

Denne rapport erstatter rapport af 20 . april 1992 om samme emne .

En hypotese vedrørende stævnklampernes brug .

Indledning .

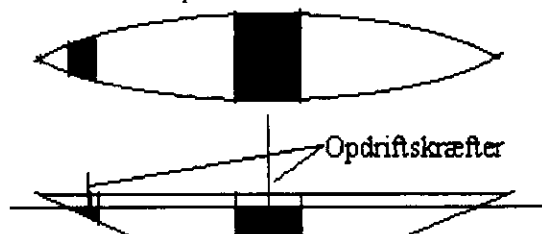
Grundlaget for ændringen er dels , at der var fejl i den første rapport , dels at en analyse over tiden har givet en rigtigere lastfordeling . Endelig er der tilføjet nogle yderligere overvejelser og beregninger . En primitiv matematisk model , der betragter båden som en bjælke , der kun kan bøjes i et lodret , langsgående plan uden ændringer af tværsnittene giver yderst ringe nedbøjning . En mere raffineret model for spændingsberegninger , der betragter båden som en rumlig konstruktion er planlagt i medlemsmappen i afsnit 2.5.1 , beregninger i pkt 5 . Først der kan det vurderes , om forskydningspændingerne i syningerne er så kritiske , at et spændtov har været en fordel .

Fænomenet Kølsprængning .

Alle langkølede træske udsættes for bøjningsmomenter i kølen , der hidrører fra opdriftskræfter . Disse bøjningsmomenter fører uvægerligt til kølsprængning , hvorved forstås , at kølen buer opad midtskibs og til sidst sprænges . Et eksempel er fregatten Jylland , der ved restaureringens begyndelse havde en kølsprængning på 1 meter .

Fænomenet kan forstås ud fra følgende :

Sænkes en stiv båd ned i vand vil midterpartiet fortrænge et betydeligt større volumen vand end stævnpartiet . Det fortrængte vand i kubikmeter giver en tilsvarende opdrift i tons .



Figur 1.

Hjortspringbådens stævn er meget tilspidset , hvorfor forskellen i opdriftskræfter henover længden er betragtelig .

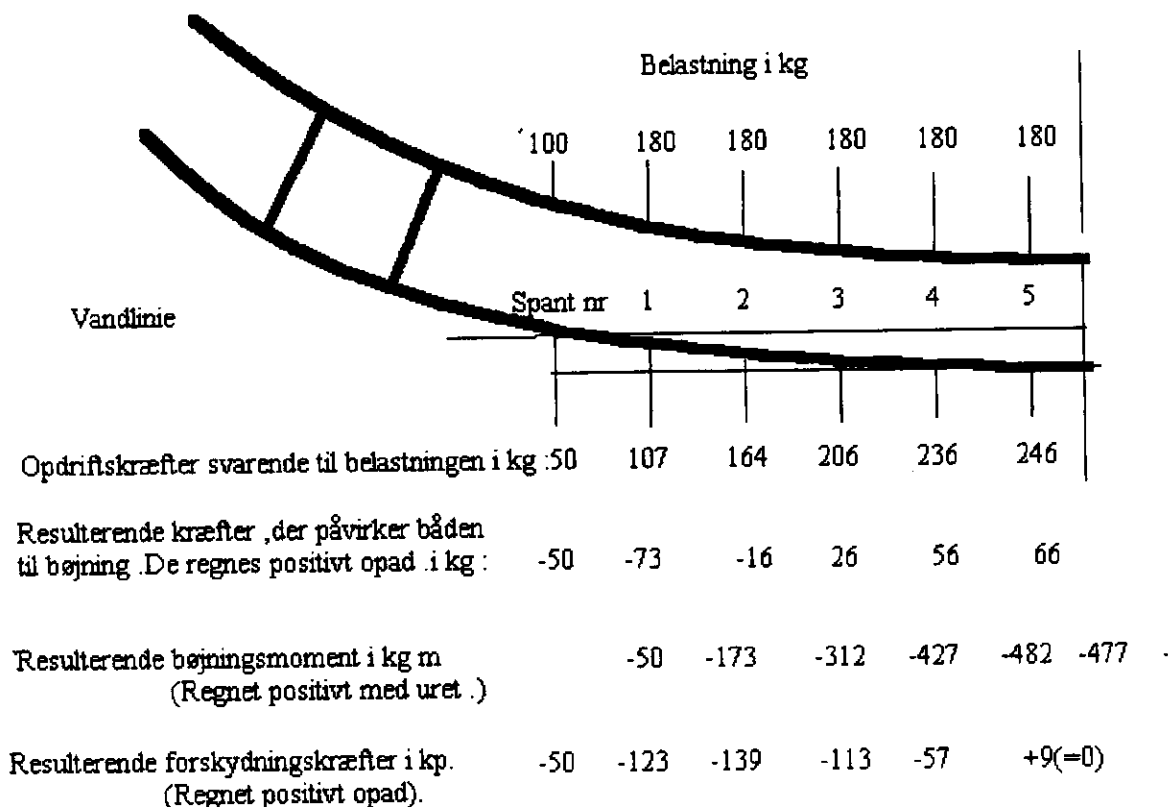
Kølsprængningskræfterne i Hjortspringbåden .

Efter optegningen af båden er tværsnitsarealerne for den del af båden , der er under vand , udregnet for hver meter i længden , begyndende fra 1 meter foran forreste spant til 1 meter efter agterste spant . Dette er sket for 5 forskellige dybdegange af båden . Ved anvendelsen af Trapez-formlen er fortrængningen for hver meter udregnet . (Medl.map. afs.2.5.1 , bilag 1) .

En sammentælling af disse fortrængninger for henholdsvis 10 cm og 30 cm dybdegang giver 0.5 kubikmeter (= 0.5 tons) , henholdsvis 2.5 kubikmeter (= 2.5 tons) . De 0.5 tons svarer til bådens egenvægt .

Vi vil nu beregne **ændringen** i kølsprængningskræfterne ved at belaste båden med **2 tons** , det vil sige , den ændring , der vil finde sted , når 22 mand med deres udrustning stiger om bord i **den allerede søsatte båd** . Det er netop ændringer i disse kræfter , der forårsager forskydningskræfter i de syede sømme . Da disse sømmes modstand mod forskydning er ringe ved små bevægelser , (se Medlemsmappen afsnit 2 . 9 , side 2) , vil der optræde bevægelser med tilhørende slid og utætheder .

Ud over kraftændringerne ved ombordstigning, vil der også optræde kraftændringer under sejlads på grund af bølger. Disse ændringer kan tilmed have vekslende retning. De nedenfor anførte beregninger gælder for en halv båd (den agterste halvdel), idet der regnes med symmetri omkring midteraksen.



Figur 2

Summen af de resulterende kræfter regnet med fortegn burde være nul. Fejlene ligger i, at der er regnet med symmetri omkring bådens tværmidterakse, og at de resulterende kræfter fremkommer ved at trække to store tal fra hinanden, med de unøjagtigheder dette giver.

Man må gøre sig klart, at momenterne er meget afhængige af lastens placering i båden. Eksempelvis reduceres momenterne til en 1/3, hvis man afskediger de fire padlere, der sidder på tofte 1 og 10, og anbringer en ballast på 360 kg i bunden af båden mellem spant 4 og 7. Der er imidlertid intet, der taler for, at denne løsning har været anvendt. Vi holder derfor fast ved den angivne belastningsfordeling.

Bådens stivhed.

Hjortspringbåden er karakteriseret ved at mangle en egentlig køl, det element, der i mere moderne både (Nydam- og vikingebådene) medvirker omend i ringe grad til stivhed overfor kølsprængning. Kølplanken er over de midterste 7 meter, hvor momenterne er størst, stort set flad og følgelig ude af stand til at afstive båden i praksis. Det er altså stivheden i den samlede bådskal, der skal optage momenterne, og denne stivhed er som omtalt ovenfor afhængig af syningerne og deres evne til at overføre kræfter. Det er her, den store forskel mellem Hjortspringbåden på den ene side og de klinkbyggede både på den anden side findes, idet klinksamlingerne er i stand til at overføre betydelige forskydningspændinger. Vi vender senere tilbage til stivheden i Hjortspringbåden.

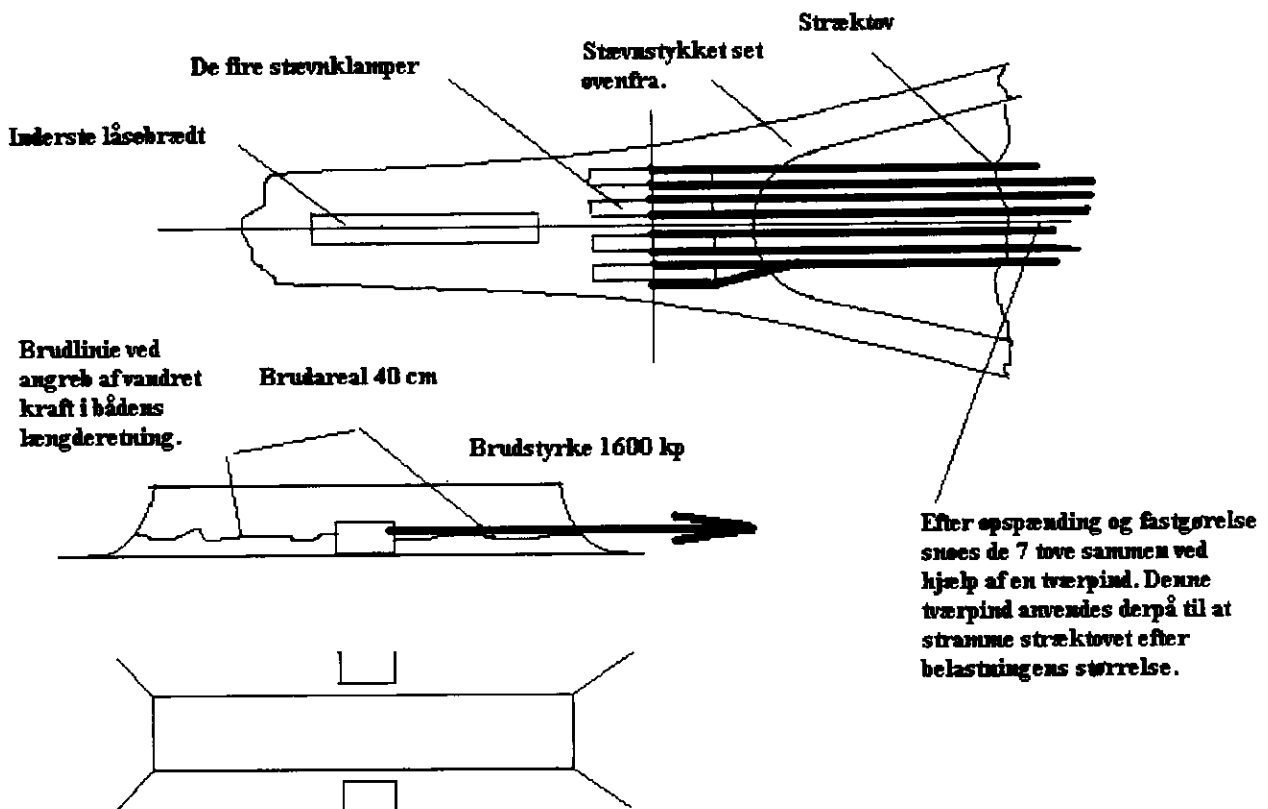
Stævnklamperne.

På begge stævnstykker er der på den øverste flade udhugget fire klamper, 14 x 2.5 cm, 3 cm høje. De er parallelt anbragte og med en indbyrdes afstand på 2 cm. Klamperne er hver forsynet med et rektangulært hul med dimensionerne 1.5 x 1 cm.

Der er ikke i litteraturen angivet nogen forklaring på anvendelsen af disse fire, tætsiddende klamper.

Klamper kan på det pågældende sted bruges som følger:

1. Til fastgøring af fortøjningstove. Her er en i hver ende tilstrækkelig.
2. Til fastgøring af træktøve, når båden skal trækkes op ad en flod. Her vil to klamper i hver ende være tilstrækkelig.
3. Til ovennævnte samt til fastgørelse af for- og agterstag. Men båden var næppe sejlførende.
4. Til punkt et og to samt til nogle tove, der støtter et halvdæk i hver ende, et halvdæk fremstillet af lærred eller læder. Båden er imidlertid ikke særlig bekvem at sove i, man gik vel i land og slog nogle telte op. Der er intet arkæologisk belæg for et halvdæk.
5. Til punkt et og to samt til fastgørelse af et langsgående stræktov til optagelse af de anførte kræfter. De fire klamper kunne altså have været en firskåren talje til opstramning af et langsgående stræktov.

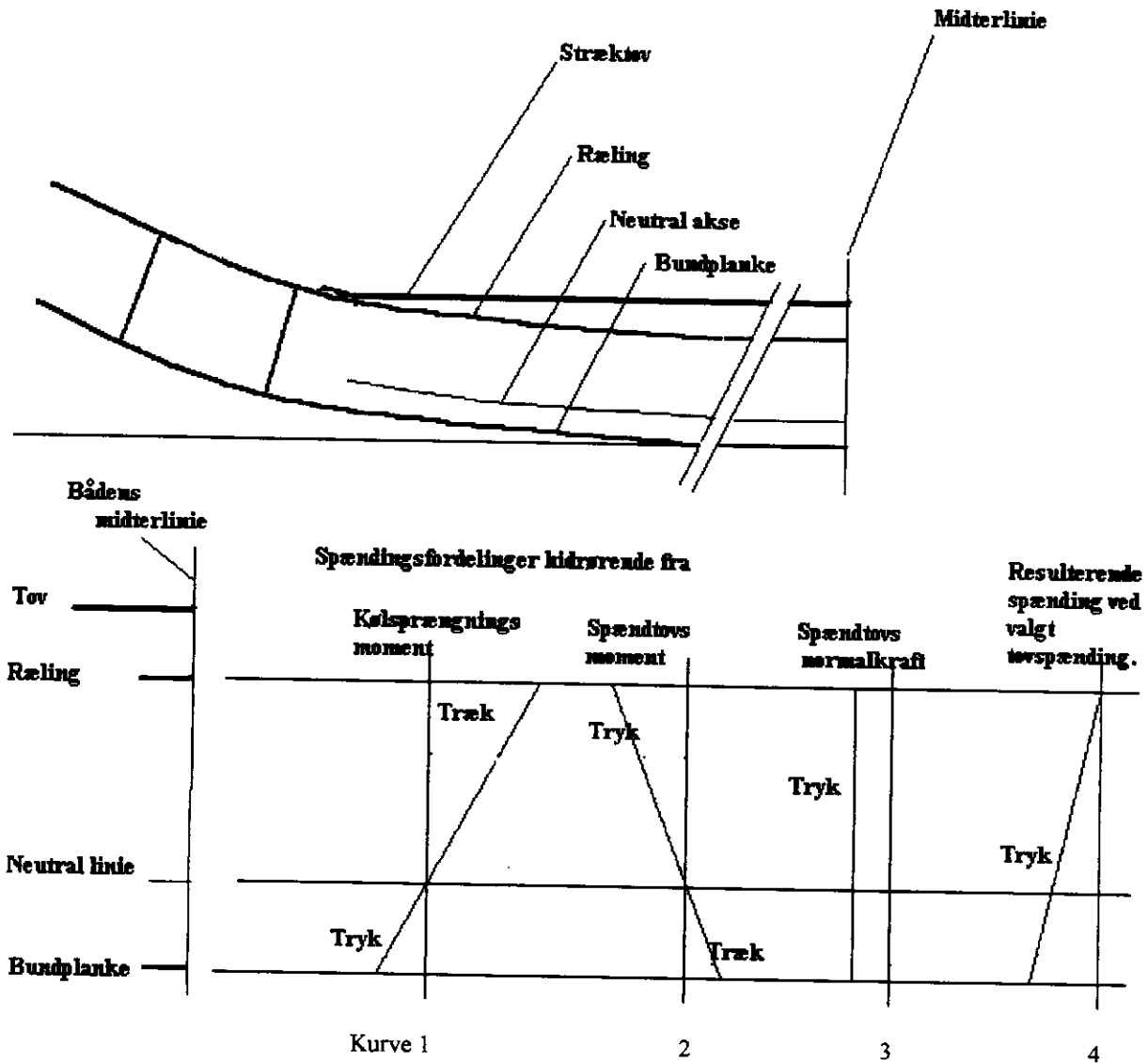


Figur 3. Stævnklamperne.

Til støtte for denne sidstnævnte hypotese er Åkerlunds bog "Nydamskeppet" (1), nogle helleristninger (Nordeen, 1925, (2)) samt ovenfor og nedenfor anførte beregninger. I Rosenberg (3) er i øvrigt anført, at der i fundet er registreret

“et bundt snore”. Stræktove er kendte som konstruktionselementer i bådbygning. Det ældst kendte er fra et maleri fra Zaweyt el-Mdin, Ægypten.

Spændingsovervejelser i relation til et spændtov.



Figur 4. Spændingsfordelingen i bådens midtersnit.

Figur 4 viser virkningen af spændtoret. Den venstre kurve viser spændingen fra rælingen og ned til bunden af båden, når båden ikke har fået spændt tovet. Vi ser, at rælingen udsættes for det største træk, medens bundplanken er under tryk. . Kurve 2 viser spændingerne fra tovmomentet, modsat rettet kølsprængningsmomentet, og kurve 3 spændingerne hidrørende fra sammenspændingskraften fra det spændte tov.

Kurve 4 viser de resulterende spændinger. Der er valgt en sådan stramning af tovet at vi lige akkurat får 0 spænding i rælingen, hvorved hele båden ved den angivne, maksimale belastning får trykspændinger over alt i midtersnittet.

Nærmere stævnen vil kølsprængningsmomentet aftage kraftigt, medens tovmomentet falder ganske lidt, hvorfor snit nærmere stævnen har endnu større trykspændinger.

Aflastes båden uden at afspænde tovet, får vi igen stigende trykspændinger overalt i båden.

Ved at holde tovet spændt som angivet (eller mere), vil vi altså have trykspændinger i bådens længdeakse under alle forhold (der ses bort fra bølgepåvirkninger).

Beregning af tovkraft.

Hvis vi ønsker nul spænding ved rælingen i midtersnittet ved maksimal belastning, kan den nødvendige tovkraft beregnes. Figur 5 viser de geometriske forhold. Neutralaksen er udregnet ved at tilnærme bådskaalen med fire rektangler og udregne arealvægtningen. De to angivne positioner af stræktovet svarer til Johannesens tegning (spring 1) og det spring, vi af andre grunde har valgt at give båden, spring 2. Udregningerne foretages med spring 1.

$$P / F + P * S * h / I = M(køl) * h / I$$

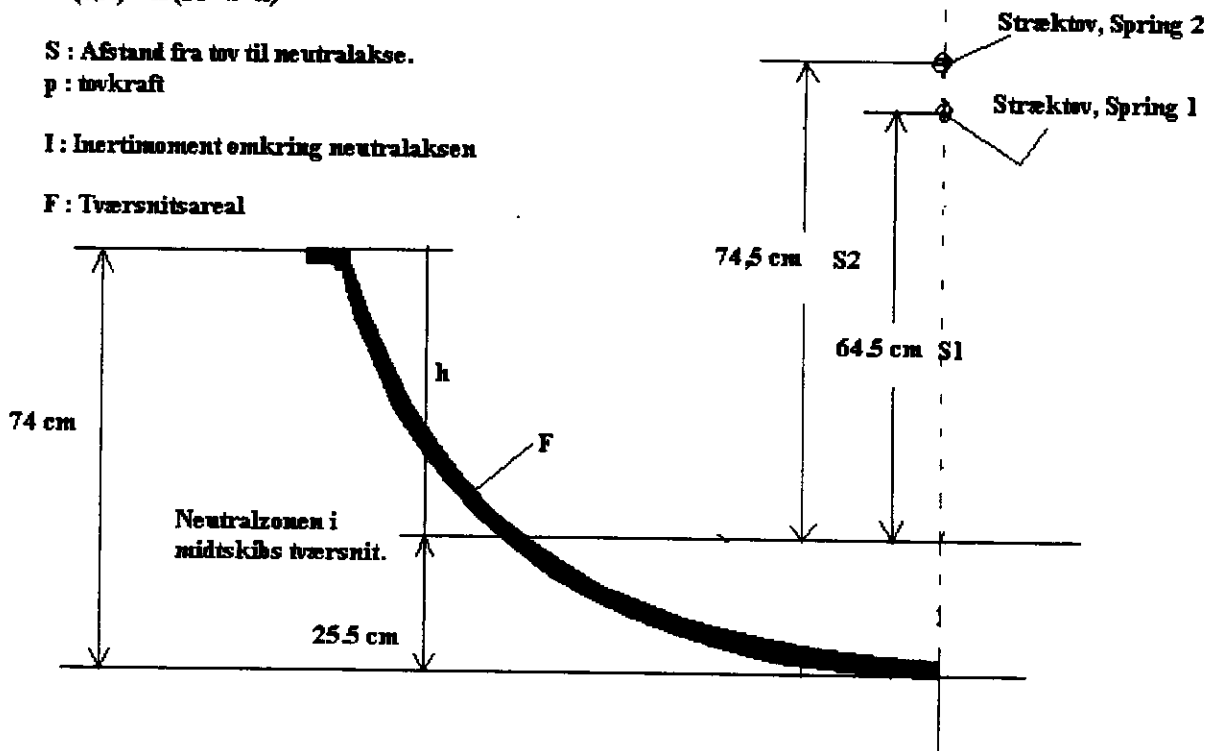
$$P = M(køl) * h / (I/F + S * h)$$

S : Afstand fra tov til neutralakse.

p : tovkraft

I : Inertimoment omkring neutralaksen

F : Tværsnitsareal



Figur 5. Midtersnit .

Inertimomentet I er udregnet til 411000 cm^4 . Snitarealet F er 540 cm^2 .

$$P = 47400 * 48.5 / (411000 / 540 + 64.5 * 48.5) = 591 \text{ kp.}$$

Hver af de 7 snore, spændtovet består af, skal altså yde et træk på **84 kp**. Klamperne påvirkes med **168 kp**, en sikkerhedsfaktor på 9.5.

Ved de anførte belastninger i figur 2, og uden anvendelsen af spændtovet, er nedbøjningen udregnet ved stævnstykkets ende, idet der er lagt to snit yderligere. Arbejds ligningen er anvendt, idet der er set bort fra normal- og forskydningskræfterne, hvis virkning er lille.

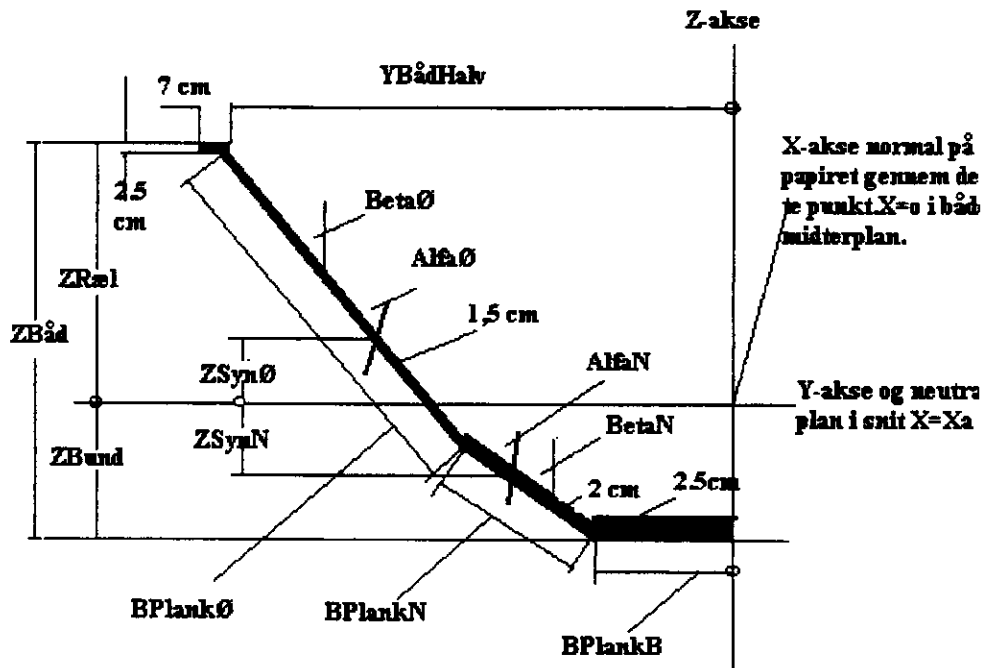
Nedbøjningen er 0.2 mm!

Hvis der havde været anvendt kraftige spanter, der overførte belastningskræfterne overbevisende til bordene og forhindrede disse i at bøje sig, og hvis forbindelserne mellem bordene havde været så gode som træets styrke, havde et spændtov ikke været nødvendigt.

Vi må afvente udviklingen af en rigtigere matematisk model, før det kan afgøres, om et spændtov var nødvendigt.

Bilag

Terminologi i bådsnit.
Facon er tilnærmet med poly-
goner.



Geometriske størrelser (Grundlag : Johannesens tegning, 1:20).

Tværsnits afstand fra midte i cm		X=0	X=240	X=440
YbådHalv	cm	100	90	60
BPlankØ	---	60	60	70
BPlankN	---	40	30	24
BPlankBHalv	---	30	30	7
BetaØ	grad	37	37	37
BetaN	---	56	45	55
Zbåd	cm	73	74	74
ZRæl	---	47,5	50	38
Zbund	---	25,5	24	36
FSnitHel	cm ²	532	492	383
Inertiomom(y)	cm ⁴	411*10 ³	312*10 ³	256*10 ³

Belastningsstørrelser fra figur 1:

Forskydningskraft	kp	0	-123	-113
Moment	kp cm	-47,7*10 ³	-32,3*10 ³	-5,5*10 ³

Sysømsgeometrierne er ikke angivet, da modellen ikke er egnet til beregning af forskydningspændingerne i disse.