

SERIE SISTEMATICHE

PREVISIONE DELLA RESISTENZA AL MOTO

- Metodo sperimentale
- Serie sistematiche
- Metodi statistici
- Riferimento a schemi geometrici semplici
- CFD

RIEPILOGO DI METODO DI FROUDE

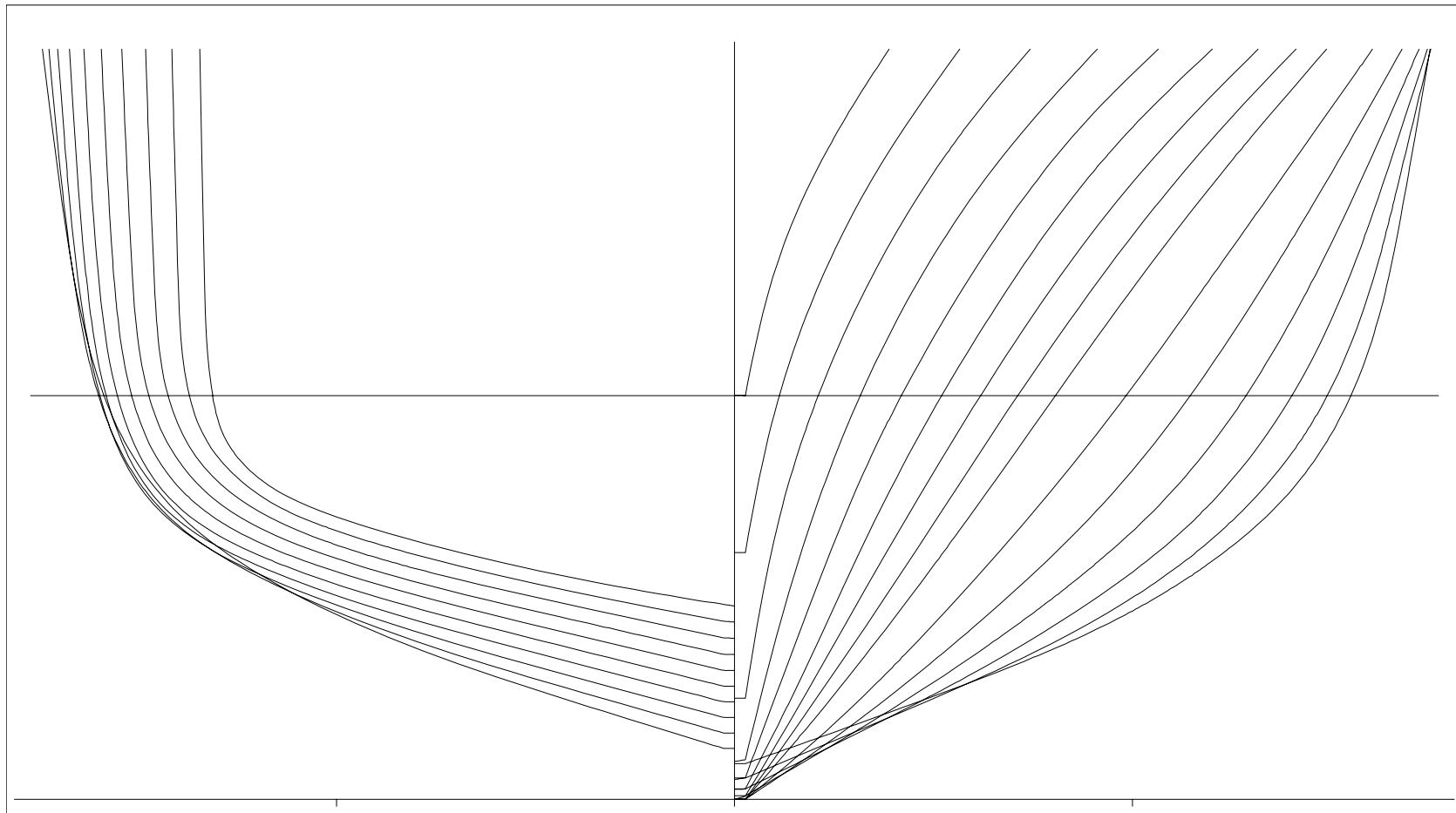
1. IPOTESI DEL METODO: $R = R_F(\text{forze viscosse}) + R_R(\text{forze d'inerzia})$
2. $R_F(\text{forze viscosse}) = f(R_N)$ e $R_R(\text{forze d'inerzia}) = f(F_N)$
3. $R = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_T \Rightarrow R = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_F + 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_R$
4. $C_T = C_F + C_R$
5. Si calcola il coefficiente di resistenza d'attrito C_F con la formula ITTC 57
6. $C_R = C_T - C_F$
7. $C_{R\text{MODEL}} = C_{R\text{SHIP}}$

$$R_N = \frac{v \cdot L_M}{v} \quad F_N = \frac{v}{\sqrt{L_M \cdot g}} \quad C_F = \frac{0.075}{(\log R_N - 2)^2} \frac{0.242}{C_F} = \log(C_F \cdot R_N)$$

Marwood, Bailey: SERIE NPL

- British National Physical Laboratory, 1969
- 22 modelli di carene veloci dislocanti
- forma avviata, poppa a specchio
- una carena madre 100A con $L/B=6.25$
- dalla carena madre sono sviluppati altri quattro modelli con $L/B=5.41, 4.54, 3.33$ e 7.5
- da questi cinque modelli dello stesso dislocamento, gli altri sono ottenuti variando l'immersione per ottenere variazione di $L/V^{1/3}$

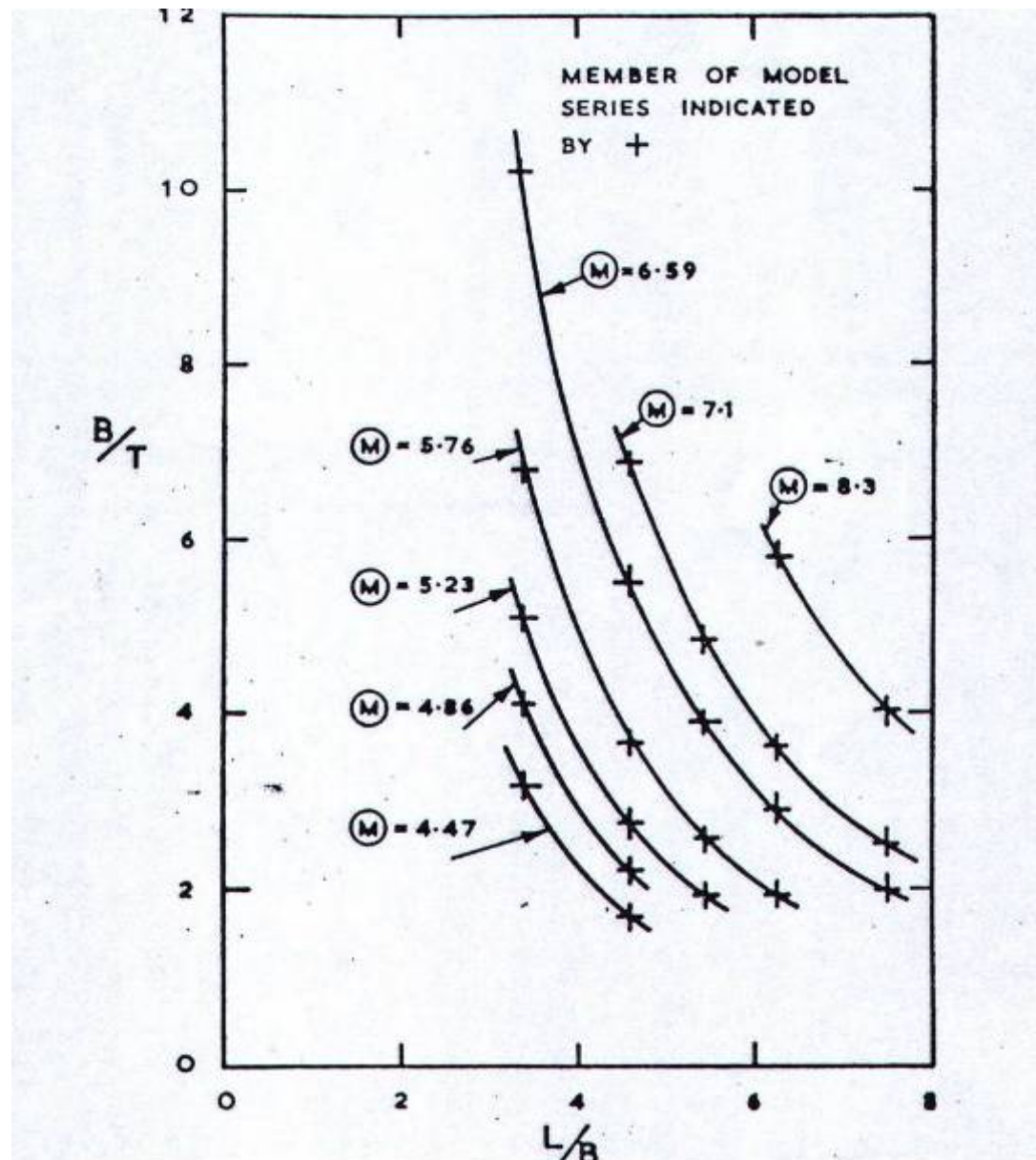
PIANO DI COSTRUZIONE NPL 100A



PARAMETRI DELLA NPL

PARAMETRO	MIN	MAX
(M)	4.47	8.3
L_{WL} / B_{WL}	3.33	7.5
B_{WL} / T_M	1.72	6.80
C_B	0.397	0.397
C_P	0.693	0.693
XCB (%)	43.6	43.6
F_{NV}	0.6	3.6

SCHEMA DI VARIAZIONE DI MODELLI NPL



MODEL SET UP

- modelli fatti di legno o di poliuretano
- tutti i modelli avevano la stessa lunghezza al galleggiamento $L_{WL} = 2.54\text{m}$
- stimolazione di turbolenza con chiodini di 3 mm sul profilo di prua

RISULTATI DELLA SERIE SISTEMATICA

- **RESISTENZA** - velocita', resistenza, angolo d'assetto dinamico, spostamento del baricentro verticale, $F_N = 0.3 \div 1.19$
- **PROPULSIONE** bielica, variazione di ε da $5 \div 12.5$ gradi, $F_N = 0.5 \div 1.05$, $(M) = 5 \div 7$
- **TENUTA AL MARE** - velocita', sussulto, beccheggio, accelerazioni verticali a FP e AP, MARE IRREGOLARE, $F_N = 0.4 \div 1.2$
- **MANOVRABILITA'** - 100B, 2 eliche e 2 timoni, $F_N = 0.2 \div 0.5$

PRESENTAZIONE DEI DATI DI RESISTENZA

- C_F secondo la linea di ITTC 57
- Superficie bagnata da fermo
- DIAGRAMMI $R_R/\Delta = f((M))$ per L/B
- Diagrammi $C_T = f(v/L^{0.5})$ per nave di lunghezza 30.5m per vari dislocamenti ($L/B = \text{const.}$)

DIAGRAMMA $R_R/\Delta = f((M))$ per $L/B = 6.25$

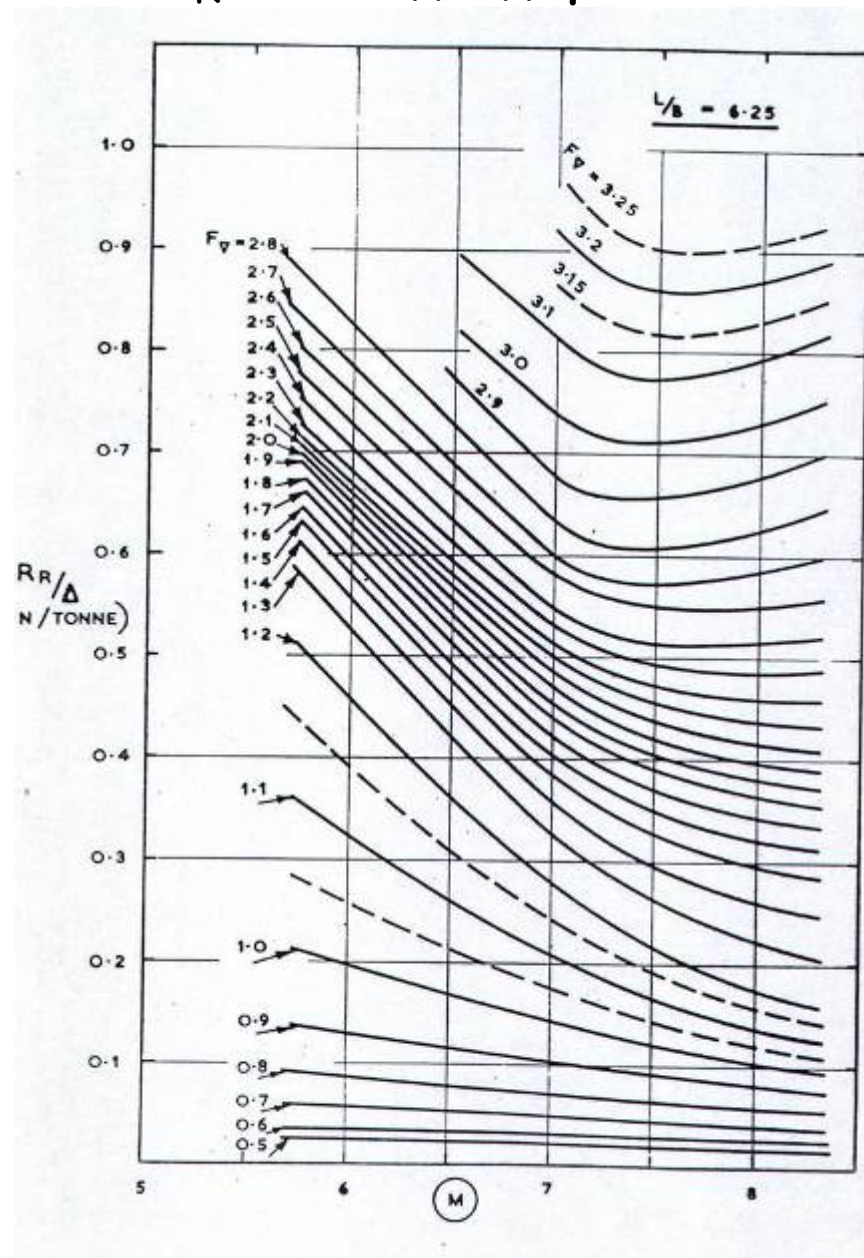
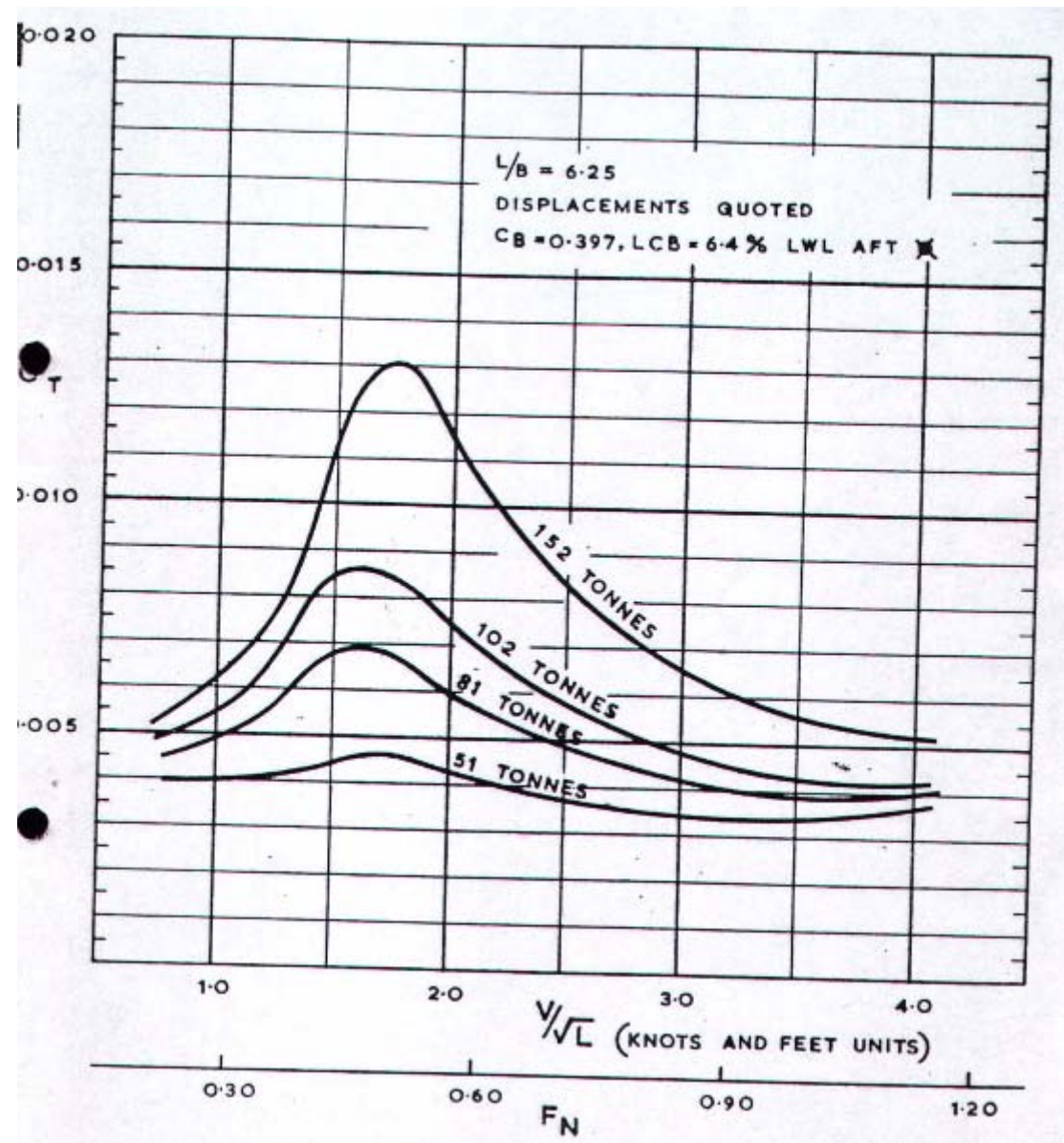


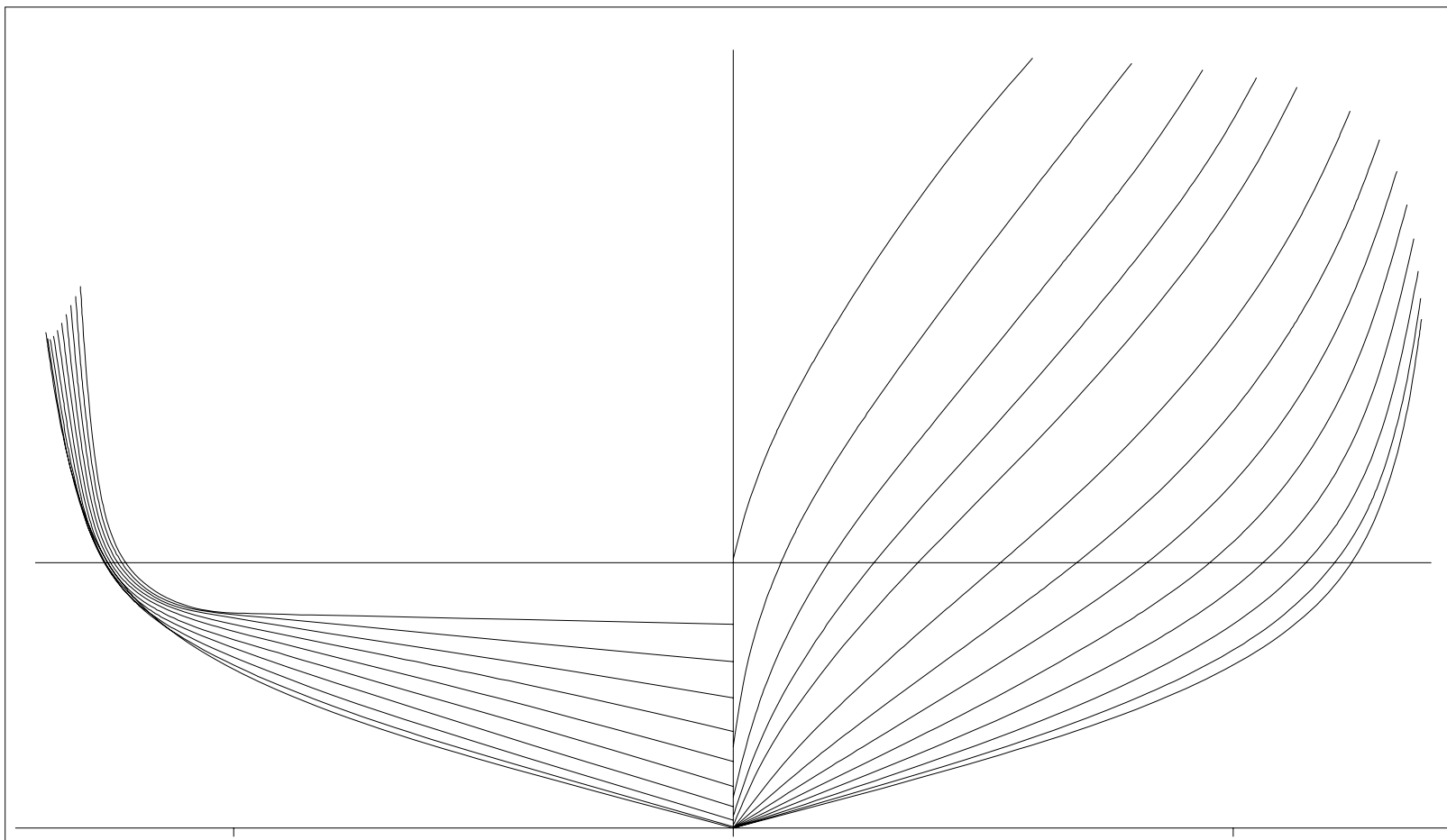
DIAGRAMMA $C_T = f(V/L)$ per $L/B = 6.25$



Blok & Buelkmann - Model 5

- Robson 1987 ha pubblicato i risultati della serie sistematica soltanto per la carena madre - Model 5
- $L_{WL} = 5\text{m}$
- $L_{WL}/B_{WL} = 8$
- $B_{WL}/T=4$
- $C_B = 0.396$, $C_M = 0.633$, $C_P = 0.626$
- $XCB = 5.02\%$
- Stimolazione di turbolenza con striscia di sabbia
- C_F secondo la linea di ITTC-57
- Risultati nel diagramma $C_R = f(F_{NV})$

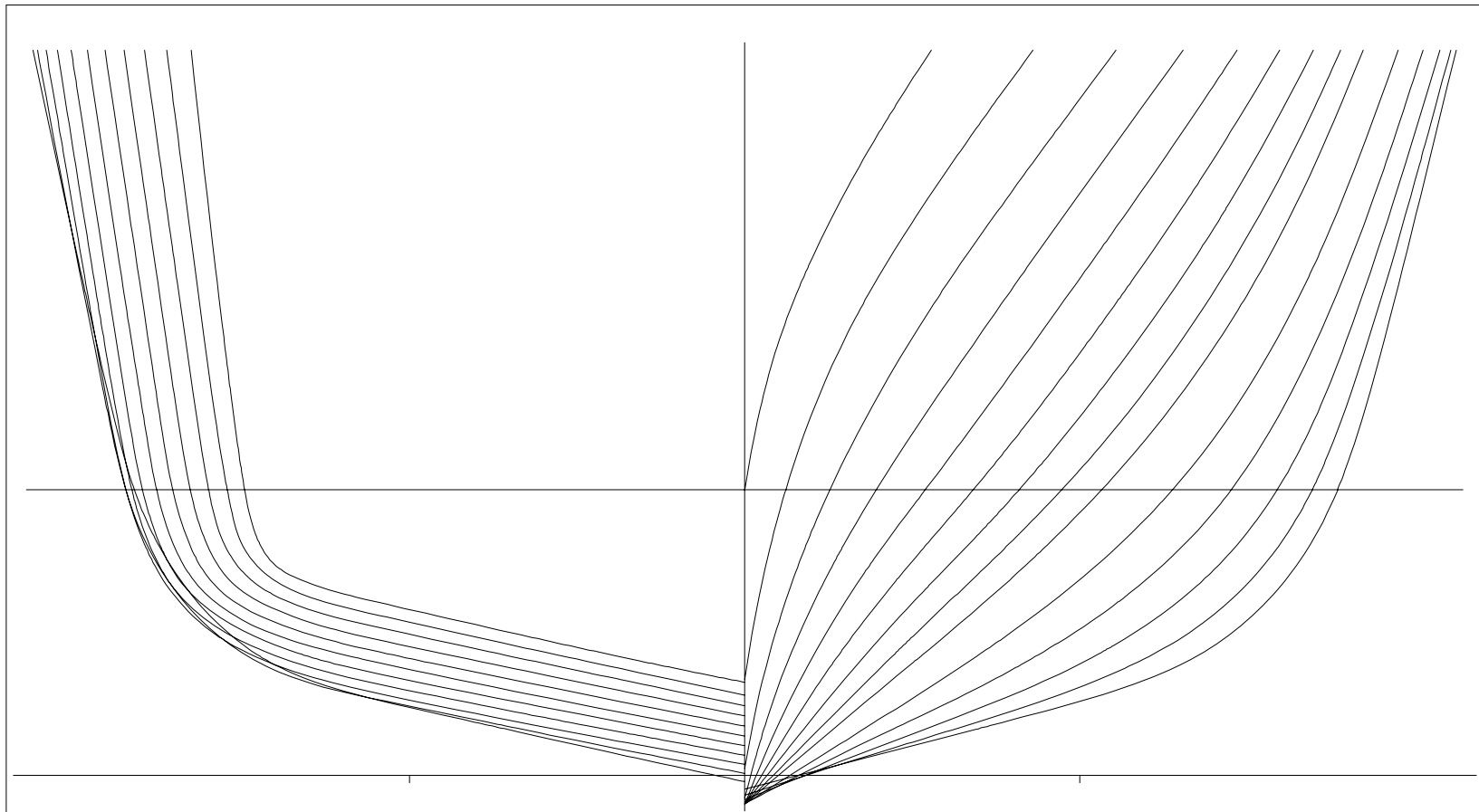
PIANO DI COSTRUZIONE MODEL 5



Lahtiharju et al: NOVA

- VTT Ship Research Center of Finland, 1991
- carena madre NOVA-1 è sviluppata dalla serie NPL volendo diminuire l'immersione
- $(M) = 6.586 (\equiv \text{NPL})$
- $L_{WL}/B_{WL} = 5.41 (\text{NPL} : 6.25)$
- $B_{WL}/T_M = 4.39 (\text{NPL} : 2.90)$
- $C_B = 0.45 (\text{NPL} : 0.397)$
- $C_X = 0.6494 (\text{NPL} : 0.5730)$
- altri coefficienti della forma XCB , B_T/B_{MAX} , T_T/T , A_T/A_X sono rimasti identici come nella serie NPL
- dalla carena madre sono sviluppati altri quattro modelli avviati ed uno a spigolo

PIANO DI COSTRUZIONE NOVA



PARAMETRI DELLA NOVA

PARAMETRO	MIN	MAX
(M)	6.586	8.3
L_{WL} / B_{WL}	4.55	6.25
B_{WL} / T_M	4.39	6.90
C_B	0.45	0.65
C_P	0.693	0.693
XCB (%)	43.60	43.6
F_N	0.6	3.8

MODEL SET UP

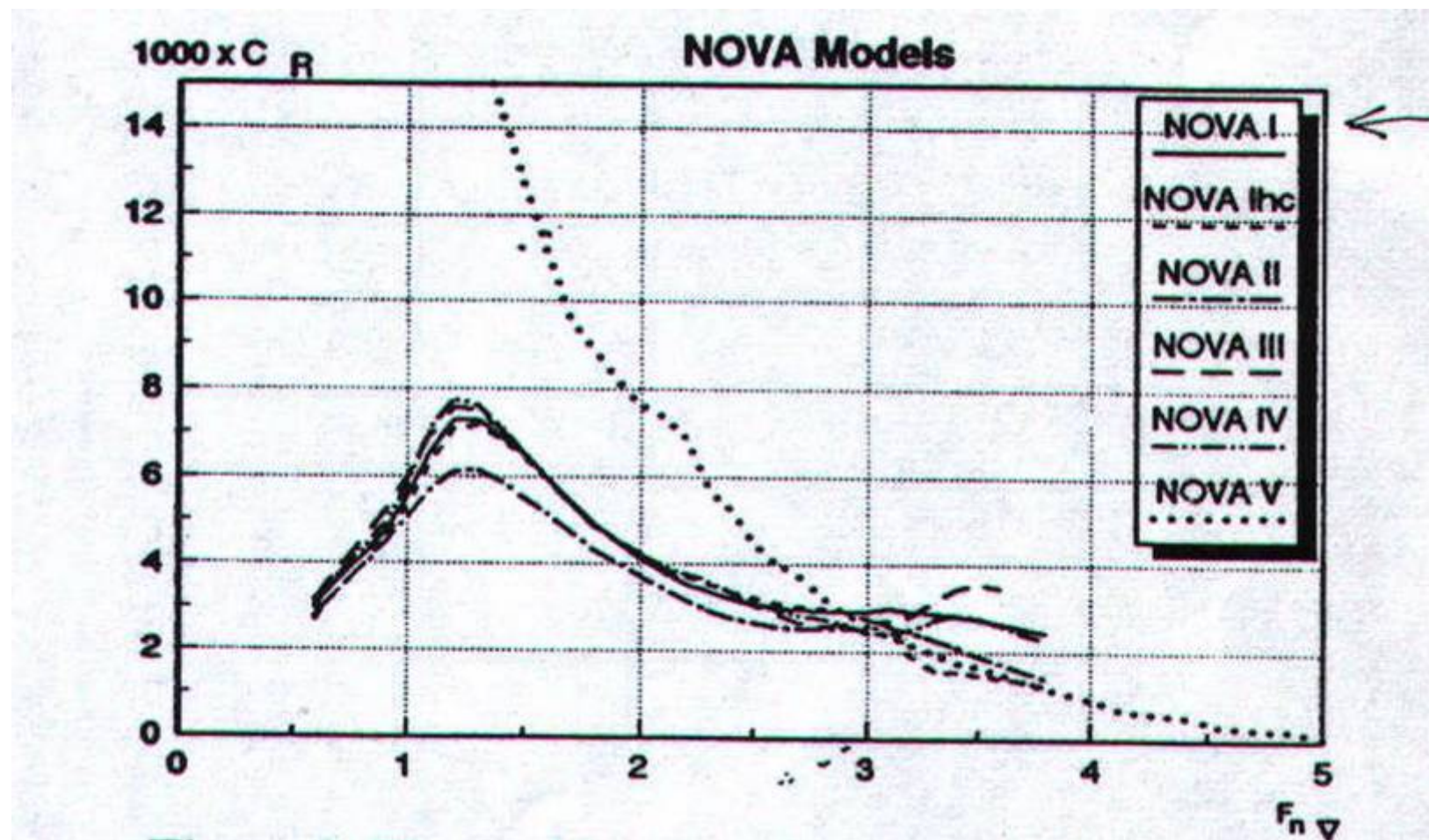
- modelli fatti di legno
- tutti i modelli avevano la stessa lunghezza al galleggiamento $L_{WL} = 2.8\text{m}$
- stimolazione di turbolenza con chiodini attaccati sulle sezioni 7.5, 8.5 e 9.5

RISULTATI DELLA SERIE SISTEMATICA

- **RESISTENZA** - velocità, resistenza, angolo d'assetto dinamico, $F_N = 0.2 \div 1.19$
- **VARIAZIONE DI IMMERSIONE**: 130% e 80% di dislocamento di progetto
- **TENUTA AL MARE** - NOVA II e NOVA IV - velocità, sussulto, beccheggio, accelerazioni verticali a FP e AP, mare irregolare, $F_N = 0.2 \div 0.8$
- **ANALISI DI REGRESSIONE PER LA RESISTENZA E TENUTA**

PRESENTAZIONE DEI DATI DI RESISTENZA

- C_F secondo la linea di ITTC 57
- Superficie bagnata da fermo
- Diagramma $C_R = f(F_{NV})$
- Diagramma $R_T = f(v)$ per nave di dislocamento 45.36t
- Diagramma $C_T = f(\Delta)$
- Diagramma $C_T = f(F_{NV})$ per variazione di angolo d'assetto



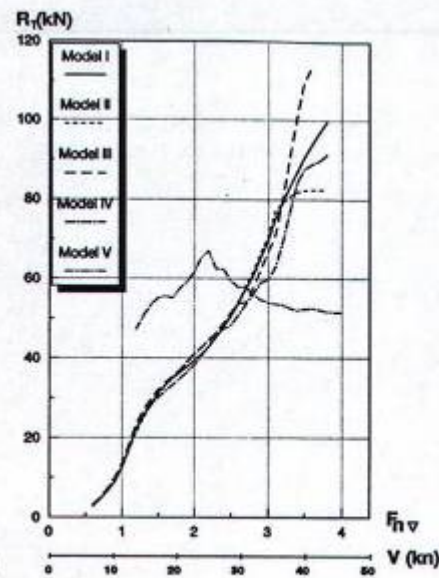


Figure 10 The total resistances of the NOVA-models as 45.36 ton (100,000 lbs) vessels.

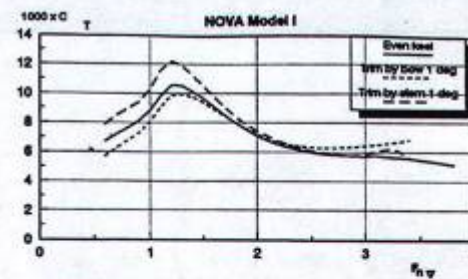


Figure 11 The effect of trim on the total resistance of NOVA I.

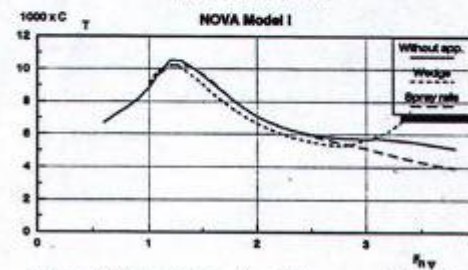


Figure 12 The effect of appendages on the total resistance of NOVA I.

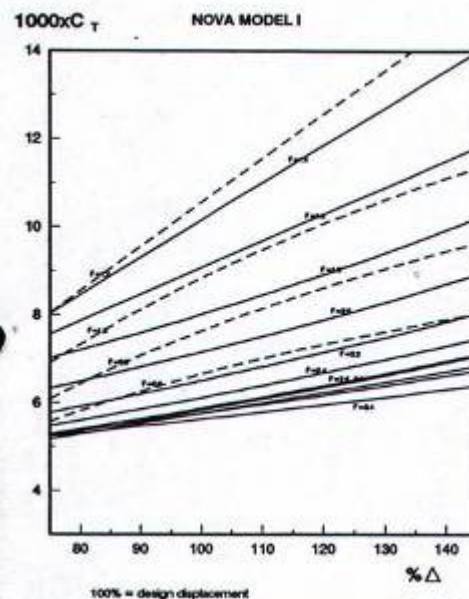


Figure 13 The effect of displacement on the total resistance of NOVA I.

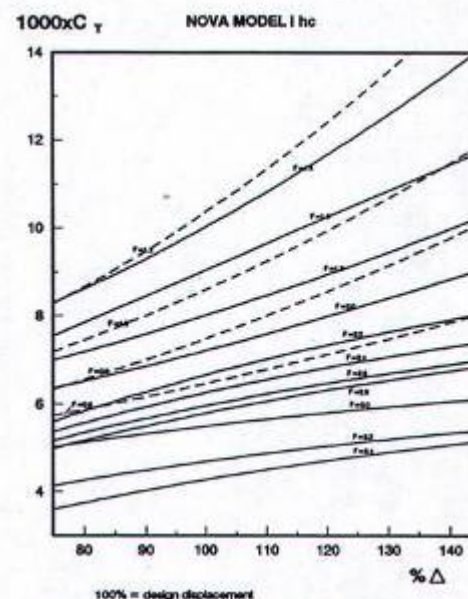
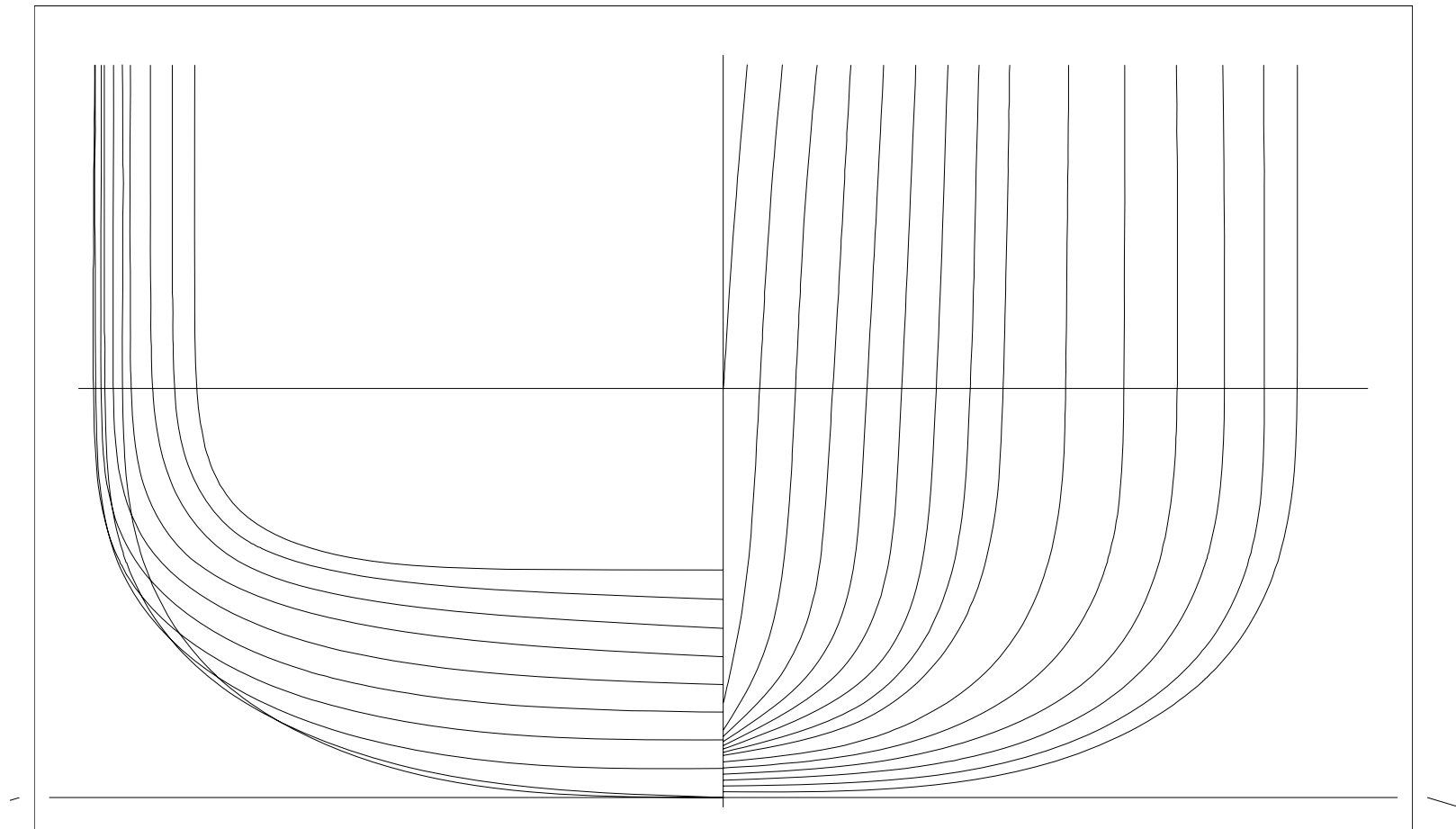


Figure 14 The effect of displacement on the total resistance of NOVA I.

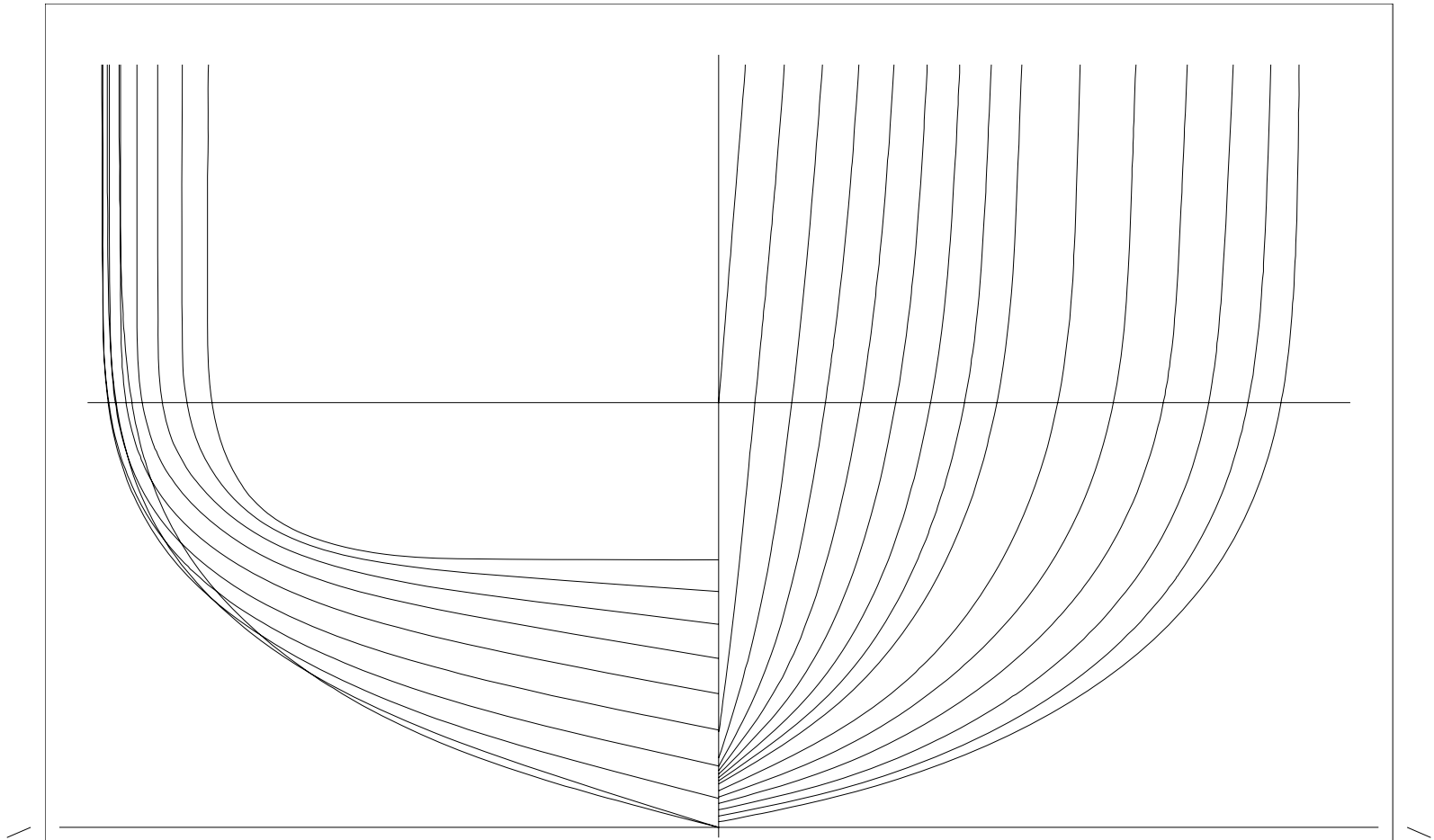
Yeh: SERIE SISTEMATICA 64

- David Taylor Model Basin, 1964
- 27 modelli di carene veloci dislocanti
- forma avviata, poppa a specchio
- tre carene madri con $C_B=0.35; 0.45; 0.55$
- Da ciascuna delle carene madri sono sviluppati altri otto modelli variando $\Delta/(0.01 \cdot L)^3$ e B/T

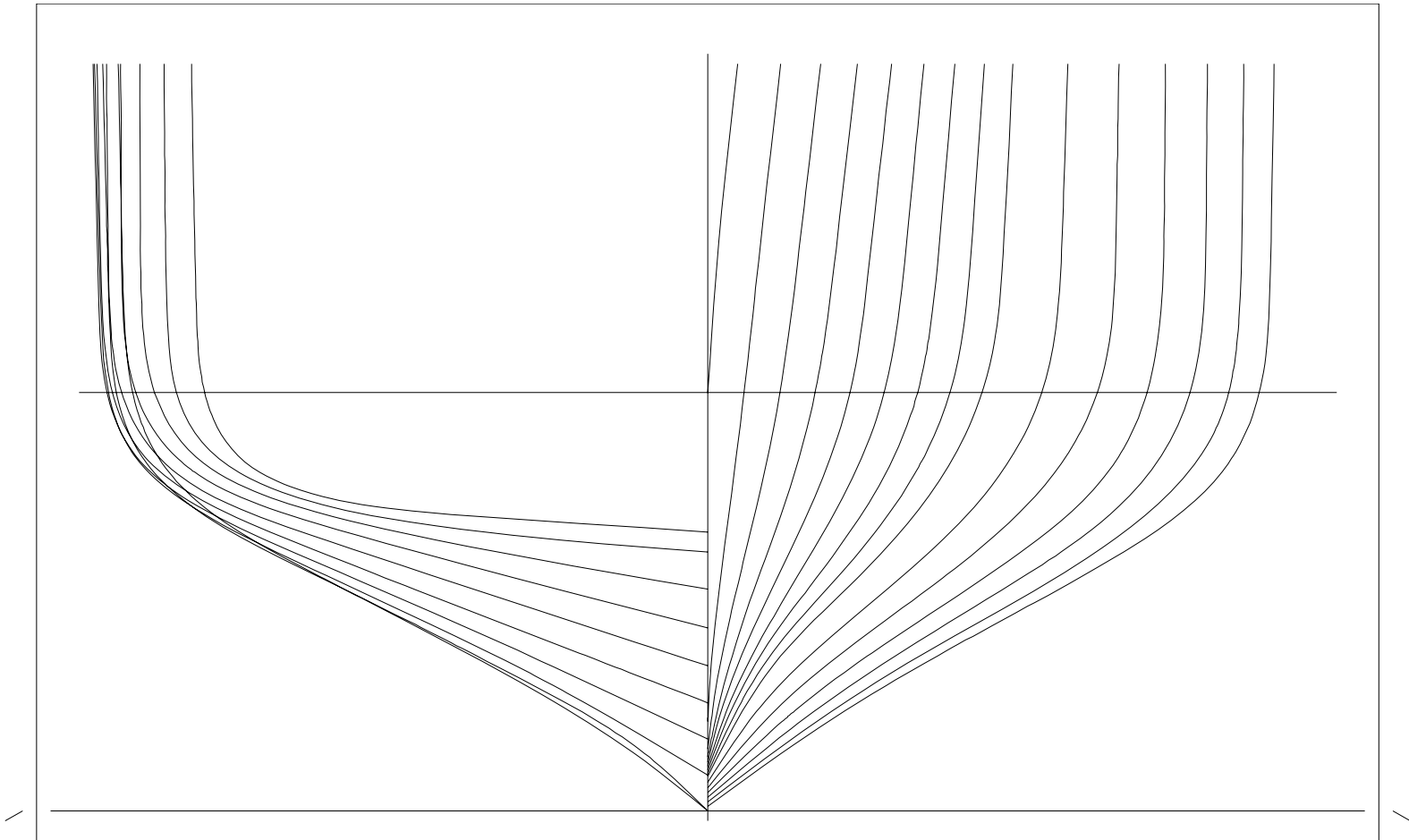
S 64, CB = 0.55



S 64, CB = 0.45



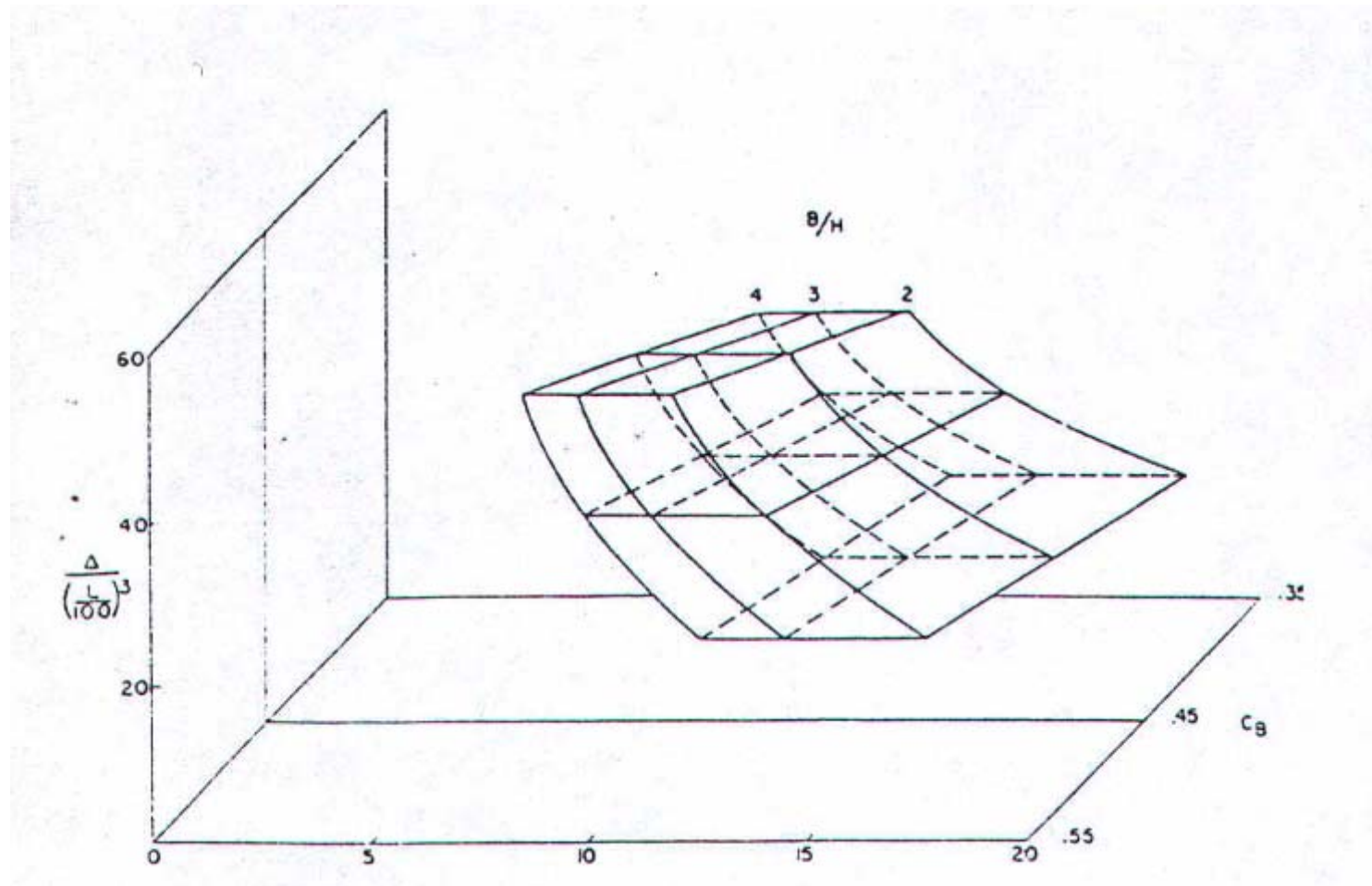
S 64, CB = 0.35



PARAMETRI DELLA S 64

PARAMETRO	MIN	MAX
(M)	8.0	12.6
L_{WL} / B_{WL}	8.45	18.26
B_{WL} / T_M	2.0	4.0
C_B	0.35	0.55
C_p	0.63	0.63
XCB (%)	43.40	43.40
F_{NV}	0.6	3.8

SCHEMA DI SERIE SISTEMATICA S64



MODEL SET UP

- modelli fatti di legno
- tutti i modelli avevano la stessa lunghezza al galleggiamento $L_{WL} = 3.048\text{m}$
- **senza** stimolazione di turbulenza

RISULTATI DELLA SERIE SISTEMATICA

- **RESISTENZA** - velocità, resistenza, angolo d'assetto dinamico, spostamento del baricentro verticale $F_N = 0.2 \div 1.2$

PRESENTAZIONE DEI DATI DI RESISTENZA

- C_F secondo la linea di ATTC 47
- Superficie bagnata da fermo
- Diagramma $R_R / \Delta = f(\Delta / (0.01L)^3)$
- Diagramma $C_R = f(v/L^{0.5})$
- Tabella $C_R = f(v/L^{0.5})$

DIAGRAMMA $R_R/\Delta = f(\Delta/(0.01L)^3)$ per $C_B = 0.45$

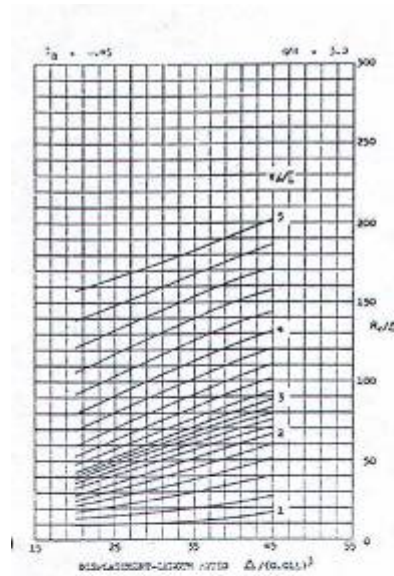


Fig. 19

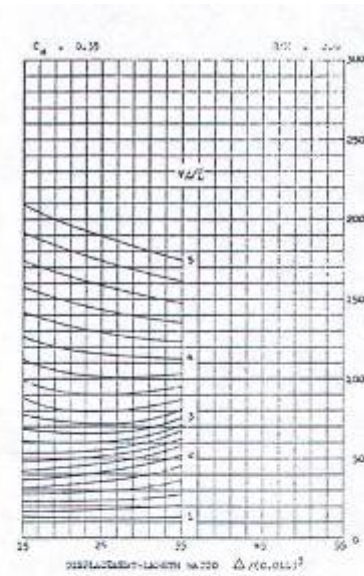


Fig. 21

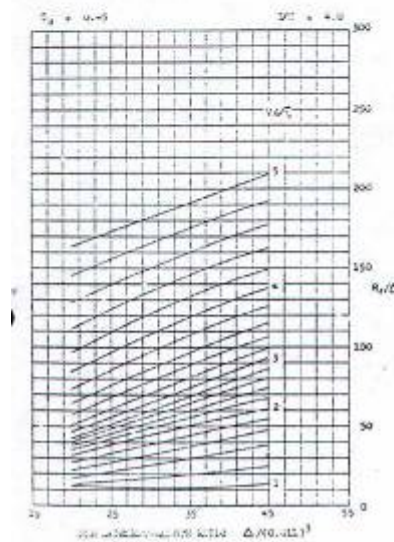


Fig. 20

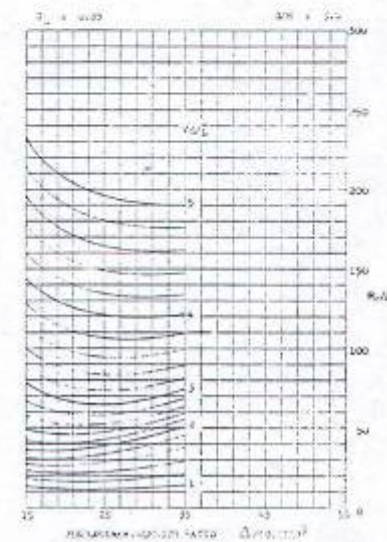
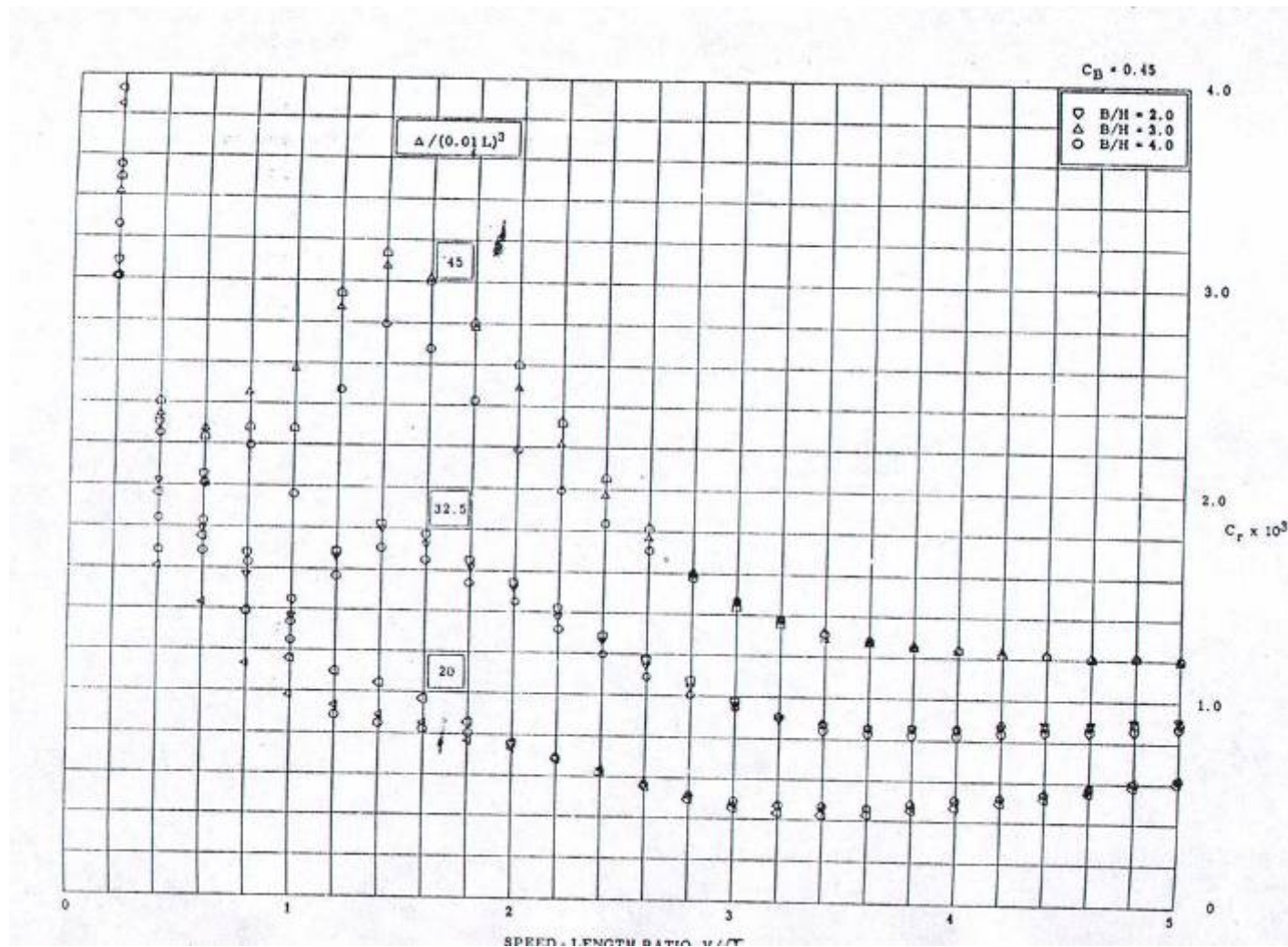


Fig. 22

DIAGRAMMA $C_R = f(V/L^{0.5})$ per $C_B = 0.45$



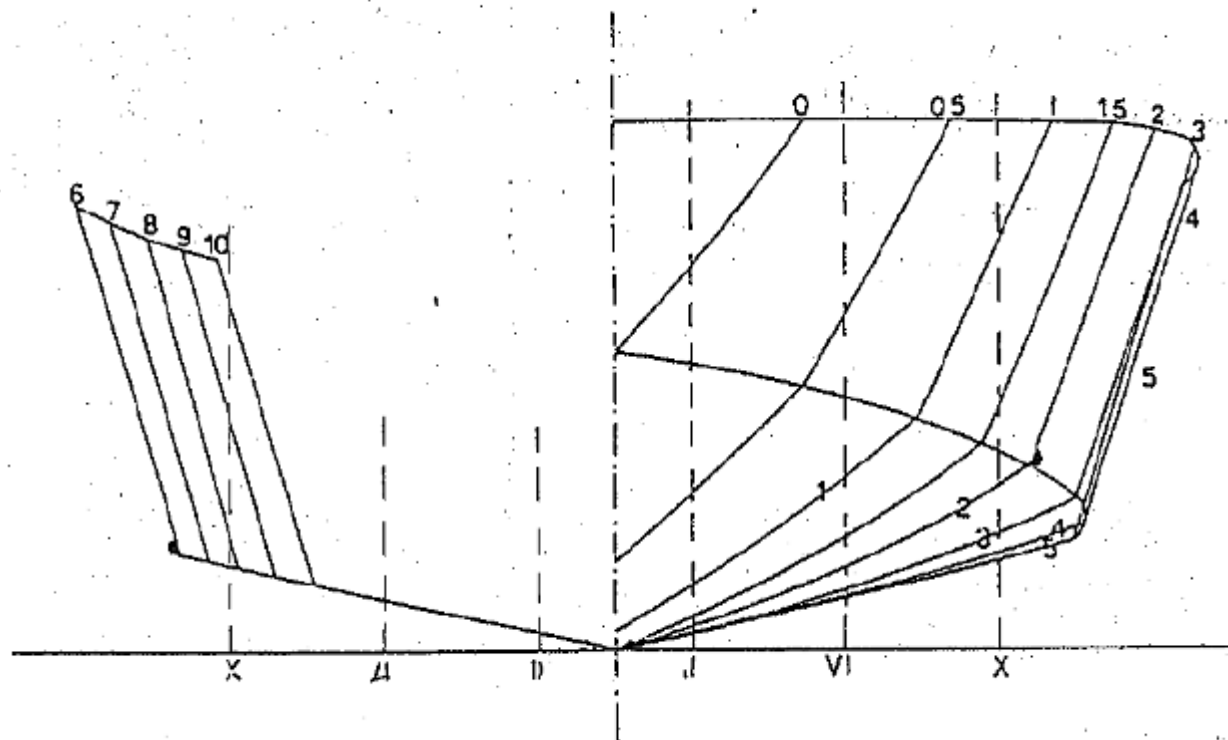
SERIE SISTEMATICA 62 E SUCCESSIVE ESTENSIONI

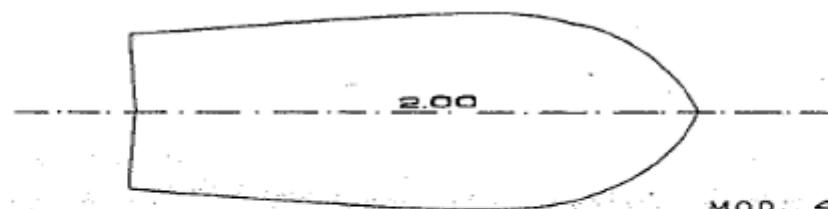
- Clement e Blount , 1963 - Serie 62 costituita da 5 carene a V caratterizzate da un valore costante dell'angolo di rialzamento di fondo $\beta=12.5$ gradi
- Hubble, 1974, aggiunge un sesto modello della serie e rielabora i risultati
- Keuning e Gerritsma, 1982, eseguono una estensione della serie realizzando e provando altri 5 modelli aventi $\beta=25$ gradi
- Keuning, Gerritsma e von Terwisga, 1993, eseguono una ulteriore estensione della serie realizzando e provando altri 4 modelli aventi $\beta=30$ gradi

Clement: SERIE 62

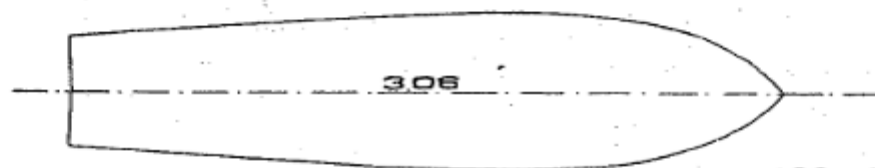
- Clement e Blount , 1963
- Serie 62 costituita da 5 carene a V tutte con valore dell'angolo di rialzamento di fondo $\beta=12.5$ gradi
- Una carena madre con $L_p/B_{pX} = 4.09$
- Altri quattro modelli sono ottenuti variando la distanza tra le sezioni in modo da realizzare $L_p/B_{pX} = 2.00; 3.06; 5.50$ e 7.00

PIANO DI COSTRUZIONE DI CARENA MADRE

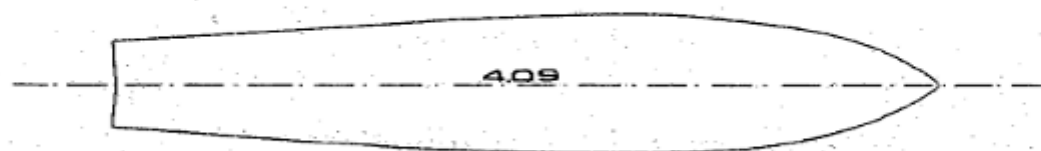




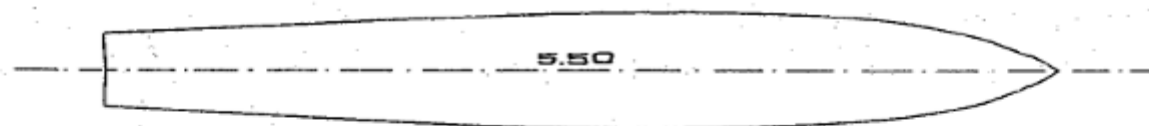
MOD. 4665



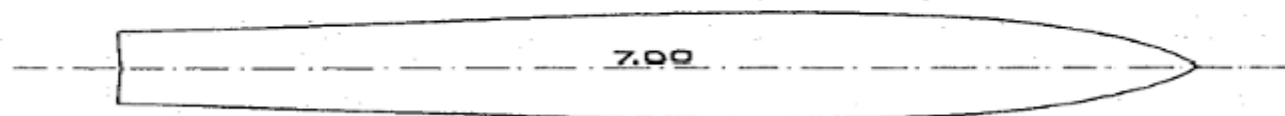
MOD. 4666



MOD. 4667



MOD. 4668



MOD. 4669

CARATTERISTICHE DI CARENA MADRE

- Lunghezza proiettata dallo spigolo $L_p = 2.436 \text{ m}$
- Larghezza tra gli spigoli allo specchio $B_{pX} = 0.596 \text{ m}$
- Larghezza massima tra gli spigoli $B_{pX} = 0.596 \text{ m}$
- Larghezza media tra gli spigoli $B_{pa} = 0.487 \text{ m}$
- area racchiusa tra gli spigoli $A_p = 1.182 \text{ m}^2$
- angolo di rialzamento di fondo a $0.5 L_p$ $\beta = 12.5 \text{ gradi}$

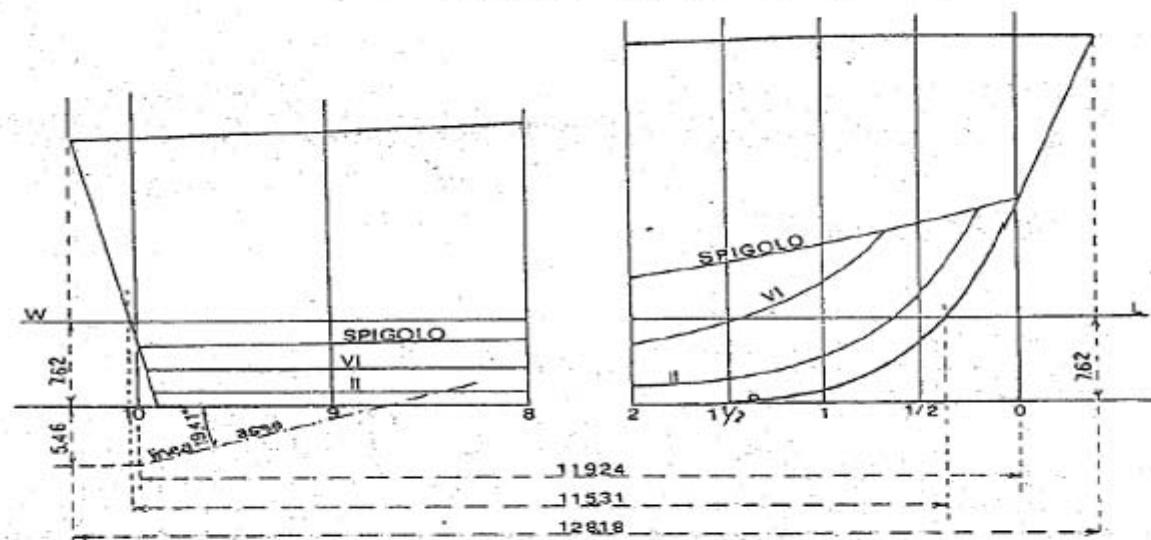
PARAMETRI DELLA S 62

PARAMETRO	MIN	MAX
L_P / B_{PX}	2.0	7.0
B_{PT} / B_{PX}	0.64	0.80
β	12.5	12.5
$A_P / V^{2/3}$	4.0	8.5
LCG/LP (%)	0.0	12.0
F_{NV}	1.0	6.0

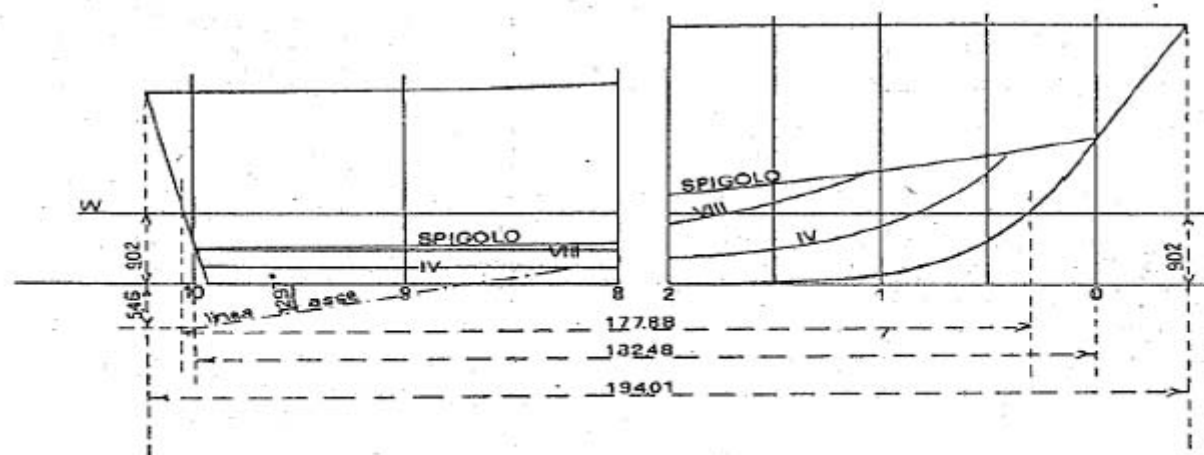
MODEL SET UP

- per tutti i modelli e' stata determinata la piu' probabile linea d'azione di spinta, per svolgere prova con tiro nella appropriata direzione, mostrato nelle seguenti figure
- senza appendici

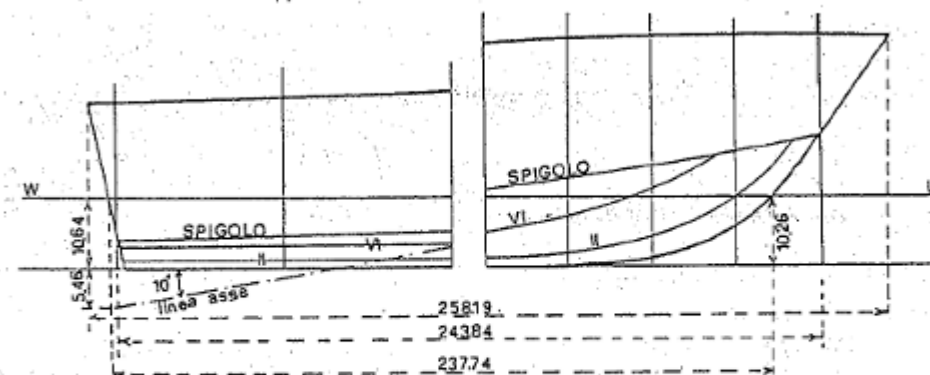
MODELLO 4665



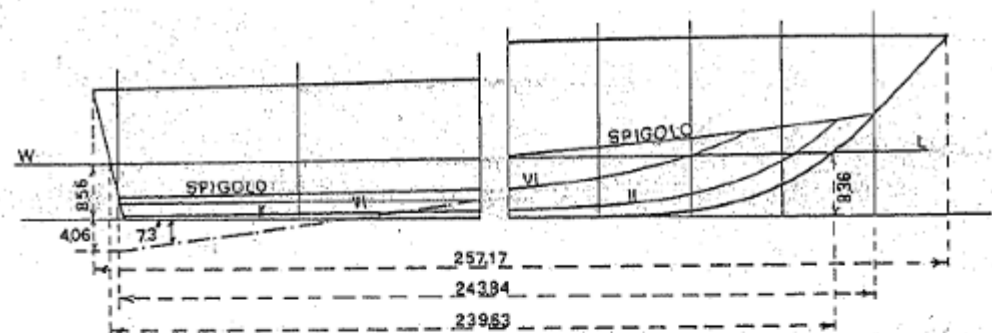
MODELLO 4666



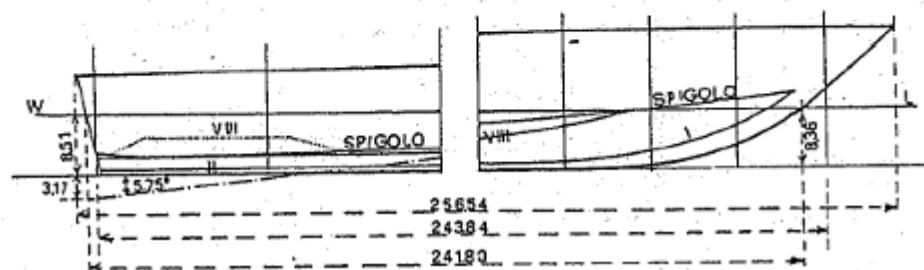
MODELLO 4667



MODELLO 4668



MODELLO 4669



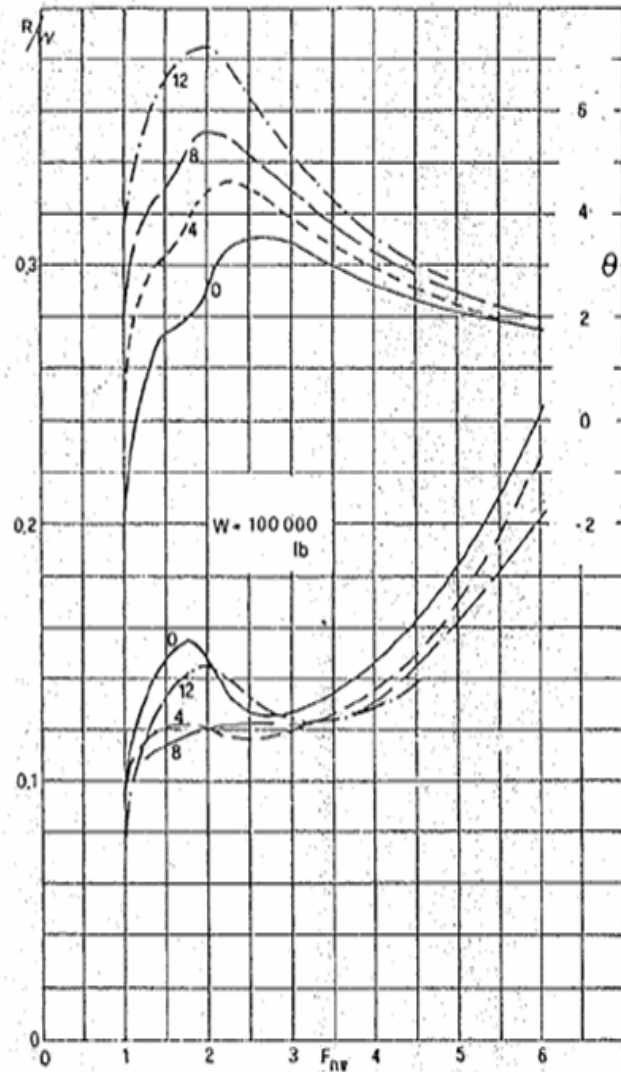
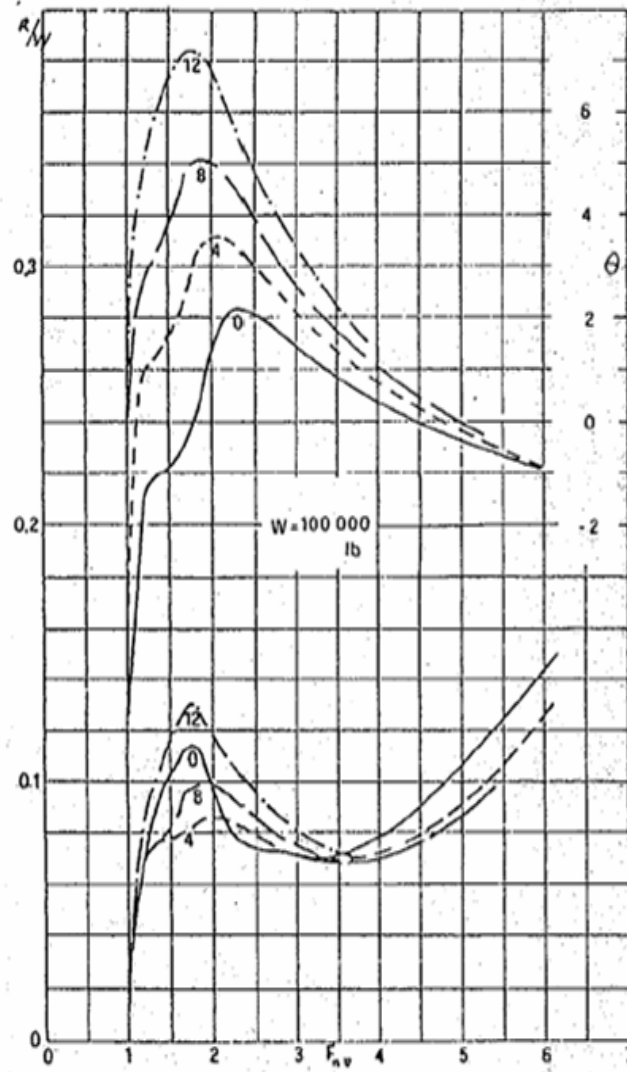
RISULTATI DELLE PROVE

- lunghezze bagnate della chiglia L_K e dello spigolo L_C
- assetto dinamico

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

- elaborati a nave di dislocamento 100000 Libbre,
assumendo la superficie bagnata $WS = (L_K + L_C) / 2 \cdot B_{Pa}$
- per ciascun modello e ciascuna condizione di prova e'
stato presentato un grafico (in totale 15) $R_R/W = f(F_{NV})$

distanza del centro di gravità dal centro di A_c in % di L_c (0; 4; 8; 12 %)



SERIE 62

$$A_c / V^{1/3} = 5.5$$

$$L_c / B_c = 3.06$$

$$A_c / V^{1/3} = 7.0$$

Hubble, 1974

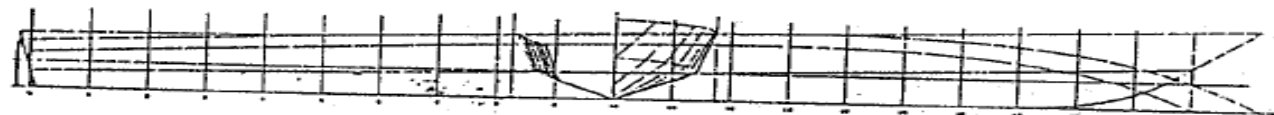
- ha aggiunto un altro modello
- ha riportato i dati delle prove dei 5 modelli a quelli corrispondenti al caso di tiro orizzontale applicato nel baricentro del modello

• lunghezza proiettata dello spigolo	$L_p = 0.912 \text{ m}$
• larghezza tra gli spigoli allo specchio	$B_{PT} = 0.292 \text{ m}$
• larghezza massima tra gli spigoli	$B_{PX} = 0.298 \text{ m}$
• larghezza media tra gli spigoli	$B_{Pa} = 0.242 \text{ m}$
• area racchiusa tra gli spigoli	$A_p = 0.221 \text{ mq}$
• angolo di rialzamento del fondo a $0.5 L_p$	$\beta = 13.0^\circ$
• angolo di rialzamento del fondo allo specchio	$\beta = 12.5^\circ$
• distanza del centro di figura di A_p dallo specchio	$= 0.424 L_p$
• L_p/B_{Pa}	$= 3.77$
• L_p/B_{PX}	$= 3.06$
• L_{PX}/B_{Pa}	$= 1.23$
• B_{PT}/B_{PX}	$= 0.98$

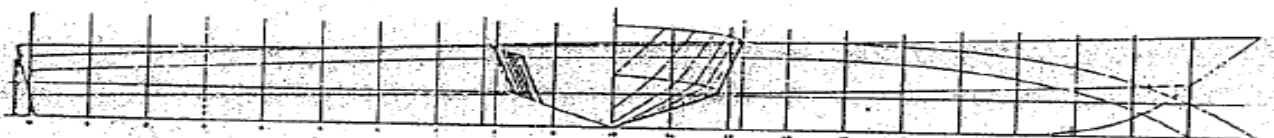
Keuning, Gerritsma, 1982

PARAMETRO	CARENA MADRE ORIGINARIA	SECONDA CARENA MADRE
β	12.5°	25.0°
L_p (metri)	2.436	1.50
B_{p1} (metri)	0.487	0.300
B_{PT} (metri)	0.381	0.253
B_{PX} (metri)	0.596	0.367
L_p/B_{p1}	5	5
L_p/B_{PX}	4.090	4.087
B_{PX}/B_{p1}	1.220	1.220
B_{PT}/B_{PX}	0.640	0.640
\oplus di A_p da specchio/ L_p	0.448	0.488

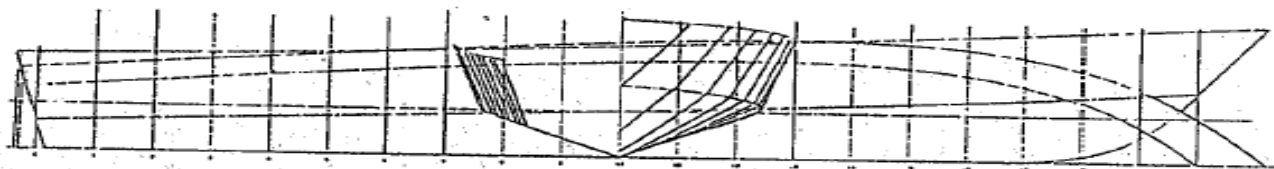
PIANI DI COSTRUZIONE DI NUOVI MODELLI DELLA SERIE 62



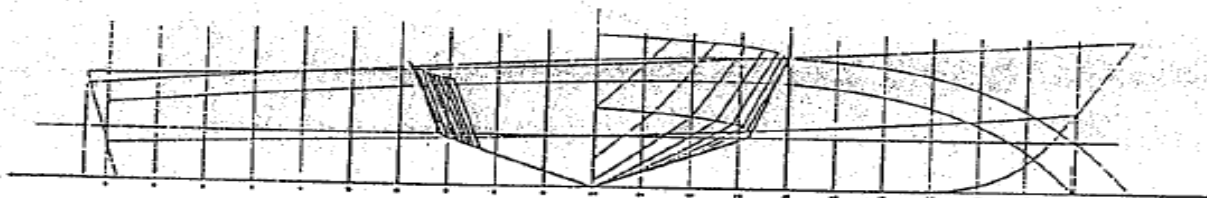
Model 190



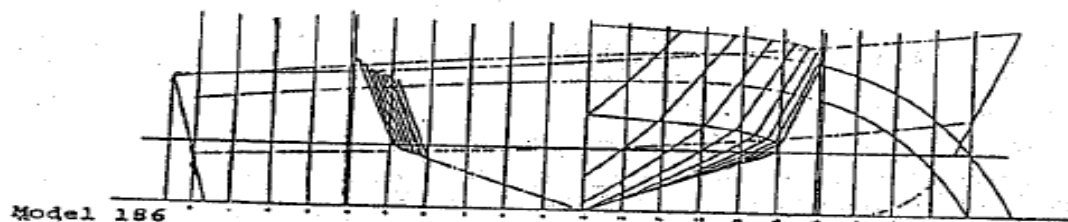
Model 189



Model 188



Model 187



Model 186

PARAMETRI DEI NUOVI MODELLI-'82

	MOD.186	MOD.187	MOD.188 carena madre	MOD.189	MOD.190
A_P (mq)	0.4297	0.4277	0.4500	0.3347	0.2628
L_P (m)	1.00	1.25	1.50	1.50	1.50
B_{P_2} (m)	0.4297	0.3422	0.3000	0.2230	0.1752
B_{PX} (m)	0.500	0.408	0.367	0.273	0.214
B_{PT} (m)	0.400	0.290	0.235	0.175	0.137
L_P/B_{P_2}	2.372	3.653	5.000	6.726	8.560
L_P/B_{PX}	2.000	3.064	4.087	5.494	7.010
B_{PX}/B_{P_2}	1.164	1.192	1.220	1.220	1.220
B_{PT}/B_{PX}	0.800	0.711	0.640	0.640	0.642
\oplus di A_P da specchio/ L_P	47.113	47.879	48.800	48.800	48.800

RISULTATI DELLE PROVE

- per tutti i modelli e' stata determinata la piu' probabile linea d'azione di spinta, per svolgere prova con tiro nella appropriata direzione, come nel lavoro precedente

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

- tabelle relativamente ai modelli danno: velocita', lunghezza bagnata di chiglia, lunghezza bagnata a spigolo, superficie bagnata, assetto dinamico
- diagramma $R/W = f(F_{NV})$ e assetto dinamico $\tau = f(F_{NV})$ per la nave da $\Delta=450000N$

Keuning, Gerritsma, van Terwisga 1993

PARAMETRO	CARENA MADRE ORIGINARIA	SECONDA CARENA MADRE	TERZA CARENA MADRE
β	12.5°	25.0°	30.0°
L_P (metri)	2.436	1.50	1.50
B_{Pa} (metri)	0.487	0.300	0.300
B_{PT} (metri)	0.381	0.235	0.235
B_{PX} (metri)	0.596	0.367	0.367
L_P/B_{Pa}	5	5	5
L_P/B_{PX}	4.090	4.087	4.087
B_{PX}/B_{Pa}	1.220	1.220	1.220
B_{PT}/B_{PX}	0.640	0.640	0.640
\oplus di A_P da specchio/ L_P	0.448	0.488	0.488

PIANI DI COSTRUZIONE DI NUOVI MODELLI DELLA SERIE 62

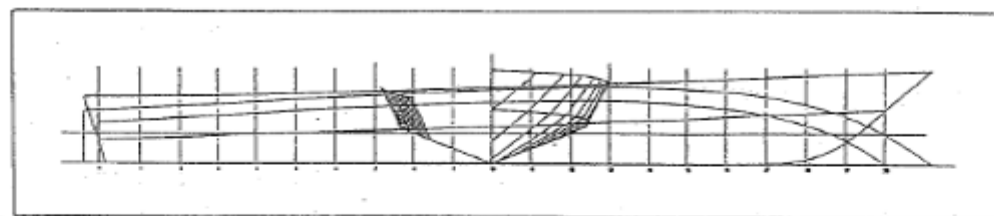


Figure 1. Body plan of the 30° deadrise parent model.

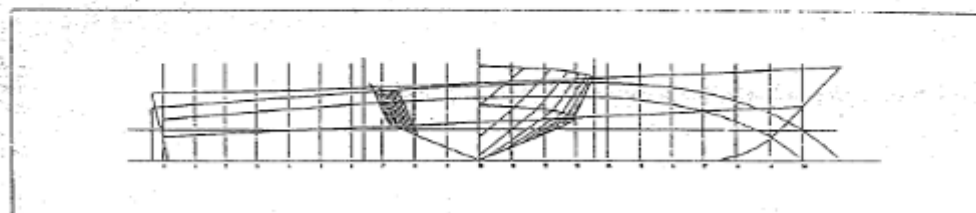


Figure 2. Body plan for $L_p/B_{pz} = 3.41$.

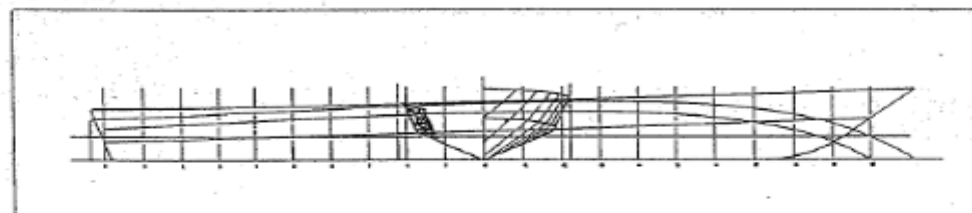


Figure 3. Body plan for $L_p/B_{pz} = 5.5$.

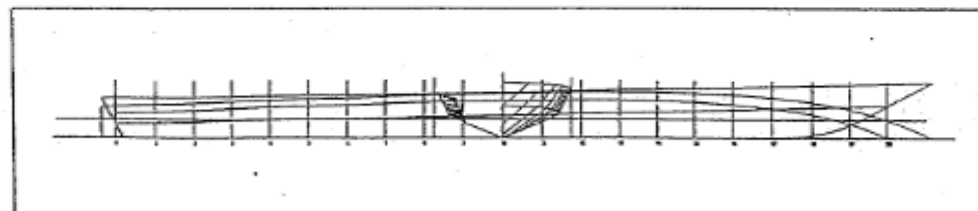


Figure 4. Body plan for $L_p/B_{pz} = 7$.

PARAMETRI DEI NUOVI MODELLI-'93

	MOD.1 carena madre	MOD.2	MOD.3	MOD.4
A_P (mq)	0.4500	0.3843	0.3346	0.2627
L_P (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
B_{Pa} (m)	0.3000	0.30	0.223	0.175
B_{PX} (m)	0.367	0.367	0.273	0.214
B_{PT} (m)	0.235	0.260	0.175	0.137
L_P/B_{Pa}	5.000	4.170	6.726	8.571
L_P/B_{PX}	4.087	3.41	5.50	7.00
B_{PX}/B_{Pa}	1.220	1.220	1.220	1.220
B_{PT}/B_{PX}	0.640	0.71	0.64	0.64
\oplus di A_P da specchio/ L_P	48.8	47.9	48.6	48.6

RISULTATI DELLE PROVE

- per tutti i modelli e' stata determinata la piu' probabile linea d'azione di spinta, per svolgere prova con tiro nella appropriata direzione, come nel lavoro precedente

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

- tabelle relativamente ai modelli danno: velocita', lunghezza bagnata di chiglia, lunghezza bagnata a apigolo, superficie bagnata, assetto dinamico, spostamento del baricentro verticale, resistenza totale
- equazioni di regressione