

1.2 PROGETTO N. 1.2

BANCA DATI GENERALE INSEAN

1.2.1 Obiettivi

La gran mole di dati sperimentali su modelli attualmente disponibili presso l'INSEAN costituisce una ricchissima fonte di informazioni che può essere di ausilio sia per la progettazione di nuove carene che per una più profonda conoscenza del comportamento idrodinamico di quelle già realizzate.

La ricerca mira al progetto e alla realizzazione del "Data Base" necessario alla memorizzazione dei dati esistenti (geometria di carena, condizioni di prova e dati sperimentali), ed allo sviluppo di "Utility Programs" per un proficuo utilizzo di dette informazioni.

1.2.2 Programma di attività

L'attività prenderà avvio con una ricognizione dell'attuale forma di archiviazione dei dati esistenti presso l'INSEAN, relativamente alle prove su modelli a tutt'oggi eseguite, e della loro struttura per quanto riguarda quelli disponibili su supporto magnetico. Parallelamente si procederà all'ampliamento delle conoscenze sull'argomento, documentandosi su lavori analoghi già effettuati presso altri Istituti di Ricerca del settore e approfondendo le conoscenze sulle tecniche relazionali mediante partecipazione a corsi specifici di formazione.

A questa fase propedeutica seguirà l'analisi dettagliata dei dati e delle funzioni di interesse per definire in modo rigoroso e formale il documento di specifica di dati e funzioni. Il documento di specifica è fondamentale per la progettazione e la realizzazione della Base di Dati. Esso definisce esattamente "cosa" il sistema deve fare, senza entrare nel merito delle metodologie di realizzazione del software. La definizione dei dati è "rigorosa", "completa" e "non ambigua" in modo da consentire l'indipendenza dei dati e delle funzioni dall'applicazione software, e assicurare una corretta progettazione della Base di Dati.

Il documento fornirà base di discussione con i principali partners della cantieristica nazionale al fine di omogeneizzare le diverse esigenze.

Sulla scorta del documento di specifica definitivo si procederà alla progettazione della Base di Dati che comprenderà:

- progettazione concettuale: il disegno dello schema concettuale utilizzando il modello dei dati entità-relazione (ER);
- progettazione logica: il disegno dello schema logico con il compito di tradurre lo schema concettuale in uno schema che sia coerente con il modello logico adottato dal sistema di gestione di basi di dati (relazionale), schema scelto in modo da ottimizzare quanto possibile gli "indici di prestazione" del progetto;
- progettazione fisica: la realizzazione fisica della base di dati sulla scorta dei risultati della progettazione logica e del sistema di gestione dei dati utilizzato (RDBMS-ORACLE).

Completata la realizzazione della Base di Dati si attiverà la fase di inserimento dei dati previsti. Tale fase si articolerà secondo tre principali linee direttrici:

- a) applicazione di inserimento dei dati residenti su supporto cartaceo che comprenderà le seguenti sezioni:
 - a.1) reperimento ed inserimento dei dati su files intermedi di lavoro,
 - a.2) standardizzazione rispetto alle specifiche tecnico-funzionali della Base dei Dati,
 - a.3) memorizzazione dei dati finali su *database*;

b) applicazione di migrazione dei dati residenti su VAX 11-750 dall'attuale formato *a file* ad un formato *database* che comprenderà le seguenti sezioni:

b.1) trasferimento su Personal Computer dei files residenti su VAX e standardizzazione rispetto alle specifiche tecnico-funzionali della Base dei Dati,

b.2) memorizzazione dei dati finali su *database*;

c) applicazione di introduzione dei dati relativi alla geometria delle carene.

Costituita la Banca Dati si procederà alla stesura della specifica operativa mirata ad ottenere un agevole utilizzo delle funzionalità messe a disposizione, attraverso la definizione e lo sviluppo delle principali operazioni in grado di estrarre informazioni aggregate sfruttando le numerose possibilità che la struttura relazionale della Banca Dati consente (*Interactive Queries*).

In sintesi il programma di attività di ricerca si riassume nelle seguenti linee principali:

A - studio preliminare della forma di archiviazione dei dati ed approfondimento delle conoscenze sulle tecniche relazionali;

B - progettazione e realizzazione della base di dati;

C - trasferimento dei dati dalla attuale forma di archiviazione alla base dei dati realizzata;

D - validazione del lavoro effettuato e stesura della specifica operativa relativa allo sviluppo di *utility programs*.

1.2.3 Attività svolta

Lo svolgimento del programma di attività indicato in precedenza ha avuto concreto inizio il 19 Marzo 1991 (cfr. O.d.G. n. 4662 di pari data relativo alle nomine di Direttore di Progetto).

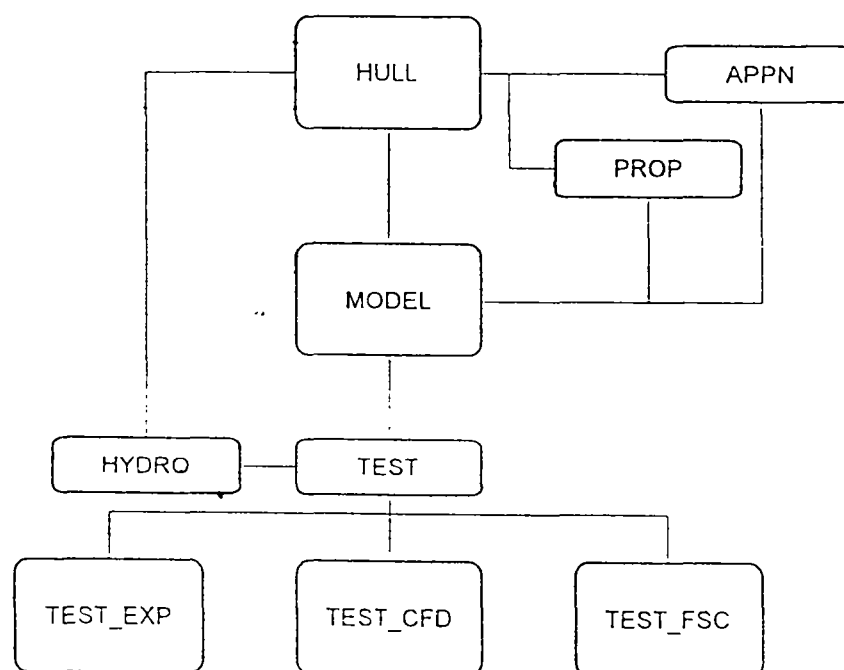


Fig. 1: Schema logico semplificato della Base di Dati

Coerentemente con quanto previsto dal suddetto programma, si è proceduto ad una ricerca bibliografica su analoghi lavori effettuati presso altri Istituti.

Da tale ricerca è emerso che il modello di archiviazione più diffuso risulta essere quello "relazionale"; questo metodo è anche proposto in sede ITTC come base per un più agevole scambio di informazioni.

Si è quindi ritenuto indispensabile un approfondimento delle conoscenze sulle tecniche relazionali partecipando a specifici corsi di formazione tenuti dalla società DATAMAT.

Sulla scorta delle conoscenze acquisite, si è passati ad una dettagliata analisi dei dati e delle funzioni di possibile interesse, necessaria per la definizione del documento di "Specificazione dei Dati della Banca Dati Generale INSEAN". Tale documento definisce esattamente le funzionalità del sistema e costituisce una base di discussione con i principali partners della cantieristica per ulteriori affinamenti del progetto medesimo (vedi Fig. 1).

Ad integrazione di quanto detto in precedenza, la Banca Dati è stata ultimata, mentre i programmi di interrogazione sono in fase di realizzazione. I dati relativi alle esperienze già memorizzate su supporto magnetico in forma di files, sono in fase di migrazione dal VAX al Server Banca Dati, mentre per i dati disponibili su supporto cartaceo relativi alle esperienze antecedenti il 1981, è in corso l'introduzione manuale di un primo gruppo di circa 100 carene a cura di personale INSEAN.

1.2.4 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

L'attività programmata ha raggiunto al 31.12.93 lo stato di avanzamento del 100% del punto A), e del punto B) mentre i punti C) e D) sono in fase di completamento e sono stati realizzati per l'80%. Pertanto lo stato di avanzamento globale è del 90%. Si prevede che questo tema di ricerca sarà concluso entro il 31/3/94.

1.2.5 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 1.2, aggiornata al 31 Dicembre 1993 è riportata nell'Allegato 3.

1.3 PROGETTO N. 1.3

SERIE SISTEMATICA INSEAN T90 DI CARENE DI NAVI TRAGHETTO

1.3.1 Obiettivi

A seguito dell'analisi dei risultati delle prove eseguite su 62 carene di navi traghetto, provate presso l'INSEAN negli ultimi 20 anni, sono state individuate talune carene con prestazioni idrodinamiche di gran lunga superiori rispetto alla media generale del campione considerato.

La ricerca ha per scopo la definizione e la realizzazione di una serie sistematica di modelli di navi traghetto, coprente un campo sufficientemente esteso di variazione dei rapporti dimensionali principali, generata a partire da una "carena madre" prescelta fra le carene ottime sopra citate, da provare in rimorchio in Vasca al fine di acquisire un valido standard di riferimento per uso sia progettuale che di raffronti di merito.

1.3.2 Programma di attività

Il progetto di ricerca in argomento costituisce la naturale prosecuzione di quello iniziato nel 1985 nell'ambito del Programma Ricerche INSEAN 1984/85. E' previsto di effettuare una estesa indagine sperimentale su una serie di modelli, e di procedere successivamente all'analisi dei dati secondo i criteri di elaborazione e presentazione grafica inizialmente definiti (vedi Rapporto Tecnico INSEAN 1985/14-luglio '87). Dall'analisi del complesso dei dati relativi ai 17 modelli sperimentati, costituenti la serie sistematica, è possibile conseguire gli obiettivi previsti seguendo le seguenti due linee principali di indagini, rese possibili in quanto la sperimentazione è avvenuta in campi di velocità della massima ampiezza in tre condizioni di dislocamento e per il dislocamento minimo, a due condizioni di assetto:

- A) analisi dei dati delle prove a bassa velocità, volta a fornire i valori del fattore di forma per tutte le carene della serie. Tali risultati potrebbero fornire anche utili indicazioni ai fini dell'affinamento delle metodologie di estrapolazione modello-nave, secondo la procedura ITTC '78, e per l'approfondimento delle conoscenze sulla "separazione delle componenti" della resistenza al moto;
- B) analisi dei dati nel restante campo di velocità e relativa elaborazione per poter definire un valido standard di riferimento, utilizzabile in fase di progetto, al fine di poter esprimere graduatorie di merito per navi le cui forme e rapporti parametrici rientrino nel campo indagato con la serie sistematica.

I risultati sperimentali dei modelli verranno presentati in elaborazioni a nave tipica da 10000 mc di volume, sia in termini di potenza, sia in termini di coefficienti adimensionali quali quello totale volumetrico CTV. Verranno altresì rappresentati in grafici CR - FNL, secondo la forma più classica di presentazione delle raccolte di dati di serie sistematiche.

1.3.3 Attività svolta

I gruppi di modelli identificati con le sigle 90.01, 90.02, 90.03, 90.04, 90.05, 90.06, 90.06, 90.07, 90.08, 90.09, 90.10, 90.11, 90.12, 90.13, 90.14, 90.15, 90.16, 90.17 hanno costituito oggetto di indagine sperimentale e successiva analisi contenute nelle relazioni tecniche INSEAN 3/C.2052, 3/C.2053, 3/C.2055, 5/C.2056, 5/C.2057, 5/C.2058, 3/C.2159, 1/C.2160, 3/C.2161, 3/C.2162, 6/C.2163, 3/C.2164, 4/C.2165, 1/C.2066, 3/C.2167, 2/C.2168, 1/C.2217.

Sono state inoltre definite le procedure per le elaborazioni relative a nave tipica di diverso dislocamento standard e per un singolo dislocamento fissato dal progettista.

Sono stati inoltre archiviati i dati relativi alle prove di 8 modelli della serie sistematica nonché di due verticali in ambiente AUTOCAD per le successive analisi regressive e definizione quindi dei modelli matematici di previsione.

Le procedure di elaborazione comprendono anche la presentazione in "scatter-plots" in cui figura il punto immagine del progetto in via di definizione, nel piano CTV vs: FNV, nel quale sono presentati i punti della totalità di dati di navi tipiche raffrontabili a quella in progetto.

In aggiunta a quanto detto, come indicato nel verbale della riunione del Comitato Guida del Progetto tenutasi il 12 Ottobre 1993, il Responsabile Scientifico della Ricerca ing. R. Rocchi comunica che la fase sperimentale sulle 17 carene è conclusa, compresa la ripetizione di tre carene, e sono in corso le elaborazioni dei risultati.

1.3.4 Collaborazioni

In base a quanto emerso dai contatti avuti sono programmate strette e frequenti consultazioni con i progettisti della Fincantieri

1.3.5 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

L'attività svolta ha raggiunto al 31.12.93 il 90 % del totale programma che si ritiene possibile ultimare entro la data del marzo 1994.

1.3.6 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 1.3, aggiornata a 31 Dicembre 1993 è riportata nell'Allegato 3.

1.4 PROGETTO N. 1.4

SCELTA FORME DI CARENE PER NAVI SWATH

1.4.1 Obiettivi

La ricerca mira alla formulazione di un metodo progettuale per la scelta delle forme di carena di navi SWATH sulla base di un'indagine sistematica condotta sia sulla geometria delle forme stesse di carena che sulle possibili configurazioni in relazione alle diverse condizioni operative.

1.4.2 Programma di attività

Il programma di attività è articolato nelle seguenti fasi.

- A) Una fase di indagine sperimentale preliminare su corpi di geometria semplice, quali l'ellissoide prolato ed il cilindro con terminali sfero-ellissoidali con rapporti $L/B=5$ e $L/B=8$, entro il campo di velocità esteso fino a $FN=0.5$. Da queste prove si otterrà l'andamento tridimensionale della formazione ondosa e la relativa resistenza. Si valuteranno anche gli effetti dovuti all'interferenza tra i corpi carena e gli *struts*, nonché le perturbazioni dovute agli strumenti di misura. Parallelamente si effettueranno le medesime indagini con metodi numerici, ponendo particolare attenzione alle tecniche di filtraggio per isolare le perturbazioni del campo, generate dai parametri di discretizzazione utilizzati.
- B) Una fase intermedia da cui scaturirà la forma geometrica più idonea per carene di navi SWATH. Saranno accuratamente analizzati i risultati numerico-sperimentali prodotti dalla precedente fase A), ed in caso di esito soddisfacente, si utilizzeranno i metodi numerici per minimizzare la resistenza d'onda nel campo di velocità di maggiore interesse progettuale, modificando le geometrie semplici adottate nella fase A).
- C) Una fase di indagine numerico-sperimentale sui corpi accoppiati. Utilizzando una coppia di carene dedotte dalla precedente fase B) si effettueranno delle simulazioni numeriche con valori diversi dell'interasse e dell'assetto iniziale. Alcune di queste configurazioni, presumibilmente quelle che presenteranno valori estremi dei parametri adottati e/o quelle che evidenzieranno particolari fenomeni di formazione ondosa, saranno sperimentate anche in vasca, al fine di evidenziare fenomeni dinamici di assetto non facilmente simulabili con i metodi numerici.

1.4.3 Attività svolta

Su questa base si è effettuata la stesura di un piano generale di sviluppo della ricerca, nel quale l'attività sperimentale è limitata ad un numero esiguo di prove che costituiranno soltanto i punti di validazione dell'intera indagine parametrica.

Con questa impostazione di base dell'attività di ricerca si è effettuata un'accurata indagine bibliografica su analoghi approcci progettuali, anche in collaborazione con il "Dipartimento di Ingegneria Navale, del Mare e per l'Ambiente" dell'Università di Trieste, che risulta tra i partners previsti dal Programma di Ricerche INSEAN 1988-90.

Come già detto nel sopracitato verbale del Comitato Guida, sono state effettuate esperienze di "Cut longitudinale" con corpi sommersi di diverse forme ed allungamenti nel campo di velocità $Fn=0.30-0.45$, e sono in corso le esperienze sui corpi muniti di "strut". Seguirà la fase sperimentale con i corpi accoppiati. Dal punto di vista numerico sono stati effettuati calcoli con i codici a potenziale in ambito lineare, i cui risultati sono stati presentati all'ultima riunione del Comitato Guida, e sono in fase di adattamento i codici non-lineari. Si prevede la stesura di una memoria congiunta

conclusiva della ricerca svolta, tra l'INSEAN e l'Università di Trieste da inviarsi alla rivista *Tecnica Italiana*

1.4.4 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Lo stato di avanzamento della ricerca al 31.12.93 ha raggiunto il 95% per la fase A), il 60% per la fase B) ed il 25% per la fase C) Pertanto lo stato di avanzamento globale è del 70%. Questo progetto sarà terminato entro il 31.3.1994.

1.4.5 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 1.4, aggiornata a 31 Dicembre 1993, è riportata nell'Allegato 3.

1.5 PARTECIPAZIONE A CONVEGNI, GRUPPI DI LAVORO, COMMISSIONI INTERNAZIONALI

1. "Rotating Fluids in Geophysical and Industrial Situations", tenuto presso il Centro Internazionale di Scienze Meccaniche (CISM), Udine, 1-5 luglio 1991.- Partecipanti: E. CAMPANA - A. DI MASCIO - F. LALLI - U. BULGARELLI
2. "3° Symposium on Technics and Technology in Fishing Vessels" con presentazione della memoria: "A practical tool for a reliable prediction of speed-resistance curve for both small and large fishing vessels", Ancona, 1991.- Partecipanti: R. ROCCHI
3. "2° International Workshop on the Rational Theory of Ship Hull-Propeller Interaction and its Applications", tenuto dal Berlin Model Basin in collaborazione con l'ITTC - Berlino, 1991.- Partecipanti: R. ROCCHI
4. "Prima Riunione del Gruppo di Studio sulle Strutture Coerenti" presso il Dipartimento di Matematica dell'Università di Siena, 1991.- Partecipanti: A. DI MASCIO - P. G. ESPOSITO
5. GAMM Workshop, Parigi, Francia, 1991. - Partecipanti: P.G. ESPOSITO
6. "The Second Osaka Int. Coll. on Viscous Fluid Dynamics in Ship and Ocean Tech", Osaka, Giappone, 1991. - Partecipanti: A. DI MASCIO, P.G. ESPOSITO
7. "XI Congresso Nazionale AIDAA", Forlì, 1991. - Partecipanti: A. DI MASCIO
8. "ICIAM 91", Washington D.C., 1991. - Partecipanti: U. BULGARELLI, C. CASCIOLA
9. "13th Boundary Element Method Int. Conf.", Tulsa, USA, 1991. - Partecipanti: F. LALLI
10. "1st European Fluid Dynamics Conf.", Cambridge, G.B., 1991. - Partecipanti: C. CASCIOLA
11. "NAV. 92", Genova, 1992. - Partecipanti E. CAMPANA, A. DI MASCIO, P.G. ESPOSITO, F. LALLI, R. ROCCHI
12. "3° Congresso AIOM", Genova, 1992. - Partecipanti: E. CAMPANA, A. DI MASCIO, P.G. ESPOSITO, F. LALLI, R. ROCCHI
13. "7th Int. Workshop on Water Waves and Floating Bodies", Val de Renille, Francia, 1992. - Partecipanti: E. CAMPANA, F. LALLI
14. "1° Congresso Naz. SIMAI", Firenze, 1992. - Partecipanti: U. BULGARELLI, O. MACINA
15. "XI Congresso Naz. AIMETA", Trento, 1992. - Partecipanti: U. BULGARELLI
16. "XI Australasian Fluid Mechanics Conf.", Hobart, Australia, 1992. - Partecipanti: E. CAMPANA, A. DI MASCIO, P.G. ESPOSITO, F. LALLI
17. Gruppo di lavoro con il Prof. LINDEN, presso il Dept. Appl. Math. Theor. Phy. dell'Università di Cambridge, G.B., 1992. - Partecipanti: E. CAMPANA, F. LALLI
18. Incontro su "Fluidodinamica Numerica - CFD 2000 e le sue applicazioni" presso il Centro Nazionale Dimostrazioni IBM, Segrate, 1992. - Partecipanti: A. DI MASCIO - P. G. ESPOSITO
19. Colloquio su Progetto 1.4 con i proff. Cardo, Francescutto e Zotti presso l'Università di Trieste, 1992 - Partecipanti: U. BULGARELLI e R. PENNA.
20. Colloquio su Progetto 1.4 con i proff. Cardo e Zotti presso l'Università degli Studi di Trieste, 1992 - Partecipanti: R. PENNA.
21. Computer Aided Design, Manufacture and Operation in the Marine and Offshore Industries Int. Conference (CADMO 92), Madrid, 1992, con presentazione della memoria: "PREDICT. A Technique for Preliminary and Ultimate Prediction and Monitoring of the Calm Water Resistance Performance of Displacement Merchant Ships". - Partecipanti: R. ROCCHI -
Su dichiarazione dell'ing. R. Rocchi tale lavoro è a nome di un solo autore, lo stesso R. Rocchi, dipendente dell'INSEAN, contrariamente a quanto appare nel programma provvisorio del CADMO 92.
- 22) Ricerca Navi Swath, Università di Trieste, partecipanti A. Di Mascio, R. Penna, F. Lalli, 1993.
- 23) Ricerca Banca Dati Generale INSEAN, CETENA, Genova, partecipanti R. Silli, R. Penna, 1993.
- 24) Ricerca Navi Swath, Università di Trieste, partecipanti U. Bulgarelli, R. Penna, 1993.

- 25) Incontro presso il CETENA su Idrodinamica Numerica, partecipanti U. Bulgarelli, E. Campana, A. Di Mascio, R. Penna, Genova, 1993.
- 26) 8th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, St. John, partecipanti E. Campana, A. Di Mascio, F. Lalli, 1993.
- 27) 6th International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics, Iowa, Canada, partecipanti A. Di Mascio, E. Campana, 1993.

1.6 SEMINARI E CORSI DI LEZIONE PRESSO ALTRI ENTI

1. "Ciclo di N. 7 corsi di formazione su RDBMS-ORACLE così composto: ITO - ERA - BASE - PL/SQL - ADV - FORM3 - SRW" tenuti presso la società DATAMAT, Roma, dal 27/1/92 al 19/3/92 - Partecipanti: G. GRANDE - R. PENNA - R. SILLI -
2. "Mostra SMAU presso la Fiera di Milano" Milano, 1-2 ottobre 1992. - Partecipanti: G. GRANDE, R. PENNA, R. SILLI

1.7 ATTIVITA' SEMINARIALE TENUTA PRESSO L'INSEAN

1. "Rearrangements and Vorticity in the Flow Past an Hydrofoil" A. ELCRAT - Wichita State University (USA) il 29.5.91
2. "Filamenti di vorticità in 3D" G. GALLAVOTTI - Università di Roma "la Sapienza" il 28.6.91
3. "Boundary element methods as applied to the analysis of the fully wetted steady or unsteady flow around complex marine propulsors (including highly skewed propellers and ducted propeller/stator combinations)" S. KINNAS - Massachusetts Institute of Technology, Boston il 23.7.91
4. "Computational and experimental techniques for predicting the time-dependent three dimensional cavitation (unsteady cavity shapes, pressure distributions forces) on propellers or three dimensional hydrofoils" S. KINNAS - Massachusetts Institute of Technology, Boston il 25.7.91
5. "Mathematical Modelling of Naval Hydrodynamics Phenomena" U. BULGARELLI il 7.10.91
6. "Rankine Sources Method in Ship Waves Computations" E. CAMPANA - F. LALLI il 7.10.91
7. "Finite Volume Solution of Viscous Flows Past Ship-Like Bodies" A. DI MASCIO - P. G. ESPOSITO il 7.10.91
8. "Simulazione Numerica di Flussi Viscosi di Interesse Navale" A. DI MASCIO - P. G. ESPOSITO il 4.11.91
9. "Applicazioni Navali dell'Idrodinamica Numerica" E. CAMPANA - F. LALLI il 4.11.91
10. "Alcune riflessioni sull'idrodinamica numerica" U. BULGARELLI il 23.4.92
11. "Resistenza d'onda di una carena" E. CAMPANA il 23.4.92
12. "Flusso turbolento intorno a carene" A. DI MASCIO il 23.4.92
13. "Dinamica della vorticità in domini tridimensionali" P. G. ESPOSITO il 23.4.92
14. "Influenza della rotazione terrestre nell'evoluzione di strutture vorticosi marine" F. LALLI il 23.4.91
15. "Recent advances in cavitation research at the University of Tokio - LDV measurements - CFD of cavitating flow" HIROHARU KATO - Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Faculty of Engineering, University of Tokio il 19.6.92
16. Seminario dal titolo "Computation of Three Dimensional Turbulent Flows past Complex Geometries with a Navier-Stokes Solver" Dr. MICHEL VISONNEAU - Ricercatore presso il Laboratoire de Mécanique des Fluides dell'Ecole Centrale di Nantes il 10.7.92
17. Ciclo di quattro seminari sui seguenti argomenti:
 - 1) Cavity Flow: Theory and Applications
 - 2) On Breaking Waves

3) Ship Waves: Mathematical and Physical Aspects

4) Problems and Directions in Ocean Engineering

MARSHALL P. TULIN - Direttore del "Ocean Engineering Laboratory" della "University of California" - Santa Barbara, USA dal 15 al 18.9.92

18. Ciclo di 8 seminari su Modelli di Turbolenza, Prof. C. Cercignagni del Politecnico di Milano

1.8 RESOCONTO ECONOMICO

Lo stato di avanzamento economico del PROGETTO STRATEGICO N. 1 è riportato nell'ALLEGATO 3.

Roma, 15 Gennaio 1994

L'Incaricato di Direzione di Progetto
(Dr. Ulderico Bulgarelli)



PROGRAMMA RICERCHE I.N.S.E.A.N.
1988 - 90

PROGETTO STRATEGICO N° 2
NAVI A PIÙ ELEVATO RENDIMENTO PROPULSIVO

RELAZIONE SINTETICA
TECNICO-SCIENTIFICA

Stato di Avanzamento al 31-12-1993

PROGETTO STRATEGICO N° 2
NAVI A PIÙ ELEVATO RENDIMENTO PROPULSIVO

2.0 GENERALITÀ

Il PROGETTO STRATEGICO N° 2 comprende cinque temi di ricerca denominati:

- PROGETTO N° 2.1: *Propulsione a idrogetto per navi di superficie e per scafi sommersi*
(prosecuzione ricerca PROP1 - PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1986);
- PROGETTO N° 2.2: *Influenza del bulbo prodiero e dell'assetto nave sulle prestazioni propulsive;*
- PROGETTO N° 2.3: *Eliche in flusso inclinato;*
- PROGETTO N° 2.4: *Raffronto di merito tra soluzioni propulsive diverse per diversi tipi di carena;*
- PROGETTO N° 2.5: *Prove sistematiche con propulsori azimutali*
(prosecuzione ricerca PROP2 - PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1986).

Obiettivo comune alle cinque ricerche è quello di determinare metodologie sperimentali di previsione e progettuali di ottimizzazione delle prestazioni propulsive di diversi tipi di navi con diversi tipi di propulsori.

Nei paragrafi che seguono sono sinteticamente riportate per ciascuno dei cinque progetti le attività svolte al 31 Dicembre 1993.

2.1 PROGETTO DI RICERCA N° 2.1:

PROPULSIONE A IDROGETTO PER NAVI DI SUPERFICIE E PER SCAFI SOMMERSI (prosecuzione ricerca PROP1 - PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1986)

2.1.1 Obiettivi

Obiettivo della ricerca è quello di condurre indagini sperimentali sistematiche su propulsione a idrogetto e propulsione mista elica/idrogetto, al fine di pervenire alla definizione di metodologie sperimentali delle prove modello per navi di superficie e allo sviluppo di *software* di elaborazione dei dati sperimentali per la previsione delle prestazioni al vero.

2.1.2 Programma di Attività

La presente ricerca è la prosecuzione della ricerca PROP1 del precedente PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1986 ed è volta all'implementazione presso l'INSEAN di una metodologia sperimentale e previsionale delle prestazioni al vero, per navi di superficie con propulsione a idrogetto, in conformità alle *linee guida* proposte dal Comitato HSMV (*High Speed Marine Vehicles*) della 18^a ITTC 1987.

Oggetto dell'indagine sperimentale prevista era il modello INSEAN C. 2078, in scala $\lambda = 8.1$, di carena dislocante veloce, in *versione propulsiva a idrogetti*, derivata dalla carena *deep V* C. 2044, e un altro modello della stessa carena in *versione propulsiva mista* a un idrogetto centrale e due eliche laterali a pale orientabili.

L'indagine sperimentale sul secondo dei due modelli citati era subordinata al progetto ed alla realizzazione del modello di presa dinamica dell'idrogetto centrale, ma è venuta a mancare, per cause indipendenti dalla volontà dell'INSEAN, la prevista collaborazione da parte della vecchia RIVA-LIPS S.p.A., che dopo aver collaborato allo sviluppo della precedente ricerca PROP1 del PROGRAMMA RICERCHE INSEAN 1986, ha subito varie vicissitudini di assetto societario che l'hanno alla fine trasformata in LIPS-JETS a capitale azionario olandese.

In relazione a tali presupposti, il programma di attività della ricerca, commisurato al finanziamento assegnato di lire 400 milioni, è stato limitato al primo dei due succitati modelli di carena ed articolato nelle seguenti fasi:

- 1) studio, definizione ed implementazione operativa di una metodologia sperimentale modello e previsionale delle prestazioni al vero, basata sulle *linee guida ITTC'87* ma criticamente rivista e dettagliatamente sviluppata e integrata per tener conto anche degli *effetti scala* globali sulle prestazioni della presa, della pompa e dell'ugello di scarico;
- 2) esecuzione di prove di autopropulsione *all'inglese*, nel campo di velocità da 20 a 45 nodi, al fine di acquisire i necessari dati sperimentali modello delle caratteristiche propulsive degli idrogetti e del *flusso esterno* in entrata e in uscita;
- 3) sviluppo del necessario software di elaborazione dei dati sperimentali per le previsioni al vero corrette per *effetti scala* globali.

L'approccio convenzionale e pragmatico delle suddette *linee guida ITTC* di separare il sistema complessivo carena-propulsore nei sottosistemi parziali di carena in rimorchio e di propulsore in flusso

libero, rende, tuttavia, specialmente per mezzi speciali e veloci con propulsori completamente integrati a carena quali quelli a idrogetto, alquanto incerta la definizione e la valutazione degli effetti di interazione fra carena e propulsore e dei loro *effetti scala*.

Si è ritenuto, perciò, opportuno avviare anche l'indagine su una *metodologia* alternativa *globale* che consideri il sistema carena-propulsore solo nella sua globalità e solo nelle sue effettive condizioni operative di autopropulsione. Tale indagine è stata articolata nelle seguenti ulteriori fasi:

- 4) studio, definizione ed implementazione operativa di una *metodologia globale* sperimentale modello e previsionale delle prestazioni al vero;
- 5) misura diretta, non richiesta nell'ambito della *metodologia ITTC*, della spinta complessiva dei due idrogetti, nel corso delle suddette prove di autopropulsione *all'inglese*;
- 6) sviluppo del necessario software di elaborazione dei dati sperimentali per le previsioni al vero secondo la suddetta metodologia globale.

2.1.3 Attività svolta

Lo svolgimento del programma di attività indicato al punto 2.1.2 precedente ha avuto concreto inizio il 19 Marzo 1991 (cfr. O.d.G. N° 4662 in pari data, relativo al conferimento degli incarichi di "Direzione di Progetto" del Programma Ricerche INSEAN in argomento) ed ha finora interessato in modo esauriente le fasi 1), 2), 4) e 5) del programma stesso.

L'attività svolta è documentata nei seguenti lavori:

- [1] L. IANNONE, R. ROCCHI, "An Application Proposal of Schmiechen's Rational Theory from Propulsion Model Tests to Performance Prediction for Waterjet Driven Deep-V Hull Forms", Secondo Simposio "HSMV" su "High Speed Marine Vehicles", Napoli, Marzo 1993;
- [2] L. IANNONE, "Performance Evaluation and Analysis for Flush-Inlet Waterjet Crafts", Rapporto riservato INSEAN, Roma, Ottobre 1993 (accettato, ma non presentato alla "IMAM'93" di Varna, Bulgaria).

2.1.3.1 Indagine Sperimentale

La sistemazione sperimentale ha ricalcato, fondamentalmente, l'allestimento del ciclo di prove eseguite nell'ambito della precedente ricerca *PROPI*, ma una modifica significativa è stato l'accoppiamento meccanico delle due linee d'assi, realizzato, in parallelo, in modo da assicurare lo stesso numero di giri delle due pompe.

Come richiesto dalla metodologia *all'inglese*, le *prove di autopropulsione* (cfr. foto N° 1) sono state eseguite, a ciascuna velocità di prova, a più valori dei giri pompe, in modo da coprire un campo di *punti propulsivi* che va da quello *propulsivo nave*, corrispondente a un addendo per ruvidezza di carena di $4 \cdot 10^{-4}$, a quello *propulsivo modello*, corrispondente al valore nullo della forza di correzione d'attrito necessaria per compensare la differenza fra i coefficienti di resistenza di attrito modello e nave.

Durante tali prove sono stati misurati, oltre alla velocità modello, le immersioni in corsa alle perpendicolari, la forza di correzione d'attrito applicata nella direzione degli assi degli idrogetti, i giri e le coppie assorbite dalle pompe degli idrogetti.

I rilievi di *flusso esterno*, strato limite a monte di una delle due prese dinamiche e distribuzione di velocità all'uscita di uno dei due ugelli di scarico, sono stati effettuati a quattro velocità (20 - 37.50 - 40 - 45 nodi) e, a ciascuna di queste, a più valori dei giri nell'intorno del *punto propulsivo nave*, cioè a *carico pompe* variabile: come prevedibile, solo i secondi hanno evidenziato un'influenza significativa del carico pompa.

Lo *strato limite alla presa*, che consente il calcolo delle velocità medie all'ingresso del propulsore, è stato misurato con quattro tubi *Pitot-Prandtl*, aventi ciascuno parte statica e parte dinamica collegate separatamente alle due camere di un trasduttore di pressione differenziale e con quelli esterni posti a circa 1.8 volte la larghezza trasversale B_{IM} della presa (cfr. foto N° 2).

Le misure di distribuzione delle *velocità del getto* all'uscita dall'ugello di scarico, che determinano la portata d'acqua attraverso l'idrogetto e la velocità media all'uscita di questo, sono state effettuate con un rastrello di tubi *Pitot* dotato di movimento di traslazione verticale e composto di dieci tubi *Pitot* coprenti uniformemente una larghezza trasversale pari al diametro dell'ugello: attesa la forma cilindrica del getto di scarico, il rastrello è stato posto a pochi millimetri dalla sezione di uscita dell'ugello e, potendosi ivi supporre idrostatica la distribuzione di pressione, ciascun tubicino è stato collegato ad un trasduttore di sola pressione assoluta (cfr. foto N° 3).

I rilievi di *flusso interno*, quali le pressioni idrostatiche a monte della presa e immediatamente a monte e a valle della pompa, sono fra quelli previsti dalle *linee guida ITTC*, in quanto essi consentirebbero di valutare le perdite interne all'idrogetto e i conseguenti rendimenti necessari al calcolo della potenza assorbita nave.

Essendo, però, da un lato di onerosa realizzazione e conducendo d'altro canto a valori modello non rivalutati per effetto scala, tali rilievi sono stati, più convenientemente, sostituiti dall'utilizzo della *caratteristica di funzionamento* della pompa idrogetto, che generalmente viene fornita dalle case costruttrici, e delle *prove di effetto scala LIRC* eseguite nel Laboratorio di Idraulica della RIVA CALZONI.

2.1.3.2 Analisi e Previsione Prestazioni

I rilievi di flusso esterno (cfr. figure 1 e 2) eseguiti nelle prove di autopropulsione consentono di calcolare i valori modello V_{im} , V_{inn} e V_{inc} delle *velocità medie volumetriche, impulsive e cinetiche* a monte della presa dinamica e quelle $V_j \cong V_{jm} \cong V_{jc}$ all'uscita dall'ugello di scarico e, quindi, delle variazioni sia di *quantità di moto* che di *energia cinetica* fra ingresso presa e uscita ugello.

È possibile determinare così i valori modello sia della *portata* d'acqua $Q_M = V_j \cdot A_u$ attraverso l'idrogetto, come prodotto della velocità media volumetrica di uscita dall'ugello per l'area della sezione di uscita ugello, sia dell'*efficienza di scia effettiva* $1/(1-w_M) = V_M/V_{im}$ all'imbocco della presa dinamica, come rapporto fra la velocità modello e la velocità media volumetrica a monte della presa, sia della *spinta modello* $T_g = \rho \cdot Q_M \cdot (V_j - V_{inn})$, come variazione della quantità di moto fra ingresso presa e uscita ugello (essendo ρ la densità dell'acqua della Vasca), sia della *potenza di spinta* $T_g \cdot V_{im}$ dell'idrogetto, come prodotto della spinta per la velocità media volumetrica a monte della presa.

Rapportando la differenza fra la *resistenza* e la *correzione d'attrito*, misurate nelle prove modello, rispettivamente, di rimorchio e di autopropulsione, alla spinta modello T_g degli idrogetti si ottiene l'*efficienza di risucchio* $1-t = (R_{TM} - F_D) / T_g$, che viene trasferita invariata al vero. Il prodotto fra quest'ultima e l'efficienza di scia modello fornisce l'*efficienza di carena* modello $\eta_{HM} = (1-t) / (1-w_M)$.

La *potenza effettiva* modello è determinata dal prodotto $P_{EM} = (R_{TM} - F_D) \cdot V_m$ fra la suddetta differenza per la velocità modello mentre la *potenza sviluppata* modello $P_{DM} = 2\pi \cdot N_M \cdot Q_{PM}$ è determinata

dalle misure dei giri e della coppia totale assorbita dai mozzini delle giranti pompe nelle prove di autoprospulsione.

Il rapporto $\eta_{DM} = P_{EM} / P_{DM}$ fra queste potenze fornisce il *rendimento globale di propulsione* modello che, diviso per l'efficienza di carena modello, consente di ottenere il *rendimento degli idrogetti* modello $\eta_{w} = \eta_{DM} / \eta_{IM}$.

La *prevalenza ideale* $H_i = V_j^2/2g - V_{inc}^2/2g + h_z$ della pompa modello, data dalla somma della variazione di energia cinetica fra presa e ugello e dell'altezza dell'asse ugello sulla linea di galleggiamento (essendo $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ l'accelerazione di gravità), determina, insieme alla portata modello, la *potenza ideale* $\rho g Q_M H_i$ che la pompa dell'idrogetto modello dovrebbe fornire al flusso in assenza di perdite viscose.

Dividendo la potenza di spinta modello per la potenza ideale della pompa si perviene al *rendimento ideale* $\eta_i = T_g \cdot V_m / (\rho \cdot g \cdot Q_M \cdot H_i)$ del getto modello.

Dopo aver trasferito le velocità modello ai valori nave $V_S = V_M \cdot \sqrt{\lambda}$ corrispondenti secondo Froude, la *resistenza* nave, a ciascuna velocità V_S , si ottiene da $R_{TS} = 1.025 \cdot (R_{TM} - F_D) \cdot \lambda^3$, in conformità al metodo di trasferimento standard ITTC'57, e la *spinta* nave $T_G = R_{TS} / (1-t) = 1.025 \cdot T_g \cdot \lambda^3$ in accordo alla *legge di similitudine di Froude*.

Dopo aver determinato lo *spessore dello strato limite* nave alla presa secondo la *formulazione di Karman* $\delta_S = 0.376 \cdot L_{IN} / R_N^{0.2}$ per flusso turbolento bidimensionale su lastra piana (essendo L_{IN} la lunghezza baguata nave da prora all'imbocco presa ed R_N il numero di Reynolds basato su tale lunghezza), i valori nave di *portata* Q_S , di *velocità medie volumetrica* V_{IN} e *impulsiva* V_{INM} alla presa e di *spinta* T_G si ottengono con un ciclo iterativo, che introduca valori di tentativo dell'altezza h_S del tubo di flusso ingerito dalla presa nelle espressioni della portata $Q_S = X_B \cdot B_I \cdot h_S \cdot V_{IN}$ e della spinta $T_G = \rho_S Q_S \cdot (Q_S / A_U - V_{INM})$, essendo $B_I = B_{IM} \cdot \sqrt{\lambda}$, $\rho_S = 1025 \text{ Kg/m}^3$ la densità dell'acqua di mare e X_B il *fattore idrodinamico di larghezza presa* (generalmente assunto pari a 1.3).

Alla fine di tale ciclo è possibile determinare anche i valori nave della *velocità media all'uscita ugello* V_j e della *velocità media cinetica alla presa* V_{INE} , di modo che restano determinati, in analogia al calcolo dei loro valori modello, i valori nave dell'*efficienza di scia effettiva* $1/(1-w_S) = V_S / V_{IN}$, dell'*efficienza di carena* $\eta_{HS} = (1-t) / (1-w_S)$, della *prevalenza ideale* della pompa $H_i = V_j^2/2g - V_{INE}^2/2g + h_z$ e del *rendimento ideale del getto* $\eta_i = T_G \cdot V_{IN} / (\rho_S \cdot g \cdot Q_S \cdot H_i)$.

Disponendo della caratteristica di funzionamento della pompa, rilevata sperimentalmente su un modello di pompa geometricamente simile ma in scala λ_{MM} generalmente diversa da λ , si calcola, tramite la correzione delle *norme IEC* (International Electrotechnical Commission for storage pumps), l'*addendo di rivalutazione* $\Delta\eta$ tale che $\eta_{PS} = \eta_{PM} + \Delta\eta$, dove $\eta_{PM} = \rho_M \cdot g \cdot Q_M \cdot H_{TM} / P_{DM}$ è il *rendimento pompa modello* ed $\eta_{PS} = \rho_S \cdot g \cdot Q_S \cdot H_{TS} / P_{DS}$ è il *rendimento pompa nave*, essendo H_{TM} ed H_{TS} le *prevalenze totali della pompa*, modello e nave, e P_{DS} la *potenza sviluppata* nave.

I valori modello $\Sigma \xi_M$ e nave $\Sigma \xi_S$ del *coefficiente globale di perdite* lungo la presa e l'ugello, la *prevalenza totale* $H_{TM} = H_i + \Sigma \xi_M \cdot V_{IM}^2/2g$ ed il *rendimento* η_{PM} della pompa modello, i giri N_S , la *prevalenza totale* $H_{TS} = H_i + \Sigma \xi_S \cdot V_I^2/2g$ ed il *rendimento* η_{PS} della pompa nave vengono determinati attraverso un altro ciclo iterativo che utilizza la curva adimensionale $\Psi = \Psi(\Phi)$ del *coefficiente di pressione* Ψ in funzione del *coefficiente di portata* Φ della *caratteristica di funzionamento pompa* in scala λ_{MM} , la curva $\eta_{PM} = \eta_{PBM}(N_C)$ del *rendimento pompa* in funzione del *numero di giri caratteristico* $N_C = N_M \cdot \sqrt{Q_M} / \sqrt{(g \cdot H_{TM})^3} = N_S \cdot \sqrt{Q_S} / \sqrt{(g \cdot H_{TS})^3}$ e la curva $K_S = K_S(N_M)$ del *fattore di rivalutazione* del rendimento pompa $K_S = \eta_{PS} / \eta_{PM}$, dove $\eta_{PM} = \rho_M \cdot g \cdot Q_M \cdot H_{TM} / P_{DM}$, determinato nelle prove di effetto scala LIRC eseguite nel Laboratorio di Idraulica della RIVA CALZONI.