

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

OM

HASTIGHEDSFØRØGELSE

VED

BAADE OG MINDRE SKIBE

AF

H. P. DINESEN



Industribiblioteket

699 21

Grp:

Forfatter:

H. P. Jensen

Titel:

Om Hædighedsforfølgelse

Bind:

Udgave:

Fryktaaer 1909

Industribiblioteket

699 21

OM
HASTIGHEDSFØRØGELSE

VED
BAADE OG MINDRE SKIBE

AF
H. P. DINESEN



KØBENHAVN
MARTIUS TRUESENS BOGTRYKKERI
1909



Undersøgelser over Legemers Bevægelse i Vand har vist, at den Modstand, Vandet yder mod Bevægelsen, fremkommer dels ved Gnidningen mellem Legemets Overflade og Vandet, dels derved at Vanddelene i Legemets Bane skal fjernes fra deres oprindelige Plads, medens Legemet passerer det Rum, de har indtaget.

Den første af disse Modstande — Gnidningsmodstanden — er afhængig af Overfladens Størrelse og Beskaffenhed (Glatthed) og af Fladens Hastighed i Forhold til Vandet, paa følgende Maade:

$$M_1 = k O v^{1,85}$$

hvor

M_1 er Gnidningsmodstanden i kg.

O - den vandberørte Overflade i m^2

v - Hastigheden i m pr. Sek.

k - en Koefficient, der for glatte malede Flader kan sættes $= 0,16$.

Den anden Modstand, som i det følgende benævnes Fortrængningsmodstanden eller M_2 er af mere sammensat Art.

Tænkes et cylinderformet i begge Ender tilspidset Legeme helt ned-sænket i Vand og bevæget fremad i Pilretningen Fig. 1 kan Trykket

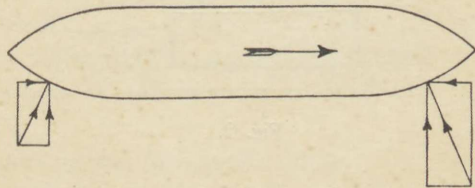


Fig. 1.

mellem Legemets Overflade og Vandet overalt opløses i Komposanter vinkelret paa og parrallelt med Bevægelsesretningen, kortere benævnet tværskibs og langskibs Trykkomposanter. Det ses let, at alle paa Forenden virkende langskibs Komposanter er modsat rettede Bevægelsen, medens

de tilsvarende Komposanter agter virker i samme Retning som denne. Kaldes Summen af de paa Forenden virkende langskibs Komposanter A , Summen af de paa Agterenden virkende a , faas den resulterende Modstand som hidrører fra Vandfortrængningen at blive:

$$M_2 = A - a.$$

Ved Stilstand er $A = a$; A har da sin mindste og a sin største Værdi.

Her skal ikke nærmere beskrives de Forsøg, som er udførte til Bestemmelse af den absolute Værdi af A og a under forskellige Forhold men kun anføres nogle Resultater. Sammenlignet med M_2 har Forendens Form og Tilspidsning større Indflydelse paa A ved højere Hastighed end ved lavere, medens Agterendens Tilspidsning har størst Indflydelse paa a ved lavere Hastigheder. A vil for alle Forendeformer vokse med forøget Hastighed, medens a kun kan aftage fra Værdien ved Stilstand til en Minimumsværdi henimod 0, hvilket indtræder naar Hastigheden bliver saa stor, at der fremkommer et Hulrum i Vandet bag Legemet. Indenfor dette Hulrums Grænser er Agterendens Form temmelig uden Betydning, da den kun indvirker lidt paa a . Den Hastighed, hvor a naar sin mindste Værdi, forøges med Vanddybden, hvori Legemet befinder sig.

Ved højere Hastigheder er M_2 saaledes hovedsagelig bestemt ved A og hermed af Forendens Form og Tilspidsning, medens a og Agterendens Form har mindre Betydning.

Ved Legemer, som bevæges paa Vandoverfladen og er delvis nedsænkede i Vandet, vil Forholdene vise sig noget anderledes. De tværskibs Komposanter, som paa et helt nedsænket Legeme kan bringes til at ophæve hinanden, vil ved et paa Overfladen flydende skibsformet Legeme resultere i, at den opdrivende Kraft forøges paa Forenden og formindskes paa Agterenden.

Bevæges et Legeme af Form som et Parallelopipedum Fig. 2 vil Vandet ved Forendens Tryk stige noget, løbe udenom de forreste Hjørner



Fig. 2.

agterefters og sluttelig løbe sammen bag Legemet, idet den oprindelige Vandhøjde dog først naas noget bag dette. Paa Grund af det Rum med lavere Vandstand (og mindre Trykhøjde), som findes bag Legemet, vil Vandet under dette særlig henimod Agterenden strømme agterefters, hvorved det opdrivende Tryk formindskes og denne Ende sænkes.

Et Skib, som vist i Stilstand i Fig. 3, i Fart i Fig. 4, vil udvise lig-

nende Forhold. Forenden vil her paa Grund af opadvirkende Trykkomponenter løftes, medens Agterenden sænkes. Det vil ligeledes her vise sig, at Trykket A tiltager ved forøget Hastighed, medens a aftager. Her maa dog bemærkes det særlige Forhold, at med a's Formindskelse aftager ogsaa

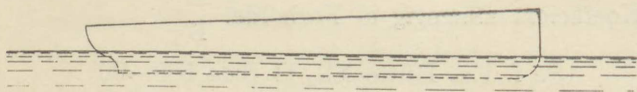


Fig. 3.

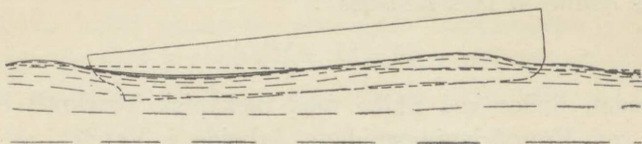


Fig. 4.

det opdrivende Tryk paa Agterenden, hvorefter følger, at Skibet synker dybere, og A bliver større. Selv om derfor Agterskibets Form er uden større Betydning for Drivtrykket a, har den dog en betydelig Indflydelse paa Agterskibets Nedsænkning og herved paa A og Modstanden M_2 . Vandstrømningen agterefter og hermed Sænkningen vil forøges med voksende Hastighed, indtil en vis Grænse og derefter aftage, idet den Vandmængde, som bevæges agterefter, ikke alene er bestemt ved Trykforskellen men ogsaa af Tiden.

Af det ovenfor anførte indses let, at det for Baade med stor Hastighed og ringe Dybgaaende er af allerstørste Vigtighed at give Forenden meget slanke Linier for at formindske A og hermed M_2 til det mindst mulige, medens man for Agterenden omtrent kan lade a ude af Betragtning og her kun tage det Hensyn, at A ved større Hastigheder forøges saa lidt som muligt. I samme Retning viser nyere Udførelser af hurtigløbende Motorbaade, idet den under Vandet værende Del af Baaden er omtrent tetraederformet, hvorved alle Bestræbelser gaar ud paa at formindske A, medens Agterenden udføres bred og flad, ofte med Bunden forlænget agterud for at formindske Vandstrømningen agterefter og hermed Nedsænkningen.

Efter Middendorf haves for slanke Skibe

$$M_2 = \frac{k_1 \otimes \cdot B \cdot v^{2.5}}{\sqrt{B^2 + k_2 \cdot L^2}} \quad (2)$$

hvor M_2 er Fortrængningsmodstanden i kg.

$\otimes$ er det største nedsænkede Spantareal
v Hastigheden i m pr. Sekund

L Skibets Længde i m.

B „ største Bredde i Vandlinien i m.

k_1 en Koefficient afhængig af Forholdet mellem Skibets Længde og
Hastighedens Kvadrat altsaa af $\frac{L}{v^2}$

k_2 en Koefficient afhængig af Forholdet $\frac{L}{B}$

(Se f. Ex. Hütte XX, II Side 688—90).

Disse Modstande danne tilsammen den egentlige samlede Skibsmodstand. Kaldes denne M faas saaledes :

$$M = M_1 + M_2 \quad (3)$$

Men desuden findes ved Skibe med mekanisk Drivkraft et Tab, som fremkommer ved Fremdrivningsmidlets Arbejde i Vandet, og som derfor maa medregnes. Drivskruen, som mest anvendes, frembringer saaledes en Formindskelse af det fremdrivende Tryk a. Den kaster endvidere Vandet agterefter med en betydelig Hastighed og sætter det i en omdrejende Bevægelse, hvorved en Del Kraft gaar tabt for Fremdriften, uden paa nogen Maade at komme til Nytte.

Dette indgaar hos Middendorf i Formlen

$$HKE = \frac{M}{75} \left(v + \sqrt{\frac{M^3}{160 \cdot f}} \right) \quad (4)$$

hvor HKE er den Hestekraft, som afgives til Skruenavet og f er Skruens eller Skruernes Diskareal.

Den indicerede Hestekraft HKI som maales i Drivmaskinens Cylindre faas af

$$HKI = n \cdot HKE. \quad (5)$$

(hvor n gældende for Dampmaskinen faas af Middendorfs Tabel Hütte XX II Side 690).

Disse Formler, som er i ganske god Overensstemmelse med Erfaringen, viser, at den Hestekraft, som kræves til Fremdrivningen af et Skib, vokser overordentlig i Forhold til Hastighedsforøgelsen.

Der er derfor i Tidens Løb fremkommen et stort Antal Forslag til Formindskelse af Skibsmodstandene. Jeg skal her kun nævne det, som danner det oprindelige Grundlag for den følgende Udvikling. Det udgaar fra den fuldstændig rigtige Forudsætning, at et Legeme ved Bevægelse i Luft lider en langt mindre Modstand end ved Bevægelse i Vand.

For omtrent 25 Aar siden lod den berømte svenske Ingeniør G. de Laval — Dampturbinens og Centrifugens Opfinder — udføre Forsøgsbaade, hvorved denne Tanke forsøgtes virkeliggjort, idet Modstanden tænkt formindsket ved at omgive hele Baaden med en Luftkappe, saaledes at dens Bund

og Sider ikke berørtes af Vandet. Efter et fleraarigt Arbejde med Forsøg og Ændringer blev Sagen dog atter henlagt.

Mange lignende Forslag med samme Formaål er lige op til Nutiden fremkomne, men de fleste atter opgivne. Fælles for dem alle er at de hovedsagelig kun tilsigter at formindske Gnidningsmodstanden M_1 , som ved lave Hastigheder er betydelig større end Fortrængningsmodstanden M_2 . Med forøget Hastighed voxer imidlertid M_2 langt stærkere end M_1 saaledes at den ved de højeste hidtil opnaaede Hastigheder udgør den største Del af den samlede Modstand M . Heraf følger at der ved de ovennævnte Forslag til Formindskelse af Gnidningsmodstanden kun kan opnaas en Formindskelse af Hestekraften ved lavere Hastigheder, men ingen væsentlig Forøgelse af de hidtil opnaaede maximale Hastigheder.

I det følgende skal paavises, hvorledes Anvendelsen af Trykluft i Forbindelse med en særlig Baadtype kan bevirke ikke alene en betydelig For-

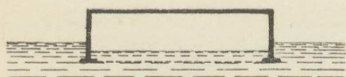


Fig. 5.

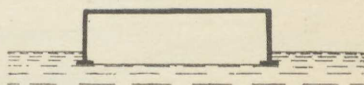


Fig. 6.

mindskelse af Gnidningsmodstanden M_1 , men tillige ved høje Hastigheder en meget stor Formindskelse af Fortrængningsmodstanden M_2 med heraf følgende Forøgelse af Maximalhastigheden.

Tænkes en Kasse anbragt paa en Vandflade med Bunden opad og Aabningen nedefter (Fig. 5) vil Luften i Kassen sammentrykkes og en Del af Vandet under den trykkes ud til Siderne, saaledes at Vandspejlet i Kassen vil staa lavere end udenfor. Føres lidt mere Luft ind i Kassen, vil denne hæve sig indtil dens underste Kant naar det indre Vandspejl (Fig. 6). Holdes nu Kassens ene Ende fremdeles i Højde med det indre Vandspejl, medens den anden løftes op til det ydre, vil en Del af Luften i Kassen, hvis denne iøvrigt staar stille, undslippe. Men dette vil ikke være Tilfældet, hvis Kassen be-



Fig. 7.

væges med passende Hastighed i Pilretningen (Fig. 7). Ved Forenden vil Luften ikke kunne undslippe, fordi den maa have en vis Tid til at sænke Vandet og slippe under Kassens Kant, men før dette kan ske, er Kassen allerede længer fremme over en ny Vandmængde. Ved den anden Ende vil den hverken kunne undslippe til Siderne, da Vandtrykket her erigestort med Lufttrykket, eller bagud, da Kassens Kant stadig glider paa den

indre Vandflade. Det ses let at den vandberørte Overflade er formindsket til en ringe Del af, hvad den vilde være, hvis man anbragte Kassen med Bunden nedad, nemlig med hele Bundfladen og omtrent Halvdelen af Sidefladerne. Men desuden vil Vanddelene i Legemets Bane nu fjernes ved Luftens Tryk i et Tidsrum, som er temmelig uafhængigt af Kassens Form og Hastighed, hvorved det uelastiske Tryk eller Stød mellem Vanddelene og Kassens faste Vægge med heraf følgende betydelige Tab undgaas. Bevæges Kassen med meget stor Hastighed, vil Vandet under den ikke fjernes

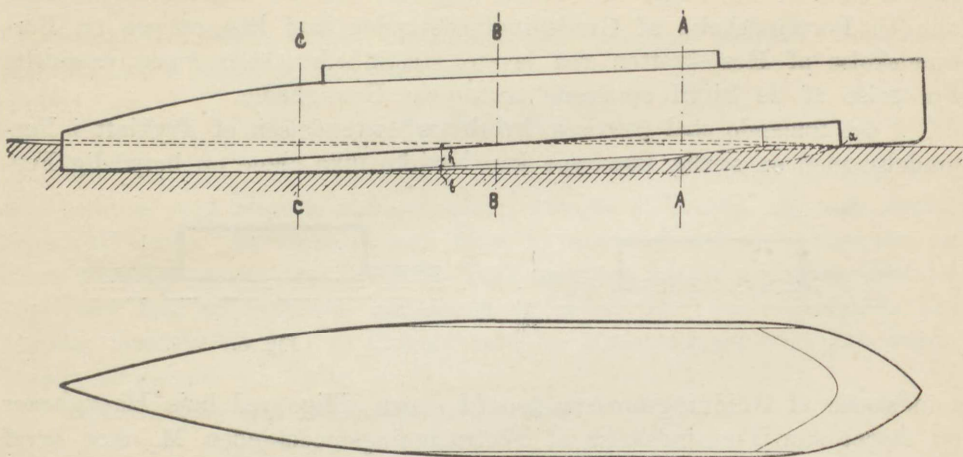


Fig. 8—9.

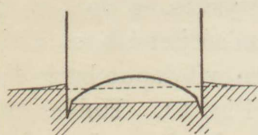


Fig. 10. Snit A—A.

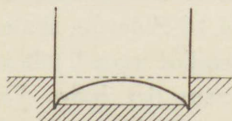


Fig. 11. Snit B—B.

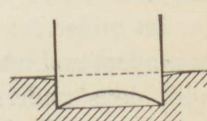


Fig. 12. Snit C—C.

saa hurtigt, at Vandspejlet ved Agterenden naar samme Dybde som ved mindre Hastigheder. Kassen vil da hæve sig, og Fortrængningsmodstanden yderligere formindskes.

Anvendt paa Baade eller mindre Skibe kan Formen være som vist skematisk paa Fig. 8—12, der viser Længdesnit, Plan og 3 Tværsnit af en agterefter stærkt tilspidset Baad, eller som Fig. 13—14, der viser Længdesnit og Plan af en lignende Baad med afskaaret Agterende, samt som Fig. 15—18, der viser Længdesnit, Plan og 2 Tværsnit, som her har en fra de foregaaende betydelig afvigende Form.

Det vil let ses, at Lufttrykket under Baaden kan opløses i 2 Dele, hvoraf den ene virker opdrivende paa den indre Vandflades Projection paa et vandret Plan, medens den anden modvirker Baadens Fremdrift paa samme Vandflades Projection paa et Plan vinkelret paa Bevægelsesretningen.

Dette Tryk yder saaledes en Modstand mod Bevægelsen, som i det følgende benævnes Trykluftmodstanden eller M_3 . Kaldes Arealet af den paa et Tværskibs Plan projicerede indre Vandflade c , Trykket pr. Arealenhet under Baaden p kg faas $M_3 = p \cdot c$. Trykluftmodstandens Størrelse vil ved meget forskellige Hastigheder variere indenfor temmelig snevre Grænser og vil ved enhver Hastighed omtrent være, hvad der af Baadens Fremdrivningskraft skal ydes til Overvindelse af Modstanden A . Den vil forandres med Baadens Størrelsesforhold, saaledes at den forøges ved større Dybgaaende og aftager med større Bredde.

Betragtes Fig. 9 ses det, at denne Baad er slankt tilspidset agterefter. Vandet ved Baadens Yderside vil derfor falde godt ind mod Baadens Agterende, saaledes at Trykket a i Bevægelsesretningen her selv ved højere Hastigheder vil blive temmelig betydeligt. Det vil, hvis Vandlinien langs

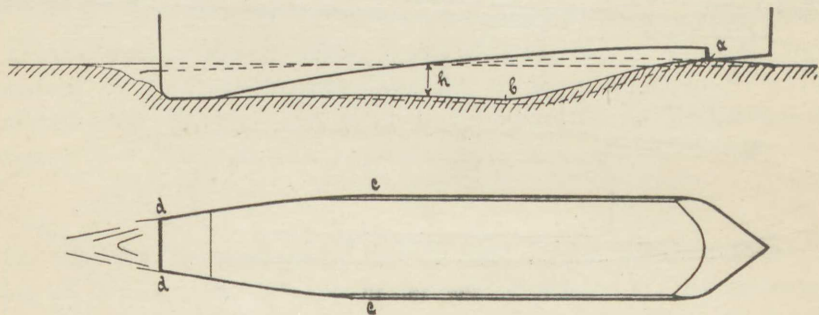


Fig. 13—14.

Baadens Agterende er i Højde med Havfladen blive omtrent Halvdelen af Trykluftmodstanden. Dette Drivtryk findes kun for meget lave Hastigheder ved Fig. 7 og indtil noget højere Hastigheder ved Fig. 14 og 16; det aftager med forøget Bredde af Baaden, da Vandet herved, som før nævnt, vanskeligere følger Skibssiden agterefter.

Tænker man sig Vand stadig ført udefra ind under Baadens Agterende, vil denne løftes og Trykluftmodstanden herved formindskes. Dette vil uden særligt Kraftforbrug til en vis Grad kunne opnaas ved Anvendelse af to Drivskruer. Som før nævnt bestaar et af Drivskruens Tab deri, at den vil sætte Vandet i en omdrejende Bevægelse. I Fig. 18 er vist i Tværnit Agterdelen af Baaden Fig. 15—16 visende de 2 Skruer, hvis Blade bevæges indad mod Skibet foroven. Det ses da, at Skruerne vil have Tilbøjelighed til at bevæge Vandet paa Overfladen udefra ind under Skibsbunden, altsaa netop det som kræves. Denne Virkning kan ved simple Midler og uden Krafttab yderligere forstærkes, og i hvert Fald en Del af Modstanden herved ophæves. Det er en Kendsgerning, at en mindre Baad kan hæves op af Vandet alene ved Hjælp af Skraaplaner og herved opnaa en Hastighed omtrent som en tilsvarende almindelig Baad. Det største

Tab medgaar her til Bølgedannelse og Hvirvler. Men ser man nærmere paa Bølger og Hvirvler, saa er dette egentlig kun en for Skibets Fremdrift ganske unyttig Bevægelse af Vand, som kræver et vist Arbejde, der maa udføres af Skibets Fremdrivningskraft. Som ovenfor nævnt er det netop en Transport af Vand, der kræves for at fylde Rummet under Skibets Agterende og danne Reaktionsvæg (Modstandsvæg) for Lufttrykket i Stedet for den faste nedsænkede Del af selve Skibet. Skibets Agterende kan derfor dannes som Skraaplaner, hvis Hovedvirkning bliver en Opdrift, medens den hertil uløselig knyttede Bivirkning af Vandbevægelse, bringer Vandet udenfor Skibet ind under dette og saaledes formindsker Trykluftmodstanden.

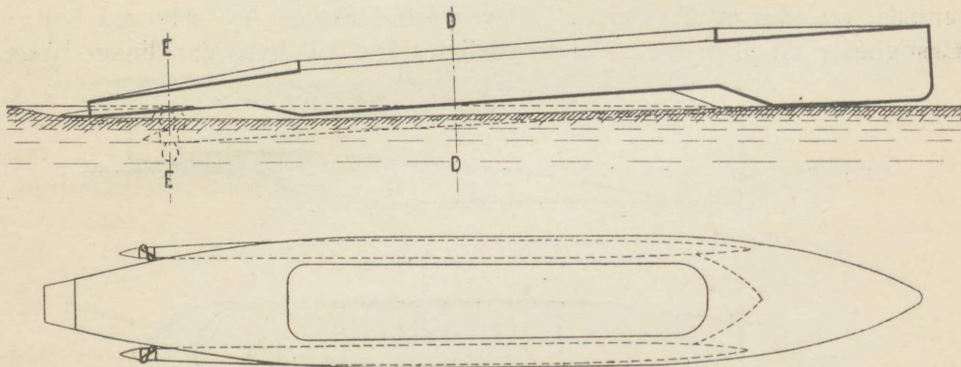


Fig. 15—16.

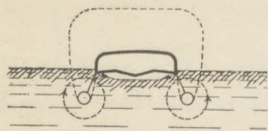


Fig. 18. Snit E—E.

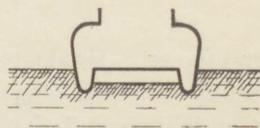


Fig. 17. Snit D—D

I sin yderste Konsekvens fører denne Fremgangsmaade til Anvendelse af flere Skraaplaner, som skulde føre netop saa stor en Vandmængde ind under Skibet, som fortrænges af Lufttrykket, saaledes at Vandspejlet under og udenfor Skibet trods Trykforskellen paa Overfladerne skulde staa praktisk talt lige højt, og Trykluftmodstanden herved blive 0. Om der herved opnaas nogen Fordel er dog tvivlsomt, da der samtidig vil fremkomme andre Modstande.

Til Oplysning om Forholdet mellem Kraft og Hastighed maalt og beregnet for udførte Baade og beregnet for lignende Baade af den her beskrevne Type skal anføres nogle sammenlignende Beregninger.

De i Formlerne (1) og (2) angivne Størrelser O og Σ er ofte ubekendte, hvorimod Baadens Displacement D i mange Tilfælde er bekendt. Jeg har derfor søgt at ændre Formlerne herefter og for slanke Skibe fundet

$$O = \frac{3,2 \cdot D}{B} + \frac{L \cdot B}{2}$$

Herved ændres Formel (1) til:

$$M_1 = 0,16 \cdot v^{1,85} \cdot \left(\frac{3,2 \cdot D}{B} + \frac{L \cdot B}{2} \right) \quad (1a)$$

Formel (2) kan med ringe Fejl omskrives til

$$M_2 = k_1 \cdot \frac{\otimes \cdot B \cdot v^{2,5}}{\sqrt{k_2} \cdot L}$$

og $\otimes$ kan for slanke Skibe med nogenlunde Tilnærmelse sættes til $1,5 \frac{D}{L}$. Formel (2) ændres herved til

$$M_2 = \frac{1,5 \cdot k_1 \cdot D \cdot B \cdot v^{2,5}}{\sqrt{k_2} \cdot L^2} \quad (2a)$$

Trykluftmodstanden betegnes i det følgende M_3 , medens M_2 for Trykluftbaadene er Fortrængningsmodstanden af de nedsænkede, Trykluftrummet afgrænsende Vægge. Den samlede Modstand for en Trykluftbaad bliver saaledes :

$$M = M_1 + M_2 + M_3 \quad (3a)$$

De følgende Beregninger af Baade med Trykluftopdrift er uden Medregning af den Fordel, der kan faas ved Udnyttelse af Drivskruernes Tab til Formindskning af Trykluftmodstanden og ligeledes uden Medregning af det fremdrivende Vandtryk a paa Baadens Agterende.

Ved de lavere Hestekrafttal er intet Hensyn taget til, at Maskineriet faar mindre Vægt, hvorved Baaden bliver lettere og Modstanden mindre.

Exp. 1.

En Torpedobaad har følgende Dimensioner:

$$\begin{aligned} D &= 420 \text{ Tons} \\ L &= 64 \text{ m} \\ B &= 7,0 \text{ m} \\ f &= \text{ca. } 6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ved Hastighedsprøver paa dybt Vand er opnaaet følgende Resultater:

Knob	HK I
15	600
18	1240
21	2465
24	3995
27	5590

Beregnes Hestekraften for disse Hastigheder efter foranstaaende Formler faas f. Ex. for 27 Knob = 13,9 m. pr. Sek.

$$M_1 = 0,16 \cdot 13,9^{1,85} \left(\frac{3,2 \cdot 420}{7} + \frac{64 \cdot 7}{2} \right) = 8670 \text{ kg.}$$

$$M_2 = 19,3 \cdot \frac{1,5 \cdot 420 \cdot 7 \cdot 13,9^{2,5}}{\sqrt{1,88 \cdot 64^2}} = 10800 \text{ kg.}$$

$$M = 8670 + 10800 = 19470 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{19470}{75} \left(13,9 + \sqrt{\frac{19470}{160 \cdot 6}} \right) = 4780$$

$$HKI = 1,12 \cdot 4780 = 5360$$

Udføres en Baad med samme Displacement og Bredde men med $L = 70$ m. (6 m. Forlængelse for at opnaa en slankere Agterende) og af Form som Fig. 8—12, vil Arealet under Trykluftrummet blive omtrent 350 m^2 . Lufttrykket bliver da $\frac{420000}{350} = 1200 \text{ kg pr. m}^2$, den hertil svarende Vanddybde 1,2 m. og Trykluftmodstanden $M_3 = 7 \cdot 1200 \cdot 1,2 = 10080 \text{ kg}$.

Den befugtede Overflade vil ikke blive over 160 m^2 og for 27 knob:

$$M_1 = 0,16 \cdot 13,9^{1,85} \cdot 160 = 3400 \text{ kg.}$$

M_2 er ved denne Form saa ringe at der kan ses bort fra den. Her- ved faas:

$$M = 10080 + 3400 = 13480 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{13480}{75} \left(13,9 + \sqrt{\frac{13480}{160 \cdot 6}} \right) = 3170$$

$$HKI = 1,14 \cdot 3170 = 3620$$

Udføres Baaden af Form som Fig. 15—18 med samme Displacement 420 Tons, den oprindelige Længde 64 m men med $B = 10$ m bliver Trykluftmodstanden betydeligt mindre. Arealet under Luftrummet bliver ca. 530 m^2 , Lufttrykket $\frac{420000}{530} = 800 \text{ kg. pr. m}^2$, den hertil svarende Vanddybde 0,8 m og Trykluftmodstanden $10 \cdot 0,8 \cdot 800 = 6400 \text{ kg}$.

Den befugtede Overflade bliver som før 160 m^2 og M_1 saaledes for 27 knob 3400 kg som før.

Foruden disse Modstande fremkommer imidlertid her en Fortrængningsmodstand for de to nedsænkede Sideskibe. Udføres disse med den største Bredde af 1 m i den ydre Vandlinie, faas det største nedsænkede Tværsnitsareal ca. $0,6 \text{ m}^2$ for hver. L bliver omtrent 50 m. Dette giver for 27 knob og begge Sideskibe:

$$M_2 = \frac{2 \cdot 20 \cdot 7 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 13,9^{2,5}}{\sqrt{1,23 \cdot 50}} = 350 \text{ kg.}$$

$$M = 6400 + 3400 + 350 = 10150 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{10150}{75} \left(13,9 + \sqrt{\frac{10150}{160 \cdot 6}} \right) = 2380$$

$$HKI = 1,17 \cdot 2380 = 2790$$

For en Hastighed af 40 knob = 20,6 m Sek. faas for den sidstanførte Baad Trykluftmodstanden som ovenfor = 6400 kg. og

$$M_1 = 0,16 \cdot 20,6^{1,85} \cdot 160 = 6920 \text{ kg.}$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot 23,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 20,6^{2,5}}{\sqrt{1,23 \cdot 50}} = 1000 \text{ kg.}$$

$$M = 6400 + 6920 + 1000 = 14320 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{14320}{75} \left(20,6 + \sqrt{\frac{14320}{160 \cdot 6}} \right) = 4680$$

$$HKI = 1,12 \cdot 4680 = 5250$$

Exp. 2.

En Torpedobaad har følgende Dimensioner :

$$D = 77 \text{ tons}$$

$$L = 39 \text{ m}$$

$$B = 4,8 \text{ m}$$

$$f = 2,5 \text{ m}^2$$

Ved Hastighedsprøver paa dybt Vand er opnaaet følgende Resultater :

Knob	HKI
12	165
16	490
20	920
24	1430

Beregnes Hestekraften for disse Hastigheder paa samme Maade som foran faas f. Ex. for 24 knob = 12,35 m pr. Sek.

$$M_1 = 0,16 \left(\frac{3,2 \cdot 77}{4,8} + \frac{39 \cdot 4,8}{2} \right) 12,35^{1,85} = 2430 \text{ kg.}$$

$$M_2 = 20,8 \frac{1,5 \cdot 77 \cdot 4,8 \cdot 12,35^{2,5}}{\sqrt{2 \cdot 39^2}} = 2880 \text{ kg.}$$

$$M = 2430 + 2880 = 5310 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{5310}{75} \left(12,35 + \sqrt{\frac{5310}{160 \cdot 2,5}} \right) = 1130$$

$$HKI = 1,31 \cdot 1130 = 1480$$

I Eksempel (1) regnedes Baaden udført med Trykluftopdrift og med forøget Bredde uden tilsvarende Forøgelse af Displacement. Da dette ikke er ganske korrekt, skal her tillægges en Vægtforøgelse for den større Bredde.

Vægtfordelingen i den foran nævnte 77 tons Baad er omtrent saaledes:

Skrog	32 t.
Maskineri	35 t.
Udrustning	10 t.
Displacement	<u>77 t.</u>

Udføres en Trykluftbaad med samme Længde 39 m, men med en Bredde af 7 m vil Skrogets Vægt forøges med højst 40 % eller ca. 13 t. og Baadens samlede Vægt saaledes blive 90 t.

Udført som Fig. 13—14 og Tværnsnit Fig. 10—11 vil Arealet af Vandfladen under Baaden blive ca. 196 m² og Lufttrykket $\frac{90000}{196} = 460$ kg. pr. m².

Den hertil svarende Vanddybde er 0,46 m og

$$M_s = 460 \cdot 0,46 \cdot 7 = 1500 \text{ kg.}$$

O vil for forskellige Hastigheder blive 50 a 55 m², men er for større Sikkerhed sat til 62 m². Herved bliver for 24 knob

$$M_1 = 0,16 \cdot 62 \cdot 12,35^{1,85} = 1050 \text{ kg.}$$

og da M_2 her kan sættes = 0 faas

$$M = 1050 + 1500 = 2550 \text{ kg.}$$

$$HKE = \frac{2550}{75} \left(12,35 + \sqrt{\frac{2550}{160 \cdot 2,5}} \right) = 510$$

$$HKI = 1,46 \cdot 510 = 745$$

Ved en Hastighed af 30 knob = 15,44 m pr. Sek. faas for den almindelige 77 t. Baad

$$M_1 = 3650 \text{ kg.}$$

$$M_2 = 5420 \text{ -}$$

$$M = 9070 \text{ - og med } f = 3$$

$$HKE = 2400$$

$$HKI = 2810$$

og for den 90 t. Trykluftbaad

$$M_1 = 1580 \text{ kg.}$$

$$M_s = 1500 \text{ -}$$

$$M = 3080 \text{ -}$$

$$HKE = 750$$

$$HKI = 1050$$

For 40 knob = 20,6 m pr. Sek. faas for Trykluftbaaden

$$M = 4200 \text{ kg.}$$

$$HKE = 1340$$

$$HKI = 1715$$

Disse Beregninger viser, at man ved højere Hastighed for samme Maskinkraft skal kunne opnaa en meget betydelig Hastighedsforøgelse ved Anvendelse af Trykluftmetoden.

I det foregaaende er regnet, at Trykluftmodstandens Størrelse er bestemt ved Produktet af et Lufttryk modsvarende Baadens Displacement og den indre Vandflades Projection paa et Plan vinkelret paa Bevægelsesretningen, og herimod kan vistnok ingen væsentlig Indvending rettes.

Men den projicerede Flade er stadig regnet af en Højde lig den til Lufttrykket svarende Vandsøjlehøjde og dette kunde tænkes at være urigtigt, det er derfor nødvendigt, at betragte den indre Vandflades Form, da det er denne, der bestemmer Fladens Højde.

Ved en eller anden Hastighed kan Vandfladen under en Baad antages at have den i Fig. 8 eller Fig. 13 viste Form.

Paa Grund af Luftens Tryk vil Vandfladen under Baaden sænkes saaledes, at den et eller andet Sted naar Afstanden h = den Lufttrykket modsvarende Vandhøjde under den ydre Havflade. Paa Grund af det konstante Lufttryk og den bevægede Vandmasses Inerti vil Overfladen yderligere sænkes til et lavere Punkt b Fig 13 og derefter atter stige og efter nogle Svingninger forblive i Ligevægt i Afstanden h under den ydre Vandflade. I en Baad af Form som Fig. 8—12 vil denne Ligevægt omtrent være tilstede lige til Baadens Agterende, idet her dog forekommer en mindre Sænkning af det ydre Vandspejl og en heraf følgende ringere Sænkning af det indre.

Ved de i Fig. 13—14 og 15—18 viste Baade vil Vandet paa Grund af den brede Agterende ikke kunne følge tæt efter Baaden, men der vil ved Baadens Agterende dannes et aabent Rum fra den ydre Vandflade omtrent til Baadens Bund, og her vil saaledes ikke være statisk Ligevægt mellem den indre og den ydre Vandflade. Vandet under Baadens Agterende vil derfor som før nævnt strømme agterefter og udfylde det trekantede Rum bag Baaden, indtil der ogsaa paa dette Sted vil være Ligevægt mellem det indre og det ydre Tryk.

Tænker man sig Baaden Fig. 13 og 14 nedsænket dobbelt saa dybt i Agterenden, som vist i Fig. 19, medens Lufttrykket stadig svarer til den oprindelige Vandhøjde h , maa den Vandmængde, som svarer til Rummet $c—d—e$ i Længdesnit Fig. 19 og $c—c—d—d$ i Plan Fig. 14 være trængt ud bag Skibet. Men dette vil vistnok være ganske umuligt, idet det Rum, som for at opnaa Ligevægt skal udfyldes, er langt mindre, idet det kun har Højden $d—e$ og paa Grund af det ydre Vands Sammenfald

hører op ikke langt fra Skibets Agterende. Endvidere vil langs hele Sænkningen $c-f$ den ydre Vandhøjde langs Baadens Sider udøve et Tryk indad, der f. Eks. i f er omtrent dobbelt saa stort som det indre Tryk, saaledes at der ogsaa herfra vil trykkes Vand ind under Fladen $e-f$ og agterefter til Udfyldning af Hulrummet. Det er saaledes vistnok umuligt, i hvert Fald overordentlig usandsynligt, at Baadens Agterende vil kunne synke til denne Dybde, og Trykluftmodstanden antage den hertil svarende Størrelse.

At en fuldstændig statisk Ligevægt paa dette Sted ej heller bør forudsættes, ses af følgende Betragtning. Tænkes Baaden Fig. 19 løbende dobbelt saa hurtigt, vil Vandbevægelsen agterud, der ikke alene er bestemt ved Trykforskellen mellem de to Flader, men ogsaa bestemmes af Tiden, kun have den halve Tid til Bevægelsen. Vandfladens Form vil nu omtrent blive som vist i Fig. 20. Punktet f vil træffe den indre Vandflade

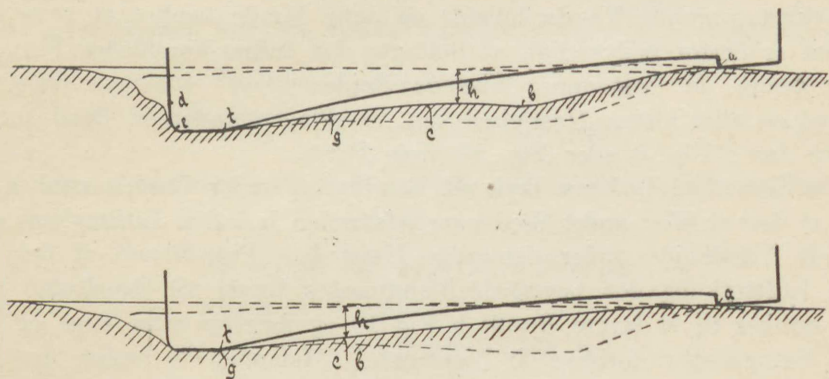


Fig. 19—20.

i et højere liggende Punkt g og Agterenden hæves, endskønt det aabne Rum bag Baaden, som skal udfyldes, nu er større end før. For Baade med ringe Længde i Forhold til Hastigheden, kunde det endog tænkes, at Punktet f kunde træffe Vandfladen foran b , saa at Trykluftmodstanden blev mindre end svarende til Højden h .

Det ses let, at hvis en Baad skulde foretage disse Bevægelser, uden at Endefladerne ved nogle Hastigheder bevirkede for stor Modstand, eller at Forenden ved en eller anden Hastighed løftedes ud af Vandet, maatte dens Tyngdepunkt kunne forskydes i Længderetningen. I Praksis vil man naturligvis ved Beregning eller Forsøg afpasse Tyngdepunktet efter den Hastighed som ønskes. En Regulering kan opnaas ved at udføre de to mod Vandet stødende Skraaflader for og agter eller korte Stykker af dem delvis bevægelige. For Forendens Vedkommende vil dette tillige bevirke, at Luftten under Baaden ikke saa let undslipper i Søgang.

Nedsænkningen af Baadens Agterende og hermed Størrelsen af den Flade, som bestemmer Trykluftmodstanden, vil saaledes i nogen Grad være afhængig af Baadens Tilspidsning agterefter, men da en forøget Bredde

som før nævnt formindsker Trykluftmodstanden under Forudsætning af, at Dybden formindskes i samme Forhold, maa ved praktisk Udførelse vælges den gunstigste Middelvej.

Det vil ses, at der ved Baade, udført efter alle Afbildninger (undtagen Fig. 7) vil kunne paaregne noget Drivtryk paa Baadens Agterende af det ydre Vand, mest ved Fig. 8—12, mindst ved Fig. 13—18. Men ved disse vil Skruens Virkning til Gengæld være gunstigere. Arealet, hvorpaa Lufttrykket modvirker Fremdriften, vil ejheller altid blive et Rektangel bestemt ved Baadens Bredde og Dybgaaende, idet det ofte vil spidse ned efter og herved blive noget mindre.

Disse og andre Betragtninger fører til, at det samlede Resultat af Trykluftmodstand, udvendigt Vandtryk og Skruevirkning i det langt overvejende Antal Tilfælde vil give en Modstand, der er mindre end Produktet af Lufttrykket svarende til Baadens Displacement og en Flade bestemt ved Baadens (Luftrummet) Bredde og Lufttrykkets Vandsøjlehøjde. Denne har jeg derfor kaldt den normale Trykluftmodstand. Der vil dog maaske ved uhensigtsmæssig Form og ved enkelte af Form og Størrelse afhængige uheldige Hastigheder (f. Ex. naar Baadens Agterende træffer det dybeste Punkt b paa den indre Vandflade) faas en noget større Modstand, men denne vil næppe i noget Tilfælde kunne overskride 1,5 Gange den ovennævnte Værdi. Anvendelsen af Formlerne iøvrigt kan næppe paavises at være i højere Grad utilladelig. (1) og (1a) er naturligvis anvendelig her som ved enhver Beregning af lignende Gnidningsmodstande. (2) og (2a) har jeg foruden til de almindelige Baade, hvor den jo giver ganske gode Resultater, kun anvendt i sidste Halvdel af Exp. 2 til Beregning af de nedsænkede Sidekøle, der dog er langt spidsere end forudsat af Middendorff (hhv. 1,5° og 6°).

I Formlen for den effektive Hestekraft

$$HKE = \frac{M}{75} \left(v + \sqrt{\frac{M}{160 \cdot f}} \right)$$

er Størrelsen $\frac{M \cdot v}{75}$ naturligvis tilladelig her som ved enhver anden Hestekraftberegning. Det sidste Led $\sqrt{\frac{M}{160 \cdot f}}$ er mere tvivlsomt. Thi selv om

det i Hastighed omsatte Tab indenfor vide Grænser er proportionalt med $\sqrt{M}$ (og Forøgelsen i HKE saaledes med $M^{1.5}$), er dette ingenlunde Tilfældet

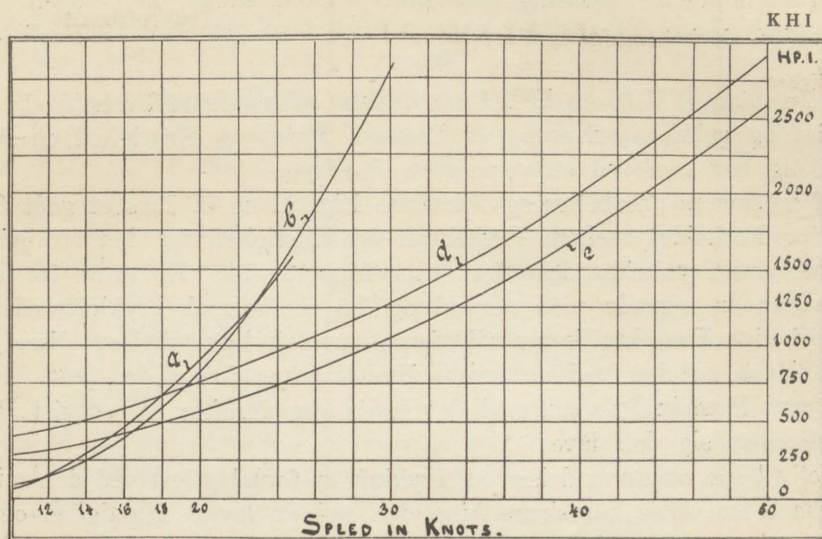
med $160 \cdot f$, idet Skruetabet beregnet efter Formlen $\frac{M}{75} \sqrt{\frac{M}{160 \cdot f}}$ stadig af-

tager naar f voxer, medens det i Virkeligheden fra et vist Punkt vil voxe med f . Dette vil imidlertid dog kun indtræde ved en unormal Forøgelse af f , og da Skruediameteren og hermed f i de foreliggende Tilfælde ikke

Hastighed	Almindelig Torpedobaad		Trykluftbaad	
	D = 77 t. L = 39 m B = 4,8 m		D = 90 t. L = 39 m B = 7 m	
Knob	H K I maalt	H K I beregnet	normal Trykluftmodstand	1,5 . normal Trykluftmodstand
			H K I beregnet	H K I beregnet
12	165	160	320	455
16	490	420	435	600
20	920	850	575	770
24	1430	1480	745	960
30		2810	1050	1285
35		4480	1355	1600
40		6800	1715	1990
50			2600	2920

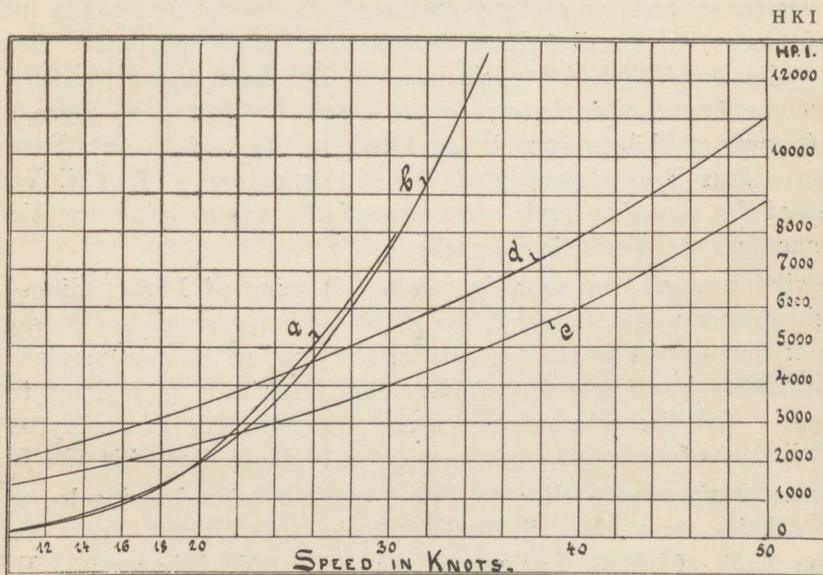
Hastighed	Almindelig Torpedobaad		Trykluftbaad	
	D = 420 t. L = 64 m B = 7 m		D = 480 t. L = 64 m B = 10 m	
Knob	H K I maalt	H K I beregnet	normal Trykluftmodstand	1,5 . normal Trykluftmodstand
			H K I beregnet	H K I beregnet
15	600	805	1900	2660
18	1240	1425	2250	3190
21	2465	2280	2600	3650
24	3995	3560	3000	4200
27	5590	5360	3450	4800
30	ca. 7600	7500	3980	5400
35		12500	4950	6500
40		19400	6000	7800
50			8800	11000

Fig. 21.



a = maalt Kurve } for 77 tons alm. Torpedobaad.
 b = beregnet » }
 c = beregnet Kurve med normal Trykluftmodstand } for 90 tons
 d = » » » 1,5 . normal Trykluftmodstand } Trykluftbaad

Fig. 22.



a = maalt Kurve } for 420 tons alm. Torpedobaad
 b = beregnet » }
 c = beregnet Kurve med normal Trykluftmodstand } for 480 tons
 d = » » » 1,5 . normal Trykluftmodstand } Trykluftbaad

antager ualmindelige (navnlig ikke større) Dimensioner, kan nogen større Fejl næppe opstaa heraf; det hele Tab er forøvrigt ringe i Forhold til H K E.

I Formlen $H K I = n \cdot H K E$ er n alene afhængig af Forhold ved Maskineriet og ganske uafhængig af Baadens Form og Hastighed og derfor anvendelig her som ved enhver anden Baadtype.

Af omstaaende Tabeller og Kurverne Fig. 21 og 22 faas et godt Overblik over Forholdet mellem Hestekraft og Hastighed for den almindelige Baadform og Trykluftbaade udført efter Fig. 13—14. Kurverne for Trykluftbaadene er regnede med normal og $1,5 \times$ normal Trykluftmodstand. Den virkelige Hestekraftkurve vil vistnok overalt ligge mellem disse Kurver, saaledes, at den ved de lavere Hestekræfter følger den lave Kurve, stiger med Hestekraften op mod den højere og derefter fra et vist Punkt atter nærmer sig den lave.

Det vil ses, at Anvendelsen af Trykluft er fordelagtigst ved den mindre Baad, idet Kurverne her skære hinanden ved en lavere Hastighed og forløbe gunstigere end ved den større.

Ved Anvendelse af Forbrændingsmotorer vil Hestekraften for de mindre Baade paa hhv. 77 t. og 90 t. uden Vanskelighed kunne forøges til ca. 3000 HK, og for de større Baade paa hhv. 420 t. og 480 t. vil med Turbinemaskineri kunne opnaas henved 11000 H K; i begge Tilfælde uden Vægtforhøjelse.

I det foregaaende er stadig regnet med, at den under Baaden indførte Trykluft under Farten vil forblive der uden at kunne undslippe. Dette vil dog naturligvis ikke ske i Praksis, idet en Del Luft under Baadens Fart vil strømme bort under Agterenden. Denne Luftmængdes Størrelse vil være afhængig af Skibets Størrelse og Hastighed samt af Vandets Bevægelse (Søgang); dens Tryk væsentlig af Skibets Dybgaaende. Den til Vedligeholdelse af det fornødne Tryk nødvendige Luftmængde vil under alle Omstændigheder være temmelig betydelig.

Udviklingen gaar nu mere og mere i Retning af Forbrændings- eller Explosionsmotorer som Drivkraft for Skibe — den væsentligste Aarsag her til er, at der opnaas en meget betydelig Vægt- og Pladsbesparelse, samt (af Betydning for Krigsskibe) fuldstændig Røgfrihed og Dækket frit for Skorstene. Ved disse Motorer findes den Mangel, at de ikke udnytter hele det i Cylindrene frembragte Tryk, men lader Trykluft slippe frit ud i Luften.

Denne Luftmængde eller en Del deraf kan uden Forringelse af Motorens Arbejde anvendes til Vedligeholdelse af Trykket under Baaden. Hvis en Baad af 18 m. Længde og 2,5 m. Bredde behøver 250 HK for at løbe 25 knob, vil dens Motorer frembringe ca. 40 m^3 afkølet Luft pr. Minut. Ved mindre Tryk under Baaden kan hele denne Luftmængde anvendes uden Skade for Motorernes Arbejde. Ved større Tryk kan kun en Del — ved 0,5 Atm. omtrent Halvdelen — anvendes. For den ovennævnte

Baad, der kun kræver et meget ringe Tryk, vil samtlige 40 cbm. pr. Minut kunne benyttes. Denne Trykluft faas uden Bekostning og vil vistnok være tilstrækkelig under almindelige Forhold.

Da Forbrændingsmotorer endnu kun undtagelsesvis bygges til Skibsbrug i Størrelser paa over 1000 Hestkræfter, er i foranstaaende Eksempler regnet med Dampmaskiner, uden at der i det samlede Kraftforbrug er medregnet Arbejdet til Fremstilling af den nødvendige Trykluft. Dette Arbejde vil dog for de nævnte Baade med det forholdsvis ringe Dybgaaende og Lufttryk ikke blive saa overmaade stort i Sammenligning med Fremdrivningsmaskineriets. Regnes for den 480 tons Baad et Forbrug af 600 m³ Luft pr. Minut, giver dette med en Lufthastighed af 20 m. pr. Sekund et Udstrømningsareal af 0,5 m² under Baadens Agterende eller om Baaden er formet som Fig. 13—14 en Luftkanal under Baadens flade Agterende ($\frac{1}{2}$ Baadbredde) af 100 mm. Højde. Denne Luftmængde vil med Centrifugalblæser ved et Tryk af 0,8 m Vandsøjle kræve et Arbejde paa ca. 200 H K I maalt paa en med Blæseren direkte koblet Dampmaskine.

Selv om den antagne Udstrømningshastighed 20 m pr. Sek. (i Forhold til Baaden) vil overskrides ved højere Hastigheder og naa den dobbelte Værdi eller endnu mere, synes paa den anden Side en stadig Højde af Udstrømningsarealet paa 100 mm. at være alt for højt ansat i hvert Fald under nogenlunde rolige Vandforhold.

En Sag af største Vigtighed er naturligvis Baadens Forhold i høj Søgang. Her er særlig to Spørgsmaal, som paatrænger sig: Baadens Krængningsstabilitet og Luftmængden, som skal anvendes for at vedligeholde Trykket under Baaden. Det ses let, at samtlige Former for Trykluftbaade i normal Stilling har mindre Krængningsstabilitet end den almindelige Baad. Paa den anden Side vil det ogsaa indses, at Trykluftbaaden ikke kan paa-virkes saa voldsomt til Krængning som den almindelige Baad, idet Vandfladen under Luftrummet kan hælde meget betydeligt fra Side til Side, uden at Opdriftstrykket væsentligt forandres. Skulde Baaden alligevel krænge stærkt, vil Tryklufften slippe ud, saaledes at en Fare for ligefrem Væltning næppe er større end ved en almindelig Baad. En nærmere Undersøgelse heraf viser, at en Baad af Form som Fig. 15—18 er sikrest, idet Tyngdepunktet her ved Anbringelse af Drivmaskiner og Skrueaksler i de to Sideskibe let kan bringes saa langt ned, som der kræves.

Vedligeholdelsen af Lufttrykket under Baaden har sikkert større Betydning. I meget høj Søgang vil et stadigt Tryk af samme Størrelse næppe kunne vedligeholdes. Der kan dog træffes saadanne Foranstaltninger, at Trykket selv ved temmelig høj Søgang kan holdes nogenlunde konstant og for Baade, som ofte skal sejle i høj Sø, kan vælges Former, saaledes at Baadens Fart uden Lufttryk ikke bliver væsentlig mindre end for en almindelig Baad.

Det fremgaar, som før nævnt, af Tabellerne og Kurverne Fig. 21—22,

at Trykluftmetoden, i hvert Fald som her beskrevet, er bedst anvendelig for mindre Baade med høj Hastighed. Dette hidrører navnlig fra, at Lufttrykket under Baaden ikke kan fjerne Vandet uden et principielt Energital af en ganske bestemt Størrelse, der pr. Tidsenhed er omtrent proportionalt med Hastigheden. Da imidlertid, som det fremgaar af Beregningerne, Energitabene ved de alm. Baadformer er proportionale med Hastigheden i en højere Potens, er det klart, at dette Tab ved Trykluftbaaden vil blive relativt mindre ved højere Hastigheder og Metoden derfor bedst anvendelig her.

Ved store Skibe og lav Hastighed er Metoden uanvendelig paa den her beskrevne Maade. Det er dog muligt i hvert Fald teoretisk at ændre Metoden, saaledes at det ovennævnte principielle Tab formindskes, og hermed aabnes Vej for en mere omfattende Anvendelse, men herpaa skal jeg ikke ved denne Lejlighed nærmere komme ind.

Resultatet af foranstaaende kan kortelig resumeres i følgende:

Ved Anvendelse af et Luftrum mellem en Baads Bund og Vandfladen saaledes at *Vandet fortrænges ved et jævnt Tryk af Luften, medens Baaden bevæges hen over det*, vil ikke alene Gnidningsmodstanden kunne formindskes betydeligt, men *Fortrængningsmodstanden vil antage en ved forskellige Hastigheder temmelig uforanderlig Størrelse, der for højere Hastigheder er langt mindre end ved en almindelig Baad.*

For mindre Baade med relativt stor Hastighed vil den samlede Modstand formindskes, saaledes at man for en bestemt maximal Kraftudvikling vil opnaa en meget betydelig Hastighedsforøgelse og for en bestemt maximal Hastighed (af Trykluftbaaden) en overordentlig stor Kraftformindskelse.

Efter Anmodning tillader jeg mig herved at afgive følgende Betænkning vedrørende Projekteringen af saakaldte Trykluftbaade.

Jeg forudskikker den Bemærkning, at min Undersøgelse er foretaget rent fysisk, da det ikke er heldigt at anvende almindelige skibsbygnings-tekniske Formler for Vandmodstande i et saa specielt Tilfælde som det foreliggende, thi de almindelige Formler er empiriske og passer i Reglen kun overfor de sædvanlige Skibsformer.

I den foreliggende Pjece har jeg kun haft nogle faa redaktionelle Indvendinger at gøre, hvilke Indvendinger jeg mundtligt har meddelt Hr. Ingeniør Dinesen.

I Pjecen bliver Vandfortrængningsmodstanden erstattet med to Modstande, nemlig Fortrængningsmodstanden af de nedsænkede, Trykluftrummet afgrænsende Vægge, og Trykluftmodstanden, men fysisk set kan den sidste ogsaa betragtes som Vandfortrængningsmodstand, hvorved man paa en anden Maade kan finde den Energi, som Overvindelsen af Trykluftmodstanden kræver:

Betragter man nemlig Kassen i Fig. 7, og lader man denne bevæge sig med den konstante Hastighed v , kommer Trykluftten i en Tidsenhed til at virke paa en Vandmasse, hvis Rumfang er Kassens Bredde b gange Hastigheden v gange Agterendens Nedsenkning d . Nu skal Maskinen afgive en Hestekraft, som er stor nok til at trykke denne Vandmasse op paa Havets Overflade, altsaa faar man, naar Søvandets Vægtfylde er 1,025:

$$\begin{aligned} \text{HK} &= \frac{\text{Vandmassens Forøgelse i Stillingsenergi pr. 1 Sek.}}{75} \\ &= \frac{\frac{1}{2} \cdot b \cdot v \cdot 1025 \cdot d^2}{75} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

At dette er rigtigt, ses maaske mere tydeligt af følgende Eksempel. Et hult Rør af rektangulært Tværsnit, Dimensioner b og v m, er forsynet med et tætsluttende Stempel; Rørets Underende er d m under Havfladen. Hvor stor en HK behøves for at trykke Vandet ud af Røret i et Sekund?

Begyndelsestrykket paa Stemplet lig Nul.

Slutningstrykket = $d \cdot 1025 \cdot b \cdot v$ kg.

Arbejdet lig $\frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot b \cdot v \cdot d^2$

$$\text{Hestekraften} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot b \cdot v \cdot d^2}{75}$$

Betragter man dernæst den Baad, som er omtalt i Pjecen Side 11 og 12, faar man følgende Resultat: Bredden af Vandmassen er 7 m., Hastigheden af Baaden er 13,9 m. Sek., Agterendens Nedsenkning 1,2 m. og Vandets Vægtfylde 1000 kg m³.

$$\text{Hestekraften} = \frac{7 \cdot 13,9 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot \frac{1,2}{2}}{75} = 934 \text{ HK},$$

heraf følger, hvad der ogsaa fremgaar af Formel (1), at Hestekraften er proportional med Hastigheden, hvilket altsaa medfører, at den dertil svarende Modstand er uafhængig af Hastigheden; dette er ogsaa hævdet i Pjecen, og kan iøvrigt ikke vække Forbavselse, da den Vandmasse, som i Sekundet skal presses bort fra Baadens Bund, løftes til en Højde, der meget nær er uafhængig af Hastigheden.

Paa Side 12 i Pjecen er Trykluftmodstanden beregnet til 10080 kg., og den til Overvindelse af denne Modstand nødvendige Hestekraft bliver følgende:

$$\frac{10080 \cdot 13,9}{75} = 1868 \text{ HK}.$$

Et Resultat, som kun *tilsyneladende* er forskelligt fra mit, thi 934 H K er den Sekundenergi, der svarer til det Arbejde, som *virkelig* skal udføres for at drive Vandet ud fra Baadens Bund, medens 1868 H K er den Sekundenergi, som man *maa* bruge ved Udførelsen af dette Arbejde, fordi det skal udføres af en konstant Kraft (nemlig Trykket i Trykluftrummet),

der nødvendigvis maa være lige saa stor som den udpressede Vandmasses Slutningstryk. Forskellen mellem de to Energistørrelser er saaledes et Tab, der ikke kan undgaas ved denne Baadtype.

Jeg faar altsaa det samme Slutningsresultat som Pjecen, men opnaar ved den valgte Fremstillingsform at komme til Kundskab om Forhold, der ikke fremgaar af Pjecens Fremstilling. Thi denne gaar ud paa, at naar Gnidningsmodstanden M_1 , der er afhængig af Hastigheden i Potensen 1,85, og Trykluftmodstanden M_3 , der er uafhængig af Hastigheden, er overvundne, har man dermed naaet et Resultat, der blot forøges med Skruernes Sugevirkning for at give den samlede Modstand; medens jeg mener, at den samlede nødvendige Energi bestaar i følgende:

a) Overvindelse af Gnidningsmodstanden M_1 og Skruernes Sugevirkning, $\propto$ samme Energi mængde som forudsat i Pjecen.

b) Overvindelse af Vandfortrængningsmodstanden, som er uafhængig af Hastigheden og halvt saa stor som forudsat i Pjecen.

Men hertil kommer nedenstaaende 3 Tab:

1) Det konstante Tryk under Baadens Bund medfører, at den opad drevne Vandmasse kommer til Havfladen med en vis Hastighed, $\propto$ et Tab i Bevægelsesenergi, der er lige saa stort som ved Vandfortrængningsmodstandens Overvindelse.

2) Paa Grund af Friktionen vil det opad drevne Vand ikke spredes over hele Havfladen, men løftes op over den alm. Havflade i Nærheden af Skibet, $\propto$ Trykhøjden og dermed Vandmassens Forøgelse i Stillingsenergi bliver større end forudsat. Dette Tab vil sikkert være afhængigt af Baadens Hastighed, bl. a. forøges derved Gnidningsmodstanden.

3) Man kan ikke bestemt vide, at Nedsænkningen agter bliver 1,2 m.; men den bliver i hvert Fald ikke mindre (undtagen maaske ved meget høje Hastigheder), da dette svarer til det statiske Tryk. Ifølge Formel (1) vil en Del af Hestekraften være proportional med anden Potens af denne Nedsænkning.

Som endeligt Resultat kan jeg tilføje, at kan man overvinde de praktiske Vanskeligheder ved Konstruktionen af Trykluftbaade, naar disse skal have almindelig Anvendelse, vil der utvivlsomt kunne opnaas højere Hastigheder med samme Hestekraftforbrug, end det er muligt ved almindelige Baade af samme Størrelse.

København i Maj 1909.

C. Hansen,

Professor i Skibsbygning ved Polyt. Lærestalt.



