

3.1 PROGETTO N. 3.1

SIMULAZIONE NUMERICA DELLA MANOVRABILITA' NAVE IN ACQUE LIMITATE

3.1.1 Obiettivi

Obiettivi della ricerca sono il calcolo numerico delle forze idrodinamiche in gioco nei moti di manovra della nave in acque limitate tramite l'integrazione delle equazioni della fluidodinamica valide in tali condizioni, la valutazione sistematica dell'effetto memoria su tali equazioni e la definizione della struttura dei termini di accoppiamento carena-elica-timone nelle stesse equazioni.

3.1.2 Programma di attività

La modellazione numerica della manovrabilità nave in acque limitate, nella sua complessità, ha come presupposti fondamentali:

- la determinazione delle forze idrodinamiche agenti sulla carena, descritte da equazioni di campo che tengano conto sia delle caratteristiche geometriche e di forma della carena stessa e del dominio confinante, quali acque poco profonde e/o presenza di pareti fisse o in movimento, e sia di alcune proprietà fisiche che caratterizzano i moti di manovra in aree ristrette, quali i fenomeni di risonanza, la presenza di scie e di altri disturbi esterni periodici o non;
- la valutazione e modellazione delle forze idrodinamiche generate singolarmente dal funzionamento dell'elica e del timone nonché delle interazioni carena-elica-timone.

In relazione a tali presupposti, il programma di attività della ricerca, commisurato al finanziamento assegnato di lire 580 milioni, è articolato nelle seguenti fasi:

- A. Studio e definizione di modelli fisico-matematici idonei a simulare i campi di flusso idrodinamico associati ai moti non simmetrici, nel piano orizzontale, di corpi dislocanti geometricamente significativi per le applicazioni navali, considerando in particolare la condizione esterna di fondali bassi in domini illimitati.
- B. Sviluppo e messa a punto di metodi numerici per la soluzione dei modelli di flusso di cui alla fase A. precedente e per il calcolo delle forze e dei momenti idrodinamici da inserire nelle equazioni dinamiche descriventi il moto di manovra di una nave di superficie in acque basse e aperte.
- C. Studio di un modello di sistema dinamico per il problema della manovrabilità in acque limitate e relative metodologie di soluzione.

3.1.3 Attività svolta

Lo svolgimento del programma di attività indicato al punto 3.1.2 precedente ha avuto concreto inizio il 19 marzo 1991 (cfr. O.d.G. n. 4662 di pari data, relativo al conferimento degli incarichi di "Direzione di Progetto" del Programma Ricerche INSEAN in argomento) ed ha interessato tutte le fasi del programma stesso.

L'attività svolta, relativa a dette fasi, è documentata dai seguenti lavori:

- 1) C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI, "Alcune Applicazioni Numeriche all'Idrodinamica di un Aliscafo", Convegno sulle Applicazioni della Matematica in Campo Navale, Livorno, 1992.

- 2) C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI, "Non Linear Free Surface Dynamics by Direct Numerical Solution", I Congresso Nazionale della Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale, Firenze, 1992.
- 3) C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI, "Generation and Diffraction of Non Linear Gravity Waves by Oscillating Moving Bodies", 13th Annual Conference of the Canadian Applied Mathematics Society on Wave Phenomena II, Alberta Edmonton (CANADA), 1992.
- 4) C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI, "Onde Non Lineari Generate o Diffratte da un Corpo Oscillante Immerso", XI Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata (AIMETA), Trento, 1992.
- 5) M. LANDRINI, C. M. CASCIOLA, C. COPPOLA, "Numerical Modelling of Hydrodynamical Aspects in Ship Manoeuvrability", Workshop on Prediction of Ship Manoeuvrability, Fukuoka (JAPAN), 1992.
- 6) M. LANDRINI, C.M. CASCIOLA, C. COPPOLA, "A Nonlinear Hydrodynamic Model for Ship Manoeuvrability", Int. Conf. on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability (MARSIM '93), St. John's (CANADA), 1993.

In particolare lo sviluppo delle fasi A. e B. è stato caratterizzato da un'ampia indagine teorico-numerica condotta allo scopo di definire sia la struttura che la metodologia di soluzione di un modello matematico idoneo a rappresentare in maniera sufficientemente accurata la generazione e l'evoluzione non lineare della complessa vorticità, caratterizzante il campo di flusso intorno a una carena di nave in moto di manovra, e inoltre capace di inglobare anche gli effetti su tale vorticità dovuti sia alla superficie libera che a fondali bassi e/o presenza di pareti fisse o in movimento.

I risultati ottenuti da questa indagine si sono concretizzati nella individuazione ed utilizzazione di formulazioni matematiche non viscosi di flusso vorticoso, che sono apparse idonee per il calcolo delle forze idrodinamiche laterali e per la simulazione dei moti non simmetrici nel piano orizzontale, in configurazioni prossime a quelle relative ai problemi di manovrabilità (cfr. lavori 1)--4).

Il modello idrodinamico sviluppato è stato quindi applicato sia al caso di una lastra piana che a quello di una carena Wigley, simulando in ambedue i casi sia moti stazionari che non stazionari (cfr. lavori 5) - 6) e Figg. 1--6). I risultati di queste prime applicazioni sono stati presentati al convegno internazionale MARSIM '93 (cfr. lavoro 6)) ove hanno suscitato notevole interesse. Anche i confronti con i dati sperimentali ottenuti per la carena Wigley al canale di circolazione dell'INSEAN sono molto incoraggianti nel confermare la validità della metodologia adottata (Figg. 6-7).

Nel frattempo è in corso lo studio dell'effetto fondale e dell'effetto parete sul modello idrodinamico considerato.

Per quanto riguarda infine la fase C. del programma sono in corso di analisi due approcci: uno basato sul modello di Oltmann e Sharma (15th Symposium on Naval Hydrodynamics, 1984), valido per qualsiasi tipo di manovra ma utilizzabile solo previa determinazione sperimentale dei coefficienti idrodinamici, l'altro sul modello di Kijima (MARSIM & ICSM '90), di più semplice applicazione ma valido solo per manovre con nave in marcia avanti.

3.1.4 Collaborazioni

Nell'ambito del programma di attività indicato in precedenza sono stati attivati specifici rapporti di collaborazione e consulenza scientifica sia con il Dipartimento di Meccanica e

Aeronautica dell'Università di Roma "La Sapienza", mediante convenzione Cod. 70/NR stipulata con detto Dipartimento in data 23 dicembre 1992, che con l'Istituto Universitario Navale di Napoli, Istituto di Navigazione "G. Simcon", mediante convenzione Cod. 79/NR stipulata con detto Istituto in data 15 giugno 1993.

3.1.5 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Lo sviluppo del programma di attività della ricerca ha raggiunto alla data del 31 Dicembre 1993 lo stato di avanzamento globale dell'80% circa.

Si prevede che entro il 31.3.1994 si possa completare il programma stesso in modo soddisfacente per il raggiungimento degli obiettivi della ricerca. Si fa tuttavia presente che la medesima ricerca è suscettibile di ulteriore sviluppo, teso alla costruzione finale del modello matematico completo per la manovrabilità in acque limitate, subordinatamente al reperimento di nuove risorse finanziarie.

3.1.6 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 3.1, aggiornata al 31 Dicembre 1993, è riportata nell'Allegato 3.

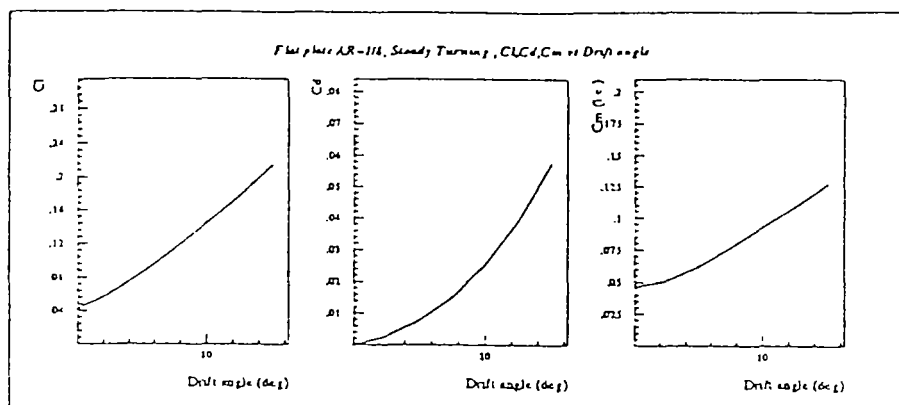


Figura 1: Valori di portanza, resistenza indotta e momento calcolati numericamente per il caso di una lastra piana in moto di evoluzione circolare stabilizzata.

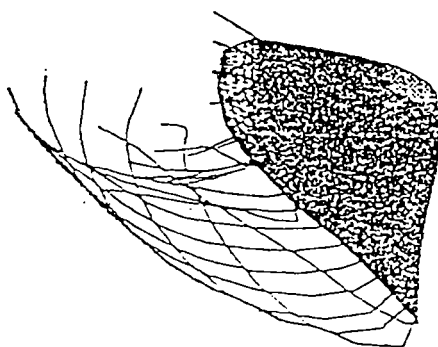


Figura 2: Simulazione numerica del flusso attorno ad una carena Wigley in moto di avanzamento in deriva (10 gradi): particolare della scia vorticoso.

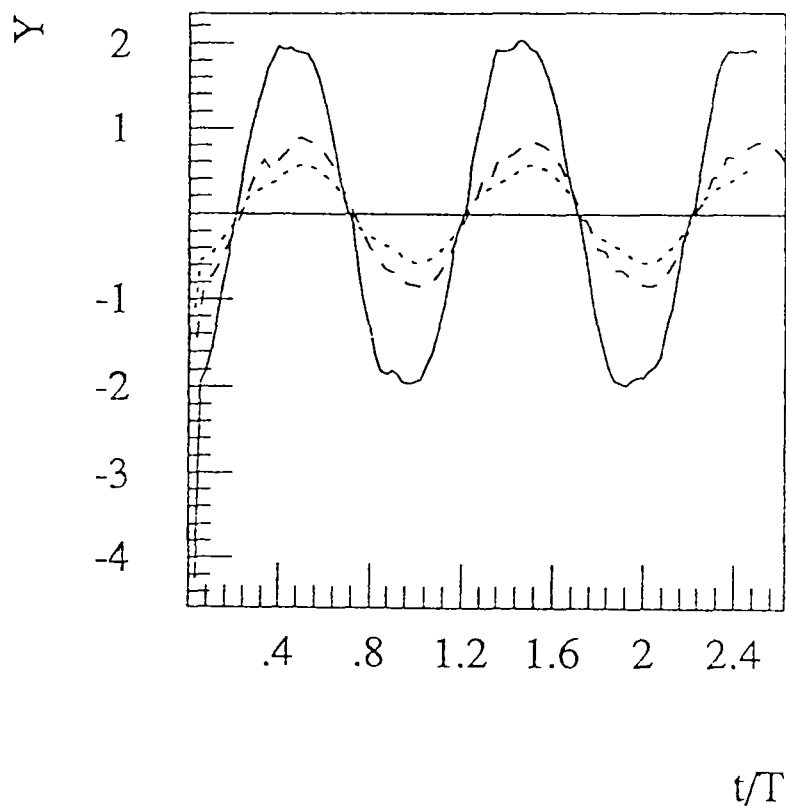


Figura 4: Lastra piana ($AR=1/16$) in moto di puro sway simulato con il modello fluidodinamico, andamento temporale della forza laterale per tre differenti periodi di oscillazione (rispettivamente $T = 10, 15, 20$ per le linee a tratto continuo, spezzata e a punti).

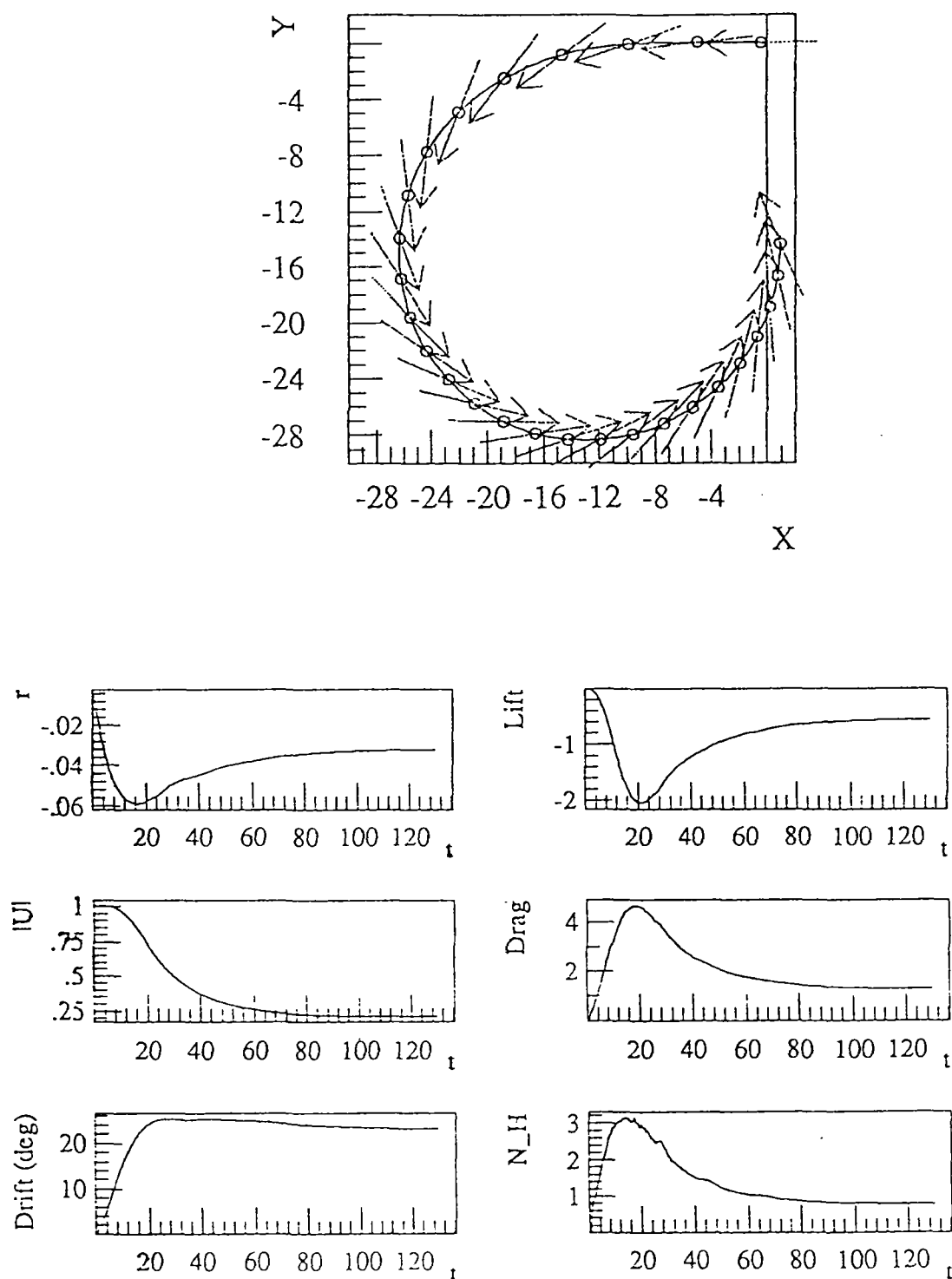


Figura 5: Entrata in evoluzione circolare di una lastra piana ($AR=1/16$) simulata con il modello fluidodinamico; a) traiettoria (in alto), b) andamento temporale delle principali variabili cinematiche e dinamiche.

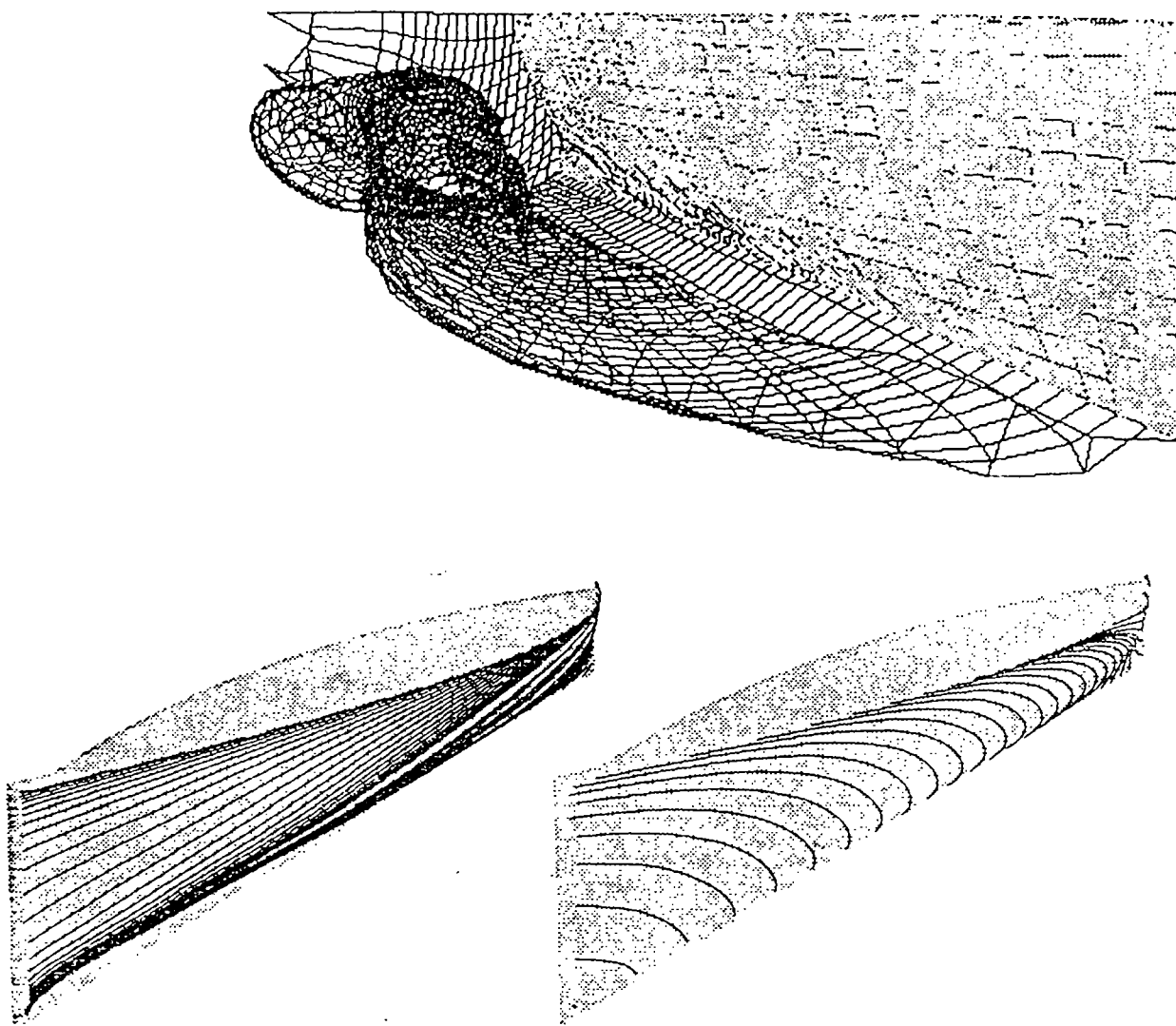


Figura 6: Simulazione con modello fluidodinamico della partenza impulsiva di una carena Wigley con angolo di deriva costante (14 gradi), velocità di avanzamento $U = 1$. In alto configurazione della scia; in basso confronto fra le linee di corrente nei casi di modello non viscoso (a destra) e non viscoso-rotazionale (a sinistra).

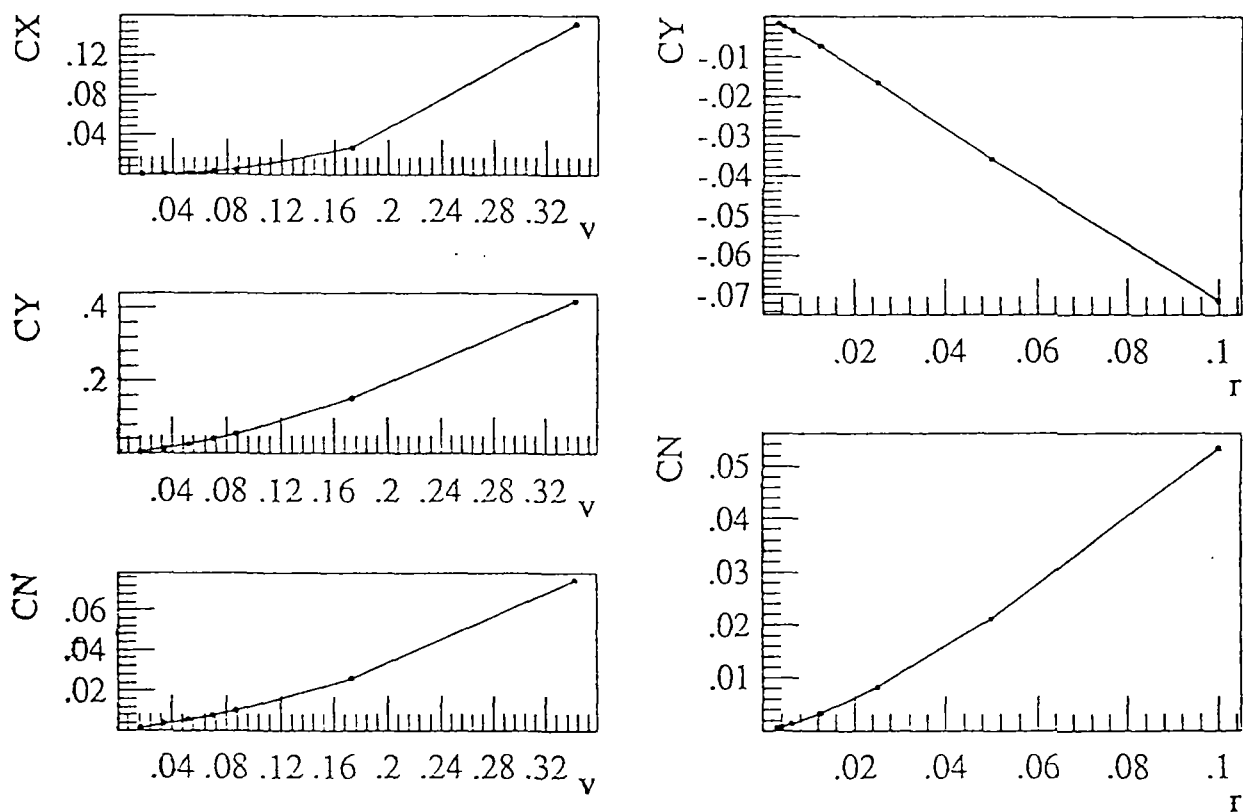
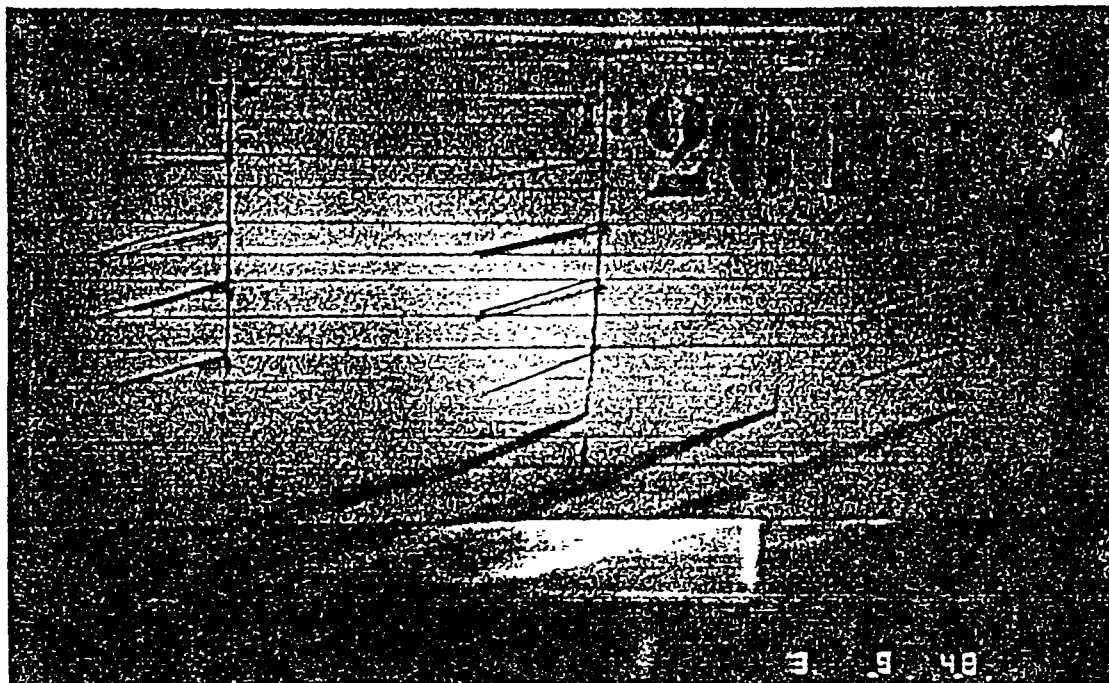


Figura 3: Moti stazionari di una lastra piana ($AR=1/16$) simulati con il modello fluidodinamico. A sinistra per il moto di avanzamento in deriva si riportano le azioni idrodinamiche al variare della componente trasversale della velocità. A destra per l'evoluzione circolare stabilizzata si mostrano le azioni idrodinamiche al variare della velocità angolare.

Lato sopravvento



Lato sottovento



Figura 7: Andamento del flusso in prossimità e in aderenza alla superficie prodiera di una carena Wigley in moto di avanzamento in deriva (10 gradi) a velocità $U = 1$ m/s. Rilievo eseguito al Canale di Circolazione dell'INSEAN con filetti penduli e getti di soluzione di anilina.

3.2 PROGETTO N. 3.2

PREVISIONE DELLE CARATTERISTICHE DI TENUTA AL MARE DELLE NAVI.

3.2.1 Obiettivi

Per le previsioni di tenuta al mare delle navi, l'INSEAN utilizza attualmente programmi di calcolo basati sulla *strip theory*, che permettono di ottenere risultati sufficientemente validi per i moti longitudinali ma di scarsa affidabilità per quelli trasversali.

La ricerca mira ad ottimizzare l'uso di tali programmi previo il trasferimento dei relativi algoritmi su Personal Computer e la realizzazione di nuovi algoritmi sulla base di metodologie che consentano previsioni più affidabili anche dei suddetti moti trasversali.

3.2.2 Programma di attività

Tra i programmi di calcolo basati sulla *strip theory*, di cui l'INSEAN attualmente dispone per la previsione del comportamento in mare ondoso delle navi, il più usato è lo Ship Motion Program (SMP) generato presso il David Taylor Research Center nel 1981 e successivamente aggiornato nel 1984 (SMP 84). Tale programma, da verifiche effettuate tramite confronti con dati sperimentali, si è rilevato finora il più affidabile entro i limiti delle approssimazioni accettabili consentiti dalla teoria di base sopra citata.

Il programma SMP 84, tuttavia, essendo basato anche su procedure iterative, richiede, per le sue applicazioni, notevoli capacità di calcolo e di memoria di massa e, quindi, poichè attualmente opera su VAX 11/750, comporta tempi di elaborazione eccessivi, non più compatibili con le attuali esigenze dell'INSEAN. Inoltre, il programma stesso necessita di un ulteriore accurato aggiornamento da conseguire mediante l'integrazione e/o la sostituzione di alcune delle sue attuali routine con routine nuove, siano esse quelle già realizzate presso l'INSEAN per il calcolo degli operatori di risposta delle accelerazioni e dei moti non baricentrici, oppure quelle ancora da sviluppare e dedicate ad una previsione più affidabile dei moti trasversali, nella quale il suddetto programma è particolarmente carente per i limiti sopra accennati.

Il programma di attività della ricerca, commisurato al finanziamento assegnato di lire 180 milioni, comprende, pertanto, le seguenti fasi:

- A. Studio di fattibilità dell'adattamento del codice SMP, attualmente disponibile nella versione per il sistema VAX-VMS, al sistema operativo DOS oppure OS/2 su Personal Computer.
- B. Implementazione del codice SMP sul nuovo sistema.
- C. Realizzazione e integrazione nel pacchetto software su PC di una nuova routine da adibire al calcolo di previsione delle ampiezze massime del moto di rollio che, come è noto, a causa della sua forte deviazione dalla linearità, è quello che, più degli altri moti trasversali, risente delle approssimazioni insite nei programmi previsionali basati sulla *strip theory*.
- D. Elaborazione di una metodologia per la valutazione dell'accuratezza delle prove di tenuta al mare, ai fini di una verifica dell'intero pacchetto software realizzato nelle fasi precedentemente descritte.

3.2.3 Attività svolta

L'esecuzione del programma di attività, come delineato al punto 3.2.2 precedente, ha avuto inizio anch'esso il 19 marzo 1991 (cfr. O.d.G. n. 4662 di pari data citato al punto 3.1.3 precedente) ed ha comportato fino ad oggi lo sviluppo completo delle fasi A. B. e quello ancora parziale delle fasi C. e D. del programma stesso.

L'attività esplicata, relativa alle fasi A. e B., è documentata nei lavori:

- 1) R. PENNA, "Implementazione del Codice di Calcolo 'Ship Motion Program (SMP)' su Personal Computer, Rapporto INSEAN 1990, Giugno 1992.
- 2) R. PENNA, "Estensione del Codice 'Ship Motion Program (SMP)' al Calcolo degli Operatori di Risposta (RAO) dei Moti Nave Non-Baricentrici", Rapporto INSEAN 1990, Dicembre 1992.

Tale attività in particolare è stata caratterizzata da uno studio accurato della funzionalità delle singole routine componenti la versione disponibile del codice SMP 84, dall'adattamento delle medesime routine al nuovo sistema operativo rappresentato dal sistema DOS su un Personal Computer di fascia alta (HP Vectra 486/33), appositamente acquistato per questo fine, nonché dall'integrazione del codice stesso con nuove routine realizzate e dedicate al calcolo degli operatori di risposta assoluti e relativi per ogni punto della nave.

L'implementazione del codice SMP realizzata sul nuovo sistema ha permesso di ridurre drasticamente i tempi di esecuzione delle previsioni di tenuta al mare eseguibili presso l'INSEAN senza alterare la consistenza attuale dei risultati delle previsioni stesse, consentendo quindi di acquisire una stazione di lavoro di elevata capacità computazionale e grafica, utile sia ai fini immediati dell'attività di servizio dell'INSEAN che a quelli dell'ulteriore sviluppo del programma di attività della ricerca in argomento (Figg. 8-9).

Tale sviluppo ha interessato sia la fase C. che quella D. del programma stesso. Per la fase C. è in corso di avanzata esecuzione un'indagine teorico-sperimentale che mira a definire un modello matematico non lineare idoneo a descrivere il moto di rollio. In particolare tale modello è basato sull'utilizzo di coefficienti dedotti con tecniche di identificazione parametrica dalle curve di estinzione del rollio e di rollio forzato rilevate sperimentalmente. Le prove sperimentali già effettuate a questo fine presso la vasca dei Laboratori Idrodinamici del Dipartimento di Ingegneria Navale del Mare e per l'Ambiente dell'Università di Trieste riguardano tre modelli in scala di tipologie di navi (nave militare, peschereccio, nave da carico).

Per quanto riguarda infine la fase D. del programma è stata effettuata una prima verifica del pacchetto software già realizzato mediante confronto con risultati sperimentali disponibili presso l'INSEAN. I risultati di questa verifica si sono rilevati più che soddisfacenti (Fig.10). Essi sono stati anche presentati ad un incontro di lavoro sull'argomento tenutosi presso il David Taylor Research Center di Washington nel maggio 1993, dove hanno suscitato particolare interesse nei rappresentanti della U.S. Navy, che si sono dichiarati disponibili a collaborare per ulteriori sviluppi del programma SMP 84.

3.2.4 Collaborazioni

Nell'ambito dello sviluppo delle fasi C. e D. del programma di attività sopra indicato sono stati attivati specifici rapporti di collaborazione scientifica con il Dipartimento di Ingegneria Navale del Mare e per l'Ambiente dell'Università di Trieste, mediante convenzione Cod. 77/NR stipulata con detto Dipartimento in data 28 giugno 1993.

3.2.5 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Alla data del 31 Dicembre 1993 sono state portate a termine le fasi A. e B. del programma di attività sopra descritte, mentre le fasi C. e D. hanno raggiunto lo stato di avanzamento dell'80% e del 40% circa, portando quindi quello dell'intero Progetto 3.2 a circa l'80%.

Sulla base dei positivi risultati acquisiti, evidenziati al paragrafo 3.2.3 precedente, è possibile prevedere l'ultimazione della ricerca entro il 31.3.1994.

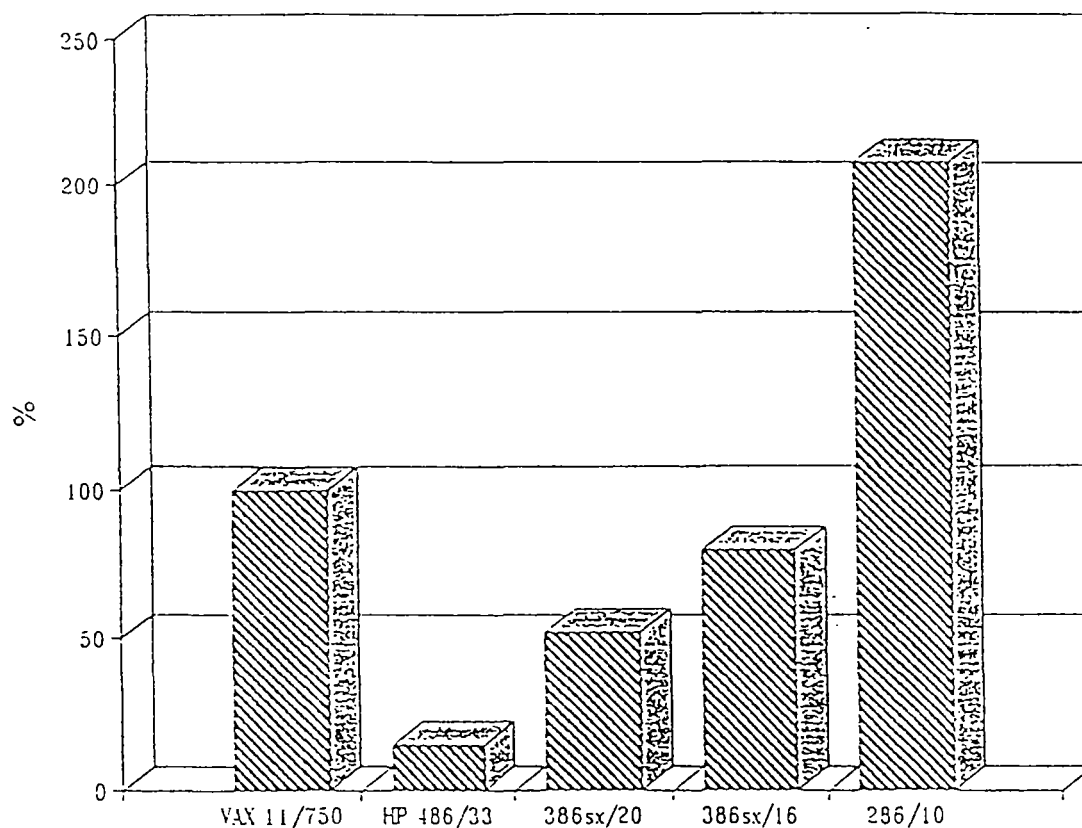


Fig.8 - Implementazione del codice SMP su Personal Computer: confronto dei tempi di calcolo necessari per un caso test sui diversi tipi di Personal Computer disponibili presso l'INSEAN, riferiti al sistema VAX 11/750.

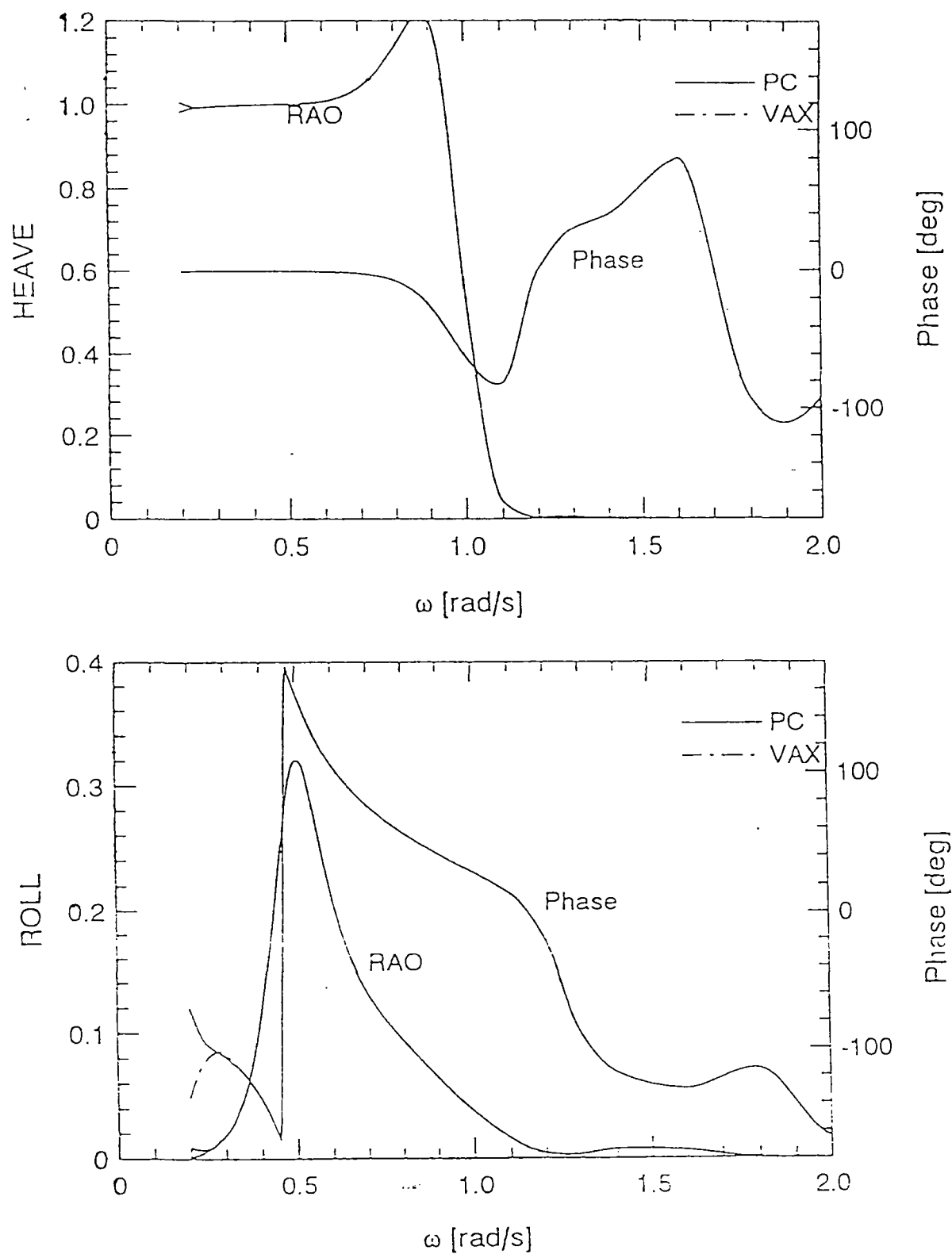


Fig.9 - Esempi di Operatori di Risposta calcolati con il codice SMP nelle versioni per PC e per VAX

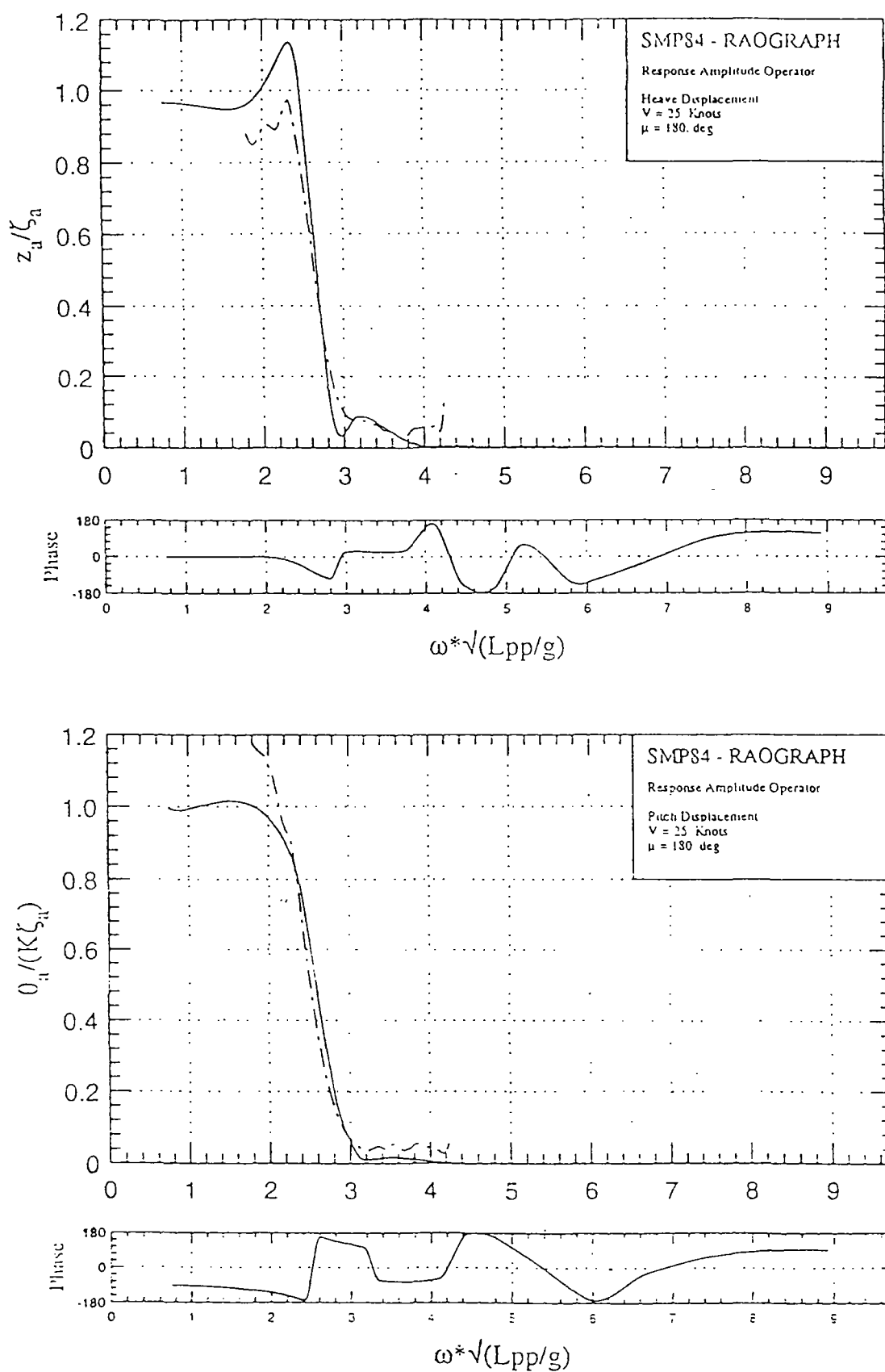


Fig.10 - Confronto di Operatori di Risposta teorici (linea continua) e sperimentali (linea tratteggiata) per i moti di Sussulto e Beccheggio

3.2.6 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 3.2, aggiornata al 31 Dicembre 1993, è riportata nell'Allegato 3.

3.3 PARTECIPAZIONE A CONVEGNI, GRUPPI DI LAVORO, COMMISSIONI INTERNAZIONALI

1. Workshop on the Use of Marine Simulator in Training and Research, Convegno Annuale dell'International Marine Simulator Forum (IMSF), Venezia (Camera di Commercio, Industria e Artigianato), 3-5 luglio 1991.
Partecipanti: C. COPPOLA
2. Colloqui con il Prof. A. FRANCESCUITO riguardo al programma di collaborazione con l'Università di Trieste nell'ambito del Progetto di Ricerca 3.2, tenutisi a Trieste presso il Dipartimento di Ingegneria Navale, del Mare e per l'Ambiente dell'Università l'8 luglio 1991, il 30 maggio 1992, il 22 luglio 1992.
Partecipanti: R. PENNA
3. Seminario Internazionale di Studi su Sicurezza della Navigazione e Salvaguardia della Vita Umana in Mare.
Presentazione della memoria: C. COPPOLA, "I Confini Attuali dell'Indagine Idrodinamica nel Progetto Navale ai Fini di una Maggiore Sicurezza in Mare", Torre del Greco (NA), 16-18 gennaio 1992.
Partecipanti: C. COPPOLA
4. Convegno sulle Applicazioni della Matematica in Campo Navale, Livorno, Accademia Navale, 4-8 maggio 1992.
Partecipanti: C. M. CASCIOLA
5. Primo Congresso Nazionale della Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale, Firenze, Palazzo dei Congressi, 1-5 giugno 1992.
Partecipanti: C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI
6. 13th Annual Conference of the Canadian Applied Mathematical Society on Wave Phenomena II, Alberta, Edmonton (Canada), 13-20 giugno 1992.
Partecipanti: C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI
7. XI Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata (AIMETA), Trento, 28 settembre - 2 ottobre 1992.
Partecipanti: C. M. CASCIOLA, M. LANDRINI
8. Workshop on Prediction of Ship Manoeuvrability e Colloqui con il Prof. K. KIJIMA del Dipartimento di Architettura Navale dell'Università di Kyushu, Fukuoka (Japan), 3-11 novembre 1992.
Partecipanti: M. LANDRINI
9. International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability (MARSIM '93), St. John's, Newfoundland (Canada), 25 settembre -- 3 ottobre 1993.
Partecipanti: U. BULGARELLI, C. COPPOLA.

3.4 SEMINARI E CORSI PRESSO ALTRI ENTI

1. Seminari su "Application of Stochastic Processes to Naval Engineering", tenuti presso il Dipartimento di Architettura Navale dell'Università di Napoli dal Prof. M. K. OCHI (Università della Florida), 4-6 giugno 1991.
Partecipanti: C. COPPOLA, L. IANNONE, R. PENNA
2. Conferenza su "Damage Survivability: Searching for the Right Question", tenuta presso il Dipartimento di Ingegneria Navale del Mare e per l'Ambiente dell'Università di Trieste, dal Prof. D. VASSALOS (Università di Strathclyde), 26-27 novembre 1992.
Partecipanti: R. PENNA
3. Corso su "New Techniques for Assessing and Quantifying Vessel Stability and Seakeeping Qualities" tenuto presso il Norwegian Institute of Technology di Trondheim (Norvegia), 6-12 marzo 1993.
Partecipanti: R. PENNA

3.5 ATTIVITA' SEMINARIALE TENUTA PRESSO L'INSEAN

1. Seminario su "Aspetti Idrodinamici e Modelli Numerici della Manovrabilità", tenuto da M. LANDRINI, 23 aprile 1992.
2. Seminari su "Numerical Hydrodynamics Aspects in Ship Manoeuvrability", tenuti dal Prof. W.G. PRICE (Università di Southampton) 19-21 luglio 1993.

3.6 RESOCONTO ECONOMICO

Lo stato di avanzamento economico del PROGETTO STRATEGICO N. 3 è riportato nell'ALLEGATO 3.

Roma, 15/1/1994

L'Incaricato di Direzione di Progetto
(Ing. Carmine Coppola)

