

AFDELINGEN FOR  
BÆRENDE KONSTRUKTIONER  
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



STRUCTURAL RESEARCH LABORATORY  
TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK

H. J. Larsen og H. Riberholt

TVÆRBÆREEVNE AF SØM OG DYKKERE I  
SPÅN- OG TRÆFIBERPLADER

RAPPORT NR. R 47 1974

---

H.J. Larsen og H. Riberholt.

Tværbæreevne af søm og dykkere i  
spån- og træfiberplader.

---



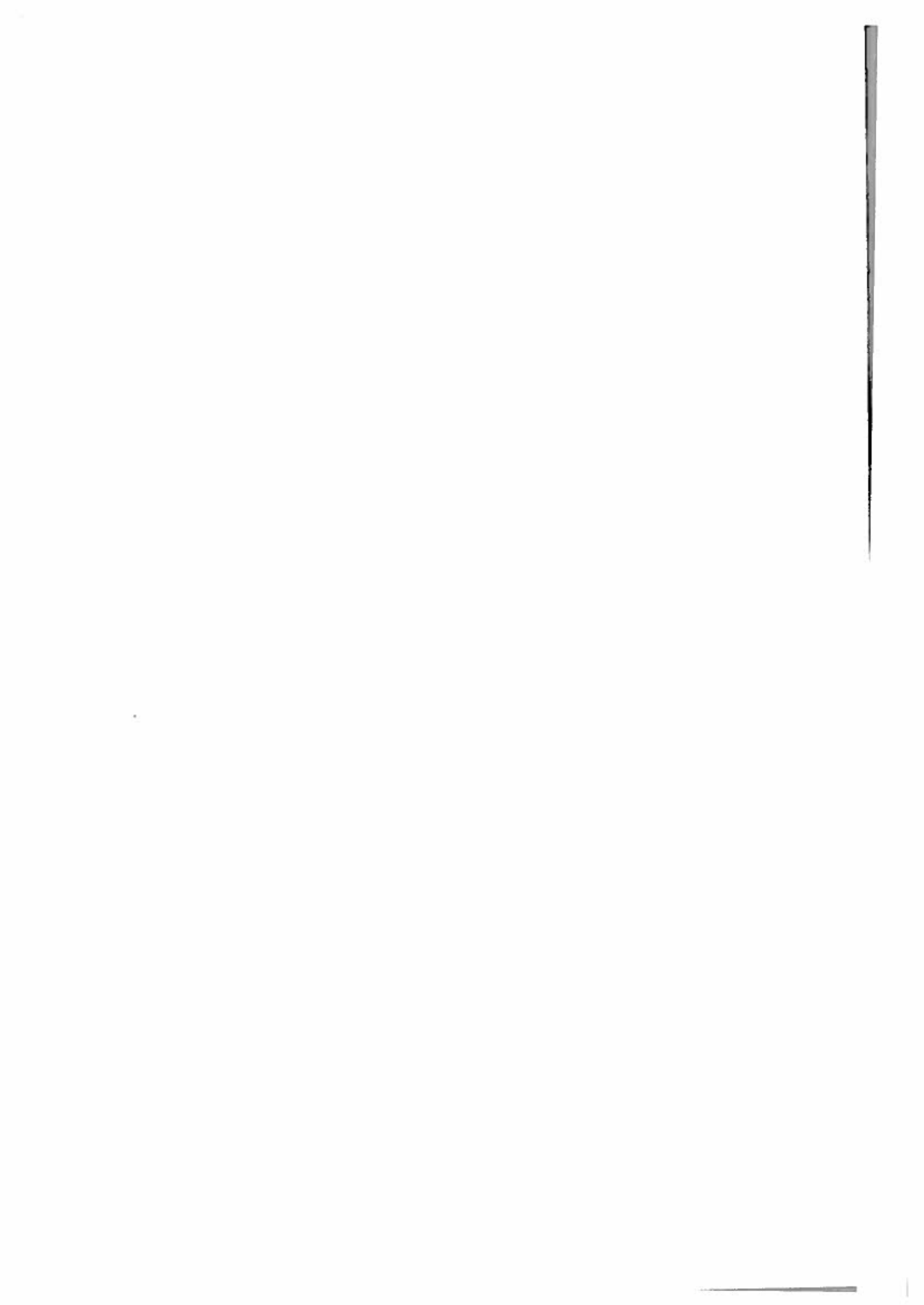
I det følgende er redegjort for en undersøgelse foretaget ved Afdelingen for Bærende Konstruktioner vedr. søms og dykkeres bæreevne i spånplader og halvhårde træfiberplader ved tværbelastning.

Afsnit 1 resumerer teorien for bestemmelse af flydebæreevnen.

Afsnit 2 og 3 omtaler forsøg til bestemmelse af materialekonstanterne, dels for pladerne (hulrandsstyrken) dels for sømmene (flydemomentet).

Afsnit 4 beskriver forsøg med forbindelser, og forsøgsresultaterne sammenlignes med de teoretiske bæreevner. Konklusionen af disse forsøg er givet i afsnit 4.5. Det findes, at teorien rimeligt og på den sikre side beskriver bæreevnen for dykkere, under forudsætning af overholdelse af visse minimumsafstande. Bæreevnen af søm ligger væsentligt højere p.gr.a. indflydelsen fra hovedet.

I afsnit 5 er for firkantede og runde dykkere angivet karakteristiske bæreevner (5% fraktil) for de almindelige handelskvaliteter af pladerne i afhængighed af pladetykkelse og dimension.



## 1. TEORI.

Der anvendes den i [ 2 ] angivne teori. Hulrandsstyrken af pladen med tykkelsen  $L$  betegnes  $s_H$ , medens den for træet er  $\beta s_H$ , se fig. 1. Sømmets kantlængde er  $d$  og dets flydemoment  $M_y$ .

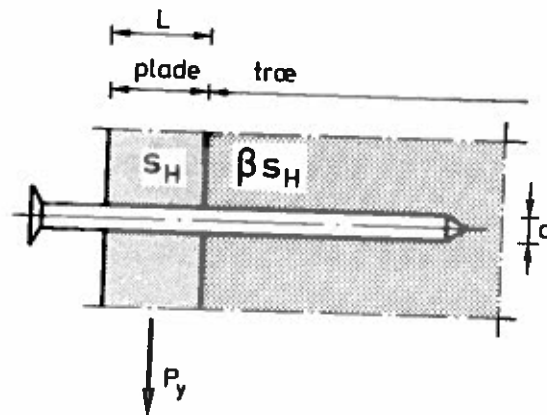


Fig. 1.

Der er mulighed for de brudformer, der i [ 2 ] fig. 07 er betegnet Ia, II og III, se også fig. 2 . De tilsvarende bæreevner,  $P_y$ , er i henhold til (11), (14) og (16) i [ 2 ]:

$$\text{Ia : } P_y = s_H L d \quad (1)$$

$$\text{II : } P_y = s_H L d \frac{\beta}{2+\beta} \left( \sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta}} + A - 1 \right) \quad (2)$$

$$\text{III: } P_y = s_H L d \frac{\beta}{2+\beta} \sqrt{\frac{2+\beta}{1+\beta}} A \quad (3)$$

idet der er anvendt betegnelsen

$$A = \frac{4(2+\beta)}{\beta} \frac{M_y}{s_H d L^2} \quad (4)$$

For fiberplader er  $\beta$  ved korttidslast ca. 2 og  $A$  ca.  $60\left(\frac{d}{L}\right)^2$ .  
 For spånplader er  $\beta$  ved korttidslast ca. 1 og  $A$  ca.  $45\left(\frac{d}{L}\right)^2$ .  
 Fig. 2 viser for disse værdier  $P_y/(s_H d^2)$  i afhængighed af  $L/d$ .  
 For langtidslast, hvor pladernes styrketal reduceres væsentligt mere end træets, sker overgangen mellem brudformerne ved højere værdier af  $l/d$ .

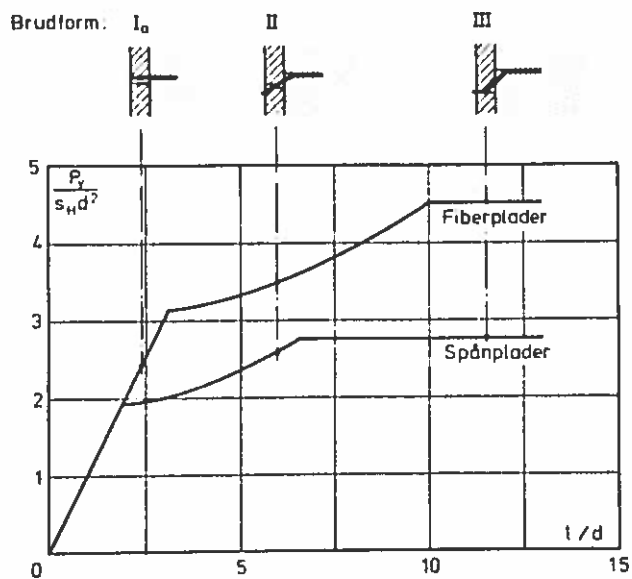


Fig. 2.

Det ses, at i praksis vil brudformen næsten altid være II; for spånplader kan III dog forekomme i ekstreme tilfælde.

## 2. BESTEMMELSE AF HULRANDESTYRKE.

### 2.1 Prøvelegemer og deres prøvning.

Der udførtes indledningsvis forsøg med kvadratiske søm til bestemmelse af hulrandsstyrken for spån- og fiberplader for forskellige sømstørrelser ( $d = 3,8$  mm og  $d = 4,6$  mm), forskellig sømorientering (påvirkning parallel med sømmets kant eller dets diagonal, se fig. 3) og for forskellige kantafstande ( $a$  på fig. 3), idet der undersøgte  $a = 3d, 4d, 6d$  og  $10d$ . For hver pladetype udførtes altså  $2 \cdot 2 \cdot 4 = 16$  forsøgsserier. I hver serie udførtes 6 enkeltforsøg.

Til forsøgene anvendtes én spånplade og én fiberplade. Spånpladen var en almindelig urealimet 3-lags plade af fabrikat Spåndex med nominal tykkelse 12 mm. Pladens densitet bestemtes til  $620 \text{ kg/m}^3$ . Fiberpladen var en halvhård plade af fabrikat Karlit med nominal tykkelse  $\frac{1}{2}$ ". Pladens densitet bestemtes til  $685 \text{ kg/m}^3$ .

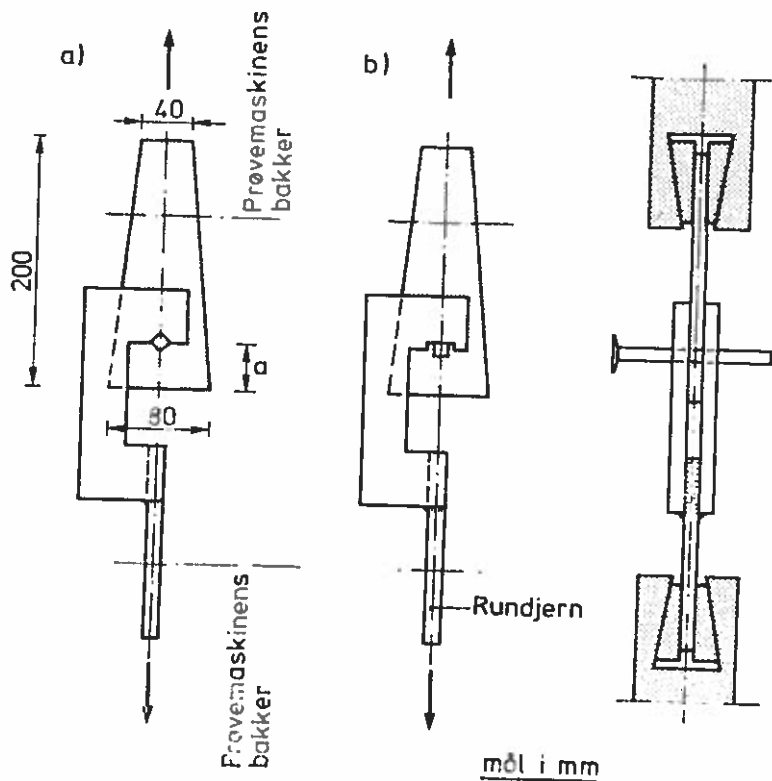


Fig. 3.



Af hver plade blev - repræsentativt fordelt - skåret 96 trapezformede prøveemner med mål som angivet på fig. 3. I symmetrilinien anbragtes et søm, der blev påvirket i symmetriliniens retning. Kraften til sømmene blev overført gennem en gaffel bestående af to stålplader svejst om et rundjern, der blev fastholdt i prøvemaskinens kileformede bakker. Pladerne blev fastholdt direkte mellem plane, kileformede bakker.

For at placere sømmene nøjagtigt blev der forboret med et 2 mm bor og ved sømningen anvendtes en holder, således at sømmene sad vinkelret på pladen og med korrekt retning.

De udskårne prøver konditioneredes i mindst 1 måned i 20° C og 65% relativ luftfugtighed og efter sømningen yderligere mindst 1 uge.

For en fjerdedel af prøverne bestemtes fugtindholdet ved vejning, tørring til vægskonstans ved 103° C og ny vejning. For spånplader fandtes fugtindhold mellem 11,5% og 12,3% med middel 12,0%, for fiberpladerne mellem 9,2% og 10,2 med middel 9,6%.

Prøvningen skete i Afdelingens Instron 0-10000 kp universalprøvemaskine med måleområde 0-500 kp for spånpladerne og 0-1000 kp for fiberpladerne. Der anvendtes en konstant flytningshastighed af bakkerne på 1 mm/minut for spånpladerne og 2 mm/minut for fiberpladerne, hvorved tiden til "brud" blev 3-5 minutter.

Af hver af pladerne blev yderligere - repræsentativt fordelt - skåret 24 rektangulære prøver ca. 120 x 40 mm. Disse blev tre og tre limet sammen med PVA-lim, hvorefter der til bestemmelse af prismestyrken blev tildannet prøvelegemer som vist på fig. 4.

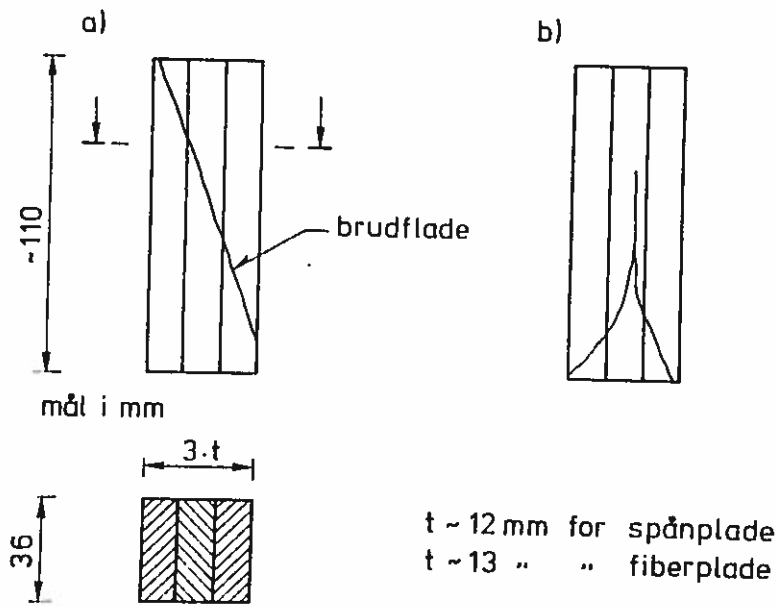


Fig. 4

## 2.2. Forsøgsresultater.

Typiske arbejdskurver fremgår af fig. 5. Som abscisse er valgt flytningen af prøvemaskinens bevægelige bakke, d.v.s. foruden flytningen af sømmet i pladen også prøvemaskinens deformation og forlængelsen af prøvestykket. De to sidste bidrag er dog relativt små.

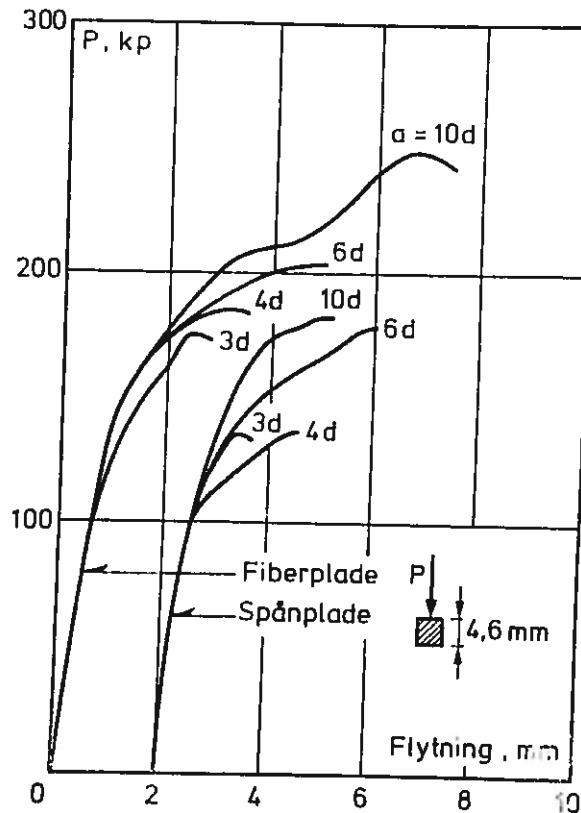


Fig. 5.

For kantafstande på 3d og 4d var brudlasten veldefineret. For afstanden 3d skete bruddet ved en udrivning som vist på fig. 6. For afstanden 4d optrådte en tilsvarende udrivning, men først lige efter, at maksimallasten var nået.

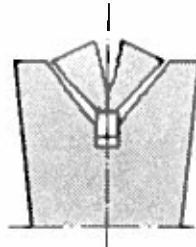


Fig. 6.

For kantafstande på 6d og 10d skete der ikke noget egentligt brud, men sømmet blev blot trukket gennem pladen. For afstanden 10d kunne lasten, efter at arbejdskurven havde haft et kort vandret stykke, i mange tilfælde øges væsentligt, men lastøgningen skete under så kraftige udbulninger af pladen, at forsøget efterhånden mistede sin mening, idet pladen kom i klemme mellem benene på gafflen, der overførte lasten. I disse tilfælde er brudlasten,  $P$ , defineret svarende til arbejdskurvens vandrette del.

De fundne hulrandsstyrker, bestemt som  $s_H = P/(dL)$  for kraften parallel med sømmets kant og  $P/(\sqrt{2}dL)$  for kraften parallel med diagonalen, er givet i tabel 1 og 2. Pladetykkelsen  $L$  blev målt umiddelbart under sømmet.

TABEL 1. Hulrandsstyrke i  $\text{kp/cm}^2$  for  $\frac{1}{2}$ " træfiberplade.

Kantafstand	d = 3,8 mm		d = 4,6 mm	
	□	◇	□	◇
3d	364	352	337	303
4d	405	393	408	407
6d	457	500	416	425
10d	444	488	435	447

For træfiberpladerne lå variationskoefficienten i middel på 7% (mellem 5% og 10%).

Det ses, at kraftpåvirkning parallel med kanten er det farligste, og kun værdierne for denne kraftretning betragtes i det følgende.

Et t-test viser, at der for  $d = 3,8$  mm er signifikant forskel (signifikansniveau over 95%) mellem værdierne for 3d og 4d og mellem 4d og 6d-10d. For  $d = 4,6$  mm udskiller kun værdien for 3d sig signifikant fra de øvrige. Heraf ses, at maksimal bæreevne kræver en afstand til kant mellem 4d og 6d.

For  $d = 3,8$  mm og afstande 6d og 10d bliver middelværdien  $451 \text{ kp/cm}^2$  med en spredning på  $28 \text{ kp/cm}^2$ . For  $4,6$  mm bliver middelværdien af 4d, 6d og 10d lig med  $420 \text{ kp/cm}^2$  med spredning  $34 \text{ kp/cm}^2$ . Forskellen mellem de to middelværdier er signifikant ( $> 99\%$ ).

I [1] angives for træ, at hulrandsstyrken varierer proportionalt med  $(14-d)$ . Da  $420/451 = 0,93 \sim (14 - 4,6)/(14 - 3,8) = 0,92$  kan det ikke afvises, at samme variation gælder for fiberplader.

Prismestyrken,  $s_p$ , blev fundet til  $120 \text{ kp/cm}^2$  med en variationskoefficient på 0,05. For  $d = 3,8$  mm bliver  $s_H/s_p$  således lig med  $451/120 = 3,75$ . Bruddet var i alle tilfælde som angivet på fig. 4a.

Karakteristiske hulrandsstyrker svarende til 5% fraktilen ved 75% konfidensniveau bliver  $395 \text{ kp/cm}^2$  for  $d = 3,8$  mm og  $355 \text{ kp/cm}^2$  for  $d = 4,6$  mm.

TABEL 2. Hulrandsstyrke i  $\text{kp/cm}^2$  for 12 mm spånplade.

Kantafstand	$d = 3,8$ mm		$d = 4,6$	
	□	◇	□	◇
3d	282	202	243	208
4d	372	317	340	295
6d	403	282	375	249
10d	381	343	327	319

For spånpladerne ligger variationskoefficienten væsentligt højere end for fiberplader, nemlig i middel på 14% med enkeltværdier på 19% og 23%.

Hulrandsstyrken ved påvirkning parallelt med diagonalen er signifikant mindre end ved påvirkning parallelt med en kant, men dog ikke så meget mindre, at denne påvirkningsretning bliver afgørende for bæreevnen. I det følgende ses derfor alene på påvirkning parallelt med kanten.

Kun styrken ved afstanden  $3d$  adskiller sig signifikant fra styrken ved de større afstande. Maksimal bæreevne kræver altså efter disse forsøg blot en kantafstand på ca.  $4d$ . Vedr. forholdene ved egentlige forbindelser henvises til afsnit 4.2.

Værdierne for  $4d$ ,  $6d$  og  $10d$  behandles derfor samlet. For  $3,8$  mm er middelværdien  $385$   $\text{kp/cm}^2$  med spredning  $42$   $\text{kp/cm}^2$ , medens middelværdien for  $4,6$  mm er  $347$   $\text{kp/cm}^2$  med spredning  $40$   $\text{kp/cm}^2$ . Forskellen mellem disse middelværdier er signifikant ( $> 99\%$ ).

Da  $347/385 = 0,90$  ses, at den for træ anvendte afhængighed mellem hulrandsstyrke og sømtykkelse også kan anvendes for spånplader.

Prismestyrken,  $s_p$ , blev fundet til  $140$   $\text{kp/cm}^2$  med en variationskoefficient på  $0,10$ . For  $d = 3,8$  mm er  $s_H/s_p = 385/140 = 2,65$ . Bruddet var dels som vist på fig. 4a dels som på fig. 4b. Der konstateredes ingen sammenhæng mellem brudform og brudspænding. I ingen af tilfældene kan det udelukkes, at fastholdelsen i prøvemaskinen har haft indflydelse på brudlasten.

De karakteristiske hulrandsstyrker svarende til 5% fraktilen ved 75% konfidensniveau bliver  $300$   $\text{kp/cm}^2$  for  $d = 3,8$  mm og  $270$   $\text{kp/cm}^2$  for  $d = 4,6$  mm.

### 3. SØMS FLYDEMOMENT.

Flydemomentet,  $M_y$ , for de søm og dykkere, der anvendtes i de efterfølgende forsøg, blev bestemt ved en opstilling som beskrevet i [3] side 5. For hver type, dimension og pakke udførtes 15 forsøg. Ud fra flydemomentet bestemtes bøjningsflydespændingen,  $\sigma_y$ , af

$$\sigma_y = M_y/W_p$$

hvor  $W_p = d^3/4$  er det plastiske modstandsmoment. For  $d$  anvendtes den nominelle værdi (3,8 eller 1,8 mm). Resultaterne er givet i tabel 3, hvor der også er angivet den karakteristiske værdi  $\sigma_{yk}$  svarende til 5% fraktilen og et konfidensniveau på 75% (under antagelse af normalfordelingen).

TABEL 3. Bøjningsflydespænding. Alle værdier i  $\text{kp/cm}^2$ .

	$\sigma_y$				$\sigma_{yk}$
	min	middel	max	spredning	
<u>Søm</u>					
38/100, pakke 1	6110	6375	6550	137	6100
" " 2	6400	6540	6680	96	6350
18/40	7000	7420	8200	351	6700
<u>Dykkere</u>					
38/100, pakke 1	6050	6730	7220	420	5890
" " 2	6390	7140	7500	350	6430
18/40	6750	7000	7530	200	6600

Der er signifikant forskel (signifikansniveau  $> 99,9\%$ ) både på sømmene og dykkerne i de to pakker. De karakteristiske værdier skal sammenholdes med de værdier, der er forudsat i Trænormen, nemlig  $7.300 \text{ kp/cm}^2$  for 38/100 og  $8.200 \text{ kp/cm}^2$  for 18/40.

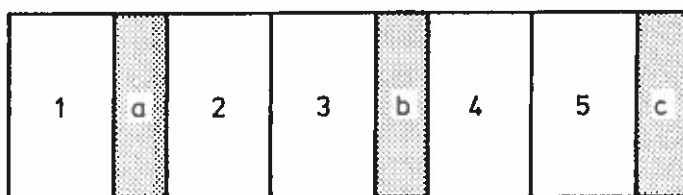
#### 4. FORSØG MED FORBINDELSER.

##### 4.1 Alment.

Til disse forsøg anvendtes

- 3 stk. urealimede, 3-lags spånplader (fabrikat Spåndex). Den nominelle tykkelse var 10 mm for to af pladerne og 19 mm for den tredje.
- 2 stk. halvhårde træfiberplader (fabrikat Karlit) med en nominal tykkelse på  $\frac{1}{2}$ ".
- konstruktionstræ (gran) i kvalitet kvinta i dimensionerne 50 x 100 og 100 x 200 mm. Det tilstræbtes at få stykker med relativt ringe styrke (lille densitet).
- Blanke søm og dykkere 38/100 og 18/40 af fabrikat NKT. Der henvises til afsnit 3.

Hver af forsøgsserierne bestod af 5 enkeltforsøg. Samtidigt med udskæring af pladerne til hver serie blev som vist på fig. 7 udskåret 3 pladestykker, der - som beskrevet i tilknytning til fig. 4 - blev limet sammen og benyttet til bestemmelse af prismestyrken af pladen det pågældende sted.



1-5 : Prøvestykker til sømmede samlinger  
a-c : Stykker til bestemmelse af prismestyrke

Fig. 7.

Træ og plader blev opbevaret ved 67% relativ luftfugtighed og 21° C i en måned, hvorefter opskæring og tildannelse begyndtes. Prøverne lå efter sammensømningen mindst en uge i ovennævnte klima, inden prøvningen blev udført.

Prøvernes udseende fremgår af fig. 8. Sømmene blev anbragt med siderne parallelle med kraftretningen, idet denne retning i henhold til de indledende forsøg gav mindst bæreevne. For at kunne anbringe sømmene nøjagtigt blev der forboret med et 2 mm bor.

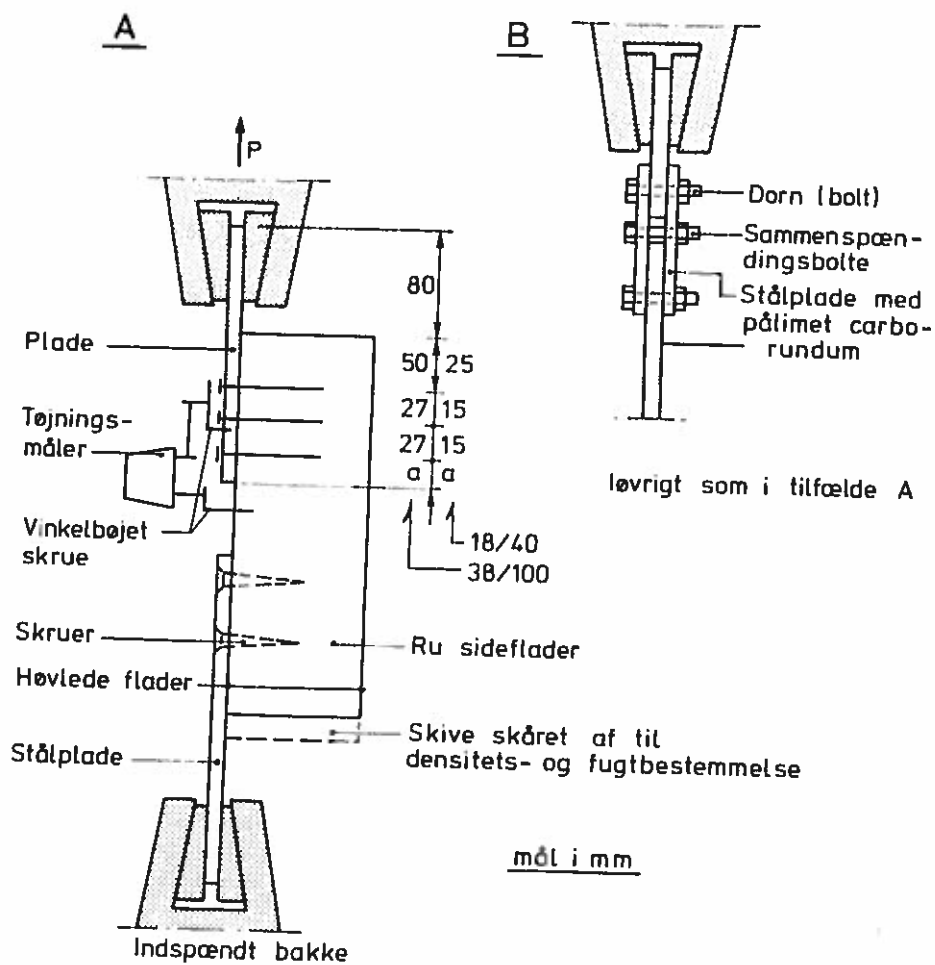


Fig. 8.



Figuren viser også opspænding m.v. Smalle prøver (1 række søm) blev fastholdt direkte, medens bredere blev fastholdt mellem to stålplader pålimet carborundum og sammenspændt med bolte.

Prøvningen af sømsamlingen skete i Afdelingens Instron 0 - 10 Mp universalprøvemaskine med måleområdet 0 - 200, 0 - 500, 0 - 1000 eller 0 - 2000 kp afpasset efter bæreevnen af sømsamlingen. Der anvendtes en konstant flytningshastighed af prøvemaskinens bakker på 2 mm/minut for søm og dykkere af dimensionen 38/100 og 1 mm/minut for dykkere af dimensionen 18/40, hvorved tiden til maximal bæreevne blev ca. 5 minutter.

Glidningen mellem træ og plade blev målt ved, at en Instron-tøjningsmåler målte bevægelsen mellem to vinkelbøjede skruer, en i pladen og en i træet. Herved blev arbejdskurven for hver enkelt prøve optegnet af prøvemaskinens skriver.

Den på figur 8 viste skive til bestemmelse af densitet og fugtindhold blev skåret af og vejjet og målt umiddelbart før forsøget. Ved de store trædimensioner, 100 x 200 mm, blev skiven flækket og kun delen, ca. 100 x 100 mm, nærmest sømfladen blev benyttet. Densiteten var i middel  $438 \text{ kg/m}^3$ .

Densiteten for pladerne var praktisk taget den samme som fundet ved de indledende forsøg, nemlig i middel  $630 \text{ kg/m}^3$  for spånpladen og  $680 \text{ kg/m}^3$  for fiberpladen.

Prismestyrken for spånpladerne var af samme størrelse som ved de indledende forsøg; for fiberpladerne var den kun ca. halvt så stor som ved disse forsøg. Der blev derfor udført en supplerende forsøgsserie for at undersøge, om den i afsnit 2 fundne relation mellem prisme- og hulrandsstyrke også kunne regnes gældende for så lave prismestyrker. Forsøgene blev udført som beskrevet i afsnit 2 med 3,8 mm søm med påvirkning parallel med en sideflade og en endestand på 6d. Forsøget gav intet grundlag for at forkaste sammenhængen fundet i afsnit 2.

Forsøgsresultaterne er vist i tabellerne 4 og 5, der er anbragt bagerst i rapporten.

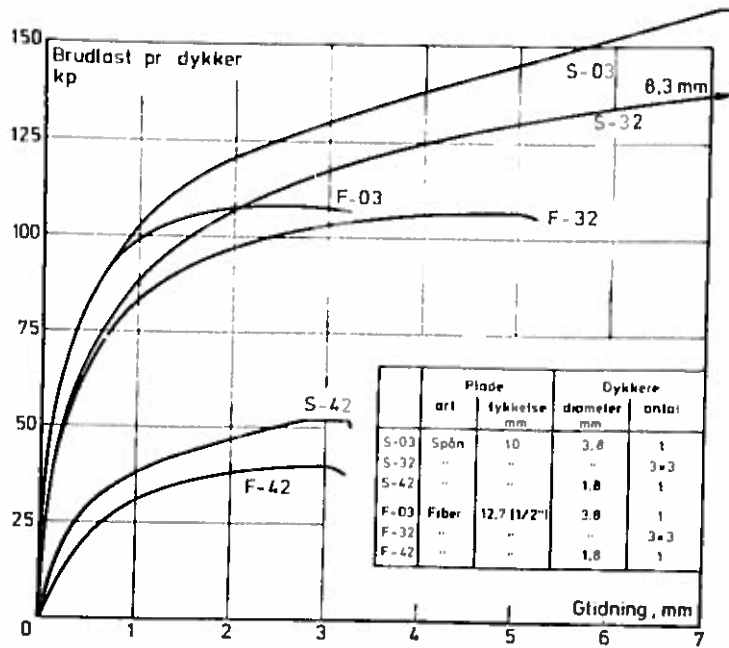


Fig. 9.

Typiske arbejdskurver er vist på fig. 9.

#### 4.2 Minimumsafstande.

Sammenholdes sømmenes bæreevne med pladernes trækstyrke, finder man eksempelvis for 38/100 søm i en  $\frac{1}{2}$ " spånplade, at en pladebredde  $b_1$  på ca.  $5d$  skulle være tilstrækkelig. Benytter man denne pladebredde, finder man dog, at bæreevnen bliver væsentligt lavere end beregnet og begrænset af brud i pladen.

Årsagen hertil er, jævnfør fig. 10, at der i snittet langs sømmene optræder bøjning i pladen, idet kraften, medmindre der er tale om brudtype I, ikke overføres midt i pladen, men nærmere fugen; mest udpræget for brudtype III.

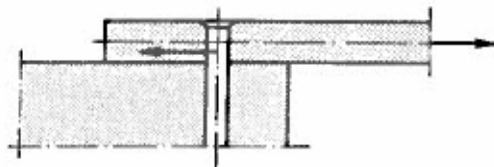


Fig. 10.

Der udførtes derfor et antal forsøg (serierne 01-05) til bestemmelse af den nødvendige bredde  $b_0$  for en forbindelse med et søm.

Der fandtes, at for dykkere var en bredde  $b_0$  på ca.  $10d$  i alle tilfælde tilstrækkelig til at sikre fuld bæreevne. Ved mindre bredder blev spånplader revet over i snittet gennem sømmene, mens der for fiberpladerne fandtes forskellige former for flækningsbrud, jævnfør fig. 11.

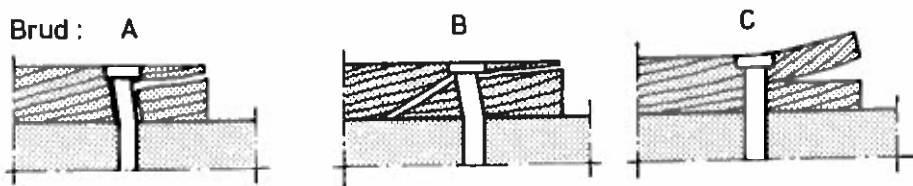


Fig. 11.

For søm fandtes større nødvendige bredder især for fiberplader (ca.  $15d$ ); men bæreevnerne var også, p.gr.a. indflydelsen fra sømhovedet, væsentligt større end beregnet.

Ved flere søm efter hinanden viste det sig, at den nødvendige ekstrabredde  $b_1$  pr. søm kunne findes som  $b_1 = P/(s_t L)$ , hvor  $P$  er bæreevnen pr. søm,  $s_t$  pladens trækstyrke og  $L$  pladetykkelsen.

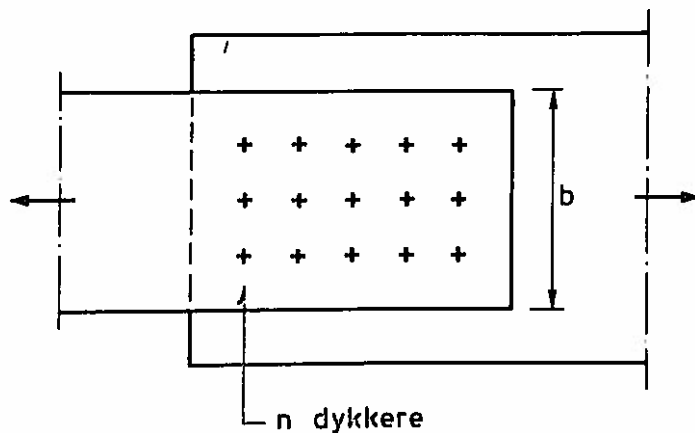


Fig. 12.

For en plade med  $N$  dykkere, hvoraf  $n$  er anbragt i det forreste snit, findes den nødvendige pladebredde  $b$  således til:

$$b = nb_0 + (n-1)b_1 \tag{5}$$

Som endefaststand anvendtes, i overensstemmelse med forsøgene i afsnit 2.5d for fiberplader, hvilket viste sig tilfredsstillende. For spånplader anvendtes indledningsvis afstanden 4d, hvilket viste sig utilstrækkeligt. Afstanden øgedes da til 6d for 38/100 og 5d for 18/40, hvilket gav fuld bæreevne for dykkere, men ikke for søm. Disse krævede 6d; men bæreevnen var også væsentligt højere end teoretisk forudsat.

Som indbyrdes afstande i længderetningen valgtes ca. 7d, hvilket må anses for den mindste afstand, der er acceptabel i trædelen; i pladen kunne en mindre afstand utvivlsomt være anvendt.

#### 4.3 Bæreevnen i afhængighed af dykkerantal.

Med dykkere 38/100 undersøgtes forbindelser med fra en til ni dykkere anbragt i række efter hinanden. Desuden undersøgtes forbindelser med tre rækker ved siden af hinanden og en eller tre dykkere i hver række.

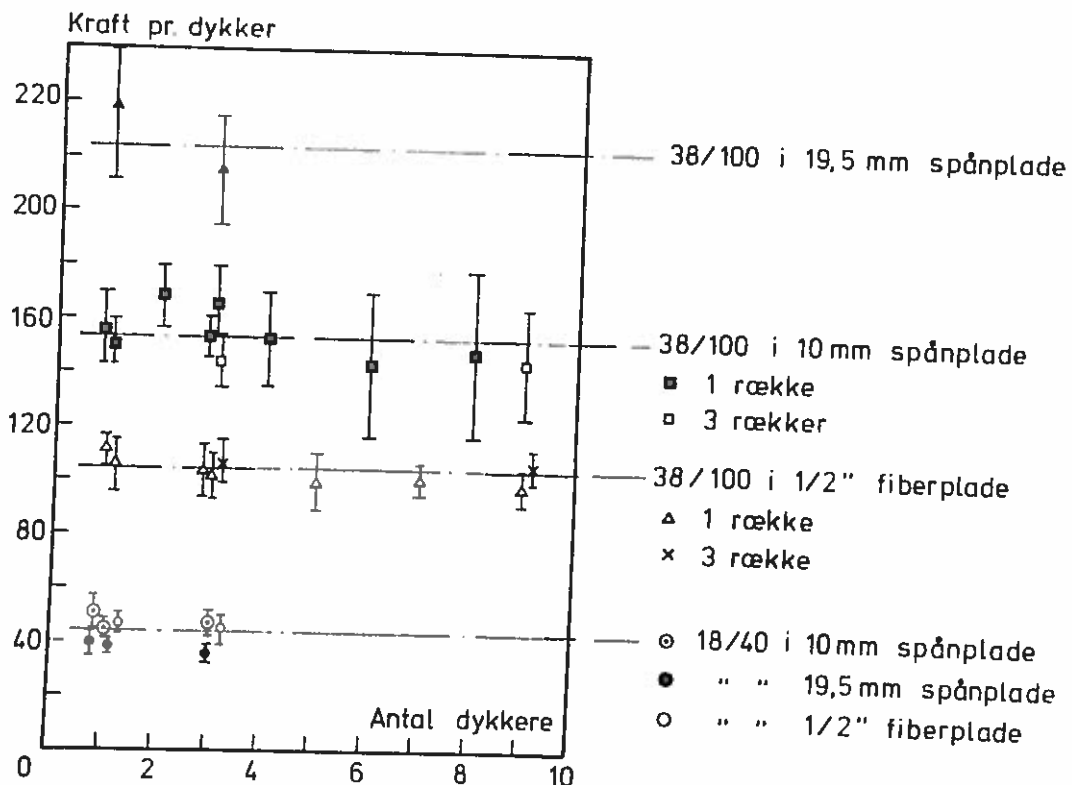


Fig. 13.

Brudlasten (den målte, ukorrigerede) pr. dykker er vist i fig. 13. På figuren er markeret dels middelværdi dels spredning (+/-) for hver forsøgsserie. Der er ingen signifikant afhængighed af antallet: hver dykker bærer samme last.

#### 4.4 Sammenligning mellem målte og teoretiske værdier.

De teoretiske værdier er beregnet af udtrykkene (1)-(3), idet der er anvendt følgende materialværdier:

Træets hulrandsstyrke  $\beta s_H$  i  $\text{kp/cm}^2$  er bestemt af

$$\begin{aligned}\beta s_H &= 0,9(1,4-d)s_{Pu} \\ &\sim 0,9(1,4-d)s_{P15} \left(2 - \frac{u}{15}\right) \\ &\sim 0,9(1,4-d) \cdot 1000 r_{ou} \cdot \left(2 - \frac{u}{15}\right)\end{aligned}\quad (6)$$

hvor  $s_{Pu}$  er prismestyrken og  $r_{ou}$  densiteten ved fugtindholdet  $u$ . Der henvises til [1].  $d$  indsættes i cm.

Pladernes hulrandsstyrke,  $s_H$  er for hver prøveserie bestemt ud fra det tilhørende prøvelegemes prismestyrke,  $s_P$ , jævnfør fig. 7.

Med de i afsnit 2 fundne relationer er altså regnet

$$s_H = 2,75 \frac{1,4-d}{1,4-0,38} s_P \text{ for spånplade} \quad (7)$$

$$s_H = 3,76 \frac{1,4-d}{1,4-0,38} s_P \text{ for fiberplade} \quad (8)$$

$d$  indsættes i cm.

Sømmenes flydemoment  $M_y$  er bestemt i afsnit 3.

De teoretiske værdier for hver forsøgsserie er givet i tabellerne 4 og 5. I tabel 6 er angivet forholdet mellem de målte og de beregnede brudbæreevner.

TABEL 6. Forholdet mellem målt brudlast og beregnet brudlast.

Antal forsøg		Middel	Variationskoefficient
	<u>Spånplade</u>		
15	Søm 38/100 i 10 mm plade	1,70	0,08
38	Dykk. " " " " "	1,26	0,07
10	" " " 20 " "	1,45	0,10
14	" 18/40 " 10 " "	1,06	0,10
10	" " " 20 " "	0,99	0,07
	<u>Fiberplade</u>		
15	Søm 38/100 i $\frac{1}{2}$ " plade	1,78	0,04
49	Dykk. " " " "	1,06	0,06
15	" 18/40 " " "	1,29	0,10

Det ses, at bæreevnen for søm er væsentligt højere end den teoretiske værdi, hvilket let forklares: i de tynde plader får sømhovedet ikke-medregnede, kraftige virkninger; dels bliver kontaktarealet væsentligt større, dels får sømmet en delvis indspænding ved overfladen.

For dykkerne er der bedre overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier; med en almindelig tendens til at forsøgs-værdierne er højere end de teoretiske. Dette kan forklares ved, at der ved forsøgene bl.a. optræder friktion, der kan tage en del af lasten.

Ud fra de under forsøgene konstaterede drejninger af dykkerhovedet fandtes, at dykkere 38/100 altid havde brudform II. For dykkere 18/40 i 10 mm spånplade fandtes skiftevis brudformen II og III, i 12 mm fiberplade fortrinsvis brudform II, og i 19 mm spånplade altid brudformen III. Dette svarer til, hvad man teoretisk ville vente.

For spånpladerne undersøgte, om der opnåedes bedre overensstemmelse mellem forsøg og teori ved at tage hensyn til, at de anvendte plader var 3-lags, hvor yderlagene har væsentlig større styrke end kærnen. Skønt yderlagene, hvis tykkelse bedømtes til ca. 2,5 mm, havde 2-3 gange større prismestyrke end kærnen

fandtes, at dette havde meget ringe indflydelse, jævnfør tabel 7, der giver typiske resultater.

TABEL 7.

Forsøgsserie	Plade-tykkelse mm	Dykker	Bæreevne kp		
			Beregnet lagdelt	Beregnet homogen	Målt
S - 23	10,2	38/100	126 II <sup>*)</sup>	126 II	153 II
S - 42	10,2	18/40	44 III	45 II	51 II-III
S - 52	19,5	38/100	166 II	158 II	195 II
S - 61	19,5	18/40	44 III	45 III	46 III

\*) Romertallene angiver den beregnede eller målte brudform.

#### 4.5 Konklusion.

Bæreevnen af en dykker er uafhængig af antallet i forbindelsen, når dette ligger mellem 1 og 9.

Bæreevnen for dykkere kan rimeligt - en smule på den sikre side - beregnes af de i afsnit 1 udledte udtryk (1)-(3), idet pladernes hulrandsstyrke beregnes som angivet i (7)-(8) i afsnit 4.4.

Bæreevnen for søm er væsentlig højere for de undersøgte, relativt tynde plader.

Forudsætningen er, at de i afsnit 4.3 angivne minimumsafstande overholdes.

## 5. KARAKTERISTISKE VÆRDIER.

### 5.0 Alment.

I det efterfølgende er i henhold til Trænormen [4] beregnet karakteristiske værdier svarende til de almindeligste spån- og fiberplader.

Der er beregnet værdier svarende til de to lastgrupper A og C, der er angivet i Trænormens 3. udgave (1974), hvor A angiver langvarig last, herunder snelast, og C kortvarig last, bl.a. vindlast, last på betonforme og de enkeltkræfter, som sekundære konstruktioner skal kontrolleres for.

Der er benyttet den i [5] angivne opdeling af Fugtklasse I (se [4]) i to klimaklasser, betegnet 1 og 2, hvor skellet mellem de to grupper ligger ved en relativ luftfugtighed på 65% svarende til et ligevægtsfugtindhold i alm. træ på ca. 13%.

Beregningerne er for pladerne baseret på de trykstyrker, der er angivet i bilag 1.1 (spånplader) og 2.1 (fiberplader) til [5], idet hulrandsstyrkerne derefter er beregnet af (7) og (8).

For træet er i overensstemmelse med Trænormen, jævnfør [1] side 186, regnet med en hulrandsstyrke på  $0,315 (14-d) [\text{kp}/\text{mm}^2]$ , idet  $d$  indsættes i mm.

For flydemomentet er der, ligeledes som angivet i [1] side 186 for kvadratiske søm regnet med  $M_y = 1,125 (20-d)d^3 [\text{kpmm}]$ , idet  $d$  indsættes i mm. For cirkulære søm regnes med  $\frac{2}{3}$  heraf.

Det fremhæves, at der er tale om karakteristiske værdier, der skal påføres de i Trænormen angivne "sikkerhedstal", d.v.s. at de for ordinære lasttilfælde skal divideres med 1,30.

### 5.1 Træfiberplader.

Pladerne forudsættes mindst at opfylde de krav, der er angivet for "Halvhård 130" i Typgodkännande Nr. 75/71 fra Statens Planverk (Stockholm). I henhold til [5] er da regnet med de i tabel 8 angivne værdier af  $s_p$ .

De beregnede bæreevner er for dykkere angivet i tabel 9.



TABEL 8.  $s_p$  i  $\text{kp/mm}^2$  for halvharde fiberplader.

Lastgruppe	Klimaklasse	
	1	2
A (langvarig)	0,250	0,070
C (kortvarig)	0,450	0,125

TABEL 9. Karakteristisk bæreevne i  $\text{kp}$  for halvharde fiberplader.

Lastgruppe	A, langvarig						C, kortvarig					
	1			2			1			2		
Pladetykkelse mm	9	12	16	9	12	16	9	12	16	9	12	16
<u>Kvadratiske</u>												
1,8 mm	18	18	19	5,0	7,0	9,0	24	25	29	9,0	12,5	14,5
2,0	20	22	23	5,5	7,5	10,0	28	30	33	10,0	13,5	17,5
2,2	22	26	27	6,0	8,0	11,0	34	35	38	11,0	14,5	19,5
2,5	24	32	34	6,5	9,0	12,0	42	43	46	12,0	16,0	21,5
2,8	26	35	41	7,5	9,5	13,0	47	52	54	13,0	17,5	23,5
3,1	28	38	49	8,0	10,5	14,0	51	62	64	14,0	19,0	25
3,4	30	40	53	8,5	11,0	15,0	54	72	75	15,0	20,0	27
3,8	32	43	57	9,0	12,0	16,0	58	77	89	16,0	22,0	29
4,6	36	48	64	10,0	13,5	18,0	65	87	115	18,0	24,0	32
5,5	39	52	69	11,0	14,5	19,5	70	94	125	19,5	26	35
6,0	40	53	71	11,0	15,0	20,0	72	96	128	20,0	27	36
<u>Runde</u>												
2,2 mm	21	22	23	6,0	8,0	11,0	28	30	34	11,0	14,5	17,0
2,4	23	25	27	6,5	8,5	11,5	33	34	38	11,5	15,5	20,0
2,6	25	29	30	7,0	9,0	12,5	37	39	42	12,5	16,5	22,0
3,0	28	37	38	7,5	10,5	13,5	48	49	52	14,0	18,5	24,5
3,1	28	38	40	8,0	10,5	14,0	51	52	55	14,0	19,0	25
3,4	30	40	47	8,5	11,0	15,0	54	60	63	15,0	20,0	27
4,0	33	44	59	9,5	12,5	16,5	60	79	81	17,0	22,5	30
4,4	35	47	63	10,0	13,0	17,5	63	84	93	18,0	23,5	32
5,0	37	50	67	10,5	14,0	18,5	67	90	115	19,0	25	34
5,5	39	52	69	11,0	14,5	19,5	70	93	125	19,5	26	35
6,0	40	53	71	11,0	15,0	20,0	72	96	128	20,0	27	36

### 5.2 Spånplader.

Pladerne forudsættes mindst at opfylde kravene i tysk standard DIN 68763 eller svensk standard SIS 234801.

I henhold til [5] kan da regnes med de i tabel 10 angivne værdier for  $s_p$ .

TABEL 10.  $s_p$  i  $\text{kp/mm}^2$  for spånplader.

Lastgruppe	A		C	
	1	2	1	2
Fugtklasse				
Tykkelse i mm				
8 - 14	0,48	0,22	0,86	0,40
16 - 20	0,43	0,20	0,77	0,36
22 - 26	0,38	0,18	0,68	0,32

Da styrken som angivet afhænger af pladetykkelsen, og da pladerne findes i et stort antal tykkelser, er der valgt i tabel 11 at give den maksimale bæreevne,  $P_{\max}$ , der kan opnås for en given sømdimension (svarende til formel (3)). I figurerne 15-16 er derefter givet den relative bæreevne  $P/P_{\max}$  i afhængighed af forholdet  $L/d$  mellem pladetykkelse og sømdiameter og af lastgruppe og klimaklasse.

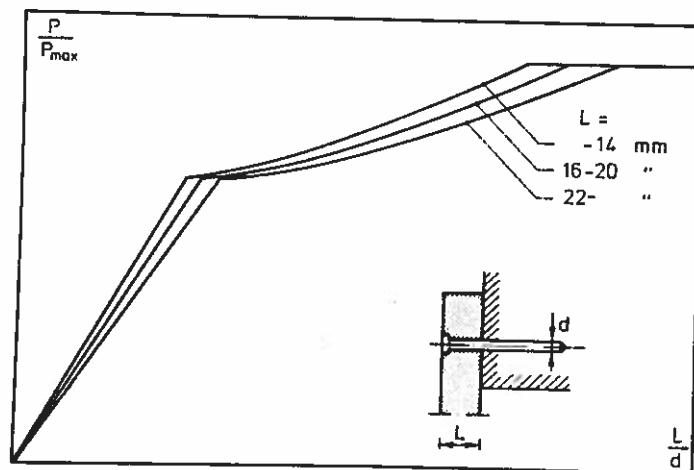


Fig. 14.

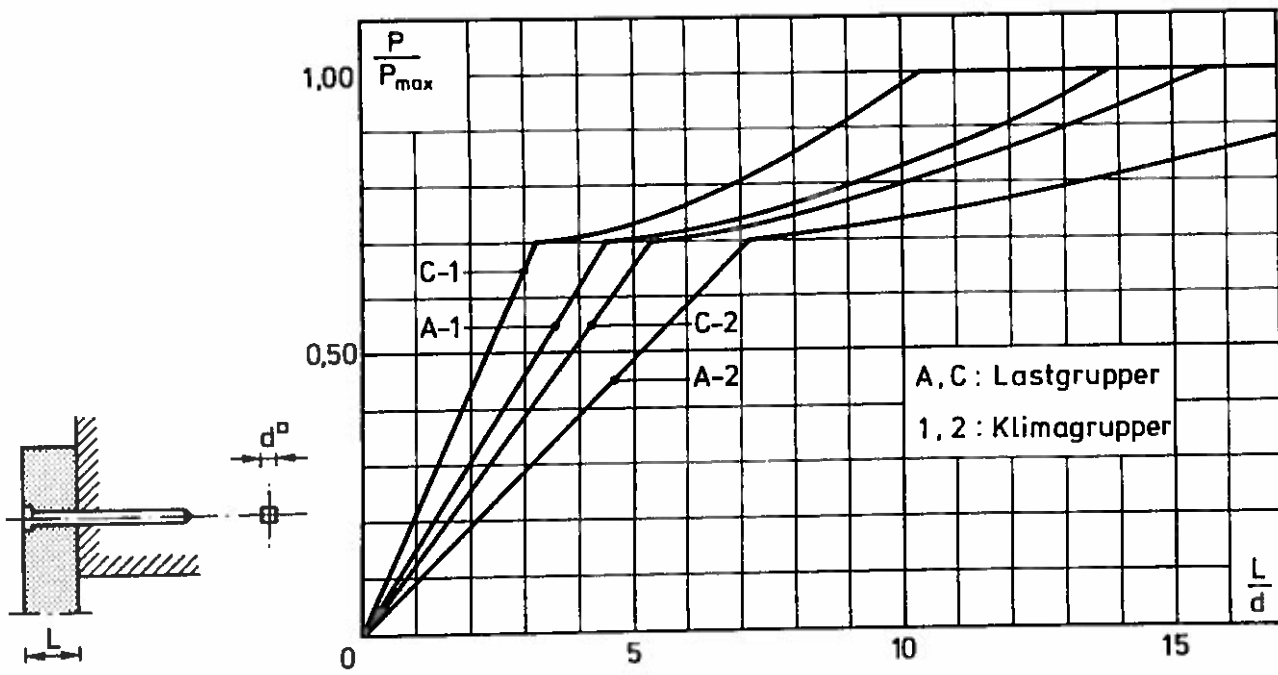


Fig. 15.

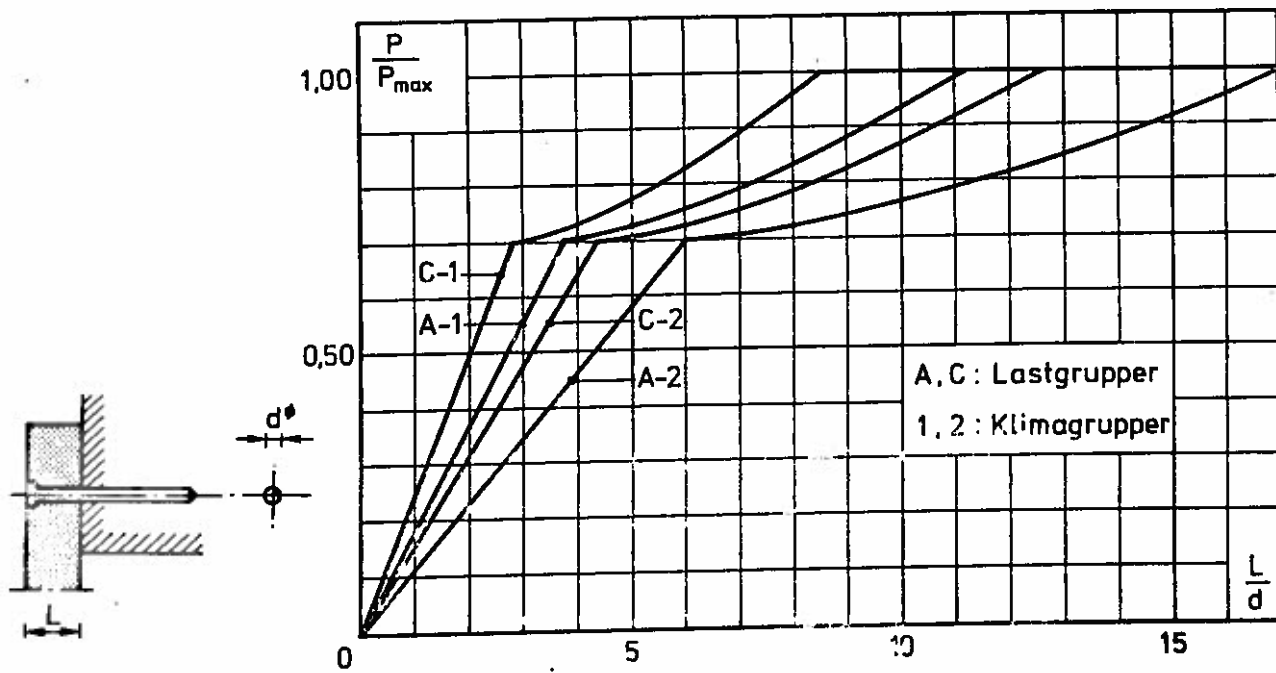


Fig. 16.

Da  $s_p$  varierer med pladetykkelsen, varierer også  $P_{max}$  (størst for de tynde plader) og reduktionen for en given værdi af  $L/d$ , jævnfør fig. 14. Når man tager hensyn til prøveresultaternes variation, forekommer det lidt urimeligt at tage nøje hensyn hertil. Figur 15 og 16 og tabel 11 er derfor beregnet alene for pladetykkelsen 16-20 mm. Fejlen ved at benytte dem for de øvrige pladetykkelser kan for ekstreme  $L/d$ -forhold blive ca. 10%.

TABEL 11.  $P_{max}$ : Maksimal opnåelig karakteristisk bæreevne i kp.

Lastgruppe	A, langvarig		C, kortvarig	
	1	2	1	2
<u>Kvadratiske</u>				
1,8 mm	27	21	35	27
2,0	33	25	42	33
2,2	40	30	50	39
2,5	50	38	64	49
2,8	61	46	78	61
3,1	74	56	93	73
3,4	87	65	110	86
3,8	104	79	133	104
4,6	143	109	182	142
5,5	189	143	241	188
6,0	215	163	273	212
<u>Runde</u>				
2,2 mm	32	24	41	32
2,4	38	29	48	38
2,6	44	33	56	43
3,0	56	43	72	56
3,1	60	45	76	60
3,4	70	54	90	70
4,0	93	70	118	92
4,4	109	83	139	108
5,0	133	101	170	132
5,5	154	117	196	153
6,0	175	133	223	174

6. REFERENCER.

- [1] Larsen, H.J.: Materialer og Forbindelsesmidler til Trækonstruktioner, 1971.
- [2] Larsen, H.J.: The Yield Load of Bolted and Nailed Joints. IUFRO-V-Congress, 1973.
- [3] Larsen, H.J. og Sørensen, E.: Joints with Conical Steel Pins. IUFRO-V-Congress, 1973.
- [4] Dansk Ingeniørforenings Norm og Vejledning for Trækonstruktioner, DS 413, 3. udg. (under trykning) 1974.
- [5] Nordisk Komite for Bygningsbestemmelser, Trækonstruktionsudvalget: XII Retningslinier for fastsættelse af styrke- og stivhedstal for træbaserede pladematerialer (oversat til engelsk i forbindelse med IUFRO-V-Congress 1973: Code for Specification of Strength and Stiffness Values for Wood Based Boards.)

Tabel 4  
Fiberplade

Forsøgs- gruppe	Antal prøve- emner	Fiberplade				Søm/dykkere				Tæ- densi- tet kg/m <sup>3</sup>	Fugt- ind- hold %	Målt brudlast kp	Beregnet brudlast kp	Bemærkninger			
		Tykkelse mm	Bredde mm	Hul- rands- styrke kp/cm <sup>2</sup>	Fugt- ind- hold %	Densi- tet kg/m <sup>3</sup>	Flyde- moment kpcm	Ende- afstand mm	Antal						Fugt- ind- hold %	Middel	Spred
S B S S	F-01	12,5	37,6	199	630	87,3	25	1	12,1	352	157	8		Brud A og B 2) Brud A og C Pladen holder for det meste Søm udnyttedes			
	F-02	12,5	45,7	199	630	87,3	25	1	12,1	370	171	12					
	F-03	12,5	52,4	199	630	87,3	25	1	12,1	389	175	6					
	F-04	12,4	61,0	199	630	87,3	25	1	11,8	398	173	4					
	F-05	12,4	67,5	199	630	87,3	25	1	12,2	401	169	8					
D D D D D D D D D D D D	F-01	12,6	29,9	197	658	92,1	25	1	14,0	455	106	3		Brud A og C Pladen holder for det meste Dykker udnyttedes			
	F-02	12,6	38,0	197	658	92,1	25	1	13,8	470	111	5					
	F-03	12,6	46,0	197	658	92,1	25	1	14,2	445	104	7					
	F-12	12,5	71,8	199	658	92,1	25	1 x 3	12,3	365	304	15					
	F-21	12,5	37,9	199	658	92,1	20	1	13,5	417	105	10					
	F-22	12,6	71,9	199	658	92,1	20	1 x 3	13,8	391	310	17					
	F-23	12,7	105,8	205	658	92,1	20	1 x 5	13,4	495	494	31					
	F-24	12,6	139,9	198	688	92,1	20	1 x 7	14,8	368	705	16					
	F-25	12,5	174,3	192	692	92,1	20	1 x 9	15,0	396	884	19					
	F-31	12,4	113,7	209	706	97,8	20	3 x 1	16,7	436	321	16					
	F-72	12,6	216,3	209	721	97,8	20	3 x 3	16,6	438	952	21					
	D D D	F-41	12,7	20,1	237	707	10,2	9	1	13,7	492	40	4			-	
F-42		12,7	24,9	237	707	10,2	9	1	12,5	450	39	3					
F-43		12,4	32,0	264	662	10,2	9	1 x 3	13,0	460	108	5					

1) a og b: angiver, at der a rækker hver med b søm efter hinanden i kraftbetningen.  
2) Brud A, B og C refererer til fig. 6.

Tabel 5  
Spånplade

Forsøgs- gruppe	Antal prøve- emner	Spånplade					Søm/dykkere			Træ		Målt brudlast		Beregnet brudlast	Bemærkninger		
		Tykkelse mm	Bredde mm	Hul- rands- styrke kp/cm <sup>2</sup>	Fugt- ind- hold %	Densl- tet kg/m <sup>3</sup>	Flyde- moment kp·cm	Ende- afstand mm	Antal <sup>1)</sup>	Fugt- ind- hold %	Densl- tet kg/m <sup>3</sup>	Middel	Spred				
																kp	
																kp	
S-01	4	10,2	23,0	380		87,3	25	1	12,2	414	133	25		Plade rives over			
S-02	5	10,2	30,0	380		87,3	25	1	12,6	418	162	19		-			
S-03	5	10,2	38,0	380		87,3	25	1	12,4	440	205	6	120	Søm udnyttes			
S-04	5	10,2	45,7	380		87,3	25	1	12,6	424	205	20	118	-			
S-05	5	10,2	52,5	380		87,3	25	1	11,8	331	187	15	113	-			
S-01	2	10,2	22,9	429	10,0	92,1	25	1	14,1	454	123	18		Plade rives over			
S-02	5	10,2	30,0	429	10,0	92,1	25	1	14,2	468	138	13		-			
S-03	5	10,2	38,2	429	10,0	92,1	25	1	14,1	460	151	9	126	-			
S-12	5	10,2	76,0	385	10,0	92,1	25	1 x 3	12,9	441	455	15	367	Dykker udnyttes			
S-21	5	10,2	38,4	396	10,7	97,8	22	1	16,2	478	156	14	123	-			
S-22	3	10,2	75,9	385	10,0	92,1	22	1 x 2	13,4	393	338	15	236	-			
S-22	2	10,2	84,0	338	10,7	97,8	22	1 x 3	16,2	491	497	28	354	-			
S-23	5	10,2	122,2	432	9,7	92,1	22	1 x 4	13,7	460	610	36	507	-			
S-24	5	10,2	168,2	399	9,7	92,1	22	1 x 6	14,7	370	867	73	692	-			
S-25	3	10,2	214,1	432	9,5	92,1	22	1 x 8	13,9	360	1185	89	953	-			
S-31	5	10,2	114,1	390	11,2	92,1	22	3 x 1	17,1	433	431	29	241	-			
S-32	5	10,2	228,2	390	10,5	92,1	22	3 x 3	17,1	435	1292	64	1027	-			
S-51	5	19,5	35,5	456	9,1	97,8	22	1	13,5	420	238	27	156	-			
S-52	5	19,5	59,0	456	8,7	97,8	22	1 x 3	13,7	444	649	34	473	-			
S-41	4	10,2	20,2	583	9,8	10,2	9	1	13,8	505	46	2	45	Dykker udnyttes			
S-42	5	10,2	25,2	583	9,8	10,2	9	1	12,5	450	51	6	45	-			
S-43	5	10,2	36,1	631	10,1	10,2	9	1 x 3	13,7	423	142	14	136	-			
S-61	5	19,5	20,2	578	8,0	668	9	1	13,4	434	46	3	45	-			
S-62	5	19,5	25,2	578	9,0	618	9	1 x 3	13,4	442	131	10	136	-			

1) a x b: angiver, at der er a rækker hver med b søm efter hinanden i kraftretningen.