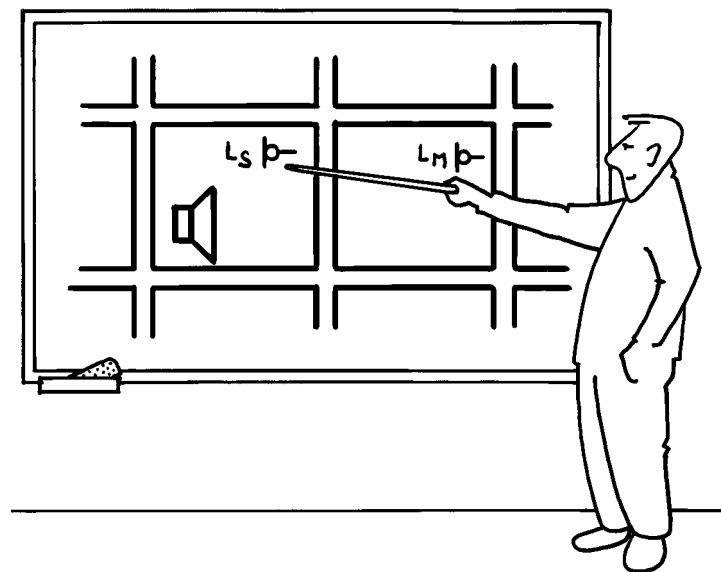


# Komfort-egenskaper for etasjeskillere i TRE



- Lydisolering
  - \* luft- og trinnlydisolering
- Vibrasjoner
  - \* Akseptable rystelser i forhold til spennvidder



# Lydisolering

- Krav og anbefalinger
- Typer konstruksjoner
- Løsninger og måleresultater
- Begrensninger & muligheter

## Utfordringer generelt

- mye klager på trinnlyd fra lette etasjeskillere
- lavfrekvensegenskapene er ikke godt nok ivaretatt i dagens regelverk

# Grenseverdier i NS 8175

## Luftlydisolering    Trinnlydisolering

Type rom	Klasse B $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse C $R'_w$ dB
<b>SYKEHUS &amp; PLEIEINSTIT.</b> Mellom senge- eller beboerrom	50	<b>48</b>
<b>SKOLER eller BARNEHAGER</b> mellom undervisningsrom eller aktivitetsrom	52	<b>48</b>
<b>BOLIGER</b> mellom boenheter osv.	58	<b>55</b>

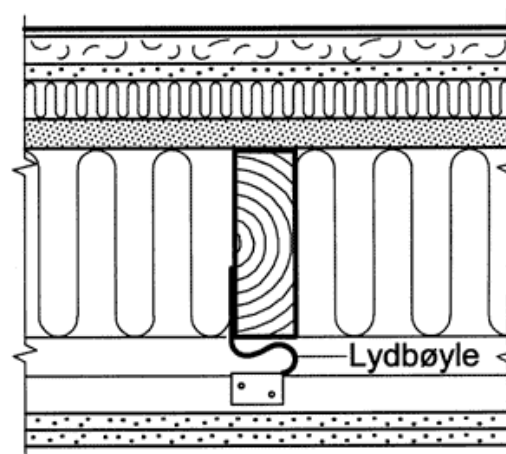
Type rom	Klasse B $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB
<b>SYKEHUS &amp; PLEIEINSTIT.</b> Mellom senge- eller beboerrom	55	<b>58</b>
<b>SKOLER</b> mellom undervisningsrom <b>BARNEHAGER</b> mellom aktivitetsrom	58 53	<b>63</b> <b>58</b>
<b>BOLIGER</b> mellom boenheter osv.	48	<b>53</b>

# Anbefalte verdier - lydisolering

- **Luftlyd:**  $R'_w + C_{50-5000} \geq 55 \text{ dB}$
- **Trinnlyd:**  $L'_{n,w} + C_{l,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$
- $C_{l,50-2500}$  kan være:
  - for "dårlige" løsninger  $>10 \text{ dB}$
  - for "gode" løsninger bare 2-3 dB
- Se NBI Håndbok 51 (hefte 2 – Lyd)  
eller Byggdetaljer 522.511

# Vanlig, lydisolerende trebjelkelag

- **Oppbygging**
  - vanlig trebjelke
  - K-bjelke
  - I-bjelke
  - eller lignende

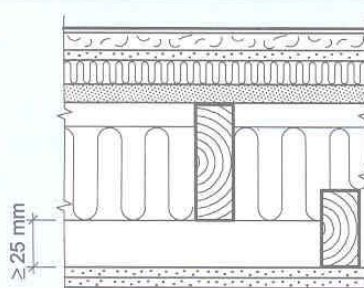
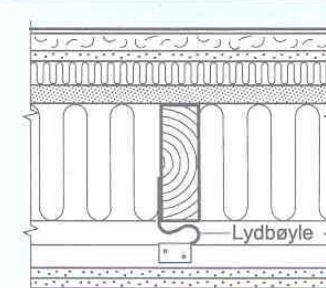


- **Fjærende sjikt overgolv**
  - Myke: Gir ofte høye C-verdier, men ikke så følsomme for bæresystem
  - Halvstive: Moderate C-verdier, men svært følsomme for bæresystem

# Lydisolerende trebjelkelag, fts.

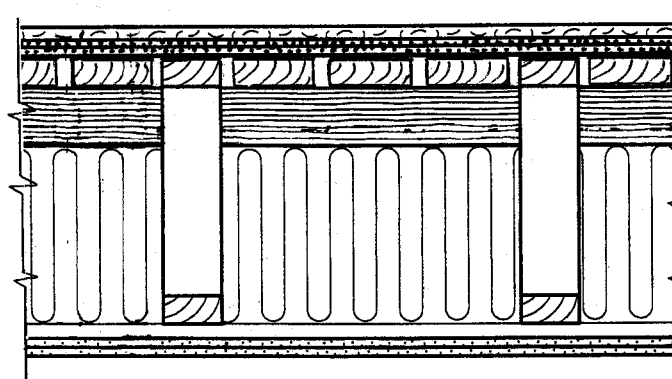
## ■ Egenskaper

Prinsipielle løsninger for lydisolerende trebjelkelag

Løsning overgolv	Separat himlingsbjelke se pkt. 51	Himling i vibrasjonsisolerende opphengssystemer, se pkt. 52	Erfaringsverdier, lydisolasjon
Overgolv på fjærende sjikt  Se detaljløsninger i pkt. 44			<p>Luftlydisolasjon:  <math>R'_{w} = 59-62 \text{ dB}</math>  <math>R'_{w} + C_{50-5000} = 57-59 \text{ dB}</math></p> <p>Trinnlydisolasjon:  <math>L'_{n,w} = 53-48 \text{ dB}</math>  <math>L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 59-54 \text{ dB}</math></p>

# Gitterbjelker / fagverksbjelkelag

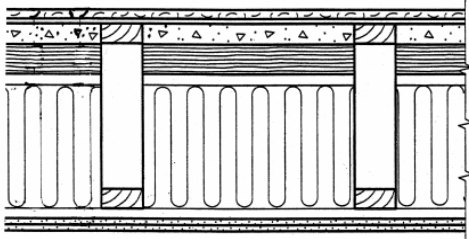
- **Oppbygging**
  - Enkelt med integrering av tverravstivere og økt flatemasse



- **Fjærende sjikt overgolv**
  - Prinsipielt som vanlige bjelkelag, MEN enkle muligheter for søylebæring

# Gitterbjelker / fagverksbjelker, fts.

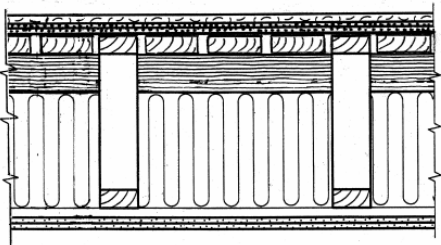
## ■ Måleresultater

Alle overgolv med parkett, golvspån og porøs trefiberplate + ev. gipsplater	Prinsipp	Luftlyd $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Trinnlyd $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$ dB
	50 mm betongheller på tverravstivere  60 mm påstøp på gips, porøs plate og tverravstivere	forsøkshus: $\geq 63 - 3$	forsøkshus: 40 + 6  bygning <sup>2)</sup> : flis: 49/47 + 0 vinyl på flis: 42 + 2

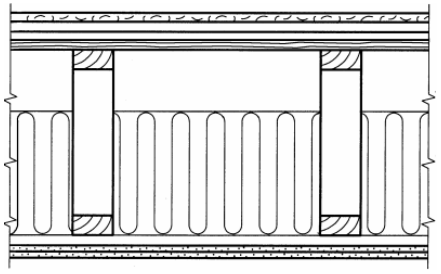
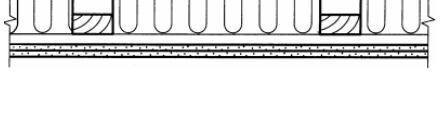
2) Bærebjelke og søyler ved midtbæring uten fast forbindelse til vegger, forøvrig vanlige bindingsverksvegger



## ■ Måleresultater, fts.

Alle overgolv med parkett, golvspån og porøs trefiberplate + ev. gipsplater	Prinsipp	Luftlyd $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Trinnlyd $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$ dB
	langsgående plank 48 x 198 mm på tverravstivere	forsøkshus: 67 – 4  bygning <sup>1)</sup> : 63 – 1	forsøkshus: 45 + 4  bygning <sup>1)</sup> : 47 + 4

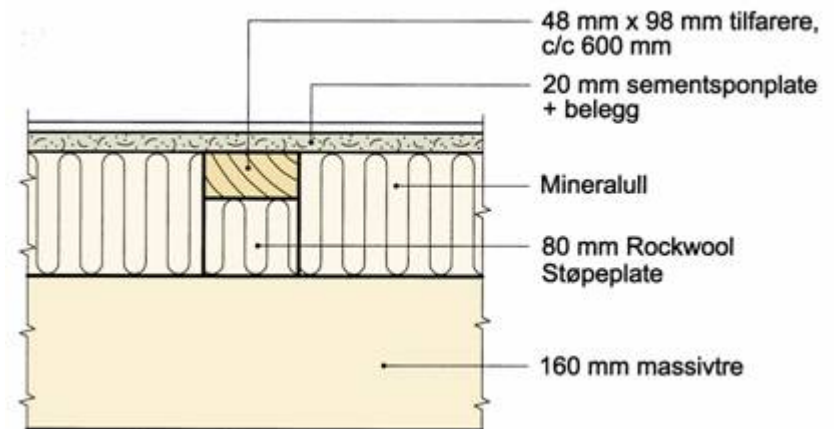
1) Bærebjelker og søyler for hele etasjen uten fast forbindelse til underliggende vegger

Alle overgolv med parkett, golvspån og porøs trefiberplate + ev. gipsplater	Prinsipp	Luftlyd $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Trinnlyd $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$ dB
	21 mm spalteggolv på bjelker	forsøkshus: ≥ 64 – 5 bygning <sup>2)</sup> : 64 – 2	forsøkshus 44 + 6 bygning <sup>2)</sup> : sov 51 + 2 stue 52 + 2
	36 mm spalteggolv på bjelker, 2 x porøs		bygning <sup>2)</sup> : sov 51 + 2 stue 53 + 3

2) Bærebjelke og søyler ved midtbæring uten fast forbindelse til vegger, forøvrig vanlige bindingsverksvegger

# Etasjeskillere med massivtre

- **Overliggende tilleggs-konstruksjon**  
fjærende sjikt stripeopplagret



- **Fjærende sjikt**  
Myke, fjærende sjikt nødvendig, kan gi høye C-verdier
- **Bæresystem/flankerende vegger**  
må avklares

# Etasjeskillere med massivtre, fts.

## ■ Noen måleresultater

	Måling i laboratorium	Måling i ferdig bygg
Oppbygging	Parkett, golvgips, 22 golvspon, tilfarer lagt på 80 mm støpeplate, minimum 160 mm massivtre element	Tilsvarende laboratorium + <b>flankerende konstruksjoner med vegger i massivtre</b> (innvendig eksponert)
Luftlyd-isolasjon	$R_w \geq 55$ dB	$R'_w \geq 51$ dB
Trinnlyd-isolasjon	$L_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 54$ dB

## ■ Flankerende bindingsverksvegger

Forventer samme begrensning som for vanlige trebjelkelag

## ■ Søylebæring

fordelaktig, ikke utprøvd med massivtre

# Etasjeskillere med massivtre, fts.

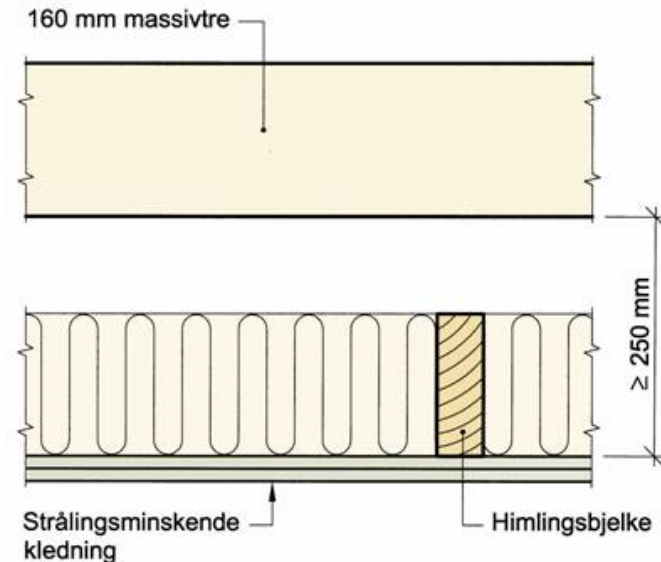
- **Tilleggskonstruksjon i himling**  
separat himlingsbjelke

Forsøkshus NBI:

$$R'_{w} = 63 - 64 / C = -4 \text{ til } -6 \text{ dB}$$

$$L'_{n,w} = 50 - 55 / C_i = +2 \text{ til } 0 \text{ dB}$$

I ferdige bygg med gjennomgående vegger: vesentlig dårligere verdier

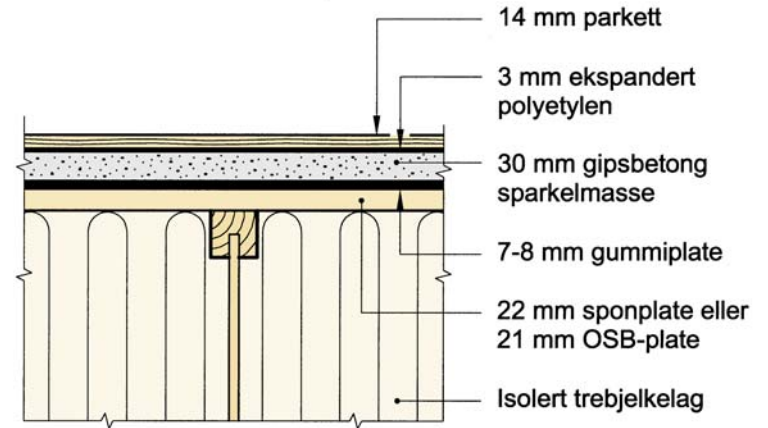


- **Bæresystem/flankerende vegger**  
må avklares

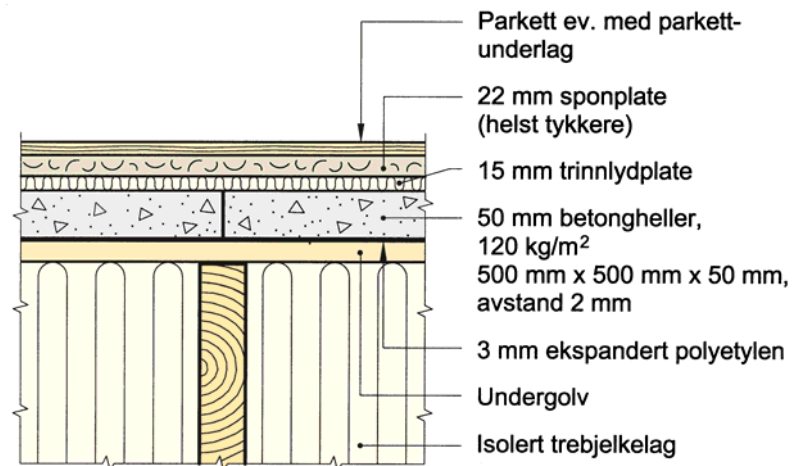
# Alternative overgolv på bjelkelag

## ■ Sand/grus

## ■ Påstøp

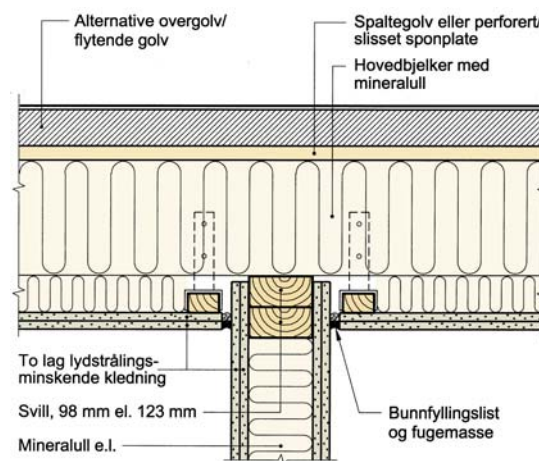
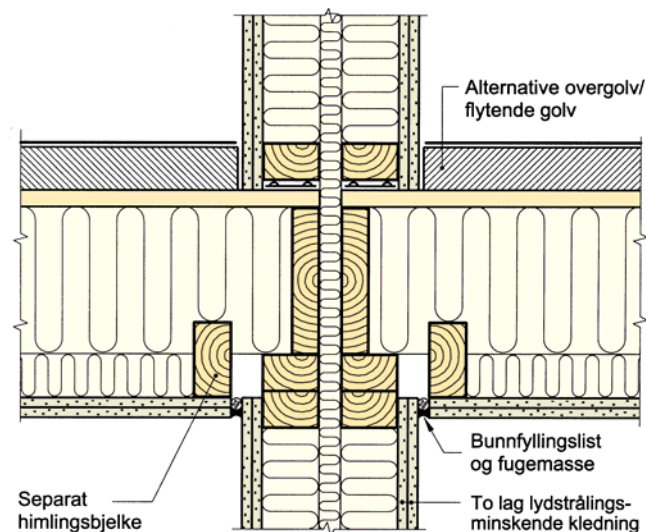
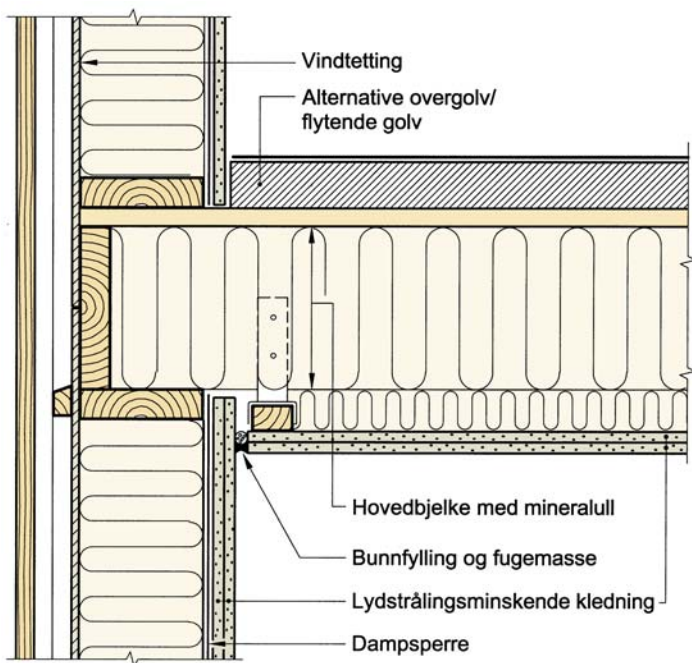


## ■ Heller



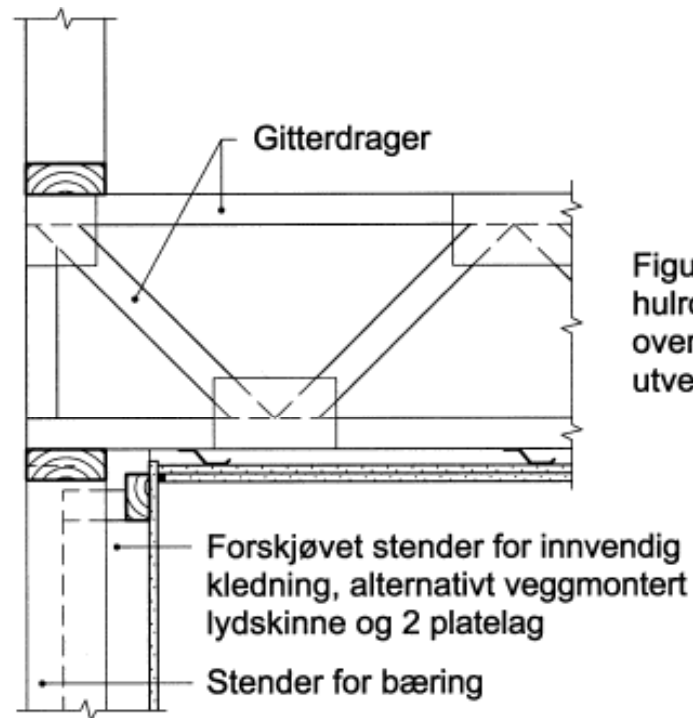
# Bæresystem – begrenser trinnlyd

## Bindingsverksvegg



# Bindingsverksvegg – alternativ

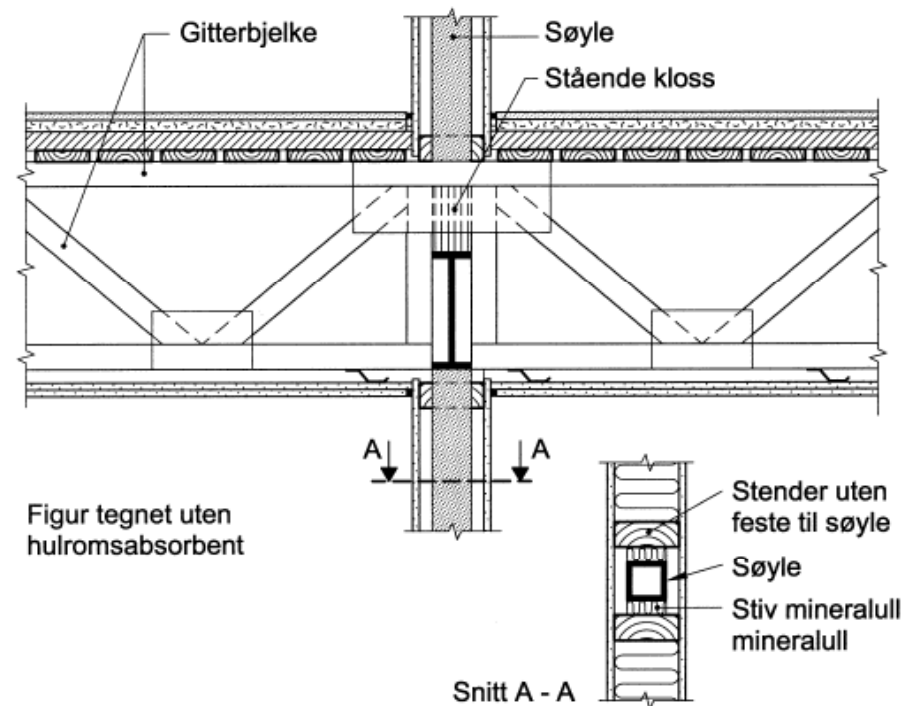
- **Separat stenderverk for innvendig kledning**
- **Lydskinner montert på stendere**



Figur tegnet uten hulromsabsorbent, overgolv og utvendige sjikt

# Bæresystem – fordelaktig mht. lyd

- **Bjelke/søyle-løsning**  
Gir vesentlig reduksjon av flanketransmisjon





# Vibrasjoner

- Status
- Dimensjonerende egenskaper
- Nye kriterier
- Løsninger og tabeller
- Oppsummering

## Utfordringer generelt

- Øke spennvidder
- Ivareta tilstrekkelig komfort

# Status - vibrasjoner

- **Tradisjonell dimensjonering**
  - tar vare på vibrasjonene ved et nedbøyningskriterium
  - Bjelkelagstabeller, anbefaler ”**høy stivhet**”
- **Erfaringer**
  - Nedbøyning ikke fullgodt kriterium for dynamiske laster, **fordi menneskers følsomhet øker med synkende frekvens og demping**
  - Frekvens = laveste egenfrekvens til bjelkelaget

# Bjelkelag i bygninger med personlaster

## ■ Dimensjonerende egenskaper

- Vibrasjoner / nedbøyning
- Lydisolering - hvis det samtidig er lydkrav til skillekonstruksjonen, i kombinasjon med brann

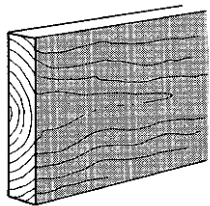
Altså ikke statiske laster (fare for brudd osv.)

## ■ Bjelkelagstabeller fra Byggforsk

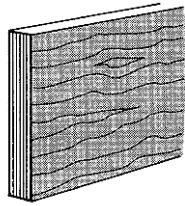
- Brukes i svært stor grad
- Basert på forskningsarbeid fra 50-tallet
- Innskjerpet med et strengere nedbøyningskriterium (på 90-tallet)
- "gjelder" opptil 4 –5 meter spennvidde

# Vanlige bjelkelag

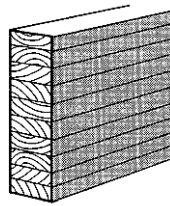
## ■ Noen bjelketyper



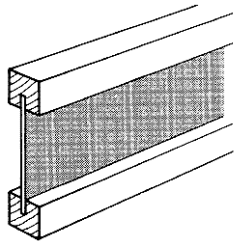
Konstruksjonsvirke



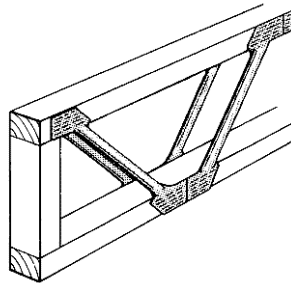
Parallellfinér



Limtre



I-bjelke



Fagverksbjelke

## ■ Bjelkelagstabell

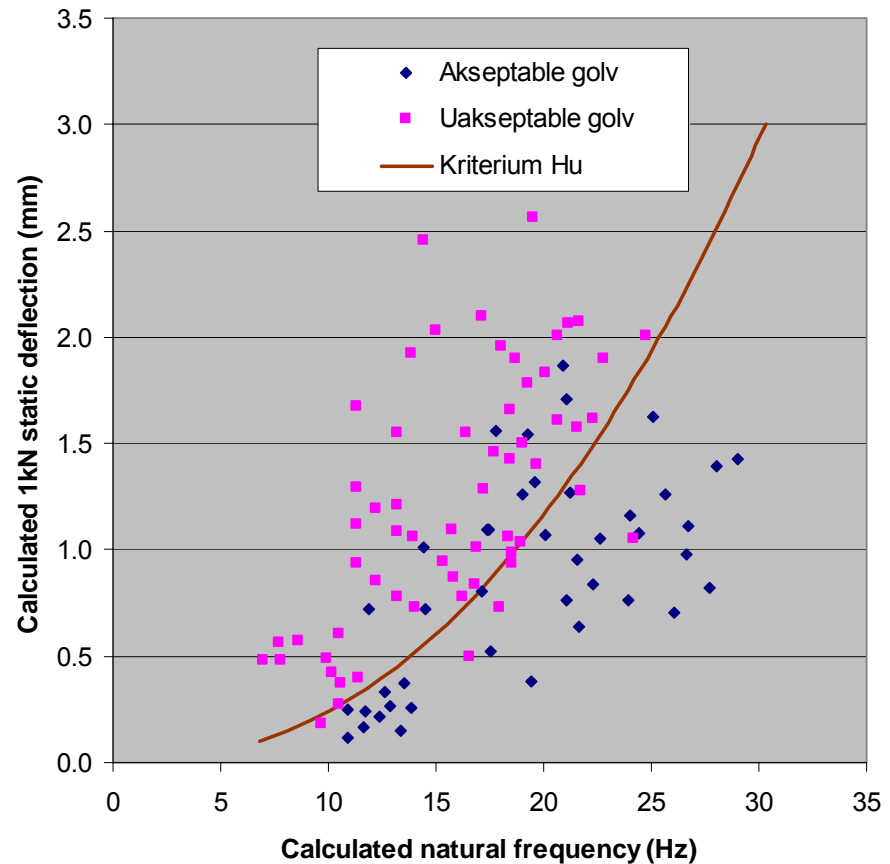
Deformasjonsbegrensning = 0,87 mm

Bjelkehøyde mm	Senteravstand mm	Fra Byggedetaljer 522.351 Lysåpning	
		Heltre 73 mm	I-bjelke 45 mm
200	600	2950	2800
250	600	3400 *	3500
350	600	-	4800
450	600	-	-

\* 223 mm høy

# Evaluering av kriterier

- Dimensjonere etter nedbøyning og frekvens:  
Resultater fra Hu, Kanada  
112 golv i felt
  - godt dokumentert
  - prinsipielt enkelt



# Valg av kriterier, foreløpig

## ■ Vanlige bjelkelag

for  $f_o > 10$  Hz:  $\frac{f_o}{\Lambda^{0.44}} > 18.7$  eller  $\Lambda < \left(\frac{f_o}{18.7}\right)^{2.27}$

I tillegg: Maksimal nedbøyning 1,3 mm (1 kN punktlast)

Både nedbøyning og frekvens bestemmes beregningsmessig.

for  $8 < f_o < 10$  Hz: Kriteriet utprøves i kombinasjon med andre kriterier.

## ■ Tverravstivede bjelkelag eller skiver, dvs. høy tverrstivhet, påstøp, massivtre dekker eller andre typer 2-veis plater:

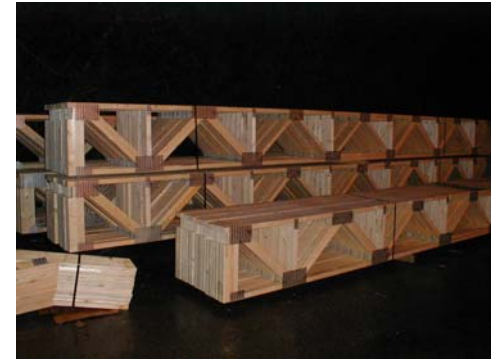
for  $f_o > 12.5$  Hz: Bjelkelagskriterium ned til 12.5 Hz

for  $8 < f_o < 12.5$  Hz: P.t. ingen konkrete forslag.

## ■ Felles: Løsninger med $f_o < 8$ Hz frarådes

# Gitterbjelker

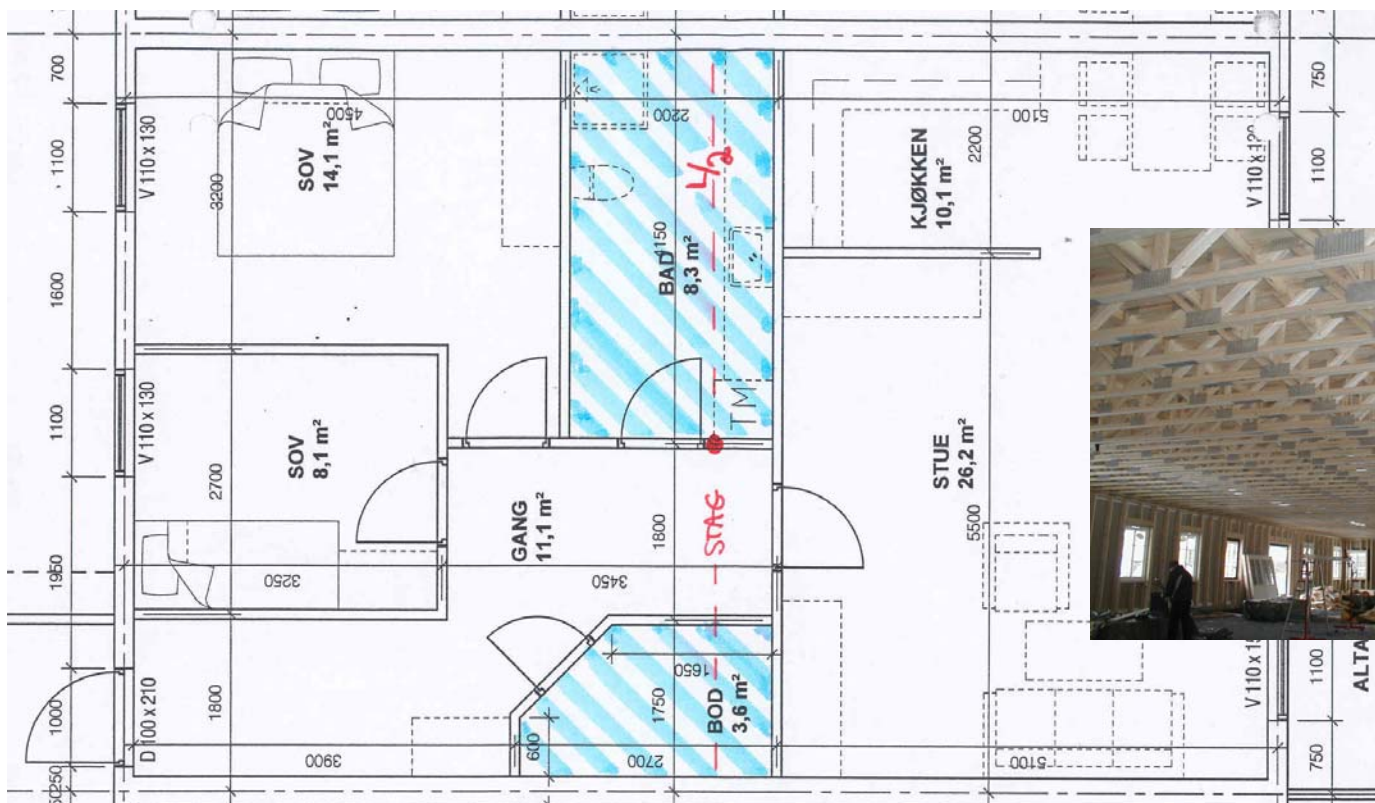
## ■ Foreløpig tabell pr. 2006



Bjelke- høyde [mm]	cc- avstand [mm]	Lys- åpning [mm]	Beregnet egenfrekvens [Hz]	Beregnet def. ved 1 kN [mm]
350	600	5 000	13.3	0.46
400	600	5 500	12.9	0.43
450	600	5 950	12.6	0.41
500	600	6 350	12.5	0.38
550	600	6 700	12.5	0.36
600	600	7 000	12.5	0.34
650	600	7 300	12.5	0.32
700	600	7 600	12.5	0.30

# Eksempel, bygg med Gitterbjelkelag

## ■ Fritt spenn 11.7 m





# Resultater fra målinger i bygg

	<b>Kun undergolv</b>	<b>Ferdig konstruksjon</b>
Oppbygging	Spaltegolv på 650 mm gitterbjelker	Flytende golv med spaltegolv, mineralull, gips + sponplate - På bad, påstøp på spaltegolv - Stag ø 12 mm midt i spenn frå bjelke til takstol - Innvendige delevegger på tvers og langs ref. bjelkeretning
Måling av nedbøyning	Opptil 2.2 mm	Opptil 0.2 mm (men ikke målt på bjelker)
Måling av vibrasjoner	Laveste egenfrekvens ca 9 Hz Høy bevegelighet	Laveste egenfrekvens ca. 11 Hz Liten bevegelighet

# Oppsummering

- **Nytt kriterium som kan benyttes**
  - premierer lav vekt / høy egenfrekvens
  - lav vekt begrenser ofte trinnlydisolering
- **Utfordring ved nytt kriterium**
  - beregninger som stemmer med Kanadisk metode
  - beregninger som stemmer med målinger
- **Konstruktive muligheter**
  - avstivende vegger (gir også demping)
  - andre tiltak som gir demping (obs. komplisert)