



REGIONE ABRUZZO PROVINCIA DI TERAMO



SALVAGUARDIA IDRAULICO - AMBIENTALE FIUME VOMANO

STUDI SPECIALISTICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI
SULLA LINEA DI COSTA E CONSIDERAZIONI SUL DEFLUSSO
IDRAULICO ALLO SBOCCO A MARE

STUDIO METEO - MARINO

AGGIORNAMENTI

N°	DESCRIZIONE	DATA	Compilato	Rivisto	Approvato
0	EMISSIONE - 1° RAPPORTO	12/02/2007	A. Monaco	G. M. Beltrami	A. Di Eugenio
1	EDITING FINALE	28/06/2007	A. Monaco	G. M. Beltrami	A. Di Eugenio

REDAZIONE

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I.: **D'APPOLONIA S.p.A. (Capogruppo Mandataria)**
STADE S.r.l.

Sede operativa: Via Dei Ramni, 7 - 00185, ROMA
Tel. 06/4461004 - 4450603, E-mail: stade@micanet.it



DIRETTORE LAVORI

Ing. Antonio DI EUGENIO



UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

INDICE

1	PREMESSE	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO	7
3	CORRENTI	9
4	VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO	10
4.1	<i>ANALISI DELLE OSCILLAZIONI DI MAREA ASTRONOMICA</i>	12
4.2	<i>ANALISI DEGLI ESTREMI DI LIVELLO DI MAREA ASTRONOMICA E METEOROLOGICA</i>	13
4.3	<i>SOVRALZO D'ONDA</i>	14
4.4	<i>SOVRALZO COMPLESSIVO A RIVA</i>	14
5	VENTI	15
6	MOTO ONDOSO	16
5.1	<i>TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA DELLA SERIE DI MISURE ONDAMETRICHE DI ORTONA. CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO AL LARGO</i>	16
5.2	<i>ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO</i>	17
7	CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA	20
7.1	<i>ANALISI DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA</i>	21
8	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	24
9	APPENDICE: ANALISI ESTREMALE	26
	<u>TABELLE</u>	28
	<u>FIGURE</u>	37

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.r.l.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

1 PREMESSE

Con Determinazione Dirigenziale n° 54 del II Settore della Provincia di Teramo, del giorno 16/02/06, l'Amministrazione Provinciale affidava all'ATI costituita dalle Società D'APPOLONIA S.p.a. (Capogruppo Mandataria) e STADE S.r.l. (Mandante) il Servizio di Direzione Lavori e Coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione di cui al D.Lgs 494/96, per la realizzazione degli interventi di "Salvaguardia idraulico-ambientale del Fiume Vomano", il cui relativo contratto è stato repertoriato al n° 25769 in data 29/03/06.

Tale detto servizio, per la conduzione degli interventi previsti nel progetto esecutivo d'appalto – concorso affidati, originariamente per un importo contrattuale di €. 5.760.000,00¹, alla costituita ATI con capogruppo "SAVINI COSTRUZIONI S.r.l." (giusto atto notarile Repertorio n° 26521 - Raccolta n° 7292 del 22/04/05) e regolati da contratto repertoriato al n° 25579 del 18/08/05.

Le aree su cui intervenire sono risultate essere tre, in particolare:

1. in corrispondenza della foce. A monte e a valle (sino allo sbocco a mare) dei ponti su S.S. n° 16 e linea ferroviaria, nei territori comunali di Roseto degli Abruzzi e Pineto;
2. nel tratto di asta fluviale compreso tra il ponte su S.P. 553 – Fontanelle di Atri (incluso) e su S.P. 23 – Castelnuovo (escluso), nei territori comunali di Morro d'Oro, Notaresco ed Atri;
3. in corrispondenza del ponte su S.P. 23. A monte e a valle dello stesso ponte, nei territori comunali di Castellalto e Cellino Attanasio.

L'insieme dei detti interventi è stato finanziato² per un importo complessivo di €. 7.746.853,49³, con fondi a valere sulla Legge n° 183 del 18/05/1989 – DPR 09/10/1997 ed è stato affidato in concessione⁴ alla Amministrazione Provinciale di Teramo dalla Regione Abruzzo, attraverso Ordinanza Dirigenziale del Servizio Difesa e Tutela del Suolo n° DN/05/14 del 31/05/2002.

Successivamente, l'Amministrazione Provinciale, con Determina Dirigenziale VI Settore n° 420 del 28/04/05, ha approvato l'asestamento del quadro economico generale del progetto d'appalto, rientrando nella discrezionalità della stazione Appaltante ai sensi del D.P.R. 554/99, con un importo complessivo dei lavori di €. 5.560.000,00 comprensivo di €. 160.000,00 per

¹ Comprensivo di €. 160.000,00 per oneri sicurezza non soggetto a ribasso.

² Con D.P.R. n° 331 del 09/05/01, che ha ripartito i fondi finalizzati al finanziamento di interventi in materia di difesa del suolo per il quadriennio 1998 – 2001, di cui al D.P.R. 27/07/99.

³ €. 3.615.198,26 per l'esercizio 2001 e €. 4.131.655,23 per quello 2002.

⁴ Come richiesto dell'Amministrazione Provinciale di Teramo con atto n° 100 del 28/02/02.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.r.l.**

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

oneri per la sicurezza e di €. 2.186.853,49 per somme a disposizione, resosi necessario per il finanziamento della perizia di Somma Urgenza come da Verbale del R.U.P. del 19/04/05.

Il costituito Ufficio Direzione Lavori, ATI D'APPOLONIA S.p.a. (Capogruppo Mandataria) e STADE S.r.l. (Mandante), giusto atto notarile Repertorio n° 41554 - Raccolta n° 837 Serie 2 del 16/03/06, con propria nota n° UCL06051/DT del 22/05/06, in riscontro a quella della Provincia di Teramo n° 85025 del 03/05/06, ha indicato la composizione dello stesso ufficio Direzione Lavori con i relativi nominativi, competenze e mansioni dei soggetti che avrebbero dovuto svolgere i servizi oggetto dell'incarico, come detto regolamentati da contratto Rep. 25769 del 29/03/06, individuando nella persona dell'ing. Antonio Di Eugenio la figura del Direttore Lavori e Coordinatore per la Sicurezza in corso di esecuzione e l'unica persona cui la Provincia di Teramo poteva far riferimento per ogni qualsivoglia comunicazione di natura tecnica amministrativa, nonché unico titolato a rappresentare, nei confronti della stessa Provincia di Teramo, l'Ufficio della Direzione Lavori come costituito.

A seguito delle prime risultanze evidenziate nelle riunioni finalizzate all'approvazione degli interventi previsti in progetto d'appalto, conseguenti all'indizione della Conferenza dei Servizi da parte della Provincia di Teramo, la stessa Amministrazione Provinciale, con nota n° 24550 del 12/12/06, a firma del RUP, ha richiesto all'ufficio Direzioni Lavori di valutare la possibilità di ottenere benefici sull'asta del fiume Vomano armando la foce con un'opera a mare fino al congiungimento con la barriera esistente, senza superare l'attuale allineamento dei frangenti, anche in considerazione degli ipotizzabili interventi di manutenzione circa la rimozione di solidi depositati, stimando contestualmente gli effetti che si ripercuotono sul paraggio costiero, con particolare riferimento ad eventuali processi erosivi.

Al fine di valutare ciò, l'Ufficio Direzioni Lavori, con propria nota n° UCL06124/DT del 29/12/06, proponeva alla Provincia di Teramo di eseguire studi specialistici degli effetti dell'eventuale intervento sui fenomeni evolutivi della fascia litoranea. Nella stessa nota veniva infatti sottolineato come un tale intervento potesse portare effetti di sicuro beneficio nei riguardi dei tempi di riformazione della barra longitudinale alla costa di materiale solido e quindi nella manutenzione della foce stessa, pur non contrastando gli effetti nei confronti dell'insabbiamento della bocca porto, ma contestualmente potesse indurre problemi di stabilità della linea di costa a valle (litorale Sud).

La proposta prevedeva le seguenti fasi di studio:

1. *Studio meteo – marino;*
2. *Studio morfologico;*
3. *Studio morfodinamico.*

che nello specifico venivano articolate come sinteticamente sotto esposto.

1. Studio meteo – marino

L'analisi delle forzanti meteo-marine comprende le seguenti attività:

- Definizione dell'esposizione geografica del paraggio (fetch geografici ed efficaci);
- Analisi delle variazioni del livello marino (marce, sovralti);
- Raccolta e analisi dei dati di moto ondoso al largo registrati alla boa ondometrica di Ortona facente parte della Rete Ondometrica Nazionale (RON) gestita da APAT;
- Definizione del moto ondoso in costa nell'area di interesse del litorale in esame (applicazione di idonea modellistica numerica per la propagazione degli stati di mare dal largo in costa);
- Definizione della risultante del flusso di energia associato al moto ondoso e calcolo delle "onde di modellazione".

Dello studio si provvede a redigere una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi) inerente i punti di indagine sopra elencati.

2. Studio morfologico

L'analisi delle tendenze evolutive del litorale, ovvero della risposta del litorale alle forzanti meteo-marine ed alle "interferenze antropiche", si articolerà come segue:

- Analisi dell'evoluzione storica del litorale per il tramite dello studio diacronico delle linee di riva;
- Verifica, su base morfologica, delle condizioni di esposizione al moto ondoso e delle caratteristiche di modellazione ad esso riconducibili ipotizzate nell'ambito dello studio meteo-marino.

Lo studio comprenderà anche una prima valutazione della tendenza evolutiva in presenza di armatura della foce fluviale, effettuata mediante l'applicazione di un modello di tipo empirico.

L'attività di studio comprenderà inoltre la caratterizzazione dei sedimenti lungo la fascia costiera di interesse.

Per tale caratterizzazione si farà riferimento principalmente ai dati esistenti reperibili in bibliografia, eventualmente integrati con una campagna di indagine specifica e localizzata, eseguita in concomitanza dello studio meteo – marino, tesa ad acquisire campioni di sedimenti prelevati nell'ambito dei sopralluoghi su cui condurre delle analisi granulometriche (valutabili in numero di 4), che potrà comunque essere condotta anche durante la successiva fase 3 relativa allo studio morfodinamico.

Dello studio verrà redatta una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi) inerente i punti di indagine sopra elencati.

3. Studio morfodinamico

Ad ulteriore verifica e studio dell'approccio di tipo empirico, che potrebbe dimostrarsi non esaustivo, verranno eseguiti studi morfodinamici mediante l'applicazione di un modello numerico di dinamica costiera del tipo a una linea (GENESIS al.). Nello specifico caso lo studio si articolerà come segue:

- Calibrazione e taratura del modello GENESIS sulla base delle condizioni di esposizione al moto ondoso (*Studio meteo-marino*) e delle linee di riva storiche e dell'analisi diacronica delle stesse (*Studio morfologico*);
- Previsione dell'evoluzione futura della linea di riva mediante l'applicazione del modello calibrato al punto precedente per i seguenti scenari:
 - a. assenza dell'intervento;
 - b. intervento di armatura della sponda settentrionale del fiume Vomano.
 - Applicazione del modello per lo studio di scenari di minimizzazione degli eventuali impatti sulla dinamica costiera riconducibili all'intervento di armatura.

I risultati dei punti di indagine sopra elencati verranno illustrati in una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi).

Con nota Prot. n° 12015 del 12/01/07 a firma del RUP, la Provincia di Teramo accettava le condizioni tecnico, temporali ed economiche proposte dall'Ufficio Direzione Lavori e pertanto si è provveduto a redigere la relazione di prima fase riguardante lo Studio Meteo-marino, completo delle analisi e modellazioni numeriche specialistiche dell'idraulica marittima finalizzate ai successivi studi di morfologia e morfodinamica costiera.

In particolare, come meglio descritto nel seguito della presente relazione⁵, che costituisce l'editing finale dello Studio Meteo – Marino, sono state condotte le seguenti attività:

- inquadramento geografico del paraggio;
- determinazione del regime anemologico;

⁵ Il 1° rapporto dello Studio Meteo – Marino, emesso in data 12/02/2007, è stato trasmesso alla Provincia di Teramo con n° prot. UCL07015/DT del 21/02/07.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.r.l.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

- individuazione dei fetch geografici ed efficaci e dei settori di traversia;
- reperimento ed analisi dei dati di moto ondoso disponibili;
- definizione del clima ondometrico al largo;
- analisi statistica degli eventi ondosi estremi al largo;
- propagazione del moto ondoso sotto costa;
- determinazione del flusso di energia associato al moto ondoso;
- analisi della frequenza di frangimento del moto ondoso;
- analisi della profondità di chiusura della zona di surf;
- analisi delle variazioni del livello medio marino.

Lo studio è stato realizzato dalla STADE S.r.l. ed i lavori sono stati pianificati e coordinati dall'Ing. Gian Mario Beltrami⁶, sotto la supervisione dell'Ing. Antonio Di Eugenio, Direttore Tecnico della stessa STADE Srl., nonché, come già precedentemente accennato, Direttore Lavori e Coordinatore per la Sicurezza in corso di esecuzione dei lavori in appalto.

⁶ Ricercatore di Costruzioni Idrauliche, Marittime e Idrologia presso l'Università degli Studi di L'Aquila, ove lavora presso il Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima afferente al Dipartimento di Ingegneria delle Strutture delle Acque e del Terreno.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO

Il litorale in esame, posto nella zona centrale del litorale adriatico della penisola italiana, si estende per circa 24 km dalla foce del Tordino (confine con il comune di Giulianova) a nord-ovest, alla foce del Piomba a sud-est (confine con il comune di Montesilvano) interessando i litorali dei Comuni di Roseto degli Abruzzi, Pineto e Silvi. In particolare, il litorale di interesse è quello che, estendendosi a sud del Vomano, viene a interessare il comune di Pineto.

Ponendosi 20 km al largo della foce del Vomano, su fondali di circa -80 m s.l.m., la traversia geografica (7) principale del sito costiero in esame è delimitata (Fig. 1.1) a nord-est dal promontorio del Conero (circa 330°N) e a sud-est dalla penisola del Gargano (circa 110°N). All'interno di questo settore si traggono le coste del golfo di Venezia e della penisola istriana a nord (ad una distanza di circa 350 km) le coste e le isole della Dalmazia a est-nord-est (ad una distanza media di circa 170 km) le coste montenegrine e macedoni a est-sud-est (ad una distanza massima di circa 410 km) zona di provenienza delle perturbazioni da tramontana e grecale).

Tenendo conto delle perturbazioni meteorologiche che possono interessare l'area centrale del mare Adriatico si osserva che il sito in esame è potenzialmente esposto agli eventi da tramontana e grecale provenienti dall'alto adriatico e dagli eventi da scirocco provenienti dal basso adriatico questi ultimi associati il più delle volte a marcati fenomeni di sovrizzo per il perdurare dei venti da sud e sud-est e concomitanti condizioni di alta marea astronomica.

Per una caratterizzazione della traversia, più propriamente mirata alla valutazione delle condizioni di possibile esposizione agli stati di mare con la quantificazione degli eventi di moto ondoso, è ormai prassi consolidata fare riferimento, in luogo dei settori di traversia geografica, al cosiddetto fetch efficace (porzione di mare che costituisce, sotto l'azione diretta dei venti, l'area di generazione delle onde e che quindi partecipa "efficacemente" alla formazione dell'evento di moto ondoso). Detta "area di generazione" delle onde non può essere semplicemente assimilata alla distanza sopravvento della costa più vicina (fetch geografico). Infatti, già nel 1954 Saville ha messo in evidenza l'importanza, soprattutto per coste irregolari, della dimensione trasversale dell'area di generazione delle onde. Si è così introdotto il concetto di "fetch efficace", che è stato poi perfezionato sulla base delle conclusioni di campagne sperimentali (JONSWAP ed altre effettuate sui grandi laghi Nord Americani).

⁷ Con il termine "traversia" si indica la direzione del vento predominante per un sito costiero; nel campo dell'ingegneria marittima si è soliti considerare come traversia geografica la porzione di "mare aperto" cui risulta esposto il sito di interesse.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

Nel contempo si è soliti definire la legge di “deviazione direzionale” tra la direzione media del vento e la direzione del moto ondoso generato da questo.

I calcoli condotti mostrano che (Figg. 1.2, 1.3 e Tab. 1.1) l'area di generazione del moto ondoso che può interessare il litorale in esame ha un andamento abbastanza regolare e presenta un'estensione massima di circa 187 km secondo le direzioni 80 e 90 °N (levante).

3 CORRENTI

L'analisi d'insieme (fig. 2.1 estratta da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR) mostra che, al largo della costa meridionale abruzzese, i flussi delle correnti di gradiente (o di densità) sono condizionati dal fenomeno di riflusso della circolazione d'insieme antioraria del Mar Adriatico e pertanto sono diretti da Nord verso Sud. In generale nell'Adriatico centrale la velocità media delle correnti in superficie è piuttosto modesta, circa 5 cm/s, con punte massime comunque inferiori a 50 cm/s.

La conformazione batigrafica del sito in esame, associata alla limitata escursione dei livelli di marea astronomica, lascia prevedere valori trascurabili delle possibili correnti di marea. In definitiva il regime delle correnti di gradiente in esame ha effetti irrilevanti sulla dinamica dei sedimenti costieri per il paraggio costiero.

Questa è dominata invece dalle correnti indotte dall'azione del moto ondoso frangente.

In prossimità dei manufatti costieri (pennelli trasversali barriere distaccate emergenti e sommerse) - in particolare presenti lungo tutto il litorale in esame - l'azione dei frangenti più intensi può innescare correnti trasversali responsabili dei fenomeni di trasporto dei sedimenti verso il largo a discapito del bilancio solido d'insieme.

4 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

Le variazioni del livello medio marino (onde di lungo periodo) possono essere classificate in: a) variazioni periodiche a carattere deterministico; b) variazioni transitorie; c) variazioni pluridecennali-secolari.

Le variazioni periodiche a carattere deterministico sono prevalentemente dovute alla propagazione delle onde di marea astronomica. Mentre, come noto, la modulazione nel tempo, ovvero il periodo di tali onde, dipende dal ciclo astronomico forzante e risulta variabile tra le poche ore e l'anno (con una variabilità massima pari a 18 anni e 8 mesi, corrispondente alla nutazione, ovvero all'oscillazione dell'asse terrestre attorno alla sua inclinazione media), la modulazione in ampiezza, essendo influenzata dalla batimetria e dalla latitudine, risulta estremamente variabile da punto a punto della terra.

Le principali variazioni transitorie (stocastiche) possono indicarsi in:

- maree meteorologiche (sovralzo barico, di tempesta e modi propri gravitazionali - ovvero risonanza - a scala di bacino). Tali variazioni, a carattere stocastico in quanto essenzialmente dovute ai fenomeni atmosferici (vento e variazioni nei campi di pressione), dipendono dalla conformazione delle coste del bacino e dalla sua batimetria locale, dall'estensione della piattaforma continentale, nonché dalla distribuzione delle masse all'interno della crosta terrestre. I periodi caratteristici sono dell'ordine delle ore/giorni;
- onde lunghe generate dall'interazione non lineare tra le onde corte generate dal vento ('infragravity waves', dette anche: 'bound' and 'free long waves', 'surf beat', 'edge waves'). Presentano periodi nell'ordine delle decine/centinaia di secondi e risultano influenzate dalla batimetria locale. Oltre a essere le principali responsabili dei fenomeni di risonanza portuale, tali onde influenzano la circolazione costiera nell'area frangenti, ovvero il trasporto solido costiero (ad esempio, la formazione di correnti di 'rip');
- le variazioni pluridecennali-secolari sono il risultato del movimento reciproco tra la crosta terrestre e il livello dei mari, il primo dovuto a fenomeni di epirogenesi⁸, ovvero a movimenti prevalentemente verticali della crosta terrestre dovuti a cause interne, e il secondo alla variazione del rapporto tra la quantità d'acqua presente sulla terra allo stato liquido e allo stato solido (ghiaccio). Quando tra i due movimenti reciproci prevale l'abbassamento della crosta terrestre si parla di aumento di livello del mare dovuto a subsidenza. Quando prevalgono fenomeni positivi di aumento del livello del mare con crosta terrestre ferma, si parla di eustatismo. In realtà i due movimenti di cui si è accennato sono sempre connessi e si presentano contemporaneamente. Ad esempio, lo scioglimento dei ghiacciai provoca variazioni spaziali della distribuzione della massa

⁸ Dal greco *ηπειρος-γενεσις* = genesi delle terre emerse.

solida della crosta terrestre e aumento della massa liquida con conseguenti variazioni delle condizioni di 'galleggiamento' della crosta terrestre. Tali variazioni possono localmente dar luogo sia a un arretramento della linea di riva, sia a un suo avanzamento. Questi movimenti sono difficilissimi da misurare. Sicuramente si può affermare che siamo da circa 18.000 anni in una fase di eustatismo in quanto in questo periodo di tempo ha prevalso l'innalzamento del livello medio marino (circa 100 m in 18.000 anni). In Italia negli ultimi 2000 anni si è verificato mediamente un innalzamento di circa 2,0 m. E' accertato che fenomeni di subsidenza sono indotti da attività antropiche quali l'emungimento delle falde acquifere. Per quanto riguarda l'Abruzzo, allo stato, non si hanno informazioni di un aumento del livello del mare riconducibili a fenomeni di subsidenza.

Alle variazioni sopra indicate se ne aggiunge, nella zona più prossima alla riva, una ulteriore, ovvero la variazione associata alla propagazione e frangimento delle onde di vento, o di breve periodo. Lungo la fascia litoranea confinata tra la linea dei frangenti e la linea di riva, a causa della compensazione del gradiente della spinta totale del moto ondoso originato dalla dissipazione di energia associata ai fenomeni di 'shoaling' e frangimento delle onde di vento, si registra infatti un abbassamento del livello marino (wave set-down) nella zona di frangimento e un successivo innalzamento verso riva (wave set-up).

Da un punto di vista delle applicazioni, la conoscenza delle variazioni del livello del mare risulta essenziale in tutte le applicazioni dell'ingegneria portuale e costiera. L'innalzamento o l'abbassamento del livello del mare, infatti, implica tra l'altro l'esposizione delle coste a onde di gravità di altezza maggiore o minore, dipendendo il frangimento - ovvero la dissipazione della maggior parte della loro energia - dal tirante idrico⁹. Ad esempio, nell'ambito delle applicazioni di ingegneria portuale le variazioni di livello influenzano:

- ✓ il dimensionamento delle opere esterne portuali, e in particolare la definizione delle quote di coronamento delle stesse, ovvero di uno dei parametri che influenzano la loro tracimazione;
- ✓ la definizione delle quote delle banchine;
- ✓ la definizione delle quote di impalcato dei pontili.

Nell'ambito dell'ingegneria costiera invece la loro conoscenza risulta determinante per:

- ✓ la definizione della linea di riva;
- ✓ il dimensionamento di opere di difesa costiera.

⁹ Un innalzamento di livello comporta allo stesso tempo un aumento del carico idraulico sulle strutture e un aumento della erodibilità delle spiagge. Per quanto riguarda questo secondo aspetto, si pensi che un innalzamento del livello di 20 cm su una spiaggia con pendenza 1/100 implica una sommersione di 20 metri di spiaggia.

4.1 ANALISI DELLE OSCILLAZIONI DI MAREA ASTRONOMICA

Lo studio delle variazioni di livello deterministico-stocastiche legate al propagarsi delle onde di marea astronomica e meteorologica è stata condotta analizzando le misure mareografiche disponibili. In Abruzzo, tali misure vengono principalmente realizzate in costa dalla Stazione di Ortona, facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN) e dalla stazione di Pescara gestita dalla Protezione Civile Regionale¹⁰. Data la limitata estensione della costa abruzzese, in particolar modo se riferita alla propagazione delle onde lunghe di marea astronomica e meteorologica, e data la sostanziale centralità della posizione del mareografo di Ortona rispetto allo suo sviluppo, è possibile assumere la contemporaneità della variazione dei livelli lungo tutto lo sviluppo della costa¹¹. Ai fini del presente studio si è quindi preferito fare riferimento alle sole misure realizzate dal tale mareografo, più semplice reperibili e aggiornabili. In particolare, la serie storica analizzata si estende dall'agosto 1986 a tutto il 2006. Il rendimento medio della stazione, pari a circa il 30% negli anni tra il 1986 e il 1996 (dovuto alla totale mancanza di dati per gli anni 89-91 e 92-94), è andato decisamente migliorando a partire dal 1997, raggiungendo tra il 1999 e 2006 il 98%.

La semplice analisi dei livelli medi mensili (Fig. 3.1) mostra come, nell'ambito di un anno, possano presentarsi variazioni di livello medio nell'ordine di 30 cm. Si evidenzia come tali variazioni, nel caso di spiagge a pendenza media costante pari a 1/100, corrispondano a sommersioni/emersioni di una fascia di 30 m di larghezza.

Allo scopo di studiare le variazioni periodiche a carattere deterministico, la serie storica registrata è stata demodulata, secondo l'analisi armonica (Godin, 1972), nelle frequenze note del potenziale di marea (Doodson, 1921; Cartwright and Tayler, 1971) in modo da determinare, mediante la tecnica ai minimi quadrati (Foremann, 1977), le loro costituenti. L'onda di marea astronomica ricostruita si presenta (vedi ad esempio fig. 3.2 e tab. 3.1), in analogia con tutte le altre località del Mare Adriatico, del tipo misto a dominante semidiurna (marea di tipo sinodico-declinazionale), ovvero presenta due alte e due basse maree al giorno di ampiezza diversa. Le escursioni sono contraddistinte da una periodicità bisettimanale distinta nelle fasi di sizigie (luna piena e nuova) e di quadratura. Nei periodi sizigiali si verificano i massimi dislivelli positivi e negativi che raggiungono valori di circa ± 0.20 m rispetto al livello medio marino (massimo dislivello assoluto pari a circa 0,40 m). Nelle fasi di quadratura l'escursione è al massimo limitata a ± 0.15 m s.l.m. In base all'ipotesi - comunemente accettata (Franco et al., 1982) - di comportamento lineare del bacino Adriatico, la serie residuale, derivata dalla semplice sottrazione del mareogramma ricostruito da quello osservato, può essere considerata rappresentativa dell'onda di marea meteorologica, ovvero di una delle principali cause di variazione transitoria (stocastica).

¹⁰ Misure mareografiche sono anche realizzate *al largo* dalle quattro stazioni collocate sulle piattaforme 'off-shore' di Eni divisione AGIP. Le serie storiche disponibili sono tuttavia allo stato relative ai soli anni 1996-2000.

¹¹ La congruenza e quasi contemporaneità delle misure è stata analizzata e messa in evidenza da Beltrami (2003) e ripresa da AA.VV.(2006).

4.2 ANALISI DEGLI ESTREMI DI LIVELLO DI MAREA ASTRONOMICA E METEOROLOGICA

Per realizzare l'analisi degli estremi di livello dovuti a marea astronomica e meteorologica è possibile fare ricorso ad un *approccio di tipo diretto* (Bortot e Tawn, 1997, Hawkes et al, 2002), ovvero a una modellazione statistica estrema¹² della serie storica originaria, composta dalla sovrapposizione della sua componente deterministica costituita dalla marea astronomica e della sua componente stocastica costituita dalla marea meteorologica.

Nell'ipotesi di stazionarietà dell'intera serie storica misurata, ovvero di stazionarietà stagionale¹³, se l'omogeneità del campione può essere assunta analizzando la serie completa, ovvero le serie storiche stagionali separatamente, la sua indipendenza, data l'esiguità dell'estensione della serie originale, prevede usualmente l'applicazione del metodo delle eccedenze, ovvero l'individuazione di una opportuna soglia (*threshold*), la definizione di gruppi di dati sopra di essa associabili a eventi indipendenti (*clusters*) e la individuazione del massimo di ciascun gruppo (*peak over threshold*). In particolare, è possibile procedere nel seguente modo:

- nell'ipotesi di stazionarietà dell'intera serie storica misurata, ovvero di stazionarietà stagionale, l'omogeneità del campione viene assunta ipotizzando l'omogeneità della serie storica completa, depurata della media, ovvero considerando quattro serie storiche, ciascuna riferibile a una stagione dell'anno;
- per le serie storiche depurate della media così ottenute, si può scegliere una prima soglia pari a 0.0 m sul l.m.m., definendo - mediante procedura di de-raggruppamento (*declustering*) - i *clusters* rappresentativi di eventi indipendenti nell'ipotesi che tra un evento indipendente e l'altro esista una persistenza sotto la soglia pari a circa 12 ore, ovvero ipotizzando un intervallo tra eventi indipendenti pari all'intervallo che separa i due massimi di una marea astronomica a carattere semidiurno (Hawkes e al, 2002);
- utilizzando i campioni dei massimi dei *clusters* così ottenuti si traccia il grafico di vita residua del valore atteso degli eccessi (*mean residual life plot*), individuando su di esso la soglia oltre la quale tale valore atteso varia linearmente al variare della soglia stessa (Coles, 2000). Il campione viene quindi definito considerando i soli valori sopra la seconda soglia determinata¹⁴.

Sulla base del campione così ottenuto, utilizzando il metodo della massima verosimiglianza (*maximum likelihood*), si inferisce la distribuzione scelta (distribuzione generalizzata di Pareto), verificando la validità del modello attraverso grafici diagnostici (*diagnostic plots*) quali il confronto tra le probabilità del modello e le frequenze empiriche

¹² Vedi appendice.

¹³ Nel caso che la serie storica misurata mostri una ciclicità annuale è possibile ipotizzare che le variabili della serie pur risultando mutuamente dipendenti, abbiano proprietà stocastiche stagionalmente omogenee.

¹⁴ Si osserva che - allo scopo di verificare la validità della scelta della soglia - è possibile verificare la costanza dei parametri della distribuzione scelta per l'inferenza all'aumentare della soglia stessa (Coles, 2000).

(*probability plot*) tra i quantili della distribuzione considerata e empirici (*quantile plot*), nonché verificando l'andamento delle funzioni distribuzione di probabilità (*return level plot*) e densità di probabilità (*density plot*).

Nelle figure 3.3 e 3.4 e nella tabella 3.2 sono presentati i risultati dell'adattamento della distribuzione generalizzata di Pareto al campione derivato dalla serie storica dei livelli misurati al mareografo di Ortona nell'ipotesi di applicazione del metodo diretto. In particolare, nella figura 3.3 sx è possibile osservare la variazione del valore atteso degli eccessi sopra soglia al variare della soglia stessa. L'andamento prossimo al lineare assunto dal valore atteso degli eccessi per valori della soglia $u \geq 30.0$ cm indica come il fissare la soglia a 30.0 cm possa ritenersi una scelta adeguata. La costanza dei parametri di forma e di scala nell'intervallo di soglie 30.0-40.0 cm appare inoltre confermare tale scelta (Fig. 3.3 dx). Nella tabella 3.1 sono indicati i parametri di forma e di scala derivanti dall'adattamento, comprensivi del loro errore standard e dei loro limiti di confidenza. Nella stessa tabella sono anche forniti - unitamente ai loro intervalli di confidenza - i valori corrispondenti a prescritti tempi di ritorno (vedi anche la figura 3.4).

4.3 SOVRALZO D'ONDA

Nella zona più prossima alla riva si verifica un'ulteriore variazione del livello marino associata alla propagazione e frangimento dell'onda. Lungo la fascia litoranea confinata tra la linea dei frangenti e la linea di riva, indicata dalla letteratura specializzata come surf-zone, si registra sostanzialmente un abbassamento del livello marino (wave set-down) nella zona di frangimento delle onde e un successivo innalzamento verso riva (wave set-up). In prima approssimazione, il calcolo del termine di set-up h_s può essere effettuato in funzione della seguente relazione:

$$h_s = (5/16)\gamma^2 \cdot H_b = 0.61 \text{ m s.l.m.}$$

ove:

- H_b è l'altezza dell'onda al frangimento (posta pari a 4.0 m);
- γ è l'indice di frangimento esprime il rapporto tra l'altezza dell'onda frangente e la profondità d a cui si realizza il frangimento (si è soliti assumere $\gamma = 0.70$).

4.4 SOVRALZO COMPLESSIVO A RIVA

In definitiva, sovrapponendo il sovrалzo di marea astronomica e meteorologica a quello legato all'onda, è possibile valutare un sopralzo complessivo a riva variabile tra 1.2 e 1.4 m, valori in linea con precedenti computazioni (Beltrami, 2003; AA.VV., 2006).

5 VENTI

Lo studio dell'esposizione ai venti in un paraggio costiero riveste un'importanza non trascurabile nella determinazione di alcuni parametri importanti per la progettazione delle opere marittime e per lo studio delle condizioni di equilibrio delle spiagge.

Da un punto di vista generale (macroclimatico) il bacino adriatico è dominato dai venti di scirocco, associati a condizioni di bassa pressione che si muovono dal mediterraneo meridionale, e dai venti di bora provenienti da nord generalmente associati a condizioni di bassa pressione stazionarie sull'Adriatico.

Peraltro localmente lo stato del tempo climatico, e così il vento che accompagna l'afflusso di masse d'aria, sono sensibilmente influenzati dalle caratteristiche orografiche e dalle discontinuità termiche tra suolo e mare.

Infatti, le osservazioni anemometriche effettuate da stazioni meteorologiche costiere, seppure vicine tra loro, possono dare indicazioni apparentemente contrastanti.

E' possibile individuare tali differenze (Fig. 4.1) dalle carte tematiche meteorologiche, in cui è facile osservare discordanze nelle distribuzioni direzionali dei dati di vento relativi a stazioni ubicate in siti adiacenti. Le stazioni cui si è fatto riferimento sono quelle di Pescara (altitudine di 10 m s.l.m.) e Colonnella (altitudine di 227 m s.l.m.) poste alle due estremità (rispettivamente sud e nord) del sito in esame.

Facendo riferimento ai dati della stazione «semaforica» della Marina Militare di Colonnella, riportati in forma grafica nell'Allegato A, (tratti da «Il vento e lo stato del mare lungo le coste italiane e dell'Adriatico», Istituto Idrografico della Marina Militare) si evidenzia la prevalenza dei venti dai settori nord-nord-ovest e sud-sud-est; per contro i dati relativi alla stazione di Pescara (gestita dall'Aeronautica Militare e tratti dall'Atlante Tematico d'Italia) indicano una netta prevalenza dei venti dai settori sud-ovest e nord-est, probabilmente a causa degli effetti di incanalamento nella bassa valle del fiume Pescara.

6 MOTO ONDOSONO

Elemento indispensabile per una corretta valutazione degli eventi estremi e del trasporto solido litoraneo è il regime del moto ondoso che contraddistingue il litorale in esame.

La conoscenza "climatica" del moto ondoso, ovvero la definizione in termini di frequenze annuali delle grandezze che ne definiscono il regime, quali l'altezza d'onda significativa H_s , il periodo d'onda T e la direzione di provenienza ϑ , è stata effettuata in questo studio riferendosi alle misure dirette dell'ondametro di Ortona (serie storica dal 1987 al 2005) con la seguente metodologia di calcolo:

- 1) acquisizione delle misure ondamiche della stazione di Ortona; preliminare screening di validazione della serie di misure;
- 2) ricostruzione del moto ondoso al largo del litorale di interesse tramite un metodo di trasposizione geografica (Contini, P. e De Girolamo, P., 1998);
- 3) trasferimento a riva (-8 m s.l.m.) - attraverso un modello di rifrazione inversa spettrale - della serie ondamica ricostruita al largo in sei punti, uno posto tra il comune di Roseto e la foce del Vomano, uno in corrispondenza della predetta foce, uno tra la foce del Vomano e il comune di Pineto, uno di fronte al comune di Pineto, uno tra il comune di Pineto e Torre Cerrano e uno in corrispondenza di Torre Cerrano;
- 4) analisi statistiche delle misure di moto ondoso per la definizione dell'onda di progetto e dell'onda di modellazione.

5.1 TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA DELLA SERIE DI MISURE ONDAMICHE DI ORTONA. CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSONO AL LARGO

La stazione ondamica di Ortona è rappresentativa dell'esposizione climatica del medio Adriatico, ma ovviamente i valori misurati non tengono conto della distinta esposizione geografica del sito in esame; infatti il litorale del comune di Roseto degli Abruzzi è ubicato circa 40 km a nord-ovest di Ortona. Si è quindi applicato il modello di «trasposizione geografica» del clima d'onda comunemente utilizzato per la realizzazione di tutti gli studi regionali della costa abruzzese¹⁵.

L'applicazione del metodo impone la preliminare caratterizzazione dei fetch geografici ed efficaci per i due siti (punto al largo della foce del Vomano, ondametro di Ortona). Per quanto

¹⁵ Ad esempio tutti gli studi realizzati in seguito alla delibera CIPE 106/99.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

riguarda le elaborazioni di caratterizzazione dei fetch al largo di Ortona si è fatto riferimento ai già citati studi condotti in passato.

Note le caratteristiche del moto ondoso registrate dall'ondametro, sulla base della legge di correlazione tra la direzione dell'onda e quella del vento si determina la direzione dell'onda nel punto di interesse. Nel contempo si definiscono i coefficienti correttivi H_p/H_O e T_p/T_O (con il pedice O si indica il valore noto alla stazione ondometrica di Ortona; con il pedice P si indica il valore incognito al largo del litorale teramano) per il calcolo dell'altezza e del periodo dell'onda risultante nel punto di trasposizione geografica.

I risultati delle elaborazioni (sintetizzati nelle figure 5.1, 5.2 e nelle tabelle 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4), sono congruenti con i dati originari (ondametro di Ortona) e trovano un riscontro oggettivo con la traversia del sito in esame. In particolare si evidenzia che:

- gli stati di mare sono contraddistinti da una bidirezionalità legata alle perturbazioni provenienti dai settori di traversia di tramontana-bora ($320-50^\circ N$) e levante-sirocco ($70-140^\circ N$);
- si riconosce un settore di traversia principale, compreso tra 320° e $50^\circ N$, dal quale provengono sia gli eventi regnanti (maggiori frequenze percentuali, oltre il 50% degli stati di mare) sia quelli dominanti (massimi valori di altezza d'onda, circa lo 1.1% di misure con H_s superiore a 3,0 m);
- il settore secondario, compreso tra 70° e $140^\circ N$, è contraddistinto da una frequenza di eventi pari a circa il 35% del totale ed appena lo 0,1% di misure con H_s superiore a 3,0 m;
- circa il 48% degli eventi (corrispondente ad una durata di 5.7 mesi) ha una altezza significativa inferiore ai 0.5 m;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dal settore di traversia principale hanno per il 90% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dalle altre direzioni hanno per il 98% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
- nel settore di traversia principale si sono verificate altezze d'onda superiori a 5.5m, mentre negli altri settori l'altezza d'onda massima non ha superato i 4 metri;

Si evidenzia che le caratteristiche climatiche sopra indicate si riscontrano anche analizzando gli eventi su base stagionale e pertanto non si riconoscono particolari variazioni climatiche associate a distinti periodi stagionali nell'anno medio.

5.2 ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO

Per il corretto dimensionamento strutturale ed idraulico di un'opera marittima è necessario determinare la cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda in funzione di un'analisi statistica dei valori delle altezze d'onda rappresentative del condizioni estreme (valori al

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

colmo) di ogni singola mareggiata. Mediante regolarizzazione della serie di eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, è possibile ricavare le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza).

Nel diagramma polare della figura 5.3 sono riportati i valori dell'altezza d'onda significativa rappresentativa del "colmo" di ciascuna mareggiata e caratterizzati da una direzione di provenienza media compresa nei settori di traversia principale e secondario. L'analisi del diagramma permette di trarre le seguenti conclusioni:

- 1) nel settore di traversia principale (settore A, 320°-50°N) ricadono gli stati di mare provenienti da maestrale fino a grecale (bora) generati in mare aperto e caratterizzati dalle massime altezze d'onda significative (superiori anche a 4,0 m);
- 2) nel settore di traversia secondario (settore B, 50°-140°N) rientrano gli stati di mare provenienti da levante e scirocco generati anch'essi in mare aperto ma sono caratterizzati da altezze d'onda significative al colmo più contenute rispetto a quelle del settore A (inferiori a 4,0 m).

Per completezza nella stessa figura sono indicati i corrispondenti settori di provenienza dei venti a conferma della congruenza dei dati elaborati con il modello della trasposizione geografica e della bidirezionalità delle condizioni di esposizione meteomarina.

Nell'ipotesi di stazionarietà, a meno di ipotizzare l'omogeneità dell'intera serie storica, campioni omogenei possono essere determinati separando la serie originale in serie caratterizzate da altezze d'onda con direzioni di provenienza appartenenti a precisati settori direzionali¹⁶. Per quanto riguarda l'indipendenza invece, data l'usuale esiguità dell'estensione delle serie, si ricorre al metodo delle eccedenze. In analogia al caso dell'analisi estrema dei livelli e nell'ipotesi di stazionarietà della serie di partenza è dunque possibile procedere nel seguente modo:

- l'omogeneità del campione viene assunta ipotizzando l'omogeneità della serie storica completa, ovvero considerando serie storiche separate ciascuna caratterizzata da altezze d'onda con direzioni di provenienza ricadenti nello stesso settore (si veda al riguardo, tra gli altri, Corsini e al., 2004);
- per le serie storiche così ottenute, si sceglie una prima soglia pari a 0.5-1.0 m, definendo, mediante procedura di de-raggruppamento (*declustering*), i *clusters* rappresentativi di eventi indipendenti nell'ipotesi che tra un evento indipendente¹⁷ e

¹⁶ Si ipotizza cioè che stati di mare con direzioni di provenienza compresa in precisati settori siano generati da condizioni meteorologiche omogenee.

¹⁷ Generalmente, si considera quale evento mareggiata la successione temporale degli stati di mare caratterizzati da una persistenza dell'altezza d'onda sopra la soglia di 1.0 m pari a 12 ore consecutive, una attenuazione dell'altezza d'onda al di sotto della detta soglia per meno di 6 ore consecutive e l'appartenenza della direzione di provenienza a un settore angolare compreso tra $\pm 30^\circ$ rispetto alla direzione di provenienza iniziale (Corsini e al.,

- l'altro esista una persistenza sotto la soglia pari a circa 24-48 ore (Corsini e al., 2004);
- utilizzando i campioni dei massimi dei *clusters* così ottenuti, in analogia all'analisi estrema dei livelli, si traccia il grafico di vita residua della media allo scopo di individuare la seconda soglia e il relativo campione.
 - Sulla base del campione così ottenuto, sempre in analogia all'analisi estrema dei livelli, si inferisce la distribuzione generalizzata di Pareto, verificando la validità del modello attraverso grafici diagnostici (*diagnostic plots*).

Nelle figure 5.4 e 5.5, e nella tabella 5.5 sono presentati i risultati dell'adattamento della distribuzione generalizzata di Pareto al campione derivato dalla serie storica completa delle onde misurate dall'ondametro di Ortona. La variazione del valore atteso degli eccessi sopra soglia al variare della soglia stessa (Fig. 5.4 sx) appare pressoché lineare per valori della soglia $u \geq 2.5$ m. La sostanziale costanza dei parametri di forma e di scala nell'intervallo di soglie 2.5-3.5 m appare confermare una tale scelta (Fig. 5.4 dx). In maniera analoga al caso dei livelli, la tabella 5.5 riporta i valori dei parametri di forma e di scala derivanti dall'adattamento, comprensivi del loro errore standard e dei loro limiti di confidenza. Nella stessa tabella sono anche forniti – unitamente ai loro intervalli di confidenza - i valori corrispondenti a prescritti tempi di ritorno (vedi anche la figura 5.5).

Allo scopo di garantire maggiore omogeneità al campione di eventi indipendenti analizzato, la serie osservata al marcografo di Ortona è stata inoltre separata in due serie storiche caratterizzate da altezze d'onda con direzioni di provenienza ricadenti nei settori 320° - 50° N e 50° - 140° N. Le figure 5.6-5.7 e 5.8-5.9, nonché le tabelle 5.6 e 5.7 presentano i risultati dell'adattamento della distribuzione generalizzata di Pareto ai campioni così derivati. Se, come atteso, l'adattamento del campione per il settore di traversia di maggiore esposizione (320° - 50° N) appare confermare i risultati che emergono dall'analisi sul campione totale, diversa è la situazione per il caso di minore esposizione. In particolare, sia il grafico di vita residua degli eccessi sia i grafici di costanza dei parametri mostrano come la soglia più opportuna per la definizione del campione possa essere sempre posta $u=2.5$ m. Come desumibile dalle stesse rose climatiche (Fig. 5.1 e 5.2) le altezze d'onda estreme da attendersi dal settore 50° - 140° N (Fig. 5.9, Tab. 5.5) risultano assai inferiori a quelle del settore principale.

2004). Caso particolare è costituito dalla progressiva variazione della direzione di provenienza delle onde durante una stessa mareggiata, fenomeno che si verifica ad esempio al largo di Ortona. Al riguardo si rimanda a Piscopia, et al. (2004).

7 CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA

Per le finalità progettuali alla base del presente studio specialistico è necessario analizzare le caratteristiche del moto ondoso sottocosta, trasferendo quindi la serie di dati ondametrici dal largo verso riva utilizzando a tal scopo un modello numerico per la simulazione dei fenomeni di propagazione del moto ondoso verso riva.

La scelta del modello numerico più appropriato viene normalmente effettuata a valle di una analisi dei principali fenomeni fisici che condizionano l'evoluzione delle onde durante la propagazione. Tale analisi si basa fondamentalmente su una attenta lettura della conformazione batimetrica dei fondali e delle relative condizioni al contorno del moto ondoso che solitamente risultano funzione anche delle direzioni di provenienza del moto ondoso al largo.

In particolare, per quanto riguarda gli stati di mare generati in mare aperto è possibile definire delle condizioni al contorno (contorno di largo) espresse in termini di altezza, direzione e periodo caratteristici del moto ondoso incidente. Peraltro per tali settori si può ragionevolmente ritenere che l'influenza in termini percentuali dei meccanismi generativi del moto ondoso ad opera del vento che intervengono nella propagazione largo-riva, possano essere, nel caso in esame, trascurati, poiché la zona di evoluzione del moto ondoso su bassi fondali risulta di estensione notevolmente inferiore rispetto a quella, posta in mare aperto, dove le onde vengono generate. Per quanto riguarda i meccanismi che possono alterare la propagazione delle onde sui fondali via via decrescenti che "collegano" il mare aperto alla zona di intervento, la regolarità dell'andamento delle linee batimetriche che caratterizzano il litorale in esame (assenza di secche foranee) permette di ritenere che essi siano costituiti in modo dominante dalla rifrazione e dallo shoaling e che possano essere ritenuti trascurabili sia i processi diffrattivi (diffrazione esterna ed interna) che dissipativi (attrito sul fondo e frangimento). Nel caso in esame l'intera serie di dati rappresentativa del regime ondoso al largo del Vomano è stata "propagata" sotto costa utilizzando il modello numerico lineare inverso-spettrale MEROPE.

La prima fase dello studio della rifrazione ha richiesto la digitalizzazione dei valori di profondità ricavati da carte nautiche con la costruzione di un adeguato reticolo batimetrico che tenga conto della topografia sottomarina sui "bassi" fondali (profondità inferiori alla semi-lunghezza d'onda). Nel presente caso i valori di profondità sono stati ricavati dalla carta nautica n°34 in scala 1: 100.000, redatta dall'Istituto Idrografico della Marina Militare.

Al fine di ottenere un quadro completo del regime di moto ondoso sottocosta è stata condotta l'applicazione del modulo di irradimento a ritroso (back tracking) per sei punti lungo il litorale che si estende dal comune di roseto fino a Torre Cerrano (Fig. 6.1). I punti

sono stati presi in corrispondenza della batimetrica -10 m s.l.m. e sono posizionati rispettivamente al largo tra il comune di Roseto e la foce del Vomano (V1), in corrispondenza della predetta foce (V2), tra la foce del Vomano e il comune di Pineto (V3), di fronte al comune di Pineto (V4), tra il comune di Pineto e Torre Cerrano (V5) e in corrispondenza di Torre Cerrano (V6).

7.1 ANALISI DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA

Le simulazioni numeriche condotte hanno permesso di trasferire l'intera serie di dati ondametrici per i sei punti sottocosta.

I risultati della propagazione sottocosta sono illustrati nelle rose climatiche delle figure da 6.2 a 6.7. Si evidenzia che propagandosi sotto costa, pur permanendo la bidirezionalità riscontrata al largo, si registra una drastica "rotazione" (di circa 25° - 35°) degli stati di mare da tramontana che tendono ad uniformarsi con quelli di bora; l'insieme degli stati di mare del settore settentrionale ruota in senso orario di circa 20° ; anche l'insieme degli stati di mare da levante e scirocco ruota, ma in senso antiorario, di circa 10° .

Per una migliore sintesi interpretativa dei risultati delle simulazioni di propagazione relativi ai sei punti sottocosta è stata condotta un'analisi delle condizioni di esposizione al moto ondoso operando una discretizzazione del settore di traversia in sub-settori di 10° e considerando il termine $E(\theta) = \sum_{\theta} H^2 \cdot T$ proporzionale ai flussi lordi di energia associati agli stati di mare ricostruiti per i sei punti sottocosta.

I risultati delle elaborazioni, sintetizzati nelle figure da 6.8 a 6.13, evidenziano la sostanziale omogeneità delle condizioni di esposizione al moto ondoso lungo il litorale in esame. Alle stagioni invernale ed autunnale sono associati i maggiori contributi energetici soprattutto per quanto riguarda gli eventi da tramontana e bora. I risultati delle elaborazioni sono riportati in grafici polari anche nella figura 6.14 al fine di fornire una visione d'insieme dell'esposizione climatica sottocosta.

In definitiva, l'analisi e confronto delle tre serie di dati ondametrici relativi ai sei punti di inversa considerati conferma che complessivamente lungo il litorale in esame l'esposizione sotto costa al moto ondoso può ritenersi sufficientemente omogenea almeno sino a profondità esterne alla zona di surf ove sono predominanti gli effetti dei frangenti e delle correnti litoranee condizionati anche dalla presenza di eventuali opere di difesa litoranea.

Per le analisi del moto ondoso sottocosta e della morfodinamica correlata è quindi sufficiente fare riferimento alla serie di dati ondametrici relativi al punto V3, all'incirca ubicato al centro del litorale considerato.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMENI, 7 - 00185 ROMA

Dalle serie ondametriche calcolate è possibile ricavare le onde di modellazione (equivalenti in termini di effetti sulla morfodinamica del litorale alla totalità delle onde provenienti dallo stesso sub-settore) rappresentative dell'intero clima sottocosta. Per ogni sub-settore di provenienza tale onda equivalente, di altezza pari ad H_e e periodo T_e , ha le seguenti caratteristiche:

- possedere un flusso energetico equivalente al flusso energetico totale dell'intera serie storica, mediato sul numero totale degli eventi N , aventi H_s maggiore di 0.5 m;
- di avere una ripidità pari alla somma di tutte le ripidità mediata sempre sul numero totale degli eventi aventi H_s maggiore di 0.5 m;
- avere una durata equivalente alla durata complessiva degli N stati di mare.

La ragione per la quale si considerano soltanto gli eventi con H_s maggiore di 0.5 m risiede nel fatto che gli stati di mare contraddistinti da altezze d'onda inferiori non sono significativi nei processi evolutivi di un litorale e nel contempo le serie dei dati ondametrici cui si è soliti fare riferimento possono essere condizionate da errori di calcolo e/o misura proprio per queste classi di valori minimi dell'altezza d'onda.

Per il calcolo delle caratteristiche dell'onda di modellazione è stato risolto il seguente sistema di equazioni:

$$N(H_e^2 T_e) = \sum (H_i^2 T_i)$$

$$(H_e/T_e^2) = \sum (H_i/T_i^2)/N$$

La soluzione di questo sistema di equazioni, sviluppato su base annuale avendo preliminarmente verificato l'invariabilità stagionale del clima, ha fornito per ogni settore di provenienza una serie di valori di altezza e periodo d'onda, associati ad una durata su base annuale e rappresentativi del clima medio annuale del moto ondoso.

Per i sei punti sottocosta, nella tabella 6.1 sono riportati i dati relativi ai flussi netti stagionali per anno con le relative direzioni del vettore flusso risultante e le caratteristiche delle onde di modellazione (altezza, periodo e durata). I calcoli sono stati condotti considerando tre distinte soglie di riferimento per l'altezza d'onda.

Nelle tabelle 6.2 e 6.3 sono riportate le caratteristiche delle onde di modellazione relative a ciascun sub-settore della traversia al largo e in corrispondenza del punto di trasposizione V2 (di fronte alla foce del Vomano).

Nei successivi studi specialistici di morfologia e morfodinamica costiera i risultati di questa fase dello studio meteomarine costituiranno un elemento indispensabile per la valutazione del trasporto solido litoraneo e la validazione della naturale tendenza evolutiva del litorale.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

Altro parametro caratteristico per i successivi studi di morfodinamica è rappresentato dalla “profondità di chiusura” D_c definita in funzione delle caratteristiche del moto ondoso al largo tramite la relazione di Hallermeier: $h_c = 2,28 H_o - 10,9 H_{so}^2/L_o = 7.4$

- $H_{so} = 3.97$ m altezza d'onda significativa con frequenza di superamento 12 ore/anno
- $L_o = gT_m^2/2\pi = 103.2$ m è la lunghezza dell'onda di altezza H_o .

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. (2006): "Analisi di rischio morfologico e socio-economico della fascia costiera abruzzese". *Abruzzo Cronache*, numero speciale 2006.

Beltrami, G.M. (2003): "Una procedura cautelativa di inferenza dei livelli a riva: il caso della costa Abruzzese". *Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera*. VII Edizione, Trieste.

Bortot, P., e Tawn, J.A. (2000): "The joint probability of waves and water levels: Join-Sea. A rigorous but practical approach ", *HR Wallingford - Report SR 537*.

Bretschneider, C., L. (1952); "The generation and decays of wind waves in deep water". *Transactions A.G.U.* 33(3), 381-389.

Cartwright, D.E., Tayler, R.J. (1971): "New computations of the tide-generating potential" *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, London.

Coles, S. (2000): "An introduction to statistical modelling of extreme values", *Springer*.

Consorti, V., Caputi, P., De Girolamo, P. (1999): "La gestione integrata delle aree costiere con tecnologie GIS", *Atti III Conferenza Nazionale ASITA*, Napoli.

Contini, P., De Girolamo, P. (1998): "Impatto morfologico di opere a mare: casi di studio" *Convegno AIOM*, Lerici.

Corsini, S., Inghilesi, R., Franco, L., Piscopia R. (2004) "ATLAS – Atlante delle onde nei mari italiani", *APAT*, 2004.

De Girolamo P., Contini P., Mondini F. (1999): "Proposta di pianificazione e coordinamento dei monitoraggi delle spiagge", *Ciclo di seminari sulle opere portuali e di difesa delle coste*, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Sezione Italiana AIPCN-PIANC.

De Girolamo, P., Noli, A., Contini, P., Mondini, F., Beltrami, G. M., Franco, L. (2000): "Risk-Analysis in Coastal-Systems. Planning and Management". *EXCERPTA*, Vol. 14, pp. 257-271, CUEN.

DELIBERA CIPE 106/99 "Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale".

Doodson, A.T. (1921): "The harmonic development of the tide generating potential" *Proceeding of the Royal Society*, London.

Foreman, M.G.G. (1977): "Manual for tidal heights analysis and prediction" *Institute of Ocean Sciences*, Sydney.

Franco P., Jeftic L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A., Orlic M. (1982): "Descriptive model of the northern Adriatic" *Oceanologica Acta*.

Godin, G. (1972): "The analysis of tides" *University of Toronto Press*, Toronto.

Hawkes, P.J., Gouldby, B.P., Tawn, J.A., Owen, M.W. (2002): "The joint probability of waves and water levels in coastal engineering design", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 40, n.3.

Saville, T., Jr. (1954): "The effect of fetch width on wave generation". *Technical Memorandum No. 70, US Army, Corps of Engineers*, Beach Erosion Board, pp. 9.

Seymour, RJ (1977): "Estimating Wave Generation in Restricted fetches", *J. ASME WW2*, pp251-263.

Sverdrup, H.U. e Munk, W.H. (1947): "Wind, sea and swell. Theory of relations for forecasting". *U.S. Navy Hydrographic Office*, Pub. 601, pp. 44.

Università degli Studi di L'Aquila (1998): "Rapporto N. 1 – Stato della zona costiera abruzzese", *Progetto R.I.C.A.MA.*

Università degli Studi di L'Aquila (2000): "Analisi critica della situazione attuale e individuazione di possibili scenari di intervento", *Progetto R.I.C.A.MA.*

Università degli Studi di L'Aquila (2000): "Criteri di riferimento per l'equilibrio morfologico", *Progetto R.I.C.A.MA.*

Venturini, G., De Girolamo, P., Contini, P., Caputi, P., Capobianco, M. (2000): "Progettazione e realizzazione di sistemi informativi geografici (GIS) per la gestione integrata delle aree costiere", *AIPCN – Atti delle Giornate di Ingegneria Costiera*, V Edizione, Reggio Calabria, pag. 243-251.

9 APPENDICE: ANALISI ESTREMALE

L'analisi estrema di una variabile casuale X prevede l'individuazione della funzione di distribuzione cumulata (*cdf – cumulative distribution function*), ovvero della funzione

$$F(x) = \Pr[X \leq x]$$

rappresentante la probabilità di non superamento di un determinato valore x , che meglio si adatta al *campione disponibile* dei valori estremi della variabile casuale considerata.

Il primo problema affrontato nell'analisi estrema è quindi la definizione di tale campione il quale, oltre a essere rappresentativo dei valori estremi di interesse, deve garantire la loro *indipendenza e omogeneità*. Nel caso delle forzanti marine, ovvero di variabili casuali rappresentative di fenomeni sia direttamente meteorologici sia da questi generati, il campione viene desunto a partire dalle serie storiche misurate (*time series*), per le quali l'indipendenza nel tempo appare una assunzione irrealistica. Per tali variabili, nell'ipotesi di *stazionarietà*¹⁸ della serie storica di partenza, può considerarsi indipendente e omogeneo un campione formato da valori rappresentativi di eventi estremi indipendenti fra loro ma caratterizzati da *genesi comune*¹⁹. Come noto, allo scopo di garantire l'indipendenza del campione, l'approccio classico (Gumbel, 1958) consiste nell'estrarre dalla serie storica di partenza i massimi osservati all'interno di intervalli di tempo omologhi, ovvero all'interno di blocchi di uguale lunghezza (*block maxima*), risultando la lunghezza del blocco generalmente posta pari all'anno (massimi annuali). Si osserva come tale approccio non garantisca a priori l'omogeneità del campione e presupponga che la serie storica di partenza si estenda a un numero di anni sufficiente esteso, risultando una statistica realizzata su pochi dati non significativa. Nel caso, come quello abruzzese, di serie storiche poco estese, allo scopo di garantire tale significatività, è possibile far ricorso alla modellazione dei massimi di ordine r o delle eccedenze, ovvero alla modellazione dei primi r massimi (*r-order statistics*) misurati all'interno di blocchi di uguale lunghezza, o alla modellazione dei massimi di blocchi di dati superiori a una soglia prefissata (*peak over threshold*). In entrambi casi, scelte specifiche sono necessarie a garantire l'indipendenza²⁰ e l'omogeneità del campione.

Una volta definito il campione, il secondo problema dell'analisi estrema consiste nell'individuare, tra quelle note, la funzione di distribuzione cumulata che meglio gli si adatta (*problema di inferenza*). Se nel caso di un campione di massimi di blocchi di uguale lunghezza,

¹⁸ L'ipotesi di stazionarietà prevede che le variabili della serie storica pur potendo risultare mutuamente dipendenti, abbiano proprietà stocastiche omogenee nel tempo.

¹⁹ Ad esempio, dai massimi valori di altezza d'onda - osservati a una qualche distanza l'una dalle altre - attribuibili a mareggiate diverse ma generate da perturbazioni meteorologiche di caratteristiche simili.

²⁰ L'applicazione del metodo delle eccedenze non garantisce in sé l'indipendenza del campione, la quale dipende dalla scelta della soglia.

$$M_n = \max\{X_1, \dots, X_n\}$$

ovvero dei primi r massimi, le funzioni di distribuzione più comunemente utilizzate sono le funzioni del valore estremo del I° (Gumbel, 1959) del II° (Weibul, 1939) e del III° tipo (Frechet, 1927), generalizzabili nella funzione di distribuzione generalizzata dei valori estremi (GEV - *Generalized Extreme Value distribution*) -

$$F(x) = \Pr[M_n \leq x] = \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right\}$$

ove ξ , σ (>0) e μ sono i parametri rispettivamente di *forma*, *scala* e *posizione* - è possibile dimostrare (Leadbetter e al., 1983, Coles, 2000) che la funzione secondo la quale si distribuisce la popolazione della variabile $Y = X - u$ ($X > u$), nell'ipotesi di soglia u sufficientemente alta, risulta la funzione di distribuzione generalizzata di Pareto (GPD - *Generalized Pareto Distribution*)

$$F(y) = \Pr[Y \leq y] = \Pr[X \leq u + y | X > u] = 1 - \left(1 + \xi \frac{y}{\tilde{\sigma}}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \quad \tilde{\sigma} = \sigma + \xi(u - \mu)$$

ove ξ , σ e μ sono i parametri della corrispondente GEV, mentre u è la soglia. Il problema di interferenza si concretizza quindi nel determinare i parametri di tali funzioni di distribuzioni in grado di realizzare il migliore adattamento al campione dato. Inoltre, tenendo conto che la probabilità cumulata è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione

$$Tr(x) = \frac{1}{1 - F(x)}$$

si possono stimare i valori assunti dalla variabile casuale considerata relativamente a precisati tempi di ritorno.

TABELLE

ELENCO DELLE TABELLE

- Tab. 1.1 Fetch geografici ed efficaci al largo del litorale della foce del Vomano.
- Tab. 3.1 Costanti di marea per il mareografo di Ortona.
- Tab. 3.2 Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché livelli e tempi di ritorno risultanti dall'applicazione del metodo diretto.
- Tab. 5.1 Clima annuale di moto ondoso al largo della foce del Vomano. Distribuzione numero di eventi (derivato dalla serie ondometrica della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).
- Tab. 5.2 Clima annuale di moto ondoso al largo della foce del Vomano. Distribuzione percentuale del numero di eventi (derivato dalla serie ondometrica della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).
- Tab. 5.3 Numero di eventi di moto ondoso al largo del Vomano per classi di altezza-periodo (derivato dalla serie ondometrica della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).
- Tab. 5.4 Percentuale di eventi di moto ondoso al largo del Vomano per classi di altezza-periodo (derivato dalla serie ondometrica della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).
- Tab. 5.5 Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per l'intero settore.
- Tab. 5.6 Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per il settore 320-50 °N.
- Tab. 5.7 Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per il settore 50-140 °N.
- Tab. 6.1 Caratteristiche del clima medio annuale del moto ondoso lungo il litorale tra Roseto e Torre Cerrano
- Tab. 6.2 Caratteristiche delle onde di modellazione al largo del sito in esame.
- Tab. 6.3 Caratteristiche delle onde di modellazione nel punto V2.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

Azimuth	Fetch	Fetch	Direzione	Azimuth	Fetch	Fetch	Direzione
(°N)	Geografico	Efficace	Mare	(°N)	Geografico	Efficace	Mare
(°N)	(km)	(km)	(°N)	(°N)	(km)	(km)	(°N)
0	239.40	142.32	9	180	10.57	26.38	140
10	208.89	150.26	17	190	9.07	16.62	146
20	183.59	155.94	27	200	8.17	11.28	152
30	171.39	160.99	37	210	7.64	8.68	159
40	169.52	166.47	47	220	7.38	7.47	165
50	177.37	172.43	57	230	7.36	7.08	172
60	189.08	178.51	66	240	7.56	7.19	294
70	187.07	184.05	74	250	8.03	7.73	301
80	207.56	187.68	81	260	8.85	9.33	307
90	341.08	187.31	88	270	10.20	13.46	313
100	428.49	181.56	94	280	11.29	21.02	320
110	476.30	170.01	100	290	12.74	32.23	326
120	158.28	153.05	106	300	15.13	46.73	332
130	124.22	131.85	112	310	19.36	63.66	338
140	66.33	108.10	117	320	28.05	81.85	344
150	27.72	83.80	123	330	48.33	99.95	350
160	21.02	60.94	129	340	360.09	116.73	356
170	13.43	41.33	134	350	362.93	131.11	2

Tab. 1.1 - Fetch geografici ed efficaci al largo del litorale della foce del Vomano

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

Marea	Vel. Angolare (°/h)	Ampiezza (cm)	Fase (°)
*K ₁	15.0411	8.86	66
*M ₂	28.9841	6.82	61
*S ₂	30.0000	4.77	70
*O ₁	13.9430	2.94	58
*P ₁	13.4715	2.94	64
*K ₂	30.0821	1.35	68
*N ₂	28.4397	1.03	58

Tab. 3.1 – Costanti di marea per il mareografo di Ortona.

soglia	30 cm	Tr	LV	IC
n. dati campione	79	(anni)	(cm)	+/- (cm)
		2	53.57	4.11
		5	60.08	4.33
		10	63.85	4.82
		20	66.85	5.62
scala	Valore	50	69.91	6.98
forma	Err. Stan.	100	71.67	8.08
	Int. Confidenza			
	20.433			
	-0.144			

Tab. 3.2 – Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché livelli e tempi di ritorno risultanti dall'applicazione del metodo diretto.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

Dir (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<2.5	2.5+0.5	0.5-1.0	1.0+1.5	1.5+2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5+4.0	4.0-4.5	4.5+5.0	5.0+5.5	5.5+6.0	6.0-6.5	≥ 6.5	
10	604	751	633	286	108	59	35	14	10	3						2503
20	485	509	485	241	102	57	30	33	19	7	2					1970
30	454	469	460	258	145	91	41	31	14	5	2					1970
40	404	392	388	198	100	54	28	8	8	3			1			1584
50	459	459	285	111	40	35	10	1	7	1						1408
60	392	458	219	82	21	18	7	1	2	1						1201
70	501	569	448	87	34	6	5	1	2		1					1654
80	620	740	852	179	30	7	6	1								2435
90	645	949	1113	433	93	29	10	3	1							3276
100	631	811	958	275	105	31	9	10	2	1						2833
110	567	768	619	155	67	9	2	3	3							2193
120	359	382	320	100	27	4	4		1	1						1198
130	263	186	114	57	19	14	1	1	1	1						657
140	162	67	42	20	14	2		3		1						311
150	112	62	34	12	1	3	1									225
160	88	56	24	9	6	5	1									189
170	625	584	509	66	53	21	5	4								1867
180																
190	9	13	7	3		1										33
200																
210	7	11	7		1											26
220	12	9	7	1												29
230																
240	8	9	10	1	1											29
250																
260	9	14	8	1												32
270																
280	11	9	5	2	1	1										29
290	9	8	6													23
300	168	75	40	4	6	1	3									297
310	247	130	50	12	6		1	1								447
320	250	188	87	9	8	2		1								545
330	389	343	297	92	36	13	5									1175
340	429	694	935	420	157	23	10	2	1							2671
350	465	1042	1453	510	161	54	13	4	1	2						3705
360	647	1212	1122	389	154	53	25	10	6	1	2					3821
TOT.	10031	11969	11537	4013	1496	593	252	132	78	27	7		1			40136

**Tab. 5.1 – Clima annuale di moto ondoso al largo della foce del Vomano.
Distribuzione numero di eventi (derivato dalla serie ondometrica della stazione di
Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).**

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	< 25	25-0.5	0.5+1.0	1.0+1.5	1.5+2.0	2.0+2.5	2.5+3.0	3.0+3.5	3.5+4.0	4.0+4.5	4.5+5.0	5.0+5.5	5.5+6.0	6.0+6.5	>=6.5	
10	1.50	1.87	1.58	0.71	0.27	0.15	0.09	0.03	0.02	0.01						6.24
20	1.21	1.27	1.21	0.60	0.25	0.14	0.07	0.08	0.05	0.02	0.00					4.91
30	1.13	1.17	1.15	0.64	0.36	0.23	0.10	0.08	0.03	0.01	0.00					4.91
40	1.01	0.98	0.97	0.49	0.25	0.13	0.07	0.02	0.02	0.01			0.00			3.95
50	1.14	1.14	0.71	0.28	0.10	0.09	0.02	0.00	0.02	0.00						3.51
60	0.98	1.14	0.55	0.20	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00						2.99
70	1.25	1.42	1.12	0.22	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00		0.00					4.12
80	1.54	1.84	2.12	0.45	0.07	0.02	0.01	0.00								6.07
90	1.61	2.36	2.77	1.08	0.23	0.07	0.02	0.01	0.00							8.16
100	1.57	2.02	2.39	0.69	0.26	0.08	0.02	0.02	0.00	0.00						7.06
110	1.41	1.91	1.54	0.39	0.17	0.02	0.00	0.01	0.01							5.46
120	0.89	0.95	0.80	0.25	0.07	0.01	0.01		0.00	0.00						2.98
130	0.66	0.46	0.28	0.14	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00						1.64
140	0.40	0.17	0.10	0.05	0.03	0.00		0.01		0.00						0.77
150	0.28	0.15	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00									0.56
160	0.22	0.14	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00									0.47
170	1.56	1.46	1.27	0.16	0.13	0.05	0.01	0.01								4.65
180																
190	0.02	0.03	0.02	0.01		0.00										0.08
200																
210	0.02	0.03	0.02		0.00											0.06
220	0.03	0.02	0.02	0.00												0.07
230																
240	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00											0.07
250																
260	0.02	0.03	0.02	0.00												0.08
270																
280	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00										0.07
290	0.02	0.02	0.01													0.06
300	0.42	0.19	0.10	0.01	0.01	0.00	0.01									0.74
310	0.62	0.32	0.12	0.03	0.01		0.00	0.00								1.11
320	0.62	0.47	0.22	0.02	0.02	0.00		0.00								1.36
330	0.97	0.85	0.74	0.23	0.09	0.03	0.01									2.93
340	1.07	1.73	2.33	1.05	0.39	0.06	0.02	0.00	0.00							6.65
350	1.16	2.60	3.62	1.27	0.40	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00						9.23
360	1.61	3.02	2.80	0.97	0.38	0.13	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00					9.02
TOT.	24.99	29.82	28.74	10.00	3.73	1.48	0.63	0.33	0.19	0.07	0.02		0.00			100.00
Tot. cumul.	54.81	83.56	93.56	97.28	98.76	99.39	99.72	99.91	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

**Tab. 5.2 – Clima annuale di moto ondoso al largo della foce del Vomano.
Distribuzione percentuale del numero di eventi (derivato dalla serie ondometrica
della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05).**

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	7033	1801	966	123	2	0	106	10031
0.25 ÷ 0.75	8180	8981	1522	145	12	0	299	19139
0.75 ÷ 1.25	423	4742	1451	180	15	0	18	6829
1.25 ÷ 1.75	2	1135	1213	137	8	0	4	2499
1.75 ÷ 2.25	0	156	686	59	4	0	1	906
2.25 ÷ 2.75	0	7	336	41	1	0	0	385
2.75 ÷ 3.25	0	0	112	56	2	0	0	170
3.25 ÷ 3.75	0	0	32	73	0	0	0	105
3.75 ÷ 4.25	0	0	11	41	1	0	0	53
4.25 ÷ 4.75	0	0	3	14	0	0	0	17
4.75 ÷ 5.25	0	0	1	0	0	0	0	1
> 5.25	0	0	0	1	0	0	0	1
Tot.	15638	16822	6333	870	45		428	40136

Tab. 5.3 - Numero di eventi di moto ondoso al largo del Vomano per classi di altezza-periodo (derivato dalla serie ondametria della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05)

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	17.52	4.49	2.41	0.31	0.00		0.26	24.99	24.99
0.25 ÷ 0.75	20.38	22.38	3.79	0.36	0.03		0.74	47.69	72.68
0.75 ÷ 1.25	1.05	11.81	3.62	0.45	0.04		0.04	17.01	89.69
1.25 ÷ 1.75	0.00	2.83	3.02	0.34	0.02		0.01	6.23	95.92
1.75 ÷ 2.25		0.39	1.71	0.15	0.01		0.00	2.26	98.18
2.25 ÷ 2.75		0.02	0.84	0.10	0.00			0.96	99.14
2.75 ÷ 3.25			0.28	0.14	0.00			0.42	99.56
3.25 ÷ 3.75			0.08	0.18				0.26	99.82
3.75 ÷ 4.25			0.03	0.10	0.00			0.13	99.95
4.25 ÷ 4.75			0.01	0.03				0.04	100.00
4.75 ÷ 5.25			0.00					0.00	100.00
> 5.25				0.00				0.00	100.00
Tot.	38.96	41.91	15.78	2.17	0.11		1.07	99.998	
Tot. cumul.	38.96	80.88	96.65	98.82	98.93	98.93	100.00		

Tab. 5.4 - Percentuale di eventi di moto ondoso al largo del Vomano per classi di altezza-periodo (derivato dalla serie ondametria della stazione di Ortona, periodo 01/07/89 – 08/11/05)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

soglia	2.5 m				Tr	LV	IC
n. dati campione	119				(anni)	(m)	+/- (m)
					2	4.32	0.26
					5	4.76	0.36
					10	5.04	0.47
					20	5.28	0.59
scala	Valore	Err. Stan.	Int. Confidenza		50	5.56	0.78
forma	-0.202	0.091	-0.380	-0.024	100	5.73	0.93

Tab. 5.5 – Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per l'intero settore.

soglia	2.5 m				Tr	LV	IC
n. dati campione	92				(anni)	(m)	+/- (m)
					2	4.28	0.28
					5	4.74	0.37
					10	5.03	0.47
					20	5.28	0.60
scala	Valore	Err. Stan.	Int. Confidenza		50	5.55	0.79
forma	-0.2306	0.104	-0.434	-0.027	100	5.72	0.95

Tab. 5.6 – Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per il settore 320-50 °N.

soglia	2.5 m				Tr	LV	IC
n. dati campione	36				(anni)	(m)	+/- (m)
					2	3.46	0.30
					5	3.91	0.35
					10	4.19	0.42
					20	4.42	0.53
scala	Valore	Err. Stan.	Int. Confidenza		50	4.68	0.73
forma	-0.255	0.173	-0.594	0.084	100	4.83	0.91

Tab. 5.7 – Caratteristiche del campione, parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (GPD), nonché altezze e tempi di ritorno risultanti per il settore 50-140 °N.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEL RAMNI, 7 - 00185 ROMA

CLIMA MEDIO RISULTANTE ANNUALE	Hs >			
	0.5	1.0	1.5	
Flusso di energia risultante (kW/m):	67779	51443	35393	V1
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	48	47	45	
Numero eventi sopra soglia:	13864	4239	1460	
H equivalente (m):	1.08	1.55	2.04	
Durata (mesi):	4.15	1.27	0.44	
Flusso di energia risultante (kW/m):	67872	51481	35287	V2
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	49	48	46	
Numero eventi sopra soglia:	13954	4297	1473	
H equivalente (m):	1.07	1.54	2.03	
Durata (mesi):	4.17	1.28	0.44	
Flusso di energia risultante (kW/m):	67793	51424	34941	V3
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	50	49	47	
Numero eventi sopra soglia:	14029	4346	1462	
H equivalente (m):	1.07	1.53	2.03	
Durata (mesi):	4.20	1.30	0.44	
Flusso di energia risultante (kW/m):	67690	51222	34741	V4
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	50	50	48	
Numero eventi sopra soglia:	13978	4357	1477	
H equivalente (m):	1.07	1.53	2.02	
Durata (mesi):	4.18	1.30	0.44	
Flusso di energia risultante (kW/m):	69391	52899	36148	V5
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	48	47	46	
Numero eventi sopra soglia:	14052	4434	1527	
H equivalente (m):	1.08	1.54	2.02	
Durata (mesi):	4.20	1.33	0.46	
Flusso di energia risultante (kW/m):	68872	52503	35989	V6
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	49	48	47	
Numero eventi sopra soglia:	14028	4411	1526	
H equivalente (m):	1.08	1.54	2.02	
Durata (mesi):	4.20	1.32	0.46	

Tab. 6.1 - Caratteristiche del clima medio annuale del moto ondoso lungo il litorale tra Roseto e Torre Cerrano

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

	Dir (°N)	He (m)	Te (s)	Durata (mesi/anno)
Settore A	330	1.00	4.16	0.180
	340	1.01	4.16	0.630
	350	1.02	4.18	0.894
	360	1.12	4.38	0.717
	10	1.29	4.72	0.467
	20	1.49	5.07	0.397
	30	1.53	5.14	0.426
	40	1.42	4.94	0.321
	50	1.33	4.78	0.199
Settore B	60	1.21	4.56	0.143
	70	1.05	4.25	0.238
	80	0.96	4.06	0.437
	90	1.08	4.31	0.684
	100	1.11	4.38	0.566
	110	1.03	4.21	0.349
	120	1.03	4.22	0.186
	130	1.25	4.65	0.085
	140	1.38	4.87	0.033

Tab. 6.2 - Caratteristiche delle onde di modellazione al largo del sito in esame

	Dir (°N)	He (m)	Te (s)	durata (mesi/anno)
settore A	0	0.84	3.8	0.011
	10	0.85	3.8	0.772
	20	1.08	4.3	0.474
	30	1.31	4.8	0.331
	40	1.50	5.1	0.342
	50	1.42	4.9	0.180
	60	1.20	4.5	0.119
settore B	70	1.08	4.3	0.170
	80	1.11	4.4	0.439
	90	1.09	4.3	0.372
	100	0.93	4.0	0.225
	110	0.93	4.0	0.094
	120	1.00	4.2	0.042
	130	0.71	3.5	0.010

Tab. 6.3 - Caratteristiche delle onde di modellazione nel punto V2

FIGURE

ELENCO DELLE FIGURE

- Fig. 1.1 Fetch geografici al largo del litorale della foce del Vomano.
- Fig. 1.2 Fetch efficaci al largo del litorale della foce del Vomano.
- Fig. 1.3 Correlazione tra la direzione del vento e la direzione del moto ondoso.
- Fig. 2.1 Analisi delle correnti marine lungo l'Adriatico (Atlante CNR).
- Fig. 3.1 Andamento della media mensile dei livelli registrati al mareografo di Ortona tra il 1997 e il 2006.
- Fig. 3.2 Esempio di analisi armonica della serie storica registrata al mareografo di Ortona (periodo luglio 2006).
- Fig. 3.3 Analisi estrema dei livelli registrati al mareografo di Ortona: valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.
- Fig. 3.4 Analisi estrema dei livelli registrati al mareografo di Ortona: grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.
- Fig. 4.1 Dettaglio del tratto sud del litorale (lungomare sino a foce Vomano).
- Fig. 5.1 Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del Vomano (distribuzione annuale).
- Fig. 5.2 Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del Vomano (distribuzioni annuale e stagionali).
- Fig. 5.3 Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del fiume Vomano.
- Fig. 5.4 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (intero settore): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.
- Fig. 5.5 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (intero settore): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.
- Fig. 5.6 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore A 320°-50° N): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.
- Fig. 5.7 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore A 320°-50° N): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.

- Fig. 5.8 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore B 50°-140° N): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.
- Fig. 5.9 Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore B 50°-140° N): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.
- Fig. 6.1 Ubicazione dei punti utilizzati per il calcolo dei fenomeni di propagazione inversa spettrale.
- Fig. 6.2 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V1).
- Fig. 6.3 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V2).
- Fig. 6.4 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V3).
- Fig. 6.5 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V4).
- Fig. 6.6 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V5).
- Fig. 6.7 Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V6).
- Fig. 6.8 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V1).
- Fig. 6.9 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V2).
- Fig. 6.10 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V3).
- Fig. 6.11 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V4).
- Fig. 6.12 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V5).
- Fig. 6.13 Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V6).
- Fig. 6.14 Caratteristiche del flusso di energia associato al moto ondoso al largo e per i sei punti di calcolo sottocosta.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

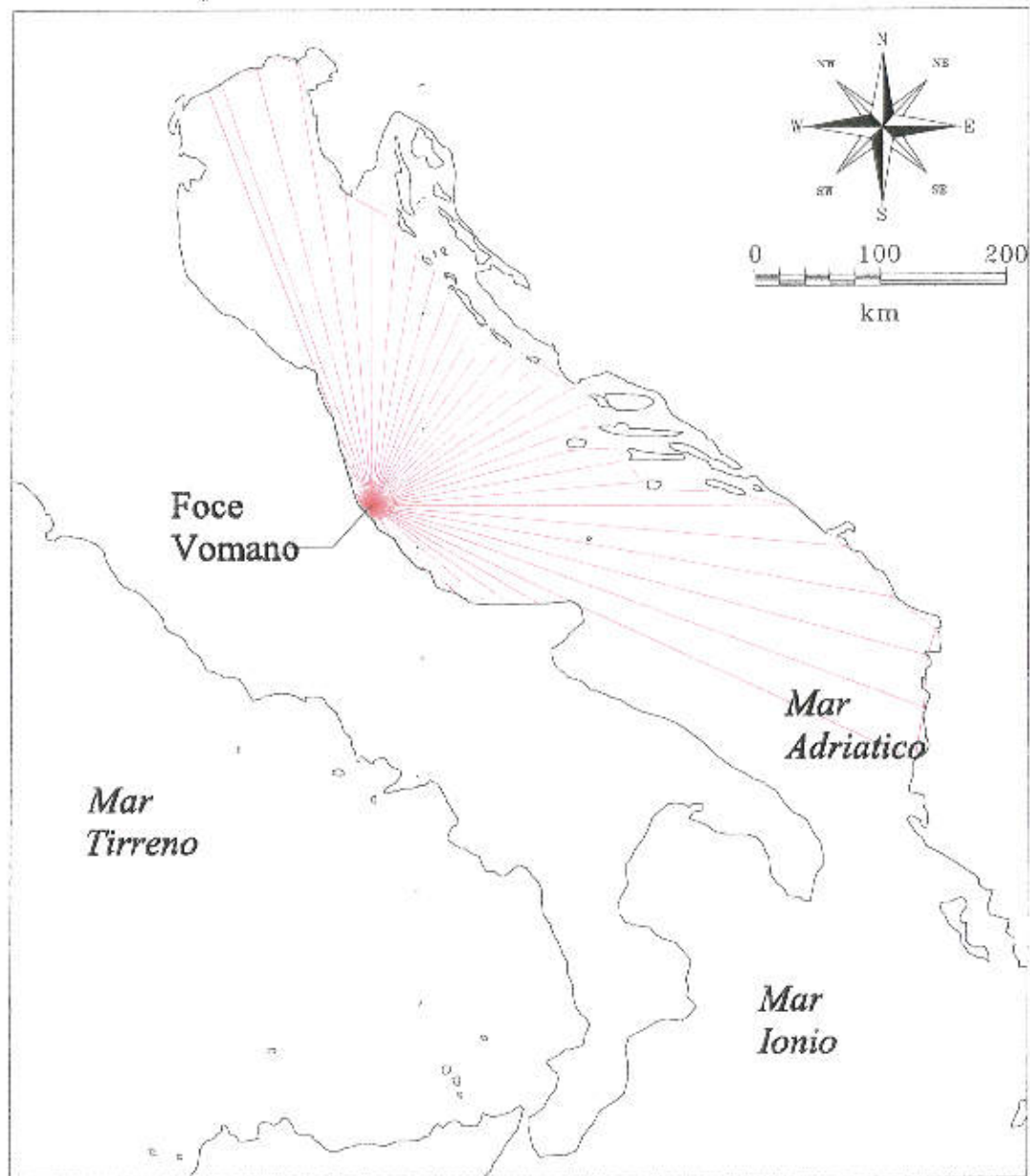


Fig. 1.1 - Fetch geografici al largo del litorale della foce del Vomano

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. - STADE S.R.L.
 VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

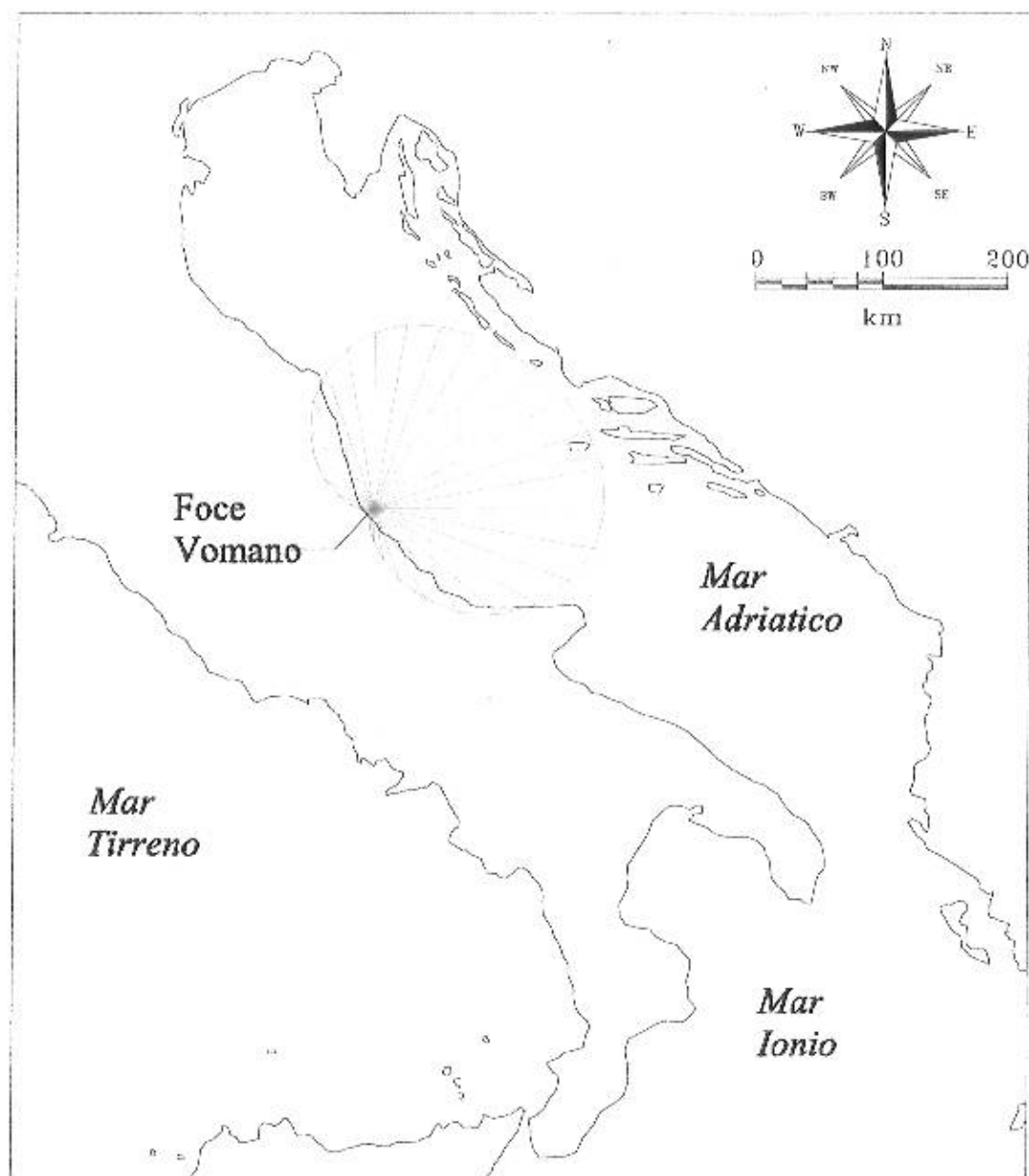


Fig. 1.2 - Fetch efficaci al largo del litorale della foce del Vomano

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APOLONIA S.p.A. - STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

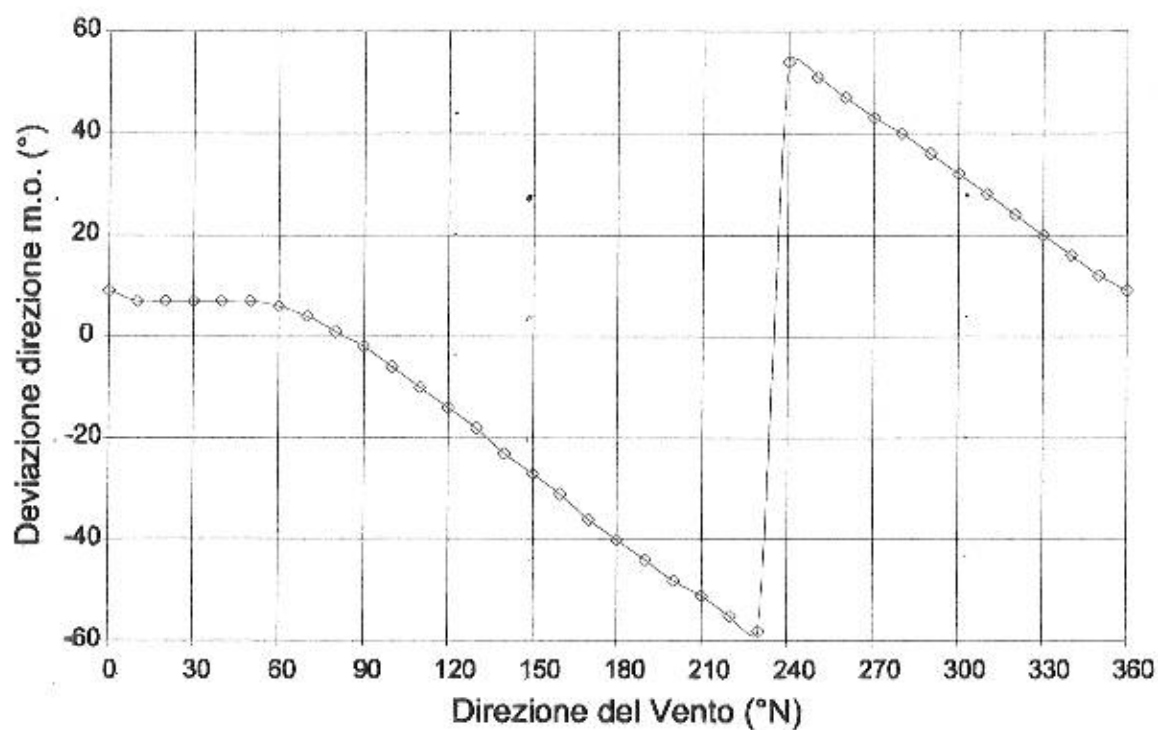


Fig. 1.3 - Correlazione tra la direzione del vento e la direzione del moto ondoso

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

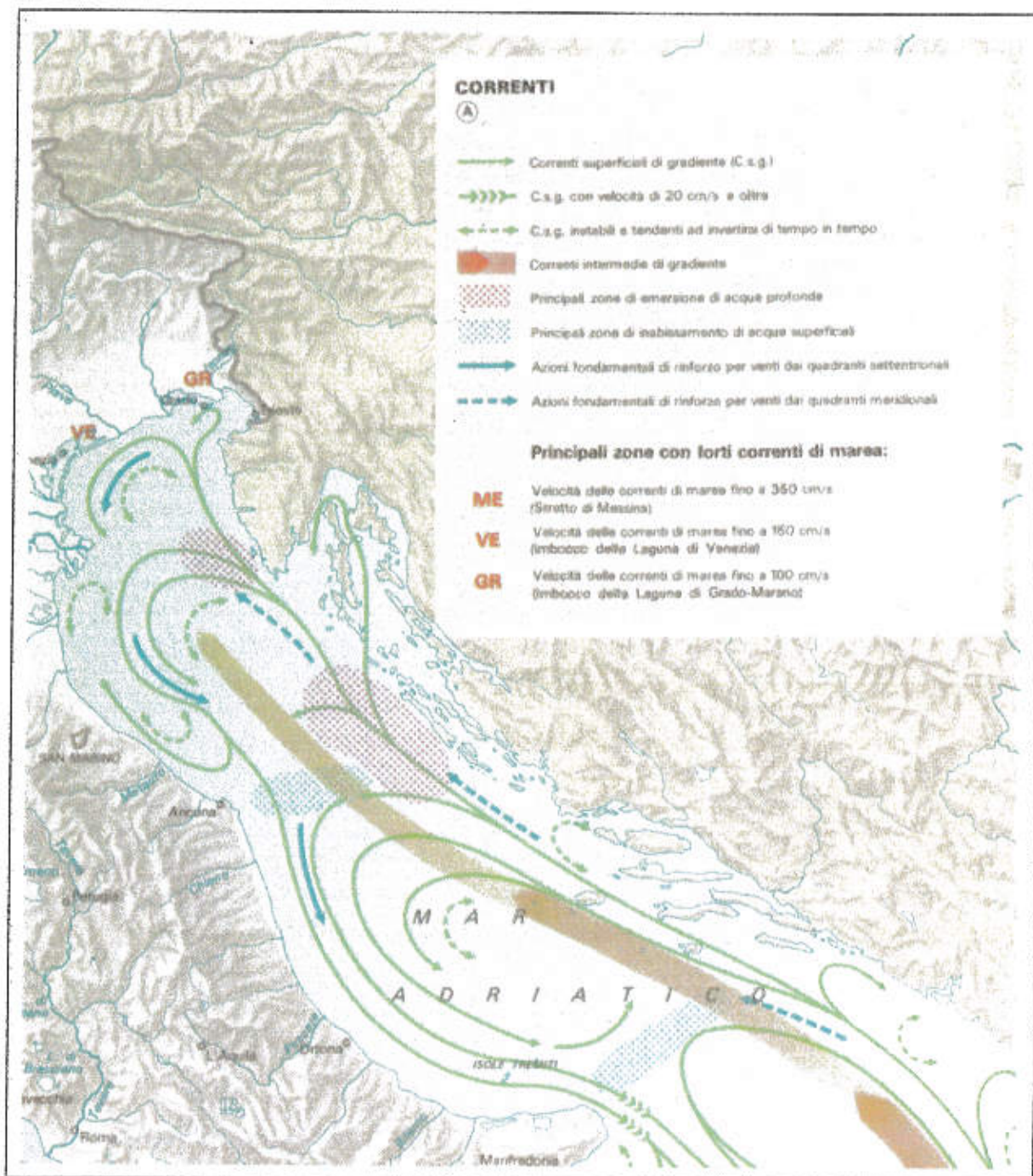


Fig. 2.1 - Analisi delle correnti marine lungo l'Adriatico (Atlante CNR)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

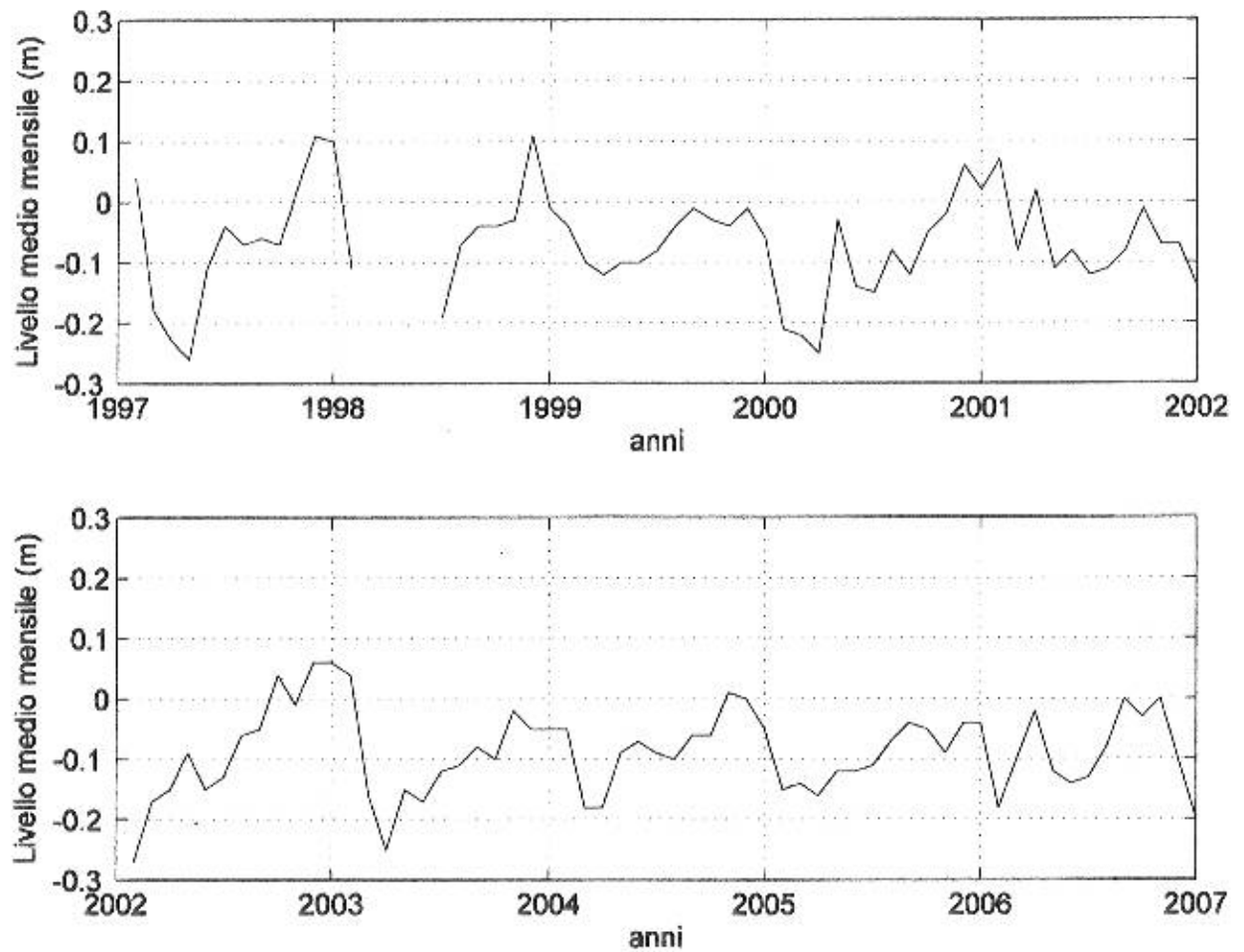


Fig. 3.1 – Andamento della media mensile dei livelli registrati al mareografo di Ortona tra il 1997 e il 2006

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

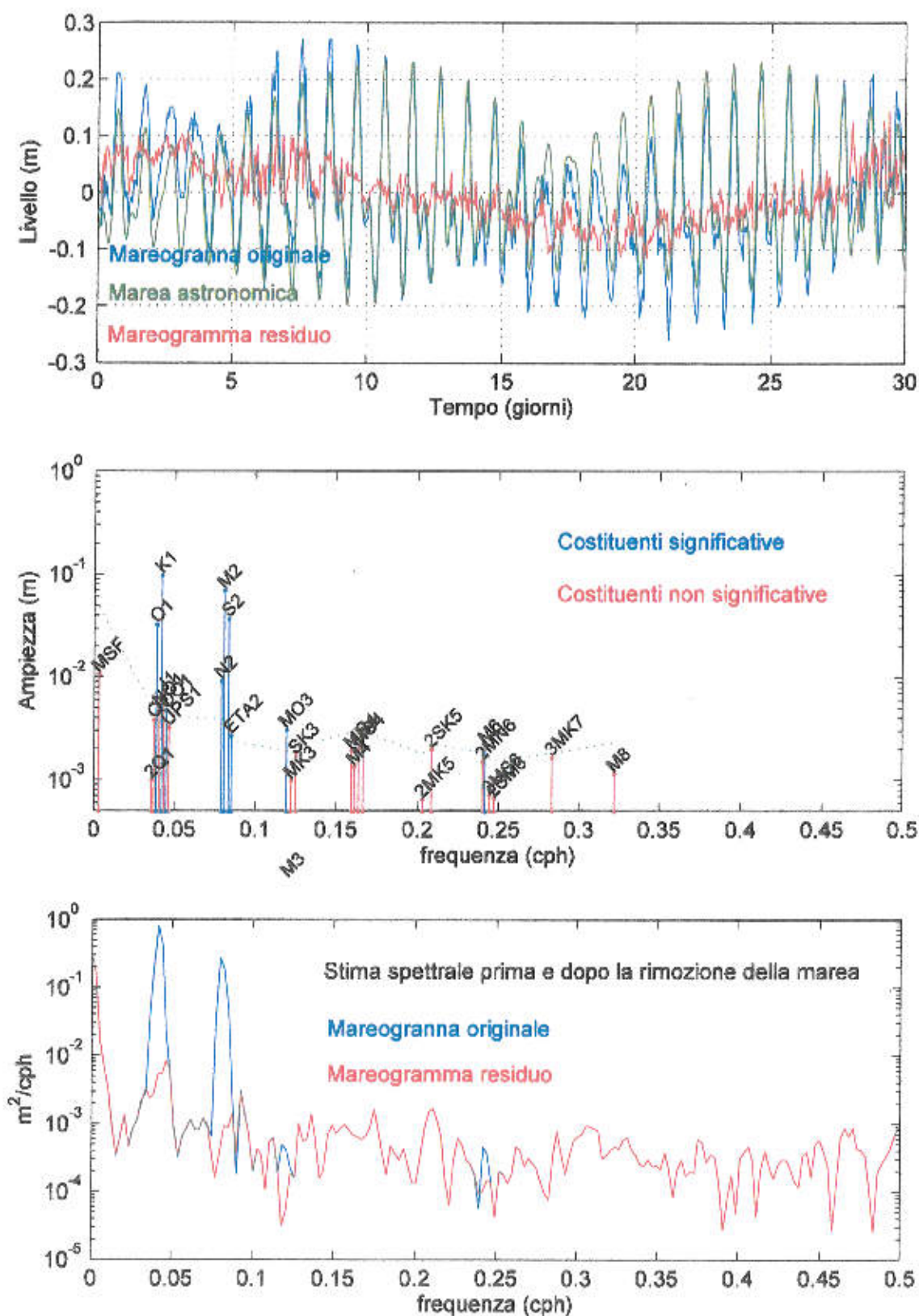


Fig. 3.2 – Esempio di analisi armonica della serie storica registrata al mareografo di Ortona (perido luglio 2006)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

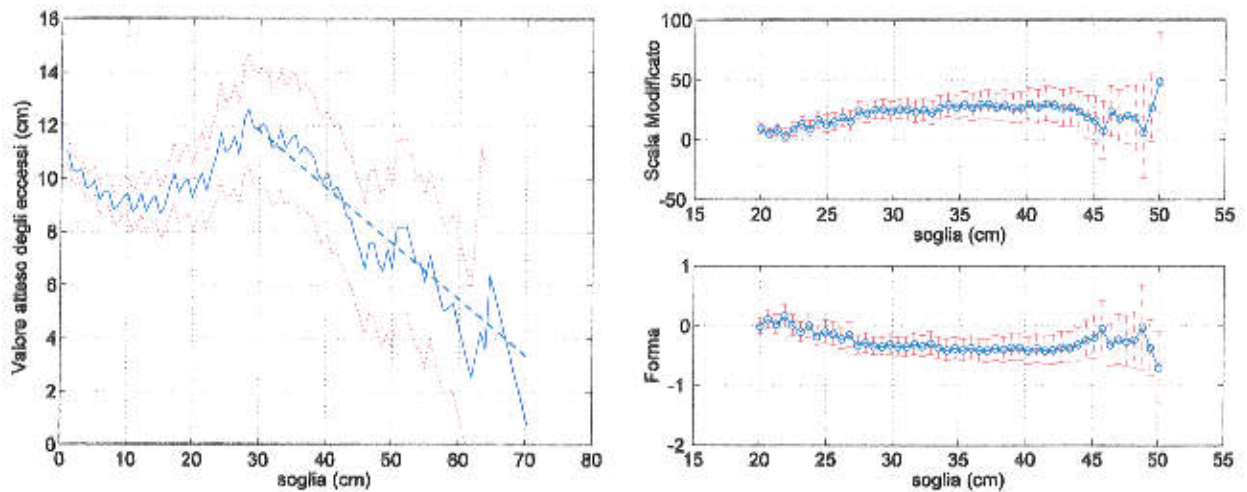


Fig. 3.3 – Analisi estrema dei livelli registrati al mareografo di Ortona: valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.

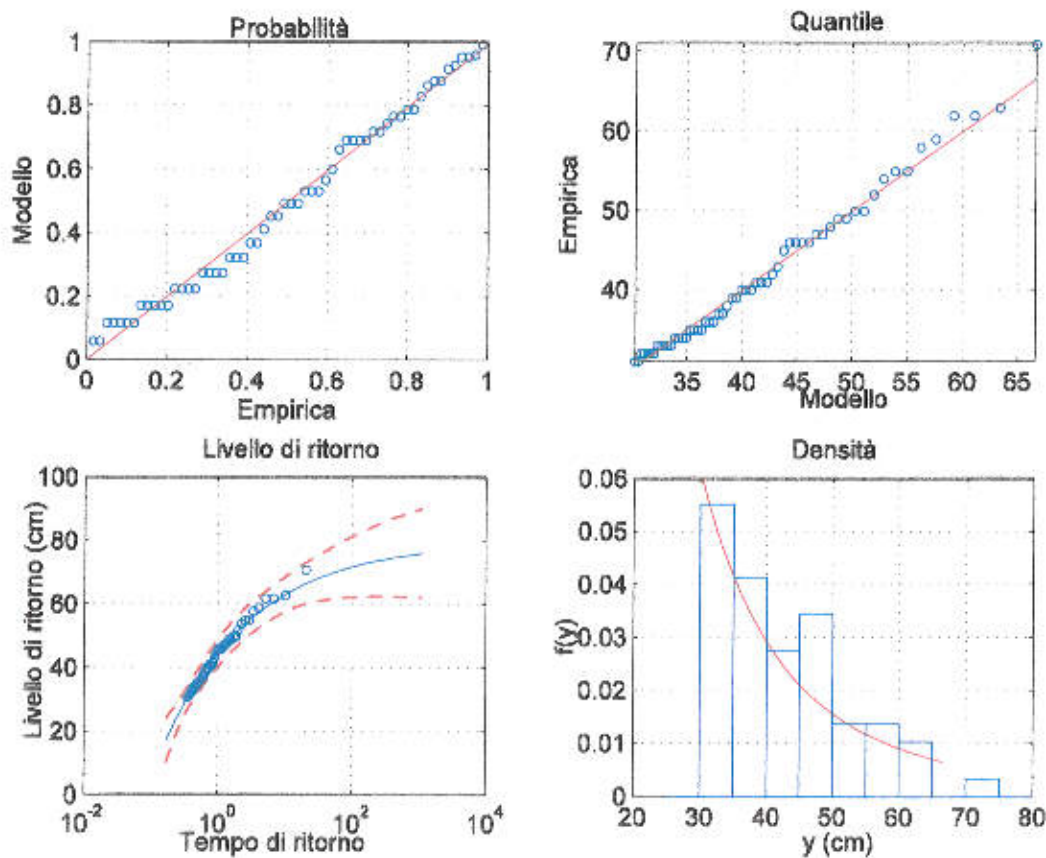


Fig. 3.4 – Analisi estrema dei livelli registrati al mareografo di Ortona: grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.

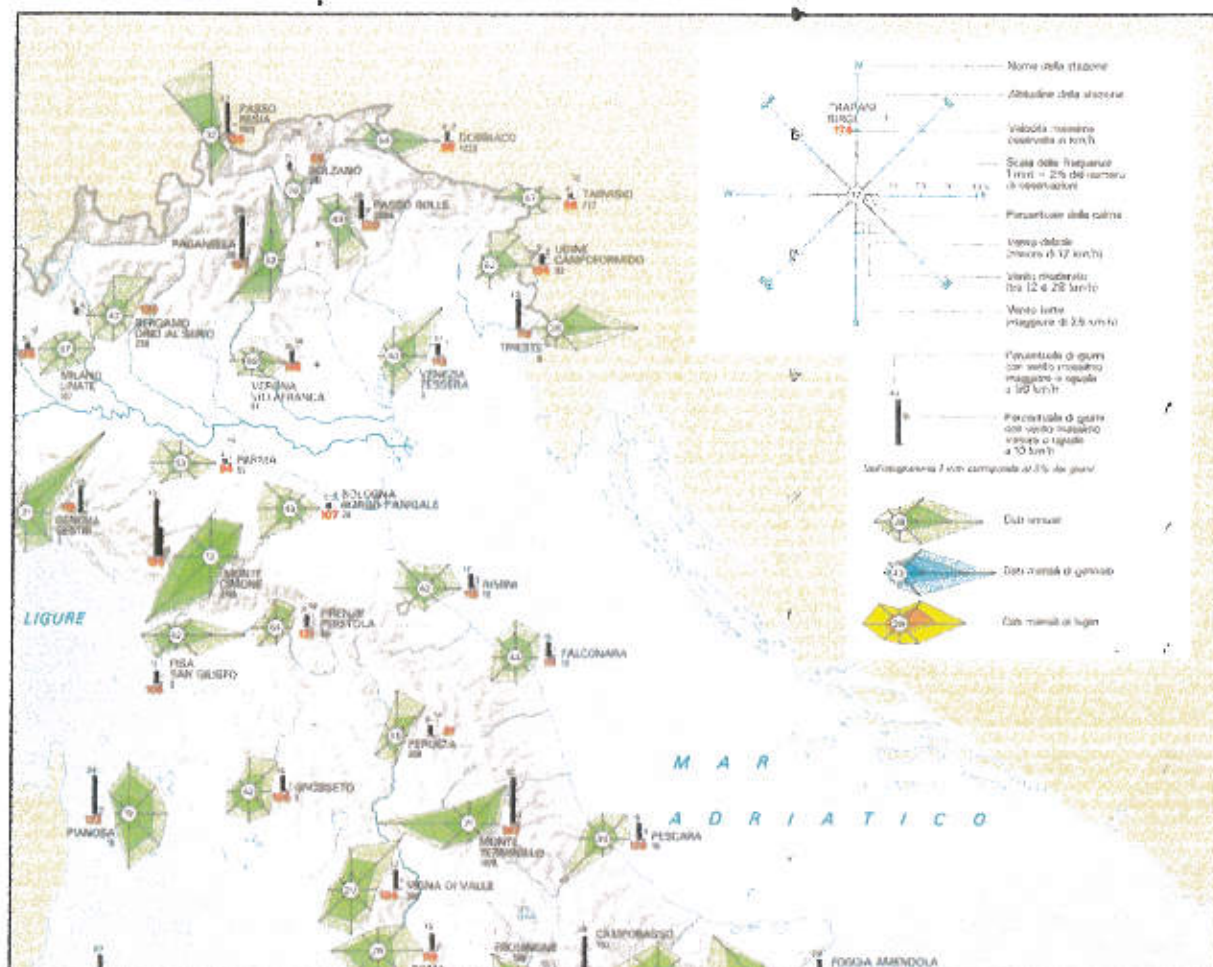


Fig. 4.1 - Dettaglio del tratto sud del litorale (lungomare sino a foce Vomano)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

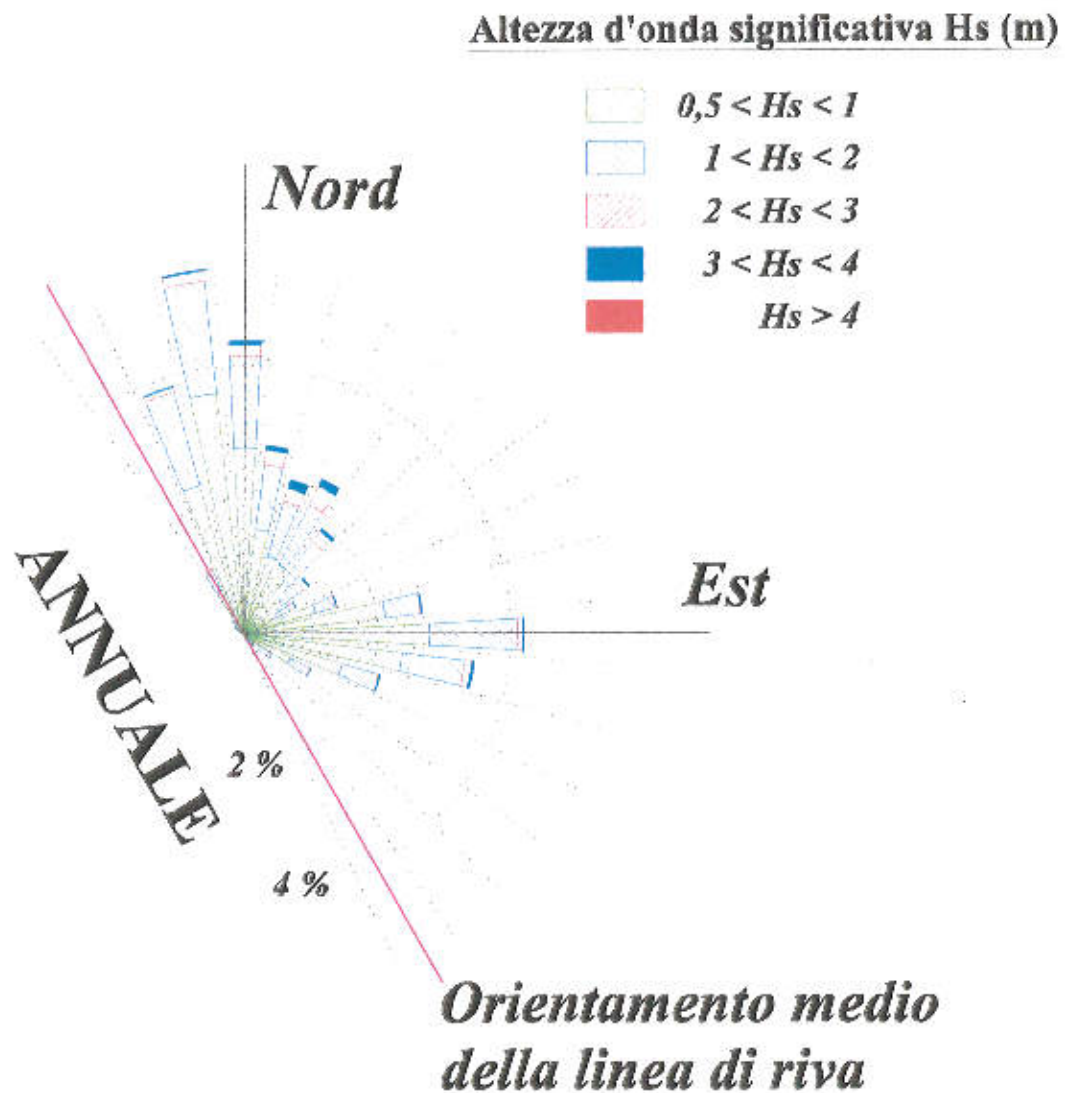


Fig. 5.1 - Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del Vomano (distribuzione annuale).

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.
 VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

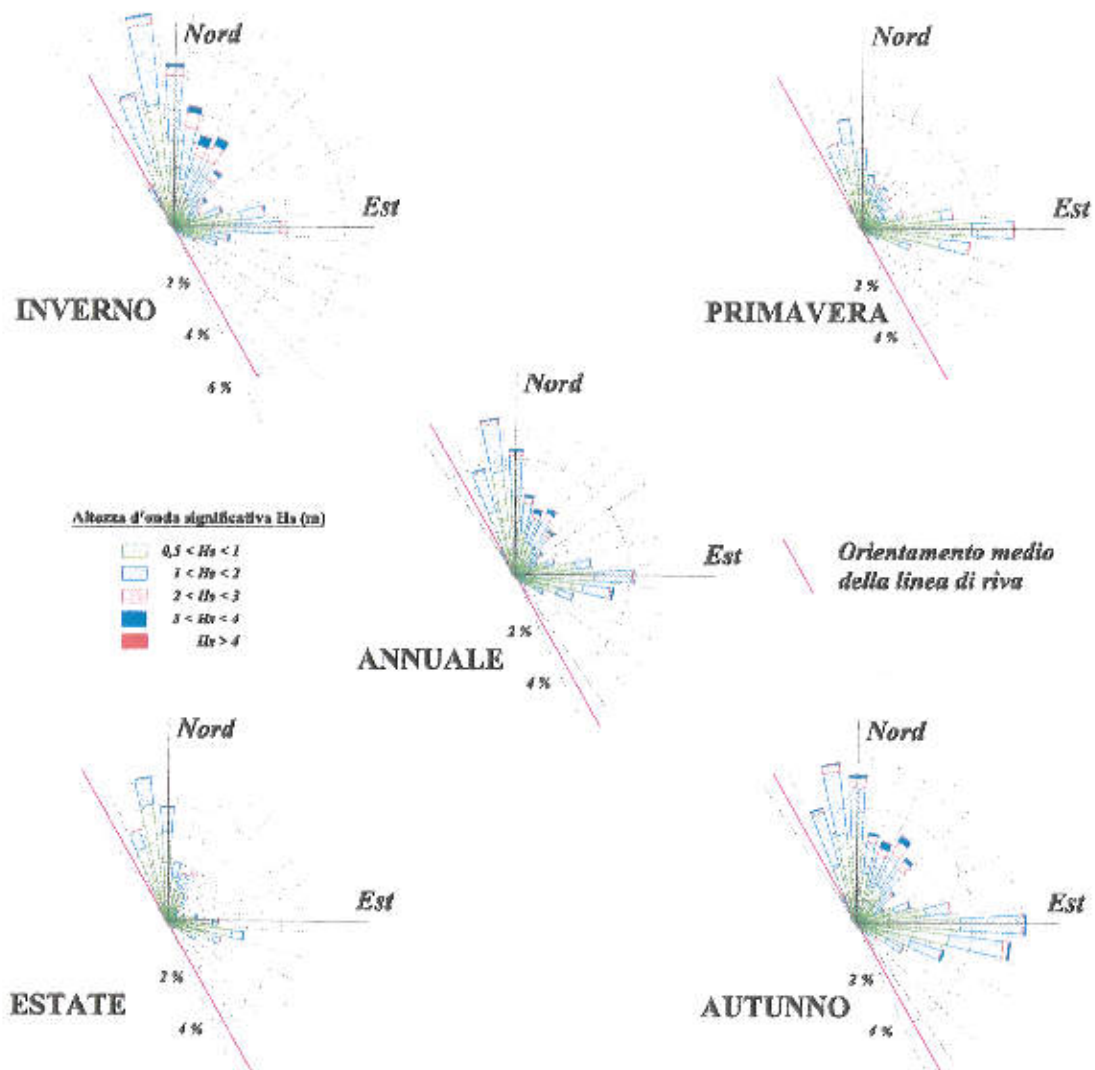


Fig. 5.2 - Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del Vomano (distribuzioni annuale e stagionali)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

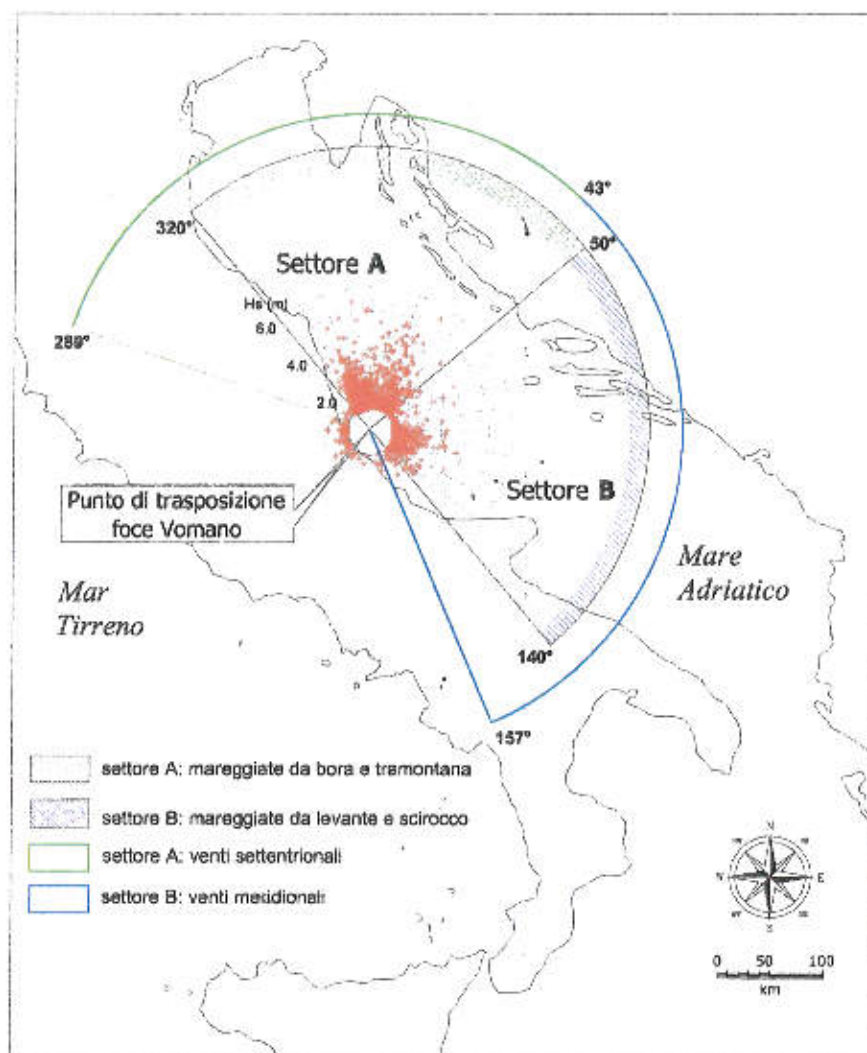


Fig. 5.3 - Distribuzione direzionale del moto ondoso al largo della foce del fiume Vomano.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.R.L.
 VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

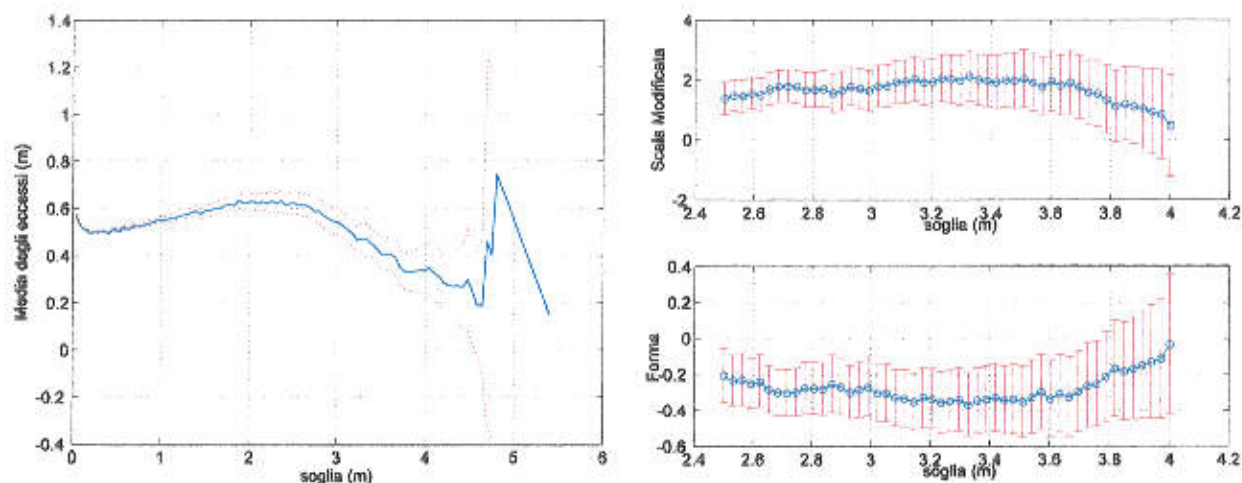


Fig. 5.4 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (intero settore): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.

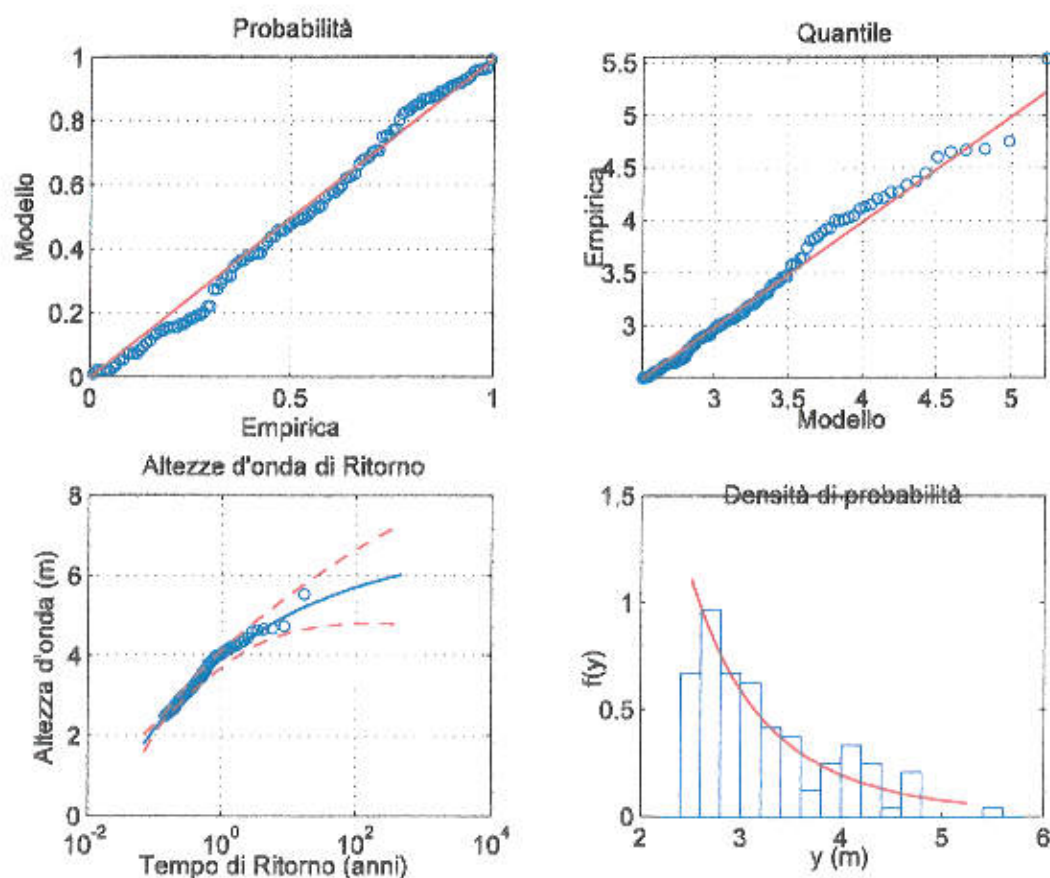


Fig. 5.5 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (intero settore): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

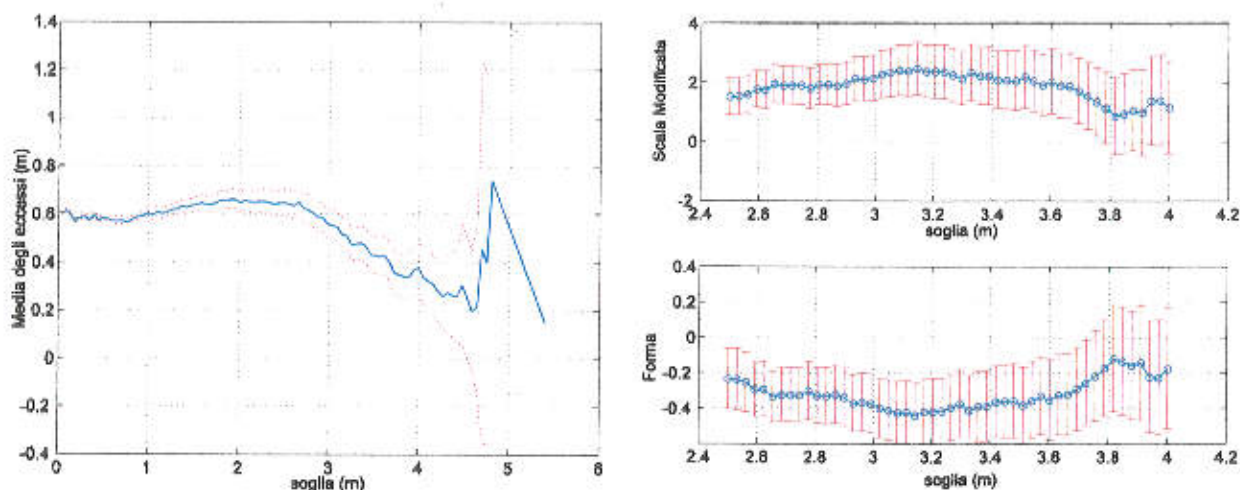


Fig. 5.6 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore A 320°-50° N): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.

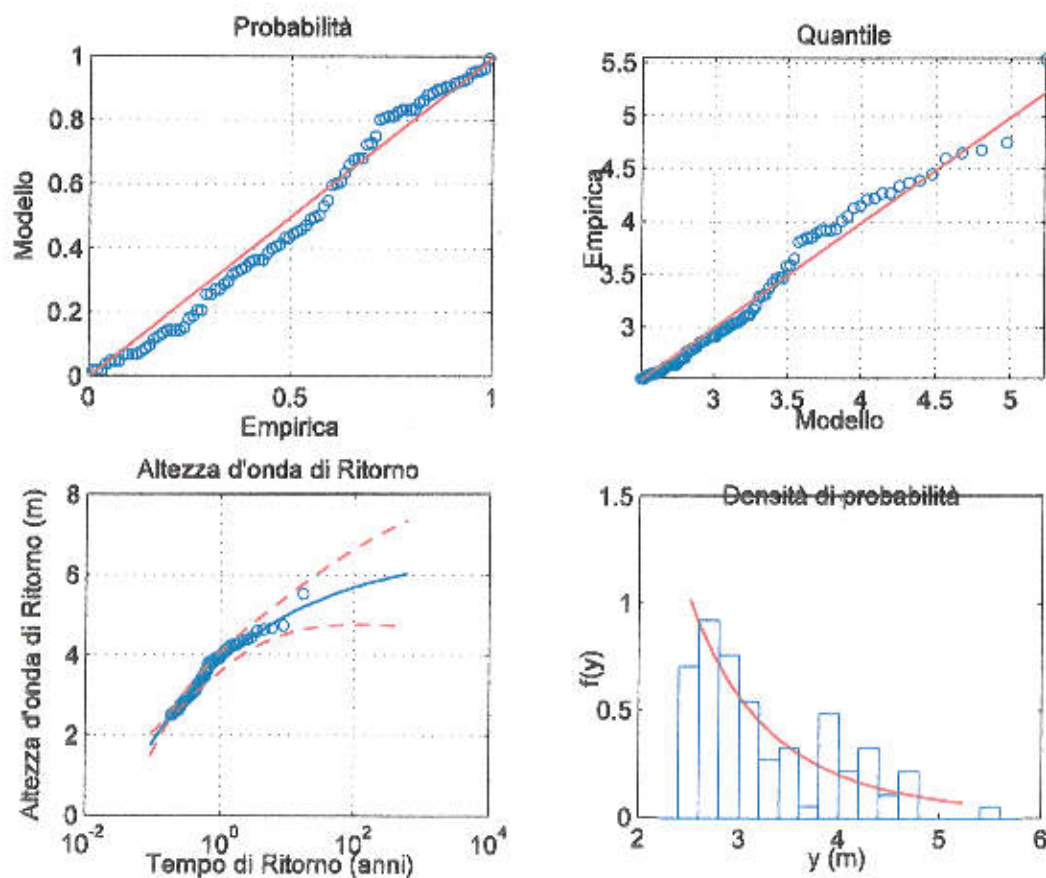


Fig. 5.7 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore A 320°-50° N): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

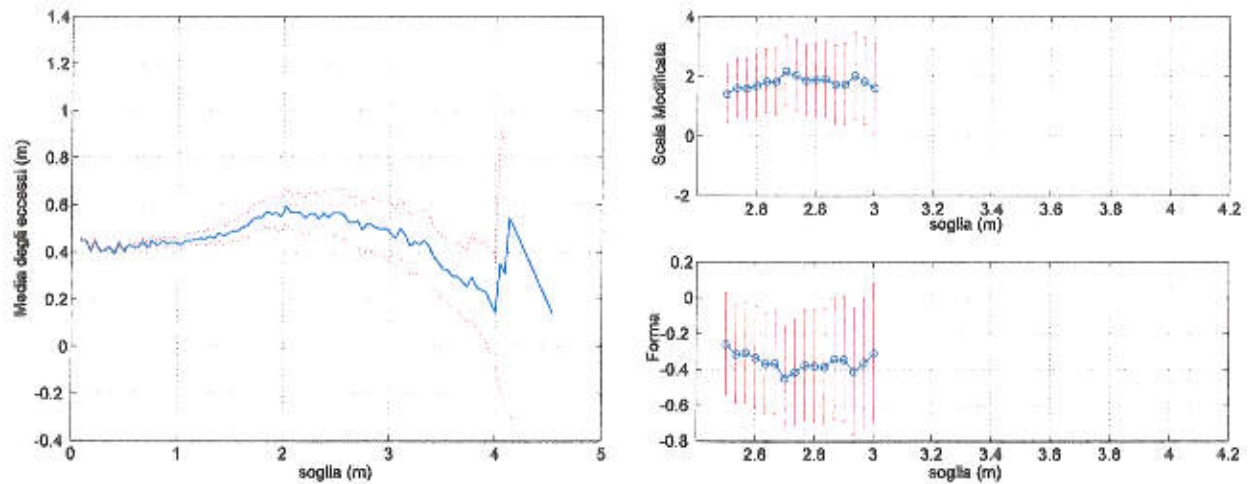


Fig. 5.8 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore B 50°-140° N): valore atteso degli eccessi (sx) e parametri della distribuzione generalizzata di Pareto (dx) al variare della soglia.

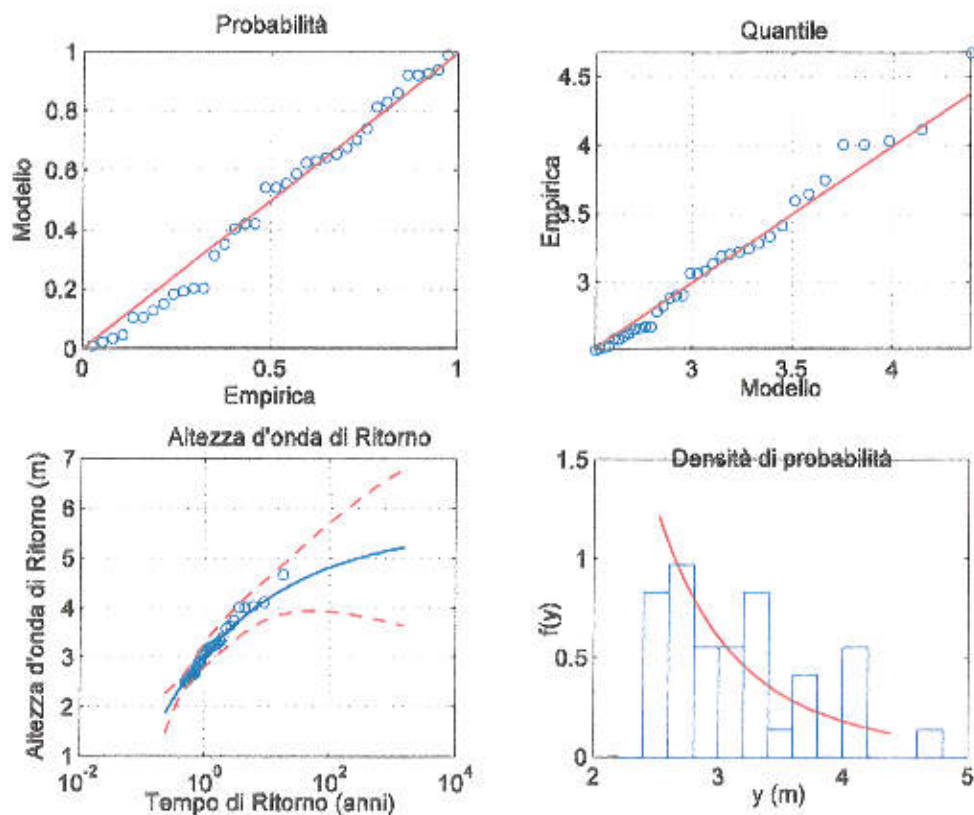


Fig. 5.9 – Analisi estrema del moto ondoso al largo del Vomano (settore B 50°-140° N): grafici diagnostici per la distribuzione generalizzata di Pareto.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMENI, 7 - 00185 ROMA

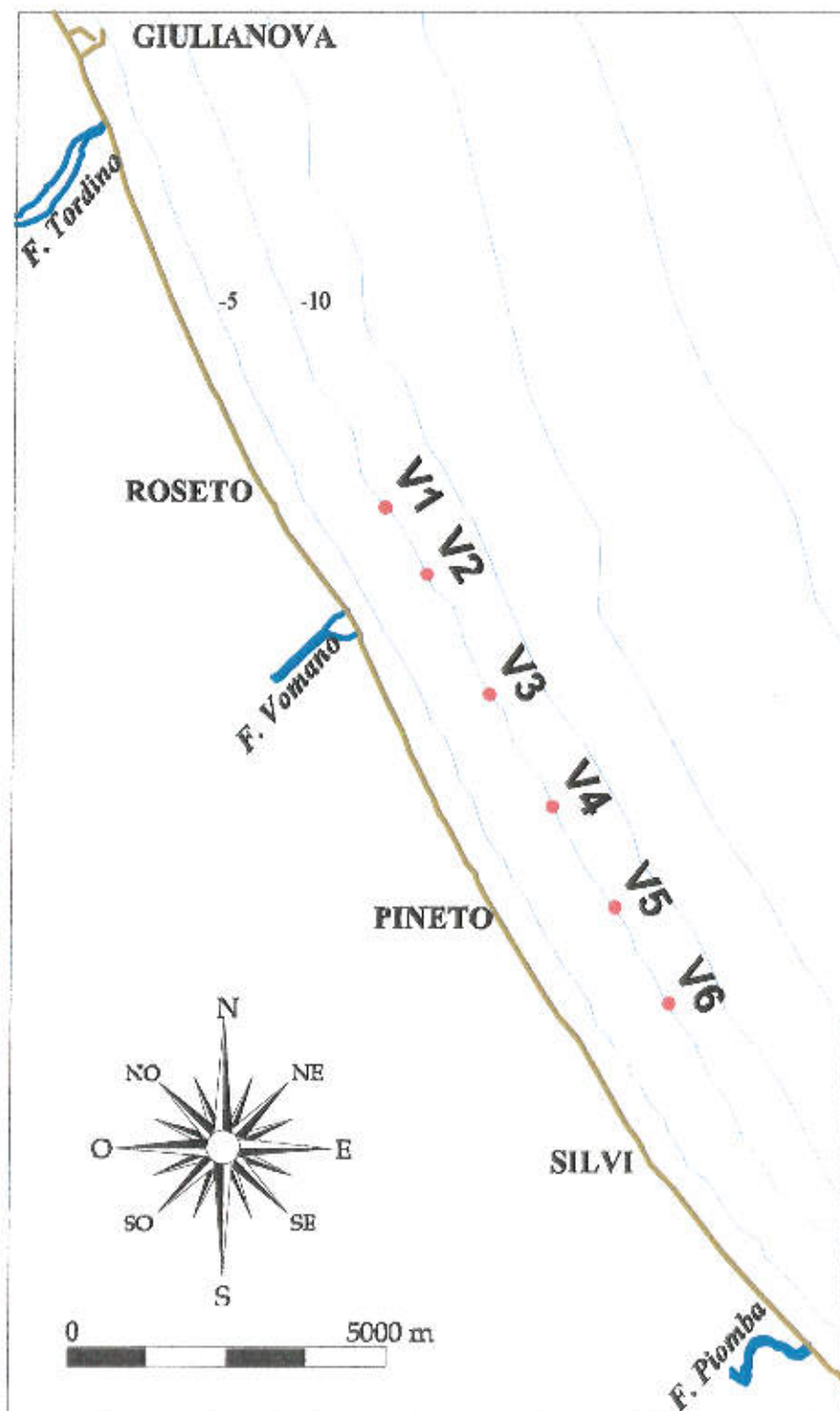


Fig. 6.1 - Ubicazione dei punti utilizzati per il calcolo dei fenomeni di propagazione inversa spettrale.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

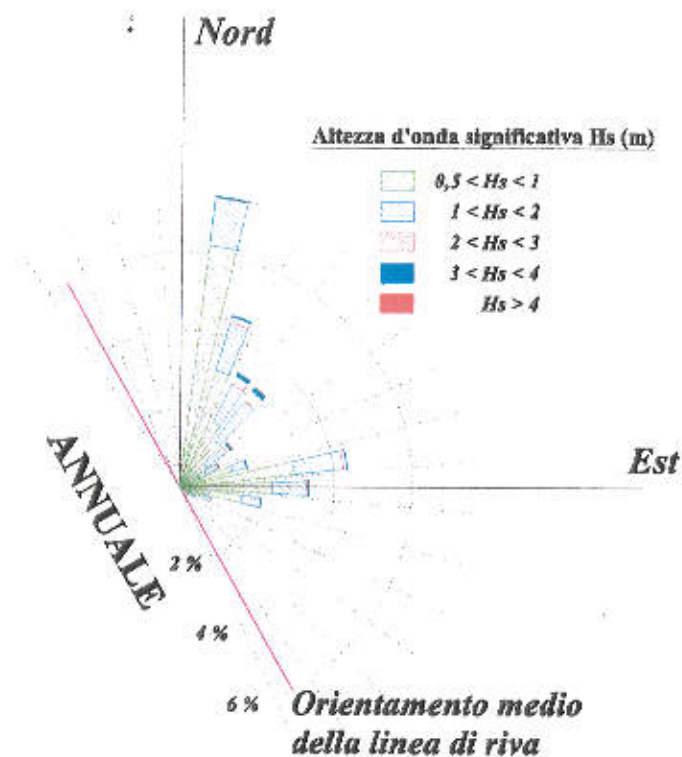


Fig. 6.2 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V1)

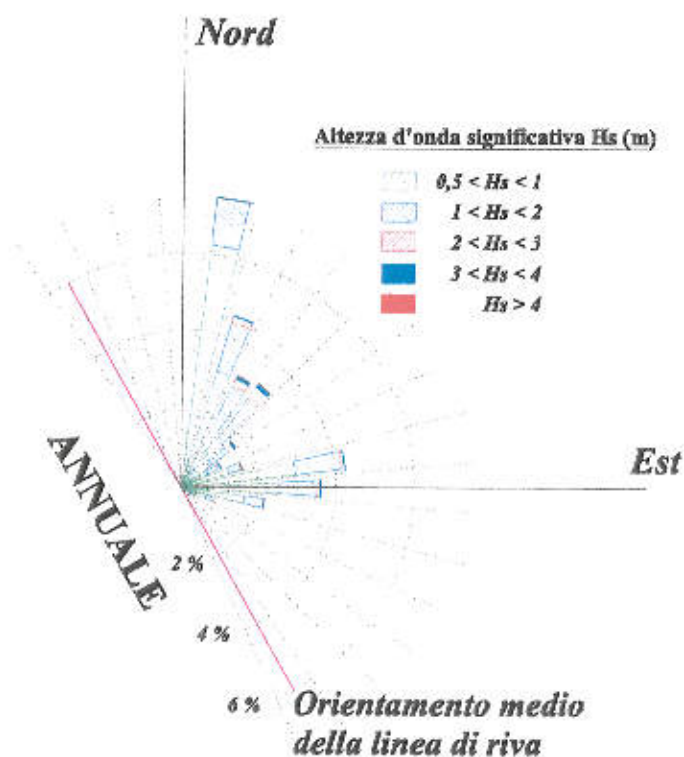


Fig. 6.3 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V2)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMINI, 7 - 00185 ROMA

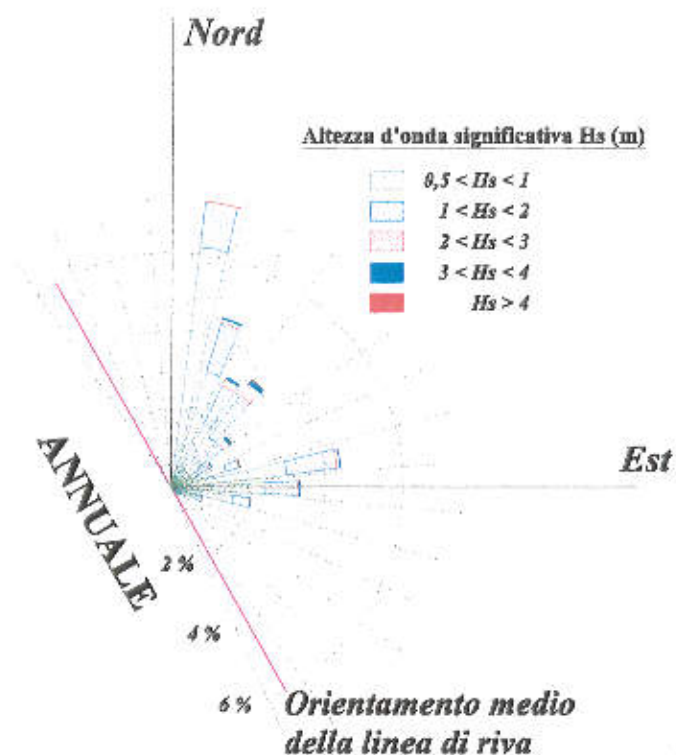


Fig. 6.4 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V3)

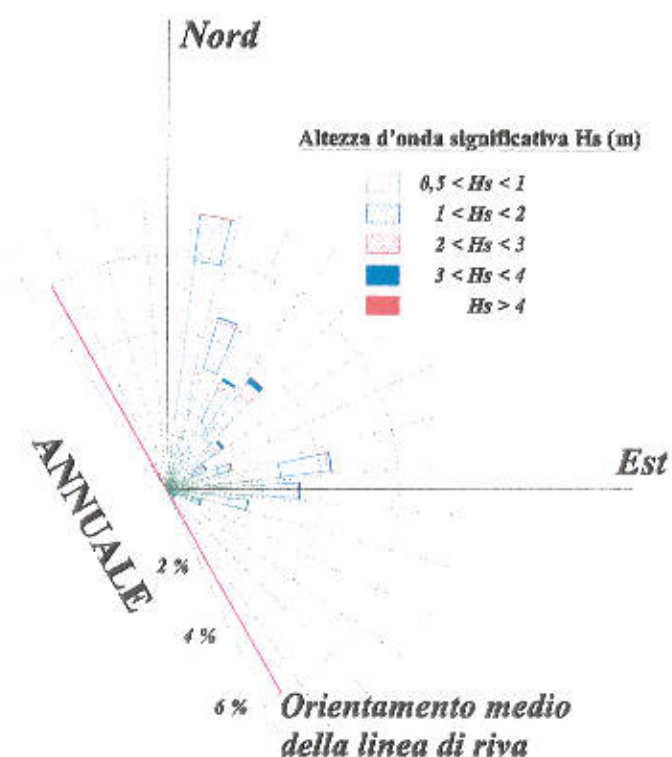


Fig. 6.5 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V4)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. - STADE S.R.L.
VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

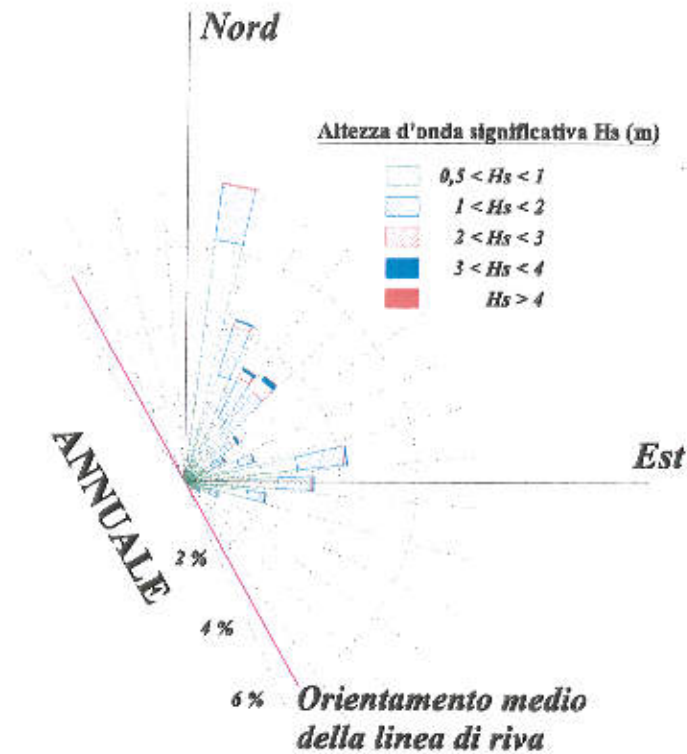


Fig. 6.6 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V5)

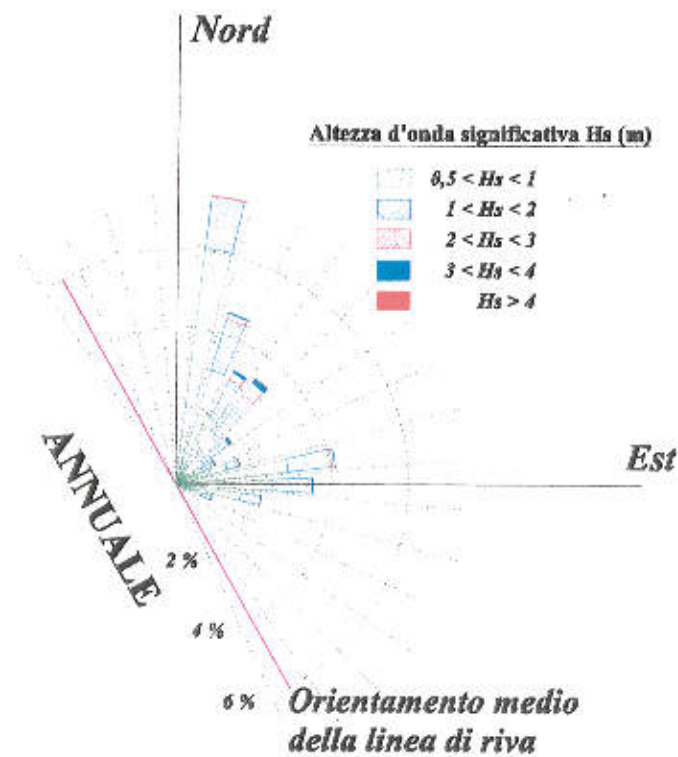


Fig. 6.7 - Distribuzione direzionale del moto ondoso sottocosta (punto V6)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. - STADE S.R.L.
 VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

Contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso
Punto di Rifrazione Inversa Spettrale V1 (-10 m Imm)
periodo : 1 luglio 1989 - 8 novembre 2005

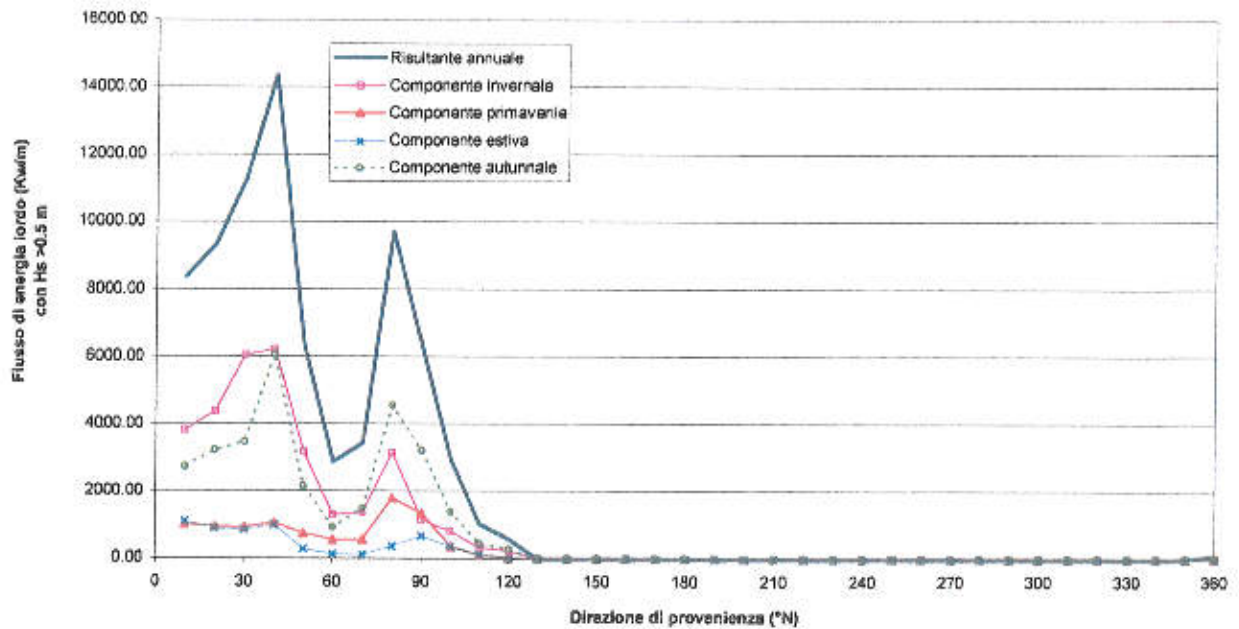


Fig. 6.8 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V1)

Contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso
Punto di Rifrazione Inversa Spettrale V2 (-10 m Imm)
periodo : 1 luglio 1989 - 8 novembre 2005

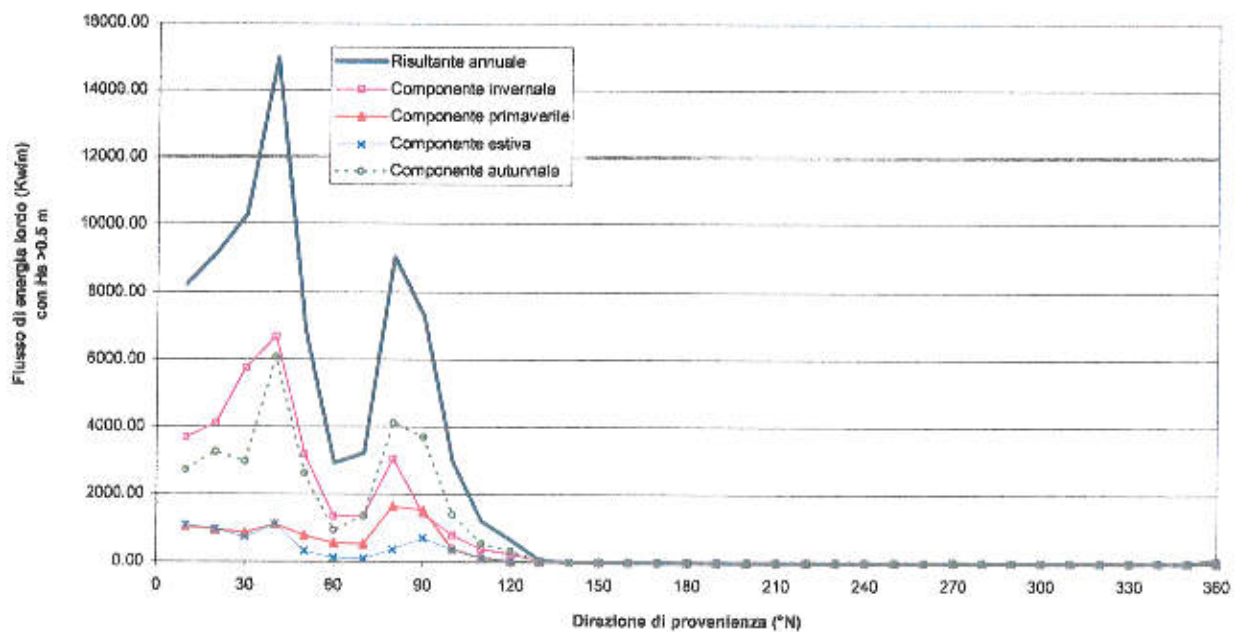


Fig. 6.9 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V2)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI**A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.R.L.**

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

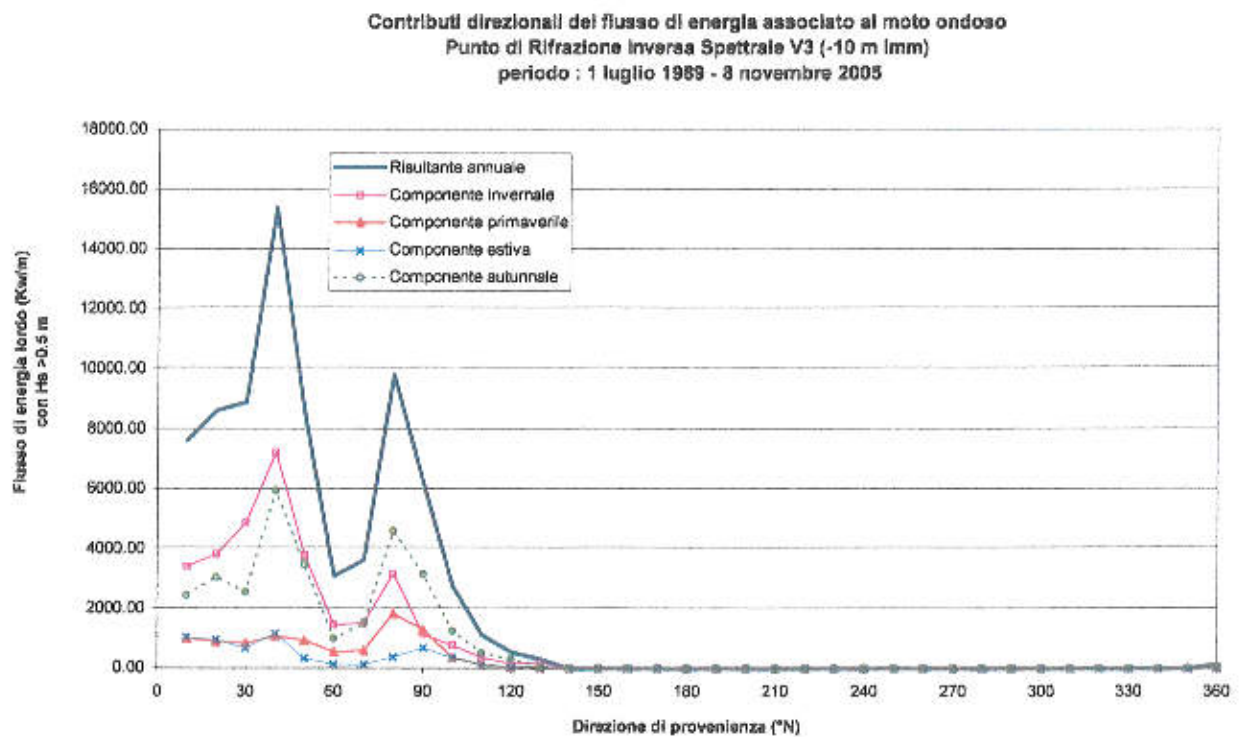


Fig. 6.10 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V3)

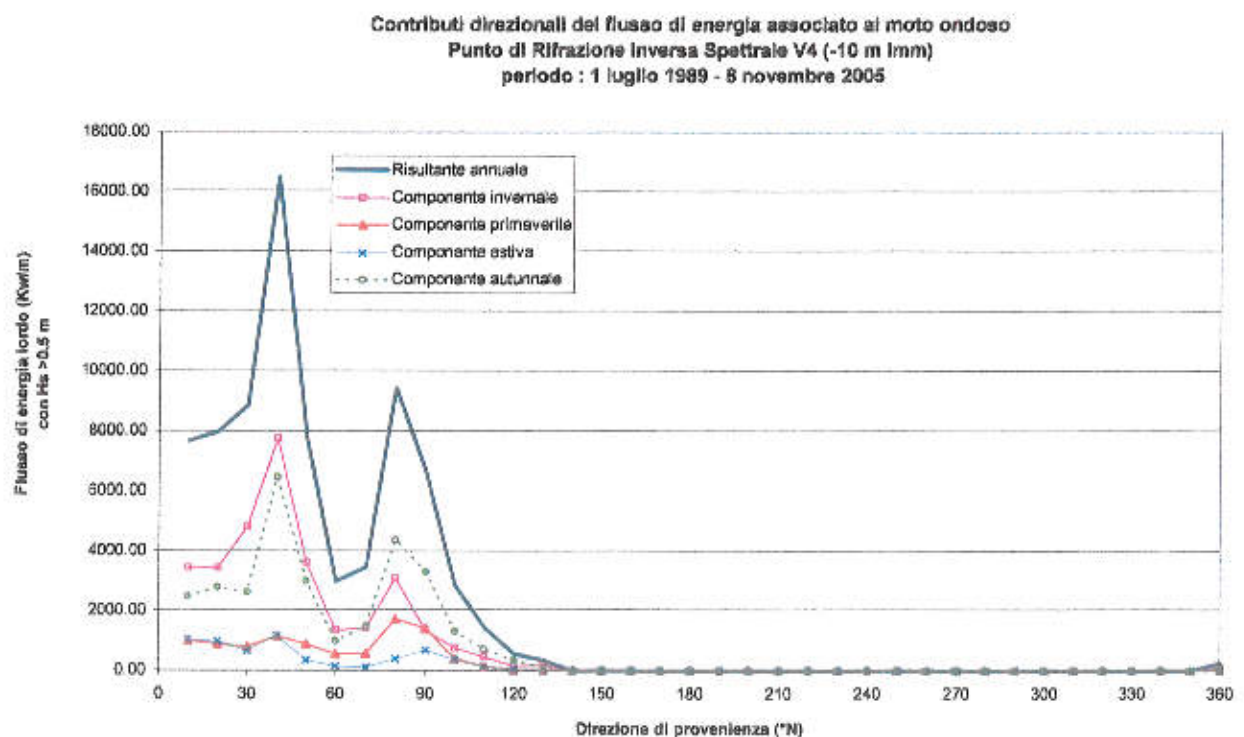


Fig. 6.11 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V4)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. - STADE S.R.L.

VIA DEI RAMENI, 7 - 00185 ROMA

Contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso
 Punto di Rifrazione Inversa Spettrale V5 (-10 m lmm)
 periodo : 1 luglio 1989 - 8 novembre 2005

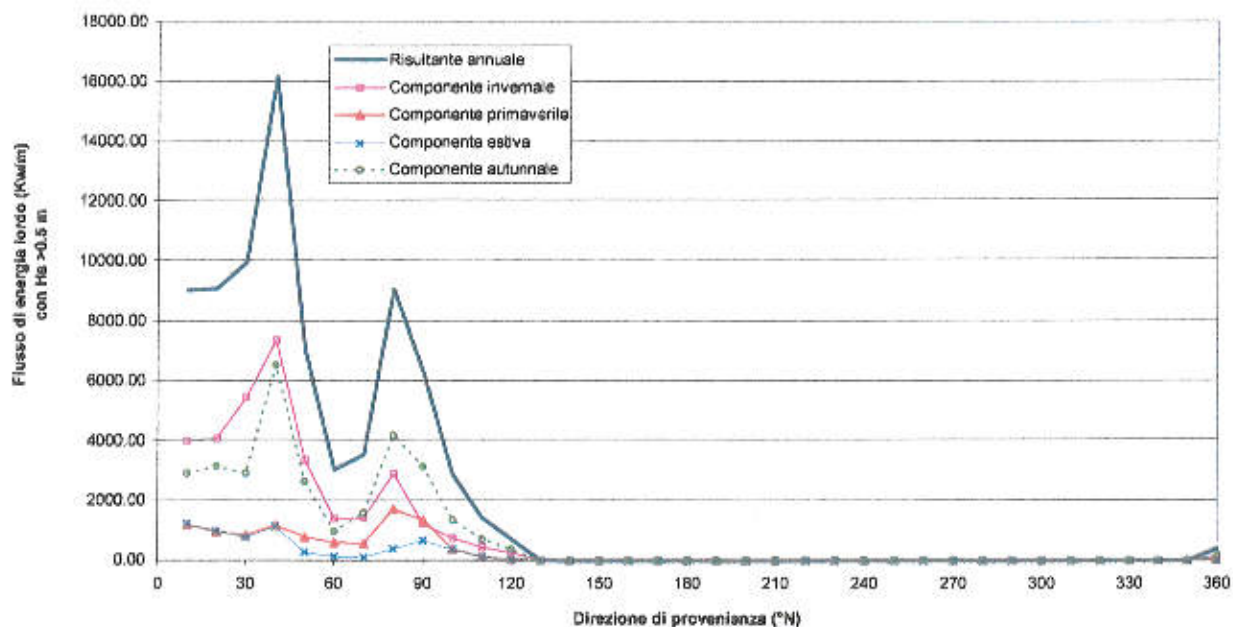


Fig. 6.12 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V5)

Contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso
 Punto di Rifrazione Inversa Spettrale V6 (-10 m lmm)
 periodo : 1 luglio 1989 - 8 novembre 2005

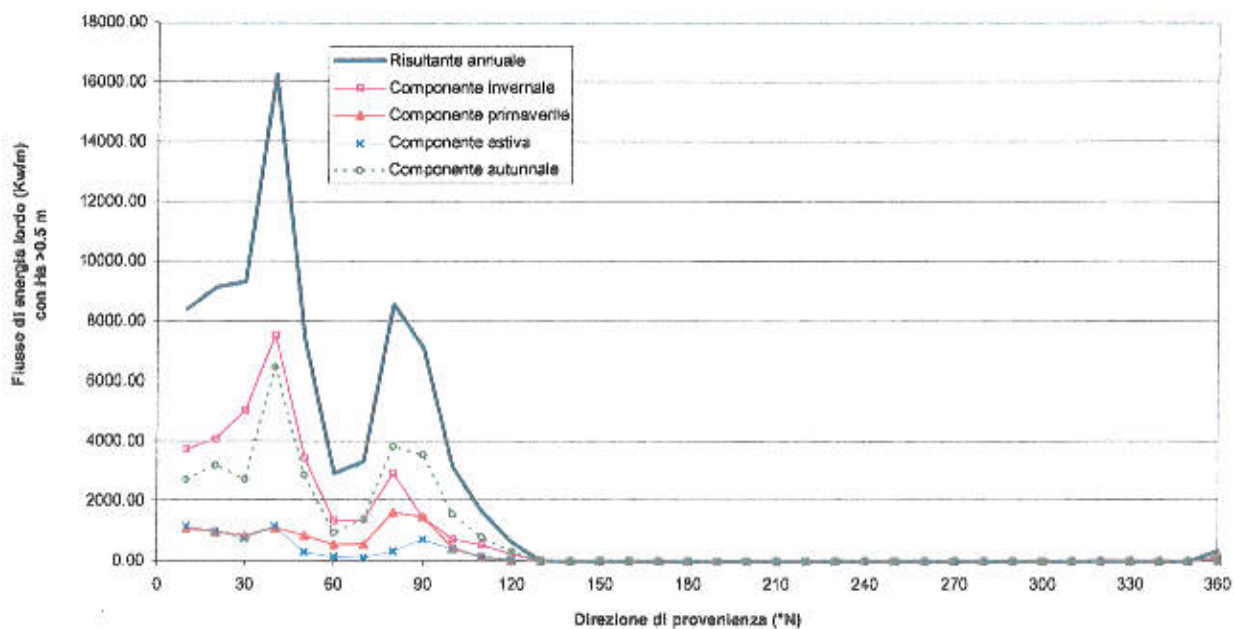


Fig. 6.13 - Flusso di energia associato al moto ondoso sottocosta (punto V6)

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

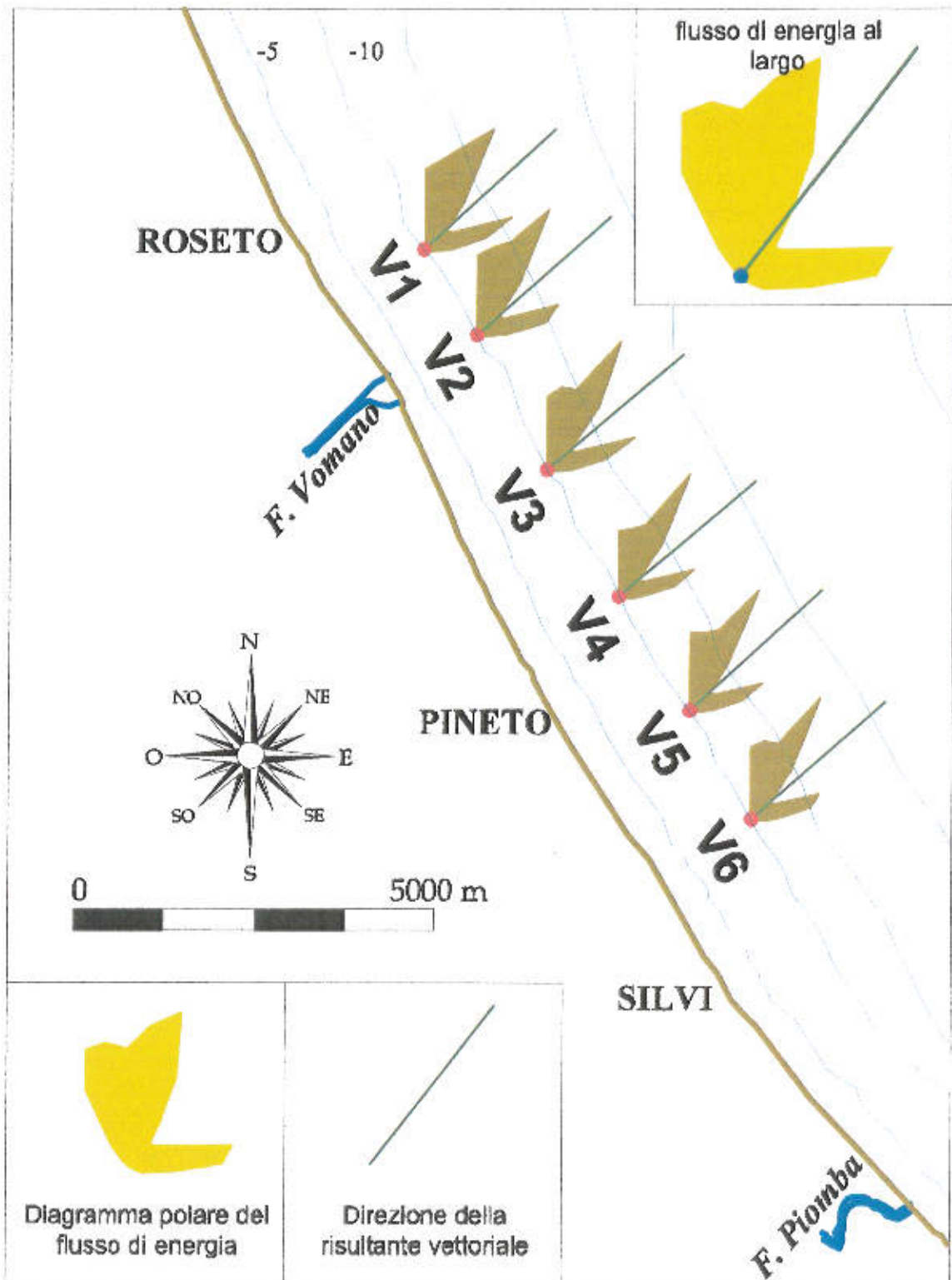


Fig. 6.14 - Caratteristiche del flusso di energia associato al moto ondoso al largo e per i sei punti di calcolo sottocosta