

Styrke- og stivhedsforsøg med brædder og plader til tage og gulve

**Strength and Rigidity of Boards
and Sheets for Roofs and Floors**

Danish Text with an English Summary

**T. FELDBORG NIELSEN
MARIUS JOHANSEN**



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
SBI-RAPPORT 65 · KØBENHAVN 1970
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG**

Styrke- og stivhedsforsøg med brædder og plader til tage og gulve

**Strenght and Rigidity of Boards
and Sheets for Roofs and Floors**

Danish Text with an English Summary

**T. FELDBORG NIELSEN
MARIUS JOHANSEN**



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
SBI-RAPPORT 65 · KØBENHAVN 1970
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG**

Indhold

Sammenfatning	3	3.4 Forsøgsemner	12
1. Indledning		Udtagning af emner	12
1.1 Forsøgenes formål	5	Dimension af emner	13
1.2 Tages og gulves styrke- og stivhedsfunktioner	5	Konditionering af emner	13
1.3 Opstilling af styrkekrav og prøvemeter ..	5	Vandlagring af emner	13
1.4 Opstilling af stivhedskrav	6	Rumvægt og fugtindhold	13
1.5 Materialeegenskaberne ved forskellige fugtforhold og langvarig belastning	6	3.5 Forsøgsresultater	13
		Beregningsforudsætninger	13
		Resultater af korttidsbelastninger ..	13
		Resultater af langtidsbelastninger ..	14
2. Forsøg med tage og gulve		4. Konklusioner	
2.1 Forsøgenes omfang	7	4.1 Forslag til styrke- og stivhedskrav ..	15
2.2 Forsøgsmetoder	7	4.1.1 Tagunderlag for tagpap o.l.	15
Statisk punktbelastning	7	A. Statisk punktlast	15
Dynamisk belastning	8	B. Stødbelastning	15
Belastning ved almindelig gang	8	C. Snebelastning	15
2.3 Forsøgsmaterialer	8	D. Vindbelastning	16
Brædder	8	4.1.2 Gulve og undergulve for linoleum o.l. til boliger o.l.	16
Krydsfiner	9	A. Statisk punktlast	16
Træfiberplader	9	B. Stødbelastning	16
Spånplader	9	4.2 Forslag til prøvemeter	17
2.4 Forsøgsemner	9	A. Korttidsprøvning med statisk punktlast	17
Konditionering af materialer	9	B. Prøvning med dynamisk last (stødbelastning)	17
Forsøgsemnernes dimension og oplægning	9	4.3 Sammenligning af forsøgsresultater og foreslåede styrke- og stivhedskrav ..	18
Materialernes rumvægt og fugtindhold ..	9	4.4 Forslag til spændevindere for tagunder- lag og gulve	19
2.5 Forsøgsresultater	9	Kommentarer til forslag	19
Forsøgsresultaternes bearbejdning	9	4.5 Fremtidige forsøg	20
Kommentarer til tabeller og figurer ..	10	5. Litteratur	22
Tage	10	6. Summary	22
Gulve	11	Tabeller	23
		Figurer	35
3. Forsøg med små fejlfri emner af materialerne			
3.1 Forsøgenes omfang	12		
3.2 Forsøgsmetoder	12		
3.3 Forsøgsmaterialer	12		

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelsen: Styrke- og stivhedsforsøg med brædder og plader til tage og gulve. SBI-rapport 65 (1970).

Bilag

omfattende måleresultater, detaljerede tegninger af prøveemner samt andre primærdata, som danner grundlag for rapportens tabeller og diagrammer, kan af særligt interesserede — så længe oplag haves — rekvireres eller evt. lånes hos Statens Byggeforskningsinstitut.

ISBN 87 563 0015 8

Sammenfatning

Forsøgene havde til formål som led i SBI's arbejde med formulering af funktionskrav at udarbejde forslag til styrke- og stivhedskrav og prøvemeter for tagunderlag og gulve samt at undersøge forskellige tagunderlags styrke og stivhed.

Forsøgene omfattede undersøgelser af tag- og gulvfelter og undersøgelser af materialernes styrke og stivhed ved kortvarig og langvarig belastning dels ved konstant dels ved vekslende fugtindhold. De undersøgte materialer var brædder af fyr og bøg, Douglas fir krydsfiner, fenollimede spånplader og halvharde træfiberplader.

Forsøgene resulterede i et forslag til krav og prøvemeter omfattende statiske punktbelastninger og stødbelastninger, da disse her i landet normalt er farligere end jævnt fordelte belastninger både for tagunderlag og for gulve i boliger o.l.

Hvad angår virkningen af langvarig belastning og fugtforholdene, var forsøgenes omfang kun tilstrækkeligt til at give en foreløbig orientering. Forsøgene foreslås derfor fortsat og suppleret med undersøgelser af fugtforholdene i eksisterende konstruktioner.

1. Indledning

Udviklingen af nye bygningsmaterialer og -konstruktioner nødvendiggør formulering af brugsbetingede krav med tilhørende prøvemethoder for konstruktionerne. De eksisterende bestemmelser i bygningsreglementet og Dansk Ingeniørforenings normer for bygningskonstruktioner slår ikke til, når det skal bedømmes, om de nye materialer og konstruktioner er velegnede til et givet formål.

De i denne rapport omtalte forsøg, der er et led i Statens Byggeforskningsinstituts arbejde med formulering af krav til brugsbetingede egenskaber (funktionskrav) og tilhørende prøvningsmetoder, omfatter styrke- og stivhedskrav til tagunderlag, som bærer tagdækning af tagpap og lignende mellem spær eller åse samt gulve, som bærer mellem bjælker eller strøer.

1.1 FORSØGENES FORMÅL

1. Undersøgelse af forskellige tagunderlags og gulves styrke og stivhed ved kortvarige belastninger.
2. Undersøgelse af de anvendte materials styrke- og stivhedsegenskaber ved langvarig belastning, ved konstante samt varierende fugtforhold.
3. Udarbejdelse af forslag til styrke- og stivhedskrav samt enkle og reproducerbare prøvemethoder, der søger at efterligne de påvirkninger, som normalt vil forekomme på tage og gulve.

1.2 TAGES OG GULVES STYRKE- OG STIVHEDSFUNKTIONER

Styrke:

Tagunderlag (eller selvbærende tagdækninger) og gulve skal kunne bære de normalt forekommende belastninger med en tilfredsstillende sikkerhed mod beskadigelser og brud. (Ofte skal tagunderlag og gulve medvirke til at afstive huset mod horisontale belastninger, f.eks. vindbelastninger. Denne funktion behandles ikke her).

Stivhed:

Tagunderlag skal være så stive, at tagdækningen ikke beskadiges ved nedbøjninger, vinkelændringer eller forskydninger i fugerne ved de normalt forekommende belastninger.

Gulve skal være så stive, at færdsel på gulvet ikke giver generende rystelser, og at tunge møbler og inventar ikke kommer til at hælde på grund af gulvets nedbøjning. Undergulve for linoleum o. lign. skal være så stive, at gulvbelægningen ikke beskadiges på grund af vinkelændringer og forskydninger i fugerne.

1.3 OPSTILLING AF STYRKEKRAV OG PRØVEMETODER

Tage:

For sne- og vindbelastninger angiver de eksisterende normer detaljeret både belastningernes størrelse og den krævede sikkerhed mod brud. Der er derfor ikke tvivl om styrkekravene over for disse belastninger. Men for tagflader, der ikke antages at ville blive anvendt som opholdssted for mennesker, angives i DS 410, at der skal regnes med en punktlast (personlast) på 100 kp, og at der ikke skal regnes med denne punktlast og vindtryk samtidig. Dette må betyde, at der ifølge DS 410 skal regnes med punktlasten og snelasten samtidig. Det vil dog være meget sjældent her i landet, at et tag vil blive belastet med snelast på 75 kp/m² samtidig med personlast. For små spændvidder er snelasten tillige af ringe betydning i forhold til personlasten, så det er rimeligt at se bort fra snelast samtidig med personlast.

Derimod vil der normalt forekomme betydelige dynamiske belastninger på tage, f.eks. fra personer, der udfører tagpapdækninger eller reparationer, eller fra tagpapruller, værktøj o.lign., der tabes eller kastes.

Da forholdet mellem den dynamiske og den statiske belastning, en konstruktion kan modstå, afhænger af konstruktionens vægt, dimensioner og sejhed, er det nødvendigt at undersøge konstruktionernes styrke for dynamiske belastninger, netop for tagunderlag med små spændvidder er påvirkningen fra færdsel væsentlig i forhold til snebelastningen.

Det har ikke ved litteraturstudier været muligt at finde oplysninger om størrelsen af de dynamiske belastninger. Det ville være ønskeligt at undersøge, hvilke dynamiske belastninger, der forekommer så hyppigt, at de må anses for normale. Men en sådan undersøgelse er meget tidkrævende og vanskelig. Det er derfor fundet rimeligt at nøjes med at undersøge, hvad traditionelle tage kan tåle og tillige at foretage et skøn over, hvilke minimumskrav der må stilles for at få tilfredsstillende sikkerhed mod, at taget beskadiges, og mod at personer kommer til skade på grund af brud på taget ved færdsel under reparationer o.lign. Plane tage med solidt udseende forleder formentlig i enkelte tilfælde til større misbrug end andre tage, men det bør kun give anledning til skærpede krav i specielle tilfælde, ikke generelt. Hvor et tag kan benyttes som flugtvej under brand, må det naturligvis dimensioneres til dette formål.

Ved nogle orienterende forsøg på Statens

Byggeforskningsinstitut fandtes, at en 30 kg sandsæk, der efter et frit fald ramte en plade, gav denne en nedbøjning lidt større end en person på 90 kg, der hoppede ned på pladen fra samme højde. Det skønnedes, at den forsøgsprocedure, som er beskrevet i ASTM, E-72, var velegnet, og det besluttedes at benytte denne ved de egentlige forsøg.

Gulve:

Nyttelast på etageadskillelser er i de eksisterende normer angivet som en statisk belastning. For et gulv, som bærer mellem bjælker eller strøer, er den angivne punktlast på mindst 150 kp altid farligere end den angivne jævnt fordelte belastning i boliger.

Denne punktlast vil næppe overskrides af normale møbler (tunge skabe, reoler o.lign.) i boliger, men formentlig nok i kontorer og andre lokaler.

Det er dog muligt, at stødpåvirkninger kan være ugunstigere for gulvene end ovennævnte statiske belastninger. Gulvene må f.eks. kunne tåle påvirkninger fra faldende genstande og fra personer, der falder, hopper eller danser. Ligesom for tage er det fundet rimeligt at undersøge, hvad traditionelle bræddegulve kan tåle, og tillige at foretage et skøn over, hvilke min. krav der må stilles for at få tilfredsstillende sikkerhed mod, at gulvet beskadiges og mod, at personer kommer til skade på grund af brud på gulvet.

1.4 OPSTILLING AF STIVHEDSKRAV

Der er ikke i de danske normer givet regler for stivheden af tagunderlag og gulve.

Tagunderlag:

For tagpapdækning kan tillades store, jævne nedbøjninger, men af hensyn til tagpappet må vinkelændringer og forskydninger i fugerne begrænses. Tagpap sømmes som regel til bræddeunderlag, men klæbes til pladeunderlag som krydsfiner o.lign.

Sømning af tagpappet tillader ret store bevægel-

ser mellem underlag og pap. Klæbningen er derimod stiv, men over fugerne mellem pladerne, hvor der anvendes 50 mm brede klæbestrimler, fås en vis bevægelighed. Idet tagpap regnes at kunne tåle en forlængelse på 2%, fås over fugerne en tilladelig forlængelse på $50 \cdot 0,02 = 1$ mm.

Gulve:

Det har ikke ved litteraturstudier været muligt at finde oplysninger til hjælp for fastsættelse af stivhedskrav for gulve. Indtil en nærmere undersøgelse kan foretages, har man derfor fundet det rimeligt at basere kravet på resultaterne af norske og danske undersøgelser af traditionelle bræddegulve.

1.5 MATERIALEEGENSKABERNE VED FORSKELLIGE FUGTFORHOLD OG LANGVARIG BELASTNING

Tagbeklædninger udsættes for store temperatur- og fugtvariationer. De månedlige middeltal for udetemperatur og relativ luftfugtighed er -1°C og 90% i februar og 16°C og 75% i juni. Men der er naturligvis store afvigelser af forskellig varighed, som får indflydelse på materialernes fugtindhold. Undergulve f.eks. over kryberum kan ligeledes blive udsat for væsentlige temperatur- og fugtvariationer.

Da især fugtvariationer influerer forskelligt på de forskellige materials styrke og stivhed, fandtes det nødvendigt at undersøge styrke og stivhed af de forskellige materialer til tagunderlag og gulve, når disse udsættes for forskellige fugtpåvirkninger.

Langtidsbelastninger kan formentlig blive de farligste for visse materialer til undergulve, mens tagbeklædninger normalt ikke udsættes for væsentlige langtidsbelastninger her i landet. Det fandtes derfor nødvendigt at undersøge indflydelsen af langtidsbelastning på små prøver af de forskellige materialer dels ved konstant fugtighed dels ved vekslende.

2. Forsøg med tage og gulve

2.1 FORSØGENES OMFANG

Forsøgene omfattede tagbeklædninger med rupløjede brædder, Douglas fir krydsfiner og træfiberplade samt gulve med høvlede og pløjede brædder, bølgeparketbrædder, Douglas fir krydsfiner og spånplade.

Alle materialer prøvedes for stivhed og styrke for såvel statiske som dynamiske påvirkninger.

Bortset fra bølgeparketbrædder, der prøvedes med 2 spændvidder, indgik spændvidden ikke som variabel i forsøgene. Der anvendtes den største spændvidde, som hidtil har været tilladt.

Omfanget af forsøgene fremgår af følgende tabel.

2.2 FORSØGSMETODER

Statisk punktbelastning

Sammenbygning af måleopstilling til kraft- og deformationsmåling i forbindelse med statisk punktbelastning blev foretaget af civilingeniør Jens Holst, SBI, som også deltog i forsøgenes udførelse.

Forsøgsopstilling er vist på fotografiet, fig. 1, der

viser et gulv af 22 mm bølgeparketbrædder oplagt over to fag. De understøttende bjælker var 10 x 20 cm tømmer med en spændvidde på 160 cm. På bjælkerne sømmedes lister, der gav en understøtningsflade for tag- og gulvmaterialet på 2,5 cm. For at undgå at sømme i gamle sømhuller, udskiftedes listerne med passende mellemrum.

Belastningen påførtes ved hjælp af en manuelt betjent hydraulisk donkraft (Lucas, type HP 5/150), der, anbragt mellem to stykker U-jern (fig. 2), kunne placeres et vilkårligt sted lodret over prøveemnets fagmidte.

Kraften overførtes til gulvfladen gennem en ca. 250 mm lang dorn med en plan kontaktflade med diameter $d = 25,4$ mm (1") og en afrunding af kanten med radius $r = 1,3$ mm (0,05") i overensstemmelse med ASTM D2394-65T. Dornen, der anvendtes til tagflader, havde $d = 50$ mm og $r = 1,5$ mm.

Kraften måltes ad elektrisk vej over en krafttransducer (Brosa, halvbro modstandstype. EMP 6134. Område 0 - 1000 kp forsynet med en jævnspænding på 6 V (Bofors type BKF-I-L.

	Statisk belastning		Dynamisk belastning			
	Spændvidde cm	Antal emner ¹⁾	Stivhed og styrke	Stivhed \neq understøtn.	Alm. gang	30 kg sandsæk
TAGMATERIALE						
25 mm rupl. brædder	100	3	xx	x	xx	
19 mm rupl. brædder	60	3	xx	x	xx	
16 mm krydsfiner. Canada	101	3	xx	x	xx	
16 mm krydsfiner. U.S.A.	101	5	x			
13 mm krydsfiner. Canada	81	3	xx	x	xx	
13 mm krydsfiner. U.S.A.	81	5	x			
16 mm træfiberplade	61	3	xx	x	xx	
GULVMATERIALE						
28 mm hv.pl. brædder	100	3	xx	x	xx	x
22 mm hv.pl. brædder	70	3	xx	x	xx	x
22 mm bølgeparketbrædder	70	3	xx	x	xx	xx
22 mm bølgeparketbrædder	60	3	xx		xx	xx
16 mm krydsfiner. Canada	51	3	xx	x	xx	x
16 mm krydsfiner. U.S.A.	51	5	x			x
13 mm krydsfiner. Canada	41	3	xx	x	xx	x
13 mm krydsfiner. U.S.A.	41	5	x			x
22 mm spånplade	60	3	xx	x	xx	x

x 1 fag, xx 1 og 2 fag, 1) Stødbelastning med sandsæk er udført med 5 prøver af hvert materiale

Serie nr. 0133). Krafttransduceren var anbragt mellem donkraft og dorn. Den maksimale kraft, der kom i anvendelse, var ca. 1000 kp.

Nedbøjningsmålingen under kraften blev foretaget ved hjælp af en bevægelsestransducer (Bofors differentialtransformator, type RLK-1. ± 50 mm) forsynet med en vekselspænding på 1 V og 5000 Hz (Bofors type BFK-I-C, Serie nr. 0107). Bevægelsestransduceren var anbragt lodret under kraften og med anslag direkte mod gulv eller tagfladens underside (fig. 3). Den registrerede nedbøjning ved brud blev derfor lidt for stor i de tilfælde, hvor transducerens spids red på udflekninger, der allerede ved bruddets indledning kom til at ligge under selve gulv- eller tagfladens underside. De største nedbøjninger, der målt, var ca. 70 mm.

Nedbøjningslinje i fagmidte parallel med understøtning blev bestemt for forskellige værdier af den lodrette punktlast.

På fig. 4 ses, hvorledes et hjul monteret på en lodret bevægelig stang fulgte fladens underside. Stangens bøsning var fastgjort til en "vogn", der med en motor blev trukket på den vandret liggende styreskinne ($v = \text{ca. } 4 \text{ cm/sek.}$). Den lodrette bevægelse målt som ovenfor ved hjælp af en bevægelsestransducer (Bofors differentialtransformator, type RLK-1. ± 50 mm) forsynet med en vekselspænding på 1 V og 5000 Hz (Bofors type BKF-1-C, Serie nr. 0125) og registreredes på en skriver (Goertz Electro Servogor tidsakseskriver, type RE 511) vist til venstre på bordet, fig. 5.

Kraft-nedbøjningslinje blev for hvert belastningspunkt og samtidig med belastningen optegnet ved hjælp af en X-Y-skriver (Hewlett Packard, model 2D-2AM), der er vist til højre på bordet, fig. 5.

Prøvehastigheden fremgår af fig. 9. For $P \leq P_1 = 150 \text{ kp}$ for gulve og $P \leq P_1 = 100 \text{ kp}$ for tage (dog $P_1 = 50 \text{ kp}$ ved kantbelastning af pladerne) påførtes kraften med en konstant kraftforøgelse pr. tidsenhed. For $P > P_1$ øgedes kraften svarende til en konstant deformationshastighed

$$u_1/2,5 \text{ (mm pr. minut)} \pm 25\%.$$

Deformationen antoges i denne forbindelse at være lig med donkraftstemplets bevægelse, og den kontrolleredes med et 0,01 mm måleuret med 50 mm vandring (Steinmeyer), monteret som vist på fig. 2.

Dynamisk belastning

Forsøgsopstilling fremgår af fig. 7, der viser den nedenfor beskrevne sandsæk over et gulv af bølgeparketbrædder spændende over to fag.

Belastningen fremkaldtes ved hjælp af en sandsæk svarende til den i ASTM, E-72 beskrevne (diameter 25 cm, vægt 30 kg).

Umiddelbart før prøvning af et emne rullede sandsækken for at løsne sandet. Emnet belastedes først med sækken som hvilende belastning, derefter med voksende faldhøjde 15, 30, 45, 60 cm osv. indtil brud.

Det anvendte sand var tørt strandsand med følgende kornfordeling:

Sigte mm	Gennemfald i vægtprocent
4	100
2	88
1	75
0,5	56
0,25	20
0,125	2

Sandsækken ophængtes i en wire med en speciel udløsningsmekanisme.

Nedbøjningen af prøveemnet aflæstes på en lineal fastgjort på et stykke rundstål, der ved belastningen pressedes ned i en bøsning med en passende friktion, som bevirkede, at rundstålets bevægelse svarede til emnets nedbøjning (se fig. 8). Udstyret svarer i princippet til det i ASTM, E-72 nævnte.

Nedbøjningen aflæstes for den hvilende belastning af sandsækken og for hvert stød og blev angivet med en nøjagtighed på 0,5 mm. Endvidere aflæstes den blivende nedbøjning, idet linealen førtes op til pladens underside efter hvert stød.

Belastning ved alm. gang udførtes med en forsøgsperson, hvis vægt i forsøgsperioden var ca. 80 kg. Gangen arrangeredes således, at et fodtrin faldt i det angivne belastningspunkt.

Nedbøjningen målt med et udstyr principielt som det ovenfor beskrevne under prøvning med sandsækken, men med aflæsning på et 0,01 mm måleuret med 50 mm vandring (Steinmeyer) som vist på fig. 6. Prøvningen blev foretaget i forbindelse med prøvning med statisk punktlast, se forsøgsopstillingen fig. 1.

2.3 FORSØGSMATERIALER

Brædder

Rupløjede brædder til tage prøvedes i tykkelserne 25 mm (1x4") og 19 mm (3/4 x 4") begge med nyttebredden ca. 87 mm.

Brædderne var svensk fyr i sorteringen "Udskud".

Vankant forekom i normalt omfang og svækkede i enkelte tilfælde notens underdel, især ved 19 mm-brædderne.

Omfang og størrelse af knaster og andre fejl fremgår af fig. 10 og 11.

Høvlede og pløjede brædder til gulve prøvedes i tykkelserne 28 mm (1 1/4 x 4 1/2") og 22 mm (1 x 4 1/2") begge med nyttebredden ca. 100 mm.

Brædderne var svensk fyr "Usorteret". Omfang og størrelse af knaster og andre fejl fremgår af fig. 12 og 13.

Bølgeparketbrædder var fremstillet af A/S Junckers savværk, Køge. Brædderne leveredes som pløjede og endenoterede parketbrædder samlet af bøgestave i dimensionen 22 x 113,5 mm (1x5" traditionelt tørrede) med en stavlængde på ca. 47 cm. Sorteringen var "Standard", og oversiden var Blitsa-behandlet fra fabrik.

Krydsfiner

Douglas fir konstruktionskrydsfiner importeret fra Canada og U.S.A. prøvedes både som gulv og som tag.

Samtlige finerlag blev angivet at være limet med en vand- og kogefast fenollim og det færdige produkt i øvrigt at tilfredsstillende henholdsvis den canadiske "CSA Standard 0121-1961 Douglas fir Plywood" med ændringer af februar 1964 og den amerikanske "U.S. Product Standard PS 1-66 for Softwood Plywood".

Den nedenfor nævnte finerkvalitet C i yderfiner er lidt forskelligt defineret i Canada og U.S.A.

I Canada tillades bl.a. for grade C, at knasthullers mindste dimension går op til 1", og i U.S.A. at knasthullers dimension målt på tværs af finerens fiberretning går op til 1 1/2". Max. revnestørrelse tillades i Canada op til 3/16" i hele pladelængden og i U.S.A. op til 1/2" i den halve pladelængde.

I grade D, der kun forekom i krydsfiner fra U.S.A., tillades bl.a. knasthuller op til 3" målt på tværs af finerens fiberretning samt max. revnestørrelse op til 1".

Der anvendtes 16 mm (5/8") og 13 mm (1/2") plader, der begge har 5 finerlag.

Emnerne blev skåret ud af 122 x 244 cm (4 x 8') plader, der i langsiden var forsynet med fer og not.

Krydsfiner fra Canada var af fabrikat "Seaboard" og mærket PMBC-EXTERIOR.

Til tage anvendtes "Sheathing" (upudset) med finerkvalitet C i alle lag.

Til gulve anvendtes "Select Sheathing" (upudset) med finerkvalitet C Improved i øverste og C i øvrige lag.

Krydsfiner fra U.S.A. var af fabrikat "Georgia-Pacific" og mærket PS 1-66, TESTED DFPA QUALITY, EXTERIOR GLUE.

Til tage anvendtes "Standard" (desuden mærket 32/16 INTERIOR for 1/2" og 42/20 INTERIOR for 5/8") upudset og med finerkvalitet C i øverste og D i øvrige lag.

Til gulve anvendtes "Underlayment" (desuden mærket TOUCH SAND, GROUP I, INTERIOR) med finerkvaliteten C i de 2 øverste lag og D i øvrige lag.

Træfiberplader

Træfiberplader var af mærket "Karlit-Panel" fremstillet af Karlholm A/B i Sverige.

Der anvendtes 16 mm plader som tag.

Karlit-Panel, der fremtræder med en ensartet mørkebrun farve, blev angivet at være en varme- og lydabsorberende byggeplade bestående af træfibre uden indhold af fremmede bindemidler eller uorganiske fyldstoffer.

Spånplader

Spånplader var af mærket "Fenolex" fremstillet af Pindstrup A/S, Danmark.

Der prøvedes 22 mm plader som gulv.

Fenolex blev angivet at være en 3-lags spånplade limet med vand- og kogefast fenollim i henhold til DIN 761 (blad 4, Entwurf Nov. 1965). Dæklagen blev angivet at bestå af fine spåner af

nåletræ og mellemlaget af grovere spåner af nåletræ og løvtræ.

2.4 FORSØGSEMNER

Konditionering af materialer

Brædder af fyrretræ blev mindst 3 uger inden prøvningen afmærket og afkortet til emner og lagret i klimarum. Gulvbrædder konditioneredes ved $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ temperatur og $(65 \pm 3)\%$ relativ luftfugtighed og tagbrædder ved $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ og $(75 \pm 3)\%$ rf.

Øvrige materialer afmærkedes og tildannedes til emner og blev indtil prøvning lagret ved overdækning af plastfolie i almindeligt laboratorieklima, der i den aktuelle periode var $17 - 24^\circ\text{C}$ og $40 - 60\%$ rf.

Forsøgsemnernes dimension og oplægning

Fig. 14 viser forsøgsemnernes dimension. Der er kun vist emner spændende over to fag. Som materiale til forsøgsemner spændende over eet fag er så vidt muligt benyttet uskadede dele fra de tilsvarende to-fags emner.

Ved oplægningen blev der holdt en fugebredde på ca. 1 mm målt i oversiden. En undtagelse dannede bølgeparketbrædder, der blev lagt tæt og i øvrigt med stav- og bræddestød efter fabrikkens anvisning.

Knaster og andre fejl i forsøgsmaterialerne var tilfældigt placeret i forsøgsemnerne. For at gøre forsøgsresultaterne for de forskellige materialer bedst muligt sammenlignelige undgik man dog, på grund af det planlagte ringe antal emner af hvert materiale, at placere særligt store knaster og andre fejl i umiddelbar nærhed af belastningspunkterne.

Emnerne sømmedes med søm og sømafstand, som det fremgår af tabellen i fig. 14. Sømhovedet blev ikke dykket, men holdt i plan med brættets eller pladens overflade. Brædder sømmedes fra oven, og bølgeparketbrædder forbores med 2,5 mm.

Materialernes rumvægt og fugtindhold Umiddelbart efter prøvningen blev der i nærheden af bruddet udskåret små fejlfri prøver til bestemmelse af rumvægt og fugtindhold.

Prøvens dimension var h·10·10 cm for plademateriale og h·10·brædde- eller stavbredde for brædder, hvor h er tykkelsen.

Rumvægten blev bestemt ved vejning og geometrisk måling af den udtagne prøve og angivet som $r_u = G_u/V_u$, hvor G_u og V_u er henholdsvis vægt og volumen af prøven ved u% fugtindhold.

Fugtindholdet blev bestemt ved veje-tørremetoden og angivet i procent af tørvægten.

2.5 FORSØGSRESULTATER

Forsøgsresultaternes bearbejdning

Da forsøgsresultaterne for de enkelte emner antages at have ringe almen interesse, er disse ikke medtaget i rapporten, men samlet i et bilag som foreligger i et mindre oplag hos SBI.

I rapportens tabeller vedrørende forsøgsresulta-

ter er der for hver prøveserie i stedet for måle-resultaterne x for de enkelte emner i reglen angivet gennemsnittet \bar{x} , spredningen s og antal prøvninger n ved formlerne

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{og} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

På figurene er resultaterne i nogle tilfælde angivet ved enkeltværdierne, i andre tilfælde givet som søjler, hvor gennemsnit og 95% konfidensinterval er afsat. Konfidensintervallet indeholder med 95% sandsynlighed den virkelige middelværdi og er beregnet som

$$\bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

hvor t er en størrelse, der afhænger af prøveantal og signifikansniveau, og hvor s er den fundne spredning, dog mindst $0,05\bar{x}$.

Sammenligninger af de forskellige materials egenskaber er foretaget på et 5% signifikansniveau. Det er i de statistiske beregninger forudsat, at observationerne er normalfordelte.

Kommentarer til tabeller og figurer

Stivhed ved statisk punktlast blev bestemt ved nedbøjningen u_1 og u_2 , som vist på fig. 9.

u_1 indeholder den plastiske nedbøjning ved korttidsbelastning, mens u_2 tilnærmelsesvis kan betragtes som helt elastisk.

Punktlastens fordeling parallel med understøtningerne blev bestemt på grundlag af optegnede nedbøjningslinier som vist eksempelvis på fig. 15. Af disse linier udledtes en "fordelingsbredde" a , der beregnedes som arealet A beliggende mellem den ubelastede plade og nedbøjningslinien ved en given belastning divideret med den dertil svarende største nedbøjning u (se tabel 2 og 6).

Endvidere udledtes vinkeldrejningerne v_1 ved de fri kanter og de gensidige vinkeldrejninger v_2 og v_3 ved fuger, hvor v_1 og v_2 er målt på tangenten i belastningspunktet (ved brædder, hældningen af det belastede bræt), og v_3 er målt på nabopladsens tangent i fugen (ved brædder, hældningen af nabobrættet nærmest belastningen) (se skitser ved tabel 2 og 6).

Indledning af brud markeredes ved forsøgene af revner, udflækninger eller stukninger og et samtidigt tydeligt knæk på arbejdslinien (se fig. 16 og 17).

I tabellerne 3 og 7 er angivet sammenhørende gennemsnitsværdier for statisk punktbelastning og nedbøjning både ved indledning af brud og ved max. belastning.

Styrkeværdier ved statisk punktlast er angivet i tabel 3 og 7. For brædder er angivet værdien både for 1 og 2 fag, for plader er værdierne for 1 og 2 fag slået sammen, idet styrkeværdierne fra 1 og 2 fag ved en t -test ikke viste signifikant forskel, og arbejdskurven og brudform var ensartede for 1 og 2 fag både ved indledning af brud og ved max. belastning. Dette skyldtes, at bruddet indledtes og

udvikledes tæt ved belastningspunktet som en flækning i noten i pladens plan, hvilket vil sige, at pladens brudstyrke ved denne belastningsmåde afhæng af materialets trækstyrke vinkelret på pladens plan og ikke af pladens spændvidde eller kontinuitet over understøtningen. Pladerne blev kun belastet til brud ved fugen.

Tage

Nedbøjning for statisk punktlast fremgår af tabel 1 og fig. 18. I fig. 15 er vist en typisk nedbøjningslinie i fagmidte parallelt med understøtningerne, og i tabel 2 er vist de af kurverne beregnede "fordelingsbredder" og vinkelændringer for de forskellige materialer.

For tage er den absolutte nedbøjning som regel af mindre betydning end vinkelændringerne mellem de enkelte brædder eller plader. Den vinkeldrejning, som opstår ved stød over understøtningerne, kan for en simpelt understøttet plade over 1 fag tilnærmest regnes som: $v = 3 \cdot \frac{u}{l}$, hvor u er nedbøjningen under punktlasten midt i faget og l er spændvidden.

Hvis 2 nabofag samtidig belastes med en punktlast på 100 kp, fås da tilnærmest og på den sikre side en forøgelse af fugebredden i tagunderlagets overside:

$$x = 6 \cdot \frac{u \cdot h}{l}$$

hvor h er tagunderlagets tykkelse.

Af tallene i tabel 1 for u_1 , l og h ved 2 fag fås da følgende:

Tagunderlag	Vinkel v ved understøtn. for bel. i		
	pkt. 2	pkt. 4	x mm
25 mm rupl. brædder	0,011		0,56
19 mm rupl. brædder	0,014		0,51
16 mm krydsfiner. Canada (0,018)		0,029	0,91
13 mm krydsfiner. Canada (0,029)		0,039	1,02
16 mm træfiberplade (0,025)			0,79

Det ses, at 13 mm krydsfiner får $x = 1,02$ mm ud for pkt. 4, hvilket svarer til det, der ifølge afsnit 1.4 synes tilladeligt af hensyn til tagappet.

Bevægelsen på grund af fugtændringer kan blive væsentlig større, under normale forhold formentlig ca. 2 mm for krydsfiner og ca. 3 mm for træfiberplader, men disse bevægelser foregår til gengæld meget langsomt, så tagappet og klæbningen kan deformeres plastisk.

Det ses endvidere, at vinkelændringerne $2v$ ved fugen over understøtningerne er af samme størrelsesorden som vinkelændringerne $v_2 + v_3$ dog af mindre betydning, da fugebredden i tagunderlagets overside formindskes på grund af vinkelændringen.

Punktlastens fordeling i retning parallelt med understøtningerne ses af tabel 2, hvor "fordelingsbredden" a divideret med spændvidden l for de forskellige materialer kan sammenlignes direkte.

Nedbøjning ved almindelig gang ses af tabel 4 og fig. 18. En sammenligning med nedbøjning u_1 for punktlast i tabel 1 viser, at nedbøjningen ved almindelig gang af en person på ca. 80 kg for alle materialer i pkt. 2 er 70–75%, og for krydsfiner i pkt. 4, 80–86% af nedbøjningen for en punktlast på 100 kp både ved 1 og 2 fag.

Styrke ved statisk punktlast fremgår af tabel 3 og fig. 18. Det ses, at 13 mm krydsfiner og 16 mm træfiberplade er væsentlig svagere end brædderne.

Gulve

Nedbøjning for statisk punktlast fremgår af tabel 5 og fig. 19. I fig. 15 er vist en typisk nedbøjningslinie i fagmidte parallelt med understøtningerne, og i tabel 6 er vist de af kurverne beregnede "fordelingsbredder" og vinkelændringer for de forskellige materialer.

Både nedbøjningen i mm og nedbøjningen i forhold til spændvidden samt bevægelserne ved fugerne er af betydning ved bestemmelse af et gulvs egnethed.

Nedbøjningerne i tabel 5 kan direkte sammenlignes. For pladerne anvendt uden understøtning ved fugerne vinkelret på bjælkerne, må pladernes nedbøjning i pkt. 4 sammenlignes med bræddernes nedbøjning i pkt. 2.

For en punktlast midt i faget kan vinkeldrejningen ved en simpel understøtning regnes som:

$$v = 3 \frac{u}{l}$$

hvor u er nedbøjningen under punktlasten, og l er spændvidden. Ved et stød på en 50 mm bred bjælke fås et vederlag for hvert fag på 25 mm, og

Gulvmateriale	Nedb. u_1 i mm		u_1/l		z i mm	
	bel.i pkt.2	bel.i pkt.4	bel.i pkt.2	bel.i pkt.4	bel.i pkt.2	bel.i pkt.4
28 mm hv.pl. brædder	3,7		0,0037		0,28	
22 mm hv.pl. brædder	3,6		0,0051		0,38	
22 mm bølgeparketbrædder*	3,2		0,0053		0,40	
16 mm krydsfiner. Canada	(3,1)	4,4	(0,0061)	0,0086	(0,46)	0,65
13 mm krydsfiner. Canada	(4,1)	5,8	(0,0100)	0,0142	(0,75)	1,06
22 mm spånplade	2,5	3,7	(0,0042)	0,0062	(0,32)	0,47

* $l = 60$ cm (for $l = 70$ cm fås ca. 15% større tal)

på grund af vinkeldrejningen v om vederlagskanten fås en lodret bevægelse af pladeenheden:

$$z = v \cdot 25 = 3 \frac{u}{l} \cdot 25 \text{ mm}$$

Af tallene i tabel 5 for u_1 og l ved 2 fag fås da følgende:

Punktlastens fordeling i retning parallelt med understøtningerne ses af tabel 6, hvor "fordelingsbredden" a divideret med spændvidden l for de forskellige materialer kan sammenlignes direkte. For pladerne fås meget nær samme værdier af $\frac{a}{l}$ som ved tagunderlag, hvor spændvidden er den dobbelte. For brædder er værdierne naturligt nok mere varierende.

Nedbøjning ved alm. gang ses af tabel 8 og fig. 19. En sammenligning med nedbøjning u_1 i tabel 5 viser, at nedbøjningen i pkt. 2 for brædder og pkt. 4 for plader ved almindelig gang af en person på 80 kg er 46% ved 1 fag og 42% ved 2 fag af nedbøjningen for en punktlast på 150 kp.

Styrke for statisk punktlast fremgår af tabel 7 og fig. 19.

Styrke for stødbelastning med 30 kg sandsæk er i fig. 19 angivet ved de faldhøjder, der medførte indledning af brud og totalt brud for de forskellige materialer spændende over 1 fag. Ved indledning af brud forstås synlige revner i emnet eller brud i fugen, som herefter ikke kan overføre lodrette kræfter, og/eller et tydeligt knæk i arbejdskurven. Ved totalt brud blev emnet gennembrudt af sandsækken.

Eksempler på brudformer i brædder og plader for statisk punktlast og for stødbelastning er vist i fig. 20 til 25.

3. Forsøg med små fejlfri emner af materialerne

Forsøgene med små fejlfri emner udførtes af ingeniør Jens Kofod, SBI.

3.1 FORSØGENES OMFANG

Forsøgene omfattede materialerne fyrretræ, krydsfiner, fiberplade og spånplade.

Materialernes bøjningsstyrke og stivhed undersøgtes ved korttidsbelastning og ved langtidsbelastning under konstante og vekslende fugtpåvirkninger.

Forsøgenes omfang fremgår bedst af tabel 9, som angiver fugtforhold og antal emner af de enkelte materialer inden for hver forsøgsserie.

De langtidsbelastede prøveemner konditioneres før prøvningen ved 20°C og 65% relativ luftfugtighed. Serierne K, L og M belastedes ved dette klima med henholdsvis 30, 50 og 70% af de ved serie A fundne korttidsbrudbelastninger. Serierne H og I belastedes med henholdsvis 30 og 50% af de ved serie A fundne korttidsbrudbelastninger, mens den relative luftfugtighed for disse to serier vekslede mellem 65 og 85%.

3.2 FORSØGSMETODER

Korttidsbelastning

Forsøgsopstilling fremgår af fotografiet fig. 26, der viser et emne af 28 mm fyrretræ klar til bøjningsprøvning med en enkeltkraft i midten af faget.

Prøveemnet forsynedes ved vederlagene med en stålplade med rille til understøtningens æg. Stålpladerne stiftedes på emnet, således at spændvidden blev sikret. Reaktionen blev optaget af hængestænger af en sådan længde, at der ved de forekommende nedbøjninger kunne ses bort fra normalkræfter i prøveemnet. Enkeltkraften overførtes til emnet gennem et stykke rundstål med $d = 30$ mm.

Belastningen påførtes i en 20 Mp hydraulisk virkende universalprøvemaskine (Mohr & Federhaff, UPD 20). Det ses af fig. 26, at opstillingen blev ophængt excentrisk i prøvemaskinen. Herved belastedes prøveemnet med en femtedel af maskinens belastning, og nedbøjningen blev 5 gange maskinens bevægelse. Kraften aflæstes på prøvemaskinens skala. Den maksimale kraft, som prøveemnerne påvirkedes med, var ca. 480 kp.

Nedbøjningsmåling under kraften blev foretaget med et 0,01 mm måleur (Steinmeyer) med 50 mm vandring. Uret blev som vist på fig. 27 opspændt under prøveemnet i en messingskinne, der nederst på hængestængerne understøttedes på en stålbolt. For at undgå ødelæggelse af uret ved pludseligt brud i prøveemnet forsynedes messingskinnen

med afstandsklodser af træ. Den største nedbøjning, der målttes, var ca. 42 mm.

Prøvehastigheden fastsattes ved en forprøve med hvert enkelt materiale, idet der tilstræbtes en konstant nedbøjningstilvækst pr. minut og opnåelse af brud i løbet af ca. 5 minutter.

Kraft-nedbøjningslinje blev optegnet på grundlag af aflæsninger hvert halve minut.

Langtidsbelastning

Forsøgsopstilling er vist på fotografiet, fig. 28, der viser et emne af 22 mm spånplade under bøjningsbelastning svarende til 0,3 gange korttidsbrudlasten.

Prøveemnets oplægning etc. var principielt som beskrevet ved korttidsbelastning.

Belastningen påførtes som en konstant kraft, der gennem et vægtstangsystem tilvejebragtes ved hjælp af kalksandsten samt sand til finindstilling.

Belastningens størrelse varierede fra serie til serie, idet den bestemtes som henholdsvis 30, 50 eller 70% af den tilsvarende gennemsnitlige korttidsbrudlast.

Nedbøjningsmålingen under kraften blev, som vist på fig. 29, foretaget med et 0,01 mm måleur (Steinmeyer) med 30 mm vandring og en plan 4 mm cirkulær flade, monteret i en specielt fremstillet trefod vinkelret på understøtningsfladen.

Ved målingen stillede trefoden på en plan-sleben flade på rammens underste U-profil. Som målepunkt på undersiden af emnet pålimes en $\emptyset 6$ mm halvkugle af stål.

Ved aflæsning af måleuret i emnets ubelastede tilstand sættes et 2-kg lod over hver understøtning, for at emnet skulle ligge til i reaktionsfladen. Ved større vindskævheder, der undertiden forekom ved brædderne, blev der indlagt kiler mellem emnet og vederlagspladerne.

Før gennemførelsen af en måleserie blev uret justeret i en specielt fremstillet ramme med plan-sleben støtte- og måleflader. Justeringsrammen ses på fig. 30.

3.3 FORSØGSMATERIALER

Forsøgsmaterialernes benævnelse, kvalitet og tilstand samt for pladematerialers vedkommende desuden producenternes oplysninger om, hvilke normer der er fulgt ved fremstillingen, fremgår af afsnit 2.3.

3.4 FORSØGSEMNER

Udtagning af emner

Forsøgsemner til små fejlfri prøver blev udtaget af

uskarde dele af prøvede emner til gulve og tage eller af brædder og pladedele, hvoraf emner til gulve og tage var udtaget.

Udtagning af fyrretræsemner blev foretaget, således at knaster og andre fejl ikke forekom i den midterste del af emnets længde. Tilsvarende blev krydsfineremner udtaget, idet der kun kunne tages hensyn til fejl i yderfineren. Viste der sig ved prøvningen fejl i de inderste finerlag, blev emnet erstattet. Emner af træfiberplade blev fortrinsvis udtaget med længderetningen parallel med den hele plades langside, mens alle emner af spånplade blev udtaget med længderetningen vinkelret på den hele plades langside.

Dimension af emner

Forsøgsemnernes dimension fulgte den svenske norm SIS 235106 (udg.1): Tråfiberskivor. Bestämning af böjhålfasthet.

Tykkelse: h mm

Bredde: b = 75 mm

Længde: l = (25 h + 50) mm

Spændvidde ved bøjningsprøvning med en enkeltkraft i midten af faget: 25 h.

Konditionering af emner

Straks efter udskæringen blev forsøgsemnerne lagt i klimarum med temperatur på $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ og $(65 \pm 3)\%$ relativ luftfugtighed. Dog blev prøveserie C (se tabel 9) konditioneret ved $(85 \pm 3)\%$ rf.

Fugtpåvirkningen indgik som en variabel i forsøgene og fremgår af tabel 9.

Vandlagring af emner

To prøveserier, B og B' (se tabel 9) lagredes under vand før bøjningsprøvning ved korttidsbelastning.

Efter at være konditionerede i ca. 2 uger ved $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ og $(65 \pm 3)\%$ rf lagredes emnerne i vand ved $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ og en pH-værdi på 6 ± 1 ca. 2 cm under vandoverfladen (SIS 235105 (udg. 1)): Tråfiberskivor. Bestämning av vattenabsorption og tjocklekssvällning i vatten.

Serie B lagredes 1 døgn ± 30 min. og serie B' i 15 døgn. Dog blev spånpladerne i serie B' kun lagret i 11 døgn under vand, idet dette materiale vandmættedes hurtigere end de øvrige. Efter disse lagringstider blev emnerne eet ad gangen taget op, rullet stramt ind i et tørt håndklæde i ca. 30 sekunder, duppet efter med trækpapir, vejet og bøjningsprøvet.

En del af krydsfineremnerne havde vredet sig ved vandlagringen (max. 6 mm målt som et hjørnepunkts afvigelse fra planet gennem de 3 andre hjørnepunkter). For at få emnet til at ligge til i reaktionsfladerne blev der i disse tilfælde indlagt kiler mellem emne og vederlagsplader.

Rumvægt og fugtindhold

Rumvægten bestemtes af hvert emne ved geometrisk måling og vejning af hele emnet umiddelbart før prøvningen.

Umiddelbart efter prøvningen bestemtes hvert emnes fugtindhold på grundlag af en ca. 25 mm lang klods udskåret i emnets hele tværsnit og så nær bruddet som muligt.

Rumvægt og fugtindhold er beregnet som angivet under pkt. 2.4.

3.5 FORSØGSRISULTATER

Beregningsforudsætninger

Beregning af statistiske størrelser er foretaget som beskrevet i afsnit 2.5.

Elasticitetskoefficienten E og bøjningsbrudspændingen s er beregnet under forudsætning af homogent tværsnit og trekantet spændingsfordeling. For den simpelt understøttede bjælke påvirket på midten med en enkeltkraft P som korttidsbelastning fås derfor:

$$E = \frac{P_1 \cdot l^3}{4 \cdot u_1 \cdot b \cdot h^3} \quad \text{og} \quad s = \frac{3 P_b \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

hvor de målte størrelser er:

P_b = brudbelastningen i kp

$\frac{P_1}{u_1}$ = forholdet mellem belastning i kp og nedbøjning i cm beregnet på grundlag af arbejdskurverne for belastning mellem ca. 0,1 P_b og 0,4 P_b

l = spændvidden i cm

b = tværsnittets bredde i cm

h = tværsnittets højde i cm

For fyrretræ, fiberplade og spånplade fandtes lineær sammenhæng mellem rumvægten r og bøjningsbrudspændingen s. Denne korrigeredes derfor, så den svarede til middeldrumvægten, idet s regnedes at variere proportionalt med r. Herved formindskedes forsøgsresultaternes spredning. For krydsfiner fandtes ingen sammenhæng mellem rumvægt og bøjningsstyrke.

De samlede resultater af små fejlfri prøver er vist i diagramform i figur 31-38. Elasticitetskoefficienterne og bøjningsbrudstyrkerne er vist som søjler, hvor gennemsnit og 95% konfidensinterval er afsat.

Resultater af korttidsbelastninger fremgår af figur 31-33. I figur 31 kan elasticitetskoefficienterne ved 65% rf sammenlignes.

I figur 32 kan bøjningsbrudstyrkerne ved 65% rf sammenlignes. Det ses, at forholdet mellem krydsfinerernes styrke i de to retninger er noget varierende hovedsageligt på grund af varierende opbygning, d.v.s. varierende finertykkelse; men middeltallet af styrken parallelt med og vinkelret på yderfinerens fiberretning varierer kun lidt.

I figur 33 er vist, hvorledes de forskellige materialers bøjningsstyrke og elasticitetskoefficient afhænger af den forudgående fugtpåvirkning.

For hvert af materialerne fyrretræ, fiberplade og spånplade er bøjningsbrudspændingerne korrigeret, så de svarer til gennemsnitsrumvægten for alle 8 serier inden for hvert materiale.

Elasticitetskoefficienterne er angivet ved gennemsnitsværdier inden for de tre grupper: A + D + F, C + E + G og B + B' uden korrektion for rumvægt. Der fandtes ikke efter 8 ugers lagring under fugtveksling (65-85% rf) nogen væsentlig reduktion af styrken i forhold til serie A, når

materialernes fugtindhold ved prøvningen var det samme som i serie A.

Med større fugtindhold ved prøvningen fandtes derimod er reduktion af styrken; men der kunne ikke med det beskedne antal prøver påvises nogen afhængighed af, om den forudgående lagring var sket under fugtveksling (65–85% rf) eller ved konstant fugt (85% rf).

Ved lagring i vand fandtes ca. 40% reduktion af styrken for fyrretræ, krydsfiner og spånplade og næsten 50% for fiberplade.

Resultater af langtidsbelastninger fremgår af fig. 34–38. Diagrammerne viser for hvert enkelt prøveemne, hvorledes nedbøjningen vokser med tiden og for de emner, der er knækket, hvor lang tid der er gået, før bruddet er sket.

Fig. 34, 35 og 36 viser resultaterne for serie K, L og M, der i 65% rf var belastet med henholdsvis 30, 50 og 70% af gennemsnitsbrudlasten for serie A (korttidslast efter lagring ved 65% rf). Fig. 37 og 38 viser resultaterne for serie H og I, der under fugtveksling (65–85% rf) var belastet med 30 og 50% af gennemsnitsbrudlasten for serie A.

Spredningen på langtidsstyrken er så stor, at der ikke på grundlag af de få prøveemner kan optegnes nogen kurve for sammenhængen mellem belastningsstørrelsen og belastningstiden, før brud indtræffer. Men det fremgår dog af kurverne, at den forholdsvis ringe fugtvariation, som er foregået ved serierne H og I, har forøget nedbøjningen væsentligt og fremkaldt brud på kortere tid end i serierne K og L, som havde samme belastninger, men ved konstant fugtighed.

Sammenlignes serie K og H, hvis belastning er $0,3 \cdot$ korttidsbrudlasten, ses det, at nedbøjningen ved 1 års belastningsvarighed divideret med nedbøjningen ved 1,5 min. belastningsvarighed var følgende:

	Bøjningsspænding = $0,3 \cdot$ korttidsbrud- spænding	Serie K 65% rf	Serie H 65–85% rf
Fyrretræ	ca. 280 kp/cm ²	ca. 1,4	2,0
Krydsfiner	140	1,5	2,8
Fiberplade	30	2,4	8,4
Spånplade	60	1,9	4,2

4. Konklusioner

På grundlag af normernes bestemmelser og resultaterne af de udførte forsøg ved SBI og NBI (Norges Byggeforskningsinstitut) med traditionelle tagunderlag og gulve af brædder foreslås, indtil mere omfattende og detaljerede undersøgelser er gennemført, de nedenfor angivne styrke- og stivhedskrav samt prøvemethoder anvendt for bærende tagunderlag (for tagpap o.l.) og for bærende gulve og undergulve (for linoleum o.l.).

4.1 FORSLAG TIL STYRKE- OG STIVHEDSKRAV

4.1.1 TAGUNDERLAG FOR TAGPAP o.l.

A. Statisk punktlast

For at sikre mod skader og brud ved personlast svarende til den i DS 410 angivne punktlast, 100 kp på tage, skal underlaget ved korttidsprøvning med en punktlast, $d = 50$ mm mindst opfylde følgende krav:

a. Af hensyn til bevægelse i fuger over understøtninger:

$$\text{Nedbøjning } u_k \leq \frac{1}{6 \cdot h} \text{ mm for punktlasten}$$

100 kp, hvor u_k er den karakteristiske værdi af de nedbøjninger, der findes ved korttidsprøvningen,

$$u_k = m [u] + k \cdot s [u], \text{ se DS 413, 2. udg., side 22,}$$

l og h er henholdsvis underlagets spændvidde og tykkelse.

Afhængigt af tagdækningens art kan det være nødvendigt at stille strengere krav.

b. Revner eller deformationer, der er skadelige for underlagets eller tagets funktion, og som giver et tydeligt knæk i arbejdslinien, må tidligst opstå ved en belastning

$$P_k = 100 \cdot f_p \text{ kp}$$

c. Ufarligt brud, dvs. gennemlokning eller lignende lokale brud, der ikke medfører risiko for ulykker, må tidligst opstå ved en belastning

$$P_k = \frac{100 \cdot f_m}{k_1} \text{ kp}$$

d. Farligt brud, dvs. brud på et så stort område, at det medfører risiko for nedstyrtninger og ulykker, må tidligst opstå ved en belastning

$$P_k = \frac{100 \cdot f_p \cdot f_m}{k_1} \text{ kp}$$

P_k er den karakteristiske værdi af de henholdsvis revne- og brudbelastninger, der findes ved

korttidsprøvning, $P_k = m [P] - k \cdot s [P]$, se DS 413. f_p er partialkoefficienten for bevægelig belastning, $f_p = 1,5$.

f_m er partialkoefficienten for styrken $f_m = 1,3$ iflg. DS 413.

k_1 er en faktor, som dels afhænger af hvilken belastningsgruppe belastningen tilhører (belastningens varighed og hyppighed) dels afhænger af, hvorledes materialets styrke reduceres ved langvarig belastning og de fugtvariationer, som må forventes.

Punktlasten 100 kp (personlast) på tage tilhører iflg. DS 413 belastningsgruppe B, kortvarige belastninger, og der kan for brædder og krydsfiner regnes med $k_1 = 0,6 \cdot 1,2 = 0,72$. Herved kan der for disse materialer som tagunderlag regnes:

$$\text{b. } P_k \geq 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ kp}$$

$$\text{c. } P_k \geq 100 \cdot \frac{1,3}{0,72} = 180 \text{ kp}$$

$$\text{d. } P_k \geq 180 \cdot 1,5 = 270 \text{ kp}$$

For andre materialer må tilsvarende faktorer bestemmes ud fra de pågældende materialers styrkereduktioner ved langvarig belastning.

B. Stødbelastning

For at sikre mod skader og brud ved stødpåvirkningen fra nødvendig færdsel under tagdækning, reparation etc. skal underlaget ved dynamisk prøvning med en 30 kg sandsæk opfylde følgende krav:

a. Mindst 4/5 af prøveemnerne skal kunne modstå stød af sandsækken med faldhøjderne 15 og 30 cm, uden at der opstår revner eller deformationer, der er skadelige for underlagets, fastgørelsens eller tagets funktioner (f.eks. blivende forskydning på højst 1 mm i en fuge).

b. Mindst 4/5 af prøveemnerne skal kunne modstå yderligere stød med faldhøjderne 45 og 60 cm uden brud af et sådant omfang, at sækken kan falde igennem. Dette krav kan udelades, såfremt understøtningernes centerafstand er højst 55 cm, eller der på anden måde sikres mod ulykker ved gennemtrængning.

C. Snebelastning

For at sikre mod skader og brud ved snebelastning, svarende til den i DS 410 angivne, skal det ved beregning eller prøvning vises, at følgende krav er opfyldt:

a. Af hensyn til bevægelse i fuger over understøt-

ninger: Nedbøjning $u_k \leq \frac{1}{6,4 \cdot h}$ mm for snelast.

Afhængigt af taghældning og tagdækningens art kan det være nødvendigt at stille strengere krav.

- b. Ved korttidsprøvning med jævnt fordelt last eller to liniebelastninger i spændviddens fjerdedelspunkter må brud tidligst opstå ved en belastning

$$P_k = (P_{\text{egenvægt}} + P_{\text{sne}} \cdot f_p) \cdot \frac{f_m}{k_1} \text{ kp, hvor}$$

$P_{\text{egenvægt}}$ og P_{sne} er belastninger iflg. DS 410, f_p er partialkoefficienten for bevægelig last, $f_p = 1,5$,

f_m er partialkoefficienten for styrken, $f_m = 1,3$ iflg. DS 413,

k_1 er en faktor, som dels afhænger af belastningens varighed dels af, hvorledes materialets styrke reduceres ved langvarig belastning. Iflg. DS 413 tilhører snelast belastningsgruppe A, langvarige belastninger, og der kan for brædder og krydsfiner regnes med $k_1 = 0,6$.

D. Vindbelastning

For den i DS 410 angivne vindbelastning skal det ved beregning eller prøvning eftervises, at såvel underlaget som fastgørelserne har den i normen krævede styrke og stivhed.

Hvor tagunderlaget forudsættes som skive at medvirke til optagelse af vandrette vindbelastninger på bygningen, skal det eftervises, at såvel tagunderlaget som dettes fastgørelse har den styrke og stivhed, der kræves i konstruktionsnormen for det pågældende materiale.

4.1.2 GULVE OG UNDERGULVE FOR LINOLEUM o.l. TIL BOLIGER o.l.

A. Statisk punktlast

For at opnå tilfredsstillende stivhed og sikre mod skader og brud ved en punktlast svarende til den i DS 410 angivne 150 kp (iflg. DS 413: Belastningsgruppe A, langvarige belastninger), skal gulvet ved korttidsprøvning med en punktlast, $d = 25$ mm, mindst opfylde følgende krav:

- a. Nedbøjningen for punktlasten 100 kp:

$$u_k \leq k_2 \cdot 2 \text{ mm for } l > 400 \text{ mm og}$$

$$u_k \leq \frac{k_2 \cdot l}{200} \text{ for } l \leq 400 \text{ mm}$$

k_2 er en faktor, som dels afhænger af belastningens varighed dels af, hvorledes materialet kryber ved langvarig belastning. For træ og krydsfiner regnes $k_2 = 1,0$.

Det forudsættes herved, at nedbøjningen forøges med ca. 50% ved langvarig belastning af f.eks. møbler.

For andre materialer må k_2 bestemmes på grundlag af de pågældende materialers krybning ved langvarig belastning. For spånplader kan der således højst regnes $u_k = 0,8 \cdot 2 = 1,6$ mm, hvis man skal opnå samme stivhed for langvarig belastning.

Af hensyn til stivhed mod rystelser ved færdsel på gulvet kan der for alle materialer regnes med $k_2 = 1,0$.

- b. Revner eller deformationer, der er skadelige for gulvets funktioner, og som giver et tydeligt knæk i arbejdslinien, må tidligst opstå ved en belastning:

$$P_k = 150 \cdot f_p \text{ kp}$$

- c. Ufarligt brud, dvs. gennemlokning eller lignende lokale brud, der ikke medfører risiko for ulykker, må tidligst opstå ved en belastning:

$$P_k = 150 \cdot \frac{f_m}{k_1} \text{ kp}$$

- d. Farlig brud, dvs. brud på et så stort område, at det medfører risiko for ulykker, må tidligst opstå ved en belastning:

$$P_k = 150 \cdot \frac{f_p \cdot f_m}{k_1} \text{ kp}$$

P_k , f_p , f_m og k_1 er defineret i 4.1.1.

For brædder og krydsfiner, belastningsgruppe A, kan iflg. DS 413 regnes $k_1 = 0,6$. Herved kan for disse materialer regnes:

b. $P_k \geq 150 \cdot 1,5 = 225$ kp

c. $P_k \geq 150 \cdot \frac{1,3}{0,6} = 325$ kp

d. $P_k \geq 325 \cdot 1,5 = 490$ kp

For andre materialer må tilsvarende faktorer bestemmes ud fra de pågældende materialers styrkereduktion ved langvarig belastning. For spånplade kan, indtil nærmere forsøgsresultater foreligger, regnes med $k_1 = 0,5$. Herved fås for spånplader:

b. $P_k \geq 150 \cdot 1,5 = 225$ kp

c. $P_k \geq 150 \cdot \frac{1,3}{0,5} = 390$ kp

d. $P_k \geq 390 \cdot 1,5 = 585$ kp

B. Stødbelastning

For at sikre mod skader og brud ved stødpåvirkninger (hoppende personer) skal gulvet ved dynamisk prøvning ved en 30 kg sandsæk opfylde følgende krav:

- a. Mindst 4/5 af prøveemnerne skal kunne modstå stød af sandsækken med faldhøjderne 15, 30 og 45 cm, uden at der opstår revner eller deformationer, der er skadelige for gulvets funktioner (f.eks. en blivende forskydning på højst 1 mm i en fuge).

- b. Mindst 4/5 af prøveemnerne skal kunne modstå yderligere stød af sandsækken med faldhøjderne 60, 75 og 90 cm, uden at der opstår brud af et sådant omfang, at sækken kan falde igennem. Dette krav kan udelades, såfremt bjælkernes

centerafstand er højst 55 cm, eller der på anden måde sikres mod ulykker ved gennemtrængning.

4.2 FORSLAG TIL PRØVEMETODER

A. Korttidsprøvning med statisk punktlast

Bestemmelse af bærende tagunderlags eller gulves stivhed og styrke.

Prøvemethoden er ens for gulve og tagunderlag på alle punkter undtagen de med Gulv: og Tag: fremhævede.

a. Prøveemner

Prøvningen skal udføres på mindst 3 to-fags eller 6 et-fagsprøveemner, så der fås mindst 6 ligeværdige prøveværdier.

Prøveemnerne udtages af repræsentativt materiale og for pladers vedkommende af mindst 3 plader.

Emnerne udføres, som vist på fig. 39 med en bredde på 1,5 gange spændvidden, dog mindst 2 pladers fulde bredde.

Emnerne oplægges med samme spændvidde, lejedybde og fastgørelse, som ønskes anvendt i praksis, på to stive bjælker, der ved enderne er afstivet med mellemstykker.

Gulv: Materialerne konditioneres før prøvningen ved $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ og $(65 \pm 2)\%$ rf.

Tag: Materialerne konditioneres før prøvningen ved $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ og $(75 \pm 2)\%$ rf.

b. Belastningsmåde

Gulv: Belastningen påføres gennem en ståldorn med plan cirkulær endeflade, hvis diameter er 25 mm, idet dog kanten er rundet med $r = 1$ mm.

Tag: Belastningen påføres gennem en ståldorn med plan cirkulær endeflade, hvis diameter er 50 mm. Mellem pladen og dornen indlægges en 12 mm blød træfiberplade med samme diameter.

Belastningen skal tilstræbes påført med konstant deformationshastighed (evt. konstant belastningshastighed indtil ca. 70% af brudlasten), således at brud indtræffer tidligst 5 min. efter belastningens start.

Det undersøges, i hvilke punkter belastningen er farligst.

c. Nedbøjningsmåling

Gulv: Nedbøjningen måles enten ved dornens bevægelse eller på pladens underside lodret under dornens centrum.

Tag: Nedbøjningen måles enten på pladens over- eller underside lodret under dornens centrum.

Hvis nedbøjning og last ikke registreres kontinuert (f.eks. ved hjælp af en x-y-skriver), bør nedbøjningen og lasten registreres samtidigt, ca. hvert 30. sekund.

d. Prøverapport

Prøverapporten skal normalt omfatte følgende:

1. Beskrivelse af prøveemnerne (materialer, dimensioner).
2. Beskrivelse af belastnings- og måleudstyr.

3. Beskrivelse af prøvningens forløb.

4. Samtidige værdier af kraft og nedbøjning (arbejdskurve).

5. Beregning af karakteristiske belastninger og nedbøjninger.

6. Bilag vedrørende supplerende prøvninger af det anvendte materiales styrkeegenskaber (bøjnings-, forskydnings-, tværtræksstyrke etc.).

B. Prøvning med dynamisk last (stødbelastning)
Bestemmelse af bærende tagunderlags eller gulves stivhed og styrke.

Prøvemethoden er ens for gulve og tagunderlag på alle punkter undtagen de med Gulv: og Tag: fremhævede.

a. Prøveemner

Prøvningen skal udføres på mindst 5 et-fags prøveemner. Prøveemnerne udtages af repræsentativt materiale og for pladers vedkommende af mindst 3 plader.

Emnerne udføres, som vist på fig. 40, med en bredde på 1,5 gange spændvidden, dog mindst 2 pladers fulde bredde.

Emnerne oplægges med samme spændvidde, lejedybde og fastgørelse, som ønskes anvendt i praksis, på to stive bjælker, der ved enderne er afstivet med mellemstykker.

Gulv: Materialerne konditioneres før prøvningen ved $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ og $(65 \pm 2)\%$ rf.

Tag: Materialerne konditioneres før prøvningen ved $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ og $(75 \pm 2)\%$ rf.

b. Belastningsmåde

Stødpåvirkningen frembringes ved hjælp af en sandsæk, der er udført af kraftigt læder, som beskrevet i ASTM, E-72 (diameter = 25 cm — vægt 30 kg).

I lædersækken placeres en lærredssæk af samme størrelse. Sandet fyldes i lærredssækken, der bindes forsvarligt.

Der anvendes tørt strandsand med største kornstørrelse = 4 mm, 30 — 60% gennemfald ved 0,5 mm og højst 2% ved 0,125 mm maskevidde.

Sandsækken ophænges i en wire og udløses fra wiren over emnet, således at samme område påvirkes af et stød med hver af faldhøjderne 15, 30, 45 og 60 cm osv. indtil brud.

Umiddelbart før hvert stød rulles sandsækken, så sandet er løst. Det undersøges, i hvilke områder belastningen er farligst.

c. Nedbøjningsmåling

Nedbøjningen ved hvert stød kan måles, som beskrevet i ASTM E-72, på pladens underside lodret under belastningsfladens centrum.

d. Prøverapport

Prøverapporten skal normalt omfatte de samme punkter, som er nævnt under korttidsprøvning med statisk punktlast.

C. Materialeprøvninger

Bestemmelse af materialernes egenskaber

(bøjnings-, forskydnings-, tværtræksstyrke, elasticitetsmodul, rumvægt, fugtindhold etc.) udføres, indtil danske eller fællesnordiske prøveregler foreligger, efter regler i ASTM-standards, britiske eller svenske standarder for det pågældende materiale.

Prøveemner til bestemmelse af materialegenskaberne udtages repræsentativt af samme brædde- eller pladedele, hvoraf de store prøveemner er udtaget, eller evt. af uskadte dele af de prøvede store emner.

Det ses af tabellen for tagunderlag, at 13 mm krydsfiner ikke helt opfylder de foreslåede krav vedr. stivhed og revnelast ved statisk belastning. Der er ikke foretaget stødbelastning af tagunderlag ved denne undersøgelse. Det skønnedes på grundlag af resultaterne for gulve i figur 19, at brædder

4.3 SAMMENLIGNING AF FORSØGSRESULTATER OG FORESLÅEDE STYRKE- OG STIVHEDSKRAV

I nedenstående 2 tabeller er de karakteristiske værdier af forsøgsresultaterne fra tagunderlag og gulve opstillet ved siden af de foreslåede krævede værdier.

Tagunderlag	Materiale	h mm	l cm	Karakteristiske værdier for statisk punktlast							
				Nedbøjning u_k for 100 kp			Revnelast P_r			$P_{max.}$	
				An- tal	For- søg mm	Krav max mm	An- tal	Forsøg kp	Krav min kp	Forsøg kp	Krav min kp
Rupl. brædder	25	100	3	3,7	6,7	9	335	150	355	180	
Rupl. brædder	19	60	3	2,9	5,3	9	200	150	265	180	
Krydsf. Canada	16	101	3	10,3	10,5	6	320	150	435	180	
Krydsf. U.S.A.	16	101				5	230	150	310	180	
Krydsf. Canada	13	81	3	11,5	10,4	6	100(147)	150	205	180	
Krydsf. U.S.A.	13	81				5	170	150	200	180	
Træfiberplade	16	61	3	5,4	6,4	6	180	150	225	225	

Gulve	Materiale	h mm	l cm	Karakteristiske værdier for statisk punktlast								Stødbelastn. med 30 kg. sandsæk		
				Nedbøjning u_k for 100 kp			Revnelast P_r			$P_{max.}$		Antal der holdt		
				An- tal	For- søg mm	Krav max mm	An- tal	Forsøg kp	Krav min kp	Forsøg kp	Krav min kp	An- tal	uden revner v.45 cm faldh.	uden brud v.75 cm faldh.
Hv.pl. brædder	28	100	3	2,6	2,0	9	415(505)	225	380(505)	325	5	5	5	
Hv.pl. brædder	22	70	3	2,7	2,0	9	190(247)	225	410	325	5	5	5	
Bøgeparketbr.	22	70	3	2,6	2,0	9	180(253)	225	195(255)	325	5	1	5	
Bøgeparketbr.	22	60	3	2,2	2,0	9	220(253)	225	240(269)	325	5	4	5	
Krydsf. Canada	16	51	3	3,2	2,0	6	245(294)	225	295(337)	325	5	2	2	
Krydsf. U.S.A.	16	51				5	160(247)	225	200(383)	325	5	3	4	
Krydsf. Canada	13	41	3	4,6	2,0	6	255	225	225(307)	325	5	4	4	
Krydsf. U.S.A.	13	41				5	190(237)	225	280(319)	325	5	3	5	
Spånplade	22	60	3	2,6	2,0	6	295	225	295(334)	390	5	4	5	

Tal i parentes angiver mindste forsøgsværdi

og krydsfiner ville opfylde kravene for tagunderlags modstandsevne overfor stødbelastning.

Af tabellen for gulve ses, at nedbøjningen for alle materialer er større end den foreslåede tilladte nedbøjning. Den karakteristiske revnelast er for flere materialer mindre end den foreslåede. Ingen af enkeltværdierne i forsøgene er dog mindre end den foreslåede værdi. Det foreslåede krav til max. last opfyldes kun fuldt af 28 og 22 mm hv. pl. brædder. For 16 mm krydsfiner var dog ingen enkeltværdi lavere end 325 kp og for 13 mm krydsfiner var kun 2 værdier lavere, nemlig 307 og 319 kp for krydsfiner fra henholdsvis Canada og U.S.A.

De foreslåede krav om modstandsevne for stødbelastning opfyldes helt af brædderne og spånpladerne, men kun delvis af krydsfinerpladerne.

4.4 FORSLAG TIL SPÆNDVIDDER FOR TAGUNDERLAG OG GULVE

Opfyldelse af de foreslåede styrke- og stivhedskrav kan opnås på flere måder. På grundlag af SBI's og NBI's undersøgelser kan uden yderligere forsøg foreslås følgende udførelser af tagunderlag og gulve med materialer af de i forsøgene anvendte kvaliteter:

Underlag for tagdækning af tagpap o.l.

Materiale	Tykkelse h mm	Forslag til spændvidder		Hidtil tilladte spændvidder	
		cm	Bem.	cm	Bem.
Rupl. brædder	25	100	fer og not	100	fer og not
Rupl. brædder	19	60	fer og not	60	fer og not
Krydsfiner, nåletræ	19	120	fer og not	122	fer og not
Krydsfiner, nåletræ	16	80	fer og not	101	fer og not
Krydsfiner, nåletræ	13	60	fer og not	81	fer og not
Træfiberplade	16	60	alle kanter underst.	60	alle kanter underst.

Bræddegulve og undergulve for tynde belægninger i boliger o.l.

Materiale	Tykkelse h mm	Forslag til spændvidder		Hidtil tilladte spændvidder	
		cm	Bem.	cm	Bem.
Hv.pl. brædder	28	90	fer og not	100	fer og not
Hv.pl. brædder	22	60	fer og not	70	fer og not
Bøgeparketbr.	22	60	fer og not	70	fer og not
Krydsfiner, nåletræ	19	60	alle kanter underst.	61	fer og not
Krydsfiner, nåletræ	16	40	alle kanter underst.	51	fer og not
Spånplade	22	60	alle kanter underst.		

Kommentarer til forslaget

Tagunderlag af rupl. brædder er angivet i bygningsreglementet med tykkelserne $h = 25$ og 19 mm ved henholdsvis max. $l = 100$ og 60 cm, mens der i Norge anvendes hv. pl. brædder med $h = 22$ og 19 mm ved henholdsvis $l = 120$ og 90 cm.

Forsøgene viser, at de opstillede styrke- og stivhedskrav vil kunne opfyldes af de rupl. brædder med henholdsvis $l = 120$ og 90 cm. Men rupl. brædder er ofte af ringe kvalitet. Tillige er fugtindholdet ofte så stort ved oplægningen, at fer og not delvis skilles ved udtørringen. Det kan derfor ikke anbefales at anvende større spændvidder end angivet i bygningsreglementet, med mindre der benyttes fuldkantede brædder af kvinta eller bedre kvalitet og med et fugtindhold ved oplægningen på mindre end 18%. Da tagpappet normalt ikke klæbes på brædder, men sømmes på, fås større tendens til buler ved tagdækning på brædder end ved tagdækning på plader.

Undergulve for parketstave kan formentlig udføres med større spændvidder end i ovenstående tabel, eller af pladematerialer med fer og not i stedet for understøtninger på tværs af bjælkerne, men dette er endnu ikke undersøgt.

I tabellerne er ved siden af de foreslåede spændvidder vist de hidtil tilladte spændvidder, som for brædder er angivet i bygningsreglementet og for plader i boligministeriets godkendelser.

NBI foreslår det krav til tagunderlagets stivhed, at nedbøjningen for egenvægt + snevægt skal begrænses, så der altid er et vist fald, også hvor vinkelændringen er modsat tagfaldet.

Taghældning	Max. nedbøjning	Restfald
1:20	1:60	ca. 0
1:50	1:200	ca. 1:250
1:100	1:400	ca. 1:500

Der er næppe grund til at stille dette krav her i landet, med mindre der er tale om plader med stor spændvidde.

Ved spændvidder på 1,2 m og mindre kan der på grund af nedbøjningen højst komme til at stå nogle få mm vand, som hurtigt vil fordampe, når sneen forsvinder. Ved stoppede indvendige tagnedløb og ved optøning af sneen omkring korsten og aftræk kan der komme til at stå betyde-

ligt mere vand i meget længere tid selv ved tage med hældning større end f.eks. 1:20. Taget må i alle tilfælde dimensioneres for det vandtryk, som kan forekomme.

De prøvede 16 mm krydsfinerplader ved $l = 101$ cm opfyldte lige netop de foreslåede styrke- og stivhedskrav, mens 13 mm ved $l = 81$ cm ikke fuldt opfyldte kravene.

Når der samtidig tages hensyn til bestræbelserne for at anvende vandrette mål, der er delelige med 30 cm, fås $l = 90$ cm for $h = 16$ mm og $l = 60$ cm for $h = 13$ mm at passe bedst. Krydsfiner fra Canada og U.S.A. leveres med standardlængden 244 cm, som dog formentlig i 1970 ændres til 240 cm. Denne længde svarer til 2 fag på 120 cm, 3 fag på 80 cm eller 4 fag på 60 cm.

I Norge og Finland fremstilles dog også krydsfiner med en standardlængde på 180 cm, svarende til 2 fag på 90 cm eller 3 fag på 60 cm.

Gulve af hv. pl. brædder er angivet i bygningsreglementet med tykkelse $h = 28$ og 22 mm ved henholdsvis max. $l = 100$ og 80 cm (70 cm ved strøer). Disse regler stammer fra den tid, da man anvendte heltømmer til bjælker, dvs. lysvidden mellem bjælkerne var sjældent større end 85 henholdsvis 65 cm. Ofte benyttedes mindre bjælkeafstande, fordi de murede tværskillevægge var gennemgående, og bjælkerne derfor måtte inddeles mellem disse. I fremtiden vil 5 cm brede bjælker være almindelige. Til lysvidderne 85 og 65 svarer da henholdsvis $l = 90$ og 70 cm.

I Norge regnes med max. $l = 90$ og 60 cm for henholdsvis $h = 28$ og 22 mm.

Forsøgene viser også, at bjælkeafstandene skal reduceres til 90 og 60 cm for at svare til de foreslåede stivhedskrav. Disse afstande svarer til lige til 30 cm modulen og til bræddelængderne, som er multipla af 30 cm.

22 mm bølgeparketbrædder, som lægges med "flyvestød" opfyldte ved forsøgene ikke fuldt de foreslåede styrke- og stivhedskrav, når der belastes ved et bræddestød midt i et fag på 60 cm. Men afvigelsen fandtes dog tilladelig, da stødene var lagt på absolut ugunstigste måde efter fabrikens lægningsregler.

Ved forsøgene med 16 og 13 mm krydsfiner ved henholdsvis $l = 51$ og 41 cm fandtes de foreslåede styrke- og stivhedskrav ikke opfyldt. NBI har ved forsøg fundet, at de foreslåede styrke- og stivhedskrav for statisk punktlast opfyldes af 19 og 16 mm krydsfiner ved henholdsvis $l = 60$ og 40 cm, når alle pladekanter er understøttede. 13 mm er ikke medtaget, da stivhedskravet højest tillader en bjælkeafstand på ca. 30 cm, hvilket ikke normalt vil blive anvendt.

For 22 mm spånplade ved $l = 60$ cm fandtes stivheds- og styrkekravene ikke opfyldt ved fugerne. Det foreslåede stivhedskrav tager ikke hensyn til, at spånplader kryber mere end brædder ved langvarig belastning, idet en langsom nedbøjning under meget tunge møbler formentlig kan tolereres.

De foreslåede kombinationer af tykkelse og

spændvidder for krydsfiner og spånplader til gulve forudsætter, at alle pladekanter understøttes. Til gengæld kan fjer og not udelades. På bærende bjælker skal pladerne lægges på tværs for at fordele punktlaster på flere bjælker. På strøer på betondæk kan spånplader lægges på langs, hvorved man får færre mellemstykker til understøtning af pladekanterne.

Man vil formentlig også for krydsfiner og spånplader kunne opfylde de foreslåede styrke- og stivhedskrav til gulve uden at anvende understøtninger af fugerne på tværs af bjælkerne, hvis der anvendes andre udformninger af fer og not eller mindre spændvidder. Men det må eftervises ved forsøg.

4.5 FREMTIDIGE FORSØG

De udførte forsøg med langvarig belastning gav en orientering om deformationernes forøgelse med tiden dels ved konstans 65% rf dels ved skiften mellem 65 og 85% rf. Men sammenhængen mellem belastningsstørrelsen og belastningstiden, indtil brud indtræffer, giver forsøgene ikke grundlag for at bestemme.

Ved litteraturgennemgangen har det kun været muligt at få spredte og ikke særlig godt overensstemmende oplysninger om styrkens sammenhæng med belastningstiden.

I fig. 41 er vist nogle kurver, som er angivet af forskellige forfattere, idet belastningstiden er angivet i logaritmisk målestok. Liska (1) har i 1950 undersøgt træes styrke ved meget kortvarige belastninger, og Clouser (3) 1959 ved belastninger med varighed indtil 1 år. På grundlag af deres resultater angav Wood (4) 1960 en hyperbel, som nu anvendes i bl.a. U.S.A. og England for træstyrkens afhængighed af belastningstiden.

Der synes dog ikke at foreligge resultater, som sandsynliggør, at hyperbelen er rigtigere end de rette linier, som de andre forfattere har angivet.

Bestemmelse af træmaterialers styrke ved belastning af varighed væsentlig ud over 1 år kræver et meget stort antal prøveemner, da resultaternes spredning er endnu større end ved kortvarig belastning og i høj grad afhænger af temperatur og fugtforhold i belastningstiden.

For det naturlige træmateriale kan det være rimeligt at udføre meget langvarige belastningsforsøg for at bestemme styrkens afhængighed af belastningstiden, men for de forskellige træmaterialer, som stadig udvikles, er den lange forsøgsvarighed upraktisk, og ofte vil resultaterne være uaktuelle, når de endelig fremkommer. Det vil derfor være af stor betydning, hvis det er muligt ud fra forsøg af mindre varighed, f.eks. ca. 2 måneder ved ekstrapolation at angive et materiales styrke og deformation ved enhver størrelse og varighed af belastningen.

Lundgren (10) har for nogle materialer angivet udtryk for deformationens afhængighed af tiden ved forskellige fugtindhold og belastningsniveauer og har angivet nogle vejledende værdier for brud-

deformationen. Ved hjælp af disse størrelser skulle man kunne beregne en konstruktions deformation for langvarig belastning dels for at afgøre, om nedbøjningen er acceptabel, dels for at beregne den omtrentlige belastningstid, til bruddeformationen nås.

De angivne bruddeformationer synes imidlertid at være behæftede med så stor usikkerhed, at der behøves yderligere forsøg for at afgøre, om denne metode kan anvendes med tilstrækkelig nøjagtighed til beregning af belastningstiden til brud.

De foretagne forsøg og litteraturstudier har vist nogle resultater, som kan tyde på, at træmaterialernes bruddeformationer kan betragtes som sammensat af:

1. Lineærelastiske deformationer d_e , proportionale med belastningen.
2. Uelastiske deformationer d_u , og elastiske krybningsdeformationer d_k , hvis sum $d_u + d_k$ er uafhængig af belastningens størrelse og belastningstiden til brud, bortset fra meget hurtig belastning til brud.

I fig. 42 er i de 3 diagrammer a, b og c optegnet nogle resultater fra (10).

Diagrammerne viser begyndelsesdeformationer (o) og bruddeformationer (+) ved trækbelastning til forskellige spændinger.

Kurverne er indtegnet på skøn.

Disse få resultater kan naturligvis kun antyde en tendens, men et lignende billede fås af resultater i (14).

Hvis teorien er rigtig, skulle man i løbet af ca. 2 måneder kunne bestemme et materiales deformation i afhængighed af belastningens størrelse og varighed samt materialets bruddeformation og dermed belastningstiden til brud ved en forudsat spænding. De nødvendige data skulle kunne opnås ved følgende forsøg:

1. Ved korttidsforsøg bestemmes arbejdskurven, som vist i fig. 42 d. Ved en aflastning fra ca. 50% af korttidsbrudlasten bestemmes $E = \frac{s}{d_e}$

En linie med denne hældning gennem arbejds-kurvens brudpunkt skulle indirekte give bruddeformationen ved enhver spænding.

2. Forsøg i ca. 2 måneder med en belastning af størrelsesordenen som den langtidslast, der må forventes at kunne tillades (f.eks. 20% af korttidsbrudlasten), og ved sådanne fugtforhold, som må forudsættes under brugen, skulle give en tilstrækkelig lang krybningskurve til ved ekstrapolation at bestemme deformationsforøgelsen i f.eks. 10 eller 30 år.
3. Forsøg med belastning til en spænding, der medfører brud i løbet af ca. 2 måneder, kunne give en yderligere bestemmelse af to punkter på det ved korttidsforsøget fundne arbejdsdiagram (begyndelses- og bruddeformation, se fig. 42 d). Herved opnåedes en kontrol på bruddeformationen og et punkt på et diagram for styrkens afhængighed af belastningstiden, se fig. 41.

Det bør ved fortsatte forsøg med langvarig belastning af træmaterialer (spånplader, fiberplader o.l.) undersøges, om styrkens afhængighed af belastningstiden kan bestemmes med størst sikkerhed ved ekstrapolation af krybningskurver og bruddeformationskurver som i fig. 42 d eller ved ekstrapolation efter en linie som i fig. 41.

Fremtidige forsøg af denne art bør i højere grad ske ved samarbejde mellem de nordiske lande. For at opnå sammenlignelige resultater er det nødvendigt, at forsøgsbetingelserne er ensartede.

Da fugtforholdene har så stor betydning for krybningen og styrken ved langvarig belastning, og da der er stor usikkerhed om, hvilke fugtvariationer der bør regnes med, bør der også snarest igangsættes undersøgelser af fugtvariationerne i eksisterende konstruktioner.

Da krybningen må antages at være forskellig ved træk-, tryk-, forskydnings- og bøjningspåvirkning, bør alle fire påvirkninger undersøges ved langtidslastning under samme fugtforhold.

5. Litteratur

- (1) *J.A. Liska*
Effect of rapid loading on the compressive and flexural strength of wood. U.S. Forest Product Laboratory. Report No. 1767, 1950.
- (2) *Henry Hansen*
Nedbøjning av trebjelkelag. Norges Byggeforskningsinstitut Rapport nr. 26, 1958.
- (3) *W.S. Clouser*
Creep of small wood beams under constant bending load. U.S. Forest Products Laboratory. Report No. 2150, 1959.
- (4) *L.W. Wood*
Relation of strength of wood to duration of load. U.S. Forest Products Laboratory. Report No. 1916, 1960.
- (5) *S. Åke Lundgren*
Fiberskivor, spånskivor og plywood — några jämnförelser. Svensk Pappertidning, 1960:16, side 510-516. Stockholm.
- (6) *B. Norén*
Svensk Furuplywood. Statens råd för byggnadsforskning. Handlingar nr. 45, 1964 Stockholm.
- (7) *P. Aune*
Trekonstruksjoner. Forelesninger NTH 1965, Trondheim.
- (8) *J.A. Kay, A.F. March and M.A. Sabatini*
Tests on plywood flooring materials. TRADA Research Report E/RR/23, 1966.
- (9) *Per Gripp*
Undergulv for belegg. Norges Byggeforskningsinstitut. Særtryk nr. 124, 1966.
- (10) *S. Åke Lundgren*
Träskivor som byggnadsmaterial. Del 1. Nyköping 1967.
- (11) *Hideo Sugiyama*
On the effect of loading time on the strength properties of wood. A review on Japanese research. Wood Science and Technology Vol. 1 (1967) p. 289-303.
- (12) *L.G. Booth and P.O. Reece*
The Structural Use of Timber. A commentary on the British Standard Code of Practice CP 112:1967, London 1967.
- (13) *S.A. Covington*
Point load tests on flooring materials. Wood. March 1967 p. 41-44.
- (14) *K. Möhler und J. Ehlbeck*
Versuche über das Dauerstandverhalten von Spanplatten und Furnierplatten bei Biegebeanspruchung. Holz als Roh- und Werkstoff. Heft 4, April 1968. S. 118-124.
- (15) *Leiv Jordal*
Sponplater som golv. Norges Byggeforskningsinstitut. Rapport nr. 54, 1968.

6. Summary

The aim of the experiments, which are to form part of SBI's work on formulation of functional requirements, was to provide a basis for draft recommendations as regards strength and rigidity requirements and testing methods for roof sheathings and floors and, in addition, to test the strength and rigidity of various roof sheathings.

The experiments comprised sections of roofs and floors, and the materials were tested when exposed to loads of short and of long duration, with constant moisture content and with changing moisture contents. The materials tested were boards of pine and beech, Douglas fir plywood, three-layer particle boards and medium hardboards.

Tabeller

Brædder og plader til tage

- Tabel 1 Nedbøjning for statisk punktlast
Tabel 2 Nedbøjningslinie parallel med understøtninger, for statisk punktlast
Tabel 3 Styrke for statisk punktlast
Tabel 4 Nedbøjning ved almindelig gang

Brædder og plader til gulve

- Tabel 5 Nedbøjning for statisk punktlast
Tabel 6 Nedbøjningslinie parallel med understøtninger, for statisk punktlast
Tabel 7 Styrke for statisk punktlast
Tabel 8 Nedbøjning ved almindelig gang

Små fejlfri prøver

- Tabel 9 Antal små fejlfri forsøgsemner

On the basis of the experiments recommendations for strength requirements and testing methods were drawn up, the tests to comprise static point loads and impact loads since loads of these types are generally more dangerous than uniform loads on roof sheathings as well as on floors in dwellings and similar buildings.

As regards the effect of long-term loads and of moisture conditions the experiments were not comprehensive enough to provide more than preliminary guidance. It is suggested, therefore, that the experiments should be continued and supplemented with examinations of the moisture conditions in existing structures.

Tabel 1

Tag. Nedbøjning for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af nedbøjningen u for 100 kp (ved pladematerialer 50 kp i pkt. 1, 3 og 5)

Tagmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	Antal prøver pr.pkt.	1 fag Belastning og nedbøjning i punkt								2 fag Belastning og nedbøjning i punkt							
				1 el. 3		2		4		5		1 el. 3		2		4		5	
				\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm
25 mm rupl. brædder	100	132	3	6,6	0,65	4,6	0,03					5,4	0,35	3,7	0,03				
19 mm rupl. brædder	60	132	3	4,2	0,22	3,3	0,55					3,8	0,48	2,7	0,24				
16 mm krydsfiner. Canada	101	122	3	8,9	0,53	7,2	0,42	10,5	0,20	9,1	0,26	8,9	0,54	6,0	0,36	9,6	0,70		
16 mm krydsfiner. U.S.A.	101	122	5					10,7	0,77										
13 mm krydsfiner. Canada	81	122	3	10,7	0,65	9,0	0,38	12,5	0,62	11,1	0,61	9,5	1,08	7,7	0,45	10,6	0,93		
13 mm krydsfiner. U.S.A.	81	122	5					13,3	1,43										
16 mm træfiberplade 1)	61	122	3	5,6 ²⁾	0,70	5,4	0,57					5,1 ²⁾	0,45	5,0	0,40				
				\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm	\bar{u}_2 mm	s mm		
25 mm rupl. brædder	100	132	3	6,2	0,56	4,2	0,14					5,2	0,32	3,6	0,08				
19 mm rupl. brædder	60	132	3	3,9	0,28	3,0	0,45					3,6	0,42	2,4	0,24				
16 mm krydsfiner. Canada	101	122	3	8,6	0,52	7,0	0,35	10,0	0,17	8,9	0,21	8,6	0,60	5,8	0,36	9,1	0,76		
16 mm krydsfiner. U.S.A.	101	122	5					10,1	0,58										
13 mm krydsfiner. Canada	81	122	3	10,4	0,59	8,6	0,44	11,7	0,45	10,8	0,57	9,0	0,90	7,3	0,45	9,8	0,84		
13 mm krydsfiner. U.S.A.	81	122	5					12,1	1,29										
16 mm træfiberplade 1)	61	122	3	5,4 ²⁾	0,71	5,2	0,51					5,0 ²⁾	0,45	4,9	0,40				

1) 3-sidet understøttet

2) Kun pkt. 1

Tabel 2

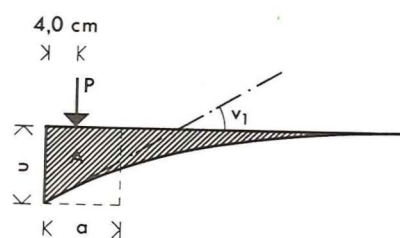
Tag. Nedbøjningslinie parallel med understøtninger, for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af "fordelingsbredde" a og vinkelældring v (1 fag)

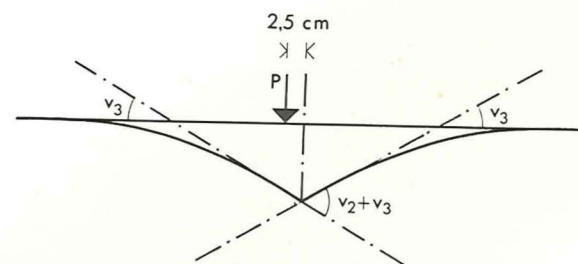
Tagmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	Antal prøver	Pkt. 1 el. 3						Pkt. 2 (brædder) Pkt. 4 (plader)			
				Belastning P kp	a = A/u			tg v ₁		Antal prøver	Belastning P kp	tg (v ₂ + v ₃)	
					Gns. cm	s cm	$\frac{a}{l}$	Gns.	s			Gns.	s
25 mm rupl. brædder	100	132	6 ³⁾	100	19	1,5	0,19	0,015	0,0038	3	100	0,031	0,0031
19 mm rupl. brædder	60	132	6	100	15	0,6	0,25	0,010	0,0015	3	100	0,031	0,0062
16 mm krydsfiner. Canada	101	122	6	50	26	1,7	0,26	0,025	0,0010	3	100	0,057	0,0046
13 mm krydsfiner. Canada	81	122	6	50	21	0,9	0,26	0,032	0,0044	3	100	0,081	0,0035
16 mm træfiberplade 1)	61	122	3 ²⁾	50	27	1,2	0,44	0,017	0,0015	3	100	0,081	0,0035

1) 3-sidet understøttet

2) Kun pkt. 1

3) 5 prøver for tg v₁

punkt 1 eller 3



punkt 2 eller 4

Snit i fagmidte ≠ understøtning

Tabel 3

Tag. Styrke for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af brudlast og -nedbøjning

Tagmateriale	Belastningspunkt	Spændvidde l	Bredde b	1 fag						2 fag							
				Indledning af brud			Max. belastning			Indledning af brud			Max. belastning				
				\bar{P}_r	s	\bar{u}_r	Antal prøver. Brudform	\bar{P}_{max}	s	\bar{u}_{max}	\bar{P}_r	s	\bar{u}_r	Antal prøver. Brudform	\bar{P}_{max}	s	\bar{u}_{max}
kp	kp	mm		kp	kp	mm	kp	kp	mm		kp	kp	mm				
25 mm rupl. brædder	1 el. 3	100	132	400	76	27	6C	420	62	29	450	108	24	6C	470	99	30
	2	100	132	380	96	18	3C	560	53	51	530	67	20	3C	620	91	44
19 mm rupl. brædder	1 el. 3	60	132	310	37	15	6C	320	28	20	360	82	15	6C	420	60	26
	2	60	132	310	58	12	3C	450	94	26	340	50	9	3C	560	62	27
16 mm krydsfiner. Canada ²⁾	4	101	122	390	28	36	6C	530	43	53							
16 mm krydsfiner. U.S.A.	4	101	122	380	60	42	5C	420	43	61							
13 mm krydsfiner. Canada ²⁾	4	81	122	230	53	25	6C	300	40	49							
13 mm krydsfiner. U.S.A.	4	81	122	260	36	33	5C	270	29	34							
16 mm træfiberplade ^{1) 2)}	2	61	122	240	24	14	6A	280	22	29							
	3	61	122	220	31	6	6D	320	22	18							

1) 3-sidet understøttet

2) Gennemsnitsværdier fra 1 og 2 fag

Brudform A: Trækbrud
 B: Forskydning på langs i bræt
 C: Forskydning eller flækning i pløjning
 D: Gennemlokning

Tabel 4

Tag. Nedbøjning ved almindelig gang (ca. 80 kp)

Gennemsnitsværdier af nedbøjningen u

Tagmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	1 fag Belastning og nedbøjning i pkt.				2 fag Belastning og nedbøjning i pkt.			
			2		4		2a		4a	
			\bar{u} mm	s_u mm	\bar{u} mm	s_u mm	\bar{u} mm	s_u mm	\bar{u} mm	s_u mm
25 mm rupl. brædder	100	132	3,4	0,08			2,6	0,04		
19 mm rupl. brædder	60	132	2,3	0,26			1,9	0,12		
16 mm krydsfiner. Canada	101	122			9,0	0,47	4,5	0,22	7,7	0,46
13 mm krydsfiner. Canada	81	122			10,4	0,39	5,6	0,07	8,7	0,47
16 mm træfiberplade ¹⁾	61	122	4,0	0,21			3,6	0,29		

3 prøveemner af hvert materiale
 Hvert punkt prøvedes 5 gange
 s_u = middelfejl på gennemsnittet

1) 3-sidet understøttet

Tabel 5

Gulv. Nedbøjning for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af nedbøjningen u for 150 kp

Gulvmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	Antal prøver pr. pkt.	1 fag Belastning og nedbøjning i punkt								2 fag Belastning og nedbøjning i punkt									
				1 el. 3		2		4		5		1 el. 3		2		4		5			
				\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm	\bar{u}_1 mm	s mm		
28 mm hv. pl. brædder	100	151	3	7,3	0,60	4,4	0,18							6,5	1,30	3,7	0,21				
22 mm hv. pl. brædder	70	121	3	6,8	1,04	4,1	0,31							5,8	0,80	3,6	0,48				
22 mm bøgeparketbrædder	70 60	114 114	3 3	7,3 ¹⁾ 5,5 ¹⁾	0,44 0,35	4,1 3,6	0,32 0,33							6,8 ¹⁾ 5,2 ¹⁾	0,63 0,12	3,7 3,2	0,18 0,10				
16 mm krydsfiner. Canada	51	122	3	8,4	0,76	3,7	0,15	4,9	0,30	9,2	1,01	7,4	0,77	3,1	0,15	4,4	0,40	7,8	0,57		
16 mm krydsfiner. U.S.A.	51	122	5					5,7	0,34												
13 mm krydsfiner. Canada	41	122	3	9,4	0,72	4,3	0,12	6,1	0,35	8,7	0,25	8,5	1,52	4,1	0,38	5,8	1,10	8,2	1,42		
13 mm krydsfiner. U.S.A.	41	122	5					5,6	0,23												
22 mm spånplade	60	123	3	6,7	0,62	3,1	0,38	3,8	0,18	7,7	1,25	6,2	0,72	2,5	0,29	3,7	0,25	6,1	0,85		
				\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_1	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s	\bar{u}_2	s
28 mm hv. pl. brædder	100	151	3	7,0	0,55	4,1	0,08					6,3	1,15	3,5	0,20						
22 mm hv. pl. brædder	70	121	3	6,6	0,98	4,0	0,26					5,6	0,71	3,4	0,47						
22 mm bøgeparketbrædder	70 60	114 114	3 3	6,9 ¹⁾ 5,1 ¹⁾	0,38 0,24	3,8 3,3	0,28 0,35					6,5 ¹⁾ 4,8 ¹⁾	0,63 0,14	3,5 2,9	0,20 0,13						
16 mm krydsfiner. Canada	51	122	3	8,0	0,73	3,5	0,20	4,6	0,31	8,7	0,96	7,0	0,72	3,0	0,15	4,2	0,35	7,3	0,52		
16 mm krydsfiner. U.S.A.	51	122	5					5,3	0,34												
13 mm krydsfiner. Canada	41	122	3	8,8	0,63	4,1	0,10	5,7	0,23	8,2	0,15	7,7	1,18	3,9	0,35	5,1	1,37	7,6	1,32		
13 mm krydsfiner. U.S.A.	41	122	5					5,1	0,21												
22 mm spånplade	60	123	3	6,4	0,57	3,0	0,35	3,6	0,18	7,3	1,23	5,9	0,66	2,4	0,30	3,5	0,20	5,9	0,83		

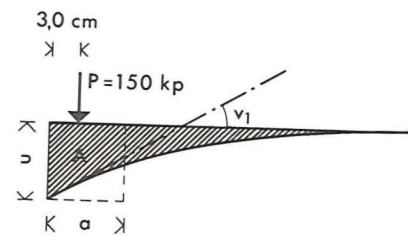
1) Kun pkt. 1

Tabel 6

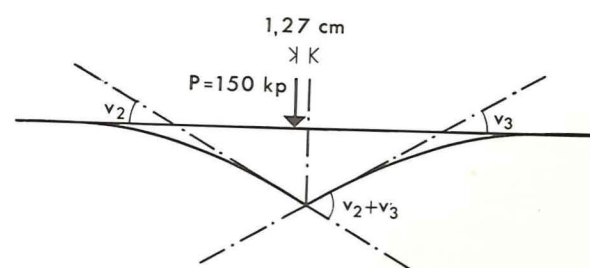
Gulv. Nedbøjningslinje parallel med understøtninger, for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af "fordelingsbredde" a og vinkelændring v (1 fag)

Gulvmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	Antal prøver	Pkt. 1 el. 3					Pkt. 2 (brædder) Pkt. 4 (plader)			
				a = A/u		tg v ₁			Antal prøver	tg(v ₂ + v ₃)		
				Gns. cm	s cm	$\frac{a}{l}$	Gns.	s		Gns.	s	
28 mm hv. pl. brædder	100	151	5	15	0,3	0,15	0,035	0,0037	3	0,048	0,0028	
22 mm hv. pl. brædder	70	121	6	17	1,0	0,24	0,033	0,0039	3	0,047	0,0096	
22 mm bøgeparketbrædder	70	114	6	19	1,0	0,27	0,034	0,0025	3	0,034	0,0058	
16 mm krydsfiner. Canada	51	122	6	15	0,8	0,29	0,040	0,0026	3	0,047	0,0049	
13 mm krydsfiner. Canada	41	122	6	11	0,4	0,27	0,059	0,0039	3	0,089	0,0099	
22 mm spånplade	60	123	6	26	1,0	0,43	0,022	0,0019	3	0,028	0,0041	



punkt 1 eller 3



Snit i fagmidte ≠ understøtning

punkt 2 eller 4

Tabel 7

Gulv. Styrke for statisk punktlast

Gennemsnitsværdier af brudlast og -nedbøjning

Gulvmateriale	Belastningspunkt	Spændvidde l cm	Bredde b cm	1 fag						2 fag							
				Indledning af brud				Max. belastning		Indledning af brud				Max. belastning			
				\bar{P}_r kp	s kp	\bar{u}_r mm	Antal prøver Brudform	\bar{P}_{max} kp	s kp	\bar{u}_{max} mm	\bar{P}_r kp	s kp	\bar{u}_r mm	Antal prøver Brudform	\bar{P}_{max} kp	s kp	\bar{u}_{max} mm
28 mm hv. pl. brædder	1 el. 3	100	151	660	125	40	3A 2B 1C	670	94	42	700	240	40	1A 3B 2C	710	255	39
	2	100	151	530	45	20	3C	580	57	35	700	195	24	1B 2C	740	250	30
22 mm hv. pl. brædder	1 el. 3	70	121	410	93	21	2A 2B 2C	440	84	24	530	37	23	3A 3B	550	32	25
	2	70	121	300	100	9	3C	500	22	25	310	83	8	3C	580	120	26
22 mm bøgeparketbrædder	1 el. 3	70	114	270	37	14	6C'	280	35	17	270	29	13	6C'	290	29	16
	2	70	114	270	52	9	3C	310	26	22	330	75	9	3C	390	23	20
	1 el. 3	60	114	280	34	12	6C'	310	51	15	340	52	13	6C'	340	46	13
	2	60	114	290	46	8	3C	420	30	15	340	68	8	3C	370	62	12
16 mm krydsfiner. Canada ¹⁾	4	51	122	350	43	13	6C	400	44	24							
16 mm krydsfiner. U.S.A.	4	51	122	300	55	13	5C	440	95	35							
13 mm krydsfiner. Canada ¹⁾	4	41	122	310	23	14	6C	350	52	19							
13 mm krydsfiner. U.S.A.	4	41	122	270	33	11	5C	380	40	26							
22 mm spånplade ¹⁾	4	60	123	340	19	11	6C	360	26	13							

1) Gennemsnitsværdier fra 1 og 2 fag

- Brudformer A: Trækbrud
 B: Forskydning på langs i bræt
 C: Forskydning eller flækning i pløjning
 C': Forskydning eller flækning i stavpløjning

Tabel 8

Gulv. Nedbøjning ved almindelig gang (ca. 80 kp)

Gennemsnitsværdier af nedbøjningen u

Gulvmateriale	Spændvidde l cm	Bredde b cm	1 fag Belastning og nedbøjning i punkt				2 fag Belastning og nedbøjning i punkt			
			2		4		2a		4a	
			\bar{u} mm	$s_{\bar{u}}$ mm	\bar{u} mm	$s_{\bar{u}}$ mm	\bar{u} mm	$s_{\bar{u}}$ mm	\bar{u} mm	$s_{\bar{u}}$ mm
28 mm hv. pl. brædder	100	151	2,1	0,09			1,6	0,04		
22 mm hv. pl. brædder	70	121	1,8	0,04			1,5	0,10		
22 mm bøgeparketbrædder	70	114	2,0	0,09			1,6	0,06		
22 mm bøgeparketbrædder	60	114	1,6	0,14			1,2	0,09		
16 mm krydsfiner. Canada	51	122			2,3	0,17	1,5	0,05	1,9	0,05
13 mm krydsfiner. Canada	41	122			2,6	0,20	1,9	0,09	2,3	0,13
22 mm spånplade	60	123			1,8	0,12	1,4	0,08	1,6	0,08

3 prøveemner af hvert materiale
 Hvert punkt prøvedes 5 gange
 $s_{\bar{u}}$ = middelfejl på gennemsnittet

Tabel 9

Antal små fejlfri forsøgsemner

Materiale	Korttidsbelastning efter lagring i:								Langtidsbelastning ved lagring i:					
	konstant fugtighed				vekslende luftfugtighed 65-85% rf				konstant luftfugtighed 65% rf			vekslende luftfugtighed 65-85% rf		
	Prøvning efter lagring i:				Prøvning efter lagring sidste uge i:				Belastning i forhold til korttidsbrudlast			Belastning i forhold til korttidsbrudlast		
	65% rf	85% rf	vand		65% rf		85% rf		0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	
Fyrretræ 28 mm hv. pl. 22 mm hv. pl. 25 mm rupl. 19 mm rupl.	5 2·5 5 5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	10	6	9	
Krydsfiner, Canada Select Sheathing 16 mm, yderlag ≠ spv. 16 mm, yderlag ⊥ spv. 13 mm, yderlag ≠ spv. 13 mm, yderlag ⊥ spv.	5 5 5 5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	10	5	9	
Krydsfiner, USA Underlayment 16 mm yderlag ≠ spv. 16 mm yderlag ⊥ spv. 13 mm yderlag ≠ spv. 13 mm yderlag ⊥ spv.	5 5 5 5													
Krydsfiner, USA Standard 16 mm yderlag ≠ spv. 16 mm yderlag ⊥ spv. 13 mm yderlag ≠ spv. 13 mm yderlag ⊥ spv.	5 5 5 5													

Tabel 9 (fortsat)

16 mm træfiberplade	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	10	6	10
22 mm spånplade	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	10
Forsøgsserie	A	C	B	B'	D	F	E	G	K	L	M	H	I

Korttidsbelastning efter lagring:

A i 65% rf i 6 uger

D i 65 og 85% rf med ugentlig skift i 4 uger, sidste uge i 65% rf

F i 65 og 85% rf med ugentlig skift i 8 uger, sidste uge i 65% rf

C i 85% rf i 18 uger

E i 65 og 85% rf med ugentlig skift i 5 uger, sidste uge i 85% rf

G i 65 og 85% rf med ugentlig skift i 9 uger, sidste uge i 85% rf

B i 65% rf i 2 uger, derefter 1 døgn i vand

B' i 65% rf i 2 uger, derefter 15 døgn i vand

Langtidsbelastning ved lagring i vekslende fugtighed 65 og 85% rf med skift hver uge i 21 uger, skift hver 2. uge fra 21.-43. uge og skift hver uge fra 43. uge.

Figurer

	Figurer
Forsøgsudstyr til tage og gulve	1-9
Forsøgsmaterialer	10-13
Prøveemner	14
Forsøgsresultater. Brædder og plader til tage og gulve	15-25
Forsøgsudstyr til små fejlfri prøver	26-30
Forsøgsresultater. Små fejlfri prøver <i>Stivhed og styrke ved korttidsbelastning</i> ...	31-33
<i>Nedbøjning ved langtidsbelastning</i>	34-38
Prøvemethoder	39-40
Fremtidige forsøg	41-42

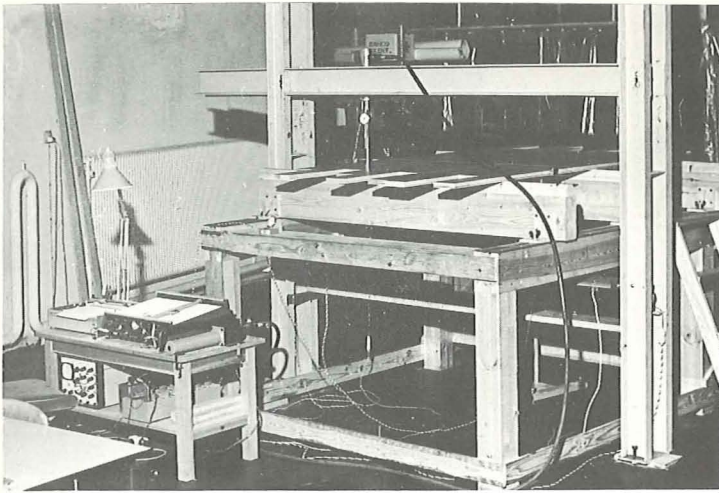


Fig. 1. Forsøgsopstilling ved statisk punktlast.

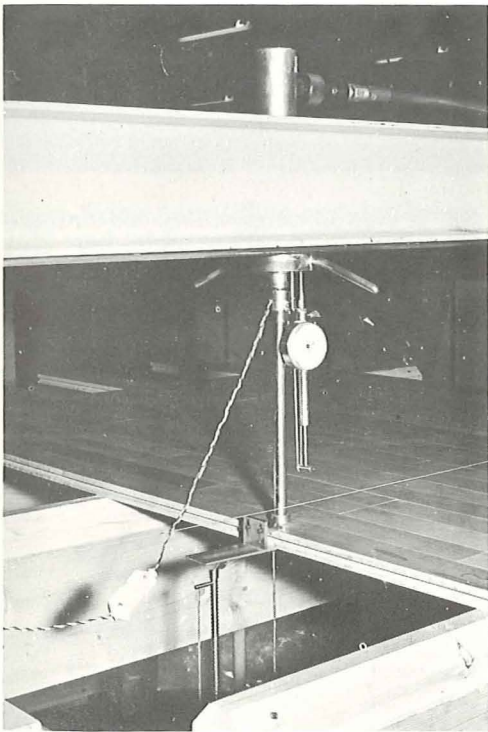


Fig. 2. Donkraft til statisk punktlast.

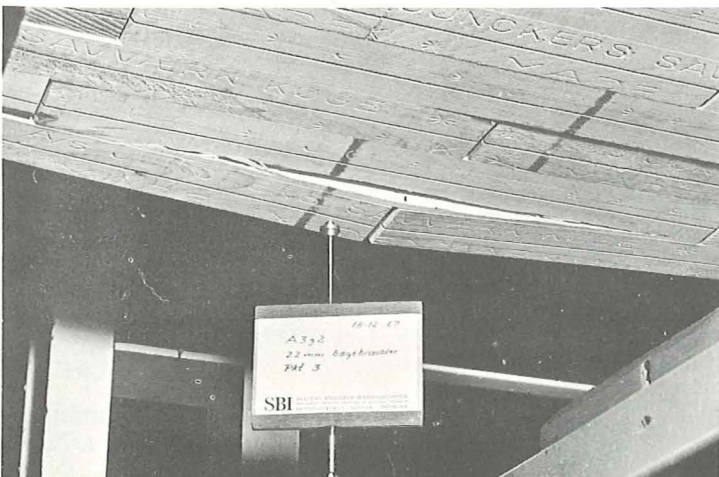


Fig. 3. Nedbøjningsmåling ved statisk punktlast.

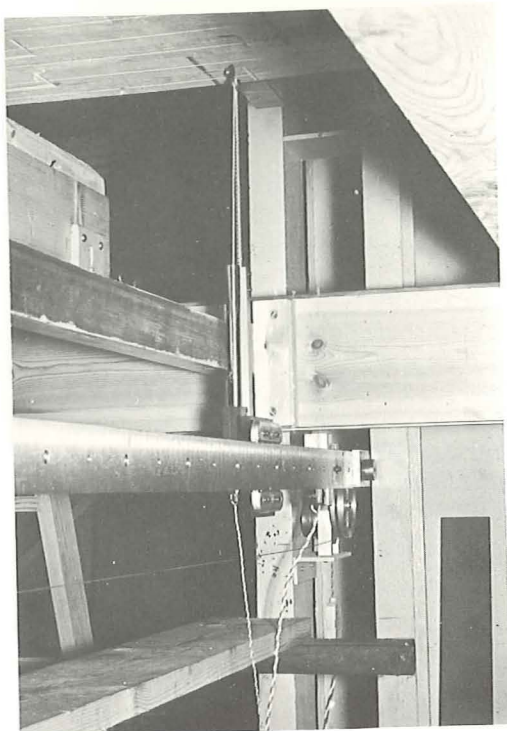


Fig. 4. Måling af nedbøjningslinie i fagmidte \neq understøtning.

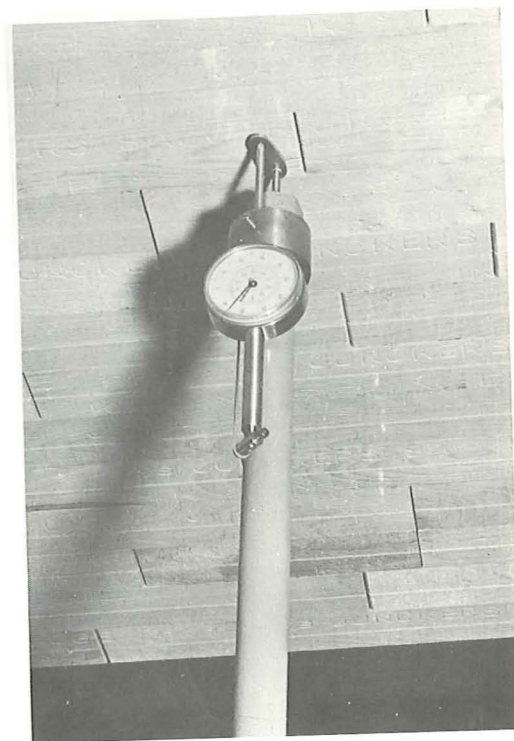


Fig. 6. Nedbøjningsmåling ved almindelig gang.

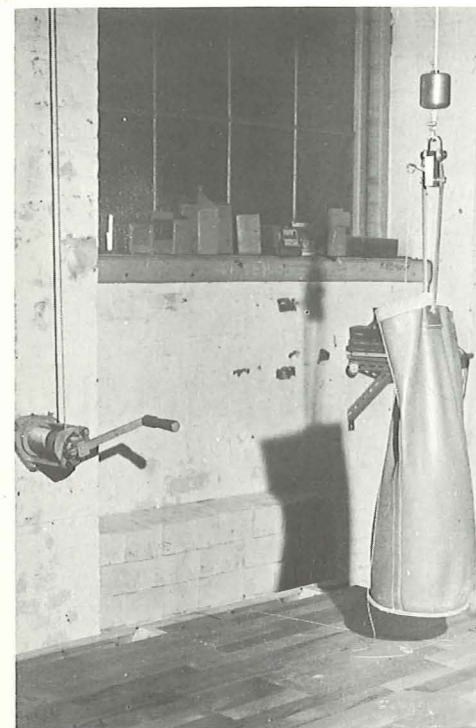


Fig. 7. Forsøgsopstilling ved stødbelastning med 30 kg sandsæk.

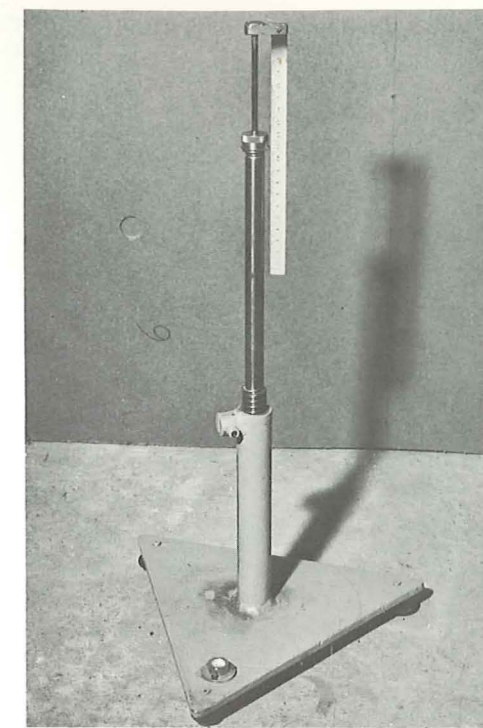


Fig. 8. Udstyr til nedbøjningsmåling ved stødbelastning.

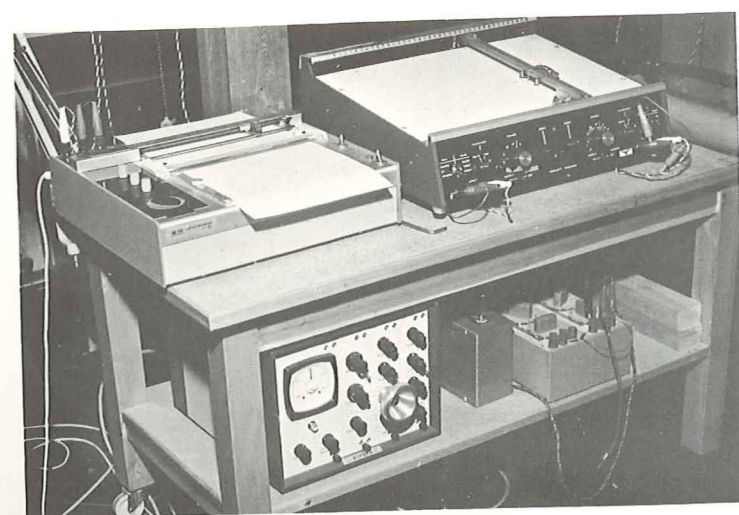


Fig. 5. Instrumenter til automatisk optegning af nedbøjningslinier og arbejdslinier.

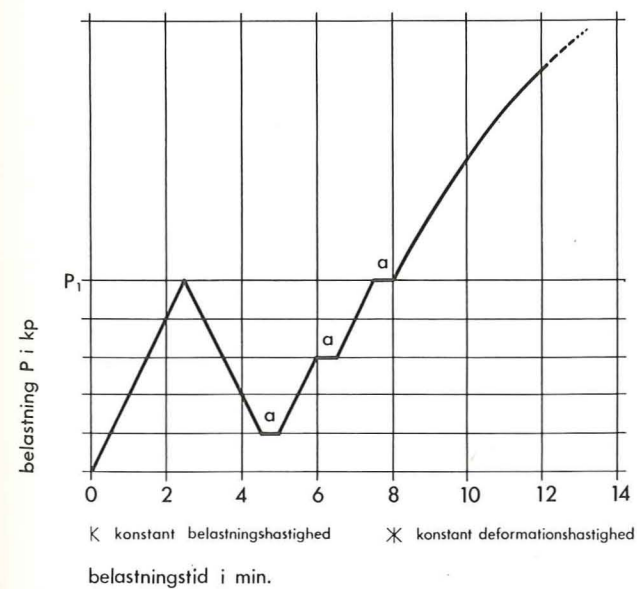


Fig. 9. Belastningsprocedure ved statisk punktlast.

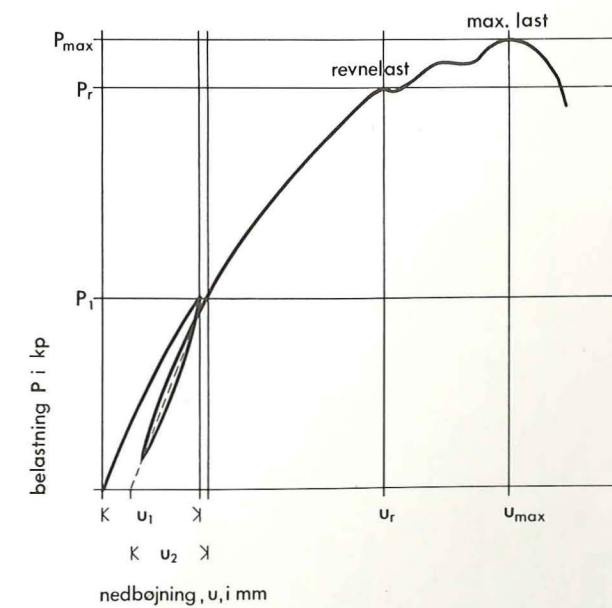




Fig. 10. 25 mm rupl. brædder.

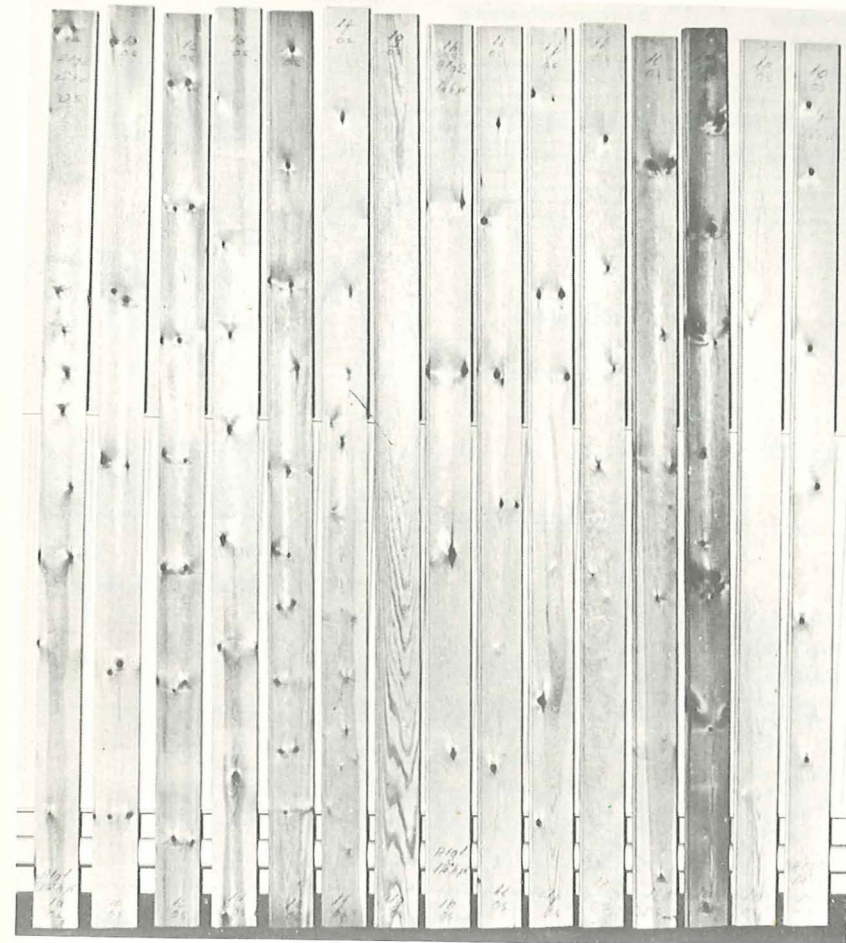


Fig. 12. 28 mm hv. pl. brædder.

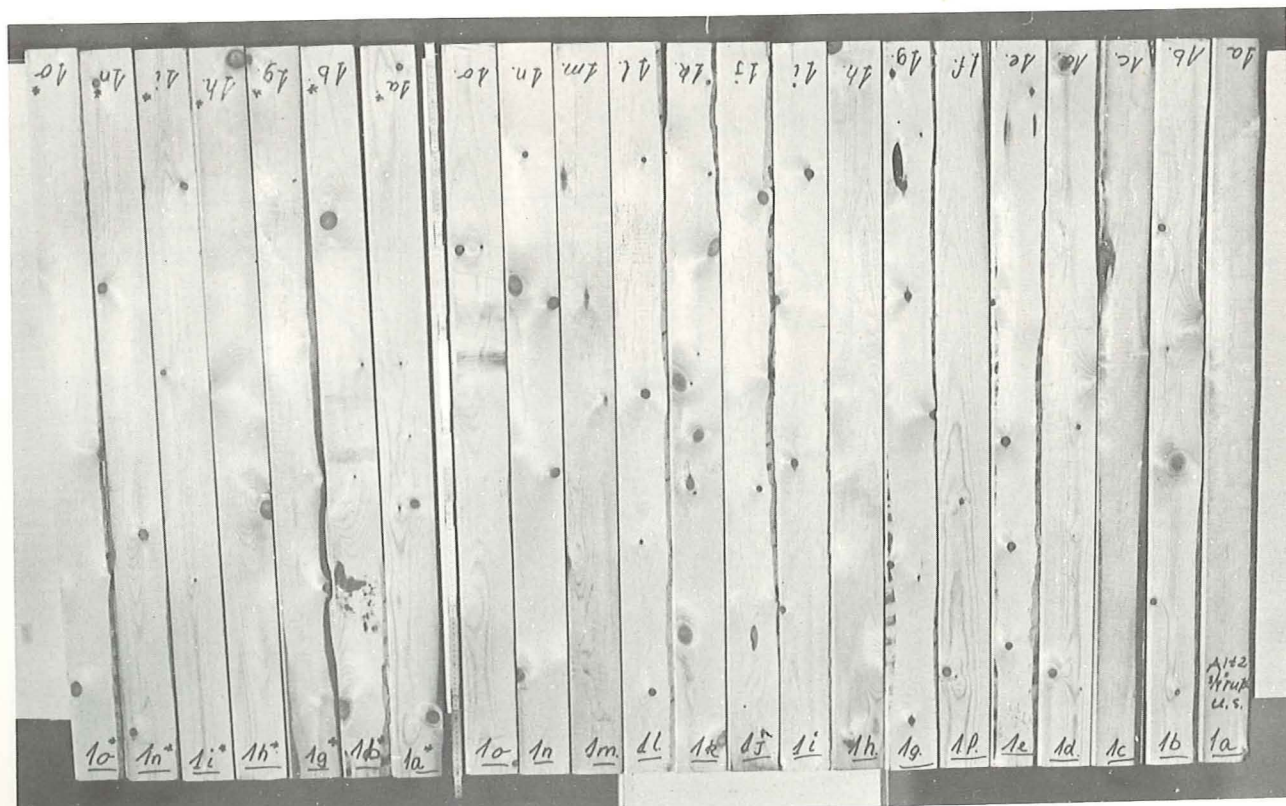


Fig. 11. 19 mm rupl. brædder.

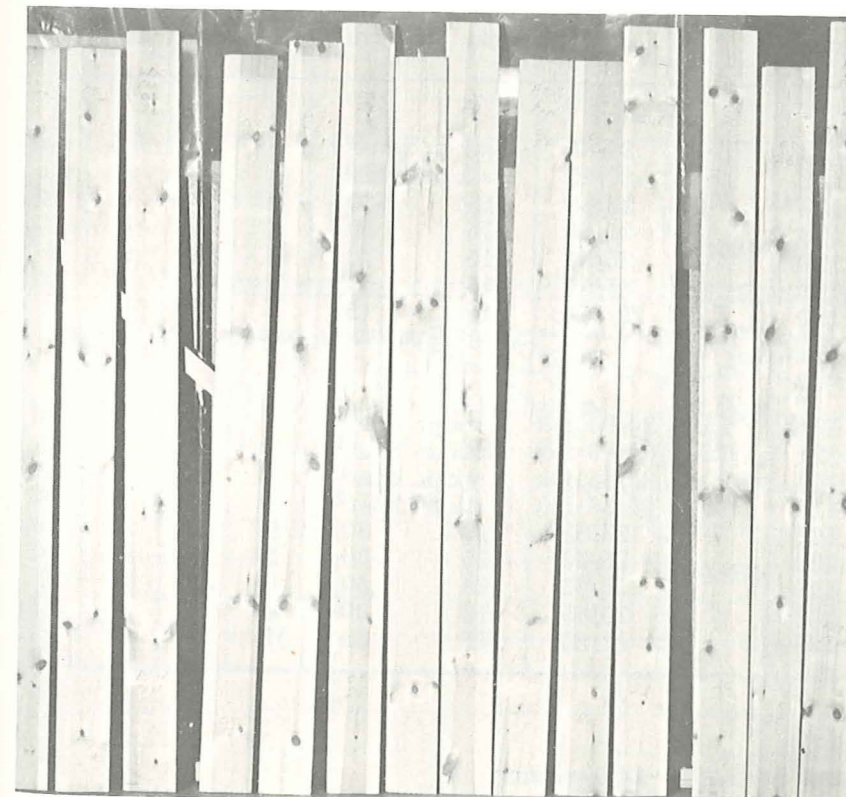
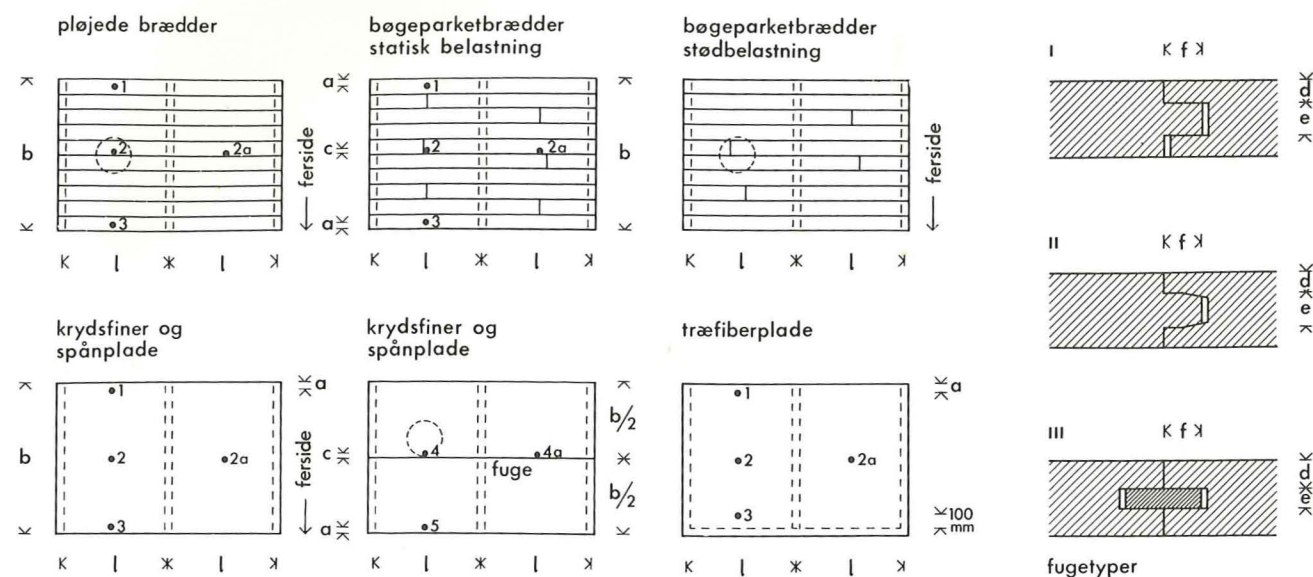


Fig. 13. 22 mm hv. pl. brædder.

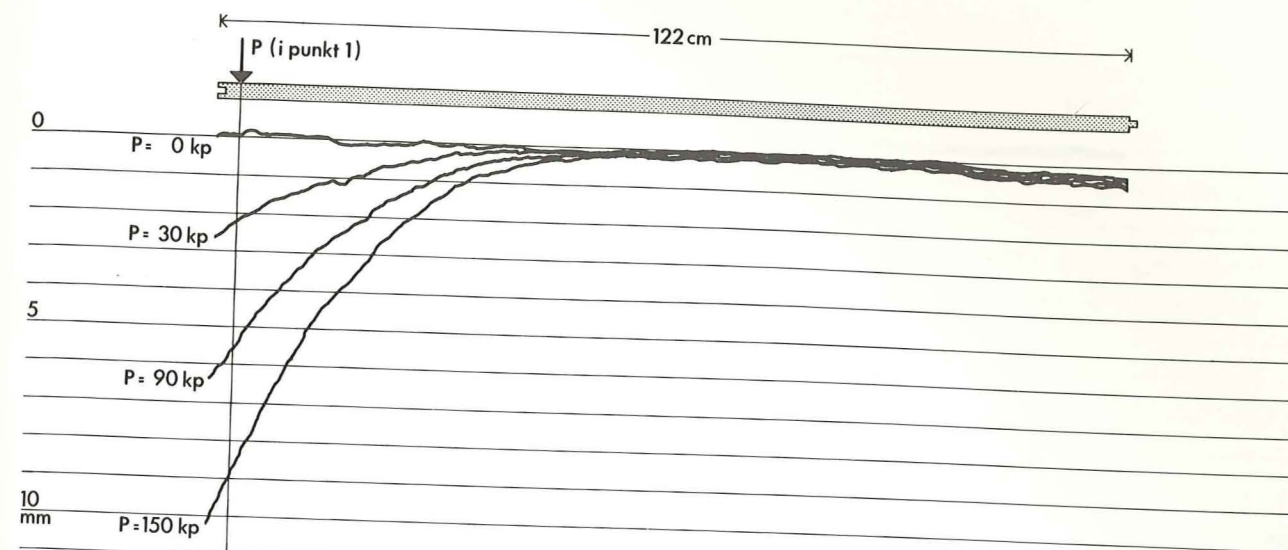


• Belastningspunkt for statisk punktlast og alm. gang
 ○ Belastningspunkt for stødbelastning med 30 kg sandsæk
 a = 40 mm for tage og 30 mm for gulve
 c = 25 mm for tage og 12,7 mm for gulve, dog 20 mm for bøgeparketbrædder
 Vederlagsbredde = 25 mm

Materiale	Spændv. l cm	Bredde b cm	Antal brædder	Søm- dim. bl. firk.	Sømafstand		Fugedimension			
					yder- underst. cm	mellem- underst. cm	Type	d mm	e mm	f mm
TAG										
25 mm rupl. brædder	100	132	15	28/65	1 stk pr. bræt ¹⁾		I	9	6,5	6,5
19 mm rupl. brædder	60	132	15	28/65	1 stk pr. bræt ¹⁾		I	8	5	6,5
16 mm krydsfiner. Canada	101	122		25/55	15	30	II	5	6	10
16 mm krydsfiner. U.S.A.	101	122		25/55	15	30	II	5	6	10
13 mm krydsfiner. Canada	81	122		25/55	15	30	II	3,5	6	9
13 mm krydsfiner. U.S.A.	81	122		25/55	15	30	II	4	5	5,5
16 mm træfiberplade	61	122		20/40fz	10	15				
GULV										
28 mm hv. pl. brædder	100	151 ³⁾	15	34/90 dyk	1 stk pr. bræt ¹⁾		I	12	8	8
22 mm hv. pl. brædder	70	121	12	31/80 dyk	1 stk pr. bræt ¹⁾		I	9	7	7
22 mm bøgeparketbrædder	70	114	10	28/65 dyk	1 stk pr. bræt ²⁾		I	10	5	6
22 mm bøgeparketbrædder	60	114	10	28/65 dyk	1 stk pr. bræt ²⁾		I	10	5	6
16 mm krydsfiner. Canada	51	122		25/55	15	30	II	5	6	10
16 mm krydsfiner. U.S.A.	51	122		25/55	15	30	II	5	6	10
13 mm krydsfiner. Canada	41	122		25/55	15	30	II	3,5	6	9
13 mm krydsfiner. U.S.A.	41	122		25/55	15	30	II	4	5	5,5
22 mm spånplade	60	123		31/80	15	30	III	8	6	12

- 1) 2 søm i yderste bræt i hver side
- 2) 2 søm i 2 yderste brædder i hver side
- 3) Ved stødbelastning med sandsæk er b = 141 ~ 14 brædder

Fig. 14. Prøveemner til tage og gulve.



A1g1
16 mm krydsfiner (Gulv)

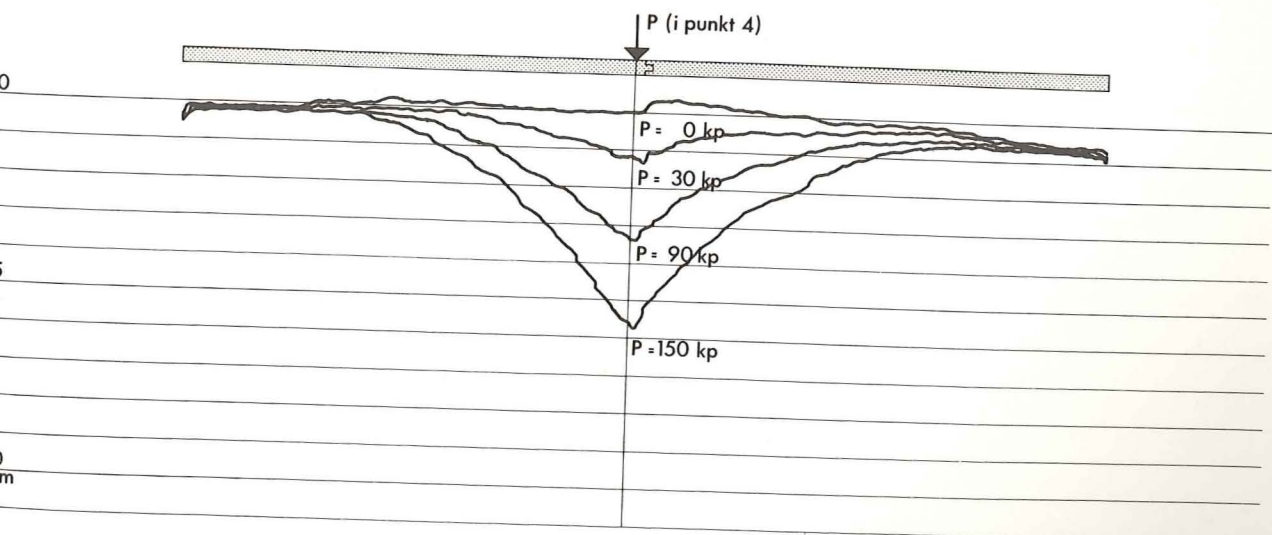
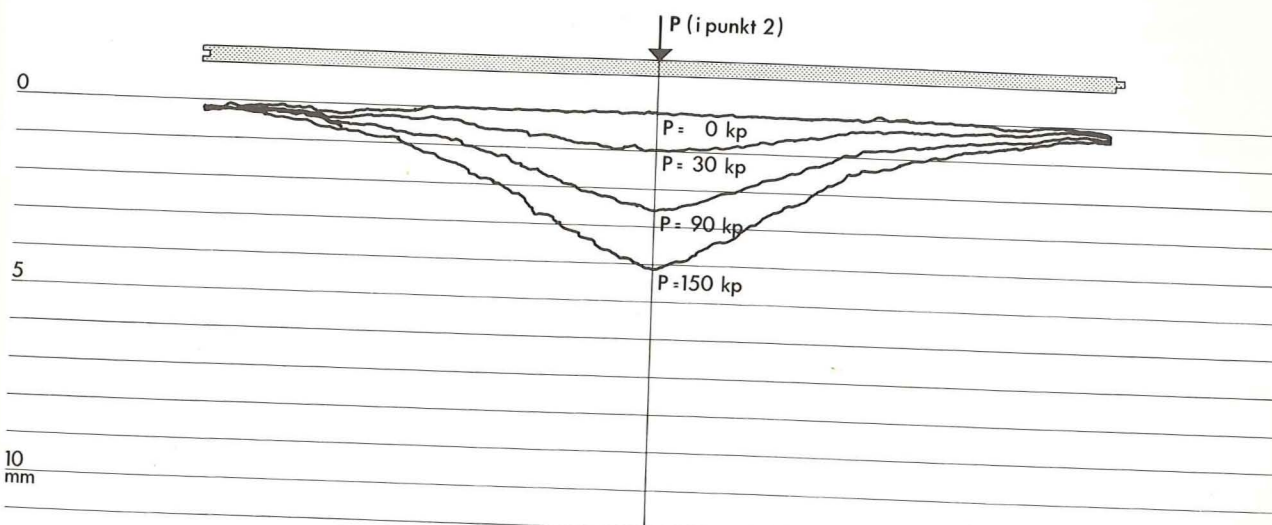


Fig. 15. Eksempel på nedbøjningslinier i fagmidte ≠ understøtning. (fortsættes)

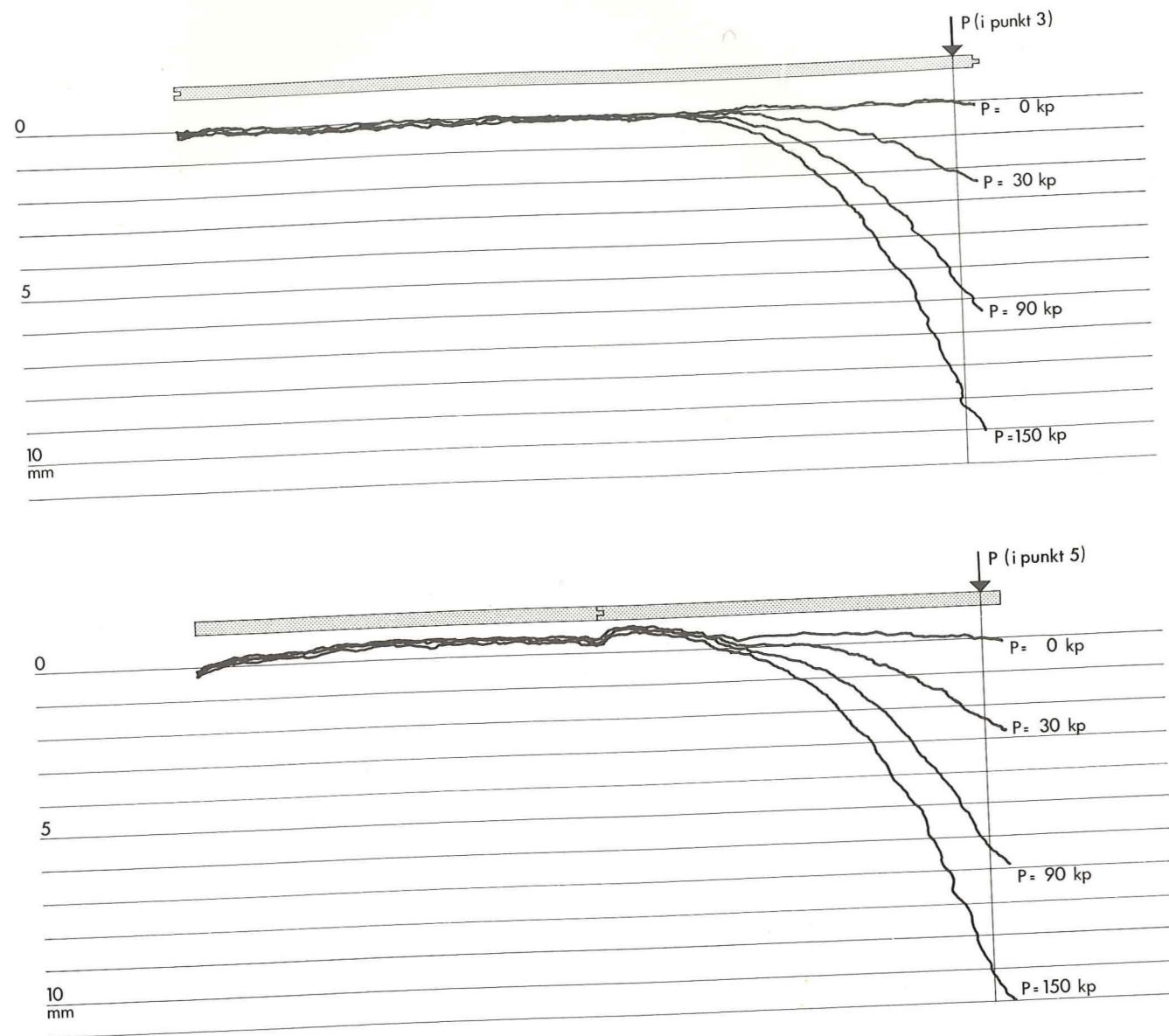
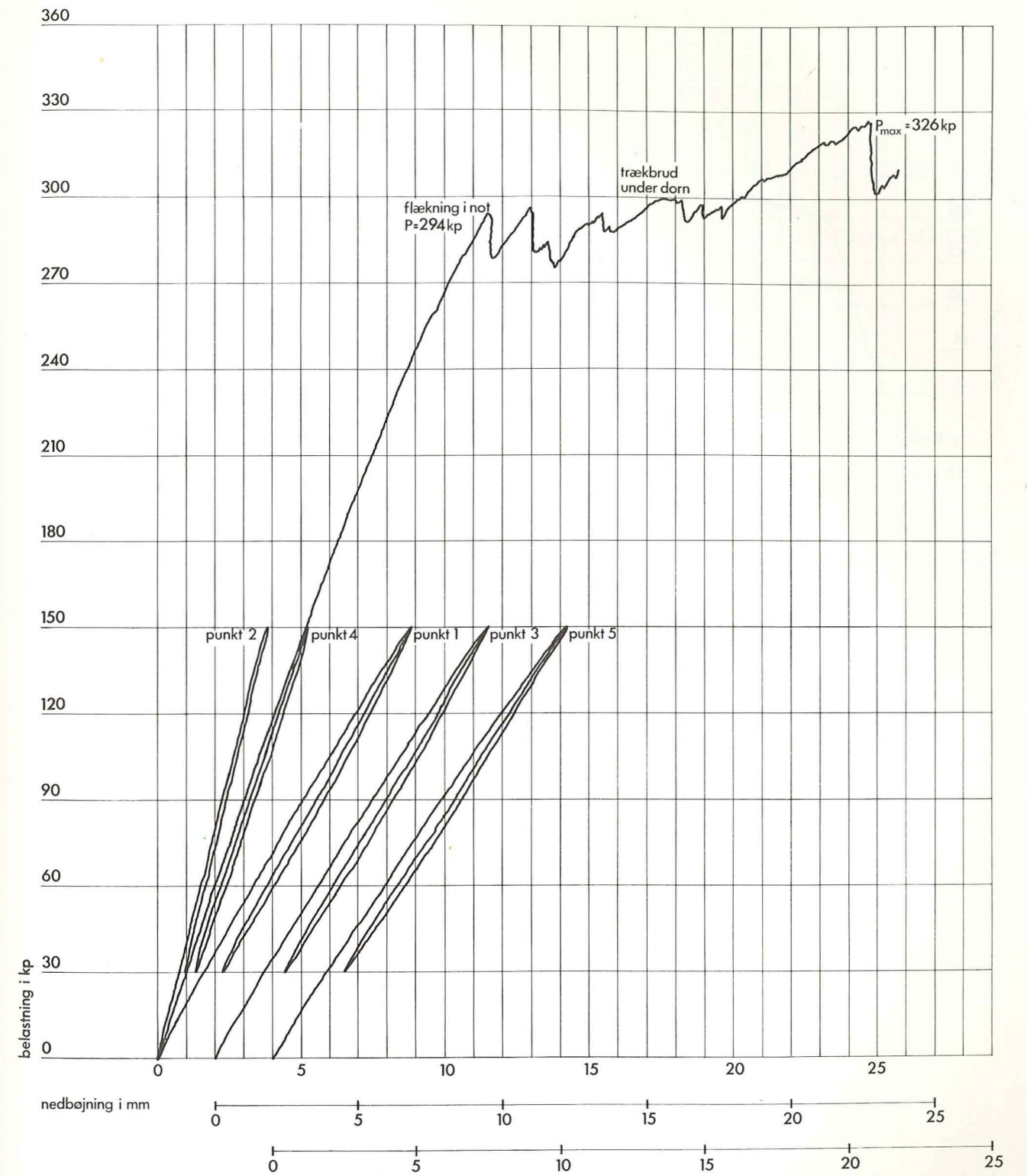


Fig. 15. Eksempel på nedbøjningslinier i fagmidte \neq understøtning.



Alg1
16 mm krydsfiner (Gulv)

Fig. 16. Eksempel på arbejdslinier for statisk punktlast.

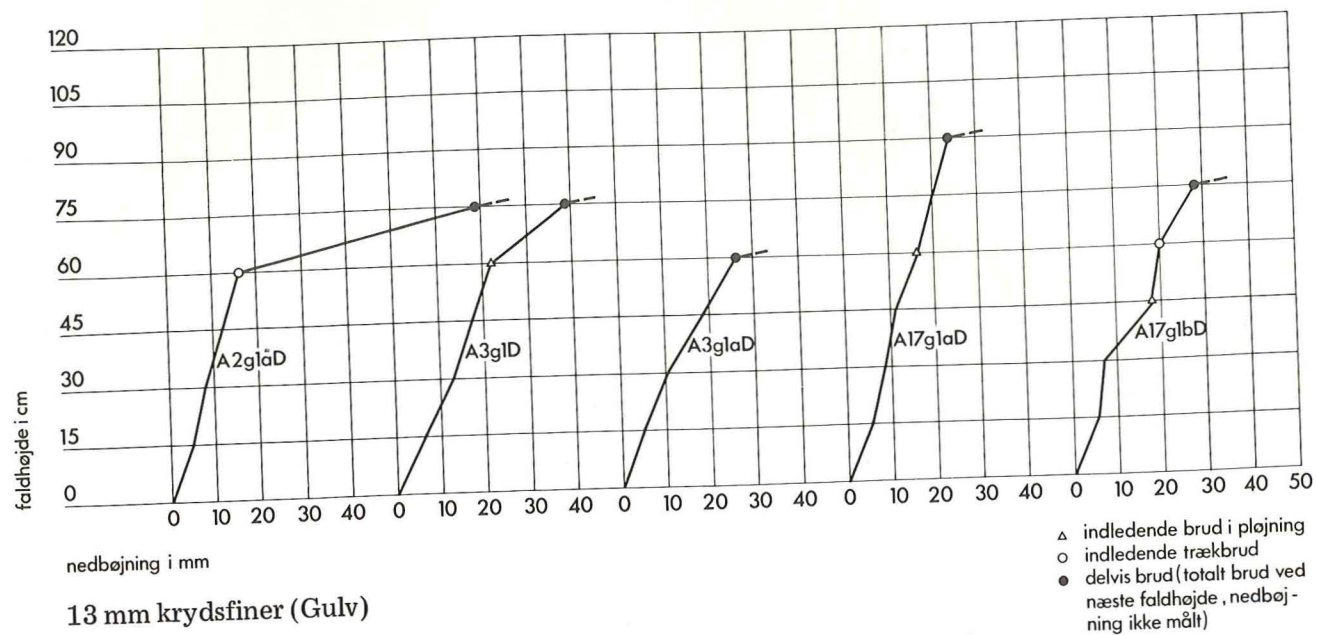


Fig. 17. Eksempel på faldhøjde — nedbøjningslinier ved stødbelastning med 30kg sandsæk.

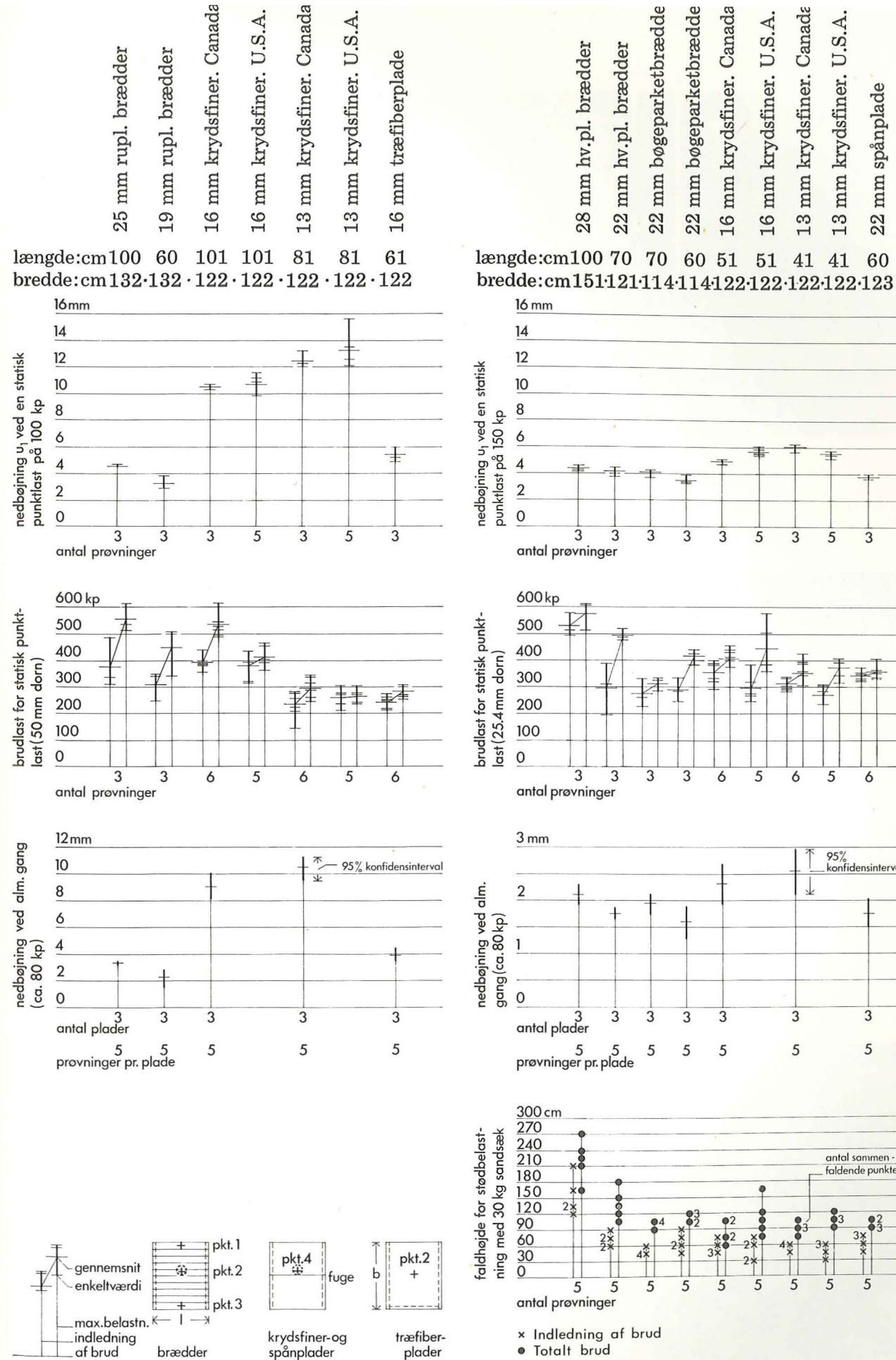


Fig. 18. TAG. Oversigt over nedbøjninger og brudbelastninger for 1 fag. Brædder belastet i pkt. 2. Krydsfiner — og spånplader belastet i pkt. 4. Træfiberplader belastet i pkt. 2.

Fig. 19. GULV. Oversigt over nedbøjninger, brudbelastninger og faldhøjder for 1 fag. Brædder belastet i pkt. 2. Plader belastet i pkt. 4.



Fig. 20. Typisk brud for statisk punktlast på gulvbrædder. Bruddet indledtes ved flækning i fer eller not.

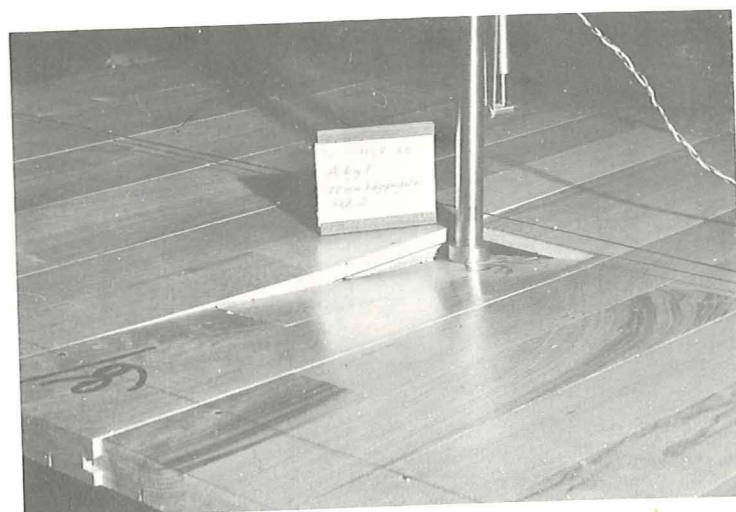


Fig. 21. Typisk brud for statisk punktlast på bøgeparketbrædder. Bruddet indledtes ved flækning i fer eller not.



Fig. 22. Typisk brud for statisk punktlast ved fuge af et krydsfinerundergulv. Bruddet indledtes ved flækning i noten.

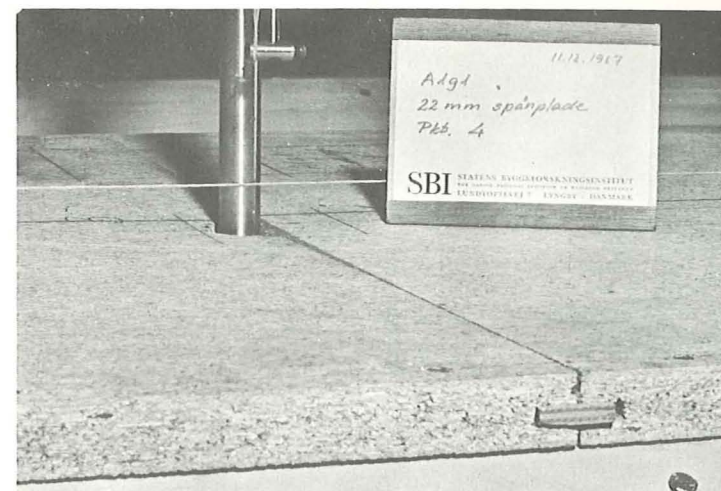


Fig 23a. Overside. Typisk brud for statisk punktlast ved fuge af et spånpladeundergulv. Bruddet indledtes ved flækning i noten.



Fig. 23b. Underside.

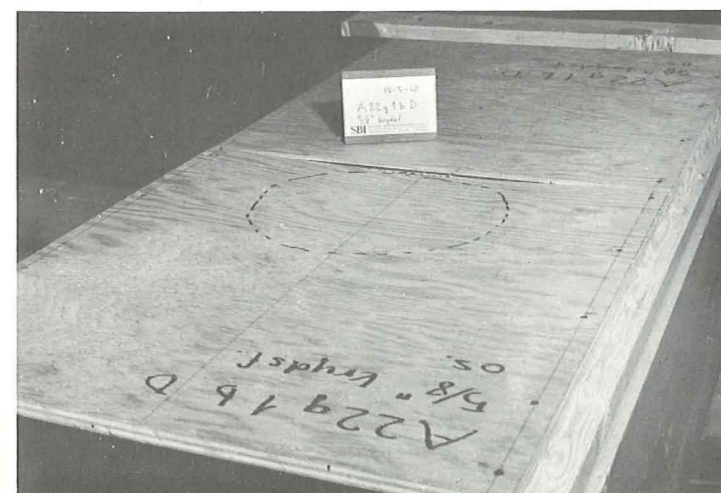


Fig. 24a. Overside. Typisk brud for stødbelastning med 30 kg sandsæk ved fuge af et krydsfinerundergulv. Bruddet indledtes ved flækning i noten.

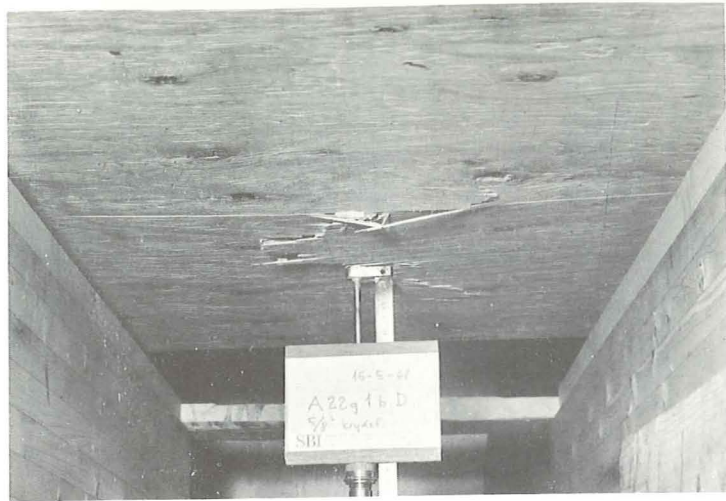


Fig. 24b. Underside.

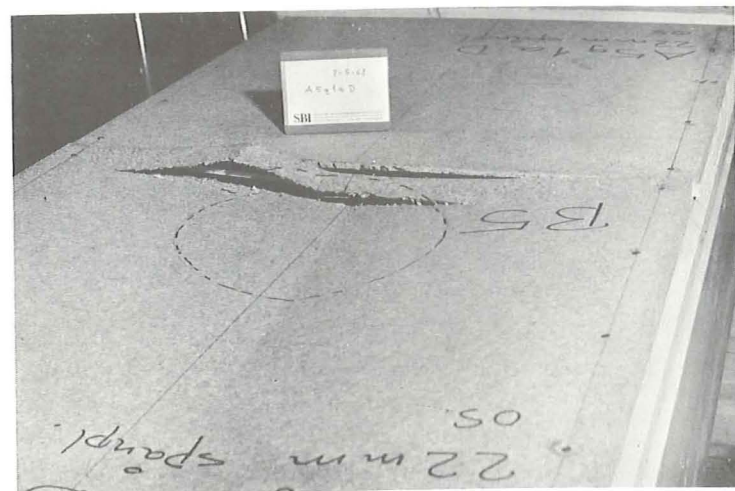


Fig. 25a. Overside. Typisk brud for stødbelastning med 30 kg sandsæk ved fuge af et spånpladeundergulv. Bruddet indledtes ved flækning i noten.

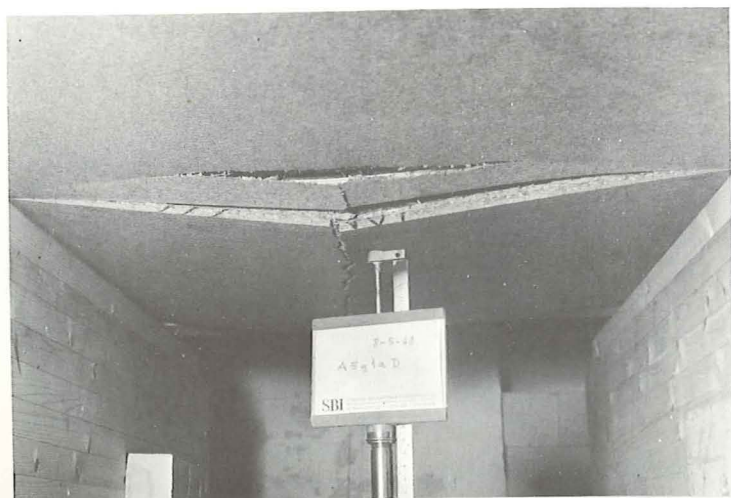


Fig. 25b. Underside.

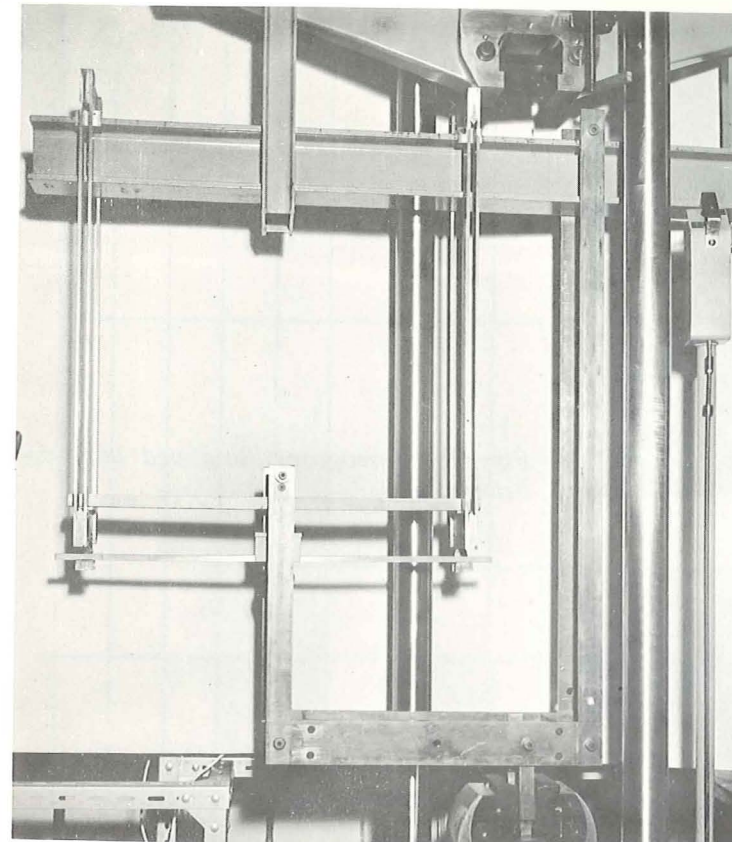


Fig. 26. Forsøgsopstilling ved korttidsbelastning.

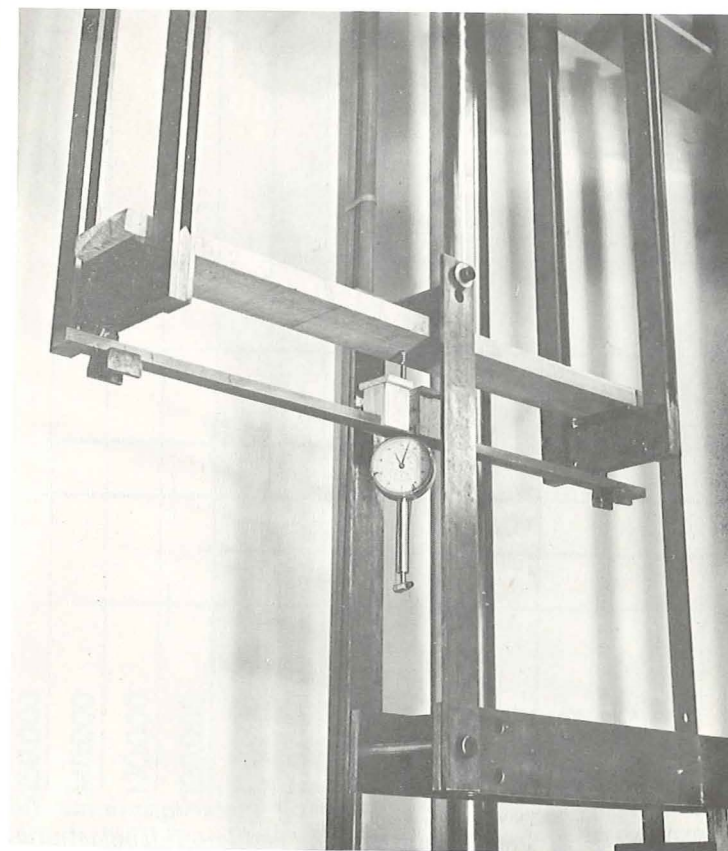


Fig. 27. Nedbøjningsmåling ved korttidsbelastning.

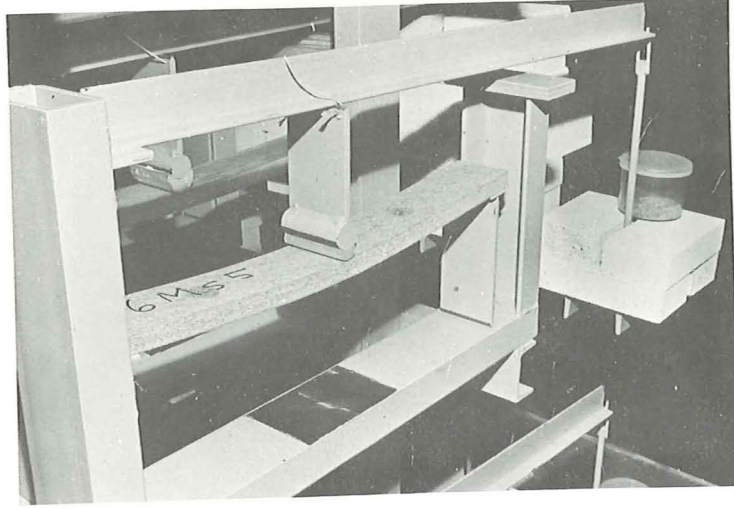


Fig. 28. Forsøgsopstilling ved langtidsbelastning.

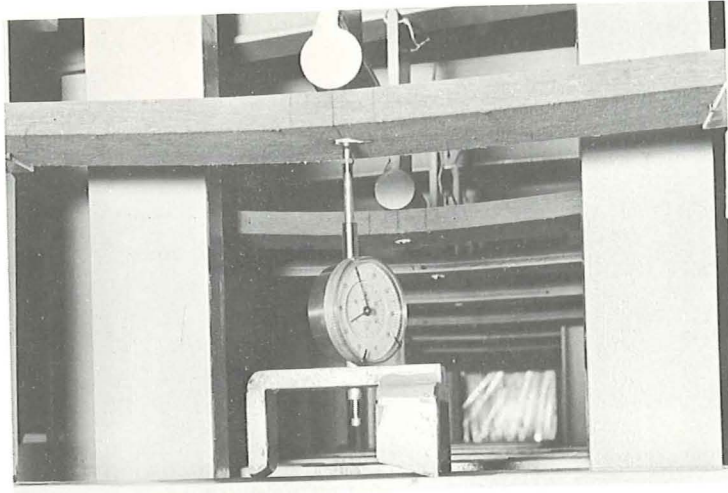


Fig. 29. Nedbøjningsmåling ved langtidsbelastning.

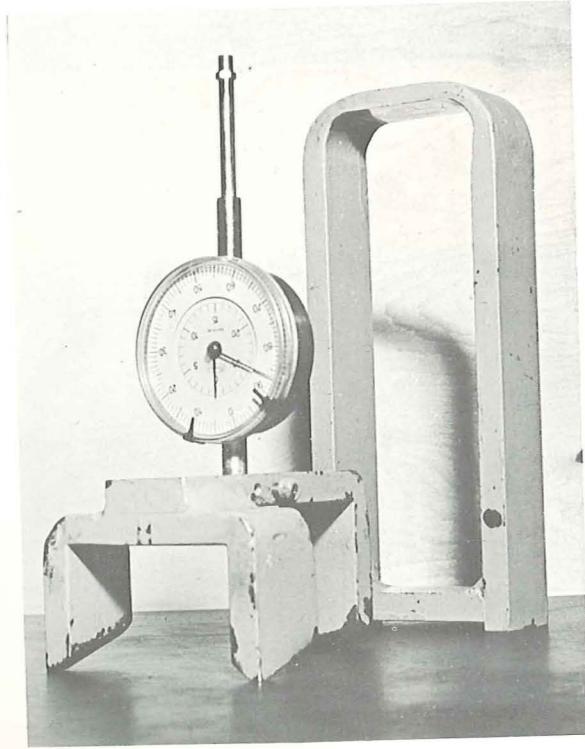
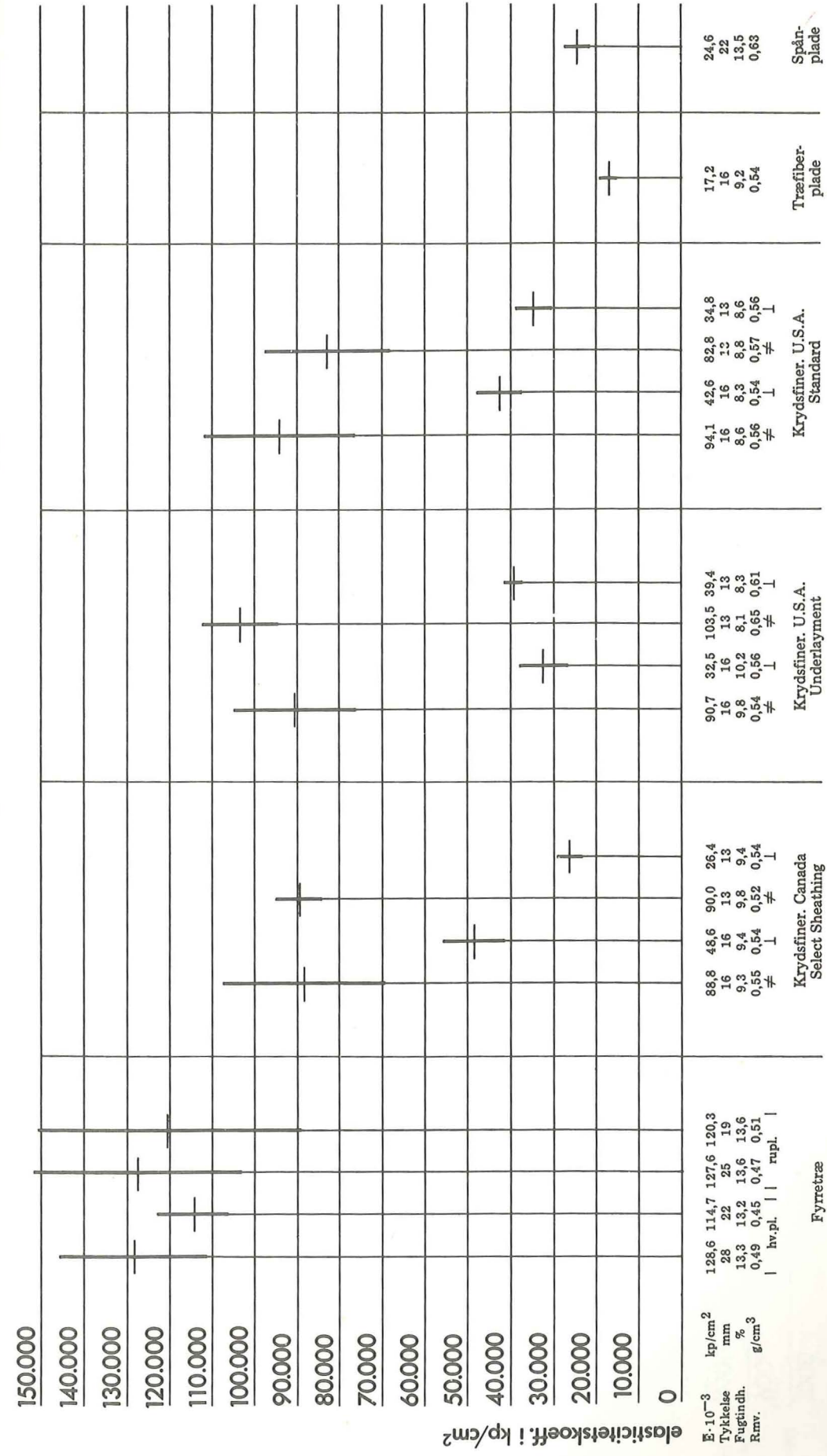
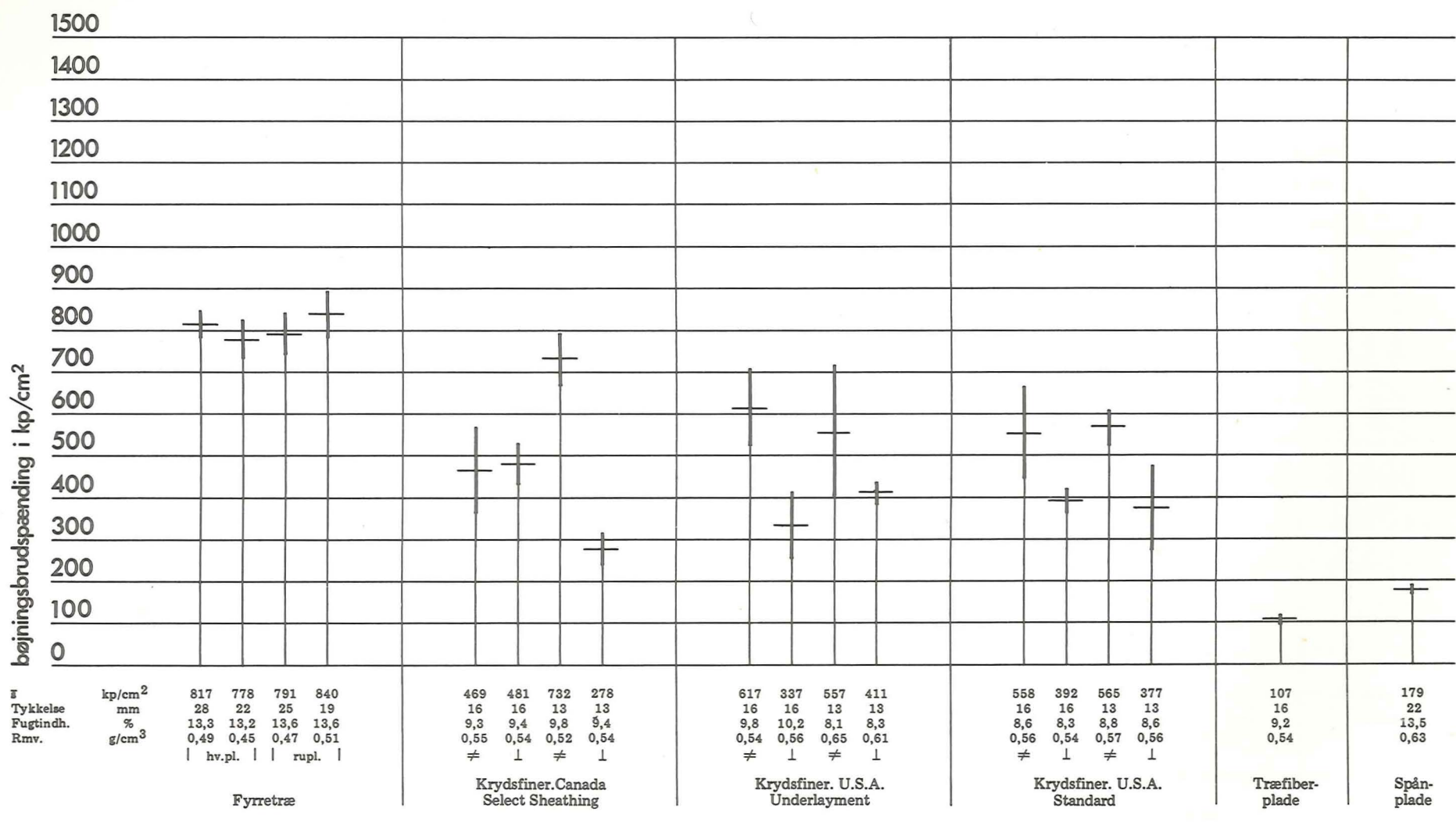


Fig. 30. Måleur og justeringsramme til nedbøjningsmåling ved langtidsbelastning.



≠ og ⊥ angiver retning af yderfiner i forhold til emnets længderetning.
Konditionering og bøjningsprøving ved 65% rf.

Fig. 31. Bøjningsprøving ved korttidsbelastning. Gennemsnitsværdier af elasticitetskoefficienter ved konstant fugtighed.



≠ og ⊥ angiver retning af yderfiner i forhold til emnets længderetning.
 Konditionering og bøjningsprøvning ved 65% rf.

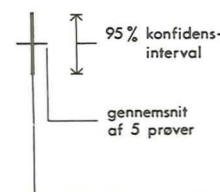
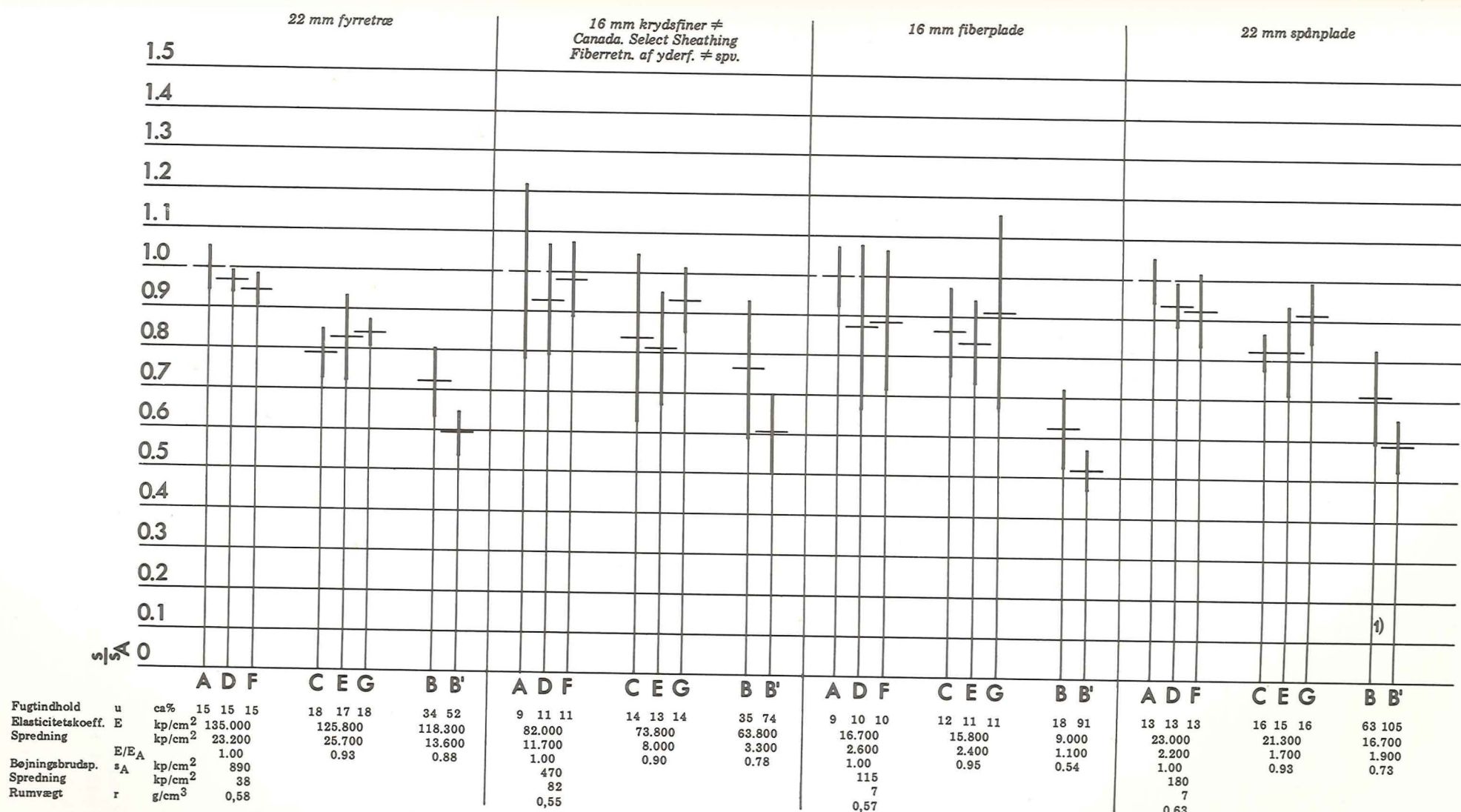


Fig. 32. Bøjningsprøvning ved korttidsbelastning. Gennemsnitsværdier af brudstyrke ved konstant luftfugtighed.



Konditionering A: 65% rf i ca. 6 uger
 D: 65% og 85% rf med ugentlig skift i 4 uger } Prøvning efter konditionering ved 65% rf
 F: 65% og 85% rf med ugentlig skift i 8 uger }
 C: 85% rf i ca. 18 uger
 E: 65 og 85% rf med ugentlig skift i 5 uger } Prøvning efter konditionering ved 85% rf
 G: 65 og 85% rf med ugentlig skift i 9 uger }
 B: 65% rf, derefter 1 døgn i vand } Prøvning i våd tilstand
 B': 65% rf, derefter 15 døgn i vand 2) }

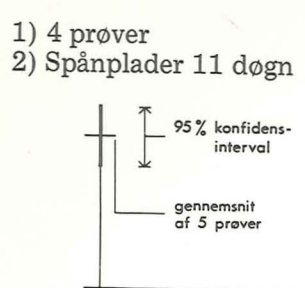


Fig. 33. Bøjningsprøvning ved korttidsbelastning. Gennemsnitsværdier af stivhed og styrke efter lagring under forskellige fugtforhold.

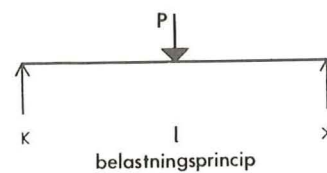
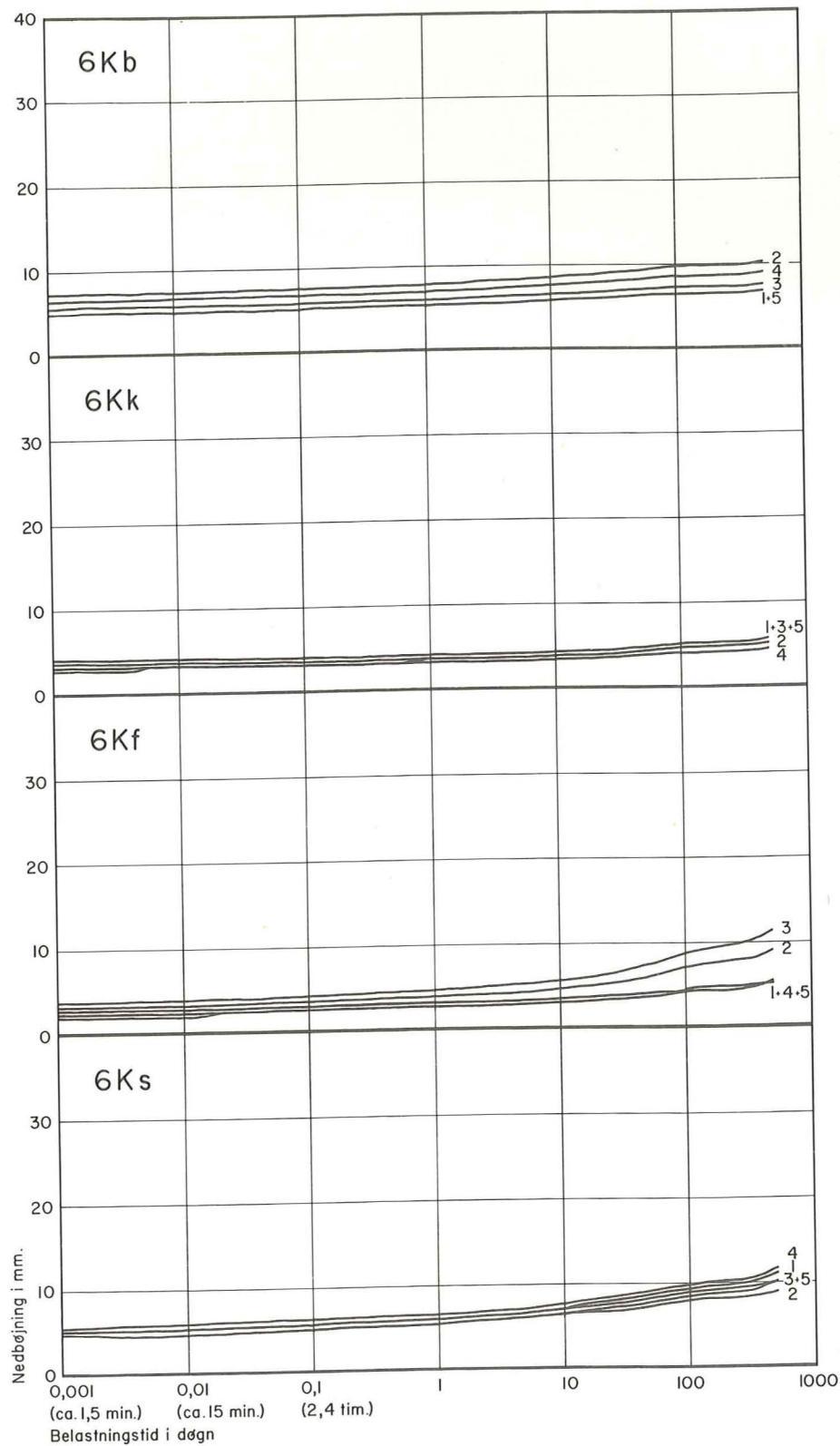


Fig. 34. Nedbøjning ved langtidsbelastning.
P = 0,3 x korttidsbrudlast. Konstant luftfugtighed (65% rf).

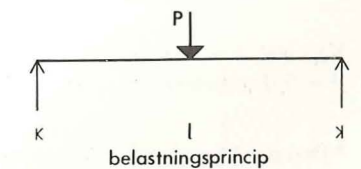
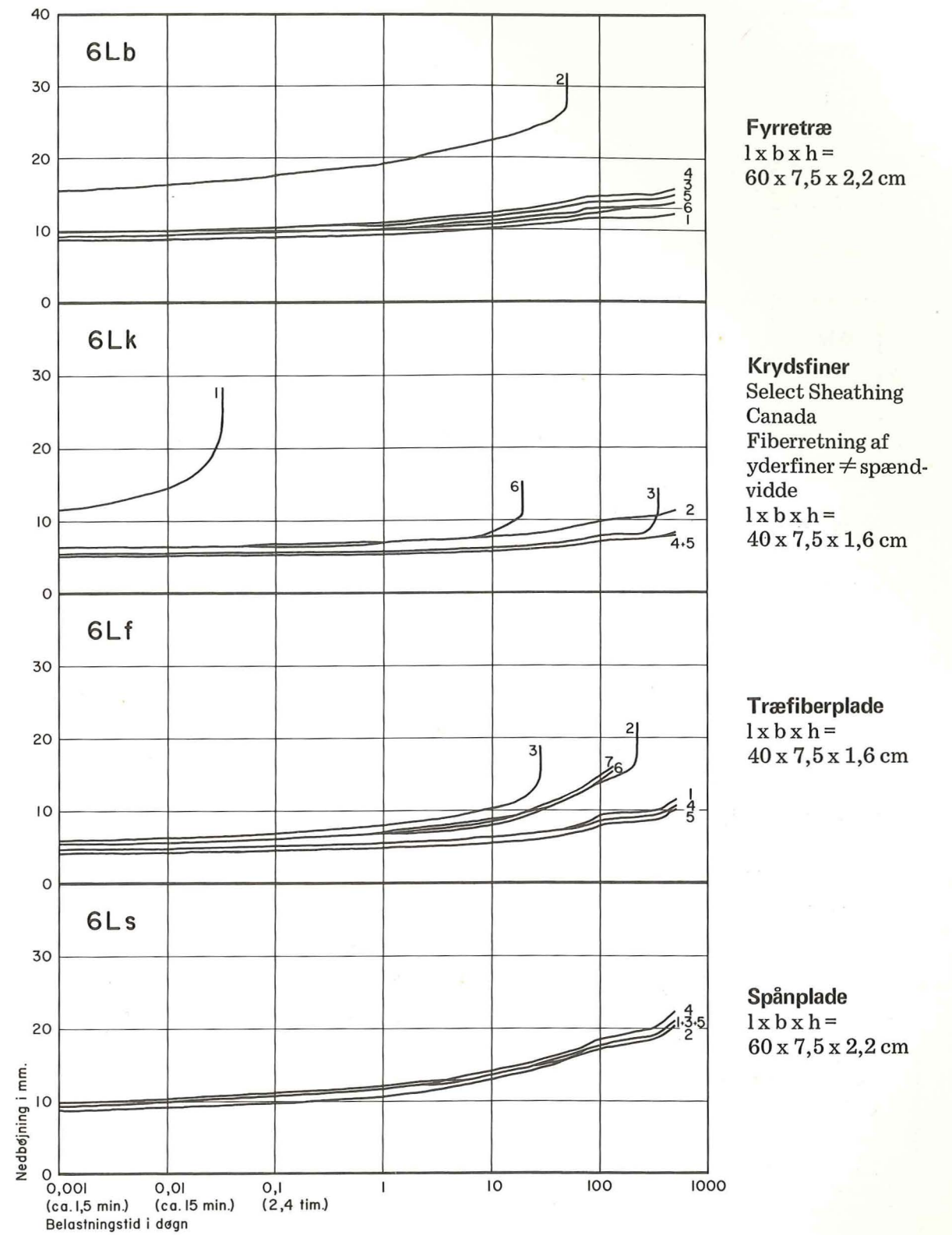


Fig. 35. Nedbøjning ved langtidsbelastning.
P = 0,5 x korttidsbrudlast. Konstant luftfugtighed (65% rf).

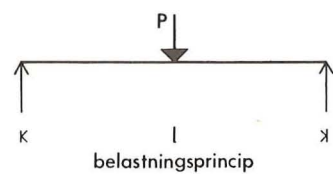
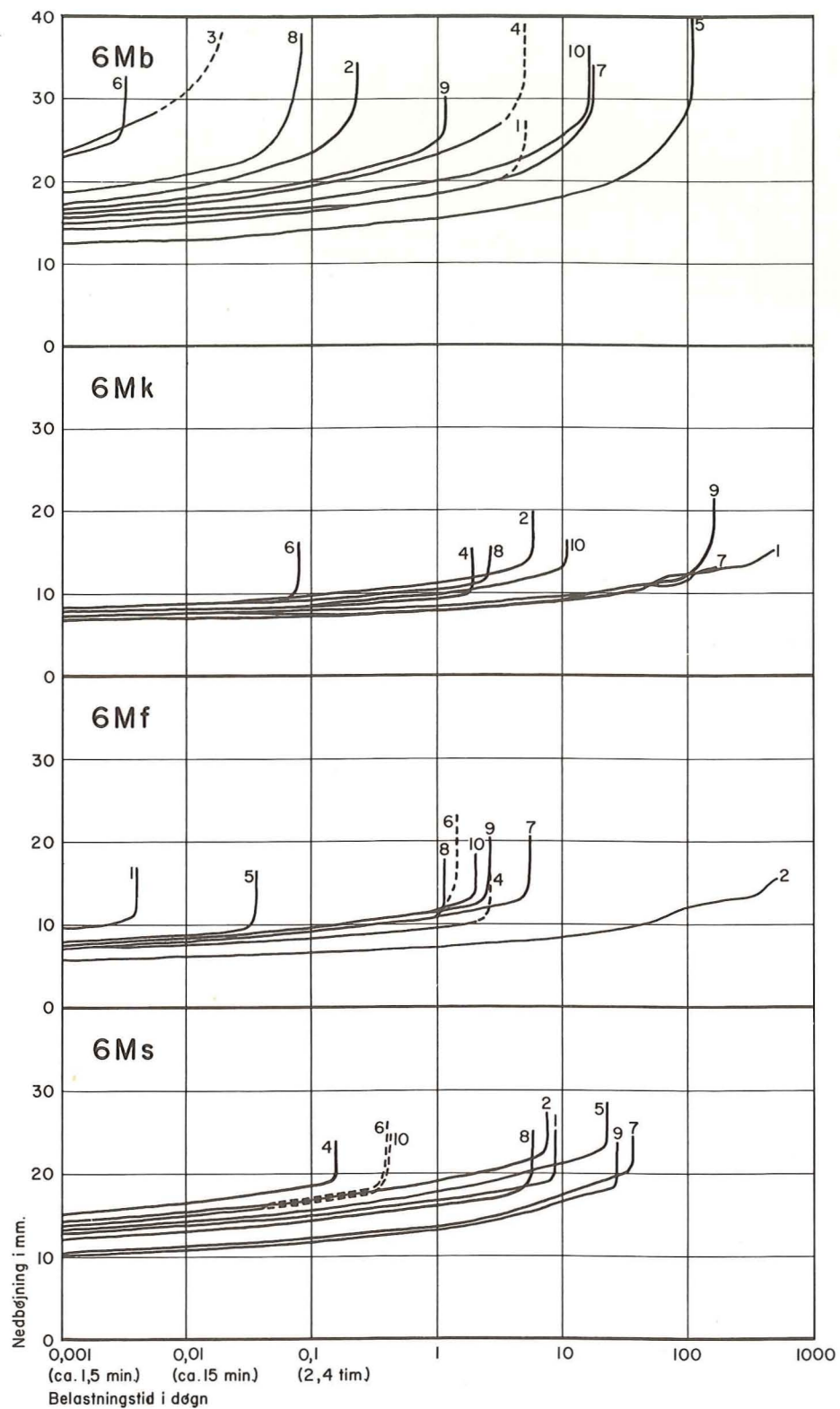
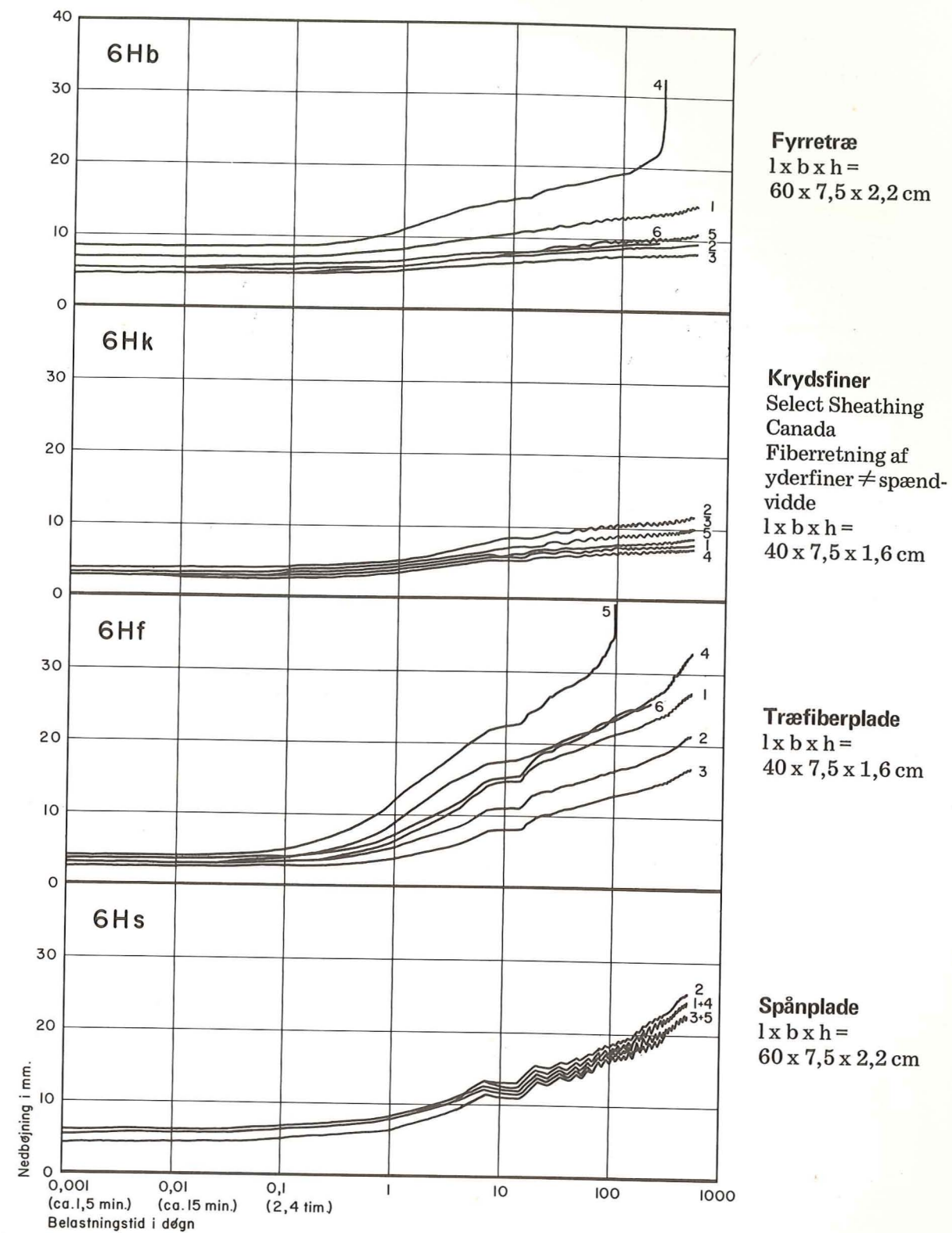


Fig. 36. Nedbøjning ved langtidsbelastning
 $P = 0,7 \times$ korttidsbrudlast. Konstant luftfugtighed (65% rf).*

* Den punkterede del af kurven er skønnet m.h.t. brudtidspunktet mellem to observationer.



Vekslende luftfugtighed: 65 og 85% rf med
 1 skift pr. uge i 21 uger
 1 skift pr. 2 uger fra 21. til 43. uge
 1 skift pr. uge fra 43. uge

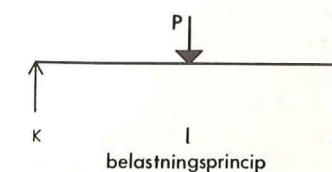
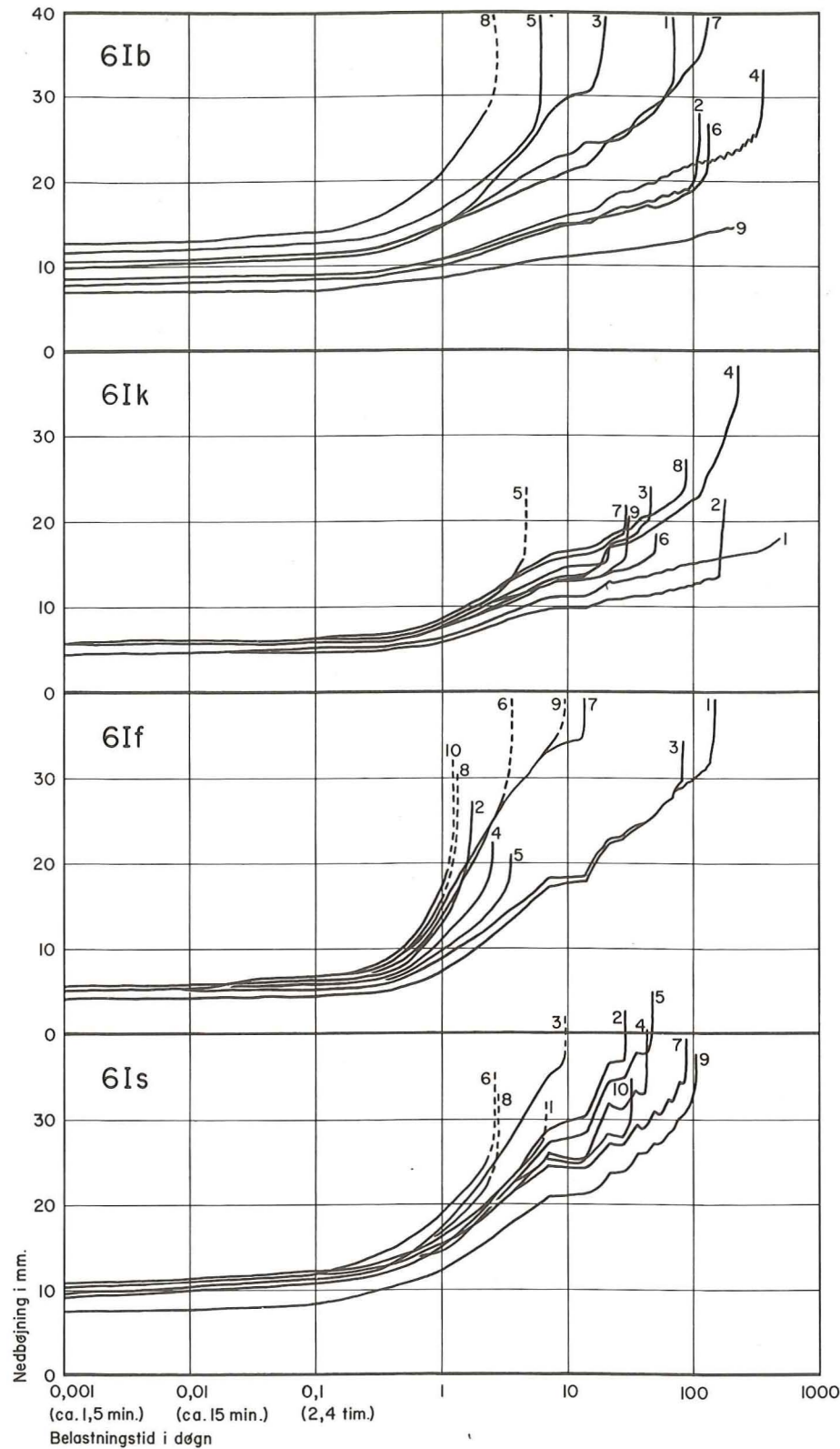


Fig. 37. Nedbøjning ved langtidsbelastning.
 $P = 0,3 \times$ korttidsbrudlast. Vekslende luftfugtighed.



Firretræ
 $l \times b \times h =$
 $60 \times 7,5 \times 2,2 \text{ cm}$

Krydsfiner
 Select Sheathing
 Canada
 Fiberretning af
 yderfiner \neq spænd-
 vidde
 $l \times b \times h =$
 $40 \times 7,5 \times 1,6 \text{ cm}$

Træfiberplade
 $l \times b \times h =$
 $40 \times 7,5 \times 1,6 \text{ cm}$

Spånplade
 $l \times b \times h =$
 $60 \times 7,5 \times 2,2 \text{ cm}$

Vekslede luftfugtighed: 65 og 85% rf med
 1 skift pr. uge i 21 uger
 1 skift pr. 2 uger fra 21. til 43. uge
 1 skift pr. uge fra 43. uge

Fig. 38. Nedbøjning ved langtidsbelastning.
 $P = 0,5 \times$ korttidsbrudlast. Vekslede luftfugtighed.*

* Den punkterede del af kurven er skønnet m.h.t. bruddtidspunktet mellem to observationer.

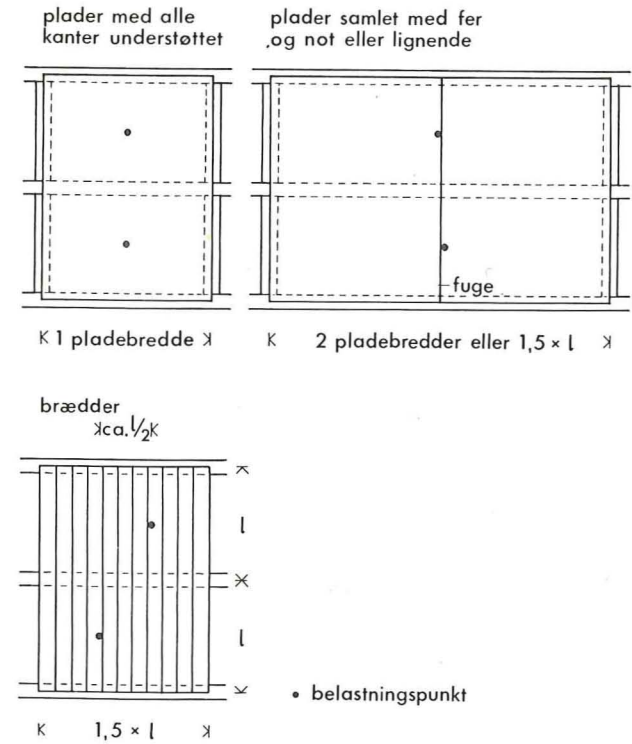
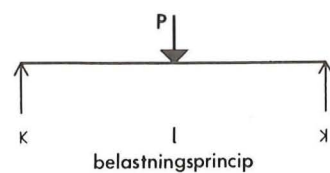


Fig. 39. Prøveemner for statisk punktlast. De viste belastningspunkter er ikke absolut de farligste for alle materialer. Alle målinger til bestemmelse af emnets stivhed udføres inden nogen del af emnet belastes til brud.

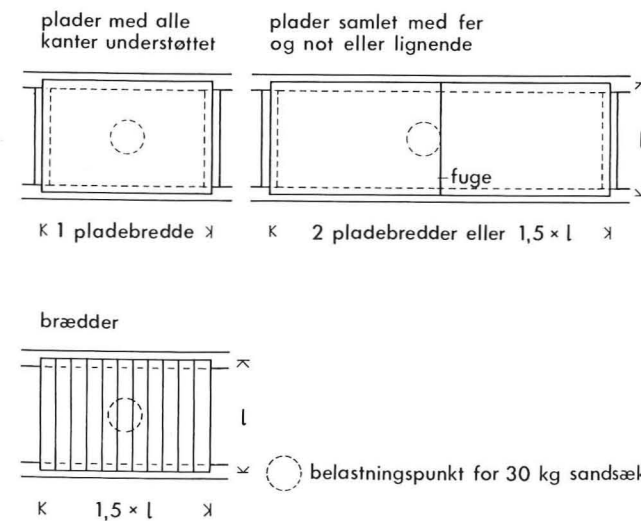


Fig. 40. Prøveemner for dynamisk last (stødbelastning). De viste belastningspunkter er ikke absolut de farligste for alle materialer.

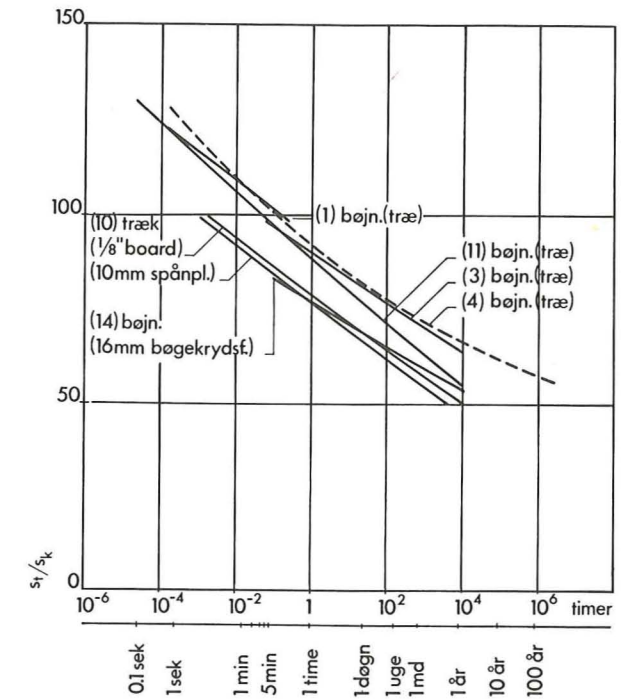


Fig. 41. Sammenhæng mellem styrke og belastningstid (efter (1), (3), (4), (10), (11) og (14)).

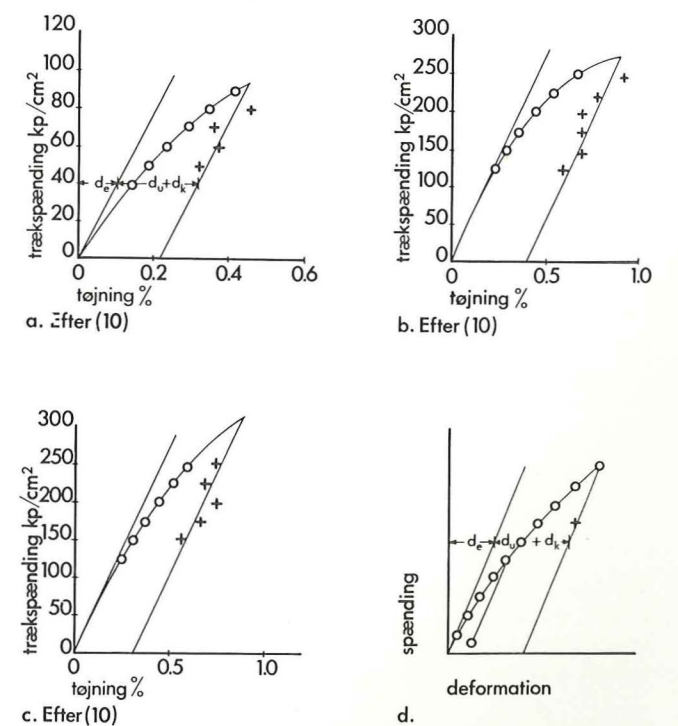


Fig. 42. Sammenhæng mellem spænding og deformation.