

TREBJELKELAG FOR SMÅHUS

Av Hans Granum

OSLO 1951

Særtrykk av Byggekunst
I kommisjon: Johan Grundt Tanum Forlag

TREBJELKELAG FOR SMÅHUS

Av sivilingeniør Hans Granum, Kontoret for byggforskning.

694.3

1) Kontinuerlige bjelker.

Den vanligste småhustype hos oss har en bærevegg noenlunde midt i huset. Bjelkelaget får derfor to spenn, ofte omtrent like store, på hver side av midtveggen. Husbreddene varierer ikke særlig meget og ligger nesten alltid i området 6—9 m med hovedtyngden på 7,5—8 m. Det normale bjelkespenn er derfor 3—5 m. Denne husform og romdybde er dels gitt av trelastdimensjonene, dels av kravet til godt dagslys i rommene. Det siste kravet medfører at avstanden til ytterveggen ikke må være for stor fra noe sted i huset. Da yttervegger både i anlegg og «drift» er dyrere enn skilleveggene, og det er tilstrekkelig i få lys fra en eller to sider, får vi av økonomiske grunner to-spenn inndelingen.

Med slik spenninndeling skulle det falle nokså naturlig å bruke kontinuerlige bjelker for å spare trelast. Når dette hittil ikke har vært alminnelig, skyldes det antagelig at trelasten har vært forholdsvis meget billig. Den kubikkbesparelse som oppnåes på denne måten har ikke betydd nok til å moti-

vere den større omhyggelighet i planlegging og utførelse som kontinuerlige bjelker krever. Etterhvert som trelasten øker i pris og blir en mangelvare — vil det imidlertid bli mere aktuelt å utnytte denne sparemulighet, selv om besparelsen på hvert enkelt hus blir forholdsvis beskjeden. Selve bjelkene (bare materialene) utgjør nemlig med de nåværende prisforhold og normale spennvidder sjelden mere enn 1/6—1/7 av bjelkelagets totale pris (ved lette bjelkelag). Dessuten kan sjelden hele bjelkelaget utføres med kontinuerlige bjelker. En må derfor være glad om den samlede pengebesparelse kan gå opp til 5 % på hele bjelkelaget, men dette er jo også verd å ta med. Trelastbesparelsen blir forholdsvis større enn pengebesparelsen.

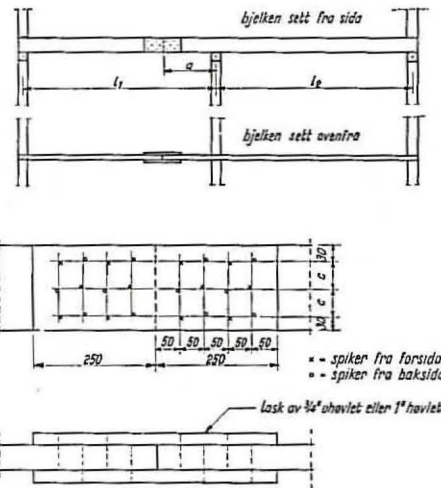
For å tilrettelegge bruken av kontinuerlige bjelker har Kontoret for byggforskning latt utarbeide dimensjonerings-tabeller for slike bjelkelag. Det er ingen grunn til å gå inn på selve beregningene som i og for seg er en kurant sak, selv om de har krevet atskillig arbeide. Beregningene, som er

Tabell 1.

Senteravstand av bjelker som vist på fig. 1. Nyttelast 150 kg/m², Egenvekt 60 kg/m², Nedbøyning $\leq \frac{L}{200}$

		Senteravstand i cm for bjelker med teoretisk spennvidde l ₁ og l ₂ i meter.																										
		70	65	75	75	70	80	80	75	85	85	80	85	100	90	85	90	100	95	90	95	105	100	100	100	110		
Bjelke- dimensjon	Spenn- vidde l ₁ og l ₂																											
		3,0 + 3,0	3,5 + 2,5	4,0 + 2,0	3,25 + 3,25	3,75 + 2,75	4,25 + 2,25	3,5 + 3,5	4,0 + 3,0	4,5 + 2,5	3,75 + 3,75	4,25 + 3,25	4,75 + 2,75	5,25 + 2,25	4,0 + 4,0	4,5 + 3,5	5,0 + 3,0	5,5 + 2,5	4,25 + 4,25	4,75 + 3,75	5,25 + 3,25	5,75 + 2,75	4,5 + 4,5	5,0 + 4,0	5,5 + 3,5	6,0 + 3,0		
1½" × 6"		49																										
1½" × 6½"		58	53		49																							
1½" × 7"		67	62	50	57	53																						
1½" × 7½"		77	71	58	65	61	51	56	53																			
1½" × 8"		87	81	66	75	70	58	64	61	52	56	53				49												
2" × 6"		66	60	49	56	52		48																				
2" × 6½"		77	71	58	65	61	51	56	53																			
2" × 7"				67	76	71	59	65	62	53	57	54					50											
2" × 7½"				77			68	75	71	60	66	62	54			58	55				51	49						
2" × 8"						77			81	69	75	71	61	50	66	63	55				58	56	50		52			
2½" × 6"			76	62	70	65	54	60	57		53	50																
2½" × 6½"				72		77	64	71	67	57	62	58	51			54	52											
2½" × 7"							74		77	66	71	68	59			63	60	53			56	53			50			
2½" × 7½"										76		78	67	55	72	69	61	51			64	61	55		57	55	49	
2½" × 8"												77	63		78	69	58	73	70	62	73	70	62	53	65	62	49	
3" × 6"				74		79	65	72	68	58	63	60	52			56	53											
3" × 6½"						77		80	68	68	74	70	61	50	65	62				55	58	55	49		51	49		
3" × 7"													70	58	75	72				63	53	67	64	57	49	60	57	52
3" × 7½"													81	66					73	61	77	73	66	56	68	66	60	52
3" × 8"														76					69				75	63	78	75	68	58

Fig. 1.



utført av sivilingeniørene Aaberg og Vevstad er gjennomført for to forskjellige utførelser, nemlig:

1. Kontinuerlig bjelke, med skjõt nær infleksjonspunktet for den lengste bjelken, se fig. 1. Tabell 1.
2. Kontinuerlig bjelke med omlegg over midtstøtten slik at tverrsnittet i dette område blir dobbelt, se fig. 2, Tabell 2 og Tabell 3.

Beregningene er satt opp for husbredder fra 6 til 9 meter med 1/2 m intervaller og skulle dekke de fleste forekommende spennvidder. For mellomliggende spennvidder kan tillatt bjelkeavstand forholdsvis enkelt finnes ved interpolasjon.

Skjøtinger og sammenføyninger av bjelkene forutsettes utført ved spikring. Ved begge utførelser varierer kraften med spennvidde og bjelkeavstand. Ved utførelse 1 (fig. 1) må skjøten i alle tilfelle dimensjoneres for den største enkeltlast som kan ventes på gulvet (ca. 200 kg). De aktuelle variasjoner i kraftens størrelse blir derfor ikke særlig store (200—300 kg). Ved utførelse 2 (fig. 2) blir variasjonene større, og ligger i området 200—700 kg. (Kreftene er ikke satt inn i Tabell 2 og 3; men er føyet til for enkelte bjelker som eksempel). Ved praktisk bruk av kontinuerlige bjelker er det ønskelig å ha ytterst enkle og direkte regler for spikringen, da en ellers lett risikerer feil. Det spiller heldigvis liten økonomisk rolle om en i enkelte tilfelle bruker et par spiker mere enn nødvendig. Spikringsreglene, som fremgår av fig. 1 og fig. 2 er derfor foreslått meget enkle og summariske.

Ved undersøkelse av bjelkene i fig. 2 er det tatt hensyn til en svikt i spikerforbindelsen på 0,5 mm ved beregning av

kreftene x_1 og x_2 . Heldigvis spiller en svikt av denne størrelsesorden liten rolle for påkjenningen. Avstanden a_1 og a_2 er generelt valgt $= 1/6$ av spennvidden.

Ved ulike spennvidder på de to sidene av midtveggen blir utførelse 2 fordelaktigst og gir lettest adgang til å utnytte bjelkenes bæreevne helt.

For fritt opplagte bjelker vil tillatt nedbøyning være avgjørende for dimensjoneringen ved de vanligste spennvidder. Ved kontinuerlige bjelker derimot vil bøyningsspenningen praktisk talt i alle tilfelle være avgjørende for dimensjoneringen. De kontinuerlige bjelkelagene blir derfor betydelig stivere mot ubehagelig svikt (dissing) enn fritt opplagte bjelker. Dette er en vesentlig fordel.

Tabell 2.

Senteravstand mellom bjelker med samme dimensjon i begge felt.

Hus- bredde	Bjelkedimensjoner.													
	Felt 1 m	Felt 2 m	a ₁ cm	a ₂ cm	2 1/2" x 3 1/2"	1 1/2" x 6"	2" x 6"	2 1/2" x 6"	3" x 6"	1 1/2" x 7"	2" x 7"	2 1/2" x 7"	3" x 7"	1 1/2" x 8"
6 m	3,00	3,00	50	50		74								
	3,50	2,50	58	42	93	67	89							
6,5 m	3,25	3,25	54	54	86	61	81			83				
	3,75	2,75	63	46	79	56	75	94		76	90			
7 m	3,50	3,50	58	58	77	55	73	92		74				
	4,00	3,00	67	50	70	50	66	83		67				
7,5 m	3,75	3,75	63	63	70	50	66	83		68				
	4,25	3,25	71	54	62	44	58	73	1)88	59	79			77
8 m	4,00	4,00	67	67	57	40	54	67	81	55	2)73	91		71
	4,50	3,50	75	58	53		50	63	75	51	68	85	102	3)66
8,5 m	5,00	3,00	83	50			44	55	66	44	60	74	89	4)58
	4,25	4,25	71	71	46		48	60	72	49	65	81		5)64
9 m	4,75	3,75	79	63	44		46	57	69	46	62	78	93	61
	5,25	3,25	88	54				46	59		54	67	81	52
9 m	4,50	4,50	75	75			43	53	64	44	58	73	87	57
	5,00	4,00	83	67				52	62		57	70	85	7)55
	5,50	3,50	92	58					54		49	61	73	48

Eksempler på størrelsen av kreftene x₁ og x₂.

nr.	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
x ₁	326	300	249	238	291	363	250	329
x ₂	434	300	341	387	291	363	307	676

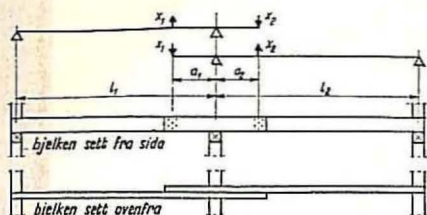
Tabell 3.

Senteravstand for bjelker med ulike dimensjoner i de to felt.

Hus- bredde	Bjelkedimensjoner.														
	Felt 1 m	Felt 2 m	a ₁ cm	a ₂ cm	1 1/2" x 6"	1 1/2" x 6"	2" x 6"	2" x 6"	2 1/2" x 6"	1 1/2" x 7"	1 1/2" x 7"	1 1/2" x 7"	2" x 7"	3" x 7"	2 1/2" x 7"
					2" x 6"	2 1/2" x 6"	2 1/2" x 6"	3" x 6"	3" x 6"	2" x 7"	2 1/2" x 7"	3" x 7"	2 1/2" x 7"	2" x 7"	3" x 7"
6 m	3,50	2,50	58	42	1)79										
	4,00	2,00	67	33	63	76	82								
6,5 m	3,75	2,75	63	46	70	83	89								
	4,25	2,25	71	38	53	61	72	81	88						
7 m	4,00	3,00	67	50	62	2)62	78	3)79	95	84					
	4,50	2,50	75	42	46	57	63	72	78	68			10)85		
7,5 m	4,25	3,25	71	54	50	54	66	69	84	4)74	74		93		
	4,75	2,75	79	46	5)51	57	6)65	70	61	71	7)74	84	93		
8 m	5,25	2,25	87	38		49	49	58	47	53		66	73	9)80	
	4,50	3,50	75	58		58	61	71	59	65	77	78	84		
8,5 m	5,00	3,00	83	50		51	58	64	55	61	67	66	77	11)83	97
	5,50	2,50	92	42		50	50	13)48	47	53	61	60	67	12)87	74
9 m	4,75	3,75	79	63		49	54	62	51	57	61	64	64	15)70	81
	5,25	3,25	88	54		51	52	52		55	60	61	61	68	76
9 m	5,75	2,75	96	46		45	50	50		48	54	55	55	61	17)67
	5,00	4,00	83	67				56		51	54	61	65	75	
9 m	5,50	3,50	92	58		46	52	52		49	54	58	63	69	
	6,00	3,00	100	50						49	47	47	56	20)62	

Eksempler på størrelse av kreftene x₁ og x₂

nr.	x ₁	x ₂	nr.	x ₁	x ₂	nr.	x ₁	x ₂
1)	212	326	8)	267	501	15)	269	387
2)	175	308	9)	310	540	16)	320	626
3)	231	374	10)	284	533	17)	282	635
4)	215	442	11)	282	445	18)	331	488
5)	150	336	12)	323	562	19)	303	575
6)	200	437	13)	193	453	20)	271	583
7)	275	478	14)	308	807	21)	283	677



Opp til 2" x 7" bjelker brukes 4" trådstift (næres ved 1 1/2" bjelker). For 2" x 8" og tykkere bjelker brukes 5" trådstift.

Trelastbesparelsen sammenlignet med like sterke fritt opplagte bjelker, dreier seg om 10—30 %, og blir størst ved de større spennvidder. Sammenlignet med de tradisjonelle leirfylte bjelkelagene går besparelsen ofte opp i 50 % på selve bjelkene.

Som det fremgår av tabellene er det oftest ønskelig å gå til betydelig smekrere dimensjoner enn det som hittil har vært vanlig i bjelkelag. De hittil brukte dimensjoner 3" x 7"—8" er som en ser bare aktuelle for spennvidder og bjelkeavstander som sjelden blir brukt. (Det samme gjelder forøvrig også for fritt opplagte bjelker etter de nye bjelkelagstabeller for lette bjelkelag uten stubbloft.) For å utnytte mulighetene til trelastbesparelse i bjelkelagene ved bruk av kontinuerlige bjelker og lette isolasjonsmaterialer, er det således absolutt nødvendig å ha tilgang på dimensjoner som 1 1/2" x 6"—8", 2" x 6"—8" og 2 1/2" x 6"—8". Særlig er 2" bjelker aktuelle. For å kunne bruke den utførelsen som er vist på fig. 2 trenges det dessuten endel større bjelkelengder (planker) enn de nå vanlige. (Opp til ca. 6 m er ønskelige lengder, mens det nå er nesten umulig å skaffe trelast over 5 m lengde). Jeg skal ikke her komme nærmere inn på de skogs- og sagbrukstekniske problemer som reises ved kravet om annet utvalg av dimensjoner og lengder — men skal vi spare trelast i bjelkelagene, er det vanskelig å komme utenom problemet.

Som nevnt er det sjelden mulig å utføre hele gulvet med kontinuerlige bjelker. Ved skorstenspiper og trapper blir det som oftest nødvendig å bruke enkle bjelker. I godt planlagte hus kan en imidlertid regne med at det aller meste av gulvflaten kan dekkas av kontinuerlige bjelker.

2. Bjelkeavstand og gulvbordtykkelse.

For å få holdepunkter ved valg av gulvbordtykkelse og senteravstand mellom bjelkene kan vi undersøke nedbøyningen i de forskjellige deler av gulvet for den største normale enkeltlast som stadig vil forekomme på gulvet. For denne nedbøyning er det naturlig å regne med konsentrerte laster på 100 kg, da dette omtrent tilsvarer et menneske som går over gulvet. (For påkjeningen ellers må regnes med større belastning — se senere). Et tregulv på bjelker kan betraktes som en konti-

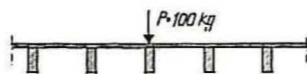


Fig 3

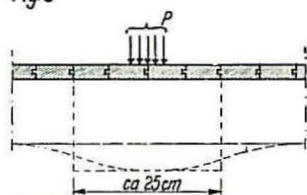


Fig 4

nuerlig bjelke på elastiske støtter, (fig. 3). Tabell 4 viser tilnærmet hvordan lasten fordeles på bjelkene ved forskjellige utførelser av gulvet og hvordan nedbøyningen blir for fritt opplagte bjelker under forutsetning av belastning midt i spennet.

Fordelingen av lasten avhenger av forholdet mellom stivheten på gulv/himling og stivheten på bjelken.

Den ubehagelige dissing i gulvene (med tilhørende klirring etc.) avhenger vesentlig av svikten i bjelkene, og mindre av den lokale svikt i gulvbordene. Ut fra dette synspunkt vil det være gunstig å velge de bjelkeavstander og bjelkestørrelser som gir minst nedbøyning på bjelken rett under lasten. Tabell 4 viser at lastfordelingen mellom bjelkene blir ugunstigere ved økende senteravstand og minskende dimensjoner på gulv og himling. Med økende senteravstand og spinklere gulv må således bjelken rett under lasten bære en stadig større prosentdel av belastningen. For å tilfredsstille kravet til styrke og største nedbøyning for jevnt fordelt belastning må imidlertid samtidig de enkelte bjelkene gjøres sterkere og stivere. Denne økede stivhet kompenserer vanligvis betydelig mer enn den merbelastning bjelken rett under lasten får.

Konklusjonen blir således at *det er gunstig for gulvets totale stivhet å bruke den største bjelkeavstand som kan tillates under hensyntagen til gulvbordenes påkjening.*

Maksimalavstanden mellom gulvbjelkene må bestemmes på grunnlag av gulvbordenes styrke og svikt, (det kan eventuelt også være nødvendig å ta et visst hensyn til himlingen.)

Gulvbordene kan regnes som en kontinuerlig bjelke over mange støtter. (Vi kan i dette tilfelle se bort fra svikten i bjelkene.)

Tabell 5 viser bøyningsspenning og lokal nedbøyning i gulvbord for konsentrerte enkeltlaste på 100 kg og på 200 kg. Lastfordeling er antatt som vist på fig. 4.

Tabellen viser at det på grunn av bøyningsspenningen i gulvbordene ikke er noen fare å gå til 60 cm bjelkeavstand for 1" gulvbord, 100 cm for 5/4" gulvbord og 130 cm for 1 1/2" gulvbord. Vi ser imidlertid at nedbøyningen ved disse bjelkeavstander øker meget sterkere enn bøyningsspenningen. Den lokale nedbøyning av gulvbordene er ikke så ubehagelig som bjelkesvikten, og kan derfor ikke tillegges så avgjørende betydning som ved bjelkenes dimensjonering, men det må være rimelig å ta et visst hensyn til den.

Tabell 4.

Lastens fordeling på fritt opplagte bjelker og nedbøyning av bjelken rett under last = 100 kg midt i felt.

Bjelkens spennvidde m	Bjelkenes senteravstand cm	Bjelkedimensjon	Gulv- bord	Himling	Lastens fordeling: %		Nedbøyning Bjelke C cm
					Bjelke C	Bjelke B-D	
3 m	60	2" × 6"	5/4" 1"	3/4" 3/4"	44 51	27 25	0,18 0,20
	100	2 1/2" × 7"	5/4" 1"	0 0	70 80	18 14	0,14 0,16
4 m	60	2 1/2" × 7"	5/4" 1"	3/4" 3/4"	40 45	25 26	0,19 0,22
	100	3" × 8"	5/4" 1"	0 0	65 72	22 17	0,18 0,19
5 m	60	3" × 8"	5/4" 1"	3/4" 3/4"	36 42	25 26	0,19 0,22

Tabell 5.

Bøyningsspenning og lokal nedbøyning f på gulvbord.

Gulvbord tykkelse (nom. og rikelig mål)		P = 100 kg					P = 200 kg				
		Bjelkenes senteravstand cm					Bjelkenes senteravstand cm				
		40	60	80	100	120	40	60	80	100	120
1 1/2" (35 mm) ..	b _b kg/cm ² f cm	13 0,008	20 0,026	26 0,06	33 0,12	39 0,21	26 0,016	40 0,05	52 0,12	67 0,24	78 0,42
5/4" (28 mm) ..	b _b kg/cm ² f cm	20 0,015	30 0,05	40 0,12	50 0,23	60 0,40	40 0,030	60 0,10	80 0,24	100 0,46	120 0,80
1" (22 mm)	b _b kg/cm ² f cm	34 0,03	50 0,10	67 0,24	84 0,46	100 0,80	67 0,06	100 0,20	133 0,48	167 0,92	200 1,60
	M _b kg cm	(67)	(100)	(133)	(167)	(200)	(133)	(200)	(267)	(333)	(400)

På grunnlag av det foranstående skulle det derfor være rimelig å tillate en bjelkeavstand på 60 cm for 1" bord, 90 cm for 5/4" bord og 120 cm for 1 1/2" bord.

Selv om gulvet slipes ned 10 % på tykkelsen vil fremdeles styrken og nedbøyningen være tilfredsstillende med denne bjelkeavstand.

Ifølge de nåværende byggeforskrifter angående dette punkt (NS 404 — Tømmermannsarbeider) tillates en maksimalavstand på 70 cm for 1 1/2" bord og 55 cm for 5/4" bord. (I praksis har imidlertid bygningsrådene godkjent 60 cm for 5/4" bord.) 1" har hittil ikke vært tillatt som gulvbord undtatt på loft.

I andre land tillates betydelig større bjelkeavstander og tynnere gulvbord enn hos oss. I Danmark er således 1 m bjelkeavstand meget alminnelig for 5/4" gulvbord. Noen ubehagelig svikt eller knirk er ikke danskene plaget med i sine gulfv utsatt at bjelkene er tilstrekkelig stive.

I Sverige tillates 1" gulvbord med senteravstand inntil 75 cm mellom bjelkene (ved kontinuerlige bjelker). I England er likeledes 1" gulvbord alminnelig.

Spørsmålet om gulvbordenes tykkelse er vesentlig et slitasjespørsmål. I privathus hos folk som vedlikeholder sine gulv skikkelig vil 1" være fullt tilstrekkelig og bør derfor tillates. På steder hvor gulvet blir utsatt for større slitasje, eller en må anta at vedlikeholdet med lakk eller maling blir dårligere vil det imidlertid være fordelaktig å bruke større gulvbordtykkelse.

3. Detaljer ved gulvbjelkene.

«Spreng» (Andreaskors, krysskolving).

Det fremgår av Tabell 4 at en meget stor del av de konsentrerte enkeltlasten må opptas av bjelker rett under lasten. Ved den hyppigste spennvidde (ca. 4 m) vil 40—50 % av lasten falle på bjelken rett under lasten og resten på den første nabo-bjelke på hver side. For å få en gunstigere fordeling av lasten

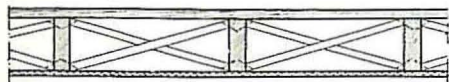


Fig. 5

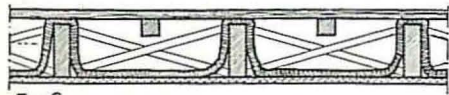


Fig. 6

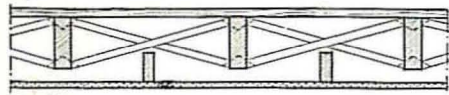


Fig. 7

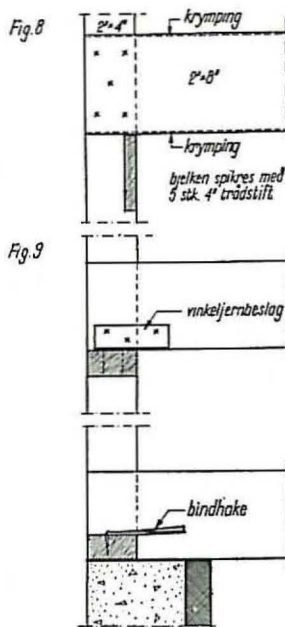


Fig. 9

Fig. 10

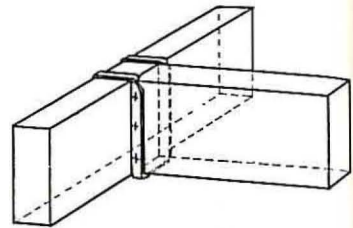
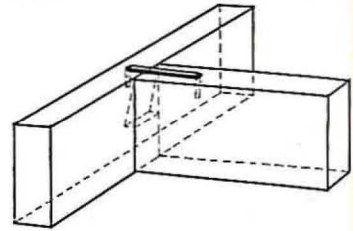


Fig. 11



og dermed mindre svikt, er det derfor meget fordelaktig å sette inn «spreng» i bjelkelaget (fig. 5) ved midten av alle spenn over en viss lengde, (f.eks. over 3.0 m). Ved slik «sprengning» av bjelkelaget er det lett å få fordelt lasten på flere bjelker, slik at belastningen på bjelken rett under den konsentrerte lasten og dermed bjelkesvikten reduseres betydelig. «Sprengning» av bjelkelag kan best utføres med krysslagte lekter — se fig. 5. For å fordele en konsentrert last på 200 kg må lektenes dimensjon ikke være under 1" x 2". På grunn av bjelkenes krymping (ofte 3-4 mm) vil en «sprengning» med båndjern eller ikubbede planker være mindre effektiv. Brukes lekter vil derimot krympingen bare bevirke at lektene sitter strammere. Med de nåværende priser vil en «sprengning» med 2" lekter koste ca. 2.50 kr. pr. bjelkefag, eller ca. 60 øre pr. m² for 4 m spenn og 60 cm bjelkestand. I lydisolierende bjelkelag med flytende gulv (fig. 6) eller med sekundærbejelker (fig. 7) vil en «sprengning» være mindre effektiv, da en eller begge «gurter» mangler når gulvbord og himling ikke spikres direkte i bjelkene.

Opplagring, forankring og utveksling av bjelker.

De opplagerkrefter som skal overføres ved bjelkeendene er så små at de ikke gir nevneverdige problemer. En bør imidlertid være oppmerksom på et par småting i forbindelse med opplagringen:

Ved «balloon frame» konstruksjon hvor bjelkene legges opp på ribord og spikres til veggstenderne bør spikringen dimensjoneres for hele opplagerkraften.

På grunn av krympingen vil ribordet etter en tid neppe få noen belastning i det hele tatt. For 60 cm bjelke- og stolpeavstand kan spikringen utføres som vist på fig. 8. På grunn av krympingsfenomenene er det mindre heldig for gulvet å kombinere spikring som vist på fig. 8 med opplagring på svill eller ribord uten spikring i vertikale stendere. Dette kan føre til at krympingen vil bli forskjellig. Uttørkingen av trelasten i et bjelkelag dreier seg ofte om 8—10 % (fra ca. 18 % til ca. 10 % fuktighet). Den tilsvarende krymping i høyden er ca. 2,5 %, eller på 8" høyde ca. 5 mm. En bjelke spikret som vist på fig. 8, vil under krympingen ligge noenlunde i ro med midtlinjer, mens overkanten og underkanten beveger seg ca. 2,5 mm mot midtlinjen. Differansen i bjelkehøyden kan, om ribordet eller svillen krymper tilsvarende, lett bli 3—4 mm, og kan derfor virke uheldig på gulvet. Ujevn krymping er alltid vanskelig å unngå. Både derfor, og for å gi skikkelig samvirke mellom bjelkene er det viktig å være omhyggelig med spikringen av hver gulyplanke ved hver bjelke.

Forankring mellom bjelkelaget og ytterveggen er nødvendig for å overføre horisontalkrefter mellom vegg og bjelkelag. Trykk-kreftene innover fra vindtrykk på veggen blir størst og kan være ca. 150 kg pr. bjelke. Disse krefter kan i alminnelighet overføres direkte mot gulvbordene. Strekk-kreftene fra vindsug derimot må opptas av forankringer. Dette vindsug tilsvarer ca. 50 kg pr. løpende m vegg. Veggen kan dessuten bli utsatt for slag eller press innenfra, slik at forankringen bør kunne oppta det dobbelte av denne kraft — altså ca. 100 kg/lm. Ved enkel sville-konstruksjon, hvor bjelkene ikke korrespon-

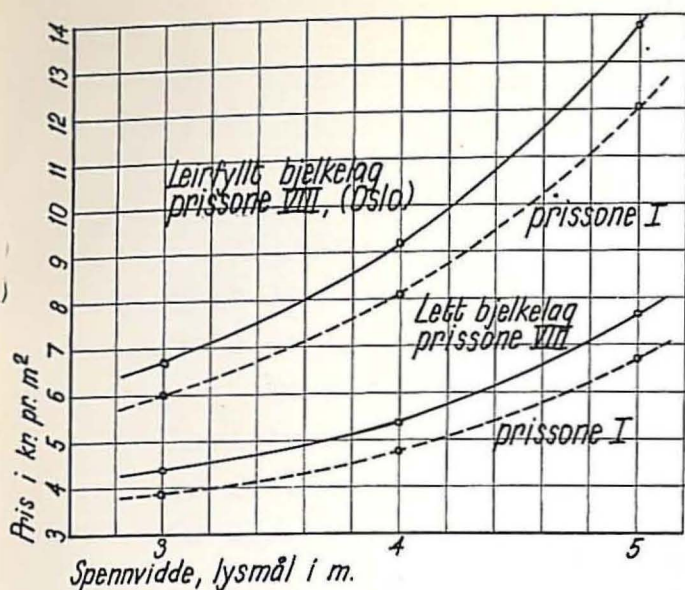


Diagram 1.
Sammenheng mellom spennvidde og pris for fritt opplagte bjelker.

derer med veggstenderne må bjelkene festes til svillen på en eller annen måte. Forankringen kan skje ved skråspikring hvis denne utføres omhyggelig, men det sikreste vil være å bruke et eget beslag, f. eks. som fig. 9 viser. Bindhaker kan også brukes.

I Amerika, Sverige og andre land er det meget alminnelig å bruke spesielle beslag eller båndjern for å bære utvekslinger (se fig. 10). På grunn av bjelkenes krymping er en slik utførelse ikke så fordelaktig, og blir dessuten heller ikke billigere enn den vanlige tapping (se fig. 11). Tappingen er en bra utførelse, men for korte vekslinger kan i mange tilfelle spikring alene være tilstrekkelig forutsatt at den gjøres forsvarlig.

4. Økonomiske spennvidder.

Prisen på et trebjelkelag kan tenkes sammensatt av to deler, nemlig prisen for selve bjelkene og prisen for alt det øvrige (gulvbord, isolasjon, himling m. v.). Den siste delen avhenger ikke av spennvidden, og kan tilnærmet betraktes som konstant for en gitt konstruksjon. Den første delen derimot avhenger i temmelig høy grad av spennviddene. For en gitt spennvidde avhenger den dessuten av hvilken dimensjon man velger på bjelkene (forutsatt at bjelkenes bæreevne skal utnyttes). For å gi et begrep om variasjonene er det gjennomregnet en del eksempler på forskjellige bjelke dimensjoner og spennvidder. Prisene omfatter trelast inkl. spill, og arbeidslønn etter gjeldende akkordtariff, — med tillegg for sosiale utgifter, administrasjon og fortjeneste etc. etter prisforskriftene.

Kalkylene er utført for smale gulvstriper og tar derfor ikke hensyn til eventuelle utvekslinger e.l. De forutsetter dessuten at bjelkenes bæreevne utnyttes helt, dvs. at bjelkene legges med den største senteravstand forskriftene tillater for vedkommende spennvidde. Selv om de absolute tallene således ikke alltid blir riktige, gir de allikevel et godt bilde av forholdet mellom prisene.

Diagram 1 viser sammenhengen mellom spennvidde og pris for fritt opplagte bjelker ved lette resp. tunge (leirfylte) bjelkelag. Vi ser av diagrammet at prisene for tunge bjelkelag øker meget sterkere med spennvidden enn ved lette bjelkelag. Forutsatt at de nødvendige bjelkelengder kan skaffes er det ingen markert økonomisk grense for spennvidden. I praksis har det imidlertid de senere år vært nesten umulig å skaffe lengder over 5 m. Dette forhold henger sammen med pris- og målingsregler for tømmer og trelast, og behøver forsåvidt ikke bli evigvarende.

Diagram 2 viser sammenhengen mellom spennvidder og pris for forskjellige bjelkelagstyper ved to-spenninndeling, hvor også kontinuerlige bjelker kommer inn i bildet. Det framgår av diagrammet at kontinuerlige bjelker er økonomisk fordelaktige ved alle vanlige husbredder. Diagrammet viser også at det er økonomisk fordelaktig (for bjelkelagene) å gå til høyest mulige bjelker. Regelen er helt klar: det er økonomisk fordelaktig å bruke så høye bjelker som praktisk mulig, og av disse igjen så tykke bjelker at de kan legges med en senteravstand så nær opp til den tillatte maksimalavstand som mulig. Som vi tidligere har sett er dette også teknisk fordelaktig.

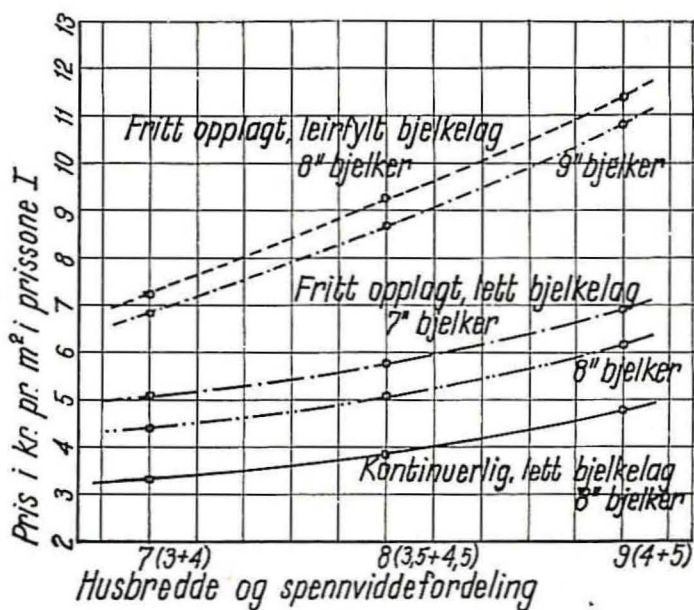


Diagram 2.
Sammenheng mellom spennvidder og pris ved 2-spenninndeling.

Summary of
Trebjelkelag i småhus

Wooden floors for small houses.

Continuous beams have heretofore been little used in Norway. With lumber prices rising, it is now economically desirable as well as technologically sound to do so.

To assist in designing continuous beams Building Research Department has computed and tabulated design data for two types of floor framing. These designs are based on a dead load of 60 kg/m², a live load of 150 kg/m², and a maximum allowable deflection of $\frac{1}{200}$ of the span.

1. Floor framing as shown in Fig. 1.

Table 1 shows the maximum permissible spacing for different beam sizes with span l_1+l_2 . The distance "a" indicated must be respected in locating joints.

2. Floor framing as shown in Fig. 2.

Table 2 shows the maximum permissible spacing for different beam sizes with span l_1+l_2 , assuming the same cross-section over both spans. The distances a_1 and a_2 , approximately 1/6 of the span, must be respected.

Table 3 shows the corresponding values for beams with a different cross-section over each span.

Table 4 gives the load distribution on beams loaded as shown in Fig. 3. This distribution is a function of the span, beam spacing, and the thickness of the floor boards and ceiling.

Beam deflections are shown in the last column.

Table 5 shows the flexure stress (G_p) and local deflection (f) of floor boards with concentrated loads $P=100$ kg and $P=200$ kg applied at the mid-point between beams.

On the basis of these tables it is recommended that a beam spacing of 60 cm be permitted with 1" floor boards, 90 cm with 1 1/4" boards, and 120 cm with 1 1/2" boards.

For floor boards laid on simply supported beams the span-cost relationship is shown in diagram 1. The two upper curves apply to floors with heavy insulating material (clay), the two lower curves to floors with light insulating material.

Diagram 2 shows the span-cost relationship for beams over two adjacent spans. Cost is shown as a function of the house width. The uppermost curves refer to simply supported beams with heavy insulating material; the following two curves to simply supported beams with light insulating material; and the lowermost curve to continuous beams.

The diagrams show that it is economically sound to design beams with as great a depth as possible. In turn, the beam width should be large enough to utilize the maximum permissible beam spacing as determined by the floor boards. Floors designed according to this principle will cost less and have an overall greater rigidity.