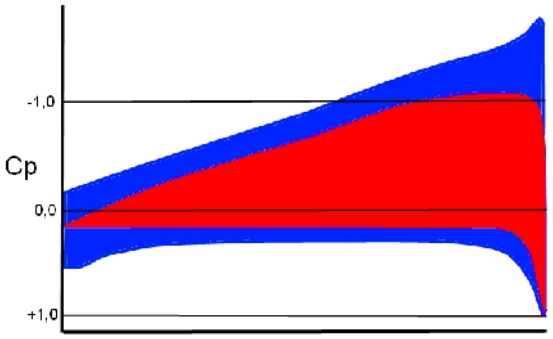
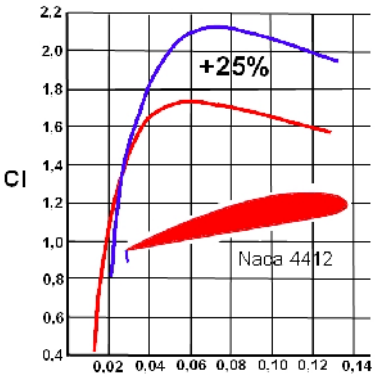
Interceptorer i teori och praktik

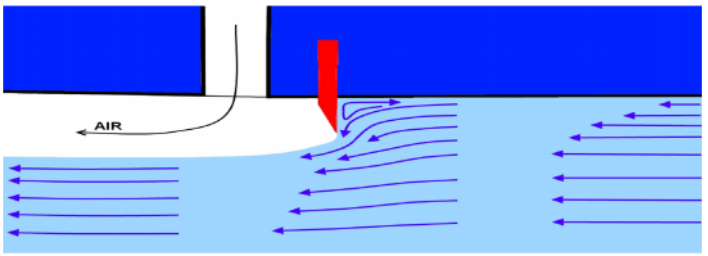
En interceptor är en liten vertikal skiva, vanligtvis placerad i akterkanten på trycksidan av en profil. Effekten är en helt annan tryckfördelning och mycket högre lyftkraft än vad den ursprungliga profilen har.



Naca 4412 w interceptor



Ovanstående är ett exempel, rött visar den ursprungliga tryckfördelningen, blått ökningen genom interceptorns inverkan. I detta exempel har lyftkraften ökat med 25% utan att motståndet ökat nämnvärt. Observera att tryckkraften har fördubblats på profilens undersida, trycksidan. Det är denna effekt som är verksam när interceptorer används i botten på båtar.



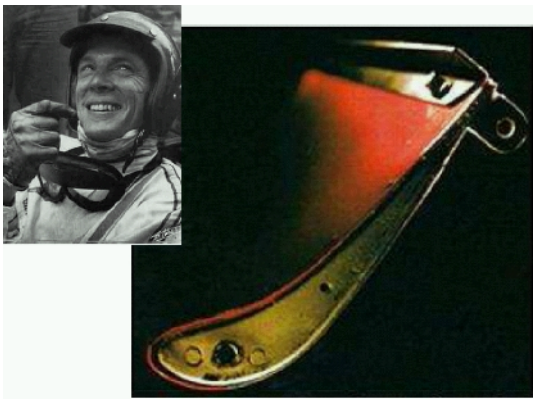
Under många år har jag studerat och praktiserat användningen av interceptorer på olika båtar. Därvid har jag fascinerats av dess enkelhet, effektivitet och stora möjligheter. Rätt utformad och placerad kan en interceptor skapa fördubblad lyftkraft eller halverat motstånd i jämförelse med konventionella lösningar.

Under lång tid har jag samlat på mig över åttahundra sidor om interceptorer. Det är oberoende vetenskapliga rapporter från hela världen. Den äldsta är från 1932. Ur detta mycket omfattande material har jag vaskat fram det som är av intresse för att kunna skapa en tillförlitlig beräkningsmetod.

Mycket ny kunskap har tillförts genom de senaste årens försöksverksamhet i modell och fullskala. Idag kan vi beräkna interceptorns lyftkraft och motstånd och därigenom optimera båtens alla egenskaper över hela fartregistret. Det går beräkna båtens totala lyftkraft och effektbehov.

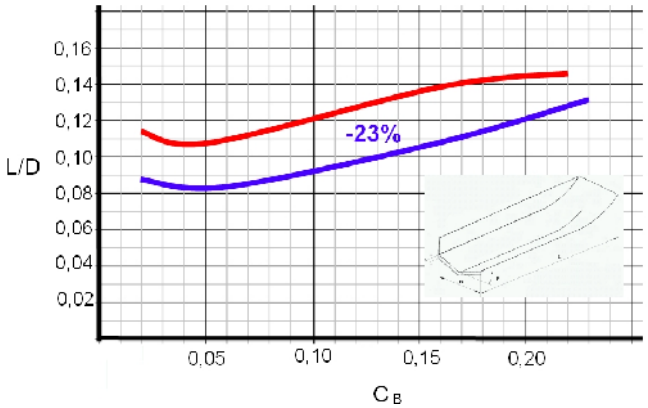
Interceptorer kan även avsevärt förbättra egenskaper på bärplan och propellrar.

Redan på tidigt tretiotal var två tyska forskare, E. Gruschwitz och O. Schrenk, på gång att upptäcka interceptorns stora möjligheter. Deras undersökning var dock huvudsakligen fokuserad på att skapa mycket hög lyftkraft. Motståndet i relation till lyftkraften, glidtalet, var av underordnat intresse. Med nuvarande kunskap var interceptorns penetrering alldeles för stor för att skapa ett gynnsamt glidtal.



Det dröjde ända till 1971 innan racerbilsföraren Dan Gurney av en slump upptäckte interceptorns effektivitet. Därför benämns interceptorer ibland också för Gurney flaps. När han förstärkte vingens bakkant, som hade deformerats genom ovarsam hantering, fick bilen helt nya egenskaper. Han lyckades hålla sin upptäckt hemlig under flera år. Konkurrenterna trodde att vinkeljärnet på vingen bara skulle bromsa. I själva verket ökade trycket avsevärt och därigenom kunde bilen köras fortare.

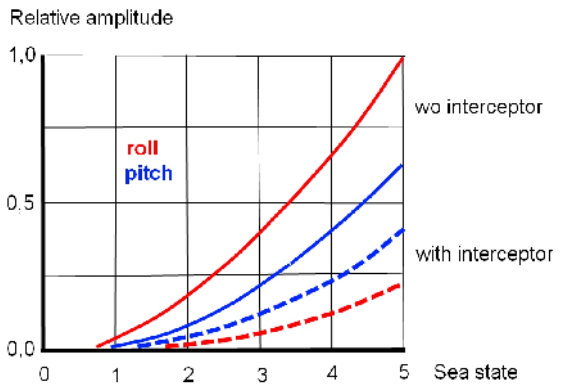
1978 började Dan Gurney samarbeta med Douglas Aircraft för att utveckla sin upptäckt mera systematiskt med sikte på ett patent. Detta misslyckades dock då det visade sig att det redan fanns ett patent på en liknande anordning från 1931.



L/D båtens vikt / motstånd,
C_B båtens relativa vikt

Ryska forskare under ledning av Bannikova genomförde omfattande släpförsök med prismatiska skrov med olika belastningar och bottenresning. Diagrammet ovan illustrerar resultatet på en båt med 12 graders V-botten i fullt planande hastighet. Interceptorns djup måste anpassas till båtens vikt och hastighet. Motståndet kan reduceras med 23 % eller farten kan ökas motsvarande med samma maskineffekt.

Detta arbete låg till grund för tillämpningar i full skala.



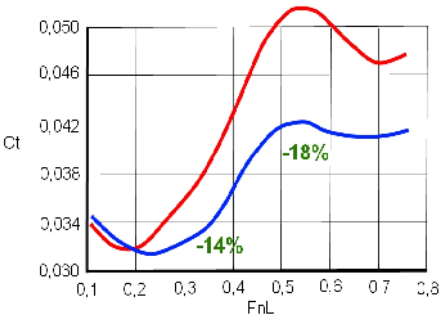
G. Fridman med flera genomförde praktiska prov med patrullbåtar utrustade med interceptorer midskepps och vid akterspegeln, 1983-85. En fartökning på 24 %, från 37,5 knop till 46,5 knop, kunde registreras. Arbetet visade framför allt att båtens beteende i sjö kunde styras. Genom att justera interceptorerna kunde stor reducering av båtens rörelse uppnås, både långskepps och tvärskepps, pitch och roll. Tvärskeppsrörelserna kunde reduceras till en fjärdedel. De upptäckte också att flera interceptorer efter varandra inte fungerar som väntat, dock utan att kunna förklara fenomenet. Idag vet vi bättre.

Efter flera års samarbete med J. Koelbel och E. Clement med att utveckla deras välvda stegbotten började jag 2006 experimentera med båtar försedda med en midskepps placerad interceptor. Genom att göra interceptorn justerbar kunde båtens effektivitet höjas över ett större fartregister. Toppfarten med 8 hästkrafter ökade från 15,0 knop till 19,3 knop.

http://www.youtube.com/watch?v=TyTutGvjP40

Under ledning av Karl Garme, KTH, genomfördes en omfattande kartläggning av vågbildning och bränsleförbrukning på en Vaxholmsbåt. Resultatet redovisades i en rapport 2007. Där framgår bland annat att bränsleförbrukningen kan reduceras med upp till 12% med en på akterspegeln monterad interceptor.

I mitt samarbete med Peter Norlin har ovanstående 8,5-meters rundbottnade båt försetts med en fast interceptor vid akterspegeln. Med en 7,5 millimeter djup interceptor ökade båtens toppfart från 14 knop till 16 knop. Det är en femton procentig fartökning. För att åstadkomma detta skulle det annars behövas en 25-30% större maskin och motsvarande högre bränsleförbrukning.



A. Day och C. Cooper studerade akterliga interceptorers effekt på en båt i Open 60 klassen. De kunde mäta en motståndsminskning i plattvatten på 10-18% i farter mellan 8 och 20 knop. En reviderad rapport publicerades 2011.

$$\Delta C_{LB} = \frac{\Delta L}{\frac{1}{2}\rho V^2 B^2} = 169.81\left(\frac{h_i}{B}\right)^2 + 3.78\left(\frac{h_i}{B}\right)$$

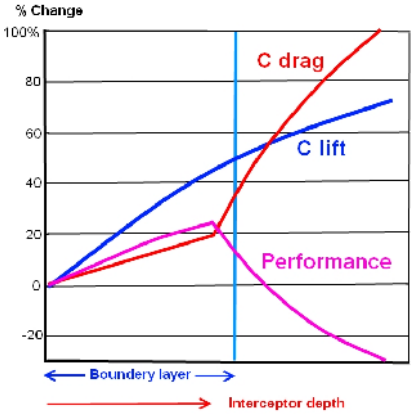
$$\Delta C_{TBL} = \frac{\Delta D}{\frac{1}{2}\rho V^2 B \cdot L_W \cdot \tau} = 292.18\left(\frac{h_i}{L_W}\right)^2 + 7.813\left(\frac{h_i}{L_W}\right)$$

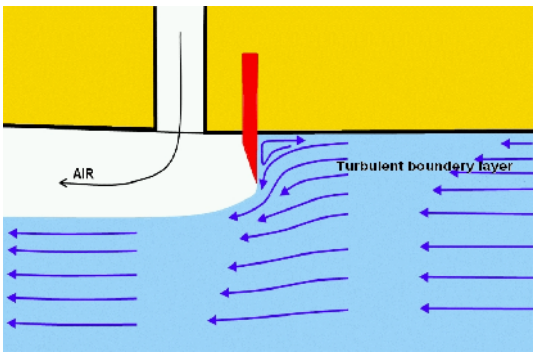
Vid NTU i Trondheim har omfattande studier gjorts under ledning av Sverre Steen. Modellförsöken har huvudsakligen varit inriktade på att förbättra snabbgående passagerarbåtars effektivitet. En kartläggning av de olika ingående parametrarna har lett fram till preliminära beräkningsmetoder för interceptorers lyftkraft och motstånd.

Med interceptorer på rätt ställe kan *alla* båtars egenskaper förbättras över hela fartregistret, minska motståndet, vågbildningen, trimvinkeln, rullningen, stampningen, svängningsradien och bränsleförbrukningen.

Som ovan nämnts började mina egna interceptorexperiment 2006 med omfattande modellprov som bekräftade mina antaganden. En del av idéerna byggde bland annat på de modellprov som jag tidigare hade gjort med välvda pilformade tvärsteg i mitt samarbete med Koelbel och Clement. Resultaten från släpförsöken låg sedan till grund för en ombyggnad av en 5,5-meters båt som ursprungligen var konstruerad för rodd och eldrift.

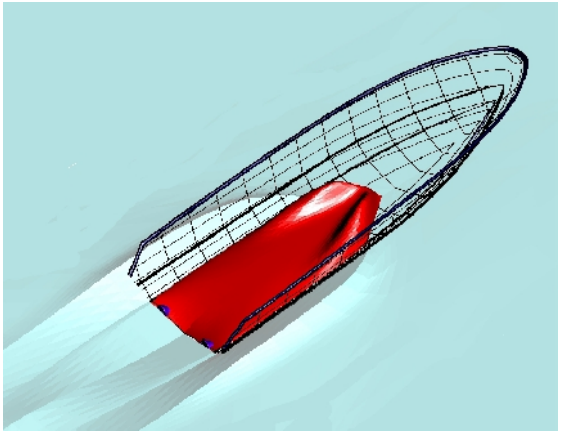
http://sassdesign.net/Interceptor%20presentation.pdf

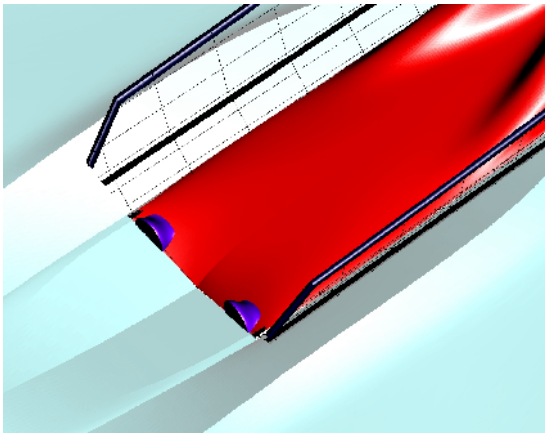




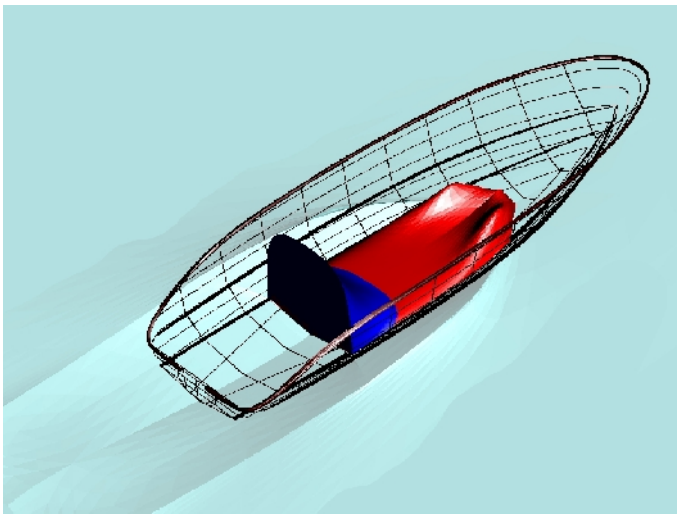
På ett tidigt stadium anades genom dessa försök att interceptorns effektivitet på något sätt stod i relation till gränsskiktets tjocklek och interceptorns djup. Gränsskiktets tjocklek är beroende av hastigheten och den framförvarande ytans längd, förutom vattnets egenskaper. Dessutom upptäcktes att interceptorns djup måste anpassas under gång till det aktuella behovet av lyftkraft. Blir interceptorns lyftkraft för stor minskar den framförvarande våta längden och därmed gränsskiktets tjocklek, varvid interceptorns effektivitet försämras. Resultatet kan bli att båten börjar hoppa upp och ner, liknande det som kallas porpoising. I sjögång krävs lite mer lyft, motsvarande den imaginära viktökningen genom den vertikala accelerationen, g-kraften. För att botten akterut snabbt skulle bli torr och friktionsytan därigenom minimeras, krävdes det också en effektiv lufttillförsel bakom interceptorn.

Försöken inkluderade också interceptorer midskepps i vattenlinjen för att kunna styra tvärskeppsstabiliteten.





På en normal V-bottnad planande båt är den lyftande kraften störst i stagnationslinjen. Vid akterspegeln utjämnas trycket helt, det vill säga, där finns ingen lyftkraft. Denna lyftkraftfördelning gör att båten kan få en mycket stor trimvinkel i vissa farter och därmed stort motstånd. För att optimera trimvinkeln används trimplan eller små interceptorer på akterspegeln. Lyftkraften begränsas av interceptorns spännvidd. Ovanstående är ett exempel, rött visar den ursprungliga tryckfördelningen, blått ökningen genom interceptorns inverkan.

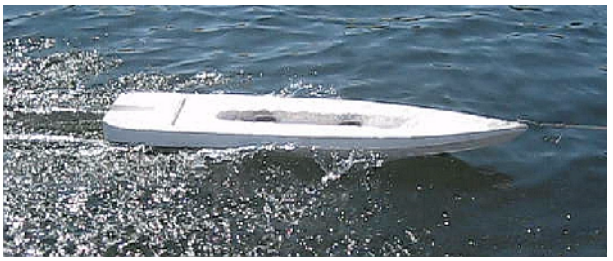


Om interceptorn läggs över hela akterspegeln eller hela botten kan tekniken utnyttjas mycket effektivare. Något förenklat kan vi nu betrakta att båten har två olika system för lyftkraft och motstånd som verkar kring båtens totala tyngdpunkt.

Lyftkraften och motståndet från den planande ytan beror på dess form, anfallsvinkel och hastigheten. Den planande botten beräknas vanligtvis enligt Savitsky, Almeter, Radojcic med flera. Lyftkraften och motståndet från interceptorn beror på spännvidden, penetreringen i gränsskiktet och hastigheten.

Det finns ett optimum för hur mycket lyftkraft som ska tas från den planande ytan respektive interceptorn för att erhålla högsta effektivitet.

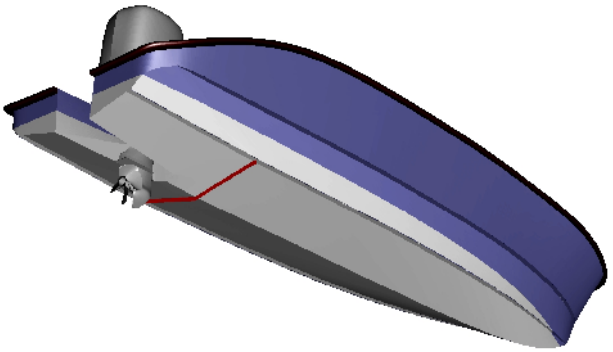
Med utgångspunkt från det omfattande bakgrundsmaterialet har jag lyckats skapa en tillförlitlig beräkningsmetod för interceptorers lyftkraft, motstånd, tryckfördelning och därmed dess effektivitet.



För att få den nya beräkningsmodellen bekräftad genomfördes 2012 modellprov och fullskaletester med en 5,5 meters båt.

http://sassdesign.net/Akterskepps%20interceptor.pdf

Utifrån det positiva resultatet kunde vissa antaganden besannas i praktiken. Det går nu att beräkna interceptorns funktion på ett tillfredsställande sätt. Tryckfördelningen över botten kan styras med hjälp av en justerbar interceptor. Förhållandet mellan interceptorns spännvidd och avstånd till totala viktstyngdpunkten, CG, är avgörande för effektiviteten. Ju kortare avstånd, desto effektivare är konceptet. Men det är då svårare att kontrollera långskepps stabiliteten.



Ecodream är ett exempel på en optimerad båt med akterskepps interceptor. Interceptorn har två uppgifter. Det primära är att ge lyft med lågt motstånd, sekundärt till att skapa en torr yta i akterskeppet och därmed begränsa friktionsytan till ett minimum. Omkring halva lyftkraften skapas med interceptorn. Dess läge långskepps måste bland annat anpassas till önskad långskepps stabilitet.

Flera tillämpningar på tekniken finns på: http://sassdesign.net/Langfardsbat.pdf

Det viktigaste jag för närvarande kommit fram till genom min forskning är:

att skilja ut interceptorns effekt i sig själv och effekten på grund av ändrad trimvinkel
att interceptorns lyftkraft är relaterad till penetreringen och spännvidden
att interceptorns motstånd är relaterad till penetreringen och gränsskiktet
att det går att halvera motståndet med bibehållna eller förbättrade sjöegenskaper

Gräddö i januari 2014

Jürgen Sass

sass@sassdesign.net
0176 405 47