



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R1:1986

# Samverkanbjälklag med tunn- plåtsprofil i bostadshus

Konrad Hernelind

R  
9/10

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr
Plac <i>ser</i>

Byggeforskningsrådet

R1:1986

SAMVERKANBJÄLKLAG MED TUNNPLATSPROFIL  
I BOSTADSHUS

Konrad Hernelind

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811803-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till Nylander &  
Hernelind Konstruktionsbyrå AB, Bromma.

## REFERAT

I projektet har tunnplåtens användbarhet som bärverk i bjälklag undersökts.

Den tunnplåtsprofil som valts är Plannjas trapetsprofil, TRP 200. Denna profil i samverkan med olika skivmaterial har tidigare undersökts på Stålbyggnad, KTH, och i denna undersökning bygger man vidare på erfarenheterna från dessa försök.

I rapportens första del redovisas förundersökningar som utförts på laboratorium, den andra delen fältundersökningar av ett provhus. Det är ett av småhusen som uppfördes i Upplands Väsby till bostadsmässan Bo 85. Byggnadens samtliga bjälklag har TRP 200 som bärverk. Mätningar och vissa utvärderingar av dessa hus presenteras i rapporten.

Parallellt med provhuset på Bo 85 har en vårdcentral i Vendelsö med samma typ av bjälklagskonstruktion projekterats. Konstruktionerna skiljer sig i några avseenden från varandra. I rapporten görs vissa jämförelser mellan dessa byggnader.

Bjälklaget har studerats med avseende på:

- bärförmåga
- svikt- och vibrationsegenskaper
- akustiska egenskaper
- brandmotstånd

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R1:1986

ISBN 91-540-4500-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986



INNEHALLSFÖRTECKNING

Sid.

INNEHALLSFÖRTECKNING .....	3
1. <u>INLEDNING</u> .....	5
2. <u>SAMMANFATTNING AV RESULTAT</u> .....	8
2.1 Bärförmåga av böjstyvhhet .....	8
2.2 Svikt- och vibrationsegenskaper .....	8
2.3 Akustiska egenskaper .....	9
2.4 Brandmotstånd .....	9
3. <u>FRAMTIDA STUDIER</u> .....	10
3.1 Enbostadshus .....	10
3.2 Lägenhetsskiljande bjälklag .....	10
3.3 Provhus .....	10
4. <u>BÄRFÖRMÅGA OCH BÖJSTYVHET</u> .....	11
AVDELNINGEN FÖR STÅLBYGGNAD, KTH, STOCKHOLM	
4.1 Bärförmåga och böjstyvhhet .....	11
4.2 Nordiska forskningsdagar för stålbyggnad 1982 ...	16
5. <u>LABORATORIEPROV AVSEENDE SVIKT- OCH VIBRATIONS-</u> <u>EGENSKAPER</u> .....	26
INSTITUTIONEN FÖR STÅL- OCH TRÄBYGGNAD, CTH, GÖTEBORG	
5.1 Inledning.....	26
5.2 Provbjälklagets uppbyggnad och geometri .....	27
5.3 Prov med påtvungen dynamisk kraft .....	29
5.4 Prov med last i form av människa i rörelse .....	33
5.5 Subjektiv bedömning av svikt- och vibrations-	
egenskaper .....	37
5.6 Sammanställning av resultat samt slutsatser .....	39

6.	<u>AKUSTISKA EGENSKAPER</u> .....	43
	STATENS PROVNINGSANSTALT, BORÅS	
6.1	Luftljudsisolerings- och stegljudsnivåmätning i laboratorium. Prov nr 1 t.o.m. 9 .....	43
6.2	Bestämning av stegljudsnivå samt reduktionstal. Prov nr 10 .....	61
7.	<u>BRANDMOTSTÅND</u> .....	67
	STÅLBYGGNADSIINSTITUTET, STOCKHOLM	67
7.1	Bakgrund .....	67
7.2	Brandtekniska krav samt temperaturkriterier .....	67
7.3	Beräkningsresultat .....	67
8.	<u>KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR</u> .....	69
8.1	Inverkan av mellanväggar på vibrationsegenskaper.	69
8.2	Akustiska prov med övergolv på KIP-kuddar.....	69
9.	<u>PROVHUS</u> .....	70
9.1	Inledning .....	71
9.2	Beskrivning av provhus.....	73
9.3	Sammanfattning av resultat.....	76
9.4	Övriga synpunkter.....	77
10.	<u>SLUTORD</u> .....	79
	Bilaga 1. Svikt och Svängning: Accelerationsspektra och inertansfunktioner	81
	Bilaga 2. Akustik: Utformning av provbjälklag	88
	Bilaga 3. Brandmotstånd: Temperaturkriterier	98
	Bilaga 4. Svikt och Svängning: Inverkan av mellan- väggar	106
	Bilaga 5. Akustik: Inverkan av vibrationsisolatorer	116
	Bilaga 6. Svikt och Svängning: Fältprovning	123
	Bilaga 7. Akustik: Fältprovning	149
	Bilaga 8. Provhus: Konstruktionsdetaljer	160

## 1. INLEDNING

Arbetet med föreliggande forskningsrapport har sitt ursprung i önskemål att använda tunnplåt som bärverk i byggnader. Mest angeläget anser vi vara att utreda och utveckla tunnplåtens möjligheter som bärverk i bjälklag.

Genom att få en tunnplåtsprofil att samverka med ett lämpligt artfrämmande skivmaterial kan styvhetsgenskaper och bärförmågan förbättras. Gällande normer ger emellertid inte konstruktören klara anvisningar om hur bjälklaget skall utformas för att det skall bli godtagbart och uppfylla de krav man kan ställa.

För närvarande måste en bedömning om ett planerat bjälklags duglighet avgöras genom jämförelse med redan utförda bjälklag eller också kan ett provbjälklag byggas.

Den tunnplåtsprofil som valts att användas till försöken i projektet är Plannjas trapetsprofil TRP 200. Valet är betingat av att försök med TRP 200 i samverkan med olika skivmaterial tidigare har utförts på Avdelningen för Stålbyggnad, KTH.

Trapetsprofilen TRP 200 är av tillverkaren tänkt att främst användas som bärande takplåt för industri- och hallbyggnader. Spännvidden kan vid den typen av byggnader uppgå till 12 m, beroende på laster och upplagsförhållanden.

Profilhöjden är 206 mm och den täckande bredden för varje plåtprofil är 750 mm. Plåten är profilerad både på längden och på tvären. Mellan profilens längsgående liv är den på tvären profilerad, s.k. tvärembossing varigenom plåten blir bärande i bägge riktningarna.

Tvärembosseringen medför emellertid att en stor del av tvärsnittsytan blir överksam vid böjning i längsled och inte bidrar till samverkanbjälklagets styvhet. Embosseringen försvårar också möjligheterna att erhålla ett pålitligt limförband mellan de samverkande materialen då plåtprofilen får små plana ytor i kontakt med skivmaterialet.

Vid Avdelningen för Stålbyggnad, KTH, har undersökningar rörande bärförmågan och böjstyvheten hos kompositbalkar bestående av TRP 200 och olika skivmaterial genomförts. De faktorer som inverkar på balkens egenskaper och som har studerats är egenskaper hos plåtprofilen, skivkomponenten och skruvförbandet. Även skruvplaceringen är av betydelse.

Skruvförbandets eftergivlighet eller styvhet anges med en förskjutningsmodul, som är ett mått på den grad av samverkan som skruven kan ge mellan tunnplåtsprofil och skivmaterialet. Avgörande för förskjutningsmodulen är de deformationer som uppträder i plåt och skivmaterial samt böjning i skruv.

Svikt- och vibrationsegenskaper hos ett provbjälklag har undersökts på Institutionen för Stål- och Träbyggnad, CTH.

Provbjälklaget som har spännvidden 7,2 m och en fri bredd på ca 6,75 m har byggts upp i laboratorium. Samverkansbjälklagets uppbyggnad utgörs av TRP 200 med plåttjockleken 1,5 mm samt 19 mm plywood fastskruvat på ovansidan. Skruvförbandet utgörs av gipsskiveskruv med skruvdelningen 200 mm.

På undersidan finns tvärgående 50 mm höga L-profiler med C-avståndet 400 mm fastskruvade. Reglarna förväntas ha en lastfördelning och ha en gynnsam inverkan på svikt- och vibrationsegenskaperna. På undersidan har till reglarna skruvats ett lager 13 mm gipsskiva. De parametrar som här är av betydelse och som har bestämts är bjälklagets egenfrekvens och moduldämpning. Även ett försök med subjektiv värdering av svikt- och vibrationsegenskaperna har genomförts.

Hos Statens Provningsanstalt i Borås har de akustiska egenskaperna undersökts för 10 st bjälklagsvarianter. I en provöppning på 3 x 4 m monterades en grundkonstruktion utgående från TRP 200. Till ovansidan skruvades 19 mm plywood och på undersidan 50 mm höga stålreglar c 400. Mellan reglarna placerades 50 mm mineralull och mot reglarna monterades 2 lager 13 mm gipsplank. Utifrån denna grundkonstruktion har olika varianter med övergolv och undertak provats.

Målsättningen har varit att erhålla en konstruktion som klarar de krav man ställer på lägenhetsskiljande bjälklag, nämligen att index för luftljudsisolering  $I_a$  skall vara minst 55 dB och index för stegljudsnivå  $I_i$  högst 63 dB.

De brandtekniska kraven har studerats hos Stålbyggnadsinstitutet. Man har här gjort en bedömning av brandmotståndet för ett flertal olika utformningar. Genomgående är endast TRP 200. På ovansidan har man haft plywood eller gipsskivor. På undersidan har förutsatts gipsskivor monterade på 50 mm stålreglar. Tre varianter med mineralull mellan reglarna har provats. Bedömningarna av brandmotståndet baseras på temperaturberäkningar med ett datorprogram vid en förutsatt brandpåverkan underifrån enligt standardbrandkurvan.

## 2. SAMMANFATTNING AV RESULTAT

Resultatet av de rapporter som underkonsulterna redovisat sammanfattas kortfattat nedan.

### 2.1 Bärförmåga och böjstyvhet

- . En tunnplåtsprofil som är bättre anpassad till samverkanbjälklag borde utvecklas. Den plåt som utgör tvärembosseringen i profilens överkant bidrar ej till att öka samverkanbjälklagets styvhet.
- . Plywood är idag det för ändamålet bästa skivmaterialet. Även golvgipsskivan har i dessa avseenden mycket goda egenskaper men har ej undersökts tillräckligt för att användas i samverkande syfte.
- . Limförband ger den mest effektiva formen av samverkan. I överkanten på TRP 200 finns mycket små plana delar p.g.a. längsgående rillor och embossering som gör det svårt att åstadkomma en god limning.
- . Byggskruv som är utvecklade med tanke att ingå som förband i aktuell typ av samverkanbjälklag finns idag inte på marknaden.

Skruv med större diameter och som har en sådan utformning att en bättre förbandsstyvhet erhålls borde utvecklas. Skruvdelningen skulle då kunna öka utan att avkall görs på samverkankonstruktionens styvhet.

### 2.2 Svikt- och vibrationsegenskaper.

- . Provbjälklaget som byggts upp på CTH i Göteborg tillfredsställer inte de krav man ställer i svikt-och vibrationsavseende.
- . Undersökningen visar att resonansfrekvenser och dämpmått är låga. En ökning av de lägre resonansfrekvenserna är den mest effektiva åtgärden för att reducera störande vibrationer.

Det kan enklast ske genom att samverkankonstruktionens böjstyvhet ökar.



- En ökning av böjstyvheten erhålls i första hand om spännvidden minskas eller om trapetsprofilens tvärsnittsgeometri görs mer ändamålsenlig. Till exempel kan profilhöjden ökas.
- En ökning av böjstyvheten i plåtprofilens längdriktning bör kombineras med en ökning av böjstyvheten tvärs plåtprofilens längdriktning.
- En ökning av böjstyvheten tvärs plåtprofilens riktning erhålls t.ex. om stålreglarna som skruvats i underkanten på TRP 200 görs högre eller om deras antal ökar.

### 2.3 Akustiska egenskaper

- För bjälklag i enfamiljshus ställer gällande normer inga krav på ljudisolering. Samtliga bjälklagskonstruktioner som provats av Statens Provningsanstalt bedöms uppfylla de krav man bör ställa.
- De krav normerna ställer på lägenhetsskiljande bjälklag är svårare att uppfylla. Framför allt gäller det index för stegljudsnivå.

Den konstruktion som klarar detta krav erhåller bättre värden bl.a. då luftspalten mellan bjälklag och undertak ökar, vilket leder till en ökad bygghöjd för bjälklaget.

De krav som ställs på luftljudsisolering uppfylls utan några ytterligare åtgärder.

### 2.4 Brandmotstånd

- Samtliga bjälklagsutförningar som studerats av SBI har bedömts uppfylla de krav på brandmotstånd som gäller för enfamiljshus.
- För lägenhetsskiljande bjälklag i byggnader med högst åtta våningar är kravet på brandmotstånd  $\bar{A}$  60. Provbjälklaget på CTH i Göteborg bedöms uppfylla kravet om följande förutsättningar uppfylles:

Mellan reglarna i trapetsprofilens underkant finns mineralull  $\gamma > 70 \text{ kg/m}^3$ . Mineralullen skall vara monterad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipsskivornas nedfall. Det kan anordnas t.ex. genom att mineralullen vilar på ett stålnät som fästs till bjälklaget.

### 3. FRAMTIDA STUDIER

#### 3.1 Enbostadshus

Provbjälklaget, vars spännvidd är 7,2 m uppfyller kraven beträffande bärförmåga, akustik och brand.

För att uppnå tillfredsställande resultat för samma spännvidd kan profilhöjden ökas. Pågående undersökningar av mellanväggars inverkan förväntas ha en avgörande betydelse i positiv riktning. Resultatet redovisas i bilaga.

En minskning av spännvidden till ca 6 m synes bli acceptabel i svikt- och vibrationsavseende även utan avstyvande mellanväggar.

#### 3.2 Lägenhetsskiljande bjälklag

I samband med studierna av enfamiljshus har även bjälklag avsett för flerbostadshus, kontor etc studerats.

Resultaten visar att stora möjligheter finns att uppfylla rådande normkrav ur såväl brand- som akustiksynpunkt.

Som framgår ur akustikavsnittet har bjälklag med undertak provats. Bjälklaget får emellertid en ogynnsamt hög bygghöjd vilket medför höjda kostnader för byggnaden. Framtida utvecklingsarbete bör inriktas på att uppfylla stegljudskraven med hjälp av ett övergolv som vilar på ett dämpande material.

Pågående akustikprov avses att undersöka ett helt nytt övergolv som förhoppningsvis uppfyller normkraven för lägenhetsskiljande bjälklag. Resultat redovisas i bilaga.

#### 3.3 Provhus

I samband med genomförandet av planerat provhusprojekt kan också vissa följdfrågor studeras såsom

flexibel planlösning - ökad spännvidd

torra bjälklag - kortare byggtid

varmgrund - fuktfrågor

bygg- och driftskostnader

detaljutförning - produktionsfrågor

#### 4. BÄRFÖRMÅGA OCH BÖJSTYVHET

##### 4.1. Bärförmåga och böjstyvhet

Detta projekt planerades ungefär samtidigt som kompositbalkar bestående av tunnplåtprofilen TRP 200 och skivmaterial undersöktes inom ramen för ett examensarbete vid Avd. för Stålbyggnad, KTH (Andrén & Rehnström, 1982). En kort redogörelse för dessa undersökningar presenterades på Nordiska Forskningsdagar för Stålbyggnad 1982 (König, 1982) och bifogas till denna delrapport som bilaga 1.

I examensarbetet, som bestod av experimentella och teoretiska undersökningar, studerades olika parametrars inverkan på bärförmåga och styvhet hos kompositbalken. Dessa parametrar var

- plåtprofilens egenskaper: böjstyvhet, tvärsnittsarea, plåt-tjocklek
- skivkomponentens egenskaper: E-modul, tjocklek
- skruvförbandets egenskaper: styvhet (förskjutningsmodul), bärförmåga

Aven skruvplaceringen har betydelse i det sammanhanget, men utgående från möjligheten till praktisk tillämpning antogs den "sämsta" placeringen med hänsyn till den lägsta samverkansgraden, d v s skivkomponenten bidrar till samverkan endast genom att dess axialstyvhet utnyttjas. Den förstyvande effekten av skivkomponenten (se sid 17 tabell 1) utnyttjas ej.

Med tanke på att ett stort antal varianter av material, skivtjocklekar och kombinationer kan komma att bli aktuella vid praktisk tillämpning, valdes skivkomponenter av plywood, golvgips och spånskiva med tjockleken mellan ca 12 och 13 mm. När dessa tunna skivkomponenter används, måste de kompletteras med ett bärande övergolv, eventuellt med ett stegljudsdämpande skikt emellan. Vid "tjock" skivkomponent kan den direkt användas som bärande golv. Vid försöken bestod dessa "tjocka" skivor av två ihoplimmade "tunna" skivor. De materialkombinationer som undersöktes framgår av sid 21 tabell 2.

Som material till övergolv i träbjälklag föredras i praktiken i dag spånskivan på grund av dess låga kostnad. En kvalitativ indelning av olika skivmaterial med avseende på E-modul och förskjutningsmodul vid infästning med självborrande skruv har följande utseende:

<u>Skivmaterial</u>	<u>E-modul</u>	<u>Förskjutningsmodul</u>
Spånskiva	liten	stor
Plywood	mycket stor	varierande
Golvgipsskiva	stor	mycket stor
Väggipsskiva	liten	liten

Då skivkomponentens axialstyvhet har mycket stor betydelse för samverkans-effekten, är plywood mera lämpad än spånskivan. Då skivan i

provbjälklaget samtidigt skulle bilda bärande golv, valdes K-plywood med tjockleken 19 mm. Även golvgipsskivan har mycket goda egenskaper avseende styvhet och hållfasthet, men frågor rörande dess beständighet, utmattningslast m m har ännu inte undersökts för att föreslå en tillämpning. Här behövs snarast vidare forskningsinsatser.

Ännu i dag finns ingen byggskruv som förenar kraven på tillräckligt stor styvhet hos förbindningen och låg på-plats-kostnad. Bästa alternativet i dag är en gipsskiveskruv typ GG med nominell diameter 4,2 mm. Större förbandsstyvhet åstadkoms genom tätare skruvplacering. Förhoppningen är att vid senare tillämpning kunna ersätta denna skruv med en annan som tillåter större skruvavstånd. För att uppnå så stor böjstyvhet hos bjälklaget som möjligt valdes plåtprofiler med största möjliga tjocklek, i dag nominellt 1,5 mm, vilket innebär att plåtens verkliga tjocklek utan zinkskikt är 1,4 mm.

För att undersöka inverkan av större styvhet hos skruvförbandet på kompositbalkens böjstyvhet genomfördes en jämförande beräkning, vars resultat visas i FIG 1 och 2. Plåtprofilen TRP 200/1,5 kombinerades med 19 mm K-plywood resp. 22 mm golvspånskiva. Som plåtprofilens tröghetsmoment användes värdet  $I_p = 970 \cdot 10^4 \text{ mm}^4/\text{m}$ , värdena för skivornas E-modul valdes enligt SBN 1980, klimatklass 0. Samma förskjutningsmodul användes för båda skivkomponenterna, nämligen den som på experimentell väg erhållits för spånskivan och gipsskiveskruven typ GG, se FIG 3. Skruvförbandets styvhet har stor betydelse endast hos skivor med stor axialstyvhet (FIG 1). Spånskivans E-modul är för liten för att samverkan i större grad skall kunna utnyttjas.

Ytterligare ökning av kompositbalkars styvhet nås genom ökning av skivkomponentens tjocklek eller genom modifiering av tunnplåtsprofilen.

#### Referenser

Andrén, H, & Rehnström, U (1982), "Teoretiska och experimentella studier på kompositbalkar uppbyggda av plåtprofilen TRP 200 och skivmaterial". Examensarbete vid KTH, Avd. för Stålbyggnad.

König, J (1982), "Samverkan av tunnplåtsprofilen TRP 200 och skivmaterial". Nordiska forskningsdagar för stålbyggnad, Göteborg 1982.

Stockholm 1982-10-21

*Jürgen König*

Jürgen König

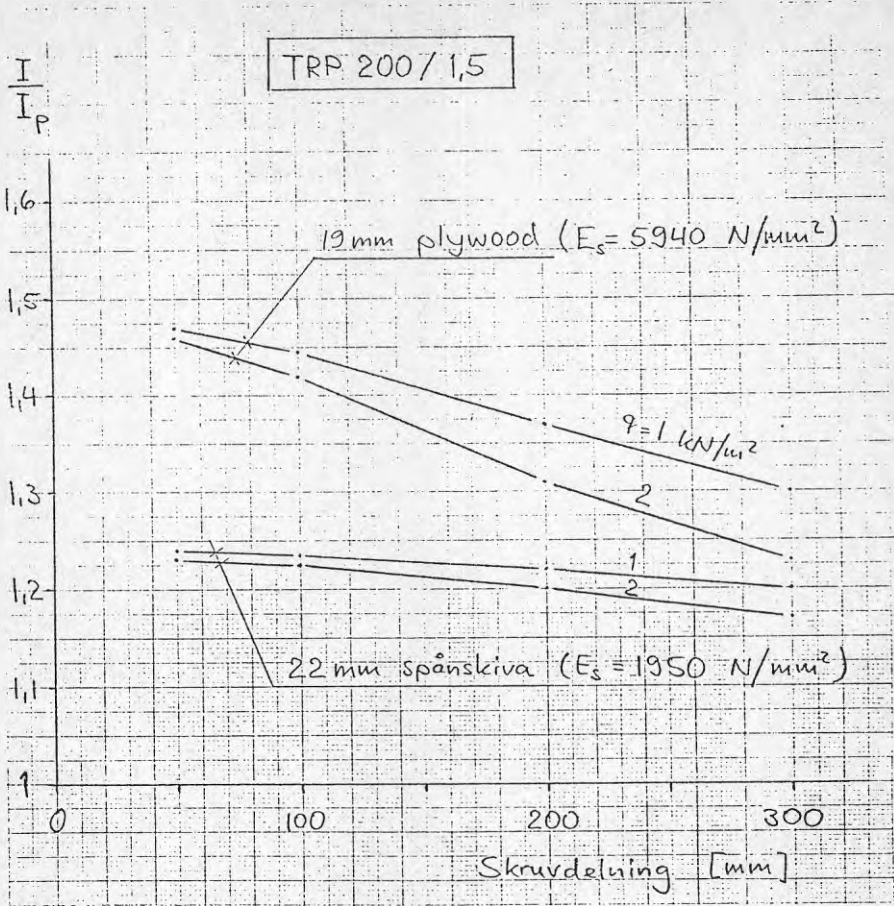
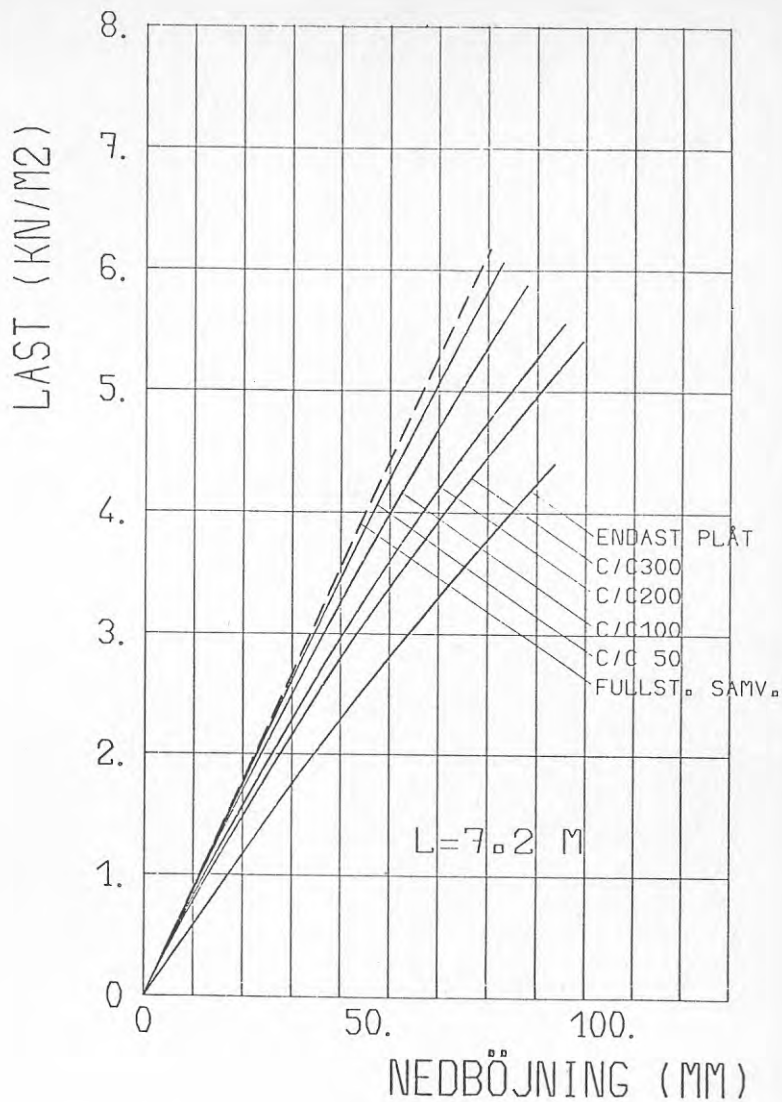


FIG 1 Inverkan av skruvdelningen på kompositbalkens tröghetsmoment  
relativt plåtprofilens tröghetsmoment



TRP200/1,5 + 19 MM PLYWOOD - INVERKAN AV SKRUVDELNING

FIG 2



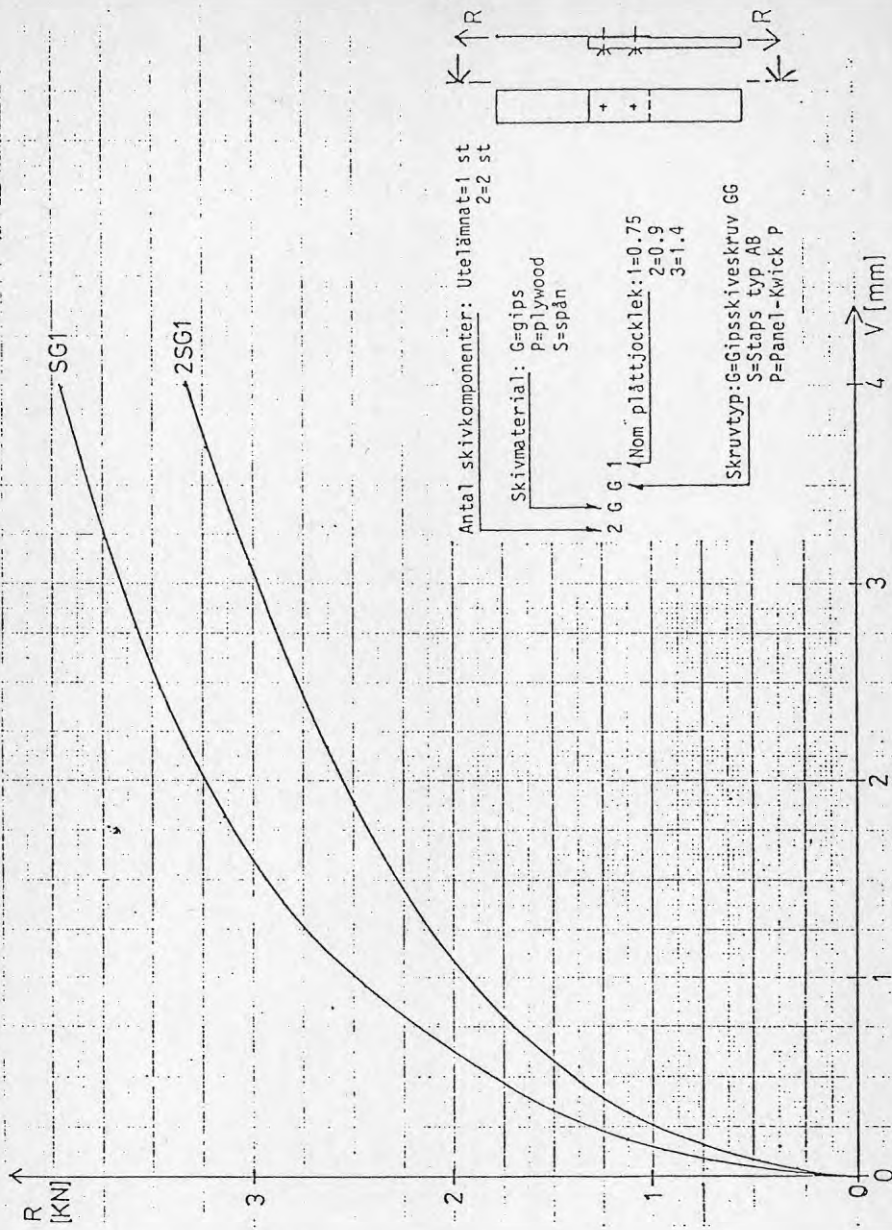


FIG 3 Last-förskjutningsdiagram

## 4.2. NORDISKA

FORSKNINGSDAGAR

FÖR

STÅLBYGGNAD

1982

SAMVERKAN AV TUNNPLÅTSPROFILENTRP 200 OCH SKIVMATERIAL

TEKN.DR JURGEN KÖNIG

AVD. FÖR STÅLBYGGNAD, KTH

Resumé

Inom ramen för ett examensarbete vid KTH, Avd. för Stålbyggnad, undersöktes möjligheterna att använda en tunnplåtsprofil inte bara som hittills i tak i industrihallar utan även som bärande element i bjälklag. Plåtprofilerna skruvades ihop med skivmaterial, och en ökad bärförmåga och styvhet observerades på grund av samverkan av plåt och skivmaterial. Provningsresultaten visar att styvhetskraven kan uppfyllas genom lämplig materialkombination, medan lastupptagningsförmågan sällan utgör någon begränsande faktor hos bjälklag i bostads- och kontorshus.

4.2.1. Inledning

Inom ramen för forskningsprogrammet "Plåtpaneler i byggnadsteknisk användning" vid Avdelningen för Stålbyggnad, KTH, undersöktes sedan några år i ett delprojekt samverkan av tunnplåtsprofiler och olika andra skivmaterial. Detta projekt presenterades vid förra forskningsdagarna i Köpenhamn (se König, 1979) och avslutades år 1981 (se König, 1981). Resultaten från detta projekt var mycket positiva, varför Plannja AB, med stöd av erfarenheter från tidigare (1978) vid Avdelningen för Stålbyggnad genomförd uppdragsprovning, initierade ytterligare undersökningar av samverkan av tunnplåtsprofiler och skivmaterial inom ramen för ett examensarbete.


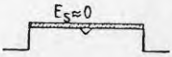

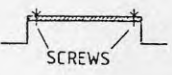
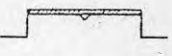
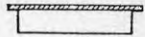
Medan forskningsrapporten av König (1981) behandlar så kallade C-paneler som specialtillverkats för provningen, skulle i detta examensarbete undersökas tunnplåtsprofilen TRP 200 som redan fanns på marknaden och vars utformning hade styrts av andra faktorer än just lämpligheten för samverkan med skivmaterial.

Som tänkbara tillämpningar för den erhållna kompositbalken kan nämnas bjälklag i bostadshus och kontor samt även yttertak, där vid kontinuerlig plåt ytterfacken i industrihallar kräver större plåttjocklek än i innerfacken.

Examensarbetet utfördes av teknologerna Hans Andrén och Ulf Rehnström under ledning av författaren, se Andrén & Rehnström (1982).

#### 4.2.2. Funktionssätt av kompositbalkar sammansatta av en tunnplåtsprofil och skivmaterial

Beroende på hur kompositbalkens delkomponenter (plåtprofil och skivmaterial) sätts ihop kan olika grader av samverkan åstadkommas. Skivkomponenten kan samverka med plåtpanelen på två sätt: Dels kan skivkomponenten vara axialkraftupptagande genom utnyttjande av dess längsstyvhet  $E_S A_S$  i panelens längsriktning, dels kan den vara förstyvande och motverka buckling och strålning i plåtpanelen genom utnyttjande av dess böjstyvhet  $E_S I_S$  i olika riktningar. Olika samverkansgrader kan systematiseras enligt TABELL 1 (tagen ur König, 1981).

0	<u>Ingen samverkan</u>	
1	<u>Ofullständig samverkan</u>	
1a	Skivkomponenten endast förstyvande (lokalbuckling, rillknäckning, skålning)	
1b	Skivkomponenten förstyvande (rillknäckning) och delvis axialkraftupptagande (eftergivligt förband)	
1c	Skivkomponenten delvis axialkraftupptagande (eftergivligt förband)	
2	<u>Fullständig samverkan</u>	
2a	Skivkomponenten är förstyvande (lokalbuckling, rillknäckning, skålning) och axialkraftupptagande	
2b	Skivkomponenten är axialkraftupptagande	

TABELL 1 Samverkansgrader

Ett limförband räknas med avseende på samverkan som styvt, medan skruv- eller nitförband är eftergivliga.

#### 4.2.3. Provkroppar - material och förbindningssätt

Tunnplåtsprofilen TRP 200, se FIG 1, skulle kombineras med skivmaterial på den breda tryckta flänsen, se FIG 2. På grund av att större delen av den breda flänsen är försedd med en tvärgående profilerings (embossering) och längsgående rillor existerar mycket små plana delar, vilket gör det mycket svårt att åstadkomma en god limning. Av detta skäl valdes ett skruvförband med självborrande skruv, vilket visserligen ger minskad bärförmåga på grund

av ofullständig samverkan men å andra sidan är lätt att montera och har god beständighet.

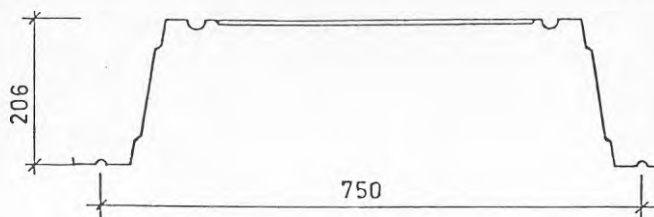


FIG 1 Tunnplåtsprofil TRP 200

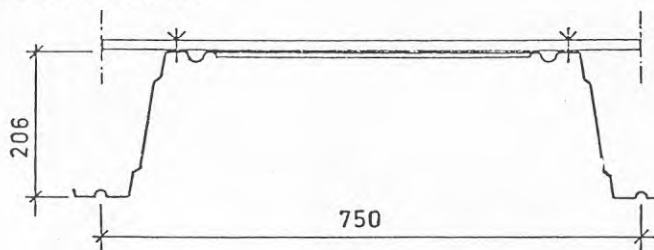


FIG 2 TRP 200 med skivmaterial och skruvplacering nära livet

Tre olika skivmaterial skulle undersökas: plywood (12 mm), spånskiva (12 och 24 mm) och golvgipsskiva (13 mm) samt kombinationen plywood med golvgipsskiva.

Vid placering av skruvarna i eller mycket nära flänsrillorna kan skivkomponenten motverka rillknäckningen (samverkansgrad 1b, se TABELL 1). En sådan exakt skruvplacering kan förmodligen vid praktisk tillämpning inte garanteras. Därför valdes en skruvplacering mycket nära kanten mellan överfläns och liv och endast samverkansgrad 1c föreligger.

Val av skruvtyp. I den transversalbelastade kompositbalken utsätts skruvarna för skjuvbelastning. Förbandets eftergivlighet förorsakas av deformationer av plåten, deformationer av skivmaterialet (snedställning av skruven) och böjning av skruven. Förbandets styvhet kan således ökas genom ökning av skruvdiametern. Skruvens snedställning kan motverkas genom val av skruv med stor skalle. För att undersöka olika parametrars inverkan genomfördes skjuvförsök med provkroppar där skivmaterialet skruvats mot plåten med skruvar av olika typer. Det är i dag ont om för ändamålet lämpliga skruvar. Försöken kan emellertid ge upplysning om hur en skruv lämpligen bör vara beskaffad.

Tre skruvtyper undersöktes:

- 1) Gipsskiveskruv typ Gyproc GG med diameter 4,2 mm avsedd för montering av golvgipsskivor. Skruven är försedd med borrarpet.
- 2) Plåtskruv typ Panel-Kwick P (USM), diameter 4,2 mm, försedd med platt

skalle som har diameter 12 mm och gängspets (skruven klarar max. 1,0 mm plåttjocklek).

3) Byggskruv typ STAPS AB med diameter 6,2 mm (ej självborrande).

Några typiska resultat från skjuvprovningen visas i FIG 3 och 4. Plåttjockleken har varit 0,7 mm. Kurvorna är medelkurvor från 4 st försök. Skillnaderna hos de olika skruvtyperna är avsevärda. Skjuvprovningar med större plåttjocklekar (ca 0,9 och 1,4 mm) gav ingen större skillnad, då plåtens deformationer i mycket liten utsträckning bidrar till deformationerna. Genom val av lämplig skruvtyp kan förbandets styvhet (förskjutningsmodul) påverkas i hög grad.

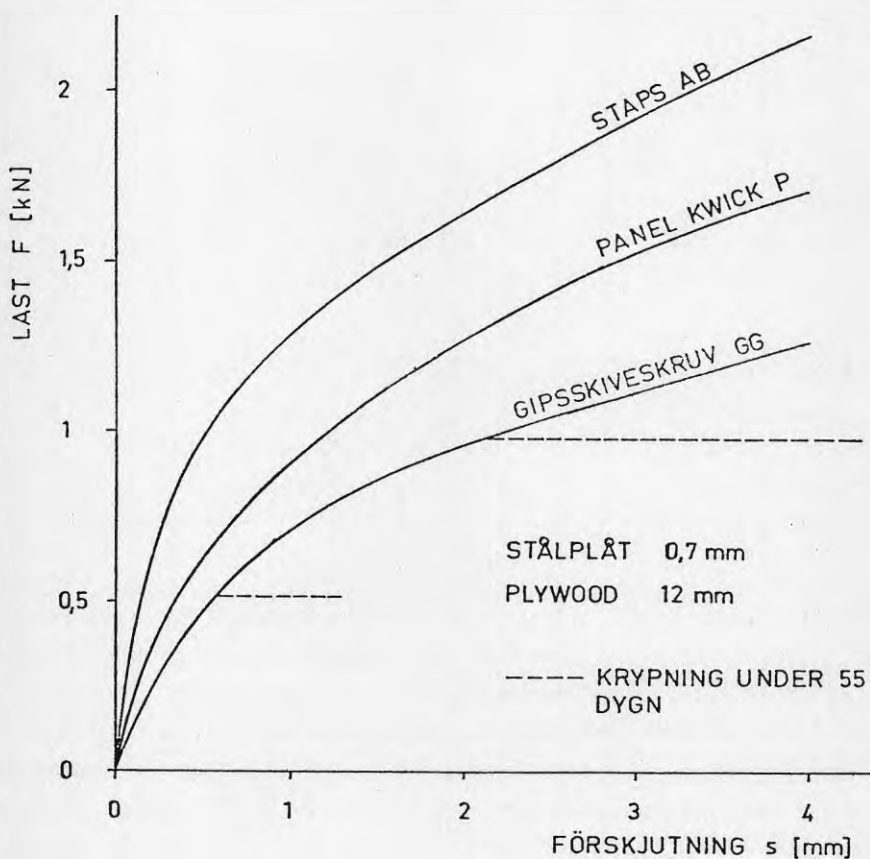


FIG 3 Provningsresultat av skruvförband vid skjuvbelastning. Experimentella medelkurvor.

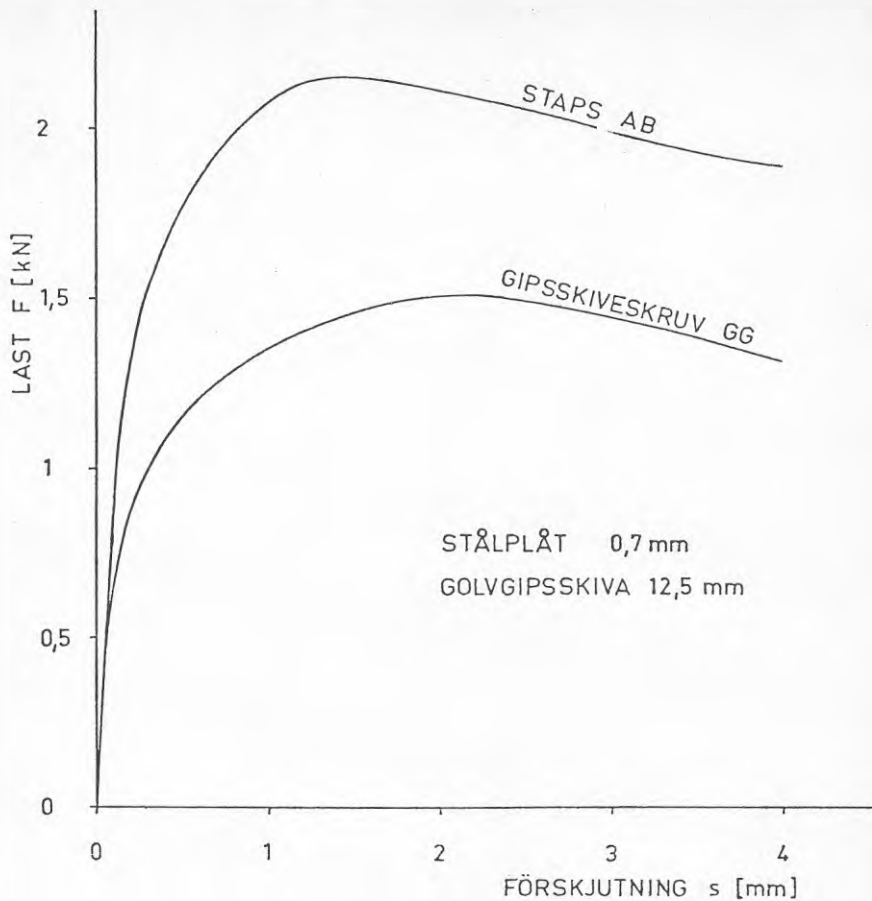


FIG 4 Provning av skruvförband vid skjuvbelastning. Experimentella medelkurvor.

Skjuvprovningar med 24 mm spånskiva (det användes två hoplimmade 12 mm skivor) och gipsskiveskruv GG visade något sämre styvhet än med enbart en 12 mm spånskiva. Detsamma gäller skjuvprovningen med en respektive två gipsskivor. Orsaken till detta är den sämre ihopdragningen av skivan och plåten, då hela skruven var försedd med gänga. En god kontakt av skivan och plåten kan åstadkommas om större delen av skruvskäftet som befinner sig i skivan inte har någon gänga.

Eftersom även kompositbalkar med plåttjocklek över 1 mm skulle tillverkas, valdes gipsskiveskruv GG i samtliga fall. Skruvdelningen var hos samtliga provkroppar med plåttjockleken 0,7 mm 200 mm och hos provkropparna med plåttjockleken 1,16 mm 100 mm.



Där plywood eller spånskivor användes som skivkomponent, var skivorna lika långa som provkroppen. Golvgipsskivorna hade längden 2,4 m. Skarvarna som hade bredden 10 mm fylldes med gipsbruk. Skivbredden var 750 mm, hos provkroppar med en eller två gipsskivor dock bara 600 mm.

#### 4.2.4. Provning av kompositbalkar

Kompositbalkarna provades som balkar på två stöd med spännvidden 8,0 m i en belastningsanordning med luftsäck.

Provningresultaten visas i TABELL 2 i form av brottbelastningen, relativa brottbelastningen och relativa böjstyvheten vid belastningsbörjan, och hållfasthetsvärden för materialet finns i TABELL 3.

Prov	Plåt- tjocklek mm	Skivkomponent	Brottlast kN/m <sup>2</sup>	Relativ brottlast	Relativ böjstyvhet
F 200-01	0,7	-	1,49	1,00	1,00
F 200 S-01	0,7	Spånskiva	2,29	1,54	1,34
F 200 G-01	0,7	Golvgips c)	2,40 a)	1,61	1,29
F 200 P-01	0,7	Plywood	2,24	1,50	1,38
F 200 PG-01	0,7	Plywood+golvgips d)	2,39	1,60	1,56
F 200 GG-01	0,7	Dubbel golvgips c)e)	2,75	1,85	1,86
F200 SS-01	0,7	Dubbel spånskiva	2,40	1,61	1,57
F 200-02	1,16	-	2,92	1,00	1,00
F 200 P-02	1,16	Plywood	4,30 b)	1,47	1,27
F 200 GG-02	1,16	Dubbel golvgips c)e)	5,89	2,02	1,47
F 200 SS-02	1,16	Dubbel spånskiva f)	5,20	1,78	1,37

Brott genom plåtvikning där ej annat anges

a) Brott i gipsskarv

b) Provet avbröts p g a för stora deformationer

c) Skivkomponentens bredd 600 mm

d) Plywoodskivan skruvad mot plåten och gipsskivan limmad mot plywoodskivan

e) Motsvarande d)

f) Två spånskivor ihoplimmade och sedan skruvade mot plåten

TABELL 2 Provningresultat

Material	Tjocklek [mm]	Sträckgräns [N/mm <sup>2</sup> ]	Brottgräns [N/mm <sup>2</sup> ]	Elasticitetsmodul [N/mm <sup>2</sup> ]
Plåt	0,70	371		215500
Plåt	1,16	393		226600
Golvgipsskiva	12,5		18	5600
Plywood	12		28	6700
Spånskiva	12		16	2700

TABELL 3 Medelvärden för materialdata

Ökningen av bärförmågan och böjstyvheten varierar avsevärt beroende på hållfasthetsvärdena hos de ingående komponenterna och förbandet.

Ett exempel på en last-nedböjningskurva visas i FIG 5 för provkropp F 200 GG-02. Vid belastningen ca 4 kN/m<sup>2</sup> börjar plåtpanelens dragna delar plasticeras, och kurvan planar ut. Belastningen kan dock ytterligare ökas avsevärt.

Vid tillämpningar i bjälklag i bostads- och kontorshus skulle i en sådan konstruktion bärförmågan utnyttjas endast till mycket liten grad. Dimensionerande skulle i så fall bli styvhetskraven med avseende på nedböjningar och vibrationer.

En jämförelse mellan försöksresultat och beräkningen (genomförd enligt König, 1981) visas för provkropp F 200 GG-02 i FIG 6, där endast elastiskt stadium för plåtpanelen beaktats. Beräkningen överskattar styvheten, medan lasten vid uppnående av sträckgränsen i plåtprofilens underfläns bestämdes bättre. Överskattningen av böjstyvheten hos övriga provkroppar var mindre men förekom även hos provkropparna utan skivkomponent och torde bero på felaktig bestämning av plåtprofilens böjstyvhet.

#### 4.2.5. Inverkan av långtidslast

Elasticitetsmodulen för träbaserade skivmaterial avtar vid långtidslast. Detsamma gäller för förskjutningsmodulen av infästningen plåt-skivkomponent. För att belysa detta genomfördes 4 st långtids-skjuvförsök för infästning av spånskiva och plywood med gipsskiveskruv för respektive två lastnivåer, se FIG 7. Resultaten för proven med plywood är införda i FIG 3. Det är tydligt

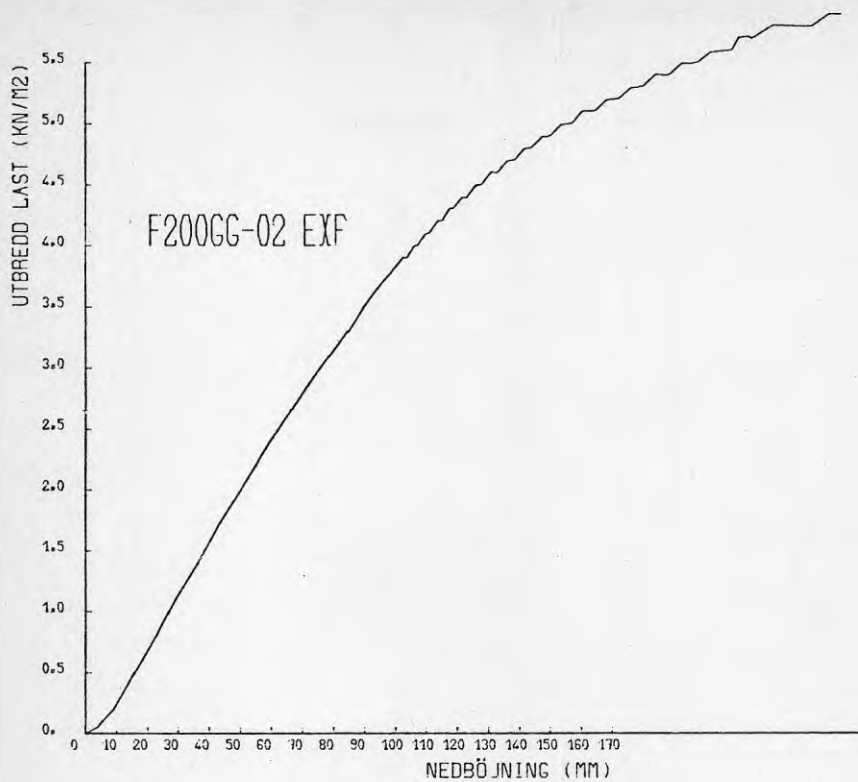


FIG 5 Last-nedböjningskurva för provkropp F 200 GG-02

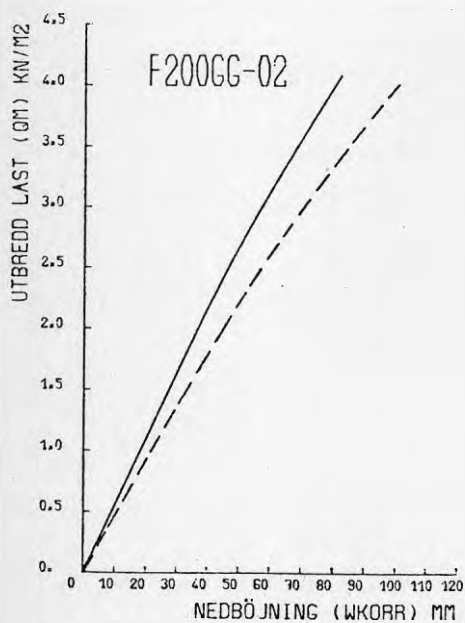


FIG 6 Jämförelse av experimentell och beräknad last-nedböjningskurva inom elastiskt område för plåtprofilen

— beräknad kurva  
 - - - experimentell kurva

att förskjutningsmodulen påverkas avsevärt vid långtidslast, vilket måste beaktas vid dimensioneringen med avseende på nedböjningar. Svängningsegenskaperna påverkas däremot ej.

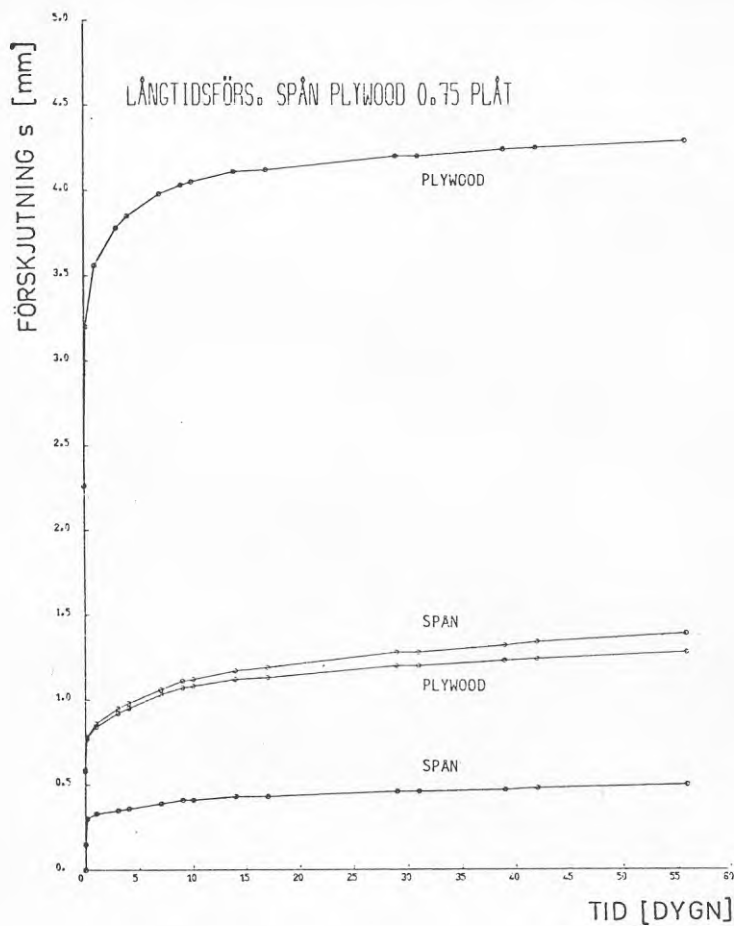


FIG 7 Inverkan av långtidslast på förskjutningen vid infästning av plywood resp. spånskiva mot plåt med gipsskiveskruv typ GG

#### 4.2.6. Slutsatser och vidare forskningsbehov

Undersökningarna visar att betydande förbättringar av bärförmåga och styvhet kan åstadkommas genom att låta tunnplåtprofiler samverka med skivmaterial som ofta ingår i en konstruktion av andra skäl. Kompositbalkarnas egenskaper kan ytterligare förbättras genom att

- 1) välja skivmaterial med större tjocklek
- 2) välja (utveckla) förbindningselement som ger bättre förbandsstyvhet (förskjutningsmodul)
- 3) anpassa plåtprofilen bättre till ändamålet (t ex gör embosseringen ingen "nytta" vid samverkan).

Nedböjningar och vibrationer utgör ett besvärligt problem hos lätta bjälklag i dag. Dessa fenomen kan enbart studeras på hela bjälklag, där böjstyvheten i tvärled har stor betydelse. Inom detta område krävs betydande forskningsinsatser som kan utmynna i dimensioneringsregler som leder till goda resultat.

#### Referenser

Andrén, H, & Rehnström, U, (1982) Teoretiska och experimentella studier på kompositbalkar uppbyggda av plåtprofilen TRP 200 och skivmaterial.

Examensarbete, Avd. för Stålbyggnad, KTH, Stockholm.

König, J, (1979) Transversalbelastade kompositkonstruktioner bestående av tunnväggiga C-paneler och annat skivmaterial på den breda tryckta flänsen. Nordiske forskningsdage for stålbygning, Köpenhamn.

König, J, (1981) The composite beam action of cold-formed sections and boards. Statens råd för byggnadsforskning, D14:1981, Stockholm.

## 5. LABORATORIEPROV AVSEENDE SVIKT- OCH VIBRATIONSEGENSKAPER

### 5.1. INLEDNING

För närvarande finns ej generella metoder för att prediktera ett bjälklags egenskaper avseende svikt och vibrationer. Undertecknad bedriver, som nämnts i förordet, forskning med övergripande målsättning bl.a. att etablera sådana metoder.

Vissa någorlunda säkra fakta är dock kända. Sålunda bör man skilja på svikt och vibrationer. Med svikt menas bjälklagets kortvariga respons och upplevelsen av densamma till följd av ett fotsteg, hopp eller liknande. Utmärkande för svikt är att en och samma människa både genererar och upplever (störs av) svängningen. Med vibrationer menas svängningar i ett bjälklag som upplevs av någon som vistas på det men som genereras av någon annan last, t.ex. andra människor som rör sig på bjälklaget, trafik, roterande maskiner etc.

Med reservation för vissa specialfall kan man påstå att ett bjälklags förmåga att "motstå" störande vibrationer ökar med ökande värden för egenfrekvenser och modaldämpning. Eftersom dessa dynamiska parametrar är centrala, har en stor del av undersökningen koncentrerats till laboratorieprov med syfte att bestämma sådana egenskaper. Dessa prov behandlas i kapitel 3.

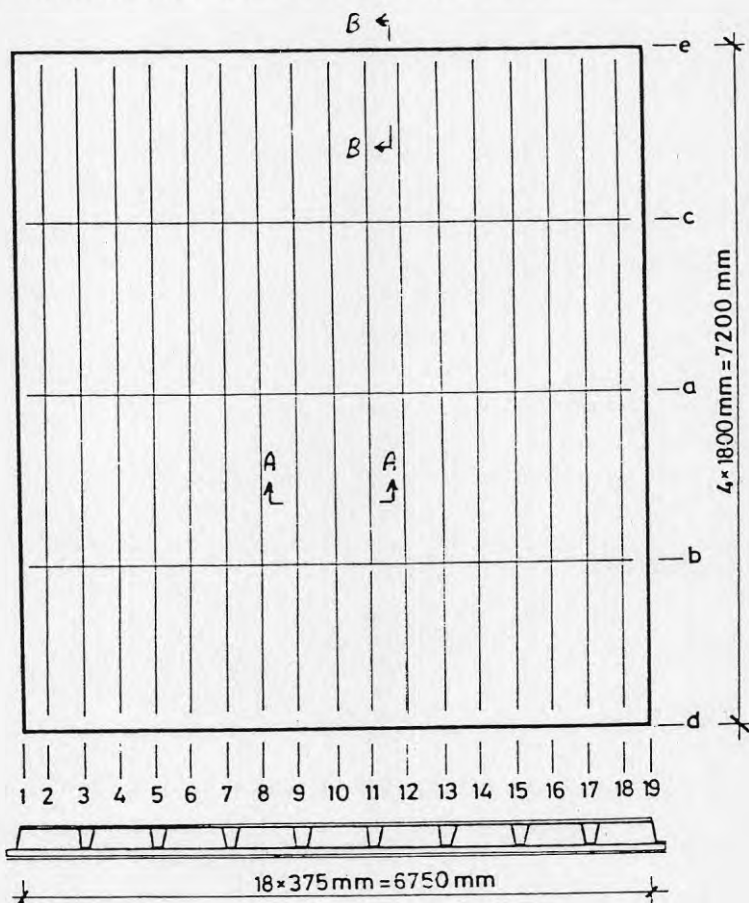
Det är dessutom av intresse att veta vilka av bjälklagets resonanser som exciteras av mänsklig aktivitet och till vilka nivåer. Prov med syfte att belysa dessa förhållanden har också utförts och återges i kapitel 4.

Till sist har ett försök till subjektiv värdering av bjälklagets svikt- och vibrationsegenskaper genomförts. Sådan värdering blir med nödvändighet något osäker, eftersom många faktorer inte kan simuleras i laboratorium.



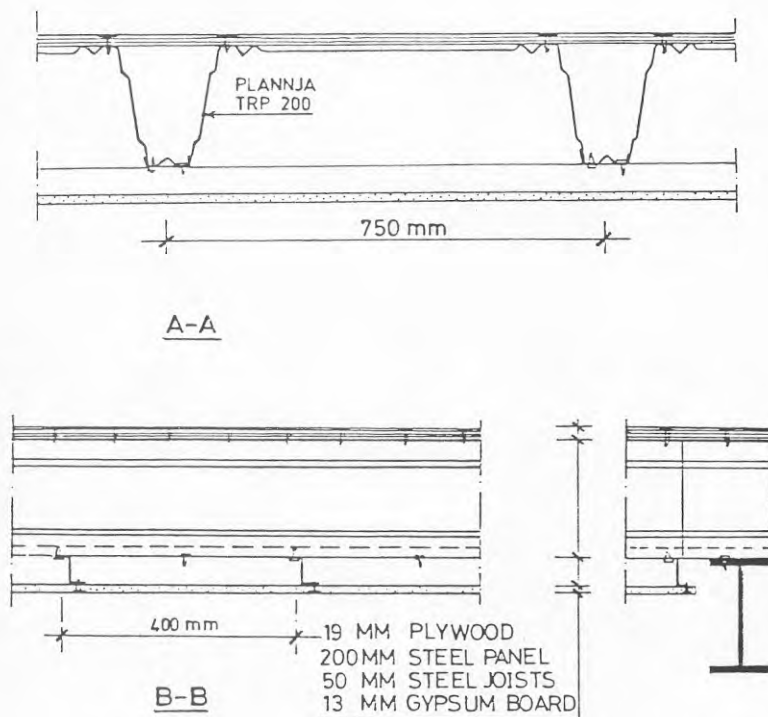
## 5.2. PROVBÄJLKLAGETS UPPBYGGNAD OCH GEOMETRI

Bjälklaget kan betraktas som fritt upplagt längs alla fyra ränderna. Spännvidden för den huvudbärande trapetsprofilerade plåten är 7,2 m. Den fria bredden uppgår till ca 6,75 m, jfr. fig.2.1 nedan.



Figur 2.1 Plan och tvärsektion av provbjälklag med systemlinjer. Detaljerade sektioner återfinns i fig.2.2.

Provbjälklaget består uppifrån räknat av: 19 mm plywood med not och spont som skruvas till 1,5 mm TRP200-plåt. På undersidan är den trapetsprofile-  
rade plåten försedd med tvärgående z-reglar av 1 mm tunnplåt. Slutligen är  
ett undertak, bestående av 13 mm gipsskivor, skruvat till z-reglarna.  
Upplagen är förankrade i laboratoriegolvet för att medge nedåtriktade stöd-  
reaktioner, jfr. fig.2.2.



Figur 2.2 Typsektioner och upplag för probbjälklag

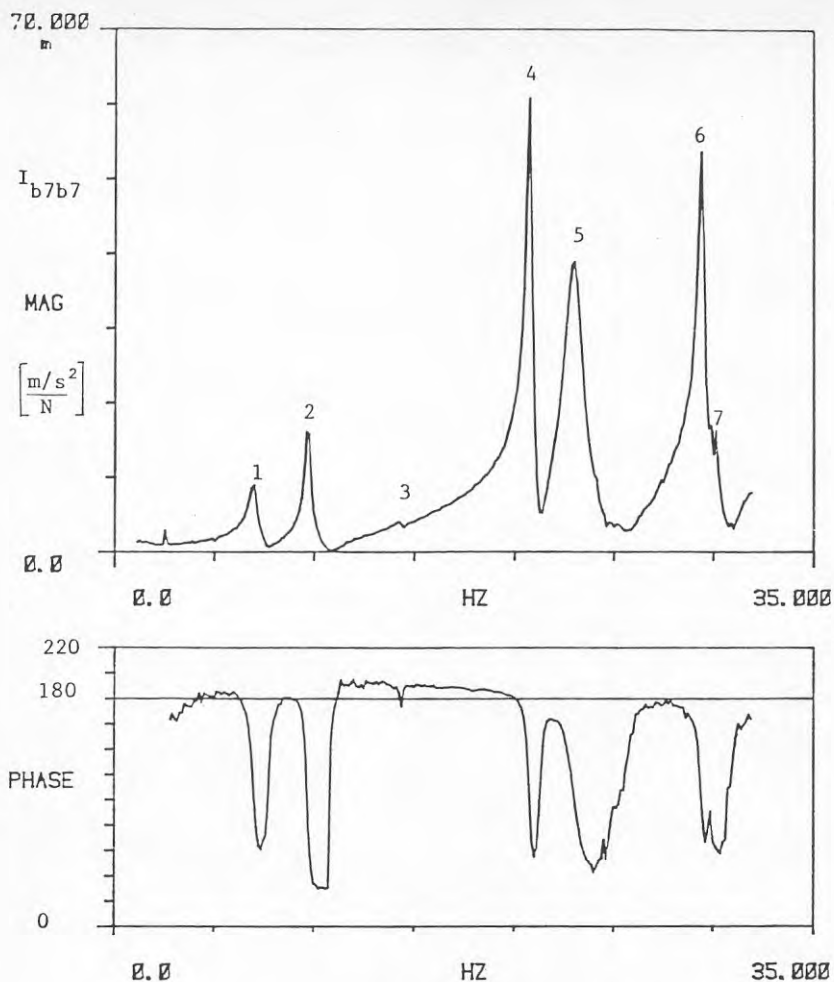
### 5.3. PROV MED PÅTVUNGEN DYNAMISK KRAFT

Den använda metodiken brukar ibland kallas "the impact test method" och är en metod som bygger på påtvungen belastning i form av stöt. Stöten appliceras med hjälp av en liten handslägga, på vilken en bladfjäder monterats. För att mäta kraften används en liten Piezoelektrisk kraftgivare som fästs till bjälklagets överyta och mot vilken slagen riktas. De på detta sätt genererade svängningarna mäts i form av vertikal acceleration med hjälp av Piezoelektriska accelerometrar. Den undre frekvensgränsen för dessa accelerometrar är 1,0 Hz.

Kraften appliceras i punkt b7 medan tillhörande acceleration har mätts i sammanlagt 39 punkter (a1 - a19, samt "udda" punkter längs linjerna b och c), jfr.fig.2.1. Baserat på de så parallellt registrerade signalerna för kraft och acceleration beräknas frekvensberoende överföringsfunktioner i form av inertans I. Denna beräkning sker genom division mellan Fouriertransformer för acceleration resp. kraft. De så beräknade inertanserna kan betraktas som en sorts frekvensberoende vektetsmått för strukturen. Resonanser utmärks hos dessa inertansfunktioner genom att beloppet uppvisar lokalt maximum och fasvinkeln antar värden nära  $\pm 90^\circ$ . Som exempel visas punktinertans för belastningspunkten i figur 3.1 på nästa sida.

Ett urval överföringsinertanser visas tillsammans med accelerationsspektra i bilaga 1.

Genom anpassning av analytiska uttryck för inertans till de olika "uppmätta" inertansfunktionerna har modanalys av strukturen genomförts. Som resultat av denna modanalys erhålls dels resonansfrekvenser och tillhörande dämpmått, dels en bild av resp. svängningsmodform.



Figur 3.1 Punktinertans för punkt b7. Siffrorna i övre diagrammet avser modnummer.

I allmänhet betraktas frekvensområdet 0-80 Hz som relevant för människans reaktion på svängningar. Känsligheten avseende acceleration avtar emellertid i den övre delen av detta område. Modanalysen har därför valts att omfatta frekvensintervallet 1-32 Hz. Denna restriktion är speciellt rimlig med hänsyn till det låga värdet för första resonansfrekvensen hos det aktuella bjälklaget (7,0 Hz).

Inom det aktuella frekvensområdet har sju olika resonansfrekvenser identifierats, markerade 1-7 i fig.3.1. Resonansfrekvenser och tillhörande relativ modal dämpning återges i tabell 3a.

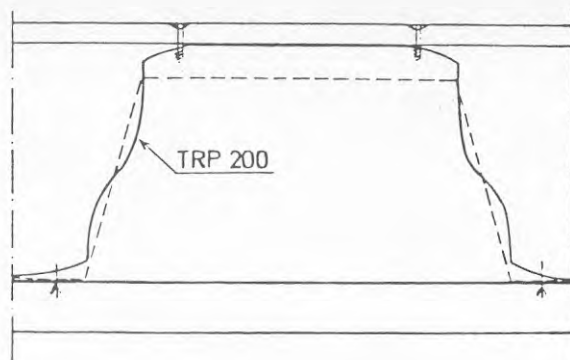
Tabell 3a Resonansfrekvenser och relativ dämpning för egenmod nr 1-7

Mod nr	1	2	3	4	5	6	7
Resonans- frekvens  Hz	7,0	9,7	14,4	20,8	23,0	29,4	30,1
Relativ dämp- ning $c/c_{cr}$  %	2,8	1,2	0,65	0,61	1,7	0,42	0,37

Egenmodformerna presenteras i bilaga 2. Moderna 1-4 utgörs av "första ordningens" moder, dvs. en strimla av bjälklaget parallell med huvudprofileringen hos plåten svänger som en halv sinusvåg, jfr. bilaga 2. Liknande egenmodformer har identifierats för flera bjälklagstyper där styvheten i två vinkelräta riktningar är mycket olika, t.ex. träbjälklag. Resonansfrekvenserna för dessa fyra moder är relativt sett ganska väl separerade. Absolut sett är t.ex. differensen mellan första och andra resonansfrekvensen endast 2,7 Hz (9,7-7,0). Detta har viss betydelse, se vidare kap.6.

Ett överraskande resultat är att dämpningen sjunker successivt med ökande modnummer för de fyra första moderna. Det är dessutom en signifikant minskning;  $c/c_{cr}$  sjunker från 2,8% till 0,6% enligt tab.3a. Den låga dämpningen bidrar till att speciellt mod nr 4 exciteras kraftigt av mänsklig aktivitet, jfr. kap.4.

Mod nr 5 är den första av s.k. "andra ordningens" moder, jfr. ovan. Dess egenfrekvens (23 Hz) liksom egenfrekvensen för mod 1 är låg, jämfört t.ex. med traditionella träbjälklag för villor. Mod nr 6 verkar vara en "plattmod", dvs en mod där golvplywoodskivan erhåller stora utböjningar inom områden mellan de linjer, längs vilka den är infäst i plåten. Mod nr 7 är sannolikt en mod där golvs-kivan fungerar som en massa och den trapetsprofilerade plåten som en fjäder. Denna fjäder fungerar genom att trapetsformen hos plåten deformerar, jfr. fig.3.2. Gipstaket och z-reglarna kan eventuellt fungera på samma sätt.



Figur 3.2 Schematisk tolkning av egenmod 7

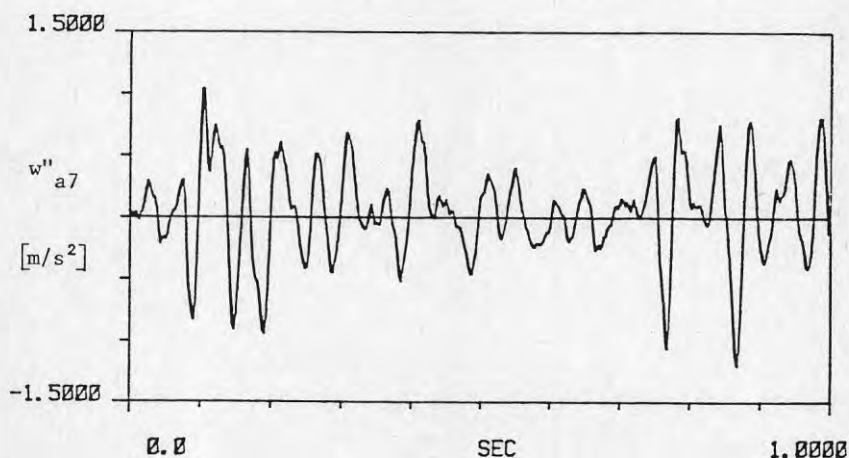


#### 5.4. PROV MED LAST I FORM AV MÄNNISKA I RÖRELSE

Som inledningsvis nämndes, är syftet med dessa prov att utreda vilka resonanser som exciteras av mänsklig aktivitet samt till vilka nivåer sådan excitering sker.

Tre olika belastningstyper har använts: "random walk", "random running" och "heel impact". De två första typerna består av att försöksledaren har promenerat resp. sprungit omkring på bjälklaget under ca 2 minuter. Rörelsemönstret har varit oregelbundet ("random") och försöksledaren har endast haft strumpor på fötterna. Den tredje typen, heel impact, är en belastningstyp som finns refererad i litteraturen. Den tillgår så, att försöksledaren står på tå med hämlarna lyfta ca 6,5 cm över bjälklagsytan. Han slappnar så plötsligt av och låter hämlarna slå mot golvytan. Detta medför en stötlast av utpräglad transient karaktär.

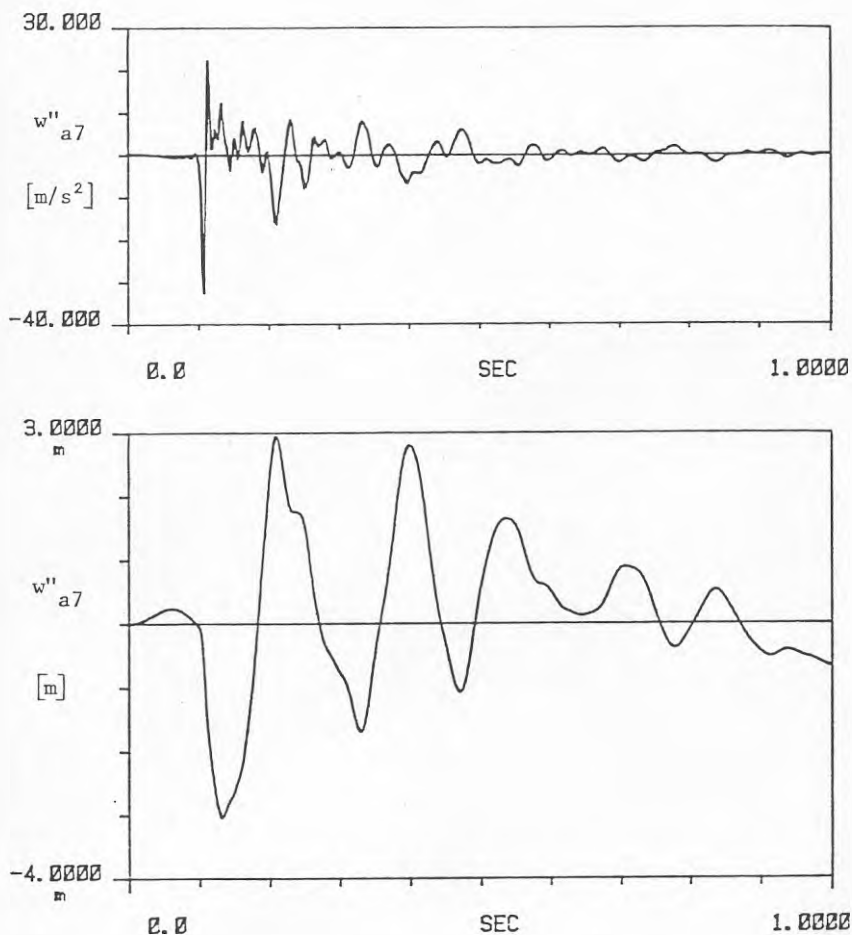
De på ovan beskrivna sätt genererade svängningarna mättes i form av vertikal acceleration i punkterna b7, a7 och a8, jfr. fig.2.1. Även hämlstötbelastningen skedde i dessa punkter. Ett tidsutsnitt av registrerad acceleration till följd av random walk visas i fig.4.1



Figur 4.1 Acceleration i punkt a7 till följd av "random walk". Tidsutsnittet avser en tidpunkt när personen går relativt nära punkt a7.

Ett flertal av resonansfrekvenserna ingår i denna accelerationssignal, vilket visas senare i detta avsnitt.

Ett motsvarande samband mellan acceleration och tid för pkt a7 orsakat av "heel impact" i samma punkt visas i fig.4.2. Denna signal, som omfattar hela stöttiden, har också integrerats för att erhålla motsvarande förskjutning.



Figur 4.2 Acceleration resp. förskjutning för punkt a7 till följd av hälstöt i samma punkt.

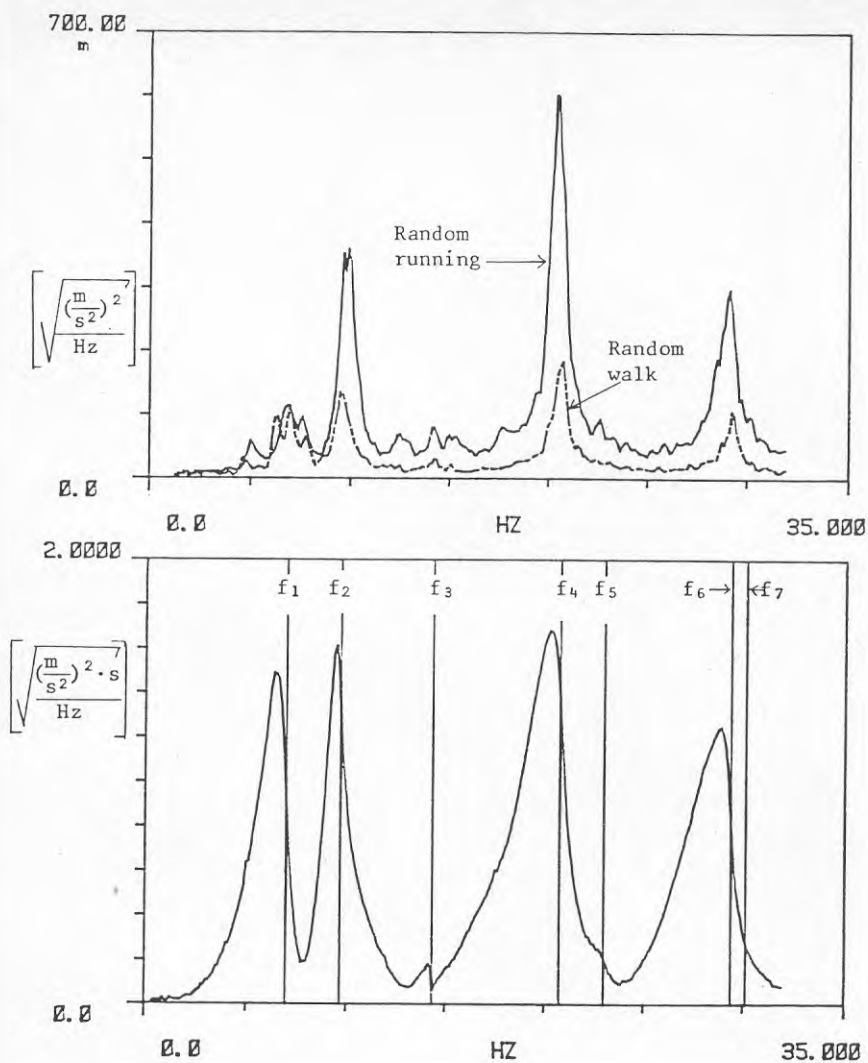
Accelerationssignalerna från resp. belastning har frekvensanalyserats. De signaler som härrör från random walk resp. random running har vid analysen betraktats som "stadigvarande" signaler och medelvärdesbildning över tiden (2 min.) har skett. Resultaten erhålls i form av s.k. "power density spectra". Eftersom sådana spektra är av kvadratisk karaktär, presenteras här kvadratroten ur dessa spektra i bilaga 1:1 - 1:2. Här visas också ett urval överföringsinertanser för att möjliggöra jämförelse. Exempel på spektralitet för acceleration ges i fig.4.3.

De signaler som erhålls från hälstötproven är av utpräglad transient karaktär. Frekvensanalysen har därför innefattat beräkning av s.k. "energy density spectra". Sådana spektra skiljer sig från "auto power spectra" genom att de multiplicerats med den aktuella analystiden (2,56 s). Innan presentationen har kvadratroten dragits även ur dessa spektra, som återges i bil 1:3. Ett exempel visas även i fig.4.3.

Från denna figur samt från diagrammen i bil.1 kan följande slutsatser dras:

- Samtliga första ordningens moder (1-4) exciteras kraftigt av såväl gående som springande och hcpande person.
- Även mod nr 5 exciteras väl, vilket framgår av accelerationsgraferna för punkt b7 som alltså är belägen i en fjärdedelspunkt av spännvidden. Mod nr 6 (plattmod) exciteras också, medan mod 7 ej verkar medverka i svängningarna.

Maxima i accelerationsspektra för hälstötblastning uppträder för frekvenser som genomgående är något lägre än resp. resonansfrekvens. Detta fenomen är känt sedan tidigare och beror sannolikt på en kombination av två faktorer: Dels bidrar personen med sin vikt till det dynamiska systemet, dels uppträder ett minimum i stötlastens kraftspektrum vid resp. resonansfrekvens.



Figur 4.3 Övre fig.: Medelvärdesbildade accelerationsspektra för punkt a7 orsakade av "random walk" resp. "random running".

Undre fig.: Accelerationsspektrum för punkt a7 till följd av hälstöt. Analystid 8,0 s.

## 5.5. SUBJEKTIV BEDÖMNING AV SVIKT- OCH VIBRATIONSEGENSKAPER

### 5.5.1 Undersökningens genomförande

Denna del av studien har genomförts dels genom intervjuer med personer som konfronteras med provbjälklaget, dels genom en subjektiv bedömning av författaren. Intervjuerna genomfördes med 10 st personer som inte varit inblandade i det övriga provningsarbetet. Tio stycken är ett mycket lågt antal med hänsyn till statistisk signifikans. Emellertid visade sig åsikterna vara någorlunda samstämmiga och dessutom föreligger andra resultat som indikerar att bjälklaget bör modifieras innan konstruktionen förs ut på marknaden, se vidare kap.6.

Varje försöksperson erhöll ett frågeformulär som återfinns i bilaga 1:7. Han/hon uppmanas att beträda golvyta A (provbjälklaget) och golvyta B. Golvyta B, hädanefter kallad referensbjälklaget eller kort "REF", utgörs av ett traditionellt träbjälklagselement med spännvidd = 3,8 m. När personen besvarat första frågan uppmanas han att stå stilla på provbjälklaget, punkt a7. Försöksledaren promenerar nu runt på bjälklagen en stund och gör avslutningsvis en "hälstöt", jfr kap.4. Försökspersonen informeras om att detta är en i sammanhanget mycket häftig belastning. Proceduren upprepas så för referensbjälklaget, varefter sista frågan besvaras tillsammans med eventuella kommentarer.

Svaren på första frågan kommer nu huvudsakligen att avse *svikt* medan omdömena från andra frågan kan hänföras till humaninducerade *vibrationer*. Svarsfördelningen i antal personer framgår av tabell 5a.

Tabell 5a Svarsfördelning för enkät enl bil 1:7 (antal personer)

Hur upplevs de båda golvytorna m a p svikt när man vistas på dem?		
	Provbjälklag	Referensbjälklag
Angenämt	0	1
Tillfredsställande	2	7
Knappt acceptabelt	6	0
Oacceptabelt	2	2
Klart otrevligt	0	0
Hur upplevs de vibrationer som åstadkoms genom att försöksledaren går omkring resp hoppar på golvytorna?		
	Provbjälklag	Referensbjälklag
Ej märkbara	0	0
Ej störande	0	4
Lätt störande	1	3
Störande	5	2
Obehagliga	4	1

Absoluta omdömen av den aktuella typen är mycket osäkra. Detta är den främsta anledningen till att referensbjälklaget använts. Som framgår av tabell 5a anses referensgolvet genomgående bättre än provbjälklaget. Skillnaderna i omdömen är emellertid väsentligt större för vibrationer än för svikt. Av detta bör man kunna dra slutsatsen att provbjälklaget känns "någorlunda" när man går på det själv, medan obehag uppstår när någon annan person rör sig på bjälklaget. Med undantag av en reservation sammanfaller detta omdöme med försöksledarens uppfattning. Denna reservation avser provbjälklagets respons när man genomför en "hälstöt", jfr kap.4. Då upplevs i vissa punkter en obehaglig "återstuds" från bjälklaget.



## 5.6. SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT SAMT SLUTSATSER

De mest centrala resultaten från proven med dynamisk kontrollerad belastning är värdena för resonansfrekvenser och dämpmått i tab.3a. De kan sammanfattas så att både resonansfrekvenser och dämpning är låga med undantag för dämpningen i första moden ( $c/c_{CR} = 2,8\%$ ). Denna något högre dämpning återspeglas i accelerationsspektra för "random running" och i viss mån även för "random walk" så att något lägre värden erhålls jämfört med värdena för mod 2-4, jfr bil.1 och fig.4.3. Vid hälstötbelastning är denna reduktion ej märkbar på samma sätt. Detta faktum sammanhänger bl.a. med att medelvärdesbildning över tiden ej genomförts på samma sätt vid denna belastning.

Som nämnts inledningsvis är människans upplevelser av svikt och vibrationer i bjälklag ej helt klarlagda. Problemen kommer att behandlas i en kommande rapport av författaren. Här begränsas behandlingen av detta problem till att presentera vissa generella fakta:

- a) Känsligheten avtar med ökande frekvens om vibrationen uttrycks som acceleration.
- b) Känsligheten ökar med vibrationens varaktighet.
- c) Frekvensspektra för stegkrafter är i stort avtagande med ökande frekvens.

Utifrån dessa fakta samt redovisade provningsresultat för det aktuella bjälklaget kan man påstå att en ökning av de olika lägre resonansfrekvenserna ( $f_1 - f_4$ ) är den mest effektiva åtgärden för att reducera störande vibrationer. Från praktisk synpunkt kan detta närmast åstadkommas genom en minskning av spännvidden i kombination med ökning av böjstyvheten tvärs plåtens profilriktning, t.ex. genom högre Z-profiler.

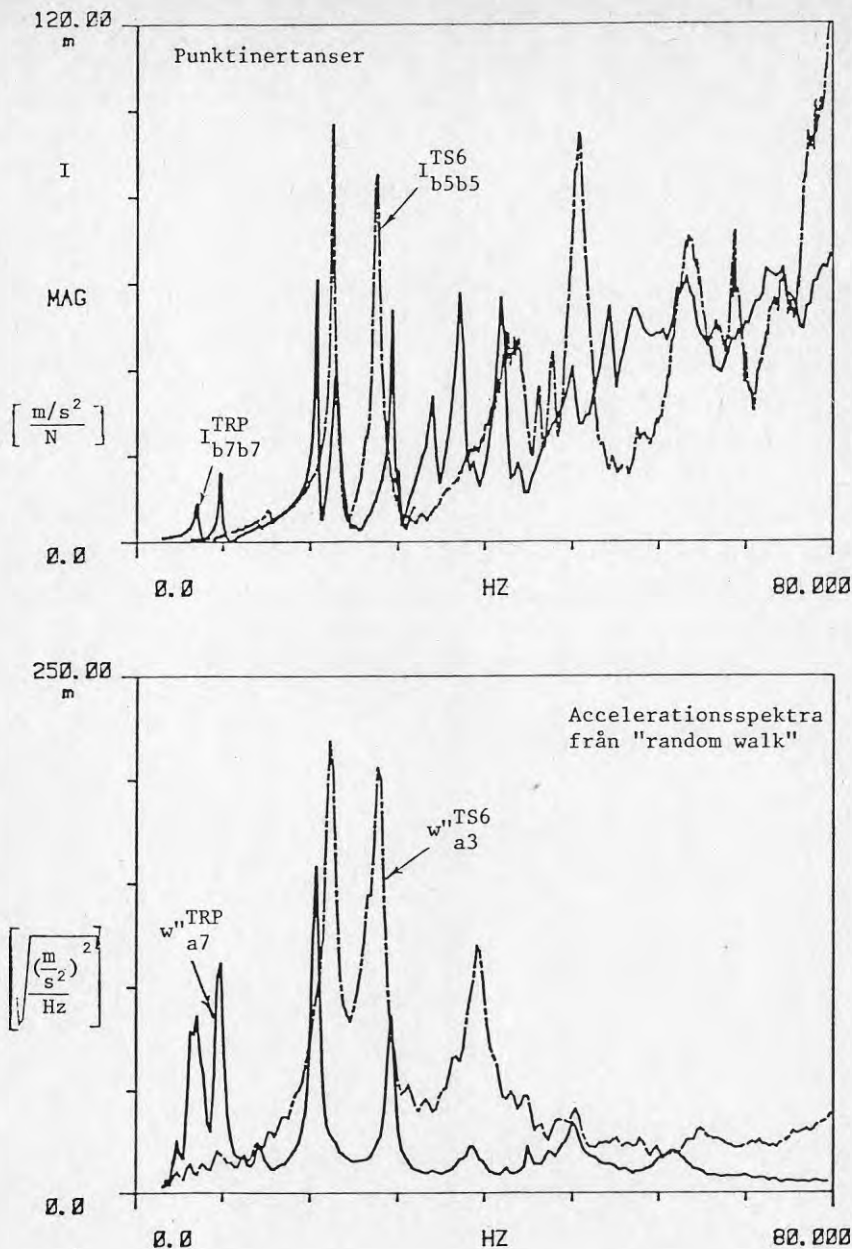
Eftersom småhus är ett viktigt tilltänkt användningsområde för den provade bjälklagstypen, kan en jämförelse med ett traditionellt träbjälklag för villor vara intressant. En serie träbjälklagselement som motsvarar utsnitt av sådana villagolv har provats tidigare<sup>x)</sup>. Ett lämpligt element ur denna

<sup>x)</sup> Ohlsson, S.: Statiska och dynamiska egenskaper hos träbjälklag, provningsrapport provserie TS, Chalmers Tekn. högskola, avd.för Stål- och Träbyggnad intern skr. 81:15, Göteborg 1981.

serie kallas TS6 och består av 5 st fritt upplagda träbjälkar  $45 \times 220 \text{ mm}^2$  c 600 mm med spännvidd = 3,5 m. Ovansidan består av 22 mm golvspånskiva och undertill är 13 mm byggboard monterad. Det bör observeras att de två långa kanterna av detta element är fria och alltså ej fritt upplagda som varit fallet för TRP-bjälklaget.

Två olika frekvensfunktioner väljs för jämförelsen: punktinertans för belastningspunkten (motsvarande position) samt accelerationsspektra avseende en punkt i spannmitt orsakade av "random walk". Dessa funktioner presenteras i fig.6.1.

De tre första egenmoderna hos träelement TS6 har resonansfrekvenser 22,6 Hz, 27,6 Hz och 39,1 Hz samt tillhörande dämpmått  $0,8\% \leq c/c_{cr} \leq 1,3\%$ . Jämförelsen mellan provbjälklaget och träbjälklagsselementet är inte riktigt korrekt eftersom provbjälklaget är mycket likt ett färdigt utförande med tanke på storlek, randvillkor etc. Emellertid kommer sådana förändringar huvudsakligen att inverka i positiv riktning för träbjälklagets del, vilket innebär att ett villagolv med aktuell konstruktion sannolikt upplevs "bättre" än element TS6.



Figur 6.1 Jämförande frekvensfunktioner för aktuellt provbjälklag (TRP) och träbjälklagselement TS6.

Vid studium av fig.6.1 finner man att de maximala accelerationsnivåerna orsakade av "random walk" är av samma storleksordning, men att det viktiga lågfrekvensområdet <20 Hz uppvisar mycket små accelerationer för träbjälklaget. Vid högre frekvenser (20 - 80 Hz) är punktinertansen för träelementet vid resonans större, vilket innebär större accelerationer vid t.ex. stötbelastningar.

Avslutningsvis bör dämpningens centrala inverkan på den dynamiska respon- sen framhållas. Författaren genomför för närvarande provningar med olika typer av artificiell dämpning, men hittills finns inga etablerade metoder för att radikalt öka dämpningen för de viktiga lägre moderna. Stora förhoppningar knyts emellertid till möjligheten att framgent nå sådana resultat.

Det bör poängteras att det som framhållits i denna rapport avser provbjälklaget så som det provats. Exempelvis kan inverkan av lätta mellanväggar i ettdera av de anslutande planen vara av avgörande betydelse. Överhuvudtaget bör det övervägas vilka friheter resp. restriktioner som avses bli förknippade med användandet av aktuellt bjälklag.

## 6. AKUSTISKA EGENSKAPER

## 6.1 PROV Nr. 1 T.O.M. 9

Luftljudsisolerings- och stegljudsnivåmätning i laboratorium  
 (1 bilaga)

Föremål Stålbjälklagskonstruktion

Resultat Reduktionstal  $R$ , medelreduktionstal  $\bar{R}$ , index för luftljudsisolering i laboratorium  $I_{a, lab}$ , stegljudsnivå  $L_n$  samt index för stegljudsnivå i laboratorium  $I_{i, lab}$  redovisas i bifogade mätprotokoll 8231, 095-1--14.

Uppdragets innehåll och resultat sammanfattas i tabellen nedan.

Provföremål	$\bar{R}$ (dB)	$I_{a, lab}$ (dB)	$I_{i, lab}$ (dB)	mätprotokoll
Stålbjälklagskonstruktion enl bil 1	45,7	50	76	-1,-2
Stålbjälklagskonstruktion med golvbeläggning bestående av PVC-matta limmad på bjälklaget	-	-	74	-3
Stålbjälklagskonstruktion där ovansidan kompletterats med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälklaget belastat med 200 kg	56,4	55	70	-4,-5
Stålbjälklagskonstruktion där ovansidan kompletterats med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull, därpå ett flytande 45x45 mm träregelsystem och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälklaget belastat med 200 kg	58,2	58	68	-6,-7

8

SP-464

	POSTADRESS	BESÖKSADRESS	TELEX	BANKGIRO
<input checked="" type="checkbox"/> HUVUDFÖRVALTNING	Box 857, 501 15 Borås	Brinellgatan 4	362 52 testing S	715-1053
<input type="checkbox"/> STOCKHOLM	Box 5608, 114 86 Stockholm	Drottning Kristinas väg 31	100 58 testing S	POSTGIRO
<input type="checkbox"/> GÖTEBORG	Box 240 36, 400 22 Göteborg	Gibraltargatan 35	031-20 08 70	271 61 testing S
<input type="checkbox"/> LUND	Box 712, 220 07 Lund	Tornavägen 11	046-12 43 30	1 56 82-8

Provföremål	$\bar{R}$ (dB)	$I_{a,lab}$ (dB)	$I_{i,lab}$ (dB)	mätproto koll
Stålbjälklagskonstruktion där ovansidan kompletterats med två lager 20 mm HOLMEN mine- ralull och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälklaget belastat med 200 kg	-	-	70	-8
Stålbjälklagskonstruktion där ovansidan kompletterats med två lager 13 mm gipsplank, därpå ett lager 20 mm HOLMEN mineralull och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälklaget belastat med 200 kg	-	-	69	-9
Stålbjälklagskonstruktion där ovansidan kompletterats med ett lager 25 mm GULLFIBER COLORADO och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälk- laget belastat med 200 kg	-	-	71	-10
Stålbjälklagskonstruktion där undersidan kompletterats med ett undertak GULLFIBER AKUTEX RT med luftspalt mellan bjälk- lag respektive undertak på ca 80 mm	62,9	59	72	-11,-12
Stålbjälklagskonstruktion där undersidan kompletterats med ett undertak GULLFIBER AKUTEX RT med luftspalt mellan bjälk- lag respektive undertak på ca 80 mm. Ovansidan komplet- terad med ett lager HOLMEN mineralull och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Bjälklaget belastat med 200 kg	65,5	60	68	-13,-14

## Mätmetod

Mätningarna har utförts enligt svensk standard SS 02 52 54 och internationell standard ISO 140-1978.

Reduktionstalet  $R$  och stegljudsnivån  $L_n$  har bestämts enligt:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg S/A$$

respektive

$$L_n = L_2 + 10 \lg A/A_0$$



där  $L_1$  är medelljudtrycksnivån i sändarrummet (dB),  $L_2$  är medelljudtrycksnivån i mottagarrummet (dB),  $S$  är den fria provöppningens area ( $m^2$ ),  $A$  är mottagarrummets ekvivalenta absorptionsarea ( $m^2$ ) och  $A_0 = 10 m^2$ . Resultatet har utvärderats med avseende på index för luftljudsisolering  $I_{a,lab}$  och stegljudsnivå  $I_{i,lab}$  i laboratorium enligt svensk standard SS 02 52 53.

För stegljudsnivåmätningen har den standardiserade hammarapparaten, Brüel & Kjaer typ 3204 försedd med stålhammare, använts som ljudkälla. Medelljudtrycksnivåerna har fastställts med hjälp av roterande mikrofonstativ (radie  $>1,1 m$ ) och digital frekvensanalysator.

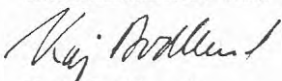
En utförligare beskrivning av mätförfarande och utvärdering lämnas i metodrapporterna SP-MET 1978:1 och SP-MET 1978:3.

- Mättrum** Övre och undre luftljudslaboratoriet för bjälklag (rum 8:135, 8:227) där sändar- och mottagarrummets volym är  $107 m^3$  respektive  $138 m^3$ . Provöppningens mått är  $3 m \times 4 m$ .
- Montering** Stålbjälklagskonstruktionen bestod av fyra stycken tunnplåtselement. Dessa monterades i provöppningen och skruvades samman. På bjälklagets undersida fästes stålreglar och mellan dessa lades  $50 mm$  mineralull. Underst monterades två lager  $13 mm$  gipsplank med förskjutna skarvar där springan till provöppningen drevades med mineralull för att slutligen helt tätas med tejp. På ovansidan monterades ett lager k-plywood P30 som fixerades med skruv till bjälklaget. Samtliga springor utmed sidorna och på ovansidan tätades med tejp. Stålbjälklagskonstruktionen framgår även av ritningen bilaga 1. Utifrån denna grundkonstruktion har sedan olika påbyggnader utförts på över- och undersida vilket framgår av resultat och mätprotokoll. Alla springor utmed kanten vid de olika påbyggnaderna har tätats med tejp om inget annat särskilt anges. Vid påbyggnad med golvspånskiva har dessa ej limmats utan endast fogats samman med spik  $cc 600 mm$ .
- Kommentar** Enligt SBN 1980 skall bostadshus anordnas så att index för luftljudsisolering  $I_a$  (dB) mellan bostadsrum i olika lägenheter överstiger  $55 dB$  och  $53 dB$  för sammanbyggda enbostadshus respektive övriga bostadshus vid vertikal mätning. Högsta tillåtna värde på index för stegljudsnivå  $I_i$  (dB) är  $63 dB$  mellan bostadsrum i olika lägenheter oberoende av bostadstyp.

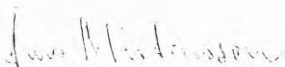
För vissa mätningar har bjälklagskonstruktionen, speciellt vid högre frekvenser, ernått så goda resultat att avståndet till bakgrundsnivån varit för litet. I dessa fall har det inte varit möjligt att korrigera för bakgrunds-

bidraget. Detta påverkar dock i inget fall indextalen vars värden helt bestämmas av de lägsta frekvenserna. Även inverkan av flanktransmission har i vissa fall ökat mätosäkerheten dock utan att påverka indextalen. I mätprotokollen har resultat vilka ej kunnat bestämmas fullständigt på grund av bakgrunds- eller flanktransmissionsproblem markerats med (x).

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik



Kaj Bodlund



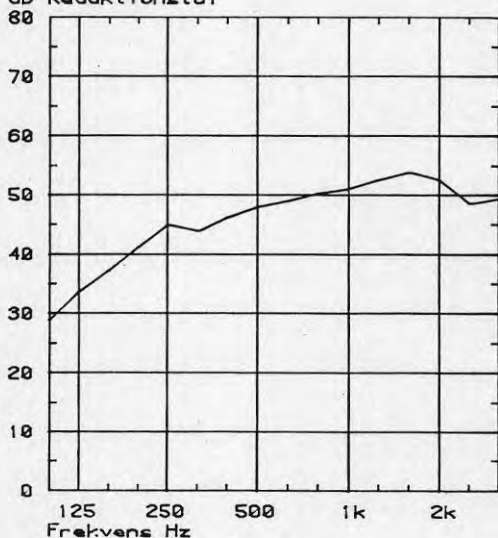
Arne Mårtensson

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRÅ AB  
 Uppdrag: Lufttjuddisoleringsmätning på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning  
 bilaga 2,

Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

dB Reduktionsstal



Id-nr:	1
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	28.9
125	33.6
160	37.1
200	41.2
250	44.9
315	43.7
400	46.1
500	46.0
630	49.0
800	50.2
1000	51.1
1250	52.6
1600	53.8
2000	52.5
2500	48.5
3150	49.4
Rmedel	45.7
Ia, lab	50

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

SP-573



Laboratoriet för akustik

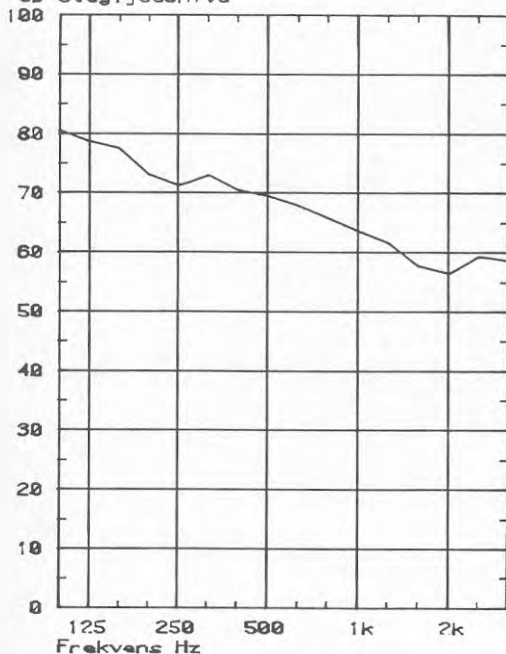
Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRÅ AB

Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stålbjälklag

Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2.

Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

05 Stegljudnivå



Id-nr:	2
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	80.5
125	78.5
160	77.4
200	73.0
250	71.2
315	72.9
400	70.5
500	69.5
630	67.7
800	65.8
1000	63.6
1250	61.6
1600	57.6
2000	56.4
2500	59.3
3150	56.5

II, lab 76

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

SP-573

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

BANKGIRO  
715-1053

POSTGIRO  
1 56 82-8

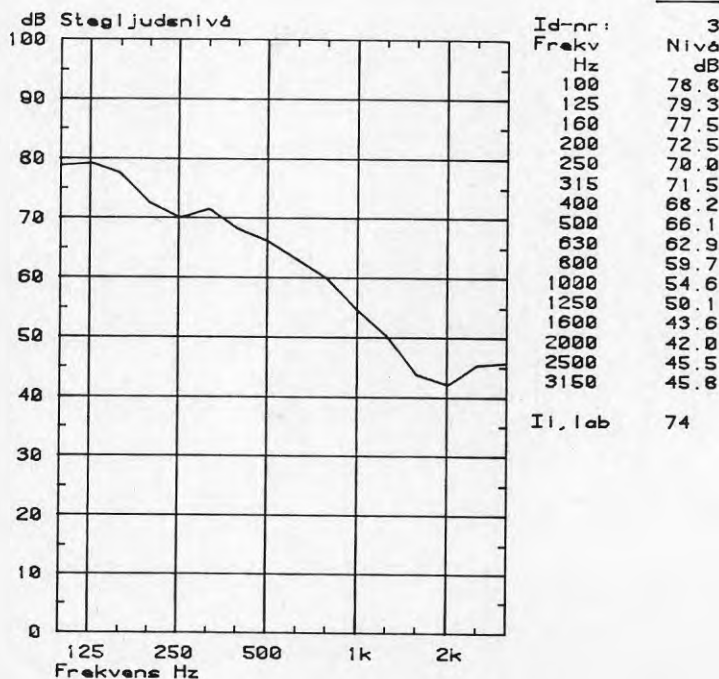


Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRÅ AB

Uppdrag: Stegljudsmätning på stålbjälklag

Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2, kompletterad med golvbeläggning bestående av en PVC-matta med jutefilt (uppmätta tjocklekar: 1.5 mm PVC-skikt och 1.5 mm jutefiltsskikt, uppmätt areadensitet: 2.09 kg/m<sup>2</sup>) limmad på bjälklaget. Provöppnings area: 12 m<sup>2</sup>



STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

Kaj Bodlund

Arne Mårtensson

SP-573

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

BANKGIRO  
715-1053

POSTGIRO  
1 56 82-8



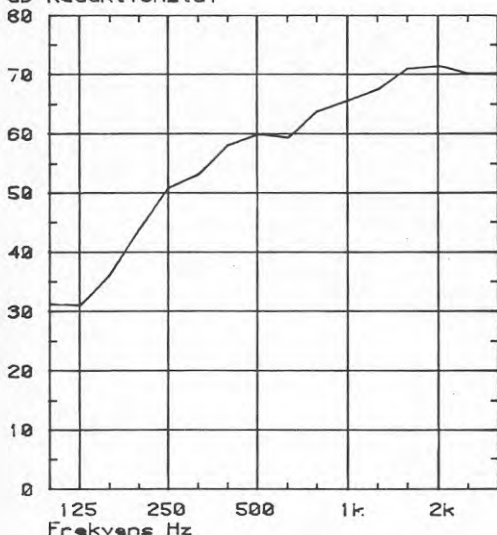
Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB

Uppdrag: Lufttjudeisoleringsmätning på stålbjälklag

Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2. Ovanpådan kompletterad med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:s vikter. Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

dB Reduktionsstal



Id-nr:	4
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	31.3
125	31.0
160	36.0
200	43.9
250	50.9
315	53.2
400	58.1
500	59.9
630	59.3
800	63.8
1000	65.6
1250	67.5
1600	71.1
2000	71.4
2500	70.0
3150	70.2
Rmedel	56.4
Ia, lab	55

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

SP-573



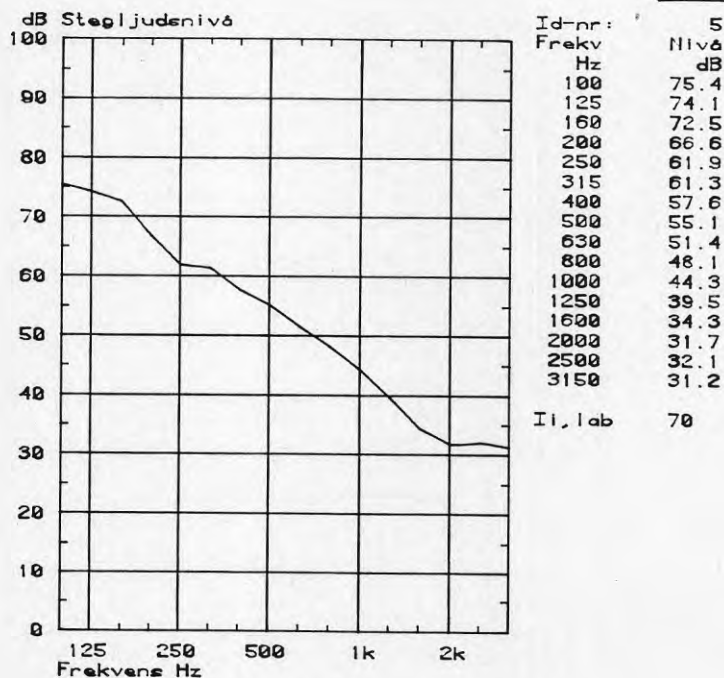


Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB

Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stälbjälklag

Föremål: Stälbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2.. Ovanpådan kompletterad med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvspånkiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:s vikter. Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>



STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

SP-573

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

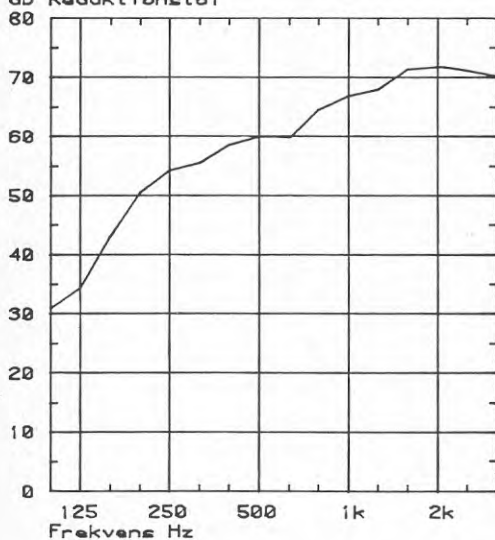
BANKGIRO  
715-1053

POSTGIRO  
1 56 82-8

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB  
 Uppdrag: Luftljudsisolering på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning  
 bilaga 2. Övansidan kompletterad med ett lager 20 mm  
 HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) varpå ett  
 flytande träregelssystem placerats (45x45 mm träreglar  
 med ca 600 mm) och överst ett skikt av 22 mm golvspän-  
 skiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade  
 20 kg:s vikter.  
 Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

dB Reduktionsstal



Id-nr:	6
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	30.9
125	34.3
160	43.1
200	50.6
250	54.3
315	55.5
400	58.7
500	60.1
630	59.6
800	64.6
1000	66.9
1250	68.1
1600	71.4
2000	71.9
2500	71.1
3150	70.0
Rmedel	58.2
Ia, lab	58

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

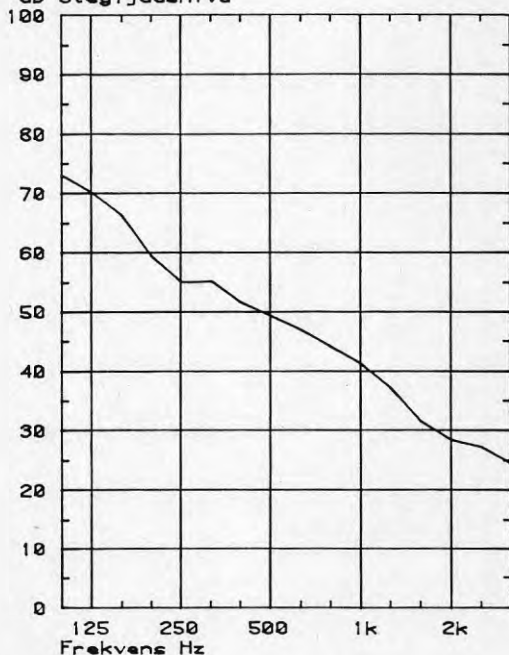
*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

SP-373

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB  
 Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning  
 bilaga 2. Övansidan kompletterad med ett lager 20 mm  
 HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) varpå ett  
 flytande träregelsystem placerats (45x45 mm träreglar  
 med ca 600 mm) och överst ett skikt av 22 mm golvpån-  
 skiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade  
 20 kg:s vikter.  
 Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

dB Stegljudnivå



Id-nr:	7
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	72.9
125	70.0
160	66.2
200	59.3
250	54.9
315	55.2
400	51.5
500	49.3
630	46.9
800	44.1
1000	41.2
1250	37.0
1600	31.4
2000	28.3
2500	27.2
3150	24.4

II, lab 66

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

SP 573

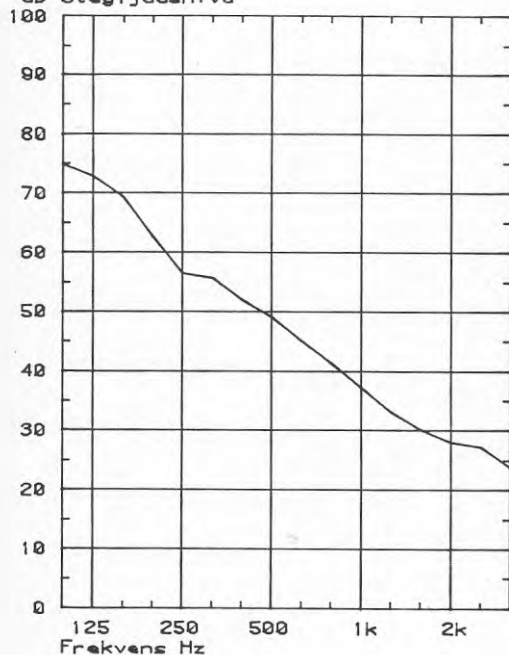
Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB

Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stålbjälklag

Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2. Övansidan kompletterad med två lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvspånskiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:s vikter. Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>

dB Stegljudnivå



Id-nr:	8
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	74.8
125	72.7
160	69.3
200	62.4
250	56.4
315	55.6
400	51.9
500	49.0
630	44.9
800	41.2
1000	37.2
1250	33.0
1600	30.0
2000	27.9
2500	27.2
3150	23.7

Ii, lab 70

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

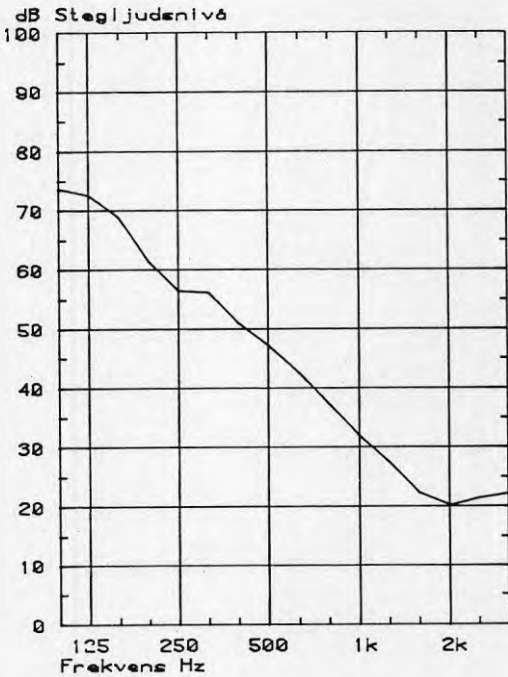
*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

SP-573

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRÅ AB  
 Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stälbjälklag  
 Föremål: Stälbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2.. Ovanpå kompletterad med två lager 13 mm gipskiva, därpå ett lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvspånkiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:s vikter.

Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>



Id-nr:	9
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	73.7
125	72.5
160	68.7
200	61.3
250	56.4
315	56.1
400	50.9
500	47.1
630	42.4
800	37.2
1000	32.0
1250	27.4
1600	22.1
2000	20.1
2500	21.5
3150	22.1

Il, lab 69

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

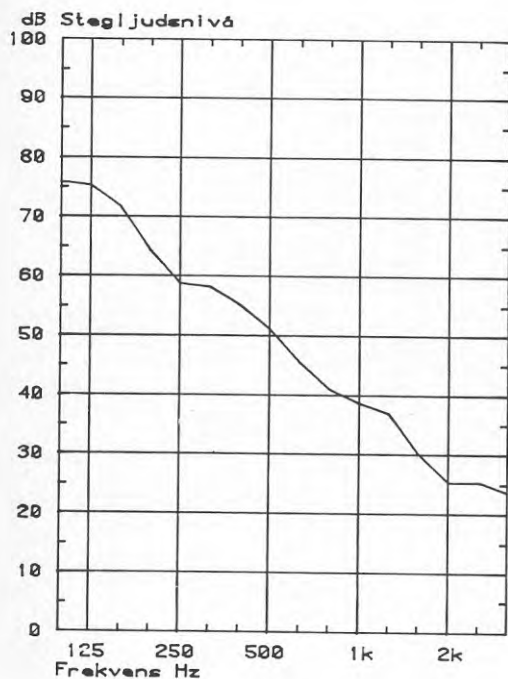
*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB

Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stälbjälklag

Föremål: Stälbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 2.. Ovanpådan kompletterad med ett lager 25 mm GULLFIBER COLORADO absorberant (densitet 65 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvpånskiva. Konstruktionen belastad med 10 et jämnt fördelade 20 kg:s vikter. Provöppningens area: 12 m<sup>2</sup>



Id-nr:	10
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	75.7
125	75.2
160	71.6
200	64.1
250	58.6
315	58.1
400	55.1
500	51.1
630	45.3
800	40.8
1000	38.6
1250	36.7
1600	30.0
2000	25.2
2500	25.3
3150	23.5

II, lab 71

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
Arne Mårtensson

SP-573

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

BANKGIRO  
715-1053

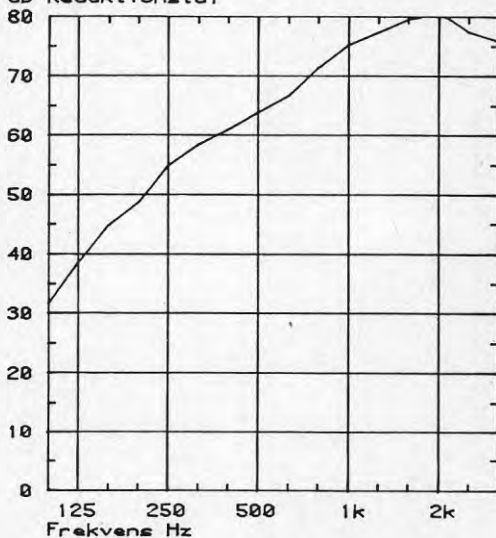
POSTGIRO  
1 56 82-8



Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERMELIND KONSTRUKTIONSBYRÅ AB  
 Uppdrag: Luftljudsiseringsmätning på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bif. ritning bilaga 2.,  
 Undersidan kompletterad med GULLFIBER undertak AKUTEX RT  
 (13 mm gips, 25 mm AKUTEX T-skiva och ytvikt 12.2  
 kg/m<sup>2</sup>). Undertaket monterades med gipsidan nedåt och  
 så att en luftspalt på ca 80 mm erhöles till bjälklaget,  
 för övrigt motsvarar monteringen ett normalt undertaks-  
 montage (6 upphängningspunkter mha ståltråd) utan  
 någon särskild tätning. Provspejnings area: 12 m<sup>2</sup>.

dB Reduktionstal



Id-nr:	11
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	31.7
125	36.5
160	44.7
200	46.7
250	55.0
315	58.5
400	61.1
500	64.0
630	66.6
800	71.4
1000	75.3
1250	77.4
1600	79.5
2000	80.7
2500	77.3
3150	75.8

Rmedel 62.9  
 Ia, lab 59

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

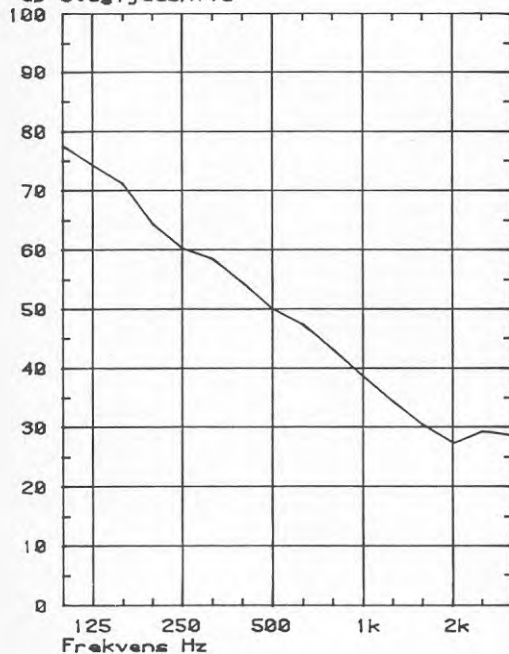
*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB  
 Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stälbjälklag  
 Föremål: Stälbjälklagskonstruktion enligt bif. ritning bilaga 2.,  
 Undersidan kompletterad med GULLFIBER undertak AKUTEX RT  
 (13 mm gips, 25 mm AKUTEX T-skiva och ytvikt 12.2  
 kg/m<sup>2</sup>). Undertaket monterades med gipseidan nedåt och  
 så att en luftspalt på ca 80 mm erhöles till bjälklaget,  
 för övrigt motsvarar monteringen ett normalt undertaks-  
 montage (6 upphängningspunkter mha ståltråd) utan  
 någon särskild tätning. Provspejningsarea: 12 m<sup>2</sup>.

dB Stegljudnivå



Id-nr:	12
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	77.4
125	74.1
160	71.1
200	64.2
250	60.2
315	56.4
400	54.3
500	49.9
630	47.2
800	43.0
1000	38.6
1250	34.2
1600	30.3
2000	27.3
2500	29.3
3150	28.5

II, lab 72

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

SP 573

POSTADRESS  
 Box 857  
 501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
 Brinellgatan 14

TELEFON  
 033-10 20 00

TELEGRAM  
 testing b

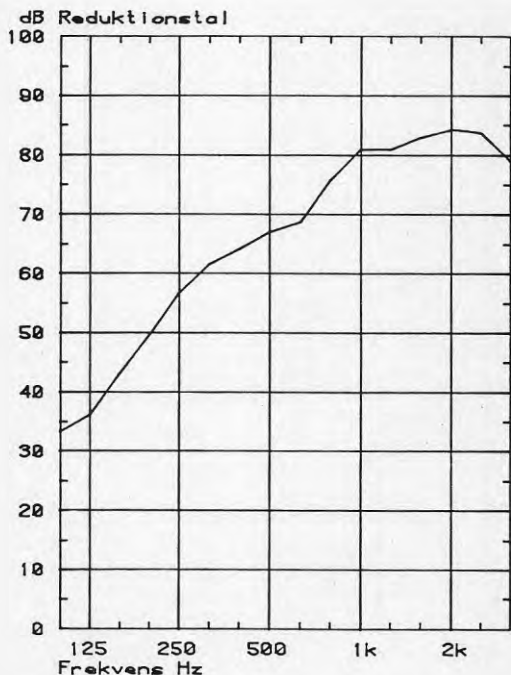
TELEX  
 362 52

BANKGIRO  
 715-1053

POSTGIRO  
 1 56 82-8

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB  
 Uppdrag: Luftljudsisoleringsmätning på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 1. Undersidan kompletterad med GULLFIBER undertak AKUTEX RT (montage och övriga data se bilaga 12). Övansidan kompletterad med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm golvspånkiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:e vikter.  
 Provöppnings area: 12 m<sup>2</sup>



Id-nr:	13
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	33.4
125	36.2
160	43.2
200	49.8
250	56.8
315	61.7
400	64.3
500	67.2
630	68.7 x)
800	75.9
1000	80.9
1250	81.0
1600	83.0 x)
2000	84.3 x)
2500	83.6 x)
3150	78.8 x)

Rmedel 65.5  
 I<sub>0</sub>, I<sub>0b</sub> 60

x) Nivå som inte varit möjlig att korrigera med hänsyn till bakgrundsnivå eller flanktransmission

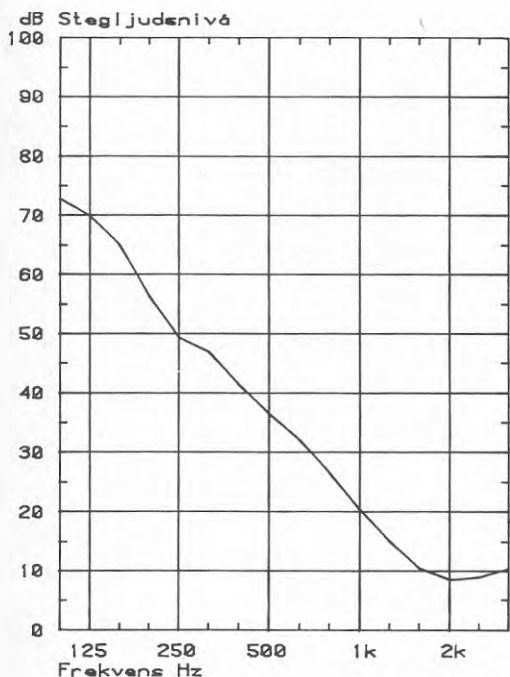
STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

Laboratoriet för akustik

Uppdragsgivare: NYLANDER & HERNELIND KONSTRUKTIONSBYRA AB  
 Uppdrag: Stegljudnivåmätning på stålbjälklag  
 Föremål: Stålbjälklagskonstruktion enligt bifogad ritning bilaga 1. Undersidan kompletterad med GULLFIBER undertak AKUTEX RT (montage och övriga data se bilaga 12). Ovensidan kompletterad med ett lager 20 mm HOLMEN mineralull (densitet 250 kg/m<sup>3</sup>) och överst ett skikt av 22 mm goiv-spånskiva. Konstruktionen belastad med 10 st jämnt fördelade 20 kg:s vikter.  
 Provyppnings area: 12 m<sup>2</sup>



Id-nr:	14
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	72.7
125	69.9
160	65.0
200	56.3
250	49.2
315	46.8
400	41.2
500	36.5
630	32.0
800	26.5
1000	20.4
1250	15.0
1600	10.4 x)
2000	8.5 x)
2500	9.0 x)
3150	10.3 x)

Ii, lab 68

x) Nivå som inte varit möjlig att korrigera med hänsyn till bakgrundsnivå

STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för akustik

*Kaj Bodlund*  
 Kaj Bodlund

*Arne Mårtensson*  
 Arne Mårtensson

Laboratoriet för akustik

Lasse Iho, ys

6.2. PROV Nr. 10

Bestämning av stegljudsnivå samt reduktionstal  
(2 bilagor)

Mätobjekt Plåtbjälklag med flytande golv och frihängande undertak.

Resultat Reduktionstal  $R$ , medelreduktionstal  $R_{\text{medel}}$  och index för luftljudsisolering i laboratorium  $I_a$  redovisas på sid 65. På sid 66 redovisas stegljudsnivå  $L_n$  och index för stegljudsnivå i laboratorium  $I_{i,\text{lab}}$ .

Resultaten sammanfattas nedan:

$R_{\text{medel}}$ (dB)	$I_{a,\text{lab}}$ (dB)	$I_{i,\text{lab}}$ (dB)
73.9	71	54

Mätmetod Mätningarna har utförts enligt svensk standard SS 02 52 54 och internationell standard ISO 140-1978.

Reduktionstalet  $R$  och stegljudsnivån  $L_n$  har bestämts enligt:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

respektive

$$L_n = L_2 + 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

där

$L_1$  = medelljudtrycksnivån i sändarrummet (dB)

$L_2$  = medelljudtrycksnivån i mottagarrummet (dB)

$S$  = den fria provöppningens area ( $\text{m}^2$ )

$A$  = mottagarrummets ekvivalenta absorptionsarea ( $\text{m}^2$ )

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

Resultaten har utvärderats med avseende på index för luftljudsisolering  $I_{a,lab}$  och stegljudsnivå  $I_{i,lab}$  i laboratorium enligt svensk standard SS 02 52 53.

För stegljudsnivåmätningen har den standardiserade hammarapparaten, Brüel & Kjaer typ 3204 försedd med stålhammare, använts som ljudkälla. Medelljudtrycksnivåerna har fastställts med hjälp av roterande mikrofonstativ (radie > 1.1 m) och digital frekvensanalysator.

En utförligare beskrivning av mätförfarande och utvärdering lämnas i metodrapporterna SP-MET 1978:1 och SP-MET 1978:3.

Instrument- förteckning	Hammarapparat	Brüel & Kjaer	3204
	Mikrofon	Brüel & Kjaer	4144
	Förförstärkare	Brüel & Kjaer	2619
	Kalibrator	Brüel & Kjaer	4230
	Spänningsaggregat	Brüel & Kjaer	2804
	Roterande mikrofonbom	Brüel & Kjaer	3923
	Parallellanalysator	Brüel & Kjaer	2131
	Högtalare	JBL	E130
	Effektförstärkare	SP	
	Equalizer	Urei	539
	Brusgenerator	SP	
	Kalkylator	HP	9826

Mättrum Övre och undre luftljudslaboratoriet för bjälklag (rum 8:135, 8:227) där sändar- och mottagarrumets volym är 107 m<sup>3</sup> respektive 138 m<sup>3</sup>. Provöppningens mått är 3 m x 4 m.

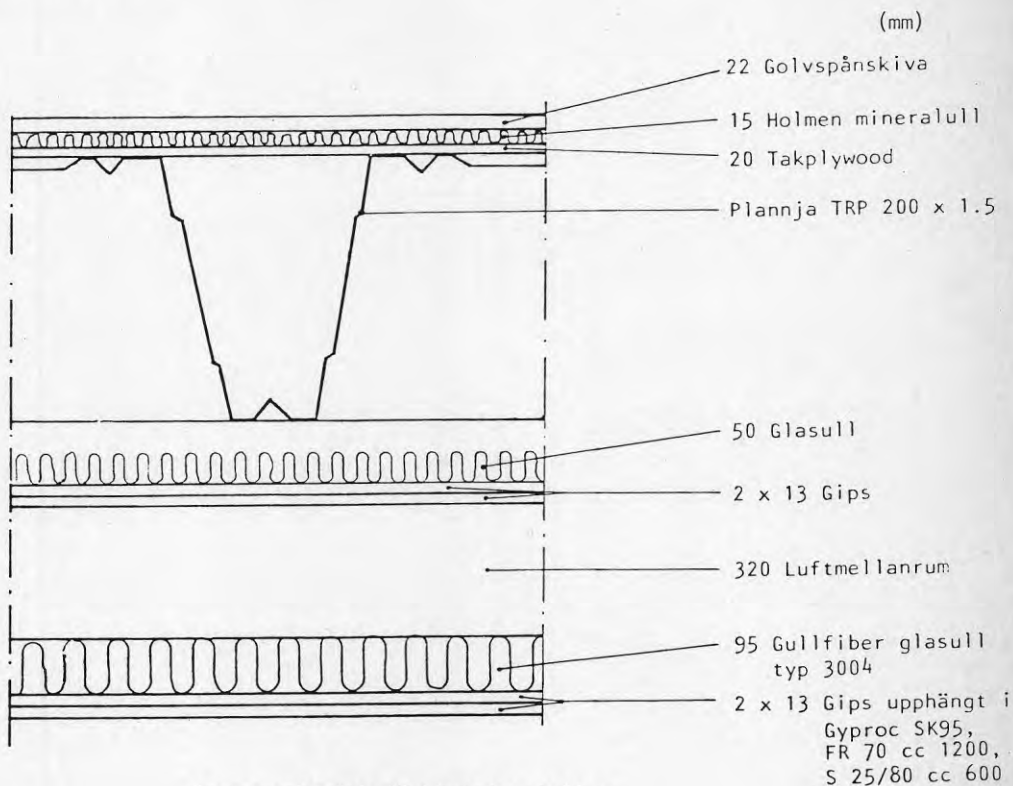
Kommentar Enligt SBN 1980 skall bostadshus anordnas så att index för luftljudsisolering  $I_a$  (dB) mellan bostadsrum i olika lägenheter överstiger 55 dB och 53 dB för sammanbyggda enbostadshus respektive övriga bostadshus vid vertikal mätning. Högsta tillåtna värde på index för stegljudsnivå  $I_i$  (dB) är 63 dB mellan bostadsrum i olika lägenheter oberoende av bostadstyp.

Vid stegljudsmätningen kunde ljudtrycksnivån från hammarapparaten ej urskiljas ur bakgrundsnivån, vid frekvenser över 800 Hz, varför dessa redovisas med "<". Detta påverkar dock ej  $I_{i,lab}$  eftersom värdet bestäms av nivån i frekvensbandet 100 Hz.

Flanktransmissionens inverkan på reduktionstalet har ej kunnat bestämmas.



Konstruktion och montering Plåtbjälklagets konstruktion framgår i figur:



Ingen mekanisk förbindelse mellan bjälklag och undertak.

Förutsatt att undertaket ej står i mekanisk förbindelse med bjälklaget, kan en grov uppskattning av luftmellanrummets inverkan på stegljudsnivån utföras enligt följande:

$$\Delta L_n = 20 \lg \frac{a}{b}$$

där

a = befintligt luftmellanrum


b = önskat luftmellanrum

Laboratoriet för akustik

Insätts befintlig luftspalt 0.32 m och önskad luftspalt 0.15 m får vi en uppskattad försämring av stegljudsnivån med 7 dB.

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

  
Hans Jonasson

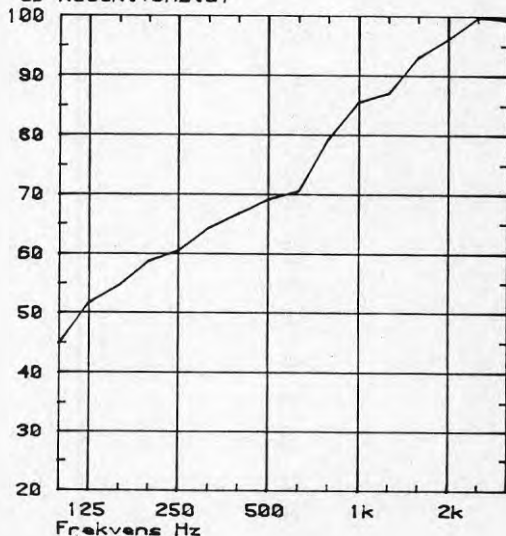
  
Lasse Iho

Bestämning av reduktionstal

Plåtbjälklag med flytande golv samt undertak, bestående av:  
(Uppifrån) 22 mm golvspånskiva, 20 mm Holmens mineralullskiva,  
20 mm Takplywood, TRP 200x1.5 plåtprofil; Plannja, 50 mm glasull,  
2x13 mm gips, 320 mm luftmelanrum, 95 mm Guilfiber glasull 3004,  
och 2x13 mm gips upphängt i Gyproc SK95, FR 70 cc 1200 och S25/80 cc 600  
Undertaket utan mekanisk förbindelse med bjälklaget  
Konstruktionen belastad med 10 \* 20 kg, jämnt fördelade.  
Mottagarrummets volym: 138 m<sup>3</sup>. Skiljearea: 12 m<sup>2</sup>

Flanktransmissionens inverkan på reduktionstalet har ej kunnat bestämmas

dB Reduktionstal



Id-nr:	1
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	44.9
125	51.6
160	54.6
200	58.8
250	60.6
315	64.4
400	66.9
500	69.2
630	70.6
800	79.5
1000	85.7
1250	87.2
1600	93.3
2000	96.3
2500	99.8
3150	99.3
Rmedel	73.9
I <sub>a</sub> , I <sub>ab</sub>	71

STATENS PROVNINGSANSTALT

Laboratoriet för akustik

SP-571

*Hans Jonasson*

Hans Jonasson

*Lasse Iho*

Lasse Iho

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

BANKGIRO  
715-1053

POSTGIRO  
1 56 82-8

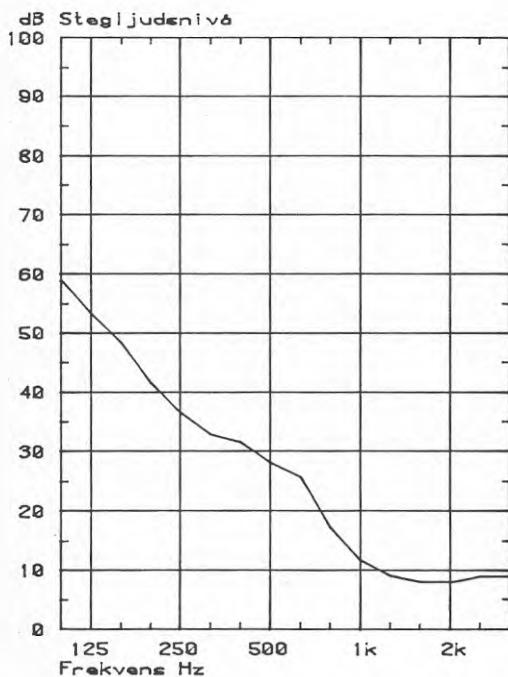


Laboratoriet för akustik

Bestämning av stegljudnivå

Plåtbjälklag med flytande golv samt undertak, bestående av:  
(Uppifrån) 22 mm golvspånskiva, 20 mm Høimans mineralullsskiva,  
20 mm takplywood, TRP 200\*1.5 plåtprofil Plannja, 50 mm glasull,  
2\*13 mm gips, 320 mm luftmellanrum, 95 mm Gullfiber glasull 3004  
och 2\*13 mm gips upphängt i Gyproc SK95, FR 70 cc 1200 och S25/80 cc 600  
Undertaket utan mekanisk förbindelse med bjälklaget.  
Konstruktionen belastad med 10 \* 20 kg, jämnt fördelade.  
Mottagarrummets volym: 138 m<sup>3</sup>. Skiljearea: 12 m<sup>2</sup>

Bakgrundsnivån har påverkat nivån i frekvensbanden 800-3150 Hz



Id-nr:	2
Frekv	Nivå
Hz	dB
100	58.9
125	53.1
160	48.4
200	41.3
250	36.5
315	32.7
400	31.4
500	28.0
630	25.6
800	< 17.1
1000	< 11.6
1250	< 9.0
1600	< 8.0
2000	< 8.0
2500	< 9.0
3150	< 9.0

II, iab 54

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

SP-571

Hans Jonasson

Lasse Iho

POSTADRESS  
Box 857  
501 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
Brinellgatan 14

TELEFON  
033-10 20 00

TELEGRAM  
testing b

TELEX  
362 52

BANKGIRO  
715-1053

POSTGIRO  
1 56 82-8

## 7. BRANDMOTSTAND

### 7.1. Bakgrund

Stålbyggnadsinstitutet har inom ramen för ett BFR projekt fått i uppdrag av Nylander & Hernelind Konstruktionsbyrå att bedöma brandmotståndet för en bjälklagskonstruktion uppbyggd av en bärande tunnplåtprofil samt olika skiv- och isoleringsmaterial. Ett flertal olika alternativa utformningar har studerats. Genomgående för dessa är den bärande profilen av TRP 200 med plåttjockleken 1,5 mm. Bedömningarna av brandmotståndet baseras på temperaturberäkningar med ett datorprogram vid en förutsatt brandpåverkan underifrån enligt standardbrandkurvan.

### 7.2. Brandtekniska krav samt temperaturkriterier

För bjälklagskonstruktioner använda i enfamiljshus ställs enbart krav på brandmotstånd i bärande avseende ej i avskiljande avseende. Kravet på brandmotstånd är B 15. Sannolikt kommer detta krav framöver att höjas till B 30. Samtliga beräknade alternativ kan bedömas uppfylla detta senare krav.

För bjälklagskonstruktioner använda som lägenhetsskiljande bjälklag ställs även krav i avskiljande avseende. För lägenhetsskiljande bjälklag i bostadshus i byggnad med två våningar gäller i princip kravet B 60 i såväl avskiljande som bärande avseende. För byggnad med fler än åtta våningar är kravet A 90.

Krav i avskiljande avseende innebär att bjälklaget måste vara tätt mot genomsläpp av gaser och eldslågor samt att temperaturökningen på den icke brandpåverkade sidan av bjälklaget ej överstiger  $140^{\circ}\text{C}$  i genomsnitt. Krav i bärande avseende innebär att temperaturen i den bärande tunnplåtprofilen ej får bli för hög. Normalt anses  $450^{\circ}\text{C}$  vara en kritisk ståltemperatur. Om konstruktionen ej är fullt statiskt utnyttjad kan emellertid den kritiska temperaturen oftast sättas högre vilket innebär längre brandmotstånd.

I bil 3:1 illustreras de normalt använda temperaturkriterierna i bärande resp avskiljande avseende.

### 7.3. Beräkningsresultat

Med hjälp av ett datorprogram där konstruktionerna indelas i ett antal lämpliga skikt har temperaturflödet genom dessa beräknats. Som ingångsdata finns de olika ingående

materialens termiska egenskaper och hur dessa varierar med temperaturen. Ett utdrag ur en beräkningsutskrift inkluderande vissa ingångsdata visas i bilaga 3:2.

För vissa material är kunskaperna om dessas termiska data begränsade och antaganden som bedöms ge resultat på säkra sidan måste göras. Redovisade beräkningsresultat får därför inte tas som exakta utan ska mer användas för att urskilja de olika utförande alternativ som är intressanta från brandteknisk synpunkt. Den slutgiltiga lösning som väljs kan behöva brandprovas beroende på hur stor osäkerheten är beträffande termiska data för där i ingående material. Beräkningsresultaten finns redovisade i diagramform i bilaga 3:3 till 3:8. I samtliga alternativ förutsätts att mineralullskivorna sitter kvar efter de undre gipsskivornas nedfall. Gipsskivornas nedfall är markerade med kryss.

I tabellen nedan ges en sammanställning av beräkningsresultaten för de olika alternativa utformningarna A till F. I de fall brännbar plywood ingår i konstruktionens golvbeläggning måste risken för antändning av denna genom för hög temperatur beaktas.

Konstruktionslösning (underifrån räknat)	Beräknat brandmotstånd (min)		
	Bärande	Avskilj	Risk för antändning av plywood
(A) 2 x 13 gips / TRP 200 / plywood	37	40	35-40
(B) 2 x 13 gips / 50 MU $\gamma$ = 30 / TRP 200 / plywood	53	58	50-55
(C) 2 x 13 gips / 50 MU $\gamma$ = 70 / TRP 200 / plywood	70	75	65-70
(D) 1 x 13 gips / 50 MU $\gamma$ = 70 / TRP 200 / plywood	62	65	60-65
(E) 1 x 13 gips / 50 MU $\gamma$ = 70 / TRP 200 / gips	80	78	-
(F) 1 x 13 gips / 50 MU $\gamma$ = 30 / TRP 200 / gips	62	62	-

## 8. KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR

Bjälklag med bärande högprofilerad stålplåt. Bilaga 4.

### 8.1 - Inverkan av mellanväggar på vibrationsegenskaper.

Denna rapport behandlar inverkan av lätta mellanväggar på de dynamiska egenskaperna hos ett plåtbjälklag.

De nu aktuella laboratorieprovningsarna utgör en direkt fortsättning av de undersökningar som presenterats i Kap. 5.

Hänvisningar görs här direkt till figurer och dylikt i Kap. 5.

### 8.2 Akustiska prov avseende plåtbjälklag med övergolv av "Kip"-kuddar och M-skiva. Bilaga 5.

Som framgår av bifogade resultat uppfyller bjälklagen typ B och C normkraven för lägenhetsskiljande bjälklag.

De akustiska proven av bjälklagen typ B och C har bekostats av:

Elof Hansson, Göteborg

Plannja AB, Luleå

AB Svenska Farex, Stockholm



9. PROVHUS

Slutrapport på tidigare redovisade rapporter  
SAMVERKANBJÄLKLAG MED TUNNPLÅTSPROFIL I  
BOSTADSHUS:

<u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u>	<u>Sid.</u>
9.1 INLEDNING.....	71
9.2 BESKRIVNING AV PROVHUS.....	73
9.3 SAMMANFATTNING AV RESULTAT.....	76
9.4 ÖVRIGA SYNPUNKTER.....	77
Bilaga 6. Fältprovning av svikt- och svängnings- egenskaper.	
Bilaga 7. Ljudmätningar.	
Bilaga 8. Konstruktionsdetaljer.	

## 9.1 INLEDNING

Föreliggande rapport är en fortsättning på och en slutrapport på den tidigare redovisade rapporten "SAMVERKAN-BJÄLKLAG MED TUNNPLÅTSPROFIL I BOSTADSHUS".

Rapporten var avsedd som en förundersökning och målsättningen var att den skulle vara underlag för byggande av provhus.

Målsättningen med provhuset och slutrapporten är att erhålla ett underlag som kan användas till framtida byggnader. Resultaten från förundersökning sammanfattas kortfattat nedan:

- Hållfastegenskaper som bärförmåga och böjstyvhet för trapetsprofilen TRP 200 sammansatt med skivmaterial studerades vid Avdelningen för Stålbyggnad, KTH. Resultat från förundersökning ansågs ge tillräckligt underlag för byggande av provhus och belyses därför ej vidare i slutrapporten. Vad som särskilt kan uppmärksammas är att bjälklagets tröghetsmoment ökar med ca 15-40% beroende på val av skivmaterial och skruvdelning. Vid de spännvidder som är aktuella med hänsyn till svikt- och svängningskrav är hållfasthetstillskottet som erhålls från den samverkande skivan ej av betydelse. Bjälklaget är med hänsyn till tillåtna spänningar överdimensionerat.
- Brandegenskaperna som studerades av Stålbyggnadsinstitutet i Stockholm, anses vara tillräckligt utredda och belyses ej vidare i slutrapporten.
- Svikt- och svängningsegenskaperna, som studerats av Sven Olsson vid Avdelningen för Stål- och Träbyggnad, CTH i Göteborg, ansågs bli godtagbara om spännvidden ej översteg ca 5,5 m. (Provbjälklag se sid. 28).

- De akustiska egenskaperna blev godtagbara för flerfamiljshus om golvskevivan läggs ovanpå vibrationsisolatorer s.k. KIP-kuddar. Även undertak kan godtas ur akustisk synpunkt men är ej konkurrenskraftig ur ekonomisk synpunkt. Ljudisoleringsmätningar genomfördes under ledning av Kaj Bodlund, Statens Provningsanstalt i Borås.

Mot bakgrund av den måttliga styvhetsökning som erhålls då tunnplåtsprofiler samverkar med skivmaterial och även på grund av kostnadsskäl, har vi i provhusets utformning valt en konstruktionsformning utan samverkan i tunnplåtsprofilens längdriktning.

Skivmaterialet har ersatts av tunnplåtsprofiler som skruvats till ovansidan på trapetsprofilen TRP 200 och i vinkelrätt riktning mot bärriktningen. För att styvheten hos bjälklaget i tvärled ej skall försämrats har tunnplåtsreglarna ungefär motsvarande styvhets-egenskaper som det ersatta skivmaterialet.

I tunnplåtsprofilen fästes vibrationsisolatorer som har en stegljudsisolerande funktion. Ovanpå isolatorerna vilar sedan golvet.

## 9.2 BESKRIVNING AV PROVHUS

Det provhus som byggts är ett av småhusen i RUNBY BACKAR i Upplands Väsby och uppfördes i samband med bostadsmässan BO 85. Byggnaden är ett parhus i två våningar och benämndes "Generationshuset". Över- och undervåningarna skall vid behov användas som separata bostäder. På mellanbjälklaget ställs därför krav som lägenhetsskiljande.

Byggnadens samtliga bjälklag har trapetsprofilen TRP 200 som bärverk. Bottenbjälklaget har en spännvidd på ca 4.0 m och vilar på grundmurar och på en stålbalk. På trapetsplåten finns regler och golvs kivor som är stumt förbundna till plåten. Mot trapetsplåtens undersida finns vare sig regler eller skivmaterial. Då underliggande utrymme utnyttjas som varmgrund ställs ej krav på ljudläckage genom konstruktionen. Bjälklaget anses vara fullgott ur komfortsynpunkt och behandlas därför ej vidare i rapporten.

Mellanbjälklaget (benämnes objekt F1) har spännvidden ca 5.1 m och är upplagt på två stålbalkar. Mot trapetsprofilens ovasida finns fastskruvade tvärgående tunnplåtsprofiler c 600. I tunnplåtsprofilen över vartannat trapetsplåtsliv finns vibrationsisolatorer i form av KIP-kuddar<sup>1)</sup> (1 st kudde över varje profilbotten hos TRP 200 motsvarar 2,2 st/m<sup>2</sup>). Till kuddarnas ovasida har längsgående regler limmats och där ovanpå fästes Ceminwood-skiva<sup>1)</sup> med skruv- limförband. Mot trapetsprofilens undersida har längsgående tunnplåtsprofiler skruvats.

Avståndet mellan reglarna har valts till 600 mm med hänsyn till de byggbredder som gäller för mineralullsskivor och gipsskivor som finns monterade mellan resp. under reglarna. Hos provbjälklaget som beskrivs i förundersökning var reglarnas delning 400 mm. Den glesare delningen kan förväntas ge något försämrade svikt- och svängningsegenskaper eftersom styvheten i tvärlängd försämras.

Parallellt med provhuset har ytterligare en byggnad med samma typ av bjälklagskonstruktion projekterats av Nylander & Hernelind Konstruktionsbyrå AB och byggts. Byggnaden som är en vårdcentral belägen i Vendelsö, innehåller i bottenplanet vårdutrymmen och delar i ovanförliggande utrymmen utgörs av fläktrum. På mellanliggande bjälklag (benämnes objekt F2) ställs stora krav ur såväl svikt- och svängningshänseende som på ljudisolering. Den bärande funktionen upprätthålls av trapetsplåten TRP 200 som vilar på tre stål-balkar, kontinuerligt upplagd över den mellersta, och med spännvidden 2 x 3,3 m.

Objekt F2 skiljer sig från objekt F1 därhän att tunnplåts-reglarna mot trapetsplåtens bågiga sidor har delningen 400 mm. Vidare finns 2 st KIP-kuddar över var trapetsprofilsbotten. Antalet kuddar är 3 ggr fler än hos objekt F1, vilket förväntas ha en negativ inverkan på stegljudsisoleringen. På delar av objekt F2:s golv har KIP-kuddarna ersatts av långsgående hårdpressad mineralull.

KIP-kuddar medför för närvarande betydligt högre kostnader än mineralull.

Golvskivematerialet utgörs av 20 mm M-skiva<sup>3)</sup> som är styvare och har bättre akustiska egenskaper än Ceminwood-skiva och spånskiva.

- 1) KIP-kuddar: Vibrationsisolatorer av glasfiber som är PVC-inkapslad, avsedd att förhindra överföring av stegljud genom bjälklaget.
- 2) Ceminwood: Byggskiva tillverkad av träspån med cement som bindemedel. Skivan som har goda brand- och akustiska egenskaper är för närvarande betydligt kostnadsbilligare än mineritskivan.

- 3) M-skiva: Mineritskiva tillverkad av bl.a fibercement och laminerad med viskoelastiskt skikt. Skivan har mycket goda egenskaper.

### 9.3 SAMMANFATTNING AV RESULTAT

Resultat av de rapporter som resp. institution redovisat sammanfattas kortfattat nedan. En utförligare utvärdering av svikt- och svängningsegenskaperna redogörs för i delrapporten i bilaga

#### Svikt- och svängningsegenskaper

- Bjälklaget måste ges tillräcklig styvhet i tvärled. Böjstyvheten i tvärled bör vara minst 10% av böjstyvheten i längsled.
- Vid jämförelse mellan objekt F1 och F2 visar det sig att objekt F2 har betydligt bättre egenskaper ur svikt- och svängningssynpunkt. Skillnaden beror i första hand på större sammantryckning av KIP-kuddarna än hos mineralullen och att kuddarna ligger tätare i objekt F2. Den tätare delningen ger även mindre deformationer hos golvs kivan.

#### Akustiska egenskaper

- Objekt F1 och F2 uppfyller de krav på luftljud och stegljudsnivå gällande normer ställer på lägenhetsskiljande bjälklag.
- Hårdpressad mineralull som vibrationsdämpare ger något bättre ljudisolering än KIP-kuddar. Mineralull är dessutom att föredra av kostnadsskäl.

Mätningarna genomfördes under byggskedet. Invändiga fönster och dörrar var inte insatta på alla ställen och takinklädnaden av TRP-profilerna var ej heller färdig i anslutande korridorer. Mottagarrummen avgränsades därför med provisoriskt monterade gipsskivor vilka tätades med tejp. Detta förhållande innebär att de uppmätta ljudisoleringvärdena kan visa sig vara ännu bättre när byggnaden är helt färdigställd. Detta påpekande gäller speciellt för de högre frekvensbanden.



#### 9.4 ÖVRIGA SYNPUNKTER

Utöver vad som tidigare nämnts och vad som framkommer i institutionernas delrapporter kan följande synpunkter redovisas:

- . Trapetsprofilen TRP 200 har av tillverkaren förändrats geometriskt. Konstruktionshöjden har gjorts lägre och byggbredden har ökat från 750 till 800 mm. Med bibehållen plåttjocklek och med i övrigt samma utförande har styvhetsegenskaperna försämrats ca 10-15%. Med hänsyn till hållfasthet kompenseras detta av att plåten för aktuella spännvidder blir överstark.  
I de fall man ur svikt- och svängningssynpunkt önskar en styvare konstruktion kan styvheten ökas genom samverkan mellan TRP 200 och något skivmaterial.
- . Vid arbete, framför allt i samband med snö och isväderlek föreligger en stor halkrisk på den hala plåten. Plåten bör förses med friktionsfrämjande färg eller annat halkskydd redan på fabrik.
- . För att uppfylla de akustiska krav som ställs finns två principiellt olika metoder.  
Ett alternativ är med fjädrande övergolv och som använts i de beskrivna objekten F1 och F2.  
Ett annat alternativ är att den stegljudsisolerande funktionen upprätthålls med hjälp av ett undertak. Undertaket kan vara fribärande och utfört enl. bilaga 1:9 i tidigare redovisad rapport. Utförandet kräver ett fribärande bärverk till mellanväggar eller liknande. Denna typ av undertak kräver stor bygghöjd och är ur ekonomisk synpunkt olämplig. Om undertaket ej görs fribärande kan det istället hängas i fjädrande kramlor, vilka fästes i

långsgående tunnplåtsreglar i underkant. Kramlorna kan vara tillverkade av tunnplåt och med en lämplig fjäderkonstant avpassad till ljudkraven. Samtidigt vinner bjälklaget i styvhet då golvskivan kan fästas direkt mot den bärande trapetsprofilen.

Det senare alternativet har ännu ej provats men mycket tyder på att denna konstruktion ur många synpunkter är att föredra.

SLUTORD

Arbetet med föreliggande rapport har utförts med finansiellt stöd från Statens Råd för Byggnadsforskning. Initiativtagare till projektet är Nylander o. Hernelind Konstruktionsbyrå AB samt Höjer-Ljungqvist Arkitektkontor AB, som tillsammans upprättat idéskisser som antyder att intressanta lösningar kan erhållas med tunnplåtsbjälklag. Rapporten är avsedd som en förundersökning som skall ge svar på möjligheter och begränsningar för ett bjälklag med Plannjas tunnplåtsprofil TRP 200 i samverkan med olika skivmaterial. Målsättningen är att rapporten skall utgöra ett underlag för byggande av provhus och som på sikt skall ge ett kunnande som kan resultera i tunnplåtsbjälklag i skolor, kontor, flerbostadshus etc.

Innan en byggnad kan uppföras måste de tekniska oklarheter som är förknippade med bjälklagsutformning utredas. Till projektet har därför knutits ett antal institutioner, vilka som underkonsulter var för sig har studerat ett av de problemområden som vi anser måste utredas. Underkonsulterna bidrar med var sin delrapport vilka tillsammans utgör föreliggande forskningsrapport.

- Bärförmågan och böjstyvheten har utretts under ledning av Per-Olof Tomasson och Jürgen König vid Avdelningen för Stålbyggnad, KTH i Stockholm.
- Svikt- och vibrationsegenskaper har studerats under ledning av Bo Edlund och Sven Ohlsson vid Institutionen för Stål- och Träbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg.
- Luftljudisolerings- och stegljudsnivåmätningar har genomförts under ledning av Kaj Bodlund, Statens Provningsanstalt i Borås.
- Brandmotståndet har studerats under ledning av Jörgen Thor, Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm.

Arbetet med rapporten har samordnats och administrerats av Konrad Hernelind och Frank Janland, Nylander o. Hernelind Konstruktionsbyrå AB, Bromma.

Arkitektoniska krav och möjliga planlösningar har studerats av Sture Ljungqvist och Eyvind Balslev vid Höjer - Ljungqvist Arkitektkontor AB, Vällingby.

Hallerstams Byggnadstekniska Ingenjörsfirma AB, Bromma, har under utredningsarbetet bistått med kostnadskalkyler.

Materialbidrag från tillverkare har varit en förutsättning för försökens genomförande.

Följande företag har bidragit med material till provbjälklagen.

AB Gyproc, Malmö  
Plannja AB, Luleå  
Vänerskog AB, Karlstad  
USM Svenska AB, Örebro

Ett varmt tack riktas till alla som bidragit till projektets genomförande.

Bromma i november 1982

Konrad Hernelind

#### TILLÄGG

Enligt föreliggande förord är målsättningen med rapporten att i första hand utgöra underlag för byggande av provhus.

Som framgår av innehållsförteckningen har kompletterande laboratorieundersökningar gjorts beträffande inverkan av mellanväggar på svikt- och vibrationsegenskaper. Se avsnitt 8.

I rapporten avseende provhus som behandlas i avsnitt 9, redovisas resultat av fältnätningar, sammanfattning av resultat mm. Det aktuella provhuset är ett av småhusen i samband med bostadsmässan BO-85. Huset har projekterats av Höjer & Ljungqvist Arkitekter AB och Nylander & Hernelind Konstruktionsbyrå AB.

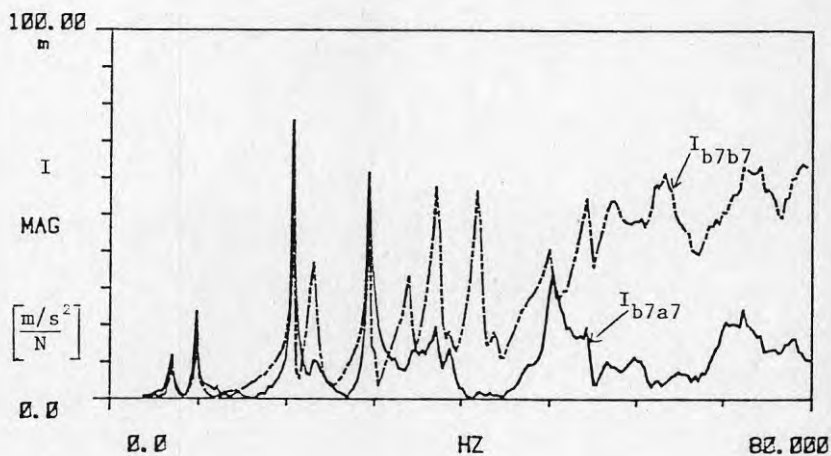
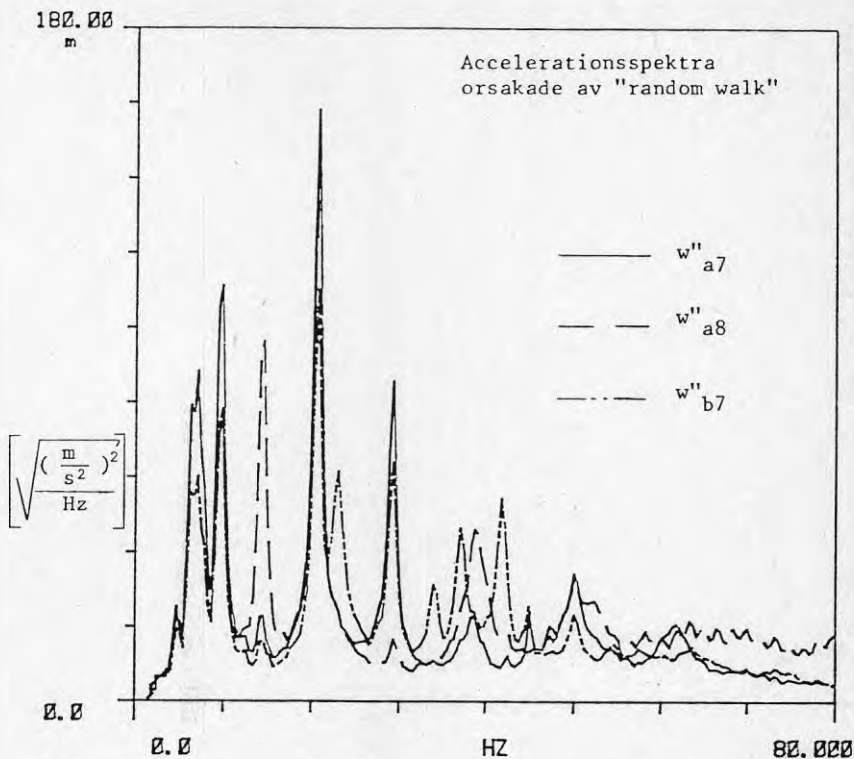
Undertecknad önskar här framföra ett varmt tack till Fastighetskontorets Småhusavdelning, SMÅA, Stockholm, för aktiv och stimulerande medverkan under projektets genomförande.

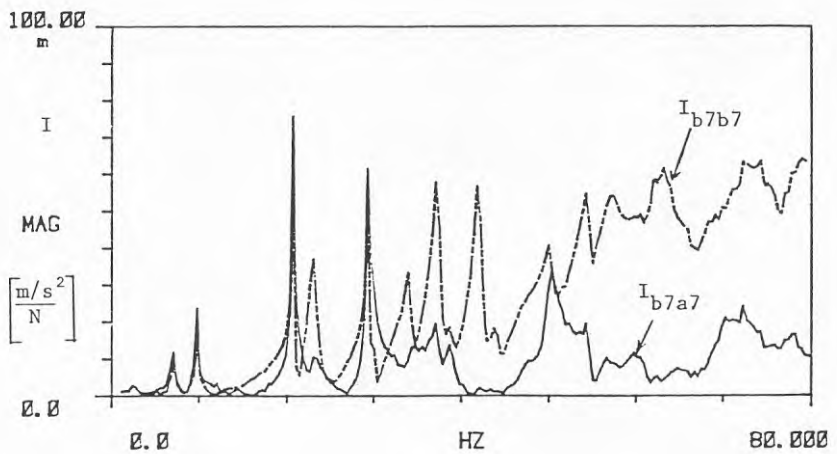
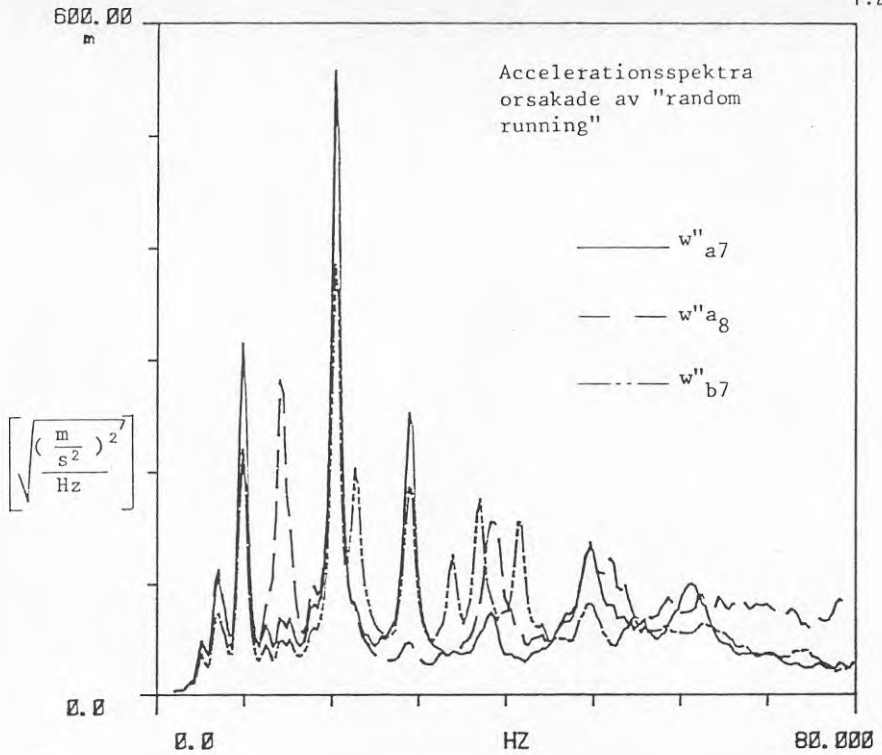
Bromma i augusti 1985

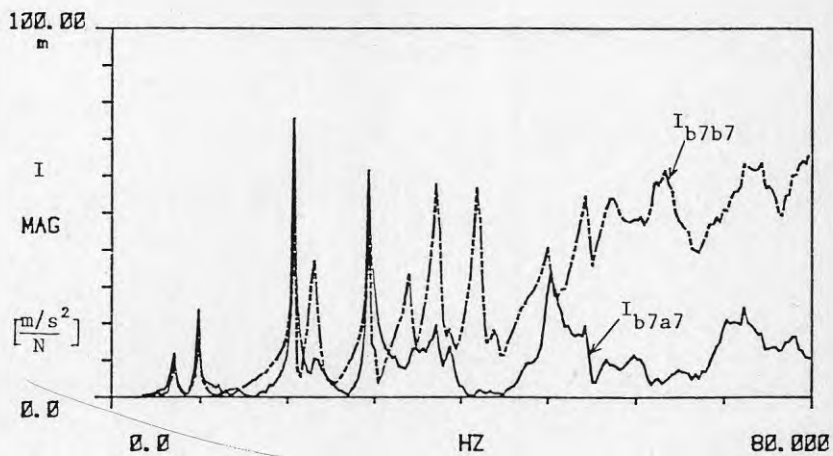
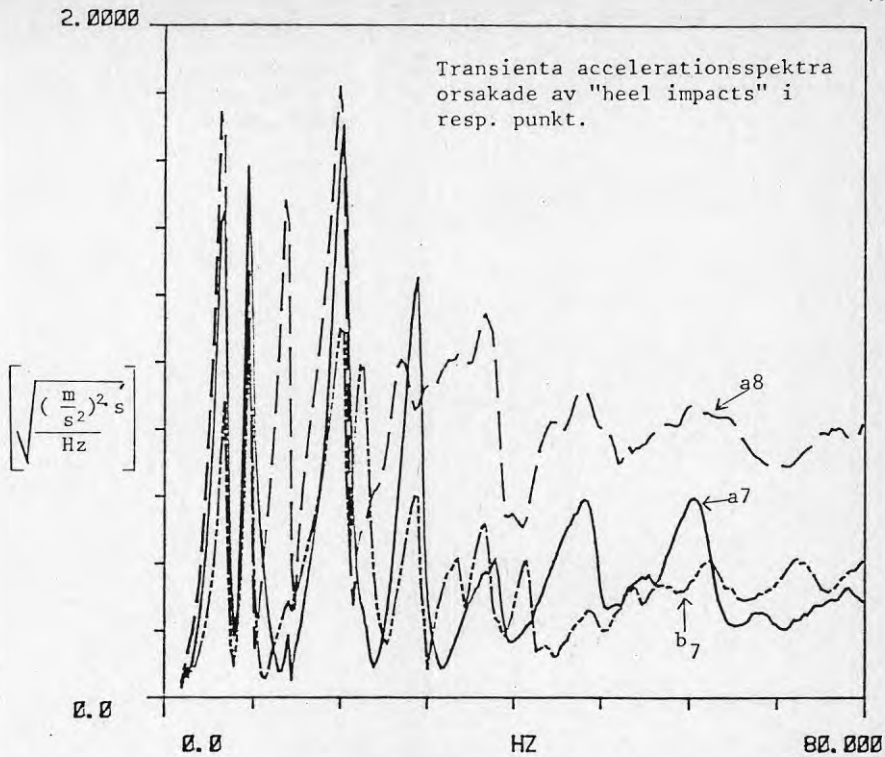
Konrad Hernelind

## Bilaga 1. Svikt och Svängning

## Accelerationsspektra och inertansfunktioner

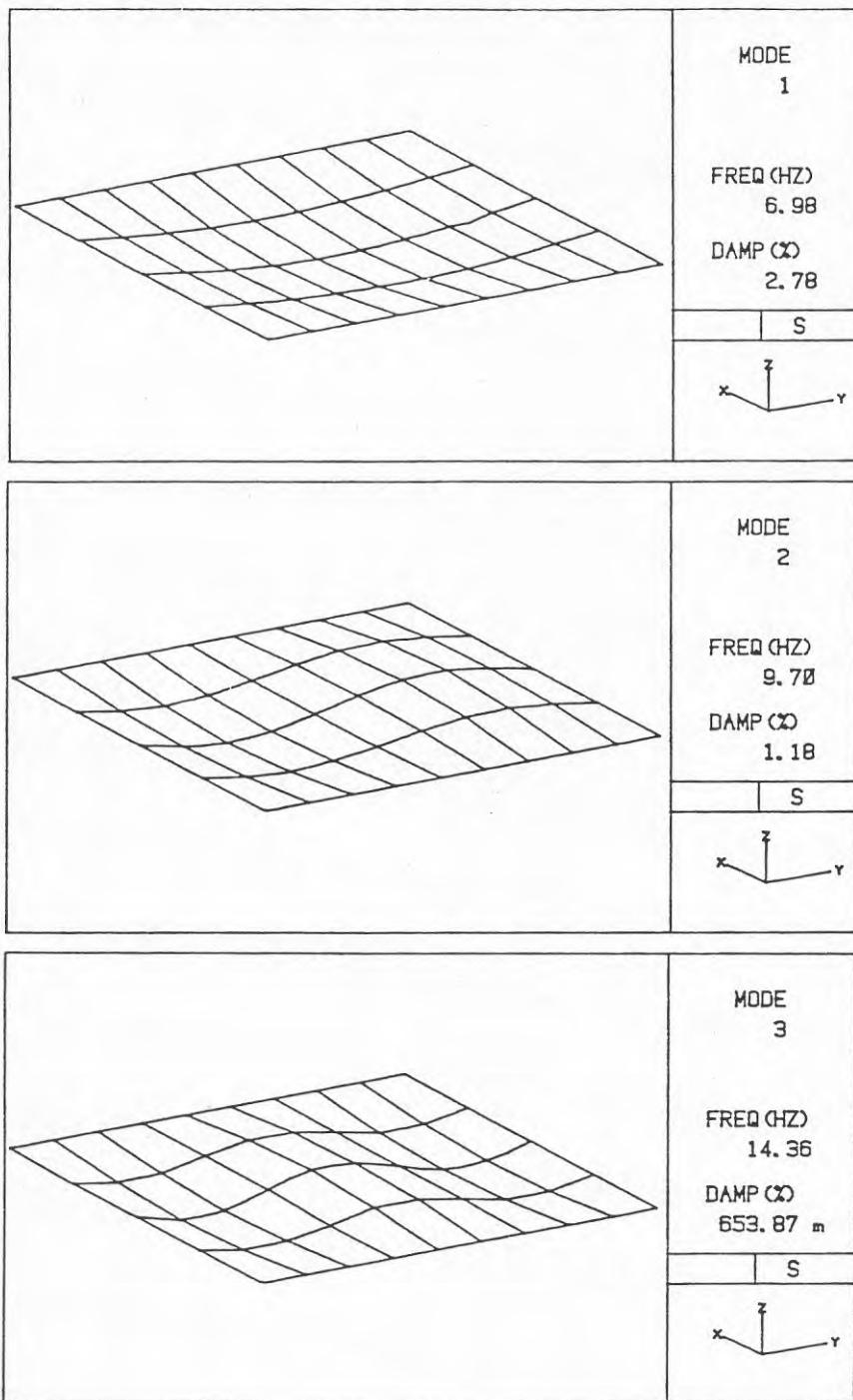


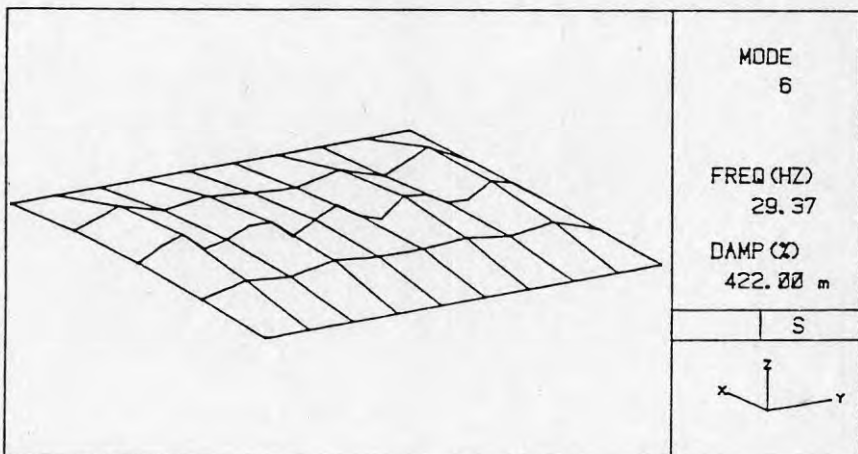
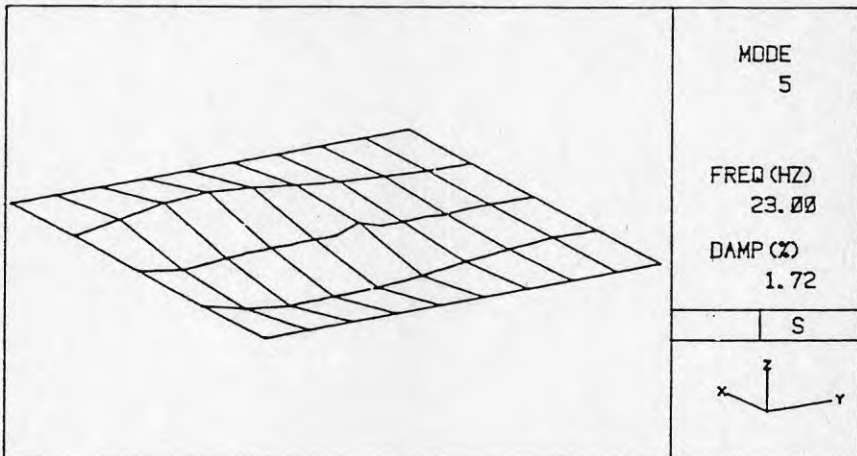
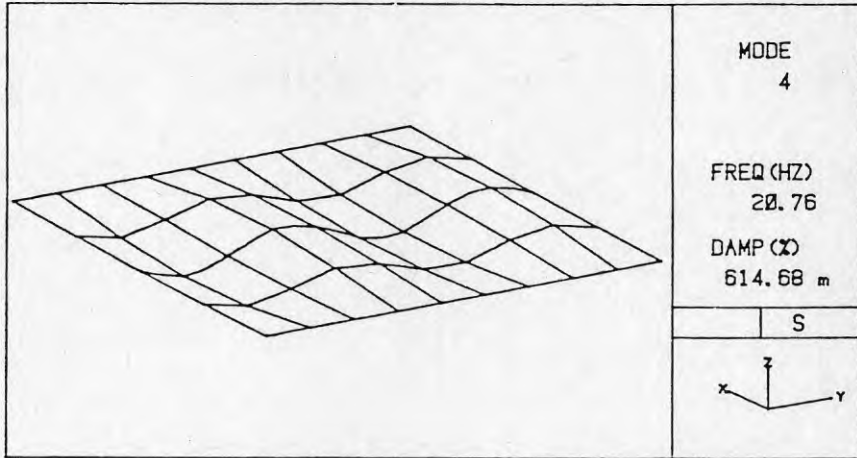


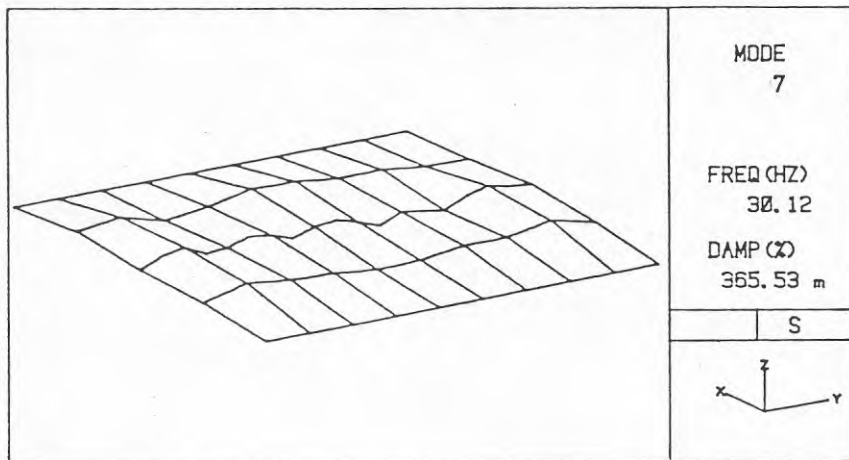




## Svängningsmodformer för egenmoderna 1 t.o.m. 7







## FRÅGEFORMULÄR

Hur upplevs de båda golvytorna m a p svikt när man vistas på dem ?

Prova genom att gå, springa eller hoppa på dem. Som referensmått vid bedömningen gäller normala golv i bostäder.

Golvyta A      Golvyta B

Angenämt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tillfredsställande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Knappt acceptabelt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oacceptabelt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klart otrevligt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hur upplevs de vibrationer som åstadkoms genom att försöksledaren går omkring resp hoppar på golvytorna ?

Golvyta A      Golvyta B

Ej märkbara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ej störande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lätt störande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obehagliga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Egna kommentarer : \_\_\_\_\_

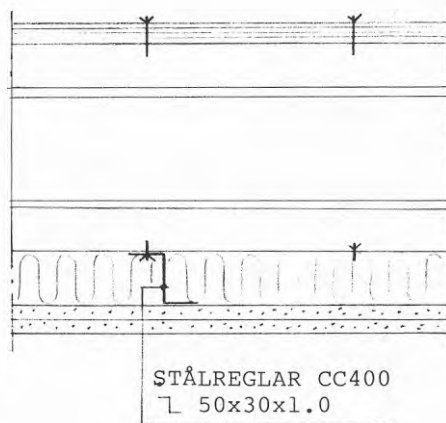
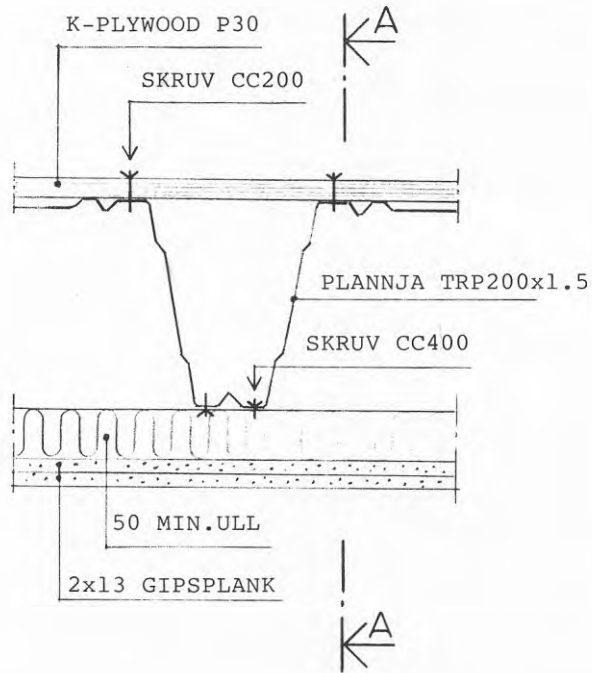
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

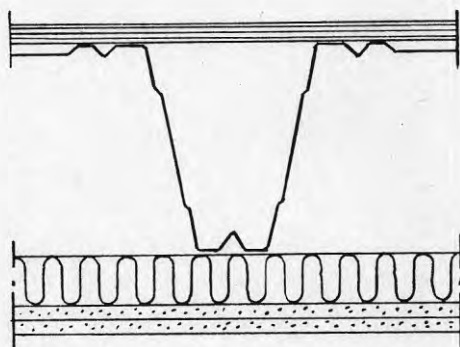
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## AKUSTIK. UTFORMNING AV PROVBÄLKLÄG

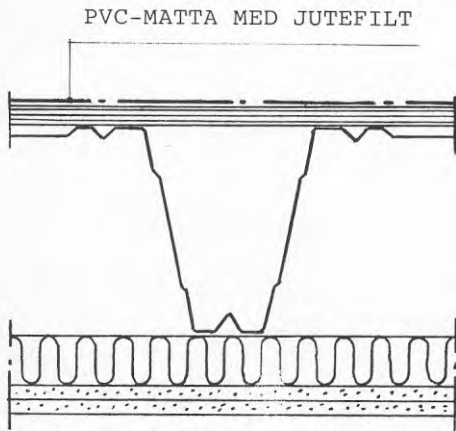


AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 1



PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

AKUSTIK. PROVBÄLKLAG NR 2

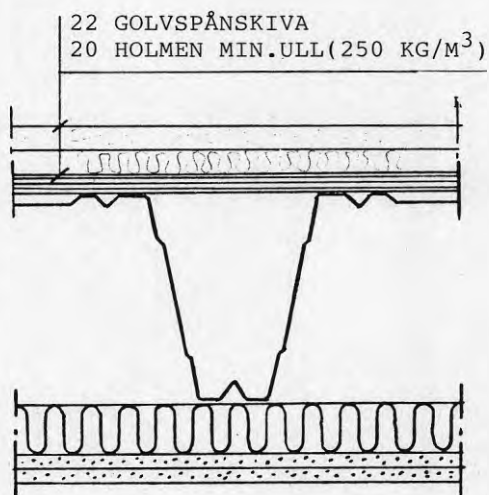


PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63



AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 3

BELASTNING 200 KP

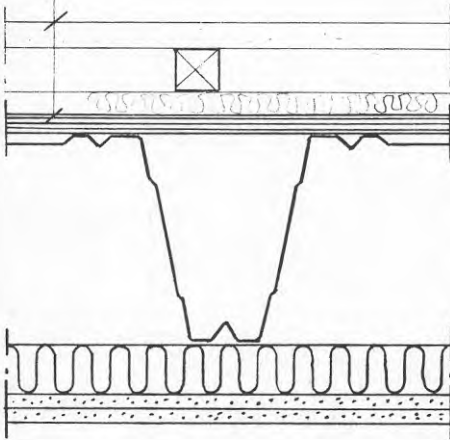


PROV.NR	I <sub>a</sub> (dB)	I <sub>i</sub> (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 4

BELASTNING 200 KP

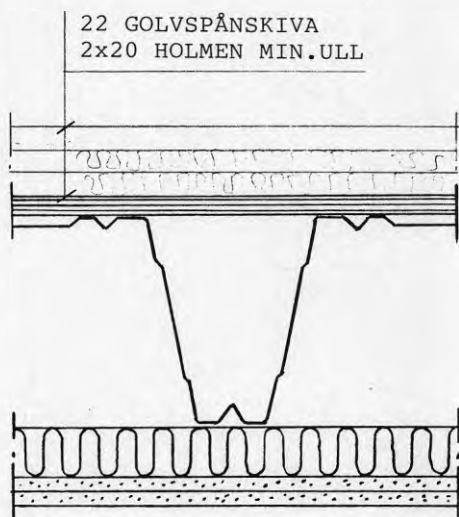
22 GOLVSPÅNSKIVA  
45x45 TRÄREGLAR 600  
20 HOLMEN MIN.ULL



PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

AKUSTIK. PROVBJÄLKLAG NR 5

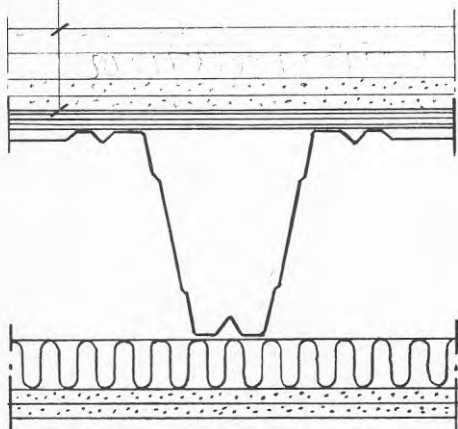
BELASTNING 200 KP



PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

BELASTNING 200 KP

22 GOLVSPÅNSKIVA  
 20 HOLMEN MIN.ULL  
 2x13 GIPSPLANK

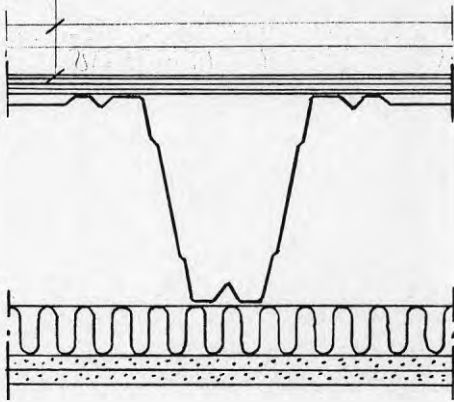


PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 7

BELASTNING 200 KP

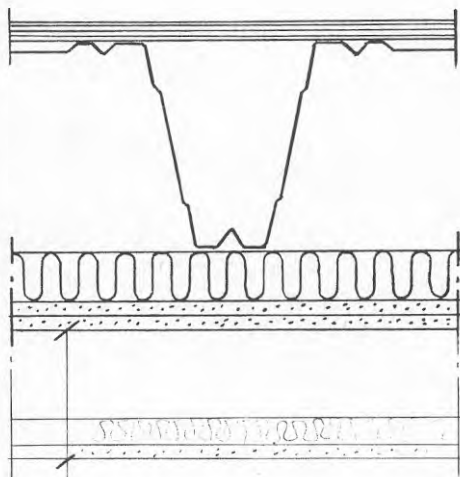
22 GOLVSPÅNSKIVA  
 25 GULLFIBER COLORADO  
 (65 KG/M<sup>3</sup>)



PROV.NR	I <sub>a</sub> (dB)	I <sub>i</sub> (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

## AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 8

BELASTNING 200 KP

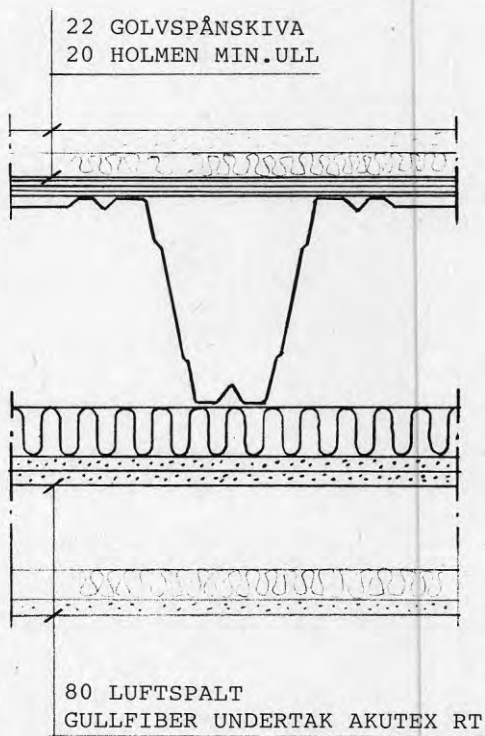


80 LUFTSPALT  
 GULLFIBER UNDERTAK AKUTEX RT  
 (13 GIPS, 25 AKUTEX T-SKIVA)

PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63

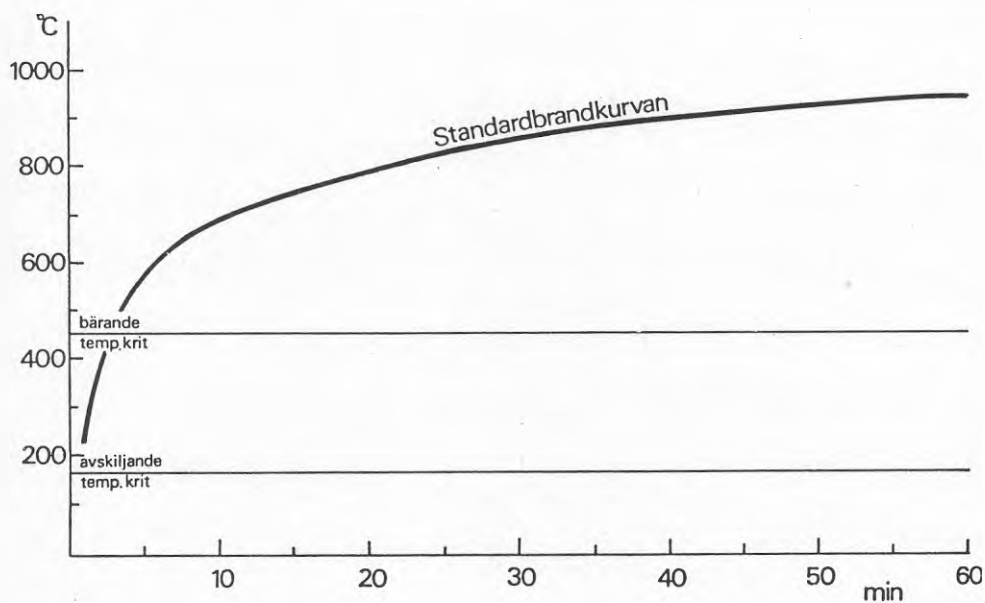
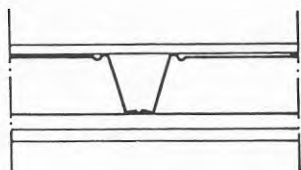
## AKUSTIK. PROVBÄLKLÄG NR 9

BELASTNING 200 KP



PROV.NR	$I_a$ (dB)	$I_i$ (dB)
1	50	76
2	-	74
3	55	70
4	58	68
5	-	70
6	-	69
7	-	71
8	59	72
9	60	68
10	-	< 63



Bilaga 3. Brandmotstånd: Temperaturkriterier.

Temperaturkriteriet i bärande avseende innebär att temperaturen i tunnplåtsprofilen ej får bli för hög. Oftast sätts temperaturen  $450^{\circ}\text{C}$  som kritisk gräns för bärande stålkonstruktioner.

Temperaturkriteriet i avskiljande avseende innebär att ytemperaturen på den från branden vända sidan ej får bli för hög. Normalt får medeltemperaturökningen på denna yta ej överstiga  $140^{\circ}\text{C}$ .

1925-A60 PAGE 4  
 MOEL= 8 LTID= 19 TIDDIF= 5. ITID= 70  
 CONV= 7.5 RES EMISSIONSTAL=0.70

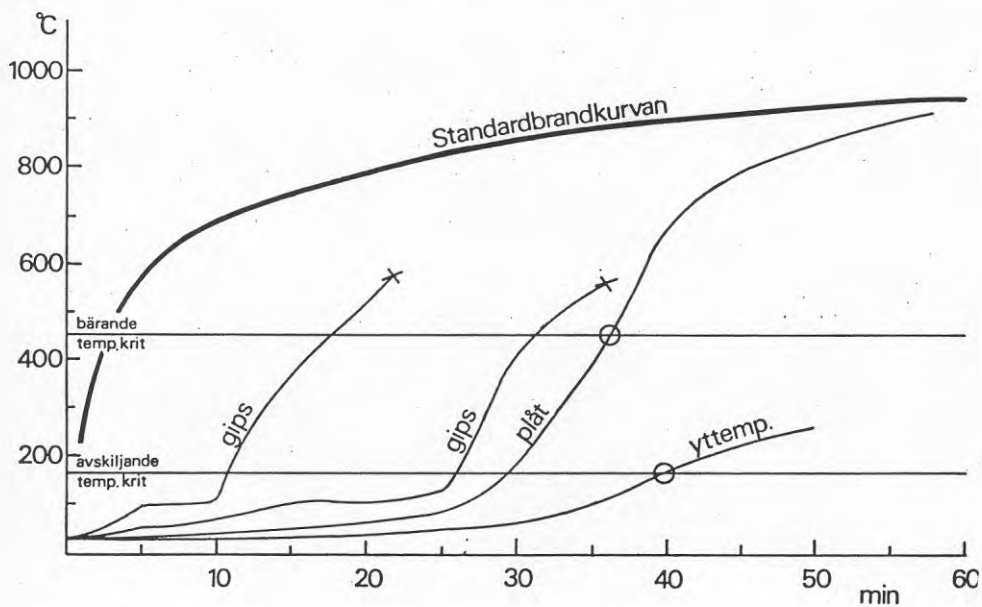
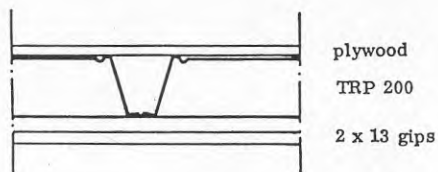
SKIKT	TJOCKLEK	DENSITET	FUKTHALT	MATERIAL
1	0.0	0.	0.	0
2	0.0130	790.	21.	7
3	0.0130	790.	21.	7
4	0.0250	70.	0.	3
5	0.0250	70.	0.	3
6	0.0024	7850.	0.	1
7	0.0130	790.	21.	7
8	0.0	0.	0.	0

0	100	200	300	400	500	600	700
VARMELEDNINGSFÖRMÅGA							
50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
0.030	0.050	0.080	0.130	0.190	0.275	0.370	0.550
0.030	0.043	0.062	0.093	0.135	0.195	0.270	0.425
0.030	0.039	0.054	0.074	0.103	0.130	0.185	0.300
0.030	0.040	0.053	0.068	0.083	0.105	0.140	0.185
1.520	1.200	1.050	0.990	0.930	0.860	0.800	0.740
0.180	0.180	0.120	0.135	0.155	0.300	1.000	3.000
0.700	0.600	0.550	0.520	0.480	0.430	0.410	0.390
0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

ENTALPI	92000.	191000.	290000.	399000.	520000.	654000.	807000.
0.	540.	1140.	1800.	2520.	3300.	4140.	5160.
0.	1260.	2660.	4200.	5880.	7700.	9660.	12040.
0.	1800.	3800.	6000.	8400.	11000.	13800.	17200.
0.	2700.	5700.	9000.	12600.	16500.	20700.	25800.
0.	48000.	107000.	155000.	214000.	262000.	333000.	380000.
0.	4200.	50000.	55000.	60000.	80000.	100000.	120000.
0.	29000.	58000.	87000.	116000.	145000.	174000.	203000.
0.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.

TID	FIRE	1	2	3	4	5	6	7	8	TEMPERATUR
										9 10
0.0	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	
5.0	576.	464.	100.	77.	33.	21.	20.	20.	20.	
10.0	678.	574.	107.	91.	54.	26.	20.	20.	20.	
15.0	739.	693.	401.	100.	68.	32.	21.	21.	20.	
20.0	781.	713.	510.	100.	75.	37.	22.	21.	21.	
25.0	815.	719.	676.	150.	83.	40.	23.	22.	22.	
30.0	842.	771.	752.	554.	228.	61.	24.	23.	23.	
35.0	865.	825.	817.	803.	660.	217.	36.	30.	27.	
40.0	885.	861.	857.	850.	783.	389.	99.	70.	56.	
45.0	902.	881.	877.	870.	805.	451.	174.	100.	76.	

1925-A60	PAGE	5							
50.0	915.	895.	891.	885.	820.	483.	214.	100.	76.
55.0	932.	911.	907.	901.	835.	501.	235.	100.	76.
60.0	945.	925.	921.	915.	848.	515.	248.	100.	76.
65.0	957.	937.	933.	927.	859.	525.	257.	100.	76.
70.0	968.	948.	945.	938.	870.	536.	273.	125.	91.
75.0	979.	959.	955.	948.	880.	561.	313.	160.	108.
80.0	988.	969.	965.	958.	890.	589.	360.	189.	119.
85.0	997.	978.	974.	967.	898.	619.	414.	276.	162.
90.0	1006.	986.	983.	975.	906.	653.	472.	322.	187.

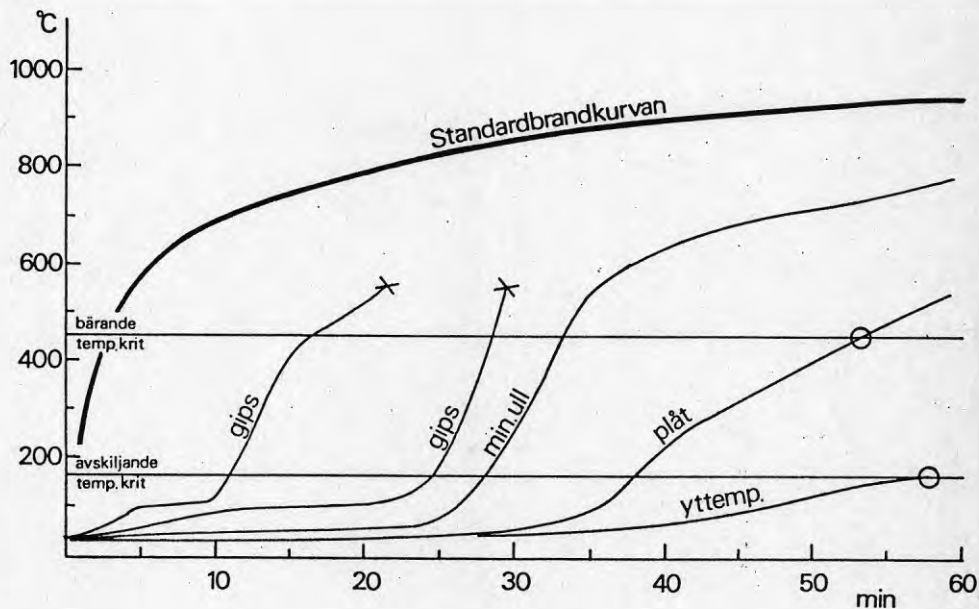
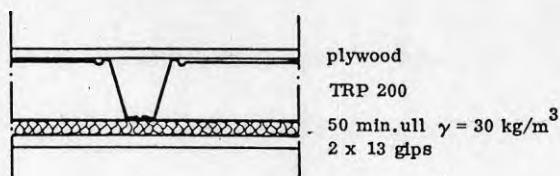


Bärande temp. krit. ~ 37 min

Avskiljande -"- ~ 40 -"-

Risk för antändning av plywood efter 35-40 min.

x - nedfall av gipsskivor

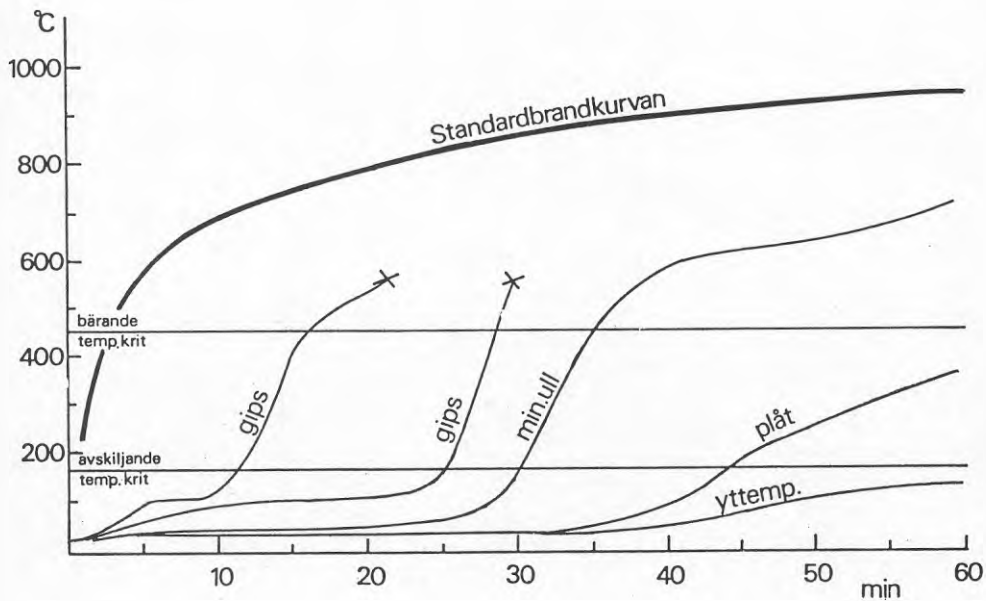
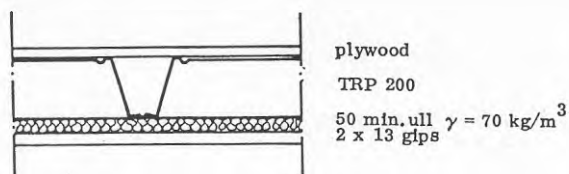


Bärande temp. krit. ~ 53 min

Avskiljande -"- ~ 58 -"-

Risk för antändning av plywood efter 50-55 min.

Mineralullen förutsätts anordnad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipskivornas nedfall (x)

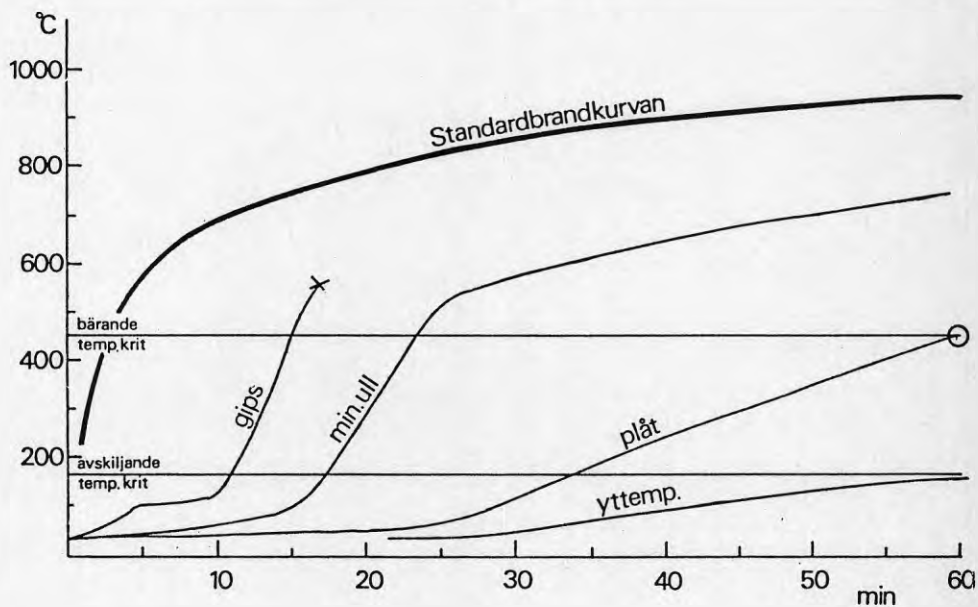
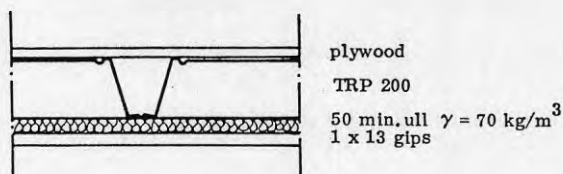


Bärande temp. krit.  $\sim 70$  min

Avskiljande -"-  $\sim 75$  -"-

Risk för antändning av plywood efter 65-70 min.

Mineralullen förutsätts anordnad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipsskivornas nedfall (x)

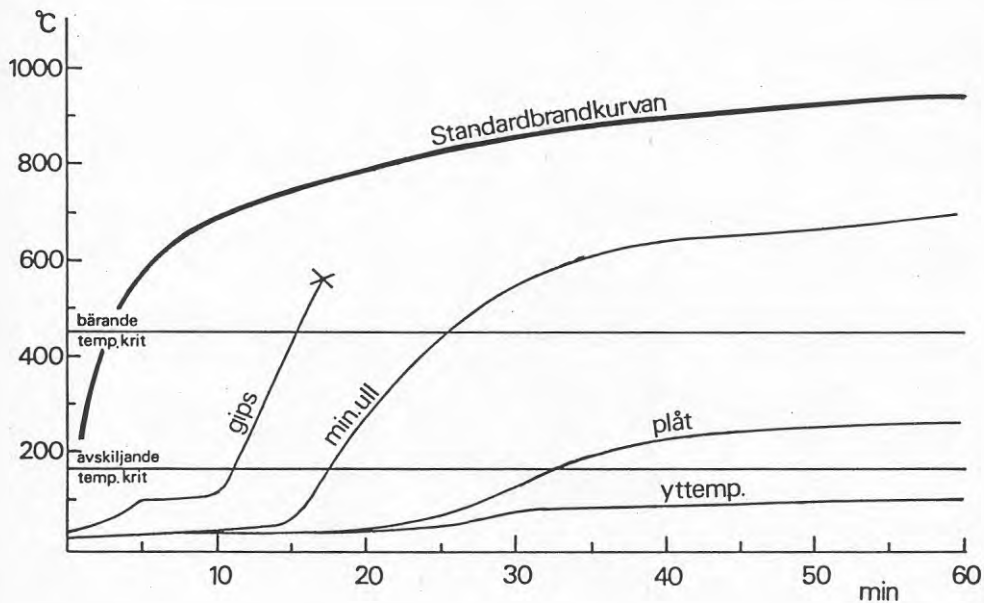
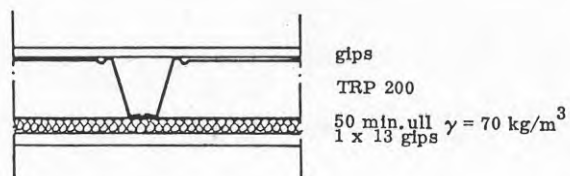


Bärande temp. krit. ~ 62 min

Avskiljande "- ~ 65 "-

Risk för antändning av plywood efter 60-65 min.

Mineralullen förutsätts anordnad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipsskivans nedfall (x)

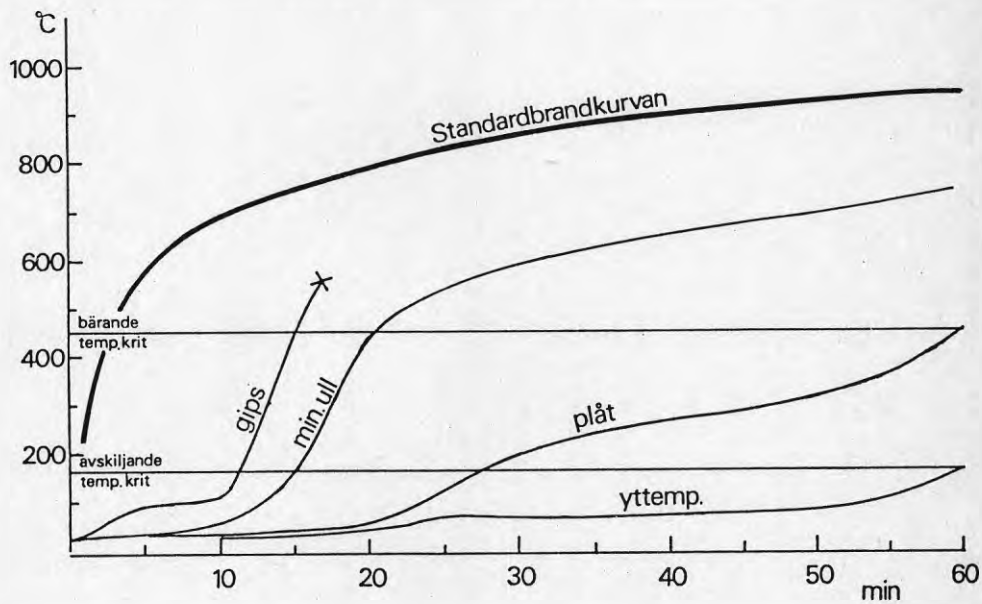
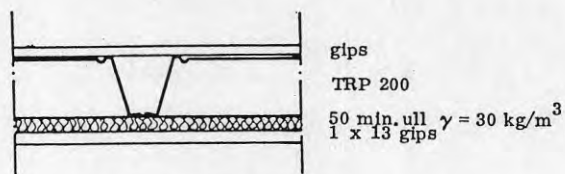


Bärande temp. krit.  $\sim 80 \text{ min}$

Avskiljande -"-  $\sim 78 \text{ -"-}$

Mineralullen förutsätts anordnad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipsskivans nedfall (x)





Bärande temp. krit. ~ 62 min

Avskiljande -"- ~ 62 -"-

Mineralullen förutsätts anordnad på sådant sätt att den sitter kvar efter gipsskivans nedfall (x)

Bilaga 4 SVIKT OCH SVÄNGNING. INVERKAN AV MELLANVÄGGAR.

## BAKGRUND TILL OCH UTFORMNING AV PROV MED MELLANVÄGG

Resultaten från de olika proven av plåtbjälklaget TRP i grundutförandet A indikerade att svikt- och vibrationsegenskaperna inte kunde bedömas som tillfredsställande, jfr. kap.6. En faktor som inverkar på dessa egenskaper är närvaron av lätta innerväggar. Därför bestämdes att genomföra kompletterande laboratorieprov av bjälklagets dynamiska egenskaper när det kompletterats med sådana lättväggar.

Lättväggar bör i första hand inverka styvhetshöjande men även ett tillskott till den absoluta dämpstyvheten borde kunna påräknas. Förutom detta kommer dessutom en oönskad ökning av modmassan att ske. Beroende på det geometriska arrangemanget av sådana väggar kan deras inverkan på svängningsegenskaperna hos bjälklaget bli mycket varierande.

Lättväggars inverkan på styvheten kan uppdelas i två typer; dels inverkan genom vertikal anslutning till angränsande plan, dels inverkan genom att väggarna via böj- och skjuvstyvhet fungerar som förstävningar till det bjälklag som de monteras på. De nu aktuella provningarna avser enbart att utreda denna senare funktion.

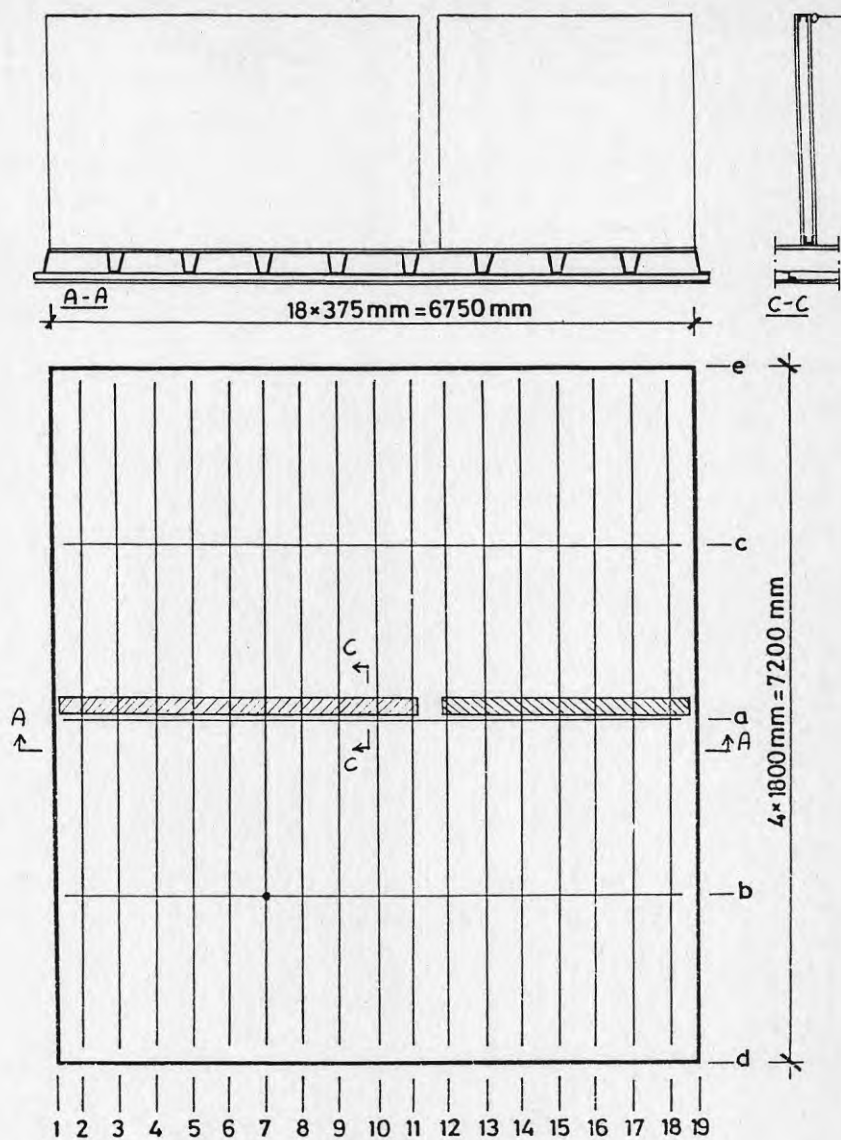
Utgångspunkt vid valet av väggplacering för provningarna har varit de egenmodformer som bestämdes för originalutförandet A, se bil 1:4. Störst vikt har lagts vid de lägsta egenmoderna ( $f_1 - f_4$ ). Vid beaktande av dessa egenmodformer tillsammans med ett rimligt antagande om väggplacering mht. planlösning framstår en väggplacering nära linje a (fig.2.1) som mest effektiv.

Att montera en hel vägg längs linje a vore emellertid inte realistiskt. Därför genomförs proven för två utföranden, se fig.7.1:

Utförande B: Provbjälklaget så som beskrivs i kap.2 kompletterat med en stålregelvägg mellan punkterna a1 och a11.

Utförande C: Utförande B kompletterat med ytterligare en stålregelvägg mellan punkterna a12 och a19.

Avbrottet i väggen mellan punkterna a11 och a12 ska simulera inverkan av en tänkt dörröppning.



Figur 7.1 Plan och elevation av provbjälklag med regelväggar.  
Utförande B och C.

Väggarna är utformade som konventionella stålregelväggar och klädda med 13 mm gipsskivor på båda sidor. Stommen består av 70 mm C-formade stålreglar (Gyproc) med centrumavståndet 600 mm samt hammarband och syll av stål med motsvarande dimension. Syllen är skruvad till golvplywooden med självgängande skruv c 300 mm. Gipsskivorna är fästade med självgängande gipsskiveskruv (Gyproc) c 300 mm till både syll, regler och hammarband.

Eftersom infästningen av väggen mot golvsnivån är av största vikt, valdes att utföra väggdelen mellan punkterna a12 och a19 (utförande C) med träsyll. Detta utförande bedömdes ge en styvare infästning. Även denna syll fästes med självgängande skruv c 300 mm. Hålen i själva syllen förborrades dock.

Eftersom väggen inte placerades exakt i linje a (se fig.7.1) så kan samma mätpunkter för acceleration som användes i utförande A nyttjas.

## 8. PROV MED PÅTVUNGEN KRAFT

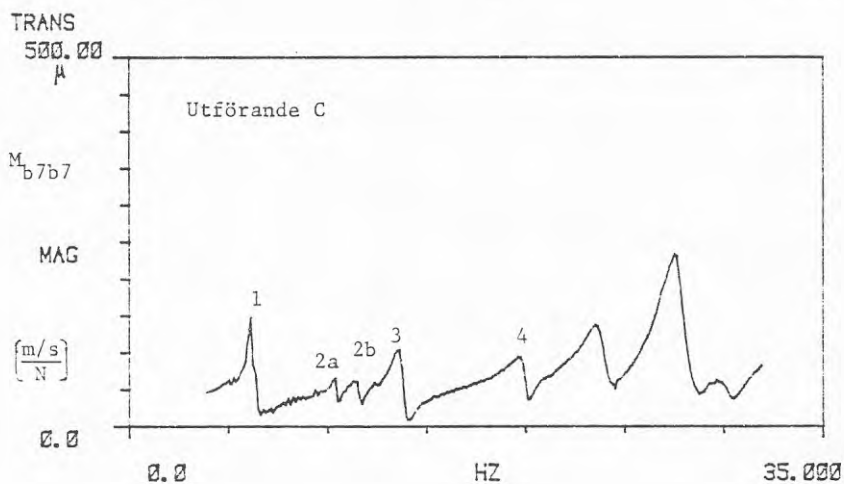
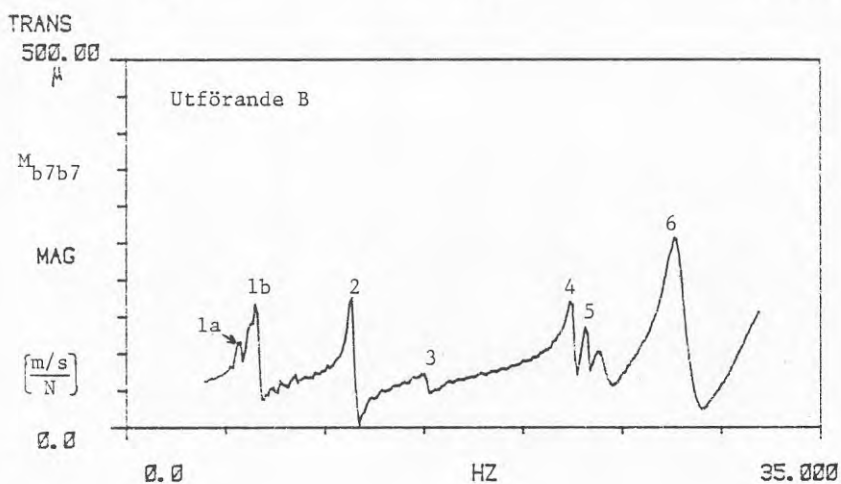
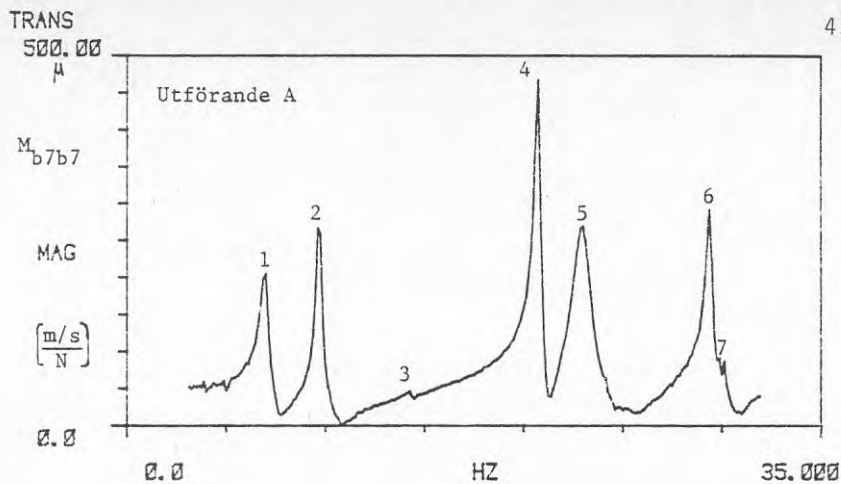
(utförande B och C)

För utförande B genomfördes provning med påtvungen stötkraft på identiskt samma sätt som för utförande A. se kap.3. Vid utförande C användes samma metodik, men dessa mätningar omfattade endast punkterna a1 t.o.m a17 samt belastningspunkten b7.

Punktmobiliteter avseende belastningspunkten b7 visas i fig.8.1 för bjälklaget i de tre olika utförandena. Mobilitetsformen (hastighet/kraft) har valts för att bättre framhäva de lägre resonansfrekvenserna. Punktmobiliteten för utförande A motsvarar punktinertansen i fig.3.1. En sammanställning av resonansfrekvenser och tillhörande dämpmått ges i tab.8a och egenmodformer redovisas i bilaga 4.

Tabell 8a Resonansfrekvenser (Hz) och relativ dämpning  $c/c_{cr}$  (inom parentes för olika bjälklagsutföranden.

Mod nr Utförande	1	2	3	4	5	6	
A	7,0 (2,8%)	9,7 (1,2%)	14,4 (0,65%)	20,8 (0,61%)	23,0 (1,7%)	29,4 (0,42%)	
B	6,6 (1,9%)	7,1 (1,8%)	11,4 (1,0%)	15,1 (1,6%)	22,5 (0,66%)	23,3 (0,70%)	27,8 (1,7%)
C	6,2 (2,3%)	10,4 (0,80%)	11,5 (1,1%)	13,7 (1,4%)	19,9 (1,2%)		



Figur 8.1 Punktmobiliteter avseende belastningspunkten för olika bjälklagsutföranden.

De viktigaste iakttagelserna som kan göras från studium av tab.8a och fig.8.1 är att:

- Den lägsta resonansfrekvensen sänktes något medan högre moder av första ordningen (mod 2-4) i stort förblev oförändrade. Detta förhållande bör tolkas så att tillskottet till modmassorna från väggens egenvikt är ungefärligen lika stort som den avsedda ökningen av modstyvhetsen.
- Vid studium av förändringar mellan utförande A och utförande C visar det sig att den relativa dämpningen minskade för mod 1, förblev oförändrad för mod 2 och ökade väsentligt för moderna 3 och 4. Det bör observeras att den absoluta dämpstyvhetsen  $C$  sannolikt inte minskade ens för mod nr 1, utan det snarare är en effekt av att  $c_{cr}$  ökade genom den ökade modmassan.



## 9. SLUTSATSER AVSEENDE INVERKAN AV MELLANVÄGGAR

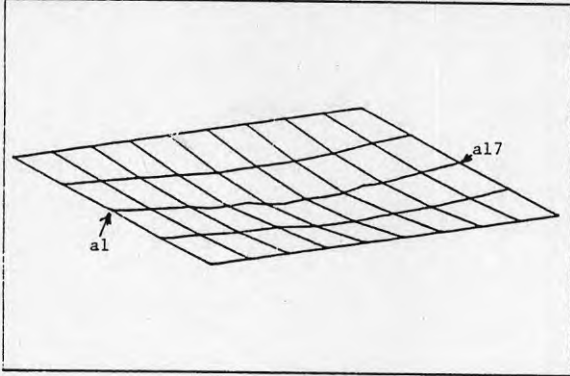






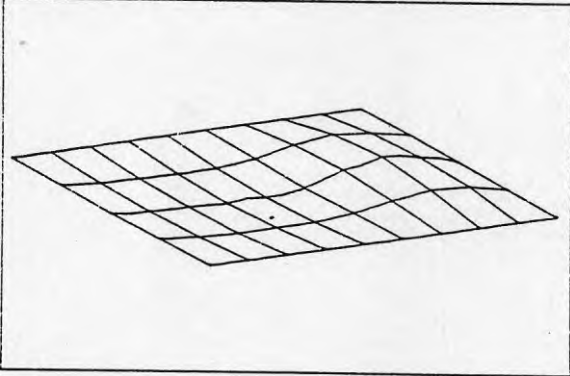



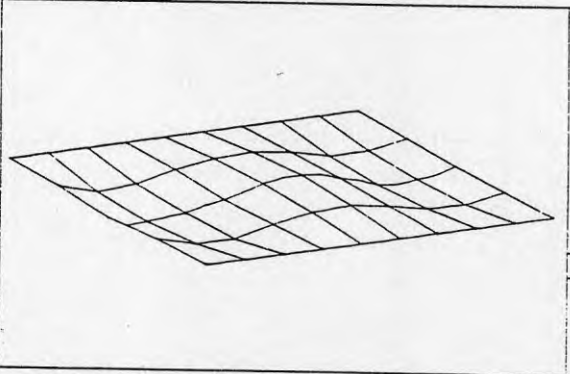



Utifrån dessa försök med påtvungen svängning måste följande konstateras:

- Den önskade höjningen av resonansfrekvenser av första ordningen uteblev nästan helt p.g.a. att ökningen av tvärstyvheten blev mindre än förväntat. Detta beror sannolikt till stor del på eftergivligheten hos förbanden mellan vägg och golvskena.
  
- Istället sänktes den första resonansfrekvensen från 7,0 till 6,2 Hz. Denna sänkning är i och för sig inte stor, men ändå betänklig eftersom tidigare studier visat att den exciterande stegkraften tilltar snabbt vid låga frekvenser och med början just omkring 6 Hz.
  
- Den önskade förhöjningen av moddämpningen  $c/c_{cr}$  uppstod visserligen för moderna 3 och 4, medan den istället sjönk något för grundmoden.

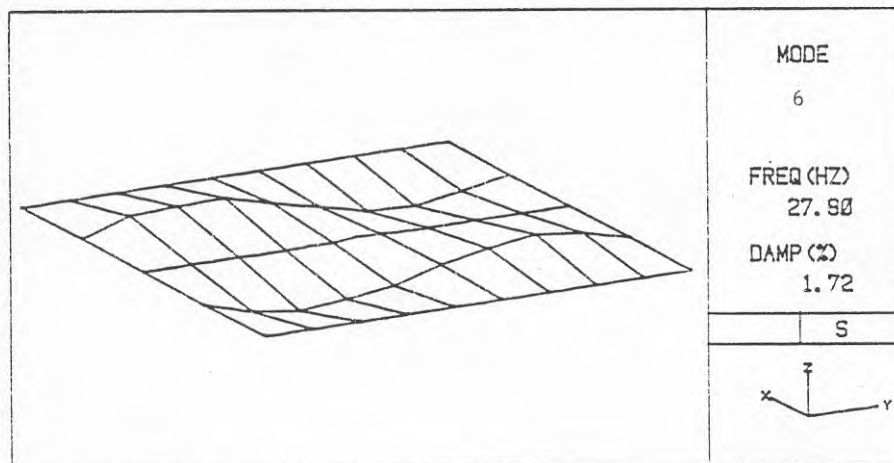
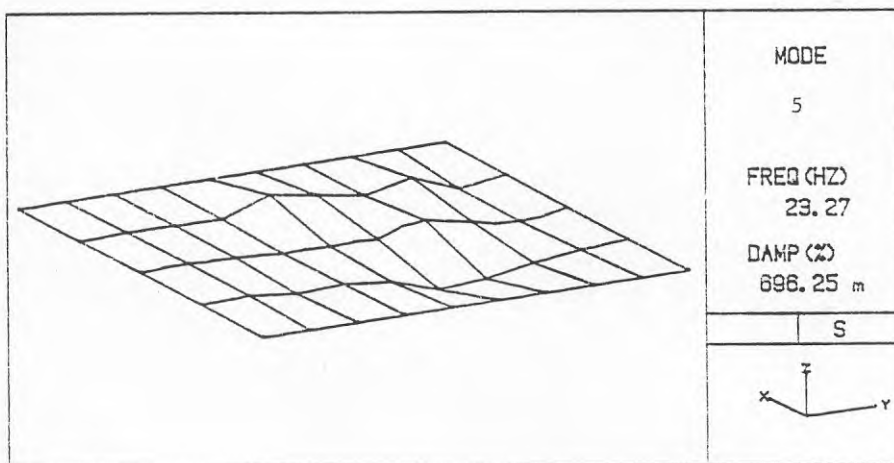
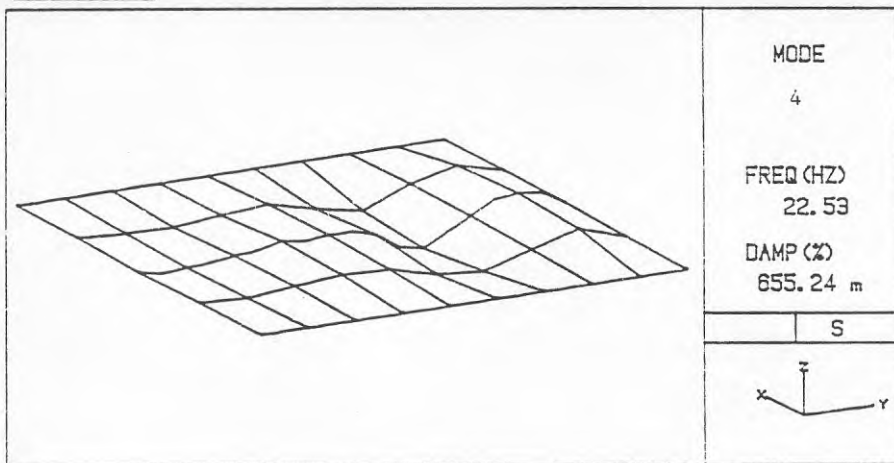
Slutsatsen måste därför bli att ingen väsentlig förbättring av bjälklagets svikt- och vibreringsegenskaper kunnat påvisas genom inverkan från en monterad lätt regelvägg. Emellertid kommer sådana väggar sannolikt ändå att ha en förbättrande inverkan i vissa typer av färdiga hus, genom att de kopplar samman det aktuella bjälklaget t.ex. med takstolar eller anslutande övriga bjälklag. Sådana effekter är givetvis starkt beroende av hela husstommens statiska system samt använda förbandstyper och det är därför svårt att påvisa vid laboratorieprov.

## SVÄNGNINGSMODFORMER FÖR BJÄLKLAG MED MELLANLÄGG

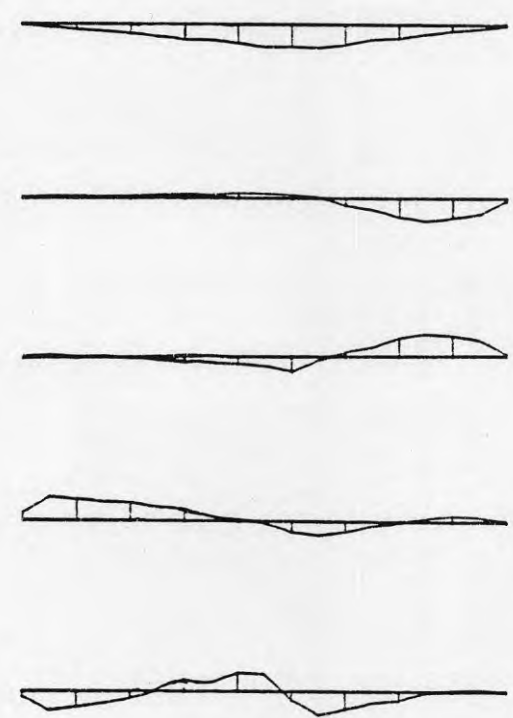
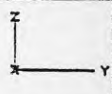
## Utförande B

	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="2">MODE</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2">1a</td></tr> <tr><td>FREQ (HZ)</td><td>6.60</td></tr> <tr><td>DAMP (%)</td><td>1.91</td></tr> <tr><td colspan="2">S</td></tr> <tr><td colspan="2">  </td></tr> </tbody> </table>	MODE		1a		FREQ (HZ)	6.60	DAMP (%)	1.91	S				<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="2">MODE</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2">1b</td></tr> <tr><td>FREQ (HZ)</td><td>7.12</td></tr> <tr><td>DAMP (%)</td><td>1.77</td></tr> <tr><td colspan="2">S</td></tr> <tr><td colspan="2">  </td></tr> </tbody> </table>	MODE		1b		FREQ (HZ)	7.12	DAMP (%)	1.77	S			
MODE																										
1a																										
FREQ (HZ)	6.60																									
DAMP (%)	1.91																									
S																										
																										
MODE																										
1b																										
FREQ (HZ)	7.12																									
DAMP (%)	1.77																									
S																										
																										
	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="2">MODE</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2">2</td></tr> <tr><td>FREQ (HZ)</td><td>11.37</td></tr> <tr><td>DAMP (%)</td><td>1.04</td></tr> <tr><td colspan="2">S</td></tr> <tr><td colspan="2">  </td></tr> </tbody> </table>	MODE		2		FREQ (HZ)	11.37	DAMP (%)	1.04	S																
MODE																										
2																										
FREQ (HZ)	11.37																									
DAMP (%)	1.04																									
S																										
																										
	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="2">MODE</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2">3</td></tr> <tr><td>FREQ (HZ)</td><td>15.14</td></tr> <tr><td>DAMP (%)</td><td>1.59</td></tr> <tr><td colspan="2">S</td></tr> <tr><td colspan="2">  </td></tr> </tbody> </table>	MODE		3		FREQ (HZ)	15.14	DAMP (%)	1.59	S																
MODE																										
3																										
FREQ (HZ)	15.14																									
DAMP (%)	1.59																									
S																										
																										

## Utförande B



## Utförande C

Sektion genom linje a		Mod nr	
	1	FREQ (HZ) 6.16 DAMP (%) 2.26	
	2a	FREQ (HZ) 10.44 DAMP (%) 800.52 m	
	2b	FREQ (HZ) 11.54 DAMP (%) 1.12	
	3	FREQ (HZ) 13.66 DAMP (%) 1.43	
	4	FREQ (HZ) 19.92 DAMP (%) 1.16	
a1 <span style="float: right;">a17</span>			

Bilaga 5 AKUSTIK. INVERKAN AV VIBRATIONISISOLATORER

Mätning av stegljudsnivå och luftljudsisolering  
(2 bilagor)

Mätobjekt Plåtbjälklag med "kip"-kuddar och M-skiva.  
(Se Beskrivning av mätobjekt)

Resultat Reduktionstal  $R$ , medelreduktionstal  $R_{\text{medel}}$  och index för luftljudsisolering i laboratorium  $I_{a,\text{lab}}$  redovisas i bil 5:6. I bil 5:7 redovisas stegljudsnivån  $L_n$  och index för stegljudsnivå i laboratorium  $I_{i,\text{lab}}$ .

Resultaten sammanfattas nedan:

Konstruktion	$R_{\text{medel}}$ (dB)	$I_{a,\text{lab}}$ (dB)	$I_{i,\text{lab}}$ (dB)
A. Plåtbjälklag TRP 200 med 50 mm glasull och 2x13 mm gips på undersidan. På ovansidan plywood, "kip"-kuddar, 30 mm glasull och M-skiva (Mätdatum: 83-01-19)	55.8	58	65
B. Som A undertill men på ovansidan träreglar 28x45 mm i tunnplåtsreglar. "Kip"-kuddar, 30 mm glasull och M-skiva. På detta golvmasonite och plastmatta	57.7	62	60
C. Som A undertill men på ovansidan plywood, 28x45 mm träreglar, "kip"-kuddar, 30 mm glasull och M-skiva. På detta golvmasonite och plastmatta	56	59	59

Mätmetod Mätningarna har utförts enligt svensk standard SS 02 52 54 och internationell standard ISO 140-1978.

Reduktionstalet  $R$  och stegljudsnivån  $L_n$  har bestämts enligt:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

respektive

$$L_n = L_2 + 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

där

$L_1$  = medelljudtrycksnivån i sändarrummet (dB)

$L_2$  = medelljudtrycksnivån i mottagarrummet (dB)

$S$  = den fria provöppningens area ( $m^2$ )

$A$  = mottagarrummets ekvivalenta absorptionsarea ( $m^2$ )

$A_0 = 10 m^2$

Resultaten har utvärderats med avseende på index för luftljudsisolering  $I_{a,lab}$  och stegljudsnivå  $I_{i,lab}$  i laboratorium enligt svensk standard SS 02 52 53.

För stegljudsnivåmätningen har den standardiserade hammarapparaten, Brüel & Kjaer typ 3204 försedd med stålhammare, använts som ljudkälla. Medelljudtrycksnivåerna har fastställts med hjälp av roterande mikrofonstativ (radie > 1.1 m) och digital frekvensanalysator.

En utförligare beskrivning av mätförfarande och utvärdering lämnas i metodrapporterna SP-MET 1978:1 och SP-MET 1978:3.

Instrument-	Hammarapparat	Brüel & Kjaer	3204
förteckning	Mikrofon	Brüel & Kjaer	4144
	Förförstärkare	Brüel & Kjaer	2619
	Kalibratör	Brüel & Kjaer	4230
	Spänningsaggregat	Brüel & Kjaer	2804
	Roterande mikrofonbom	Brüel & Kjaer	3923
	Parallellanalysator	Brüel & Kjaer	2131
	Högtalare	JBL	E130
	Effektförstärkare	SP	
	Equalizer	Urei	539
	Brusgenerator	SP	
	Kalkylator	HP	9826

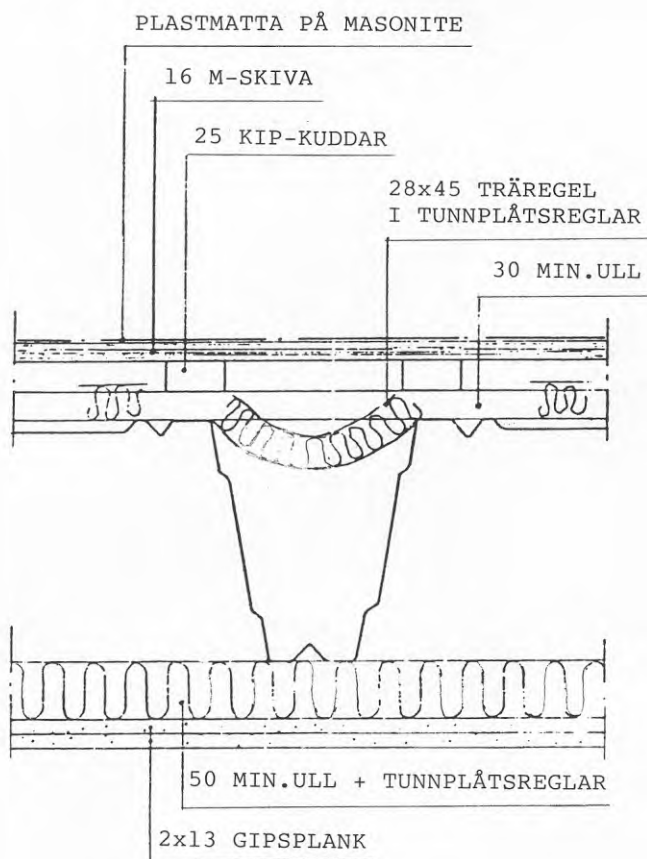
Mättrum

Övre och undre luftljudslaboratoriet för bjälklag (rum 8:135, 8:227) där sändar- och mottagarummets volym är 107 m<sup>3</sup> respektive 138 m<sup>3</sup>. Provöppningens mått är 3 m x 4 m.

Beskrivning  
av mätobjekt

A. Som figur C med undantag av 28 x 45 träreglar, vidare saknas golvmasonite och plastmatta.

B.

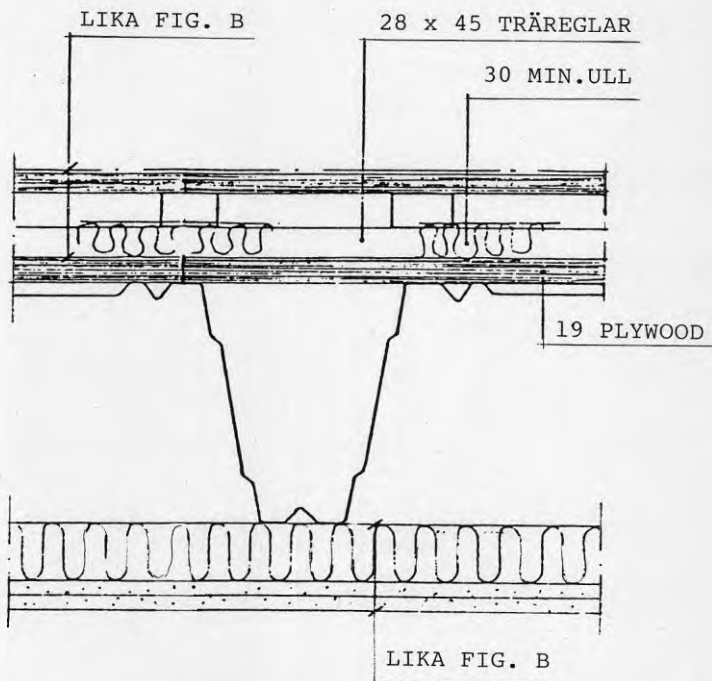


B LÄGE KUDDAR ENL. FIG. A

Plastmatta med  $I_{\Delta i} = 18$  dB, tjocklek: 2.8 mm

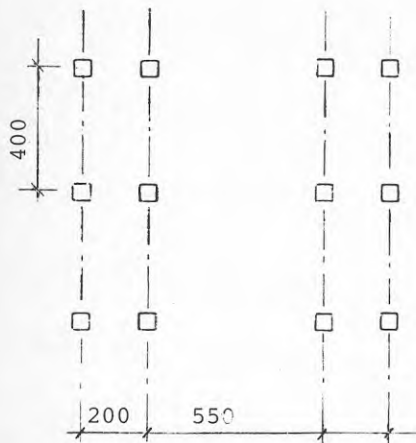


C.

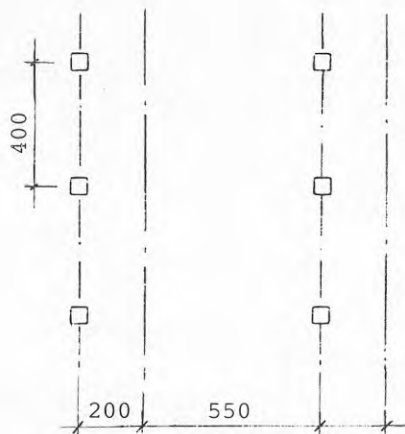


C LÄGE Kuddar ENL. FIG. B

Plastmatta med  $I_{\Delta 1} = 18$  dB, tjocklek: 2.8 mm

"Kip"-kuddarnas lägeA PLAN

1:10

B PLAN

1:10

## Kommentar

Flanktransmissionens inverkan på reduktionstalet har ej kunnat bestämmas.

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Laboratoriet för akustik

*Hans Jonasson*  
Hans Jonasson

*Lasse Iho*  
Lasse Iho

## Bestämning av luftljudsisolering.

Plåtbjälklag TRP 200x1.5 med 50mm glasull och 2x13mm

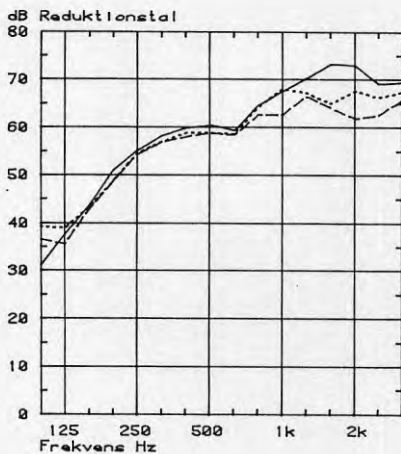
gips på undersidan. På ovasidan:

(——) A: 19mm plywood, "kip"-kuddar med 30mm glasull mellan, samt M-skiva.

(-----) B: 28x45mm träreglar i tunnplåtsreglar, "kip"-kuddar, 30mm glasull, M-skiva och golvmasonite med plastmatta.

(---) C: 19mm plywood, 28x45mm träreglar, "kip"-kuddar, 30mm glasull, M-skiva och golvmasonite med plastmatta.

Bjälklaget belastat med 12x20kg, jämnt fördelade.

Mottagarummets volym: 138 m<sup>3</sup>. Skiljearea: 12 m<sup>2</sup>.

Id-nr:	1	2	3
Frekv	Nivå	Nivå	Nivå
Hz	dB	dB	dB
100	31.2	39.2	36.5
125	37.7	39.0	35.5
160	43.5	43.2	42.8
200	51.1	46.7	48.7
250	55.3	54.6	54.3
315	58.2	57.0	56.9
400	59.9	56.9	58.0
500	60.5	56.9	58.9
630	59.3	56.5	58.3
800	64.6	64.3	62.7
1000	67.5	66.0	62.6
1250	70.3	67.2	66.5
1600	73.3	65.0	64.1
2000	72.6	67.6	61.9
2500	69.1	66.2	62.6
3150	69.4	67.4	65.9
Rmedel	55.8	57.7	56.0
I <sub>a</sub> , lab	58	62	59

STATENS PROVNINGSANSTALT

Laboratoriet för akustik

SP 571

Hans Jonasson

Lasse Iho

## Bestämning av stegljudenivå

Plåtbjälklag TRP 200x1.5 med 50mm glasull och 2x13mm

gips på undersidan. På ovsidan:

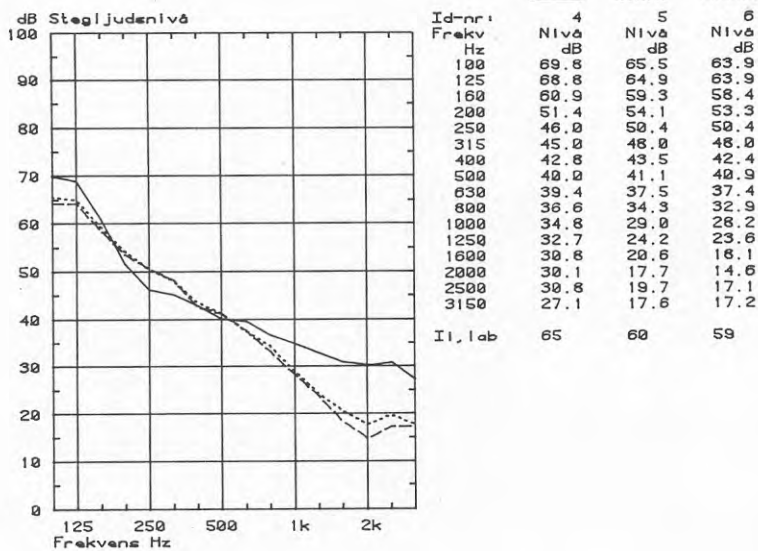
(—) A: 19mm plywood, "kip"-kuddar med 30mm glasull mellan, samt M-ekiva.

(- - - -) B: 28x45mm träreglar i tunnplåtsreglar, "kip"-kuddar, 30mm glasull, M-ekiva och golvmasonite med plastmatta.

(- · - ·) C: 19mm plywood, 28x45mm träreglar, "kip"-kuddar, 30mm glasull, M-ekiva och golvmasonite med plastmatta.

Bjälklaget belastat med 12x20kg, jämnt fördelade.

Mottagarrummets volym: 138 m<sup>3</sup>. Skiljearea: 12 m<sup>2</sup>.



STATENS PROVNINGSANSTALT

Laboratoriet för akustik

SP-571

*Hans Jonsson*  
Hans Jonsson

*Lasse Iho*  
Lasse Iho

Bilaga 6

**Fältprovning av svikt- och svängningsegenskaper  
hos bjälklag med bärande högprofilerad plåt**

av

Sven Ohlsson

Göteborg 1985

---

Postadress

S-412 96 GÖTEBORG  
SWEDEN

Gatuadress

Sven Hultins gata 8

Telefon

031-81 01 00  
81 02 00

Förord

6:2

Föreliggande provningsrapport avser bjälklag i två olika hus, varav det ena är ett bostadshus och det andra är en vårdcentral. Bjälklagen är i bägge fallen baserade på PLANNJAS högprofilerade plåt TRP200 och utgör en vidareutveckling av en konstruktion som provats tidigare i laboratorium, se |1| och |2|.

Fältprovningarna har skett på uppdrag av Nylander & Hernelind Konstruktionsbyrå AB och finansierats med BFR-anslag till nämnda firma.

Undertecknad önskar här framföra ett varmt tack till upphovsmannen och konstruktören av de aktuella bjälklagen Konrad Hernelind för hans aktiva och stimulerande medverkan under projektets olika faser.

Göteborg i maj 1985

Sven Ohlsson

INNEHÅLL	6:3
1. INLEDNING	6:4
2. PROVNINGSUTFÖRANDE	6:5
3. BESKRIVNING AV PROVOBJEKT	6:6
4. PROVNINGSRESULTAT	6:9
5. JÄMFÖRELSE OCH DISKUSSION AV RESULTAT	6:13
6. LITTERATUR	6:15
Plan och sektioner av provade bjälklag	6:16
Resultaterande dynamisk komplians och vibrationer från steg i jämförande uppställning	6:18
Beräkning av styvhets- och massegenskaper	6:21



## 1. INLEDNING

6:4

1982-83 genomfördes laboratorieprov avseende svikt- och vibrationsegenskaper för en ny lätt bjälklagstyp baserad på bärande trapetsprofilerad tunnplåt i form av PLANNJA:s produkt TRP200. Vid dessa prov var spännvidden extremt stor; 7,2 m och skälet till detta var en förhoppning om att kunna överbrygga full bredd hos enfamiljshus utan mellanstöd. Konstruktionen bestod uppifrån räknat av 19 mm golvplywood skruvad direkt till TRP200, vilken på undersidan var försedd med tvärförstyvande 50 mm höga z-profiler. Dessa profiler bar i sin tur upp ett skikt med 13 mm gipstakskivor.

Resultaten från dessa prov visade på behov av styvhetsökning för att minska risken för störande svängningar till följd av gående människor, se vidare |1|. Denna styvhetsökning föreslogs att bli utförd genom två slags modifieringar; dels genom minskning av spännvidden, dels genom ökad höjd hos z-reglarna.

Under tiden fram till de nu aktuella fältprovningarna har Nylander & Hernelind Konstruktionsbyrå ab vidareutvecklat konstruktionen för att kunna användas i tillämpningar där bl a krav på stegljudsisolering ställs.

Resultatet har blivit ett bjälklag som i stort bygger på samma komponenter, men som från dynamisk synpunkt är mycket annorlunda genom att golvsiktet gjorts avfjädrat från den bärande TRP200-plåten. Dessutom har vikten ökat något genom användning av dubbelt gipstak. Avfjädringen som utförts på ett par alternativa sätt har uppnåtts genom användning av fjädrande gummiklotsar resp mineralullssträngar mellan golvskiva och TRP-plåt.

## 2. PROVNINGSGUTFÖRANDE

6:5

Två typer av dynamiska prov har genomförts. Den ena typen bygger på påtvungna svängningsförsök med impulsbelastning som mäts och registreras och den andra typen utgörs av realistisk belastning i form av en person som går runt på golvet i strumplästen på ett oregelbundet sätt, "random walk".

Båda dessa provtyper tillämpades även vid de tidigare nämnda laboratorie-försöken. Det bör emellertid betonas att resultaten från prov med påtvungen last syftande till bestämning av dynamiska systemegenskaper i form av modala parametrar är mycket svårare att analysera och utvärdera vid prov i färdiga hus som är aktuellt här. Detta beror framför allt på sämre definierade randvillkor samt på olineariteter som bl a orsakas av olika icke bärande komponenter.

I de aktuella fallen kompliceras situationen ytterligare av det fjädrande skiktet, som medför att golvytans rörelse inte även är representativ för den bärande plåtens rörelse i motsvarande punkter.

De påtvungna svängningsproven genomfördes med last i punkt 6 och responsmätning i punkterna 1-20 för objekt F1, se bil 6:16. Vid objekt F2 användes två provserier beroende på att olika avfjädrande media använts på två olika delar av det aktuella bjälklaget, se bil 6:17. Den första serien avser last i punkt 1 och respons i punkterna 1-5, medan den andra avser last i punkt 6 och respons i punkterna 6-8.

Proven med last från gående person omfattade accelerationsmätning i punkterna 6, 10, 11 och 10 uk för objekt F1 resp punkterna 2, 3, 4, 5, 7 och 8 för objekt F2.

I normalfallen har accelerationsmätningarna utförts på golvskivan, men två av mätpunkterna är belägna på undersidan bjälklaget. Detta gäller pkt 10 u (F1) och nr 3 (F2) som avser gipsskiveskiktet. Belastning har genomgående skett på golvskiveskiktet.

## 3. BESKRIVNING AV PROVOBJEKT

6:6

3.1 Allmän beskrivning

Som nämndes i inledningen avser de aktuella proven fältmätningar av svikt- och vibrationsegenskaper hos mellanbjälklag i två olika husbyggnader.

Det första objektet som härnå kallas F1 utgörs av ett bostadsbjälklag som vilar på en balk-pelars-stomme av stål. Bjälklagets kärna består av fyra spann med fritt upplagd TRP200-plåt, varav de två största spännvidderna uppgår till 5,1 m enl bil 6:16. Detta objekt provades i ett stadium då bjälklag inkl golvsivor och gipstak var färdigställt, men när mattor, mellanväggar och stomkompletteringar ej monterats.

Det andra objektet -F2- består likaså av ett mellanbjälklag på en stål-stomme. Den bärande TRP200-plåten är här kontinuerlig över två relativt korta spann (2 x 3,3 m). Det aktuella bjälklaget är beläget i ett fläktrum, som vid tiden för provningarna tyvärr var nästan färdigutrustat. Detta innebär att en ansevärd mängd fläkt- och kanalutrustning var monterad på bjälklaget.

Normala bjälklags beteende under dynamisk last karakteriseras av plattmoder, där plattstyvheter i två vinkelräta riktningar  $D_x$  och  $D_y$  är styrande, jfr [3]. För de nu aktuella konstruktionerna är beteendet mycket mer komplext. Detta beror på att två eftergivliga skikt skiljer konstruktionens tre huvuddelar (golvsivor, TRP-plåt och gipstak) åt. Det övre av dessa skikt har redan nämnts och det undre skiktet består av z-reglarna, som fungerar som fjädrar vid nedåtriktad last mot gipsskiktet. För att något belysa förhållandena har några viktiga styvhets- och massparametrar beräknats överslagsmässigt i bil. 6:21 och diskuteras i nästa avsnitt.

3.2 Styvhets- och masskaraktäristika

Traditionella bjälklag uppvisar både vid statisk och dynamisk belastning deformationsmönster som huvudsakligen härrör från plattböjning. Detta innebär att sådana bjälklag normalt kan modelleras som ortotropa plattor eller balkroster och böjstyvheter (plattstyvheter) i två vinkelräta riktningar utgör de viktiga styvhetsparametrarna, se vidare [3].

Den nu aktuella typen av konstruktion är mycket mer komplicerad av flera

skäl. Den första komplikationen består i att det huvudbärande centrala skiktet - TRP200-plåten - praktiskt taget inte har någon böjstyvhet i veka riktningen och därför inte är formstabil t ex vid lokal belastning, se även fig. 3.2 i |1|. Dessutom är detta skikt mycket lätt, även jämfört med omgivande golv- och takskikt.

Den andra och kanske svåraste komplikationen kommer från det faktum att golvskevskiktet är upplagt fjädrande på TRP-plåten. Detta leder dels till att svängningsmoder kan utbildas där de huvudsakliga rörelserna bara omfattar golvskevskivan med sin begränsade massa, dels till att den statiska styvheten mot koncentrerad kraft reduceras. Den första effekten är god från stegljudsisolerings synpunkt, men för frekvenser under ca 40 Hz är den negativ från de här aktuella komfortsynpunkterna. Den reduktion av statisk styvhet som uppstår är genomgående negativ.

Den tredje komplikationen härrör från det faktum att även takgipsskiktet är elastiskt infäst till TRP200-plåten. Denna elasticitet är oavsiktlig och har sitt ursprung i tvärsnittsdeformation av z-profilerna. Denna elasticitet förorsakar att takgipsskiktet kan "gunga" upp och ner relativt resten av bjälklaget. Om denna resonansfrekvens blir låg kan den också inverka menligt. Värdet på denna frekvens är beroende på montageutförandet och svårt att beräkna. Ett försök enl 6:23 resulterar i  $f \approx 45$  Hz, men avsevärt lägre värden kan uppstå i verkligheten.

På grund av mångfalden av faktorer som påverkar styvheten har ett försök till överslagsmässig beräkning av vissa viktigare styvheter och resonansfrekvenser gjorts och resultaten presenteras i 6:21.

De golvskevskiktresonanser som beräknats till mellan 15 Hz och 36 Hz kommer normalt att sänkas ytterligare på grund av massan från nyttig last på bjälklaget. Det samma gäller i någon mån även plattresonanser.

Den hittills använda uppdelningen mellan plattböjnings- och skikttöjningsdeformationer är gjord av beräkningsmässiga skäl. Sålunda gäller både vid statisk och dynamisk belastning att dessa två deformationstyper kommer att samverka till kopplade deformationsmönster resp svängningsmoder. I bägge fallen uppstår då en reduktion av styvhet resp resonansfrekvens. Dessa två typer av koppling ska diskuteras något med början kring den statiska styvheten.

Enligt |3| är den statiska styvhet som avser nedböjning under koncentrerad kraft den mest relevanta i detta sammanhang. Denna styvhet komponeras då av böjdeformationer i golvskivan, kompression i avfjädring samt böjdeformationer och viss lokal deformation hos TRP-plåt. Om vi grovt antar att de två första effekterna kan motsvaras av lastspridning över  $1/2 \text{ m}^2$  så ger det för objekt F1 en styvhet  $K_1 = 120 \text{ N/mm}$ . Den tredje effekten kan kanske beskrivas av balkverkan hos en strimla TRP-plåt med bredden lika med, säg 10% av spännvidden. För F1 resulterar detta då i en styvhet  $K_2 = 48 \cdot 10^6 / 5,1^3 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ N/m}$  eller  $3,6 \text{ kN/mm}$ , vilken alltså är ca 30 ggr större än  $K_1$ . Ovanstående resonemang är mycket grovt, men visar ändå på menlig inverkan av för mjuka skikt av aktuellt slag.

Den dynamiska effekten blir av liknande slag så att böjsvängning hos TRP-plåten åtföljs av töjning/kompression av det eller de elastiska skiktet. Detta förvärras då massan från en människa placeras på golvsiktet. Den låga vikten hos det avfjädrade golvsiktet gör att en människa väger lika mycket som 3-4  $\text{m}^2$  golvsikt. Detta betyder att en "lokal" resonans uppstår där en människa råkar stå och den konstitueras av en plattmod i samverkan med en golvsiktresonans med avsevärt sänkt resonansfrekvens till följd av människans massa. För objekt F1 hamnar sådana resonanser med säkerhet under 10 Hz och de lågfrekventa topparna i spektrat, bil 6, sid 6:20 kan vara ett utslag av sådana resonanser. Dessa komponenter är svåra att registrera mättekniskt, eftersom de huvudsakligen "följer med" personen som går runt på golvet. Detta gör dem dock mycket viktiga för den subjektiva upplevelsen.

#### 4. PROVNINGSRISULTAT

##### 4.1 Prov med påtvungen stötlast

Prov av denna typ genomförs normalt för att bilda underlag för s k modsyntes, d v s etablering av de olika modala parametrarna för provobjektet. Detta utfördes vid laboratorieprovningarna som redovisades i |1|. Proven av objekt F1 utformades vid val av mätpunkter etc för att möjliggöra sådan modsyntes. Vid utvärderings- och analysarbetet visade det sig dock att olika former av olineariteter och distorsioner omöjliggjorde en trovärdig fullständig modsyntes. Mot bakgrund av detta utfördes senare proven av objekt F2 med något reducerat antal mätpunkter.

Trots nämnda svårigheter har ett antal någorlunda trovärdiga överföringsfunktioner kunnat bestämmas och de återges i bil 6:18 i form av dynamisk frekvensberoende flexibilitet - komplians. Överst visas också en motsvarande funktion från laboratorieproven, vilken hämtats ur |1| efter viss bearbetning.

Beträffande resonanser för objekt F1 så kan ett flertal skönjas ur diagrammet i bil 6:18, men de två lägsta (ca 8 Hz resp 12 Hz) dominerar flexibiliteten. Dessa två resonansfrekvenser ligger visserligen något högre än för LAB-provet, men de är med stor sannolikhet utsatta för en radikal sänkning till följd av adderad massa t ex av en person som går på golvet. Detta fenomen indikeras av extremvärdena i spektraltäthetsdiagrammet i bil 6:20. Dämpningen för de två lägsta resonanserna är något högre än för LAB-proven, men någon kurvanpassning som ger trovärdiga exakta dämpmått har inte kunnat utföras.

Medan objekt F1 uppvisade vissa likheter i dynamisk respons med LAB-provet, så verkar objekt F2 helt sakna utpräglade resonanser med låg dämpning inom aktuellt frekvensområde. Detta är mycket positivt. I vilken mån detta "resonansfria" beteende är orsakat av den relativt stora mängden installerad fläktutrustning är svårt att säga.



4.2 Proov med last från gående människa

6:10

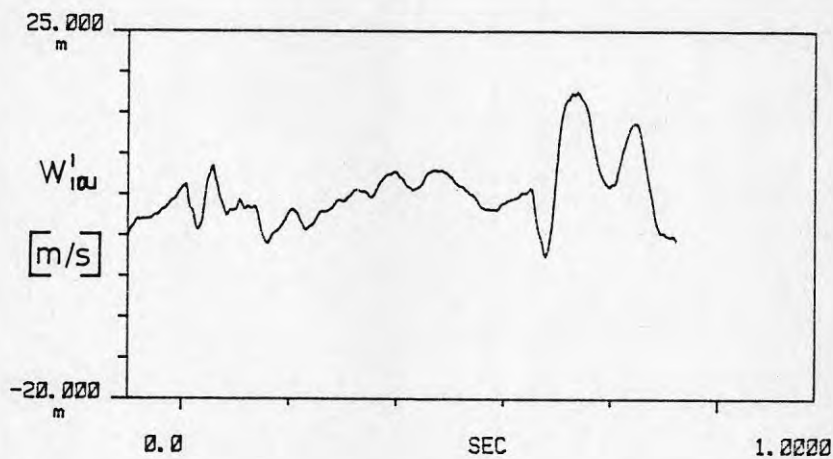
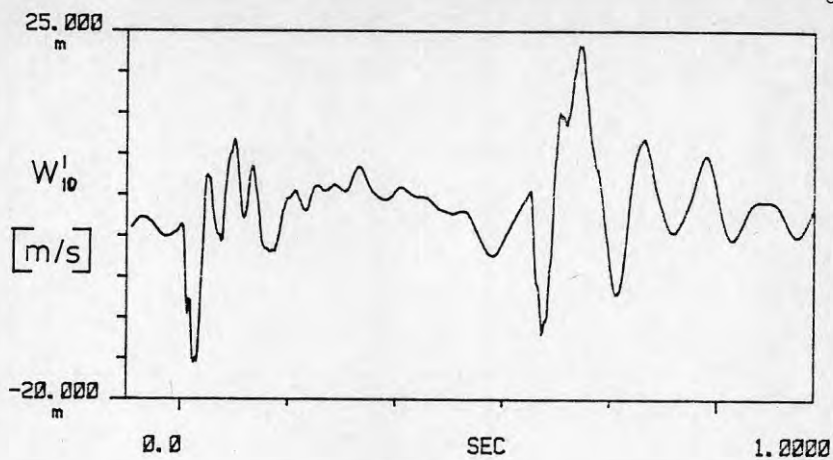
I bilaga 6:19 visas exempel på svängningshastighetens tidsvariation under tidsintervall som rymmer två fotsteg från en person i omedelbar närhet till aktuell mätpunkt. Även här uppvisar LAB-provet och objekt F1 vissa likheter i form av låg dämpning och låga dominerande frekvenser. Dominansen av låga frekvenser är dock ännu mer utpräglad för objekt F1.

Objekt F2 karakteriseras däremot av något högre dominerande frekvenser och framför allt av ett mycket snabbt avklingningsförlopp. De initiella hastighetsamplituderna är visserligen större för F2 än för F1, men detta kompenseras väl av den högre dämpningen.

Beträffande de fjädrande skiktens funktion kan det vara av intresse att studera hur punkter på ömse sidor av detta skikt rör sig under stegbelastning. I fig. 4.1 visas således parallellt registrerade hastigheter för en punkt på golvytan (10) och en punkt belägen nästan rakt under denna, men fäst mot undersidan gipstaket (pkt 10u), jfr bil 6:16.

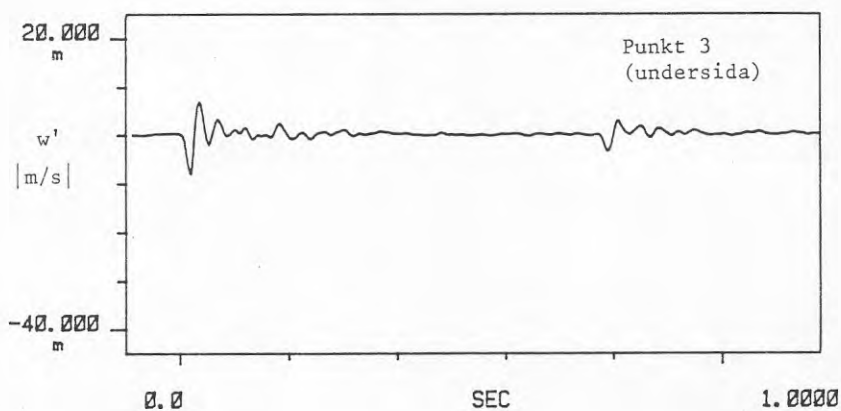
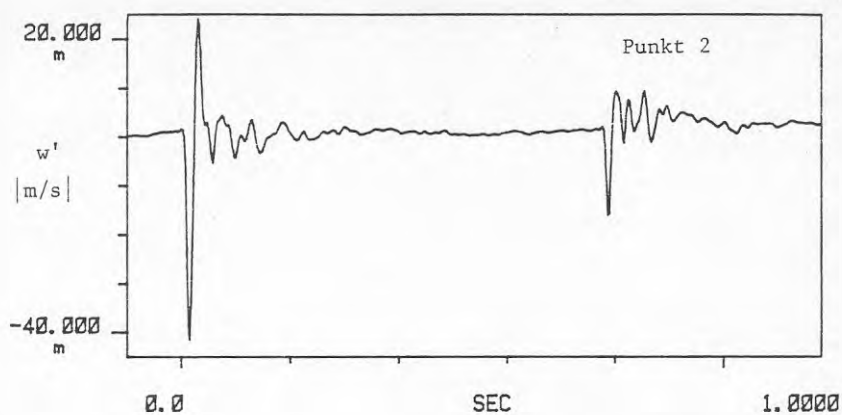
Den omedelbara observationen som kan göras vid studium av fig. 4.1 är att en radikal hastighetsdifferens råder mellan golvsikt och undersidan. En liknande jämförelse för objekt F2 kan göras utifrån fig. 4.2.





Figur 4.1 Parallellt registrerade hastigheter för golvskiveskikt (övre fig) resp undersida (undre fig) orsakade av fotsteg i närheten av punkt 10 för objekt F1.

6:12



Figur 4.2 Parallellt registrerade hastigheter för golvskevskikt (övre fig) resp takgipsskikt (undre fig) orsakade av fotsteg i närheten av punkt 2 för objekt F2.

## 5. JÄMFÖRELSE OCH DISKUSSION AV RESULTAT

Både provningsresultaten - låg styvhet, låga resonansfrekvenser och låg dämpkoefficient - och författarens subjektiva uppfattning indikerar att bjälklaget i objekt F1 är för svängningsbenäget och eftergivligt. Huvudorsaken till detta är att skiktet med KIP-gummikuddar har för låg styvhet och att kuddarnas centrumavstånd är för stort i förhållande till Ceminwoodskivans böjstyvhet. Efter dessa provningar har bjälklaget förstyvats.

Det omvända kan nästan sägas gälla för objekt F2; rimlig styvhet, högre resonansfrekvenser och hög dämpförmåga. Provningsresultaten visar att detta bjälklag bör kunna karaktäriseras som gott från svikt- och svängningssynpunkt. Detta överensstämmer med författarens subjektiva uppfattning.

Beträffande de två olika sätten att utforma det avfjädrande skiktet för objekt F2 har (något överraskande) inga systematiska skillnader i egenskaper kunnat konstateras mellan den yta som försetts med KIP-kuddar och den som innehåller fjädrande mineralullssträngar. De olika delarna är visserligen hopbyggda, men skulle ändå kunna uppvisa någon skillnad i avseende dämpning. Dämpningen är som nämnts god för detta objekt och både mineralullen liksom den viskoelastiskt laminerade Mineritskivan bidrar säkert till detta. En kvarstående fråga är dock hur ett obelastat bjälklag skulle uppträda ur dämpningssynpunkt.

En sista kommentar till mineralullsavfjädring av golvskivan avser inte de aktuella svikt- och vibrationsegenskaperna utan hållfastheten/beständigheten. Mineralull används ju som konstruktionsmaterial för att överföra tryck-krafter som är fördelade över stora ytor, t ex under grundplattor resp på tak. I den aktuella avfjädringen uppträder dock tre extra påfrestningar; dragspänningar (balk på fjädrande underlag), vinkeländringar och framför allt många lastväxlingar (utmattningslast). Det är tveksamt om mineralull förmår bära sådana påkänningar med bevarande av sina elastiska egenskaper under lång tid. Mot bakgrund av detta borde kanske något annat material användas i sådana tillämpningar, exempelvis kork el dyl.

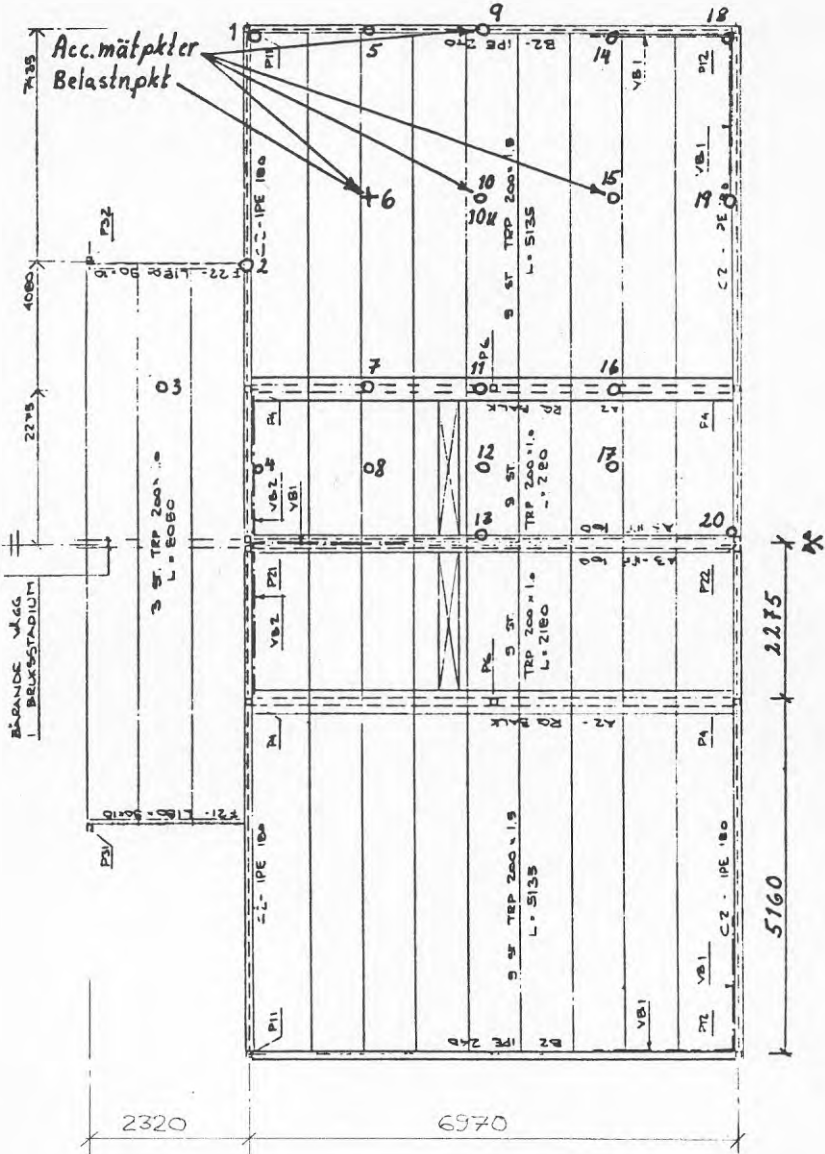
Rent allmänt är författarens bedömning av möjliga utvecklingsvägar för bjälklag av aktuell typ att följande principer nog bör vara mest frukt-samma: Den primärbärande bjälklagskärnan bör ges så hög böjstyvhet i tvärled att  $D_y/D_x \geq 0,1$ . Idén med avfjädrat golvsikt för att minska stegljuds-

transmission är god, men den bör inte användas för frekvenser under ca 70-80 Hz vid användning av aktuella tunna golvskeivor. Skiktresonansen bör med andra ord vara minst 70-80 Hz för obelastat bjälklag. Användning av högdämpande laminerade skivor (typ Minerit) är utmärkt i samband med elastisk avfjädring. Slutligen bör lokala styvheter hos transversalbelastade tunnplåtskonstruktioner och då speciellt vid anslutningar och kontaktytor studeras noggrant eftersom denna typ av deformationer börjar dominera vid användning av "optimerade" tunnplåtssektioner med höga nominella styvheter (EI, EA, GA) mot snittkrafter.

## 6. LITTERATUR

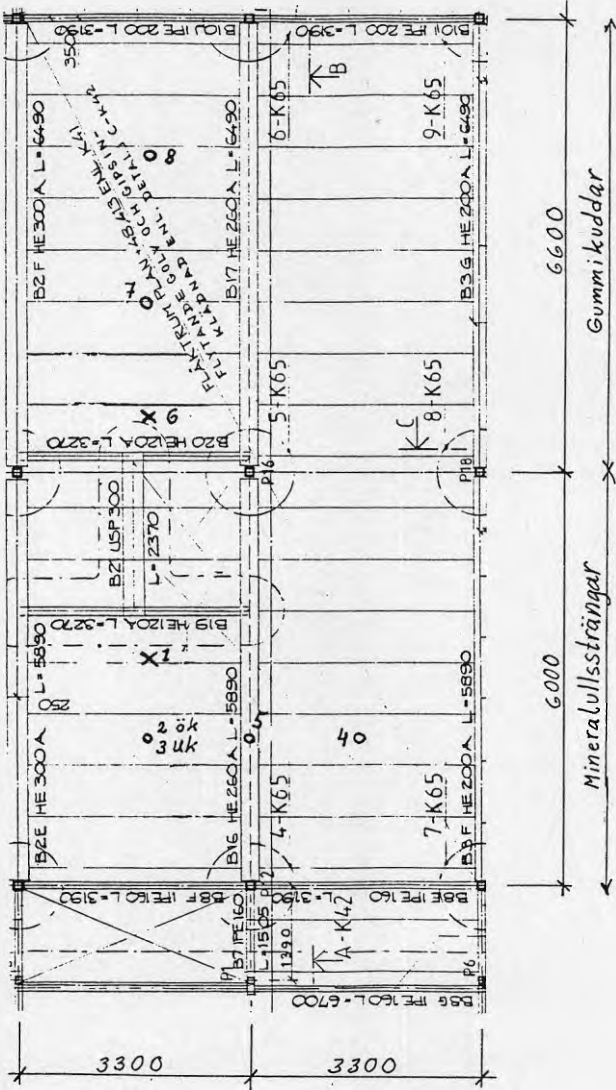
- |1| Ohlsson, S.: Bjälklag med bärande högprofilerad stålplåt - Laboratorieprov avseende svikt- och vibrationsegenskaper för utförande A, CTH, avd Stål-och Träbyggnad, Int.skr.S 82:6, Göteborg 1982.
- |2| Ohlsson, S. & Karlsson, L.E.: Bjälklag med bärande högprofilerad stålplåt - Inverkan av mellanväggar på vibrationsegenskaper, CTH, avd. Stål- och Träbyggnad, Int.skr. S 83:5, Göteborg 1983.
- |3| Ohlsson, S.: Svikt, svängningar och styvhet hos bjälklag - Dimensioneringsmetoder, Statens råd för byggnadsforskning BFR, skrift T20:1984, Stockholm 1984.

Plan över provobjekt F1

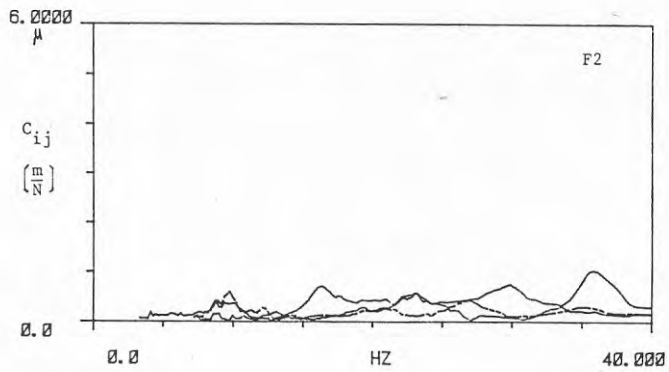
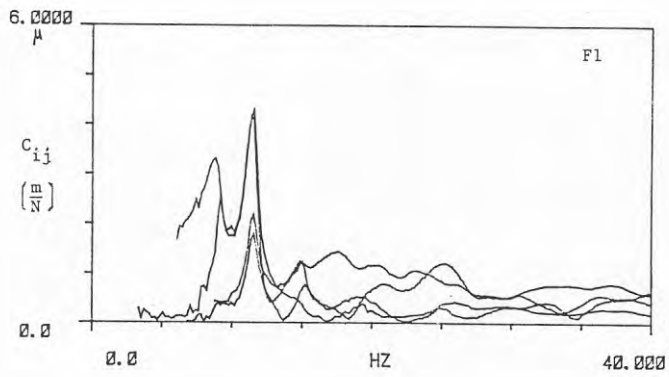
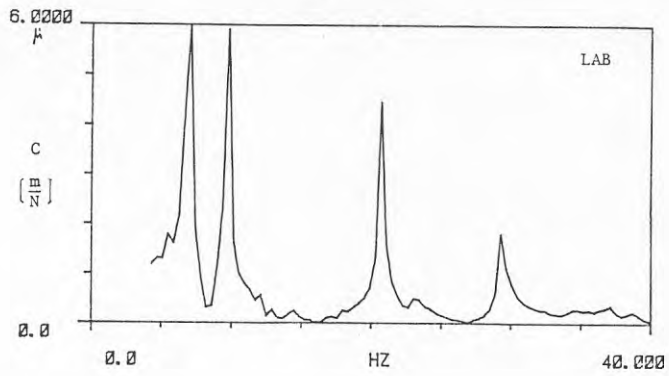


MELLANBJÄLKLÄG

Plan över provobjekt F2

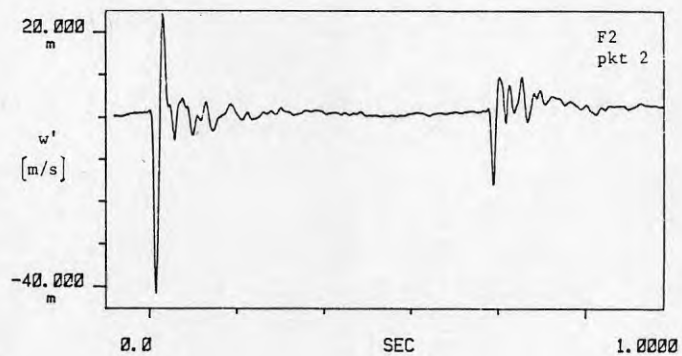
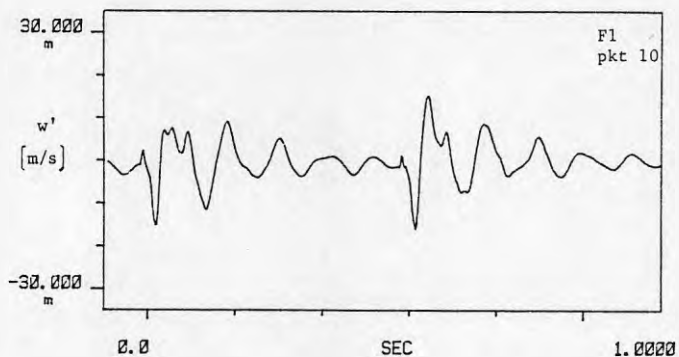
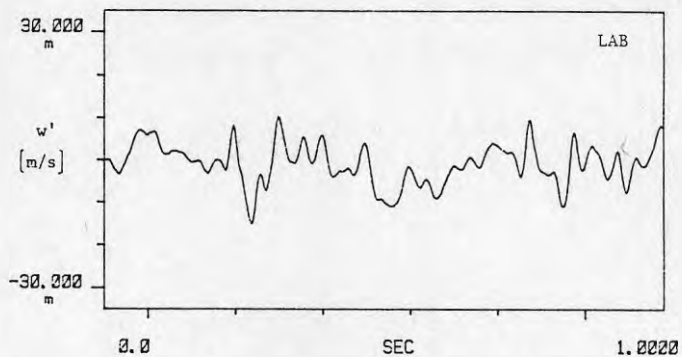




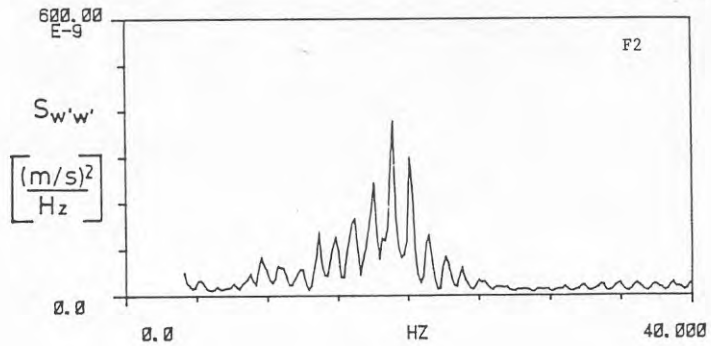
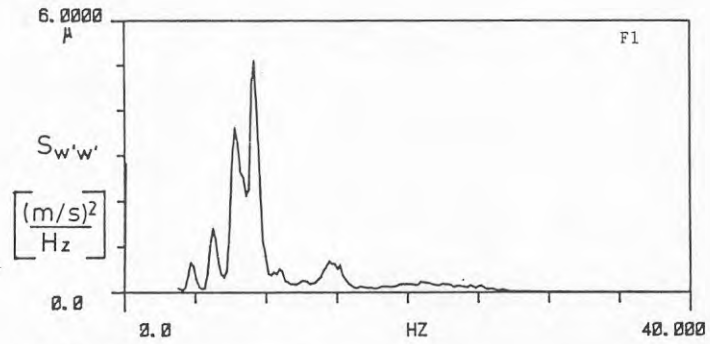
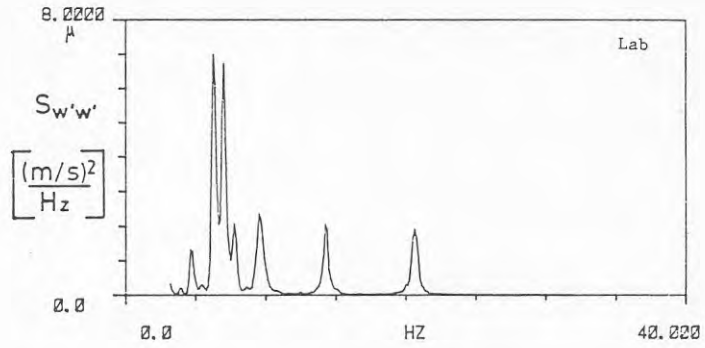
Dynamisk flexibilitet - komplians C - för olika provobjekt

6:19

Vertikal svängningshastighet till följd av två steg från gående person, exempel för olika provobjekt



Exempel på spektraltätheter för vibrationshastighet  $S_{w'w'}(f)$  orsakade av gående person, jfr tidsfunktionerna på föregående sida. Obs! varierande y-skalar!



Beräkning av styvhets- och massegenskaperOBJEKT F1

$$\begin{cases} D_x = D_y = 3 \cdot 10^9 \cdot 0,020^3 / 12 = 2 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ g = 25 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

20mm Cemin-  
woodgolvskena

$$\begin{cases} EI = 10 \cdot 10^9 \cdot 0,045^4 / 12 = 3,4 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2 \\ D_y = 3,4 \cdot 10^3 / 0,6 = 5,7 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ g \approx 2 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

45x45 träreglar  
c 600mm

$$\begin{cases} K_{\text{kudde}} \approx 100 \text{ N/mm} \text{ (mjuk!)} \\ K_{\text{KIP}} = 100 / (0,6 \cdot 0,75) \approx (240 \text{ N/mm}) / \text{m}^2 \text{ golv} \end{cases}$$

KIP 22l-kuddar  
c-c 600x750mm<sup>2</sup>

$$\begin{cases} EI \approx 12 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2 \\ D_y \approx 12 \cdot 10^3 / 0,6 = 20 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \end{cases}$$

U-plåtregel  
c 600mm

$$g = 2 \text{ kg/m}^2$$

30mm minull

$$\begin{cases} D_x = 2,04 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ D_y \approx 2 \cdot 10^9 \cdot 0,0015^3 / 12 = 60 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ K_{\text{TRP}} = ? \text{ men fenomenet liknar } K_z \\ g = 19 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

TRP 200x1,5

$$\begin{cases} D_y = 40 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ K_z \approx (2000 \text{ N/mm}) / \text{m}^2 \text{ bjälklag, se sep. ber.} \end{cases}$$

Z-regel 50x1,0  
c 400mm

$$g = 3,5 \text{ kg/m}^2$$

50mm minull

$$g = 2 \cdot 0,013 \cdot 800 = 21 \text{ kg/m}^2$$

2x13mm gips

OBJEKT F2

- 20 mm Minerit-golvskiva
- $$\begin{cases} D_x \approx D_y = 6 \cdot 10^9 \cdot 0,020^3 / 12 = 4 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ g = 31 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$
- 45x58 träreglar  
c 400 mm  
(Endast vid KIP)
- $$\begin{cases} EI = 10 \cdot 10^9 \cdot 0,045 \cdot 0,058^3 / 12 = 7,3 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2 \\ D_y = 7,3 \cdot 10^3 / 0,4 = 18,3 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ g \approx 2,5 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$
- KIP 22 L  
c-c 400x370 mm<sup>2</sup>  
↕ alternativ
- $$\begin{cases} K_{KIP} = 100 / (0,4 \cdot 0,37) = (675 \text{ N/mm}) / \text{m}^2 \text{ golv} \end{cases}$$
- 50x60 mm minull  
c 400 mm
- $$\begin{cases} K_{MIN} \approx 0,5 \cdot 1,25 / 0,4 \approx (1,6 \text{ kN/mm}) / \text{m}^2 \text{ golv} \\ \leftarrow \text{från provning} \\ \uparrow \approx \text{halva längden styvt understödd} \end{cases}$$
- U-plåtregel c 400
- $$D_y = 12 \cdot 10^3 / 0,4 = 30 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m}$$
- TRP 200x1,25
- $$\begin{cases} D_x = 1,68 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ K_{TRP} = ? \text{ men lägre än för F1} \\ g = 16 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$
- Z-regel 50x1,0  
c 400 mm
- $$\begin{cases} D_y = 40 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m} \\ K_z = (2000 \text{ N/mm}) / \text{m}^2 \text{ bjälklag} \end{cases}$$
- 50 mm minull
- $$g = 3,5 \text{ kg/m}^2$$
- 2x13 mm gips
- $$g = 21 \text{ kg/m}^2$$

## Överslagsberäkning av $K_z$

Beräkningarna förenklas genom att plåtstruvinfästningen antas fast och leder infärs längs kantböckningslinjen. Dessutom antas skruvplacering centriskt i resp fläns.

Räkna på 1m z-profil och undre flänsen:

$$K_u = 3EI/l^3$$

$$EI = 210 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 0,001^3 / 12 = 17,5 \text{ Nm}^2$$

$$K_u = 3 \cdot 17,5 / 0,025^3 = 3,4 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

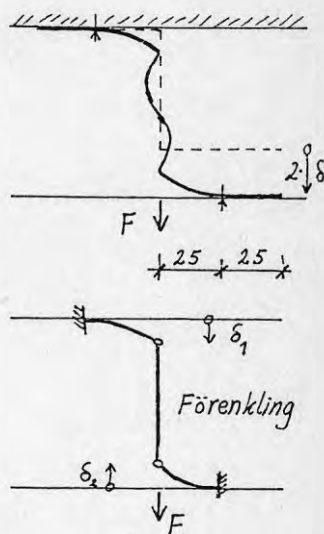
Den övre flänsen är infäst längs c:a 1/3 av sin längd mot TRP200:

$$K_{\delta} = K_u / 3 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

Seriökoppling av  $K_{\delta}$  och  $K_u$ :

$$\frac{1}{K_z} = \frac{1}{K_u} + \frac{1}{K_{\delta}}; \quad K_z = 0,8 \cdot 10^6 \text{ N/m} = (800 \text{ N/mm}) / \text{m z-profil}$$

$$K_z = 800 / 0,4 = (2000 \text{ N/mm}) / \text{m}^2 \text{ bjälklag}$$



## Beräkning av skiktresonansfrekvenser

Golvskikt mot antagen fast TRP200:

$$F1: f_g = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{M}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{240 \cdot 10^3}{27}} = 15 \text{ Hz}$$

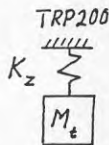
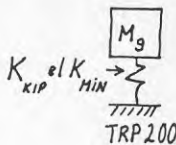
$$F2 \text{ (KIP)}: f_g = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{675 \cdot 10^3}{33,5}} = 23 \text{ Hz}$$

$$F2 \text{ (minull)}: f_g = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1600 \cdot 10^3}{32}} = 36 \text{ Hz}$$

Takskikt mot antagen fast TRP200:

$$f_t \approx \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2000 \cdot 10^3}{24,5}} = 45 \text{ Hz}$$

$f_t$  kommer att bli något lägre pga böjdet i z-profilerna. Om infästning sker i flänsytterkant istället för flänsmitt sänkes  $f_t$  radikalt!





## Beräkning av plattresonanser

Denna beräkning görs enl app A i [3] och med den mycket grova approximationen att de olika bjälklagsskikten är stelt förbundna med varandra.

### Objekt F1

$$D_x = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

$$D_y \approx (2 + 5,7 + 20 + 40) \cdot 10^3 \approx 7 \cdot 10^4 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

$$D_y/D_x = 0,03$$

$$g = 25 + 2 + 2 + 19 + 4 + 21 = 73 \text{ kg/m}^2$$

$$L \times B = 5,1 \times 7,0 \text{ m}^2 \quad ; \quad L/B = 0,73$$

$$f_1 = 1,02 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{D_x}{gL^4}} = 10,4 \text{ Hz} \quad (\text{Diagram 2})$$

### Objekt F2

$$D_x = 1,7 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

$$D_y = (4 + 7,3 + 30 + 40) \cdot 10^3 \approx 8 \cdot 10^4 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

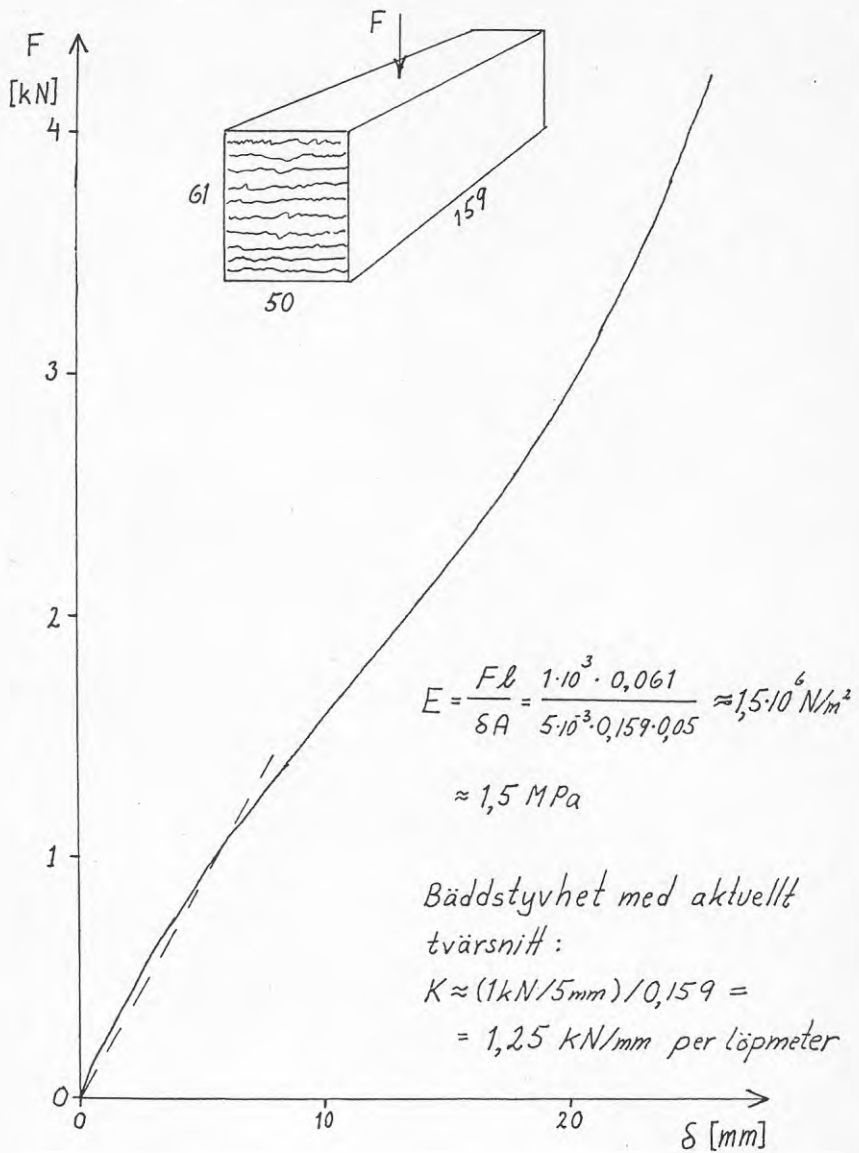
$$D_y/D_x = 0,05$$

$$g = 31 + 3 + 16 + 4 + 21 = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$L \times B = 3,3 \times 6 \text{ m}^2 \quad (\text{kont. över 2L}) \quad ; \quad L/B \approx 0,55$$

$$f_1 = 1,01 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{D_x}{gL^4}} = 21,9 \text{ Hz}$$

Resultat från kompressionsprov av mineralullssträng utfört mellan plana  
backar



**FEa - Akustik**  
Kaj Bodlund, ys/0631K

## Bilaga 7 FÄLTPROVNING

### OBJEKT F1

Fältmätning - Bestämning av det lägenhetsskiljande bjälklagets ljudisolering i "Generationshuset"  
(3 bilagor)

**Provföremål** Det lägenhetsskiljande bjälklaget i "Generationshuset" på tomt nr 18 byggt för bl a bostadsmässan BO-85 i Upplands-Väsby. Bjälklagskonstruktionen redovisas i bilaga 3. Mätningarna genomfördes under byggskedet, före montaget av de flyttbara sovrumsväggarna och enbart inom den vänstra modulen av parhuset (sett från ingångssidan).

**Mätmetod** Mätningarna utfördes och utvärderades enligt svensk standard SS 02 52 52, SS 02 52 53 och SS 02 52 54.

Ljudtrycksnivåerna och efterklangstiderna uppmättes i samtliga fall med roterande mikrofon (radie  $\geq 1,2$  m). Som mätprogram användes IMPACTLEV 5 och REDFIELD 3.

**Instrument** Följande instrument användes:

Hammarapparat	Brüel & Kjaer	3204
Mikrofon	Brüel & Kjaer	4144
Förförstärkare	Brüel & Kjaer	2619
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4230
Spänningsaggregat	Brüel & Kjaer	2804
Roterande mikrofonbom	Brüel & Kjaer	3923
Parallellanalysator	Brüel & Kjaer	2131
Högtalare	JBL	E130
Effektförstärkare	SP	
Equalizer	Urei	539
Brusgenerator	SP	
Kalkylator	HP	9826

**Resultat** De uppmätta ljudisoleringsvärdena redovisas i de bifogade mätprotokollen. Resultaten sammanfattas i tabellen nedan.

Mätobjekt	$I_i$	$I_a$	Protokoll
Bjälklag mellan BV och ÖV	63 dB	59 dB	8531,074-1 8531,074-2

**Kommentar** Bjälklaget uppfyller ljudisoleringskraven i SBN 80 för sammanbyggda enbostadshus och flerfamiljshus dvs

$$I_a \geq 55 \text{ dB .}$$

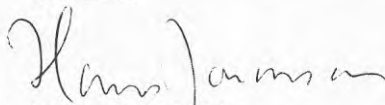
$$I_i \leq 63 \text{ dB .}$$

Luftljudsisoleringskravet för bjälklag i flerfamiljshus är

$$I_a \geq 53 \text{ dB .}$$

Stegljudsindexvärdet bestämdes av 8 dB-regeln vid 100 Hz. För att ernå extra god mätprecision vid låga frekvenser användes 10 st olika hammarapparatpositioner.

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Akustik

  
Hans Jonasson

  
Kaj Bodlund



Akustik

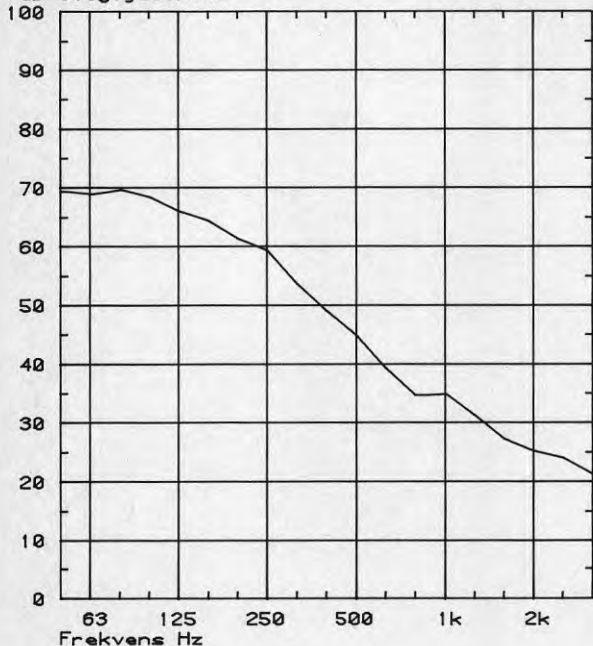
7:3

Uppdragsgivare: Nylander och Hernelind Konstruktionsbyrå AB.  
 Plats: Småhusområdet Runby Backar, Upplands - Väsby.  
 Uppdrag: Bestämning av det lägenhetsskiljande bjälklagets ljud-  
 isolering i "Generationshuset" (tomt nr 18, B0 - 85).  
 Mättrum: Mätningarna genomfördes under byggskedet och före uppsättningen  
 av de flyttbara sovrumsväggarna. Bottenvåningens och över-  
 våningens planlösningar var identiska och öppna och mättrummen  
 omfattade således hela lägenheterna utom badrummen.

Bjälklagsarea = 41 m<sup>2</sup> Rumsvolym = 97 m<sup>3</sup>.

Golvbeläggning : Parkett

dB Stegljudsnivå



Id-nr :	1
Frekv	Nivå
Hz	dB
50	69.4
63	68.9
80	69.7
100	68.5
125	66.0
160	64.4
200	61.3
250	59.3
315	53.6
400	48.9
500	44.7
630	39.3
800	34.6
1000	34.9
1250	31.2
1600	27.1
2000	25.1
2500	24.0
3150	21.1

$l_i = 63$   
 $L'_{n,w} = 56$

STATENS PROVNINGSANSTALT

SP-571

Akustik

Hans Jonasson

Kaj Bodlund

POSTADDRESS	BESÖKSADDRESS	TELEFON	TELEGRAM	TELEX	BANKGIRO	POSTGIRO
Box 857	Brinellgatan 14	033-16 54 21	testing b	362 52	715-1053	1 56 82-8
501 15 BORÅS						



Akustik

7:4

Uppdragsgivare: Nylander och Hernelind Konstruktionsbyrå AB.

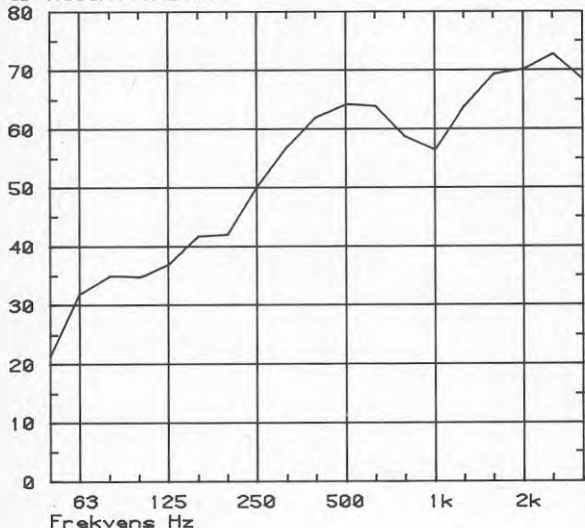
Plats: Småhusområdet Runby Backar, Upplands - Väsby.

Uppdrag: Bestämning av det lägenhetsskiljande bjälklagets ljudisolerering i "Generationshuset" (tomt nr 18, B0 - 85).

Mättrum: Mätningarna genomfördes under byggskedet och före uppsättningen av de flyttbara sovrumsväggarna. Bottenvåningens och övervåningens planlösningar var identiska och öppna och mättrummen omfattade således hela lägenheterna utom badrummen.

Bjälklagsarea = 41 m<sup>2</sup> Rumsvolym = 97 m<sup>3</sup>.

dB Reduktionstal



Id-nr:	2
Frekv	Nivå
Hz	dB
50	21.4
63	32.0
80	35.0
100	34.8
125	36.9
160	41.8
200	42.0
250	50.1
315	57.0
400	62.0
500	64.3
630	63.8
800	58.7
1000	56.4
1250	63.8
1600	69.4
2000	70.2
2500	72.7
3150	68.5

la = 59

R<sub>w</sub> = 59

STATENS PROVNINGSANSTALT

Akustik

SP-571

Hans Jonasson

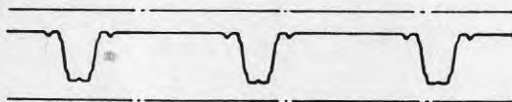
*Kaj Bodlund*

Kaj Bodlund

POSTADRESS	BESÖKSADRESS	TELEFON	TELEGRAM	TELEX	BANKGIRO	POSTGIRO
Box 857	Brinellgatan 14	033-16 54 21	testing b	362 52	715-1053	1 56 82-8
501 15 BORÅS						

LÄGENHETSSKILJANDE BJÄLKLAG MED TRP 200

7:5

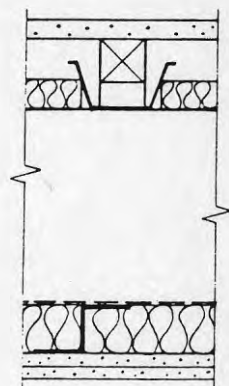
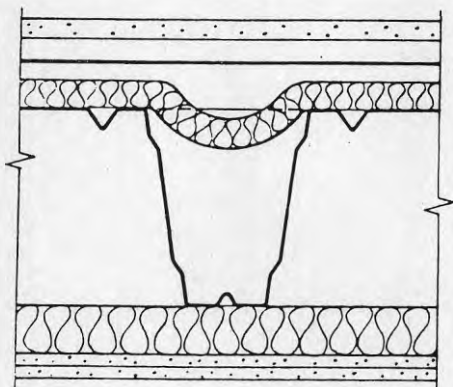


CEMENTBUNDEN SKIVA (22 CEMWOOD)

45x45 TRÄREGLAR

25 KIP-KUDDAR I TUNNPLÅTSREGLAR (C/C 600 I FYRKANT)

30 MIN. ULL.



50 MIN. ULL , TUNNPLÅTSREGLAR

2x13 GIPSPLANK.



## OBJEKT F 2

Bestämning av ljudisoleringen hos bjälklag mellan fläktrum och BV-Vendelsö Vårdcentral, Vendelsö (4 bilagor)

**Provobjekt** Bjälklaget mellan fläktrum 216 och underliggande vänt- rum 105 samt kapprum 104 (inkl entréhall). Bjälklags- konstruktionen hade utförts enligt två alternativ be- träffande den elastiska uppläggnings av övergolvs- skivorna (se bilaga 7:11).

**Mätmetod** Mätningarna utfördes och utvärderades enligt svensk standard SS 02 52 52, SS 02 52 53 och SS 02 52 54.

Ljudtrycksnivåerna och efterklangstiderna uppmättes i samtliga fall med roterande mikrofon. Som mätprogram användes IMPACTLEV 5 och REDFIELD 3. Hammarapparat- positionerna fördelades inom fläktrummet så att de låg över resp mottagarrum.

**Instrument** Följande instrument användes:

Hammarapparat	Brüel & Kjaer	3204
Mikrofon	Brüel & Kjaer	4144
Förförstärkare	Brüel & Kjaer	2619
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4230
Spänningsaggregat	Brüel & Kjaer	2804
Roterande mikrofonbom	Brüel & Kjaer	3923
Parallellanalysator	Brüel & Kjaer	2131
Högtalare	JBL	E130
Effektförstärkare	SP	
Equalizer	Urei	539
Brusgenerator	SP	
Kalkylator	HP	9826

**Resultat** De uppmätta ljudisoleringsvärdena redovisas i de bi- fogade mätprotokollen. Resultaten sammanfattas i ta- bellen nedan.

Mätobjekt	Index	Protokoll
Bjälklag mellan rum 216 och 105	$I_i = 64$ dB	-1
Bjälklag mellan rum 216 och 105	$I_a = 58$ dB	-2
Bjälklag mellan rum 216 och 104	$I_i = 63$ dB	-3



Kommentar

Mätningarna genomfördes under byggskedet. Invändiga fönster och dörrar var inte insatta på alla ställen och takinklädnaden av TRP-profilerna var ej heller färdig i anslutande korridorer. Mottagarrummen avgränsades därför med provisoriskt monterade gipsskivor vilka tätades med tejp. Detta förhållande innebär att de uppmätta ljudisoleringsvärdena kan visa sig vara ännu bättre när byggnaden är helt färdigställd. Detta påpekande gäller speciellt för de högre frekvensbanden.

STATENS PROVNINGSANSTALT  
Akustik

Hans Jonasson

Kaj Bodlund

Protokoll även skickat till

LÄNSBYGGEN I STOCKHOLMS LÄN AB  
Att. Lars Backman  
Co Landstingets fastighetskontor  
171 82 SOLNA

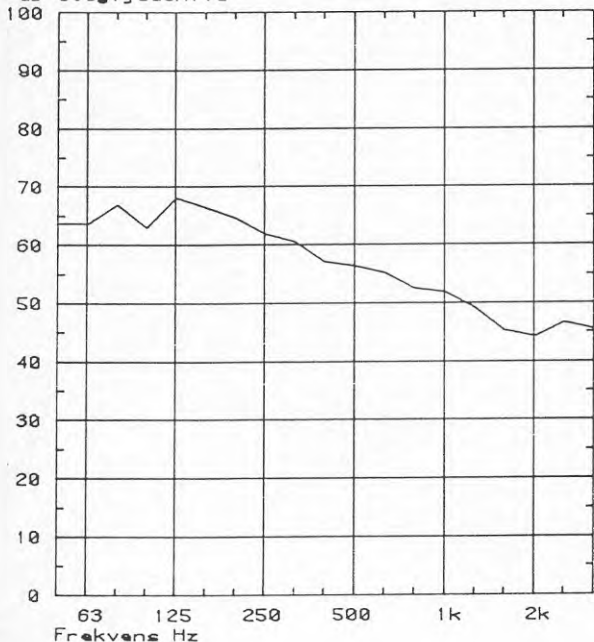


Akustik

Uppdragsgivare: Nylander och Hernelind Konstruktionsbyrå AB.  
 Plats: Vendelsö vårdcentral.  
 Uppdrag: Bestämning av stegljudsisoleringen mellan fläktrum 216 och väntrum 105.  
 Bjälklag: Konstruktion, se bilaga 4 (alternativ A).  
 Anmärkningar: Mätningarna genomfördes under byggetidiet. Väntrummet avskiljades mot korridor 108 med en provisoriskt monterad gipevägg.

Bjälklagsarea: 42 m<sup>2</sup> Rumsvolym: 115 m<sup>3</sup>.  
 Golvbeläggning: Massiv plastmatta.

dB Stegljudsnivå



Id-nr:	1
Frekv	Nivå
Hz	dB
50	63.7
63	63.6
80	66.9
100	62.9
125	68.0
160	66.4
200	64.6
250	61.8
315	60.4
400	56.9
500	56.3
630	55.1
800	52.5
1000	51.7
1250	49.1
1600	45.1
2000	44.2
2500	46.5
3150	45.5

Ii = 64 dB  
 L' =  
 n,w = 59 dB

STATENS PROVNINGSANSTALT

Akustik

SP 557

Hans Jonasson

Kaj Bodlund

POSTADRESS  
 Box 857  
 701 15 BORÅS

BESÖKSADRESS  
 Burelligatan 14

TELEFON  
 043 16 54 21

TELEGRAM  
 Provnings B

TELEX  
 362 32

BANKGIRO  
 715 1053

POSTGIRO  
 716 02 8

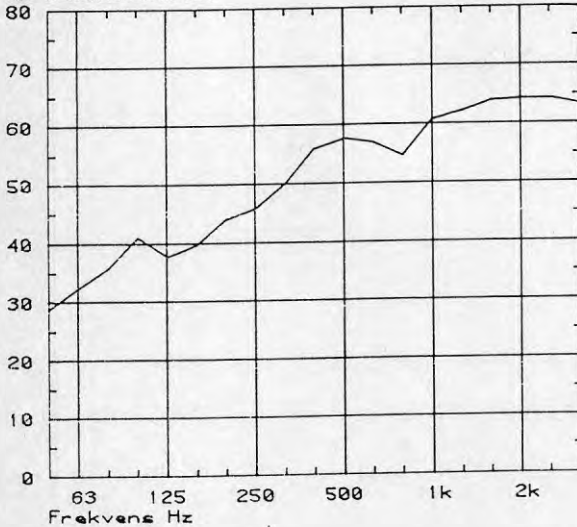


Akustik

Uppdragsgivare: Nyländer och Hännelind Konstruktionsbyrå AB.  
 Plats: Vändelas vårdcentral.  
 Uppdrag: Bestämning luftljudsisoleringen mellan fläktrum 218 och  
 väntrum 105.  
 Bjälklag: Konstruktion, se bilaga 4 (alternativ A).  
 Anmärkningar: Mätningarna genomfördes under byggetidlet. Väntrummet  
 avskiljdes mot korridor 108 med en provisoriskt monterad  
 gipsvägg. Fläktrummet användes som sändarrum.

Bjälklagsarea: 42 m<sup>2</sup>. Rumsvolym: 115 m<sup>3</sup>.  
 Golvbeläggning: Massiv plastmatta.

dB Reduktionsstal



Id-nr:

Id-nr	Nivå
Frekv	dB
50	28.8
63	32.4
80	35.7
100	41.0
125	37.7
160	39.7
200	44.1
250	45.9
315	50.0
400	56.0
500	57.7
630	56.8
800	54.0
1000	60.8
1250	62.2
1600	64.0
2000	64.3
2500	64.2
3150	63.2

I<sub>a</sub> 58 dBR'<sub>w</sub> 58 dB

STATENS PROVNINGSANSTALT

Akustik

  
 Hans Jonasson


  
 Kaj Bodlund

 POSTADRESS  
 Box 157  
 S-0115 BORAS

 BESÖKSADRESS  
 Bonnellgatan 14

 TELEFON  
 033 16 54 21

 TELEGRAM  
 Instorg D

 TELEX  
 0675

 BANKGIRÓ  
 718 10 53

 POSTGIRÓ  
 176 82 8

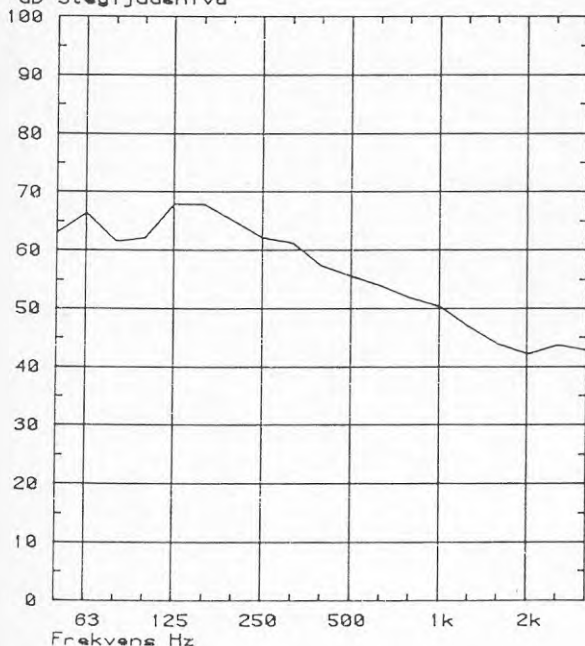


Akustik

Uppdragsgivare: Nylander och Hernelind Konstruktionsbyrån AB.  
 Plats: Vendelsö vårdcentral.  
 Uppdrag: Bestämning av stegljudsisoleringen mellan fläktrum 216 och  
 entréhall, kapprum 104.  
 Bjälklag: Konstruktion, se bilaga 4 (alternativ B).  
 Anmärkningar: Mätningarna genomfördes under byggetadiet. Skärmväggen mellan  
 entréhallen och kapprummet var ej monterad. Mottagarområdet  
 avgränsades mot korridorerna 205 och 153 med provisoriskt  
 monterade golveggar.

Bjälklagsarea: 40 m<sup>2</sup>. Rumevolym: 109 m<sup>3</sup>.  
 Golvbeläggning: Massiv plastmatta.

dB Stegljudenivå



Id-nr:	2
Fräkv	Nivå
Hz	dB
50	63.1
63	66.3
80	61.6
100	62.2
125	67.9
160	67.7
200	64.9
250	62.0
315	61.2
400	57.2
500	55.4
630	53.8
800	51.7
1000	50.2
1250	46.9
1600	43.7
2000	42.1
2500	43.6
3150	42.7

I<sub>i</sub> = 63 dB  
 L' <sub>n,w</sub> = 58 dB

STATENS PROVNINGSANSTALT

Akustik

Hans Jonasson

Kaj Bodlund

BOX-ADRESS  
 Box 857  
 S-011 13 BOPAS

BESÖKS-ADRESS  
 Bondelagatan 14

TELEFON  
 013 4654 21

TELEGRAM  
 testmg S



TELEX  
 962 72

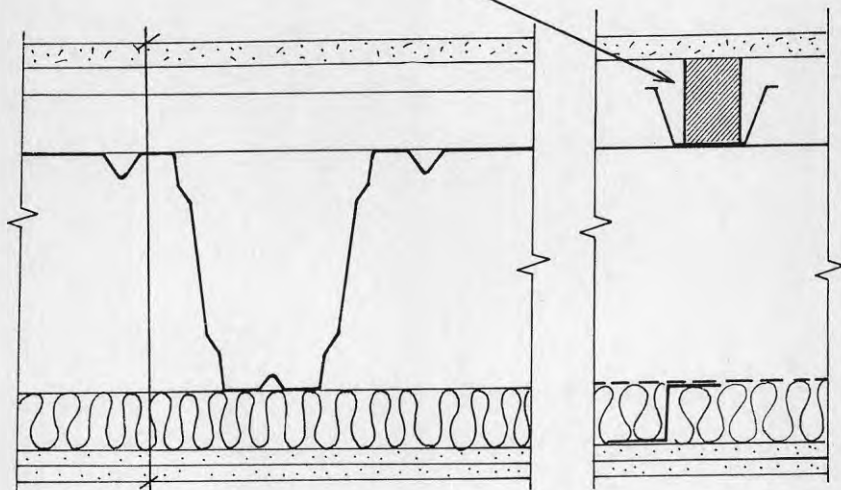
BANKGIRO  
 715 4054

POSTGIRO  
 1 50 31 25

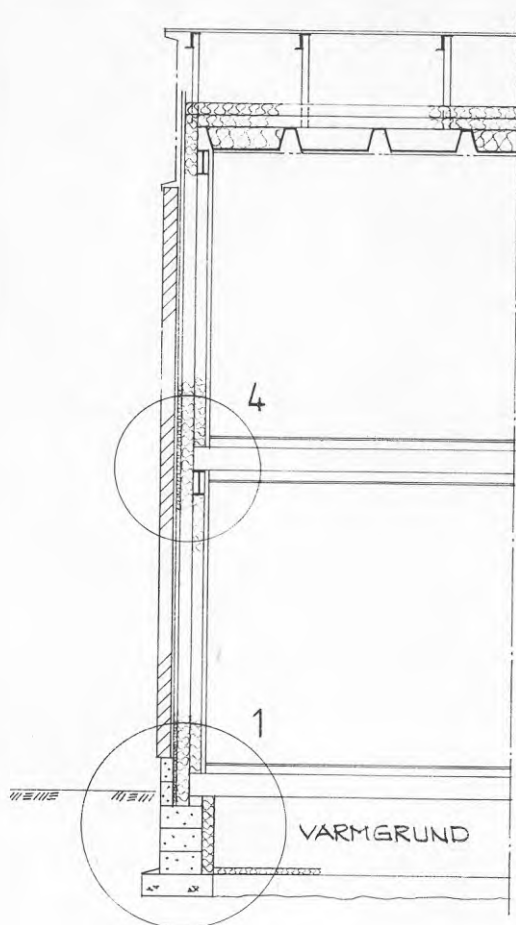
## Elastisk upplägning

7:11

- Alternativ A:  45 x 58 träregel  
 Farex KIP 22, H = 25 mm c 300
- Alternativ B:  10 träribba limmad mot  
 63 mm hårdpressad Rockwool

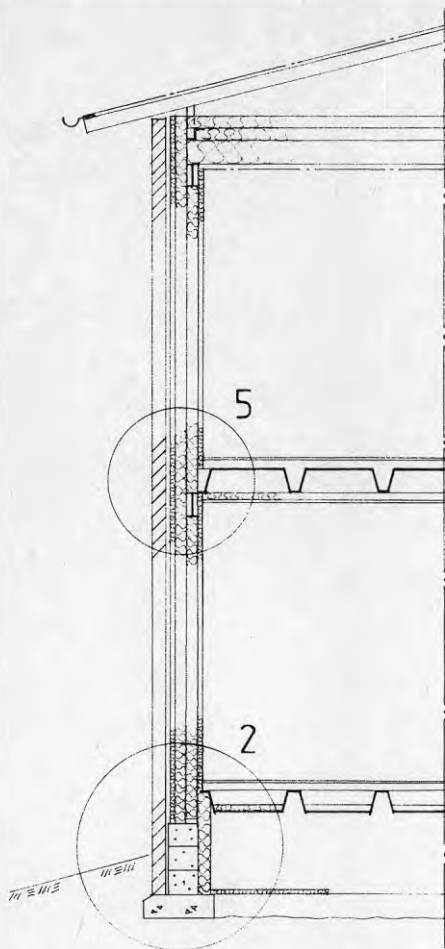


20 Mineritskiva  
 Elastisk upplägning (2 alternativ)  
 tunnplåtsregel S 45/80/0,7 c 400  
 TRP 200  
 tunnplåtsregel Z 50/50/1,0 c 400  
 50 mineralull 70 kg/m<sup>3</sup>  
 2 x 13 gips



LÄNGDSEKTION  
1:50

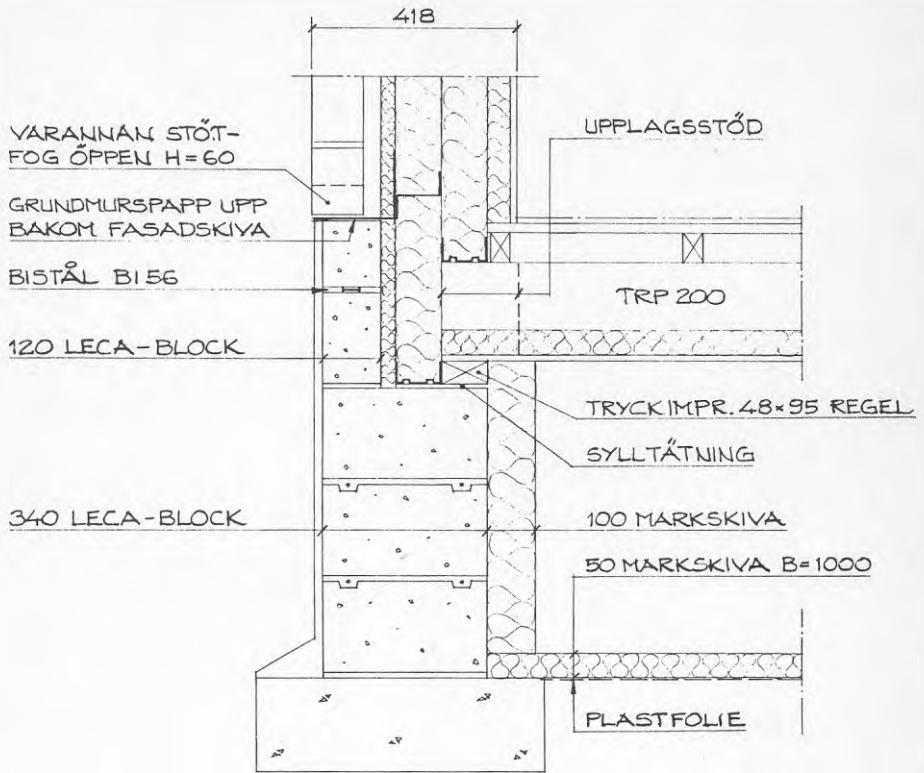




TVÄRSEKTION

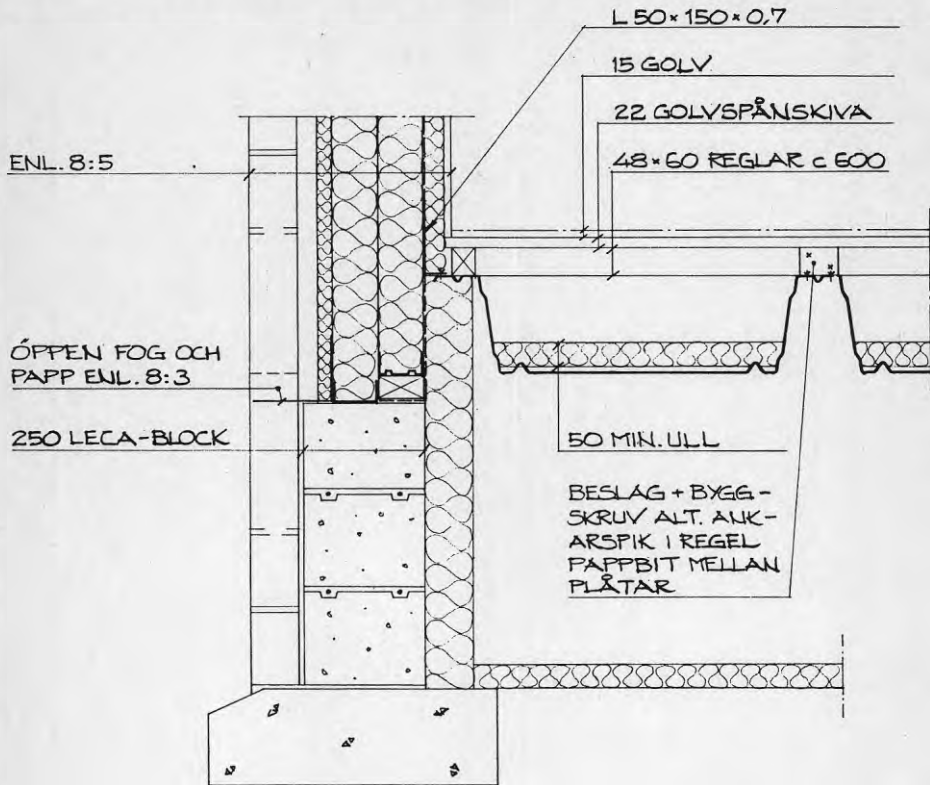
1:50

OBJEKT F 1

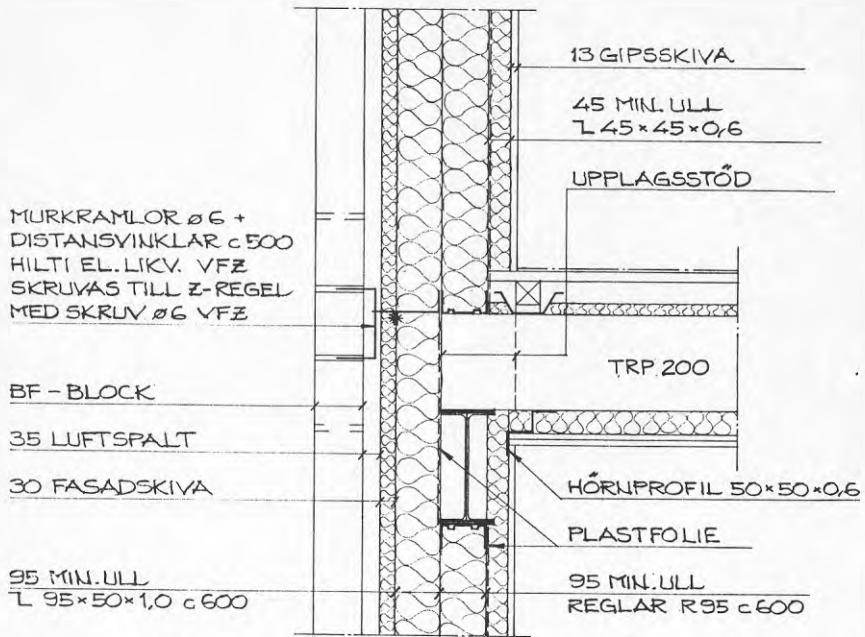


$\frac{1}{1:10}$

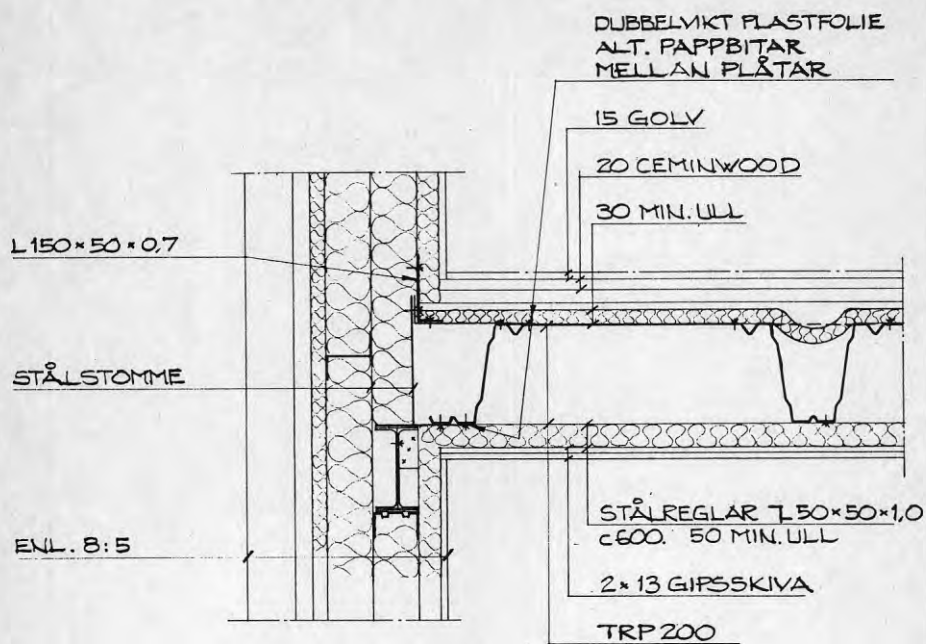
OBJEKT F 1



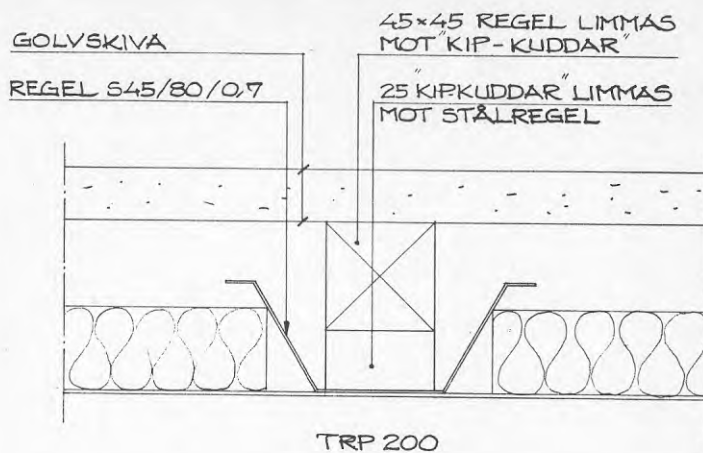
2  
1:10



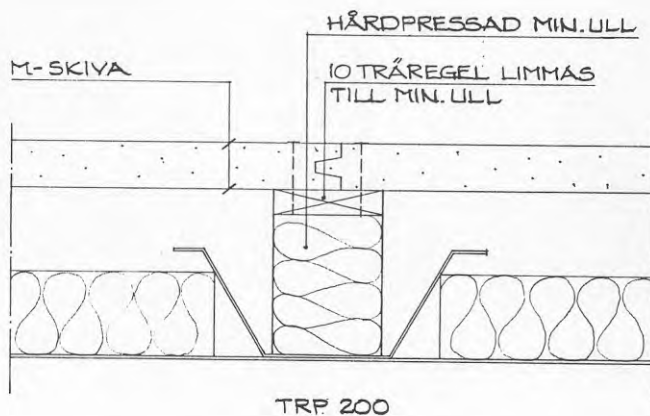
$\frac{4}{1:10}$



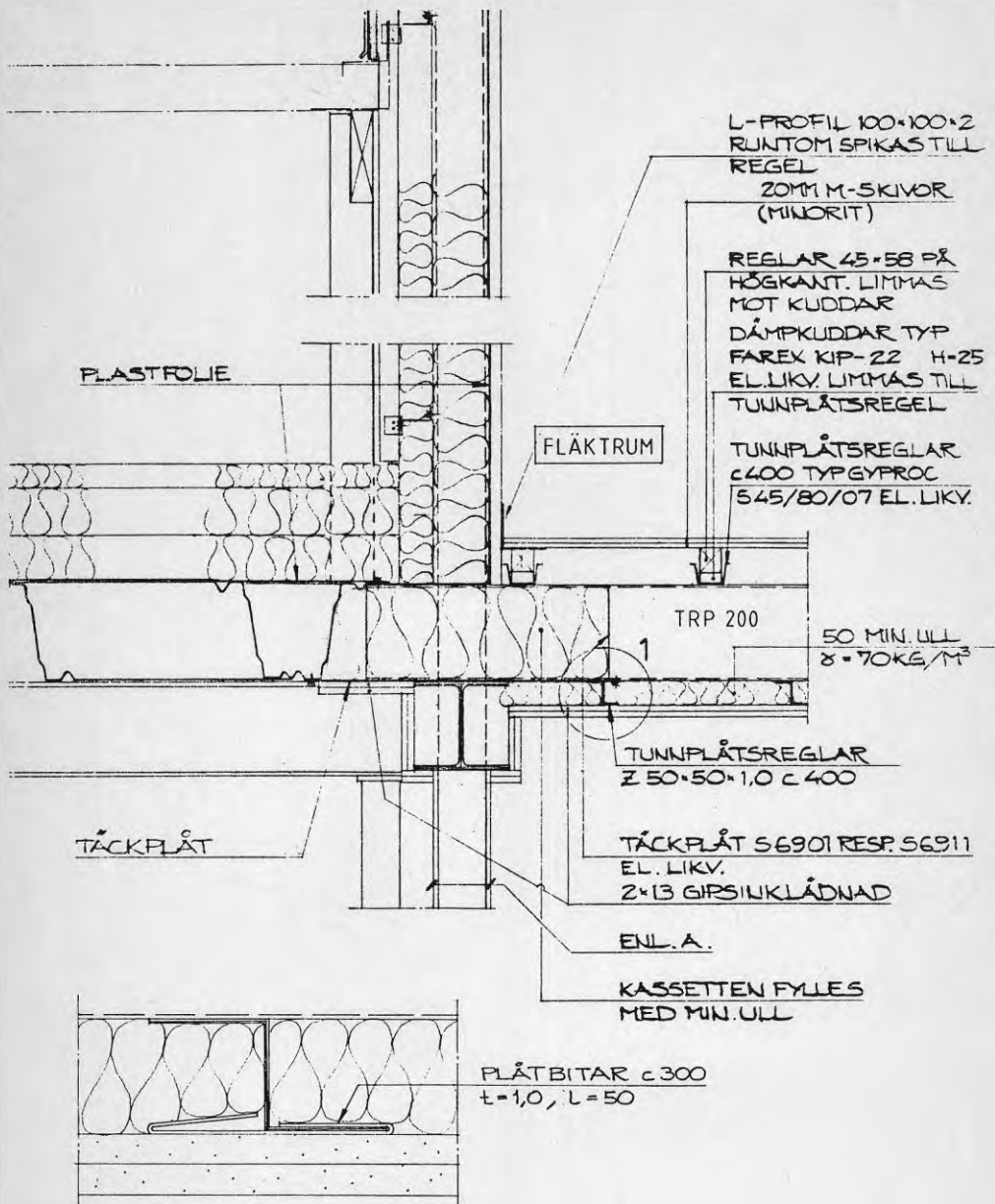
5  
1:10



GOLVKONSTRUKTION, OBJEKT F1 o F2



GOLVKONSTRUKTION, OBJEKT F2



1 UPPHÄNGNING AV MIN.ULL

OBJEKT F 2





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811803-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till Nylander &  
Hernelind Konstruktionsbyrå AB, Bromma.**

**R1: 1986**

**ISBN 91-540-4500-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6706001**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirka pris: 50 kr exkl moms**