

PROGRAMMA RICERCHE INSEAN
1988-1990

PROGETTO STRATEGICO N.4
SVILUPPO DI PIU' AVANZATE TECNICHE E METODI
DI SPERIMENTAZIONE SU MODELLI

RELAZIONE SINTETICA
TECNICO-SCIENTIFICA

Stato di Avanzamento al 31-12-1993

PROGETTO STRATEGICO N°4:
SVILUPPO DI PIU' AVANZATE TECNICHE E METODI
DI SPERIMENTAZIONE SU MODELLI

4.0 GENERALITA'

Il PROGETTO STRATEGICO n° 4 è articolato su 5 temi di ricerca, denominati:
PROGETTO 4.1 : Sistema di misura dati per prove al Canale di Circolazione.
PROGETTO 4.2 : Implementazione software per la lavorazione di modelli di elica e di carena.
PROGETTO 4.3 : Nuova metodologia di sperimentazione di modelli di navi a propulsione eolica.
PROGETTO 4.4 : Meccanismo del moto piano (PMM) per navi in immersione e di superficie.
PROGETTO 4.5 : Correlazione Vasca-Mare.

Obiettivo comune alle cinque ricerche è lo sviluppo e l'acquisizione di nuove tecniche e metodologie di sperimentazione su modelli, al fine di una sempre migliore previsione del comportamento della nave al vero sotto gli aspetti della propulsione, sia ad elica (con associati rumore e cavitazione) che eolica, e della manovrabilità, per mezzi di superficie e per corpi immersi.

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

4.1 PROGETTO N. 4.1:

SISTEMI DI MISURA DATI PER PROVE AL CANALE DI CIRCOLAZIONE

4.1.1 Obiettivi

Completamento e messa a punto delle catene di base di misura per prove di cavitazione, di rumore e di rilievo e/o visualizzazione del flusso da eseguire al Canale di Circolazione dell'IN-SEAN, con progetto e realizzazione degli insiemi costituiti dai trasduttori e dai circuiti di conversione, amplificazione, filtraggio e alimentazione ad essi associati e relativi alle grandezze fondamentali proprie:

- del modello (forze, coppie, pressioni, spostamenti, velocità, accelerazioni, ecc.);
- dell'impianto (velocità, pressioni, livelli, temperature, tensioni, correnti, ecc.).

In particolare, sia la messa in funzione delle speciali apparecchiature per la misura del rumore, sia il progetto e, in parte, la realizzazione della strumentazione di misura e acquisizione dei dati relativi al modello e all'impianto, con il relativo software di gestione, dovranno permettere di effettuare il primo e più importante passo per poter disporre di un impianto in grado di fornire ai progettisti e ai ricercatori molte delle risposte necessarie per una migliore e più approfondita conoscenza dei fenomeni idrodinamici, anche in presenza di cavitazione.

4.1.2 Programma di attività

Nell'ambito del Progetto 4.1 è prevista la messa a punto della strumentazione di base necessaria per un primo impiego dell'impianto Canale di Circolazione, con lo studio, progetto e, in parte, realizzazione di:

- a) Catene di misura delle grandezze relative al modello ed all'impianto;
- b) Strumentazione di analisi (nel dominio del tempo e della frequenza) dei segnali elettrici nel range $0 \div 100$ KHz (rumore, pressioni sulla volta di poppa);
- c) Sistemi di acquisizione dati (hardware e software), in BF ($0 \div 10$ Hz) ed in HF ($0 \div 100$ KHz), gestiti da Personal Computer e con visualizzazione dei segnali di input, per una successiva analisi off-line.

L'attività è stata suddivisa in 6 Fasi (Fig.1):

Fase 1: Completamento della strumentazione dedicata ai rilievi di rumore, con cablaggio integrale degli idrofoni e installazione dei preamplificatori, dei filtri, dei sistemi di trattamento ed analisi dei segnali (analizzatori di spettro) e degli apparati di registrazione e stampa.

Fase 2: Studio, progetto e realizzazione della strumentazione necessaria per l'effettuazione di prove di AP nel Canale di Circolazione, utilizzando motori speciali, alimentatori telecomandati di elevata potenza, sistemi meccanici per la trasmissione del moto e dinamometri Q/T stagni e a basso rumore irradiato, con relativa elettronica, il tutto in grado di operare fino a pressioni di 30 mbar in presenza di altissima umidità relativa.

Fase 3: Studio e progetto (e, in parte, realizzazione) dei seguenti sistemi di misura e acquisizione dati:

- a) SAD a 32 canali in B.F. ($0 \div 10$ Hz), gestito da PC dedicato, con visualizzazione dell'andamento nel tempo dei segnali di input ed in grado di fornire i valori medi e le deviazioni standard di

ciascun canale;

b) SAD a 8 canali in H.F. (10 Hz ÷ 100 KHz), gestito da PC, con possibilità di registrazione su nastro magnetico, di visualizzazione dei segnali di ingresso e di trigger interno/esterno.

Fase 4: Messa a punto di nuove tecniche (basate su telecamere CCD monoshot, interfacciate con PC dotato di speciale software dedicato all'analisi delle immagini), per lo studio e la visualizzazione dei fenomeni cavitativi delle eliche, inclusi i sistemi di illuminazione (dall'esterno della vena o dall'interno del modello) e di ripresa (diretta o tramite fibre ottiche).

Fase 5: Studio delle problematiche e progetto dei canali di misura riservati ai rilievi delle fluttuazioni di pressione sulla volta di poppa, dovute al funzionamento dell'elica (cavitante e non), per una successiva analisi off-line dei dati rilevati.

Fase 6: Progetto e realizzazione dell'impianto elettrico/elettronico per il trasferimento in Sala Esperienze di tutti i sistemi di comando, controllo (in automatico e in manuale), segnalazione e allarme dell'impianto Canale di Circolazione, inclusi i videosistemi di rilevazione del livello dell'acqua a monte ed a valle della vena.

4.1.3 Attività svolta

Lo svolgimento del programma di attività indicato al punto 4.1.2 precedente ha avuto concreto inizio nel Gennaio 1992 ed ha successivamente interessato tutte le fasi del programma stesso. Alla data del 31/12/93 la situazione risulta essere la seguente:

Fase 1: E' stata totalmente installata e testata la strumentazione dedicata ai rilievi di rumore, con montaggio integrale degli idrofoni e relativi preamplificatori ad alta impedenza di ingresso, dei filtri, degli analizzatori di spettro e degli apparati di registrazione e stampa. Sono stati eseguiti rilievi di rumore di fondo (intervenendo anche sull'impianto per ridurre il rumore stesso) e si è condotto un ciclo completo di rilievi con misura del rumore di cavitazione, e successivo confronto con i risultati dei rilievi al vero, sulla carena C.1649 (MMI), allestita allo scopo.

Non essendo disponibile presso l'INSEAN personale ricercatore o tecnologo atto a trattare con adeguato approfondimento tutti gli aspetti legati alle problematiche coinvolte, si è reso necessario attivare collaborazioni esterne con specialisti del settore "rumore" e ricorrere all'apporto specializzato di personale tecnico laureato assunto con contratto a termine di durata biennale.

Fase 2: E' stata definita tutta la strumentazione di base necessaria per l'esecuzione di prove di AP nel Canale di Circolazione, e si è provveduto ad installare gli alimentatori di potenza telecomandati, i motori ed i dinamometri (K&R) modificati e resi stagni per poter operare a pressioni fino a 30 mbar ed in presenza di altissima umidità relativa.

Fase 3: E' in via di installazione il sistema di acquisizione dati in BF (0 - 10 Hz) e si sta perfezionando l'acquisto dell'hardware del sistema in alta frequenza (0 - 100 kHz), gestiti da PC dedicato, ed è stato installato ed attivato un registratore magnetico in diretta ad 8 canali ed a larga banda Bell&Howell T18, da utilizzare per la memorizzazione e successiva analisi dei segnali provenienti dai trasduttori installati sul modello, con dinamica contenuta entro i 40 dB. E' di prossima consegna un registratore magnetico digitale a 32 canali, a larga banda e con 96 dB di dinamica, per la memorizzazione di segnali provenienti da trasduttori con elevata dinamica.

Fase 4: E' in via di completamento lo studio di un sistema sperimentale per l'acquisizione ed analisi delle immagini con telecamere monoshot ad alta velocità ed elevatissima sensibilità, sincronizzabili con i giri elica, da utilizzare per i rilievi di flusso e dei fenomeni cavitativi. Il budget a disposizione della ricerca 4.1 non è sufficiente per consentire l'acquisto dei componenti

per la realizzazione del sistema. Rimangono da definire i sistemi di illuminazione (dall'esterno della vena e dall'interno del modello) e di ripresa (diretta o tramite fibre ottiche).

Fase 5: Sono state studiate le problematiche ed individuati i trasduttori differenziali di pressione (ad altissima sensibilità ed elevata frequenza di taglio, piezoresistivi) da utilizzare per i rilievi di fluttuazione delle pressioni indotte sulla volta di poppa dei modelli di carena dal funzionamento dell'elica cavitante, e definita l'intera catena di misura, registrazione ed analisi con PC dedicato. Utilizzando il registratore multicanale di cui alla Fase 3 si rende possibile la registrazione dei dati acquisiti in corso prova (pressioni in 8 punti) per una successiva analisi off-line.

Fase 6: E' stato progettato e costruito il nuovo rack a leggio per il comando e controllo (in manuale ed in automatico) dell'impianto Canale di Circolazione, dotandolo di tutti i dispositivi di segnalazione e allarme, e mettendolo in grado di funzionare in parallelo con il Quadro Generale Comandi fornito dalla Soc. ALSTHOM, costruttrice dell'impianto.

L'attività svolta, relativa ad alcune delle suddette fasi, è documentata nei seguenti lavori:

- 1) VERGARA, R.: "Rapporto sui rilievi acustici effettuati nel Canale di Circolazione", Rapporto Tecnico TECNAV, Roma, Marzo 1992.
- 2) VERGARA, R.: "Introduzione alla misura ed analisi dei segnali acustici in aria ed in acqua", Rapporto Tecnico TECNAV, Roma, Aprile 1992.
- 3) VERGARA, R.: "Correlazione modello-nave", Rapporto Tecnico TECNAV PG20, Roma, Giugno 1992.
- 4) MASIA, M., RANOCCHIA, D., REALI, P.: "Canale di Circolazione: attività svolta e obiettivi a breve termine", Relazione Tecnica INSEAN, Roma, 1992.
- 5) VERGARA, R.: "Risultati della campagna sperimentale effettuata al Canale di Circolazione dell'INSEAN nel periodo Aprile '92 - Luglio '93", Rapporto Tecnico TECNAV, Ottobre 1993.
- 6) MASIA, M.: "Procedura di approntamento e uso della catena di misura per rilievi acustici al Canale di Circolazione", Relazione Tecnica INSEAN, Novembre 93.

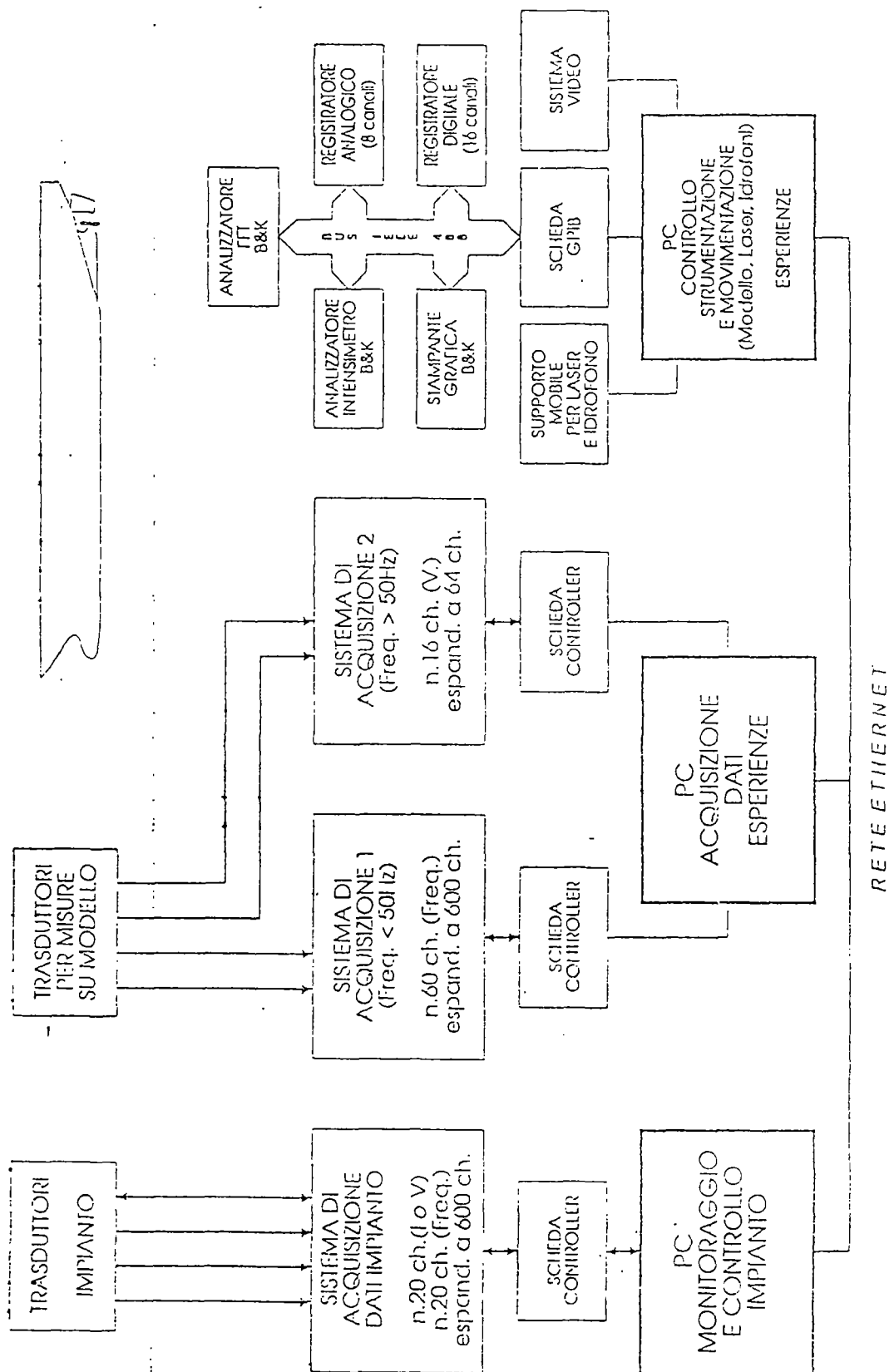
4.1.4 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Per la Fase 1: Stato di avanzamento: 100%
Per la Fase 2: Stato di avanzamento: 100%
Per la Fase 3: Stato di avanzamento: 80% Tempo di ultimazione: Primo trimestre 1994
Per la Fase 4: Stato di avanzamento: 80% Tempo di ultimazione: Primo trimestre 1994
Per la Fase 5: Stato di avanzamento: 100%
Per la Fase 6: Stato di avanzamento: 100%

Stato di avanzamento medio del Progetto 4.1: 90%.

4.1.5 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 4.1, aggiornata al 31 Dicembre 1993, è riportata nell'Allegato 3.



4.2 PROGETTO N. 4.2

IMPLEMENTAZIONE SOFTWARE PER LAVORAZIONI DI MODELLI DI ELICHE E DI CARENE

4.2.1 Obiettivi

Le tecniche CAM applicate alle lavorazioni di "pezzi" a geometria complessa presentano una serie di problemi, riguardanti l'intero processo di definizione e di lavorazione delle superfici, che sono stati risolti solo parzialmente.

In particolare:

- per quanto riguarda la costruzione dei modelli di eliche, hanno avuto soluzioni molto limitate i problemi relativi alla lavorazione dei bordi di entrata e di uscita della pala e del raccordo pala-mozzo, lavorazioni che a tutt'oggi sono eseguite manualmente;
- per quanto riguarda la costruzione dei modelli di carene, è rimasto non risolto il problema relativo al calcolo del percorso utensile nei casi di interferenze "pezzo"-utensile estese (cioè non soltanto locali) ed è questo il motivo per cui il processo di programmazione/lavorazione a controllo numerico dei modelli di carena è semi-automatico ed il risultato è una lavorazione parziale, da completare con tecniche tradizionali, interamente manuali.

4.2.2 Programma di attività

4.2.2.1 Lavorazione eliche: Nel 1984 l'INSEAN si è dotato di un sistema per la lavorazione dei modelli di eliche a controllo numerico con programmazione automatica, che permette di costruire i modelli con grande precisione ed elevatissima ripetitività tra le pale.

Il sistema è costituito da un Centro di Lavoro, da un Controllo Numerico e dal software per la programmazione automatica nella versione per il sistema operativo VAX/VMS.

Il Centro di Lavoro è una fresatrice a controllo numerico in grado di eseguire lavorazioni di superfici mediante il controllo continuo di 5 assi di movimento (tre spostamenti lineari e due rotatori) e del magazzino portautensili. Gli errori massimi di posizionamento degli assi sono dell'ordine del centesimo di millimetro; il campo di lavoro per gli spostamenti lineari è di 780 mm per l'asse trasversale, di 700 mm per l'asse verticale e di 680 mm per l'asse longitudinale-mandrino.

Il Controllo Numerico è un CNC in grado di controllare tutte le funzioni del centro di lavoro ed è dotato, come unità di memoria di massa, di un doppio driver per dischetti da 8"; il codice di lavorazione, generato su calcolatore VAX 11/750, viene trasferito al Controllo Numerico attraverso i dischetti.

Il software per la programmazione automatica è costituito dal processore "Sculptured Surfaces APT-based" completo di modulo grafico, dal post-processore per lo specifico Controllo Numerico e dal pre-processore, al quale è affidato il compito di generare automaticamente i programmi per la lavorazione del modello di elica.

Il processore "Sculptured Surfaces APT-based", sviluppato presso la Northern Illinois University, è basato sul linguaggio APT4 ed è esteso al linguaggio, alla struttura dati ed all'elaborazione del movimento dell'utensile della Geometria Sculturata. Quest'ultima permette la definizione di superfici attraverso 'patches' (a quattro lati connessi tra loro), ciascuno dei quali, descritto da

equazioni bicubiche razionali, può essere una 'mesh' o una superficie di rivoluzione. Le superfici sculturate sono solitamente lavorate con un utensile a testa sferica, che compie un percorso a zig-zag tale che la massima altezza delle creste di materiale non asportato tra due passate successive sia minore di un valore prefissato.

L'input del processore sono programmi di lavorazione (part-programs) scritti nel linguaggio della Geometria Sculturata. I programmi di lavorazione di un modello di elica sono generati automaticamente, a partire dai dati di progetto dell'elica, dal pre-processore appositamente sviluppato in Istituto all'epoca dell'acquisizione del sistema.

In particolare, per ogni modello di elica, sono generati 12 part-programs per la sgrossatura, la semifinitura e la finitura del contorno della pala e del mozzo, delle superfici della faccia e del dorso della pala, della superficie del mozzo e delle superfici di raccordo pala-mozzo lato faccia e lato dorso, nonché per il taglio elicoidale del mozzo (la lavorazione è eseguita pala per pala associando a ciascuna pala una frazione del mozzo).

Non essendo stato possibile, negli anni successivi all'acquisizione del sistema, produrre una seconda versione del pre-processore, sono tuttora aperti alcuni problemi, non risolti con la prima versione, relativi alla lavorazione dei bordi di entrata e di uscita delle pale - in prossimità dei quali la lavorazione automatica si ferma - e del raccordo pala-mozzo.

In definitiva, il programma di attività per i modelli di eliche è così sintetizzabile:

- 1) Definizione delle modalità di rappresentazione e di lavorazione delle superfici;
- 2) Studio degli algoritmi per la lavorazione a 4 ed a 5 assi;
- 3) Progetto del software; scrittura, messa a punto e test finale dei programmi;
- 4) Sviluppo dei moduli software complementari per la visualizzazione grafica e la documentazione della lavorazione.

4.2.2.2 Lavorazione carene: Nel 1986 l'INSEAN si è dotato di un sistema per la lavorazione di modelli di carena a controllo numerico con programmazione automatica, che permette di costruire i modelli con grande precisione, acquisendone la geometria dal data base del software LINES (sviluppato dalla FINCANTIERI), data base che può essere trasmesso direttamente dal Committente su supporto magnetico.

Il sistema è costituito dalla macchina sagomatrice dei modelli di carena della Ditta Kempf&Remmers-Hamburg (modificata in macchina a controllo numerico), dal Controllo Numerico ELSAG e dal software per la programmazione automatica nella versione per il sistema operativo VAX/VMS.

La macchina sagomatrice è in grado di eseguire lavorazioni con due frese, simmetriche rispetto al piano longitudinale, mediante il controllo continuo di 3 assi lineari di movimento. Gli errori massimi di posizionamento degli assi sono dell'ordine del decimo di millimetro.

Il controllo numerico è un CNC in grado di controllare tutte le funzioni del centro di lavoro ed è dotato, come unità di memoria di massa, di un doppio driver per dischetti da 8": il codice di lavorazione, generato su calcolatore VAX 11/750, viene trasferito al Controllo Numerico attraverso i dischetti.

Il software per la programmazione automatica è costituito da un pacchetto di programmi, fra cui un modulo grafico, che generano automaticamente il codice della lavorazione con frese a disco delle linee d'acqua del modello di carena, partendo dalla definizione geometrica dello scafo elaborata con il software LINES.

Il software per la programmazione automatica fu appositamente sviluppato in Istituto all'epoca della trasformazione della sagomatrice di carene da macchina a copiare in macchina a controllo numerico. Non essendo stato possibile, negli anni successivi, produrre una seconda ver-

sione dei programmi, sono tuttora aperti alcuni problemi, non risolti con la prima versione, relativi alla lavorazione delle zone del modello in cui si verificano interferenze pezzo-utensile. In particolare, restano da risolvere i problemi dell'ingombro dell'utensile in orizzontale, che riguarda la lavorazione dei tratti delle linee d'acqua non accessibili alle frese a causa delle loro dimensioni orizzontali (diametro), e dell'ingombro in verticale, che riguarda le zone non accessibili alle frese a causa della geometria in verticale delle frese stesse e dei loro bracci di sostegno.

Il programma di attività si articola quindi, in sintesi, nelle seguenti fasi:

- 1) Definizione delle modalità di lavorazione delle superfici;
- 2) Definizione della geometria degli utensili estesa alle teste e ai bracci della macchina sagomatrice;
- 3) Studio degli algoritmi per il calcolo del percorso utensile nei casi generali più frequenti di interferenze "pezzo"-utensile ed in alcuni casi particolari relativi alla lavorazione delle forme di carena;
- 4) Progetto del software; scrittura, messa a punto e test finale dei programmi di calcolo;
- 5) Sviluppo dei moduli software complementari per la visualizzazione grafica della lavorazione, per la produzione del codice per il controllo della macchina utensile e per la documentazione della lavorazione.

4.2.3 Attività svolta

Alla data del 31 Dicembre 1993, e relativamente alla lavorazione delle eliche, si è giunti a:

- definire le modalità di rappresentazione e di lavorazione delle superfici;
- studiare gli algoritmi per la lavorazione a 4 e a 5 assi;
- progettare il software, con scrittura e messa a punto dei programmi, attualmente in fase di test.

Per ciò che concerne le carene, si è completato:

- lo studio per la definizione dei tipi di lavorazione da adottare e della geometria degli utensili estesa alle teste e ai bracci della macchina sagomatrice;
- il progetto (con stesura dei disegni esecutivi) delle nuove teste portafrese, la cui costruzione sarà portata a termine entro il 31/3/94.

Rimangono altresì da sviluppare il software di lavorazione (scrittura, messa a punto e test finale) ed i moduli software complementari per la visualizzazione grafica della lavorazione, per la produzione del codice di controllo della macchina utensile e per la documentazione della lavorazione.

4.2.4 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Lo stato di avanzamento del Progetto 4.2, alla data del 31 Dicembre 1993, è di circa il 70% e se ne prevede il completamento entro il primo trimestre 1994.

4.2.5 Costi sostenuti

La situazione contabile relativa al PROGETTO 4.2, aggiornata al 31 Dicembre 1993, è riportata nell'Allegato 3.

4.3 PROGETTO N. 4.3

NUOVA METODOLOGIA DI SPERIMENTAZIONE DI MODELLI DI NAVI A PROPULSIONE EOLICA

4.3.1 Obiettivi

Minimizzazione dell'effetto scala e determinazione delle tecniche e metodologie di prova che diano le migliori garanzie di completezza e di affidabilità dei risultati nell'effettuazione di esperienze su modelli di navi a propulsione eolica. In particolare, studio delle tecniche di sperimentazione e progetto/realizzazione:

- degli speciali trasduttori per il rilievo delle forze longitudinali e trasversali, degli angoli di assetto, delle correnti residue, delle altezze d'onda;
- del software di acquisizione ed elaborazione dei dati modello, per l'esecuzione di prove di rimorchio in acqua calma, con modelli di dimensioni fino a 8-10 m di lunghezza e 1,5-2,0 m di larghezza, parzialmente vincolati, con apparecchiature idonee ad affrontare anche problemi specifici di avanzamento in deriva ed in assetto sbandato.

Il Progetto 4.3 costituisce la prosecuzione e l'ulteriore sviluppo di una precedente ricerca (TANK 3) del Programma Ricerche INSEAN 1984-85, ed ha come fine ultimo la messa a punto delle metodologie e tecniche di sperimentazione su modelli di yachts a vela, con conseguenti possibilità di ottimizzazione del progetto dello scafo, delle appendici e degli organi di governo, mediante prove preliminari in vasca rettilinea che forniscano risultati affidabili in tempi e con costi contenuti.

4.3.2 Programma di attività

E' riassumibile in 6 fasi:

Fase 1. Definizione della metodologia di prova e delle tecniche e mezzi di sperimentazione (trasduttori, strumentazione elettronica e meccanica, sistemi di acquisizione ed elaborazione)

Fase 2. Studio, progetto e realizzazione di nuovi sistemi di tenuta e di guida del modello e di misura delle forze (longitudinali e trasversali) agenti su di esso, con minimizzazione degli errori e degli effetti di interferenza

Fase 3. Studio, progetto e realizzazione delle soluzioni strumentali (di elevata precisione) e degli allestimenti speciali per prove in acqua calma.

Fase 4. Definizione, sviluppo e test del software di acquisizione, di controllo dei canali di misura e di elaborazione/presentazione dei dati modello.

Fase 5. Studio e realizzazione dei sistemi multipli di fotografia e videoregistrazione (anche subacquee).

Fase 6. Progetto e realizzazione del sistema "cut longitudinale" per il rilievo della resistenza d'onda.

4.3.3 Attività svolta

Fase 1: Le tecniche adottate per le prove in Vasche rettilinee su modelli di barche a vela si possono così riassumere:

- a) Modello completamente vincolato, tramite bilancia a 6 componenti che lo collega al Carro Dinamometrico;
- b) Modello parzialmente vincolato, con collegamento tra carro e modello effettuato in modo tale da lasciare al modello stesso alcune libertà di movimento;
- c) Modello totalmente libero, trainato ad una certa altezza, là dove si ritiene agisca la risultante delle azioni aerodinamiche.

Nell'ambito del Progetto 4.3 è stata progettata e realizzata un'apparecchiatura di tenuta del modello e di impostazione/misura delle grandezze di interesse rientranti tra quelle del sistema b), adatta per prove su modelli di grandi dimensioni (fino a 10 m di lunghezza) e dislocamento anche superiore ai 1000 kg, ai quali sono concessi 3 gradi di libertà: una traslazione in direzione verticale Z e due rotazioni intorno agli assi x ed y modello.

La prova di rimorchio del modello avanzante in deriva, con il corpo canoa e le appendici dotati di stimolatori di turbolenza di particolari caratteristiche e con simulazione dell'effetto delle forze aerodinamiche mediante spostamento nelle direzioni x, y e Z di pesi di zavorra, viene effettuata scegliendo e prefissando la velocità di avanzamento e gli angoli di deriva, di assetto trasversale e di orientamento del timone e del trim-tab, e misurando le forze di rimorchio e laterali; da queste ultime si può ricavare la posizione longitudinale del centro di pressione laterale. Il modello è libero di immergersi e di emergere, e di assumere l'angolo di assetto longitudinale che gli compete.

Per tener conto:

- a) dell'effetto del traino non applicato nel centro velico e della diversa altezza metacentrica longitudinale;
- b) dell'azione sbandante causata dalla forza aerodinamica trasversale;
- c) della maggiore immersione conseguente all'effetto della componente verticale del vento, vengono applicati corrispondenti forze e momenti correttivi con sistemi automatici motorizzati.

Fase 2: Le caratteristiche fondamentali del "test-rig" realizzato possono così riassumersi:

- a) Massima cura nel progetto e nella costruzione dei telai e delle aste guida anteriore e posteriore, così da garantire minime deformazioni (quindi elevata precisione nell'impostazione dell'angolo di deriva β , dell'ordine di $\pm 0.01^\circ$) ed attriti estremamente ridotti, per non alterare l'assetto longitudinale e la misura delle immersioni di prua e di poppa. Poiché lo spostamento trasversale delle aste guida è motorizzato, sono permesse anche variazioni continue, in corsa, dell'angolo di deriva, a velocità angolare costante o variabile secondo una qualunque legge temporale prefissata;
- b) Eliminazione completa degli errori di allineamento tra asta di traino e cella di rimorchio con interposizione di una bilancia a 2 componenti che funge da rilevatore di zero;
- c) Estrema cura nel progetto, realizzazione e calibrazione dei dinamometri per la misura delle forze longitudinali e trasversali (vengono garantite precisioni migliori dello 0,1 % sull'intero campo di misura e stabilità nel tempo dell'ordine delle 10 ppm/giorno),
- d) Utilizzo di trasduttori e di un'elettronica di misura di elevata precisione (compresa tra lo 0,02 % e lo 0,1 %), linearità migliore dello 0,01 %, stabilità in temperatura dell'ordine delle 50 ppm/°C, risoluzione di $1/10^{-4}$,
- e) Ricorso a molteplici mezzi di riduzione del rumore (in particolare, EMI);
- f) Duplicazione del fondo scala (e dei circuiti elettronici relativi) e/o della tecnica di misura per i

trasduttori delle grandezze di maggior interesse.

Per ciò che riguarda gli effetti di cross-talk, sono state studiate e, ricorrendo a particolari soluzioni tecniche, rese del tutto trascurabili le influenze sulla forza di traino sia delle azioni trasversali agenti sui due dinamometri di prora e di poppa, sia degli attriti nascenti sui cuscinetti lineari (scorrevoli nelle direzioni x ed y) presenti all'interno degli stessi due dinamometri, oltre ad eliminare, mediante una speciale bilancia a 2 componenti, gli effetti di disturbo dovuti al non allineamento tra asta di tiro e cella di rimorchio.

Fase 3: Ad ognuna delle 23 grandezze analogiche (su un totale di 30) misurate è stato associato un convertitore tensione-frequenza per minimizzare gli effetti delle interferenze elettromagnetiche ed i segnali sono inviati:

- a) alla strumentazione digitale di misura, visualizzazione, stampa ed ai sistemi di registrazione su nastro magnetico (8 canali) ed a carta (12 canali), installati a bordo del carro dinamometrico n°1 ad integrazione della strumentazione già esistente;
- b) ai convertitori V-F e da questi ad un SAD a 32 canali analogici e 2 digitali di input. E' disattivato il SAD-NEFF a 132 canali collegato al calcolatore centrale Digital VAX 11/750 tramite un link-laser bidirezionale, per garantire la completa riservatezza dei dati acquisiti e trattati, e sono state eseguite modifiche elettriche, elettroniche e meccaniche al carro dinamometrico n°1 per renderlo atto ad accogliere le nuove apparecchiature di misura.

Fase 4: Il SAD (Sistema di Acquisizione Dati) di bordo, progettato e realizzato presso l'INSEAN e operante sotto il controllo di un PC M300 Olivetti, è stato adattato per consentire:

- la visualizzazione e stampa dell'andamento temporale di una qualsiasi grandezza misurata;
- il calcolo del relativo valor medio e della deviazione standard all'interno di una finestra temporale comunque selezionabile tra gli istanti limiti di start e di stop acquisizione;
- la memorizzazione di tutti i campioni relativi ai 23 canali analogici di ingresso, più 5 canali di controllo e 2 canali digitali (frequenza di sampling: 30 Hz/canale) su di un floppy-disk, con successivo suo trasferimento a terra per l'elaborazione con software dedicato;
- il controllo automatico degli errori di non linearità e di guadagno di tutti i canali di misura mediante invio di segnali campione (in tensione e in frequenza) e analisi delle risposte.

Inoltre, l'elaborazione dei dati relativi alle prove di rimorchio avviene utilizzando un pacchetto software (RS1) che consente di trattare in modo flessibile i dati stessi. Tramite il linguaggio RPL, interno all'ambiente RS1, sono state messe a punto procedure atte ad eseguire sia i calcoli di base che le elaborazioni successive, così da giungere rapidamente alla stesura della relazione finale.

Fase 5: Sono stati installati sistemi fotografici e televisivi di ripresa, registrazione e analisi di fenomeni che avvengono:

- in superficie (formazione ondosa generata);
- in immersione (visualizzazione del flusso intorno al corpo canoa e sulle appendici), ricorrendo a telecamere stagne telecomandabili a distanza ed a sistemi di illuminazione subacquei.

Fase 6: Un terzo sistema di acquisizione dati è stato installato nella Control Room dei Bacini 1 e 2 per la gestione automatica, tramite PC, dei segnali di calibrazione/misura relativi a 4 sonde, poste nel bacino 1, per il rilievo delle onde generate dal modello, per poterne determinare la componente della resistenza legata alla formazione ondosa con il metodo del "taglio d'onda longitudinale".

L'attività sopra descritta è stata completamente svolta ed ha consentito l'esecuzione, con ottimi risultati, dell'intero ciclo di prove su numerosissimi modelli di barche a vela della Soc. TENCARA, del gruppo MONTEDISON, in occasione della Coppa America 1992. Detta attività è,

in parte, sintetizzata nei seguenti lavori sviluppati:

- 1) REALI, P. : "Test-rig per prove su modelli di barche a vela: caratteristiche fondamentali e prospettive di futuri sviluppi"- Presentato al VII° IMDV Design Technology Team Meeting, Castellanza (VA), Maggio 1990.
- 2) COSTANZO, M. : "Prove di ripetibilità su modello di barca a vela"- Relazione Tecnica INSEAN, Novembre 1990.
- 3) PETTINELLI, R. : "L'elaborazione dei dati relativi alle prove eseguite su modelli di yachts a vela", Relazione Tecnica INSEAN, Marzo 1992.
- 4) CANTISANO, N.; PETTINELLI, R.: "L'acquisizione e la pre-elaborazione dei dati nelle prove di rimorchio su modelli di barche a vela"- Relazione Tecnica INSEAN, Settembre 1992.
- 5) MUSCARA', C. : "Misura delle forze agenti su modelli di imbarcazioni a vela tramite elettronica di alta precisione", Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Luglio 1990.

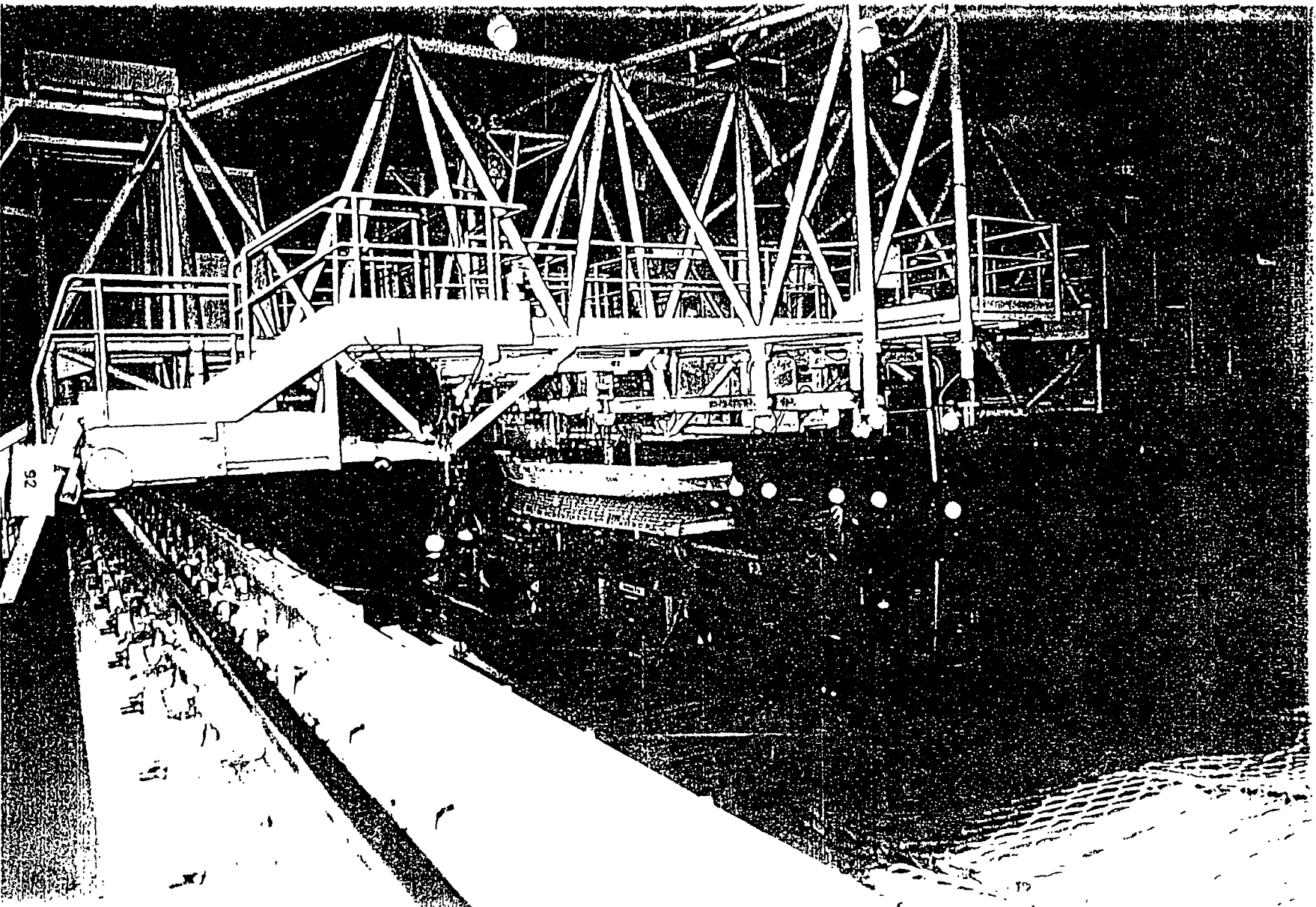
4.3.4 Stato di avanzamento e tempi di ultimazione

Il Progetto 4.3 si è concluso nell'anno 1990.

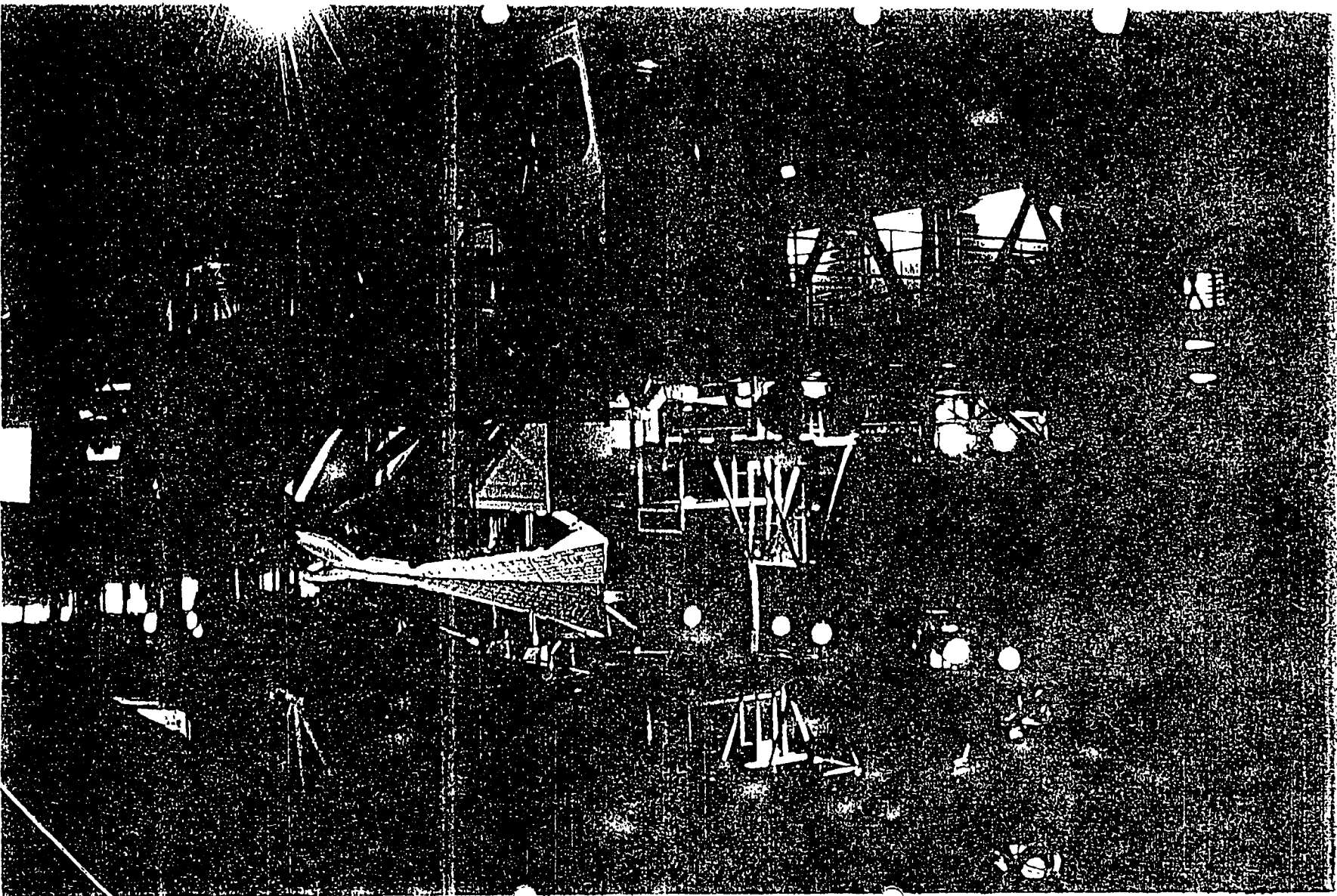
4.3.5 Costi sostenuti

I costi sostenuti per il completo svolgimento del PROGETTO 4.3 sono riportati nell'Allegato 3.

XIII LEGISLATURA - DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI



XIII LEGISLATURA - DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI



4.4 PROGETTO N. 4.4

MECCANISMO DEL MOTO PIANO (PMM) PER MODELLI DI NAVI IN IMMERSIONE E DI SUPERFICIE

4.4.1 Obiettivi

La presente Ricerca si propone la messa a punto, la calibrazione ed il test finale di un completo "Planar Motion Mechanism", adattando l'apparecchiatura già disponibile (ma in via di completamento e realizzata per prove su corpi immersi) a modelli di navi di superficie e tentando di risolvere, in tutto o in parte, le numerose problematiche ancora aperte, ed in particolare:

- Possibilità di disporre di un'apparecchiatura in grado di imprimere i richiesti movimenti a modelli di mezzi di superficie ed a corpi immersi aventi dimensioni tali da minimizzare gli effetti scala, garantendo nel contempo elevata precisione nell'attuazione e nella misurazione (con trasmettitori speciali stagni) dei movimenti e delle conseguenti forze nascenti;
- Affinamento dei sistemi automatici di movimentazione del modello, gestiti tramite PC e corredati di trasduttori e di circuiti elettronici di misura studiati, progettati e costruiti allo scopo;
- Messa a punto del software di gestione automatica della prova e di acquisizione/elaborazione dei dati forniti, con trasferimento al mezzo in vera grandezza;
- Affinamento dei sistemi di interfaccia tra apparecchiatura PMM e modello, e definizione dei metodi per la determinazione rapida dei momenti di inerzia rispetto agli assi principali;
- Individuazione di più adeguati sistemi di test, di calibrazione e di sicurezza.

4.4.2 Programma di attività

L'INSEAN già dispone, per prove di rimorchio e di autopropulsione ad assetto costante di mezzi subacquei, di un'apparecchiatura (Kempf&Remmers), per la quale ha sviluppato un'adeguata strumentazione ed ha risolto numerosi problemi di installazione, movimentazione, calibrazione, misura ed elaborazione dati.

Attualmente, in collaborazione con MMI e FINCANTIERI (Div. Costruzioni Militari), si sta provvedendo alla messa a punto di una nuova apparecchiatura, altamente automatizzata, per prove su modelli di corpi immersi e, nell'ambito della Ricerca in oggetto, si sta studiando anche il suo adattamento per prove su navi di superficie.

Il programma di attività relativo al Progetto 4.4 è articolato in 2 fasi:

Fase 1: Messa a punto del PMM, della relativa strumentazione elettronica di misura e del necessario software, con:

- 1) Attuazione delle modifiche elettriche, elettroniche e meccaniche sul carro dinamometrico n°1 per la perfetta compatibilità tra le apparecchiature K&R e PMM per prove su modelli di corpi immersi e di navi di superficie;
- 2) Studio e realizzazione delle apparecchiature per la determinazione dei momenti di inerzia rispetto agli assi baricentrici;
- 3) Sviluppo del software di calibrazione, acquisizione ed elaborazione dati.

Fase 2: Test finali, con:

- 1) Verifica del software di acquisizione, elaborazione e presentazione dei dati su PC dedicato;