

COMUNE DI JESOLO



**PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI
MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI
CORTELLAZZO
(Settori dal 27 al 30)**



**Elaborato
UNICO**

RELAZIONE TECNICA

Professionisti:

Arch. Renato Segatto

Data: Febbraio 2014

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

INDICE

<u>1</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</u>	<u>4</u>
2.1	EVOLUZIONE STORICA DEL TRATTO DI LITORALE DI CORTELLAZZO	7
<u>3</u>	<u>STATO DEL LITORALE</u>	<u>9</u>
<u>4</u>	<u>DATI DI MAREA</u>	<u>12</u>
4.1.1	Statistica degli eventi estremi	14
<u>5</u>	<u>CLIMA ONDOSI AL LARGO</u>	<u>15</u>
5.1.1	Clima ondoso	16
5.1.2	Settori di traversia	19
5.1.3	Statistica degli eventi estremi	19
<u>6</u>	<u>PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI</u>	<u>22</u>
6.1	PROPAGAZIONE DEL CLIMA ONDOSI DAL PUNTO AL LARGO AD UN PUNTO SOTTOCOSTA (PUNTO P)	22
6.1.1	Settaggio del modello	22
6.1.2	Clima ondoso medio annuo nel punto P	24
6.2	PROPAGAZIONE DELLE MAREGGIATE ESTREME NEL PUNTO P	27
6.2.1	Caratteristiche delle mareggiate estreme al largo	27
6.2.2	Risultati della propagazione delle mareggiate estreme nel punto P	29
<u>7</u>	<u>ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO MEDIANTE FORMULE ANALITICHE</u>	<u>30</u>
<u>8</u>	<u>STUDIO DELLA RISALITA DEL MOTO ONDOSI</u>	<u>32</u>
8.1	DATI DI BASE	32
8.2	RISULTATI	34
<u>9</u>	<u>DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE</u>	<u>36</u>
<u>10</u>	<u>ELENCO PREZZI</u>	<u>39</u>

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 1 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 2.1 – Inquadramento geografico	4
Fig. 2.2 – Esempio di tratto di litorale con cordone dunale relitto	5
Fig. 2.3 – Tratto di litorale in prossimità della foce	5
Fig. 2.4 – Spiaggia e pennelli in prossimità di Via Venier	6
Fig. 2.5 – Spiaggia e pennelli a Sud-Ovest di Via Venier	6
Fig. 2.6 – Evoluzione della foce di Cortellazzo (Zunica, 1971)	7
Fig. 2.7 – Foto della foce di Cortellazzo (1962)	8
Fig. 3.1 – Sezione tipo intervento progetto esecutivo interventi di ripascimento 2011	11
Fig. 4.1 – Variazione del livello medio del mare nel periodo 1920-1994 – Punta della Salute	13
Fig. 4.2 – Risultati analisi statistica degli estremi – Punta della Salute	14
Fig. 5.1 - Ubicazione del punto CNR di coordinate 13° 00' E, 45° 30' N	15
Fig. 5.2 – Rose delle registrazioni - Clima ondoso nel punto CNR al largo	17
Fig. 5.3 – Rose delle energie - Clima ondoso nel punto CNR al largo	17
Fig. 5.4 – Rose delle altezze massime - Clima ondoso nel punto CNR al largo	18
Fig. 5.5 – Rosa dei massimi annuali di Hs utilizzati nell'analisi statistica di Gumbel (1992-2001)	20
Fig. 5.6 – Risultati statistica di Gumbel (punto CNR al largo)	21
Fig. 6.1 – Griglie di calcolo STWAVE	23
Fig. 6.2 – Rose delle registrazioni – Clima medio annuale nel punto P	25
Fig. 6.3 – Rosa delle energie – Clima medio annuale nel punto P	25
Fig. 6.4 – Rosa delle altezze massime – Clima medio annuale nel punto P	26
Fig. 6.5 – Curva di durata – Clima medio annuale nel punto P	26
Fig. 6.6 – Direzioni di provenienza degli eventi estremi	28
Fig. 7.1 – Orientamenti medi dei due tratti considerati per la valutazione del trasporto solido potenziale	31
Fig. 8.1 – Ubicazione profilo di calcolo SBEACH	33
Fig. 8.2 – Risultati TEST 1 (mareggiata di durata 1 g/anno + livello TR 50 anni)	35
Fig. 8.3 – Risultati TEST 2 (mareggiata estrema TR 10 anni + livello TR 50 anni)	35
Fig. 8.4 – Risultati TEST 3 (mareggiata estrema TR 50 anni + livello TR 50 anni)	35
Fig. 8.4 – Planimetria delle zone di manutenzione	36
Fig. 8.4 – Sezione tipologica	37
Fig. 9.1 – Volume integrale di ripascimento versato a partire dal 2003	38

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 4.1 – Livelli di marea registrati dal mareografo di Punta della Salute (1920-1989)	12
Tab. 4.2 – Livelli estremi di marea ricavati secondo la statistica di Gumbel Mareografo di Punta della Salute (analisi di soglia su dati al netto della subsidenza)	14
Tab. 5.1 - Registrazioni di moto ondoso ordinate per altezza e direzione di provenienza Clima ondoso nel punto CNR al largo	16
Tab. 5.2 – Massimi annuali di altezza significativa suddivisi per settori di Bora e Scirocco (dati relativi al punto CNR al largo)	19
Tab. 5.3 - Risultati statistica di Gumbel (valori di altezza significativa in funzione del tempo di ritorno)	20
Tab. 6.1 – Registrazioni di moto ondoso ordinate per altezza e direzione di provenienza Clima medio annuale nel punto P	24
Tab. 6.2 – Caratteristiche delle mareggiate estreme propagate con il codice di calcolo STWAVE	27
Tab. 6.3 – Risultati della propagazione delle mareggiate estreme dal punto CNR al punto P	29
Tab. 7.1 – Flusso di energia del moto ondoso relativo al tratto compreso tra i pennelli	31
Tab. 7.2 – Flusso di energia del moto ondoso relativo al tratto a Sud del villaggio Malibù	31
Tab. 8.1 – Caratteristiche mareggiate nel punto di input (profondità 10 m)	33

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 2 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

1 PREMESSA

Il presente progetto esecutivo è stato redatto in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 5 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Particolareggiato dell'Arenile; si riporta per comodità il capoverso di riferimento: *“Per i settori dal 27 al 30 l'Amministrazione Comunale provvederà a redigere, preliminarmente al rilascio di nuove concessioni demaniali, un progetto esecutivo al fine di coordinare tutti gli interventi di difesa dell'arenile nonché di garantire una corretta distribuzione delle aree utilizzate sull'arenile anche alla luce dei grossi interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia che interesseranno la pineta nei prossimi anni”.*

Il progetto esecutivo è composto dai seguenti elaborati:

1. Relazione tecnica
2. Planimetria aree di manutenzione scala 1:5.000
3. Elaborati del progetto esecutivo del settore 27 approvati con DGC n. 302 del 29.09.2009
4. Elaborati del progetto esecutivo del settore 28 approvati con DGC n. 165 del 21.06.2011
5. Elaborati del progetto esecutivo del settore 29 approvati con DGC n. 162 del 12.05.2009

Il progetto esecutivo del piano di settore 30 è in corso di approvazione.

Come verrà più dettagliatamente esposto nel seguito, il presente progetto esecutivo è stato redatto nelle more della redazione di un vero e proprio progetto di rinascimento e di difesa strutturale dell'arenile, finalizzato a garantire la sicurezza idraulica del territorio e la stabile presenza di una spiaggia emersa adatta a soddisfare le esigenze balneari di una realtà turistica strutturata come quella di Jesolo.

Si fa presente infatti che solo un intervento strutturale, eventualmente associato ad un piano di manutenzione adeguato a mantenerne l'efficienza nel tempo, può garantire il necessario livello di sicurezza del territorio e fruibilità balneare dell'arenile.

Ciò nonostante, l'esperienza del recente passato ha dimostrato come l'attuazione di una strategia di ripascimento, anche non strutturale, permetta nel breve termine di ottenere risultati più che soddisfacenti. Il presente progetto esecutivo si pone l'obiettivo di creare le condizioni affinché lo sfruttamento dell'arenile, attraverso nuove concessioni demaniali, sia compatibile con la prosecuzione degli interventi di manutenzione ordinaria che continueranno ad essere posti in essere. Si tratta quindi di un progetto esecutivo degli interventi di manutenzione ordinaria della spiaggia emersa (arenile e retrostante cordone dunale), che definisce le aree e le modalità di intervento, individuando i quantitativi sulla base dei volumi impiegati nel recente passato, ma lascia la definizione di ogni singolo intervento a successivi stralci funzionali la cui progettazione verrà redatta in base ai volumi disponibili ed alle esigenze contingenti.

Nei successivi paragrafi è riportato uno studio idraulico marittimo relativo all'area di intervento, nel quale viene descritta la dinamica litoranea nell'intorno di foce Piave, evidenziando la vulnerabilità del litorale e la rilevante importanza della manutenzione del litorale di Cortellazzo, in quanto lo stesso va poi ad alimentare tutte le spiagge poste ad occidente (l'azione del moto ondoso tende a muovere la sabbia verso Ovest, n.d.r.). In altri termini, garantire la presenza della spiaggia a Cortellazzo (senza

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 3 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

interventi con opere rigide) significa porre le condizioni per il “benessere” dell’intero litorale Jesolano.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tratto di litorale di interesse si estende per circa 2.5 Km a Sud-Ovest della Foce del Fiume Piave. Questo tratto è caratterizzato dalla presenza di un sistema di dune, che in alcune zone risulta però avere ampiezza piuttosto limitata (Fig. 2.2). Lungo la riva sono inoltre presenti una serie di pennelli in massi naturali (Fig. 2.3, Fig. 2.3, Fig. 2.4 e Fig. 2.5), realizzati a più riprese per compensare i fenomeni erosivi avvenuti negli ultimi anni.

Si può ragionevolmente assumere che l’attuale situazione di crisi sia principalmente legata alla riduzione dell’apporto solido del fiume Piave e delle spiagge a Est, interamente protette da opere di difesa e in condizioni di grave deficit sedimentario. Va anche evidenziato che, nella zona più prossima alla foce, potrebbero manifestarsi fenomeni contingenti legati alla tendenza dell’alveo principale del Piave a migrare verso Ovest per effetto del trasporto solido litoraneo (diretto appunto verso Ovest) e dell’assenza di una vera e propria armatura di foce.



Fig. 2.1 – Inquadramento geografico

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 4 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	



Fig. 2.2 – Esempio di tratto di litorale con cordone dunale relitto



Fig. 2.3 – Tratto di litorale in prossimità della foce

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 5 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	



Fig. 2.4 – Spiaggia e pennelli in prossimità di Via Venier



Fig. 2.5 – Spiaggia e pennelli a Sud-Ovest di Via Venier

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 6 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

2.1 Evoluzione storica del tratto di litorale di Cortellazzo

Il Piave ha impostato la propria foce a Cortellazzo nell'inverno del 1683 e la foce ha assunto il suo assetto attuale in seguito alla rotta del 1935.

Numerose sono peraltro le testimonianze della tendenza a divagazioni anche in destra, in parte limitate dalla realizzazione del pennello di foce (Fig. 2.6).

L'assetto attuale è stato determinato dai ripetuti interventi con opere rigide, sia sulla foce che nelle spiagge adiacenti, che hanno determinato la sostanziale rettifica del litorale e impedito le divagazioni della foce. Nel tempo, anche gli alvei relitti di tali divagazioni, ancora presenti negli anni '70 (Fig. 2.7), sono stati colmati dal trasporto solido litoraneo.

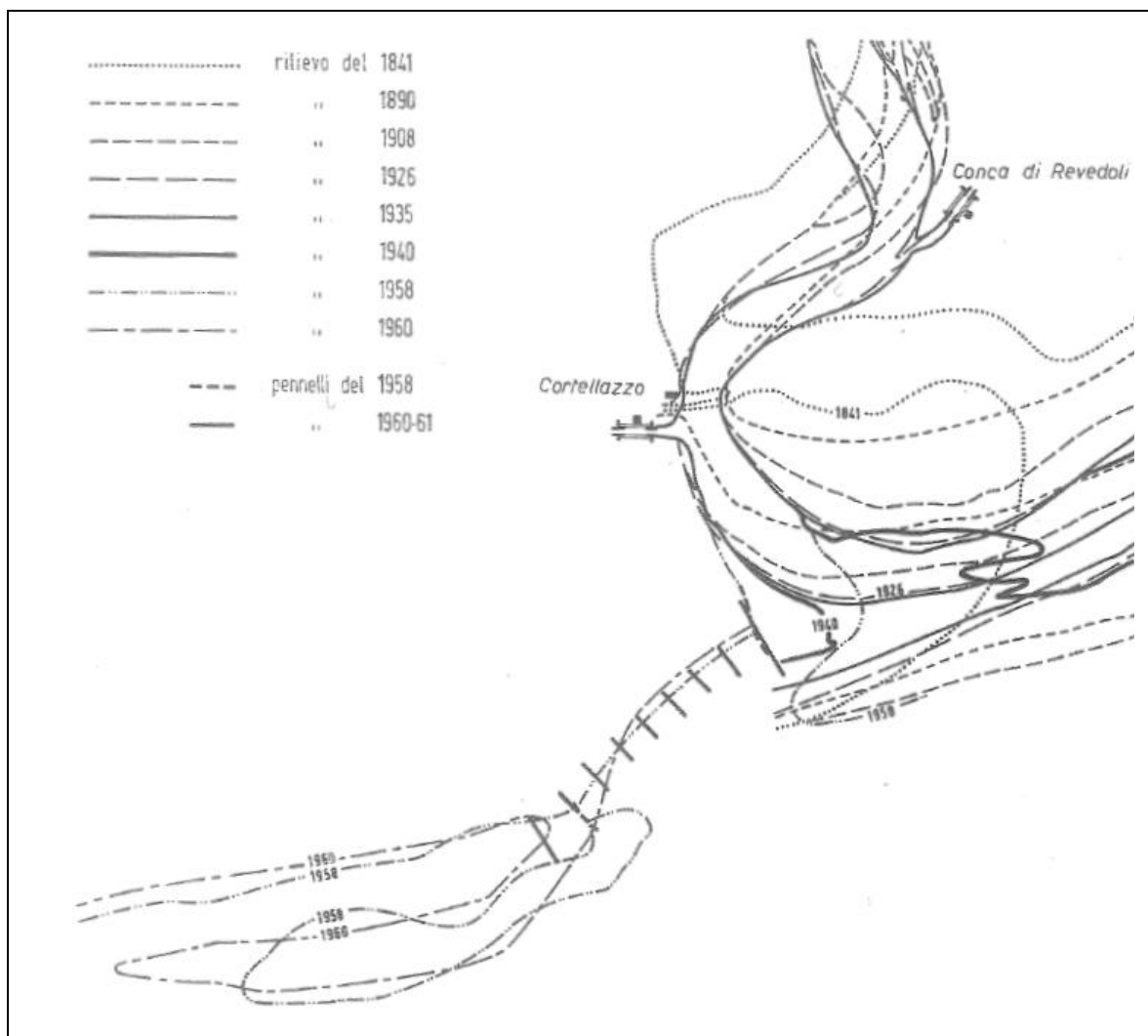


Fig. 2.6 – Evoluzione della foce di Cortellazzo (Zunica, 1971)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 7 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	



Fig. 2.7 – Foto della foce di Cortellazzo (1962)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 8 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

3 STATO DEL LITORALE

Il litorale di Cortellazzo è stato oggetto nel recente passato di importanti fenomeni di erosione che hanno ridotto l'ampiezza dell'arenile in misura tale da non essere in grado, in alcuni tratti, di garantire adeguate condizioni di sicurezza per il territorio retrostante in occasione delle mareggiate più violente.

Nel periodo 2002-2012 sono stati eseguiti una serie di interventi di ripascimento al fine di ripristinare una ampiezza della spiaggia (compresa tra i 25 e i 50 metri) sufficiente a dissipare l'energia del moto ondoso e poter assicurare condizioni di sicurezza per il territorio retrostante.

Nel dettaglio, nel periodo 2002-2005 sono stati eseguiti gli interventi di manutenzione del litorale previsti dal 1° stralcio del progetto esecutivo approvato dal Magistrato alle Acque nel 2002. Il progetto generale di manutenzione prevedeva un periodo di manutenzione di cinque anni, di cui i primi tre sono stati oggetto del 1° stralcio, terminato nell'agosto 2005.

Negli periodo successivo dal 2006 al 2008, avendo individuato alcune situazioni critiche dal punto di vista dell'erosione, si è reso necessario proseguire la manutenzione dei litorali con nuovo apporto di sabbia. Allo scopo il Magistrato alle Acque ha approvato vari progetti esecutivi redatti di anno in anno.

Nel 2009, a seguito delle forti mareggiate che si sono abbattute sui litorali veneziani nei mesi invernali 2008/2009, a seguito di dettagliato accordo di programma fra la Regione del Veneto, il Magistrato alle Acque di Venezia e i Comuni di Jesolo e di Cavallino-Treporti, è stato redatto ed eseguito un progetto di valenza biennale che ha consentito di far fronte all'erosione dei litorali di Cortellazzo, località Pineta, e di Cavallino-Treporti in località Ca' di Valle con l'impiego di circa 200.000 m³ di sabbie provenienti essenzialmente da cantieri edili.

Nel 2011, a seguito dell'accordo di programma fra la Regione del Veneto, il Magistrato alle Acque di Venezia e i Comuni di Jesolo e di Cavallino-Treporti, è stato redatto un progetto esecutivo da parte del "Consorzio Venezia Nuova" con il quale sono stati apportati sull'arenile di Jesolo, nelle due annualità 2011 e 2012, circa 66.000 m³ di sabbia provenienti dai cantieri edili dello stesso Comune di Jesolo.

Nel 2013 a seguito di finanziamento congiunto di Magistrato alle Acque di Venezia e della Regione Veneto è stato redatto un progetto esecutivo da parte del "Consorzio Venezia Nuova" con il quale sono stati apportati sull'arenile di Jesolo circa 210.000 m³ di sabbia provenienti da cantieri edili dello stesso comune, da depositi privati e da una cava a mare appositamente autorizzata.

In definitiva nel corso degli ultimi anni sono stati apportati i seguenti quantitativi di sabbia:

- nel 2003 circa 150.000 m³ di sabbia provenienti dal dragaggio delle foci del Piave e del Sile;
- nel 2004 circa 130.000 m³ provenienti dal dragaggio dell'area marina denominata JC e dallo scavo di cantieri edili prospicienti il litorale di Jesolo;
- nel 2005 circa 84.000 m³, di cui una parte provenienti dal dragaggio della foce del Sile ed

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 9 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

- una parte dagli scavi edili eseguiti nello stesso comune di Jesolo;
- nel 2006 circa 47.000 m³, provenienti esclusivamente dagli scavi edili eseguiti nel comune di Jesolo;
 - nel 2007 circa 40.000 m³, provenienti esclusivamente dagli scavi edili eseguiti nel comune di Jesolo;
 - nel 2008, circa 40.000 m³ provenienti anch'essi esclusivamente dagli scavi edili eseguiti nel territorio del comune di Jesolo;
 - nel 2009 e 2010 sono stati posti in opera circa 100.000,00 m³/anno che, oltre al ripascimento dei tratti di litorale in erosione, sono stati utilizzati, per circa il 20%, al ripristino dunale;
 - nel 2011 sono stati posti in opera circa 66.000 m³ proveniente dai cantieri edili dello stesso Comune di Jesolo;
 - nel 2013 sono stati posti in opera circa 210.000 m³ di sabbia provenienti da cantieri edili dello stesso comune, da depositi privati e da una cava a mare appositamente autorizzata.

Nel corso degli anni, a seguito degli interventi di ripascimento, si è potuto verificare un progressivo miglioramento delle condizioni del litorale, così da ipotizzare che il ripetuto apporto di sedimenti riuscisse effettivamente a contrastare gli effetti del processo erosivo in atto.

Le violente mareggiate abbattutesi nel corso delle stagioni invernali 2010-2011 e 2012-2013, hanno però ridotto significativamente l'ampiezza degli arenili e aggredito le difese dunali nella zona di Cortellazzo, difese che tuttavia con il loro sacrificio hanno impedito al mare di invadere la retrostante zona abitata.

Gli interventi del 2011, 2012 e 2013 hanno permesso di ripristinare le condizioni di sicurezza per i tratti di litorale che hanno subito la maggiore erosione in conseguenza delle violente mareggiate che si sono susseguite nel corso delle stagioni invernali. Nella successiva Fig. 3.1 si riporta una sezione tipo dell'intervento di ripascimento eseguito nel 2011.

Complessivamente si può quindi ritenere che gli interventi di manutenzione fino ad oggi eseguiti hanno permesso nel breve termine di contrastare efficacemente i processi erosivi e di mantenere accettabili condizioni di sicurezza per il territorio retrostante in occasione delle mareggiate più violente. In occasione di eventi ondosi particolarmente intensi si sono però manifestate condizioni piuttosto critiche per la stabilità del cordone dunale retrostante all'arenile.

Il cordone dunale ha una funzione fondamentale sia in termini di protezione del territorio retrostante sia di alimentazione dell'arenile. Risulta quindi di fondamentale importanza eseguire una adeguata manutenzione anche del sistema di dune retrostante all'arenile.

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 10 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

4 DATI DI MAREA

Per quanto riguarda le informazioni relative al livello del mare si è fatto riferimento ai dati di marea rilevati dal mareografo di Punta della Salute (Ufficio Idrografico Mareografico di Venezia, 1996) che coprono il periodo 1920-1994.

I dati di marea e i risultati dell'analisi statistica dei livelli estremi (riportata nel successivo paragrafo 4.1.1) sono stati estratti dalla pubblicazione "Waves and tides characteristics in the Northern Adriatic Sea, with reference to the Po Delta area" (P. Ruol e M. Tondello, 1996).

I dati registrati dal mareografo nel periodo 1920-1989 sono riportati in Tab. 4.1. Tutti i dati registrati sono riferiti allo "zero di Punta della Salute", il quale, come è stato dimostrato, è soggetto al fenomeno della subsidenza. Pertanto è necessario correggere tali dati per tenere conto di tale effetto.

r.s.w.l. (cm)		1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	tot
da	a	1929	1939	1949	1959	1969	1979	1989	
190	194	-	-	-	-	1	-	-	1
180	189	-	-	-	-	-	-	-	0
170	179	-	-	-	-	-	-	-	0
160	169	-	-	-	-	-	1	-	1
150	159	-	-	-	1	-	-	1	2
140	149	-	1	-	-	2	1	-	4
130	139	-	-	2	-	3	3	7	15
120	129	-	1	2	1	7	9	4	24
110	119	3	6	1	11	18	17	15	71
100	109	6	14	17	20	54	39	40	190
90	99	13	18	33	65	119	103	107	458
80	89	35	87	63	133	278	252	285	1133
70	79	98	210	187	344	581	611	690	2721
60	69	230	490	544	815	1158	1301	1235	5773
50	59	614	1047	1153	1480	1522	1572	1574	8962
40	49	1330	1582	1604	1652	1456	1386	1329	10339
30	39	1716	1421	1452	1163	911	921	895	8479
20	29	1413	1044	979	681	540	469	443	5569
10	19	816	609	576	368	222	213	202	3006
0	9	408	250	259	129	58	59	52	1215
-10	-1	177	101	54	34	18	10	10	404
-20	-11	45	28	26	10	2	2	7	120
-30	-21	22	6	10	1	1	-	-	40
-40	-31	2	2	-	-	-	-	1	5

Tab. 4.1 – Livelli di marea registrati dal mareografo di Punta della Salute (1920-1989)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 12 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

A tal proposito è stata condotta un'analisi dei livelli medi di marea, da cui è emerso che nel periodo che va dal 1940 al 1970 si è verificato un evidente incremento del livello del mare (Fig. 4.1). Tale fenomeno è sicuramente correlato all'intensa e incontrollata estrazione di acqua avvenuta nel corso di quegli anni.

Utilizzando questo approccio è stato possibile ricavare delle correlazioni tra incremento del livello del mare e periodo di riferimento (espresso in anni) e, di conseguenza, correggere i dati registrati dal mareografo (vedi relazioni riportate in Fig. 4.1).

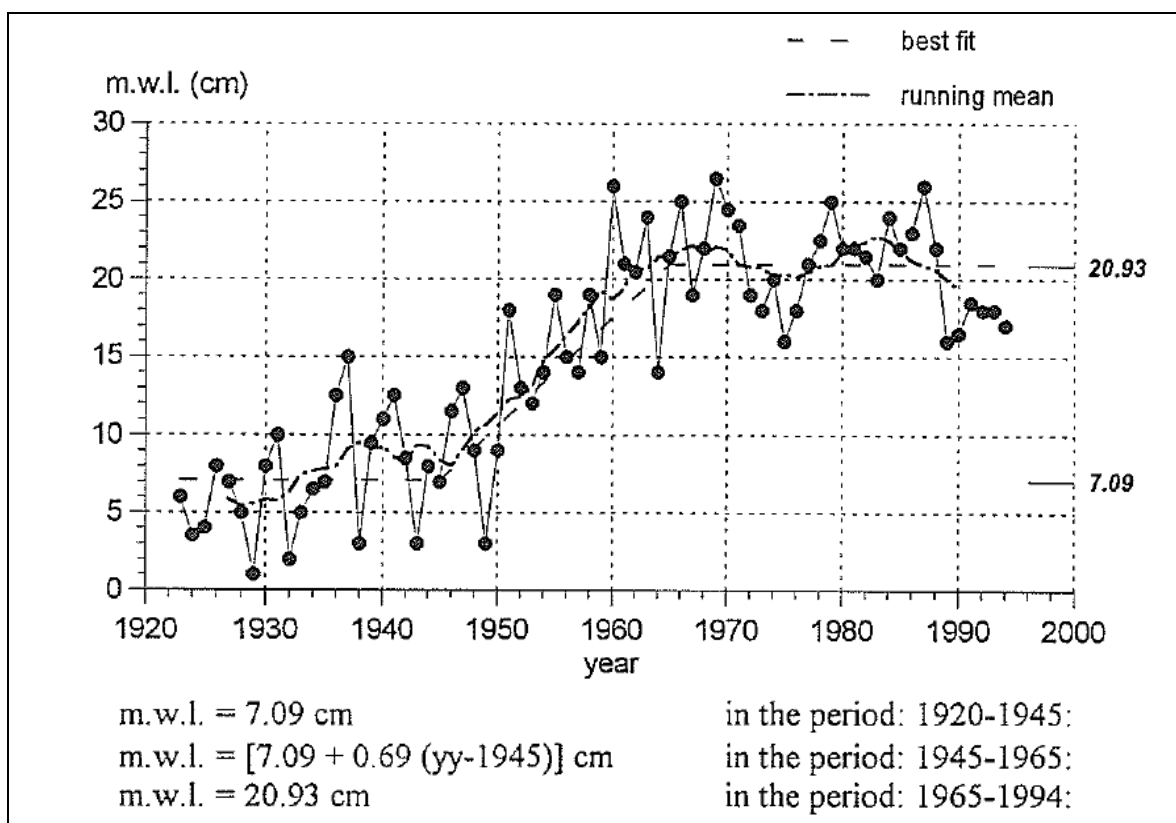


Fig. 4.1 – Variazione del livello medio del mare nel periodo 1920-1994 – Punta della Salute

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 13 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

4.1.1 Statistica degli eventi estremi

L'analisi statistica è stata inizialmente condotta con riferimento ai livelli massimi registrati dal mareografo, caratterizzati da valori superiori a 1.1 m (P. Ruol e M. Tondello, 1996).

Successivamente, lo studio è stato approfondito per tenere conto dell'effetto della subsidenza; in questo caso, avendo corretto i livelli di marea per tenere conto dell'effetto della subsidenza, sono stati considerati nell'analisi statistica i valori "corretti" superiori ad +1.0 m. I dati sono stati elaborati utilizzando l'approccio proposto da Gumbel (metodo dei momenti).

Di seguito, in Tab. 4.2, si riportano i livelli di alta marea in funzione del tempo di ritorno ricavati dall'elaborazione statistica di Gumbel condotta sui dati corretti superiori ad +1.0 m (Fig. 4.2).

T_R (anni)	Livello marea (m s.m.m.)
2	+1.19
5	+1.28
10	+1.35
25	+1.45
50	+1.51
100	+1.58

Tab. 4.2 – Livelli estremi di marea ricavati secondo la statistica di Gumbel
Mareografo di Punta della Salute (analisi di soglia su dati al netto della subsidenza)

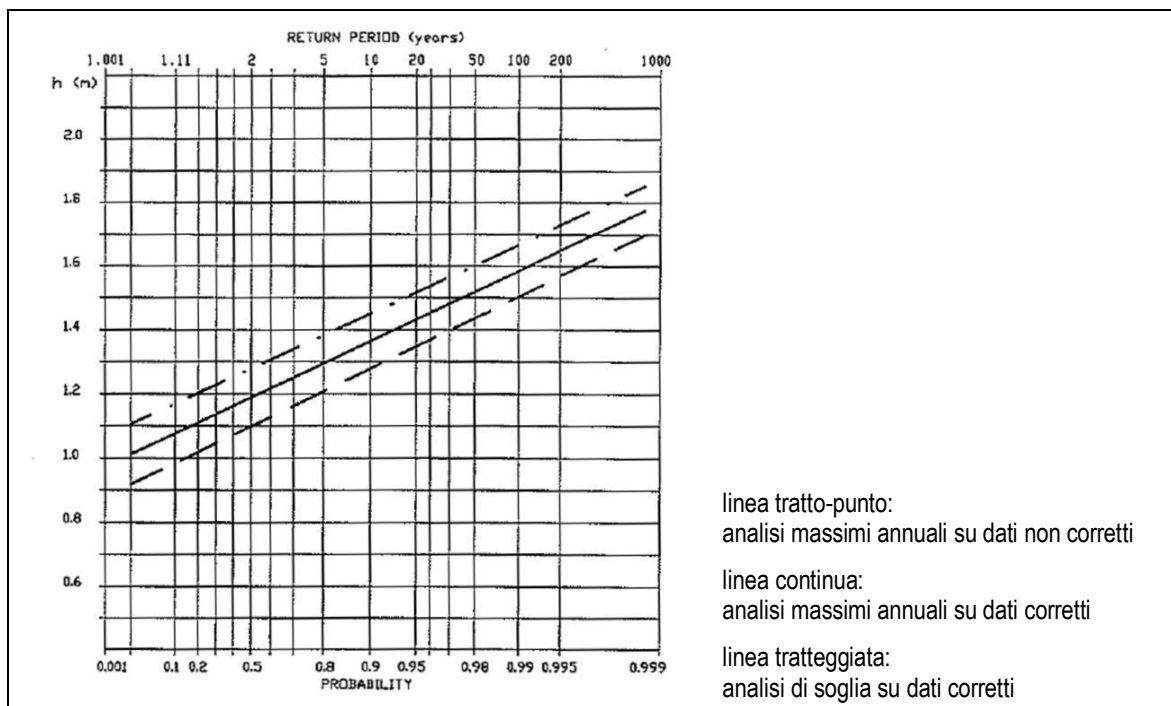


Fig. 4.2 – Risultati analisi statistica degli estremi – Punta della Salute

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 14 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

5 CLIMA ONDOSO AL LARGO

Per definire il clima ondoso al largo del paraggio di Cortellazzo sono stati considerati i dati forniti dal CNR e si riferiscono al punto di coordinate (13° 00' E, 45° 30' N), situato nell'Alto Adriatico su un fondale di circa 20 m, al largo del paraggio di Cortellazzo (Fig. 5.1).

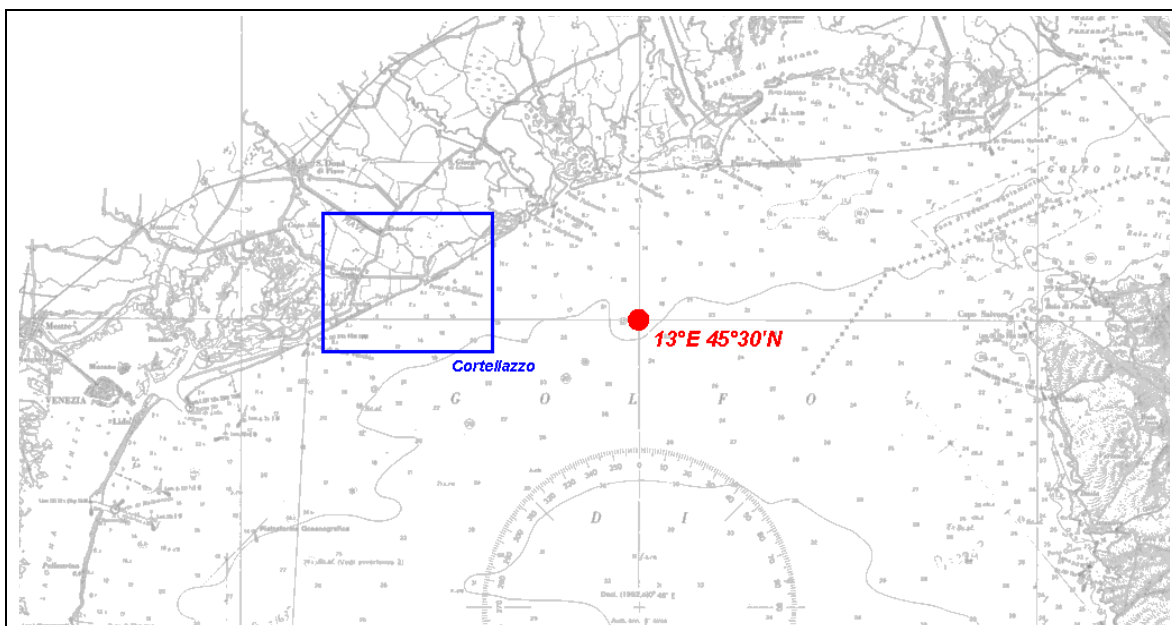


Fig. 5.1 - Ubicazione del punto CNR di coordinate 13° 00' E, 45° 30' N

I dati CNR derivano dalla ricostruzione delle condizioni meteomarine mediante modelli matematici (calibrati in base a misure del satellite topex poseidon e registrazioni di boe ondametriche), sviluppati a partire da osservazioni meteorologiche ottenute dall'archivio del Centro Meteorologico Europeo (ECMWF). L'informazione è disponibile in una serie di punti uniformemente distribuiti con un intervallo di 0.5 gradi geografici (55 km in latitudine; circa 40 km in longitudine alla nostra latitudine). Un esempio della distribuzione dei punti di output del modello WAM (Wave Model) con risoluzione 0.5° è fornito dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, che mostra la loro distribuzione per il Mediterraneo Occidentale. L'output del modello WAM viene immagazzinato al centro europeo sotto forma di campi esaorari.

Le informazioni originali, disponibili come campi bidimensionali, sono state organizzate in serie temporali che comprendono altezza significativa H_s , periodo medio spettrale e di picco (T_{01} e T_p), direzione media di provenienza (DIR). I relativi valori coprono il periodo luglio 1992 - giugno 2002, ad intervalli di sei ore. Per ragioni di proprietà dei dati originali, le serie temporali non sono rese disponibili come tali a terzi, ma vengono rielaborate per ricavare la climatologia e la statistica degli estremi nel punto offshore prescelto.

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 15 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

5.1.1 Clima ondoso

Nella successiva Tab. 5.1 sono riportate le caratteristiche delle onde "al largo" (nel punto CNR), relative all'intero periodo luglio 1992 - giugno 2002, ordinate per classi di direzione di provenienza e altezza significativa. Di seguito (Fig. 5.2, Fig. 5.3 e Fig. 5.4) vengono riportate rispettivamente le rose delle registrazioni, delle energie e delle altezze d'onda massime al largo (altezza significativa).

Si può notare che gli eventi con percentuale di apparizione più elevata corrispondono a mareggiate provenienti da Bora (55°N) e da Scirocco (145÷155°N), con prevalenza di quelle provenienti da Scirocco. In termini di energia del moto ondoso, si evidenziano ancora dei picchi di energia in corrispondenza delle medesime direzioni di 55°N e 155°N.

La rosa delle altezze significative massime evidenzia la presenza di onde con altezza significativa inferiore a 5.5 m, con valori massimi per le mareggiate di Grecale (75°N) e Scirocco (155°N).

		H _s (m)										
DIR		0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
(°N)		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
0	10	1183	213	42	14	0	0	0	0	0	0	0
10	20	884	438	123	69	21	14	0	0	0	0	0
20	30	1014	494	274	27	42	21	0	0	0	0	0
30	40	1171	835	301	97	48	14	14	7	0	0	0
40	50	1780	1245	650	274	95	76	41	0	7	0	0
50	60	1403	1588	1013	492	199	96	54	34	34	7	0
60	70	1342	1288	904	458	247	96	21	7	0	0	0
70	80	1212	986	562	213	103	28	7	7	7	0	7
80	90	1219	740	405	124	14	14	0	0	7	0	0
90	100	1313	521	322	48	35	0	0	0	14	0	0
100	110	1534	411	192	48	28	14	0	0	0	0	0
110	120	2354	610	185	42	21	7	0	0	0	0	0
120	130	3947	616	232	48	35	34	0	0	7	0	0
130	140	5570	863	404	124	21	21	0	7	0	0	0
140	150	9581	2300	590	151	83	7	7	28	0	0	0
150	160	9008	2880	951	376	151	56	14	21	0	0	7
160	170	4085	2595	595	213	82	49	7	0	0	0	0
170	180	3143	1356	446	124	42	28	7	7	7	0	0
180	190	2554	951	267	83	48	7	0	0	0	0	0
190	200	2374	821	198	130	28	0	0	0	0	0	0
200	210	1958	396	109	28	7	0	0	0	0	0	0
210	220	1136	247	63	21	0	0	0	0	0	0	0
220	230	808	157	28	0	0	0	0	0	0	0	0
230	240	622	116	7	0	0	0	0	0	0	0	0
240	250	212	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0
250	260	82	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
260	270	56	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0
270	280	90	7	27	0	0	0	0	0	0	0	0
280	290	83	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0
290	300	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	310	56	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0
310	320	55	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
320	330	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	340	562	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	350	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	360	159	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 5.1 - Registrazioni di moto ondoso ordinate per altezza e direzione di provenienza
Clima ondoso nel punto CNR al largo

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 16 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

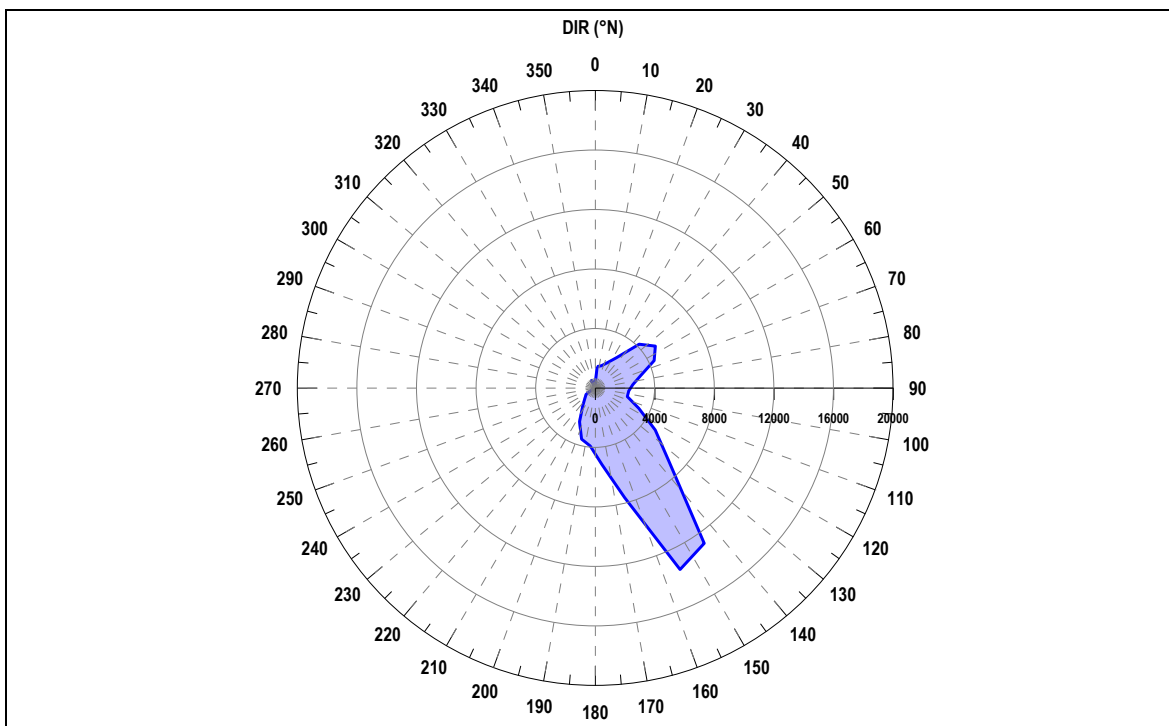


Fig. 5.2 – Rose delle registrazioni - Clima ondoso nel punto CNR al largo

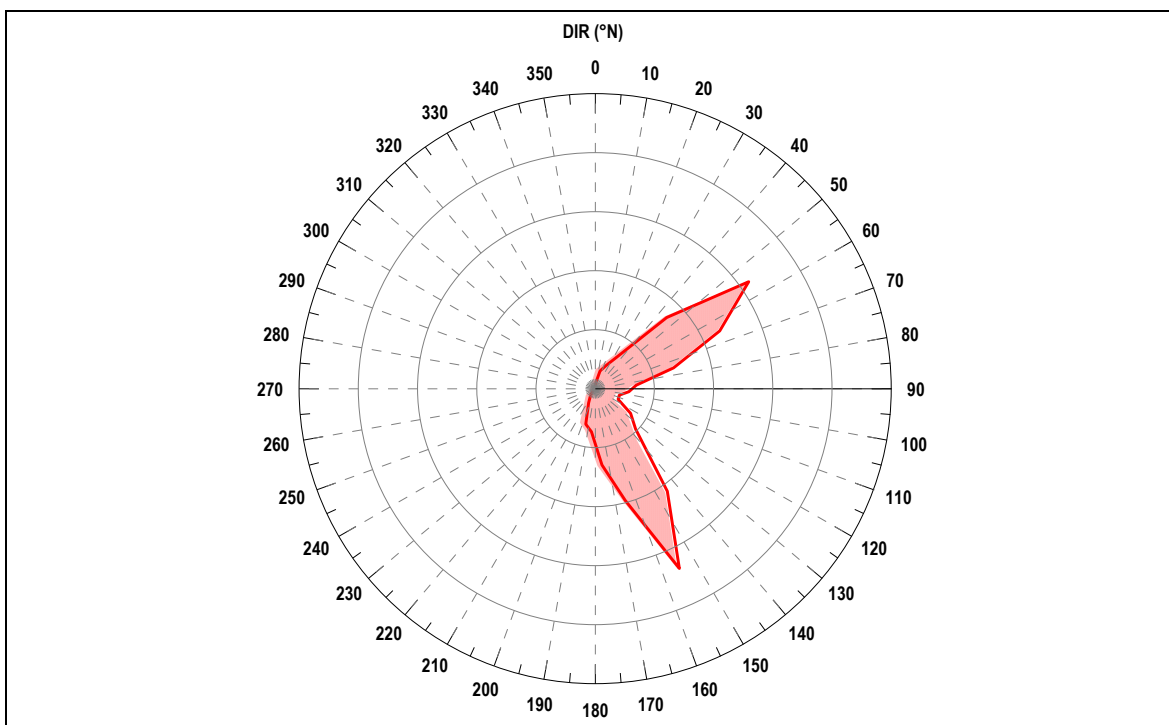


Fig. 5.3 – Rose delle energie - Clima ondoso nel punto CNR al largo

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 17 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

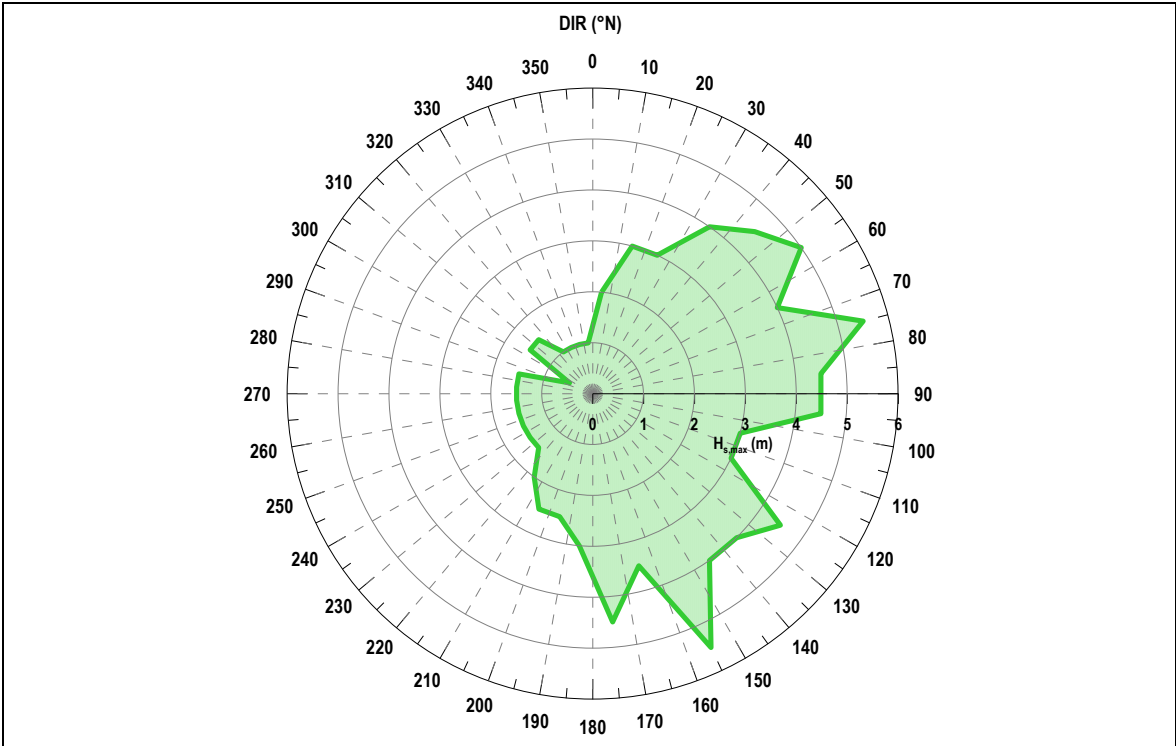


Fig. 5.4 – Rose delle altezze massime - Clima ondoso nel punto CNR al largo

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 18 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

5.1.2 Settori di traversia

Sulla base dell'analisi del clima ondoso nel punto CNR al largo (paragrafo 5.1.1) e della conformazione geografica del paraggio, è stato possibile individuare un settore di traversia caratteristico dell'area di interesse, compreso tra 30° e 200°N.

Di conseguenza, le propagazioni del clima ondoso sottocosta, descritte in dettaglio nel seguente paragrafo 6.1, sono state condotte propagando gli eventi ondosi compresi all'interno di tale settore di traversia.

5.1.3 Statistica degli eventi estremi

L'analisi statistica degli eventi estremi è stata condotta suddividendo il settore di traversia caratteristico del paraggio in due sotto-settori: settore di Bora (30°-90°N) e settore di Scirocco (90°-180°N). Nell'analisi, condotta secondo l'approccio proposto da Gumbel, sono stati considerati i valori massimi annuali dell'altezza significativa relativi ai due settori di provenienza sopra citati.

I dati considerati si riferiscono al periodo luglio 1992 - giugno 2002. Le altezze significative massime registrate nel 2002 non sono state considerate perché oltre a riferirsi ad un periodo di osservazione di circa sei mesi, risultano notevolmente più basse di tutti gli altri valori. Per quanto riguarda, invece, le altezze significative massime registrate nel secondo semestre del 1992, trattandosi di valori sopra la media, i dati sono stati considerati nell'analisi.

In Tab. 5.2 si riportano i valori dei massimi annuali di altezza significativa per i settori di Bora e Scirocco.

Nella Fig. 5.5 si riporta l'insieme dei dati utilizzati ai fini delle analisi statistiche, rappresentati in funzione della direzione di provenienza e dell'altezza significativa H_s . I dati, come precedentemente spiegato, si riferiscono al periodo 1992-2001.

Anno	Bora (30°-90°N)			Scirocco (90°-180°N)		
	Hs (m)	T ₀₁ (s)	DIR (°N)	Hs (m)	T ₀₁ (s)	DIR (°N)
1992	5.17	8.29	78	4.30	8.23	122
1993	4.71	7.92	51	4.15	7.89	99
1994	4.27	7.83	53	3.99	10.94	150
1995	3.51	6.95	38	2.18	9.93	150
1996	3.07	6.61	68	5.27	8.11	151
1997	3.15	6.19	60	2.86	7.73	158
1998	2.72	6.31	60	2.43	6.06	157
1999	3.35	6.82	54	3.22	7.04	165
2000	3.09	6.40	33	4.09	9.21	172
2001	2.60	5.93	68	2.53	8.05	171
2002	1.61	4.85	54	1.40	7.87	142

Tab. 5.2 – Massimi annuali di altezza significativa suddivisi per settori di Bora e Scirocco (dati relativi al punto CNR al largo)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 19 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

Di seguito, in Fig. 5.6, vengono riportati in un unico grafico i risultati delle elaborazioni statistiche condotte per i due settori considerati: 30°-90°N e 90°-180°N.

Per maggiore chiarezza, in Tab. 5.3, si riportano, per ciascuno dei tre settori analizzati, le altezze significative corrispondenti ai diversi tempi di ritorno.

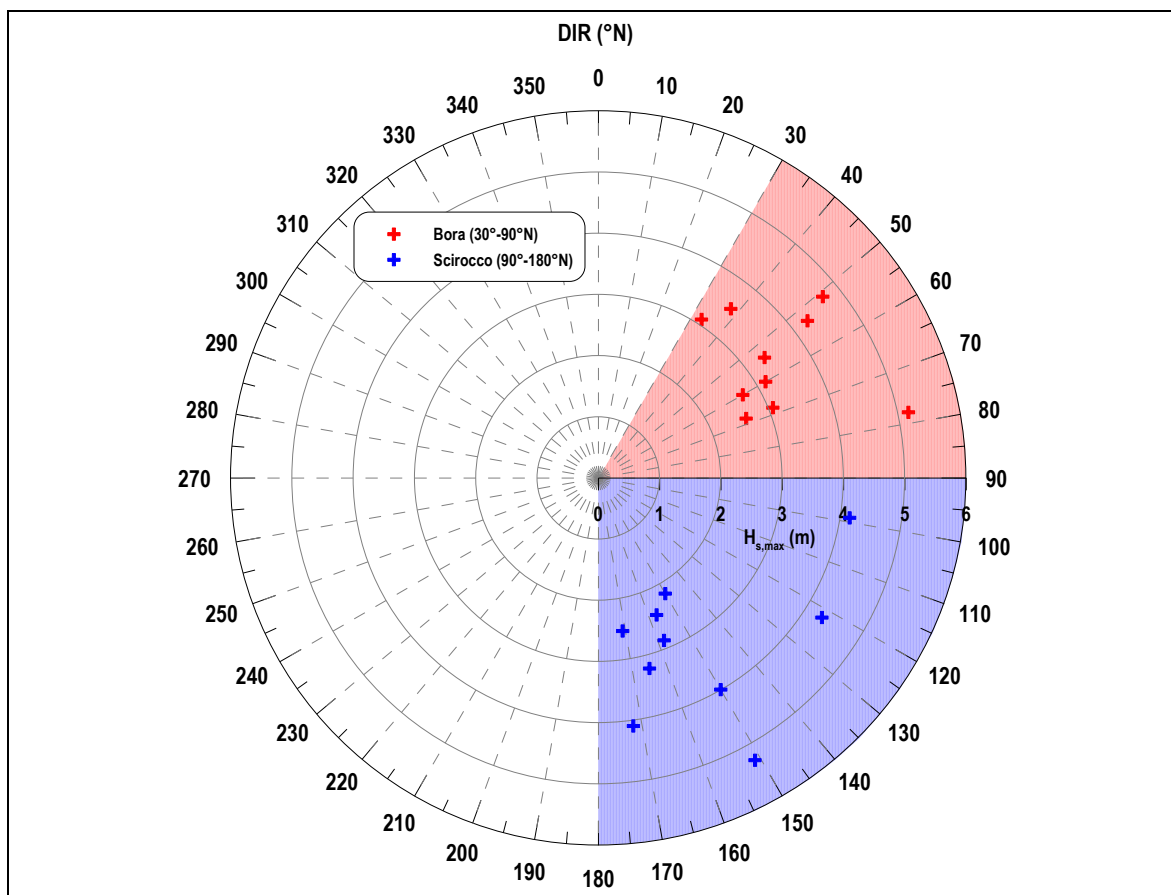


Fig. 5.5 – Rosa dei massimi annuali di Hs utilizzati nell'analisi statistica di Gumbel (1992-2001)

T _R (anni)	SETTORI	
	Bora (30°-90°N)	Scirocco (90°-180°N)
5	4.43	4.51
10	5.08	5.27
25	5.90	6.22
50	6.51	6.92
100	7.11	7.63

Tab. 5.3 - Risultati statistica di Gumbel (valori di altezza significativa in funzione del tempo di ritorno)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 20 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

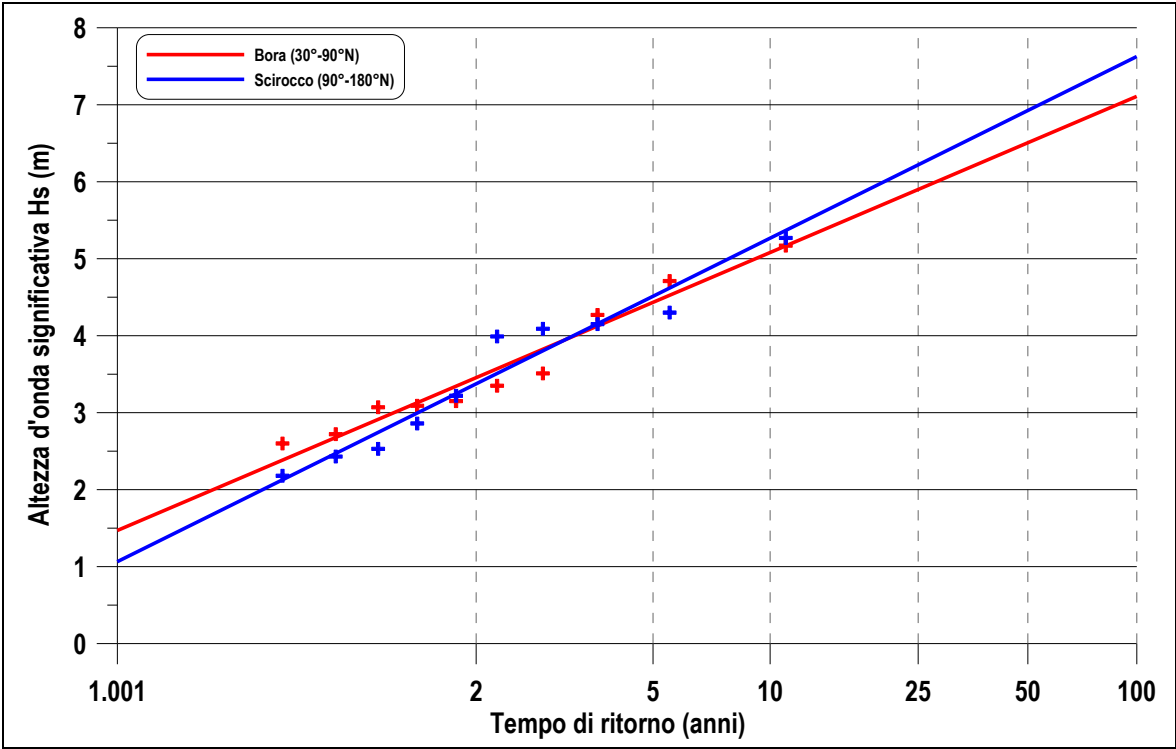


Fig. 5.6 – Risultati statistici di Gumbel (punto CNR al largo)

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

6 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSONO

Nel presente paragrafo sono descritti i risultati della propagazione del moto ondoso dal punto CNR al largo fino al paraggio di Cortellazzo. Le propagazioni sono state condotte utilizzando il codice di calcolo STWAVE, descritto in dettaglio nell'allegato A.

In particolare, lo studio della propagazione del moto ondoso è stato suddiviso in tre fasi:

- propagazione del clima ondoso dal punto al largo ad un punto sottocosta, posto di fronte al pontile su un fondale di circa 10 m (cfr. paragrafo 6.1);
- propagazione, dal punto CNR al largo verso il punto sottocosta (P), di mareggiate estreme (caratterizzate da tempi di ritorno di 10 e 50 anni (cfr. paragrafo 6.2);

6.1 Propagazione del clima ondoso dal punto al largo ad un punto sottocosta (punto P)

Le simulazioni di propagazione del clima, condotte per mezzo del codice di calcolo STWAVE, hanno consentito di determinare il clima in corrispondenza di un punto (P) posto di fronte al nuovo pontile, su un fondale di circa 10 m (Fig. 6.1).

Il clima locale è stato determinato in corrispondenza del punto P di coordinate (2342285 m EST, 5042195 m NORD); le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento Gauss-Boaga Fuso Est.

6.1.1 *Settaggio del modello*

La propagazione del moto ondoso è stata condotta utilizzando come base la batimetria del paraggio ricavata dalla carta nautica I.I.M..

Il dominio di calcolo è stato discretizzato utilizzando due griglie, orientate in modo tale da coprire tutto il settore di traversia caratteristico del paraggio (30°-200°N).

Le caratteristiche delle due griglie di calcolo sono le seguenti:

GRIGLIA BIG 1: origine nel punto di coordinate (2333485 m E; 5026095 m N), lati paralleli agli assi cartesiani, dimensioni 40000 x 30000 m e maglia ortogonale quadrata di passo 100 m;

GRIGLIA BIG 2: origine nel punto di coordinate (2340146.6 m E; 5026393.8 m N), ruotata di 35° rispetto alla direzione W-E, dimensioni 25500 x 16000 m e maglia ortogonale quadrata di passo 100 m;

Con riferimento al clima ondoso relativo al punto CNR al largo, sono stati propagati nel dominio di calcolo tutti gli eventi provenienti dal settore 30°÷200°N.

In particolare le mareggiate provenienti da NE-E (30°÷120°N) sono state propagate utilizzando come bordo offshore il lato Est della griglia BIG 1, quelle provenienti da SE (120°÷170°N) sono state

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 22 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

propagate utilizzando come bordo offshore il lato Sud-Est della griglia BIG 2, mentre quelle provenienti da S-SW ($170^{\circ} \div 200^{\circ}N$) sono state propagate utilizzando come bordo offshore il lato Sud della griglia BIG 1.

I bordi offshore delle griglie, lungo i quali sono state imposte le condizioni ondose, si trovano su profondità analoghe a quella del punto CNR al largo (circa 20 m); pertanto, ad essi sono state ragionevolmente assegnate in input le caratteristiche del clima ondoso relative al punto al largo.

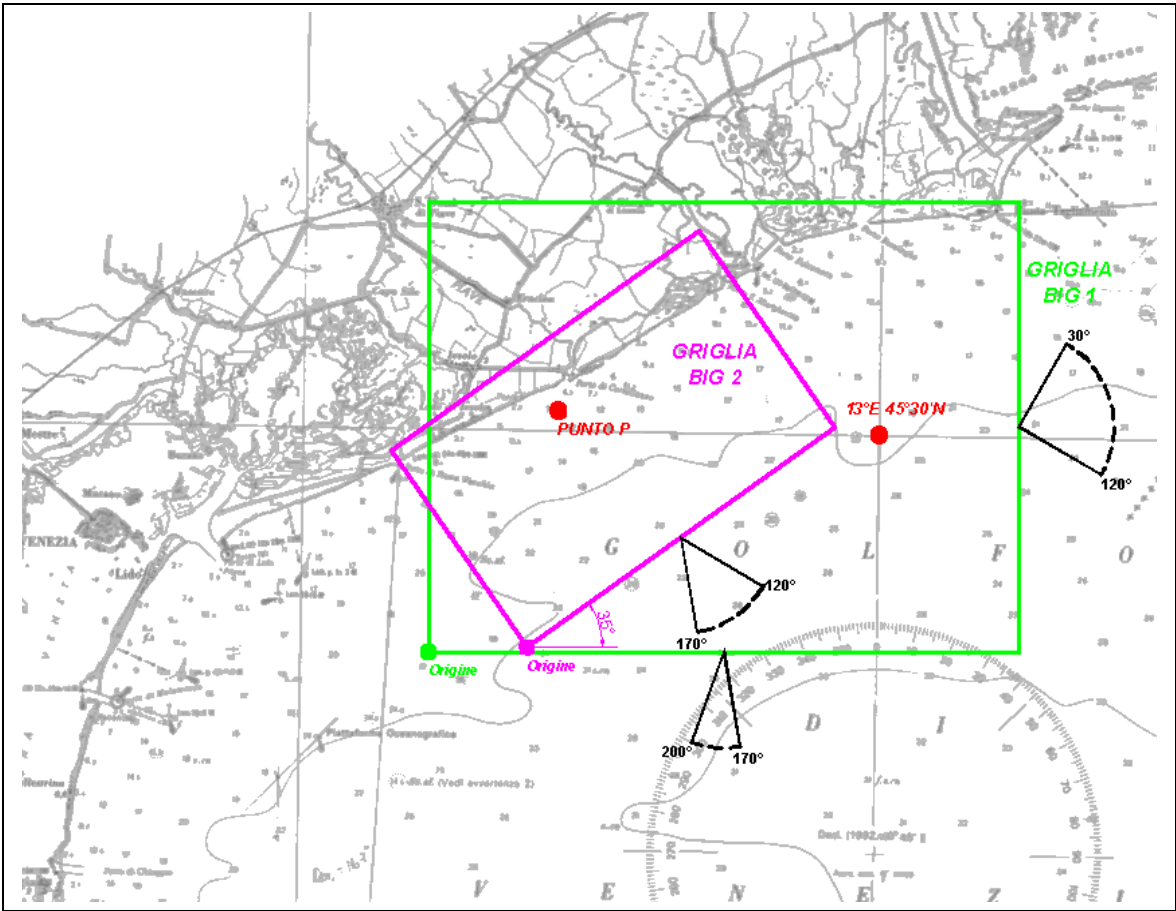


Fig. 6.1 – Griglie di calcolo STWAVE

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 23 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

6.1.2 Clima ondoso medio annuo nel punto P

Nel presente paragrafo sono descritti i risultati della propagazione del clima ondoso dal punto CNR al punto sottocosta (punto P).

Utilizzando le griglie di calcolo precedentemente definite, sono state propagate le mareggiate comprese nel settore di traversia caratteristico del paraggio (30°-200°N, cfr. paragrafo 5.1.2).

In Tab. 6.1 è riportato il clima ondoso trasferito dal largo al punto P; in tabella sono riportate le frequenze (in parti per 100000) del moto ondoso, ordinate per classi di altezza significativa e direzione di provenienza; i dati sono stati ottenuti per mezzo delle simulazioni condotte con il codice di calcolo STWAVE.

Di seguito (Fig. 6.2, Fig. 6.3 e Fig. 6.4) sono rappresentate rispettivamente le rose delle registrazioni, delle energie e delle altezze significative massime nel punto P, posto su un fondale di circa 10 m.

Dall'analisi delle rose delle energie e delle altezze massime, risulta evidente come l'energia del moto ondoso sia localmente concentrata nel settore 80°-190°N, geometricamente più ristretto rispetto al punto al largo. Ciò è dovuto alla trasformazione delle mareggiate nella propagazione dal largo verso riva: per effetto della rifrazione, le mareggiate ruotano e tendono a disporsi perpendicolari a riva.

La rosa delle energie presenta due picchi principali in corrispondenza delle direzioni di Levante (105°N) e Scirocco (155°N). Le mareggiate caratterizzate localmente dai massimi valori di altezza significativa (di poco superiori ai 5 m) provengono da Scirocco (155°N).

Nella successiva Fig. 6.5 si riporta la curva di durata relativa al punto P. Si osserva come l'altezza significativa di 1.0 m venga superata mediamente per 30 giorni all'anno.

Al fine di facilitare il confronto tra il clima al largo e nel punto P, si è deciso di mantenere invariata, ad eccezione della rosa delle energie, la scala impiegata nella rappresentazione delle rose.

		H _s (m)										
DIR		0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
(°N)		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
80	90	3552	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	100	8148	3731	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	110	2431	2795	879	343	48	0	0	0	0	0	0
110	120	2847	411	686	49	21	7	14	7	0	0	0
120	130	2354	610	233	70	35	0	0	14	0	0	0
130	140	3947	1479	232	48	35	41	0	0	7	0	0
140	150	15151	2300	994	275	104	28	7	35	0	0	0
150	160	9008	2880	951	376	151	56	14	21	0	0	7
160	170	4085	2595	595	337	124	77	14	7	7	0	0
170	180	5697	2307	713	83	48	7	0	0	0	0	0
180	190	2374	821	198	130	28	0	0	0	0	0	0

Tab. 6.1 – Registrazioni di moto ondoso ordinate per altezza e direzione di provenienza
Clima medio annuale nel punto P

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 24 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

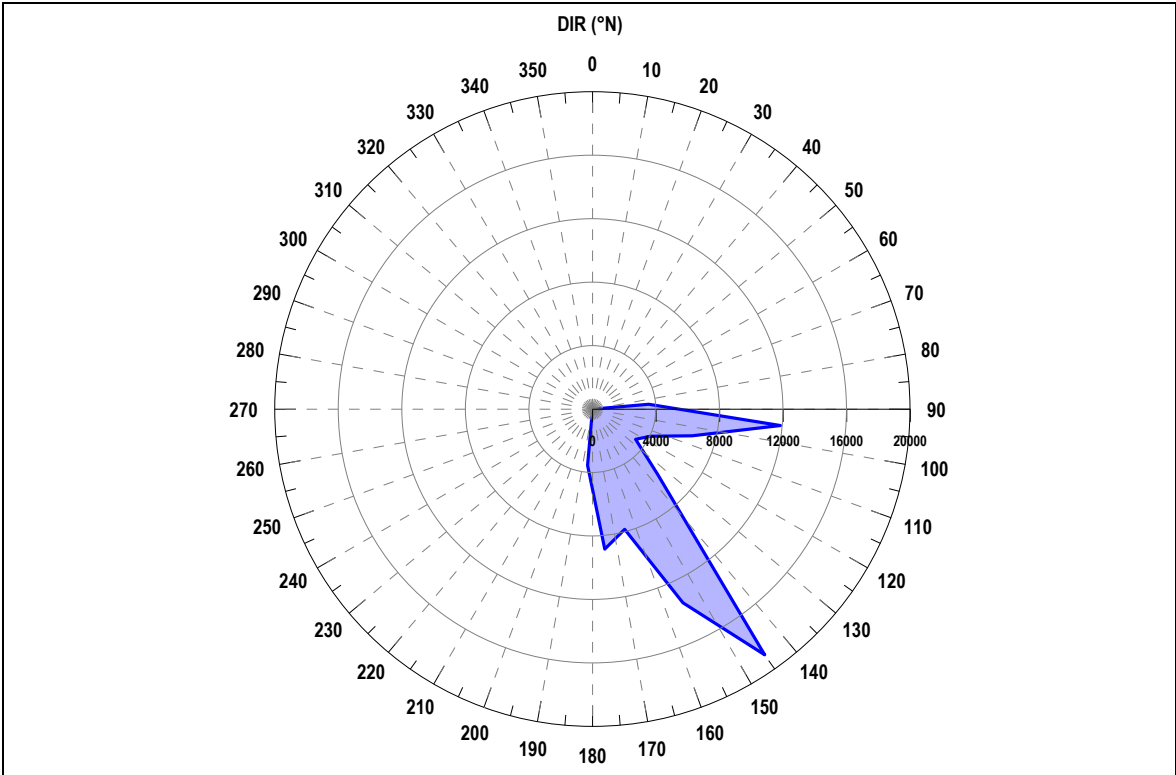


Fig. 6.2 – Rose delle registrazioni – Clima medio annuale nel punto P

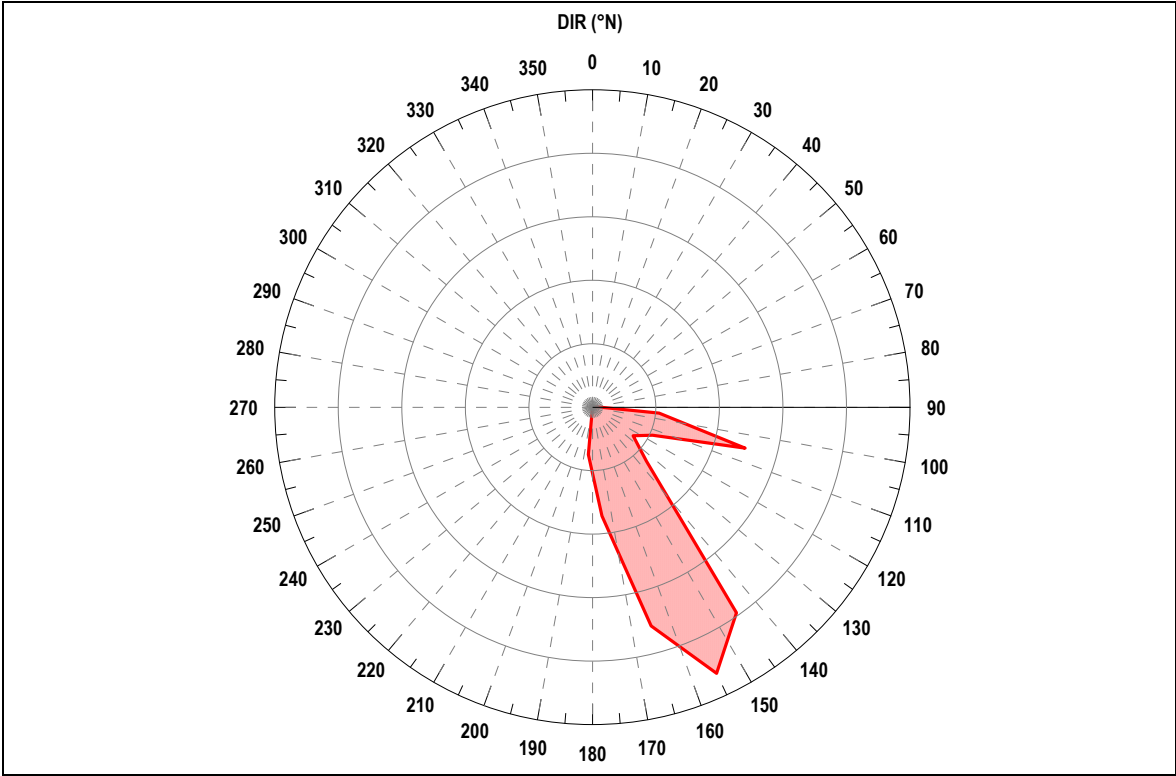


Fig. 6.3 – Rosa delle energie – Clima medio annuale nel punto P

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 25 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

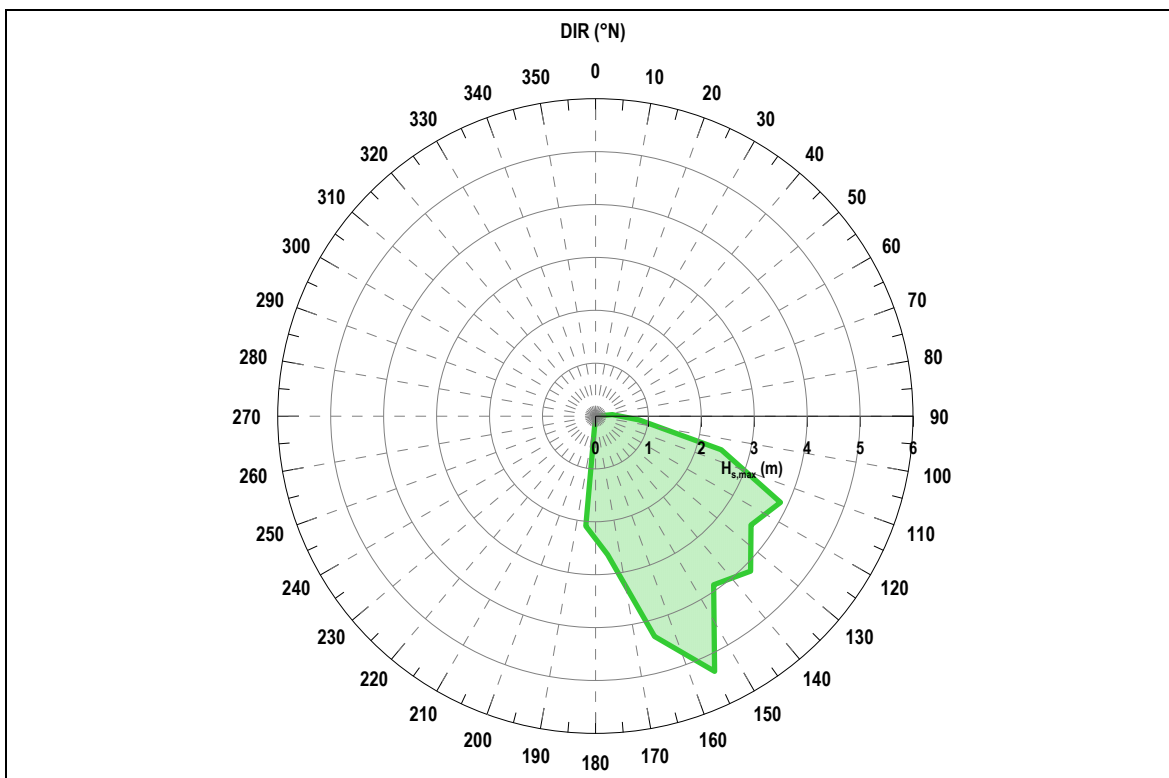


Fig. 6.4 – Rosa delle altezze massime – Clima medio annuale nel punto P

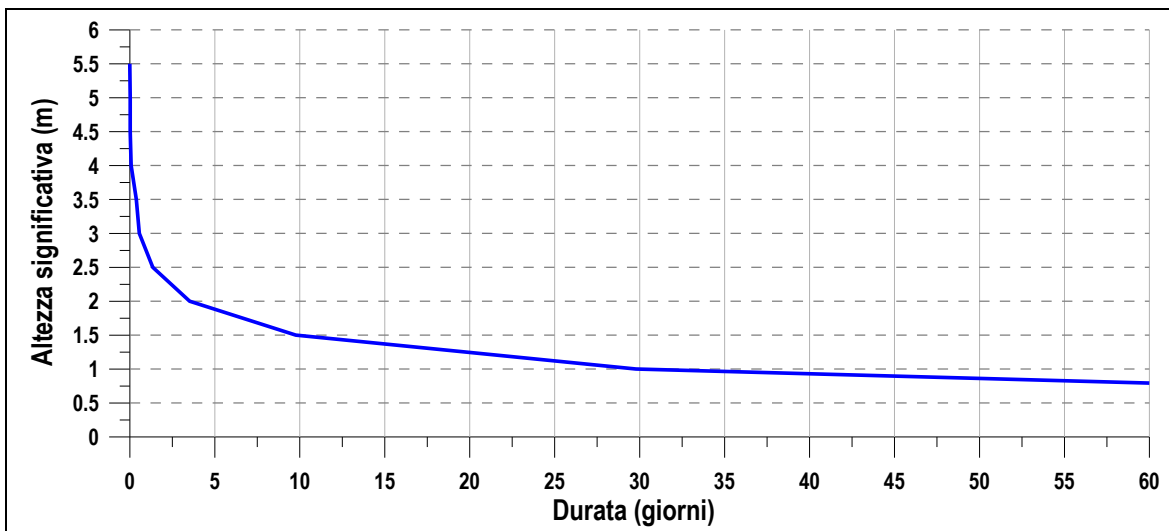


Fig. 6.5 – Curva di durata – Clima medio annuale nel punto P

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 26 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

6.2 Propagazione delle mareggiate estreme nel punto P

La determinazione degli effetti locali di mareggiate “estreme” (onda e marea), ritenute significative per il paraggio oggetto di studio, è un aspetto indispensabile ai fini di una corretta progettazione degli interventi proposti per la difesa del litorale dal moto ondoso incidente.

La propagazione di tali mareggiate dal punto CNR al largo fino al punto P utilizzando le stesse griglie impiegate per la propagazione del clima ondoso (cfr. paragrafo 6.1.1).

6.2.1 Caratteristiche delle mareggiate estreme al largo

Nelle simulazioni sono state propagate le mareggiate caratterizzate da un tempo di ritorno di 10 e 50 anni, appartenenti ai settori di Bora (30°-90°N) e Scirocco (90°-180°N), derivanti dall'analisi statistica riportata nel precedente paragrafo 5.1.3.

Le direzioni di provenienza delle mareggiate estreme per i settori considerati sono state scelte con riferimento alla rosa delle altezze massime relativa al punto CNR (Fig. 6.6). In particolare, le mareggiate provenienti dal settore di Bora sono state rappresentate con una direzione di provenienza di 75°N, mentre quelle provenienti dal settore di Scirocco sono state rappresentate con un direzione di 155°N.

Il periodo di picco (T_p), fornito in input al codice di calcolo STWAVE, è stato ricavato sulla base del valore del corrispondente periodo medio (T_{01}) e dello spreading direzionale γ , utilizzando formule proposte in letteratura (“Technical note” of the EUROWAVES project: www.oceanor.no/projects/eurowaves/).

Alle mareggiate estreme è stato associato, nelle propagazioni, un valore del sovrizzo del livello medio mare ricavato dall'analisi statistica dei livelli di marea registrati dal mareografo di Punta della Salute (cfr. paragrafo 4.1.1).

Nella successiva Tab. 6.2 sono riportate, con riferimento al numero di TEST, le caratteristiche delle mareggiate estreme nel punto CNR al largo, con il corrispondente valore del sovrizzo.

TEST	Caratteristiche mareggiata	Sovralzo (m s.m.m.)	Settore di provenienza	PUNTO CNR AL LARGO			
				H_s (m)	T_{01} (s)	T_p (s)	Dir (°N)
1	$T_R = 10$ anni	+1.35	30°-90°N	5.08	8.35	9.90	75
3	$T_R = 50$ anni	+1.51	30°-90°N	6.51	9.70	11.50	75
4	$T_R = 10$ anni	+1.35	90°-180°N	5.27	10.77	12.77	155
6	$T_R = 50$ anni	+1.51	90°-180°N	6.92	13.09	15.52	155

Tab. 6.2 – Caratteristiche delle mareggiate estreme propagate con il codice di calcolo STWAVE

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 27 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

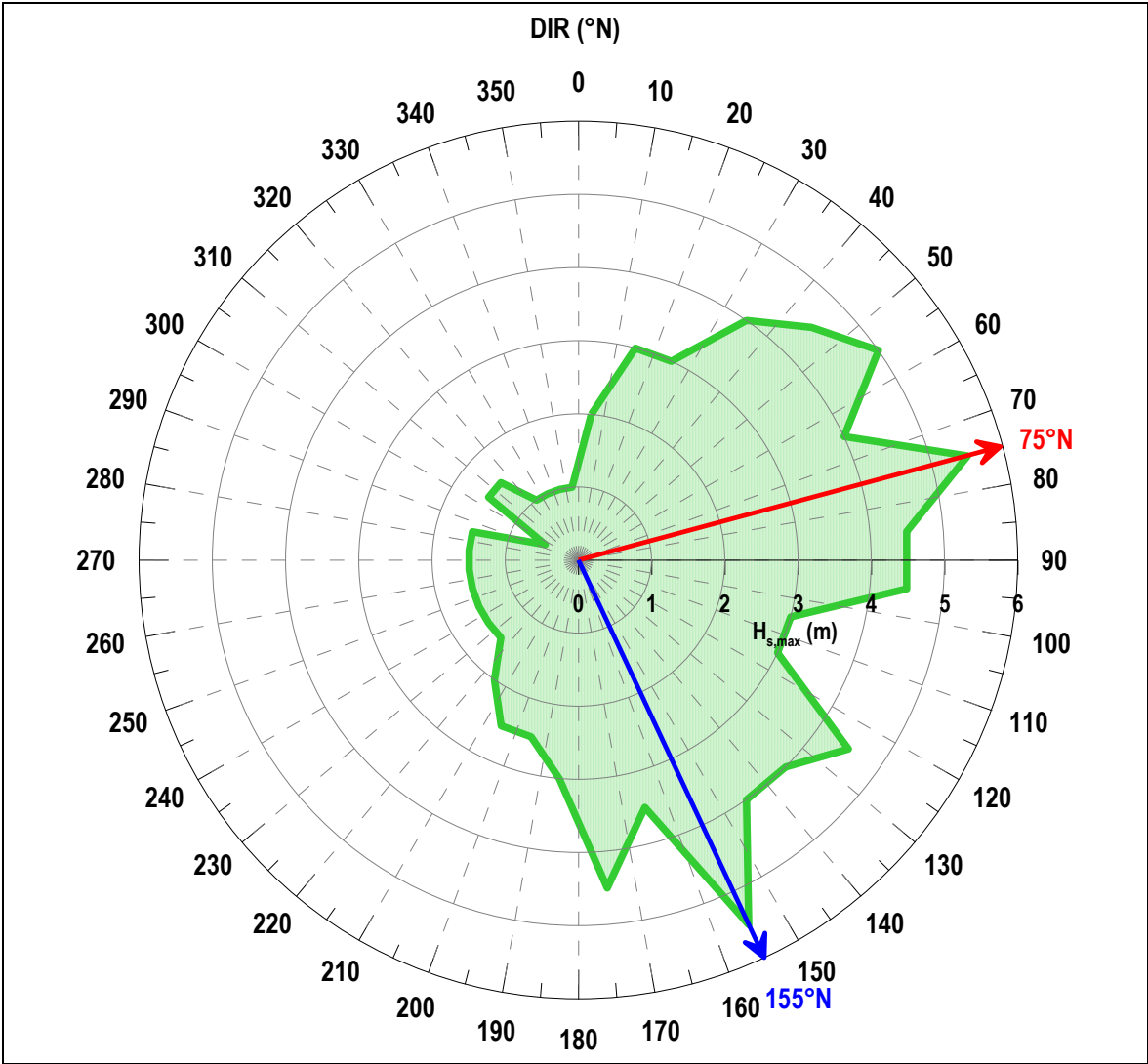


Fig. 6.6 – Direzioni di provenienza degli eventi estremi

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA

6.2.2 Risultati della propagazione delle mareggiate estreme nel punto P

Nella successiva Tab. 6.3 sono riportati, con riferimento al numero di TEST, i risultati delle propagazioni delle mareggiate estreme con tempo di ritorno di 10 e 50 anni provenienti dai settori di Bora e Scirocco.

Le mareggiate provenienti da Scirocco, essendo caratterizzate da una direzione di provenienza pressoché normale al litorale, arrivano sottocosta (nel punto P) con altezza significativa praticamente coincidente con quella al largo (in alcuni casi addirittura più elevata a causa dello shoaling).

Al contrario, le mareggiate provenienti da Bora si presentano sottocosta notevolmente attenuate; infatti, per effetto della rifrazione, le direzioni delle mareggiate si modificano e tendono a disporsi perpendicolari a riva.

TEST	Caratteristiche mareggiata	Sovralzo (m s.m.m.)	PUNTO CNR AL LARGO				PUNTO P (-10 m s.m.m.)			
			H _s (m)	T ₀₁ (s)	T _p (s)	Dir (°N)	H _s (m)	T ₀₁ (s)	T _p (s)	Dir (°N)
1	T _R = 10 anni	+1.35	5.08	8.35	9.90	75	3.69	8.35	9.90	113.50
3	T _R = 50 anni	+1.51	6.51	9.70	11.50	75	4.93	9.70	11.50	111.75
4	T _R = 10 anni	+1.35	5.27	10.77	12.77	155	5.59	10.77	12.77	156.00
6	T _R = 50 anni	+1.51	6.92	13.09	15.52	155	6.78	13.09	15.52	156.00

Tab. 6.3 – Risultati della propagazione delle mareggiate estreme dal punto CNR al punto P

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

7 ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO MEDIANTE FORMULE ANALITICHE

L'analisi del trasporto solido potenziale può essere condotto sulla base delle caratteristiche del moto ondoso incidente e della geometria della costa.

In particolare, lo studio della dinamica del trasporto solido litoraneo può essere eseguito attraverso un'analisi basata sulla formula proposta dal CERC, che consente di ottenere delle indicazioni preliminari sull'andamento del trasporto solido potenziale.

La capacità del moto ondoso di mettere in movimento i sedimenti litoranei che compongono la spiaggia dipende dal flusso di energia del moto ondoso in direzione parallela alla costa, il quale a sua volta è proporzionale all'altezza d'onda significativa. In tali ipotesi si può dimostrare che la componente del flusso di energia del moto ondoso in direzione parallela alla costa è espressa dalla seguente relazione:

$$\Phi \propto H^{2.5} \sin(2\theta)$$

dove H è l'altezza significativa e θ la direzione dell'onda rispetto alla normale al litorale.

Il bilancio del flusso di energia può essere ottenuto a partire dai dati meteomarini nel punto "P" descritti nel precedente paragrafo, con riferimento al settore di traversia caratteristico del paraggio ($80^{\circ} \div 190^{\circ}N$). Per ciascuna direzione di provenienza delle onde in grado di incidere sul tratto di litorale considerato viene quindi eseguita la sommatoria dei contributi energetici delle onde appartenenti alla diverse classi di altezza; ciascun contributo è dato dal prodotto del numero di registrazioni moltiplicato per l'altezza d'onda con potenza 2.5. Successivamente, il contributo energetico viene moltiplicato per il seno del doppio dell'angolo di incidenza, ottenendo il contributo delle onde con tale direzione al flusso di energia litoraneo.

Per valutare il trasporto solido potenziale il litorale è stato suddiviso in tre tratti: il primo tratto compreso tra la foce e il primo pennello a Nord-Est, il secondo tratto compreso tra il pennello a Nord-Est e il villaggio Malibù e l'ultimo tratto a Sud-Ovest del villaggio Malibù. Il primo tratto non è stato analizzato, in quanto risente maggiormente della dinamica fociva.

Per gli altri due tratti è stato ricavato per ciascuno un orientamento medio (cfr. Fig. 7.1), caratterizzato rispettivamente da una normale orientata secondo $165^{\circ}N$ (tratto tra il primo pennello e villaggio Malibù) e $157^{\circ}N$ (tratto a Sud-Ovest del villaggio Malibù); considerando tali orientamenti medi sono stati inoltre individuati due settori principali di provenienza delle onde: Levante-Scirocco $80^{\circ} \div 160^{\circ}N$ (responsabile del trasporto da Nord-Est verso Sud-Ovest) e Mezzogiorno $160^{\circ} \div 190^{\circ}N$ (responsabile del trasporto da Sud-Ovest verso Nord-Est).

Il calcolo del flusso di energia del moto ondoso è stato eseguito con riferimento al clima locale del paraggio; nelle successive Tab. 7.1 e Tab. 7.2 si riportano i risultati del calcolo relativo rispettivamente al tratto compreso tra i pennelli e il tratto a Sud del villaggio Malibù.

Si può facilmente osservare come per entrambi i tratti analizzati, globalmente, il flusso di energia e quindi il trasporto solido potenziale netto sia diretto verso Sud-Ovest (da Cortellazzo verso Jesolo).

Si osserva inoltre che il trasporto potenziale risulta molto inferiore, quasi dimezzato, nel tratto a Sud del villaggio Malibù, a testimoniare la sperimentata maggiore dinamica dell'area di interesse e la tendenza della dinamica litoranea a rettificare la linea di riva (in condizioni di deficit di apporto sedimentario fluviale).

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 30 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	



Fig. 7.1 – Orientamenti medi dei due tratti considerati per la valutazione del trasporto solido potenziale

Settore	DIR (°N)	Flusso Energia	Direzione Flusso
Levante	85	-235	verso Sud-Ovest
Levante	95	-6761	verso Sud-Ovest
Levante	105	-21529	verso Sud-Ovest
Scirocco	115	-10266	verso Sud-Ovest
Scirocco	125	-7699	verso Sud-Ovest
Scirocco	135	-10420	verso Sud-Ovest
Scirocco	145	-25393	verso Sud-Ovest
Scirocco	155	-15812	verso Sud-Ovest
Mezzogiorno	165	0	verso Nord-Est
Mezzogiorno	175	5876	verso Nord-Est
Mezzogiorno	185	4806	verso Nord-Est
TOTALE		-87432	verso Sud-Ovest

Tab. 7.1 – Flusso di energia del moto ondoso relativo al tratto compreso tra i pennelli

Settore	DIR (°N)	Flusso Energia	Direzione Flusso
Levante	85	-404	verso Sud-Ovest
Levante	95	-8720	verso Sud-Ovest
Levante	105	-24121	verso Sud-Ovest
Scirocco	115	-10367	verso Sud-Ovest
Scirocco	125	-7026	verso Sud-Ovest
Scirocco	135	-8358	verso Sud-Ovest
Scirocco	145	-16068	verso Sud-Ovest
Scirocco	155	-3225	verso Sud-Ovest
Mezzogiorno	165	9825	verso Nord-Est
Mezzogiorno	175	10099	verso Nord-Est
Mezzogiorno	185	6198	verso Nord-Est
TOTALE		-48942	verso Sud-Ovest

Tab. 7.2 – Flusso di energia del moto ondoso relativo al tratto a Sud del villaggio Malibù

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 31 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

8 STUDIO DELLA RISALITA DEL MOTO ONDOSONO

Il presente paragrafo riporta i risultati delle simulazioni in configurazione attuale condotte per mezzo del codice di calcolo SBEACH, che permette di valutare l'evoluzione del profilo trasversale del litorale e la risalita dell'onda per azione di alcune mareggiate ritenute significative per il paraggio di Cortellazzo. La risalita del moto ondoso è uno degli aspetti determinanti per quanto riguarda la stabilità della spiaggia e del cordone dunale retrostante.

La descrizione del codice di calcolo SBEACH è riportata in dettaglio nell'allegato A.

8.1 Dati di base

L'analisi dell'evoluzione del profilo trasversale è stata condotta con riferimento a tre eventi di moto ondoso significativi per il paraggio di Cortellazzo: due mareggiate estreme caratterizzate da tempi di ritorno rispettivamente di 10 e 50 anni e una mareggiata meno intensa, ma più frequente (frequenza 1 g/anno). L'analisi è stata condotta con riferimento al settore di Scirocco da cui provengono le mareggiate più significative e frequenti per il paraggio.

Le caratteristiche delle mareggiate utilizzate per lo studio dell'evoluzione morfologica del profilo trasversale e della risalita del moto ondoso sono state ricavate dalle propagazioni sottocosta eseguite per mezzo dei codici di calcolo STWAVE-ADCIRC (mareggiata di durata 1 g/anno – TEST 1) e STWAVE (mareggiate estreme - TEST 2 e 3).

In particolare, utilizzando i risultati delle propagazioni sottocosta, sono stati ricavati i dati da fornire in input al modello SBEACH: altezza significativa, periodo di picco e direzione di provenienza delle tre mareggiate considerate.

L'analisi è stata condotta con riferimento ad un profilo rappresentativo del litorale, estratto da un rilievo di dettaglio eseguito nel luglio 2009 nel tratto di litorale compreso tra il primo e il secondo pennello a Sud-Ovest della foce del fiume Piave (Fig. 8.1). Il profilo è stato opportunamente ricostruito integrando i dati batimetrici mancanti (oltre la profondità di 4 m) utilizzando la batimetria della Carta Nautica dell'I.I.M..

Di seguito, in Tab. 8.1, si riassumono le caratteristiche delle mareggiate considerate; l'input del modello SBEACH è stato fissato oltre la profondità di chiusura su un fondale di circa 10 m. Le simulazioni SBEACH sono state eseguite considerando un valore del sovrizzo dovuto alla marea ed allo "storm surge" pari a +1.51 m s.m.m, corrispondente ad un livello di marea caratterizzato da un tempo di ritorno di 50 anni (cfr. elaborazione statistica dati mareografo Punta della Salute; paragrafo 3). Considerando la probabilità combinata dei livelli e delle altezze significative della mareggiata, le simulazioni condotte corrispondono approssimativamente a tempi di ritorno comunque superiori ai 50 anni. Va considerato tuttavia che, in caso di arretramento della linea di riva, la vulnerabilità della duna e della costa incrementa considerevolmente; va ricordato infine che la sezione testata corrisponde ad una situazione "desiderabile" che non è presente in tutta la zona di interesse (in alcuni tratti il cordone dunale è praticamente assente).

La durata degli eventi simulati nel codice di calcolo SBEACH è stata assunta pari a 24 ore, comprensive di una fase di crescita, un picco (alla dodicesima ora) e una di decrescita.

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 32 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

TEST	CARATTERISTICHE MAREGGIATA	Hs (m)	Tp (s)	DIR (°N)	Sovralzo (m s.m.m.)
1	Durata 1 g/anno	2.63	10.00	155	+1.51
2	Tempo ritorno 10 anni	5.59	12.77	156	+1.51
3	Tempo ritorno 50 anni	6.78	15.52	156	+1.51

Tab. 8.1 – Caratteristiche mareggiate nel punto di input (profondità 10 m)



Fig. 8.1 – Ubicazione profilo di calcolo SBEACH

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 33 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

8.2 Risultati

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle simulazioni condotte per mezzo del codice di calcolo SBEACH, con riferimento al profilo trasversale del litorale in stato attuale.

In particolare, nelle figure seguenti si riporta l'andamento del profilo trasversale del litorale e del setup (comprensivo del sovrizzo dovuto alla marea) per il profilo di calcolo considerato, con riferimento rispettivamente alla mareggiata di 1 g/anno (TEST 1 - Fig. 8.2), 10 anni (TEST 2 - Fig. 8.3) e 50 anni (TEST 3 - Fig. 8.4).

Con riferimento alla mareggiata meno intensa (frequenza di 1 g/anno), si osservano valori massimi di risalita di poco superiori ai 2 m. Si tratta di valori di risalita sicuramente non trascurabili: la lama d'acqua arriva a lambire il piede della duna erodendone parzialmente la base, senza però comprometterne totalmente la stabilità (la cresta della duna non subisce sostanziali modifiche). Per quanto riguarda l'evoluzione globale del profilo trasversale, si osserva una risagomatura del profilo che tende ad assumere un andamento mediamente più equilibrato.

Per quanto riguarda invece le mareggiate estreme (TEST 2 e 3), si raggiungono valori di risalita ben maggiori (pari rispettivamente a +2.7 m s.m.m. e +2.9 m s.m.m.). In questo caso il profilo subisce delle modifiche sostanziali: la duna viene completamente investita dalla lama d'acqua che risale lungo la spiaggia emersa. Ciò comporta un arretramento e una parziale demolizione del cordone dunale; con il verificarsi di eventi estremi particolarmente intensi (cfr. mareggiata caratterizzata da tempi di ritorno di 50 anni – TEST3) la demolizione dell'apparato dunale appare molto più evidente, aggravando le condizioni di stabilità del sistema.

Con riferimento alle modifiche subite dalla zona di battigia, va evidenziato si tratta per lo più di fenomeni reversibili: il materiale eroso rimane comunque all'interno della fascia attiva del litorale ed è quindi probabile che nel corso di mareggiate successive venga riportato sulla battigia.

Al contrario, l'erosione della duna non è un fenomeno reversibile, in quanto le mareggiate "ordinarie" non sono in grado di trasportare i sedimenti fino al piede della duna e oltre, né la spiaggia emersa ha larghezza sufficiente a permettere che l'azione del vento possa ricostruire la duna. Pertanto, una volta innescato il fenomeno erosivo, la stabilità del cordone dunale risulta seriamente compromessa.

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 34 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

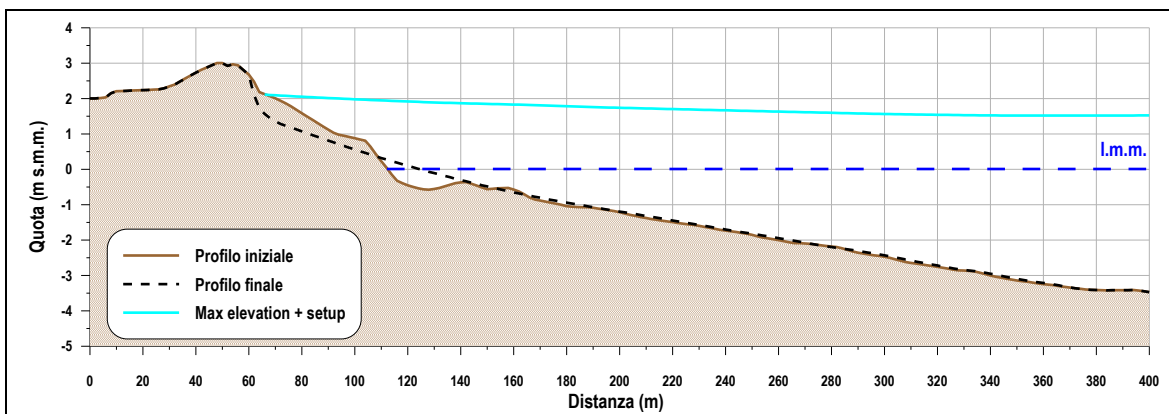


Fig. 8.2 – Risultati TEST 1 (mareggiata di durata 1 g/anno + livello TR 50 anni)

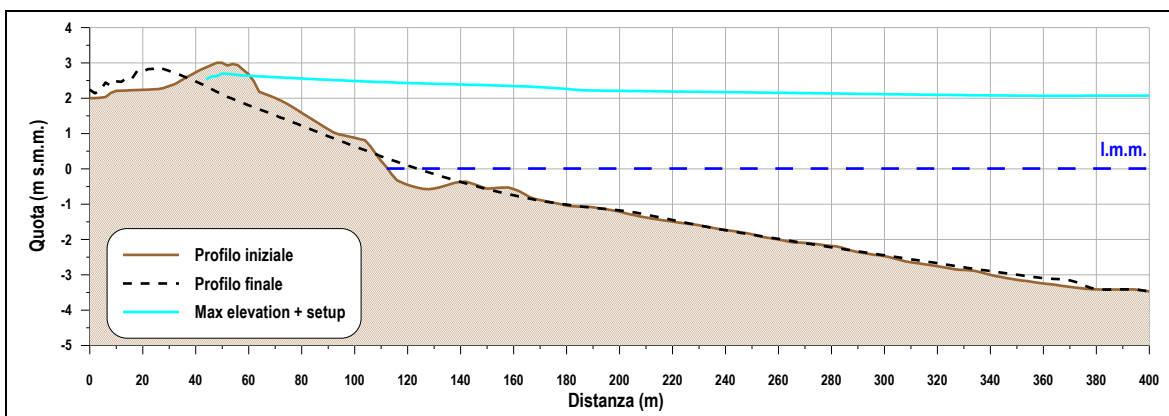


Fig. 8.3 – Risultati TEST 2 (mareggiata estrema TR 10 anni + livello TR 50 anni)

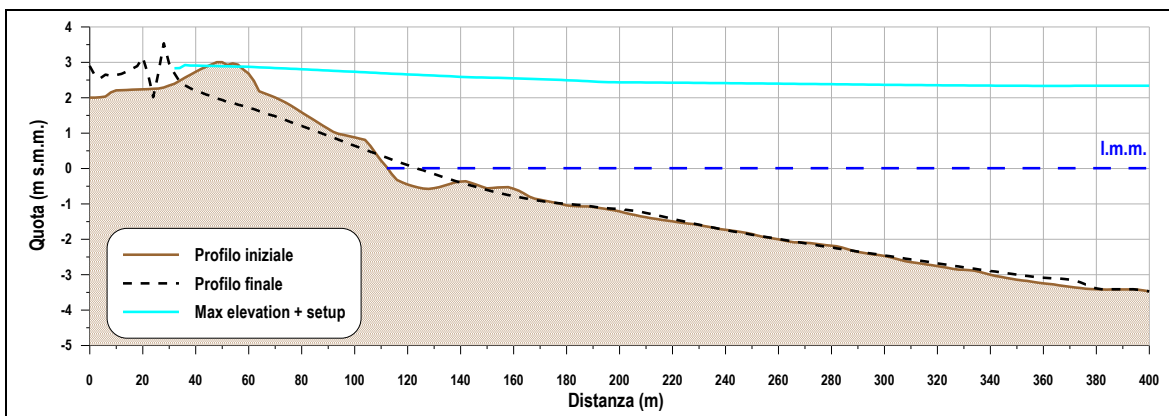


Fig. 8.4 – Risultati TEST 3 (mareggiata estrema TR 50 anni + livello TR 50 anni)

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 35 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

9 DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Come anticipato in premessa, si può affermare che gli interventi di ripascimento fino ad oggi eseguiti hanno permesso di contrastare efficacemente i processi erosivi e di mantenere accettabili condizioni di sicurezza per il territorio retrostante in occasione delle mareggiate più violente.

In assenza di interventi strutturali, si ritiene che continuare a perseguire questa strategia possa garantire nel breve termine le finalità richieste.

In occasione di eventi ondosi particolarmente intensi, tuttavia, si sono manifestate condizioni critiche per la stabilità del cordone dunale. Tanto da porre l'attenzione della necessità di provvedere alla costante manutenzione: il cordone ha infatti una funzione fondamentale sia in termini di protezione del territorio retrostante sia di alimentazione dell'arenile.

Gli interventi di manutenzione dovranno quindi essere mirati principalmente a due obiettivi:

- assicurare un'adeguata ampiezza della spiaggia attraverso interventi di ripascimento;
- assicurare condizioni di stabilità per il cordone dunale.

Sono stati quindi individuate due fasce di intervento, differenziando la zona in cui dovranno essere eseguiti gli interventi di manutenzione della spiaggia dalla zona in cui dovranno essere assicurati il rispetto di determinati requisiti per il cordone dunale. Nella Tavola 1 sono riportate le due zone individuate, di seguito nella Fig. 9.1 si riporta un estratto della planimetria.



Fig. 9.1 – Planimetria delle zone di manutenzione

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 36 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

Per la fascia di manutenzione della spiaggia (arenile tra la linea di riva e il piede della duna) si possono individuare i seguenti principi da seguire:

- assenza di infrastrutture fisse che impediscano la manutenzione ed il ripascimento dell'arenile;
- adeguata protezione di eventuali infrastrutture fisse che dovessero rimanere durante la stagione invernale, durante la quale le stesse dovranno essere comunque messe in sicurezza (linee elettriche, condotte fognarie, ecc.).

Per la fascia di manutenzione del cordone dunale si possono invece individuare i seguenti principi da seguire:

- assenza di infrastrutture fisse che impediscano la manutenzione ed il ripascimento delle dune;
- infrastrutturazione su superfici che non coprano oltre il 10% della superficie della duna;
- assenza di sbancamenti di qualsiasi tipo;
- presenza di percorsi pedonali che consentano la fruizione delle infrastrutture interne al cordone dunale senza percorrere la superficie delle dune;
- assenza di varchi che creino discontinuità morfologiche all'interno del cordone dunale;
- presenza, almeno nella stagione invernale, di una quota minima della duna (lungo i percorsi di potenziale ingressione marina) non inferiore a +2.5 m s.m.m..

Nella successiva Fig. 9.2 si riporta la sezione tipologica di intervento che prevede il ripristino del profilo di spiaggia e della passeggiata ad una quota di +2.00 m.s.m.m. e il ripristino del cordone dunale con larghezza al coronamento variabile in funzione dell'ampiezza disponibile della fascia di manutenzione.

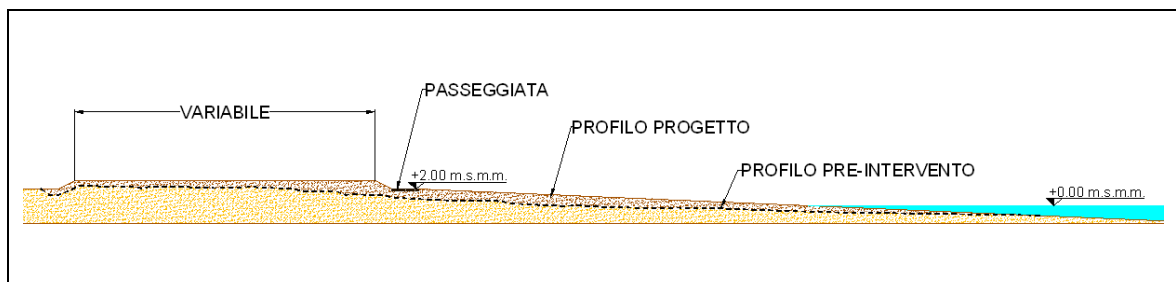


Fig. 9.2 – Sezione tipologica

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 37 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

Per quanto riguarda i quantitativi di materiale da versare negli interventi di manutenzione può essere fornita una indicazione dei quantitativi totali facendo riferimento ai volumi impiegati nel recente passato; i quantitativi da impiegare per ciascun intervento dovranno essere definiti in base ai volumi disponibili ed alle esigenze contingenti.

Nella successiva Fig. 9.3 si riporta il grafico del volume cumulato di ripascimento versato dal 2003 al 2013 (cfr. precedente paragrafo 3). Interpolando i valori del volume cumulato si può ricavare che annualmente sono stati versati mediamente circa 70'000 m³.

Dalle indicazioni riportate nei progetti esecutivi degli interventi di ripascimento si ricava inoltre che nel 2009-2010 circa il 20% del volume versato è stato impiegato per il ripristino delle dune.

Si può quindi ricavare che un quantitativo di riferimento annuo di versamento possa essere dell'ordine dei 70'000 m³ destinando circa un 20% al ripristino delle dune ove si rendesse necessario. Si stima quindi che per la sola manutenzione delle dune siano mediamente necessari circa 6 m³/m di costa, posto che sia parallelamente attuata la manutenzione dell'arenile.

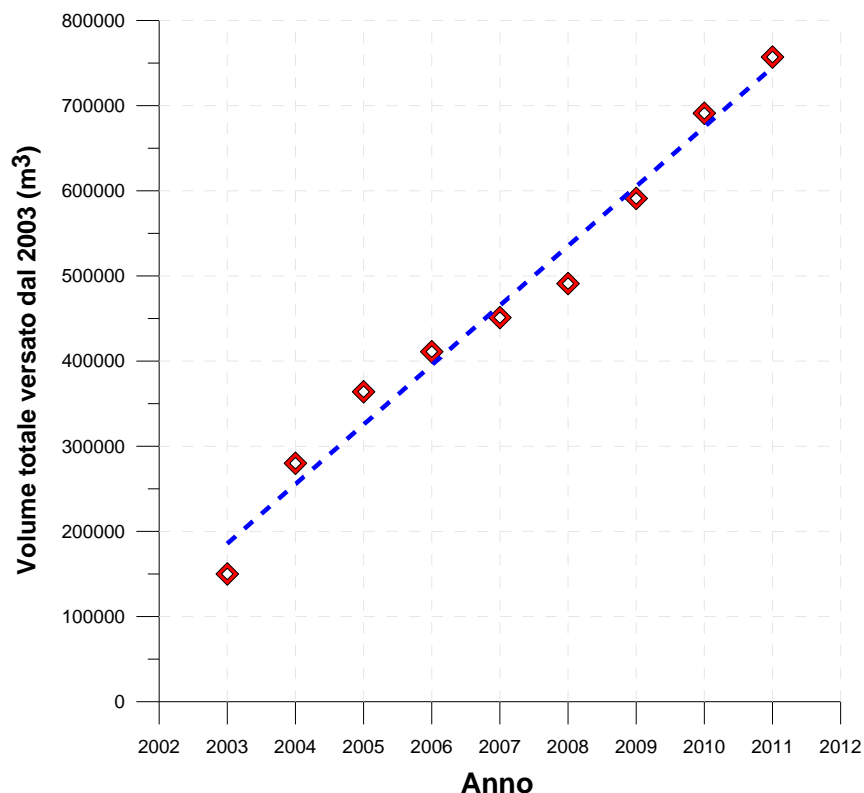


Fig. 9.3 – Volume integrale di ripascimento versato a partire dal 2003

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 38 di 39
		DATA: Febbraio 2014	

	TITOLO:	PROGETTO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA DI MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ARENILE DI CORTELLAZZO (Settori dal 27 al 30)	
	ELABORATO:	RELAZIONE TECNICA	

10 ELENCO PREZZI

Gli interventi di manutenzione ordinaria potranno essere attuati sia da soggetti pubblici che privati (concessionari) ed essere oggetto di specifiche convenzioni all'interno dei contratti di concessione. In tale contesto i prezzi di riferimento saranno quelli previsti dai vigenti prezziari regionali, ovvero, qualora non esista in essi un riferimento specifico, i prezziari regionali delle regioni limitrofe, o delle associazioni di categoria di riferimento.

Jesolo, lì 05/02/2014

Il Dirigente Urbanistica e Lavori Pubblici
Arch. Renato Segatto

	COMUNE DI JESOLO		Pagina 39 di 39
		DATA: Febbraio 2014	