

REGIONE SICILIA
Comune di Pozzallo
(Ragusa)

Porto di Pozzallo

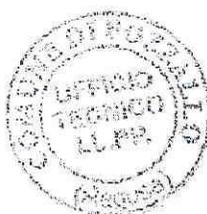
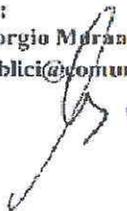
**INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI
CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLA DEFINIZIONE DELL'IMBOCCATURA
PORTUALE E DELLA DIGA DI SOTTOFLUTTO A PROTEZIONE DEI BACINI
COMMERCIALE E TURISTICO AI SENSI DELL'ART. 5 DELLA L.R. N.21/98**

Progetto preliminare

All. 1.2.1 - Studio idraulico - marittimo clima ondoso al largo
Relazione

POZZALLO: 16/06/2011

IL R.U.P. :
Geom. Giorgio Mirana Roccasalvo
lavoripubblici@comune.pozzallo.rg.it

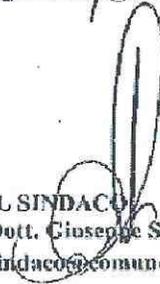


REDATTO DALL'UFFICIO TECNICO :
Ing. Giovanni Gambuzza
g.gambuzza@comune.pozzallo.rg.it



SUPPORTO TECNICO AL RUP :
Ing. Francesco Giordano
ingfrancescogiordano@gmail.com

IL SINDACO
Dott. Giuseppe Sulenti
sindaco@comune.pozzallo.rg.it



Indice

Indice	1
Premessa	3
1 Introduzione	5
2 Fonti di informazione	7
3 Descrizione del paraggio	9
4 Analisi delle variazioni del livello del mare	11
4.1 Effetto della marea astronomica	11
4.2 Effetto della marea meteorologica	12
4.3 Dislivelli complessivi	13
5 Caratterizzazione del clima ondoso al largo del paraggio in esame	15
5.1 Fetch geografici ed efficaci	15
5.2 Trasposizione geografica del moto ondoso rilevato dalla boa di Mazara del Vallo della Rete Ondametrica Nazionale	19
5.2.1 Metodologia	19
5.2.2 Analisi del Clima ondoso rilevato dalla boa accelerometrica di Mazara del Vallo	20
5.2.3 Analisi del Clima ondoso al largo di Pozzallo	22
5.3 Determinazione indiretta del moto ondoso attraverso il metodo SMB	25
5.3.1 Metodologia	25
5.3.2 Analisi del Clima ondoso al largo di Pozzallo	27
5.4 Determinazione indiretta del moto ondoso attraverso i dati forniti dal UKMO	30
5.4.1 Generalità sul Modello Ondametrico Europeo	30
5.4.2 Analisi del Clima Ondoso al largo di Pozzallo	31
5.5 Confronto sui dati ondametrici disponibili	33
5.6 Previsione del moto ondoso per eventi estremi al largo del paraggio in esame	34
5.6.1 Serie dei valori estremi di altezze d'onda	34
5.6.2 Distribuzioni di probabilità delle onde estreme utilizzate	38
5.6.3 Individuazione dei parametri delle distribuzioni di probabilità	40
5.6.4 Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno	78
5.7 Analisi sul contenuto energetico del moto ondoso al largo	83
6 Trasformazione del moto ondoso dal largo alla riva	85
6.1 Generalità	85
6.2 Modello di calcolo	85
6.3 Definizione del dominio di calcolo	88
6.4 Simulazione numeriche condotte	89
6.5 Analisi dei risultati	91
7 Valutazione delle tendenze evolutive del litorale	147
7.1 Generalità	147
7.2 Analisi Diacronica	147
7.2.1 Analisi diacronica relativa al decennio 1977-1987	148
7.2.2 Analisi diacronica relativa al decennio 1987-1997	148
7.3 Modello di calcolo del tipo "ad una linea"	149
7.3.1 Modello CERCPlan	151
7.4 Simulazione numeriche condotte	153
7.5 Analisi dei risultati	156
8 Conclusioni	157
Bibliografia	159
Elenco delle Tabelle	161
Elenco delle Figure	171
Elenco delle Tavole	179
Appendice A	181

Premessa

Il Comune di Pozzallo (RG), nella qualità di ente attuatore, si è impegnato a redigere il progetto definitivo degli interventi per la messa in sicurezza (ai sensi dell'art. 5 L.R.21/99) delle opere marittime esistenti nella darsena turistica e peschereccia del Porto di Pozzallo, volti al miglioramento della funzionalità operativa ed all'ampliamento dello specchio acqueo. Al fine di predisporre il citato progetto definitivo, si è reso necessario redigere lo studio di impatto ambientale, particolarmente orientato allo studio idraulico-marittimo per la caratterizzazione del clima ondoso nel paraggio del Porto di Pozzallo, nonché una valutazione di massima dell'impatto del Porto sui litorali limitrofi.

In tale contesto è stata stipulata in data 22/03/2006 una convenzione tra il sopra citato Comune di Pozzallo ed il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA) dell'Università degli Studi di Catania. Con detta convenzione il DICA si è assunto l'incarico di effettuare entro 90 giorni uno studio finalizzato alla caratterizzazione del clima ondoso al largo del Porto di Pozzallo propedeutico alla redazione alla progettazione definitiva delle opere relative all'ampliamento del porto stesso.

Nella presente relazione sono sintetizzati i risultati dello studio condotto dal personale DICA sotto la responsabilità del prof. G. Cozzo, nella qualità di direttore del dipartimento, e del prof. E. Foti, nella qualità di responsabile scientifico.

Catania, 31 maggio 2006

1 Introduzione

La presente relazione illustra i risultati ottenuti nell'ambito dello studio idraulico-marittimo finalizzato alla caratterizzazione del clima ondoso al largo del porto di Pozzallo, propedeutico alla realizzazione di interventi volti al miglioramento della funzionalità operativa e all'ampliamento dello specchio acqueo.

Come indicato in convenzione, nel presente lavoro sono stati perseguiti i seguenti obiettivi specifici:

1. caratterizzazione di massima della marea astronomica e della marea meteorologica;
2. caratterizzazione statistica del moto ondoso al largo del Porto di Pozzallo, in termini di altezza d'onda, di periodo d'onda e di direzione di propagazione;
3. caratterizzazione della persistenza del moto ondoso al largo del paraggio;
4. caratterizzazione di massima della propagazione del moto ondoso dal largo all'imboccatura del porto;
5. individuazione di massima delle tendenze evolutive dei litorali limitrofi al Porto.

In una prima fase del lavoro si è provveduto a reperire i dati da utilizzare per le successive analisi, ossia dati di tipo cartografico, meteomarinario e sedimentologico.

Successivamente, si è provveduto a descrivere il paraggio su cui insiste il Porto di Pozzallo, individuando anche i limiti dell'unità fisiografica in cui esso ricade, ossia i limiti di quella porzione di litorale all'interno della quale si può assumere che l'evoluzione della morfologia costiera sia indipendente da quanto accade nei tratti di litorale limitrofi.

Si è quindi passati alla caratterizzazione di massima delle maree, in particolare determinando i sovralti massimi del livello medio del mare dovuti alle maree astronomiche e alle maree meteorologiche.

La caratterizzazione del clima ondoso al largo è stata condotta utilizzando un approccio di tipo statistico, sulla base dei dati disponibili. In particolare, le analisi sono state svolte utilizzando sia dati di tipo diretto (dati ondometrici rilevati dalla Rete Ondometrica Nazionale dell'APAT) sia dati di tipo indiretto (dati sintetici del moto ondoso, ricostruiti attraverso l'applicazione di due modelli di previsione a breve termine da dati di vento). In particolare è opportuno rilevare che come misure dirette di moto ondoso sono state considerate le misure effettuate dalla boa di Mazara del Vallo, che sono state trasposte geograficamente al paraggio di Pozzallo, determinando i fetch geografici ed efficaci dei due paraggi. Per quanto riguarda i dati sintetici sono stati considerati: (i) le serie storiche di altezza d'onda ricostruite attraverso l'applicazione del modello S.M.B. sulla base dei dati anemometrici registrati presso le stazioni di Pantelleria e di Gela; (ii) le serie storiche ottenute dall'applicazione del Modello Ondometrico Europeo dell'U.K.M.O.

L'analisi statistica di dette serie di dati è stata effettuata distinguendo gli eventi estremi per direzione e ricercando la distribuzione di probabilità più adatta attraverso l'applicazione di adeguati test statistici.

Per quanto attiene allo studio di persistenza del moto ondoso al largo, è stata condotta un'analisi statistica basata sui sopracitati dati ondometrici. In particolare, sono state valutate per classi di direzione di provenienza del moto ondoso e per classi di altezza d'onda le frequenze di apparizione. Inoltre, è stato effettuato uno studio sulla durata dei singoli eventi ondosi.

Al fine di individuare la direzione prevalente del flusso dei sedimenti lungo la costa, è stata anche effettuata una valutazione della distribuzione direzionale dell'energia media annuale del moto ondoso.

Infine, allo scopo di fornire un'indicazione degli effetti che l'azione del moto ondoso produce sulla costa, le analisi svolte sono state anche indirizzate a fornire una stima, seppur di prima approssimazione, delle tendenze evolutive del litorale oggetto del presente studio. A tale scopo, è stata effettuata un'analisi storica dell'evoluzione della linea di costa, utilizzando le informazioni sulla posizione della

linea di costa ottenute dall'analisi dei dati cartografici disponibili (*analisi diacronica*). Inoltre, al fine di prevedere l'evoluzione futura del litorale in esame è stato applicato un modello numerico del tipo "a una linea" per lo studio dell'evoluzione della linea di costa. Per quest'ultima applicazione, è stato preventivamente necessario considerare la trasformazione che il moto ondoso subisce nella sua propagazione dal largo alla riva, applicando opportuni modelli numerici.

Appare chiaro come con il presente studio si sia cercato di fornire una descrizione generale, anche se non esaustiva a causa soprattutto dei limiti posti dai dati disponibili, della dinamica cui è soggetto il paraggio in esame, al fine di fornire indicazioni utili alla redazione dello studio di impatto ambientale e alla progettazione di opere quali quelle che interessano l'ampliamento del Porto di Pozzallo.

2 Fonti di informazione

Per lo svolgimento dello studio riportato nella presente relazione, oltre a dati cartografici, sono state utilizzate informazioni relative sia al clima meteomarinico, sia alla sedimentologia, nonché alla orografia delle spiagge (emerse e sommerse).

Più precisamente, i dati cartografici sono stati desunti:

- dalla Carta della serie internazionale – Mar Mediterraneo – Bacino Orientale in scala 1:2.250.000 (Genova, 1982);
- dalla Carta della serie internazionale – Mar Mediterraneo – Bacino Occidentale in scala 1:2.250.000 (Genova, 1982);
- dalla Cartografia IGM in scala 1:25.000 – Istituto Geografico Militare;
- dalla Cartografia IGM in scala 1:50.000 – Istituto Geografico Militare;
- dalla Cartografia IGM in scala 1:100.000 – Istituto Geografico Militare;
- Carta Tecnica Regionale del 2001 (rilievo effettuato nel 1997) in scala 1:10.000;
- foto aeree per rilievi aerofotogrammetrici del 1977 in scala 1:16.200;
- foto aeree per rilievi aerofotogrammetrici del 1987 in scala 1:12.500;
- foto aeree per rilievi aerofotogrammetrici del 1994 in scala 1:16.200;
- Carta "Stretto di Sicilia – Sicilia – da Licata a Marina di Avola" in scala 1:100.000 edita dall'Istituto Idrografico della Marina, 1985.

Informazioni attinenti alla batimetria sottocosta sono state anche fornite dal Committente.

Per quanto concerne i dati sedimentologici relativi alla composizione granulometrica delle spiagge ricadenti all'interno dell'unità fisiografica in esame, si sono effettuati rilievi in situ condotti da personale del DICA. Informazioni sono state anche desunte dalle relazioni relative allo studio "Monitoraggio volumetrico, sedimentologico e morfometrico del litorale Ibleo", effettuato per conto della Provincia Regionale di Ragusa dal Dipartimento di Scienza della Terra, Università degli Studi di Messina, nel 2004.

Per quanto riguarda i dati meteomarini, sono stati utilizzati i dati forniti dalla Rete Mareografica Nazionale dell'APAT relativi ai livelli di marea rilevati dalla stazione di Porto Empedocle e i dati della Rete Ondametrica Nazionale (RON) della stessa APAT relativi alla boa di Mazara del Vallo. Inoltre, per la caratterizzazione del clima ondoso al largo sono stati anche utilizzati i dati ondametrici UKMO (Ufficio Meteorologico del Regno Unito) in dotazione alla Provincia Regionale di Ragusa e forniti al DICA dal Committente.

Per quanto attiene ai dati anemometrici impiegati per l'applicazione del modello di previsione del moto ondoso a partire da dati di vento, si è fatto riferimento a quelli in dotazione all'ITAV relativi alle stazioni di Pantelleria (TP) e di Gela (CL).

3 Descrizione del paraggio

Il tratto di costa in cui è ubicato il Porto di Pozzallo ricade nel litorale ragusano, lungo la costa sud-orientale della Sicilia (vedere Tavola 1).

Per quanto riguarda i meccanismi di trasporto solido che interessano il sito in studio, è opportuno precisare che esso appartiene all'unità fisiografica definita a Nord-Ovest da Punta Religione e a Sud-Est dal promontorio roccioso di Punta Ciriga, che fronteggia le Secche di Circe e lo Scoglio Iannuzzo.

L'unità fisiografica ha un orientamento medio nella direzione 100°-280°N, mentre il sito in studio ha un orientamento della costa in direzione 10°-190°N. In particolare il Porto di Pozzallo, la cui configurazione attuale è riportata in Tavola 2, è ubicato all'estremità Nord dell'unità fisiografica descritta, a ridosso di Punta Raganzino.

E' necessario qui sottolineare come la presenza del porto abbia alterato il limite Nord dell'unità fisiografica sopra descritta, spostandolo proprio in corrispondenza del molo di Ponente del porto stesso. Infatti, tale molo si estende fino alla batimetrica -14m, ovvero fino a una profondità tale da impedire di fatto la mobilitazione dei sedimenti e il conseguente trasporto solido da parte del moto ondoso.

Come è possibile osservare dal rilievo fotografico riportate nella Tavola 3, oltre al Porto di Pozzallo, all'interno dell'unità si trovano:

- una piccola spiaggia alveolare in località Raganzino, subito a Est del molo di levante del porto. Tale spiaggia, che, come si evince dall'analisi della cartografia storica e delle ortofoto relative agli anni 1977, 1987 e 1994, si è generata negli ultimi decenni, verosimilmente anche grazie alla presenza del piccolo molo preesistente alla costruzione del porto attuale, tende ad accrescersi spostandosi da Sud-Ovest a Nord-Est. Essa è delimitata superiormente da opere strutturali (muro di contenimento della sede stradale) che irrigidiscono il litorale;
- la Spiaggia Pietre Nere, orientata Est-Ovest, lunga circa 4 km, che si estende dall'abitato di Pozzallo all'area antistante Cozzo S. Maria del Focallo. Il litorale risulta superiormente irrigidito dagli effetti dell'azione antropica, poiché numerose abitazioni insistono direttamente sulla spiaggia;
- la Spiaggia S. Maria del Focallo, che si estende globalmente per circa 7 km, ha un'orientazione Est-Ovest per un primo breve tratto, il quale si presenta piuttosto largo e limitato superiormente dalla Strada Provinciale n. 67 Pozzallo-Marza, e un'orientazione Nord-Ovest—Sud-Est nel secondo tratto, di larghezza notevolmente ridotta rispetto al primo e limitato superiormente da un cordone dunale parzialmente vegetato che raggiunge i 5 m di altezza;
- la spiaggia di Solarino, lunga circa 1,5 km, limitata a Nord-Est da un costone biocalcarenitico e a Sud-Ovest da Punta Diriga. A Ovest di essa si trova un sistema di 4 barriere emerse, che ha dato luogo alla formazione di tomboli sabbiosi e all'insabbiamento delle grotte costiere.

La larghezza media delle spiagge sopra descritte sono sinteticamente riportate in Tabella 3.I.

Tabella 3.I

Larghezza media delle spiagge appartenenti all'unità fisiografica, rilevate rispettivamente durante le stagioni autunnale (A), invernale (I), primaverile (P) ed estiva (E) (fonte "Monitoraggio volumetrico, sedimentologico e morfometrico dell'intero litorale ibleo", DST-Università di Messina, 2002-2003)

Spiaggia	Larghezza media			
	[m]			
	(A)	(I)	(P)	(E)
Punta Raganzino		39.1	25.20	22.50
	59.40	60.23	61.63	56.83
Pietre nere	44.00	37.07	45.12	54.13
S. Maria del Focallo	25.3	21.97	26.06	27.21
	81.7	57.0	30.0	28.5
Punta Ciriga	51.60	30.0	35.70	39.00

Gli apporti solidi dovrebbero essere forniti all'unità fisiografica dal trasporto solido di tre corsi d'acqua, tutti aventi regime torrentizio. In particolare, procedendo da Nord-Ovest verso Sud-Est, lungo la Spiaggia di Santa Maria del Focallo, uno di essi è il Canale Santa Maria, un'altro poco più a sud, in corrispondenza della Foce Vecchia, mentre l'ultimo sfocia alla Foce Chianette.

E' doveroso precisare che la zona è stata negli ultimi decenni fortemente antropizzata. Infatti, praticamente ovunque sul territorio sono presenti colture intensive effettuate con l'uso di serre. E' presumibile che tali attività abbiano interferito in maniera significativa con il regime dei litorali prospicienti. Infatti, l'impermeabilizzazione dei suoli che si è avuta a causa della presenza delle serre, ha ridotto la quantità di sedimento eroso dal suolo, che, trasportato attraverso la rete idrografica, costituisce il ripascimento naturale delle spiagge. Tale processo rischia di innescare fenomeni erosivi delle spiagge. Una conferma di quanto detto può essere ricavata dalla presenza delle barriere all'estremità sud dell'unità fisiografica, che denunciano probabilmente il manifestarsi di fenomeni erosivi localizzati in corrispondenza del litorale.

4 Analisi delle variazioni del livello del mare

L'analisi delle variazioni del livello medio del mare è di fondamentale importanza ai fini della realizzazione di un'opera di difesa portuale. Ad esempio l'efficienza dello smorzamento dell'energia del moto ondoso su barriere frangiflutti può variare notevolmente in funzione della quota del coronamento rispetto al livello del mare.

Prescindendo dai modesti dislivelli imputabili a variazioni stagionali della densità del mare e a fenomeni di eustatismo, le escursioni di livello della superficie marina possono essere principalmente imputate alla marea astronomica e alla marea meteorologica, qui di seguito analizzati in dettaglio.

4.1 Effetto della marea astronomica

La marea astronomica, dovuta principalmente all'azione esercitata dal campo gravitazionale del sole e della luna sulle masse oceaniche, nel Canale di Sicilia presenta un andamento con due massimi e due minimi durante la giornata, di cui un massimo ed un minimo in genere più accentuati rispetto all'altro.

L'esame delle componenti della marea astronomica è stato condotto nella fattispecie sulla base dei dati forniti dalla stazione mareografica della Rete Mareografica Nazionale dell'Agenzia per l'Ambiente e il Territorio di Porto Empedocle. In particolare, in Figura 4.1 è riportato l'andamento della marea come registrato dalla stazione mareografica sita nel porto di Porto Empedocle. Bisogna comunque sottolineare che l'andamento riportato rappresenta la risultante della marea astronomica e della marea meteorologica.

L'analisi in frequenza condotta sulle registrazioni del mareografo sito nel porto di Porto Empedocle ha mostrato come le componenti della marea di ampiezza significativa siano quelle riportate nella Tabella 4.I.

Tabella 4.I Principali componenti armoniche della marea ricavate dall'analisi in frequenza dei dati registrati dal mareografo della Rete Mareografica Nazionale sito nel porto di Porto Empedocle.

Nome	Periodo [ore min]	Ampiezza [cm]	Fase [°]
M2	12 25' 14.16"	4.63	45.20
S2	12 00' 00.00"	3.31	39.11
K1	23 56' 04.08"	1.58	71.34
O1	25 49' 09.64"	1.19	57.40
N2	12 39' 30.05"	0.93	61.26
K2	11 58' 02.05"	1.04	34.68
P1	24 03' 57.20"	0.55	43.81

L'andamento temporale risultante è di tipo semidiurno con due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza diversa (maree di tipo sinodico-declinazionale). Le escursioni di marea astronomica sono caratterizzate da una periodicità bimensile distinta nelle fasi sizigie (luna piena e nuova) e di quadratura.

Dai risultati dell'analisi emerge, dunque, che l'intervallo di variabilità del livello del mare a causa della marea astronomica è compreso tra +13.1 cm (alta marea) e -10.3 cm (bassa marea).

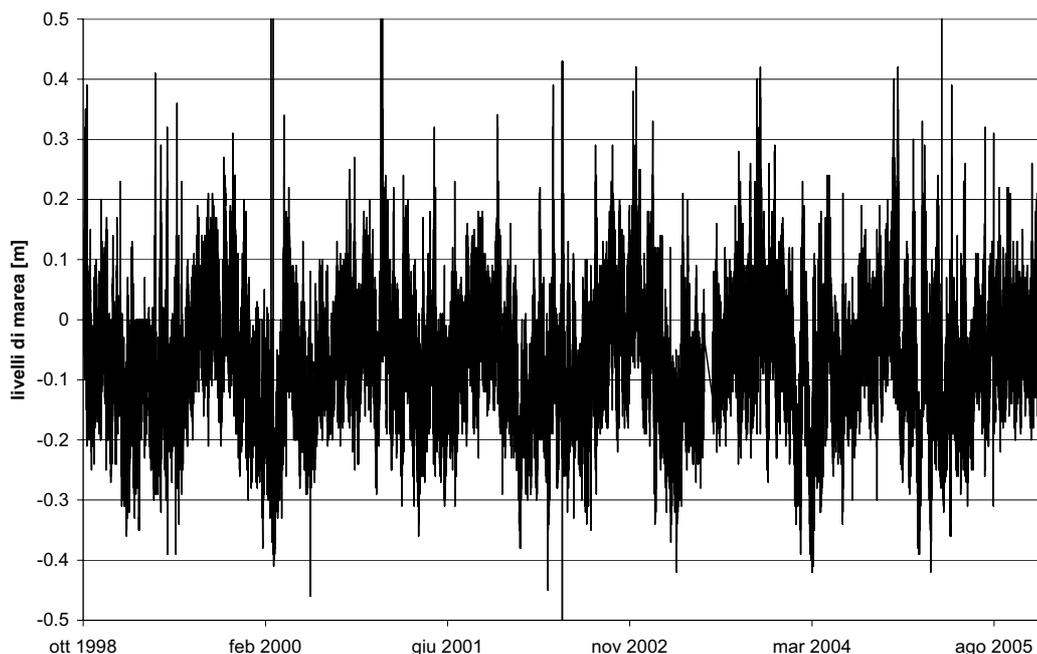


Figura 4.1 Livello della marea registrata dalla stazione mareografica della Rete Mareografica Italiana dell'APAT sita nel porto di Porto Empedocle nel periodo ottobre 1998 -dicembre 2005.

4.2 Effetto della marea meteorologica

Le variazioni del livello medio del mare indotte da cause meteorologiche vengono anche indicate con il termine di marea meteorologica. Le due cause principali che possono dar luogo alle accennate variazioni di livello sono costituite dalle variazioni di pressione atmosferica rispetto alla pressione normale al suolo e dall'azione dei venti persistenti sulla superficie del mare al di sopra della piattaforma continentale.

Per quanto attiene alla prima causa, è noto che alla variazione di 1mb della pressione atmosferica al suolo (il cui valore medio è 1013 mb) corrisponde una variazione di segno opposto di circa 1 cm del livello marino. Per valutare i valori massimi di variazione del livello medio marino si sono, dunque, ricercati i minimi e i massimi valori barometrici registrati nella zona. In particolare si sono utilizzati i valori forniti dalla stazione metereologica della Rete Mareografica Nazionale dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio sita presso il porto di Porto Empedocle, di cui in Figura 4.2 se ne riporta la registrazione nel periodo luglio 1998 - dicembre 2005.

Il massimo valore rilevato è risultato di 1035 mb, cui corrisponde un abbassamento locale del livello marino pari a 22 cm; mentre il livello barometrico minimo registrato è di 987 mb, cui corrisponde un innalzamento del livello medio marino di 26 cm.

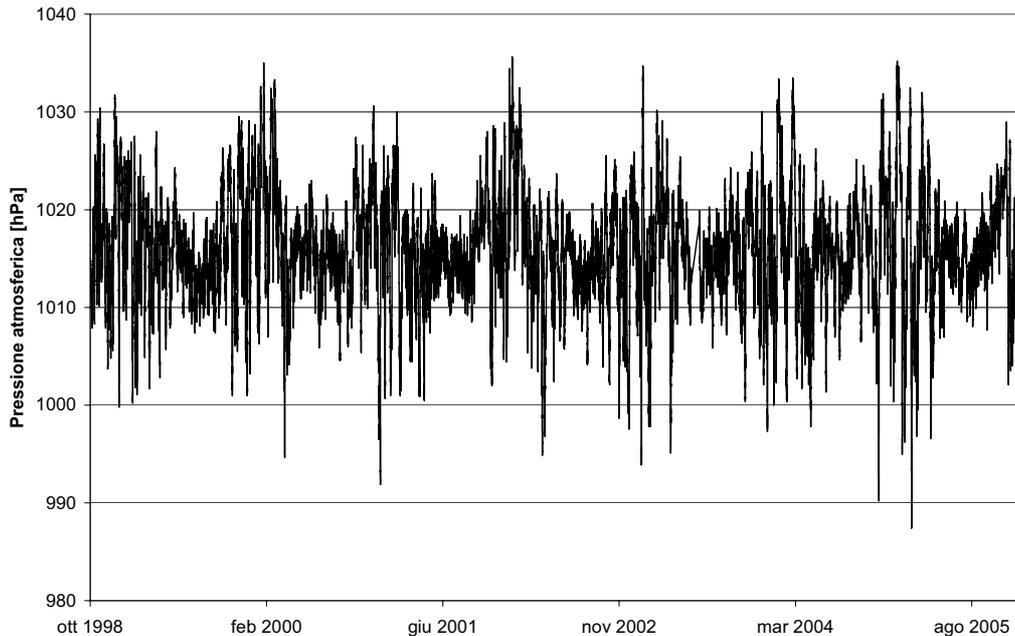


Figura 4.2 Pressione atmosferica registrata dalla stazione metereologica della Rete Mareografica Italiana dell'APAT sita nel porto di Porto Empedocle nel periodo ottobre 1998 -dicembre 2005.

Per quanto attiene alla variazione di livello del mare per effetto dei venti, l'azione di questi sulla superficie del mare al di sopra della piattaforma continentale può dar luogo a fenomeni di sovrizzo lungo le coste poste sottovento e a corrispondenti abbassamenti lungo quelle sopravvento. Questi ultimi sono in genere modesti e di non agevole determinazione.

Per quanto riguarda il sovrizzo dovuto alla tempesta si può ricorrere alla relazione:

$$S = \left[\frac{KU^2L}{g(D-d-S)} \right] \ln \left(\frac{D}{d+S} \right)$$

dove:

$K = 3 \cdot 10^{-6}$

$U = 25$ m/s massima velocità del vento persistente

$L = 50$ km estensione della piattaforma continentale

$D = 100$ m profondità media della piattaforma continentale

$d = 15$ m profondità di calcolo del sovrizzo (ossia subito al largo della diga foranea del porto di Pozzallo)

La relazione precedente è implicita e quindi va risolta iterativamente.

Per il sito in esame si ricava un sovrizzo pari a $S = 0.021$ m, ossia un sovrizzo di modesta entità.

4.3 Dislivelli complessivi

In definitiva sommando i vari contributi positivi e negativi si ricavano i seguenti dislivelli massimi rispetto al livello medio del mare:

massimo innalzamento: 0.60 m

massimo abbassamento 0.32 m.

Tuttavia, nella valutazione appena effettuata si è considerata la contemporaneità dei valori estremi di marea astronomica e di marea metereologica. Più in generale, osservando i dati della marea registrata dalla stazione mareografica della rete RMN dell'APAT sita nel porto di Porto Empedocle, mostrati in Figura 4.1

per il periodo ottobre 1998 – dicembre 2005, si può osservare come la marea complessiva sia contenuta entro un'escursione tutto sommato modesta, ossia di $\pm 40 \div 50$ cm. Infatti, si rileva un livello massimo di 0.43 m e un livello minimo pari a -0.46 m rispetto allo zero idrografico.

5 Caratterizzazione del clima ondoso al largo del paraggio in esame

5.1 Fetch geografici ed efficaci

Lo studio del clima meteomarinario prende le mosse dalla valutazione del moto ondoso che interessa il settore di traversia del paraggio in esame, ossia il settore angolare con centro sul paraggio e che comprende tutte le direzioni da cui possono provenire le agitazioni ondose determinate dai venti foranei. È dunque necessario stabilire preliminarmente le aree di generazione del moto ondoso. Tali aree sono usualmente individuate in funzione del fetch geografico, ossia delle distanze di mare libero per ogni direzione.

Con riguardo al caso in esame, si è proceduto alla determinazione dei fetch geografici per il paraggio in esame e anche per quelli relativi alla boa ondometrica di Mazara del Vallo, poiché indispensabili per applicare la procedura di trasposizione del moto ondoso meglio descritta nel paragrafo 5.2. In particolare, dalla Figura 5.1 alla Figura 5.4 sono rappresentati i diagrammi dei fetch geografici rappresentativi del paraggio della boa di Mazara del Vallo e del tratto di costa preso in considerazione, desunti dalla "Carta della serie internazionale – Mar Mediterraneo – Bacino Occidentale" in scala 1:2.250.000 pubblicata dall'Istituto Idrografico della Marina (Genova, 1982).

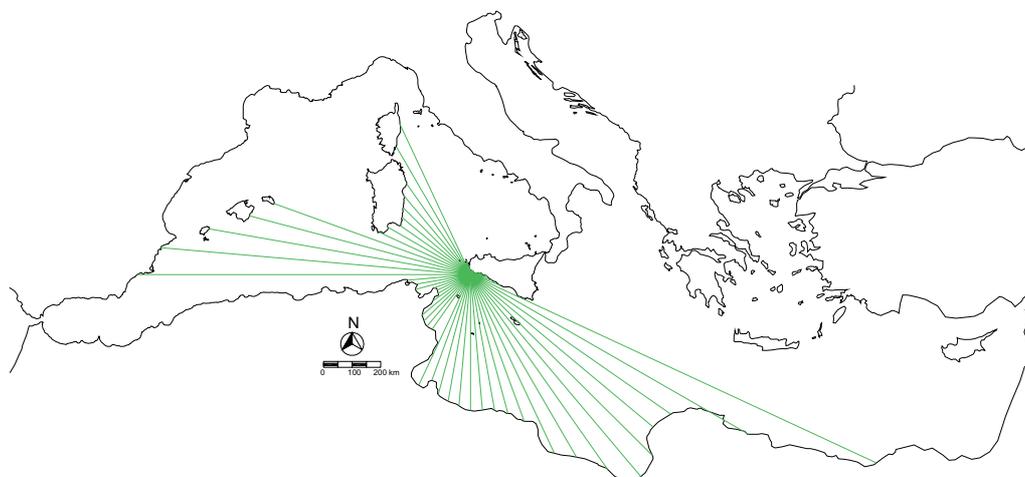


Figura 5.1 Fetch Geografico valutato in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.

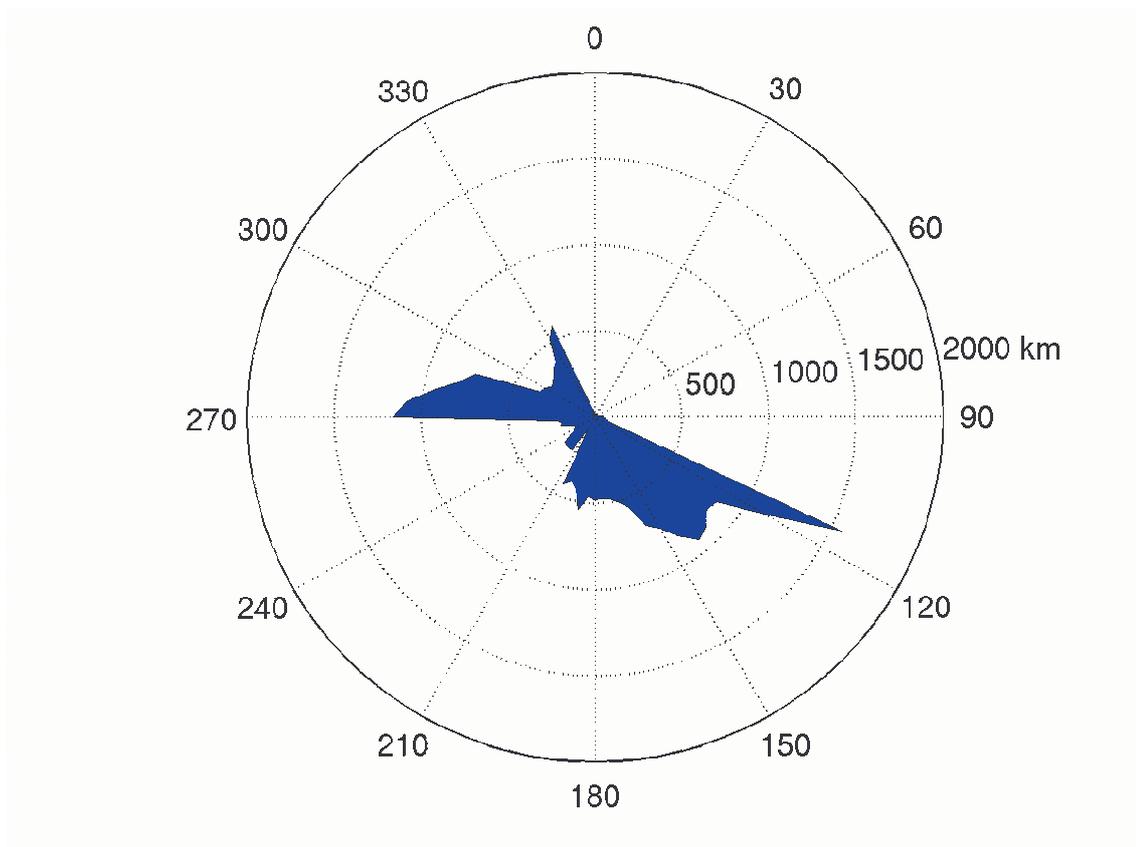


Figura 5.2 Rappresentazione polare del fetch Geografico in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.

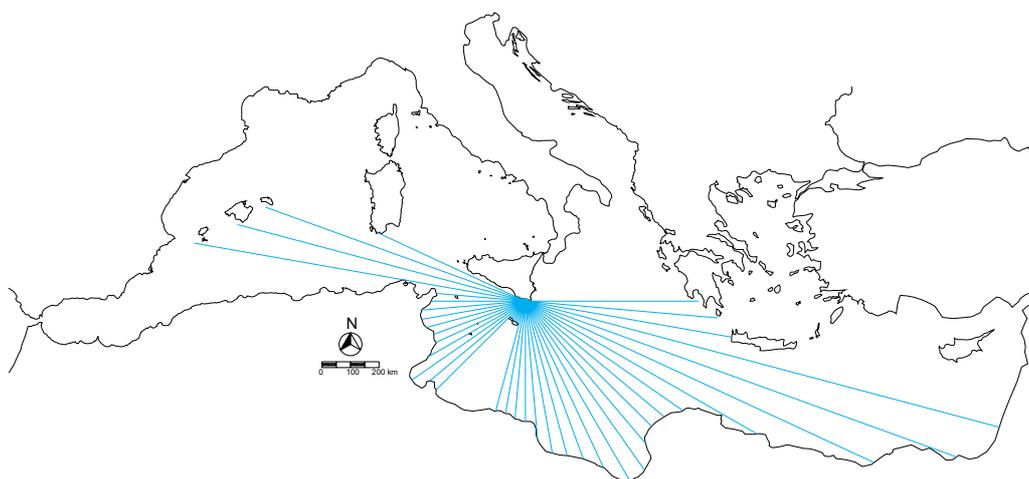


Figura 5.3 Fetch Geografico al largo del litorale di Pozzallo.

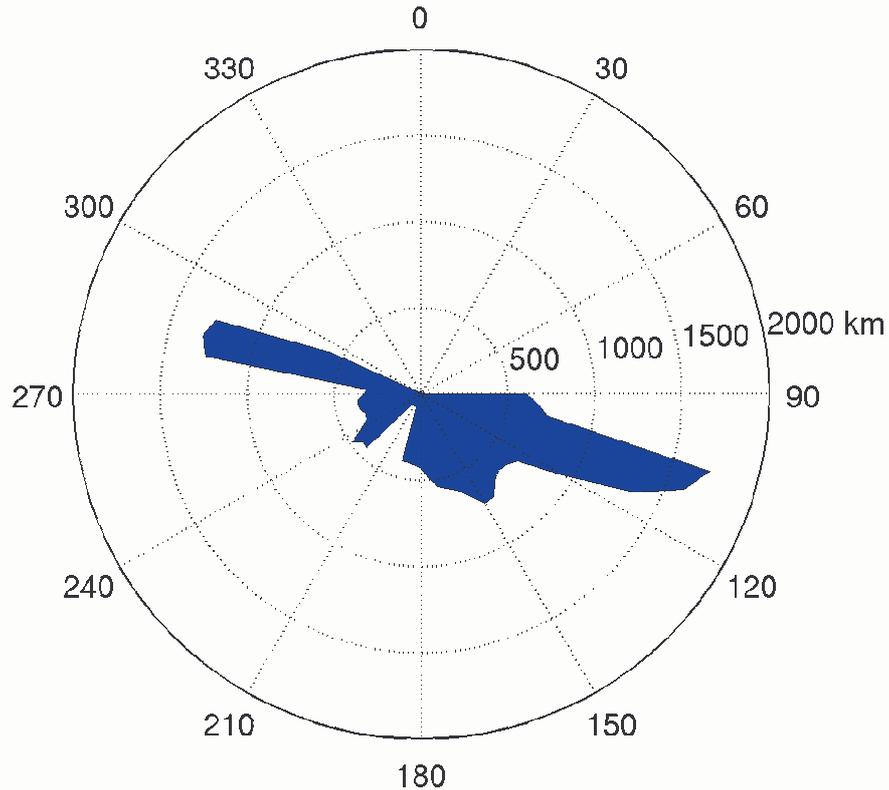


Figura 5.4 Rappresentazione polare del Fetch Geografico al largo del litorale di Pozzallo.

Come illustrato nella Figura 5.2, si rileva che il paraggio di Mazara del Vallo presenta tre settori di traversia principali, il più esteso dei quali risulta ampio all'incirca 85°, risultando compreso tra le direzioni 115°N e 200°N. All'interno di detto settore, i valori maggiori di fetch geografico sono rilevabili nell'intervallo di direzioni compreso tra 115° e 120° N, in cui si rilevano valori prossimi a 1600 km.

Per quanto attiene al paraggio di Pozzallo, come illustrato nella citata Figura 5.4, si possono distinguere due settori di traversia principali, il più esteso dei quali risulta ampio all'incirca 105°, risultando compreso tra le direzioni 90°N e 195°N. All'interno di detto settore, i valori maggiori di fetch geografico sono rilevabili nell'intervallo di direzione compreso tra 105° e 115° N, in cui si rilevano valori anche superiori a a 1700 km.

In effetti, la determinazione dell'area di generazione tramite i fetch geografici sopra descritti risulta deficitaria, in quanto non tiene in debito conto il fatto che il vento non trasmette energia alla superficie del mare solo lungo la sua direzione di provenienza, ma anche secondo direzioni ad essa limitrofe. Pertanto è stato introdotto il concetto di fetch efficace, di seguito calcolato secondo la procedura di Seymour (S.P.M., 1984). Detto autore, infatti, per tenere conto dei fenomeni che avvengono all'interno del settore di traversia di un certo paraggio, fa riferimento al fetch efficace definito dalla relazione:

$$F_{eff \varphi} = \frac{\sum_{\varphi_i = \varphi - 90^\circ}^{\varphi + 90^\circ} x_i \cos^3(\varphi_i - \varphi)}{\sum_{\varphi_i = \varphi - 90^\circ}^{\varphi + 90^\circ} \cos^2(\varphi_i - \varphi)}$$

dove $F_{eff \varphi}$ è il fetch efficace nella direzione φ ; x_i è il fech geografico nella i -esima direzione, φ_i è l'angolo della i -esima direzione.

Applicando tale definizione ai casi in esame, come illustrato nella Figura 5.5 e nella Figura 5.6, si rileva che per il paraggio di Mazara del Vallo i valori maggiori di fetch efficace si rilevano in corrispondenza delle direzioni 125°-165° N con fetch oltre i 500 km, mentre per il tratto di litorale al largo di Pozzallo i valori maggiori di fetch efficace si rilevano in corrispondenza delle direzioni 110°-145° N con fetch superiori a 600 km.

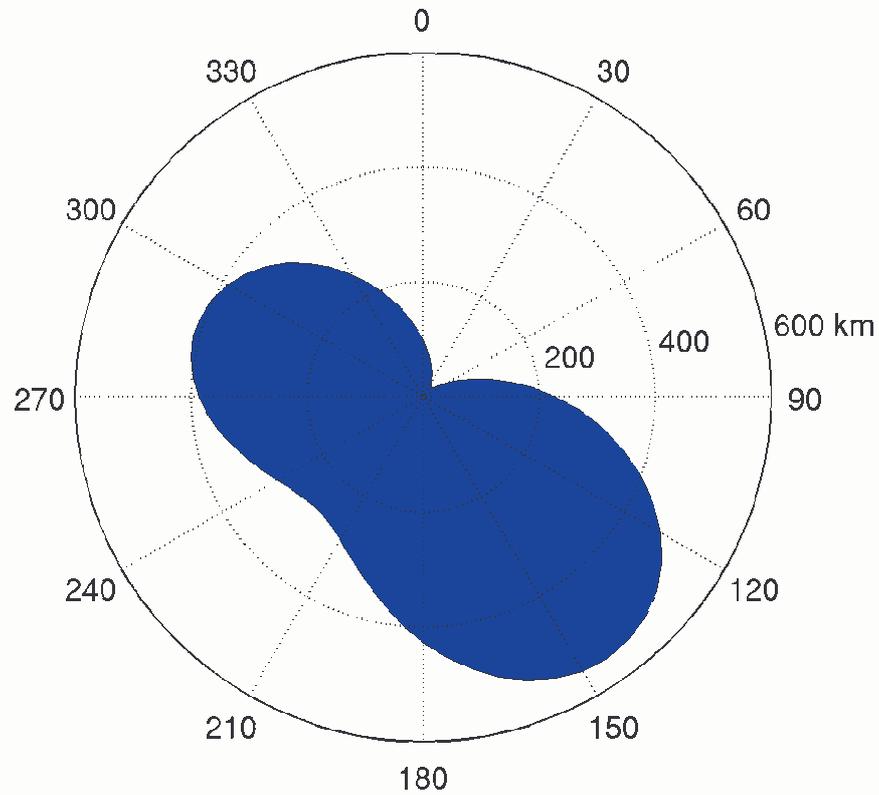


Figura 5.5 Rappresentazione polare del fetch efficace in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.

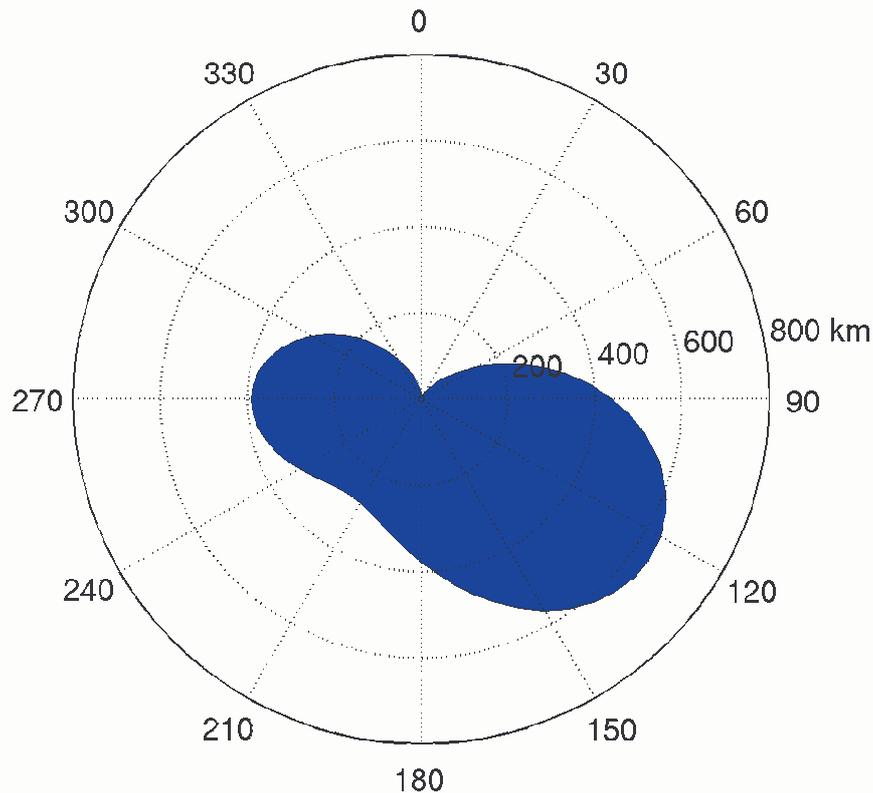


Figura 5.6 Rappresentazione polare del fetch efficace in corrispondenza di Pozzallo.

5.2 Trasposizione geografica del moto ondoso rilevato dalla boa di Mazara del Vallo della Rete Ondametrica Nazionale

5.2.1 Metodologia

Poiché al largo di Pozzallo non sono disponibili boe ondametriche, per acquisire informazioni sul moto ondoso di tipo diretto, bisogna far riferimento a quanto rilevato dalla boa di Mazara del Vallo. Dette informazioni devono essere trasposte al largo di Pozzallo secondo la metodologia di trasposizione dei dati ondametrici di Contini e De Girolamo (1998) che consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento (velocità e direzione), che hanno determinato le caratteristiche del moto ondoso registrate dall'ondametro nella fattispecie di Mazara del Vallo, abbiano interessato anche l'area di generazione situata al largo del sito di interesse, ossia al largo di Pozzallo. Ulteriore ipotesi è che le aree di generazione del moto ondoso possano essere descritte attraverso il concetto di "fetch efficace". 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. E' opportuno sottolineare che normalmente il metodo ha validità soprattutto per le mareggiate molto intense.

Nel caso di fetch limitati, si possono considerare le seguenti leggi che permettono di calcolare l'altezza d'onda significativa spettrale H_s e il periodo di picco spettrale T_s in funzione della lunghezza del fetch e della velocità del vento:

$$\frac{gH_s}{U^2} = 1.6 \cdot 10^{-3} \left| \frac{gX}{U^2} \right|^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{gT_s}{U} = 2.857 \cdot 10^{-1} \left| \frac{gX}{U^2} \right|^{\frac{1}{3}}$$

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 X^P e X^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:

$$\frac{H_s^P}{H_s^O} = \left| \frac{X^P}{X^O} \right|^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{T_s^P}{T_s^O} = \left| \frac{X^P}{X^O} \right|^{\frac{1}{3}}$$

Le precedenti relazioni si ricavano nell'ipotesi che il fattore limitante degli eventi sia il fetch e non la durata del vento (ipotesi spesso ragionevole per l'analisi degli eventi estremi, ma meno per lo studio dell'azione media) e che la velocità del vento sia la stessa nel punto di misura e in quello di interesse.

Il metodo si completa utilizzando la legge proposta da Leenknecht et al. (1992) che stabilisce il legame tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso da esso generato al fine di individuare la corrispondenza tra le direzioni di propagazione del moto ondoso. In particolare, l'angolo formato tra le direzioni di propagazione del vento e del moto ondoso si ricava massimizzando la funzione:

$$f(\phi) = X_{\phi}^{0.28} \cdot (\cos \phi)^{0.44}$$

in cui ϕ è definito come l'angolo di propagazione del vento associato al valore della lunghezza del Fetch X_{ϕ} . La massimizzazione della funzione è valutata facendo variare l'angolo ϕ nell'intervallo $\pm 90^\circ$ con incrementi di 1° . Tale procedura massimizza i termini rilevanti nell'espressione per la valutazione del periodo di picco nel caso di moto ondoso limitato per fetch.

5.2.2 Analisi del Clima ondoso rilevato dalla boa accelerometrica di Mazara del Vallo

La serie storica delle caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza della boa di Mazara del Vallo nel periodo 1.7.1989 – 13.12.2005 è stata sintetizzata riportando il numero di eventi per classi di altezza d'onda e per la direzione di provenienza (Tabella 5.I), per classe di periodo medio (Tabella 5.II) e per classe di periodo di picco (Tabella 5.III). In ognuna delle citate tabelle nelle prime due colonne vengono riportati gli estremi delle classi di altezza d'onda; nella terza colonna è riportata la frequenza di accadimento di una registrazione del valore dell'altezza significativa superiore al limite inferiore della classe stessa; nelle successive colonne vengono riportati i numeri di osservazioni per le classi indicate nelle righe in testa alla tabella.

Come illustrato in Figura 5.7, il regime medio annuo del moto ondoso è caratterizzato da una predominanza del moto ondoso proveniente da Ovest sia in termini di frequenza che in termini di massima altezza d'onda.

Tabella 5.I

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.

H1 (m)	H2 (m)	P(H ₂ ≥H1)	Direzione di provenienza(°N)											
			-15° 15°	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°
0	0.25	100.000%	152	120	113	187	314	690	858	948	858	1212	814	186
0.25	1	54.407%	1088	821	828	1096	3868	7495	4051	2682	2720	10683	8390	2312
1	2	28.122%	466	416	387	622	2718	3405	1164	839	1003	8113	4031	630
2	3	7.306%	132	128	92	136	719	511	198	250	276	2651	908	181
3	4	1.882%	32	25	15	26	156	97	58	76	87	788	196	36
4	5	0.520%	6	3	4	2	27	16	23	18	31	242	62	6
5	6	0.124%	1	1	-	-	12	1	4	4	5	62	12	3
6		0.012%	-	-	-	-	-	-	1	-	-	7	1	1

Tabella 5.II

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H ₂ ≥H ₁)	Periodo medio Tm (s)							
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14
0	0.25	100.000%	32	4304	2047	41	13	4	-	11
0.25	1	54.484%	6	22960	20769	2068	128	44	15	40
1	2	28.151%	-	2090	17000	4538	152	-	-	3
2	3	7.236%	-	-	2896	3038	173	5	-	1
3	4	1.876%	-	-	202	1197	181	5	-	-
4	5	0.489%	-	-	1	199	208	5	-	-
5	6	0.115%	-	-	-	16	74	6	-	1
6		0.012%	-	-	-	-	5	2	-	3

Tabella 5.III

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H ₂ ≥H ₁)	Periodo di picco Tp (s)								
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14 16	16
0	0.25	100.000%	142	1970	2544	1562	123	4	5	-	102
0.25	1	54.480%	31	9956	20968	11423	2456	158	5	-	1037
1	2	28.157%	-	104	6375	13248	3510	470	72	7	6
2	3	7.235%	-	-	121	3101	2652	212	20	5	2
3	4	1.876%	-	-	-	264	1163	152	6	-	-
4	5	0.489%	-	-	-	1	275	124	13	-	-
5	6	0.115%	-	-	-	1	44	37	14	-	1
6		0.012%	-	-	-	-	1	5	1	-	3

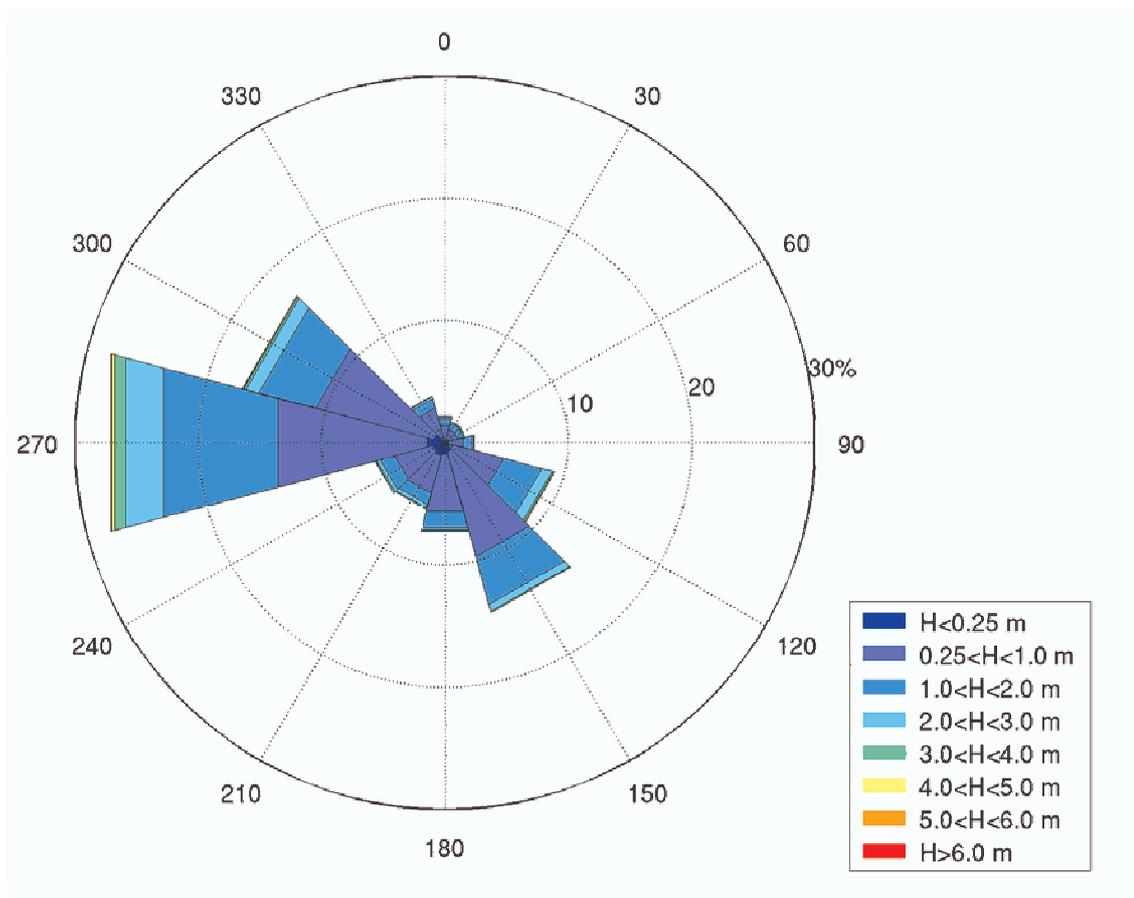


Figura 5.7 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati della boa ondometrica di Mazara del Vallo nel periodo 1.7.1989 - 13.12.2005.

5.2.3 Analisi del Clima ondoso al largo di Pozzallo

Al fine di effettuare un'analisi del clima ondoso relativamente al paraggio in esame, come già accennato, si è condotta una trasposizione geografica dei dati ondometrici rilevati dalla boa di Mazara del Vallo. In particolare, nella Figura 5.8 sono riportati i diagrammi di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso tra la boa ondometrica di Mazara del Vallo e Pozzallo.

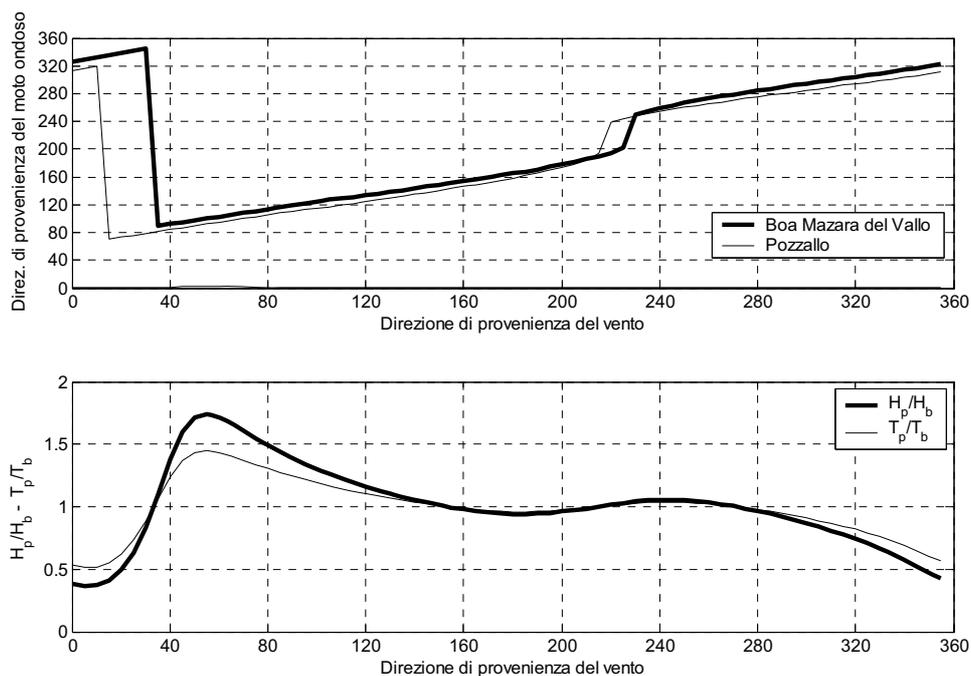


Figura 5.8 Diagrammi di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso tra la boa ondometrica di Mazara del Vallo e Pozzallo.

La serie storica delle caratteristiche del moto ondoso ricavata con il metodo della trasposizione geografica per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.7.1989 – 13.12.2005 è stata sintetizzata riportando il numero di eventi per classi di altezza d’onda e per la direzione di provenienza (Tabella 5.IV), per classe di periodo medio (Tabella 5.V) e per classe di periodo di picco (Tabella 5.VI). In ognuna delle citate tabelle nelle prime due colonne vengono riportati gli estremi delle classi di altezza d’onda; nella terza colonna è riportata la frequenza di accadimento di una registrazione con valore dell’altezza significativa superiore al limite inferiore della classe stessa; nelle successive colonne vengono riportati i numeri di osservazioni per le classi indicate nelle righe in testa alla tabella.

Tabella 5.IV Numero di eventi per classe di altezza d’onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.

H1 (m)	H2 (m)	P(H≥H1)	Direz. di provenienza(°N)											
			-15° 15°	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°
0	0.25	100.000%	182	131	104	83	115	666	869	905	798	1106	1610	1280
0.25	1	51.477%	1180	834	807	908	2865	7061	4036	2606	2650	10448	8342	1818
1	2	28.324%	413	390	404	693	3242	3584	1150	898	1120	8496	3386	189
2	3	7.774%	96	109	101	257	1177	631	186	272	307	2848	575	19
3	4	2.322%	17	22	19	103	446	148	59	97	94	857	101	2
4	5	0.626%	2	3	5	19	117	24	18	14	40	255	33	-
5	6	0.163%	-	-	-	9	26	1	5	5	7	82	3	-
6		0.035%	-	-	-	3	17	-	-	-	-	8	1	1

Tabella 5.V

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo medio Tm (s)							
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14
0	0.25	100.000%	840	4973	1956	56	9	5	4	6
0.25	1	51.545%	418	21134	19671	2053	160	44	23	45
1	2	28.338%	-	1715	17229	4700	287	8	1	1
2	3	7.723%	-	-	2954	3240	308	19	2	2
3	4	2.295%	-	-	154	1468	295	20	1	1
4	5	0.614%	-	-	1	233	264	21	-	-
5	6	0.160%	-	-	-	16	103	14	2	-
6		0.033%	-	-	-	-	19	6	-	3

Tabella 5.VI

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo di picco Tp (s)								
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14 16	16
0	0.25	100.000%	750	2782	2527	1410	182	9	10	20	159
0.25	1	51.542%	161	8790	20337	10450	2531	315	24	3	941
1	2	28.344%	-	83	6611	12960	3387	769	118	9	13
2	3	7.722%	-	-	94	3162	2752	424	75	14	4
3	4	2.295%	-	-	-	238	1265	381	48	5	2
4	5	0.614%	-	-	-	2	242	226	46	3	-
5	6	0.160%	-	-	-	-	28	80	25	2	-
6		0.033%	-	-	-	-	-	17	8	-	3

Come illustrato in Figura 5.9, il regime medio annuo del moto ondoso è caratterizzato da una predominanza del moto ondoso proveniente da Ovest sia in termini di frequenza che in termini di massima altezza d'onda.

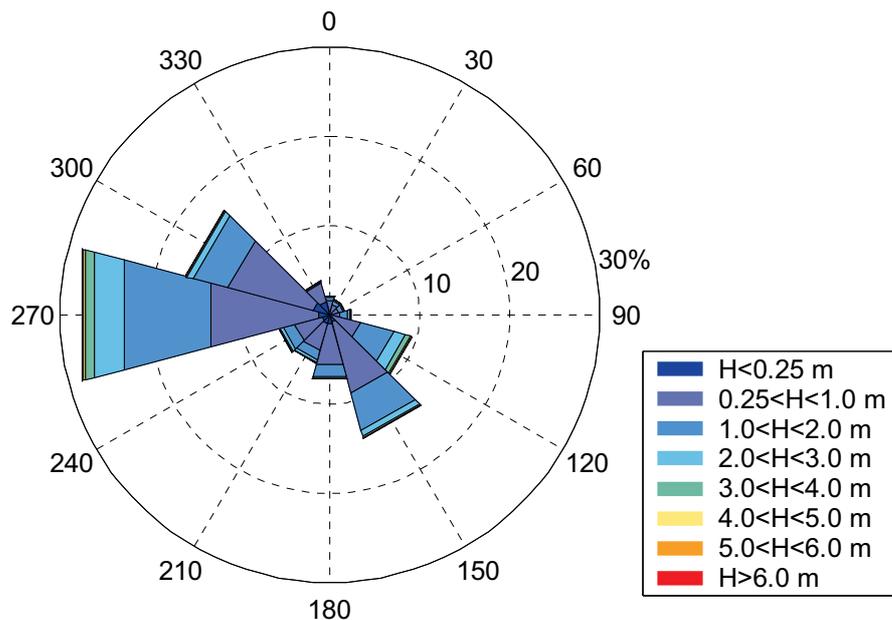


Figura 5.9 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo della trasposizione geografica per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.7.1989 – 13.12.2005.

5.3 Determinazione indiretta del moto ondoso attraverso il metodo SMB

5.3.1 Metodologia

Il metodo di previsione indiretta noto in letteratura come SMB, che prende il nome dai suoi autori *Sverdrup e Munk, 1947, Bretschneider 1958*, fornisce l'altezza ed il periodo dell'onda significativa a partire da relazioni empiriche espresse in termini della velocità del vento U rilevata a 10 m s.l.m.m., dell'estensione del *fetch* F (ovvero della distesa di mare libero su cui il vento spira con intensità e direzione costanti), e della durata t dell'evento eolico. Questo metodo costituisce l'approccio per l'analisi di previsione del moto ondoso più largamente utilizzato nella pratica ingegneristica, anche a causa della sua semplicità ed efficienza. Una sua corretta interpretazione e applicazione passa attraverso un'analisi del bilancio energetico nell'area di generazione del moto ondoso ad opera del vento.

In particolare il metodo SMB è una combinazione di procedure empiriche ed analitiche per determinare l'altezza caratteristica delle onde nota la velocità e la durata del vento.

Per gli eventi ondosi si distinguono tre particolari condizioni:

- evento limitato dal fetch
- evento limitato dalla durata
- evento completamente sviluppato

Un evento risulta limitato dal fetch se il vento soffia costante per un tempo abbastanza lungo affinché l'altezza delle onde alla fine del fetch raggiunga l'equilibrio.

In questo caso i parametri richiesti per l'applicazione del metodo SMB sono il fetch F e lo sforzo tangenziale U_A (velocità del vento corretta), che rappresenta un valore medio relativamente costante lungo il fetch.

E' opportuno sottolineare come la velocità del vento fornita dalle serie storiche debba essere corretta in modo da tener in conto il fatto che il dato di velocità del vento è fornito a terra e va traslato a mare, che, a causa della differenza di temperatura terra-aria, si deve effettuare una correzione di stabilità, e che bisogna tenere in conto la relazione non lineare tra velocità del vento e sforzi tangenziali sulla superficie del mare, al fine di ottenere la velocità di attrito. Infine i dati anemometrici sono stati corretti in modo da tenere in conto il fatto che mentre i dati ITAV sono misurati in un intervallo di poche decine di minuti, la velocità del vento che deve essere fornita al modello è quella media su tutto l'intervallo triorario.

L'altezza dello spettro dell'onda H_{m0} , il periodo di picco dello spettro T_m e la durata t che l'evento ventoso deve avere affinché si verifichino dette condizioni si ottengono dalle formule:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^3 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \quad (5.1)$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (5.2)$$

$$\frac{gt}{U} = 6.88 \times 10 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (5.3)$$

esplicitando H_{m0} , T_m , t si ottiene:

$$H_{m0} = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (5.4)$$

$$T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3} \quad (5.5)$$

$$t = 3.215 \times 10 \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (5.6)$$

essendo g l'accelerazione di gravità.

L'evento risulta limitato dalla durata se l'altezza delle onde risulta limitata dalla durata del tempo per cui il vento ha soffiato.

In questo caso la modellazione matematica del fenomeno viene effettuata calcolando a partire dalla (5.6) un fetch ridotto F_r :

$$F_r = \sqrt{\frac{t^3 U_A}{(3.215 * 10)^3}} \quad (5.7)$$

ed applicando le (5.4), (5.5) con al posto di F il fetch ridotto F_r dato dalla (5.8).

Qualora l'evento ondoso non risulti limitato né dal fetch né dalla durata esso si dice *completamente sviluppato* ed è analiticamente descritto dai rapporti adimensionali:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1}$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134$$

$$\frac{gt}{U_A} = 7.15 \times 10^4$$

esplicitando H_{m0} , T_m e t , inteso come la durata minima per cui il vento deve soffiare affinché l'evento ondoso si sviluppi completamente, si ottiene:

$$H_{m0} = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2$$

$$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A$$

$$t = 7.296 \times 10^3 U_A$$

Si osservi che le formule sopra riportate valgono esclusivamente nel Sistema di misura Internazionale.

Inoltre, si noti che per quanto riguarda i fetch, nei calcoli sono stati utilizzati i fetch efficaci del sito in esame.

5.3.2 Analisi del Clima ondoso al largo di Pozzallo

Applicando il metodo descritto al paragrafo precedente si è condotta la ricostruzione della serie delle caratteristiche del moto ondoso al largo del paraggio di Pozzallo mediante l'utilizzo del fetch geografico precedentemente ricavato e dei dati anemologici delle stazioni anemologiche di Pantelleria e di Gela.

La serie storica delle caratteristiche del moto ondoso ricavata dall'applicazione del metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria nel periodo 1.1.1980 - 1.10.2003 è stata sintetizzata riportando il numero di eventi per classi di altezza d'onda e per la direzione di provenienza (Tabella 5.VII) per classe di periodo medio (Tabella 5.VIII). In ognuna delle citate tabelle nelle prime due colonne vengono riportati gli estremi delle classi di altezza d'onda; nella terza colonna è riportata la frequenza di accadimento di una registrazione del valore dell'altezza significativa superiore al limite inferiore della classe stessa; nelle successive colonne vengono riportati i numeri di osservazioni per le classi indicate nelle righe in testa alla tabella.

Tabella 5.VII Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.

H1 (m)	H2 (m)	P(H≥H1)	Direzione di provenienza(°N)											
			-15° 15°	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°
0	0.25	100.000%	4107	3700	1046	173	95	118	281	395	164	88	254	1740
0.25	1	51.707%	1115	568	1941	1611	614	955	3736	3702	1737	2848	5449	5689
1	2	23.026%	13	3	143	875	522	1126	3170	900	744	1992	3360	496
2	3	3.458%	1	1	13	258	269	455	546	20	40	190	209	2
3	4	0.625%	-	-	-	41	134	130	38	-	2	4	12	1
4	5	0.145%	-	-	-	9	52	12	6	1	-	1	3	-
5	6	0.029%	1	-	-	-	11	1	-	1	3	-	-	-
6		0.024%	3	-	-	1	5	1	1	2	-	-	1	-

Tabella 5.VIII

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo medio Tm (s)							
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14
0	0.25	100.000%	4212	7635	314	-	-	-	-	-
0.25	1	51.707%	-	4205	19798	5962	-	-	-	-
1	2	23.026%	-	7	266	11203	1868	-	-	-
2	3	3.458%	-	-	-	23	1840	141	-	-
3	4	0.625%	-	-	-	1	43	318	-	-
4	5	0.145%	-	-	-	-	1	66	17	-
5	6	0.029%	-	-	-	-	-	5	12	-
6		0.024%	-	-	-	-	-	2	9	3

Come illustrato in Figura 5.10, il regime medio annuo del moto ondoso ricostruito con il metodo SMB presenta una predominanza del moto ondoso proveniente da Ovest-NordOvest e da Sud in termini di frequenza mentre una prevalenza del moto ondoso proveniente da Sud-Est in termini di massima altezza d'onda.

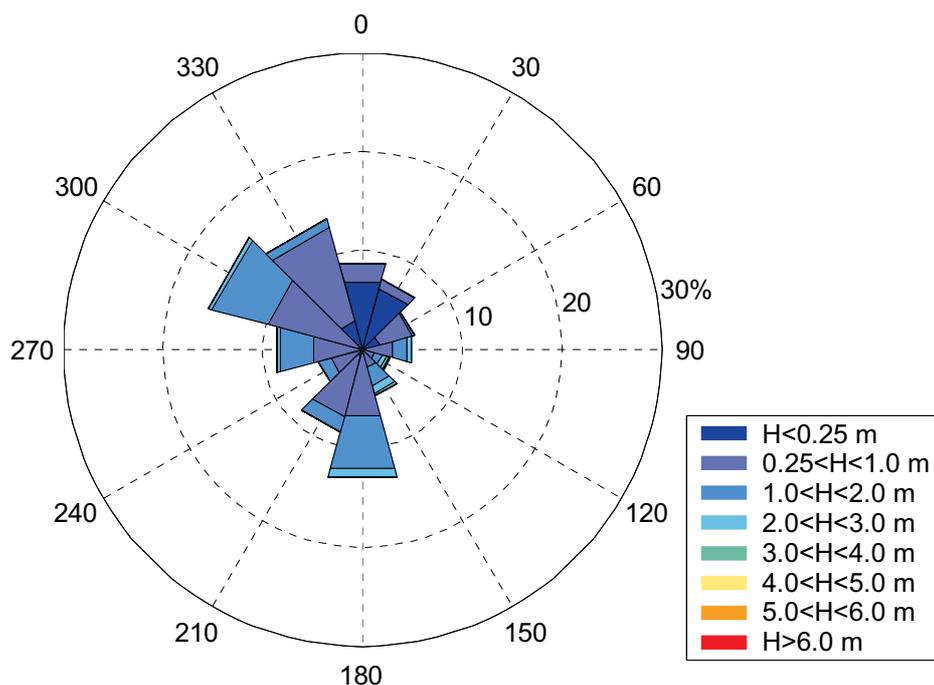


Figura 5.10 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo SMB per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.1.1980 – 1.10.2003 utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.

La serie storica delle caratteristiche del moto ondoso ricavata dall'applicazione del metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela nel periodo 1.8.1965 – 30.09.2003 è stata sintetizzata riportando il numero di eventi per classi di altezza d'onda e per la direzione di provenienza (Tabella 5.IX) per classe di periodo medio (Tabella 5.X). In ognuna delle citate tabelle nelle prime

due colonne vengono riportati gli estremi delle classi di altezza d'onda; nella terza colonna è riportata la frequenza di accadimento di una registrazione con valore dell'altezza significativa superiore al limite inferiore della classe stessa; nelle successive colonne vengono riportati i numeri di osservazioni per le classi indicate nelle righe in testa alla tabella.

Tabella 5.IX Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.

H1 (m)	H2 (m)	P(H≥H1)	Direzione di provenienza(°N)											
			-15° 15°	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°
0	0.25	100.000%	4359	7646	4830	647	26	32	566	884	367	296	331	1571
0.25	1	50.051%	828	927	9258	3471	1163	2058	3507	7127	4833	2836	3636	2833
1	2	18.109%	26	8	612	732	755	1087	823	1110	4046	4421	1554	195
2	3	5.287%	1	-	16	53	161	232	114	128	1306	2195	278	3
3	4	1.022%	-	-	-	5	34	47	13	25	159	524	59	1
4	5	0.097%	-	-	-	1	4	4	-	1	7	62	3	-
5	6	0.005%	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-
6	6	0.031%	3	-	2	4	-	2	1	4	2	4	4	-

Tabella 5.X Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo medio Tm (s)							
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14
0	0.25	100.000%	7480	13180	895	-	-	-	-	-
0.25	1	50.051%	-	5890	29670	6917	-	-	-	-
1	2	18.109%	-	8	339	12677	2345	-	-	-
2	3	5.287%	-	-	1	20	4399	67	-	-
3	4	1.022%	-	-	-	1	507	359	-	-
4	5	0.097%	-	-	-	-	-	82	-	-
5	6	0.005%	-	-	-	-	-	4	-	-
6	6	0.031%	-	-	-	-	-	3	18	5

Come illustrato in Figura 5.11, il regime medio annuo del moto ondoso ricostruito con il metodo SMB presenta una predominanza del moto ondoso proveniente da Ovest-NordOvest e da Sud in termini di frequenza mentre una prevalenza del moto ondoso proveniente da Sud-Est in termini di massima altezza d'onda.

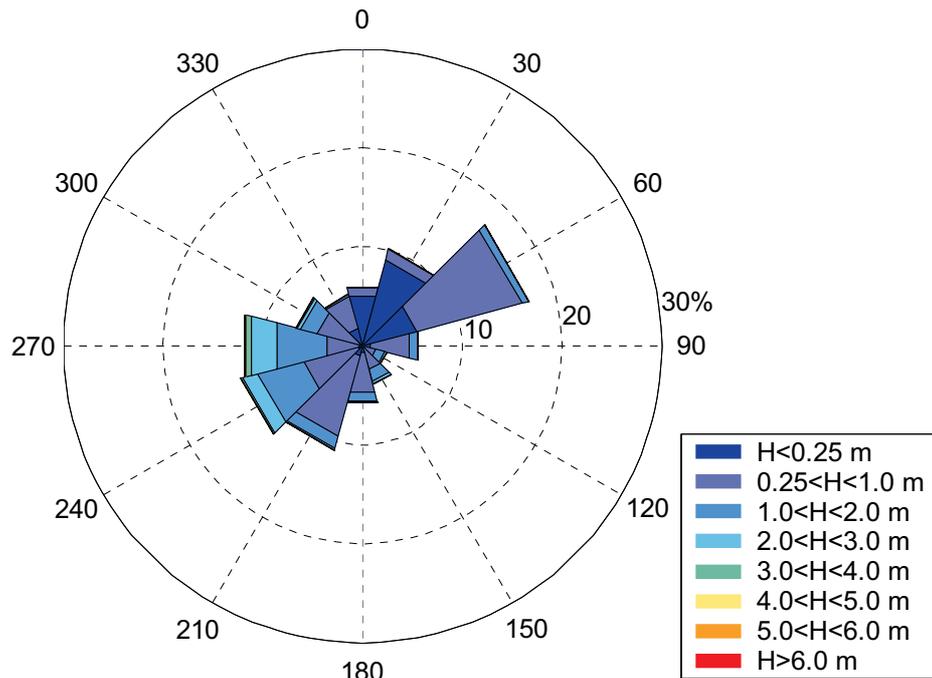


Figura 5.11 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo SMB per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.1.1980 – 1.10.2003 utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.

5.4 Determinazione indiretta del moto ondoso attraverso i dati forniti dal UKMO

5.4.1 Generalità sul Modello Ondametrico Europeo

Al fine della caratterizzazione del clima meteomarinò al largo, si è fatto anche uso dei dati ondametrici UKMO (Ufficio Meteorologico del Regno Unito) in dotazione alla Provincia Regionale di Ragusa e forniti a chi scrive dal Committente.

È opportuno precisare che tali dati sono da intendersi non come osservazioni dirette, ma piuttosto come il risultato di generazioni sintetiche di dati ottenute tramite l'applicazione successiva di due modelli caratterizzati da scale spaziali notevolmente differenti e per questo definiti Modello Globale e Modello Europeo. Detti modelli sono basati sull'elaborazione di campi di vento e forniscono l'elevazione della superficie libera dei mari dovuta all'azione tangenziale del vento, schematizzata in termini di spettro di energia.

I due modelli sono il risultato di una serie di evoluzioni del modello in uso dal 1976. Più precisamente, il Modello Globale è caratterizzato da una spaziatura di griglia pari a circa 150 km e fornisce le condizioni al contorno per il Modello Europeo, che presenta invece una spaziatura di griglia pari a circa 25-30 km. I modelli sono continuamente calibrati in tempo reale attraverso i dati provenienti da boe fisse, da piattaforme petrolifere, da navi in transito e da misurazioni via satellite. I modelli forniscono dati due volte al giorno riferite alle precedenti dodici ore (utilizzate come archivio) e alle successive 36 (distribuite per le previsioni meteorologiche e ondametriche).

Il Modello Europeo di previsione delle onde fornisce dati nella sua configurazione attuale dal 1986. In particolare l'archivio contiene le previsioni delle condizioni del mare (venti, onde di vento e onde di swell) con intervallo di 6 ore da Ottobre 1986 a Giugno 1988, e con intervallo triorario dal Giugno 1988 in poi.

Il modello fornisce oltre all'altezza significativa H_s , al periodo d'onda medio T_m e alla direzione θ_m , lo spettro direzionale con 16 componenti direzionali e 13 componenti in frequenza. È opportuno ricordare che lo spettro direzionale rappresenta la distribuzione dell'energia delle componenti del moto ondoso in funzione della loro frequenza e della loro direzione di propagazione.

I dati utilizzati in questa sede sono riferiti al periodo che va dal giorno 1 ottobre 1986 al giorno 31 marzo 2002.

5.4.2 Analisi del Clima Ondoso al largo di Pozzallo

La serie storica delle caratteristiche del moto ondoso al largo del litorale in esame nel periodo 1.10.1986 – 31.03.2002 è stata sintetizzata riportando il numero di eventi per classi di altezza d'onda e per la direzione di provenienza (Tabella 5.XI), per classe di periodo medio (Tabella 5.XII) e per classe di periodo di picco (Tabella 5.XIII). In ognuna delle citate tabelle nelle prime due colonne vengono riportati gli estremi delle classi di altezza d'onda; nella terza colonna è riportata la frequenza di accadimento, rispetto alla popolazione in assenza di calme, di una registrazione del valore dell'altezza significativa superiore al limite inferiore della classe stessa; nelle successive colonne vengono riportati i numeri di osservazioni per le classi indicate nelle righe in testa alla tabella.

Come illustrato in Figura 5.12, il regime medio annuo del moto ondoso è caratterizzato da una predominanza del moto ondoso proveniente da Ovest sia in termini di frequenza che di massima altezza d'onda.

Tabella 5.XI Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.

H1 (m)	H2 (m)	P(H≥H1)	Direzione di provenienza(°N)											
			-15° 15°	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°
0	0.25	100.000%	1389	1533	3024	2448	2106	2205	2536	2974	4803	7079	6745	2320
0.25	1	44.591%	1093	1270	2603	4959	3719	2933	3019	2730	4766	17852	7228	2015
1	2	15.708%	-	-	30	795	2907	1825	1353	1230	2372	8462	112	2
2	3	5.910%	-	-	-	225	1277	691	261	298	1151	3279	-	-
3	4	1.424%	-	-	-	25	442	205	35	66	309	649	-	-
4	5	0.137%	-	-	-	1	49	11	-	9	67	29	-	-
5	6	0.003%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
6		0.000%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 5.XII

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo medio Tm (s)							
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14
0	0.25	100.000%	13937	25225	-	-	-	-	-	-
0.25	1	44.591%	-	54187	-	-	-	-	-	-
1	2	15.708%	-	5805	13283	-	-	-	-	-
2	3	5.910%	-	-	6018	1164	-	-	-	-
3	4	1.424%	-	-	3	1728	-	-	-	-
4	5	0.137%	-	-	-	166	-	-	-	-
5	6	0.003%	-	-	-	4	-	-	-	-
6		0.000%	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 5.XIII

Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.

H ₁ (m)	H ₂ (m)	P(H≥H ₁)	Periodo di picco Tp (s)								
			0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14 16	16
0	0.25	100.000%	3301	27023	-	-	-	-	-	-	-
0.25	1	48.088%	-	45236	8595	311	45	-	-	-	-
1	2	16.940%	-	7	15202	3651	228	-	-	-	-
2	3	6.374%	-	-	6	5276	1900	-	-	-	-
3	4	1.536%	-	-	-	62	1666	3	-	-	-
4	5	0.147%	-	-	-	-	148	18	-	-	-
5	6	0.004%	-	-	-	-	-	4	-	-	-
6		0.000%	-	-	-	-	-	-	-	-	-

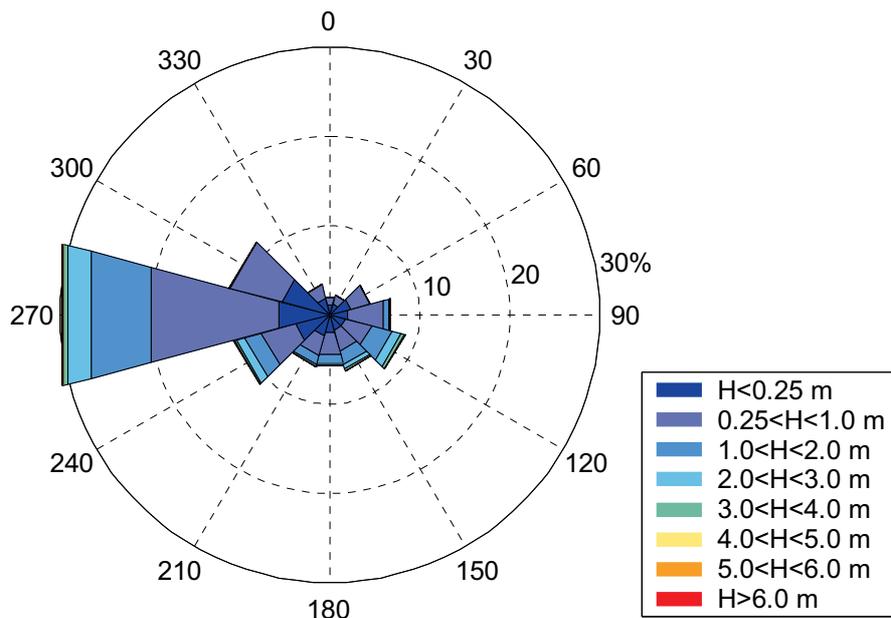


Figura 5.12 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati UKMO per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.10.1986 – 31.03.2002.

5.5 Confronto sui dati ondametrici disponibili

È stato condotto un confronto tra le tre diverse serie di dati disponibili sul clima ondoso al largo di Pozzallo sopra descritti. In particolare, un confronto di massima effettuato sull'analisi di persistenza descritta nei paragrafi precedenti ha mostrato un buon accordo tra la distribuzione dei dati ottenuti dalla trasposizione geografica della serie storica dei dati della boa ondametrica di Mazara del Vallo e dei dati UKMO, mentre i dati ricavati dall'applicazione del modello SMB (sia con i dati di vento di Pantelleria che con quelli di Gela) appaiono fornire una ricostruzione del regime ondametrico difforme dalle altre serie adottate.

Per tale ragione si è proceduto ad analizzare i dati della serie ottenuta dalla trasposizione geografica e della serie UKMO, confrontati in Figura 5.13.

I risultati hanno mostrato un buon accordo tra le due suddette serie di dati, in particolar modo per quanto attiene alla serie delle altezze d'onda.

Detto confronto ha anche messo in rilievo come la serie dei dati forniti dal modello ondametrico europeo dell'UKMO segua in modo corretto l'andamento dei dati ondametrici rilevati dalla boa accelerometrica di Mazara del Vallo e trasposti a largo di Pozzallo, ma ne sottostimi i valori di picco. Infatti, come si evince dalla citata Figura 5.13, nel periodo di sovrapposizione delle due serie si evidenzia come i dati relativi al modello UKMO sottostimino sistematicamente le altezze d'onda degli eventi più energetici.

Per quanto attiene ai risultati ottenuti dalla trasposizione dei dati forniti dalla boa ondametrica di Mazara del Vallo, si è osservata una mancanza di affidabilità nell'individuazione della direzione di provenienza del moto ondoso, particolarmente per quanto attiene agli eventi con basso valore energetico (piccola altezza d'onda).

Per tali ragioni, si è deciso di utilizzare i risultati ottenuti dalla trasposizione dei dati della boa ondametrica di Mazara del Vallo per effettuare l'analisi probabilistica dei valori estremi di altezza d'onda e i dati UKMO per ricostruire invece la distribuzione energetica del moto ondoso al largo del paraggio di Pozzallo.

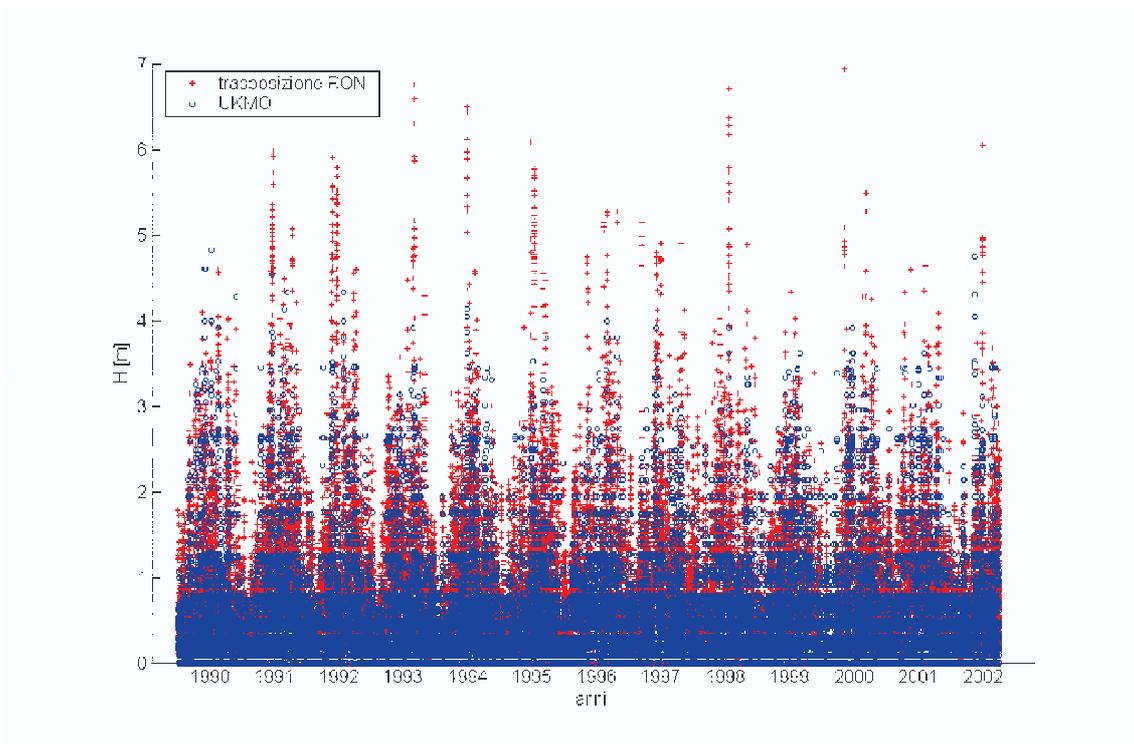


Figura 5.13 Confronto tra le serie di altezze d'onda ricavate dalla trasposizione geografica dei rilievi effettuati dalla boa ondometrica di Mazara e dal modello ondometrico europeo del UKMO per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.09.1989 – 31.03.2002.

5.6 Previsione del moto ondoso per eventi estremi al largo del paraggio in esame

5.6.1 Serie dei valori estremi di altezze d'onda

La serie dei dati ondometrici ricavati nel paragrafo precedente, attraverso il metodo della trasposizione geografica, è stata utilizzata per caratterizzare gli eventi estremi prevedibili al largo della costa di Pozzallo nel periodo 1.07.1989-13.12.2005.

Inoltre, al fine di individuare il settore di traversia che interessa l'area in esame è stato utilizzato il metodo del tracciamento inverso dei raggi d'onda. Tale modello utilizza la stessa base scientifica del modello illustrato nel paragrafo 6.2. In dettaglio, nella Figura 5.14 e nella Tavola 4 vengono illustrati i risultati dell'applicazione del suddetto modello considerando come origine dei raggi un punto posto in prossimità dell'area di interesse, utilizzando la stessa griglia di calcolo descritta nel paragrafo 6.3. I risultati forniti dal modello evidenziano come gli eventi ondosi che possono interessare l'area in esame possono provenire da un settore compreso tra 100°N e 247°N.

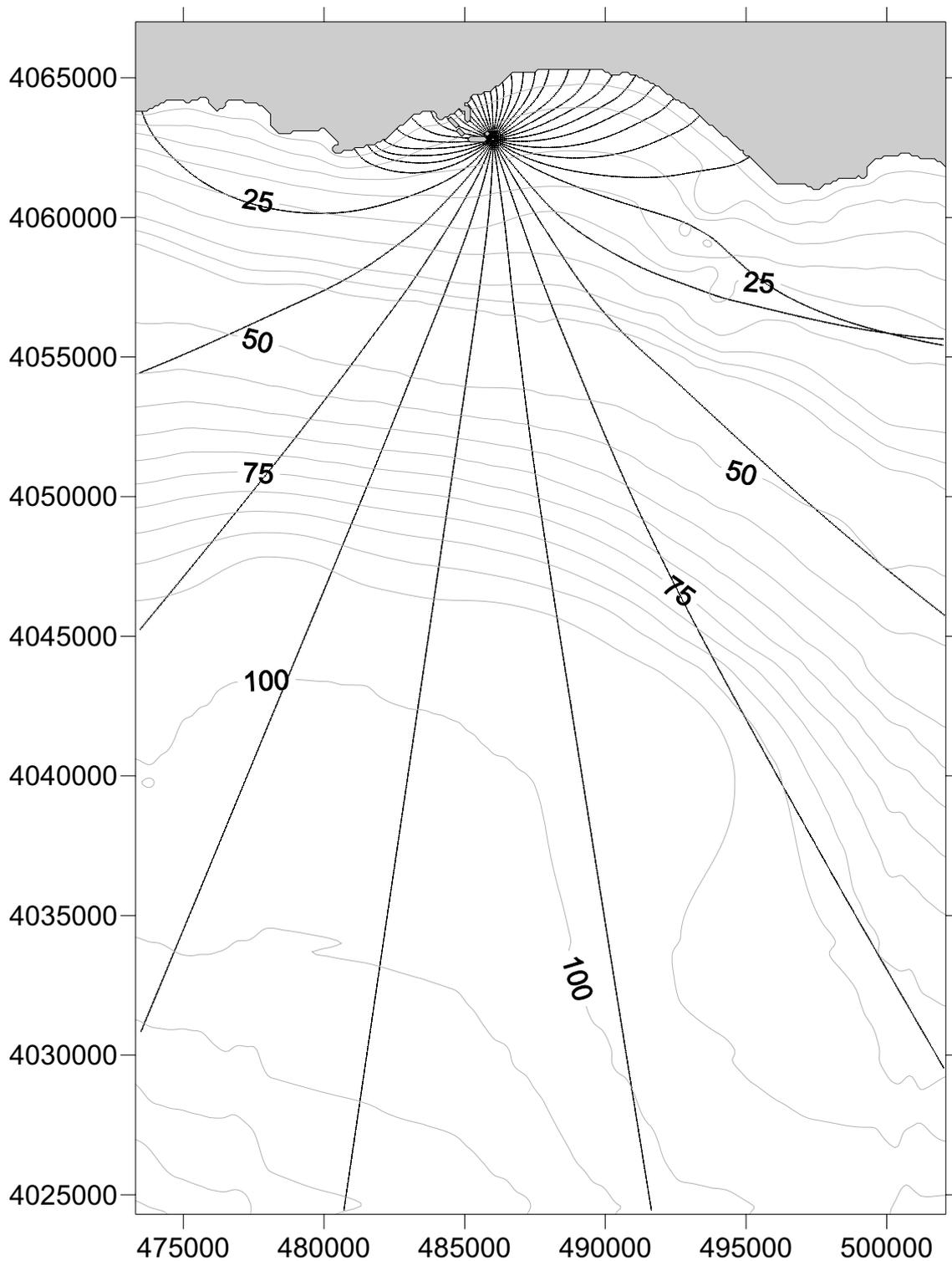


Figura 5.14 Individuazione del settore di traversia in riferimento alla baia di Pozzallo mediante l'applicazione del modello di rifrazione inversa (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

Più in dettaglio, dalla serie dei dati originari sono state ricavate le serie delle altezze massime delle mareggiate per fissate classi di direzione di provenienza. Al fine di condurre un'analisi di sensitività dei risultati al variare dell'ampiezza delle classi di direzione, le analisi sono state condotte sia con classi di ampiezza di 45° centrate nelle direzioni 90°N , 135°N , 180°N e 225°N , sia con classi di ampiezza di

22.5° centrate nelle direzioni 90°N, 112.5°N, 135°N, 157.5°N, 180°N, 202.5°N, 225°N e 247.5°N.

Poiché la serie dei dati a disposizione copre un arco temporale di circa sedici anni, per valutare con criteri probabilistici gli eventi estremi a largo non è stato ritenuto opportuno utilizzare la serie dei massimi annuali perché troppo breve. È stato invece ritenuto più corretto utilizzare la serie degli eventi estremi al di sopra di fissate soglie di altezza d'onda corrispondenti al valore di altezza d'onda che consenta di avere un numero significativo di mareggiate qui assunto pari a 35. In particolare sono state scelte le soglie riportate in Tabella 5.XIV e Tabella 5.XV rispettivamente per l'analisi con classi di 45° e di 22.5°.

Tabella 5.XIV Valori di soglia utilizzati per individuare la serie delle altezze d'onda estreme per classi di ampiezza 45°.

Direzione	Altezza d'onda di soglia
	[m]
90°	3,97
135°	4,30
180°	3,09
225°	3,50

Tabella 5.XV Valori di soglia utilizzati per individuare la serie delle altezze d'onda estreme per classi di ampiezza 22.5°.

Direzione	Altezza d'onda di soglia
	[m]
90°	3.66
112.5°	4.26
135°	3.91
157.5°	2.79
180°	2.79
202.5°	2.96
225°	3.13
247.5°	3.34

Le Tabella 5.XVI e Tabella 5.XVII riportano per ognuna delle classi considerate la serie delle altezze d'onda significative utilizzate per lo studio degli eventi estremi ordinate in modo decrescente, rispettivamente per l'analisi con classi di direzione di ampiezza 45° e 22.5°.

Tabella 5.XVI

Serie delle altezze d'onda significative utilizzata per l'analisi degli eventi estremi per classi di ampiezza 45°.

N	H _s [m]			
	90°N	135°N	180°N	225°N
1	7.16	7.34	5.90	5.61
2	6.32	6.94	5.34	5.57
3	6.09	6.76	4.78	5.57
4	5.93	6.05	4.54	5.48
5	5.76	5.98	4.47	5.26
6	5.65	5.87	4.29	5.18
7	5.54	5.75	4.02	4.99
8	5.46	5.55	3.99	4.56
9	5.39	5.28	3.79	4.35
10	5.34	5.27	3.76	4.34
11	5.26	5.09	3.75	4.26
12	4.93	4.90	3.62	4.24
13	4.83	4.86	3.60	4.24
14	4.73	4.77	3.54	4.21
15	4.72	4.75	3.53	4.09
16	4.71	4.72	3.50	4.06
17	4.71	4.59	3.46	4.01
18	4.67	4.58	3.44	3.95
19	4.64	4.55	3.43	3.90
20	4.59	4.55	3.43	3.86
21	4.55	4.55	3.43	3.84
22	4.52	4.53	3.41	3.75
23	4.52	4.52	3.36	3.74
24	4.51	4.49	3.27	3.73
25	4.47	4.48	3.23	3.73
26	4.39	4.46	3.20	3.73
27	4.34	4.44	3.18	3.66
28	4.33	4.42	3.18	3.66
29	4.12	4.39	3.17	3.64
30	4.10	4.37	3.16	3.58
31	4.08	4.36	3.15	3.57
32	4.05	4.36	3.14	3.56
33	4.04	4.33	3.12	3.56
34	4.01	4.32	3.10	3.53
35	3.97	4.29	3.09	3.50

Tabella 5.XVII

Serie delle altezze d'onda significative utilizzata per l'analisi degli eventi estremi per classi di ampiezza 22.5°.

N	H _s [m]							
	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	180°N	202.5N	225°N	247.5°N
1	7.16	7.34	7.14	5.75	5.90	5.57	5.57	5.61
2	6.32	6.94	6.76	5.27	5.34	5.48	5.18	5.55
3	6.09	6.43	5.98	4.54	4.78	5.26	4.76	5.52
4	5.93	6.05	5.28	4.29	4.47	4.60	4.73	4.99
5	5.76	5.55	5.27	3.79	4.02	4.29	4.56	4.90
6	5.65	5.54	4.90	3.65	3.76	4.01	4.24	4.87
7	5.39	5.46	4.86	3.58	3.76	3.99	4.24	4.87
8	5.34	5.15	4.75	3.53	3.62	3.99	4.21	4.80
9	5.26	5.11	4.72	3.53	3.60	3.78	3.96	4.57
10	4.83	5.09	4.59	3.39	3.54	3.75	3.73	4.55
11	4.72	4.96	4.58	3.30	3.50	3.66	3.73	4.35
12	4.67	4.93	4.55	3.29	3.44	3.57	3.73	4.34
13	4.59	4.83	4.55	3.20	3.43	3.53	3.66	4.26
14	4.55	4.77	4.55	3.18	3.43	3.46	3.64	4.09
15	4.42	4.75	4.53	3.14	3.43	3.45	3.58	4.09
16	4.05	4.73	4.49	3.12	3.27	3.41	3.56	4.06
17	4.04	4.71	4.48	3.11	3.23	3.40	3.51	3.98
18	4.01	4.71	4.42	3.10	3.17	3.39	3.50	3.90
19	3.93	4.64	4.37	3.09	3.14	3.36	3.41	3.86
20	3.91	4.62	4.36	3.09	3.10	3.36	3.40	3.84
21	3.91	4.52	4.32	3.08	3.08	3.27	3.38	3.75
22	3.90	4.52	4.29	3.02	3.02	3.27	3.38	3.74
23	3.89	4.52	4.29	3.02	3.01	3.20	3.31	3.67
24	3.87	4.51	4.25	2.94	3.01	3.20	3.31	3.62
25	3.84	4.47	4.22	2.92	3.01	3.18	3.30	3.58
26	3.83	4.46	4.18	2.85	2.99	3.16	3.26	3.53
27	3.83	4.44	4.12	2.85	2.96	3.15	3.24	3.46
28	3.76	4.39	4.10	2.85	2.92	3.15	3.23	3.44
29	3.73	4.39	4.00	2.84	2.86	3.12	3.23	3.42
30	3.73	4.36	3.96	2.84	2.85	3.09	3.22	3.40
31	3.72	4.34	3.96	2.84	2.82	3.09	3.19	3.38
32	3.71	4.33	3.95	2.80	2.82	3.08	3.17	3.37
33	3.69	4.33	3.95	2.80	2.80	3.06	3.15	3.36
34	3.68	4.31	3.94	2.80	2.80	2.97	3.13	3.36
35	3.66	4.26	3.91	2.79	2.79	2.96	3.13	3.34

5.6.2 Distribuzioni di probabilità delle onde estreme utilizzate

Per ognuna delle serie in esame ossia per le diverse direzioni, si è verificato l'adattamento di diverse distribuzioni probabilistiche usualmente impiegate per l'analisi di eventi estremi. In particolare si sono utilizzate la distribuzione di Gumbel, la distribuzione log Normale e la distribuzione di Weibull, quest'ultima facendo assumere all'esponente della variabile ridotta quattro diversi valori.

Distribuzione di Gumbel

È noto che qualunque sia la distribuzione di probabilità originaria, la distribuzione del massimo valore $P_N(x>X)$ tende asintoticamente alla funzione esponenziale:

$$P(x > X) = e^{-e^{-y}}$$

dove: $y = \frac{x - u}{\alpha}$

I parametri u e α della distribuzione di Gumbel possono essere valutati agevolmente con il metodo di massima verosimiglianza dalla media μ e dallo scarto σ della del campione secondo le formule seguenti:

$$u = \mu - 0,5772 \alpha$$

$$\alpha = \frac{\sigma}{1,283}$$

In altre parole, la distribuzione di Gumbel è una distribuzione a due parametri α e u dipendenti dalla media μ e dallo scarto quadratico medio σ della serie dei dati del campione.

Distribuzione Lognormale

Nella distribuzione lognormale la serie dei logaritmi della variabile originaria segue la distribuzione normale di Gauss, ossia la distribuzione di seguito riportata:

$$P(x > X) = \Phi\left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right)$$

Distribuzione di Weibull

Nella distribuzione dei valori estremi di Weibull la distribuzione del massimo valore $P_N(x)$ è data dalla relazione:

$$P(x > X) = e^{-\left(\frac{x-B}{A}\right)^k}$$

La determinazione dei parametri della distribuzione di Weibull è stata condotta utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Ricordando che la funzione di Weibull può risciversi come $X = AY + B$, in cui Y è la variabile ridotta pari a:

$Y = \left[\frac{1}{k} \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{i}{n+1}\right)\right) - F\right]^{-\frac{1}{k}} = \left[\frac{1}{k} \ln(P(x > X))\right]^{-\frac{1}{k}}$, la procedura di interpolazione può riassumersi nella maniera seguente:

- si organizzano i dati relativi agli "n" eventi estremi in ordine decrescente (ossia, $x_i = 1, 2, \dots, n$, con $x_1 = \max(x_i)$);
- si assegna una probabilità di non superamento F_i a ciascun valore x_i con una delle formule relative al "plotting point", così da ottenere n coppie di punti (F_i, x_i); tale probabilità di non superamento F_i viene usualmente calcolata tramite la frequenza del campione, ossia: $F_i = 1 - i/(n+1)$ in cui, con riferimento al campione ordinato in ordine decrescente, $i=1, \dots, n$ (n essendo la dimensione del campione);
- si calcolano i corrispondenti valori y forniti dall'espressione di Weibull, ottenendo così un ulteriore insieme di coppie di n punti (y_i, x_i);
- si determinano i coefficienti di regressione della equazione lineare $X = AY + B$.

Applicazione del test del χ^2 .

Dopo aver calcolato i parametri delle sopra descritte distribuzioni di probabilità di eventi estremi, è necessario procedere alla verifica di adattamento delle stesse ai dati originari sia attraverso il confronto grafico della serie delle frequenze osservate con le distribuzioni teoriche ottenute sia attraverso il test di Pearson o del χ^2 .

Il test di Pearson o del χ^2 consente di verificare quanto una distribuzione si adatta bene ad una serie di dati e quindi anche quale distribuzione tra più proposte si adatta meglio alla stessa serie.

Il test si effettua confrontando il χ^2 calcolato con il χ^2 teorico determinato in base ai gradi di libertà e al livello di significatività. Se il χ^2 calcolato risulta minore del χ^2 teorico il test è soddisfatto al livello di significatività stabilito e la distribuzione scelta si adatta alla serie dei dati.

I gradi di libertà sono:

$$g=k-p-1=4$$

dove k = numero di classi equiprobabili, pari a un quinto del campione

p = numero di parametri di distribuzione

Il χ^2 calcolato è dato dalla relazione:

$$\chi^2_{calcolato} = \sum_{i=1}^K \frac{(N_c - N_t)^2}{N_t}$$

dove N_c = numero dati che ricadono all'interno di una classe equiprobabile

N_t = numero di dati che teoricamente ricadono all'interno di una classe equiprobabile

Al livello di significatività pari a 0.05 e con gradi di libertà pari a 4, il χ^2 teorico risulta pari a 9,49.

5.6.3 Individuazione dei parametri delle distribuzioni di probabilità

5.6.3.1 Classi direzionali di ampiezza 45°

Le Tabelle A.I -A.IV riportate in appendice mostrano i valori delle variabili utilizzate per il calcolo dei parametri delle distribuzioni dei valori estremi per la serie delle altezze d'onda significativa e per le tre classi di direzione considerate. In particolare, in ognuna delle suddette tabelle, la prima colonna riporta il numero d'ordine del valore dell'altezza d'onda i , la seconda colonna riporta la frequenza di Weibull $f=i/(n+1)$, la terza colonna riporta l'altezza d'onda H_s , la quarta la variabile ridotta di Gumbel, la quinta il logaritmo dell'altezza d'onda, mentre dalla sesta alla nona colonna è riportata la variabile ridotta della distribuzione di Weibull secondo i valori dell'esponente k pari rispettivamente a 0.75, 1.0, 1.4 e 2.

Il confronto grafico della serie delle frequenze osservate con le distribuzioni teoriche ottenute è riportato dalla Figura 5.15 alla Figura 5.38, mentre le Tabelle A.V-A.XXVIII, riportate in appendice, mostrano le elaborazioni effettuate per applicare il Test di Pearson alle distribuzioni di probabilità ricavate nel presente paragrafo.

I risultati dell'applicazione del test χ^2 alle distribuzioni in esame sono state sintetizzate nella Tabella 5.XVIII in cui per ogni direzione di provenienza del moto ondosso e per ogni distribuzione adottata è stato riportato il valore del χ^2 calcolato.

Tabella 5.XVIII

Risultati del test di Pearson alle distribuzioni di probabilità per eventi estremi adottate.

Distribuzione	Direzione di provenienza del moto ondoso			
	90°N	135°N	180°N	225°N
Gumbel	6.0	18.4	15.6	16.8
lognormale	8.8	27.6	18.4	16.4
Weibull(k=0.75)	4.0	8.0	6.8	7.6
Weibull(k=1.0)	6.4	16.0	14.8	6.0
Weibull(k=1.4)	6.0	15.6	13.2	11.2
Weibull(k=2.0)	6.0	19.6	16.0	26.4

I risultati del test di Pearson mostrano come non tutte le distribuzioni per eventi estremi si adattino alle serie in esame.

In conclusione, dalle indicazioni fornite dal test di Pearson, si è deciso di utilizzare per l'analisi degli eventi estremi la distribuzione di Weibull con $k=0.75$ per l'analisi inerente ai settori di provenienza centrati a 90°N, 135°N e 180°N, e la distribuzione di Weibull con $k=1.00$ per l'analisi inerente al settore di provenienza centrato a 225°N.

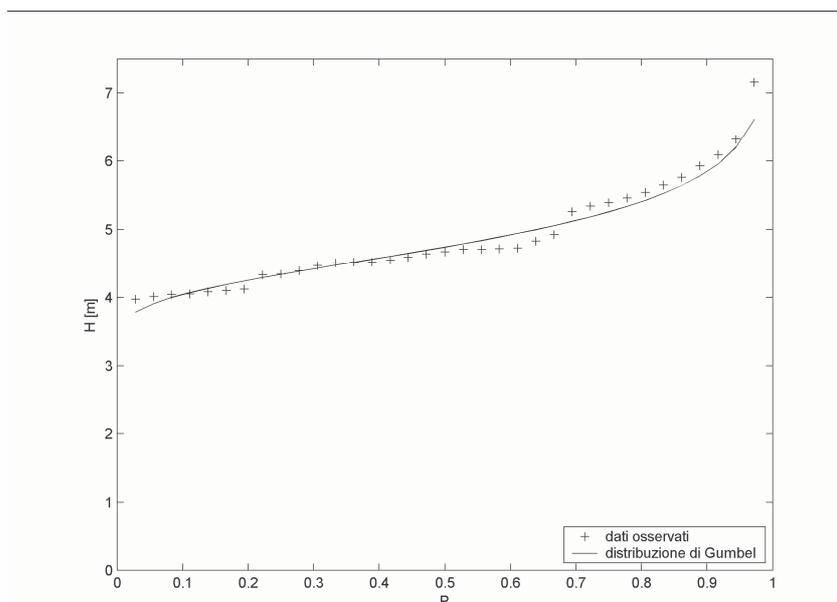


Figura 5.15

Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.

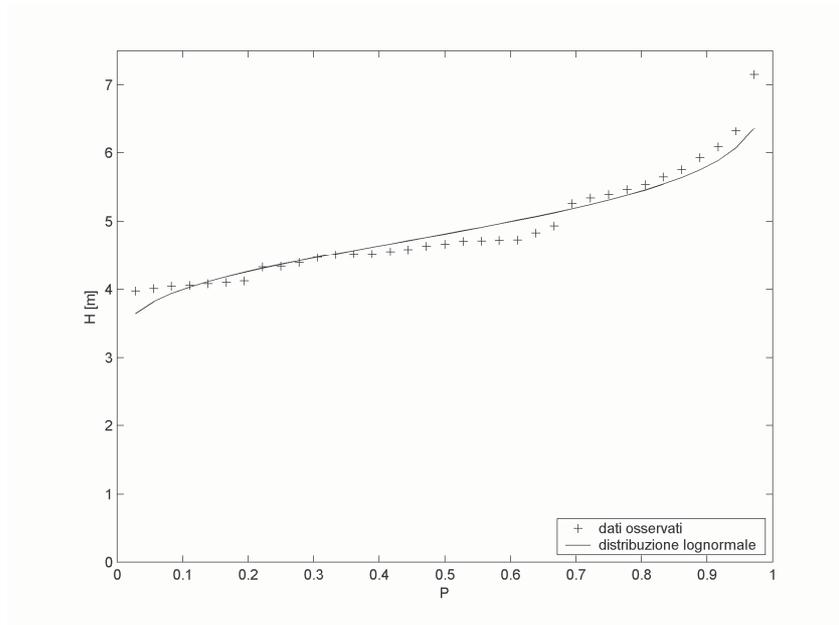


Figura 5.16 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.

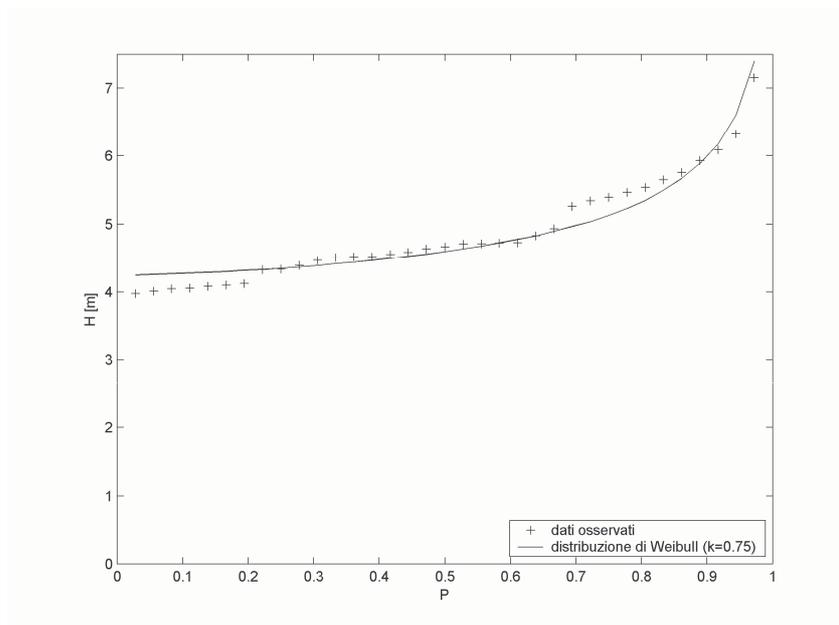


Figura 5.17 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.

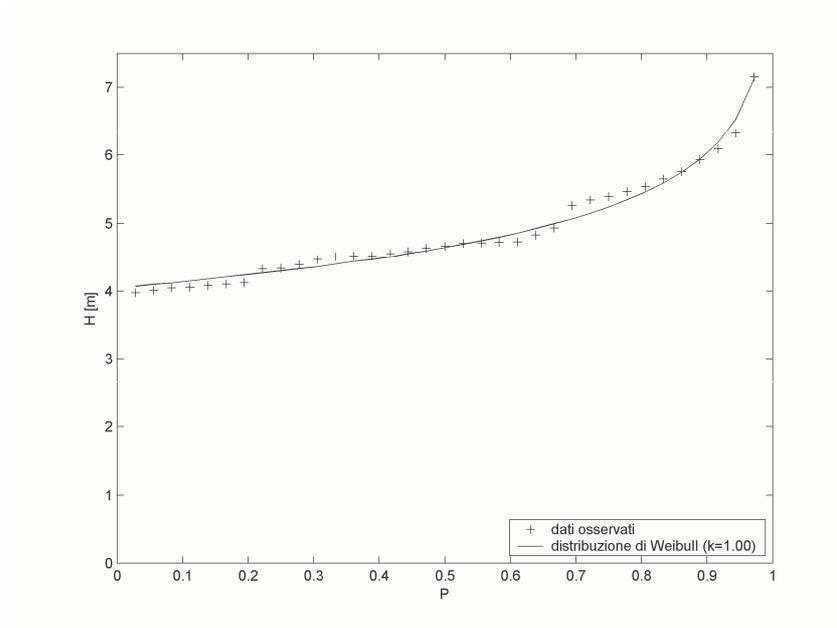


Figura 5.18 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90° N – ampiezza classi di direzione 45° .

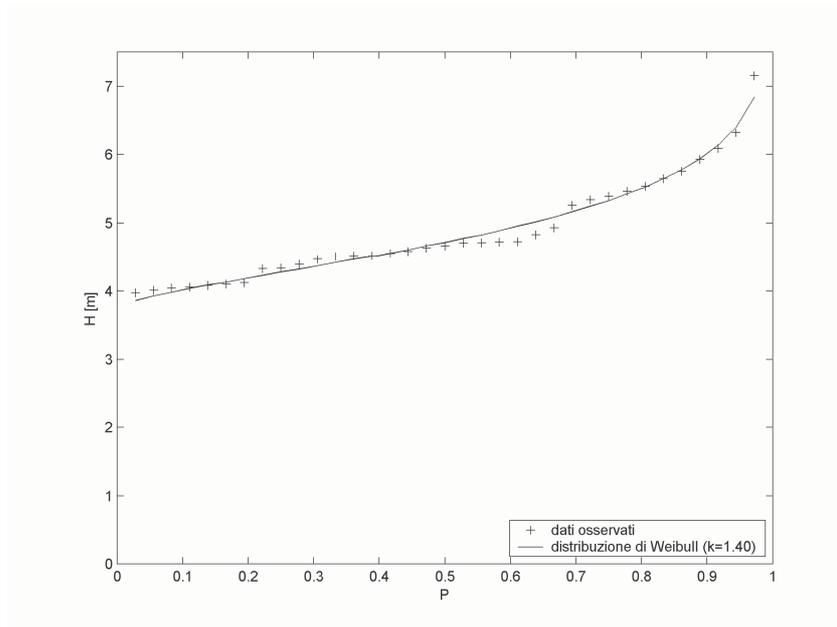


Figura 5.19 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 90° N – ampiezza classi di direzione 45° .

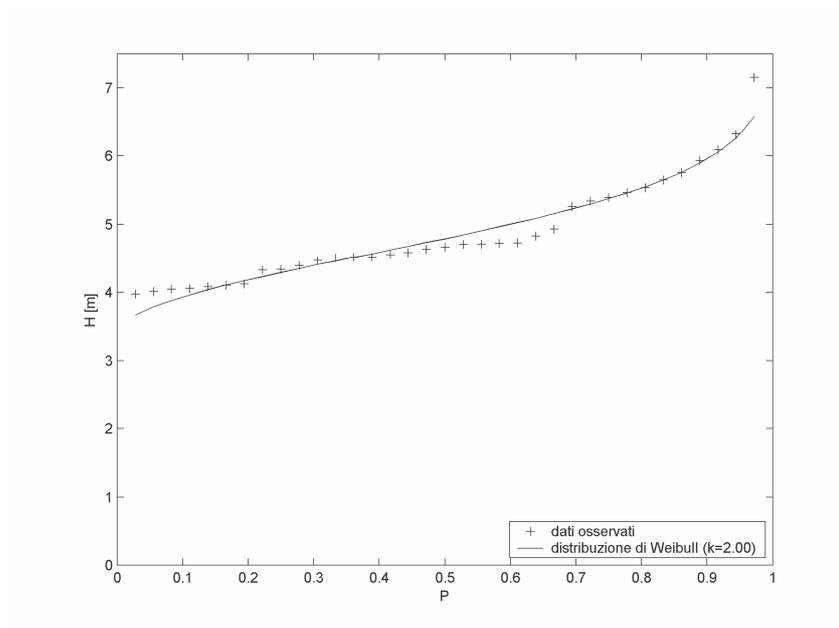


Figura 5.20 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 45° .

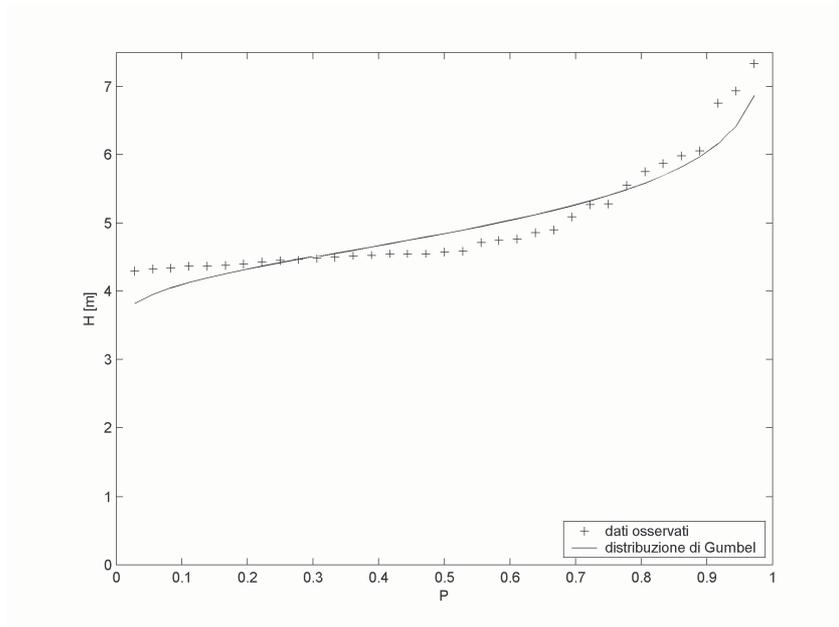


Figura 5.21 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 45° .

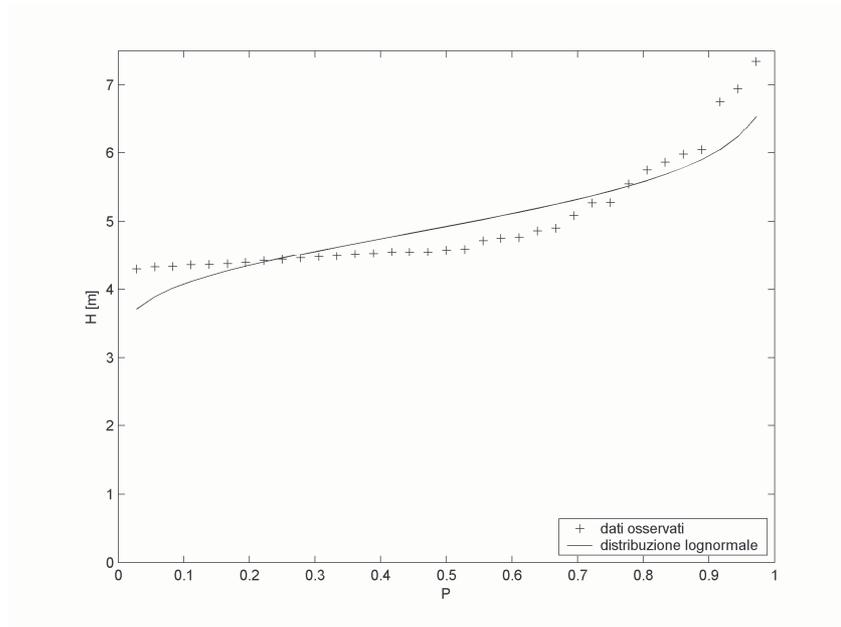


Figura 5.22 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.

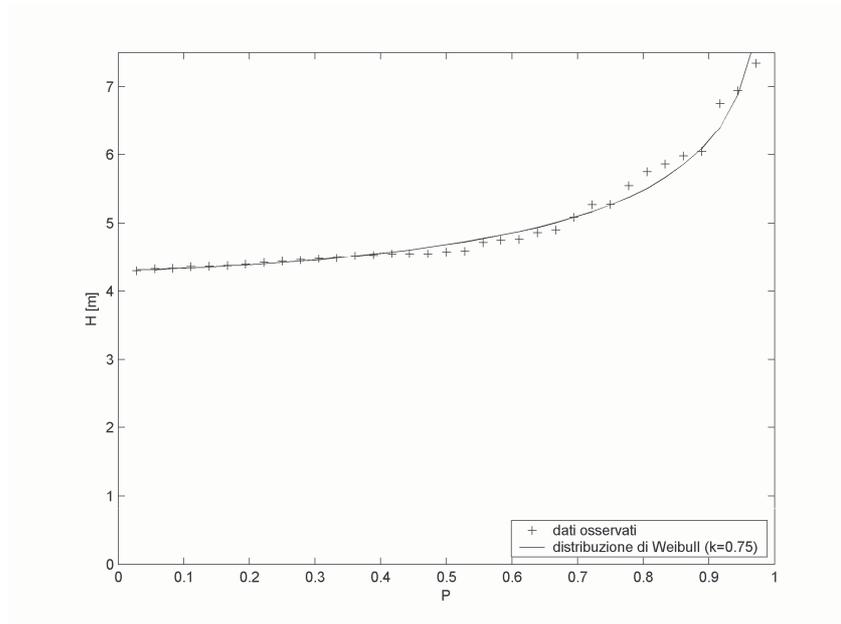


Figura 5.23 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.

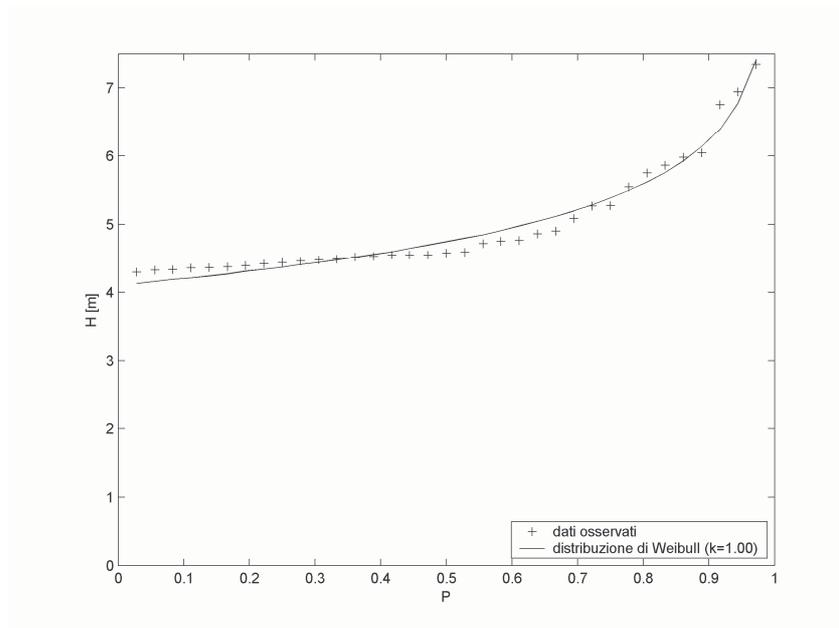


Figura 5.24 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 45° .

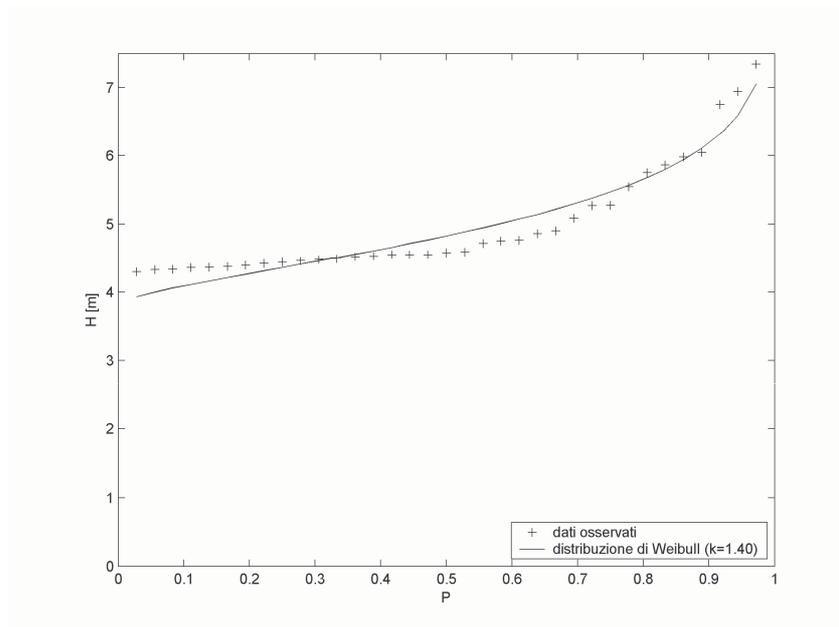


Figura 5.25 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 45° .

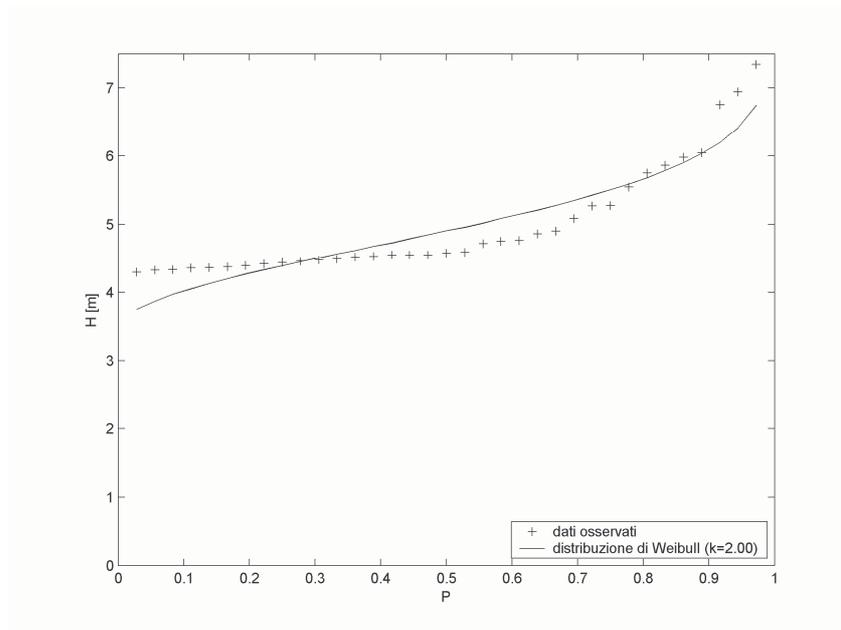


Figura 5.26 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

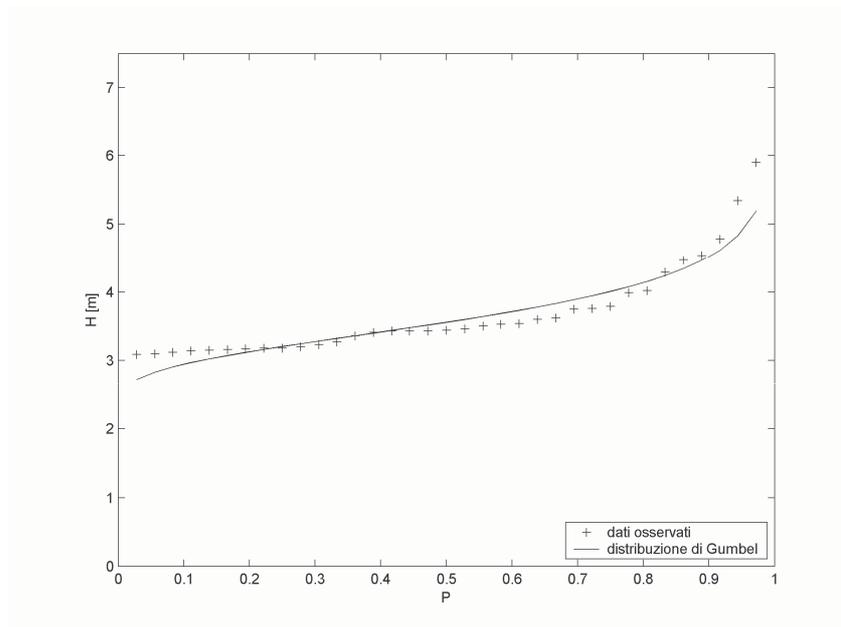


Figura 5.27 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

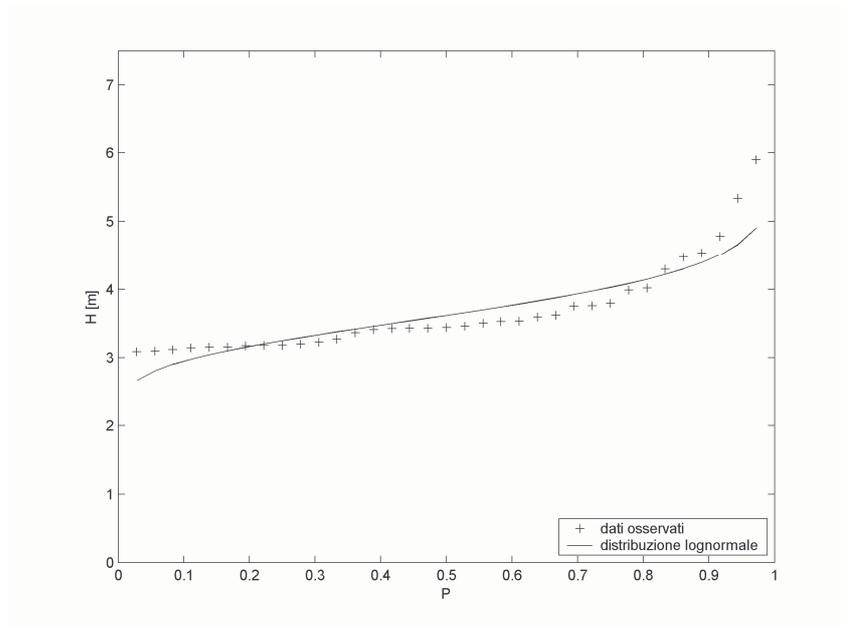


Figura 5.28 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.

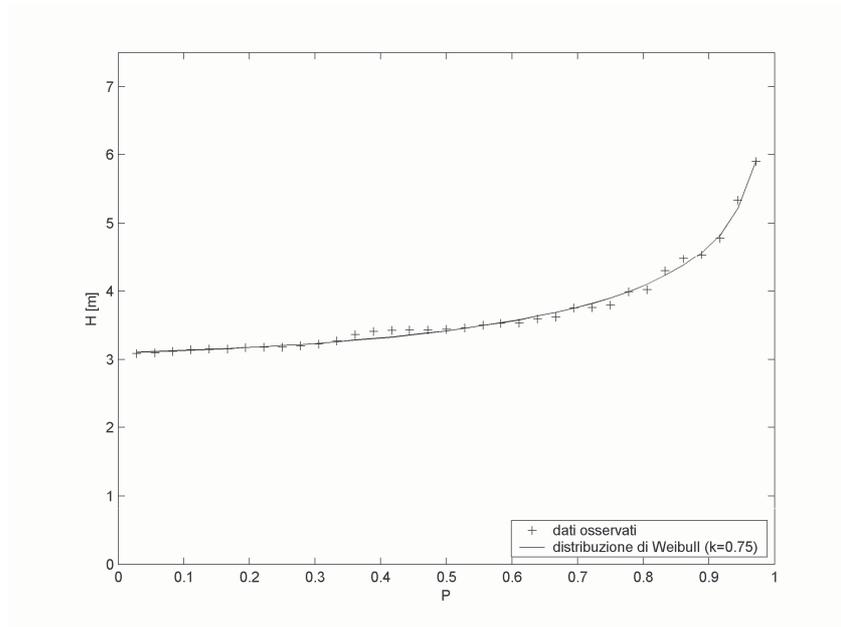


Figura 5.29 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.

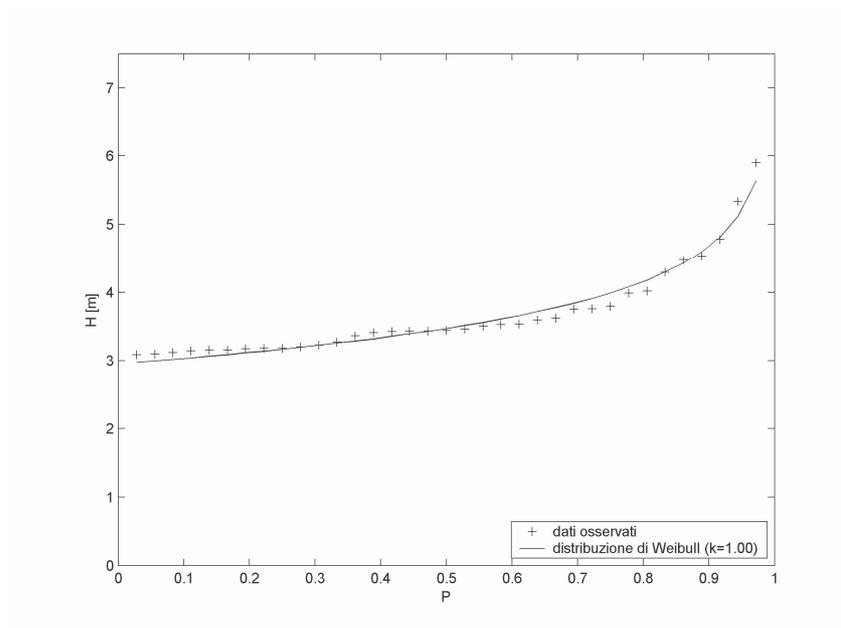


Figura 5.30 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

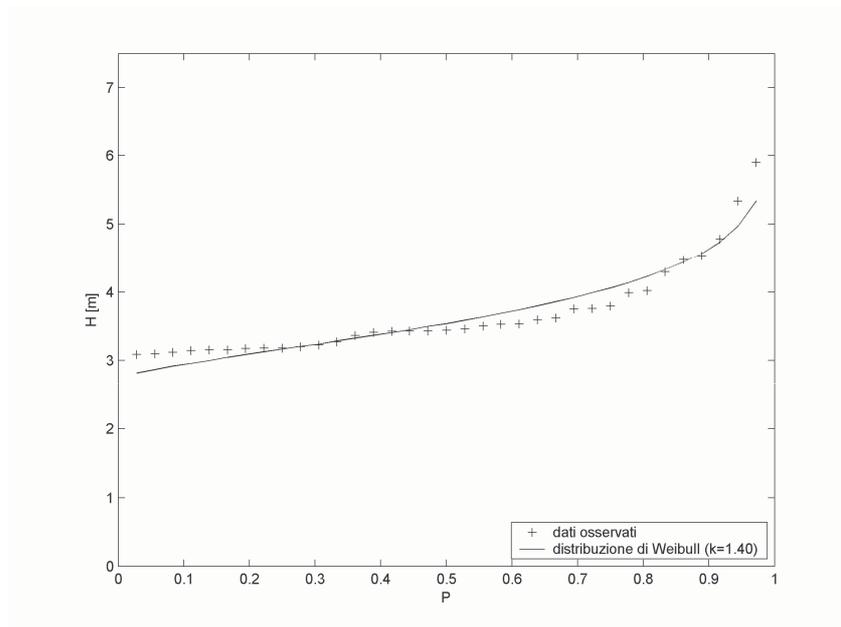


Figura 5.31 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

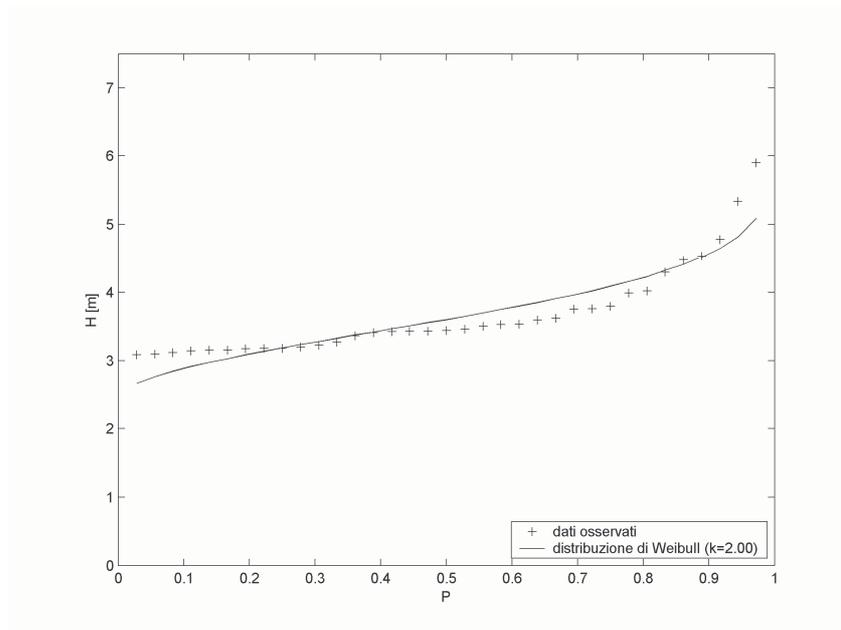


Figura 5.32 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

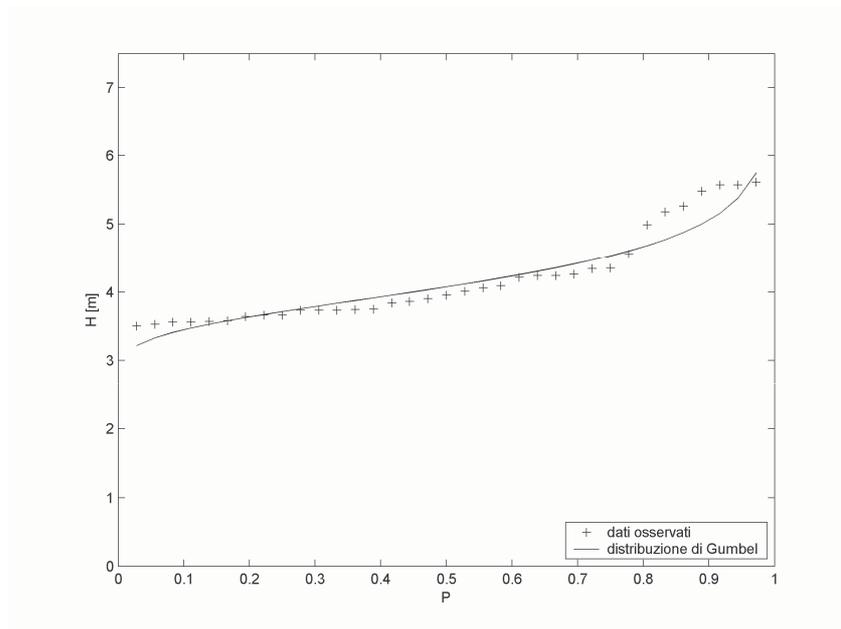


Figura 5.33 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

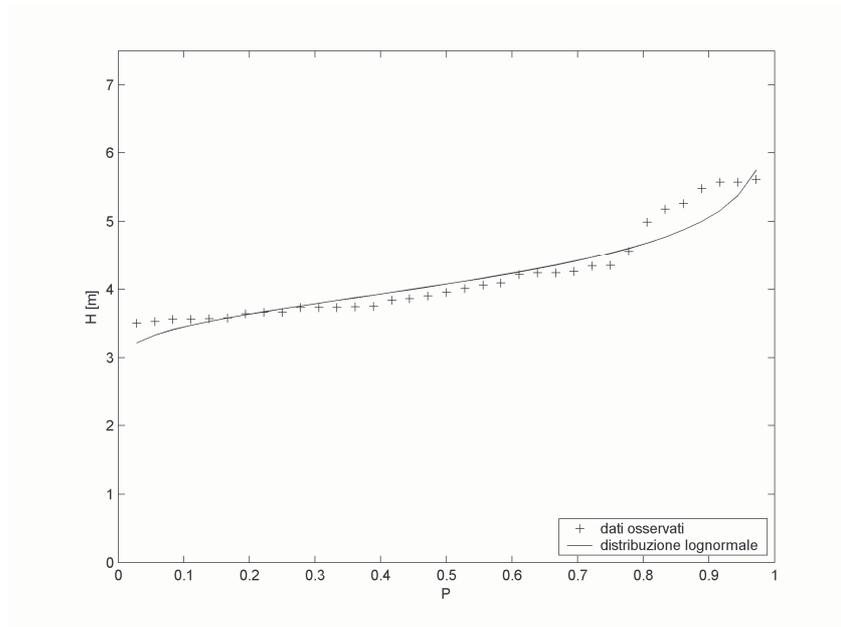


Figura 5.34 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.

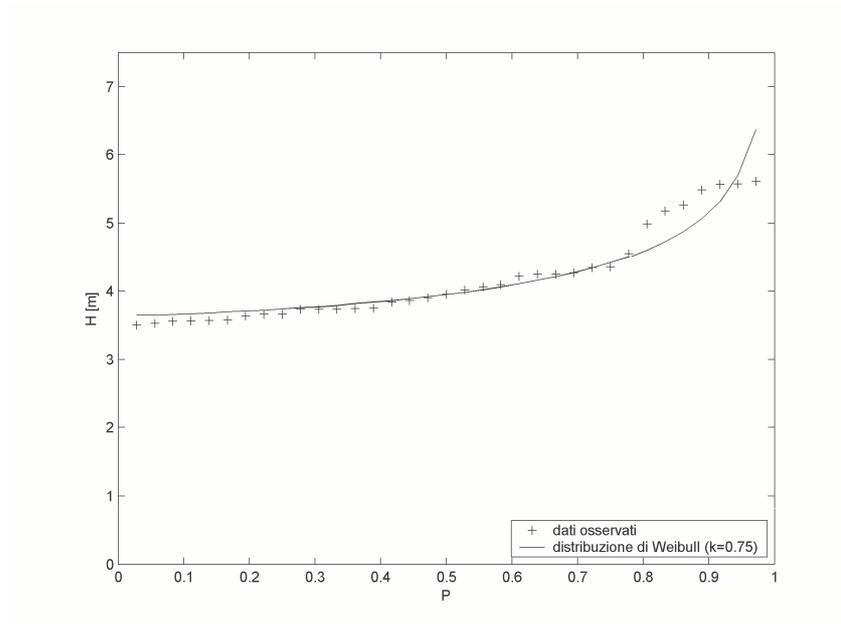


Figura 5.35 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.

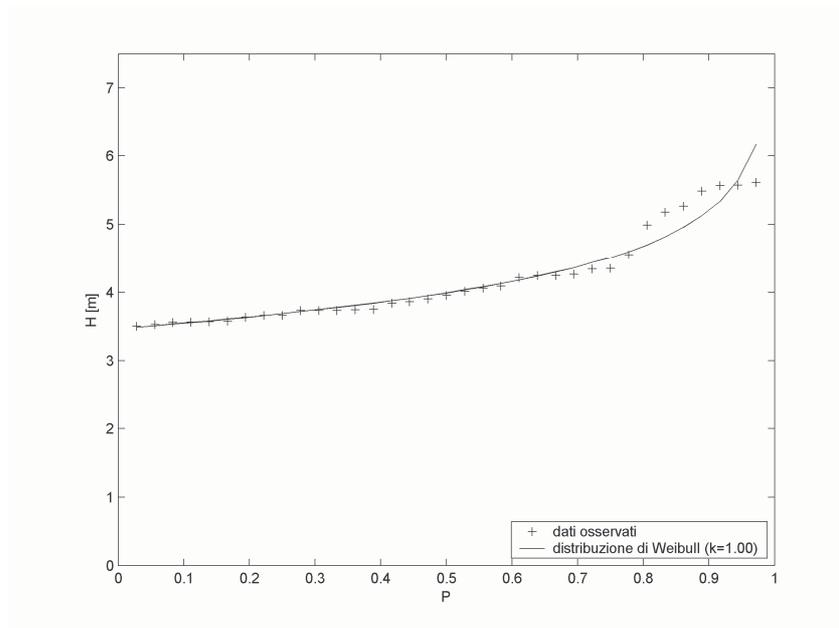


Figura 5.36 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

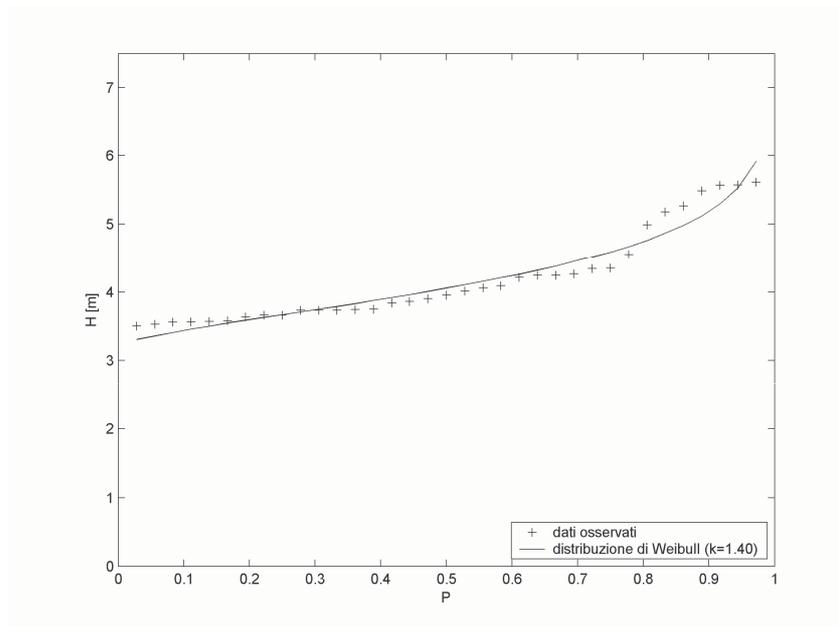


Figura 5.37 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

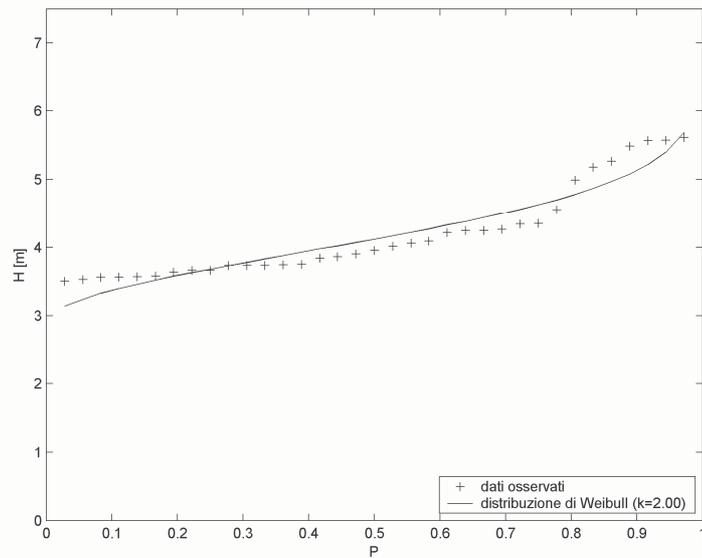


Figura 5.38 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 45° .

5.6.3.2 Classi direzionali di ampiezza 22.5°

Le Tabelle A.XXIXI -A.XXXVI riportate in appendice mostrano i valori delle variabili utilizzate per il calcolo dei parametri delle distribuzioni dei valori estremi per la serie delle altezze d'onda significativa e per le tre classi di direzione considerate. In particolare, in ognuna delle suddette tabelle, la prima colonna riporta il numero d'ordine del valore dell'altezza d'onda i , la seconda colonna riporta la frequenza di Weibull $f=i/(n+1)$, la terza colonna riporta l'altezza d'onda H_s , la quarta la variabile ridotta di Gumbel, la quinta il logaritmo dell'altezza d'onda, mentre dalla sesta alla nona colonna è riportata la variabile ridotta della distribuzione di Weibull secondo i valori dell'esponente k pari rispettivamente a 0.75, 1.0, 1.4 e 2.

Il confronto grafico della serie delle frequenze osservate con le distribuzioni teoriche ottenute è riportato dalla Figura 5.39 alla Figura 5.86, mentre le Tabelle A.XXXVII-A.LXXXIII, riportate in appendice, mostrano le elaborazioni effettuate per applicare il Test di Pearson alle distribuzioni di probabilità ricavate nel presente paragrafo.

I risultati dell'applicazione del test χ^2 alle distribuzioni in esame sono state sintetizzate nella Tabella 5.XVIII in cui per ogni direzione di provenienza del moto ondoso e per ogni distribuzione adottata è stato riportato il valore del χ^2 calcolato.

Tabella 5.XIX

Risultati del test di Pearson alle distribuzioni di probabilità per eventi estremi adottate.

Distribuzione	Direzione di provenienza del moto ondoso							
	90°N	112.5°N	135°N	157.5°N	180°N	202.5°N	225°N	247.5°N
Gumbel	33.6	12.8	18.0	14.8	16.0	14.4	18.8	5.6
lognormale	37.6	27.2	16.4	20.4	22.4	13.6	22.8	3.6
Weibull(k=0.75)	8.0	2.4	9.6	11.6	3.2	1.6	1.2	14.0
Weibull(k=1.0)	20.8	10.4	8.0	14.4	12.0	6.0	4.8	6.0
Weibull(k=1.4)	19.6	12.0	17.6	17.2	13.6	12.8	12.0	1.6
Weibull(k=2.0)	21.6	15.2	16.0	20.8	15.2	17.2	18.8	12.0

I risultati del test di Pearson mostrano come non tutte le distribuzioni per eventi estremi si adattino alle serie in esame.

In particolare, per quanto attiene alla serie dei dati ricadenti nel settore centrato a 157.5°N nessuna delle distribuzioni di probabilità per eventi estremi presi in considerazione si adatta alla serie in esame. Tuttavia la distribuzione di Weibull con k=0.75 presenta il miglior adattamento alla serie dei dati considerata.

In conclusione, dalle indicazioni fornite dal test di Pearson, si è deciso di utilizzare per l'analisi degli eventi estremi la distribuzione di Weibull con k=0.75 per l'analisi inerente a tutti i settori tranne quelli centrati a 135°N e 247.5°N in cui si è adottata la distribuzione di Weibull rispettivamente con k=1.00 e k=1.40.

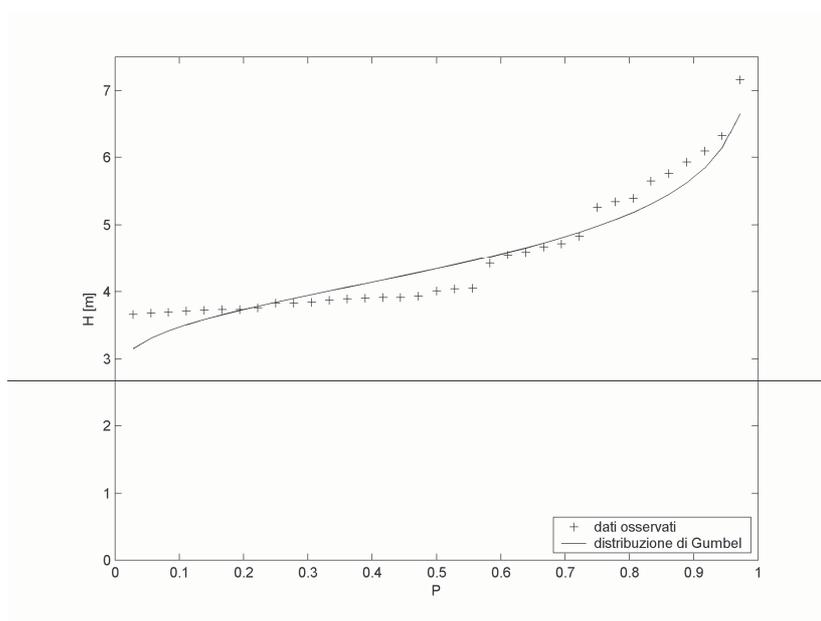


Figura 5.39

Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

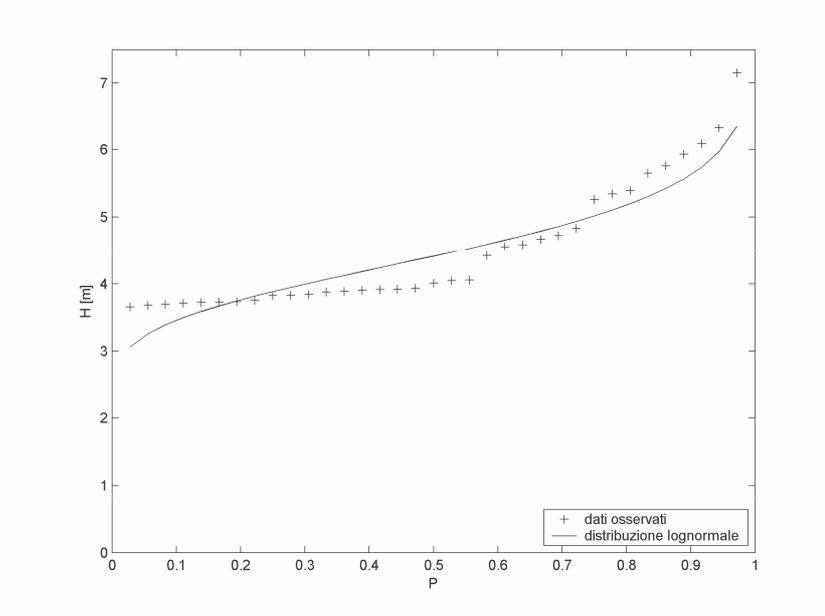


Figura 5.40 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

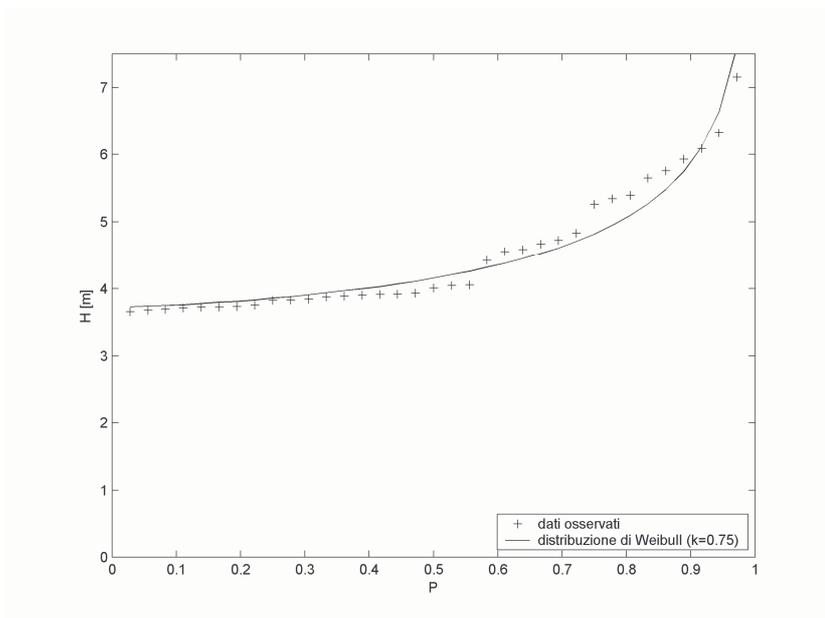


Figura 5.41 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

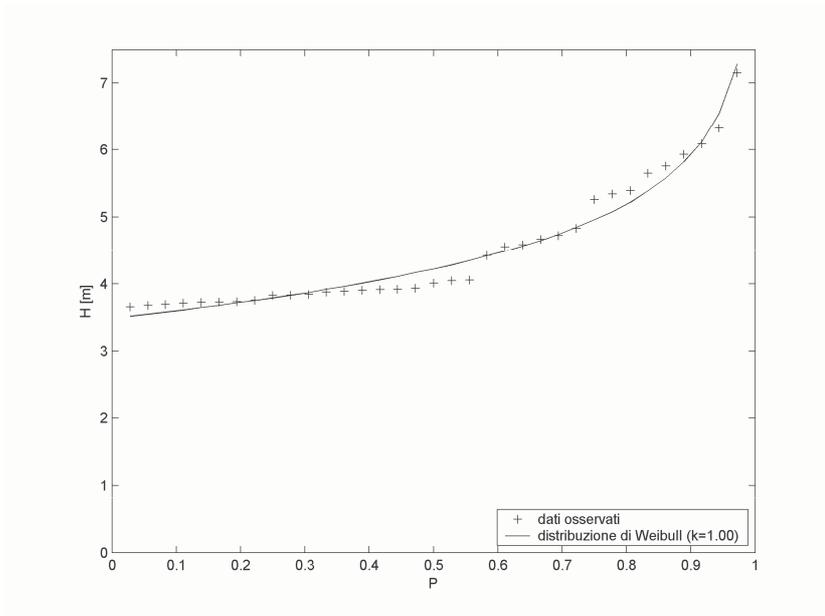


Figura 5.42 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^\circ N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

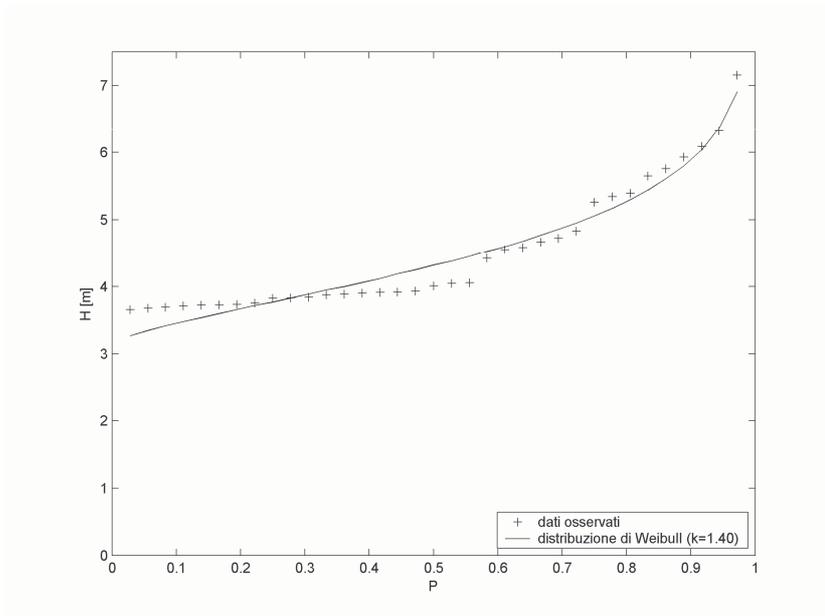


Figura 5.43 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^\circ N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

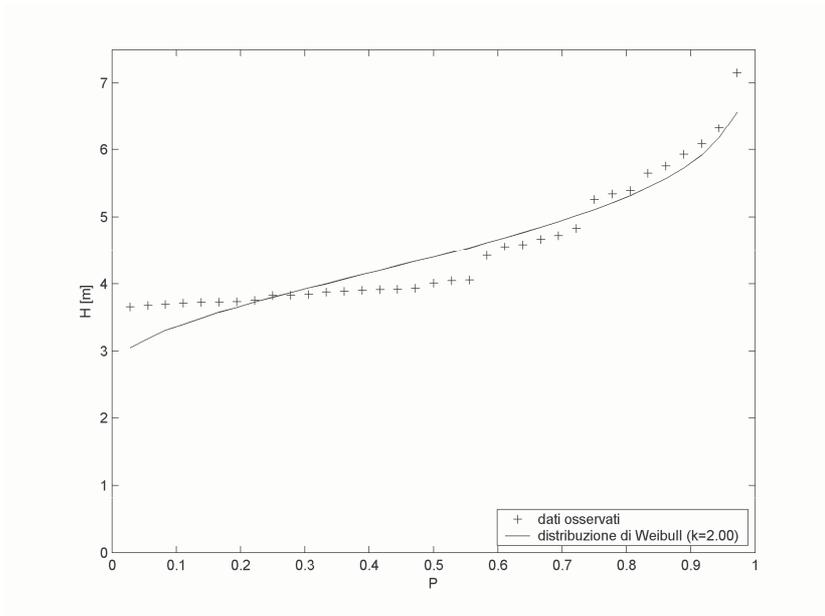


Figura 5.44 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

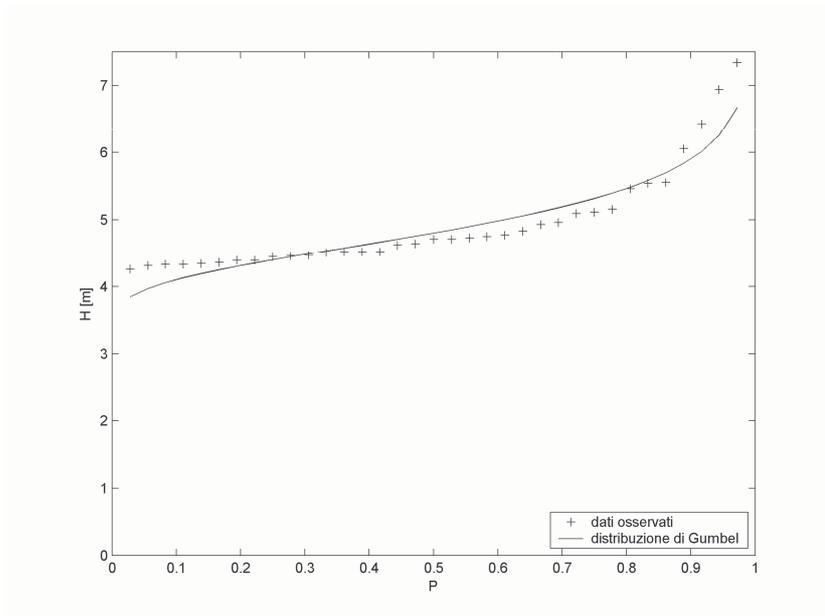


Figura 5.45 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

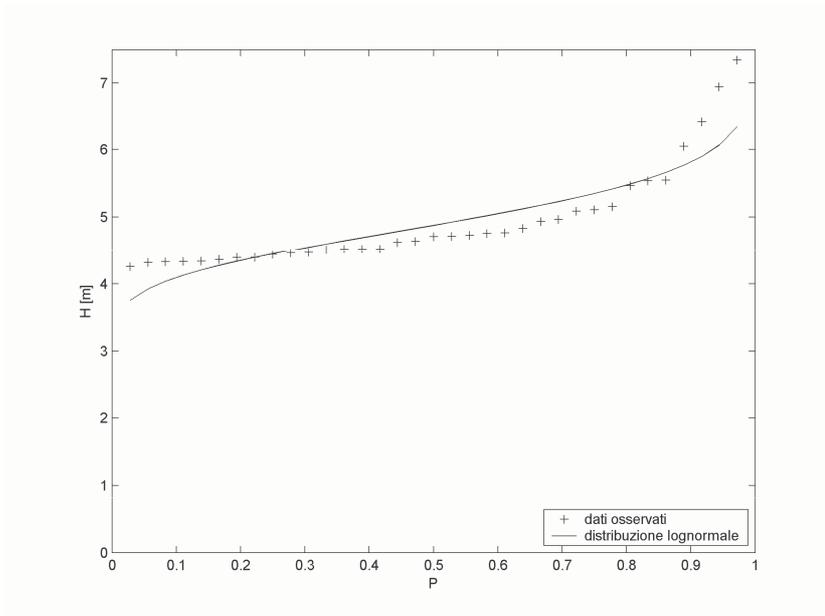


Figura 5.46 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

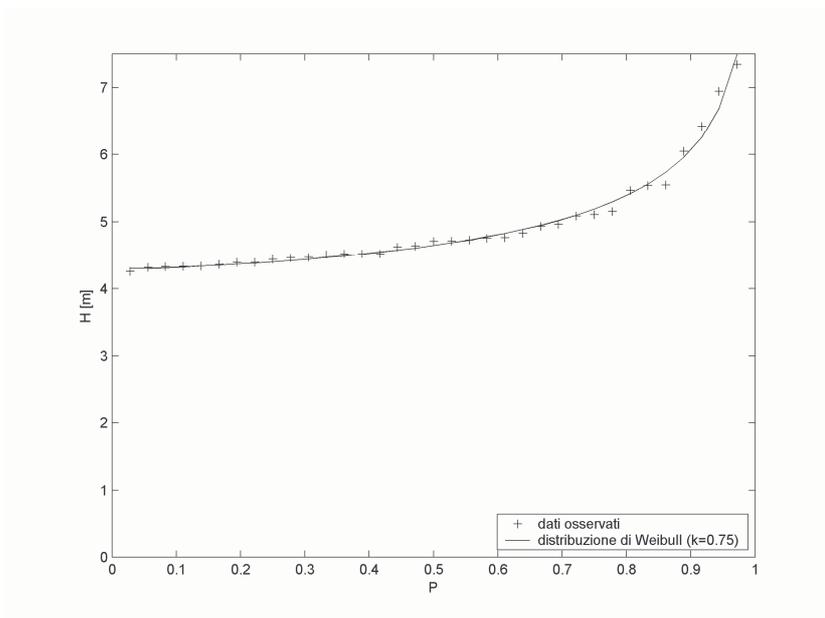


Figura 5.47 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

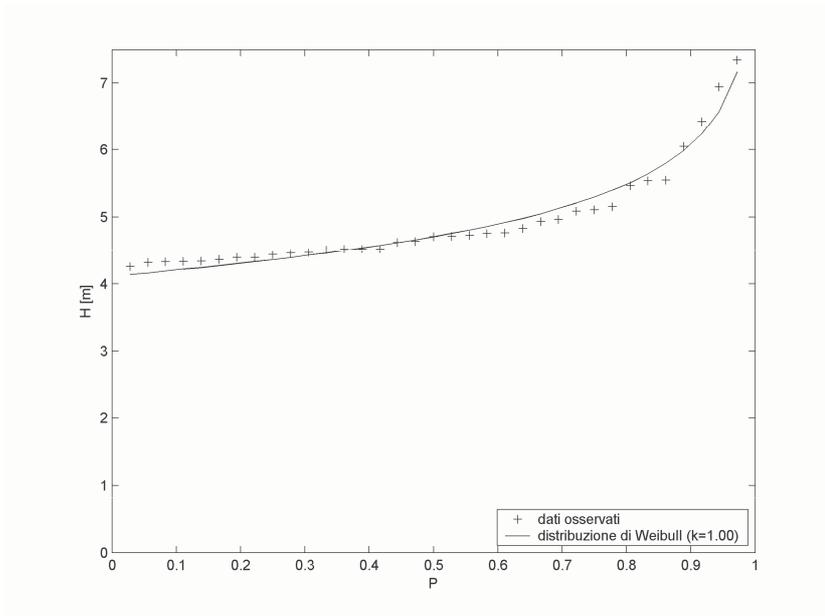


Figura 5.48 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

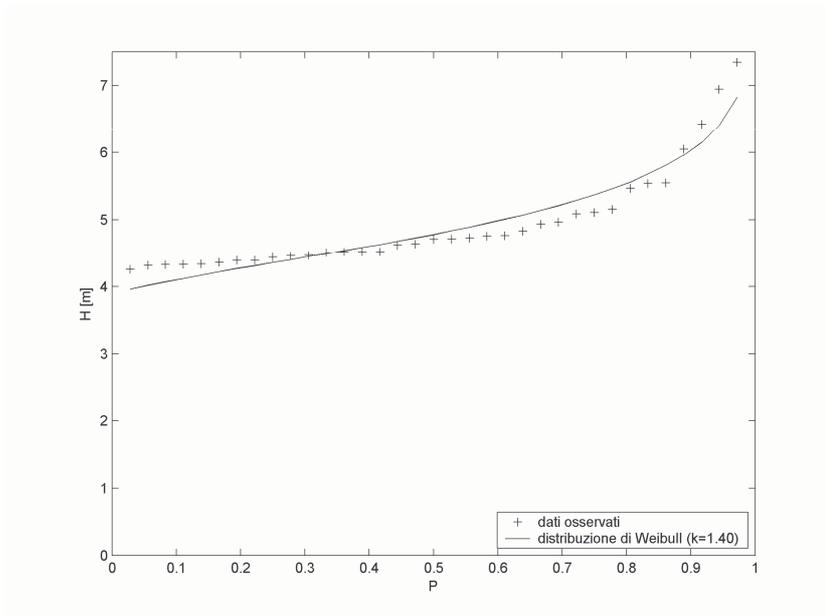


Figura 5.49 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

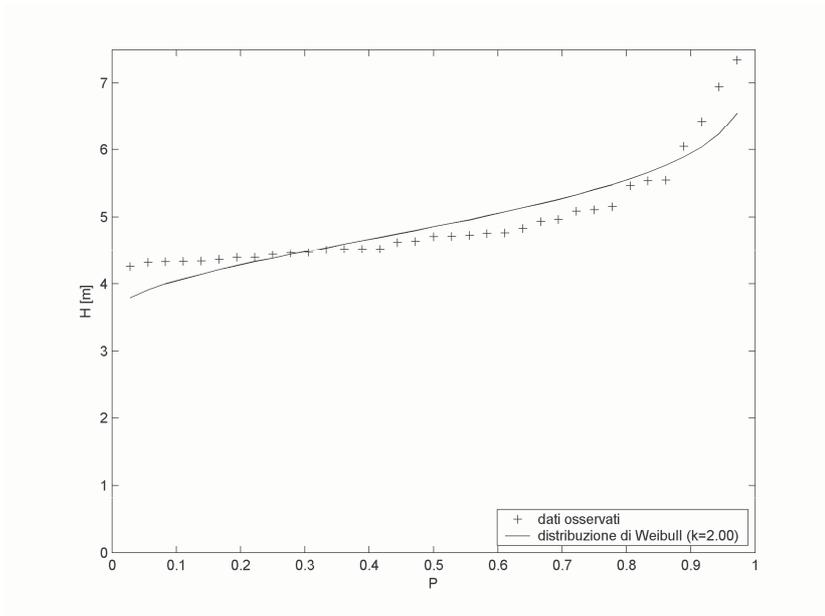


Figura 5.50 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

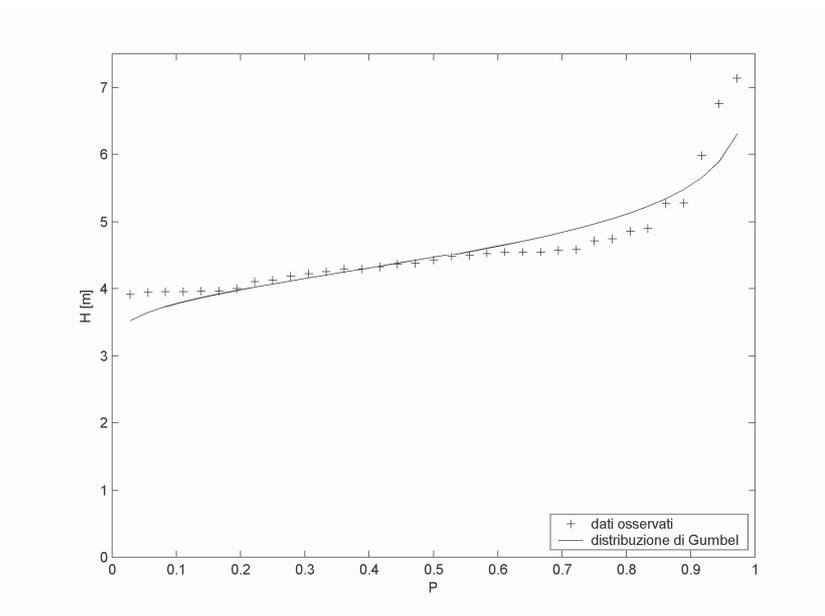


Figura 5.51 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

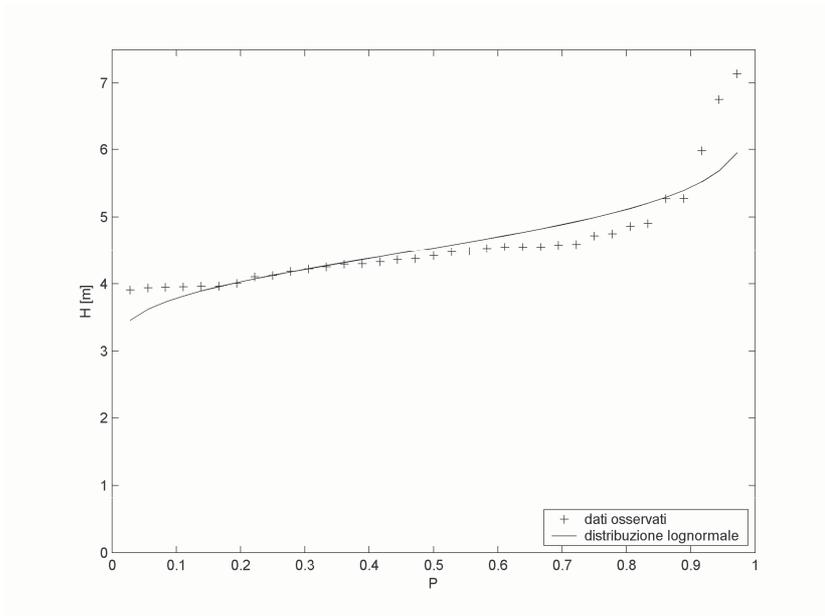


Figura 5.52 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

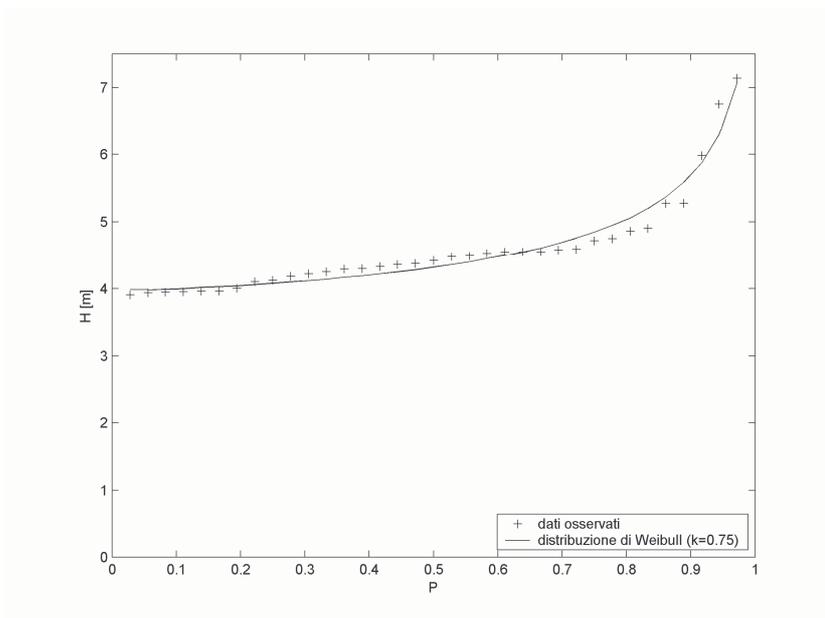


Figura 5.53 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

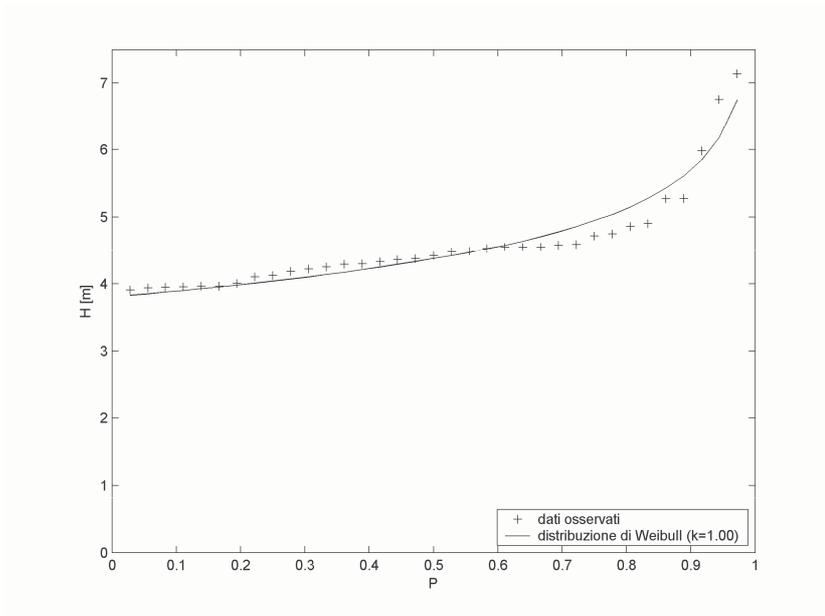


Figura 5.54 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

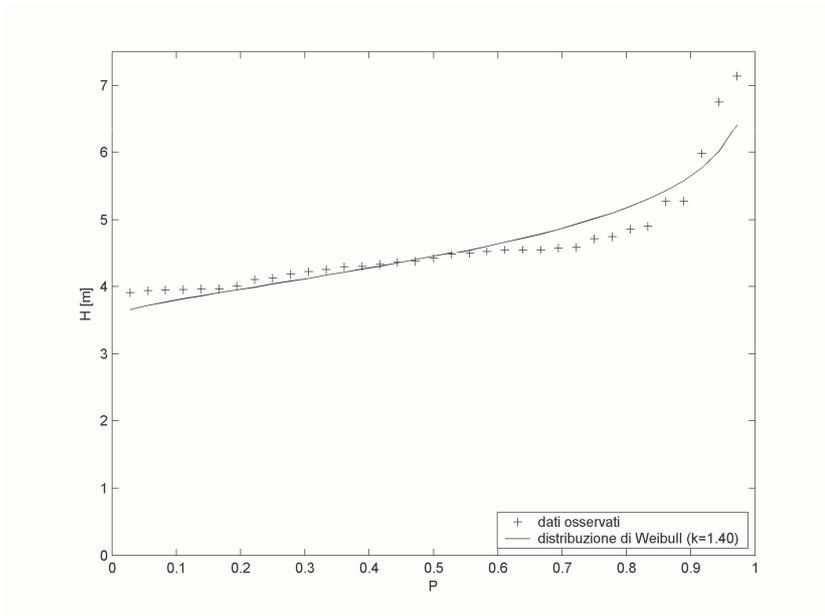


Figura 5.55 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

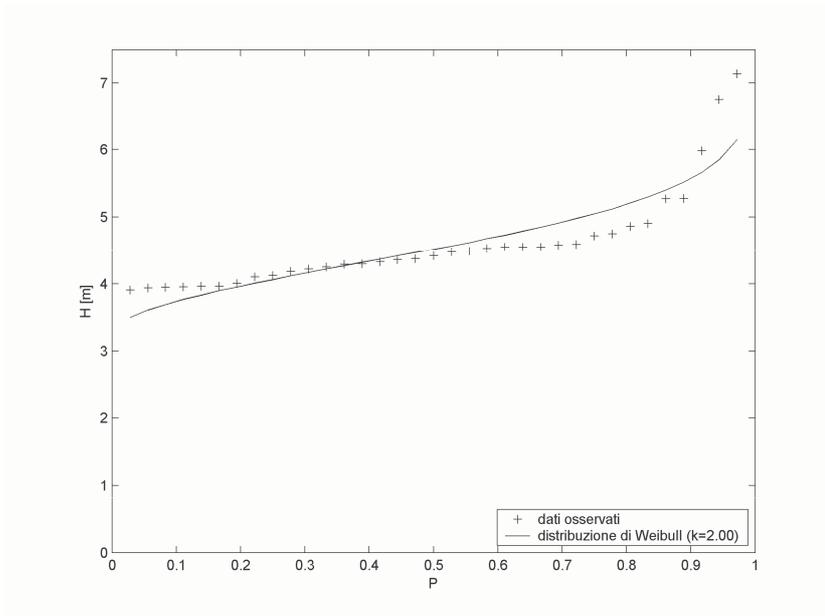


Figura 5.56 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

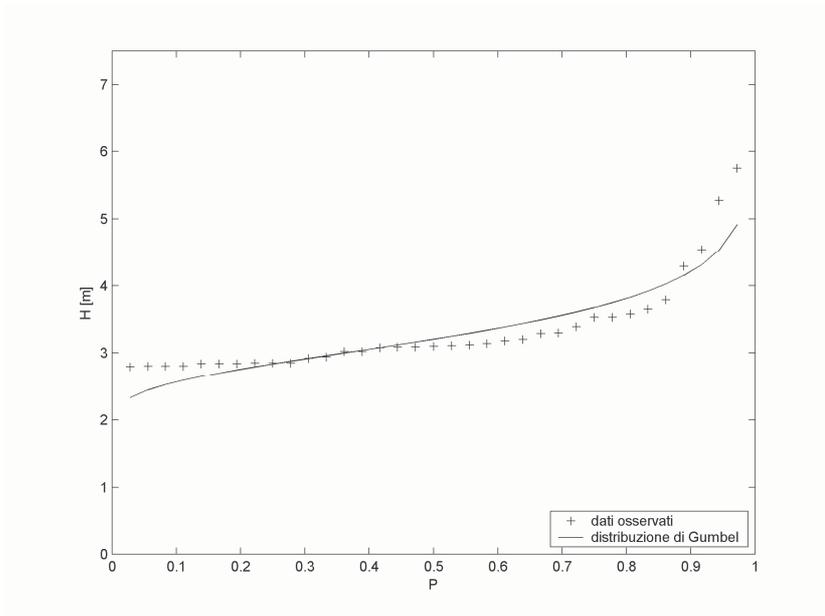


Figura 5.57 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

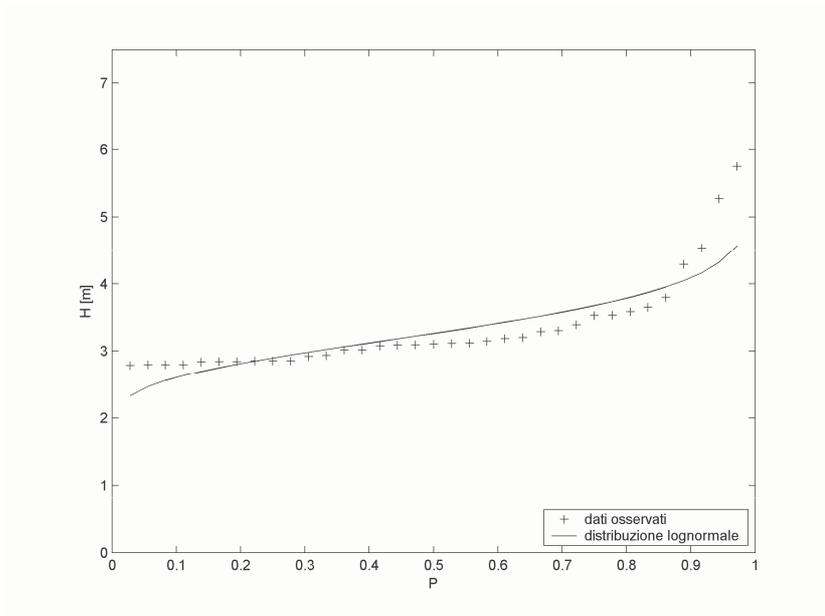


Figura 5.58 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 157.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

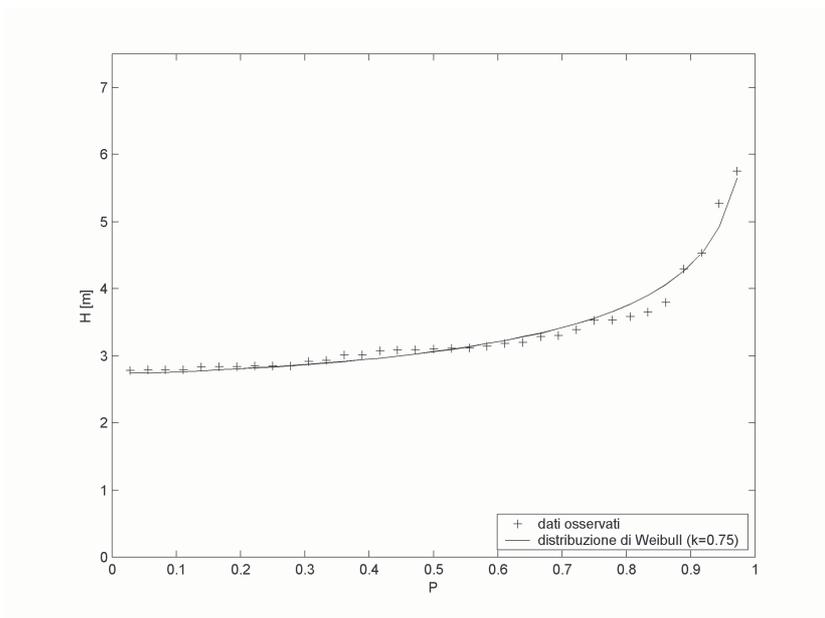


Figura 5.59 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 157.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

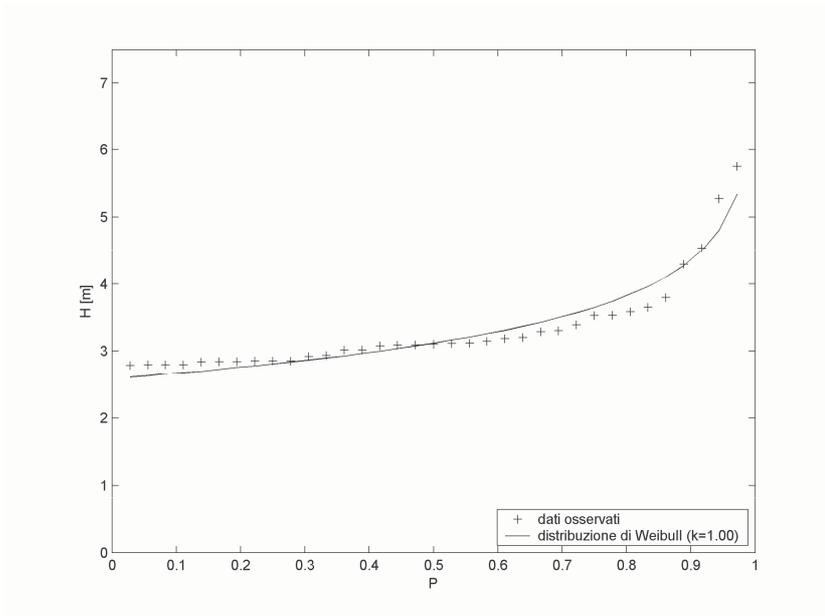


Figura 5.60 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

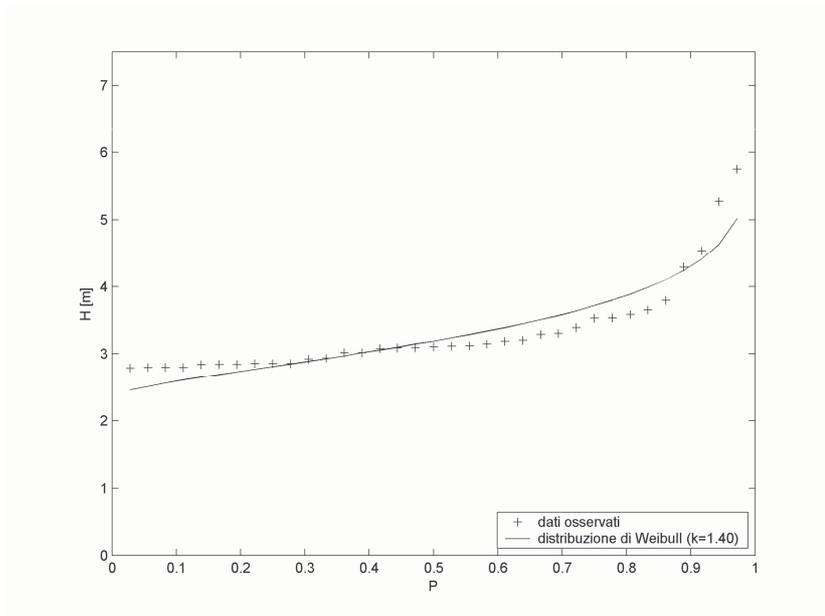


Figura 5.61 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

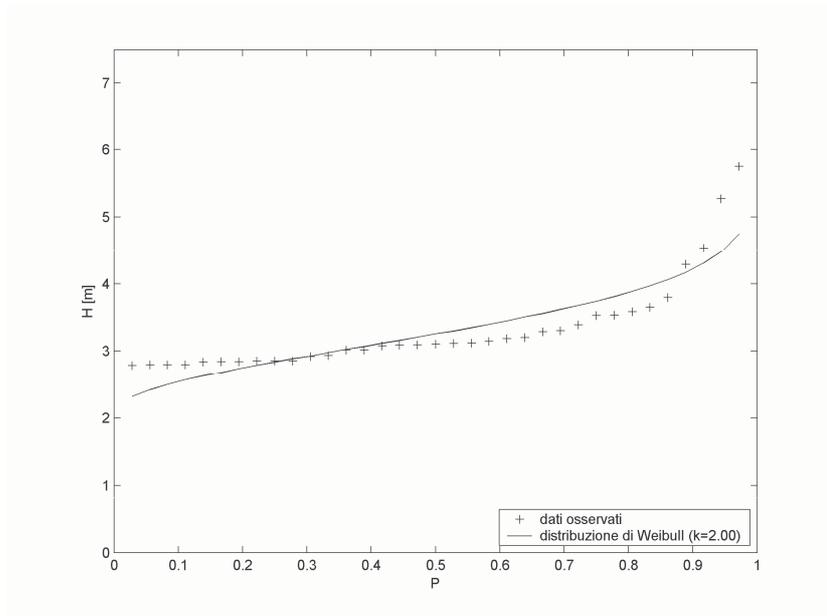


Figura 5.62 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

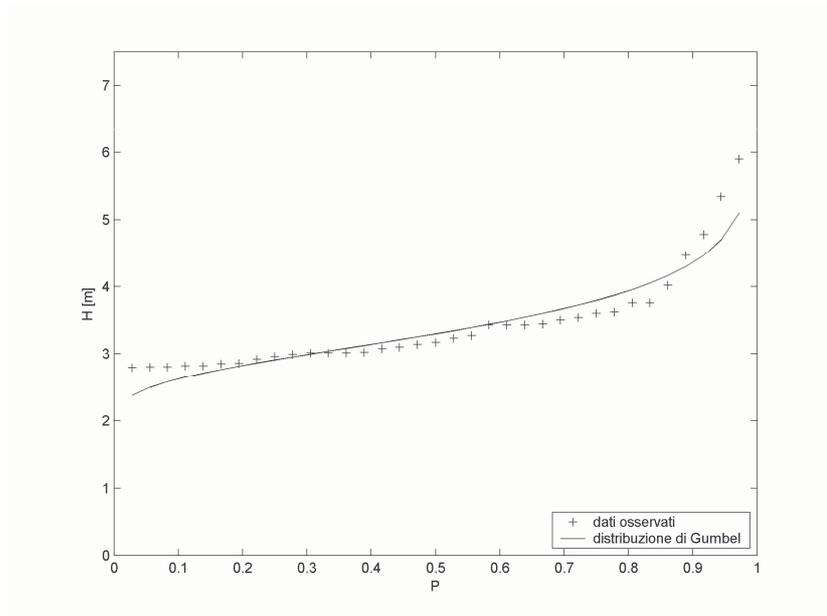


Figura 5.63 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $180^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

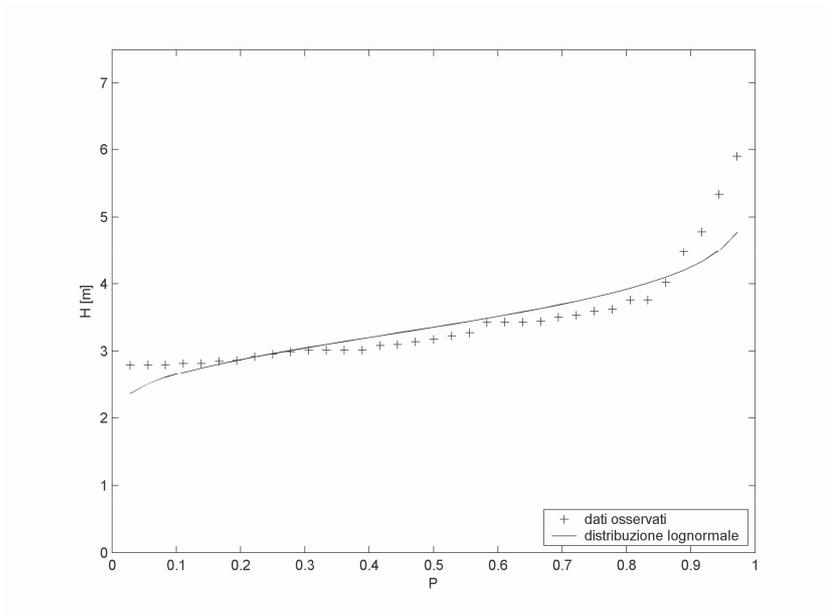


Figura 5.64 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

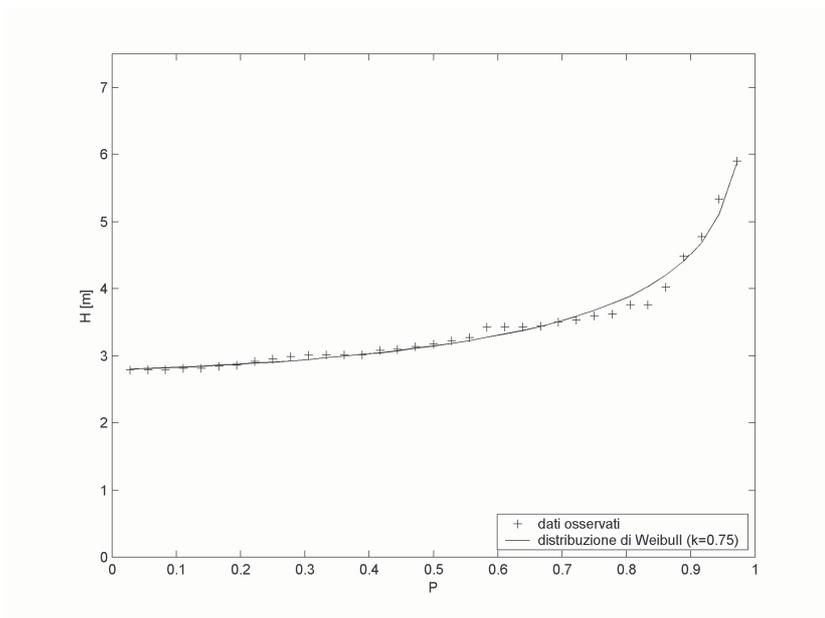


Figura 5.65 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

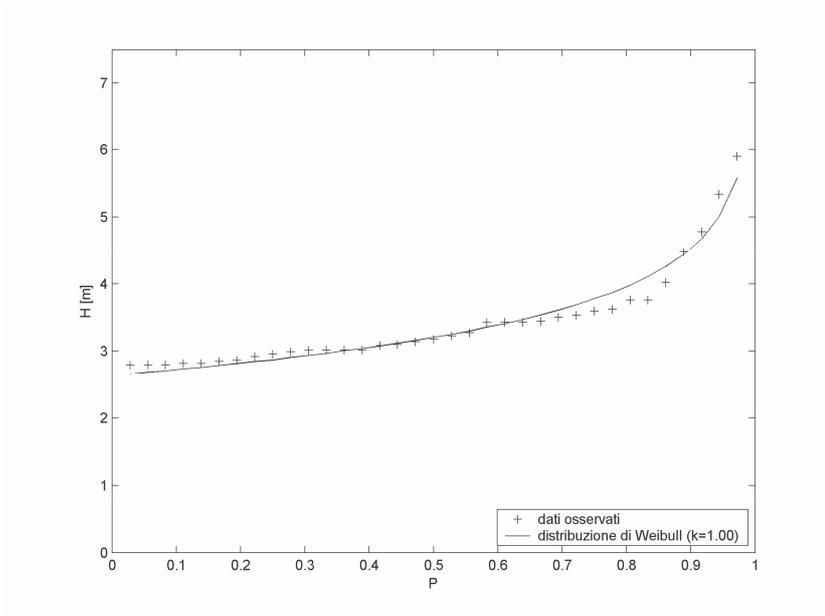


Figura 5.66 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

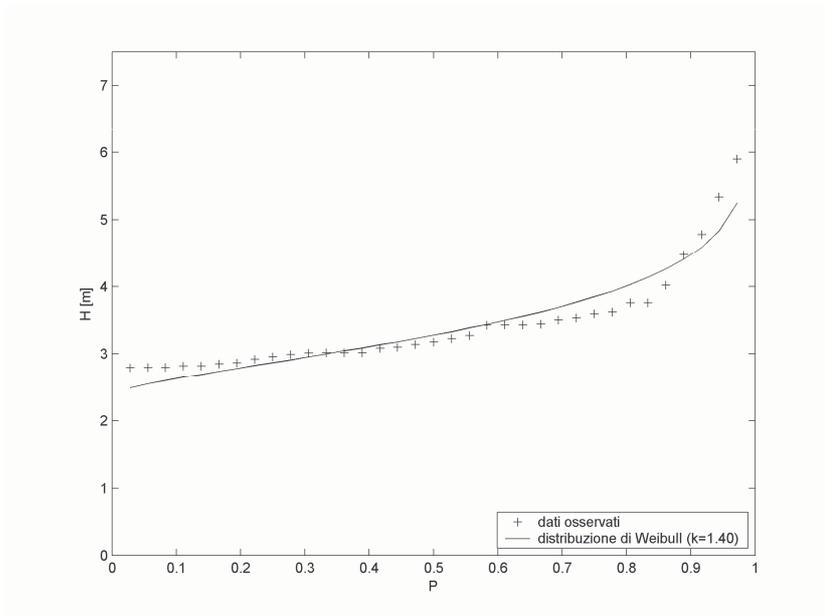


Figura 5.67 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

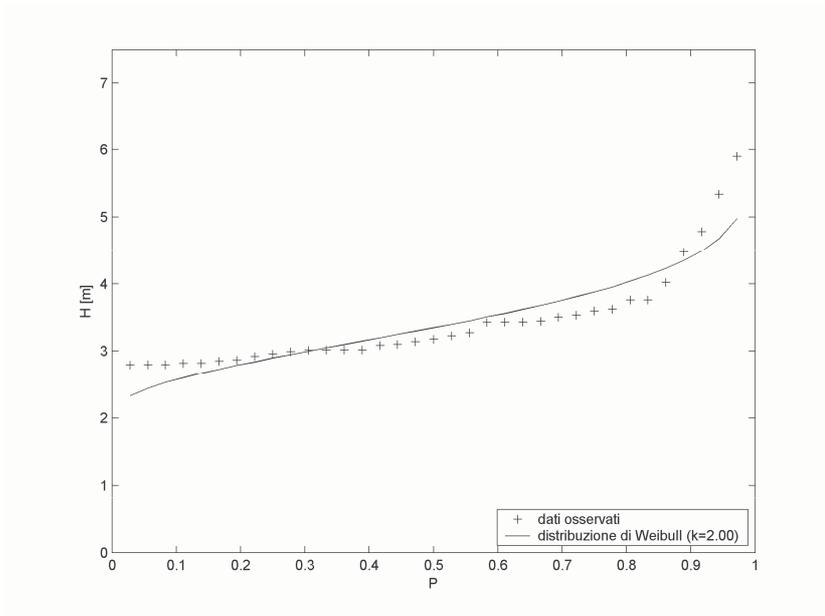


Figura 5.68 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

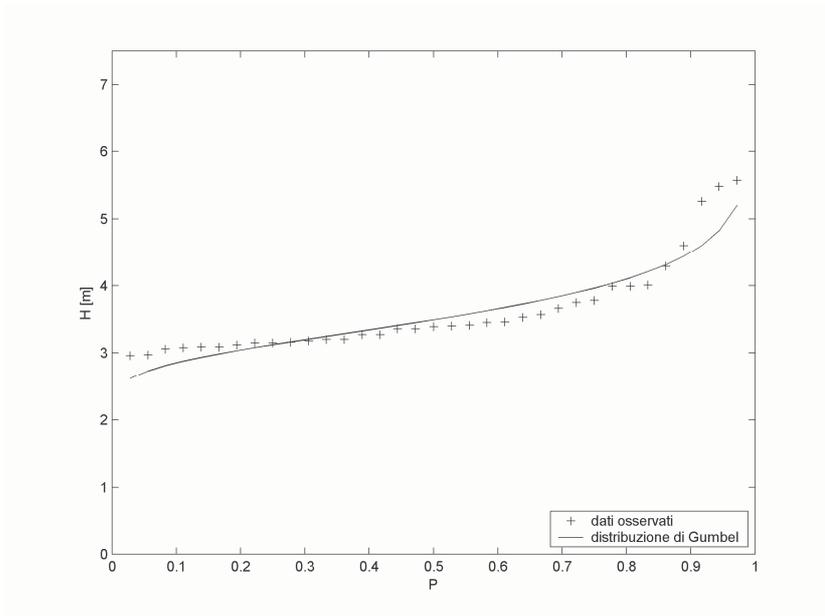


Figura 5.69 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ – ampiezza classi di direzione 22.5° .

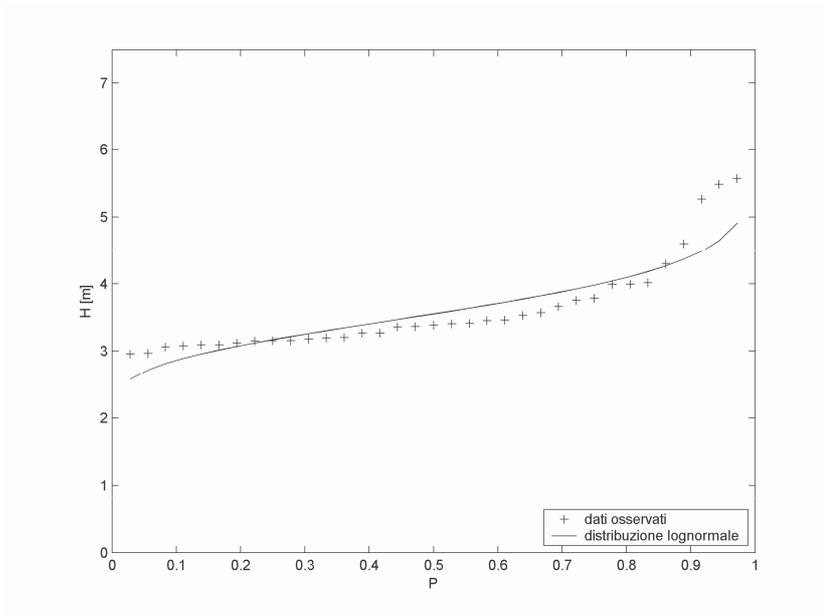


Figura 5.70 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 202.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

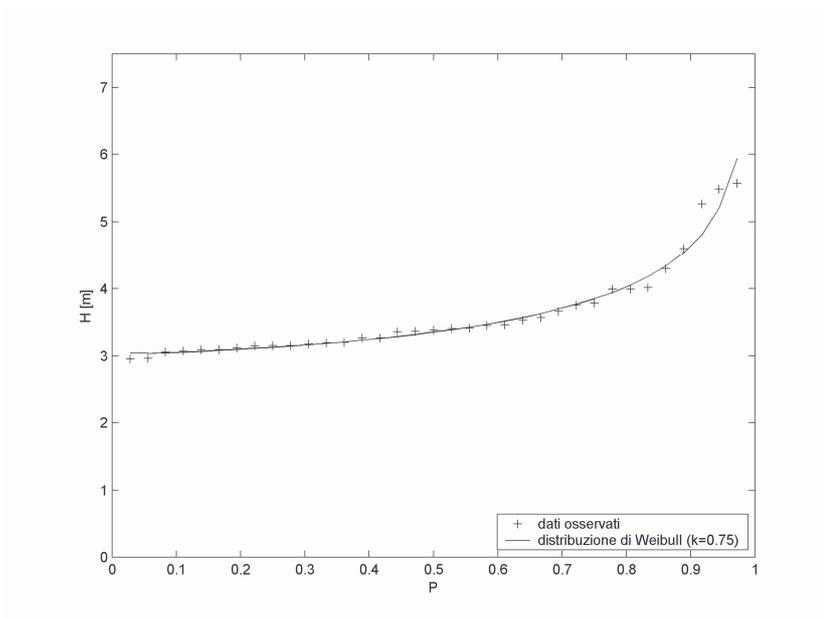


Figura 5.71 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 202.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

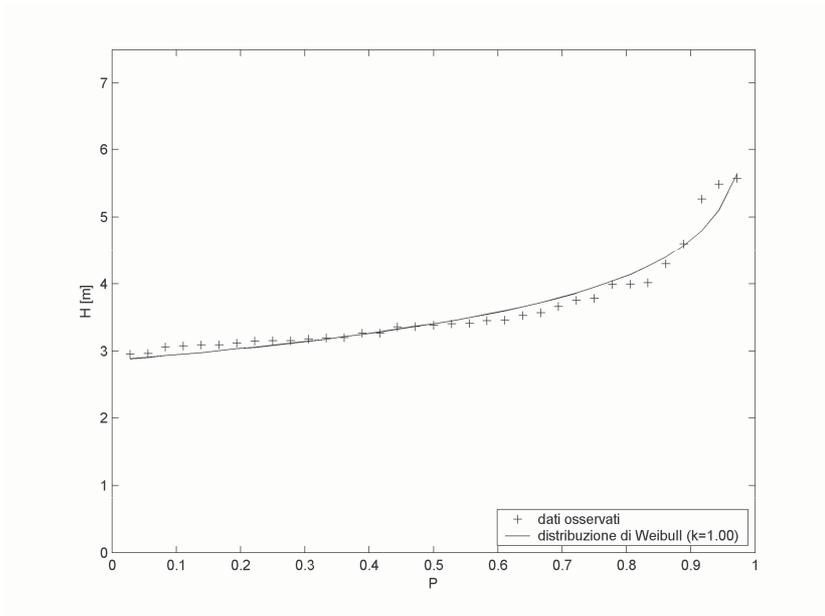


Figura 5.72 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

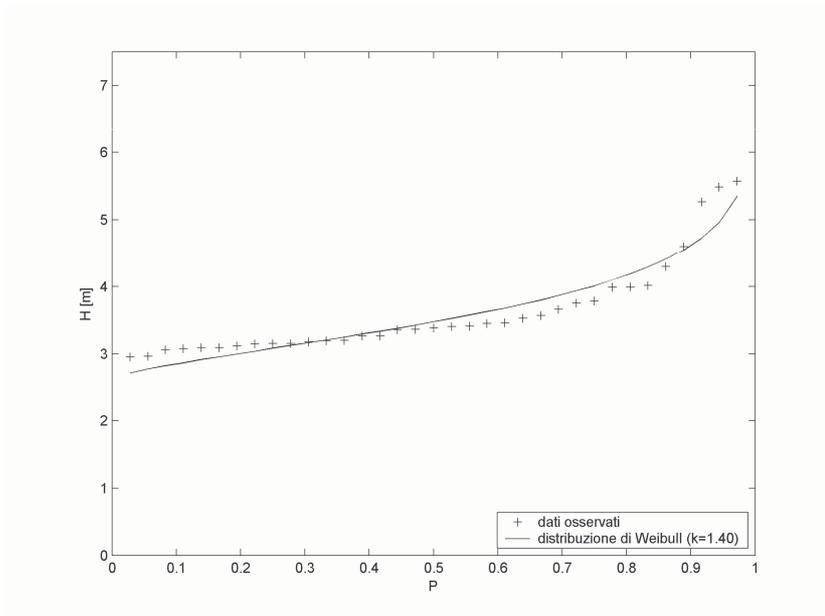


Figura 5.73 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

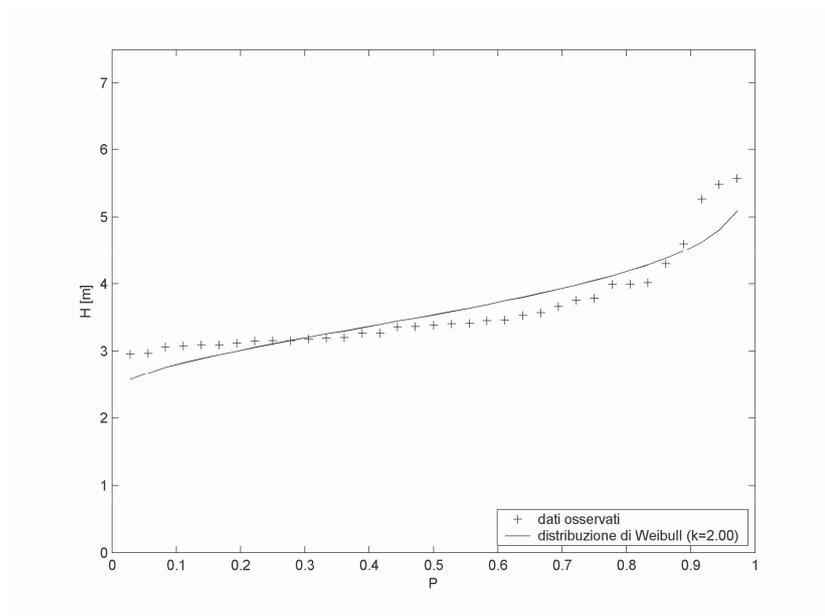


Figura 5.74 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 202.5°N - ampiezza classi di direzione 22.5° .

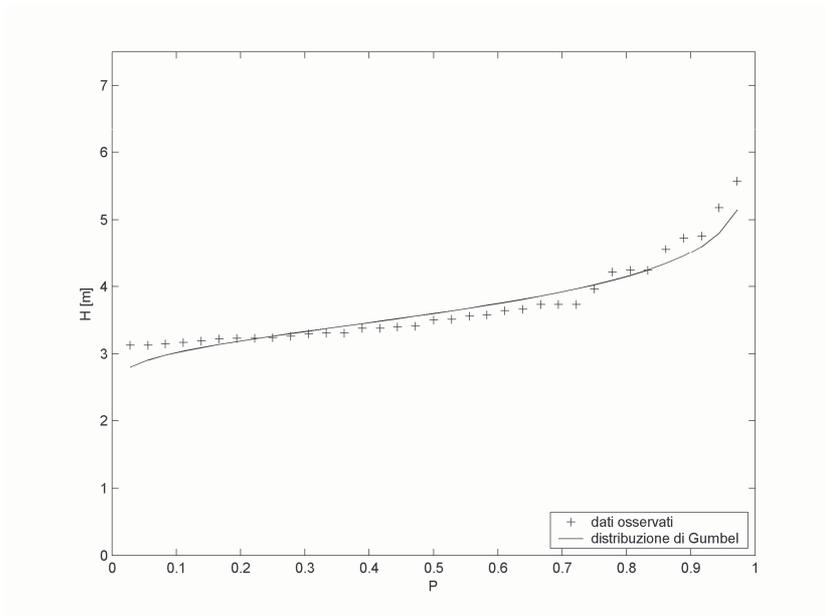


Figura 5.75 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 225°N - ampiezza classi di direzione 22.5° .

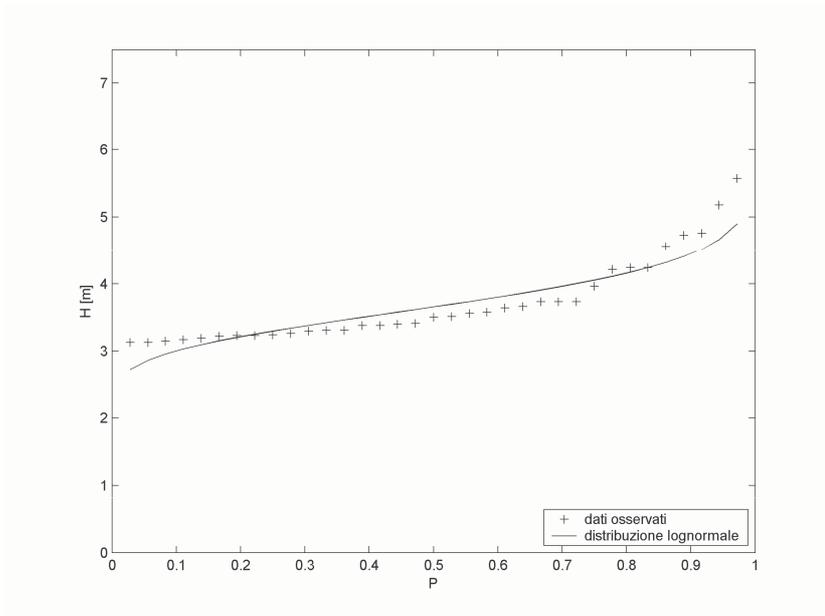


Figura 5.76 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

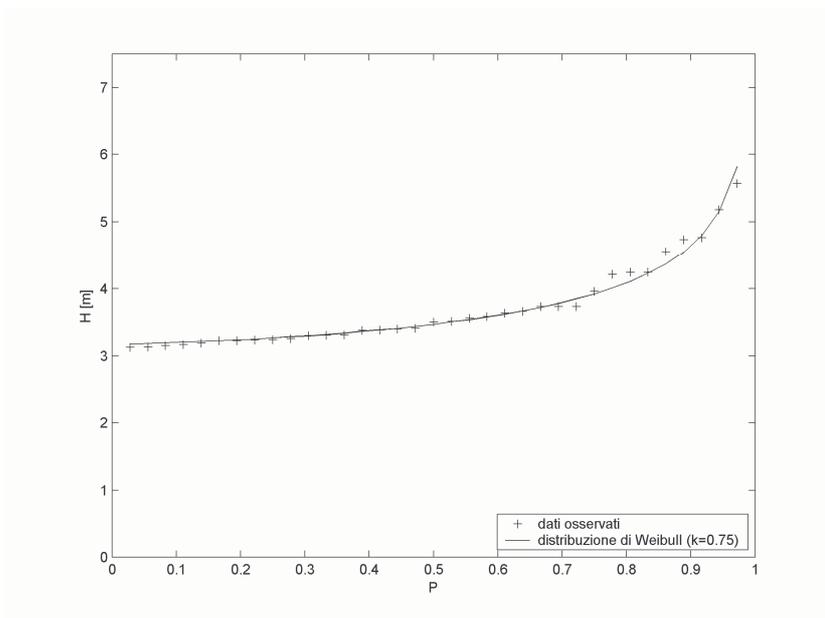


Figura 5.77 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

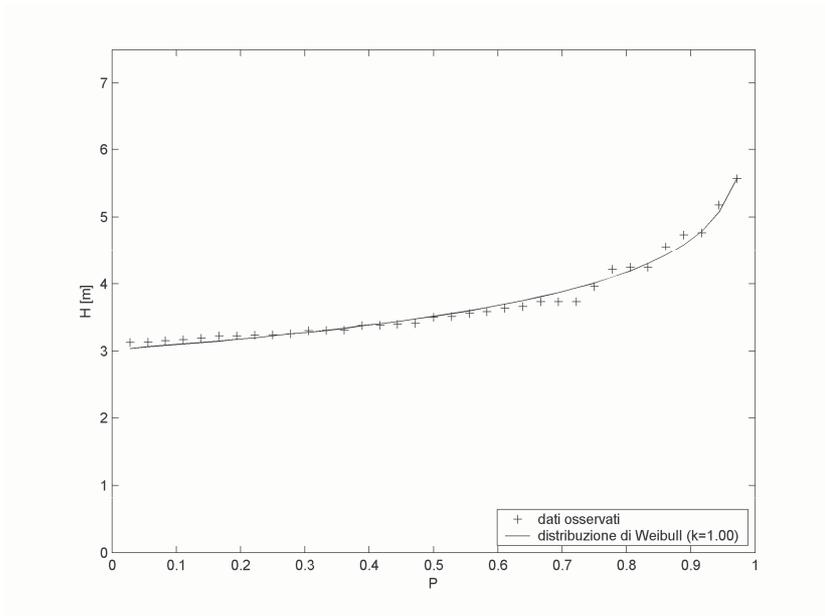


Figura 5.78 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

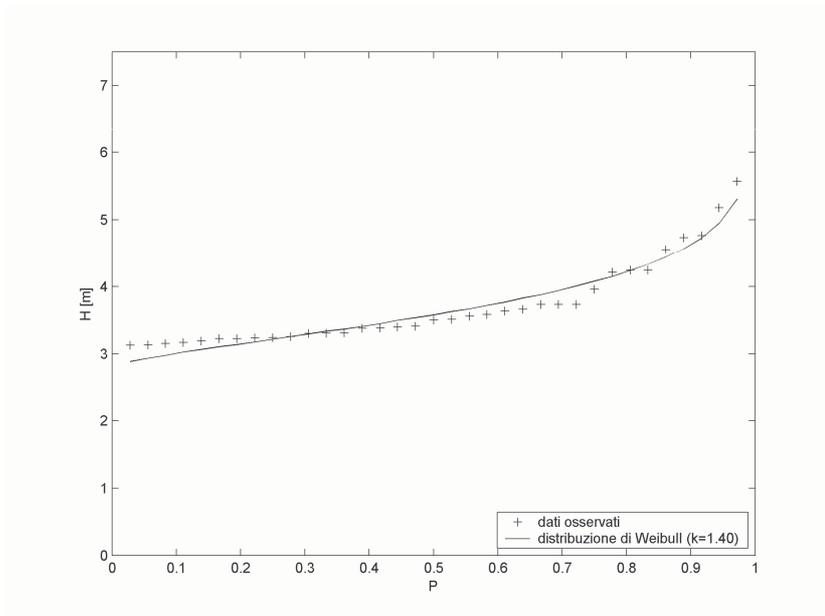


Figura 5.79 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

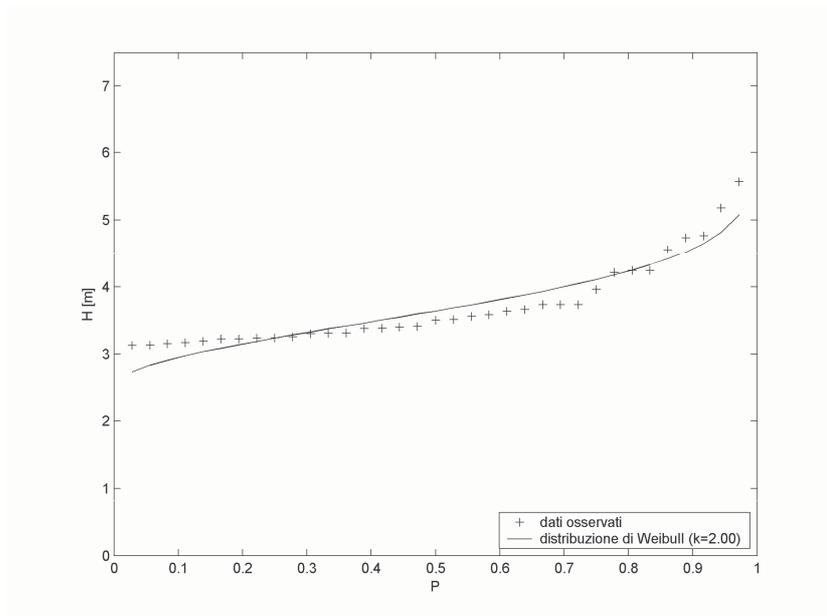


Figura 5.80 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

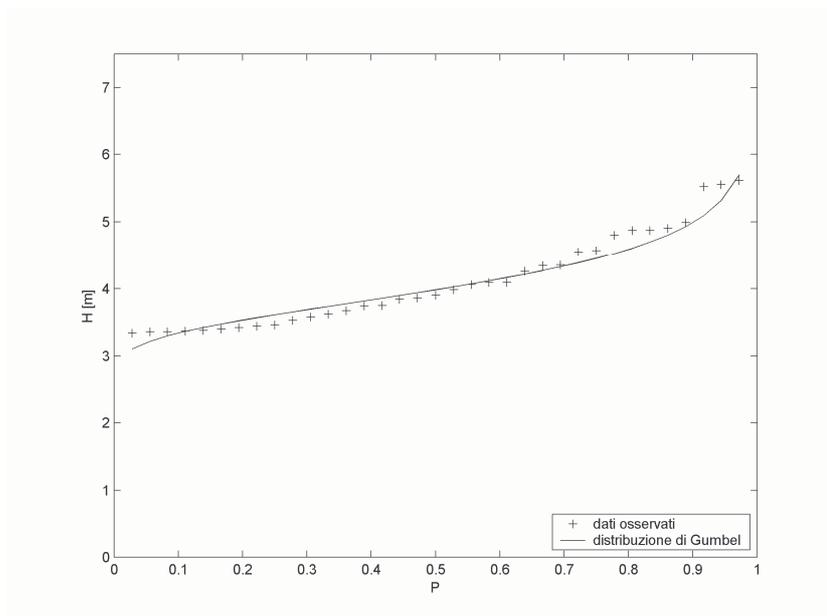


Figura 5.81 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $247.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

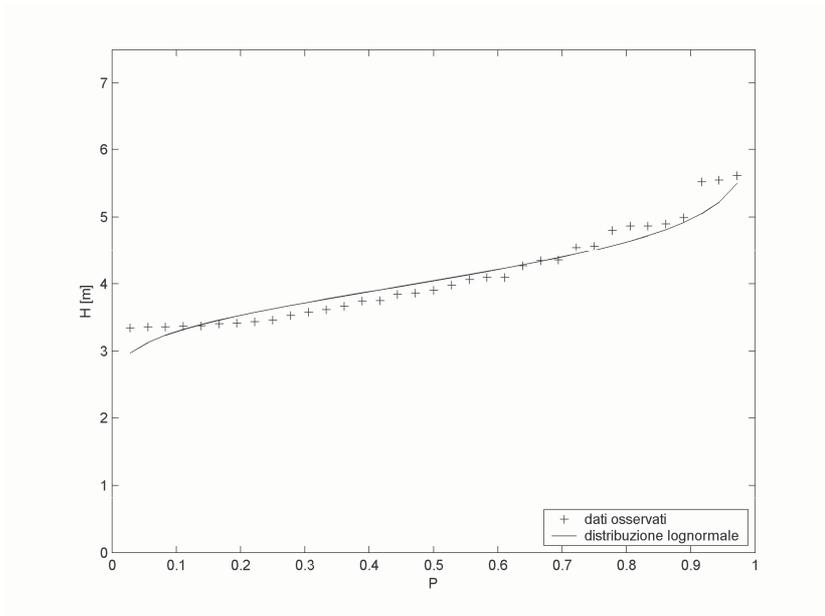


Figura 5.82 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

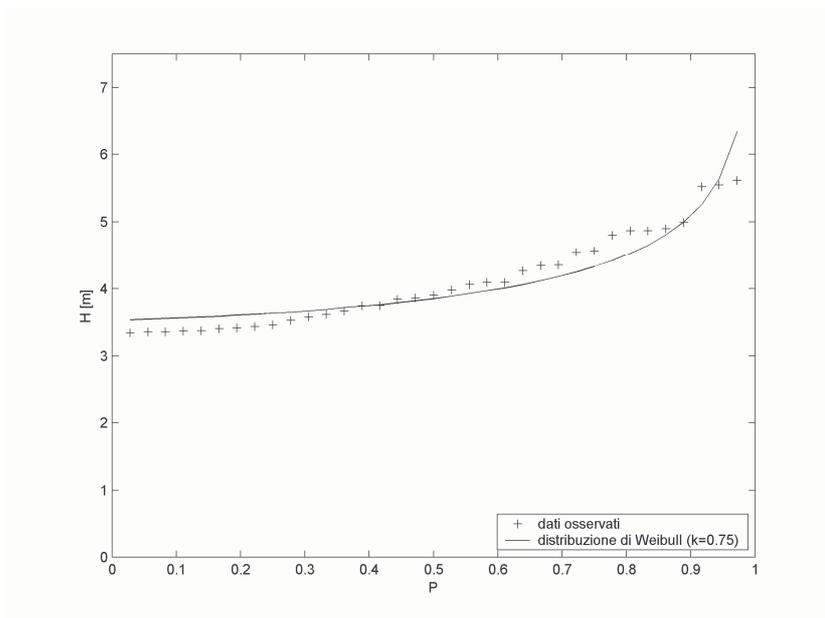


Figura 5.83 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

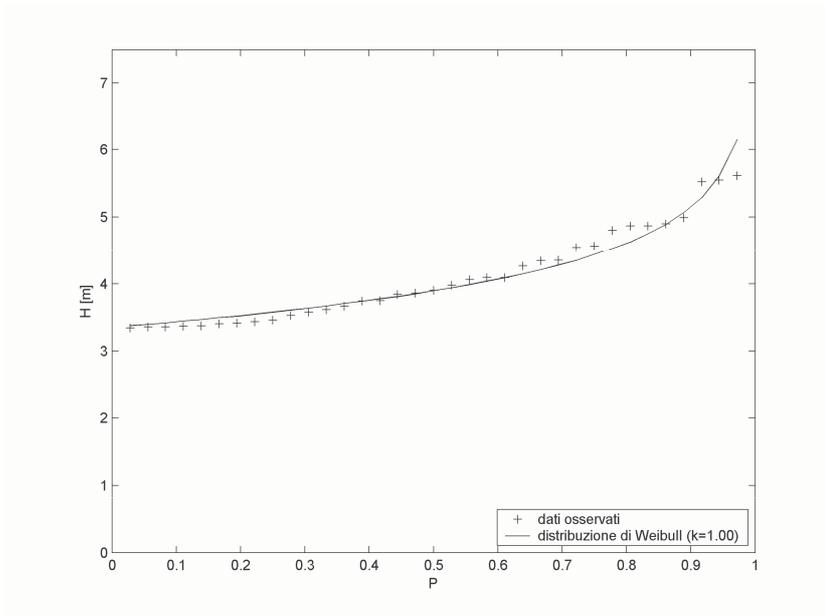


Figura 5.84 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $247.5^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

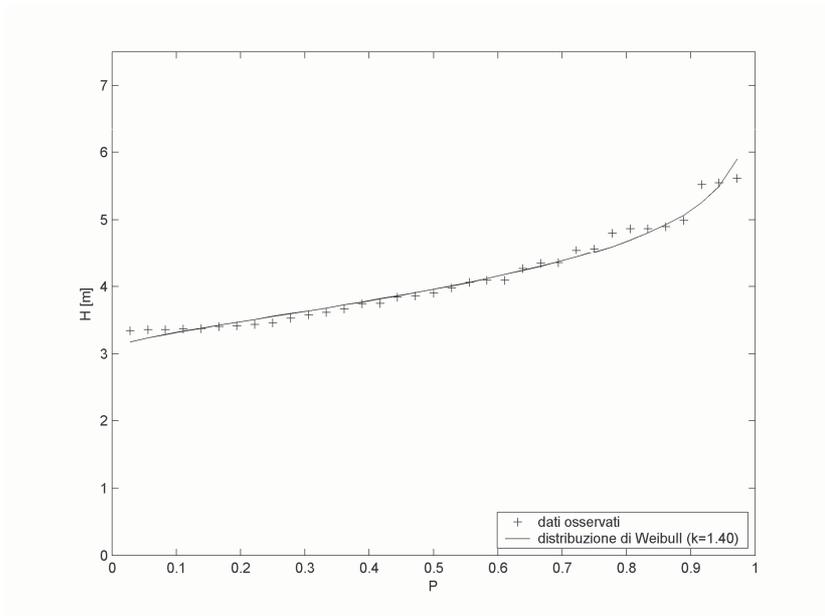


Figura 5.85 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $247.5^\circ N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

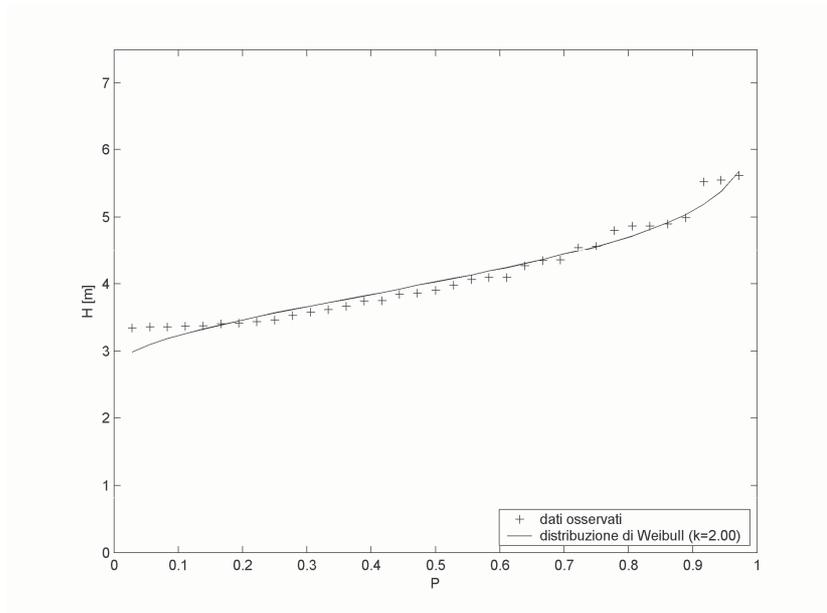


Figura 5.86 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $247.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

5.6.4 Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno

Per quanto attiene alla determinazione dell'altezza d'onda H_S cui compete il prefissato tempo di ritorno T_r , essa si può ricavare una volta che sia definita l'intensità di campionamento $\lambda = (\text{numero di dati estremi}) / (\text{numero di anni di osservazione})$ e sia stata calcolata la frequenza associata al periodo di ritorno prefissato come: $F = 1 - 1 / (\lambda T)$.

Nel caso in esame l'intensità di campionamento è risultata pari a $\lambda = 2,13$.

5.6.4.1 Classi direzionali di ampiezza 45°

Dalla Tabella 5.XX alla Tabella 5.XXIII sono riportate le altezze d'onda significative valutate per diversi tempi di ritorno per ognuna delle serie considerata.

Tabella 5.XX

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione
45°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	5.19
5	0.906	6.06
10	0.953	6.80
20	0.977	7.60
30	0.984	8.09
40	0.988	8.45
50	0.991	8.73
80	0.994	9.35
100	0.995	9.64
120	0.996	9.89

Tabella 5.XXI

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di
direzione 45°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	5.33
5	0.906	6.28
10	0.953	7.09
20	0.977	7.96
30	0.984	8.50
40	0.988	8.89
50	0.991	9.20
80	0.994	9.87
100	0.995	10.20
120	0.996	10.47

Tabella 5.XXII

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di
direzione 45°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	3.95
5	0.906	4.73
10	0.953	5.39
20	0.977	6.10
30	0.984	6.54
40	0.988	6.86
50	0.991	7.11
80	0.994	7.66
100	0.995	7.92
120	0.996	8.14

Tabella 5.XXIII

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di
direzione 45°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	4.56
5	0.906	5.25
10	0.953	5.77
20	0.977	6.30
30	0.984	6.60
40	0.988	6.82
50	0.991	6.99
80	0.994	7.34
100	0.995	7.51
120	0.996	7.65

5.6.4.2 Classi direzionali di ampiezza 22.5°

Dalla Tabella 5.XXIV alla Tabella 5.XXXI sono riportate le altezze d'onda significative valutate per diversi tempi di ritorno per ognuna delle serie considerata.

Tabella 5.XXIV

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione
22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	4.89
5	0.906	5.97
10	0.953	6.88
20	0.977	7.87
30	0.984	8.48
40	0.988	8.92
50	0.991	9.28
80	0.994	10.03
100	0.995	10.40
120	0.996	10.71

Tabella 5.XXV

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 112.5°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	5.25
5	0.906	6.14
10	0.953	6.89
20	0.977	7.70
30	0.984	8.20
40	0.988	8.57
50	0.991	8.86
80	0.994	9.48
100	0.995	9.78
120	0.996	10.03

Tabella 5.XXVI

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	5.00
5	0.906	5.75
10	0.953	6.32
20	0.977	6.89
30	0.984	7.23
40	0.988	7.46
50	0.991	7.65
80	0.994	8.04
100	0.995	8.22
120	0.996	8.37

Tabella 5.XXVII

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 157.5°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	3.61
5	0.906	4.42
10	0.953	5.10
20	0.977	5.84
30	0.984	6.29
40	0.988	6.62
50	0.991	6.88
80	0.994	7.45
100	0.995	7.72
120	0.996	7.95

Tabella 5.XXVIII

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	3.73
5	0.906	4.58
10	0.953	5.31
20	0.977	6.09
30	0.984	6.57
40	0.988	6.92
50	0.991	7.20
80	0.994	7.79
100	0.995	8.08
120	0.996	8.33

Tabella 5.XXIX

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 202.5°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	3.90
5	0.906	4.70
10	0.953	5.38
20	0.977	6.12
30	0.984	6.57
40	0.988	6.90
50	0.991	7.16
80	0.994	7.73
100	0.995	8.00
120	0.996	8.23

Tabella 5.XXX

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	3.97
5	0.906	4.70
10	0.953	5.32
20	0.977	5.99
30	0.984	6.40
40	0.988	6.70
50	0.991	6.94
80	0.994	7.45
100	0.995	7.70
120	0.996	7.91

Tabella 5.XXXI

Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno:
Direzione di provenienza 247.5°N – ampiezza classi di
direzione 22.5°.

Tr	P	Hs
[anni]		[m]
2	0.766	4.57
5	0.906	5.18
10	0.953	5.61
20	0.977	6.00
30	0.984	6.22
40	0.988	6.37
50	0.991	6.49
80	0.994	6.73
100	0.995	6.84
120	0.996	6.93

5.6.4.3 Confronto dei risultati

Confrontando i risultati ottenuti per la caratterizzazione probabilistica di eventi estremi, riportati nei precedenti paragrafi, emerge che effettuando l'analisi raggruppando i dati ondometrici in settori di direzione di provenienza di ampiezza 22.5° o di 45° si ottengono risultati molto simili. Unica eccezione riguarda la direzione 135°N in cui è l'analisi condotta aggregando i dati in settori di direzione di provenienza di 22.5° si riscontra una sistematica sottostima dei valori di altezza d'onda rispetto a quelli ricavati utilizzando la scala di aggregazione di 45° (a parità di tempo di ritorno).

5.7 Analisi sul contenuto energetico del moto ondoso al largo

Al fine di individuare la direzione principale del trasporto solido potenziale si è effettuata un'analisi sul contenuto energetico direzionale del moto ondoso al largo.

Dai dati sopra brevemente richiamati, si è ricavata la distribuzione direzionale dell'energia. Più precisamente, l'energia media del moto ondoso associata a un dato ondometrico orario è stata calcolata mediante la relazione:

$$E = \frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H_s^2 \cdot L \cdot \frac{3600}{T}$$

in cui:

$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ è la densità dell'acqua;

$g = 9.806 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità;

H_s è l'altezza d'onda significativa (definita come la media della frazione (1/3) più alta;

L è la lunghezza d'onda su profondità infinita;

T è il periodo significativo.

Nella Figura 5.87 viene rappresentata la distribuzione dell'energia ondosa annuale media rilevata al largo del paraggio di Pozzallo, desunta sulla base della serie storica di dati ondometrici ricavati con il metodo della trasposizione geografica, opportunamente filtrata utilizzando una soglia pari a 1 m al fine di considerare solo gli eventi significativi per il trasporto solido costiero.

L'analisi della distribuzione dell'energia mostra come essa risulti suddivisa in due settori. Il primo riferito a una direzione di provenienza prossimo a 270°N e il secondo compreso tra 110°N e 150°N.

Confrontando, inoltre, i risultati della distribuzione dell'energia al largo del paraggio di Pozzallo con il settore di traversia compreso tra 100°N e 235°N, determinato nel paragrafo precedente, è possibile osservare come l'energia che il moto ondoso scarica sul tratto di litorale in esame sia concentrata nel settore compreso tra 110°N e 150°N.

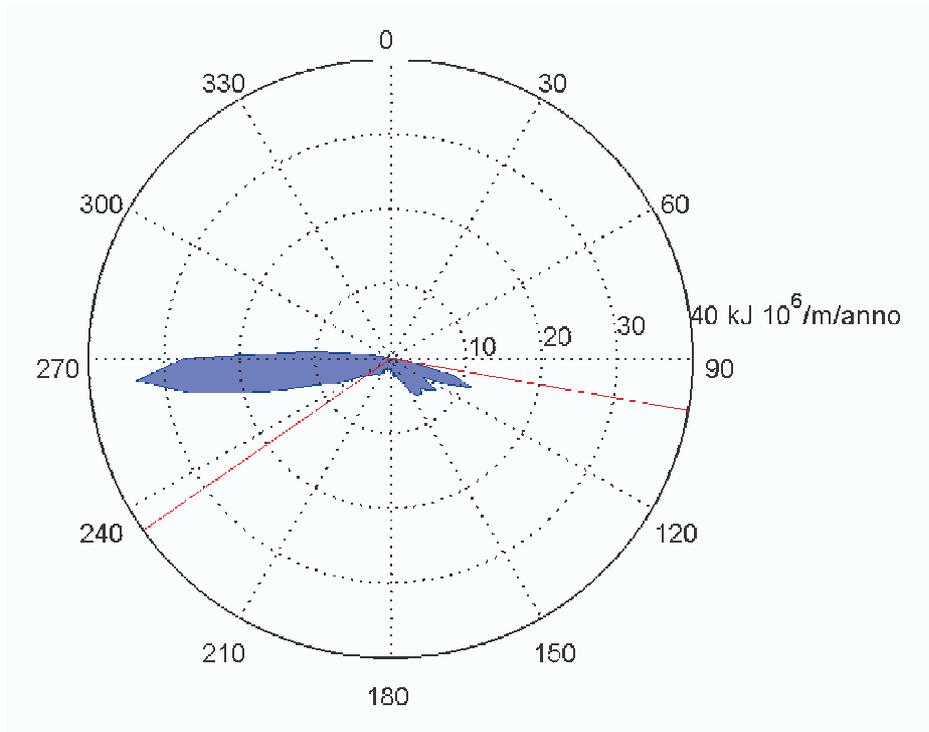


Figura 5.87 Distribuzione direzionale dell'energia media annuale del moto ondoso caratterizzato da un'altezza significativa H_s superiore a 1 m al largo di Pozzallo.

6 Trasformazione del moto ondoso dal largo alla riva

6.1 Generalità

Nel capitolo precedente si sono riportate le informazioni relative al clima meteomarinico al largo. Tuttavia, al fine di valutare il clima di progetto in corrispondenza del sito in esame bisogna trasportare le informazioni note su profondità "infinita" sino all'imboccatura del porto.

Al riguardo, è opportuno ricordare che il fenomeno della propagazione di un'onda da largo verso riva è un processo estremamente complesso a causa di molteplici fattori che intervengono, quali il frangimento parziale, le correnti, la riflessione in prossimità della costa e le irregolarità del fondo. Da ciò deriva la necessità di adottare sensibili semplificazioni, cercando tuttavia di mantenere i contenuti essenziali del processo di propagazione.

Per il caso in esame, si è deciso di analizzare il processo di trasformazione da largo a riva tenendo conto soltanto dei fenomeni di rifrazione e di shoaling, perché ritenuti i più rilevanti, considerando quindi l'evoluzione dell'onda sul piano orizzontale.

I processi di rifrazione e di shoaling consistono in cambiamenti di direzione di propagazione dell'onda, nonché di lunghezza e di altezza dell'onda, a seguito delle variazioni topografiche dei fondali.

Un'onda che si propaga su un fondo leggermente acclive subisce delle variazioni di velocità che inducono una maggiore velocità di propagazione in acque profonde piuttosto che in acque basse. Dette variazioni di celerità fanno sì che, quando un'onda si propaga con un certo angolo di inclinazione rispetto alle isobate, la parte dell'onda che si trova ad una profondità inferiore sia caratterizzata da una velocità di propagazione inferiore rispetto a quella che si trova in acque più profonde. Tali differenze hanno come effetto quello di far "ruotare" la cresta dell'onda in maniera tale da allinearla alle batimetriche.

In questa fase è stato dunque ritenuto opportuno fornire anche delle indicazioni sulla trasformazione delle caratteristiche del moto ondoso dal largo verso la riva fino al frangimento.

Tale studio, qui di seguito riportato solo al fine di fornire un quadro più completo del clima ondoso, è stato condotto con l'ausilio del metodo dei raggi d'onda. Si ritiene comunque che tale studio debba essere approfondito utilizzando batimetrie aggiornate mediante appositi rilievi batimetrici e anche di altri modelli di calcolo, come ad esempio quelli basati sulle così dette "mild-slope equation".

6.2 Modello di calcolo

Lo studio della rifrazione viene in genere condotto attraverso la formulazione differenziale del problema della determinazione dei raggi d'onda che vengono definiti come curve localmente tangenti alla direzione di propagazione dell'onda. Tale approccio utilizza il metodo noto in letteratura come WKB (Mei, 1989) il quale deriva dalla teoria lineare del moto ondoso. Tale metodo assume le seguenti ipotesi:

- ripidità dell'onda piccola, cioè $H/L \ll 1$ come richiesto dall'ipotesi di onde lineari;
- in acque poco profonde, rapporto fra altezza d'onda e la profondità locale sia modesto: $H/h \ll 1$.

Rinviamo il lettore interessato a Mei (1989) per quanto concerne gli aspetti teorici della questione, di seguito si riassume la strategia di calcolo adottata nel presente studio per la determinazione dei raggi d'onda. Tale procedura è stata infatti implementata in un codice di calcolo di seguito denominato `Waves_ray` che opera come segue:

- Si stabilisce un sistema di riferimento (x,y) con l'asse x in direzione cross-shore e l'asse y in direzione long-shore ed inoltre si fissa un sistema di riferimento curvilineo solidale al raggio d'onda (s,θ) con s direzione di propagazione dell'onda e θ inclinazione del raggio d'onda rispetto all'asse x ;
- Come mostrato in Figura 7.1, si fissa un Δx , essendo nota la batimetria e la frequenza dell'onda di cui si vuole studiare l'evoluzione, e si determina il numero d'onda k e quindi la lunghezza d'onda come zero della funzione di dispersione:

$$\omega^2 = g \cdot k \cdot \tanh(k \cdot h) \quad (6.1)$$

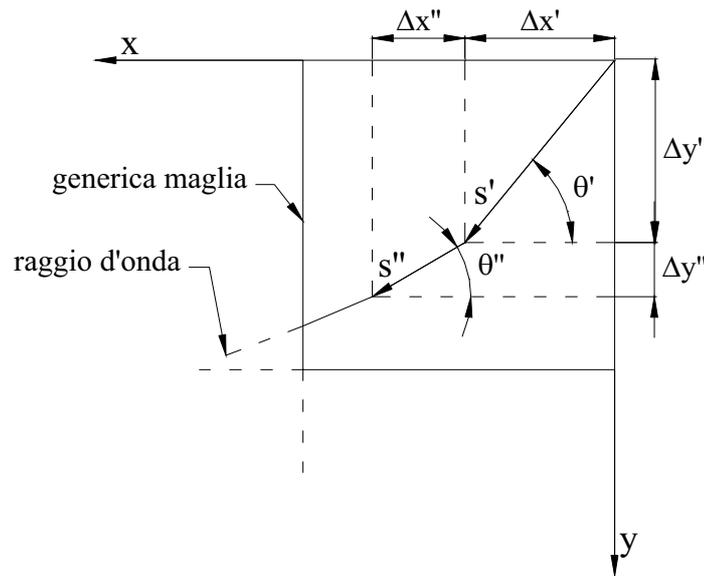


Figura 6.1 Schema geometrico di risoluzione adottato dal codice Waves_ray implementato per lo studio della propagazione del moto ondoso da largo a riva attraverso il tracciamento dei raggi d'onda.

- Si calcolano le derivate parziali del numero d'onda;
- Si procede all'integrazione numerica dell'equazione differenziale dei raggi d'onda:

$$k \cdot y'' - \frac{\partial k}{\partial y} \cdot y'^4 + \frac{\partial k}{\partial x} \cdot y'^3 - 2 \cdot \frac{\partial k}{\partial y} \cdot y'^2 + \frac{\partial k}{\partial x} \cdot y' - \frac{\partial k}{\partial y} = 0 \quad (6.2)$$

che può essere ricondotta alla risoluzione del sistema:

$$\begin{cases} y' = z(x) \\ z' = \frac{1}{k} \left[\frac{\partial k}{\partial y} \cdot z^4 - \frac{\partial k}{\partial x} \cdot z^3 + 2 \cdot \frac{\partial k}{\partial y} \cdot z^2 - \frac{\partial k}{\partial x} \cdot z + \frac{\partial k}{\partial y} \right] \end{cases} \quad (6.3)$$

che, discretizzando alle derivate parziali e ponendo $z = \tan(\theta)$, può essere riscritto come:

$$\begin{cases} \Delta y = z \cdot \Delta x \\ \Delta z = \frac{1}{k} \left[\frac{\Delta k}{\Delta y} \cdot z^4 - \frac{\Delta k}{\Delta x} \cdot z^3 + 2 \cdot \frac{\Delta k}{\Delta y} \cdot z^2 - \frac{\Delta k}{\Delta x} \cdot z + \frac{\Delta k}{\Delta y} \right] \cdot \Delta x \end{cases} \quad (6.4)$$

per cui, fissato Δx , si determina Δz e quindi Δy .

- Noto Δy , si possono ricavare le grandezze incognite al fine del tracciamento del raggio d'onda cioè:

$$\begin{cases} \Delta s = \sqrt{(\Delta x)^2 + \Delta y^2} \\ \vartheta = \text{atan}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) \end{cases} \quad (6.5)$$

Se si indicano con b e $b+db$ le distanze tra due raggi d'onda limitrofi al largo (come illustrato in Figura 6.2), si può definire il fattore di separazione dei raggi d'onda:

$$\beta = \frac{b}{b + db} \quad (6.6)$$

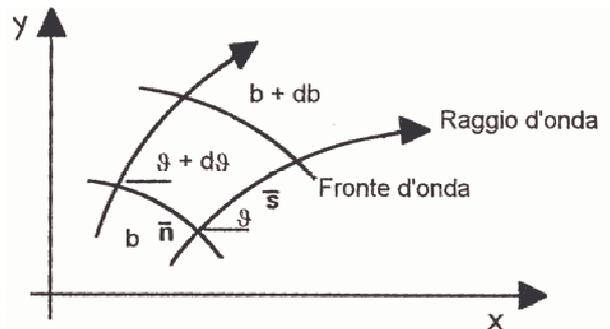


Figura 6.2 Rappresentazione schematica di due raggi d'onda e delle grandezze geometriche che li caratterizzano.

Sempre con riferimento alla citata Figura 6.2, sia inoltre C la celerità con cui viaggiano le onde lungo la direzione rappresentata dalla coordinata curvilinea s e θ l'inclinazione del raggio d'onda rispetto all'asse x . Si può dimostrare (vedere Dean & Dalrymple, 1998) che l'equazione differenziale che governa il fattore di separazione di due raggi d'onda è la seguente:

$$\frac{\partial^2 \beta}{\partial s^2} + p(s, \theta) \frac{\partial \beta}{\partial s} + q(s, \theta) \beta = 0 \quad (6.7)$$

in cui :

$$\begin{aligned} p(s, \theta) &= -\frac{\cos \theta}{C} \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\sin \theta}{C} \frac{\partial C}{\partial y} \\ q(s, \theta) &= \frac{\sin^2 \theta}{C} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{2 \sin \theta \cos \theta}{c} \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial y} + \frac{\cos^2 \theta}{C} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Dall'integrazione dell'equazione differenziale (6.7) lungo i raggi d'onda si perviene alla determinazione delle caratteristiche dell'onda. Infatti, l'altezza d'onda in corrispondenza della generica ascissa s è data dalla seguente relazione:

$$H = H_0 \cdot K_s \cdot K_r \quad (6.9)$$

dove:

H_0 è l'altezza d'onda su profondità infinita;

$K_s = \sqrt{\frac{2\cosh^2(kh)}{2kh + \sinh(2kh)}}$ è il coefficiente di shoaling, essendo h la profondità locale e k il numero d'onda locale;

$K_r = \sqrt{\frac{1}{\beta}}$ è il coefficiente di rifrazione.

I raggi d'onda si propagano dal largo verso la riva fino a quando l'altezza d'onda H in relazione alla profondità locale non aumenta al punto che l'onda diventa instabile e ripiega su se stessa (incompatibilità tra geometria e cinematica dell'onda); questo fenomeno fortemente dissipativo si traduce in una striscia di schiuma bianca prossima alla riva e tanto più distante da questa quanto più alte sono le onde. Il processo di frangimento non presenta sempre le medesime caratteristiche. Infatti un'onda può dissipare la sua energia in brevissimo tempo o gradualmente.

Le esperienze condotte da Landò Rebaudengo e Scarsi (1984), che seguono uno schema indicato da Battjes (1974), hanno portato ad una relazione atta ad individuare il frangimento dalla profondità infinita fino alla profondità relativa h/L tendente a zero secondo la formulazione seguente:

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.14 \tanh\left(\xi \frac{2\pi h}{L_b}\right) \quad (6.10)$$

in cui la funzione ξ assume i seguenti valori:

$\xi = 1$ verificata per $\frac{h}{gT^2} \geq 0.02$;

$\xi = [0.52 + (16.30s)^2] + [3.40 - (43.50s)^2] \left(\frac{h}{gT^2}\right)^{1/2}$ verificata per $0.005 \leq \frac{h}{gT^2} \leq 0.02$

$\xi = [0.83 + (13.86s)^2] + [1.00 - (29.00s)^2] \left(\frac{h}{gT^2}\right)^{1/2}$ verificata $\frac{h}{gT^2} \leq 0.005$

In corrispondenza delle condizioni di frangimento, per ogni raggio, sono state determinate le seguenti grandezze da cui dipendono le correnti litoranee. E precisamente:

- H_b = altezza d'onda al frangimento;
- h_b = profondità al frangimento;
- θ = angolo di attacco al frangimento;
- L = lunghezza d'onda;
- C_g = celerità di gruppo;
- E_{cn} = flusso di energia.

6.3 Definizione del dominio di calcolo

Al fine di determinare le caratteristiche del moto ondoso al frangimento è stato definito un dominio di calcolo costituito da una griglia di 289x428 nodi a passo costante $D_x=D_y=100$ m con origine posta nel punto avente coordinate UTM (473300E, 4024300N). Su tale griglia di calcolo è stata discretizzata la batimetria

dei fondali, desunta sulla della Carta Nautica "20 - Da Licata a Marina di Avola" e dei rilievi batimetrici forniti dal Committente. La Figura 6.3 illustra la ricostruzione del dominio di calcolo e della batimetria.

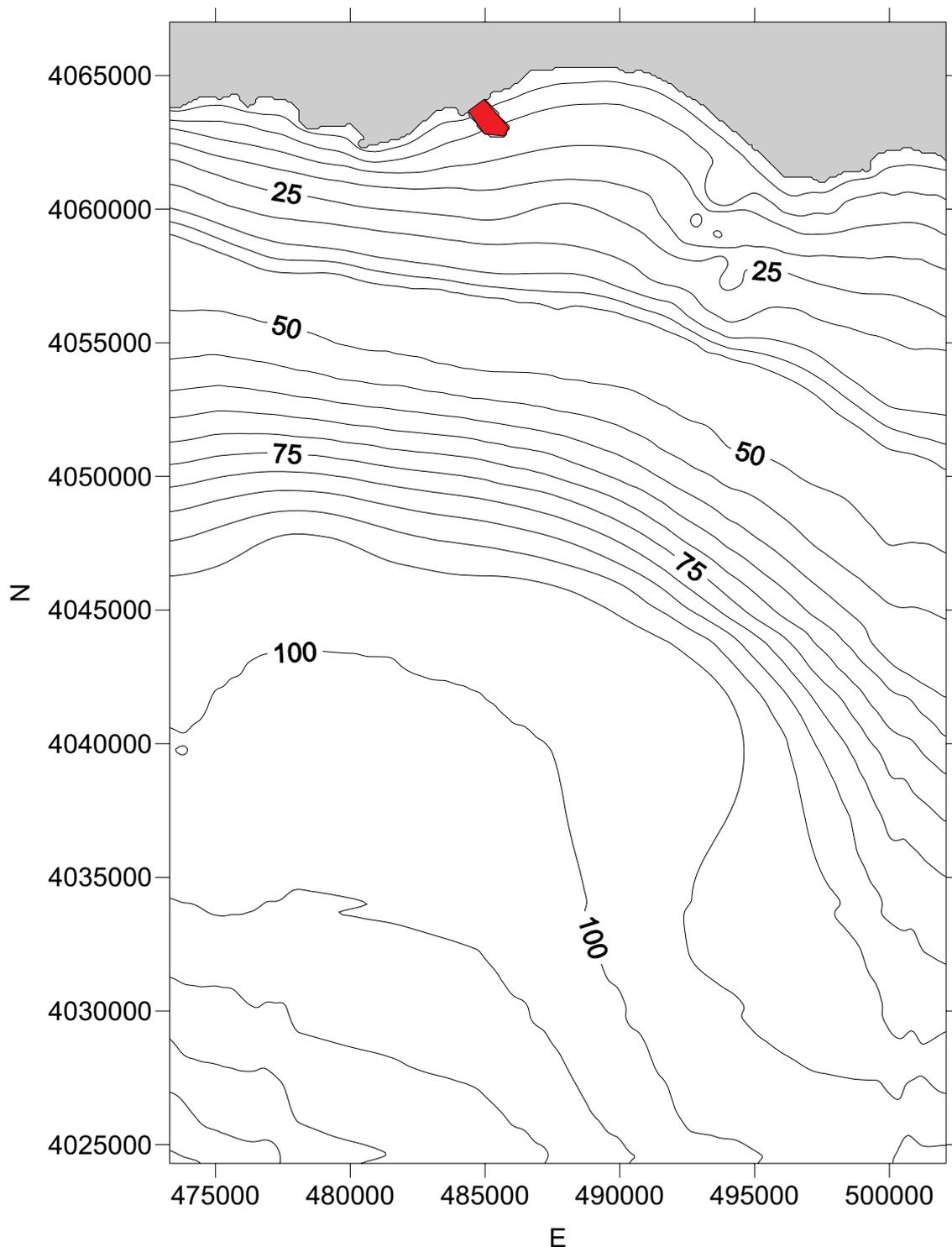


Figura 6.3 Dominio di calcolo e batimetria utilizzati per l'individuazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

6.4 Simulazione numeriche condotte

Sulla base dei risultati forniti dallo studio degli eventi ondosi estremi al largo, riportato nel paragrafo 5.6, si sono determinate le condizioni iniziali da fornire al

modello di calcolo. In particolare, utilizzando i risultati ottenuti dall'analisi dei dati ondometrici aggregati per settori di ampiezza di 45°, si sono considerati eventi ondososi provenienti dai settori 90°N, 135°N, 180°N e 225°N per diversi tempi di ritorno.

Il periodo d'onda associato a ciascuna altezza d'onda considerata è stato ricavato dalla relazione:

$$T = 4.5\sqrt{H_s} \quad (6.11)$$

Dalla Tabella 6.I alla Tabella 6.IV sono riportate le condizioni a largo fornite al modello per determinare i raggi d'onda e le caratteristiche del moto ondososo al frangimento.

Tabella 6.I Condizioni del moto ondososo al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondososo al frangimento: Direzione di provenienza 90°N.

Tr	Hs	T
[anni]	[m]	[s]
2	5.19	10.3
5	6.06	11.1
10	6.80	11.7
20	7.60	12.4
30	8.09	12.8
40	8.45	13.1
50	8.73	13.3
80	9.35	13.8
100	9.64	14.0
120	9.89	14.2

Tabella 6.II Condizioni del moto ondososo al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondososo al frangimento: Direzione di provenienza 135°N.

Tr	Hs	T
[anni]	[m]	[s]
2	5.45	10.5
5	6.29	11.3
10	6.93	11.8
20	7.57	12.4
30	7.95	12.7
40	8.21	12.9
50	8.42	13.1
80	8.86	13.4
100	9.06	13.5
120	9.23	13.7

Tabella 6.III

Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 180°N.

Tr	Hs	T
[anni]	[m]	[s]
2	3.95	8.9
5	4.73	9.8
10	5.39	10.4
20	6.10	11.1
30	6.54	11.5
40	6.86	11.8
50	7.11	12.0
80	7.66	12.5
100	7.92	12.7
120	8.14	12.8

Tabella 6.IV

Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 225°N.

Tr	Hs	T
[anni]	[m]	[s]
2	4.56	9.6
5	5.25	10.3
10	5.77	10.8
20	6.30	11.3
30	6.60	11.6
40	6.82	11.8
50	6.99	11.9
80	7.34	12.2
100	7.51	12.3
120	7.65	12.4

Per ognuna delle sopracitate condizioni di clima ondoso sono state determinate le traiettorie di diversi raggi d'onda in modo da interessare il perimetro esterno del porto.

6.5 Analisi dei risultati

I risultati forniti dal modello circa l'individuazione dei raggi d'onda fino al frangimento sono riportati in forma grafica dalla Figura 6.4 alla Figura 6.43.

Inoltre, dalla Tabella 6.V alla Tabella 6.XLIV sono riportate le caratteristiche del moto ondoso al frangimento per le diverse condizioni di moto ondoso. In particolare, nelle colonne di dette tabelle sono riportate le seguenti grandezze riferite al punto di frangimento: sulle prime due colonne le coordinate del punto nel sistema di riferimento UTM sulla terza colonna l'altezza d'onda, sulla quarta colonna

la lunghezza d'onda, sulla quinta colonna la profondità e sulla sesta colonna la direzione.

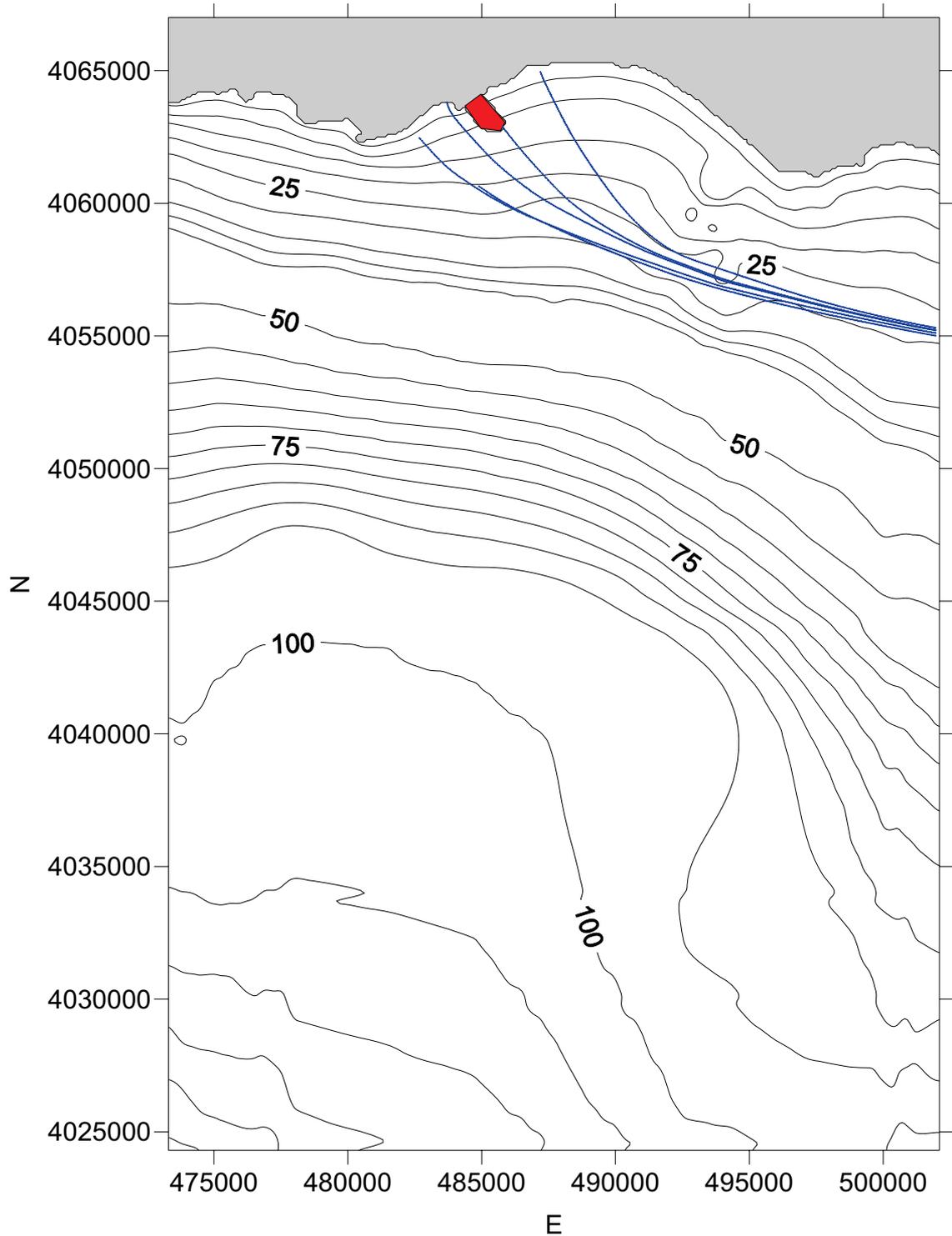


Figura 6.4 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

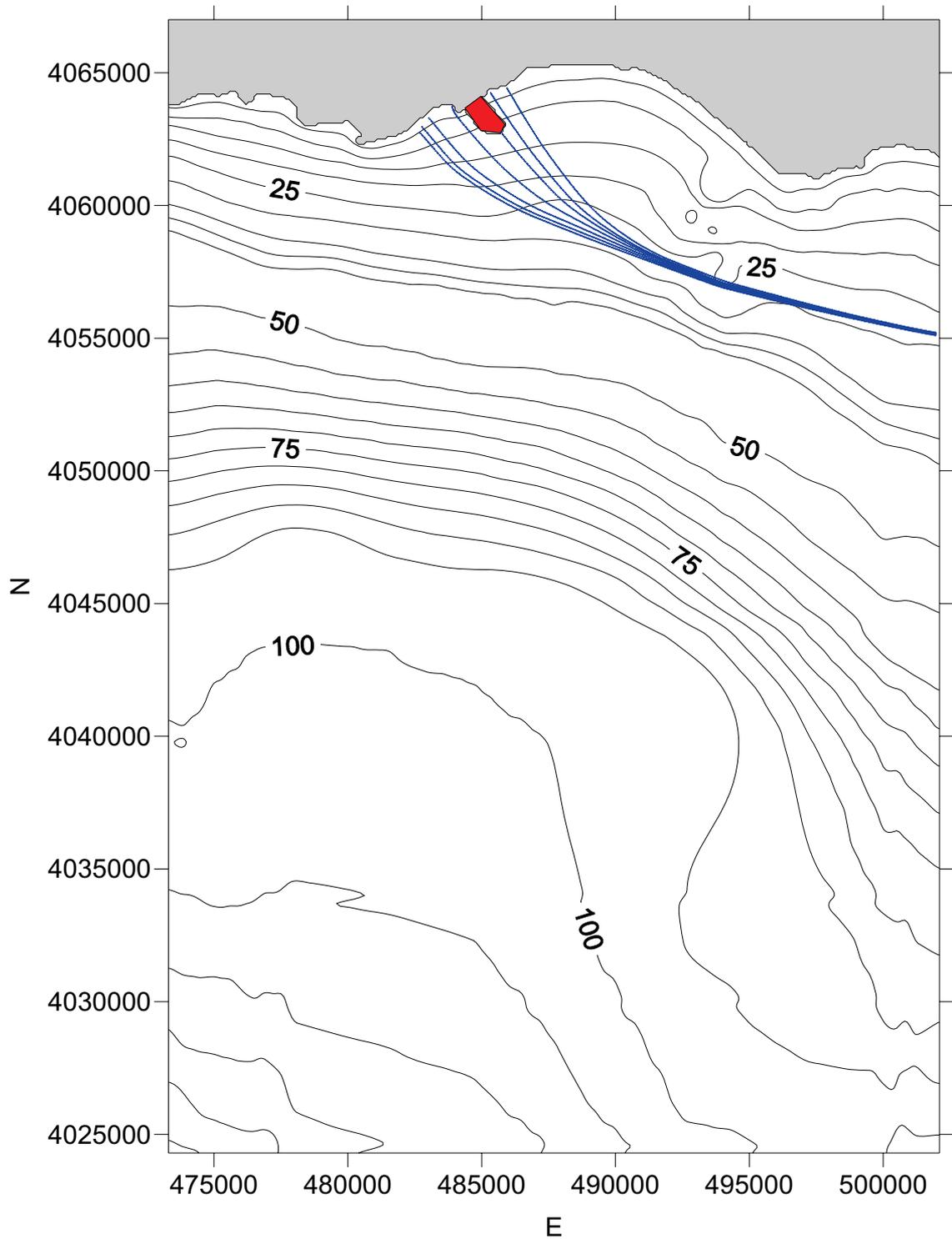


Figura 6.5 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

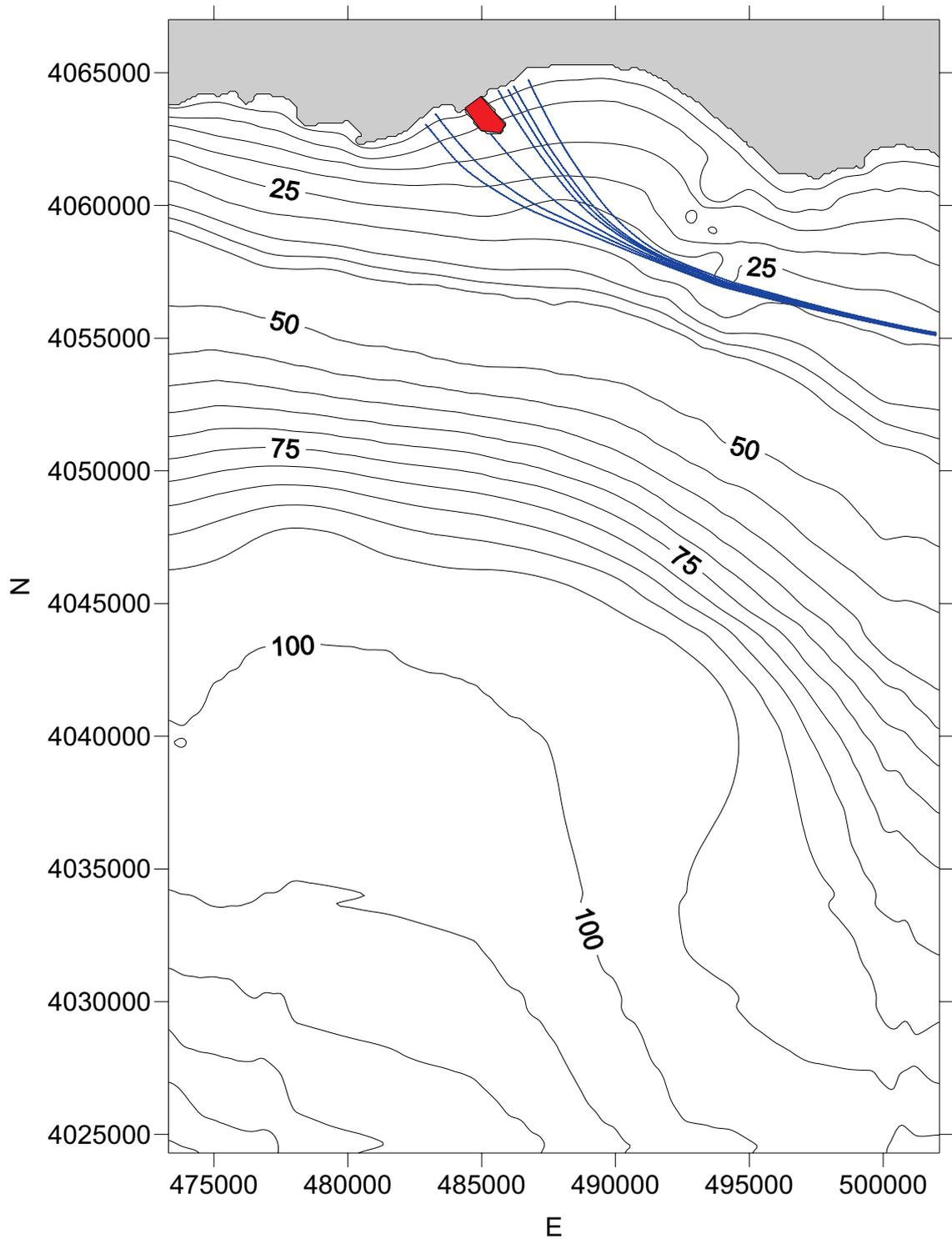


Figura 6.6 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

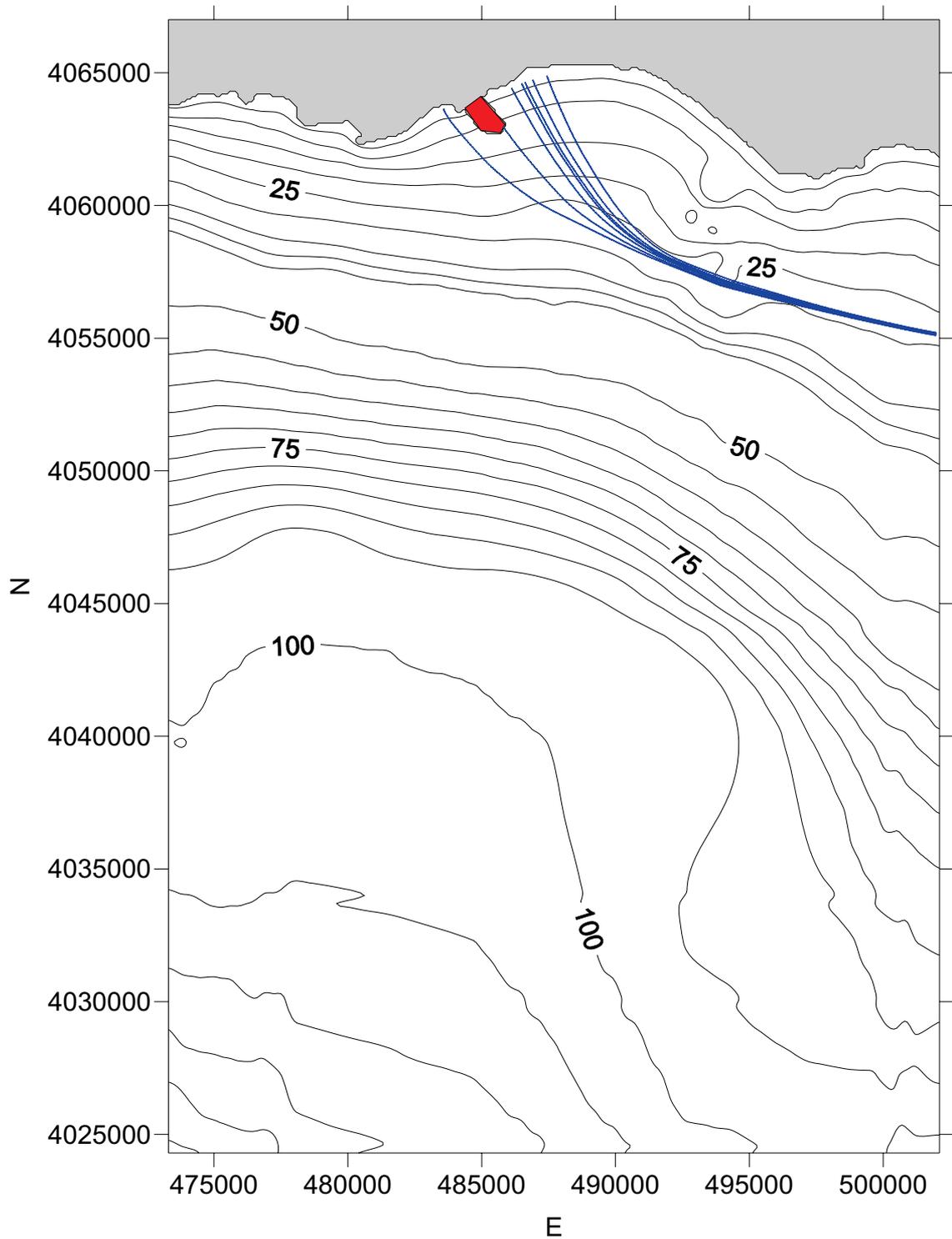


Figura 6.7 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

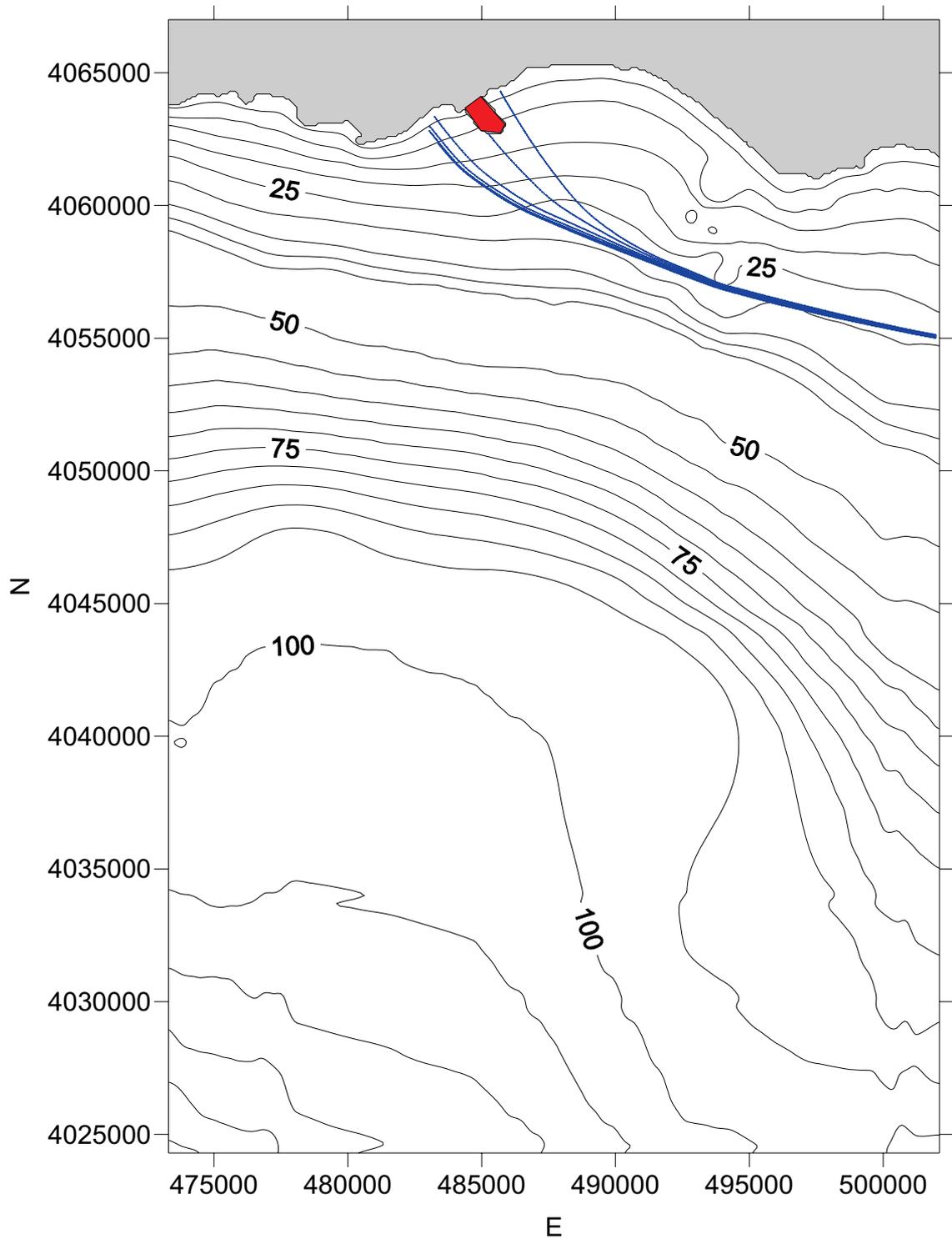


Figura 6.8 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

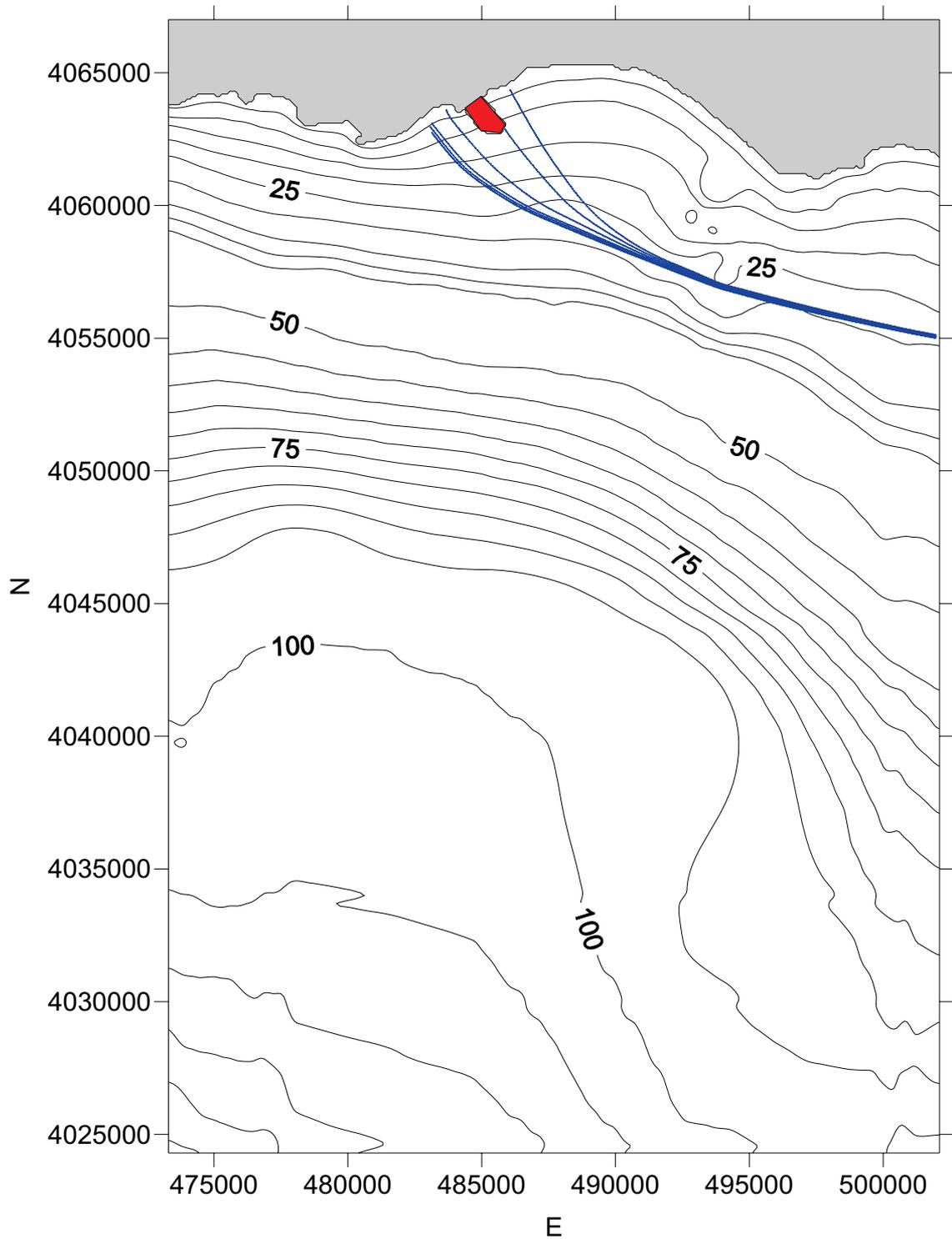


Figura 6.9 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

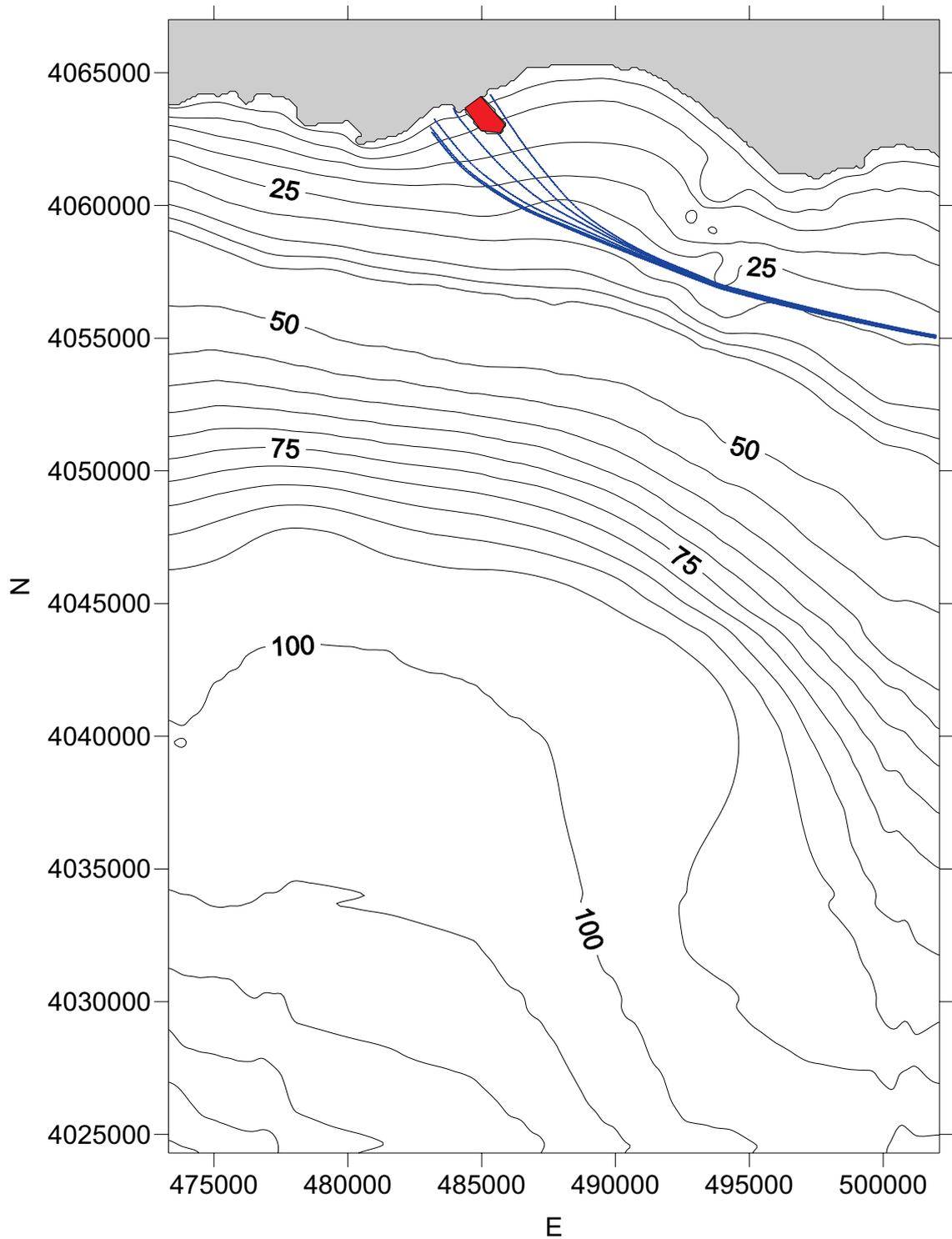


Figura 6.10 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

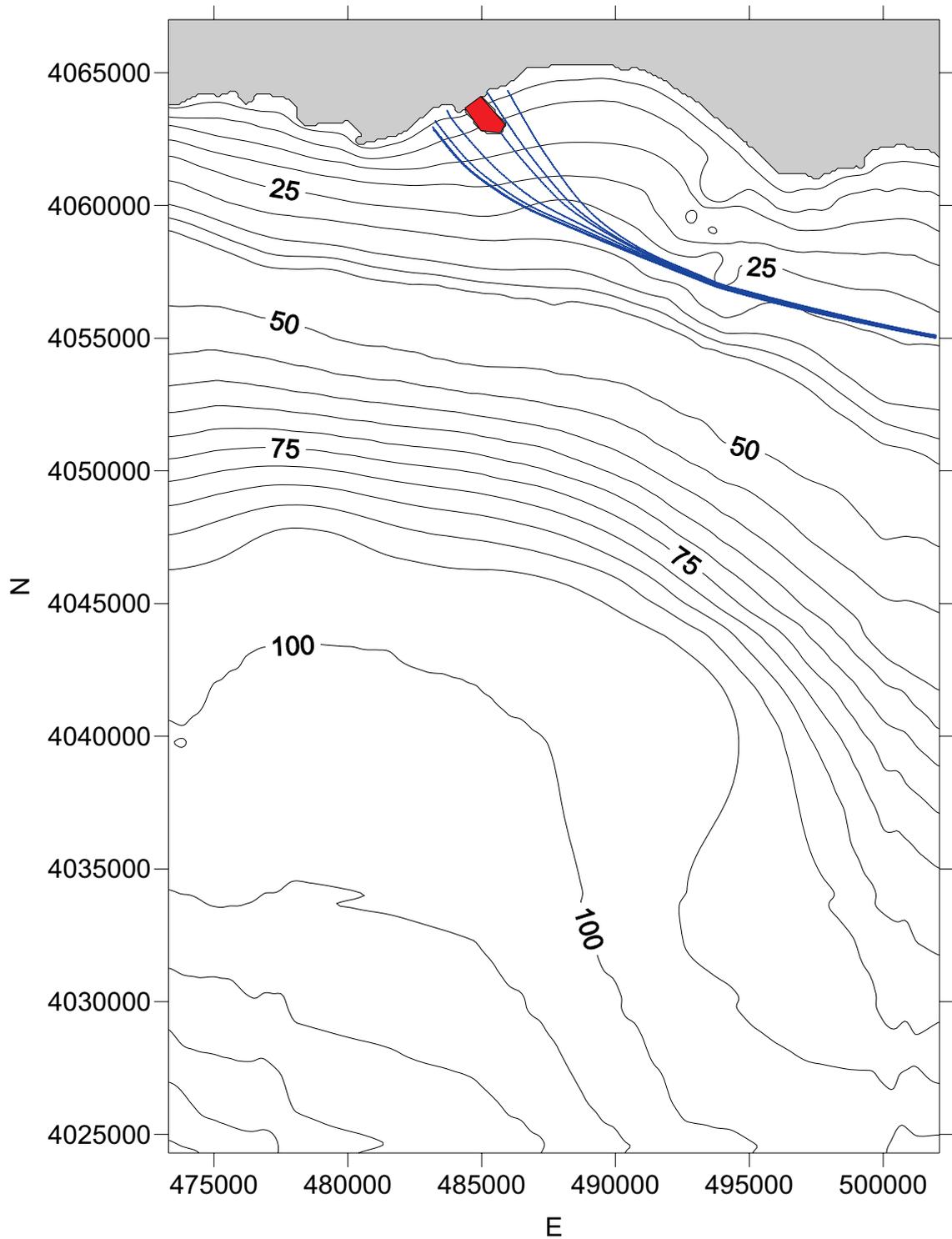


Figura 6.11 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

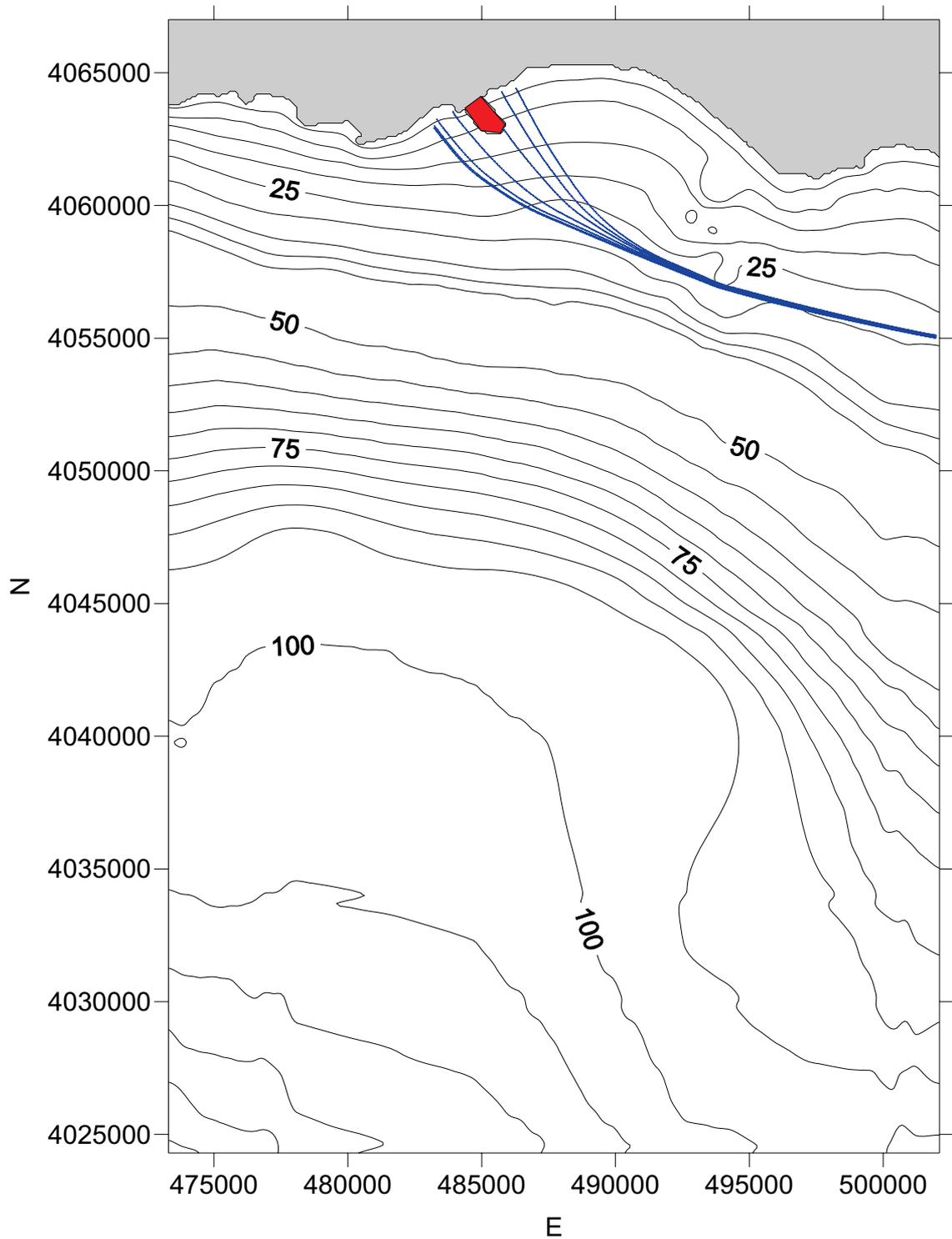


Figura 6.12 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

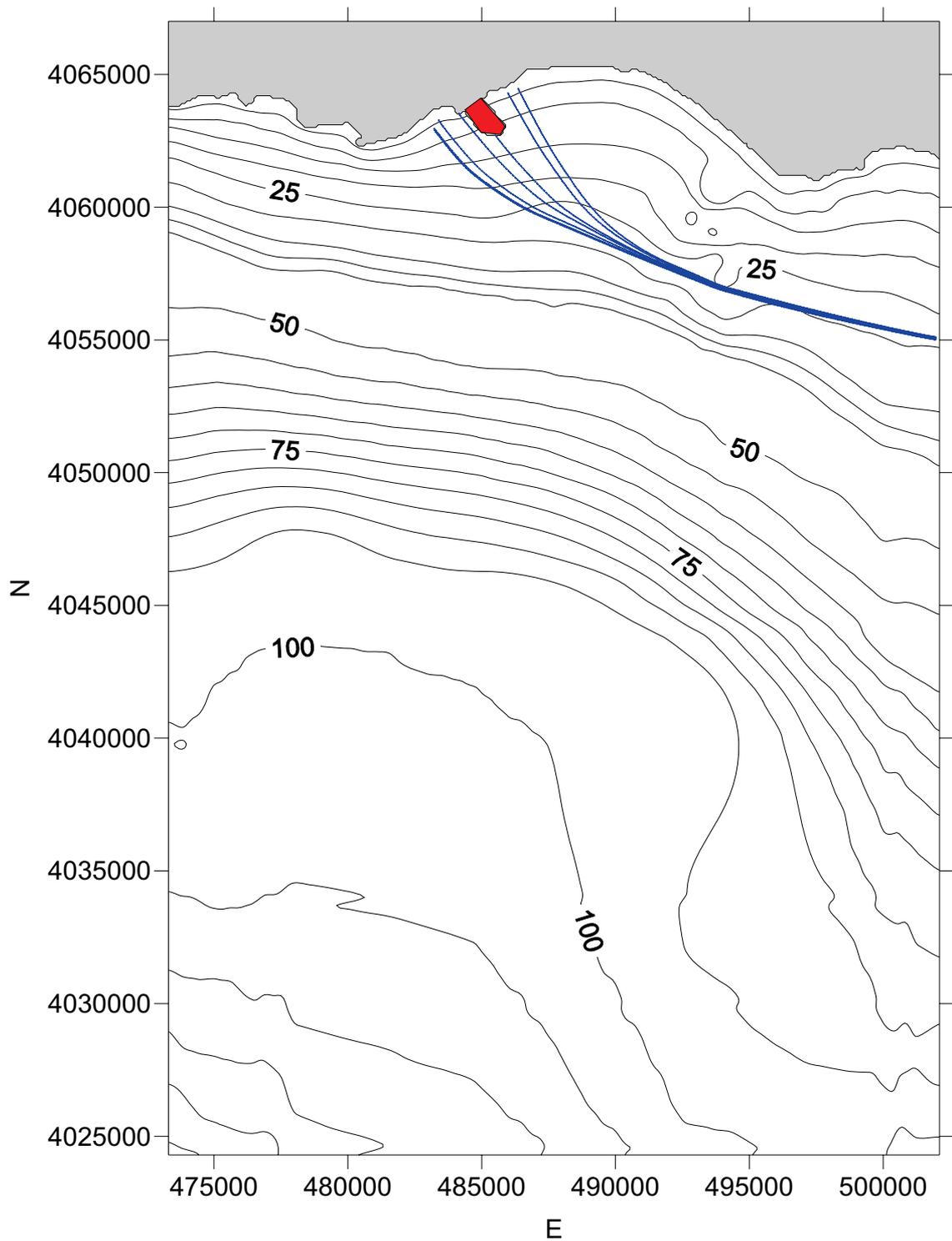


Figura 6.13 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

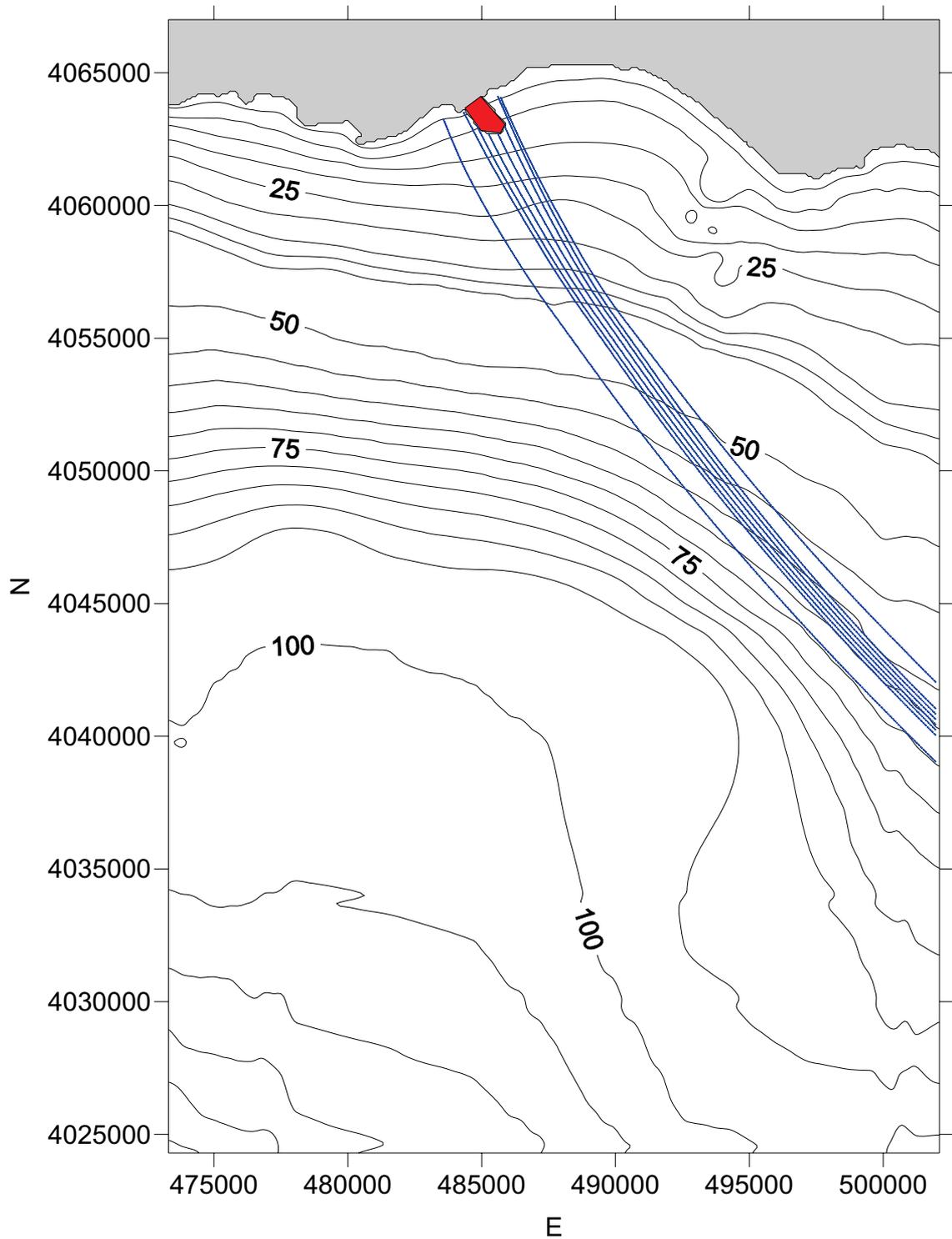


Figura 6.14 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

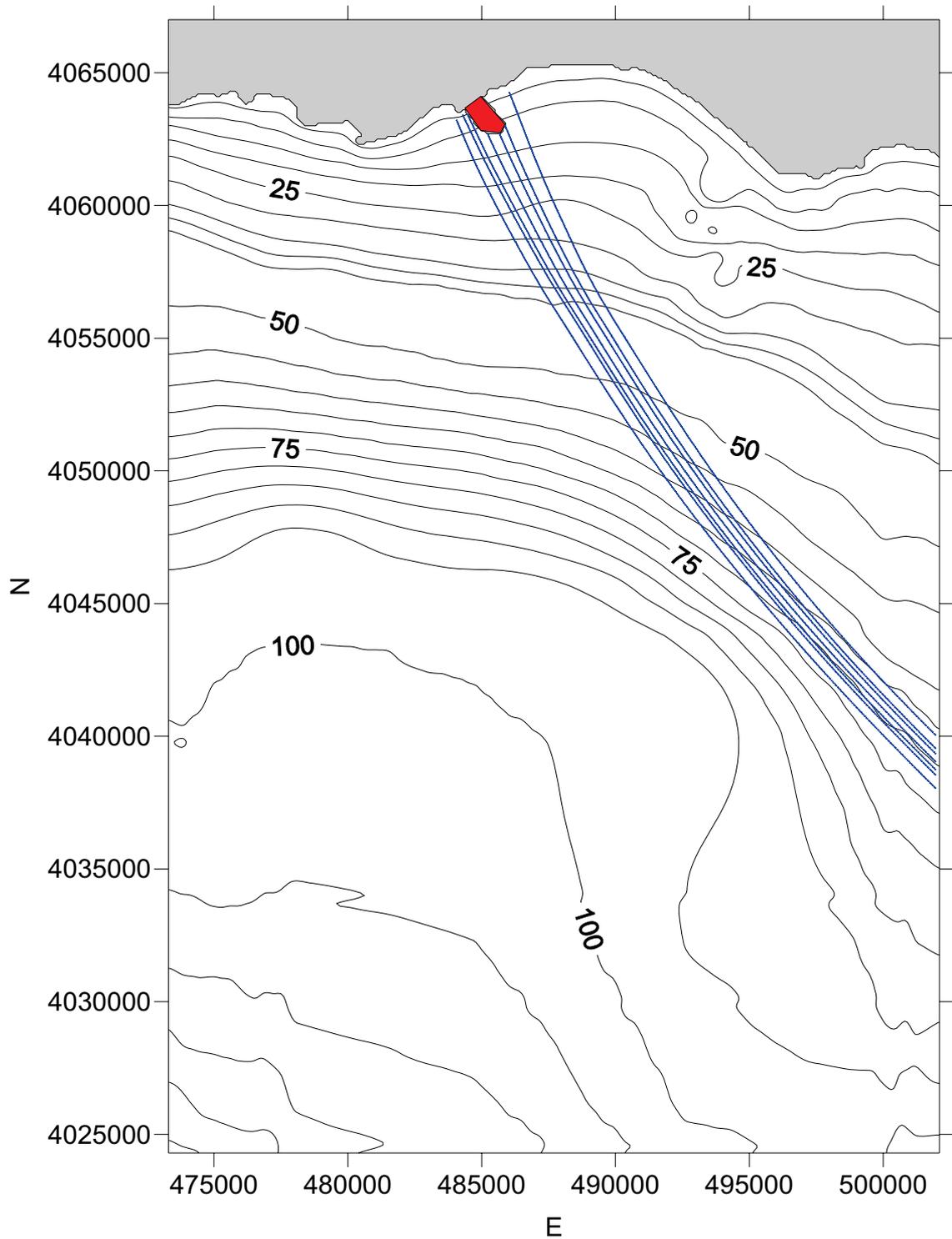


Figura 6.15 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

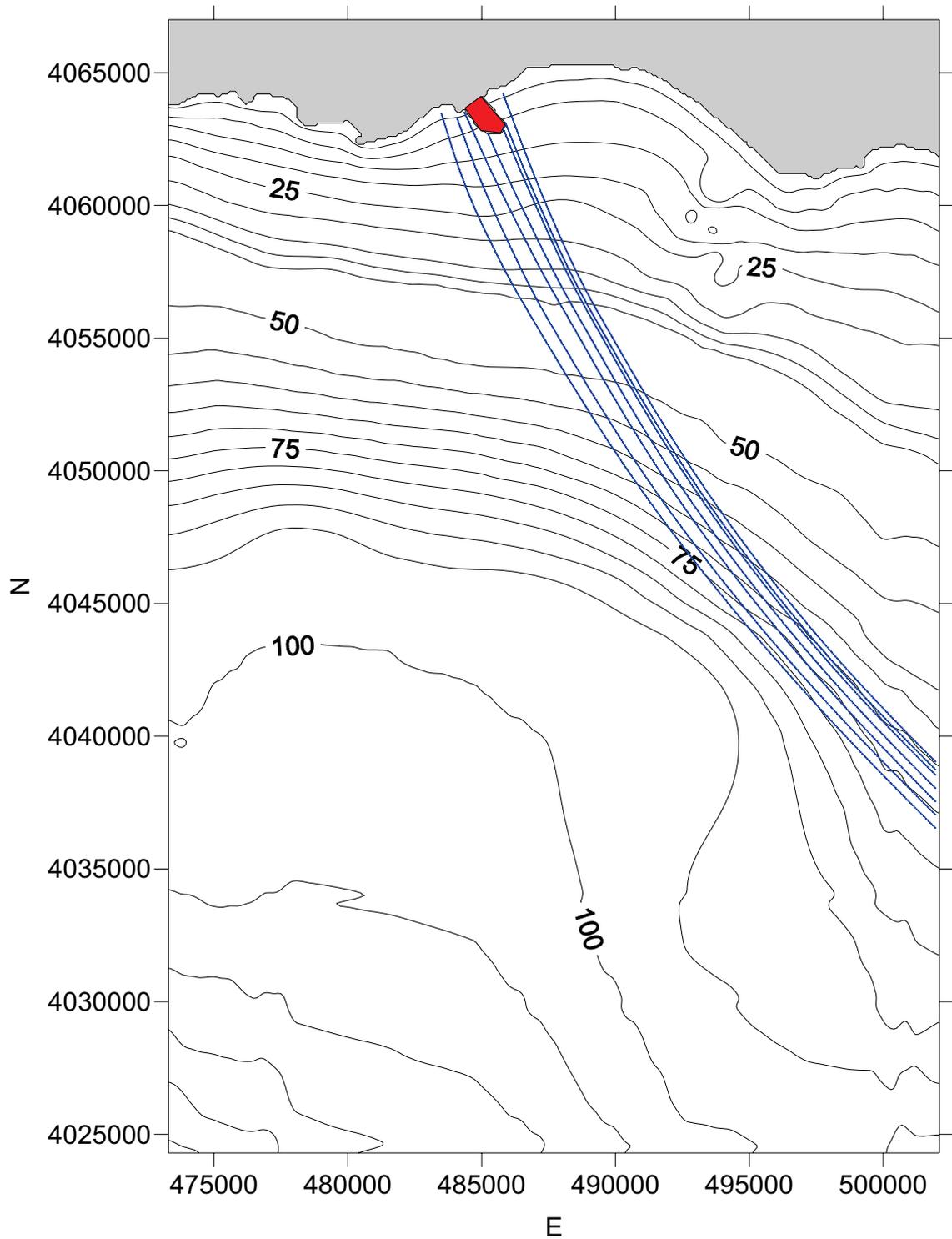


Figura 6.16 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

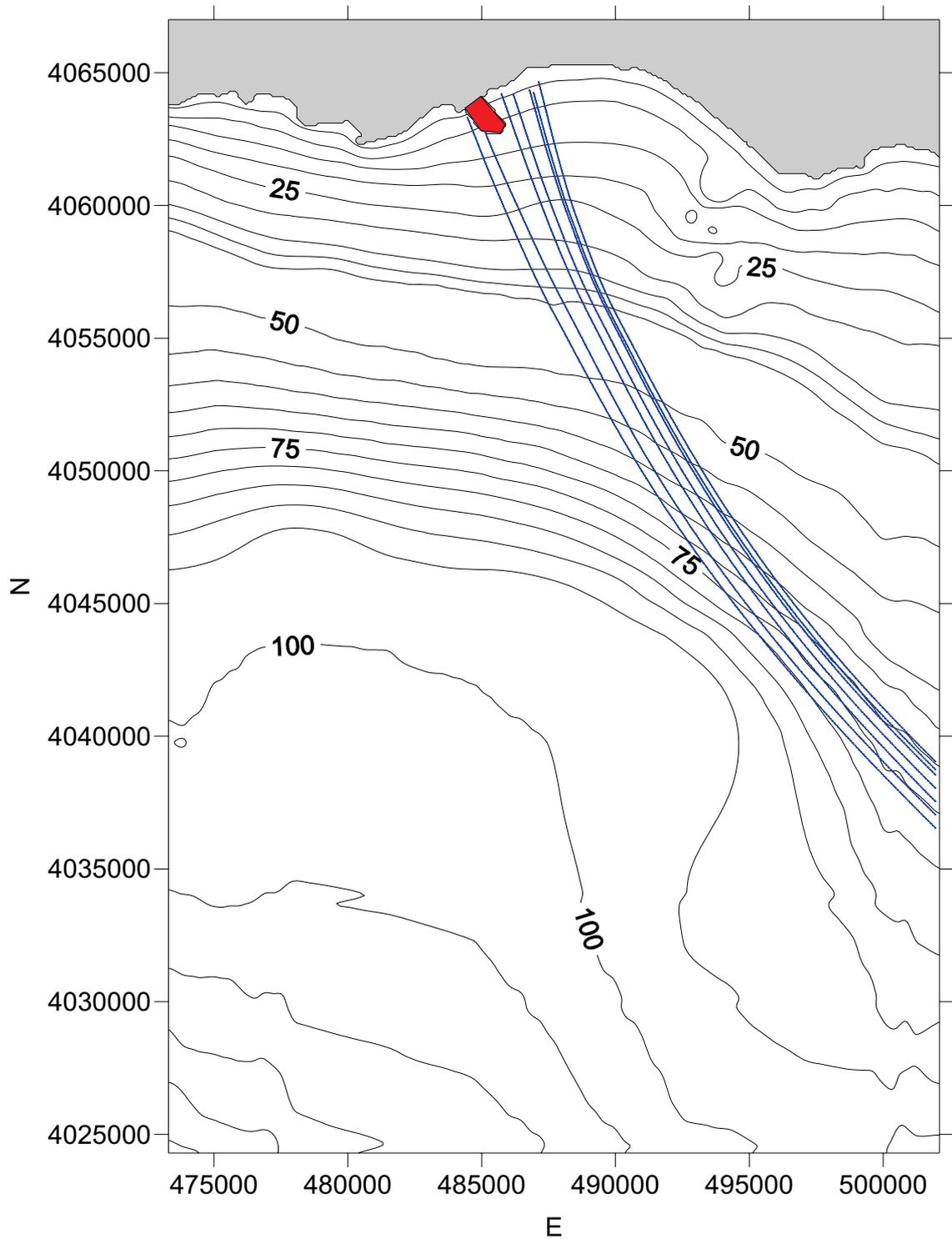


Figura 6.17 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

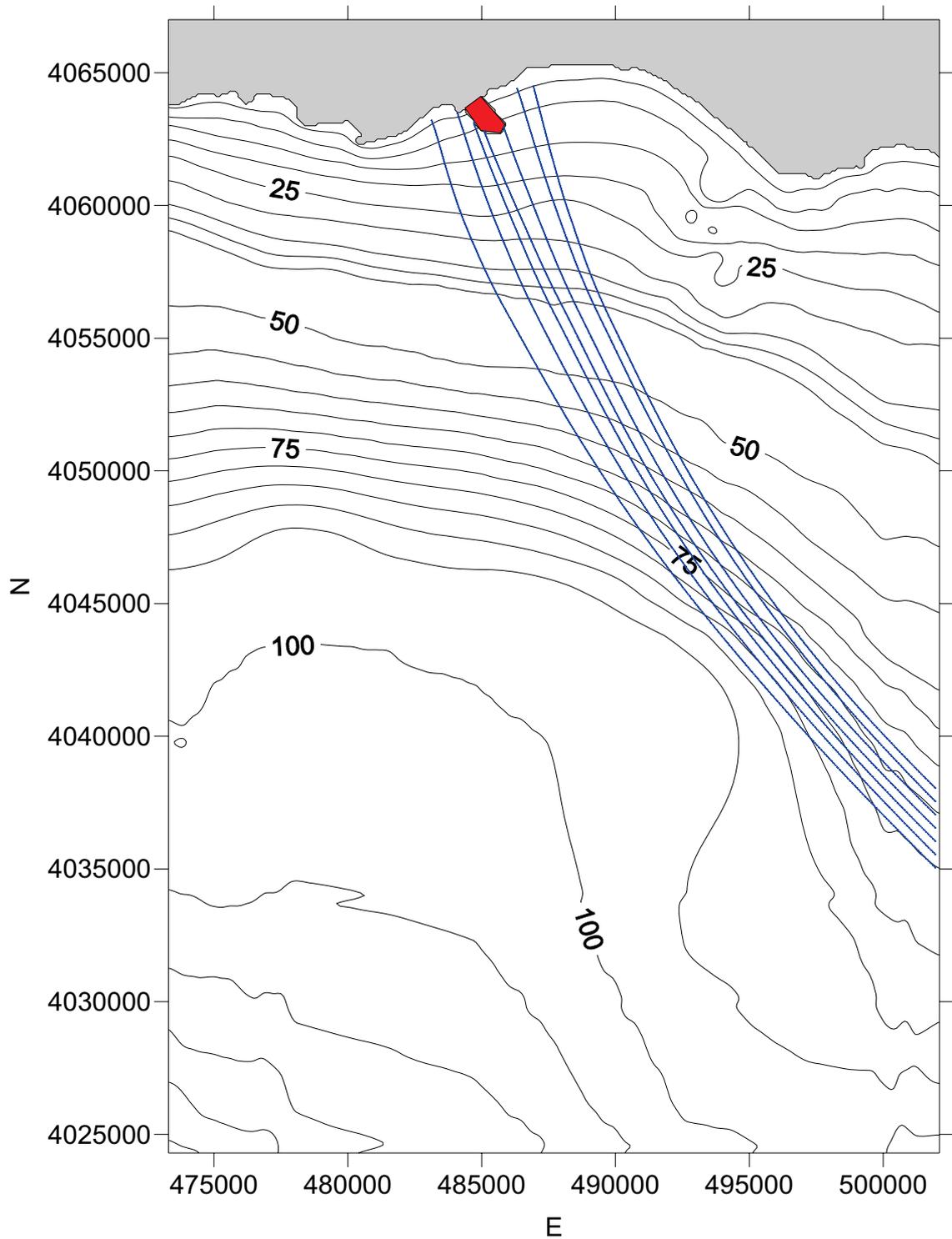


Figura 6.18 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

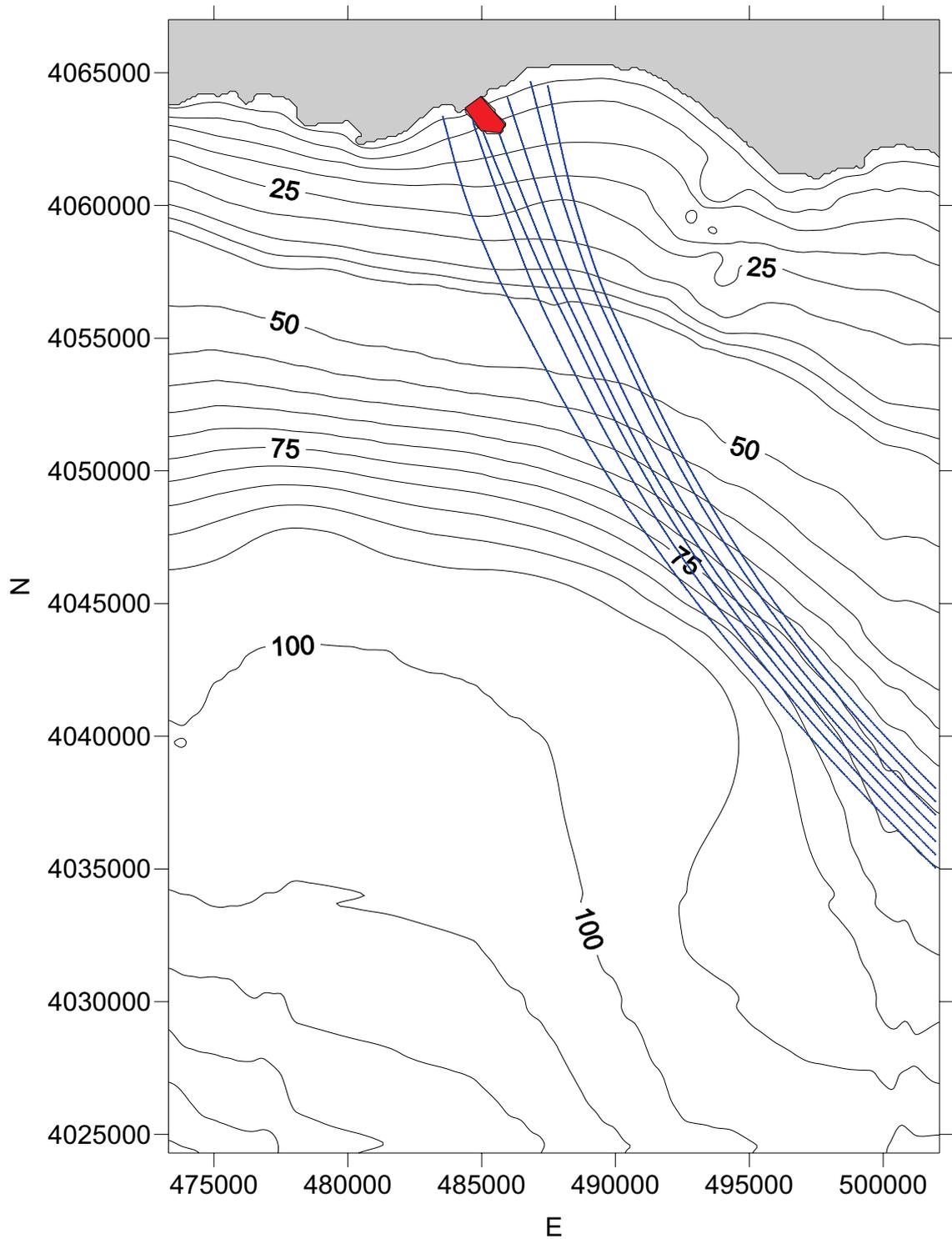


Figura 6.19 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

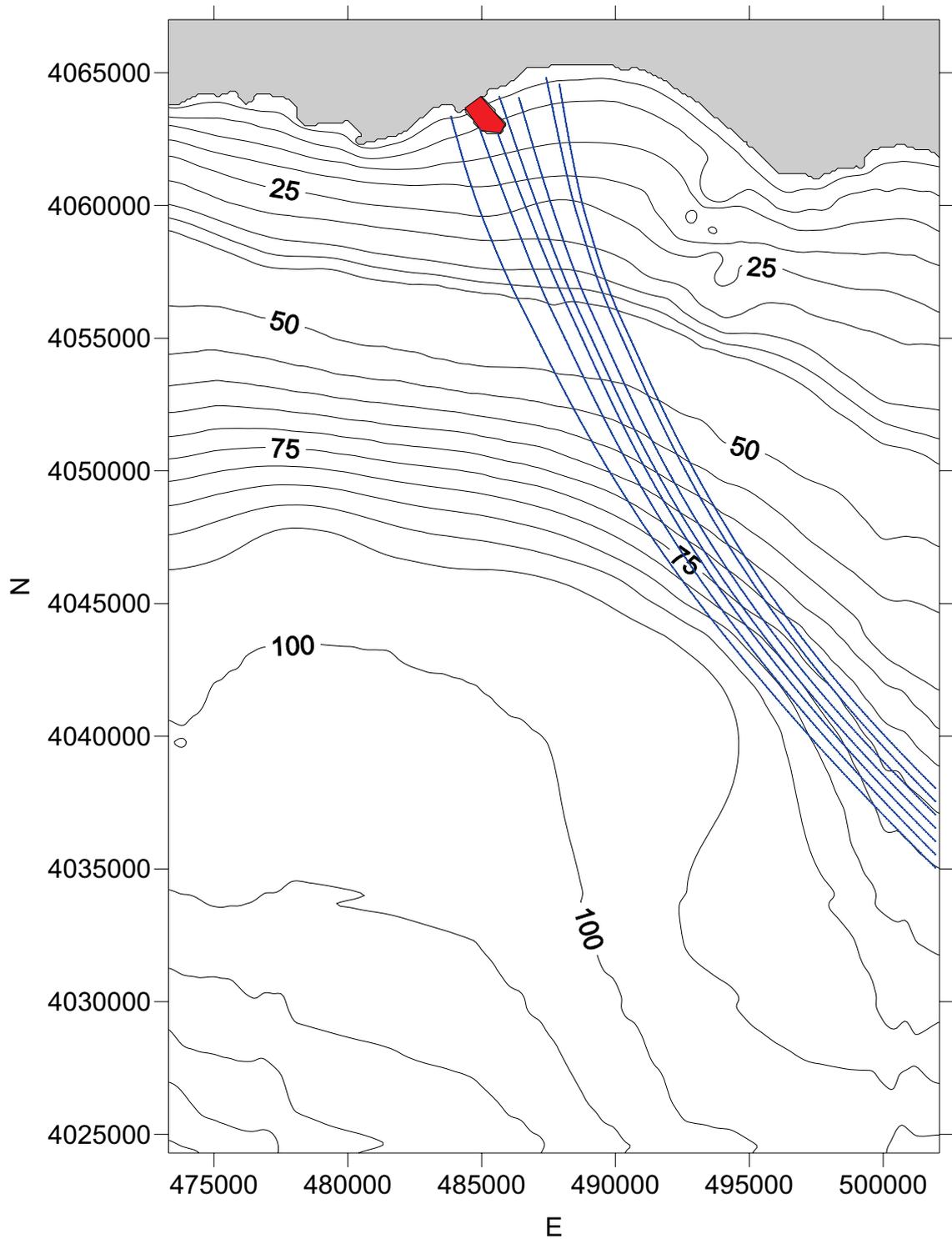


Figura 6.20 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

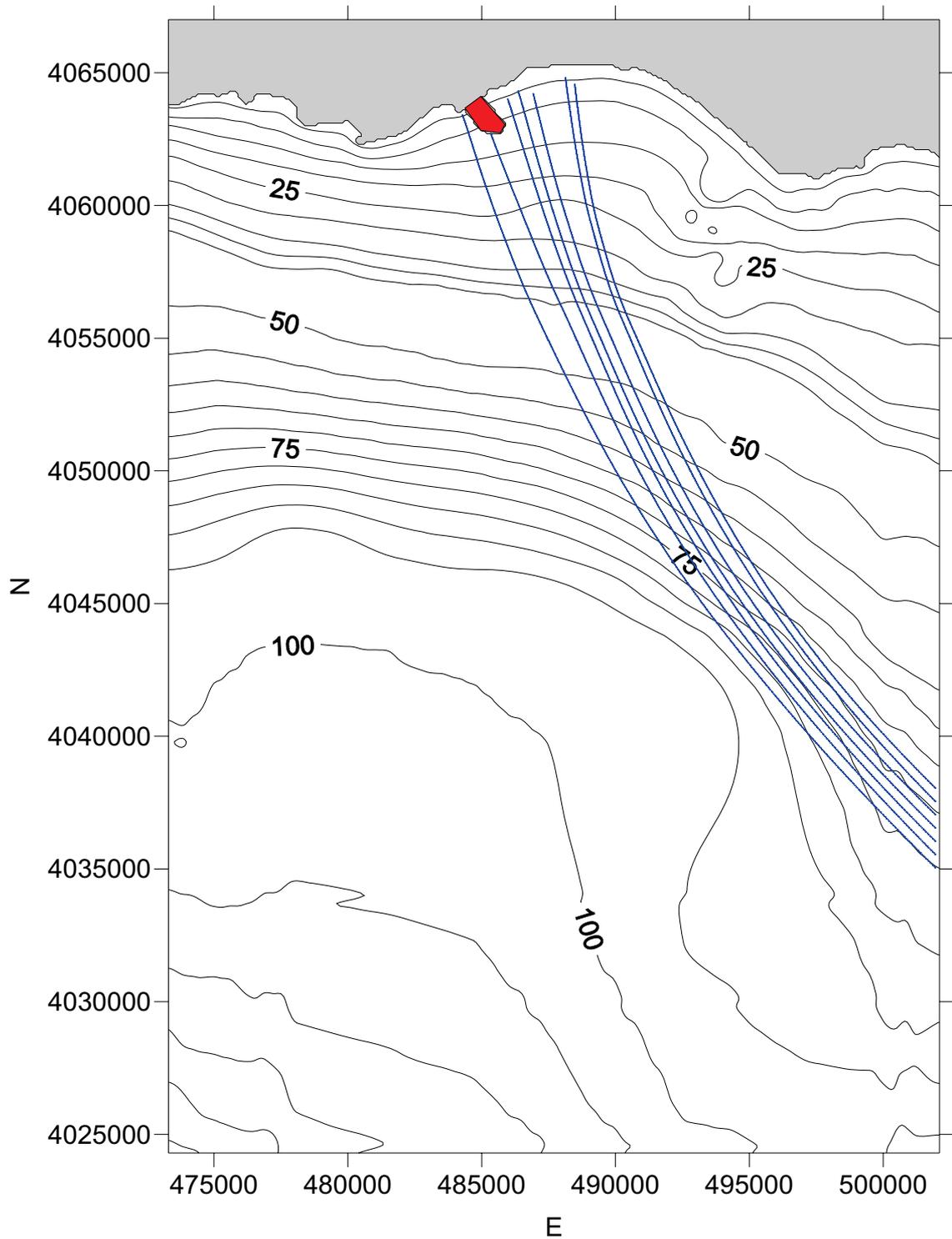


Figura 6.21 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

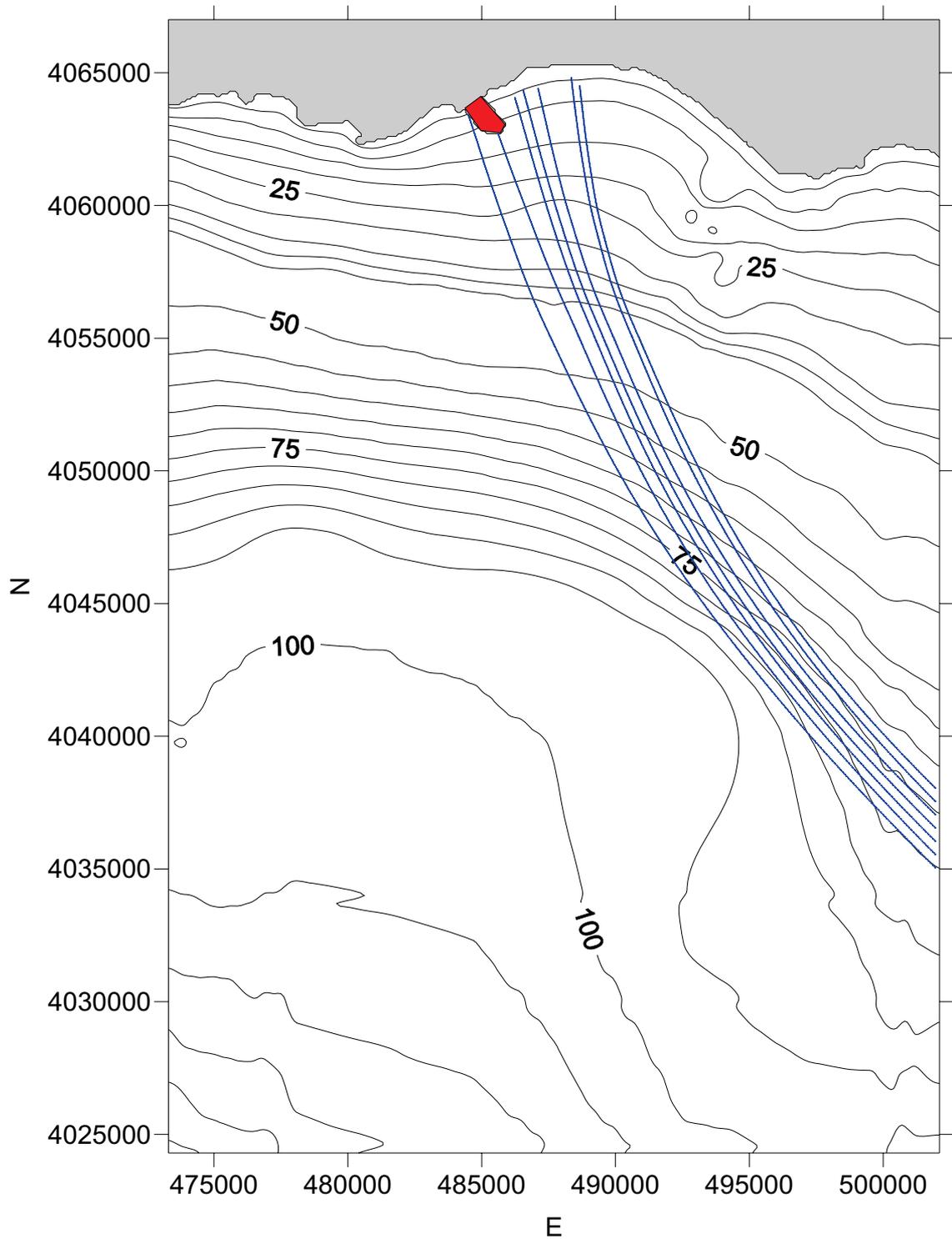


Figura 6.22 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

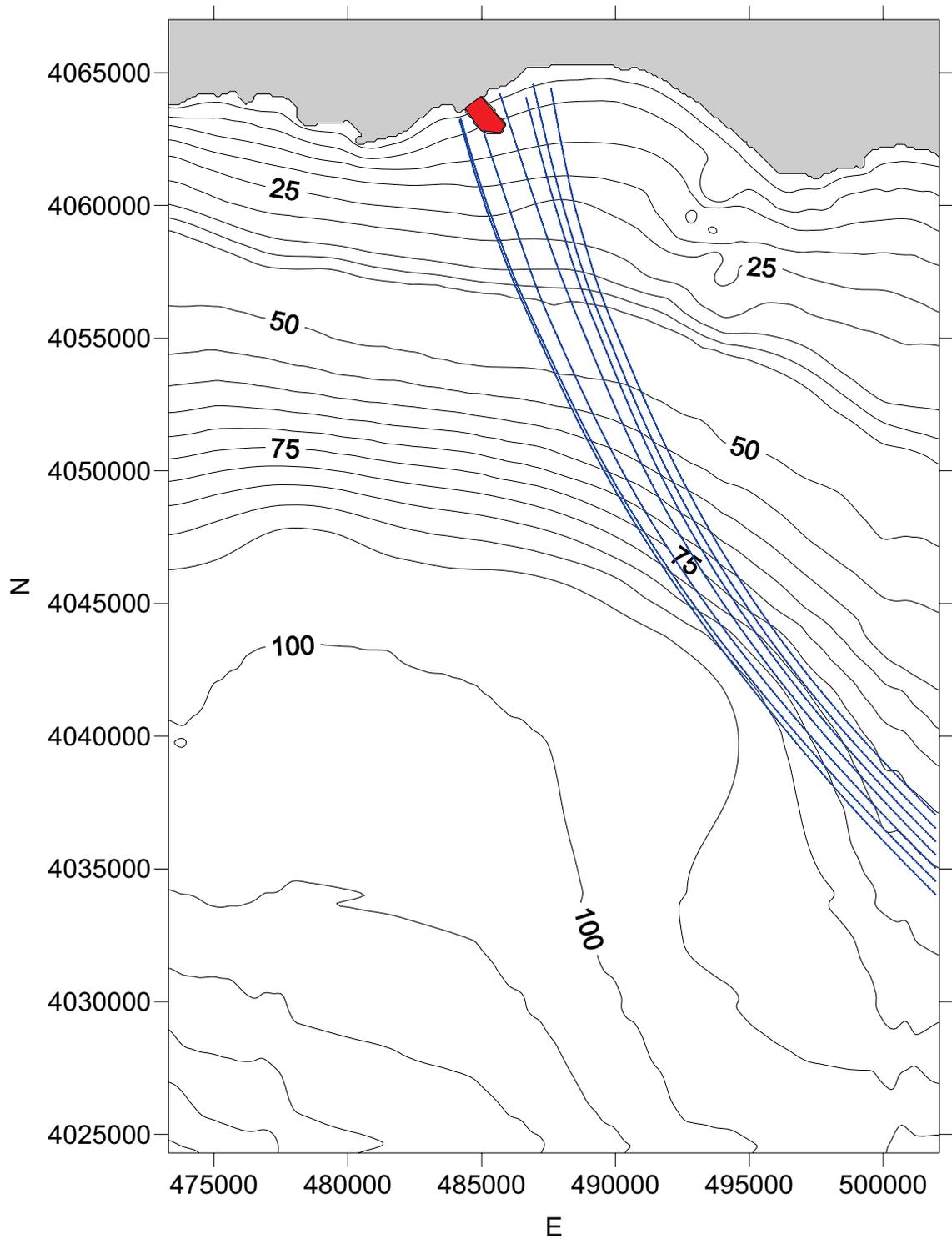


Figura 6.23 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 135°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

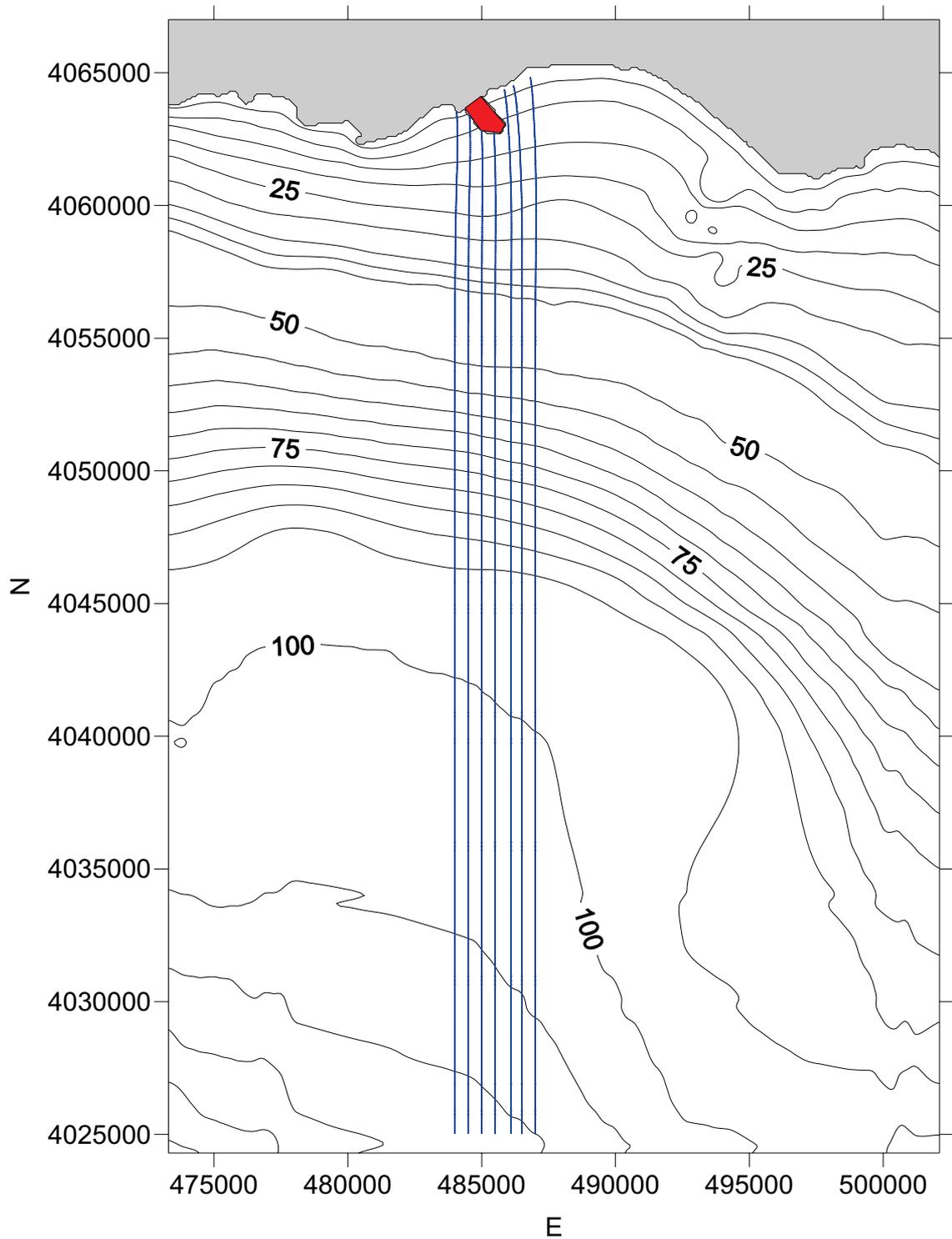


Figura 6.24 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

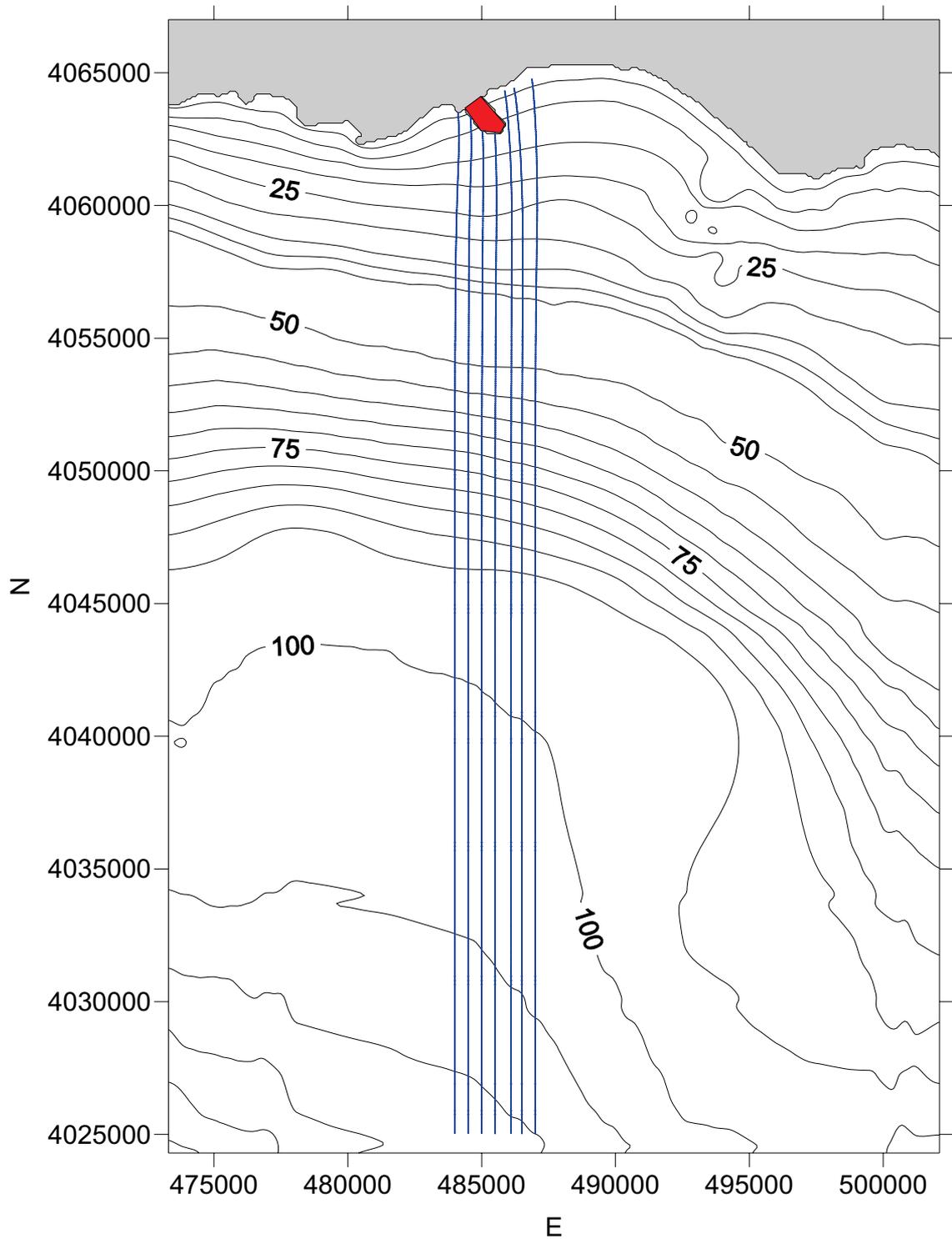


Figura 6.25 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

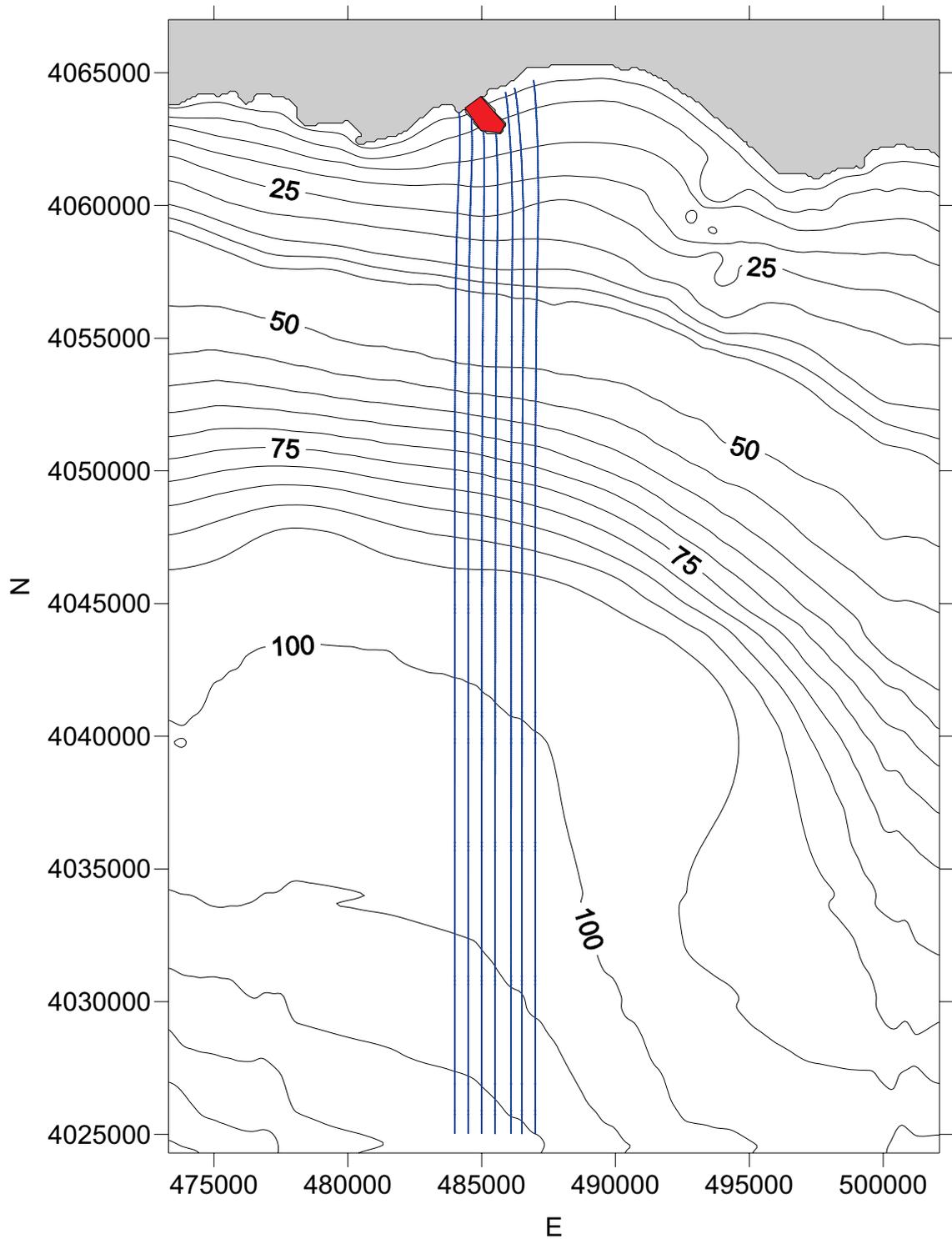


Figura 6.26 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

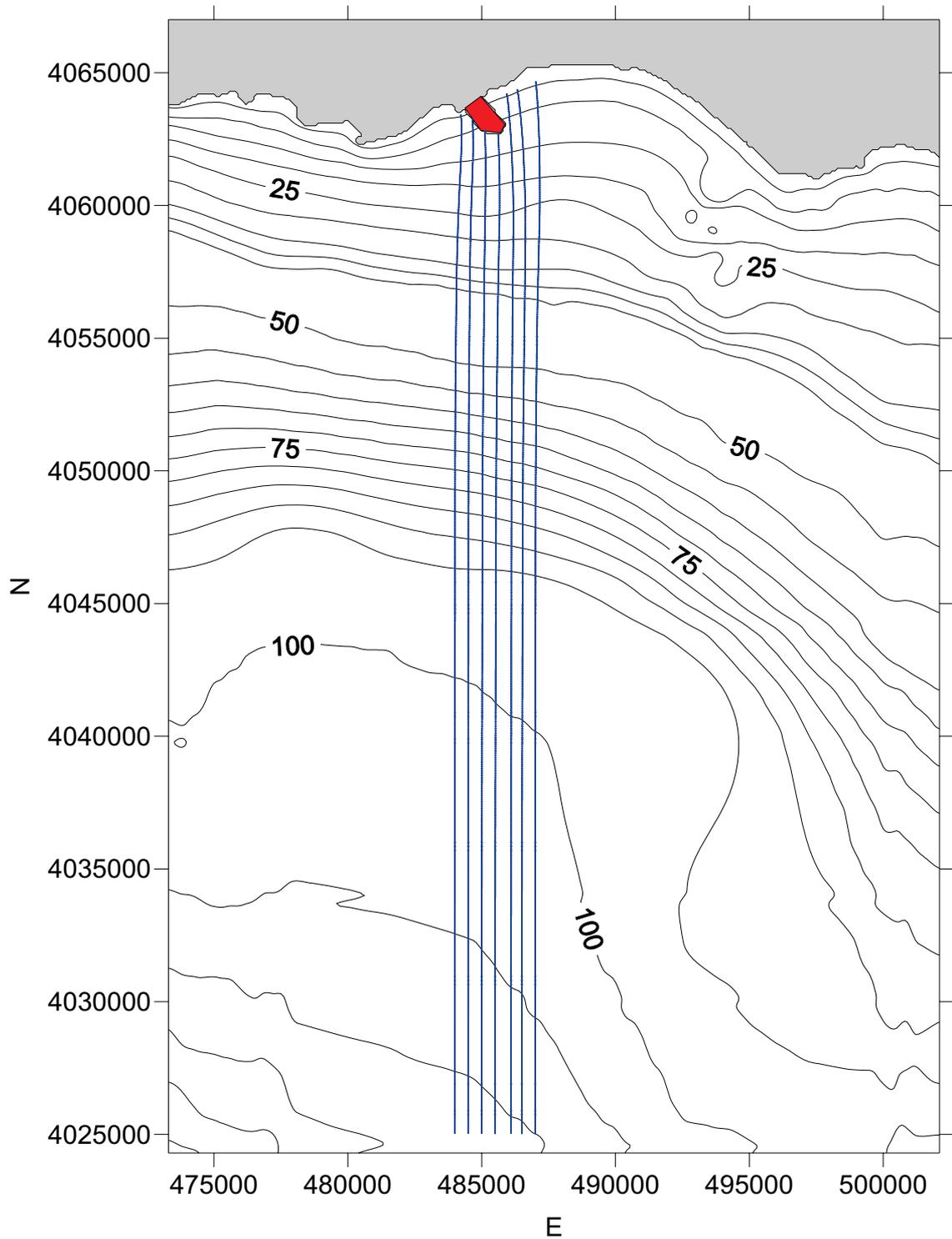


Figura 6.27 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

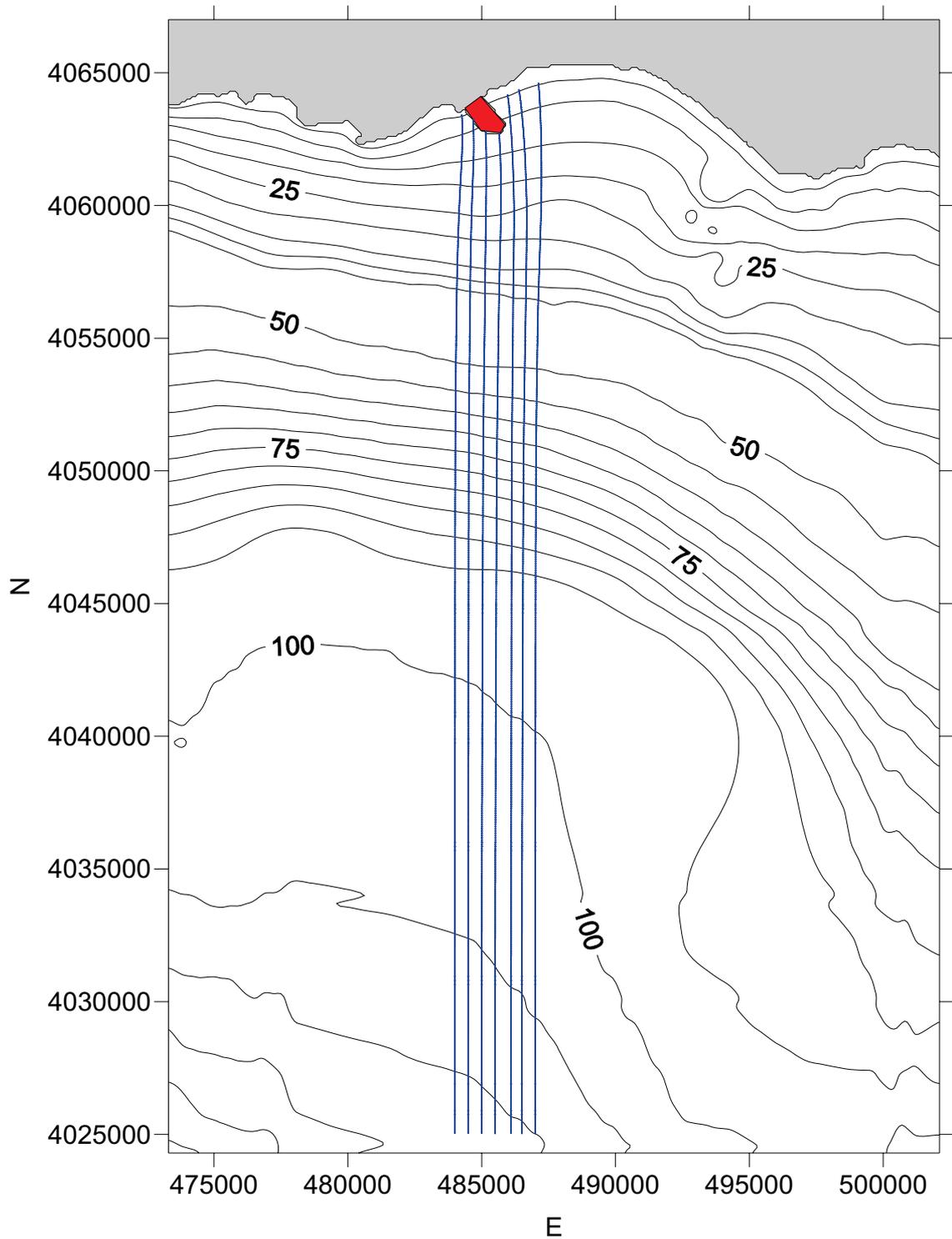


Figura 6.28 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

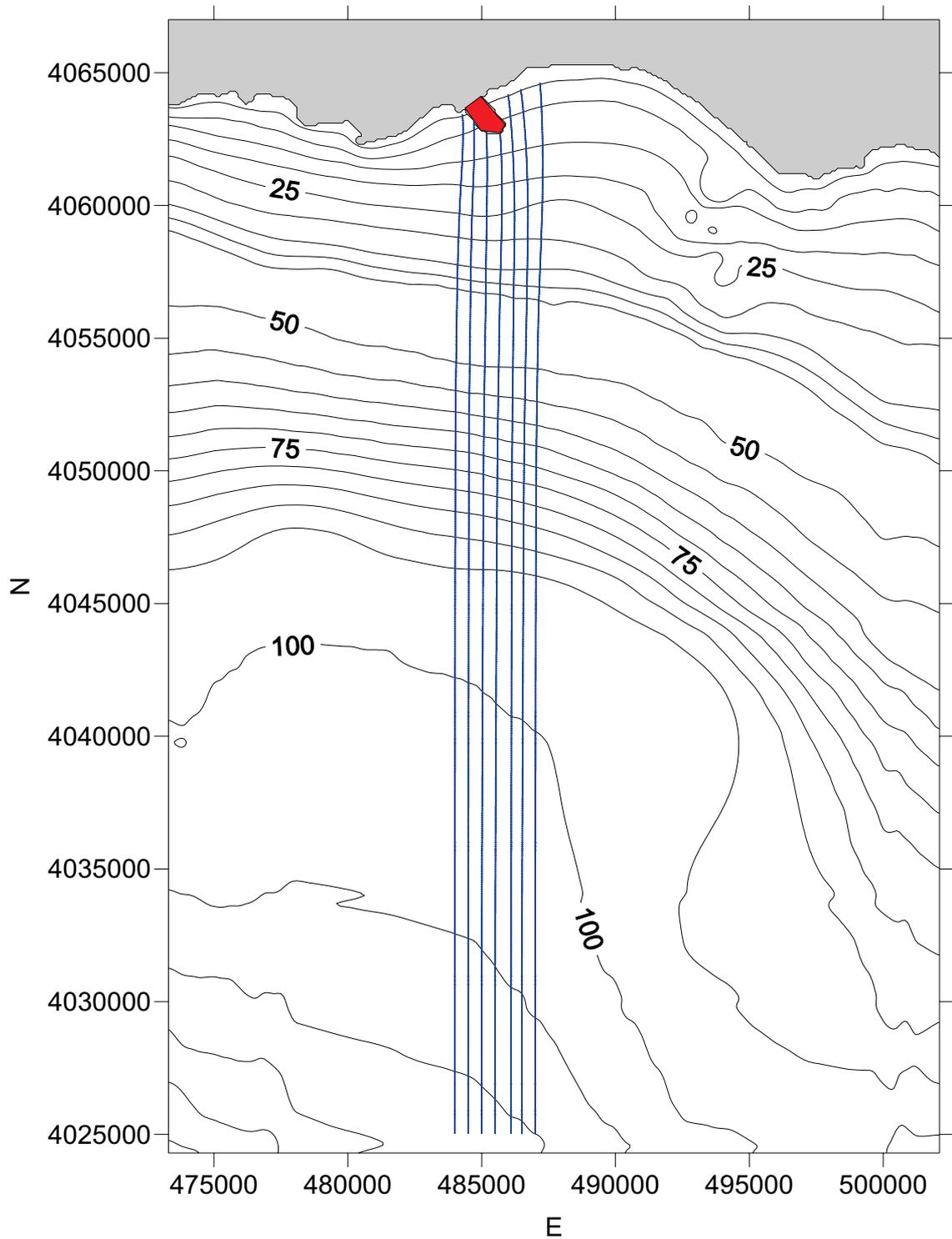


Figura 6.29 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

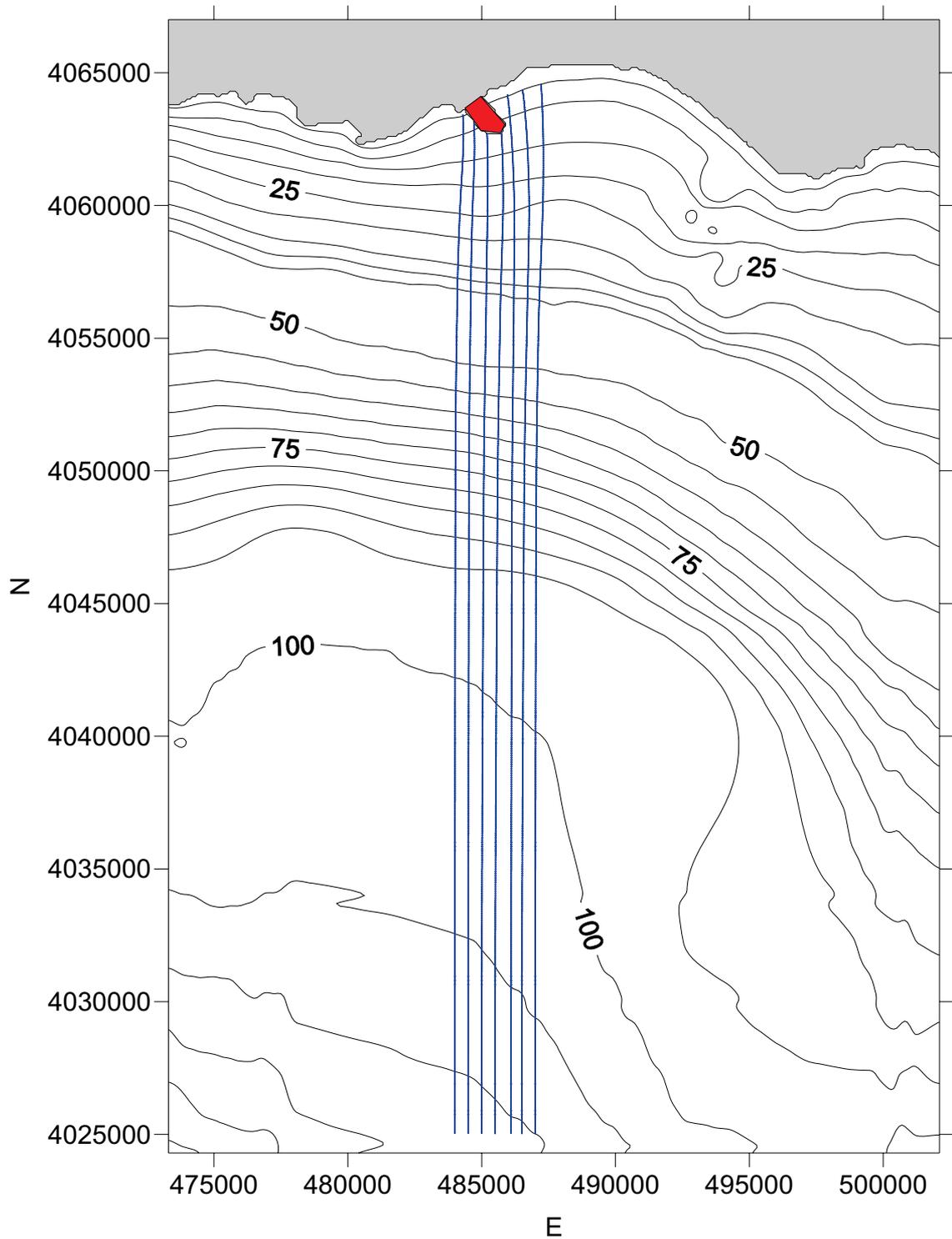


Figura 6.30 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

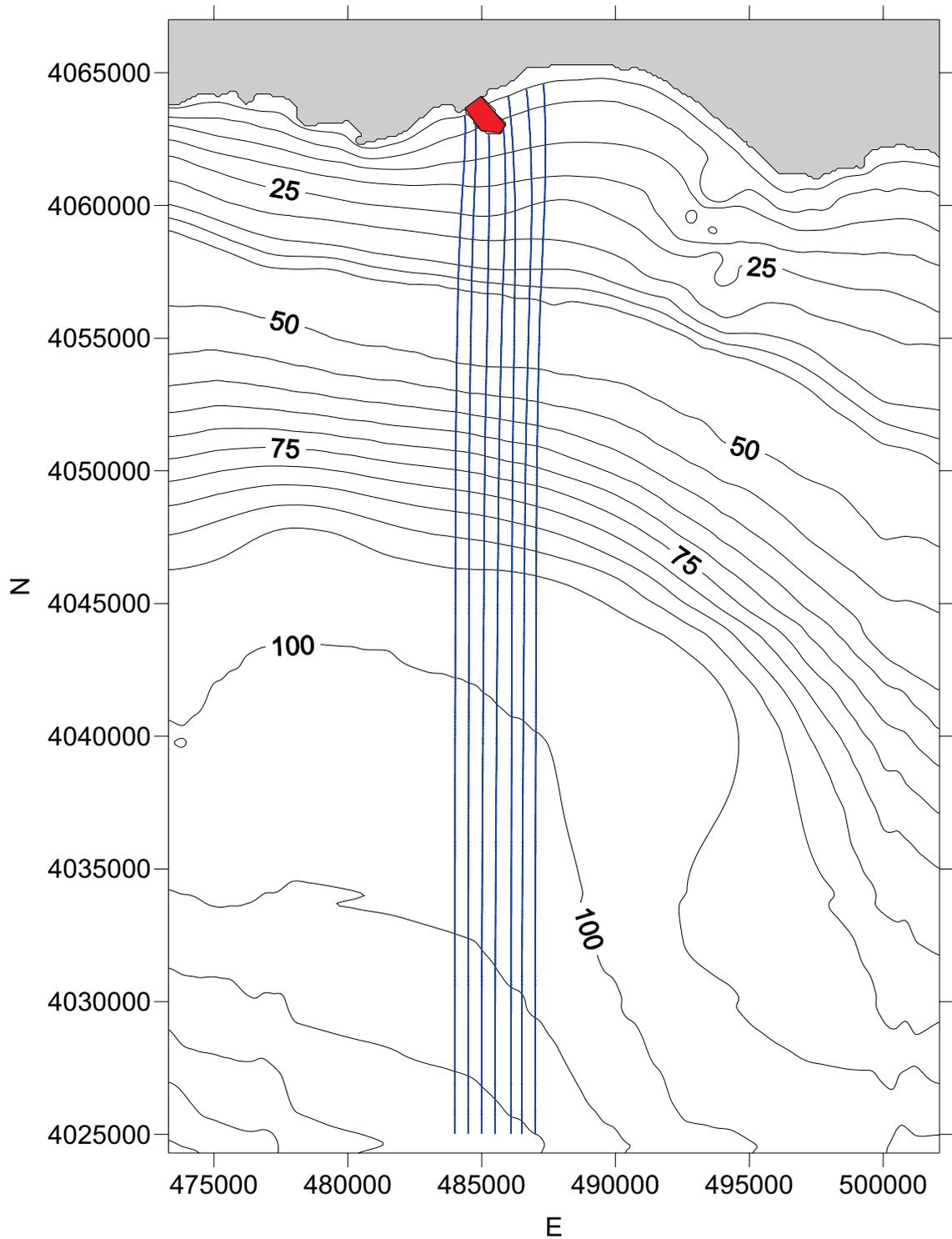


Figura 6.31 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

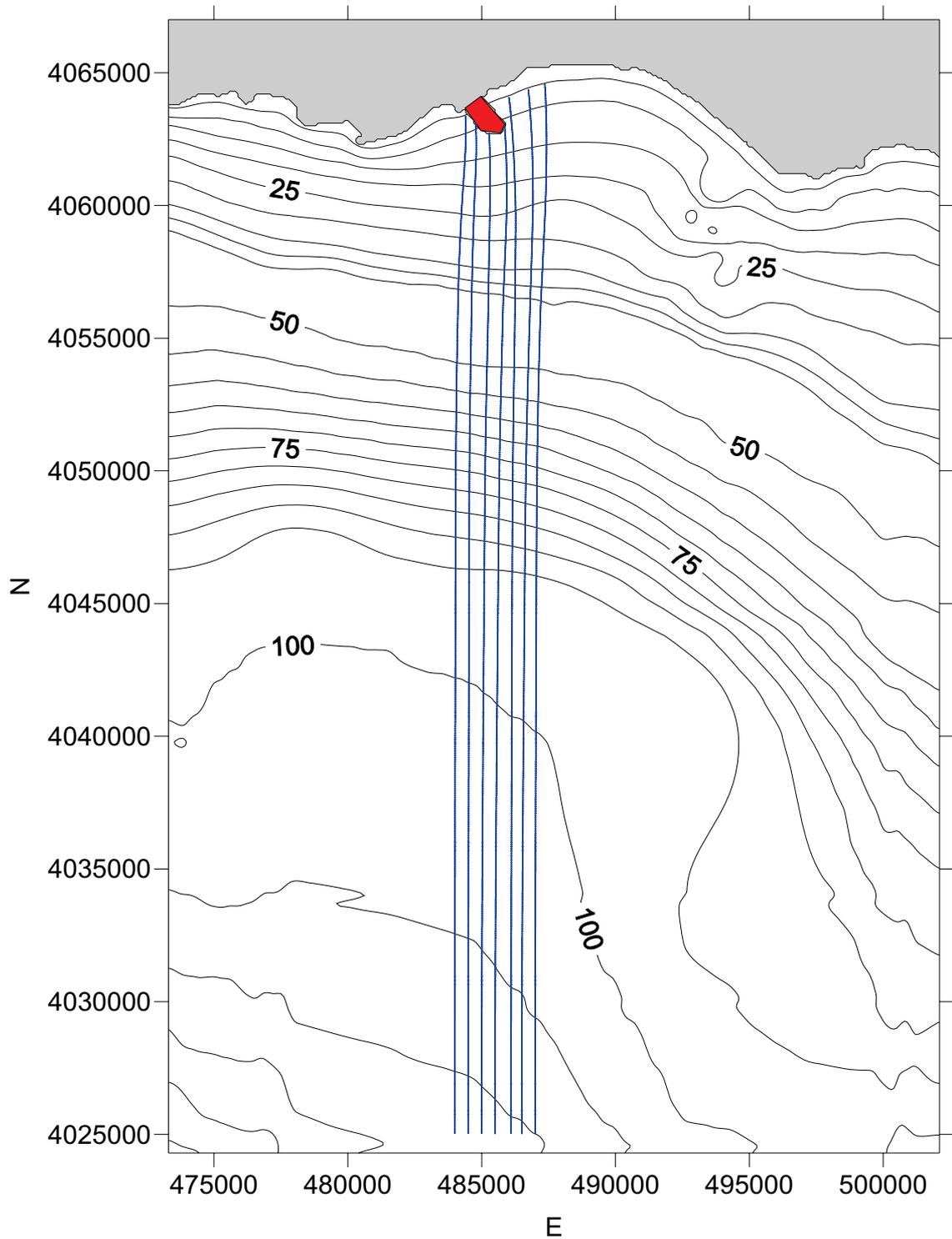


Figura 6.32 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

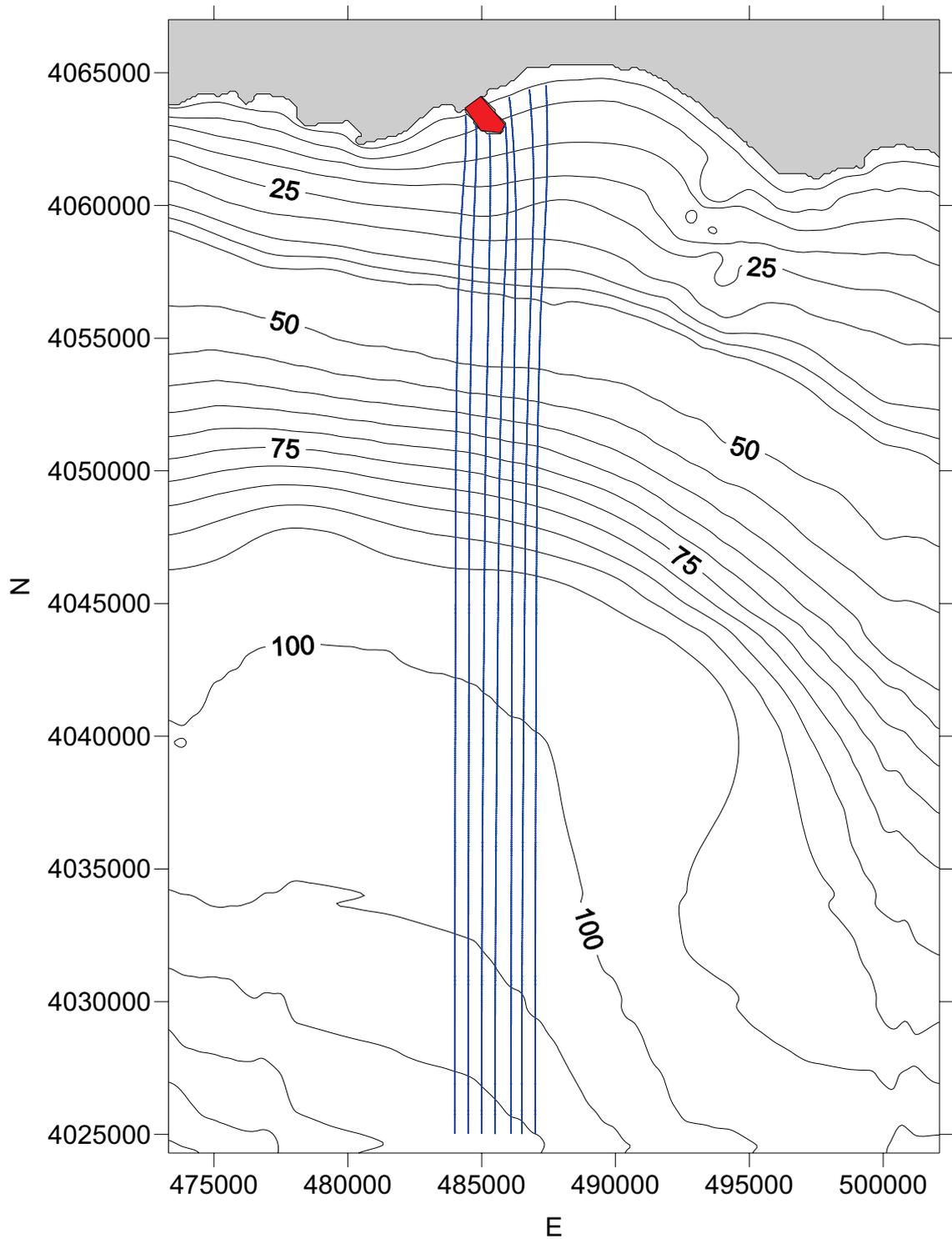


Figura 6.33 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

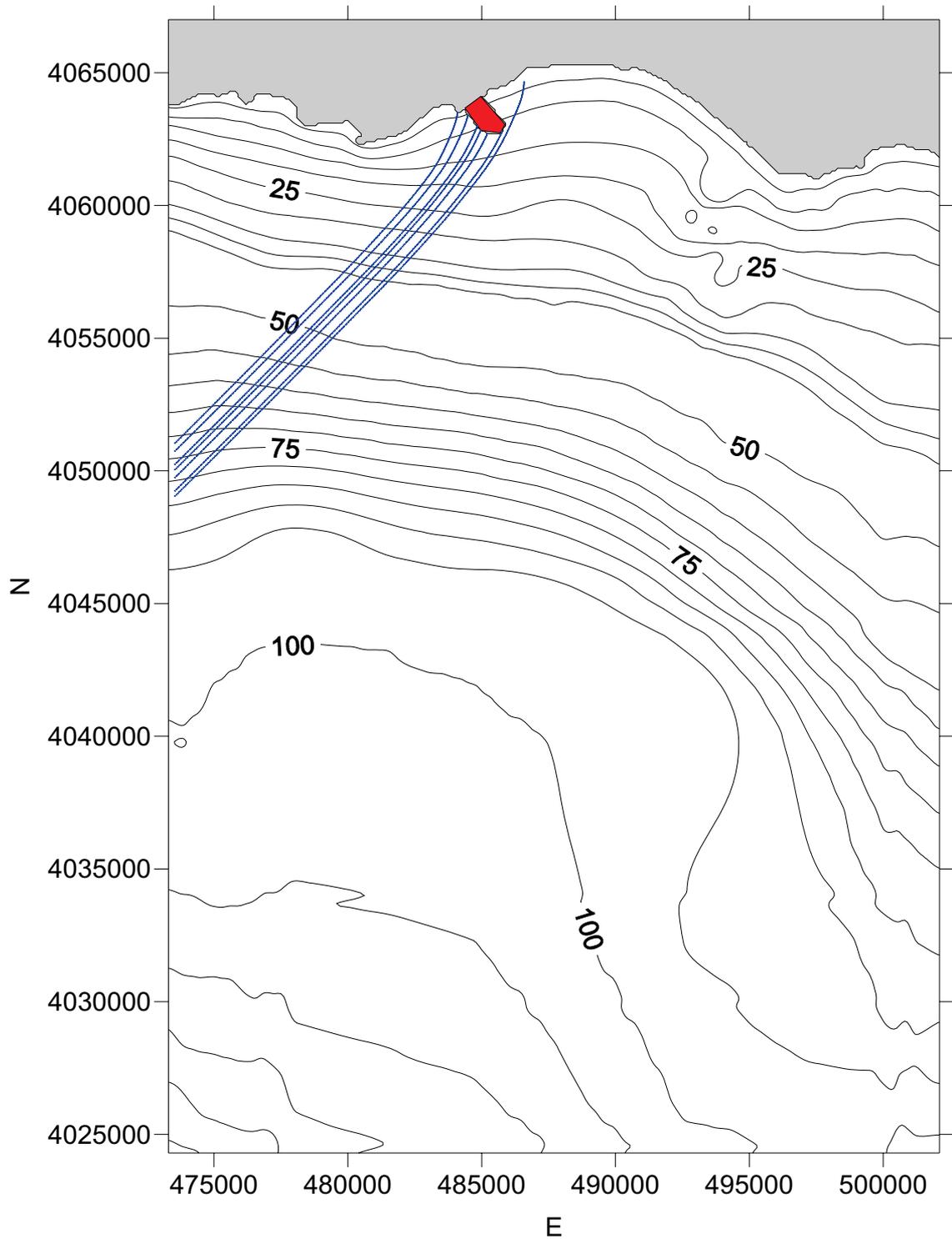


Figura 6.34 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

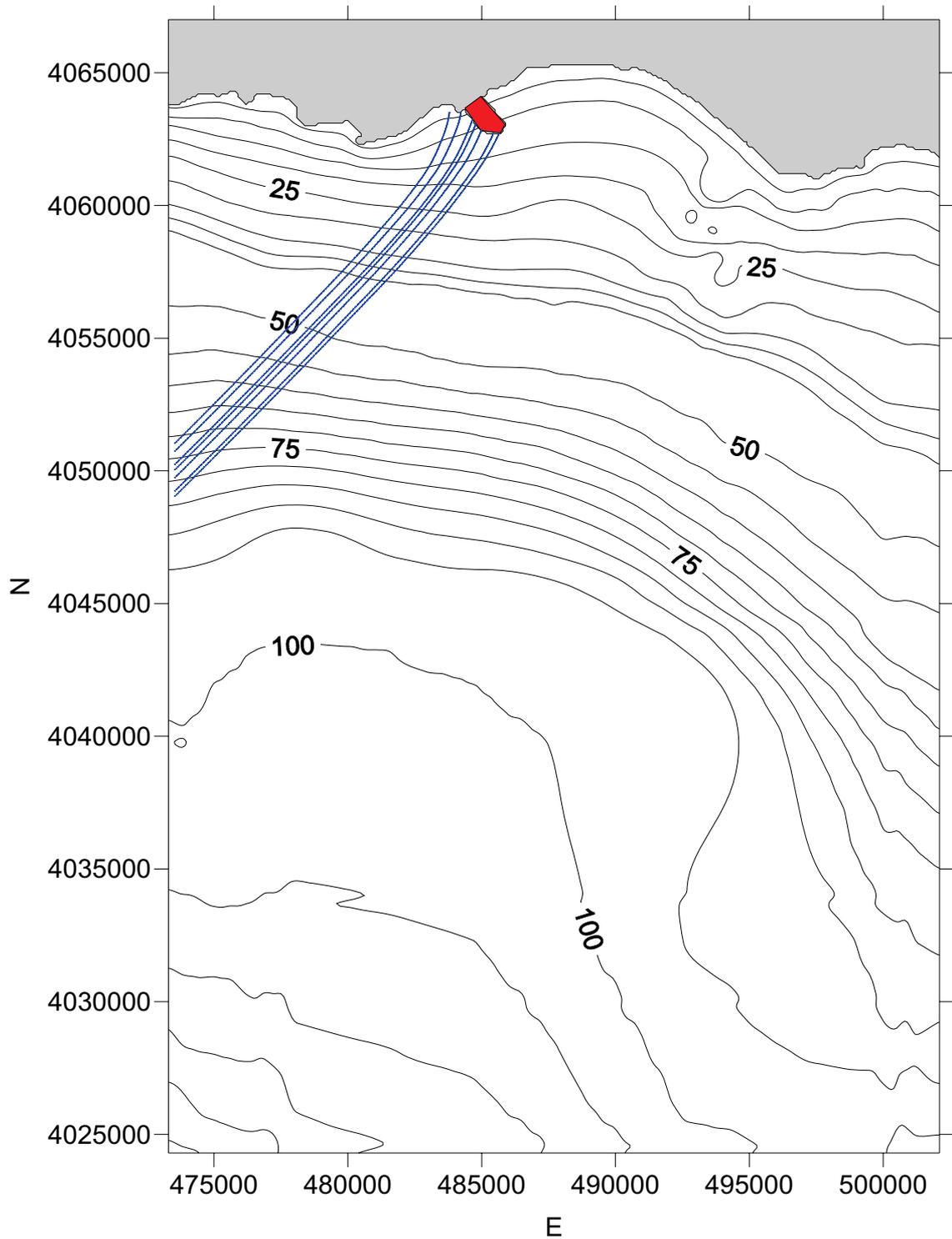


Figura 6.35 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

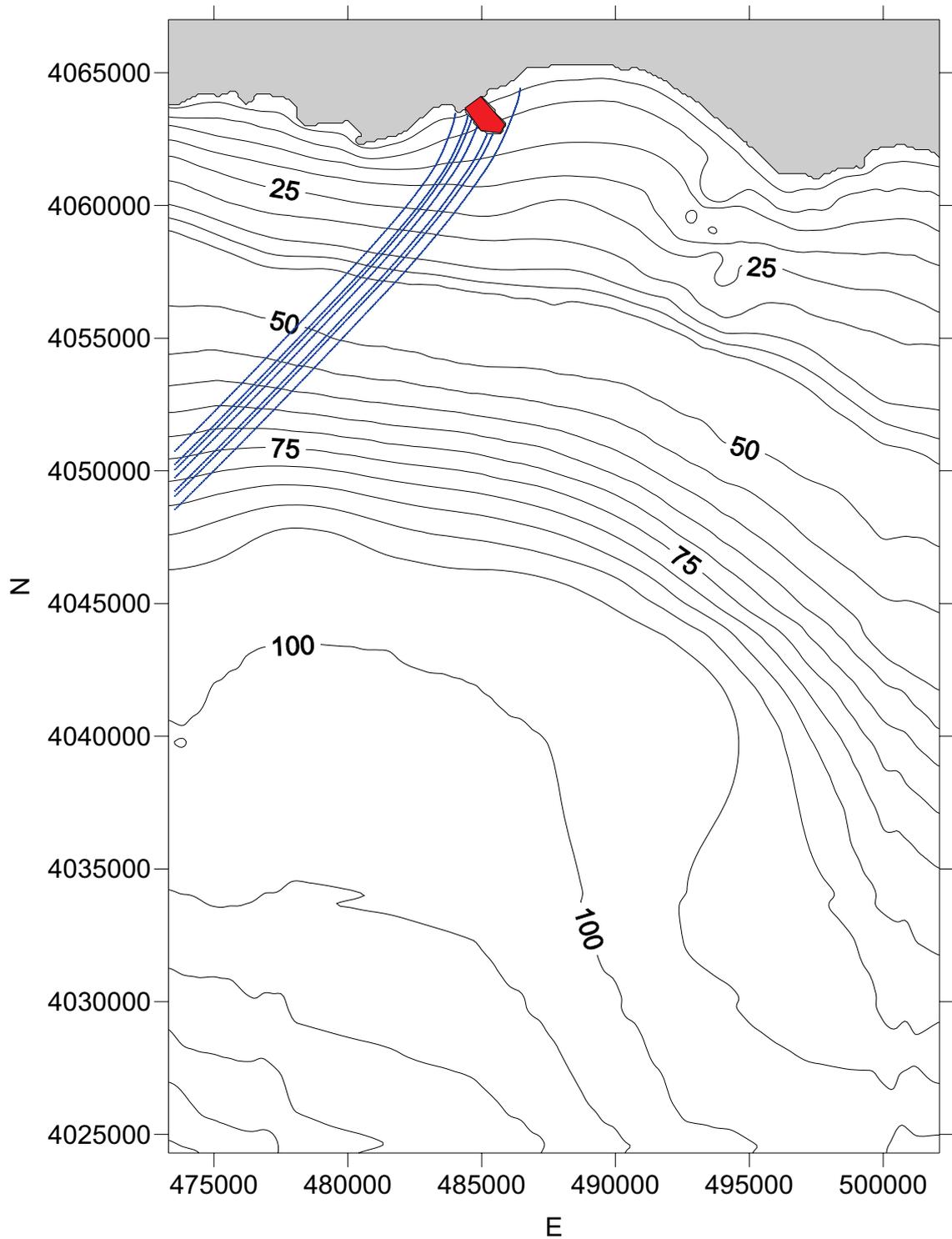


Figura 6.36 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

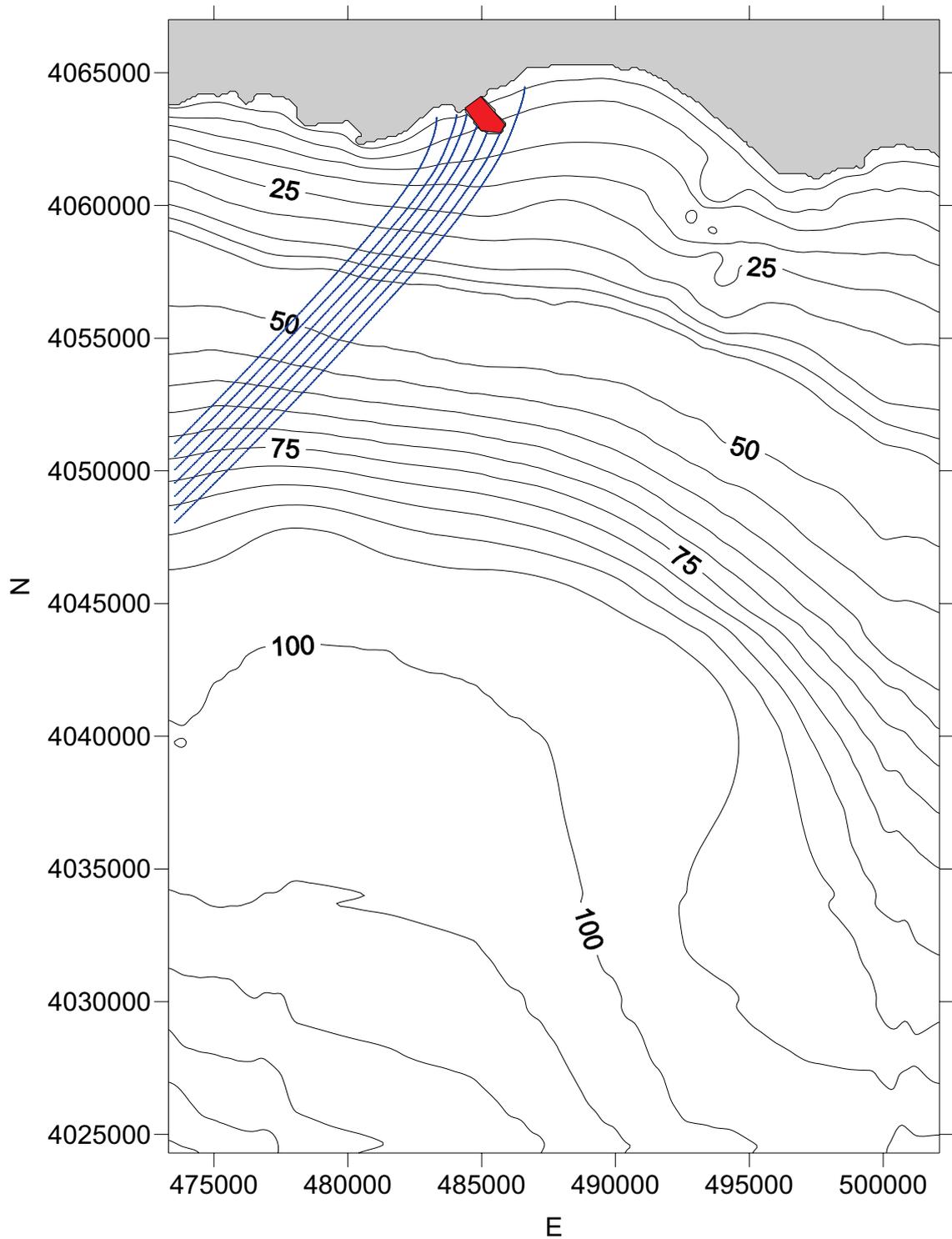


Figura 6.37 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

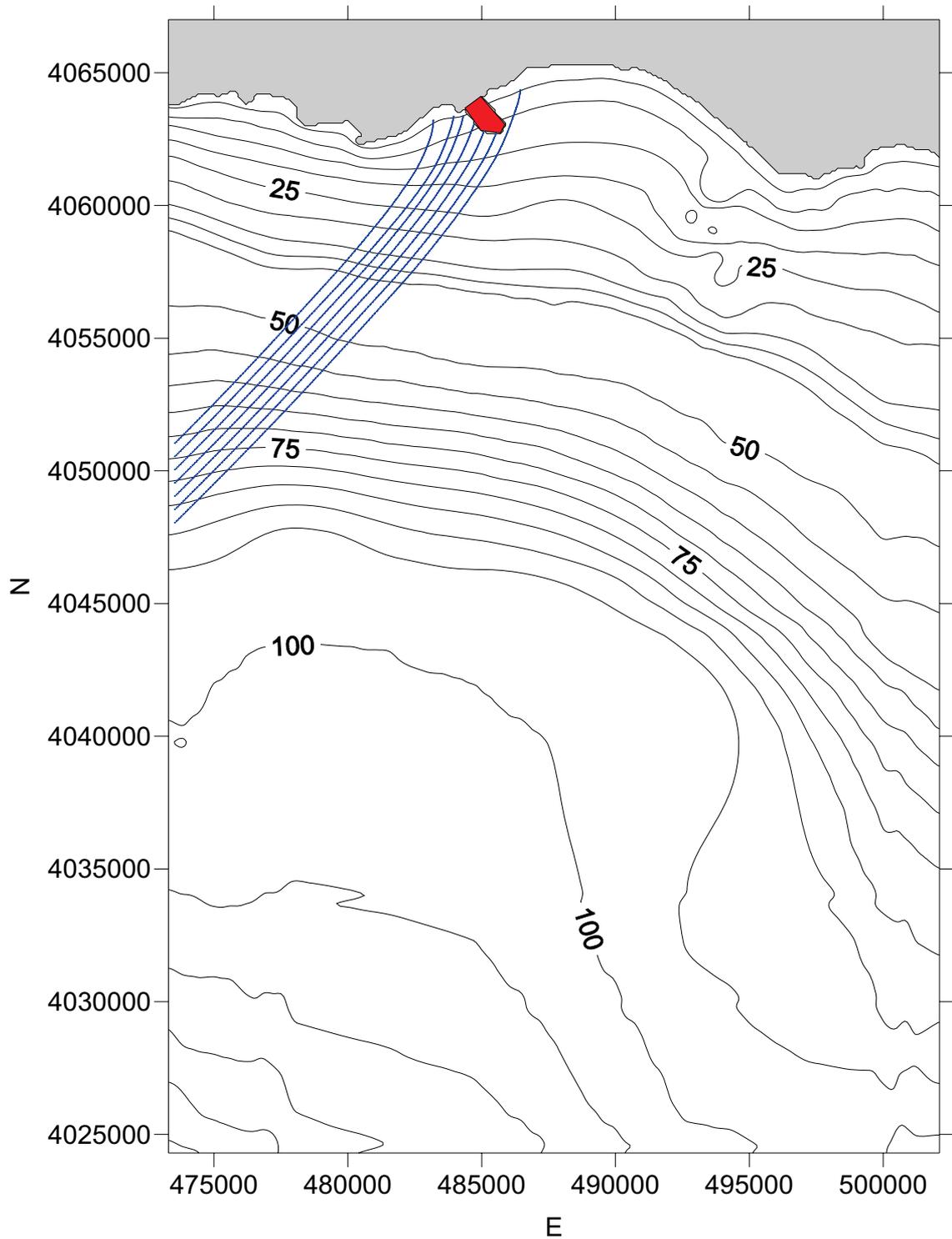


Figura 6.38 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

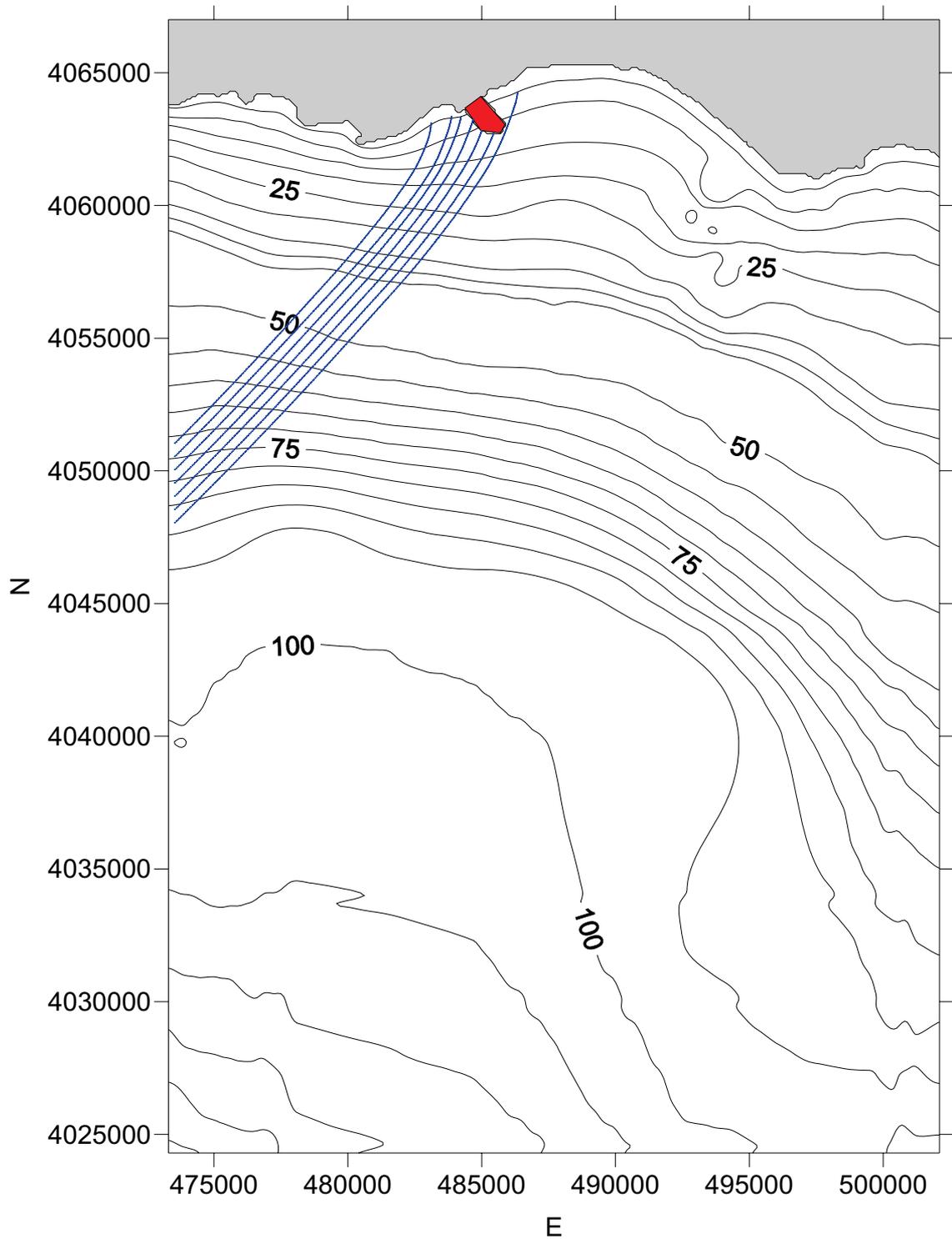


Figura 6.39 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

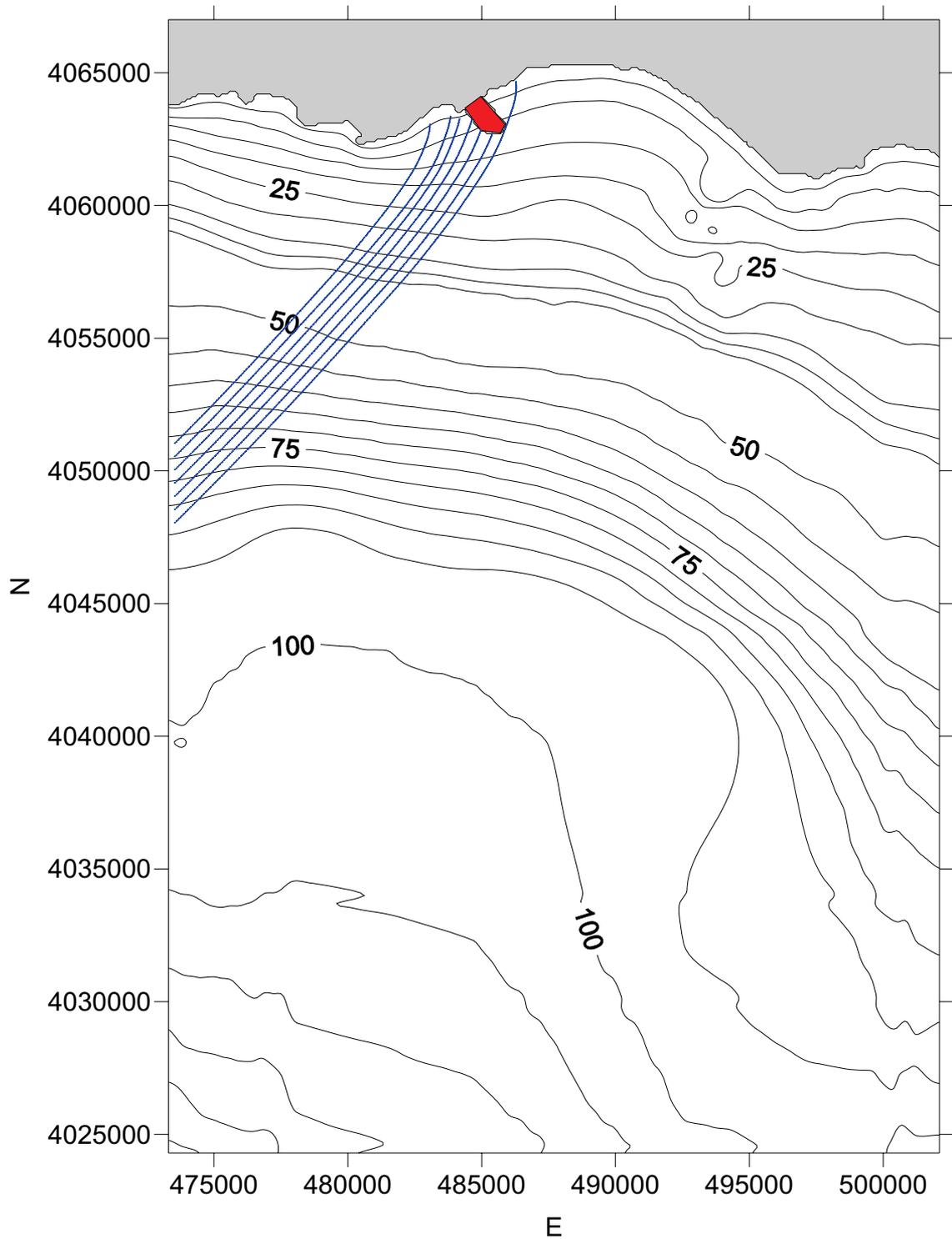


Figura 6.40 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

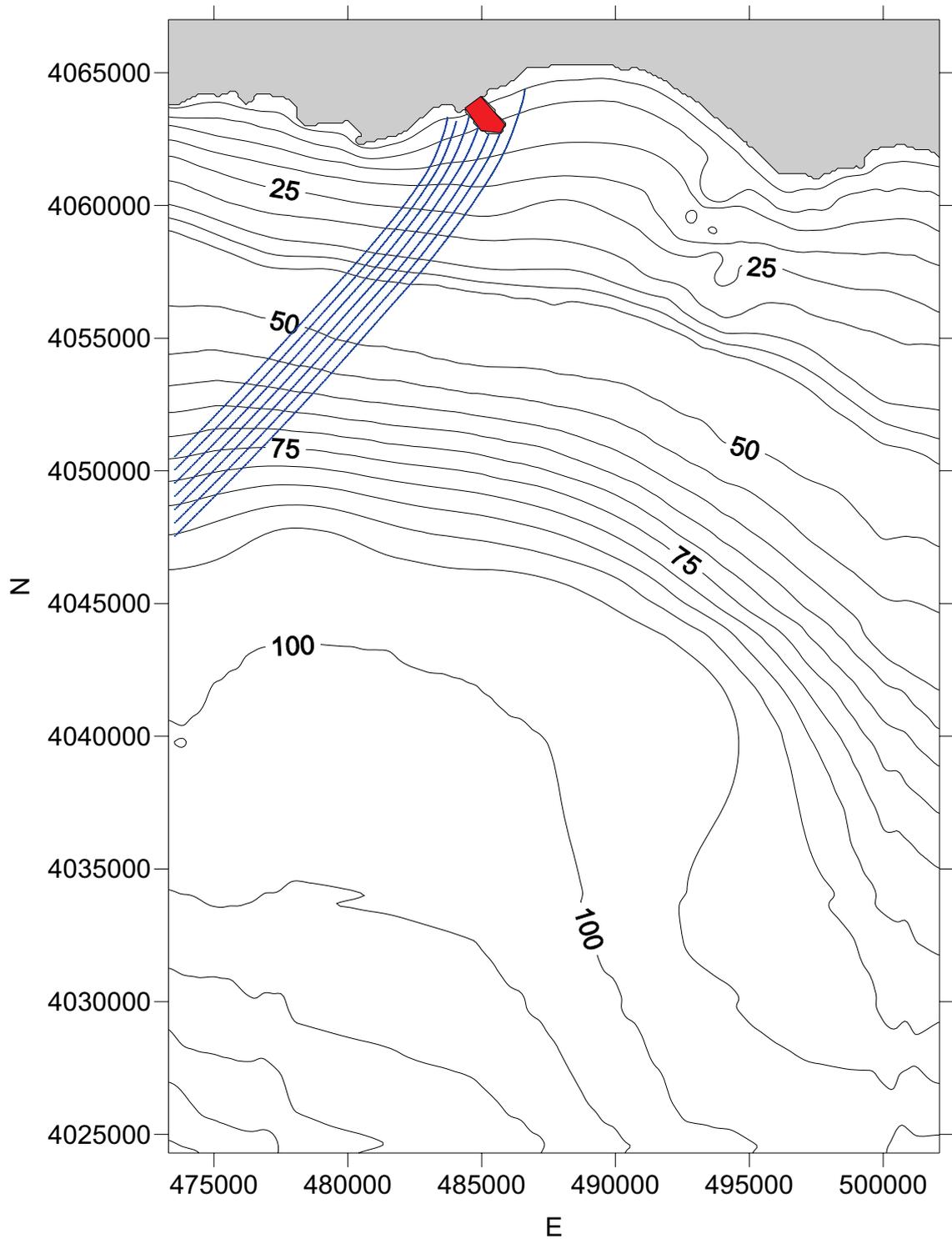


Figura 6.41 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

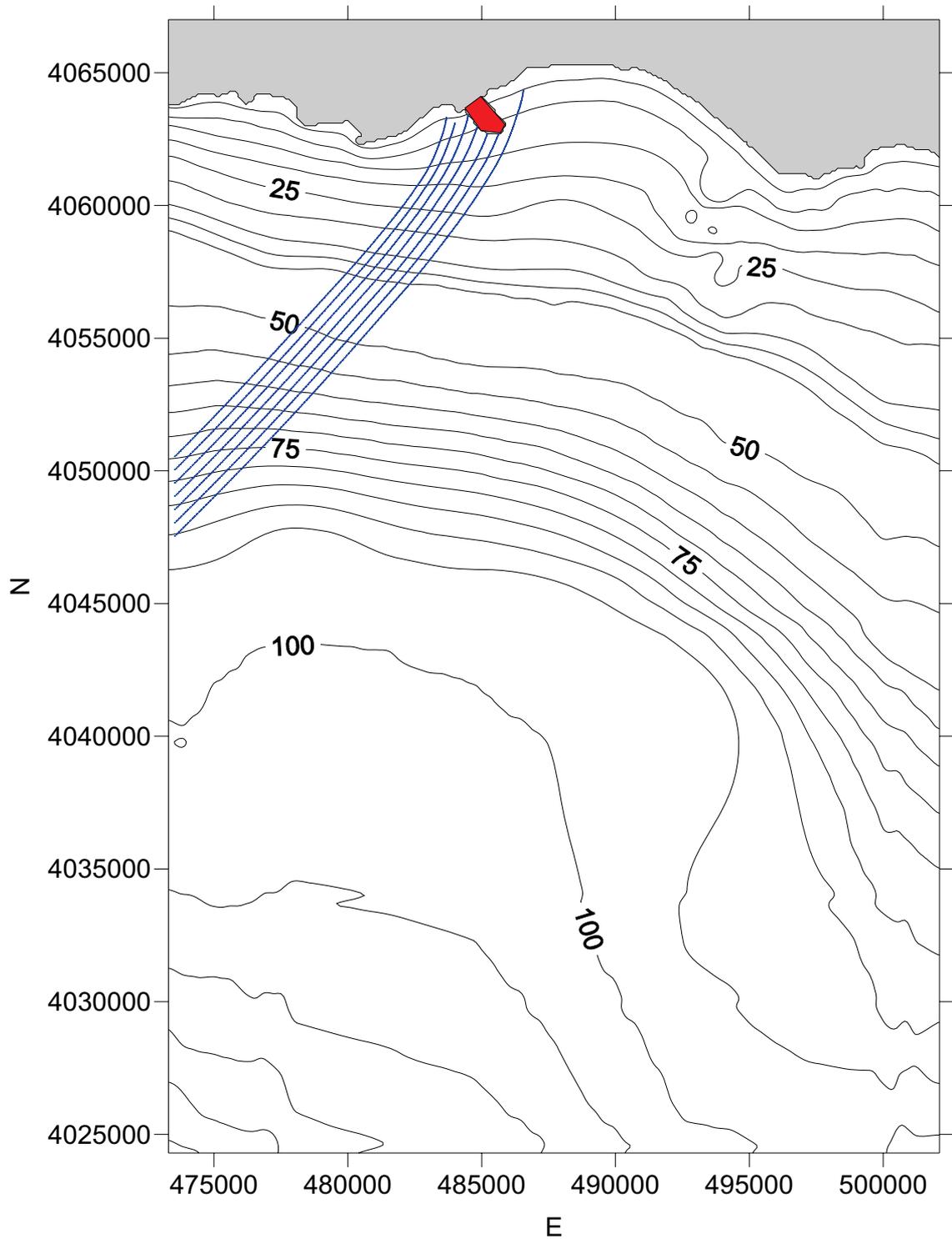


Figura 6.42 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

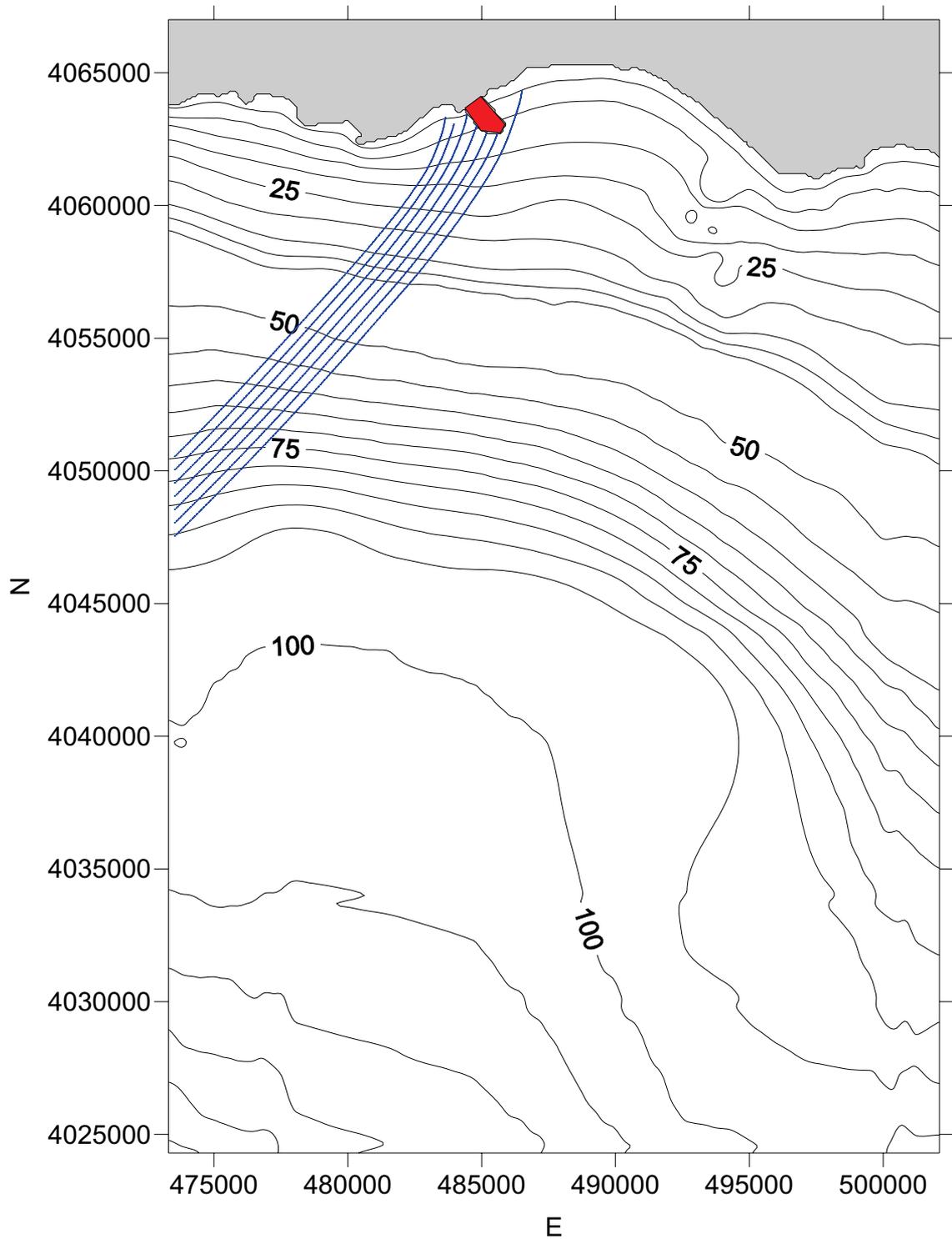


Figura 6.43 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

Tabella 6.V

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
485000.00	4060568.43	15.51	126.47	20.24	2.17
482718.81	4062410.04	7.84	89.57	8.27	-0.73
483730.90	4063701.16	1.96	45.29	1.69	-0.34
485773.82	4062891.31	1.55	97.63	7.43	-0.65
487216.37	4064894.47	3.02	54.68	2.65	-0.38
485000.00	4060568.43	15.51	126.47	20.24	2.17
482718.81	4062410.04	7.84	89.57	8.27	-0.73

Tabella 6.VI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
482730.29	4062703.44	5.79	83.50	5.74	-0.73
482774.98	4062953.47	4.50	71.08	3.99	-0.74
483073.39	4063239.63	3.46	65.79	3.33	-0.71
483930.30	4063619.07	2.14	53.53	2.03	-0.42
485742.89	4062739.63	2.33	108.17	8.17	-0.65
485370.37	4064184.86	2.58	59.85	2.66	-0.57
485978.95	4064364.71	3.22	62.19	2.91	-0.52

Tabella 6.VII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
482960.83	4062988.20	4.83	80.59	4.70	-0.71
483287.39	4063437.56	3.29	64.99	2.87	-0.62
485336.88	4062693.82	1.92	114.04	10.64	-0.67
485655.05	4064274.02	3.00	65.12	2.85	-0.50
485994.28	4064348.91	3.61	67.44	3.09	-0.51
486232.30	4064431.40	3.72	69.48	3.34	-0.52
486775.45	4064675.33	3.73	69.20	3.35	-0.42

Tabella 6.VIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483604.17	4063567.11	3.03	66.40	2.62	-0.45
485814.43	4062957.87	2.72	115.40	4.75	-0.53
486157.38	4064340.36	3.85	77.87	3.76	-0.52
486526.45	4064523.14	4.17	76.96	3.69	-0.46
486655.67	4064562.61	4.31	77.90	3.81	-0.44
486939.50	4064652.29	4.26	78.32	3.87	-0.40
487464.21	4064809.73	3.91	76.48	3.65	-0.35

Tabella 6.IX

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483563.78	4062105.25	11.08	128.64	11.05	-0.69
483177.45	4062648.35	8.74	114.78	8.45	-0.67
483088.40	4062754.82	7.74	107.24	7.19	-0.68
483106.94	4062922.86	6.20	97.91	5.88	-0.69
483278.70	4063293.55	4.37	81.42	3.90	-0.64
485237.32	4062720.14	2.01	125.07	8.23	-0.67
485732.99	4064244.59	3.45	76.07	3.29	-0.49

Tabella 6.X

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483341.59	4062478.99	10.05	123.82	9.73	-0.67
483184.17	4062686.08	8.66	116.09	8.20	-0.67
483130.59	4062898.94	6.92	102.64	6.18	-0.67
483181.77	4063040.43	5.68	95.69	5.32	-0.67
483701.48	4063540.76	3.33	73.00	2.85	-0.45
485829.92	4062927.24	2.79	127.32	8.23	-0.61
486090.24	4064300.61	3.93	83.15	3.83	-0.51

Tabella 6.XI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N-tempo di ritorno 50 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483313.78	4062545.19	9.80	124.61	9.45	-0.66
483186.21	4062701.00	8.55	117.34	8.10	-0.67
483173.81	4062847.93	7.11	108.99	6.81	-0.67
483279.30	4063188.91	5.22	91.46	4.65	-0.64
483990.04	4063558.14	2.70	70.79	2.49	-0.46
485600.75	4062719.91	2.10	131.87	8.45	-0.64
485366.55	4064110.04	3.38	78.36	3.23	-0.56

Tabella 6.XII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483257.64	4062794.84	8.44	119.07	7.64	-0.67
483218.28	4062895.56	7.37	111.76	6.61	-0.67
483314.20	4063118.89	5.81	100.56	5.27	-0.64
483760.38	4063470.29	3.65	83.57	3.41	-0.50
485707.31	4062751.78	2.88	135.92	5.17	-0.52
485203.99	4064258.59	1.56	58.70	1.62	-0.61
486010.35	4064261.19	4.22	88.49	3.89	-0.50

Tabella 6.XIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483307.41	4062811.10	8.18	121.46	7.72	-0.66
483285.73	4062932.35	7.19	113.40	6.60	-0.66
483363.81	4063189.25	5.52	99.24	4.94	-0.63
483953.56	4063484.93	3.65	83.03	3.18	-0.52
485782.87	4062933.70	2.41	136.52	5.27	-0.61
485781.59	4064217.03	3.87	87.24	3.65	-0.49
486316.79	4064355.54	4.71	93.19	4.27	-0.49

Tabella 6.XIV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 90°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483314.69	4062798.12	8.26	124.20	7.86	-0.66
483271.16	4062908.08	7.50	116.25	6.74	-0.66
483430.74	4063219.62	5.59	100.48	4.93	-0.61
484186.31	4063471.64	3.58	88.14	3.51	-0.63
485513.23	4062703.66	2.63	141.51	10.31	-0.65
486013.32	4064241.26	4.26	92.97	4.07	-0.50
486392.27	4064407.11	4.76	93.27	4.14	-0.47

Tabella 6.XV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483611.96	4063150.00	5.95	79.29	5.89	-0.37
484354.33	4063450.00	4.23	70.51	4.34	-0.49
484845.93	4063000.00	2.23	85.14	4.85	-0.16
485257.33	4062700.00	3.11	100.63	10.57	-0.45
485606.22	4062700.00	2.89	101.70	10.80	-0.44
485873.05	4062950.00	3.63	99.48	8.85	-0.40
485631.94	4064050.00	4.72	71.65	4.64	-0.41
485739.36	4064000.00	5.80	76.47	5.37	-0.42

Tabella 6.XVI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484110.92	4063100.00	7.33	94.62	7.30	-0.39
484319.51	4063350.00	5.48	82.91	5.29	-0.45
484492.27	4063400.00	3.63	86.20	5.56	-0.29
485223.12	4062700.00	3.69	109.21	10.54	-0.42
485668.63	4062700.00	3.67	110.78	10.85	-0.41
485869.97	4063000.00	4.55	99.52	6.90	-0.54
486078.17	4064150.00	5.22	80.55	5.07	-0.37

Tabella 6.XVII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483516.77	4063400.00	4.39	74.08	3.81	-0.29
484115.90	4063200.00	6.51	93.13	6.27	-0.34
484379.26	4063450.00	4.77	80.52	4.45	-0.46
485241.36	4062700.00	4.54	114.68	10.56	-0.40
485802.22	4062900.00	4.83	113.77	10.41	-0.37
485895.47	4063100.00	5.93	112.34	9.67	-0.37
485842.24	4064100.00	4.98	82.43	4.81	-0.35

Tabella 6.XVIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484495.69	4063250.00	7.44	104.28	7.20	-0.39
485126.91	4062800.00	3.94	110.78	7.24	-0.16
485758.17	4064150.00	4.75	81.44	4.16	-0.34
486209.69	4064100.00	6.57	95.51	5.95	-0.33
486817.23	4064250.00	6.87	100.18	6.66	-0.27
486970.14	4064150.00	8.09	107.65	7.86	-0.26
487157.99	4064550.00	5.46	87.99	5.01	-0.25

Tabella 6.XIX

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483152.99	4063150.00	4.82	85.04	4.39	-0.36
484091.47	4063500.00	3.49	73.97	3.04	-0.29
484718.71	4063150.00	7.07	105.09	7.11	0.15
485098.68	4062800.00	3.72	122.68	10.27	-0.21
485822.69	4062950.00	5.76	122.77	5.99	-0.29
486345.35	4064350.00	5.01	85.49	4.42	-0.34
486960.01	4064400.00	6.39	96.14	5.75	-0.25

Tabella 6.XX

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483577.09	4063250.00	5.49	91.96	5.04	-0.26
484665.66	4063250.00	2.55	113.77	5.17	-0.17
485042.61	4062800.00	5.91	124.41	10.24	-0.37
485655.23	4062700.00	4.56	128.21	10.84	-0.35
486002.77	4063950.00	6.91	104.46	6.62	-0.32
486840.63	4064600.00	4.65	83.15	4.03	-0.26
487494.56	4064400.00	7.33	106.33	6.93	-0.21

Tabella 6.XXI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
483881.87	4063250.00	5.78	97.07	5.41	-0.26
484934.59	4062900.00	4.32	113.40	6.23	-0.12
485605.11	4062700.00	5.37	130.15	10.80	-0.34
485696.83	4064000.00	5.71	95.64	5.25	-0.33
486423.10	4063950.00	8.64	115.34	8.05	-0.29
487434.64	4064700.00	4.69	88.09	4.41	-0.22
487923.76	4064450.00	7.80	109.38	7.11	-0.16

Tabella 6.XXII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484306.01	4063350.00	5.72	98.74	5.23	-0.33
485343.58	4062700.00	3.85	132.26	10.62	-0.35
486012.72	4063900.00	7.81	112.21	7.12	-0.31
486397.84	4064200.00	6.27	102.34	5.81	-0.30
486957.43	4064100.00	8.80	119.10	8.25	-0.24
488140.71	4064750.00	5.30	93.05	4.71	-0.12
488497.80	4064400.00	8.35	116.93	7.87	-0.12

Tabella 6.XXIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484511.61	4063400.00	4.07	99.44	4.83	-0.17
485618.02	4062700.00	3.58	134.54	10.81	-0.34
486273.91	4063950.00	8.06	115.92	7.54	-0.29
486576.55	4064250.00	6.54	104.49	5.99	-0.28
487135.11	4064300.00	7.41	111.67	6.95	-0.23
488357.36	4064750.00	5.43	94.23	4.75	-0.10
488676.03	4064400.00	8.51	118.44	7.96	-0.11

Tabella 6.XXIV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 135°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484208.62	4063100.00	7.98	118.11	7.58	-0.28
484251.38	4063150.00	7.63	115.88	7.20	-0.29
485066.21	4062800.00	5.73	132.87	10.25	-0.31
485695.77	4064150.00	4.52	88.69	3.99	-0.32
486700.79	4063900.00	9.64	126.79	9.13	-0.25
486948.32	4064450.00	6.08	100.56	5.35	-0.24
487618.99	4064250.00	8.95	123.03	8.40	-0.18

Tabella 6.XXV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484066.50	4063500.00	2.93	51.00	3.03	-0.06
484548.20	4063400.00	2.71	57.91	2.42	0.06
484997.98	4062800.00	2.81	81.62	10.22	-0.05
485463.95	4062700.00	2.81	83.42	10.70	-0.05
485860.50	4064300.00	3.26	51.02	3.13	-0.17
486205.00	4064450.00	3.30	50.40	3.08	-0.22
486832.14	4064750.00	3.29	49.29	2.99	-0.15

Tabella 6.XXVI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484115.52	4063500.00	3.43	56.84	3.07	-0.09
484586.94	4063300.00	3.40	80.40	7.17	-0.08
485032.18	4062800.00	3.37	91.47	10.23	-0.05
485498.31	4062700.00	3.37	93.60	10.73	-0.05
485873.18	4064250.00	3.91	59.88	3.60	-0.17
486222.43	4064350.00	3.95	62.03	3.94	-0.20
486892.94	4064650.00	3.93	60.68	3.79	-0.13

Tabella 6.XXVII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484168.54	4063400.00	4.41	69.20	4.25	-0.07
484623.44	4063300.00	3.81	81.41	5.31	0.07
485069.82	4062800.00	3.85	98.01	10.25	-0.05
485540.46	4062700.00	3.85	100.39	10.76	-0.05
485901.89	4064200.00	4.53	67.42	4.11	-0.16
486254.45	4064300.00	4.55	69.71	4.47	-0.19
486956.99	4064600.00	4.52	68.09	4.27	-0.12

Tabella 6.XXVIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484230.82	4063350.00	5.02	79.22	4.97	-0.08
484657.72	4063250.00	4.19	96.48	5.48	-0.06
485126.25	4062800.00	4.36	98.62	7.31	0.09
485613.15	4062700.00	4.39	108.35	10.81	-0.06
485948.91	4064150.00	5.15	76.33	4.67	-0.15
486342.24	4064300.00	5.22	77.02	4.80	-0.18
487034.11	4064550.00	5.17	76.63	4.78	-0.11

Tabella 6.XXIX

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484262.22	4063350.00	5.42	83.00	5.08	-0.08
484679.25	4063250.00	4.15	100.79	4.64	-0.06
485152.99	4062800.00	4.79	94.22	4.30	0.12
485656.08	4062700.00	4.73	112.93	10.84	-0.06
485979.14	4064100.00	5.55	83.03	5.19	-0.14
486410.03	4064250.00	5.59	84.50	5.45	-0.16
487132.45	4064500.00	5.58	83.65	5.34	-0.10

Tabella 6.XXX

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484286.63	4063350.00	5.75	85.87	5.16	-0.08
484711.82	4063100.00	5.75	105.44	8.08	0.09
485177.57	4062750.00	4.45	113.72	6.02	-0.04
485692.67	4062700.00	5.00	116.37	10.87	-0.07
486005.46	4064050.00	5.84	88.97	5.71	-0.14
486476.78	4064250.00	5.88	88.45	5.67	-0.15
487187.40	4064500.00	5.90	86.77	5.44	-0.09

Tabella 6.XXXI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484305.63	4063300.00	6.02	91.74	5.78	-0.07
484723.26	4063100.00	5.97	104.11	6.90	0.10
485199.96	4062700.00	5.22	116.67	10.53	-0.04
485735.34	4062750.00	5.07	117.79	7.01	-0.06
485979.91	4064050.00	6.09	90.02	5.64	-0.14
486544.05	4064250.00	6.09	91.57	5.89	-0.14
487219.45	4064500.00	6.14	88.81	5.51	-0.09

Tabella 6.XXXII Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484399.35	4063300.00	6.83	100.31	6.19	-0.07
484784.50	4063050.00	5.14	119.42	5.20	-0.03
485281.00	4062700.00	5.92	124.50	10.58	-0.05
485861.33	4062950.00	6.26	122.89	8.18	-0.06
486028.49	4064000.00	6.94	100.08	6.23	-0.13
486755.99	4064250.00	6.93	101.67	6.50	-0.11
487369.63	4064450.00	6.93	99.72	6.24	-0.07

Tabella 6.XXXIII Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484379.42	4063300.00	6.55	98.04	6.11	-0.06
484773.84	4063050.00	5.23	117.28	5.74	-0.03
485262.75	4062700.00	5.68	122.28	10.57	-0.04
485812.72	4062950.00	5.05	120.63	5.42	-0.06
486012.44	4064000.00	6.65	98.05	6.18	-0.13
486688.57	4064250.00	6.65	98.72	6.32	-0.11
487320.30	4064450.00	6.68	97.27	6.13	-0.08

Tabella 6.XXXIV Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 180°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
484412.62	4063250.00	7.00	105.30	6.80	-0.05
484790.87	4063000.00	6.29	120.95	9.81	-0.03
485293.83	4062700.00	6.10	125.64	10.59	-0.05
485884.65	4063000.00	7.56	118.80	8.56	-0.20
486046.72	4063950.00	7.10	104.56	6.76	-0.13
486797.09	4064250.00	7.15	103.29	6.61	-0.10
487409.53	4064400.00	7.12	104.18	6.74	-0.06

Tabella 6.XXXV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486580.84	4064550.00	3.74	58.65	3.67	0.09
485736.02	4062850.00	2.46	59.21	3.15	-0.45
485212.92	4062700.00	3.29	90.61	10.54	0.43
484973.07	4062850.00	3.58	88.86	6.09	0.36
484825.27	4062950.00	4.05	88.12	8.54	0.40
484483.59	4063400.00	3.04	70.77	5.51	0.19
484103.72	4063500.00	3.03	55.42	3.05	0.17

Tabella 6.XXXVI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
485645.29	4062700.00	3.79	99.61	10.83	0.43
485435.83	4062700.00	3.73	98.97	10.68	0.42
484995.76	4062850.00	3.76	96.41	4.84	0.33
484772.87	4063050.00	4.13	94.63	5.79	0.32
484660.75	4063250.00	4.22	88.90	5.36	0.26
484223.18	4063500.00	3.62	61.72	3.30	0.12
483794.80	4063450.00	4.03	63.06	3.58	0.16

Tabella 6.XXXVII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486434.09	4064350.00	5.26	74.28	4.73	0.12
485420.40	4062700.00	4.14	104.41	10.67	0.41
485210.52	4062700.00	4.26	103.75	10.54	0.40
484824.67	4062950.00	5.11	100.77	8.58	0.36
484623.23	4063250.00	4.98	92.88	6.82	0.27
484490.89	4063400.00	4.64	80.62	5.55	0.17
484012.36	4063400.00	4.39	70.24	4.04	0.18

Tabella 6.XXXVIII Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486609.99	4064400.00	5.47	79.06	4.89	0.12
485672.89	4062700.00	5.02	110.79	10.86	0.40
485202.83	4062750.00	4.31	108.46	4.77	0.31
484838.23	4063000.00	5.85	95.04	5.68	0.51
484438.74	4063400.00	5.37	82.88	5.28	0.15
484056.72	4063300.00	5.29	81.49	5.12	0.20
483324.39	4063200.00	5.18	77.68	4.74	0.09

Tabella 6.XXXIX Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486437.70	4064250.00	5.76	85.94	5.54	0.15
485540.22	4062700.00	5.23	113.57	10.76	0.39
485091.36	4062800.00	4.89	110.86	10.27	0.37
484716.01	4063050.00	5.95	107.71	8.68	0.34
484303.97	4063300.00	6.19	88.43	5.78	0.20
483952.83	4063300.00	5.53	82.74	5.00	0.20
483198.98	4063100.00	5.53	81.57	4.96	0.09

Tabella 6.XL Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486333.05	4064150.00	6.22	90.71	5.99	0.17
485447.78	4062700.00	5.32	115.42	10.69	0.38
485003.49	4062800.00	5.31	112.72	10.22	0.36
484688.41	4063250.00	4.86	103.88	4.28	0.23
484203.68	4063200.00	6.74	94.66	6.51	0.23
483867.18	4063250.00	5.59	86.83	5.39	0.20
483115.23	4063000.00	5.82	85.88	5.33	0.11

Tabella 6.XLI

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486299.60	4064550.00	2.89	64.34	2.71	-0.03
485400.38	4062700.00	5.46	116.34	10.66	0.38
484977.32	4062850.00	5.62	113.27	5.86	0.30
484643.38	4063250.00	5.80	103.75	6.04	0.24
484165.35	4063200.00	7.02	94.85	6.41	0.23
483833.36	4063250.00	5.66	87.31	5.36	0.20
483073.25	4062950.00	5.93	88.00	5.52	0.12

Tabella 6.XLII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486604.86	4064250.00	6.46	94.54	6.08	0.16
485681.10	4062700.00	5.88	120.70	10.86	0.38
485268.34	4062700.00	5.76	119.08	10.57	0.37
484882.85	4062950.00	5.83	115.54	5.45	0.29
484524.90	4063300.00	6.18	100.15	6.84	0.21
484030.06	4063050.00	7.93	104.53	7.58	0.27
483723.65	4063250.00	5.89	88.59	5.25	0.17

Tabella 6.XLIII

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486544.17	4064200.00	6.69	97.01	6.30	0.17
485639.27	4062700.00	6.00	121.62	10.83	0.38
485220.95	4062700.00	5.96	119.98	10.54	0.36
484841.05	4062950.00	6.90	116.43	7.69	0.32
484496.78	4063400.00	5.68	92.80	5.58	0.14
483983.58	4063000.00	8.33	107.27	7.96	0.28
483677.20	4063200.00	5.97	91.91	5.59	0.18

Tabella 6.XLIV

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondosso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
486482.31	4064150.00	6.83	99.38	6.53	0.18
485597.59	4062700.00	6.12	122.51	10.80	0.37
485177.03	4062700.00	6.48	120.87	10.51	0.36
484827.10	4063000.00	6.65	108.74	6.89	0.49
484447.60	4063350.00	6.51	95.76	5.88	0.16
483938.96	4062950.00	8.71	110.13	8.28	0.28
483641.13	4063200.00	6.05	92.19	5.53	0.17

7 Valutazione delle tendenze evolutive del litorale

7.1 Generalità

Al fine di condurre una preliminare analisi delle tendenze evolutive di un'unità fisiografica è necessario ricostruire le variazioni storiche del litorale stesso attraverso un'analisi diacronica della linea di costa nonché utilizzare modelli che possano fornire indicazioni sulle future evoluzioni del litorale.

Mentre l'analisi diacronica è basata sulla conoscenza storica della linea di costa, la stima delle tendenze evolutive è in genere effettuata attraverso l'utilizzo di modelli che valutino il trasporto solido dei sedimenti lungo il litorale.

Il trasporto di sedimenti è usualmente suddiviso in trasporto solido trasversale alla linea di battigia (o trasporto cross-shore) e trasporto solido longitudinale e quindi parallelo alla linea di battigia (trasporto longshore). Esso risulta causato, nel primo caso, dalla velocità orbitale delle particelle idriche indotta dalle onde di oscillazione e dalla presenza di eventuali correnti di ritorno; mentre nel secondo caso, è dovuto principalmente alle correnti generate dalle onde frangenti. Il trasporto solido trasversale, producendo prevalentemente variazioni locali dei fondali, è la principale causa dei fenomeni evolutivi a breve termine (ore o giorni); il trasporto solido longitudinale influisce, invece, in modo rilevante sull'evoluzione a lungo termine (anni) della morfologia di un litorale.

Al fine di valutare le tendenze evolutive del litorale, è stata prima condotta un'analisi diacronica della linea di costa e quindi si sono utilizzati in sequenza il modello di propagazione del moto ondoso dal largo alla riva già descritto nel paragrafo 6.2 e quindi un modello di evoluzione a una linea.

I risultati forniti dal modello di evoluzione del litorale devono essere considerati preliminari, in quanto i risultati sono basati solo sulla conoscenza superficiale dei dati necessari da fornire al modello di calcolo, come ad esempio la batimetria e le caratteristiche tessiturali della spiaggia sommersa. Sarà necessario dunque approfondire tale studio per le fasi successive di progettazione.

7.2 Analisi Diacronica

E' stata condotta un'analisi diacronica dell'evoluzione della linea di spiaggia, basata sul confronto di aerofotogrammetrie e cartografia storica. In particolare per l'analisi si sono considerate:

- le ortofoto della costa di Pozzallo-Ispica, ottenute con un volo effettuato nel 1977;
- le ortofoto della costa di Pozzallo-Ispica, ottenute con un volo effettuato nel 1987;
- la carta tecnica regionale della costa di Pozzallo-Ispica, ricavata da un volo effettuato nel 1997 e pubblicata nel 2001.

E' necessario sottolineare come l'analisi sia stata rivolta solo alla spiaggia emersa.

Il periodo di tempo preso in considerazione copre un ventennio, che comprende il periodo di costruzione dell'ampliamento del porto di Pozzallo, dalla sua configurazione iniziale a quella attuale. In particolare, volendo distinguere le diverse fasi, anche con riferimento alla cartografia disponibile:

- (i) inizialmente il porto di Pozzallo risulta limitato a un piccolo molo, orientato in direzione NE-SO, lungo circa 140 m, radicato su un promontorio roccioso ubicato a Sud dell'abitato di Pozzallo (tale situazione corrisponde a quella riportata sulle ortofoto del 1977);
- (ii) successivamente, il vecchio bacino portuale risulta protetto da un ulteriore molo, orientato in direzione N-S, lungo circa 100 m;

- (iii) in una fase ulteriore iniziano i lavori del molo principale del porto attuale, che vengono condotti utilizzando un pontile lungo 715 m e orientato in direzione N-S. Dalle ortofoto del 1987 la barriera in costruzione al largo, protetta da una scogliera sul lato esterno, appare finita, orientata in direzione E-O e lunga circa 980 m;
- (iv) infine, dalla cartografia tecnica regionale del 1997 il porto di Pozzallo appare nella sua configurazione attuale a moli convergenti, con il molo di sopraflutto e il molo di sottoflutto, entrambi radicati a terra.

Si è inoltre rilevato come le barriere frangiflutti emerse distaccate da terra, ubicate rispettivamente una all'estremo Est della spiaggia Pietre Nere e quattro in corrispondenza di Punta Ciriga, all'estremo Est dell'unità fisiografica presa in esame, siano state costruite tra il 1977 ed il 1987.

Nel seguito vengono sintetizzati i principali risultati dell'analisi diacronica condotta con riferimento ai decenni 1977-1987 e 1987-1997, rappresentata in forma grafica rispettivamente nelle Tavole 7 e 8, allegate alla presente relazione. In particolare nelle citate Tavole sono evidenziati i tratti di costa in avanzamento ed in arretramento ed è riportata una stima delle superfici in erosione o in avanzamento. Inoltre, con riferimento ad alcune sezioni ritenute rilevanti, sono riportati i valori di larghezza della spiaggia, di arretramento (avanzamento) assoluto, di arretramento (avanzamento) relativo.

7.2.1 Analisi diacronica relativa al decennio 1977-1987

L'analisi ha messo in evidenza, procedendo da Ovest verso Est:

- un forte accrescimento della spiaggia di Raganzino in prossimità del porto, con un evidente trasporto di materiale in direzione Ovest che ha provocato un avanzamento relativo della linea di costa pari anche all'80%, ed un lieve arretramento in corrispondenza della zona in prossimità dell'abitato pari a circa il 35%;
- la spiaggia Pietre Nere, in cui a Ovest sono presenti due promontori rocciosi, è stata interessata in questi anni da un generale cospicuo processo di erosione (in alcuni punti la linea di riva è arretrata del 100% e la superficie complessivamente erosa è pari a circa 50000 m²). Tale processo di erosione è stato quindi molto probabilmente la causa della costruzione di una barriera frangiflutti all'estremo Est della spiaggia Pietre Nere. Tale protezione costiera ha però provocato solo un effetto di avanzamento locale, con la formazione di un piccolo tombolo;
- la spiaggia di Santa Maria del Focallo risulta interessata da tratti alternativamente in erosione ed in avanzamento. In particolare l'erosione è maggiormente concentrata nella zona compresa tra la Foce Chianette e Punta Ciriga (con arretramenti relativi della linea di riva fino al 100% in corrispondenza del tratto di spiaggia orientato in direzione EO). Tale zona si trova infatti particolarmente esposta al moto ondoso proveniente da Ovest, che, come risulta anche dalle analisi sul moto ondoso incidente precedentemente svolte, è quello anche energeticamente più importante. Il sistema di barriere in corrispondenza di Punta Ciriga tenta di rispondere a questa tendenza all'erosione in quel tratto, ma con risultati fortemente localizzati.

7.2.2 Analisi diacronica relativa al decennio 1987-1997

L'analisi ha messo in evidenza, procedendo da Ovest verso Est che:

- in corrispondenza della spiaggia di Raganzino, il processo erosivo si è fortemente accentuato (la linea di costa è arretrata in alcuni tratti del 100%, la superficie complessivamente erosa risulta pari a circa 15000 m²). In tale tratto si ha quindi un forte trasporto solido prevalentemente in direzione

- Ovest, responsabile dell'interrimento della zona in prossimità dell'imboccatura del porto;
- il sopra descritto trasporto solido, ha anche provocato un importante avanzamento della spiaggia Pietre Nere, con un massimo all'estremo Ovest, in corrispondenza dell'abitato di Pozzallo (avanzamento relativo dell'ordine del 60%, superficie complessivamente avanzata pari circa 90000 m²). Tale avanzamento è solo in parte bilanciato nella zona Est della spiaggia Pietre Nere da un generale arretramento della linea di riva (superficie in erosione pari a circa 6000 m²);
 - come nel decennio precedente, la spiaggia di Santa Maria del Focallo è interessata nella zona Nord da un generale avanzamento della linea di costa, mentre nella zona Sud da un complessivo arretramento, che risulta molto importante nel tratto di spiaggia orientato in direzione EO (la superficie in erosione risulta pari a circa 47000 m²).

7.3 Modello di calcolo del tipo "ad una linea"

Come è noto, lo studio dei fenomeni evolutivi delle spiagge e la verifica di eventuali interventi proposti o adottati per controllarli possono essere attuati secondo le seguenti metodologie di indagine:

- modellazione empirica;
- modellazione fisica;
- modellazione numerica.

I metodi empirici, invero del tipo dell'analisi diacronica già presentata nei paragrafi precedenti, coinvolgono la previsione dei fenomeni basata su trend evolutivi osservati e sul confronto tra l'evoluzione di spiagge in condizioni simili. Questi metodi, basati su dati rilevati, hanno il merito di essere semplici e per certi versi anche affidabili. Tuttavia è impossibile fare una previsione dell'evoluzione della spiaggia soltanto basandosi su tali metodi, soprattutto con riguardo a scenari evolutivi futuri che coinvolgono situazioni diverse rispetto a quelle in atto (presenza di nuove opere, etc.).

La modellazione fisica, normalmente effettuata ad una scala ridotta, offre una potente alternativa per riprodurre i processi costieri e per esaminare gli effetti delle opere sulla costa. La scala a cui i diversi processi vengono riprodotti dipende da più fattori come, per esempio, le caratteristiche dei sedimenti. Per studiare i problemi legati all'ingegneria costiera possono essere usati diversi tipi di modelli fisici (a fondo fisso, a fondo erodibile, etc.); ovviamente la scelta del tipo e della scala del modello deriva dai principali aspetti del fenomeno che si vogliono riguardare. E' opportuno infine ricordare come i modelli fisici siano certamente idonei per affrontare un ampio numero di problemi; tuttavia essi comportano spesso costi troppo elevati e non sempre giustificati.

I modelli numerici forniscono la possibilità di simulare, sotto opportune ipotesi semplificative e attraverso formulazioni matematiche, i principali fenomeni fisici della fascia costiera rendendo possibile l'analisi, nel tempo e nello spazio, anche di complessi processi evolutivi del litorale. Anche se questi processi, nella realtà, sono essenzialmente tridimensionali, in talune situazioni alcune dimensioni spaziali possono essere trascurate. In tali casi l'attenzione si focalizza solo su parte dei meccanismi che regolano effettivamente il trasporto solido. Tra i modelli semplificati vi sono quelli tipo shoreline o coastline che consentono la modellazione di una o più linee longitudinali della fascia costiera (batimetriche), tenendo conto esclusivamente del trasporto solido longitudinale a lungo termine. Questa categoria include i modelli dove i processi fisici coinvolti sono rappresentati esplicitamente nel tempo. In questo insieme di modelli rientra il modello ad una linea CERCPlan, utilizzato nella presente indagine.

E' opportuno ricordare che i modelli numerici di evoluzione planimetrica della spiaggia sono molto utili per la gestione dei litorali. Infatti, modelli di questo tipo sono in grado di fornire indicazioni importanti sul comportamento di un litorale

soggetto a interventi strutturali, come quello in questione di ampliamento del porto di Pozzallo.

In altre parole, il vantaggio di tali modelli numerici risiede nella possibilità di modellare schemi diversi, in breve tempo e a costi contenuti. E' pertanto possibile ottimizzare l'intervento progettato e dare utili indicazioni sulla gestione futura del litorale.

Un problema comune per tutti i modelli numerici e, soprattutto, di quelli cosiddetti "ad una linea", fra i quali quello adottato nel presente studio, è la necessità di essere calibrati e validati. Un modello numerico che copre un lungo tratto di costa e che ha l'obiettivo di stabilire il valore e la direzione del trasporto dei sedimenti longitudinale, può essere calibrato solo con i dati storici relativi alla posizione della spiaggia. A tal riguardo si comprende meglio il perché dell'approfondita analisi condotta nei paragrafi precedenti circa l'evoluzione storica dei litorali in esame.

L'analisi diacronica è stata infatti utilizzata per calibrare e, in parte, validare, il modello CERCPlan.

Altro limite per un accurato uso dei modelli numerici sopra citati è rappresentato dalle condizioni al contorno da utilizzare per chiudere il litorale in studio nei riguardi del trasporto solido. E' opportuno ricordare infatti che l'adozione di appropriate condizioni al contorno per il trasporto solido rappresenta un passo fondamentale dell'intero processo di simulazione. Nel caso di un tratto di costa delimitata da promontori, il trasporto è completamente contenuto nell'area di interesse (pocket beach, spiagge a tasca) e le condizioni da adottare risultano semplici da definire. Nel caso in esame, invece, la complessità del litorale in studio, caratterizzato da opere, da esposizione anche molto diverse, etc., ha imposto un'analisi di dettaglio delle possibili influenze sul trasporto anche delle singole opere. Pertanto, sono state ampiamente utilizzate le considerazioni riportate nei paragrafi precedenti sull'analisi diacronica ai fini di ipotizzare adeguate influenze sul trasporto solido litoraneo di alcune delle opere costiere aggettanti (come per esempio le barriere frangiflutti) in funzione della loro geometria e delle loro profondità di imbasamento.

Nonostante le succitate difficoltà e limiti, è indubbio il vantaggio che i modelli numerici apportano, essendo in grado di rappresentare aree estese fornendo, inoltre, una valutazione delle aree di potenziale erosione o di accrescimento sulle quali, eventualmente, si potrà decidere di approfondire l'analisi con una modellazione fisica. Al riguardo si ricorda che il modello numerico in oggetto può fornire utili indicazioni circa le condizioni al contorno da inserire nel modello fisico in termini, per esempio, di trasporto solido. I due modelli possono quindi essere adoperati insieme in modo da modellare correttamente l'evoluzione di un tratto di litorale di particolare pregio turistico o ambientale.

Nel seguito, prima di riportare i risultati delle applicazioni effettuate, verranno brevemente discusse le caratteristiche proprie del modello adottato anche per farne meglio comprendere le potenzialità e i limiti.

Come già brevemente accennato, il modello è della tipologia "ad una linea", cioè monodimensionale, in cui il litorale di cui si vogliono studiare le tendenze evolutive a seguito di forzanti meteomarine note viene descritto univocamente mediante la posizione della sola linea di spiaggia. Le principali caratteristiche sono:

- il calcolo del volume di trasporto solido avviene mediante la formula CERC (in effetti nel modello illustrato è possibile anche utilizzare la formula di Kamphuis; 1986);
- il modello si basa sull'adozione del principio di conservazione della massa;
- la discretizzazione della spiaggia mediante un unico profilo di spiaggia;
- possibilità di poter far evolvere la linea di costa in funzione di una sorta di "onda morfologica" individuata sulla base delle caratteristiche energetiche medie del moto ondoso.

Fatte le superiori premesse, di seguito si descrive in maggior dettaglio il modello CERCPlan.

7.3.1 Modello CERCPlan

Si consideri un sistema di riferimento x-y in cui l'asse x sia diretto long-shore e l'asse y sia diretto cross-shore, con origine sulla costa. Si consideri una sezione della linea di costa avente larghezza Δy , come mostrato in Figura 7.1. Se con Q_{lin} si indica la portata di sedimenti entranti in direzione long-shore, con Q_{lout} la portata uscente, applicando il principio di conservazione della massa, l'accumulo netto o l'erosione ΔV nel tempo Δt è dato dalla seguente espressione:

$$\Delta V = (Q_{lin} - Q_{lout})\Delta t \quad (8.1)$$

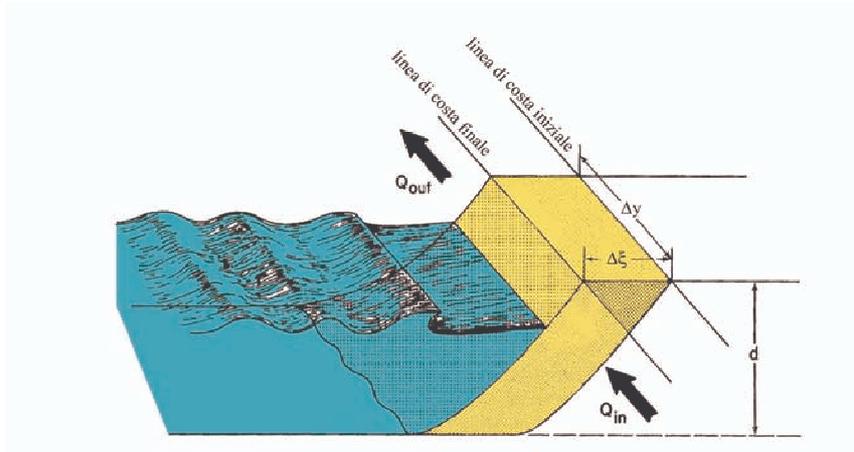


Figura 7.1 Schema di volume elementare di un profilo di spiaggia a cui si applica il bilancio di massa per determinare l'eventuale avanzamento o arretramento della linea di costa.

Naturalmente, se Q_{lin} risultasse maggiore di Q_{lout} , si avrebbe un accumulo di sedimenti ed un corrispondente avanzamento della linea di costa; viceversa, se Q_{lout} risultasse maggiore di Q_{lin} , la spiaggia si troverebbe in erosione. Infatti, indicando con $\Delta \xi$ la variazione dalla posizione iniziale in direzione offshore - inshore della linea di costa in un intervallo di tempo Δt , si può scrivere che:

$$\Delta V = d \cdot \Delta \xi \cdot \Delta y \quad (8.2)$$

in cui d , come si vede dalla citata Figura 7.1, è la altezza della sezione e quindi $d\Delta \xi$ rappresenta l'area della sezione trasversale della spiaggia.

Combinando le equazioni (8.1). e (8.2.) si trova che:

$$\Delta \xi = (Q_{lin} - Q_{lout}) \frac{\Delta t}{d\Delta y} \quad (8.3)$$

Ponendo quindi $\Delta Q = (Q_{lout} - Q_{lin})$ e passando in termini infinitesimi si trova l'equazione che il presente modello CERCPlan risolve. In formule:

$$\frac{d\xi}{dt} = -\frac{1}{h_b} \frac{dQ_l}{dy} \quad (8.4)$$

in cui, ragionando alle differenze finite:

- $\Delta\xi$ indica l'avanzamento o arretramento della linea di costa;
- h_b indica la profondità d della sezione, solitamente assunta pari alla profondità al frangimento;
- ΔQ_i indica la differenza tra la portata volumetrica longitudinale dei sedimenti entrante e quella uscente da una cella, definite attraverso la formula CERC o quella di Kamphuis definite nei paragrafi precedenti.

I dati di input per il modello di evoluzione della costa sono organizzati in più file. Il primo contiene informazioni relative alla posizione della linea di costa iniziale e del limite oltre il quale, in funzione dell'ordinata alla quale ci si trova, la costa non può più arretrare. Tali informazioni sono riportate in due vettori contenenti:

- La distanza $\xi_{lc(j)}$ della linea di costa iniziale dall'asse y;
- La distanza $\xi_{cl(j)}$ della linea di costa limite dall'asse y.

E' da precisare che l'introduzione di un limite per la posizione della linea di costa consente di simulare più correttamente il reale andamento del processo evolutivo.

Gli altri file di input rappresentano i climi ondosi a cui si vuole sottoporre il modello (il loro numero è variabile in relazione a quanto ci si voglia spingere in avanti nel tempo nel simulare l'evoluzione della linea di costa). Ogni file, derivando dai file di output del programma Waves_ray relativo alla propagazione del moto ondoso e descritto nei precedenti paragrafi, conterrà informazioni relative al frangimento (per un mese e per una direzione specifici).

Tali file riportano quindi:

- Le dimensioni della griglia di calcolo;
- Informazioni sulla presenza, sull'entità e sulla posizione di eventuali sorgenti terrigene (fiumi);
- Il valore, espresso in frazione di giorni, del passo di integrazione;
- La durata del fenomeno ondoso relativa al mese e alla direzione in questione;
- La distanza $\xi_{lf(j)}$ della linea di frangimento dall'asse y;
- I valori $H_{b(j)}$ di altezza d'onda al frangimento;
- I valori $L_{b(j)}$ di lunghezza d'onda al frangimento;
- I valori $h_{b(j)}$ di profondità al frangimento;
- I valori α_f dell'angolo di attacco del moto ondoso al frangimento.

La seguente Figura 7.2 illustra la griglia di calcolo adottata per il modello CERCPlan.

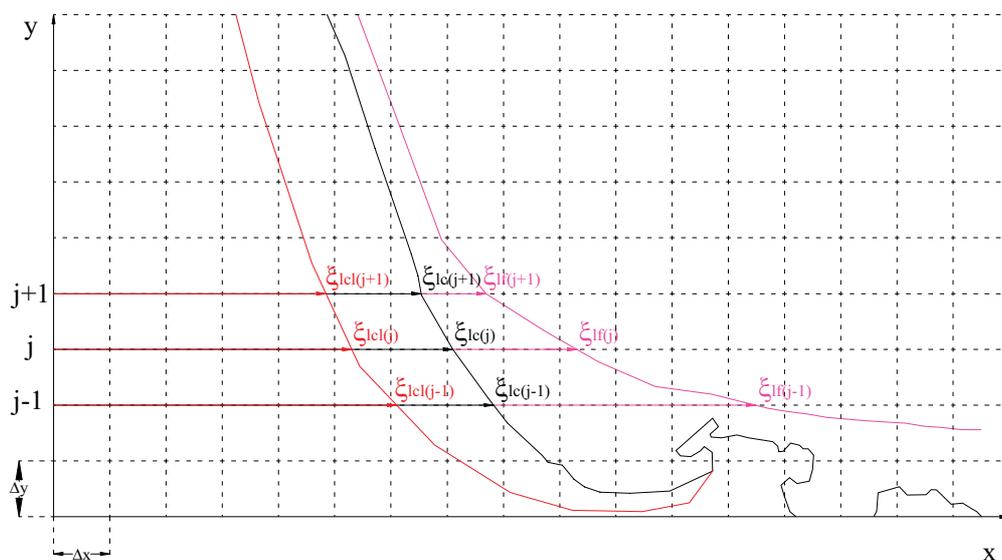


Figura 7.2 Definizioni delle linee di costa e di frangimento all'interno del codice CERCPlan.

Oltre ai suddetti file di input, al programma viene data, tramite tastiera, l'informazione sul numero di anni per cui si vuole reiterare il calcolo dell'evoluzione della linea di costa. La prima operazione eseguita dal codice di calcolo CERCPlan consiste nella valutazione dell'angolo α_b formato dalla linea di frangimento e dalla linea di costa (vedere Figura 7.3).

$$\alpha_b = \alpha_f - \arctan \frac{\Delta \xi_{lc}}{\Delta y} \quad (8.5)$$

Effettuati questi calcoli preliminari, il codice di calcolo applica iterativamente l'equazione (8.4) incrementando ad ogni iterazione la variabile tempo espressa in giorni.

I risultati vengono quindi registrati in un file temporaneo e riutilizzati fino a coprire l'intero arco di tempo assegnato alla simulazione. Per ogni file di input viene scritto un file di output, contenente il vettore dei nuovi valori di $\xi_{lc(j)}$: ciò rende possibile la rappresentazione non solo della configurazione finale del litorale ma anche di tutte quelle intermedie risultanti dall'applicazione dei singoli climi ondosi.

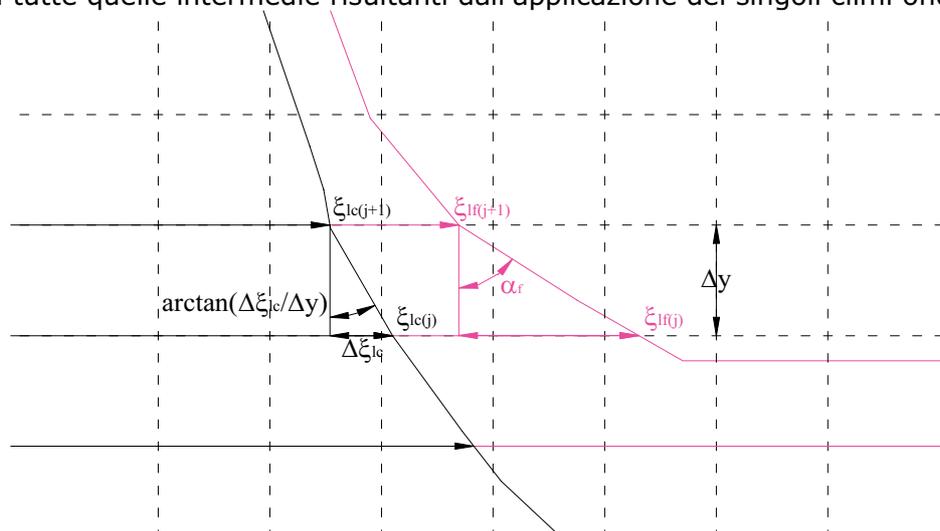


Figura 7.3 Schema geometrico di risoluzione dell'angolo di attacco del moto ondoso al frangimento eseguito dal codice di calcolo CERCPlan.

7.4 Simulazione numeriche condotte

Nelle applicazioni modellistiche di studi di trasporto solido litoraneo si hanno sovente molti dati relativi alle onde. Sebbene sia possibile inserire tutti questi dati nei codici di calcolo, non è però pensabile di utilizzare tutte queste informazioni per svariati motivi tra cui non ultimo la limitazione dei tempi di calcolo. Per ovviare a tale situazione risulta conveniente sintetizzare i dati d'onda disponibili in modo da ottenere lo stesso risultato in modo più semplice utilizzando una o più onde che producano lo stesso trasporto solido. In particolare, essendo il trasporto solido legato all'energia dell'onda è possibile associare il trasporto solido parallelo alla linea di riva a un'onda che abbia un contenuto energetico medio.

Sulla base dei risultati forniti dalla studio della distribuzione dell'energia del moto ondoso al largo, riportato nel paragrafo 5.7, si sono determinate le condizioni energeticamente medie del moto ondoso al largo che possano avere influenza sull'area fisiografica in esame. In particolare, come già esposto nel paragrafo 5.7, l'energia che il moto ondoso scarica sul tratto di litorale in esame risulta essere concentrata nel settore compreso tra 110°N e 150°N. Infatti gli effetti del moto ondoso provenienti da direzioni prossime a 270°N possono influenzare

univocamente il trasporto solido in corrispondenza dell'estremità meridionale della spiaggia di Santa Maria del Focallo, provocando in tale zone un trasporto solido prevalente in direzione est.

Dalla distribuzione di energia del moto ondoso ricavata nel paragrafo 5.7 si è dunque ricavata l'onda energeticamente media proveniente dal settore di traversia compreso tra 110°N e 150°N. In particolare, si è ricavata un'onda al largo caratterizzata da un'altezza $H=2.08$ m, un periodo $T=5.23$ s, proveniente dalla direzione 128°N e che presenta una persistenza annua pari a 345 ore.

Al fine di ottenere le caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza del frangimento è stato applicato il modello di calcolo presentato nel paragrafo 6.2.

La Figura 7.4 e la Tabella 7.I riportano rispettivamente l'individuazione dei raggi d'onda e le caratteristiche del moto ondoso al frangimento da utilizzare per lo studio delle tendenze evolutive del litorale mediante il modello a una linea precedentemente illustrato.

Il modello di evoluzione è stato, quindi, applicato all'unità fisiografica compresa tra la radice del porto di Pozzallo e l'estremità meridionale della spiaggia di Santa Maria del Focallo. Tale scelta è legata da una lato alle profondità di imbasamento dei moli foranei del porto, anche superiori a 15 m, e dall'altra all'esposizione della parte meridionale della spiaggia di Santa Maria del Focallo soggetta prevalentemente all'attacco del moto ondoso proveniente da 270°N che impedisce di apportare sedimenti all'unità fisiografica.

L'unità fisiografica risulta essere alimentata prevalentemente dal trasporto solido proveniente dai bacini individuati nella Tavola 6. In particolare, per analogia ad altri bacini prossimi a quelli in esame si è stimato un apporto solido pari a 4.3 m³/ha/anno.

Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti costituenti la spiaggia sono state desunte sia dalle prove granulometriche relative al prelievo di campioni effettuato in data 10/05/2006 e riportate nella Tavola 5, che mostrano un diametro medio dei sedimenti pressoché costante lungo tutta l'area fisiografica e pari a 0.27 mm, sia a quanto riportato nello studio "Monitoraggio volumetrico, sedimentologico e morfometrico del litorale Ibleo", effettuato per conto della Provincia Regionale di Ragusa dal Dipartimento di Scienza della Terra, Università degli Studi di Messina nel 2004.

Infine, la linea di costa è stata discretizzata con celle di dimensione pari a 150 m ed è stato imposto un trasporto solido nullo in corrispondenza delle estremità del dominio di calcolo.

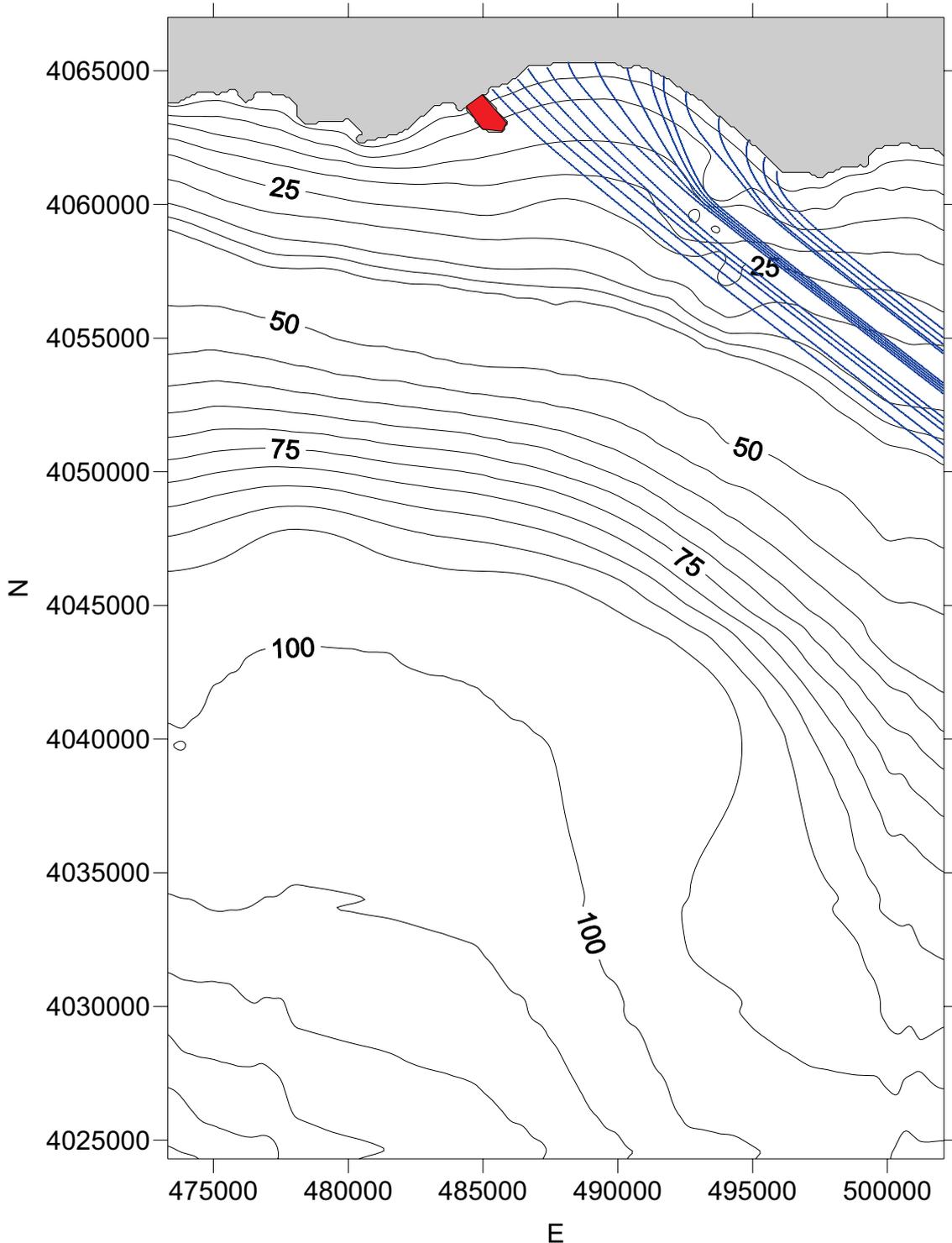


Figura 7.4 Individuazione dei raggi d'onda per il calcolo delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento necessarie per lo studio delle tendenze evolutive del litorale: direzione di provenienza 128°N - onda caratterizzata da altezza $H = 2.08$ m e periodo $T = 5.23$ s (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

Tabella 7.I

Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento necessarie per lo studio delle tendenze evolutive del litorale: direzione di provenienza 128°N - onda caratterizzata da altezza $H = 2.08$ m e periodo $T = 5.23$ s.

X [m]	Y [m]	H [m]	L [m]	h [m]	dir [rad]
485361.63	4064285.96	1.63	23.39	1.95	-0.71
485909.35	4064380.62	2.16	26.25	2.57	-0.70
486301.95	4064658.58	1.55	23.41	1.99	-0.71
486677.82	4065047.87	1.28	18.86	1.23	-0.57
487387.96	4065104.50	1.57	21.39	1.59	-0.50
488164.17	4065297.28	0.57	18.20	1.09	-0.29
489163.75	4065303.48	0.48	20.10	1.32	-0.31
490361.65	4065074.46	0.56	22.16	1.68	-0.16
491238.52	4064974.62	0.67	19.78	1.34	0.04
491720.27	4064768.31	0.91	19.38	1.09	0.18
492543.35	4064205.26	0.38	20.79	1.40	0.15
493767.10	4063260.97	0.62	20.32	1.48	0.17
494839.19	4062366.35	1.03	19.49	1.34	0.34
495453.29	4061745.09	1.22	18.19	1.14	0.30
495902.65	4061224.32	1.49	21.12	1.55	0.09

7.5 Analisi dei risultati

I risultati forniti dal modello circa l'individuazione delle tendenze evolutive della linea di riva sono riportati nelle Tavole da 9.1 a 9.4.

In particolare, i risultati forniti dal modello confermano l'attuale tendenza evolutiva del litorale, presentando un avanzamento della linea di riva delle Pietre Nere e quindi di tutta l'estremità occidentale dell'unità fisiografica. Tale avanzamento è sostanzialmente dovuto all'effetto di sbarramento che i moli foranei del porto hanno sul trasporto solido litoraneo.

8 Conclusioni

Mediante il presente studio idraulico-marittimo, finalizzato alla caratterizzazione del clima ondoso al largo del Porto di Pozzallo e alle valutazioni di massima dell'impatto del citato Porto sugli arenili vicini, sono state ottenute informazioni su:

1. le maree astronomiche e meteorologiche che interessano il litorale di di Pozzallo;
2. il moto ondoso al largo del Porto di Pozzallo;
3. le tendenze evolutive dei litorali vicini al Porto.

In particolare, lo studio è stato effettuato con riferimento all'unità fisiografica alla quale appartiene il porto di Pozzallo. Detta unità, che si estendeva originariamente tra Punta Religione, a Nord, e Punta Ciriga, a Sud, è oggi interrotta a Ovest dalla presenza del porto stesso, che ne rappresenta quindi l'attuale limite settentrionale (vedere le Tavole 1, 2 e 3).

Lo studio delle maree astronomiche e meteorologiche, anche condotto sulla base di dati della Rete Mareografica Nazionale dell'APAT, ha messo in evidenza la presenza di un'ampiezza dell'escursione di marea totale piuttosto modesta, contenuta al più in circa 40÷50 cm.

Per quanto attiene allo studio del moto ondoso, preliminarmente, tramite l'applicazione di un modello di rifrazione inversa, è stato individuato il settore di traversia del paraggio in esame, che è risultato compreso tra 100°N e 247°N (vedere Tavola 4).

Per quanto concerne la caratterizzazione statistica del moto ondoso al largo di Pozzallo, le analisi sono state condotte utilizzando sia dati di tipo diretto (dati ondametrici rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale dell'APAT a Mazara del Vallo e opportunamente trasposti a largo del Porto di Pozzallo) sia dati di tipo indiretto (dati sintetici del moto ondoso, ricostruiti attraverso l'applicazione del modello SMB, ai dati anemometrici di Pantelleria e di Gela, e attraverso l'applicazione del Modello Ondametrico Europeo dell'U.K.M.O.).

Applicando i citati metodi di determinazione del moto ondoso, si è trovato un buon accordo tra la distribuzione dei dati ottenuti dalla trasposizione geografica della serie storica della boa ondametrica di Mazara del Vallo e la distribuzione dei dati UKMO. I dati ricavati dall'applicazione del modello SMB hanno invece fornito una ricostruzione del regime ondametrico diversa. Tale differenza è stata riscontrata anche variando la serie dei dati di input al modello, ossia adottando le informazioni anemometriche dell'ITAV rilevate dalla stazione anemometrica di Pantelleria e da quella di Gela. Inoltre, mentre i dati trasposti sono risultati maggiormente affidabili per quanto concerne le altezze d'onda massime, i dati UKMO sono risultati maggiormente affidabili per quanto concerne l'individuazione delle direzioni di provenienza. Pertanto si è deciso di utilizzare i dati della boa ondametrica di Mazara del Vallo per effettuare l'analisi probabilistica dei valori estremi di altezza d'onda e i dati UKMO per ricostruire invece la distribuzione energetica del moto ondoso al largo del paraggio in esame.

L'analisi probabilistica degli eventi estremi è stata condotta raggruppando le informazioni attinenti al moto ondoso in classi di direzione. Più precisamente, al fine di condurre un'analisi di sensitività per verificare l'affidabilità dei risultati ottenuti, si sono considerate due diverse ampiezze delle classi di direzione di provenienza del moto ondoso, rispettivamente pari a 45° e 22.5°, che hanno fornito risultati del tutto simili tra loro.

Inoltre, dopo aver verificato la bontà di adattamento di diverse distribuzioni di probabilità per eventi estremi (Gumbel, log-normale e Weibull) attraverso l'applicazione di appropriati test statistici, per ogni direzione di provenienza è stato possibile associare a fissati valori del tempo di ritorno un valore di altezza d'onda significativa. I risultati di dette analisi, qui non riportati per brevità, sono sintetizzati dalla Tabella 5.XX alla Tabella 5.XXXI.

Per quanto riguarda l'analisi della distribuzione dell'energia del moto ondoso al largo, effettuata al fine di individuare la direzione principale del trasporto solido potenziale, si è rilevato come la stessa interessi sostanzialmente solo due settori: il primo, più confinato, caratterizzato da una direzione di provenienza prossima a 270°N e il secondo, più ampio e caratterizzato da un minore contenuto energetico, compreso tra 110°N e 150°N.

Inoltre, al fine di fornire un quadro più completo del clima ondoso è stato anche condotto uno studio di massima della propagazione del moto ondoso dal largo verso la costa. Si ritiene comunque che tale studio debba essere approfondito utilizzando batimetrie aggiornate mediante appositi rilievi in situ e anche impiegando altri modelli di calcolo come, ad esempio, quelli basati sulle così dette "mild-slope equation" per tenere conto del fenomeno della diffrazione in prossimità del Porto.

Al fine di effettuare una valutazione di massima delle tendenze evolutive del litorale prossimo al porto di Pozzallo, è stata condotta un'analisi diacronica della linea di costa (vedere Tavole 7.i e 8.i) e quindi si sono utilizzati in sequenza un modello di propagazione del moto ondoso dal largo alla riva e quindi un modello di evoluzione della costa del tipo "a una linea" (vedere Tavole 9.i).

Pur con i limiti cui sono soggette le valutazioni relative alla stima del trasporto solido costiero, i risultati forniti dal modello hanno confermato la tendenza evolutiva del litorale, evidenziata dall'analisi diacronica, che presenta un avanzamento della linea di riva della spiaggia delle Pietre Nere e di tutta l'estremità occidentale dell'unità fisiografica. Tale avanzamento è sostanzialmente dovuto all'effetto di sbarramento che il molo foraneo del porto ha sul trasporto solido litoraneo.

I risultati forniti da tale modello di evoluzione del litorale devono comunque essere considerati preliminari, in quanto basati solo sulla conoscenza di dati relativi alla spiaggia emersa, mentre bisognerebbe acquisire informazioni di dettaglio sulla sedimentologia e, come già detto, sulla morfologia della spiaggia sommersa.

Si consiglia pertanto di approfondire tali indagini nelle fasi successive di progettazione.

Bibliografia

- BATTJES, J. A. (1974). "A Computation of Setup, Long shore Currents, Run-up and Overtopping Due to Wind-Generated Waves" Ph.D. Diss., Delft University of Technology, Netherlands.
- CONTINI P. e DE GIROLAMO P., "Impatto morfologico di opere a mare: Caso Studio", Atti Convegno AIOM Lerici, 1998
- KAMPHUIS, J. W., DAVIES, M. H., NAIRN, R. B., SAYAO, O. J. (1986). "Calculation of Littoral Sand Transport Rate", Vol. 10, Coastal Engineering.
- LEENKNECHT D.A., SZUWALSKI A. E SHERLOCK A., "ACES Technical Reference version 1.06", U.S.A.C.E. 1992
- MEI, C. C. (1989). "The applied dynamics of ocean surface waves", World Scientific.
- LANDÒ REBAUDENGO, L., SCARSI, S. (1987). "Ricerche sulle onde di mare", Vol. II, G. Scarsi Editor, Istituto di Idraulica, Facoltà di Ingegneria, Università di Genova.

Elenco delle Tabelle

Tabella 3.I	Larghezza media delle spiagge appartenenti all'unità fisiografica, rilevate rispettivamente durante le stagioni autunnale (A), invernale (I), primaverile (P) ed estiva (E) (fonte "Monitoraggio volumetrico, sedimentologico e morfometrico dell'intero litorale ibleo", DST-Università di Messina, 2002-2003)
Tabella 4.I	Principali componenti armoniche della marea ricavate dall'analisi in frequenza dei dati registrati dal mareografo della Rete Mareografica Nazionale sito nel porto di Porto Empedocle.
Tabella 5.I	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.
Tabella 5.II	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.
Tabella 5.III	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco registrate dalla boa ondometrica di Mazara del Vallo.
Tabella 5.IV	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.
Tabella 5.V	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.
Tabella 5.VI	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo della Trasposizione geografica.
Tabella 5.VII	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.
Tabella 5.VIII	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.
Tabella 5.IX	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.
Tabella 5.X	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo con il Metodo SMB utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.
Tabella 5.XI	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di direzione di provenienza ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.
Tabella 5.XII	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo medio ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.
Tabella 5.XIII	Numero di eventi per classe di altezza d'onda significativa e per classe di periodo di picco ricavate per il paraggio di Pozzallo sulla base dei dati UKMO.
Tabella 5.XIV	Valori di soglia utilizzati per individuare la serie delle altezze d'onda estreme per classi di ampiezza 45°.

Tabella 5.XV	Valori di soglia utilizzati per individuare la serie delle altezze d'onda estreme per classi di ampiezza 22.5°.
Tabella 5.XVI	Serie delle altezze d'onda significative utilizzata per l'analisi degli eventi estremi per classi di ampiezza 45°.
Tabella 5.XVII	Serie delle altezze d'onda significative utilizzata per l'analisi degli eventi estremi per classi di ampiezza 22.5°.
Tabella 5.XVIII	Risultati del test di Pearson alle distribuzioni di probabilità per eventi estremi adottate.
Tabella 5.XIX	Risultati del test di Pearson alle distribuzioni di probabilità per eventi estremi adottate.
Tabella 5.XX	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella 5.XXI	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella 5.XXII	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella 5.XXIII	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella 5.XXIV	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXV	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXVI	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXVII	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 157.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXVIII	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXIX	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 202.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXX	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 5.XXXI	Valutazione dell'altezza d'onda per fissati tempi di ritorno: Direzione di provenienza 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella 6.I	Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 90°N.
Tabella 6.II	Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 135°N.
Tabella 6.III	Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 180°N.
Tabella 6.IV	Condizioni del moto ondoso al largo considerate per la determinazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: Direzione di provenienza 225°N.

Tabella 6.XLIII	Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni.
Tabella 6.XLIV	Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento: direzione di provenienza 225°N- onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni.
Tabella 7.I	Individuazione della linea di frangimento e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento necessarie per lo studio delle tendenze evolutive del litorale: direzione di provenienza 128°N - onda caratterizzata da altezza $H = 2.08$ m e periodo $T = 5.23$ s.
Tabella A.I	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 90°N - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.II	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 135°N - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.III	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 180°N - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.IV	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 225°N - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.V	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.VI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.VII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull ($k=0.75$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.VIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull ($k=1.0$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.IX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull ($k=1.4$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.X	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull ($k=2.0$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull ($k=0.75$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull ($k=1.0$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull ($k=1.4$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull ($k=2.0$) - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.

Tabella A.XIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull ($k=0.75$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull ($k=1.0$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull ($k=1.4$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull ($k=2.0$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull ($k=0.75$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull ($k=1.0$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull ($k=1.4$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull ($k=2.0$) – ampiezza classi di direzione 45°.
Tabella A.XXIX	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXX	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXI	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXII	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 157.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXIII	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXIV	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 202.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXV	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXVI	Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.

Tabella A.XXXVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XXXIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XL	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A. XLVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.XLIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.L	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

Tabella A.LVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione di Gumbel – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Lognormale – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXIV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXV	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXVI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXVII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

Tabella A.LXXVIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXIX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXX	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXXI	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A. LXXXII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 22.5°.
Tabella A.LXXXIII	Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

Elenco delle Figure

- Figura 4.1 Livello della marea registrata dalla stazione mareografica della Rete Mareografica Italiana dell'APAT sita nel porto di Porto Empedocle nel periodo ottobre 1998 -dicembre 2005.
- Figura 4.2 Pressione atmosferica registrata dalla stazione meteorologica della Rete Mareografica Italiana dell'APAT sita nel porto di Porto Empedocle nel periodo ottobre 1998 -dicembre 2005.
- Figura 5.1 Fetch Geografico valutato in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.
- Figura 5.2 Rappresentazione polare del fetch Geografico in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.
- Figura 5.3 Fetch Geografico al largo del litorale di Pozzallo.
- Figura 5.4 Rappresentazione polare del Fetch Geografico al largo del litorale di Pozzallo.
- Figura 5.5 Rappresentazione polare del fetch efficace in corrispondenza della Boa Ondametrica di Mazara del Vallo.
- Figura 5.6 Rappresentazione polare del fetch efficace in corrispondenza di Pozzallo.
- Figura 5.7 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati della boa ondametrica di Mazara del Vallo nel periodo 1.7.1989 – 13.12.2005.
- Figura 5.8 Diagrammi di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso tra la boa ondametrica di Mazara del Vallo e Pozzallo.
- Figura 5.9 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo della trasposizione geografica per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.7.1989 – 13.12.2005.
- Figura 5.10 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo SMB per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.1.1980 – 1.10.2003 utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Pantelleria.
- Figura 5.11 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati ricavati con il metodo SMB per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.1.1980 – 1.10.2003 utilizzando i dati di vento relativi alla stazione anemologica di Gela.
- Figura 5.12 Persistenza del moto ondoso così come rilevato dai dati UKMO per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.10.1986 – 31.03.2002.
- Figura 5.13 Confronto tra le serie di altezze d'onda ricavate dalla trasposizione geografica dei rilievi effettuati dalla boa ondametrica di Mazara e dal modello ondametrico europeo del UKMO per il paraggio di Pozzallo nel periodo 1.09.1989 – 31.03.2002.
- Figura 5.14 Individuazione del settore di traversia in riferimento alla baia di Pozzallo mediante l'applicazione del modello di rifrazione inversa (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 5.15 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.16 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.17 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull (k=0.75): direzione di

- provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.18 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.19 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.20 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.21 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.22 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.23 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.24 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.25 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.26 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.27 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.28 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.29 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.30 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.31 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.32 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.

- Figura 5.33 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.34 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.35 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.36 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.37 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.38 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.
- Figura 5.39 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.40 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.41 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.42 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.43 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.44 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.45 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.46 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.47 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.48 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

- Figura 5.49 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.50 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $112.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.51 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.52 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.53 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.54 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $90^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.55 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.56 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $135^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.57 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.58 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.59 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.60 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.61 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.62 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $157.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.63 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.64 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .

- Figura 5.65 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.66 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.67 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.68 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $180^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.69 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.70 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.71 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.72 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.73 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.74 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $202.5^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.75 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.76 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.77 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=0.75$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.78 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.00$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.79 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=1.40$): direzione di provenienza del moto ondoso $225^{\circ}N$ - ampiezza classi di direzione 22.5° .
- Figura 5.80 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull ($k=2.00$): direzione di

- provenienza del moto ondoso 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.81 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Gumbel: direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.82 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione lognormale: direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.83 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull (k=0.75): direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.84 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull (k=1.00): direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.85 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull (k=1.40): direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.86 Confronto tra le frequenze osservate e le probabilità teoriche secondo la distribuzione di Weibull (k=2.00): direzione di provenienza del moto ondoso 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.
- Figura 5.87 Distribuzione direzionale dell'energia media annuale del moto ondoso caratterizzato da un'altezza significativa H_s superiore a 1 m al largo di Pozzallo.
- Figura 6.1 Schema geometrico di risoluzione adottato dal codice Waves_ray implementato per lo studio della propagazione del moto ondoso da largo a riva attraverso il tracciamento dei raggi d'onda.
- Figura 6.2 Rappresentazione schematica di due raggi d'onda e delle grandezze geometriche che li caratterizzano.
- Figura 6.3 Dominio di calcolo e batimetria utilizzati per l'individuazione dei raggi d'onda e delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.4 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N – onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.5 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.6 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.7 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.8 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.9 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.10 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 90°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

- Figura 6.30 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.31 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.32 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.33 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 180°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.34 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 2 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.35 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 5 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.36 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 10 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.37 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 20 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.38 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 30 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.39 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 40 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.40 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 50 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.41 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 80 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.42 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 100 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 6.43 Individuazione dei raggi d'onda: direzione di provenienza 225°N - onda caratterizzata da tempo di ritorno di 120 anni (Coordinate nel sistema UTM-ED50).
- Figura 7.1 Schema di volume elementare di un profilo di spiaggia a cui si applica il bilancio di massa per determinare l'eventuale avanzamento o arretramento della linea di costa.
- Figura 7.2 Definizioni delle linee di costa e di frangimento all'interno del codice CERCPlan.
- Figura 7.3 Schema geometrico di risoluzione dell'angolo di attacco del moto ondoso al frangimento eseguito dal codice di calcolo CERCPlan.
- Figura 7.4 Individuazione dei raggi d'onda per il calcolo delle caratteristiche del moto ondoso al frangimento necessarie per lo studio delle tendenze evolutive del litorale: direzione di provenienza 128°N - onda caratterizzata da altezza $H = 2.08$ m e periodo $T = 5.23$ s (Coordinate nel sistema UTM-ED50).

Elenco delle Tavole

Tavola 1	Individuazione del paraggio e dell'unità fisiografica
Tavola 2	Configurazione attuale del Porto di Pozzallo
Tavola 3	Rilievo fotografico dell'unità fisiografica esaminata
Tavola 4	Individuazione del settore di traversia tramite modello di rifrazione inversa
Tavola 5	Individuazione della composizione granulometrica dei sedimenti della spiaggia emersa
Tavola 6	Individuazione dei principali bacini idrografici che alimentano l'unità fisiografica in esame
Tavola 7	Analisi diacronica: confronto 1977-1987
Tavola 8	Analisi diacronica: confronto 1987-1997
Tavola 9	Evoluzione della linea di spiaggia valutata mediante modello a una linea

Appendice A

Tabella A.I

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione 45°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	7.16	-1.276	1.968	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	6.32	-1.061	1.844	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	6.09	-0.910	1.807	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	5.93	-0.787	1.780	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.76	-0.680	1.750	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	5.65	-0.583	1.731	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	5.54	-0.493	1.712	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	5.46	-0.408	1.698	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	5.39	-0.327	1.685	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	5.34	-0.248	1.676	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	5.26	-0.170	1.660	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.93	-0.094	1.596	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.83	-0.018	1.575	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.73	0.057	1.554	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.72	0.133	1.553	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.71	0.210	1.550	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.71	0.287	1.549	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	4.67	0.367	1.540	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	4.64	0.448	1.534	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	4.59	0.531	1.523	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	4.55	0.618	1.516	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	4.52	0.708	1.509	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	4.52	0.803	1.508	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	4.51	0.903	1.506	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	4.47	1.009	1.497	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	4.39	1.123	1.479	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	4.34	1.246	1.467	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	4.33	1.381	1.465	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	4.12	1.531	1.416	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	4.10	1.702	1.411	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	4.08	1.900	1.407	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	4.05	2.139	1.400	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	4.04	2.442	1.397	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	4.01	2.862	1.389	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.97	3.569	1.380	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.869	0.540	1.572	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.751	1.145	0.146	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.709					
u			4.531					
A					0.575095	0.862442	1.23876	1.696505
B					4.243461	4.048947	3.767366	3.380732

Tabella A.II

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di direzione 45°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	7.34	-1.276	1.994	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	6.94	-1.061	1.938	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	6.76	-0.910	1.911	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	6.05	-0.787	1.800	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.98	-0.680	1.788	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	5.87	-0.583	1.769	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	5.75	-0.493	1.750	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	5.55	-0.408	1.713	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	5.28	-0.327	1.663	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	5.27	-0.248	1.662	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	5.09	-0.170	1.627	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.90	-0.094	1.589	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.86	-0.018	1.581	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.77	0.057	1.561	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.75	0.133	1.559	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.72	0.210	1.552	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.59	0.287	1.524	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	4.58	0.367	1.522	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	4.55	0.448	1.515	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	4.55	0.531	1.515	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	4.55	0.618	1.515	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	4.53	0.708	1.510	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	4.52	0.803	1.508	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	4.49	0.903	1.502	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	4.48	1.009	1.499	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	4.46	1.123	1.495	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	4.44	1.246	1.490	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	4.42	1.381	1.486	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	4.39	1.531	1.480	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	4.37	1.702	1.475	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	4.36	1.900	1.473	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	4.36	2.139	1.472	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	4.33	2.442	1.466	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	4.32	2.862	1.464	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	4.29	3.569	1.457	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.984	0.540	1.595	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.810	1.145	0.148	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.585					
u			4.620					
A					0.62806	0.92415	1.29842	1.74192
B					4.30083	4.10525	3.8293	3.45588

Tabella A.III

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di direzione 45°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	5.90	-1.276	1.775	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.34	-1.061	1.674	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	4.78	-0.910	1.565	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.54	-0.787	1.512	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	4.47	-0.680	1.498	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	4.29	-0.583	1.457	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	4.02	-0.493	1.391	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	3.99	-0.408	1.383	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	3.79	-0.327	1.333	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	3.76	-0.248	1.324	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	3.75	-0.170	1.323	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	3.62	-0.094	1.286	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	3.60	-0.018	1.280	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	3.54	0.057	1.263	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	3.53	0.133	1.261	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	3.50	0.210	1.253	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.46	0.287	1.242	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.44	0.367	1.236	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.43	0.448	1.233	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.43	0.531	1.232	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.43	0.618	1.232	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.41	0.708	1.227	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.36	0.803	1.213	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.27	0.903	1.186	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.23	1.009	1.172	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.20	1.123	1.163	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.18	1.246	1.156	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.18	1.381	1.156	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.17	1.531	1.155	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.16	1.702	1.150	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.15	1.900	1.149	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.14	2.139	1.146	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.12	2.442	1.137	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.10	2.862	1.130	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.09	3.569	1.127	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		3.667	0.540	1.286	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.655	1.145	0.159	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.958					
u			3.373					
A					0.5126	0.74916	1.04849	1.40475
B					3.1097	2.95493	2.73485	2.43495

Tabella A.IV

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di direzione 45°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	5.61	-1.276	1.725	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.57	-1.061	1.718	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	5.57	-0.910	1.717	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	5.48	-0.787	1.702	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.26	-0.680	1.661	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	5.18	-0.583	1.645	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	4.99	-0.493	1.607	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	4.56	-0.408	1.517	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	4.35	-0.327	1.471	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	4.34	-0.248	1.468	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	4.26	-0.170	1.450	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.24	-0.094	1.446	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.24	-0.018	1.445	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.21	0.057	1.438	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.09	0.133	1.408	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.06	0.210	1.401	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.01	0.287	1.390	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.95	0.367	1.374	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.90	0.448	1.362	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.86	0.531	1.351	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.84	0.618	1.345	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.75	0.708	1.322	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.74	0.803	1.320	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.73	0.903	1.317	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.73	1.009	1.317	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.73	1.123	1.317	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.66	1.246	1.298	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.66	1.381	1.298	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.64	1.531	1.291	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.58	1.702	1.276	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.57	1.900	1.273	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.56	2.139	1.270	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.56	2.442	1.269	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.53	2.862	1.260	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.50	3.569	1.254	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.187	0.540	1.421	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.669	1.145	0.150	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.917					
u			3.886					
A					0.49918	0.75274	1.0817	1.47733
B					3.64388	3.4711	3.22488	2.89084

Tabella A.V

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.14	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	4.40	5	3	0.8	
3	0.143	0.429	4.63	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	4.87	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	5.17	5	1	3.2	
6	0.143	0.857	5.63	5	5	0.0	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	6.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.VI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.12	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	4.44	5	3	0.8	
3	0.143	0.429	4.69	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.95	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	5.23	5	0	5	
6	0.143	0.857	5.63	5	5	0.0	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	8.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.VII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.29	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	4.38	5	2	1.8	
3	0.143	0.429	4.51	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	4.70	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	5.02	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	5.64	5	5	0.0	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	4.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.VIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.18	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	4.34	5	2	1.8	
3	0.143	0.429	4.53	5	5	0.0	
4	0.143	0.571	4.78	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	5.13	5	2	1.8	
6	0.143	0.857	5.73	5	6	0.2	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	6.4
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.IX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.09	5	5	0	
2	0.143	0.286	4.34	5	4	0.2	
3	0.143	0.429	4.59	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.87	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	5.22	5	1	3.2	
6	0.143	0.857	5.76	5	7	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	6.0
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.X

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.05	5	4	0.2	
2	0.143	0.286	4.36	5	5	0	
3	0.143	0.429	4.65	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.94	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	5.28	5	1	3.2	
6	0.143	0.857	5.75	5	5	0.0	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	6.0
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.20	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.48	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	4.72	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	4.99	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	5.31	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.80	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	18.40
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.21	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	4.53	5	14	16.2	
3	0.143	0.429	4.80	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	5.06	5	2	1.8	
5	0.143	0.714	5.36	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.77	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	27.60
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.35	5	3	0.8	
2	0.143	0.286	4.45	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	4.59	5	10	5.0	
4	0.143	0.571	4.80	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	5.15	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.83	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	8.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.25	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	4.42	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	4.62	5	11	7.2	
4	0.143	0.571	4.89	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	5.26	5	2	1.8	
6	0.143	0.857	5.90	5	5	0.0	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	16.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.17	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	4.43	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	4.69	5	11	7.2	
4	0.143	0.571	4.98	5	5	0.0	
5	0.143	0.714	5.35	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.92	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	15.60
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.14	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	4.47	5	10	5.0	
3	0.143	0.429	4.76	5	11	7.2	
4	0.143	0.571	5.06	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	5.41	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.89	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	19.60
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.03	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.26	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.46	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.67	5	5	0.0	
5	0.143	0.714	3.93	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.33	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	15.60
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XVIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.05	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.31	5	12	9.8	
3	0.143	0.429	3.52	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.72	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.96	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.29	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	18.40
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XIX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.15	5	5	0.0	
2	0.143	0.286	3.23	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	3.35	5	1	3.2	
4	0.143	0.571	3.52	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	3.80	5	7	0.8	
6	0.143	0.857	4.36	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	6.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.07	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.21	5	10	5.0	
3	0.143	0.429	3.37	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	3.59	5	9	3.2	
5	0.143	0.714	3.89	5	5	0.0	
6	0.143	0.857	4.41	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	14.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.01	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.22	5	10	5.0	
3	0.143	0.429	3.43	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	3.67	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	3.97	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.42	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	13.2
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.99	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.25	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.49	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.73	5	5	0.0	
5	0.143	0.714	4.01	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.39	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	5	0.0	
						χ^2	16.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.54	5	2	1.8	
2	0.143	0.286	3.77	5	12	9.8	
3	0.143	0.429	3.97	5	4	0.2	
4	0.143	0.571	4.19	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	4.45	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.86	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	16.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.53	5	2	1.8	
2	0.143	0.286	3.80	5	12	9.8	
3	0.143	0.429	4.03	5	5	0.0	
4	0.143	0.571	4.25	5	5	0.0	
5	0.143	0.714	4.51	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.86	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	16.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.69	5	9	3.2	
2	0.143	0.286	3.76	5	5	0.0	
3	0.143	0.429	3.87	5	2	1.8	
4	0.143	0.571	4.04	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	4.32	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.86	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	7.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.59	5	6	0.2	
2	0.143	0.286	3.72	5	3	0.8	
3	0.143	0.429	3.89	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.11	5	5	0.0	
5	0.143	0.714	4.41	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.94	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	6.0
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.51	5	1	3.2	
2	0.143	0.286	3.72	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	3.94	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.19	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	4.50	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.97	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	11.2
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXVIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 45°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.47	5	0	5.0	
2	0.143	0.286	3.75	5	14	16.2	
3	0.143	0.429	4.00	5	4	0.2	
4	0.143	0.571	4.25	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	4.54	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.95	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	26.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XXIX

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 90°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	7.16	-1.276	1.968	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	6.32	-1.061	1.844	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	6.09	-0.910	1.807	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	5.93	-0.787	1.780	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.76	-0.680	1.750	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	5.65	-0.583	1.731	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	5.39	-0.493	1.685	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	5.34	-0.408	1.676	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	5.26	-0.327	1.660	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	4.83	-0.248	1.575	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	4.72	-0.170	1.553	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.67	-0.094	1.540	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.59	-0.018	1.523	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.55	0.057	1.516	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.42	0.133	1.486	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.05	0.210	1.400	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.04	0.287	1.397	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	4.01	0.367	1.389	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.93	0.448	1.369	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.91	0.531	1.365	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.91	0.618	1.364	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.90	0.708	1.361	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.89	0.803	1.357	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.87	0.903	1.354	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.84	1.009	1.345	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.83	1.123	1.342	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.83	1.246	1.342	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.76	1.381	1.323	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.73	1.531	1.317	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.73	1.702	1.316	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.72	1.900	1.314	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.71	2.139	1.312	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.69	2.442	1.305	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.68	2.862	1.302	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.66	3.569	1.296	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.496	0.540	1.485	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.928	1.145	0.190	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.383					
u			4.079					
A					0.711	1.061	1.509	2.044
B					3.722	3.487	3.154	2.703

Tabella A.XXX

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 112.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	7.34	-1.276	1.994	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	6.94	-1.061	1.938	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	6.43	-0.910	1.860	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	6.05	-0.787	1.800	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.55	-0.680	1.713	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	5.54	-0.583	1.712	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	5.46	-0.493	1.698	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	5.15	-0.408	1.639	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	5.11	-0.327	1.631	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	5.09	-0.248	1.627	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	4.96	-0.170	1.602	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.93	-0.094	1.596	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.83	-0.018	1.576	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.77	0.057	1.561	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.75	0.133	1.559	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.73	0.210	1.554	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.71	0.287	1.550	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	4.71	0.367	1.549	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	4.64	0.448	1.534	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	4.62	0.531	1.531	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	4.52	0.618	1.509	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	4.52	0.708	1.508	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	4.52	0.803	1.508	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	4.51	0.903	1.506	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	4.47	1.009	1.497	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	4.46	1.123	1.495	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	4.44	1.246	1.490	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	4.39	1.381	1.480	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	4.39	1.531	1.479	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	4.36	1.702	1.473	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	4.34	1.900	1.467	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	4.33	2.139	1.466	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	4.33	2.442	1.465	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	4.31	2.862	1.462	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	4.26	3.569	1.448	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.927	0.540	1.585	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.749	1.145	0.137	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.713					
u			4.590					
A					0.585	0.854	1.193	1.596
B					4.291	4.115	3.866	3.527

Tabella A.XXXI

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 135°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	7.14	-1.276	1.966	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	6.76	-1.061	1.911	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	5.98	-0.910	1.788	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	5.28	-0.787	1.663	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	5.27	-0.680	1.662	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	4.90	-0.583	1.589	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	4.86	-0.493	1.581	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	4.75	-0.408	1.558	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	4.72	-0.327	1.551	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	4.59	-0.248	1.524	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	4.58	-0.170	1.522	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.55	-0.094	1.515	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.55	-0.018	1.515	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.55	0.057	1.515	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.53	0.133	1.510	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.49	0.210	1.502	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	4.48	0.287	1.499	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	4.42	0.367	1.486	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	4.37	0.448	1.475	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	4.36	0.531	1.472	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	4.32	0.618	1.464	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	4.29	0.708	1.457	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	4.29	0.803	1.456	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	4.25	0.903	1.447	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	4.22	1.009	1.439	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	4.18	1.123	1.430	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	4.12	1.246	1.416	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	4.10	1.381	1.411	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	4.00	1.531	1.387	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.96	1.702	1.377	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.96	1.900	1.377	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.95	2.139	1.374	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.95	2.442	1.373	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.94	2.862	1.370	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.91	3.569	1.363	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.587	0.540	1.513	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.736	1.145	0.142	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.743					
u			4.256					
A					0.567	0.823	1.148	1.536
B					3.971	3.805	3.567	3.240

Tabella A.XXXII

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 157.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	5.75	-1.276	1.750	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.27	-1.061	1.662	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	4.54	-0.910	1.512	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.29	-0.787	1.456	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	3.79	-0.680	1.333	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	3.65	-0.583	1.294	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	3.58	-0.493	1.276	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	3.53	-0.408	1.262	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	3.53	-0.327	1.260	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	3.39	-0.248	1.221	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	3.30	-0.170	1.195	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	3.29	-0.094	1.190	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	3.20	-0.018	1.163	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	3.18	0.057	1.158	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	3.14	0.133	1.146	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	3.12	0.210	1.137	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.11	0.287	1.136	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.10	0.367	1.133	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.09	0.448	1.129	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.09	0.531	1.127	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.08	0.618	1.124	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.02	0.708	1.105	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.02	0.803	1.105	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	2.94	0.903	1.077	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	2.92	1.009	1.071	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	2.85	1.123	1.048	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	2.85	1.246	1.048	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	2.85	1.381	1.048	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	2.84	1.531	1.045	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	2.84	1.702	1.044	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	2.84	1.900	1.043	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	2.80	2.139	1.029	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	2.80	2.442	1.029	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	2.80	2.862	1.028	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	2.79	3.569	1.024	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		3.319	0.540	1.183	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.684	1.145	0.176	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.875					
u			3.011					
A					0.531	0.767	1.062	1.411
B					2.742	2.590	2.375	2.082

Tabella A.XXXIII

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 180°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	Weibulll Y(k=0,75)	Weibulll Y(k=1,0)	Weibulll Y(k=1,4)	Weibulll Y(k=2,0)
1	0.972	5.90	-1.276	1.775	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.34	-1.061	1.674	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	4.78	-0.910	1.565	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.47	-0.787	1.498	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	4.02	-0.680	1.391	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	3.76	-0.583	1.324	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	3.76	-0.493	1.323	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	3.62	-0.408	1.286	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	3.60	-0.327	1.280	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	3.54	-0.248	1.263	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	3.50	-0.170	1.253	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	3.44	-0.094	1.236	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	3.43	-0.018	1.233	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	3.43	0.057	1.232	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	3.43	0.133	1.232	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	3.27	0.210	1.186	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.23	0.287	1.172	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.17	0.367	1.155	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.14	0.448	1.144	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.10	0.531	1.130	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.08	0.618	1.126	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.02	0.708	1.104	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.01	0.803	1.104	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.01	0.903	1.103	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.01	1.009	1.103	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	2.99	1.123	1.095	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	2.96	1.246	1.084	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	2.92	1.381	1.072	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	2.86	1.531	1.052	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	2.85	1.702	1.047	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	2.82	1.900	1.036	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	2.82	2.139	1.035	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	2.80	2.442	1.029	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	2.80	2.862	1.028	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	2.79	3.569	1.026	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		3.419	0.540	1.211	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.722	1.145	0.184	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.778					
u			3.094					
A					0.562	0.820	1.146	1.534
B					2.807	2.639	2.400	2.073

Tabella A.XXXIV

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 202.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	5.57	-1.276	1.718	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.48	-1.061	1.702	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	5.26	-0.910	1.661	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.60	-0.787	1.527	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	4.29	-0.680	1.457	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	4.01	-0.583	1.390	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	3.99	-0.493	1.384	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	3.99	-0.408	1.383	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	3.78	-0.327	1.330	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	3.75	-0.248	1.323	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	3.66	-0.170	1.298	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	3.57	-0.094	1.273	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	3.53	-0.018	1.261	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	3.46	0.057	1.242	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	3.45	0.133	1.238	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	3.41	0.210	1.227	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.40	0.287	1.225	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.39	0.367	1.220	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.36	0.448	1.213	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.36	0.531	1.211	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.27	0.618	1.184	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.27	0.708	1.184	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.20	0.803	1.163	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.20	0.903	1.162	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.18	1.009	1.156	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.16	1.123	1.150	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.15	1.246	1.149	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.15	1.381	1.148	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.12	1.531	1.137	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.09	1.702	1.129	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.09	1.900	1.129	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.08	2.139	1.124	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.06	2.442	1.119	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	2.97	2.862	1.087	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	2.96	3.569	1.084	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		3.608	0.540	1.268	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.685	1.145	0.169	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.873					
u			3.299					
A					0.530	0.777	1.090	1.463
B					3.031	2.869	2.638	2.324

Tabella A.XXXV

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 225°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	5.57	-1.276	1.717	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.18	-1.061	1.645	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	4.76	-0.910	1.561	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.73	-0.787	1.555	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	4.56	-0.680	1.517	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	4.24	-0.583	1.446	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	4.24	-0.493	1.445	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	4.21	-0.408	1.438	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	3.96	-0.327	1.375	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	3.73	-0.248	1.317	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	3.73	-0.170	1.317	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	3.73	-0.094	1.317	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	3.66	-0.018	1.298	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	3.64	0.057	1.291	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	3.58	0.133	1.276	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	3.56	0.210	1.269	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.51	0.287	1.256	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.50	0.367	1.254	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.41	0.448	1.226	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.40	0.531	1.223	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.38	0.618	1.219	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.38	0.708	1.218	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.31	0.803	1.198	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.31	0.903	1.196	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.30	1.009	1.195	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.26	1.123	1.181	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.24	1.246	1.176	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.23	1.381	1.174	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.23	1.531	1.172	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.22	1.702	1.171	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.19	1.900	1.161	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.17	2.139	1.154	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.15	2.442	1.149	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.13	2.862	1.142	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.13	3.569	1.141	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		3.702	0.540	1.297	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.619	1.145	0.153	1.274	0.863	0.600	0.432
α			2.071					
u			3.423					
A					0.482	0.712	1.006	1.356
B					3.178	3.025	2.807	2.512

Tabella A.XXXVI

Valutazione dei parametri delle distribuzioni di eventi estremi: direzione di provenienza 247.5°N – ampiezza classi di direzione 22.5°.

i	F	Hs [m]	Gumbel Y	Lognormale Log(H)	WeibullI Y(k=0,75)	WeibullII Y(k=1,0)	WeibullIII Y(k=1,4)	WeibullIV Y(k=2,0)
1	0.972	5.61	-1.276	1.725	5.484	3.584	2.488	1.893
2	0.944	5.55	-1.061	1.713	4.117	2.890	2.134	1.700
3	0.917	5.52	-0.910	1.709	3.366	2.485	1.916	1.576
4	0.889	4.99	-0.787	1.607	2.856	2.197	1.755	1.482
5	0.861	4.90	-0.680	1.588	2.476	1.974	1.625	1.405
6	0.833	4.87	-0.583	1.582	2.176	1.792	1.517	1.339
7	0.806	4.87	-0.493	1.582	1.930	1.638	1.422	1.280
8	0.778	4.80	-0.408	1.568	1.723	1.504	1.339	1.226
9	0.750	4.57	-0.327	1.519	1.546	1.386	1.263	1.177
10	0.722	4.55	-0.248	1.514	1.391	1.281	1.193	1.132
11	0.694	4.35	-0.170	1.471	1.255	1.186	1.129	1.089
12	0.667	4.34	-0.094	1.468	1.134	1.099	1.069	1.048
13	0.639	4.26	-0.018	1.450	1.025	1.019	1.013	1.009
14	0.611	4.09	0.057	1.408	0.927	0.944	0.960	0.972
15	0.583	4.09	0.133	1.408	0.838	0.875	0.909	0.936
16	0.556	4.06	0.210	1.401	0.756	0.811	0.861	0.901
17	0.528	3.98	0.287	1.381	0.682	0.750	0.814	0.866
18	0.500	3.90	0.367	1.362	0.613	0.693	0.770	0.833
19	0.472	3.86	0.448	1.351	0.550	0.639	0.726	0.799
20	0.444	3.84	0.531	1.345	0.492	0.588	0.684	0.767
21	0.417	3.75	0.618	1.322	0.439	0.539	0.643	0.734
22	0.389	3.74	0.708	1.320	0.389	0.492	0.603	0.702
23	0.361	3.67	0.803	1.299	0.343	0.448	0.564	0.669
24	0.333	3.62	0.903	1.285	0.300	0.405	0.525	0.637
25	0.306	3.58	1.009	1.276	0.261	0.365	0.486	0.604
26	0.278	3.53	1.123	1.260	0.224	0.325	0.448	0.570
27	0.250	3.46	1.246	1.242	0.190	0.288	0.411	0.536
28	0.222	3.44	1.381	1.234	0.159	0.251	0.373	0.501
29	0.194	3.42	1.531	1.229	0.130	0.216	0.335	0.465
30	0.167	3.40	1.702	1.225	0.103	0.182	0.297	0.427
31	0.139	3.38	1.900	1.217	0.079	0.150	0.257	0.387
32	0.111	3.37	2.139	1.215	0.058	0.118	0.217	0.343
33	0.083	3.36	2.442	1.211	0.039	0.087	0.175	0.295
34	0.056	3.36	2.862	1.211	0.022	0.057	0.129	0.239
35	0.028	3.34	3.569	1.207	0.009	0.028	0.078	0.168
μ		4.097	0.540	1.397	1.088	0.951	0.889	0.877
σ		0.686	1.145	0.161	1.274	0.863	0.600	0.432
α			1.869					
u			3.788					
A					0.511	0.778	1.131	1.559
B					3.541	3.356	3.091	2.729

Tabella A.XXXVII Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.60	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.92	5	16	24.2	
3	0.143	0.429	4.20	5	4	0.2	
4	0.143	0.571	4.50	5	1	3.2	
5	0.143	0.714	4.87	5	5	0	
6	0.143	0.857	5.43	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	33.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XXXVIII Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.60	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.96	5	17	28.8	
3	0.143	0.429	4.27	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	4.57	5	2	1.8	
5	0.143	0.714	4.91	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.41	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	37.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XXXVIII Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.78	5	8	1.8	
2	0.143	0.286	3.89	5	5	0	
3	0.143	0.429	4.05	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.29	5	0	5	
5	0.143	0.714	4.68	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.45	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	8
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XXXIX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.65	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.84	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	4.08	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	4.39	5	0	5	
5	0.143	0.714	4.82	5	5	0	
6	0.143	0.857	5.55	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	20.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XL

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 90°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.55	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.85	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	4.15	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	4.49	5	1	3.2	
5	0.143	0.714	4.93	5	5	0	
6	0.143	0.857	5.58	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	19.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XLI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.51	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.89	5	13	12.8	
3	0.143	0.429	4.23	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.58	5	2	1.8	
5	0.143	0.714	4.99	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.55	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	6	0.2	
						χ^2	21.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.XLII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.20	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.46	5	10	5	
3	0.143	0.429	4.69	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.93	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	5.23	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.68	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	12.8
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.22	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.52	5	15	20	
3	0.143	0.429	4.76	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	5.00	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	5.27	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.65	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	27.2
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.34	5	5	0	
2	0.143	0.286	4.43	5	3	0.8	
3	0.143	0.429	4.56	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.76	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	5.08	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.71	5	6	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	2.4
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.25	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.40	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	4.59	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	4.84	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	5.18	5	5	0	
6	0.143	0.857	5.78	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	10.4
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A. XLVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.18	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.41	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	4.65	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	4.93	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	5.27	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.79	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	12
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 125.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.15	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.45	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	4.72	5	10	5	
4	0.143	0.571	5.00	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	5.31	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.75	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	15.2
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLVIII Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.87	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.13	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	4.35	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	4.59	5	11	7.2	
5	0.143	0.714	4.88	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	5.33	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	18
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.XLIX Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.90	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.19	5	10	5	
3	0.143	0.429	4.42	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.66	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	4.92	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.28	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	16.4
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.L Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	4.02	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	4.10	5	1	3.2	
3	0.143	0.429	4.23	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	4.43	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	4.74	5	9	3.2	
6	0.143	0.857	5.35	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	9.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.93	5	1	3.2	
2	0.143	0.286	4.08	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	4.27	5	5	0	
4	0.143	0.571	4.50	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	4.84	5	8	1.8	
6	0.143	0.857	5.41	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.87	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.09	5	7	0.8	
3	0.143	0.429	4.32	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.59	5	11	7.2	
5	0.143	0.714	4.91	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.41	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	17.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 135°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.84	5	0	5	
2	0.143	0.286	4.13	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	4.39	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	4.65	5	9	3.2	
5	0.143	0.714	4.96	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	5.38	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	3	0.8	
						χ^2	16
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.66	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.89	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.10	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.32	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	3.59	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.01	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	14.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.70	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.95	5	12	9.8	
3	0.143	0.429	3.16	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	3.37	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.61	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	3.94	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	20.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.79	5	1	3.2	
2	0.143	0.286	2.87	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	2.99	5	2	1.8	
4	0.143	0.571	3.17	5	9	3.2	
5	0.143	0.714	3.46	5	5	0	
6	0.143	0.857	4.03	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	11.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.71	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.85	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.02	5	4	0.2	
4	0.143	0.571	3.24	5	9	3.2	
5	0.143	0.714	3.55	5	5	0	
6	0.143	0.857	4.08	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	14.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LVIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.65	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.86	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.08	5	5	0	
4	0.143	0.571	3.32	5	10	5	
5	0.143	0.714	3.62	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.08	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	17.2
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LIX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 157.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.64	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.90	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.14	5	11	7.2	
4	0.143	0.571	3.38	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.66	5	5	0	
6	0.143	0.857	4.05	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	20.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.72	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.97	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	3.19	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	3.42	5	2	1.8	
5	0.143	0.714	3.71	5	8	1.8	
6	0.143	0.857	4.15	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	16
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.76	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.03	5	14	16.2	
3	0.143	0.429	3.25	5	5	0	
4	0.143	0.571	3.47	5	5	0	
5	0.143	0.714	3.73	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.09	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	22.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.85	5	6	0.2	
2	0.143	0.286	2.94	5	2	1.8	
3	0.143	0.429	3.07	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	3.26	5	5	0	
5	0.143	0.714	3.57	5	7	0.8	
6	0.143	0.857	4.17	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	3.2
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.77	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.91	5	7	0.8	
3	0.143	0.429	3.10	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	3.33	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.67	5	8	1.8	
6	0.143	0.857	4.23	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	12
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.70	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.93	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	3.16	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	3.42	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	3.75	5	8	1.8	
6	0.143	0.857	4.24	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	13.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 180°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.68	5	0	5	
2	0.143	0.286	2.96	5	9	3.2	
3	0.143	0.429	3.22	5	9	3.2	
4	0.143	0.571	3.48	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	3.79	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.21	5	1	3.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	15.2
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.94	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.18	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.39	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	3.61	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	3.88	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.30	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	14.4
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.97	5	2	1.8	
2	0.143	0.286	3.23	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.45	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.66	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.91	5	2	1.8	
6	0.143	0.857	4.26	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	13.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXVIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.08	5	4	0.2	
2	0.143	0.286	3.16	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	3.28	5	5	0	
4	0.143	0.571	3.46	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	3.75	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.32	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	1.6
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXIX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.99	5	2	1.8	
2	0.143	0.286	3.13	5	5	0	
3	0.143	0.429	3.30	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.53	5	8	1.8	
5	0.143	0.714	3.84	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.38	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXX

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.92	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.14	5	7	0.8	
3	0.143	0.429	3.36	5	10	5	
4	0.143	0.571	3.61	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	3.92	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.39	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	12.8
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 202.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	2.90	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.17	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.42	5	10	5	
4	0.143	0.571	3.67	5	5	0	
5	0.143	0.714	3.96	5	2	1.8	
6	0.143	0.857	4.36	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	17.2
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.10	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.31	5	13	12.8	
3	0.143	0.429	3.50	5	5	0	
4	0.143	0.571	3.70	5	5	0	
5	0.143	0.714	3.95	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.33	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	18.8
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.11	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.35	5	13	12.8	
3	0.143	0.429	3.56	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	3.76	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	3.99	5	1	3.2	
6	0.143	0.857	4.31	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	22.8
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXIV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.22	5	6	0.2	
2	0.143	0.286	3.29	5	4	0.2	
3	0.143	0.429	3.40	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	3.56	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.83	5	6	0.2	
6	0.143	0.857	4.35	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	1.2
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXV

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.13	5	2	1.8	
2	0.143	0.286	3.26	5	8	1.8	
3	0.143	0.429	3.42	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	3.63	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	3.92	5	5	0	
6	0.143	0.857	4.41	5	4	0.2	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	4.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXXVI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.07	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.27	5	10	5	
3	0.143	0.429	3.47	5	7	0.8	
4	0.143	0.571	3.70	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	3.99	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.43	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	12
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXXVII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 225°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.04	5	0	5	
2	0.143	0.286	3.30	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.53	5	8	1.8	
4	0.143	0.571	3.76	5	7	0.8	
5	0.143	0.714	4.03	5	1	3.2	
6	0.143	0.857	4.40	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	18.8
						χ^2_{teorico}	9.49

Tabella A.LXXVIII Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione di Gumbel - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.43	5	7	0.8	
2	0.143	0.286	3.67	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	3.88	5	4	0.2	
4	0.143	0.571	4.10	5	5	0	
5	0.143	0.714	4.37	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.79	5	2	1.8	
7	0.143	1.000		5	8	1.8	
						χ^2	5.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXIX Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Lognormale - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.41	5	6	0.2	
2	0.143	0.286	3.69	5	7	0.8	
3	0.143	0.429	3.93	5	5	0	
4	0.143	0.571	4.16	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	4.43	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.80	5	3	0.8	
7	0.143	1.000		5	7	0.8	
						χ^2	3.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXX Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=0.75) - ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.58	5	11	7.2	
2	0.143	0.286	3.66	5	1	3.2	
3	0.143	0.429	3.78	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	3.95	5	3	0.8	
5	0.143	0.714	4.23	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.78	5	5	0	
7	0.143	1.000		5	8	1.8	
						χ^2	14
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXXI

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.48	5	9	3.2	
2	0.143	0.286	3.62	5	3	0.8	
3	0.143	0.429	3.79	5	3	0.8	
4	0.143	0.571	4.02	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	4.33	5	4	0.2	
6	0.143	0.857	4.87	5	7	0.8	
7	0.143	1.000		5	5	0	
						χ^2	6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A. LXXXII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=1.4) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.39	5	5	0	
2	0.143	0.286	3.61	5	6	0.2	
3	0.143	0.429	3.84	5	5	0	
4	0.143	0.571	4.10	5	6	0.2	
5	0.143	0.714	4.42	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.91	5	6	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	1.6
						$\chi^2_{teorico}$	9.49

Tabella A.LXXXIII

Applicazione del test di Pearson: direzione di provenienza 247.5°N - Distribuzione Weibull (k=2.0) – ampiezza classi di direzione 22.5°.

k	DP	P	X	Nt	Nc	(Nc-Nt) ² /Nt	
1	0.143	0.143	3.34	5	1	3.2	
2	0.143	0.286	3.63	5	11	7.2	
3	0.143	0.429	3.90	5	6	0.2	
4	0.143	0.571	4.16	5	4	0.2	
5	0.143	0.714	4.47	5	3	0.8	
6	0.143	0.857	4.90	5	6	0.2	
7	0.143	1.000		5	4	0.2	
						χ^2	12
						$\chi^2_{teorico}$	9.49