Den planande motorbåtens formparametrar

En planande båt rör sig i två media, vatten och luft, och i och på ytan mellan dessa media. Det är det som gör det hela så komplicerat och därmed intressant. Dessutom finns inga naturliga förebilder att studera, såsom flygarna kan göra med fåglarna.

När jag för över femtio år sedan började rita båtar tyckte jag i min okunnighet att motorbåtar var ointressanta. Det var ju bara tre enkla linjer, köl, slag och reling. Än idag är det många som hävdar att det bara är att ta två plywood- eller plåtskivor, lägga dom i vinkel till varandra, helst specificerat till något exakt gradtal, och därmed påstår sig ha skapat en sjöduglig och effektiv båtbotten.

Så enkelt är det naturligtvis inte.

Det hela handlar om många olika ingående parametrar, deras storlek, deras statiska och dynamiska relationer till varandra.

båtens totala vikt, dess utbredning och läge i relation till längden och bredden
de planande ytornas storlek och form, deras statiska och dynamiska tryckpunkter
flytvattenplanets storlek, form, dess statiska och dynamiska tyngdpunktsläge
inträdesvinkeln i plan, tvär- och höjdledd
hela förskeppets utformning ovan vattenytan
bottenresningens storlek och fördelning över längden
sprutlisternas läge, storlek och form
den laterala ytans statiska och dynamiska tyngdpunkt
drivkraftens storlek, läge och riktning
den aerodynamiska lyftkraftens läge och storlek
båtens statiska och dynamiska stabilitet, tvärskepps och långskepps

dessutom vid olika belastningar, hastigheter och sjöförhållanden

Att reducera allt detta till bara några enkla linjer i botten vittnar om en stor okunnighet om komplexiteten i en båts utformning för att uppnå optimala egenskaper i alla farter vid olika belastningar, i blankvatten, i måttlig och grov sjö.

Det är optimering det handlar om, inga kompromisser.

Vaxholm den 2 januari 2012

Jürgen Sass

Till att börja med bör den planande båtens mått hålla sig inom följande gränser:

Lvl / $V^{1/3}$ 5,0 – 7,0	längdskärpegraden, längd / viktförhållande
Lp / Bpx 4,0 – 5,5	längd/breddförhållande i botten
Ap / $Vol^{2/3}$ 5,5 – 7,0	bottenbelastning
Lcg / Apo -5% – -12% av Lp	tyngdpunktsavstånd
FnV 2,7 – 3,5	hastighet för ekonomi
Bottenresning 10 gr – 18 gr	V-botten
g-tal 1,0 max 1,5	bekvämlighet

Lvl / $Vol^{1/3}$ 4,7 maximal totalvikt för rundbottnade s.k. deplacementsbåtar

och det är det inte många båtar som gör.

Lvl, L	längden i vattenlinjen
Vol, V, W	deplacementet, motsvarande båtens totala vikt inklusive all last
Lp	längd mellan perpendiklarna, slagets längd mellan akterspegel och stäv
Bpx	bottenbredden midskepps, avståndet mellan slagen
βx, βa	bottenresningen midskepps respektive vid akterspegeln
Ap	projicerade bottenarean, totala arean mellan slagen
Lcg	totala vikttyngdpunktens avstånd från aktern
Apo	projicerade bottenareans statiska tyngdpunktsavstånd från aktern
FnV	Froudes volymtal, hastigheten i relation till totalvikten
R / W	motståndet i relation till båtens totala vikt
τ	trimvinkeln mellan kölen och horisontalplanet, vattenytan
$H_{1/3}$	signifikant våghöjd, 1/3-del av högsta våghöjd
g-tal	den vertikala accelerationen i sjö, hur hårt båten går i sjö

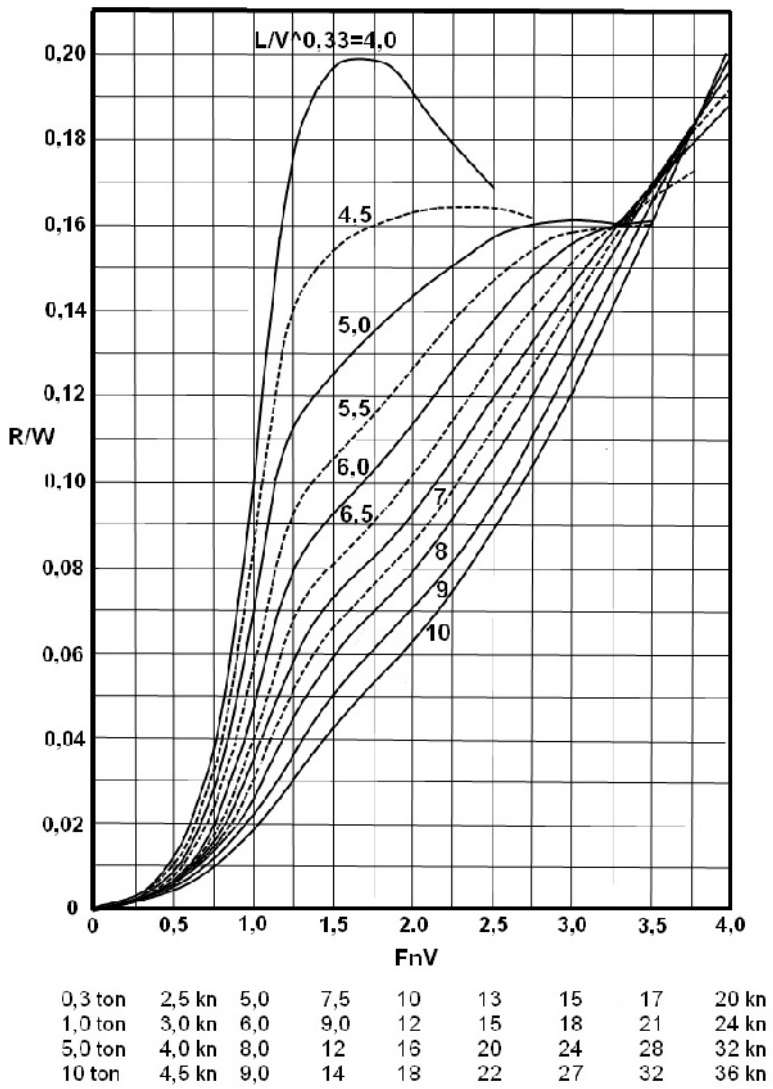
Nedanstående diagram är generella och kan inte användas för absoluta beräkningar. De är endast lämpliga för mycket överslagsmässiga jämförelser mellan olika båtar. För att göra absoluta jämförelser krävs mera omfattande beräkningsmodeller och släpförsök med jämförande mätningar i full skala. De beräkningsmodeller som ligger till grund för den här sammanställningen bygger på omfattande forskning av D. Savitsky, P. Brown, J. Koelbel, E. Clement, D. Blount, G. Fridsma, M. Hoggard, B. Müller-Graf, J. Almeter och D. Rajdojcic, bara för att nämna några.

Alla ingående parametrar kan samverka eller motverka varandra. Det är här konstruktörens kunskap och erfarenhet är helt avgörande för hur resultatet blir.

Bara för att det ser ut som en båt behöver det inte vara någon båt. Design och styling, konstruktion och formgivning är inte samma sak. Form utan funktion blir lätt meningslös.

Inget dataprogram i världen, hur omfattande det än är, kan ersätta ett gott omdöme. Alla program bygger på gammal och ofta föråldrad kunskap.

Längdskärpegrad L / $V^{1/3}$



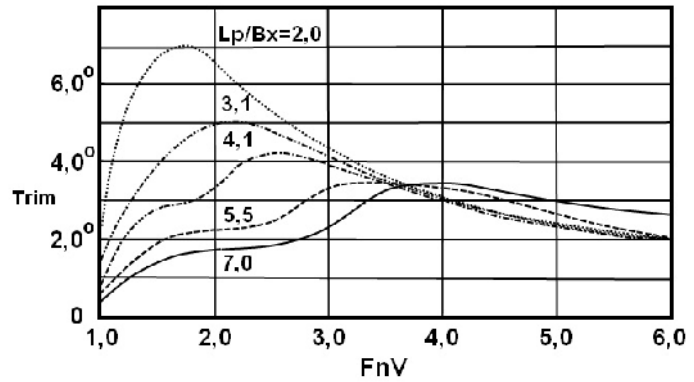
Sea Ray	4,0
Yamarin 44	4,2
SAR Victoriaklassen	4,2
Yamarin 52	4,4
Buster M	4,4
Linder Arkip	4,4
Uttern c 68	4,5
Buster XL	4,7
Crescent 506	4,7
Princess 42	4,7
Minor 34	4,7
Ryds 620 HT	4,8
TG 6500	5,2
Segmo 31	5,9
CG Pettersson	7,5

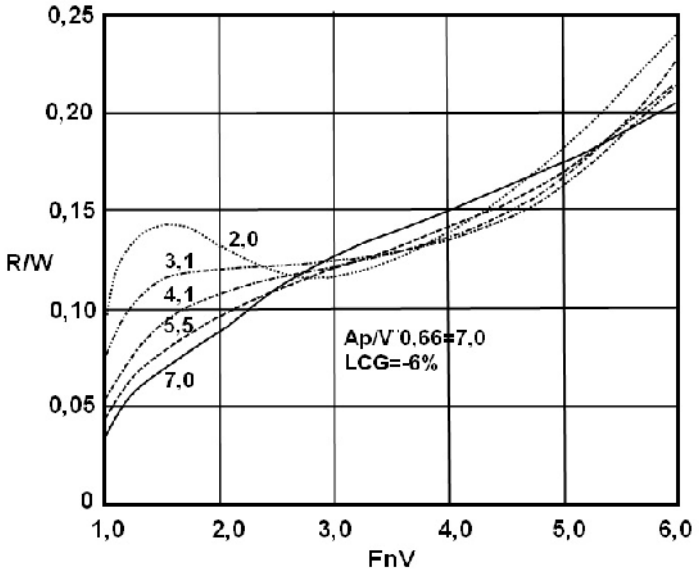
Längdskärpegraden, L / $V^{1/3}$, har en mycket hög påverkan vid hastigheter under F_{nV} 3,0 –3,5, vilket Savitskys och Browns arbete i diagrammet ovan visar. Båtar som huvudsakligen går under den så kallade planingströskeln, FnV 2,5, bör ha så hög skärpegrad som möjligt. Mycket skarpa båtar, som exempelvis Petterssonbåten och flerskrovsbåtar, har låg planingströskel om dom är korrekt utformade.

Froudes volymtal, FnV, hastigheten i relation till totalvikten, används för att kunna jämföra alla planande båtar med varandra. Av samma anledning jämförs motståndet med båtens totalvikt, R/W.

Under digrammet visas motsvarande hastighet i knop för båtar med olika totalvikt. Till höger visas en representativ längdskärpegrad för några båtar. Särskilt på små och lätta båtar kan skärpegraden variera mycket beroende på högst varierande last.

Längd-breddförhållandet L_P / B_{PX}



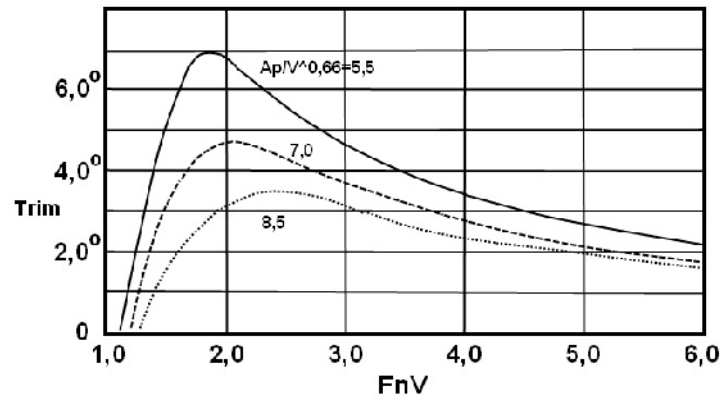


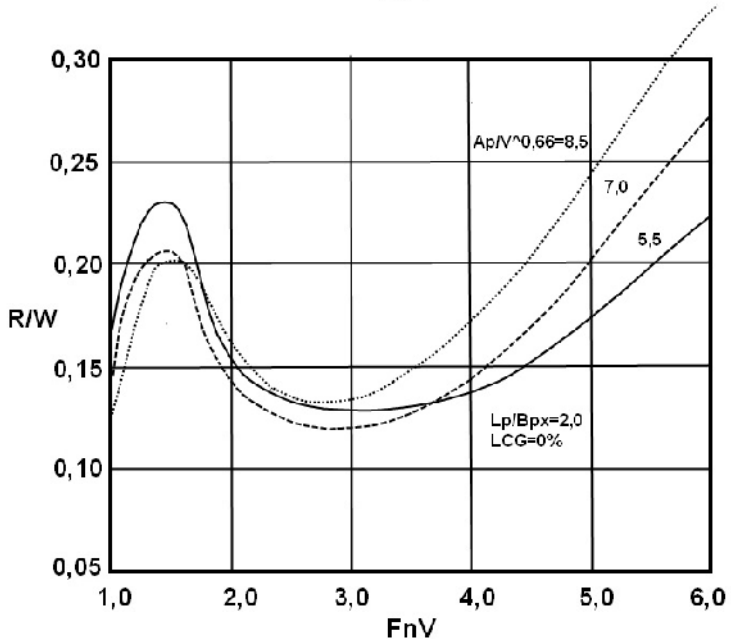
0,3 ton	5 kn	10	15	20	25	30
1,0 ton	6 kn	12	18	24	30	36
5,0 ton	8 kn	16	24	32	40	48
10 ton	9 kn	18	27	36	45	54

Planande båtars längd-breddförhållande i botten, L_P / B_{PX}, påverkar motståndet och trimvinkeln avsevärt, särskilt i låga och måttliga farter. Som ovanstående diagram visar minskar motståndet och trimvinkeln snabbt vid en reduktion av den relativa bottenbredden. Ett värde för L_P / B_{PX} över 5,5 ger minsta motstånd och lägsta trimvinkel över ett stort fartområde. Den markanta planingströskeln hos tunga båtar utjämnas när L_P / B_{PX} är större än 5,5. Det smalare båtskrovet går dessutom alltid mjukare i sjön, jämför med catamaranen.

Längd-breddförhållandet hänger vanligtvis intimt samman med längdskärpegraden. De allra flesta båtar som byggs idag har ett längd-breddförhållande mellan 2,5 och 3,5 i botten, tyngdpunkten ligger längre akterut och bottenbelastningen är högre än i diagrammet ovan. Motståndet blir högre och trimvinkeln större än i exemplen.

Bottenbelastning $A_P / V^{2/3}$





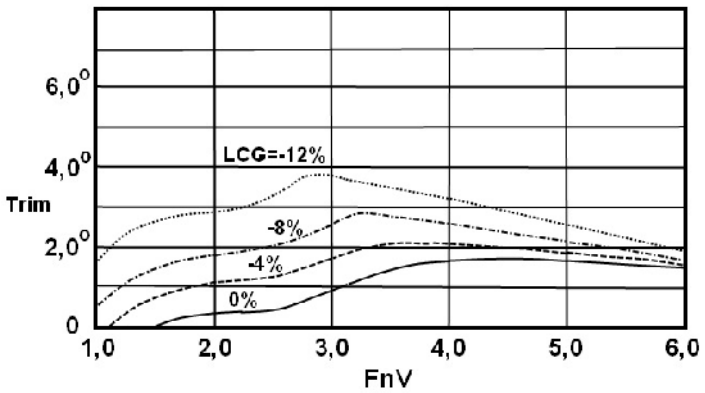
0,3 ton	5 kn	10	15	20	25	30
1,0 ton	6 kn	12	18	24	30	36
5,0 ton	8 kn	16	24	32	40	48
10 ton	9 kn	18	27	36	45	54

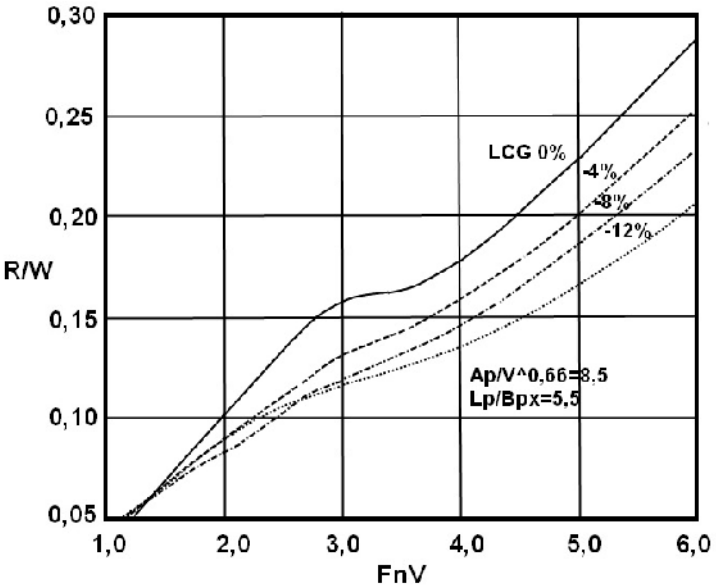
Enligt ovanstående diagram har bottenbelastningen, $A_P / V^{2/3}$, ett stort inflytande på motståndet och trimvinkeln. Är bottenbelastningen liten blir den våta ytan stor och ger därmed stort motstånd men också liten trimvinkel. Är bottenbelastningen stor kan den nödvändiga lyftkraften endast åstadkommas med stor trimvinkel.

Vid farter mellan F_{nV} 2,5 och 3,0 påverkas det relativa motståndet bara lite av belastningen. Lägre farter påverkar dock trimvinkeln avsevärt. Över hela fartregistret är en bottenbelastning kring 7,0 lämplig. För att båten skall kunna plana upp bör bottenbelastningen aldrig överstiga 5,5.

Gränserna för små båtars maximala och minimala totalvikt är särskilt svåra att hålla. Om bottenytan är för stor går båten hårt i sjön, framför allt om den dessutom är kort och bred.

Vikttyngdpunktens läge LCG / Apo



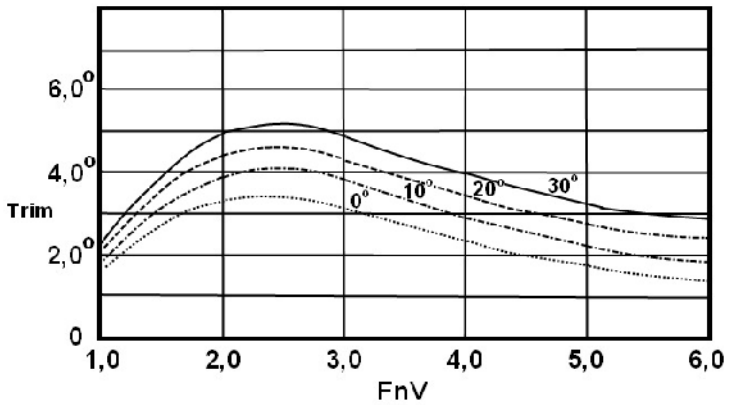


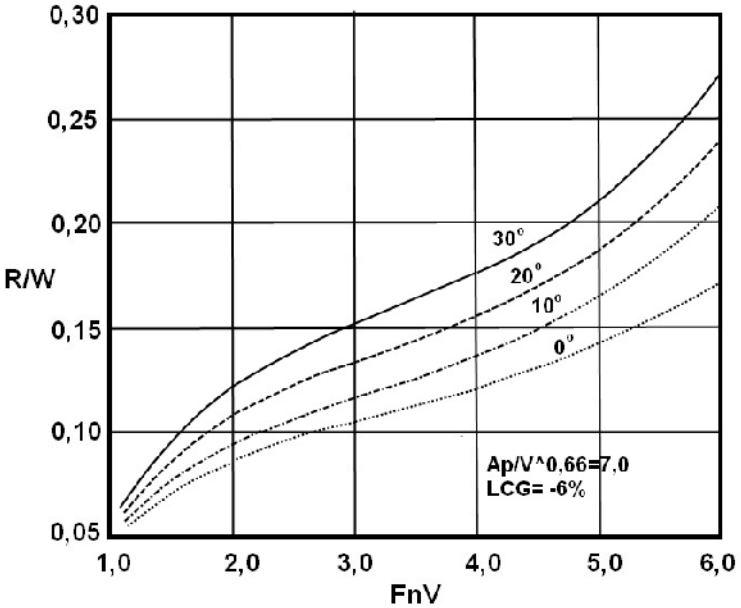
0,3 ton	**5 kn**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
1,0 ton	**6 kn**	**12**	**18**	**24**	**30**	**36**
5,0 ton	**8 kn**	**16**	**24**	**32**	**40**	**48**
10 ton	**9 kn**	**18**	**27**	**36**	**45**	**54**

I detta diagram exemplifieras hur olika tyngdpunktslägen påverkar trimvinkeln och motståndet. Vid lägre farter bör tyngdpunkten ligga mellan -4 och -8%, medan -12 % är lämpligt vid höga farter. Dock finns risk för kraftiga långskeppsrörelser om LCG läggs allt för långt akterut. I sämsta fall kan båten börja galoppera. Vid mycket låga farter kan det vara fördelaktigt att lägga LCG nära den projicerade bottenytans tyngdpunkt, Apo. LCG får dock aldrig ligga framför Apo eller flytvattenytans tyngdpunkt, då det skapar en stor risk att båten dyker i sjö. Båten måste kunna vaka ordentligt. Detta är särskilt viktigt hos smala båtar med tunt förskepp och vertikala stävar.

Till detta kommer också att vikten ska koncentreras till mitten av båten. Det måste finnas en balans mellan förskepp och akterskepp. Ett alltför långt och lätt förskepp kastas lätt upp i mötande sjö, varefter båten landar hårt på aktern på nästa våg, för att sedan dyka i den påföljande vågdalen.

Bottenresning β



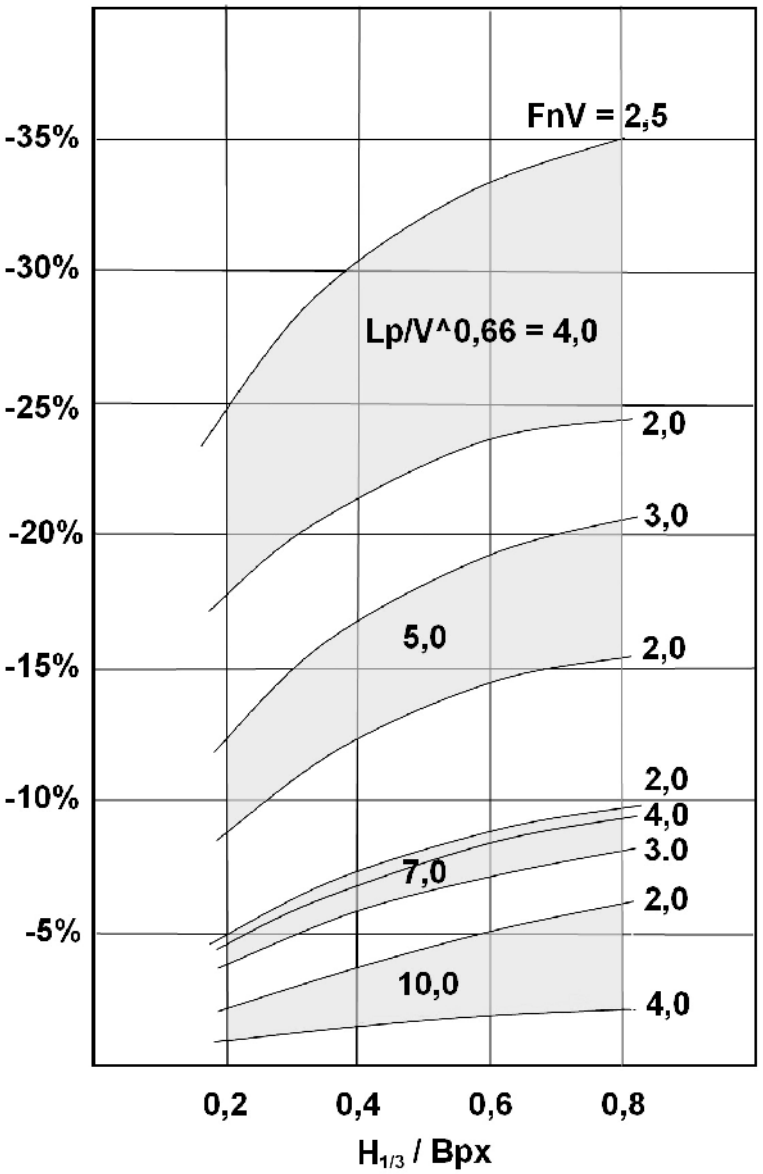


0,3 ton	5 kn	10	15	20	25	30
1,0 ton	6 kn	12	18	24	30	36
5,0 ton	8 kn	16	24	32	40	48
10 ton	9 kn	18	27	36	45	54

För att få lämplig kursstabilitet och mjuk gång i sjö bör botten vinklas upp. För skyddade vatten kan en bottenresning på 10° vara lämplig. För öppna vatten väljs vanligen en djupare V-botten. 30° bör dock aldrig överskridas. Ovanstående visar hur motståndet och trimvinkeln ökar med djupare V-botten.

I exemplet ovan ligger LCG relativt långt föröver och bottenbelastningen är mycket fördelaktig. Oftast hamnar vikten, som dessutom oftast är mycket högre, betydligt längre akterut varvid motståndet blir högre än vad som visas här. Även trimvinkeln blir mycket större, i vissa fall så stor att sikten föröver blir ytterst begränsad.

Fartförlust i vågor



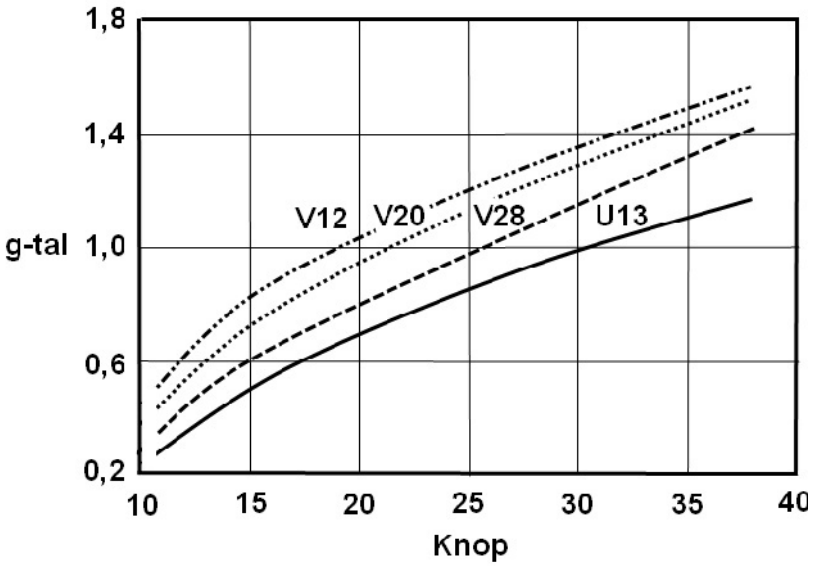
Sea Ray	4,0
Yamarin 44	4,1
SAR Victoriaklassen	4,2
Yamarin 52	4,4
Buster M	4,4
Linder Arkip	4,4
Uttern c 68	4,5
Buster XL	4,7
Crescent 506	4,7
Princess 42	4,7
Minor 34	4,7
Ryds 620 HT	4,8
TG 6500	5,2
Segmo 31	5,9
CG Pettersson	7,5

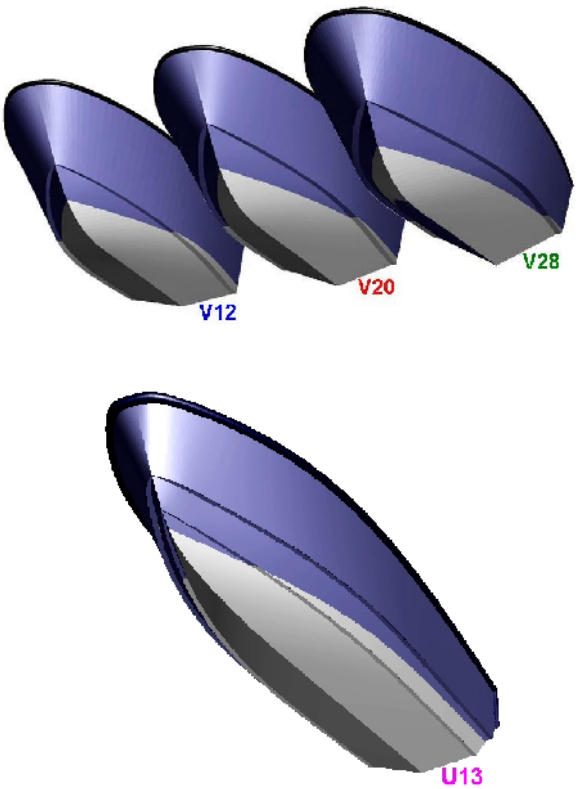
Diagrammet ovan visar fartförlusten i sjö vid konstant tillförd energi eller krav på motsvarande ökning av energin enligt M. Hoggard. Till höger visas längdskärpegraden, $Lp/V^{1/3}$ för några båtar. Den signifikanta våghöjden sätts i relation till midskepps bottenbredd, $H_{1/3}$ / Bpx.

Farterförlusterna som redovisas här rör sig huvudsakligen kring det som oftast kallas planingströskeln. Räddningskryssare i Victoriaklassen har stor fartförlust i sjö, medan Petterssonbåten med hög skärpegrad påverkas mycket måttligt. Observera att det för den smala och den lätta flerskrovsbåten kan det löna sig att öka farten, FnV, för att få effektivare och mjukare gång. Den följer inte sjön, den skär genom vågorna.

Utöver längdskärpegraden och längd-breddförhållandet påverkar trimvinkeln i hög grad fartförlusten. Med en ökad trimvinkel följer också att båten går hårdare i sjön.

Den vertikala accelerationen, g-tal





Ovanstående diagram är exempel på hur hårt några båtar går i sjö vid en signifikant våghöjd, $H_{1/3}$, på 0,25 meter. Detta svarar mot en maximal våghöjd på 0,75 meter. Normalt klarar vi av 1,0 g i fyra till åtta timmar och 1,5 g i en till två timmar. Betalade gäster bör inte utsättas för mer än 0,6 g. Bakgrunden är de beräkningsmodeller som J. Koelbel och M. Hoggard utarbetat för planande båtar.

Det finns andra beräknings- och urvalsmetoder. Alla visar dock på liknande relativa resultat. Den genomsnittliga g-kraften påverkas av våghöjden, hastigheten, totalvikten, trimvinkeln, bottenresningen och främst bottenbredden. Att enbart ändra på bottenresningen ger en mycket marginell sluteffekt, eftersom trimvinkeln ökar avsevärt med ökad bottenresning. Att enbart skapa en lätt och därmed lättdriven båt leder direkt till hård gång i sjö. En båt med smal botten går alltid mjukare och effektivare i sjö.

Att en djup V-botten går mjukt är en vida spridd föreställning. Skillnaden i komfort mellan **V12** och **V20** svarar dock bara mot en skillnad på 2 knop vid ekonomifart. Med samma komfort kan **V28** köras omkring 4 knop snabbare än en båt med 20 graders V-botten.

Med **U13** visas på möjligheten att utforma ett skrov för goda sjöegenskaper med bibehållen effektivitet. I exemplet har **U13** samma invändiga volym och totala vikt som ovan nämnda V-bottenbåtar. Om **U13** körs med 30 knop i en viss sjö måste **V12** köras i 18 knop för att ha samma bekvämlighet. Skillnaden beror huvudsakligen på att bottenbredden, tyngdpunktsläget och att bottenresningen har optimerats så att **U13** går effektivt och mjukt i alla förekommande situationer.

Båtkonstruktion handlar om optimering i alla lägen

Dessutom

Akterspegelns utformning
Största bottenbreddens läge B_{px}
Största djupgångens läge
Slagets läge i vattenlinjen
Slagets höjd vid stäven

Längsvälvning
Bottenvridning och skränkning
Tvärvälvning
Utfall av övervattenskroppen
Tvärsteg
Längssteg
Sprutlist
Trimklaffar, kilar och interceptorer
Tvärskeppsstabilitet
Dynamisk långskeppsstabilitet
Kursstabilitet

Krav enligt DNV, GL, Lloyds, ABS, ISO m fl

Vaxholm den 2 januari 2012

Jürgen Sass

sass@sassdesign.net
www.sassdesign.net