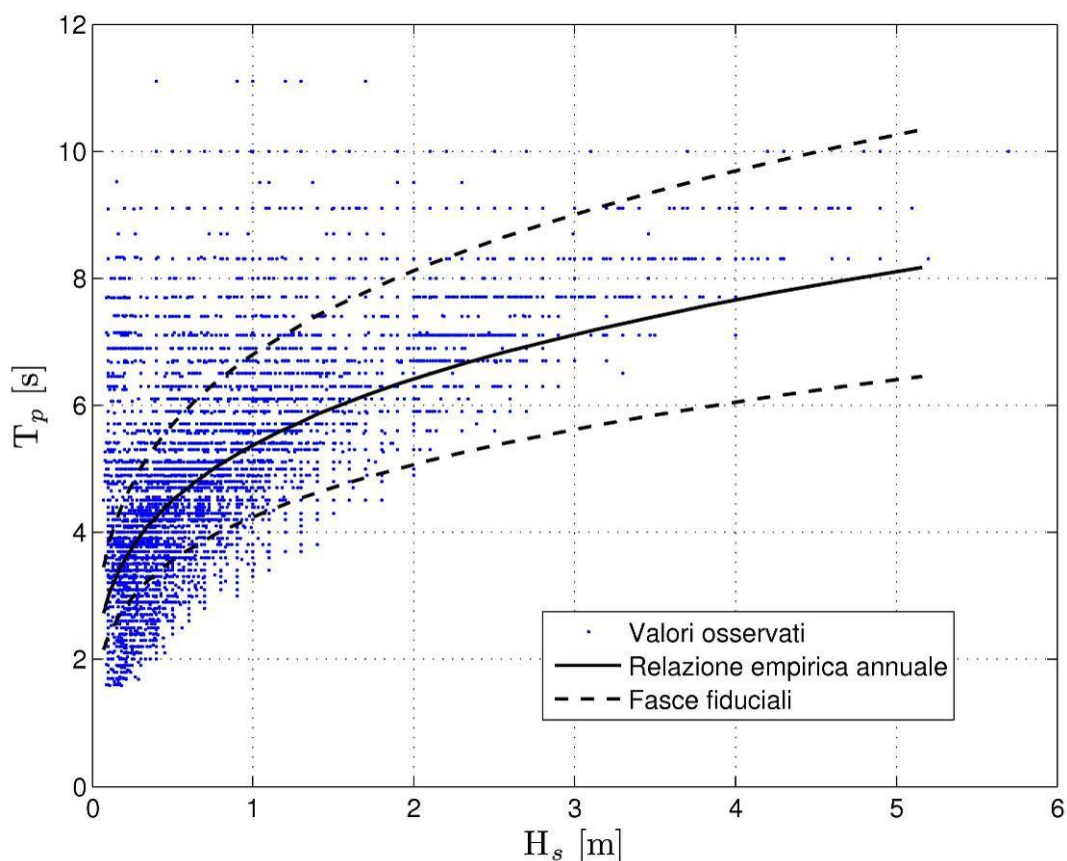


Figura 4.4 – Periodo di picco in funzione dell'altezza d'onda significativa

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
a	5.48 ± 1.28	5.18 ± 1.46	4.91 ± 1.31	5.64 ± 1.48	5.37 ± 1.43
b	0.26 ± 0.00	0.23 ± 0.00	0.22 ± 0.00	0.26 ± 0.00	0.26 ± 0.00
R ²	0.557	0.328	0.314	0.438	0.458

Tabella 4.8 – Valori dei coefficienti a,b,c e del coefficiente di correlazione



4.3 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso

Per eseguire l'analisi statistica delle altezze d'onda risulta necessario selezionare preliminarmente dei campioni di dati che rispondano al doppio requisito di risultare tra di loro statisticamente indipendenti ed omogenei.

Per quanto riguarda l'indipendenza statistica di solito si utilizza il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche “della serie di durata parziale sopra soglia”) che consiste nel prendere in esame il solo valore massimo di altezza d'onda (valore di picco) che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata. L'individuazione di ciascuna mareggiata nell'ambito della serie storica viene effettuata introducendo una soglia di altezza d'onda e considerando che il singolo evento (mareggiata) abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa superi per la prima volta il valore della soglia prestabilito. Conseguentemente si ipotizza che l'evento termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia oppure quando si verifica un forte scarto della direzione del moto ondoso.

Selezionati gli “eventi di picco”, l'omogeneità dei dati di solito viene assicurata raggruppando gli stessi dati in eventi caratterizzati da una simile genesi meteorologica. Ciò normalmente si traduce nel separare i valori massimi di altezze d'onda registrati in distinti settori di provenienza degli stati di mare.

Gli stati di mare caratterizzati da una altezza d'onda significativa (H_s) superiore alla soglia individuata sono quindi oggetto di una elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza).

Le leggi adottate di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) sono quella di Weibull (limitata inferiormente):



$$P_{X_{\min}}(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \varepsilon}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (4.6)$$

e la legge di Gumbel

$$P_{X_{\max}}(x) = \exp \left[- e^{-\frac{(x-b)}{\alpha}} \right] \quad (4.7)$$

dove X è la variabile aleatoria, x il valore di non superamento mentre ε , $\theta = \lambda - \varepsilon$, β , α e b sono i parametri delle distribuzioni.

Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione:

$$Tr(X \leq x) = \frac{1}{(1 - P(X \leq x))} \quad (4.8)$$

si possono stimare le altezze d'onda significative relative a diversi tempi di ritorno.

Al fine di separare i dati di moto ondoso registrati nei settori di traversia principali e secondari, è stato realizzato il diagramma polare riportato nella figura 4.5 dove per ciascuna mareggiata individuata sono stati riportati i valori di altezza d'onda significativa registrati al colmo dell'evento. L'analisi del diagramma permette di trarre le seguenti conclusioni:

1. le mareggiate selezionate ricadono all'interno del settore di traversia compreso tra le direzioni 320°N e 130°N;
2. il settore di traversia principale (settore A) ricade tra le direzioni 320°N e 50°N. In tale settore rientrano gli stati di mare provenienti da maestrale fino a grecale generati in mare aperto e caratterizzati dalle massime altezze d'onda significative;



3. il settore di traversia secondario (settore B) ricade tra le direzioni 50°N e 130°N. In tale settore rientrano gli stati di mare provenienti da levante e scirocco generati anch'essi in mare aperto e caratterizzati da altezze d'onda significative inferiori rispetto al settore A.

Inoltre, sulla base delle elaborazioni del cap. 3 sulla corrispondenza tra direzione del vento e direzione del moto ondoso generato, sono stati determinati per i due settori di traversia i corrispondenti settori di provenienza del vento (figura 4.6).

Individuati i settori principali di provenienza del moto ondoso, si è quindi proceduto a determinare per ciascuno di essi il valore di soglia dell'altezza d'onda significativa da utilizzare per "isolare" ciascun evento e quindi i corrispondenti valori di picco. Il valore di soglia è stato individuato seguendo il metodo proposto da Goda (1988). Nella tabella 4.9 sono riportati per i settori A e B i valori di altezza d'onda di soglia, il numero di eventi sopra soglia, e l'altezza massima verificatasi nella serie storica. Anche in questo caso, come nell'analisi del clima medio del paraggio, non si evidenziano differenze sostanziali rispetto a quanto evinto dall'analisi della serie che si estendeva sino al giugno 2003.

Gli stati di mare caratterizzati da una altezza d'onda significativa (H_s) superiore alla soglia individuata sono stati quindi oggetto di una elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo le funzioni probabilistiche indicate, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza). La stima dei parametri delle distribuzioni è stata eseguita sui valori dell'altezza d'onda significativa riportati graficamente in figura 4.7. Nelle tabelle 4.11 e 4.12 e nelle figure 4.8 e 4.9 sono riportati i risultati delle analisi statistiche.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

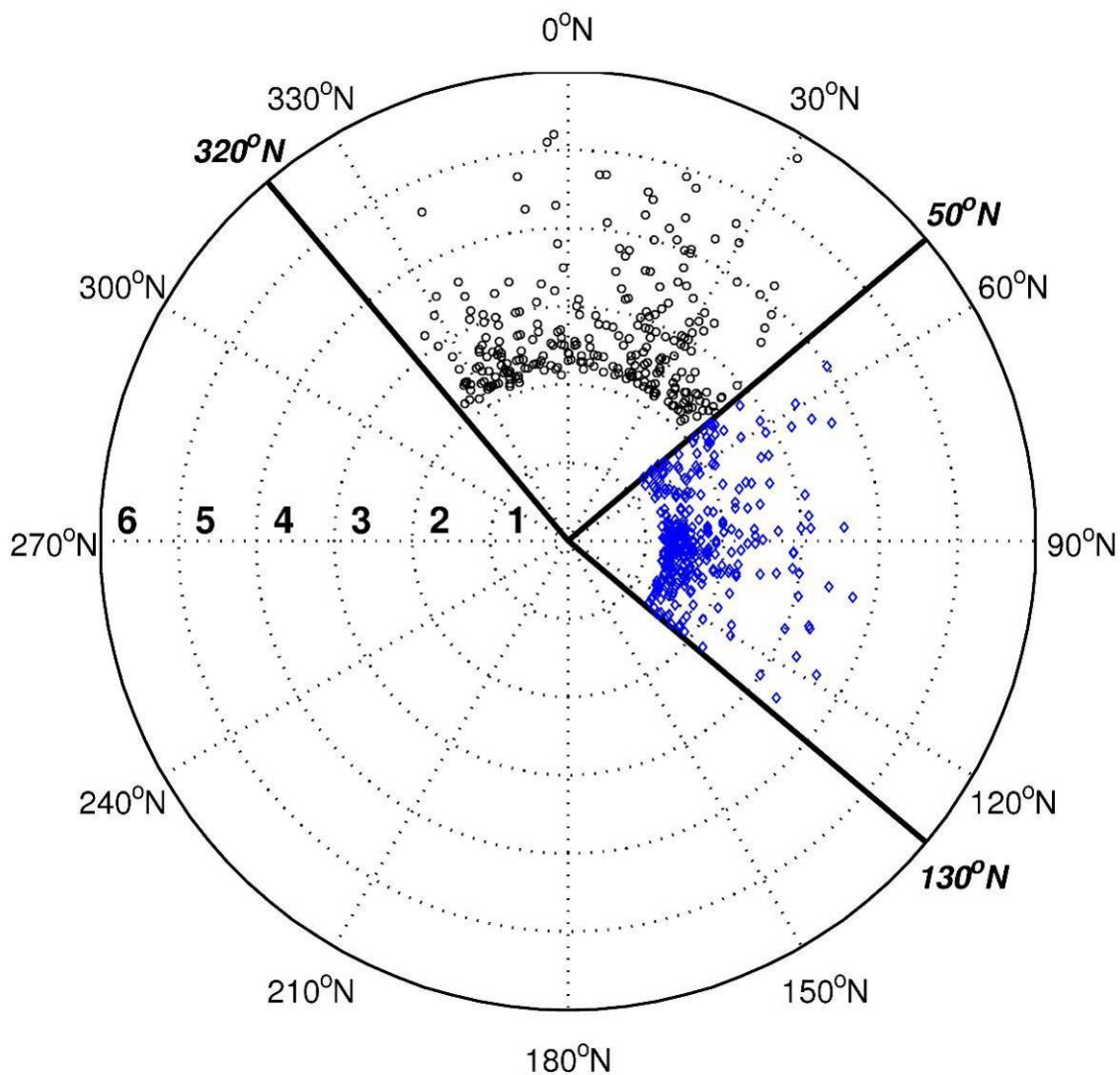


Figura 4.5 – Diagramma polare delle mareggiate con altezza d'onda al colmo superiore a 2,0 metri



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

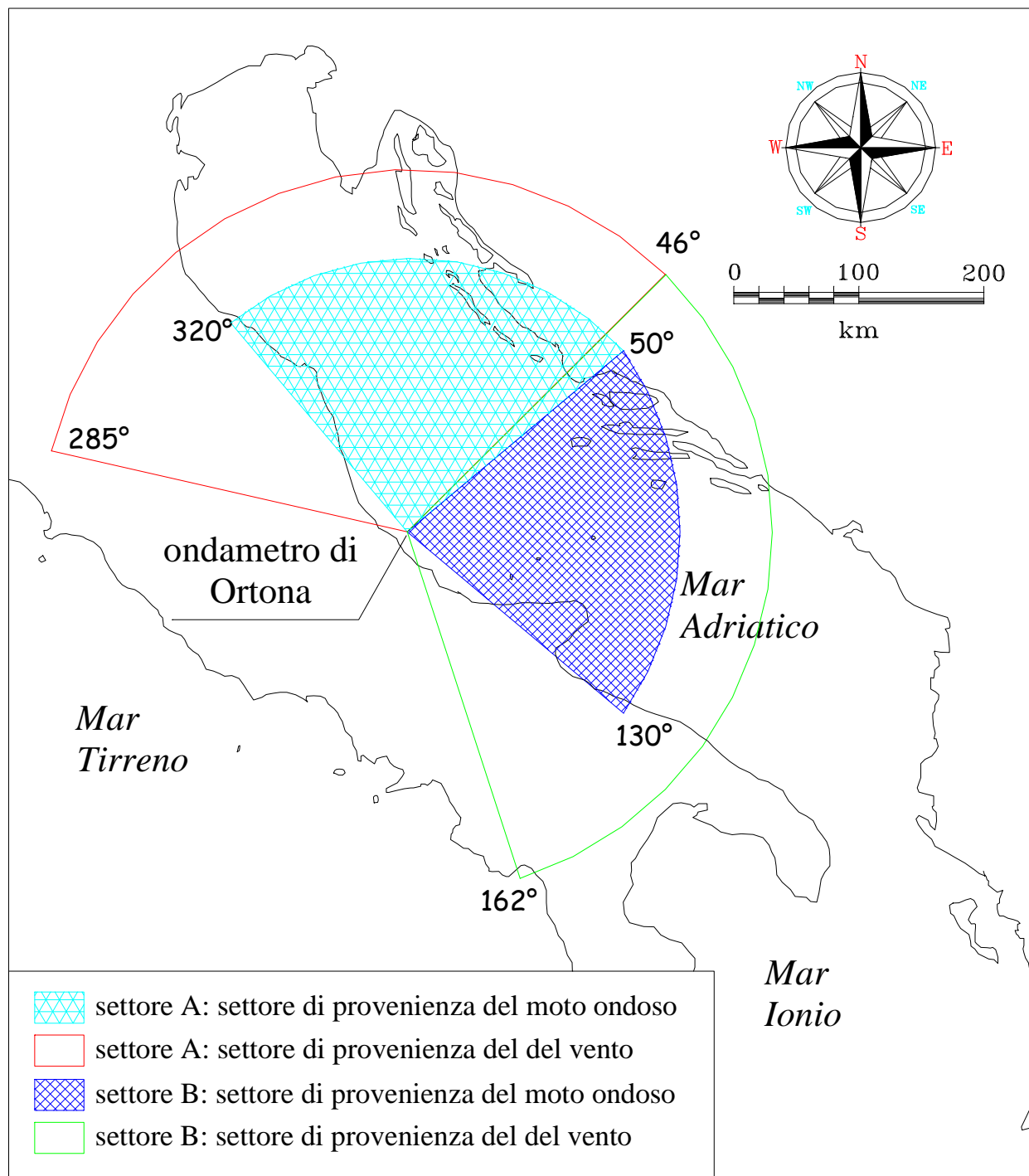


Figura 4.6 – Diagramma dei settori di provenienza del vento e del moto ondoso generato per i settori di traversia principale e secondario



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Tabella 4.9 - Valori dell'altezza d'onda di soglia, numero di eventi sopra soglia e altezza massima per i settori A e B

	Settore A	Settore B
Soglia (m)	2.10	1.20
N. eventi sopra soglia	282	347
Hs massima (m)	5.70	4.0

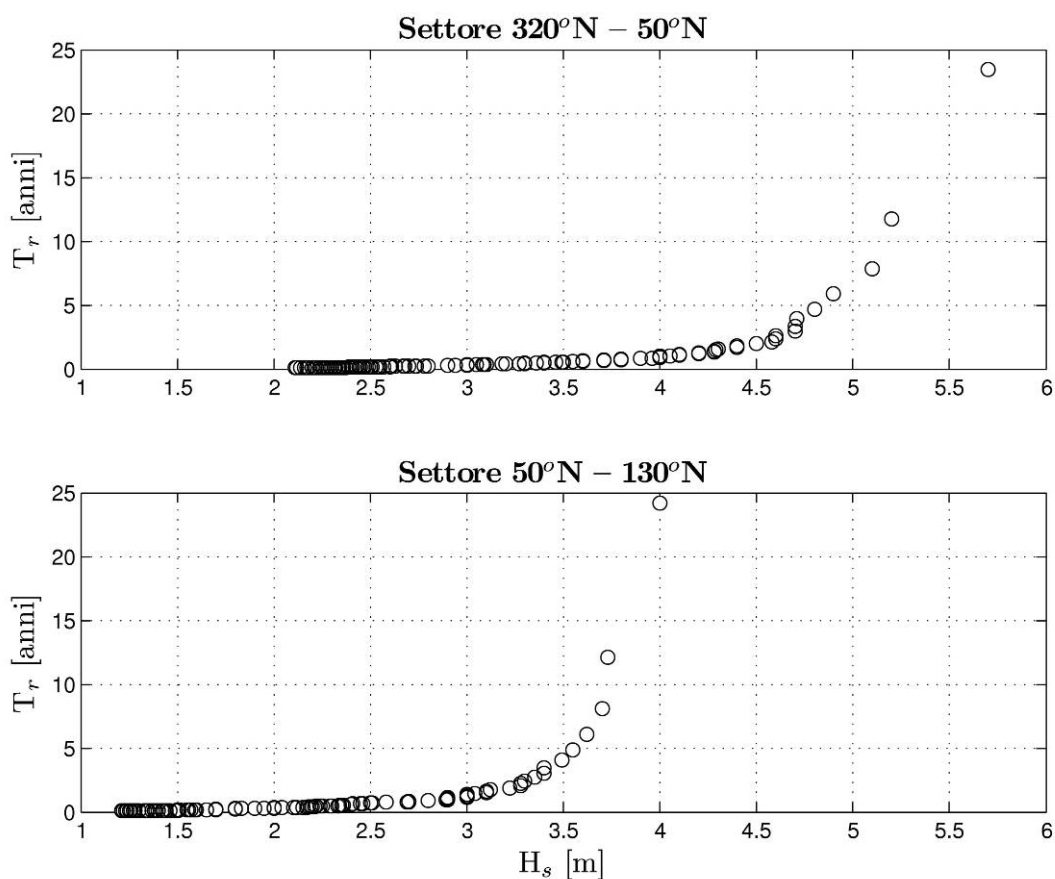


Tabella 4.7 –Rappresentazione cartesiana dei valori dell'altezza d'onda significativa Hs e del corrispondente tempo di ritorno campionario Tr per il settore B



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Tabella 4.11 – Settore A: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno e delle diverse leggi di regressione

Settore 320°N - 50°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull ($\beta = 0.75$)	Weibull ($\beta = 1$)	Weibull ($\beta = 1.4$)	Weibull ($\beta = 2.0$)
2	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3
5	5.0	5.2	5.0	4.9	4.7
10	5.5	5.8	5.5	5.3	5.1
15	5.8	6.2	5.8	5.5	5.2
20	6.0	6.5	6.0	5.6	5.4
25	6.1	6.7	6.2	5.8	5.5
50	6.6	7.4	6.7	6.1	5.7
100	7.1	8.1	7.2	6.5	6.0
150	7.3	8.5	7.5	6.7	6.2
250	7.7	9.1	7.8	6.9	6.3
500	8.1	9.8	8.3	7.3	6.6
Coeff. θ/α	0.676	0.393	0.716	1.267	2.117
Coeff. ε/β	1.729	1.902	1.523	0.931	0.056
Coeff. corr.	0.988	0.972	0.988	0.984	0.972

Tabella 4.12 – Settore B: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno e delle diverse leggi di regressione

Settore 50°N - 130°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull ($\beta = 0.75$)	Weibull ($\beta = 1$)	Weibull ($\beta = 1.4$)	Weibull ($\beta = 2.0$)
2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0
5	3.5	3.8	3.6	3.5	3.3
10	3.9	4.3	4.0	3.8	3.6
15	4.1	4.6	4.2	3.9	3.7
20	4.3	4.8	4.4	4.0	3.8
25	4.4	5.0	4.5	4.1	3.9
50	4.7	5.6	4.9	4.4	4.1
100	5.1	6.1	5.3	4.7	4.3
150	5.3	6.5	5.6	4.8	4.4
250	5.6	6.9	5.8	5.0	4.5
500	5.9	7.6	6.2	5.3	4.7
Coeff. θ/α	0.518	0.321	0.568	0.974	1.579
Coeff. ε/β	1.018	1.115	0.851	0.442	-0.160
Coeff. corr.	0.979	0.970	0.984	0.976	0.957

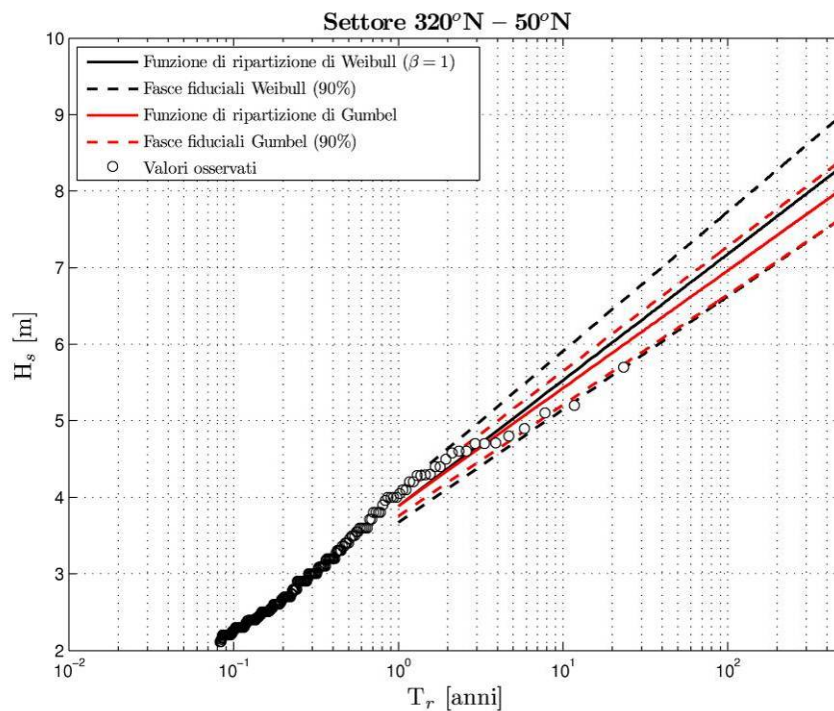
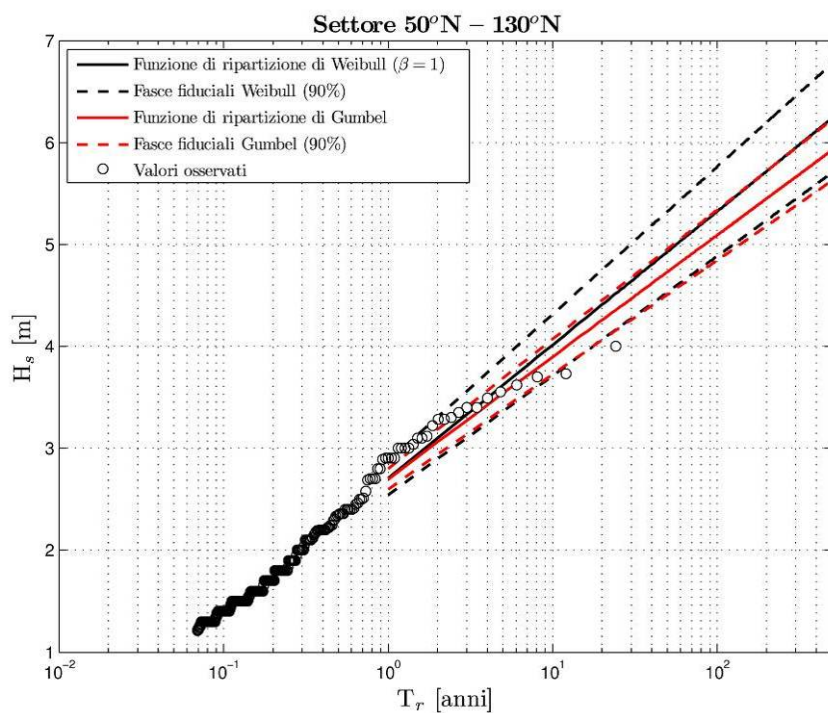


Figura 4.8 – Settore A: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno secondo le leggi di Gumbel e Weibull ($\beta=1.0$)





ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Figura 4.9 – Settore B: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno secondo le leggi di Gumbel e Weibull ($\beta=1.0$)

5 Definizione del clima di moto ondoso al largo

Per una definizione esaustiva delle caratteristiche del moto ondoso al largo è stato utilizzato un metodo di trasposizione geografica (v. cap.6) di misure di moto ondoso. Le misure ondametriche prese in esame sono quelle eseguite presso l'ondametro di Ortona (v. cap.2). I punti prescelti per la trasposizione geografica sono ubicati al largo di Giulianova e del promontorio di Punta Penne (v. figura 5.1).

Sulla base della metodologia riportata nei capitoli 3 e 4, per ciascun punto di trasposizione, sono state eseguite le seguenti analisi:

- definizione dei fetch geografici ed efficaci;
- definizione della correlazione tra la direzione del vento e quella dello stato di mare generato;
- classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed alla direzione;
- classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza ed al periodo d'onda;
- analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

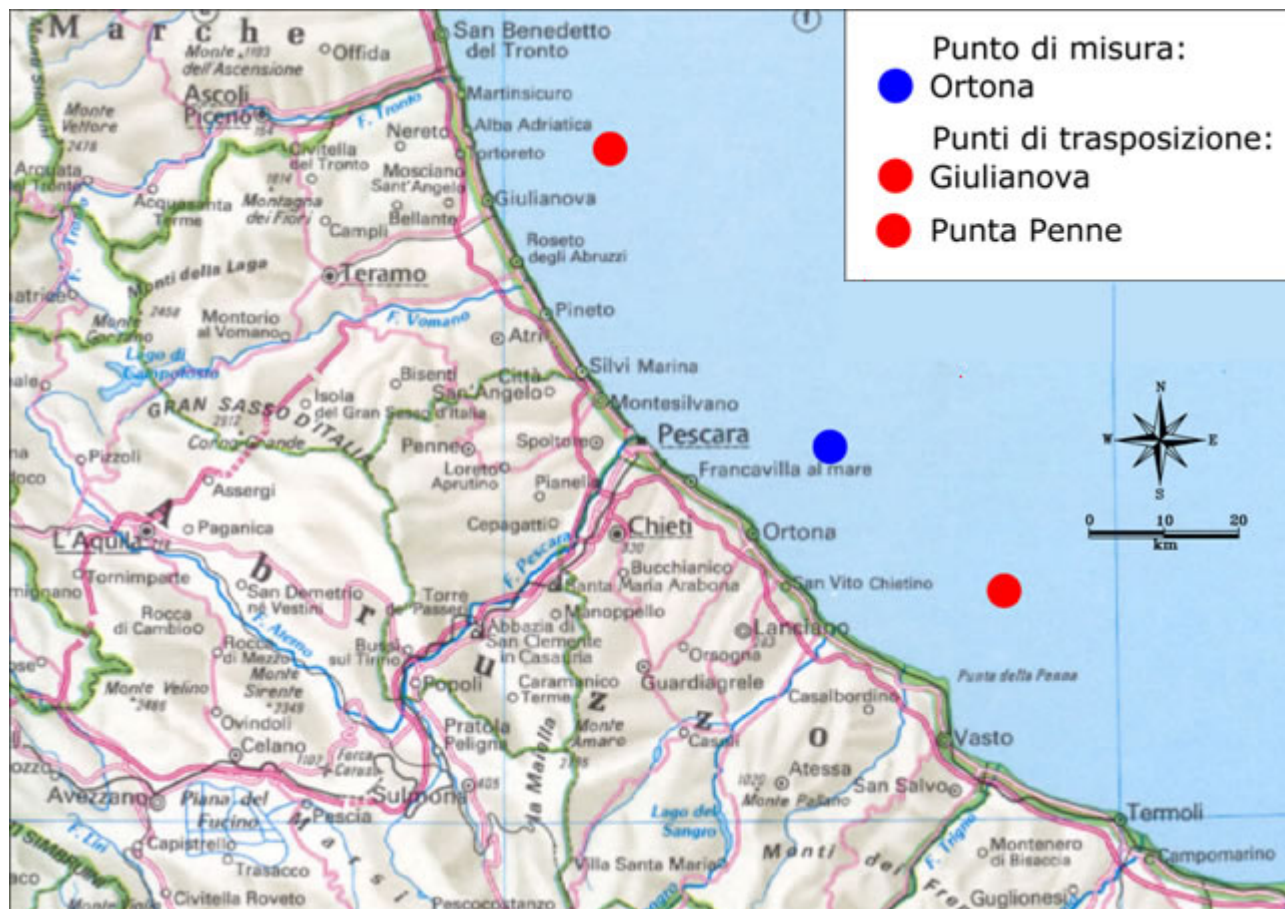


Figura 5.1 – Punti scelti per la trasposizione dei dati misurati alla boa ondometrica di Ortona

6 Il metodo di trasposizione geografica delle misure di moto ondoso

6.1 Descrizione della metodologia



Il metodo di trasposizione geografica delle misure di moto ondoso è stato recentemente proposto da Contini e De Girolamo (1998).

L'ipotesi di base della metodologia seguita consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento (velocità e direzione), che hanno determinato le condizioni di moto ondoso registrate dall'ondametro, abbiano interessato anche l'area di generazione situata al largo del sito di interesse. Il metodo consiste nel determinare la corrispondenza tra le direzioni, le altezze ed i periodi del moto ondoso relativi al punto di misura e a quello di interesse.

Nel caso di fetch limitati le leggi che permettono di calcolare l'altezza d'onda significativa spettrale H_{mo} e il periodo di picco spettrale T_m in funzione della lunghezza del fetch e della velocità del vento sono le seguenti (Shore Protection Manual, 1984):

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 1.6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{gT_m}{U_A^2} = 2.857 \cdot 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}}$$

dove U_A è il fattore di velocità del vento ("wind stress factor"), dipendente in modo non lineare dalla velocità del vento misurata alla quota +10 m s.l.m., ed F è il fetch efficace relativo ad una prefissata direzione geografica.

Indicando con gli apici O e P rispettivamente le grandezze relative al punto di misura ed al punto di trasposizione, e fissata una direzione geografica (direzione media da cui spira il vento) alla quale risultano associati i fetch efficaci F^P e F^O , le precedenti relazioni permettono di stabilire la ricercata corrispondenza tra le altezze ed i periodi delle onde relative al punto O e al punto P:



$$\frac{H_{mo}^P}{H_{mo}^O} = \left(\frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{T_m^P}{T_m^O} = \left(\frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Per ottenere le precedenti relazioni si è ovviamente supposto che il fattore di velocità del vento sia lo stesso nei due punti in esame.

Il metodo si completa utilizzando la legge che stabilisce il legame tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso da esso generato.

L'applicazione del metodo è riassunta nella figura 6.1. Note le caratteristiche del moto ondoso registrate dall'ondametro, sulla base della legge di correlazione tra la direzione dell'onda e quella del vento (vedi parte superiore del grafico) si determina la direzione dell'onda nel punto di interesse.

A titolo di esempio, si prenda in considerazione il caso in cui lo strumento di misura del moto ondoso abbia registrato un evento caratterizzato da una direzione di provenienza pari a 180°N. In base alla correlazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso rilevato dallo strumento di misura, riportata in forma grafica nella parte superiore della figura 6.1, è possibile determinare la direzione di provenienza del vento (pari a 170°N) che ha generato l'evento misurato. Alla stessa stregua è possibile ricavare la direzione del moto ondoso al largo del sito di interesse (195°N) in funzione della direzione del vento.

Per quanto riguarda l'altezza ed il periodo delle onde nel punto di trasposizione geografica, in funzione della lunghezza dei *fetch* associati alla direzione del vento considerata è possibile calcolare il rapporto tra i valori assunti dalle altezze d'onda (H_P/H_O pari a 0,98) e dai periodi (T_P/T_O pari a 0,92) nel punto di misura ed al largo del sito di interesse (vedi parte inferiore del grafico).

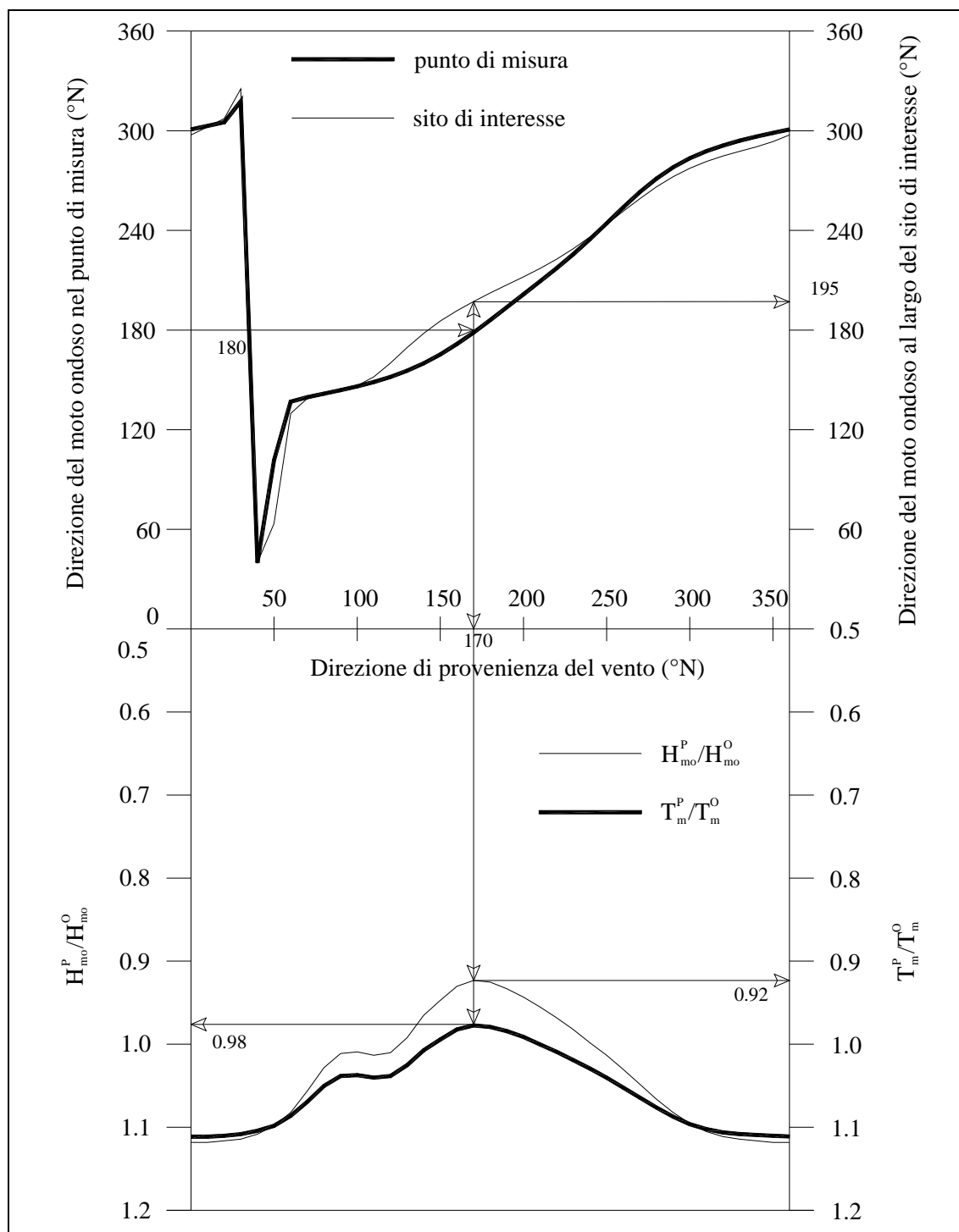


Figura 6.1 – Diagramma di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso



7 Inquadramento geografico del paraggio

Per quanto riguarda la definizione e la metodologia seguita per il calcolo dei *fetch* (geografici ed efficaci) e della correlazione tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato al largo di Ortona, si rimanda al capitolo 3.

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi relative all'esposizione geografica delle porzioni di mare situate rispettivamente al largo di Giulianova e del promontorio di Punta Penna.

7.1 I fetch geografici ed efficaci

Il settore di traversia geografico è delimitato dal Gargano a sud-est e dal Conero a nord-ovest (fig. 7.1). I valori più elevati della lunghezza del fetch geografico si hanno secondo le direzioni che traggono la costa veneta (circa 340°N) e la costa albanese (circa 110°N), mentre il settore che si affaccia sulle coste croate (10-80°N) è il più confinato.

Nel diagramma polare della figura 7.1 sono indicati graficamente i valori dei fetch geografici relativi al punto di analisi. La tabella 7.1 riportano gli stessi valori in forma numerica. I *fetch* efficaci sono riportati nel diagramma polare della figura 7.2 e nella tabella 7.1.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

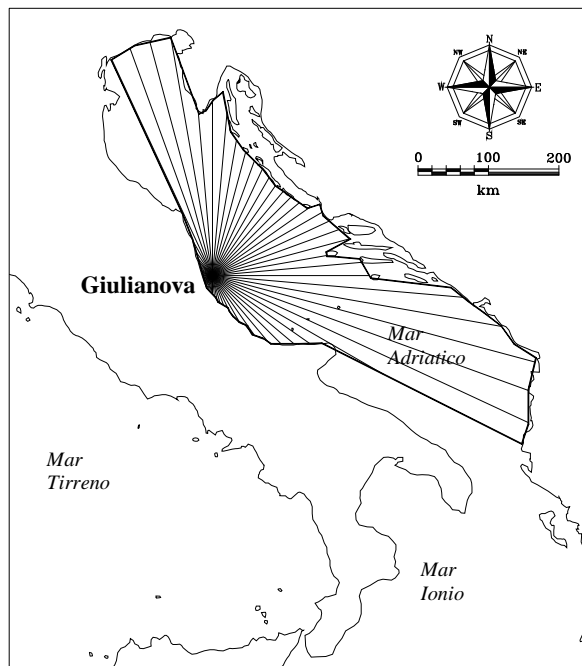


Figura 7.1 – Fetch geografici al largo di Giulianova

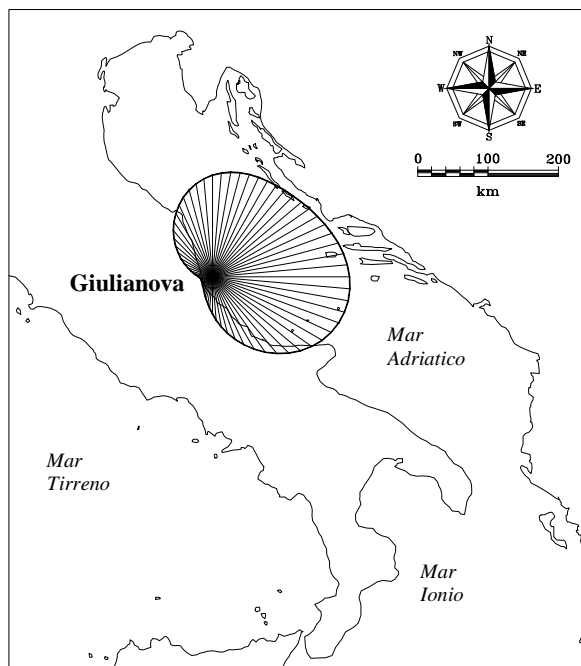


Figura 7.2 – Fetch efficaci al largo di Giulianova



<i>Dir.</i> (°N)	<i>F.Geo.</i> (m)	<i>F.Eff.</i> (m)	<i>Dir.</i> (°N)	<i>F.Geo.</i> (m)	<i>F.Eff.</i> (m)
0	248752.1	144173.9	180	31297.0	52920.1
10	205542.3	150704.0	190	31297.0	38554.6
20	183219.0	154282.2	200	31297.0	29146.6
30	166852.1	156687.8	210	19626.3	23619.9
40	155465.4	159961.8	220	19626.3	20310.3
50	155465.4	165055.9	230	19626.3	18270.0
60	182577.4	172055.9	240	19626.3	17045.1
70	178671.4	180559.2	250	19626.3	16341.4
80	164766.3	188956.3	260	19626.3	16828.0
90	210261.0	194743.9	270	19626.3	19936.5
100	388800.5	195855.3	280	19626.3	26660.6
110	473639.6	191065.1	290	19626.3	37280.6
120	499694.4	180077.3	300	19626.3	51389.2
130	156230.4	163428.4	310	19626.3	68073.9
140	127525.0	142378.7	320	19626.3	86069.8
150	102178.7	118748.9	330	19626.3	103924.6
160	56393.8	94616.5	340	338162.4	120257.1
170	38648.9	72052.8	350	344815.0	133937.3

Tabella 7.1 – Fetch geografici ed efficaci al largo di Giulianova

7.2 La correlazione tra la direzione del vento e quella dello stato di mare generato

La legge di correlazione tra la direzione media del vento (spirante lungo il fetch efficace) e la direzione del moto ondoso generato è riportata in forma grafica nella figura 7.3 e in forma numerica nella tabella 7.2.

I maggiori valori della deviazione si verificano per gli stati di mare provenienti da SE, mentre per quelli provenienti dal primo quadrante la deviazione risulta confinata entro i 10°.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

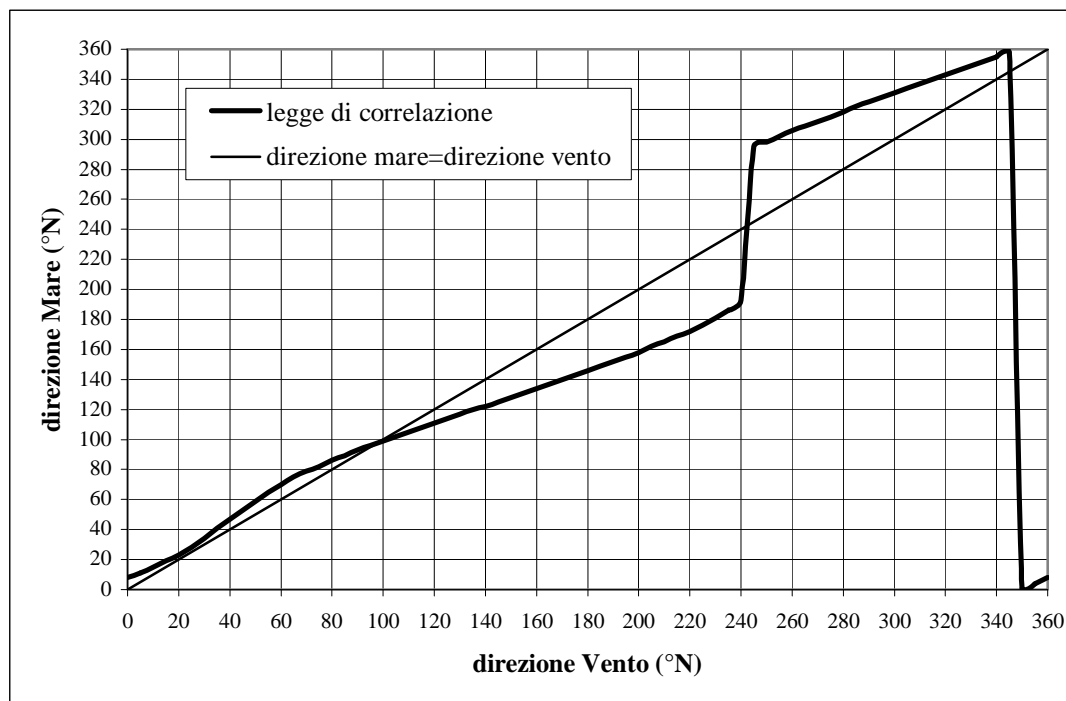


Figura 7.3 – Direzione del moto ondoso in funzione del vento (Giulianova)

Dir. Vento (°N)	Dir. Moto Ondoso (°N)	Dir. Vento (°N)	Dir. Moto Ondoso (°N)
0	8	180	146
10	15	190	152
20	23	200	158
30	34	210	165
40	47	220	172
50	59	230	181
60	70	240	193
70	79	250	298
80	86	260	306
90	93	270	312
100	99	280	318
110	105	290	325
120	111	300	331
130	117	310	337
140	122	320	343
150	128	330	349
160	134	340	355
170	140	350	1

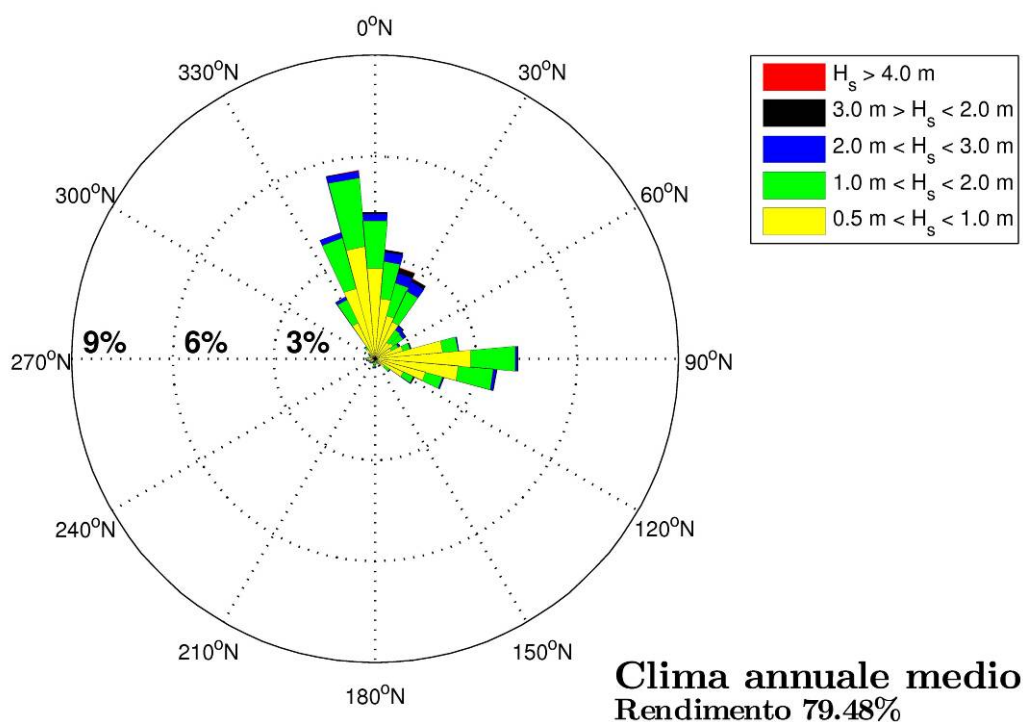
Tabella 7.2 – Direzione del moto ondoso in funzione del vento (Giulianova)



8 Analisi della serie di misure ondametriche trasposta

8.1 Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed alla direzione

Per quanto riguarda la metodologia seguita per classificare gli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed alla direzione di provenienza si rimanda a quanto indicato nel capitolo 4. Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi delle distribuzioni direzionali annuali e stagionali del moto ondoso al largo di Giulianova.

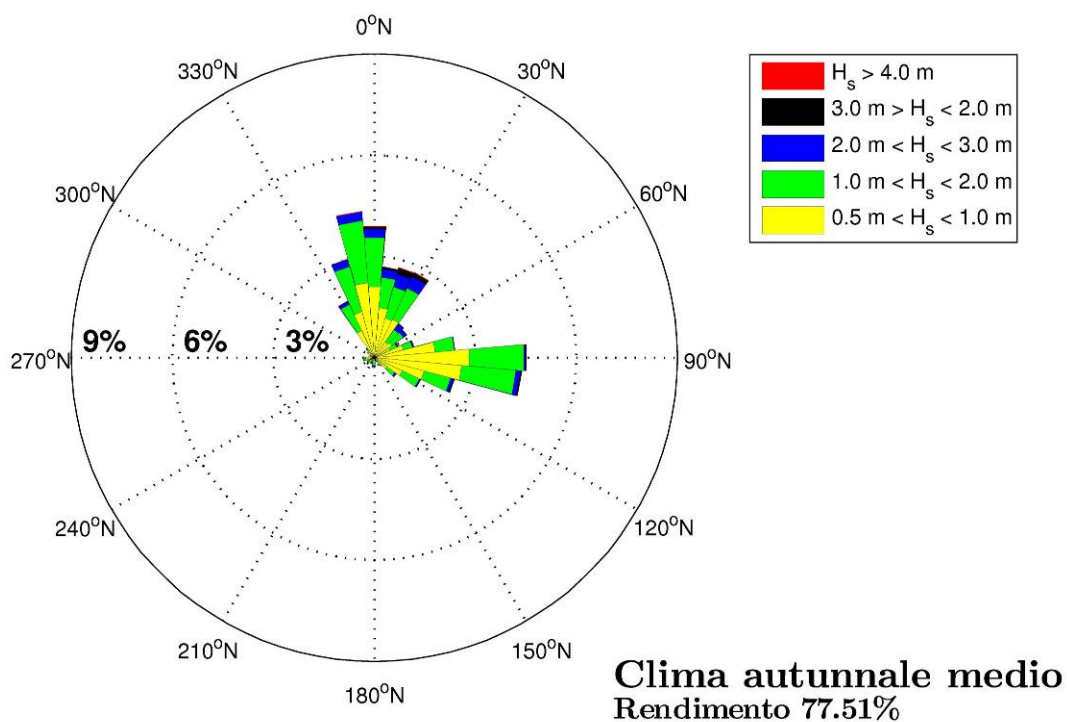




ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

**Figura 8.1 – Rosa della distribuzione direzionale degli
eventi di moto ondoso annuali al largo di Giulianova**





ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

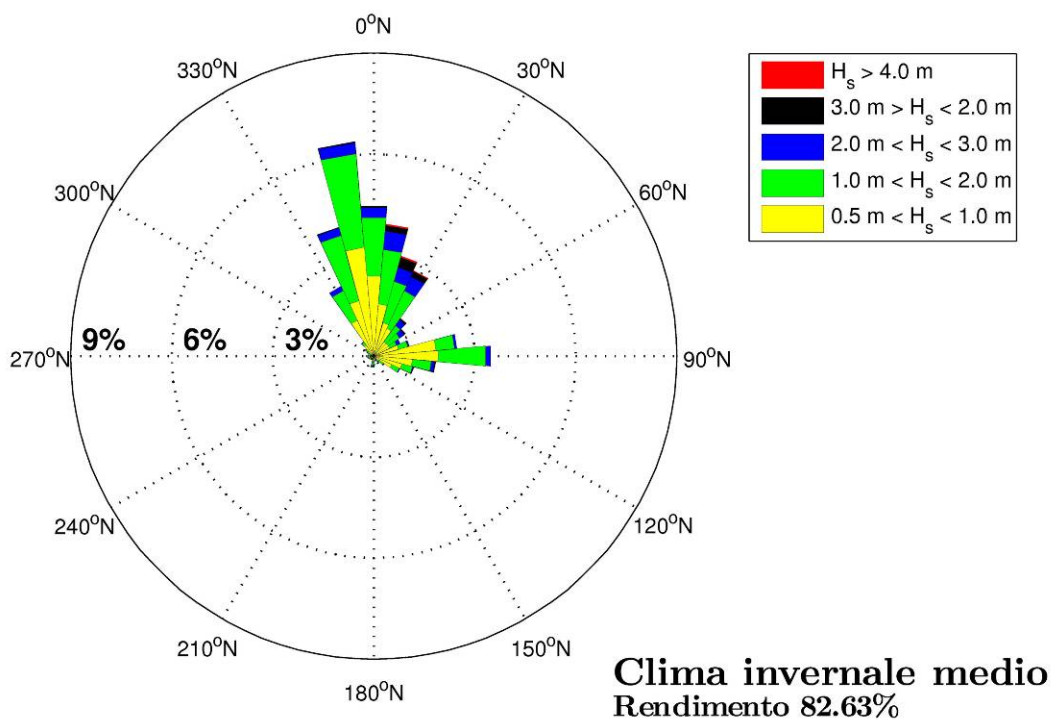
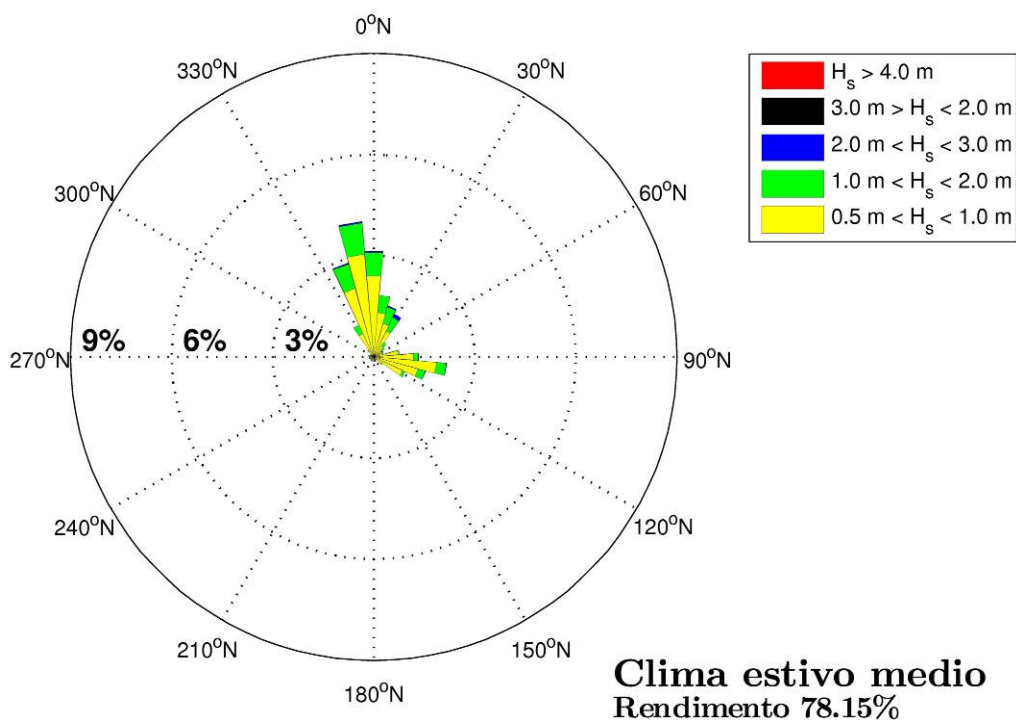
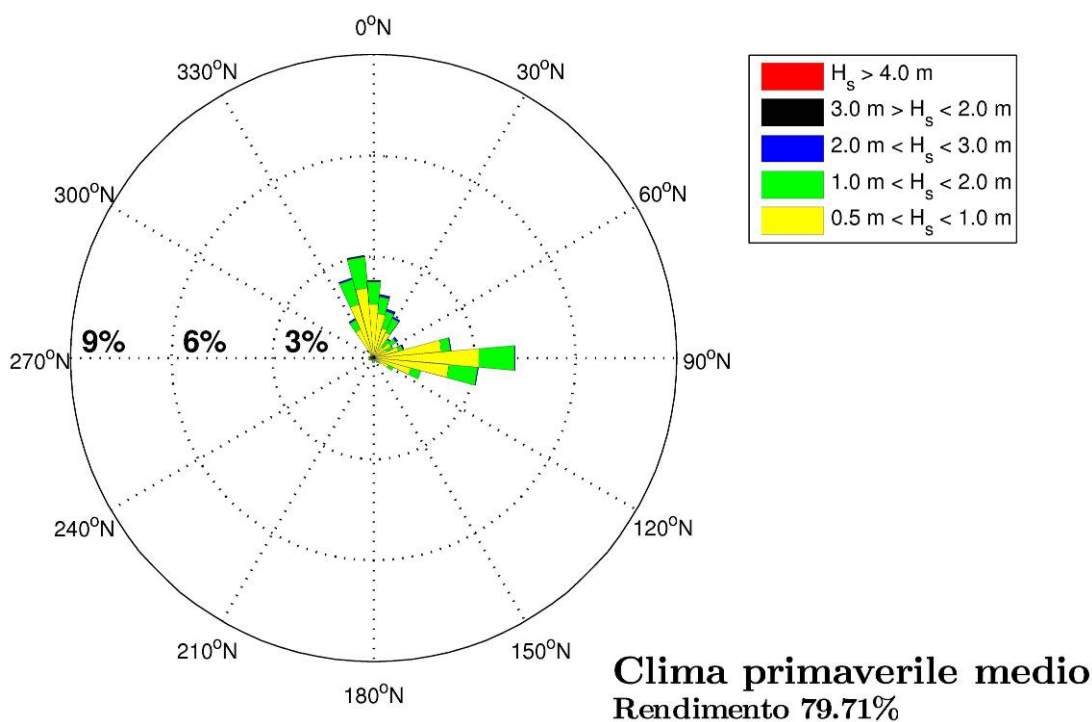


Figura 8.2 – Rosa della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso autunnali e invernali al largo di Giulianova



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO





ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Figura 8.3 – Rosa della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso primaverili ed estivi al largo di Giulianova

CLIMA ANNUALE																
Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	570	728	652	268	126	60	35	16	10	4						2 469
20	537	593	571	310	134	87	44	40	23	7	4					2 350
30	427	419	477	245	150	89	32	25	12	6		1				1 883
40	266	281	234	122	60	37	14	5	4	1						1 024
50	331	352	240	93	40	33	8	3	5	1						1 106
60	382	465	232	77	12	18	6	1	2							1 195
70	461	623	336	63	23	7	6	3	1		1					1 524
80	626	825	796	144	35	8	5	1								2 440
90	600	941	1 127	432	92	22	4	3	1							3 222
100	622	837	978	314	102	23	11	8	2							2 897
110	501	889	609	155	54	14	2	1	4							2 029
120	384	453	366	100	31	3	5	1	2							1 345
130	247	191	138	52	19	11	1	1	1							661
140	147	71	49	27	16	6		1		2						319
150	108	52	23	12	8		1	1	2							207
160	70	45	25	17	5	2	5	1								170
170	33	44	31	7	7	2	4		1							129
180	62	97	65	23	6	5	7	3	1	1						270
190	65	86	66	18	5	5	3	2	1	1						252
200	22	41	35	8	5	3	5	2								121
210	24	36	33	13	7	1	2	2	1	1						120
220	11	35	43	11	7	3	3	1	1							115
230	12	30	52	12	4	3	5	1	1		1					121
240	13	25	35	18	5	4	1	2	1							104
250	31	52	48	12	6	1	3			1						154
260	42	52	83	16	4	4	1									202
270	72	72	88	15	2	3			1							253
280	68	49	88	3	6	3	1									198
290	16	24	13	2												55
300	109	141	50	8	4	4	2									318
310	134	185	62	18	5	3			1							408
320	147	272	152	21	11	5	4		1							613
330	219	417	392	176	63	23	9	1								1 300
340	249	736	926	501	169	55	13	4	2	1						2 656
350	462	1 064	1 315	625	181	64	16	5	3	1	2					3 738
360	627	1 171	1 058	414	150	47	31	11	6	2	2					3 519
Tot.	8 697	12 194	11 468	4 352	1 554	658	289	145	90	29	9	2	0	0	0	39 487

Tabella 8.1.a - Clima annuale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.15	1.47	1.31	0.54	0.25	0.12	0.07	0.03	0.02	0.01						4.97
20	1.08	1.19	1.15	0.62	0.27	0.18	0.09	0.08	0.05	0.01	0.01					4.73
30	0.86	0.84	0.96	0.49	0.30	0.18	0.06	0.05	0.02	0.01						3.79
40	0.54	0.57	0.47	0.25	0.12	0.07	0.03	0.01	0.01							2.06
50	0.67	0.71	0.48	0.19	0.08	0.07	0.02	0.01	0.01							2.23
60	0.77	0.94	0.47	0.15	0.02	0.04	0.01									2.41
70	0.93	1.25	0.68	0.13	0.05	0.01	0.01									3.07
80	1.26	1.66	1.60	0.29	0.07	0.02	0.01									4.91
90	1.21	1.89	2.27	0.87	0.19	0.04	0.01	0.01								6.49
100	1.25	1.68	1.97	0.63	0.21	0.05	0.02									5.83
110	1.01	1.39	1.23	0.31	0.11	0.03			0.01							4.08
120	0.77	0.91	0.74	0.20	0.06	0.01	0.01									2.71
130	0.50	0.38	0.28	0.10	0.04	0.02										1.33
140	0.30	0.14	0.10	0.05	0.03	0.01										0.64
150	0.22	0.10	0.05	0.02	0.02											0.42
160	0.14	0.09	0.05	0.03	0.01		0.01									0.34
170	0.07	0.09	0.06	0.01	0.01		0.01									0.26
180	0.12	0.20	0.13	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01								0.54
190	0.13	0.17	0.13	0.04	0.01	0.01	0.01									0.51
200	0.04	0.08	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01									0.24
210	0.05	0.07	0.07	0.03	0.01											0.24
220	0.02	0.07	0.09	0.02	0.01	0.01	0.01									0.23
230	0.02	0.06	0.10	0.02	0.01	0.01	0.01									0.24
240	0.03	0.05	0.07	0.04	0.01	0.01										0.21
250	0.06	0.10	0.10	0.02	0.01		0.01									0.31
260	0.08	0.10	0.17	0.03	0.01	0.01										0.41
270	0.14	0.14	0.18	0.03		0.01										0.51
280	0.14	0.10	0.14	0.01	0.01	0.01										0.40
290	0.03	0.05	0.03													0.11
300	0.22	0.28	0.10	0.02	0.01	0.01										0.64
310	0.27	0.37	0.12	0.04	0.01	0.01										0.82
320	0.30	0.55	0.31	0.04	0.02	0.01	0.01									1.23
330	0.44	0.84	0.79	0.35	0.13	0.05	0.02									2.62
340	0.50	1.48	1.86	1.01	0.34	0.11	0.03	0.01								5.35
350	0.93	2.14	2.65	1.26	0.36	0.13	0.03	0.01	0.01							7.52
360	1.26	2.36	2.13	0.83	0.30	0.09	0.06	0.02	0.01							7.08
Tot.	17.51	24.55	23.08	8.76	3.13	1.32	0.58	0.29	0.18	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	79.48
Tot. Cumulato	42.05	65.13	73.89	77.02	78.35	78.93	79.22	79.40	79.46	79.48	79.48	79.48	79.48	79.48	79.48	

Tabella 8.1.b - Clima annuale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	79	162	171	70	34	17	11	3	4							551
20	89	143	166	87	42	37	16	17	6	2	2					607
30	60	91	157	76	52	28	17	9	7	4						501
40	40	58	71	38	19	12	10	2	2							252
50	56	87	68	41	12	10	3	1	1							279
60	57	99	74	24	4	4		1	2							265
70	78	118	111	22	13	2	2	1	1							348
80	122	155	226	52	20	2	1									578
90	108	187	353	164	40	4	2	3	1							862
100	115	184	326	151	51	12	5	4	1							849
110	103	152	192	71	30	9	2	1	3							563
120	73	129	114	48	22	3	2	1	2							394
130	48	66	56	25	12	9	1									217
140	36	24	18	8	9	2				2						99
150	23	11	7	6	3		1		1							52
160	14	18	3	6	2	1	1									45
170	6	16	15	2	4	1	2									46
180	14	9	21	6	3	3			1	1						61
190	7	18	17	8	2	2	3	1		1						59
200		10	12	3	2	2	3	1								33
210		6	11	5	3	1	2	1	1	1						31
220	3	7	13	7	3	2	1									36
230	1	5	21	5	4	1	2	1	1			1				42
240	2	7	13	9	3	2	1	1	1							39
250	3	9	17	3	4		1			1						38
260	9	13	32	7	1	1	1									64
270	11	23	33	6	2											75
280	9	7	20	2												38
290	3	8	2	1												14
300	17	27	12	2	1	2	1									62
310	13	37	19	5	2	1										77
320	17	61	39	6	3	2	1		1							130
330	26	62	92	61	22	10	3	1								277
340	30	110	194	140	58	22	4	2	1	1						562
350	43	153	279	177	53	28	5			1	2					741
360	85	236	265	126	55	20	13	6	3	1	1					811
Tot.	1 400	2 508	3 240	1 470	590	252	120	57	40	15	5	1	0	0	0	9 698

Tabella 8.2.a - Clima autunnale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	0.63	1.29	1.37	0.56	0.27	0.14	0.09	0.02	0.03							4.40
20	0.71	1.14	1.33	0.70	0.34	0.30	0.13	0.14	0.05	0.02	0.02					4.85
30	0.48	0.73	1.25	0.61	0.42	0.22	0.14	0.07	0.06	0.03						4.00
40	0.32	0.46	0.57	0.30	0.15	0.10	0.08	0.02	0.02							2.01
50	0.45	0.70	0.54	0.33	0.10	0.08	0.02	0.01	0.01							2.23
60	0.46	0.79	0.59	0.19	0.03	0.03		0.01	0.02							2.12
70	0.62	0.94	0.89	0.18	0.10	0.02	0.02	0.01	0.01							2.78
80	0.98	1.24	1.81	0.42	0.16	0.02	0.01									4.62
90	0.86	1.49	2.82	1.31	0.32	0.03	0.02	0.02	0.01							6.89
100	0.92	1.47	2.61	1.21	0.41	0.10	0.04	0.03	0.01							6.79
110	0.82	1.21	1.53	0.57	0.24	0.07	0.02	0.01	0.02							4.50
120	0.58	1.03	0.91	0.38	0.18	0.02	0.02	0.01	0.02							3.15
130	0.38	0.53	0.45	0.20	0.10	0.07	0.01									1.73
140	0.29	0.19	0.14	0.06	0.07	0.02				0.02						0.79
150	0.18	0.09	0.06	0.05	0.02		0.01		0.01							0.42
160	0.11	0.14	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01									0.36
170	0.05	0.13	0.12	0.02	0.03	0.01	0.02									0.37
180	0.11	0.07	0.17	0.05	0.02	0.02	0.02		0.01	0.01						0.49
190	0.06	0.14	0.14	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01		0.01						0.47
200		0.08	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01								0.26
210		0.05	0.09	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01						0.25
220	0.02	0.06	0.10	0.06	0.02	0.02	0.01									0.29
230	0.01	0.04	0.17	0.04	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01			0.01				0.34
240	0.02	0.06	0.10	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01							0.31
250	0.02	0.07	0.14	0.02	0.03		0.01			0.01						0.30
260	0.07	0.10	0.26	0.06	0.01	0.01	0.01									0.51
270	0.09	0.18	0.26	0.05	0.02											0.60
280	0.07	0.06	0.16	0.02												0.30
290	0.02	0.06	0.02	0.01												0.11
300	0.14	0.22	0.10	0.02	0.01	0.02	0.01									0.50
310	0.10	0.30	0.15	0.04	0.02	0.01										0.62
320	0.14	0.49	0.31	0.05	0.02	0.02	0.01		0.01							1.04
330	0.21	0.50	0.74	0.49	0.18	0.08	0.02	0.01								2.21
340	0.24	0.88	1.55	1.12	0.46	0.18	0.03	0.02	0.01	0.01						4.49
350	0.34	1.22	2.23	1.41	0.42	0.22	0.04			0.01	0.02					5.92
360	0.68	1.89	2.12	1.01	0.44	0.16	0.10	0.05		0.02	0.01	0.01				6.48
Tot.	11.19	20.04	25.90	11.75	4.72	2.01	0.96	0.46	0.32	0.12	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	77.51
Tot. Cumulato	31.23	57.13	68.88	73.59	75.61	76.57	77.02	77.34	77.46	77.50	77.51	77.51	77.51	77.51	77.51	

Tabella 8.2.b - Clima autunnale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA INVERNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	125	184	176	111	68	37	24	12	6	4						747
20	130	135	141	116	57	40	22	22	17	5	2					687
30	121	73	111	78	75	44	12	16	5	2		1				538
40	54	67	63	49	24	22	4	3	2	1						289
50	69	95	60	35	13	15	4	2	4	1						298
60	89	115	70	24	5	12	4									319
70	93	181	93	29	6	2	3	1			1					409
80	129	214	228	55	12	5	4	1								648
90	128	187	237	139	34	14	2									741
100	119	151	141	49	21	8	4	3	1							497
110	89	110	105	29	13	3			1							350
120	49	65	72	24	7		3									220
130	38	15	25	14	5	2		1	1							101
140	28	14	8	10	5	3		1								69
150	26	13	3	3	4			1	1							51
160	10	6	7	7		1	2									33
170	5	9	6	3	1	1	2		1							28
180	13	26	17	10	3	2	4	3								78
190	10	13	22	6	3	3		1	1							59
200	2	7	10	2	3	1	2	1								28
210	6	8	6	5	2											27
220	1	8	8	1	3		2	1	1							25
230	7	9	11	2		1	2									32
240	4	2	10	8	1	2		1								28
250	5	15	7	4	2		2									35
260	9	13	15	5	2	3										47
270	19	15	21	5		2			1							63
280	15	10	12		4	3	1									45
290	1	9	3	1												14
300	26	31	13	4	3	2	1									80
310	35	53	22	10	3	2			1							126
320	31	72	51	10	5	2	1									172
330	56	90	122	64	33	9	4									378
340	51	149	230	197	73	26	6	1	1							734
350	113	260	397	255	87	31	9	3	2							1 157
360	144	293	292	153	62	18	17	4	2	1	1					987
Tot.	1 850	2 717	2 815	1 517	639	316	141	78	48	14	4	1	0	0	0	10 140

Tabella 8.3.a - Clima invernale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA INVERNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.02	1.50	1.43	0.90	0.55	0.30	0.20	0.10	0.05	0.03						6.09
20	1.06	1.10	1.15	0.95	0.46	0.33	0.18	0.18	0.14	0.04	0.02					5.60
30	0.99	0.59	0.90	0.64	0.61	0.36	0.10	0.13	0.04	0.02		0.01				4.38
40	0.44	0.55	0.51	0.40	0.20	0.18	0.03	0.02	0.02	0.01						2.35
50	0.56	0.77	0.49	0.29	0.11	0.12	0.03	0.02	0.03	0.01						2.43
60	0.73	0.94	0.57	0.20	0.04	0.10	0.03									2.60
70	0.76	1.47	0.76	0.24	0.05	0.02	0.02	0.01			0.01					3.33
80	1.05	1.74	1.86	0.45	0.10	0.04	0.03	0.01								5.28
90	1.04	1.52	1.93	1.13	0.28	0.11	0.02									6.04
100	0.97	1.23	1.15	0.40	0.17	0.07	0.03	0.02	0.01							4.05
110	0.73	0.90	0.86	0.24	0.11	0.02			0.01							2.85
120	0.40	0.53	0.59	0.20	0.06		0.02									1.79
130	0.31	0.12	0.20	0.11	0.04	0.02		0.01	0.01							0.82
140	0.23	0.11	0.07	0.08	0.04	0.02		0.01								0.56
150	0.21	0.11	0.02	0.02	0.03			0.01	0.01							0.42
160	0.08	0.05	0.06	0.06		0.01	0.02									0.27
170	0.04	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02		0.01							0.23
180	0.11	0.21	0.14	0.08	0.02	0.02	0.03	0.02								0.64
190	0.08	0.11	0.18	0.05	0.02	0.02		0.01	0.01							0.48
200	0.02	0.06	0.08	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01								0.23
210	0.05	0.07	0.05	0.04	0.02											0.22
220	0.01	0.07	0.07	0.01	0.02		0.02	0.01	0.01							0.20
230	0.06	0.07	0.09	0.02		0.01	0.02									0.26
240	0.03	0.02	0.08	0.07	0.01	0.02		0.01								0.23
250	0.04	0.12	0.06	0.03	0.02		0.02									0.29
260	0.07	0.11	0.12	0.04	0.02	0.02										0.38
270	0.15	0.12	0.17	0.04		0.02		0.01								0.51
280	0.12	0.08	0.10		0.03	0.02	0.01									0.37
290	0.01	0.07	0.02	0.01												0.11
300	0.21	0.25	0.11	0.03	0.02	0.02	0.01									0.65
310	0.29	0.43	0.18	0.08	0.02	0.02		0.01								1.03
320	0.25	0.59	0.42	0.08	0.04	0.02	0.01									1.40
330	0.46	0.73	0.99	0.52	0.27	0.07	0.03									3.08
340	0.42	1.21	1.87	1.61	0.59	0.21	0.05	0.01	0.01							5.98
350	0.92	2.12	3.24	2.08	0.71	0.25	0.07	0.02	0.02							9.43
360	1.17	2.39	2.38	1.25	0.51	0.15	0.14	0.03	0.02	0.01	0.01					8.04
Tot.	15.07	22.14	22.94	12.36	5.21	2.57	1.15	0.64	0.39	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	82.63
Tot. Cumulato	37.21	60.15	72.51	77.72	80.30	81.45	82.08	82.47	82.59	82.62	82.63	82.63	82.63	82.63	82.63	

Tabella 8.3.b - Clima invernale al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	154	141	154	48	9	6		1								513
20	117	119	120	54	17	6	4	1								438
30	121	114	103	46	11	6	2									403
40	83	75	49	23	13	3										246
50	111	86	77	12	10	5	1									302
60	131	126	53	24	3	1	2									340
70	161	205	96	11	4	3	1	1								482
80	224	288	250	32	3	1										798
90	220	360	388	115	16	2										1 101
100	197	286	277	85	22	3	1									871
110	149	199	142	30	8	1										529
120	138	117	61	19	1											336
130	75	48	21	7	2											153
140	40	11	12	7	1	1										72
150	26	9	5	1												41
160	22	8	5	1	1		1									38
170	14	9	5	1	2											31
180	15	33	13	4												65
190	17	18	11	3												49
200	11	13	9	1												34
210	12	8	9		2			1								32
220	4	12	7	1	1	1										26
230		8	10	1		1	1									21
240	4	7	5	1	1											18
250	16	20	13	3												52
260	10	18	18	2												48
270	20	18	19	2												59
280	22	19	16	1	1											59
290	7	4	4													15
300	21	35	12	1												69
310	20	38	12	2												72
320	29	59	29	4	2	1	2									126
330	46	115	93	23	4	3	2									286
340	68	186	228	82	24	5	2									595
350	131	284	257	98	18	1	1	2								792
360	190	277	199	67	14	4	1	1								753
Tot.	2 626	3 373	2 782	812	190	54	21	7	0	0	0	0	0	0	0	9 865

Tabella 8.4.a - Clima primaverile al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.24	1.14	1.24	0.39	0.07	0.05		0.01								4.15
20	0.95	0.96	0.97	0.44	0.14	0.05	0.03	0.01								3.54
30	0.98	0.92	0.83	0.37	0.09	0.05	0.02									3.26
40	0.67	0.61	0.40	0.19	0.11	0.02										1.99
50	0.90	0.69	0.62	0.10	0.08	0.04	0.01									2.44
60	1.06	1.02	0.43	0.19	0.02	0.01	0.02									2.75
70	1.30	1.66	0.78	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01								3.89
80	1.81	2.33	2.02	0.26	0.02	0.01										6.45
90	1.78	2.91	3.14	0.93	0.13	0.02										8.90
100	1.59	2.31	2.24	0.69	0.18	0.02	0.01									7.04
110	1.20	1.61	1.15	0.24	0.06	0.01										4.27
120	1.12	0.95	0.49	0.15	0.01											2.71
130	0.61	0.39	0.17	0.06	0.02											1.24
140	0.32	0.09	0.10	0.06	0.01	0.01										0.58
150	0.21	0.07	0.04	0.01												0.33
160	0.18	0.06	0.04	0.01	0.01		0.01									0.31
170	0.11	0.07	0.04	0.01	0.02											0.25
180	0.12	0.27	0.11	0.03												0.53
190	0.14	0.15	0.09	0.02												0.40
200	0.09	0.11	0.07	0.01												0.27
210	0.10	0.06	0.07		0.02			0.01								0.26
220	0.03	0.10	0.06	0.01	0.01	0.01										0.21
230		0.06	0.08	0.01		0.01	0.01									0.17
240	0.03	0.06	0.04	0.01	0.01											0.15
250	0.13	0.16	0.11	0.02												0.42
260	0.08	0.15	0.15	0.02												0.39
270	0.16	0.15	0.15	0.02												0.48
280	0.18	0.15	0.13	0.01	0.01											0.48
290	0.06	0.03	0.03													0.12
300	0.17	0.28	0.10	0.01												0.56
310	0.16	0.31	0.10	0.02												0.58
320	0.23	0.48	0.23	0.03	0.02	0.01	0.02									1.02
330	0.37	0.93	0.75	0.19	0.03	0.02	0.02									2.31
340	0.55	1.50	1.84	0.66	0.19	0.04	0.02									4.81
350	1.06	2.29	2.08	0.79	0.15	0.01	0.01	0.02								6.40
360	1.54	2.24	1.61	0.54	0.11	0.03	0.01	0.01								6.08
Tot.	21.22	27.25	22.48	6.56	1.54	0.44	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.71
Tot. Cumulato	48.47	70.95	77.51	79.05	79.48	79.65	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	79.71	

Tabella 8.4.b - Clima primaverile al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	212	241	151	39	15											658
20	201	196	144	53	18	4	2									618
30	125	141	106	45	12	11	1									441
40	89	81	51	12	4											237
50	95	84	35	5	5	3										227
60	105	125	35	5		1										271
70	129	119	36	1												285
80	151	168	92	5												416
90	144	207	149	14	2	2										518
100	191	216	234	29	8		1	1								680
110	160	228	170	25	3	1										587
120	124	142	119	9	1											395
130	86	62	36	6												190
140	43	22	11	2	1											79
150	33	19	8	2	1											63
160	24	13	10	3	2		1	1								54
170	8	10	5	1												24
180	20	29	14	3												66
190	31	37	16	1												85
200	9	11	4	2												26
210	6	14	7	3												30
220	3	8	15	2												28
230	4	8	10	4												26
240	3	9	7													19
250	7	8	11	2		1										29
260	14	8	18	2	1											43
270	22	16	15	2		1										56
280	22	13	20		1											56
290	5	3	4													12
300	45	48	13	1												107
310	66	57	9	1												133
320	70	80	33	1	1											185
330	91	150	85	28	4	1										359
340	100	291	274	82	14	2	1	1								765
350	175	367	382	95	23	4	1		1							1 048
360	208	365	302	68	19	5			1							968
Tot.	2 821	3 596	2 631	553	135	36	7	3	2	0	0	0	0	0	0	9 784

Tabella 8.5.a - Clima estivo al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.69	1.92	1.21	0.31	0.12											5.26
20	1.61	1.57	1.15	0.42	0.14	0.03	0.02									4.94
30	1.00	1.13	0.85	0.36	0.10	0.09	0.01									3.52
40	0.71	0.65	0.41	0.10	0.03											1.89
50	0.76	0.67	0.28	0.04	0.04	0.02										1.81
60	0.84	1.00	0.28	0.04		0.01										2.16
70	1.03	0.95	0.29	0.01												2.28
80	1.21	1.34	0.73	0.04												3.32
90	1.15	1.65	1.19	0.11	0.02	0.02										4.14
100	1.53	1.73	1.87	0.23	0.06		0.01	0.01								5.43
110	1.28	1.82	1.36	0.20	0.02	0.01										4.69
120	0.99	1.13	0.95	0.07	0.01											3.15
130	0.69	0.50	0.29	0.05												1.52
140	0.34	0.18	0.09	0.02	0.01											0.63
150	0.26	0.15	0.06	0.02	0.01											0.50
160	0.19	0.10	0.08	0.02	0.02		0.01	0.01								0.43
170	0.06	0.08	0.04	0.01												0.19
180	0.16	0.23	0.11	0.02												0.53
190	0.25	0.30	0.13	0.01												0.68
200	0.07	0.09	0.03	0.02												0.21
210	0.05	0.11	0.06	0.02												0.24
220	0.02	0.06	0.12	0.02												0.22
230	0.03	0.06	0.08	0.03												0.21
240	0.02	0.07	0.06													0.15
250	0.06	0.06	0.09	0.02		0.01										0.23
260	0.11	0.06	0.14	0.02	0.01											0.34
270	0.18	0.13	0.12	0.02		0.01										0.45
280	0.18	0.10	0.16		0.01											0.45
290	0.04	0.02	0.03													0.10
300	0.36	0.38	0.10	0.01												0.85
310	0.53	0.46	0.07	0.01												1.06
320	0.56	0.64	0.26	0.01	0.01											1.48
330	0.73	1.20	0.68	0.22	0.03	0.01										2.87
340	0.80	2.32	2.19	0.65	0.11	0.02	0.01	0.01								6.11
350	1.40	2.93	3.05	0.76	0.18	0.03	0.01		0.01							8.37
360	1.66	2.92	2.41	0.54	0.15	0.04			0.01							7.73
Tot.	22.53	28.72	21.01	4.42	1.08	0.29	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.15
Tot. Cumulato	51.25	72.27	76.69	77.76	78.05	78.11	78.13	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	78.15	

Tabella 8.5.b - Clima estivo al largo di Giulianova: eventi di moto ondoso
classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale



8.2 Correlazione tra l'altezza ed il periodo d'onda

Per quanto riguarda la metodologia seguita per la determinazione della correlazione tra l'altezza ed il periodo d'onda si rimanda a quanto indicato nel capitolo 3.

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi per i siti al largo di Giulianova e del promontorio di Punta Penna.

Al fine di agevolare la lettura dei risultati, si riportano le due leggi di riferimento per la correlazione tra altezza e periodo d'onda:

$$8.1) \quad T_P = a \times (H_s)^b$$

Nella tabella 8.6 sono riportati i valori dei coefficienti dell' equazione 8.1) calcolati su base annuale e stagionale, con i relativi coefficienti di correlazione ed ampiezza della fascia di confidenza.

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
a	5.42 ± 1.29	5.14 ± 1.45	4.86 ± 1.30	5.64 ± 1.52	5.34 ± 1.44
b	0.26 ± 0.00	0.22 ± 0.00	0.21 ± 0.00	0.26 ± 0.00	0.25 ± 0.00
R ²	0.532	0.310	0.294	0.418	0.438

Tabella 8.6– Valori dei coefficienti a,b,c

8.3 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso

Per quanto riguarda la metodologia seguita per l'analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso si rimanda a quanto indicato nel capitolo 4.

Al fine di separare le mareggiate nei settori di traversia principali e secondari (settore A e settore B), è stato realizzato il diagramma polare riportato nella figura 8.4 dove per



ciascuna mareggiata individuata sono stati riportati i valori di altezza d'onda significativa registrati al colmo dell'evento.

Le mareggiate selezionate sono state oggetto di una elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza). Nelle tabelle 8.7-8.8 e nelle figure 8.5-8.6 sono riportati i risultati delle analisi statistiche.

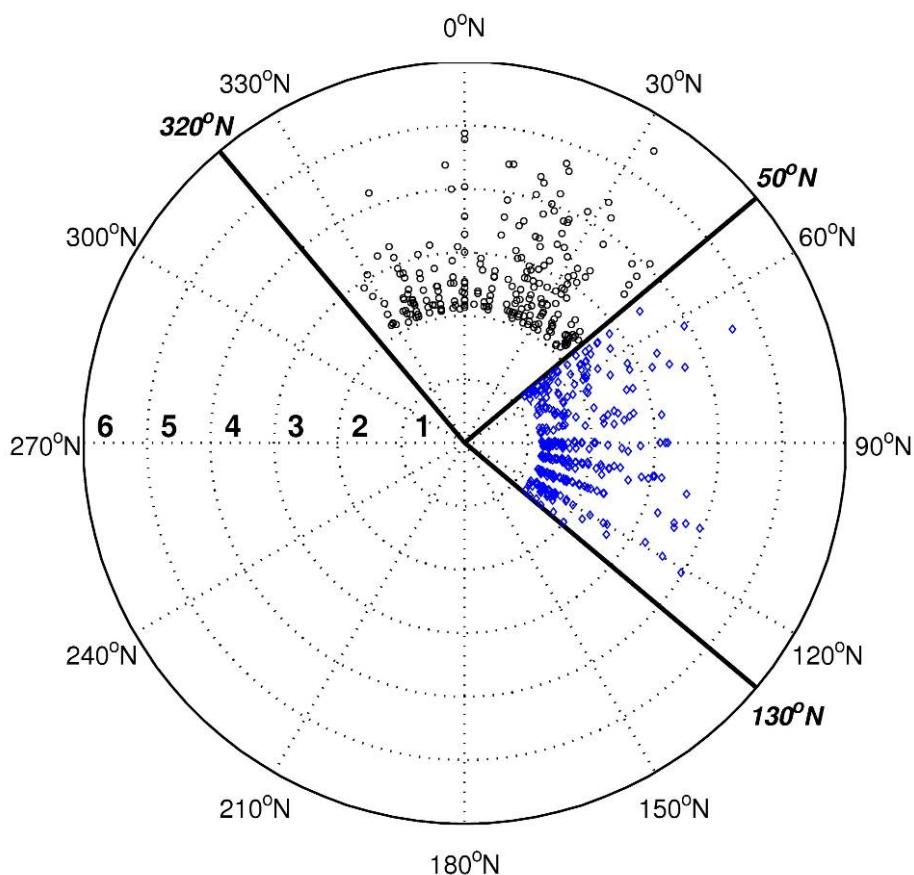


Figura 8.4 – Diagramma polare delle mareggiate con altezza d'onda al colmo superiore a 2.0 m nei punti di trasposizione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Tabella 8.7 – Giulianova Settore A: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno per diverse leggi di regressione

Settore 320°N - 50°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull ($\beta = 0.75$)	Weibull ($\beta = 1$)	Weibull ($\beta = 1.4$)	Weibull ($\beta = 2.0$)
2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2
5	4.9	5.1	4.9	4.8	4.7
10	5.3	5.7	5.4	5.2	5.0
15	5.6	6.1	5.7	5.4	5.2
20	5.8	6.3	5.9	5.5	5.3
25	5.9	6.5	6.1	5.7	5.4
50	6.4	7.2	6.5	6.0	5.7
100	6.8	7.9	7.0	6.4	5.9
150	7.1	8.3	7.3	6.6	6.1
250	7.4	8.8	7.6	6.8	6.3
500	7.9	9.5	8.1	7.1	6.5
Coeff. θ/α	0.652	0.368	0.689	1.257	2.153
Coeff. ε/β	1.484	1.752	1.344	0.701	-0.250
Coeff. corr.	0.985	0.969	0.985	0.985	0.978

Tabella 8.8 – Giulianova Settore B: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno per diverse leggi di regressione

Settore 50°N - 130°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull ($\beta = 0.75$)	Weibull ($\beta = 1$)	Weibull ($\beta = 1.4$)	Weibull ($\beta = 2.0$)
2	3.1	3.2	3.2	3.1	3.0
5	3.6	3.9	3.7	3.5	3.3
10	4.0	4.4	4.1	3.8	3.6
15	4.2	4.8	4.4	4.0	3.7
20	4.3	5.0	4.5	4.1	3.8
25	4.4	5.2	4.7	4.2	3.9
50	4.8	5.8	5.1	4.5	4.1
100	5.2	6.4	5.5	4.7	4.3
150	5.4	6.8	5.7	4.9	4.4
250	5.6	7.2	6.0	5.1	4.5
500	6.0	7.9	6.4	5.4	4.7
Coeff. θ/α	0.523	0.340	0.587	0.977	1.543
Coeff. ε/β	1.060	1.107	0.863	0.489	-0.058
Coeff. corr.	0.979	0.985	0.991	0.971	0.943



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

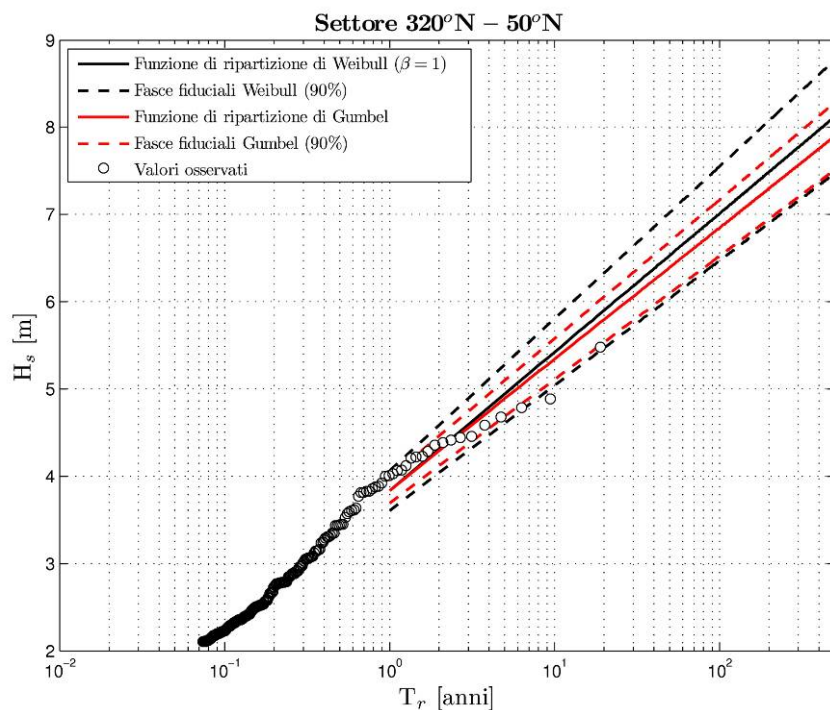


Figura 8.5 – Giulianova Settore A: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno secondo le leggi di Gumbel e di Weibull ($\alpha=1.0$)

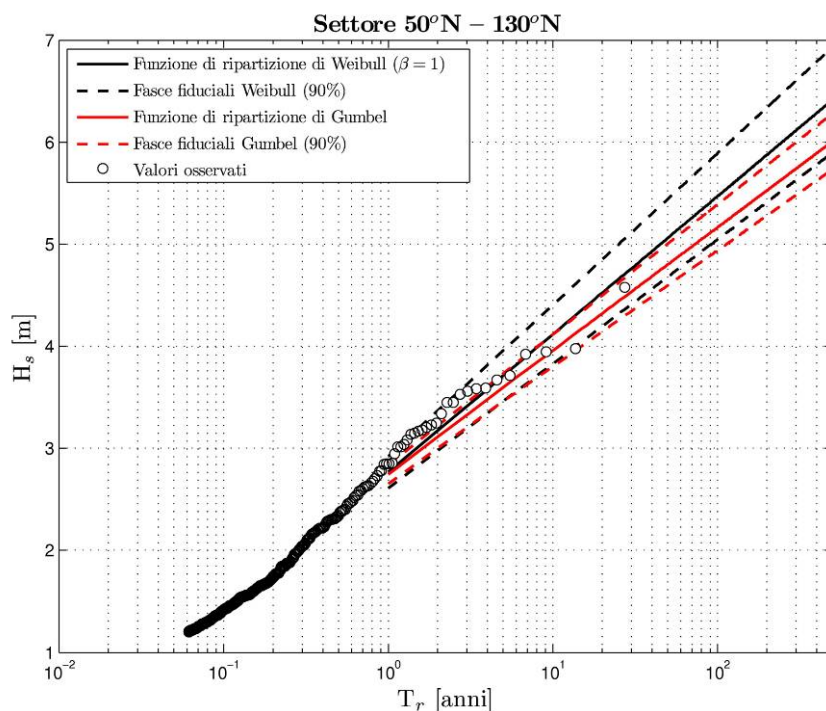


Figura 8.6 – Giulianova Settore B: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione



del tempo di ritorno secondo le leggi di Gumbel e di Weibul ($\alpha=1.0$)

9 Analisi dei livelli di marea

Nel contesto Abruzzese, non risultando la costa soggetta a fenomeni di subsidenza e potendosi trascurare – dati i lunghissimi periodi coinvolti – eventuali fenomeni di eustatismo, le variazioni di livello della superficie marina sono essenzialmente riconducibili alla propagazione di onde lunghe di marea di origine sia astronomica che meteorologica.

Come noto, la marea si manifesta come ritmico innalzarsi ed abbassarsi del livello marino cui si accompagnano spostamenti orizzontali della massa marina noti come *correnti di marea*. Entrambi gli spostamenti, verticale ed orizzontale, rappresentano aspetti differenti dello stesso fenomeno. Se da una parte la perpetuità e la regolarità del loro manifestarsi testimonia la costante presenza delle forze che causano e governano il fenomeno, dall'altra il fatto che, lungo tutte le coste oceaniche e dei mari adiacenti, tali spostamenti siano della stessa natura, anche se differenti come estensione, testimonia la loro globalità. Da quanto precede si evince che le cause del fenomeno sono legate alla posizione che la Terra occupa nello spazio, ovvero all'azione che i corpi celesti, in particolare modo il Sole e la Luna, esercitano sulla Terra. L'origine astronomica giustifica la denominazione di *marea astronomica* comunemente data al fenomeno principale.

E' altresì noto come il ritmico innalzamento e abbassamento del livello medio marino indotto da cause astronomiche può essere disturbato da cause meteorologiche quali le variazioni bariche e l'azione tangenziale del vento, causa della cosiddetta *marea meteorologica*. In ogni caso, qualunque sia l'entità del disturbo, la regolarità del fenomeno propriamente astronomico ritorna sempre ad esplicarsi invariato una volta che il disturbo meteorologico abbia cessato la sua azione.

La marea astronomica, essendo originata dall'azione di attrazione Newtoniana indotta da moti di rivoluzione noti della Terra con i corpi celesti che la circondano (essenzialmente Luna e Sole), ha un carattere essenzialmente deterministico. La elevatissima precisione



con la quale, a cavallo del XIX e XX secolo, sono state definite le caratteristiche dei moti della Luna attorno alla Terra e di questa attorno al Sole (Brown, 1908), ha consentito di scomporre il potenziale della marea astronomica in centinaia di costituenti armoniche (Darwin, 1886; Doodson, 1921; Cartwright e Tayler, 1961), permettendo di identificare ciclicità con periodi dell'ordine dei 18 anni (nutazione e ciclo di Saros). E' bene notare che, qualora la Terra fosse una Idrosfera, ovvero una sfera completamente ricoperta di acqua con tirante idrico costante, e qualora la risposta del fluido potesse ipotizzarsi istantanea (mancanza di reazione inerziale), una tale precisione nella conoscenza del potenziale generatore della marea permetterebbe di derivare teoricamente, con altrettanto elevata precisione, le variazioni temporali del livello marino in ogni punto del globo. La presenza dei continenti, la conformazione frastagliata dei fondali e delle coste, nonché l'inerzia con la quale l'acqua del mare reagisce alla forzante, non permettono tuttavia una tale derivazione teorica. Quindi, mentre i periodi delle varie costituenti della marea sono conosciuti con elevata precisione, l'ampiezza e la fase con le quali si esplicano nei vari punti del globo rimane una incognita. Tali caratteristiche, ovvero ampiezza e fase delle varie costituenti in un punto, possono tuttavia essere calcolate per mezzo dell'analisi armonica delle misure di livello realizzate nel punto considerato (Doodson, 1928), risultando il calcolo tanto più preciso quanto più lunga risulta la serie continua analizzata. Al limite, stanti le ciclicità fino ai 18 anni, per calcolare con precisione l'ampiezza e la fase di tutte le 368 costituenti di marea note occorrerebbero 18 anni di dati continui campionati con una frequenza di un ora. Per fortuna, per ottenere ricostruzioni o previsioni di marea dotate di buona approssimazione, sono sufficienti l'ampiezza e la fase di un numero di costituenti molto minore. Secondo il luogo di interesse infatti, possono bastare anche solo 7 costituenti per ricostruire o prevedere fino al 96%-98% dell'escursione di livello mareale. Mediamente, sono sufficienti da un minimo di 15 giorni a un massimo di un anno di dati continui per poter calcolare, con precisione crescente, da 7 fino a circa 68 costituenti di marea.

Di tutt'altro genere è l'oscillazione di marea indotta da cause meteorologiche, essenzialmente gradienti di pressione e azione tangenziale del vento. In questo caso, allo



stato delle conoscenze, tale oscillazione può essere studiata solo come un fenomeno a carattere stocastico. Per quanto alcuni tipi di oscillazione rientrano in questa categoria possano essere studiati analiticamente (ad esempio le oscillazioni di sessa di una bacino, indotte da una forzante meteorologica, possono essere studiate calcolando i periodi di modo proprio del bacino stesso), ovvero complessivamente mediante l'applicazione di modelli in acqua bassa forzati dalle uscite di modelli meteorologici a scala globale e locale (GCM e LAM), il metodo locale ancora oggi più usato e più consolidato è quello che prevede di considerare il livello di marea meteorologica pari al livello residuo, dato dalla sottrazione dei livelli ricostruiti di marea astronomica da quelli osservati. Occorre notare che, tale metodo parte dal presupposto che il bacino considerato risponda linearmente alle due forzanti, ipotesi peraltro ampiamente accettata nel caso specifico dell'Adriatico (Franco *et al.*, 1982).

Nella presente relazione vengono esposti i risultati dell'analisi dei dati disponibili osservati ai mareografi di Ortona e di Pescara. Tale analisi preliminare ha consentito di effettuare l'analisi armonica delle serie effettive e quindi ricavare le costituenti armoniche necessarie alla ricostruzione della marea astronomica. La determinazione dei livelli residui, identificati come livelli di marea meteorologica, ha poi consentito di effettuare una analisi statistica dei valori estremi finalizzata a correlare tali livelli residui a una precisa probabilità di accadimento. I risultati che emergono sono da ritenersi essenziali sia per le analisi di rischio di inondazione delle coste che come supporto alle decisioni inerenti la realizzazione di opere di difesa.

10 Analisi dei dati mareografici

10.1 Mareografo di Ortona

Caratteristiche



La stazione mareografica di Ortona costituisce la stazione n.18 della Rete Mareografica Nazionale. La stazione (Lama e Corsini, 2000), impiantata nel 1957 all'interno del Porto di Ortona in corrispondenza delle coordinate geografiche

42°21'19" N – 14°24'54" E

era inizialmente dotata di un mareografo modello 450 Lagunare, sostituito nel 1986 con il Modello SM3810. Nel corso del 1998 la stazione è stata dotata di strumentazione per il funzionamento e la gestione telematica. Tale strumentazione è entrata in funzione nel giugno dello stesso anno. Il mareografo e i suoi caposaldi non sono collegati con quelli della linea di livellazione di precisione.

Dati disponibili

La serie di misure eseguite al mareografo di Ortona, analizzate nel presente documento, si estende dal 1991 al 2000, presentando una totale assenza di dati per quanto riguarda il 1995. La frequenza di campionamento è, in generale, di una misura ogni 10 minuti. Fanno eccezione i dati a partire dal giugno 1998, forniti con una frequenza di campionamento di una misura ogni ora. I formati dei 'files' originali sono i seguenti:

➤ 1991

anno	mese	giorno	ora	minuti	misura
2	6	1	9	9	1
0	8	0	2	0	2
1	5	0	.	2	5

codice

stazione



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

➤ 1992- Maggio 1998

giorno																		mese																		anno																		ora																		minuti																		secondi																		codice																		controllo																		misura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
0	2	/	0	8	/	1	9	9	3		0	2	:	1	5	:	0	0		2	6		1	3	6										0	.	2	5	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

➤ Giugno 1998 - 2000

giorno		mese		anno		ora		minuti		misura														
0	2	/	0	8	/	1	9	9	3	-	0	2	:	1	5						0	.	2	5

Analisi dei dati

In primo luogo, allo scopo di rendere omogenea la serie storica complessiva, si sono ridotte le serie campionate con frequenza 10 minuti a serie con frequenza di 1 ora. In seguito, al fine di determinare il rendimento reale della stazione, si sono individuati i periodi di vero e proprio funzionamento della stessa (presenza di dati misurati) e quelli in cui era evidente il malfunzionamento della stessa, ovvero la presenza di 'spikes' quali ad esempio ripetizioni, su periodi temporali estesi, dello stesso valore della misura (Fig. 10.2). L'analisi ora esposta ha permesso di verificare lo scarso rendimento effettivo annuale della stazione (Tab. 10.1, Fig. 10.3). Fanno eccezione gli anni 1999 e 2000 per i quali la stazione ha avuto un rendimento rispettivamente del 92.69 % e del 90.07 %.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

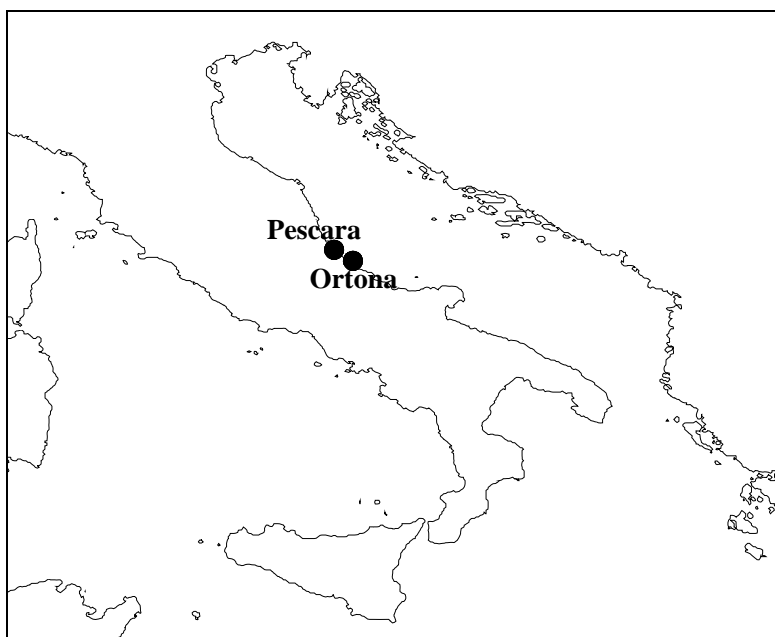


Fig. 10.1: Localizzazione geografica delle stazioni di Ortona e Pescara

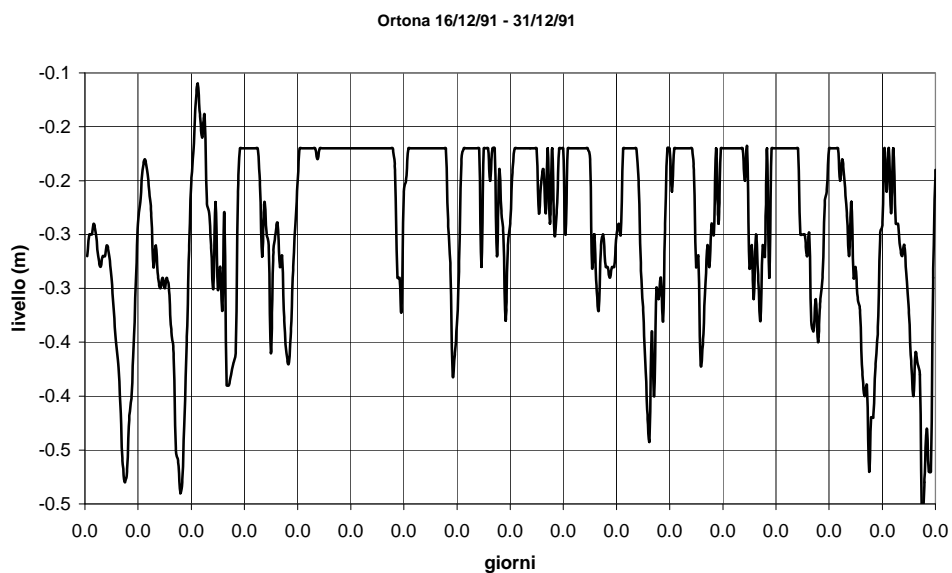


Fig. 10.2: Esempio di malfunzionamento del mareografo



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Anno	Media m	Rendimento
1991	-0.089	11.30%
1992	0.131	55.61%
1993	0.080	69.05%
1994	0.103	42.61%
1995	-	-
1996	0.207	3.95%
1997	-0.020	67.59%
1998	-0.032	54.37%
1999	-0.059	92.69%
2000	-0.110	90.07%

Tab. 10.1: Media e Rendimento effettivo annuale della stazione mareografica di Ortona

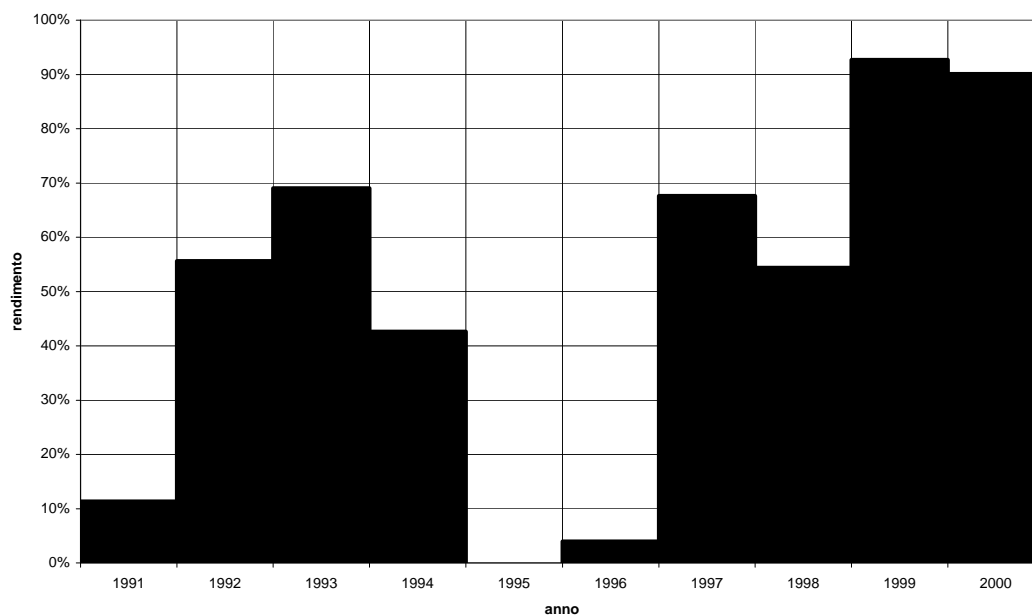


Fig. 10.3: Rendimento effettivo annuale della stazione mareografica di Ortona



10.2 Mareografo di Pescara

Caratteristiche

La stazione mareografica di Pescara (Fig. 10.1), pur non essendo numerata, fa parte della Rete Mareografica Nazionale.

La stazione (Lama e Corsini, 2000), impiantata nel 1991 all'interno del Porto Turistico di Pescara in corrispondenza delle coordinate geografiche

42°28'20" N – 14°13'38" E

è dotata di un idrometro a pressione del tipo Plm/10. Analogamente alla stazione di Ortona, nel corso del 1998, la stazione è stata dotata di strumentazione per il funzionamento e la gestione telematica entrata in funzione nel giugno dello stesso anno.

Dati disponibili

La serie di misure eseguite al mareografo di Pescara, analizzate nel presente documento, si estende dal 1993 al 2000. La frequenza di campionamento è, in generale, di una misura ogni 15 minuti. Fanno eccezione i dati a partire dal luglio 1998, forniti con una frequenza di campionamento di una misura ogni ora. I formati dei 'files' originali sono i seguenti:

- 1993- Maggio 1998: Foglio di lavoro MicroSoft Excel
- Giugno 1998 - 2000

giorno	mese	anno	ora	minuti	misura													
02	/	08	/	1993	-	02	:	15								0	.	25



Analisi dei dati

Analogamente a quanto effettuato con i dati del mareografo di Ortona, si sono ridotte le serie campionate con frequenza 15 minuti a serie con frequenza di 1 ora. Anche in questo caso poi, si sono individuati i periodi di vero e proprio funzionamento della stazione (presenza di dati misurati) e quelli in cui era evidente il malfunzionamento della stessa (presenza di 'spikes' quali ad esempio ripetizioni, su periodi temporali estesi, dello stesso valore della misura). Anche in questo caso, l'analisi dimostra un complessivo scarso rendimento effettivo annuale della stazione (Tab. 10.2, Fig. 10.4). Fa eccezione il 1997 per il quale la stazione ha avuto un rendimento del 99.90 %.

Anno	Media m	Rendimento
1991	-	-
1992	-	-
1993	0.034	78.08%
1994	0.032	68.49%
1995	0.013	82.74%
1996	0.040	83.33%
1997	-0.016	99.90%
1998	-0.032	42.92%
1999	0.214	37.37%
2000	0.002	78.44%

Tab. 10.2: Media e Rendimento effettivo annuale della stazione mareografica di Pescara



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

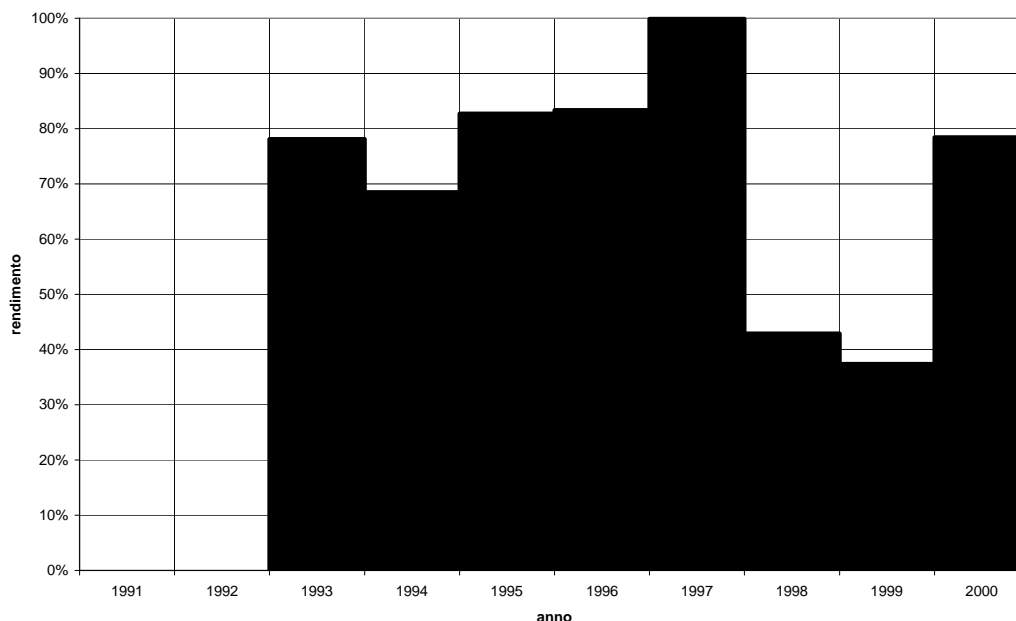


Fig. 10.4: Rendimento effettivo annuale della stazione mareografica di Pescara

11 Livelli di marea

11.1 Analisi armonica dei livelli misurati

Allo scopo di separare la componente deterministica astronomica dei livelli misurati da quella stocastico meteorologica, le serie storiche effettive (ovvero depurate da 'spikes') dei livelli misurati nelle due stazioni mareografiche di Ortona e Pescara sono state sottoposte ad analisi armonica. A tal fine, si è utilizzato il codice di calcolo SLPR2 (Caldwell, 1998) elaborato presso il JIMAR ('Joint Institute for Marine and Atmospheric Research') in collaborazione con il 'National Oceanographic Data Center' del NOAA e il 'Sea Level Center' della 'University of Hawaii'. Il codice, mediante la tecnica dei minimi quadrati, analizza serie temporali di dati di livello campionati con frequenza oraria e restituisce l'ampiezza e la fase di un numero di costituenti principali e in acqua bassa dipendente dall'estensione della serie storica considerata. Si rimanda alla bibliografia per approfondimenti in merito al metodo di analisi utilizzato (Foreman, 1996; Godin, 1972).



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Lo scarso rendimento e la natura casuale dei periodi di ‘buco’ o di ‘errore’ all’interno delle serie storiche disponibili hanno reso necessario individuare, all’interno delle serie stesse, i periodi che si presentano ottimali in relazione alla continuità, omogeneità e regolarità del dato misurato. L’estensione temporale delle serie scelte è indicata nella tabella 11.1, mentre l’ampiezza e la fase (riferita alle 00:00 del 01/01/1976) delle costituenti individuate sono elencate nelle tabelle 11.2, 11.3 e 11.4.

	Inizio		Fine		dati validi
	ora	data	ora	data	
Ortona	00:01	06/06/92	00:00	19/05/93	8135
	00:01	01/01/00	00:00	01/11/00	7319
Pescara	00:01	15/09/94	23:00	04/07/95	6815

Tab. 11.1: Estensione temporale delle serie utilizzate per l’analisi armonica



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Numero	Nome	Frequenza (1/h)	Ampiezza (cm)	Fase (gradi)
1	Z0	0.000000	108.0276	0.00
2	SSA	0.000228	10.4901	106.16
3	MSM	0.001310	1.8083	302.34
4	MM	0.001512	2.6747	257.11
5	MSF	0.002822	0.8009	200.68
6	MF	0.003050	0.6420	220.88
7	ALP1	0.034397	0.1337	105.73
8	2Q1	0.035706	0.1861	56.38
9	SIG1	0.035909	0.0374	100.71
10	Q1	0.037219	0.4806	71.83
11	RHO1	0.037421	0.2828	90.57
12	O1	0.038731	2.9162	68.04
13	TAU1	0.038959	0.2428	172.83
14	BET1	0.040040	0.0162	37.45
15	NO1	0.040269	0.4031	23.33
16	CH11	0.040471	0.0746	166.78
17	P1	0.041553	2.7912	74.95
18	K1	0.041781	9.1301	82.49
19	PH11	0.042009	0.4070	64.20
20	THE1	0.043091	0.2712	100.47
21	J1	0.043293	0.6128	101.38
22	SO1	0.044603	0.1524	346.37
23	OO1	0.044831	0.4372	101.58
24	UPS1	0.046343	0.3461	136.64
25	OQ2	0.075975	0.1329	119.18
26	EPS2	0.076177	0.0623	249.16
27	2N2	0.077487	0.0524	68.85
28	MU2	0.077689	0.1039	122.55
29	N2	0.078999	1.0974	92.88
30	NU2	0.079202	0.0993	77.49
31	M2	0.080511	6.8325	91.53
32	MKS2	0.080740	0.1275	217.93
33	LDA2	0.081821	0.1662	72.91
34	L2	0.082024	0.2034	111.98
35	S2	0.083333	4.8376	102.01
36	K2	0.083561	1.3500	96.69
37	MSN2	0.084845	0.1271	128.62
38	ETA2	0.085074	0.0642	115.69
39	MO3	0.119242	0.1216	344.47
40	M3	0.120767	0.3528	34.55
41	SO3	0.122064	0.0761	200.29
42	MK3	0.122292	0.1038	353.56
43	SK3	0.125114	0.1662	343.29
44	MN4	0.159511	0.1021	131.70
45	M4	0.161023	0.1362	12.63
46	SN4	0.162333	0.0130	73.09
47	MS4	0.163845	0.0655	89.95
48	MK4	0.164073	0.1501	281.54
49	S4	0.166667	0.0222	132.78
50	SK4	0.166895	0.0560	357.36
51	2MK5	0.202804	0.0613	274.55
52	2SK5	0.208447	0.0530	292.35
53	2MN6	0.240022	0.0440	334.15
54	M6	0.241534	0.0449	14.60
55	2MS6	0.244356	0.0349	290.39
56	2MK6	0.244584	0.0148	335.49
57	2SM6	0.247178	0.0301	356.92
58	MSK6	0.247406	0.0478	268.99
59	3MK7	0.283315	0.0363	281.18
60	M8	0.322046	0.0356	51.80

Tab. 11.2: Costanti armoniche per la stazione di Ortona valutate nel periodo (1992-1993)



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Numero	Nome	Frequenza (1/h)	Ampiezza (cm)	Fase (gradi)
1	Z0	0.000000	87.7621	360.00
2	SSA	0.000228	4.9581	63.72
3	MSM	0.001310	1.0168	7.28
4	MM	0.001512	0.6741	85.26
5	MSF	0.002822	0.5504	308.93
6	MF	0.003050	1.3232	178.19
7	ALP1	0.034397	0.0177	358.39
8	2Q1	0.035706	0.0785	277.98
9	SIG1	0.035909	0.0852	134.02
10	Q1	0.037219	0.4278	59.15
11	RHO1	0.037421	0.1409	14.96
12	O1	0.038731	2.6851	51.40
13	TAU1	0.038959	0.3263	92.63
14	BET1	0.040040	0.1353	33.54
15	NO1	0.040269	0.1488	72.40
16	CH11	0.040471	0.1390	138.46
17	P1	0.041553	2.6757	58.37
18	K1	0.041781	8.8223	66.48
19	PH11	0.042009	0.1959	43.12
20	THE1	0.043091	0.3034	153.62
21	J1	0.043293	0.6371	82.70
22	SO1	0.044603	0.5442	236.99
23	OO1	0.044831	1.1050	140.73
24	UPS1	0.046343	0.1797	290.22
25	OQ2	0.075975	0.0553	321.78
26	EPS2	0.076177	0.0429	288.86
27	2N2	0.077487	0.1316	2.97
28	MU2	0.077689	0.1405	74.36
29	N2	0.078999	1.0498	56.18
30	NU2	0.079202	0.3325	63.86
31	M2	0.080511	6.7035	61.12
32	MKS2	0.080740	0.0706	328.04
33	LDA2	0.081821	0.1106	38.31
34	L2	0.082024	0.1006	62.53
35	S2	0.083333	4.7430	70.66
36	K2	0.083561	1.3011	64.87
37	MSN2	0.084845	0.0260	306.38
38	ETA2	0.085074	0.1789	80.88
39	MO3	0.119242	0.2063	7.72
40	M3	0.120767	0.3244	336.70
41	SO3	0.122064	0.0830	137.76
42	MK3	0.122292	0.0760	256.35
43	SK3	0.125114	0.0349	306.38
44	MN4	0.159511	0.1177	278.73
45	M4	0.161023	0.1749	334.61
46	SN4	0.162333	0.0470	40.33
47	MS4	0.163845	0.0496	29.68
48	MK4	0.164073	0.0673	246.81
49	S4	0.166667	0.0488	311.15
50	SK4	0.166895	0.1065	300.82
51	2MK5	0.202804	0.0911	78.98
52	2SK5	0.208447	0.0241	129.56
53	2MN6	0.240022	0.0420	325.01
54	M6	0.241534	0.0243	7.11
55	2MS6	0.244356	0.0487	347.14
56	2MK6	0.244584	0.0993	216.88
57	2SM6	0.247178	0.0423	238.55
58	MSK6	0.247406	0.0474	50.85
59	3MK7	0.283315	0.0553	310.27
60	M8	0.322046	0.0300	150.54

Tab. 11.3: Costanti armoniche per la stazione di Ortona valutate nel periodo (2000)



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Numero	Nome	Frequenza (1/h)	Ampiezza (cm)	Fase (gradi)
1	Z0	0.000000	100.4981	0.00
2	SSA	0.000228	2.1646	183.08
3	MSM	0.001310	1.2023	257.35
4	MM	0.001512	1.0185	61.18
5	MSF	0.002822	1.3377	25.96
6	MF	0.003050	1.4551	307.87
7	ALP1	0.034397	0.0714	32.18
8	2Q1	0.035706	0.2621	348.99
9	SIG1	0.035909	0.4417	107.41
10	Q1	0.037219	0.8082	85.37
11	RHO1	0.037421	0.1638	242.71
12	O1	0.038731	3.3182	71.19
13	TAU1	0.038959	0.1483	126.81
14	BET1	0.040040	0.1629	357.37
15	NO1	0.040269	0.7340	49.04
16	CH11	0.040471	0.3930	169.40
17	P1	0.041553	2.9780	73.08
18	K1	0.041781	9.3564	82.25
19	PH11	0.042009	0.1230	83.80
20	THE1	0.043091	0.4741	30.73
21	J1	0.043293	0.6995	136.35
22	SO1	0.044603	0.9175	318.17
23	OO1	0.044831	0.4384	327.16
24	UPS1	0.046343	1.3789	43.80
25	OQ2	0.075975	0.0297	96.29
26	EPS2	0.076177	0.0297	78.53
27	2N2	0.077487	0.2224	33.09
28	MU2	0.077689	0.1443	124.74
29	N2	0.078999	0.9793	82.93
30	NU2	0.079202	0.3410	81.47
31	M2	0.080511	6.7165	90.55
32	MKS2	0.080740	0.1184	221.25
33	LDA2	0.081821	0.0486	231.34
34	L2	0.082024	0.2611	80.75
35	S2	0.083333	4.7516	102.45
36	K2	0.083561	1.3953	103.65
37	MSN2	0.084845	0.1604	41.91
38	ETA2	0.085074	0.2277	41.50
39	MO3	0.119242	0.0787	192.67
40	M3	0.120767	0.2936	18.42
41	SO3	0.122064	0.0871	276.10
42	MK3	0.122292	0.0699	75.96
43	SK3	0.125114	0.2109	343.49
44	MN4	0.159511	0.0086	109.06
45	M4	0.161023	0.1009	33.65
46	SN4	0.162333	0.0345	231.49
47	MS4	0.163845	0.0746	70.20
48	MK4	0.164073	0.1492	330.47
49	S4	0.166667	0.1557	107.52
50	SK4	0.166895	0.0502	118.33
51	2MK5	0.202804	0.0685	222.53
52	2SK5	0.208447	0.0636	350.04
53	2MN6	0.240022	0.0402	126.77
54	M6	0.241534	0.0060	85.48
55	2MS6	0.244356	0.0699	327.39
56	2MK6	0.244584	0.0876	250.86
57	2SM6	0.247178	0.1233	320.12
58	MSK6	0.247406	0.1029	219.46
59	3MK7	0.283315	0.0251	178.12
60	M8	0.322046	0.0336	286.49

Tab. 11.4: Costanti armoniche per la stazione di Pescara valutate nel periodo (1994-1995)



Occorre sottolineare che, data l'estensione relativa delle serie sottoposte ad analisi armonica, le costanti individuate (essenzialmente associate a componenti principali) per quanto in grado di descrivere con sufficiente approssimazione l'andamento locale complessivo dell'onda di marea, non permettono di definire con sufficiente dettaglio le variazioni corrispondenti a distorsioni legate alla propagazione in costa.

11.2 Componente deterministica dei livelli misurati: Marea Astronomica

Sulla base della conoscenza delle costanti armoniche è stato successivamente possibile ricostruire la variazione temporale della componente deterministico astronomica del livello della superficie marina. Anche in questo caso si è fatto ricorso al sopra citato codice di calcolo SLPR2. In particolare, mentre nel caso di Pescara le stesse costanti armoniche valutate nel periodo tra il 15/09/94 e il 04/07/95 sono state utilizzate per ricostruire la marea dell'intero periodo coperto dalla serie storica effettiva (1993-2000), nel caso di Ortona le costanti armoniche valutate nel periodo 06/06/92, 19/05/93 sono state utilizzate per ricostruire la marea tra il 1991 e il 1994 e quelle valutate nel periodo 01/01/00, 01/11/00 per ricostruire la marea tra il 1996 e il 2000.

L'onda di marea così ricostruita (si vedano ad esempio le figure 11.1, 11.2) si presenta, concordemente ad altre località del Mare Adriatico, del tipo misto a dominante semidiurna con una ampiezza di oscillazione variabile tra un massimo pari a circa **44** cm e un minimo pari a circa 20 cm in entrambe le stazioni (semi-ampiezze pari a 22 cm e 10 cm rispettivamente).

11.3 Componente stocastica dei livelli misurati: Marea Meteorologica

In base all'ipotesi - comunemente accettata (Franco *et al.*, 1982) - di comportamento lineare del bacino Adriatico, i contributi alla variazione di livello totale dovuti all'azione



astronomica e meteorologica possono essere semplicemente sovrapposti. Da quanto precede si evince che la variazione di livello indotta da fattori meteorologici (vento, pressione) può essere identificata con la variazione di livello residua ottenuta sottraendo l'oscillazione astronomica ricostruita da quella desumibile a partire dai dati osservati di un mareografo.

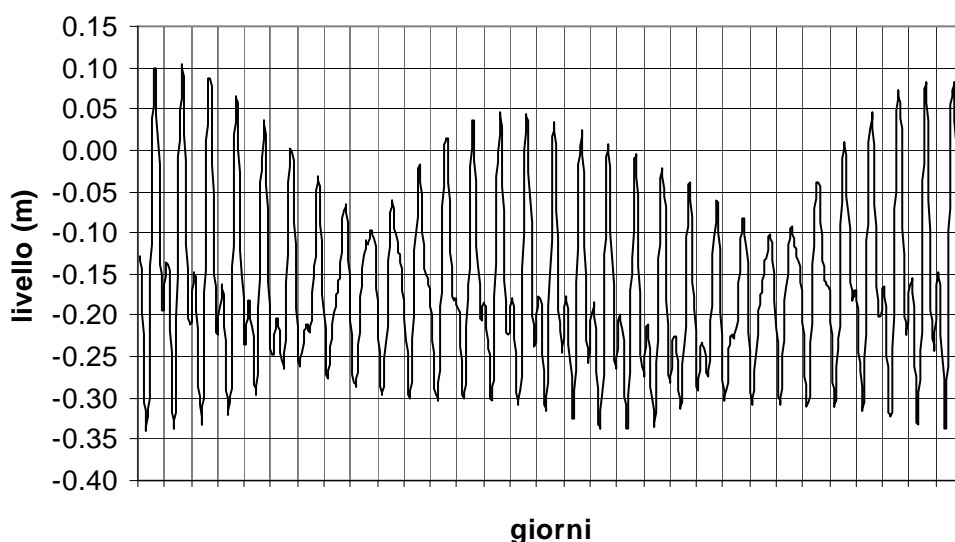


Fig. 11.1: Ricostruzione della marea astronomica a Ortona – Luglio 2000

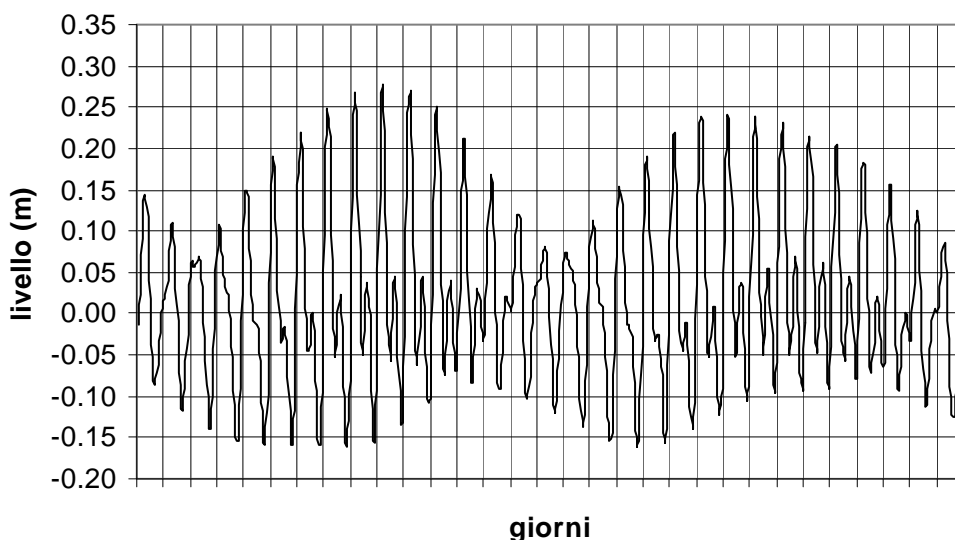


Fig. 11.2: Ricostruzione della marea astronomica a Pescara – Gennaio 1997



Operando in tal senso, ovvero calcolando i livelli residui, è stato possibile definire la serie dei livelli dovuti al propagarsi della marea meteorologica nelle stazioni di Ortona e di Pescara. Occorre notare che la sopracitata impossibilità di descrivere con sufficiente dettaglio le variazioni corrispondenti a distorsioni legate alla propagazione in costa determina la permanenza, all'interno della serie dei livelli residui, del segnale a loro imputabile.

Il confronto, operato su tutto il periodo compreso tra il 1993 e il 2000, tra le serie di dei livelli residui (marea meteorologica) definite per le stazione di Ortona e Pescara (si veda, ad esempio, la figura 11.3), evidenziando la sostanziale omogeneità delle variazioni, fornisce infine un importante elemento di validazione dei calcoli eseguiti.

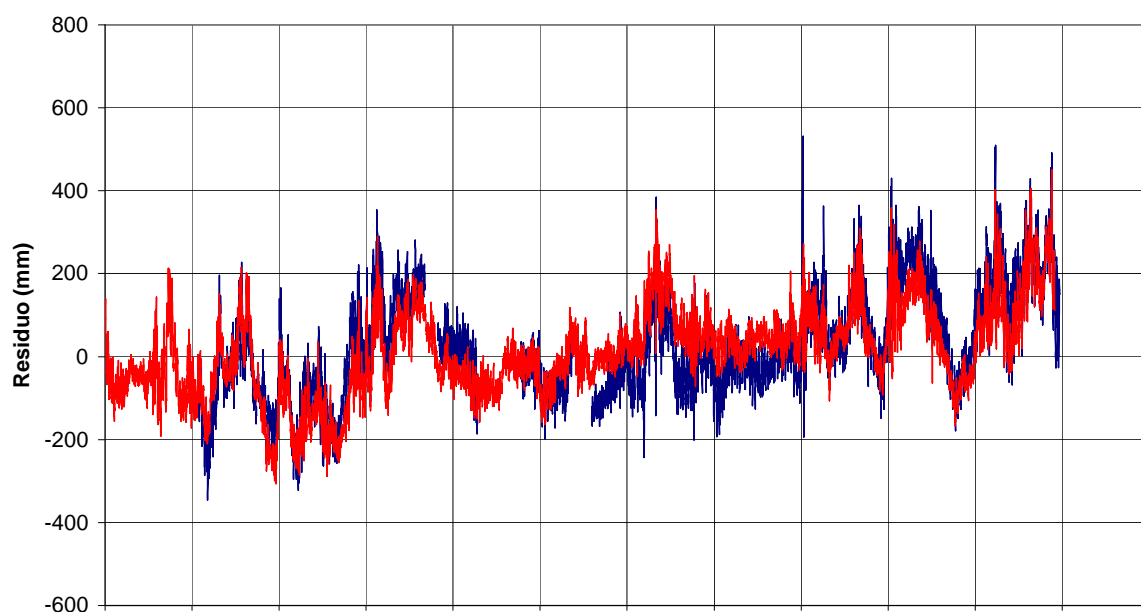


Fig. 11.3: Confronto dei residui calcolati a Ortona (Rosso) e Pescara (Blu) nel periodo gennaio – dicembre 2000 (N.B. livelli espressi in millimetri).



12 Analisi statistica degli estremi di marea meteorologica

12.1 Selezione dei campioni per Ortona e Pescara

Per eseguire l'analisi statistica dei livelli residui rappresentativi delle variazioni legate alla forzante meteorologica, è stato necessario selezionare preliminarmente campioni di dati statisticamente indipendenti e omogenei.

Per quanto riguarda l'indipendenza, è stato utilizzato il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche “della serie di durata parziale sopra soglia”) che consiste nel prendere in esame il massimo dei valori di livello residuo che si verifica nell'ambito di un singolo evento meteorologico. L'individuazione di ciascun evento meteorologico nell'ambito della serie storica è stata effettuata introducendo un valore di soglia (5 cm) e ipotizzando che il singolo evento abbia inizio in corrispondenza del valore di livello residuo che superi per la prima volta il valore di soglia prestabilito. Conseguentemente, si ipotizza che l'evento termini quando il livello misurato assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia. Per quanto concerne l'omogeneità dei dati, è stato invece adottato un criterio di tipo empirico, raggruppando insieme i dati sopra soglia estesi su un periodo corrispondente a quello delle usuali perturbazioni che interessano l'Adriatico (5-10 giorni).

Su questa base sono stati selezionati i campioni di livello residuo statisticamente indipendenti e omogenei presentati nella tabella 12.1.

12.2 Leggi di distribuzione dei valori estremi

L'analisi statistica vera e propria è stata realizzata ordinando in senso decrescente i campioni di valori indipendenti e omogenei, calcolando la frequenza cumulata associata a



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

ogni valore del campione e determinando la distribuzione del valore estremo ('EVD – Extreme Value Distribution') che meglio approssima i campioni stessi.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Ortona			Pescara		
Data	Ora	Livello	Data	Ora	Livello
(gg/mm/aa)	(hh/mm)	(cm)	(gg/mm/aa)	(hh/mm)	(cm)
24/11/91	10.00	33.8	04/09/93	20.00	21.0
19/06/92	16.00	13.0	02/10/93	23.00	35.9
02/07/92	22.00	15.3	15/10/93	15.00	22.8
17/07/92	02.00	22.7	23/10/93	08.00	16.4
10/08/92	17.00	22.8	06/11/93	02.00	24.6
04/09/92	22.00	38.9	16/12/93	19.00	14.1
04/10/92	15.00	47.4	26/12/93	13.00	39.4
20/10/92	13.00	37.1	12/01/94	09.00	27.1
09/12/92	08.00	51.1	14/02/94	09.00	22.2
03/01/93	10.00	16.6	18/05/94	17.00	16.7
27/01/93	11.00	16.4	20/09/94	07.00	19.4
22/02/93	08.00	37.9	24/10/94	06.00	26.1
08/03/93	22.00	18.7	10/11/94	23.00	28.6
27/03/93	16.00	8.5	04/01/95	05.00	49.3
15/04/93	09.00	23.4	27/01/95	06.00	24.0
28/08/93	04.00	42.3	18/02/95	19.00	28.3
01/10/93	21.00	46.4	30/03/95	10.00	32.4
05/11/93	22.00	39.1	26/04/95	14.00	12.2
02/12/93	11.00	23.0	13/05/95	03.00	22.6
26/12/93	14.00	51.0	24/06/95	09.00	12.9
28/01/94	15.00	24.1	08/08/95	18.00	10.2
14/02/94	09.00	37.4	28/08/95	17.00	46.8
02/03/94	01.00	25.0	04/11/95	22.00	38.0
14/03/94	01.00	8.2	18/11/95	12.00	41.4
02/04/94	09.00	14.5	14/12/95	00.00	39.9
08/04/94	15.00	23.8	31/12/95	16.00	58.7
18/05/94	14.00	17.9	03/02/96	03.00	33.5
15/09/94	03.00	29.9	21/02/96	18.00	24.8
01/01/97	13.00	61.1	16/03/96	12.00	20.5
06/02/97	06.00	15.6	02/04/96	10.00	23.4
19/02/97	06.00	30.6	12/05/96	12.00	20.8
22/05/97	17.00	18.1	12/08/96	22.00	12.7
19/06/97	18.00	33.7	05/09/96	19.00	14.1
25/07/97	20.00	29.4	16/10/96	14.00	35.5
29/08/97	15.00	25.6	22/11/96	17.00	50.6
15/09/97	18.00	20.5	26/12/96	10.00	48.1
14/10/97	15.00	38.8	19/03/97	14.00	20.0
08/11/97	06.00	51.1	22/04/97	07.00	23.0
03/12/97	08.00	61.0	08/05/97	15.00	29.5
20/12/97	14.00	70.7	19/06/97	23.00	17.4
15/01/98	06.00	16.8	03/10/97	09.00	16.1
08/07/98	10.00	31.0	13/11/97	16.00	60.6
06/08/98	04.00	24.0	30/11/97	18.00	38.1
29/08/98	07.00	23.9	04/01/98	09.00	18.9
12/09/98	13.00	33.3	21/01/98	13.00	46.8
07/10/98	15.00	44.9	04/02/98	15.00	34.0
01/11/98	16.00	25.3	09/03/98	23.00	22.5
15/11/98	07.00	45.1	18/04/98	20.00	25.8
04/12/98	11.00	47.3	04/05/98	12.00	24.7
31/12/98	18.00	48.9	29/05/98	15.00	9.6
09/02/99	16.00	34.2	11/01/99	06.00	60.4
22/02/99	16.00	29.6	10/02/99	11.00	65.8
05/03/99	04.00	14.9	27/03/99	13.00	48.7
19/03/99	07.00	17.1	16/04/99	19.00	54.3
16/04/99	20.00	22.8	05/05/99	05.00	33.1
04/05/99	20.00	27.1	17/02/00	16.00	22.7
21/06/99	20.00	28.2	02/03/00	11.00	16.5
25/07/99	15.00	28.8	05/04/00	19.00	29.0
21/09/99	01.00	29.2	29/04/00	14.00	12.9
21/10/99	21.00	33.6	11/07/00	14.00	37.5
08/11/99	02.00	36.2	01/10/00	14.00	40.9
19/11/99	09.00	56.1	07/11/00	05.00	50.9
16/12/99	15.00	45.1	26/11/00	21.00	49.1
28/12/99	12.00	45.5			
23/01/00	11.00	20.9			
17/02/00	15.00	21.2			
05/04/00	05.00	28.9			
17/04/00	17.00	19.7			
22/05/00	14.00	6.8			
11/06/00	10.00	11.7			
11/07/00	14.00	34.7			

Tab. 12.1: Campioni dei dati di livello residuo relativi a Ortona e Pescara indipendenti e omogenei



La frequenza cumulata è stata calcolata utilizzando l'espressione di Hazen (Kottegoda e Rosso, 1997)

$$F(i) = \frac{i - 0.35}{n} \quad (12.1)$$

(con i pari al numero d'ordine del dato nel campione ordinato e n uguale al numero totale di dati nel campione), mentre sono state adottate tutte le distribuzioni note del valore estremo (Mood *et al.*, 1988, Maione e Moisello, 1993, Kottegoda e Rosso, 1997), ovvero:

EV1 – Gumbel
$$F_X(x) = \exp\left[-e^{-\frac{x-b}{a}}\right] \quad (12.2)$$

EV2 - Frechét
$$F_X(x) = \exp\left[-\left(\frac{x_0}{x}\right)^\theta\right] \quad (12.3)$$

EV3 – Weibul (L)
$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\varepsilon}{\theta}\right)^\beta\right] \quad \theta = \lambda - \varepsilon \quad (12.4)$$

EV3 – Weibul (U)
$$F_X(x) = \exp\left[-\left(\frac{\lambda - x}{\theta}\right)^\beta\right] \quad \theta = \lambda - \varepsilon \quad (12.5)$$

General Extreme Value (GEV)
$$F_X(x) = \exp\left\{-\left[1 - \frac{k(x-\varepsilon)}{\alpha}\right]^{1/k}\right\} \quad (12.6)$$



ove (α, b) , (θ, x_0) , $(\beta, \varepsilon, \theta, \lambda)$ e (k, ε, α) sono i parametri di forma, scala e posizione delle varie distribuzioni.

Poiché, come noto, la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione

$$Tr = \frac{1}{(1 - F_X(x))} \quad (12.7)$$

si sono infine stimati i livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno.

12.3 Analisi dei risultati

L'analisi statistica ha permesso di calcolare, per ogni distribuzione, i parametri di forma, scala e posizione che meglio approssimano i campioni (Tab. 12.2) e in seguito, i livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno (Tab. 12.3).

	Parametro	Ortona	Pescara
Gumbel - EV1	α	0.114	0.116
	b	2.062	2.074
Frechét - EV2	θ	2.281	2.470
	x_0	0.209	0.218
Weibul (L) - EV3	β	2.876	1.642
	θ	0.437	0.262
	ε	-0.093	0.073
	λ	0.344	0.335
Weibul (U) - EV3	β	9.000	59.00
	θ	1.157	6.974
	ε	0.237	0.242
	λ	1.394	7.216
GEV	κ	0.005	0.035
	α	0.114	0.120
	ε	0.235	0.242

Tab. 12.2: Parametri di forma, scala e posizione delle diverse distribuzioni utilizzate



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

Tr (anni)	Livello (m) - Ortona					Livello (m) - Pescara				
	Gumbel	Frechét	Weibul (L)	Weibul (U)	GEV	Gumbel	Frechét	Weibul (L)	Weibul (U)	GEV
2	0.276	0.245	0.292	0.283	0.277	0.284	0.253	0.283	0.285	0.286
5	0.405	0.403	0.423	0.414	0.406	0.415	0.401	0.423	0.417	0.418
10	0.491	0.561	0.491	0.493	0.491	0.502	0.543	0.509	0.503	0.503
20	0.573	0.769	0.547	0.562	0.572	0.586	0.727	0.584	0.584	0.582
30	0.620	0.922	0.576	0.600	0.619	0.634	0.860	0.625	0.630	0.626
50	0.679	1.157	0.610	0.644	0.677	0.694	1.061	0.675	0.688	0.681
100	0.758	1.571	0.650	0.700	0.755	0.775	1.407	0.738	0.765	0.754

Tab. 12.3: Livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno per i due campioni

con l'eccezione della distribuzione di Frechét, tutte le distribuzioni forniscono risultati omogenei, non solo nell'ambito di un confronto all'interno dei singoli campioni di Ortona e Pescara, ma anche nell'ambito di un confronto tra i due campioni (livello variabile tra un minimo di 20 cm e un massimo di 80 cm per tempi di ritorno variabili tra un minimo di 2 anni e un massimo di 100 anni).

La distribuzione che appare meglio approssimare entrambi i campioni è la distribuzione di Weibul limitata inferiormente (Figg. 12.1, 12.2).

EV3-Weibul (L)

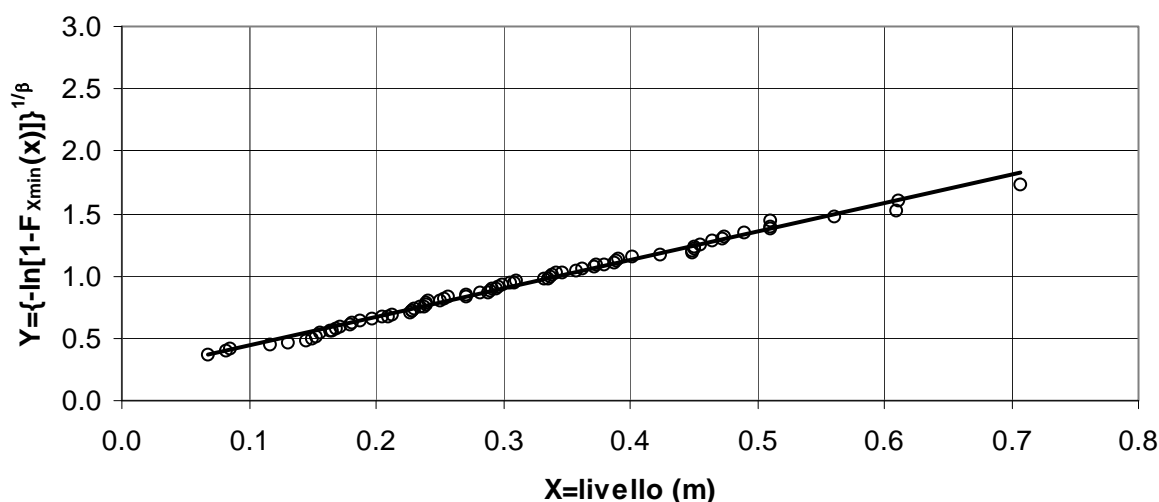
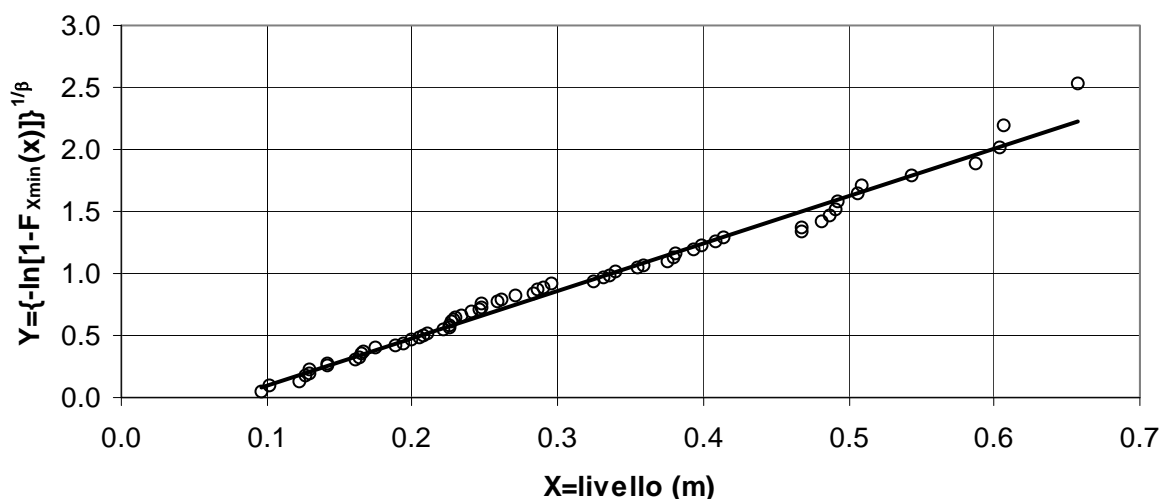


Fig. 12.1: Distribuzione di Weibul limitata inferiormente sul campione di Ortona
(N.B. rappresentazione in scala distorta).



EV3-Weibul (L)



**Fig. 12.2: Distribuzione di Weibul limitata inferiormente sul campione di Pescara
(N.B. rappresentazione in scala distorta).**

12.4 Conclusioni sull'analisi dei livelli di marea

L'analisi armonica dei livelli totali misurati alle stazioni mareografiche di Ortona e Pescara, pur nei limiti imposti dallo scarso rendimento delle due stazioni, ha permesso non solo di definire la possibile oscillazione deterministica dovuta all'onda di marea astronomica (compresa tra un massimo di **44 cm** e un minimo di **20 cm**) ma, nell'ipotesi di linearità del comportamento del bacino Adriatico (ipotesi comunemente accettata), ha permesso di stimare i livelli residui di oscillazione riconducibili con una qualche approssimazione a cause di natura meteorologica (onda di marea meteorologica). Una successiva analisi statistica degli estremi dei livelli residui ha quindi permesso di fornire la probabilità associata ai livelli residui estremi (tra un minimo di **20 cm** e un massimo di **80 cm** per tempi di ritorno variabili tra un minimo di **2 anni** e un massimo di **100 anni**). Le stime elaborate trovano conferma nelle osservazioni dirette effettuate nel porto turistico di Pescara, ove la quota del piano di calpestio della banchina (pari a circa 1.00 m sul livello



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

medio del mare) risulta essere stata sicuramente raggiunta almeno una volta nel corso dell'ultimo decennio del secolo scorso.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

13 Riferimenti bibliografici

13.1 Misure ondametriche

1. "Freeboard allowances for waves in inland reservoirs" Journal of the Waterways and Harbours Division, Proc. ASCE, n.18 WW2 may 1962
2. Archetti R. e Franco L., "Nuove analisi di dati ondametrici nei mari italiani", Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, Ravenna, 1995.
3. Battjes J.A., "Long term wave Height distributions at seven stations around the British Isles", NIO Report n° A44, National Institute of Oceanography, U.K., 1970.
4. Borgman L.E., "Extremal statistics in Ocean Engineering", Proc. Conf. 'Civil Engineering in Ocean, III', Newark, U.S.A., 1975.
5. C.E.R.C., "Shore Protection manual", Washington, fourth edition, 1984
6. C.N.R., "STONE: statistica delle onde estrema nel Mar Tirreno", Editrice CLEUP, Padova, 1984.
7. Draper L., "Derivation of a 'Design Wave' from instrumental records of sea waves", Proc. of the Institution of Civil Engineers, Vol. 26, Londra, 1963.
8. Franco L., "Misure strumentali di moto ondoso nei mari italiani: analisi statistiche degli eventi estremi", Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, ICCE 92, Genova, 1993.
9. Franco L., Sammarco P. e Spina D., "Analisi degli eventi ondosi estremi misurati nei mari italiani", XXII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Cosenza, 1990.
10. Galeati G. e Rossi V., "Caratteristiche del moto ondoso nella zona di mare prospiciente la centrale di Montalto di Castro. Analisi statistica della durata di eventi ondosi superiori a prefissati valori di soglia", Rapporto ENEL SI-973/90, 1990.
11. Galeati G. e Rossi V., "Caratteristiche del moto ondoso nella zona di mare prospiciente la centrale di Montalto di Castro. Analisi statistica della frequenza di apparizione e della durata degli eventi", Rapporto ENEL SI-1012/91, 1991.
12. Galeati G. e Tomasino M., "Rilievi di moto ondoso nei siti di interesse ENEL. Determinazione dell'onda massima più probabile", l'Energia Elettrica, n° 8, 1982.
13. Goda Y., "On the methodology of selecting design wave height", Proc. 21st Coastal Engineering Conference, Malaga, 1988.
14. Isaacson M. e MacKenzie N.G., "Long term distribution of ocean waves: a review", ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, Vol. 107, n°WW2, 1981.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

15. Jahns H.O. e Wheeler J.D., “Long-term wave probability based on hindcasting of severe storms”, Journal of Petroleum Technology, Aprile 1973.
16. Lamberti A., “Processi idrodinamici e fattori ambientali costieri”, Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, ICCE 92, Genova, 1993.
17. Leenknecht D.A. et altri, 1992, “Automated Coastal Engineering System – Technical Reference”, C.E.R.C. – W.E.S., Vicksburg, Version 1.06 January 1992
18. Mathiesen M., “Estimation of wave height duration statistics”, Coastal Engineering, Vol. 23, 1994.
19. Mathiesen M., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Peltier E., Thompson E. e Van Veddler G., “Recommended practice for extreme wave analysis”, Journal of Hydraulic Research, Vol. 32. n° 6, 1994.
20. Muir L.R. e El-Shaarawi A.H., “On the calculation of extreme wave heights: a review”, Ocean Engineering, Vol. 13, n° 1, 1986.
21. National Environment Research Council, “Flood studies report”, Vol. 1, “Hydrological studies”, NERC Publ., Londra, 1975.
22. Owen M.W., 1988, “Wave prediction in reservoirs comparison of available methods”, Hydraulics Research Limited, Wallingford – Oxfordshire, Report EX1809 October 1988
23. Petruskas C. e Aagaard P.M., “Extrapolation of historical storm data for estimating design wave height”, Journal of the Society of Petroleum Engineers, Vol. 11, 1971.
24. Saetre H.J., “On high wave conditions in the Northern North Sea”, Proc. Oceanology International, Brighton, U.K., 1975
25. Saville T. et altri, 1962
26. Seymour R.J., 1977, “Estimating wave generation on restricted fetches”, Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Division, Proc. ASCE, n.103 WW2 May 1977
27. Smith, J.M. 1991, “Wind-wave generation on restricted fetches”, Miscellaneous paper CERC-91-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station
28. Valentini V. e Venturi M., “Definizione delle condizioni ambientali nella progettazione di strutture offshore - revisione critica”, Atti 3° Congresso AIOM, Genova, 1992.
29. Van Veddler G., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Mathiesen M., Peltier E. e Thompson E., “Case studies of extreme wave analysis: a comparative analysis”, Proc. Conf. WAVES 93, New Orleans, U.S.A., 1993.

13.2 Livelli di marea

1. Brown, E.W. “Theory of the motion of the moon” Memories of the Royal Astronomical Society, London, 1908.
2. Darwin, G.H. “Reports of the Committee for the harmonic analysis” British Essays on the advancement of Sciences, London, 1886.



ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALLA PROGRAMMAZIONE E AL FINANZIAMENTO DI
INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SCOGLIERE ESISTENTI E CHIUSURA VARCHI NEL COMUNE DI
ROSETO DEGLI ABRUZZI

PROGETTO PRELIMINARE – STUDIO METEOMARINO

3. Doodson, A.T. "The harmonic development of the tide generating potential" Proceeding of the Royal Society, London, 1921.
4. Cartwright, D.E., Tayler, R.J. "New computations of the tide-generating potential" Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, Londo, 1971.
5. Doodson A.T. "The analysis of tidal observations" Philosophical Transaction of the Royal Society, London, 1928.
6. Franco P., Jeftic L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A., Orlic M. "Descriptive model of the northern Adriatic" *Oceanologica Acta*, 1982.
7. Lama, R., Corsini, S. "La rete mareografica Italiana" Istituto Poligrafico e zecca dello Stato, Roma, 2000.
8. Caldwell, P. "Sea level data processing on IBM-PC Compatible Computers. Version 3.0 (year 2000 compliant)" JIMAR contribution N° 98-319.
9. Foreman, M.G.G. "Manual for tidal heights analysis and prediction" Institute of Ocean Sciences, Sydney, 1977.
10. Godin, G. "*The analysis of tides*" University of Toronto Press, Toronto, 1972.
11. Mood, A.M., Graybill, F.A., Boes, D.C. "*Introduzione alla statistica*". McGraw Hill, Milano 1988.
12. Maione, U. Moisello, U. "*Elementi di statistica per l'idrologia*". La Goliardica Pavese, Pavia, 1993.
13. Kottegoda, N.T., Rosso, R. "*Statistics, Probabilità and Reliability for Civil and Environmental Engineers*". McGraw Hill, Milano 1997.