



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

# R96:1984

## Ljudklimatet i moderna svenska bostäder

### Kaj Bodlund

K  
a/s

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>200</i>

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 47  
113 31 Stockholm, Sweden  
Tel 08-34 01 70  
Telefax 08-32 48 59

# Byggeforskningsrådet

R96:1984

LJUDKLIMATET I MODERNA SVENSKA BOSTÄDER

Kaj Bodlund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810405-8 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens provningsanstalt, Borås

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

R96:1984

ISBN 91-540-4190-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sida</u>
SAMMANFATTNING	5
1. INTRODUKTION	8
1.1 Rapportering	8
1.2 Projektets målsättning	9
1.3 Projektets uppläggning	9
2. BYGGNADSAKUSTISKA MÄTETAL	11
2.1 SBN 1980 och dess allmänna tolkning	11
2.2 Olika ljudisoleringsindex	14
2.3 Förhållandet mellan olika luftljudsisoleringsmått	16
2.3.1 Förhållandet mellan $I_a$ och $R'_{w}$	16
2.3.2 Sambandet mellan $R'_T$ och $R'_{w}$	17
2.3.3 Sambandet mellan $I_a$ och $\Delta L_A$	17
2.3.4 Övriga samband	19
2.3.5 Sammanfattning	19
2.4 Förhållandet mellan olika stegljudsnivåmått	19
2.4.1 Förhållandet mellan $I_j$ och $L'_{n,w}$	20
2.4.2 Sambanden mellan $I_j$ , $L'_{n,A}$ och $L'_A$	21
2.4.3 Övriga samband	22
2.4.4 Sammanfattning	22
2.5 Ljudisoleringsmåttens statistiska egenskaper	22
3. EFTERLEVNADEN AV BYGGNORMSKRAVEN	25
3.1 Olika byggnormsutgåvor	25
3.2 Efterlevnaden av ljudisoleringskraven	26
3.3 Efterlevnaden av bullerkraven	30
3.3.1 Varaktiga ljud från installationer inom byggnaden men utom lägenheten	33
3.3.2 Buller från vatten- och avloppsinstallationer	33
3.3.3 Ljud från interna installationer som går dygnet runt	35
3.4 Summering	37

	<u>Sida</u>
4. LÄMPLIGA BYGGNORMSKRAV	38
4.1 De subjektiva mätetalen	38
4.2 Kontroll av byggnormens luftljudsisoleringskrav	42
4.2.1 Lägenhetsskiljande väggar och bjälklag	42
4.2.2 Dörrar och loftgångsytterväggar	44
4.3 Kontroll av byggnormens stegljudsnivåkrav	48
4.3.1 Lägenhetsskiljande väggar och bjälklag	48
4.3.2 Sammanbyggda småhus med invändiga trappor	54
4.3.3 Trappustrappor och loftgångar	57
4.4 Kontroll av byggnormens ljudnivåkrav	60
4.4.1 Vatten- och avloppsinstallationer	60
4.4.2 Bostadens egna bullerkällor	62
4.4.3 Övriga installationer	65
4.5 Värmepumpsresultaten	66
5. SAMMANFATTNING AV LÄGENHETSINNEHAVARNAS OMDÖMEN	68
6. ENKLARE MÄTETAL	74
6.1 Mätning av luftljudsisoleringen	74
6.2 Mätning av stegljudsisoleringen	77
7. TILLKÄNNAGIVANDEN	80
8. REFERENSER	81
ANNEX A - ERHÅLLNA SAMBAND MELLAN OLIKA LJUDISOLERINGSMÅTT	83

## SAMMANFATTNING

Det forskningsprojekt som redovisas nedan har finansierats inom Byggnadsforskningsrådets FoU-program "Hälsoskydd i byggnader". Arbetet omfattar en inventering av ljudklimatet i ett stort antal moderna svenska bostäder. En fullständig analys har genomförts av det interna bullerklimatet i 8 slumpmässigt valda bostadsområden med varierande typ av bebyggelse och boendeformer. Vidare har ett detaljstudium av bulleralstringen från värmepumpar genomförts i ett 30-tal villor samt i några enstaka flerfamiljshus. Parallellt med de vanliga byggnadsakustiska mätningarna genomfördes intervjuer med dem som bodde i lägenheterna. Sammanlagt intervjuades 273 bostadsinnehavare och varje intervjuoffer fick betygsätta i snitt 6 olika ljudegenskaper hos sin bostad. Varje studerad egenskap värderades sålunda både objektivt och subjektivt.

Detaljresultaten presenteras i två separata faktarapporter, medan föreliggande rapport endast innehåller en övergripande analys och sammanfattning av de vunna erfarenheterna.

### Efterlevnaden av byggnormskraven

De olika mätresultaten visar att ljudklimatet i den moderna svenska bostaden är gott i förhållande till de ljudisolerings- och ljudnivåkrav som anges i SBN-80, kapitel 34:2. Kravgränserna är uppfyllda i 80 % av alla mätfall och antalet kraftiga underskridanden är dessutom lågt. Denna siffra är hög i förhållande till motsvarande erfarenheter i andra länder.

### Lägenhetsinnehavarnas omdömen

De subjektiva omdömena innebar också att den moderna bostaden fick ett gott allmänbetyg. Endast 13 % av samtliga betygssvar innebar att man tyckte förhållandena var helt eller så gott som otillfredsställande, medan hela 64 % av betygen gällde de högsta betygsvärdena. Om man sedan går in på detaljer så förekom det naturligtvis speciella problem av vilka framförallt stegljud från invändiga trappor i sammanbyggda småhus och stegljud från trapphus i flerfamiljshus förtjänar att omnämnas. Stegljudsisoleringen mellan olika typer av trappor och den egna lägenheten fick generellt sett ett underkänt betyg, trots att mätresultaten ofta låg långt på godkända sidan om byggnormskravet. Detta fenomen kan förklaras av att man normalt skapar väsentligt större stegljudskrafter när man går i en trappa än när man rör sig på golvet i en lägenhet. Kraven på stegljud från trappor bör alltså vara väsentligen strängare än kraven på stegljud från golv.

Trots att det subjektiva allmänbetyget var gott så är det värt att notera att hela 44 % av de intervjuade var missnöjda med någon enstaka buller- eller ljudisoleringsföreteelse i sin bostad.

### Lämpliga byggnormskrav

Innebörden av byggnormens olika krav har analyserats genom att studera de objektiva och subjektiva resultatens inbördes förhållanden. Ett antal förslag till förbättringar lämnas i texten. Dels diskuteras den allmänna tillämpningen av byggnormens gränsvärden och dels föreslås nya gränsvärden i de fall detta visat sig vara motiverat.

Beträffande den allmänna tillämpningen så föreslås att medelvärdet av resultaten från flera mätningar inom ett avgränsat byggnadsobjekt skall uppfylla aktuellt gränsvärde. Samtidigt bör negativa avvikelser på högst 5 dB relativt gränsvärdet kunna accepteras för individuella mätfall. 5 dB synes vara både en lämplig upplösning och toleransmarginal för byggnormskraven. Ett sådant arbets sätt är betydligt mer verklighetsanpassat och praktiskt än den deterministiska metodik som nu tillämpas när det gäller byggnormens ljudkrav. Mätresultatvariationerna inom ett byggnadsobjekt är normalt ganska stora utan att man för den skull kan spåra att man subjektivt upplever dessa variationer som väsentliga.

Beträffande byggnormens luftljudsisoleringskrav för lägenhets-skiljande väggar och bjälklag så föreslås att de olika kraven för sammanbyggda småhus och flerfamiljshus slås samman till ett enda krav. Det föreslagna gränsvärdet motsvaras av  $I_a = 53$  dB. En sådan förändring skulle innebära en väsentlig förenkling samt att kraven lindras något.

Det krav som innebär att tamburdörrar skall vara av ljudklass 30 dB bör bibehållas. Förslaget till en ändrad tillämpning av byggnormens gränsvärden innebär dock att man kan tolerera att enstaka dörrar inom ett objekt bara uppfyller ljudklass 25 dB under förutsättning att samtliga mätfall inom objektet ger ett medelvärde som är lika med eller större än det gränsvärde som ges av ljudklass 30 dB.

Beträffande stegljudsegenskaperna så har goda korrelations samband erhållits mellan de objektiva och subjektiva storheterna. Dessa samband visar att de nuvarande byggnormskraven måste skärpas. Detta gäller speciellt för lätta konstruktioner och beträffande stegljud från trappor av olika slag. Trappor konstruerade i trä eller stål, dvs lätta konstruktioner, ger ofta besvärande stegljudsproblem. För att kunna definiera ett helt säkert beslutsunderlag erfordras ytterligare mäterfarenheter. Speciellt bör flera tunga och lätta bjälklagskonstruktioner studeras.

Byggnormens ljudnivåkrav är väl avpassade. Dock bör kravet på bulleralstringen från VA-installationer mildras med 5 dBA, vilket innebär att ljudnivågränsen flyttas uppåt. Samtidigt bör ljudnivåkrav för hissinstallationer införas. Dessa utformas lämpligen så att reglerna blir identiska med dem som föreslås för VA-installationsbuller. Beträffande ljudnivån i kök så bör denna vara högst 40 dBA från installationer som kontinuerligt alstrar ljud, typ kyl & frysskåp och frånluftsfläktar. Maskinell hjälputrustning, ex köksfläktar och diskmaskiner, bör ge en ljudnivå som är högst 50 dBA.



### Enklare mätetal

Möjligheterna till enklare mätningar och mätetal diskuteras i rapporten. För luftljudsisoleringsmätningen visar erfarenheterna att en mycket enkel metod baserad på den A-vägda ljudnivåskillnaden bör vara ett fullt realistiskt alternativ till den tids- och resurskrävande metod som idag är standard.

Beträffande stegljudsmätningen så visar resultaten att  $I_1$ -värdet stämmer väsentligt bättre med den subjektivt upplevda stegljudsisoleringen än de enklare A-vägda storheter som studerats som möjliga alternativ. Erfarenheterna visar dock samtidigt att den nuvarande mätmetoden behöver förbättras och att större hänsyn måste tas till lågfrekvensbidragen från hammarapparaten. Detta förhållande accentueras när man studerar stegljud alstrade på lätta konstruktioner. Dessa frågor måste penetreras med ytterligare forskningsinsatser. Man bör kunna finna en enklare metod och ett enklare mätetal samtidigt som man löser dessa mätproblem. En mer realistisk stegljudskälla erhålles exempelvis om hammarapparatens stålhammare bytes mot de gummihammare vilka levereras som tillbehör till apparaten.

## 1. INTRODUKTION

### 1.1 Rapportering

Denna rapport sammanfattar och analyserar de uppgifter och mätresultat som samlats in och som presenteras i de bägge faktarapporterna:

- SP-RAPP 1983:37, Kaj Bodlund & Lennart Eslon  
EN KARTLÄGGNING AV LJUDKLIMATET I NÅGRA MODERNA SVENSKA BOSTÄDER. Subjektiva och objektiva ljuddata för 8 bostadsområden och 350 bostadslägenheter
  
- SP-RAPP 1983:52, Lasse Iho  
LJUDKLIMATET I SVENSKA HUS MED VÄRMEPUMPAR. Subjektiva och objektiva ljuddata från 30 småhus och 3 flerfamiljshus

Dessa bägge rapporter inklusive den föreliggande rapporten beskriver det arbete som genomförts inom ramen för byggforskningsprojekt nr 810405-8. Uppdelningen i tre olika skrifter har valts för att göra det lättare för olika kategorier av läsare att se skogen för bara trädet. Uppdelningen har också varit nödvändig av trycktekniska utrymmesskäl.

Den första faktarapporten, SP-RAPP 1983:37, vänder sig till dem som vill fördjupa sig i den del som omfattar inventeringen av ljudisolerings- och bullerförhållandena i ett stort antal moderna bostadslägenheter. Här redovisas primärdata såsom luftljudsisoleringsresultat, stegljudsvärden, bullernivåer, intervjusvar och tillhörande byggnadskonstruktionsdetaljer. Rapporten förklarar även hur resultaten samlats in och vad de står för. Mätresultat och subjektiva betyg har medelvärdesbildats för varje bostadsområde och dessa typiska data har sammanställts i faktarutor. Längst bak i rapporten presenteras i tre annex en sammanställning av samtliga de resultat som redovisas i dessa faktarutor. Rapporten innehåller en mängd data som kan utgöra en användbar källa även till framtida analyser utanför detta projekt.

Den andra faktarapporten behandlar värmepumpsproblematiken som särbehandlats i detta projekt för att kontrollera om denna nya energiteknik också innebär att vi får nya bullerproblem. Rapporten

redovisar mätdata från 30 småhus och 3 flerfamiljshus med huvudsakligen mindre anläggningar, typ villavärmepumpar. Rapporten vänder sig till alla dem som är intresserade av värmepumpar och bullerfrågor. Speciellt bör rapporten vara av intresse för dem som säljer och installerar mindre anläggningar. Eftersom en väl avgränsad frågeställning studeras ger rapporten en bättre överblick och större möjligheter till analys än vad som gäller vid studium av den första faktarapporten.

Den föreliggande rapporten vänder sig till dem som vill få en överblick över projektet, dess resultat och slutsatser och som inte finner något behov av att gå in på mättekniska detaljer eller vill studera varje mätresultat för sig.

## 1.2 Projektets målsättning

Projektets syfte är att ställa en diagnos på ljudklimatet i den moderna svenska bostaden och att ställa dessa resultat i relation till de ljudkrav som idag anges i Svensk Byggnorm. Den absolut viktigaste målsättningen har således varit att kontrollera byggnormskravens relevans och att i erforderliga fall ge förslag till nya och bättre underbyggda krav. En annan viktig målsättning har naturligtvis också varit att peka ut eventuella vanligt förekommande fel eller problem inom den moderna byggnadstekniken. Vidare har även frågeställningen om enklare mätningar och mätetal varit föremål för uppmärksamhet.

Undersökningen har begränsats till ett studium av den egna bostadens bullerkällor respektive bulleralstringen från grannens bostad. Projektet har således ej i nämnvärd utsträckning studerat externa bullerkällor såsom vägtrafikbuller och flygbuller.

## 1.3 Projektets uppläggning

Arbetet har varit uppdelat i två faser. Under den första fasen inventerades bullerklimatet dels i 8 olika bostadsområden och dels i ett antal fastigheter med värmepumpar. De senare objekten letades upp separat eftersom värmepumpstekniken är så ny att den ännu ej vunnit allmän spridning.

Inventeringen genomfördes med ljudmätningar av alla tänkbara slag och genom intervjuer med de boende. Varje mättekniskt studerad egenskap utvärderades även subjektivt med hjälp av intervjuer och bullerbetyg.

Efter inventeringsfasen som var mer tidskrävande och resurskrävande än väntat genomfördes det övergripande analysarbetet.

## 2. BYGGNADSAKUSTISKA MÄTETAL

### 2.1 SBN 1980 och dess allmänna tolkning

I Svensk Byggnorm kapitel 34 anges ett antal ljudisolerings- och bullernivåkrav. Dessa krav är formulerade som absoluta gränsvärden. Byggnormen föreskriver således att dessa värden ej skall underskridas alternativt överskridas beroende av vilken parameter som avses. Undantagsregler med hänsyn till mätprecision m m anges i ett särskilt avsnitt. I detta avsnitt anges som en allmän regel följande föreskrift

*Vid bedömning av resultat från mätningar av .... skall hänsyn tas till mätningarnas omfattning, mätprecisionen och andra omständigheter*

Vidare anges att kraven får anses vara uppfyllda om gränsvärdena inte förfelas med mer än 1 dB alternativt 2 dB om avvikelser beror på att ljudisoleringsvärdet bestäms av att avvikelsen vid 100 eller 125 Hz är större än 8 dB. En avvikelse på 2 dB godtages dessutom för ljudnivån från installationer m m samt för stegljudsisoleringen mellan trapphus, korridor eller loftgång och intilliggande rum om stegljudsnivåindex bestäms av att avvikelsen vid 2500 eller 3150 Hz är större än 8 dB.

Samtidigt som man tolererar en avvikelse på 1-2 dB *med hänsyn till mätprecisionen m m* så är byggnormskraven formulerade med en upplösning på 1 dB. Som exempel kan anges att luftljudsisoleringskravet mellan bostadsrum i olika lägenheter i flerfamiljshus är 52 dB vid mätning horisontellt men 53 dB vid mätning diagonalt eller vertikalt.

Mot denna bakgrund är det uppenbart att man skall tolka byggnormen som att den föreskriver att samtliga skiljekonstruktioner respektive installationer skall uppfylla de uppställda kraven. I bjärt kontrast till denna idé står de mätinsatser som genomförs för kontroll av kravens efterlevnad. Ytterst sällan genomförs mer än ett fåtal mätningar på de objekt som kontrolleras. I ett nybyggt bostadsområde med ett hundratal bostadslägenheter kontrollmäter man kanske på sin höjd 2-3 st skiljeväggskonstruktioner. Detta beror naturligtvis främst av ekonomiska skäl men

även på att man behandlar varje byggnadskonstruktion som något deterministiskt. Det är ju genomgående samma konstruktion inom hela byggnadsobjektet och således måste ljudisoleringen respektive bullernivåerna vara desamma för alla lägenheter. Erhåller man några variationer så hänskjutes dessa genast till mätmetodens onoggrannhet.

Redan på ett tidigt stadium av projektet framstod det klart att detta synsätt var helt felaktigt. De utnyttjade mätmetoderna har en noggrannhet som vida överträffar de variationer som erhållits inom ett och samma bostadsområde. Onoggrannheten vid upprepade mätningar på en och samma skiljekonstruktion (samma rum, samma mät rutin och utrustning men olika mättillfällen) ligger typiskt inom  $\pm 0.5$  dB och alltid inom  $\pm 1$  dB. Spridningen inom ett normalt bostadsområde uppvisar en typisk standardavvikelse på 3.0 dB om man studerar en skiljekonstruktions luftljudsisoleringsindex ( $I_a$ ), på 3.7 dB om man på motsvarande sätt studerar stegljudsnivåindex ( $I_j$ ) och på 3.3 dBA om man studerar bulleralstringen från någon installation. Dessa värden har erhållits genom att medelvärdesbilda de standardavvikelser som erhållits för respektive bostadsområde och som redovisas i Annex A, B och C i SP-RAPP 1983:37. Enstaka standardavvikelser i storleksordningen 7 till 8 dB är inte ovanliga som det med all önskvärd tydlighet framgår av faktarapporten och dess tabeller. En standardavvikelse på 3 dB innebär att 68 % av testobjekten uppvisar värden inom  $\pm 3$  dB refererat till medelvärdet. Hela 16% av objekten uppvisar då värden som är sämre än (medelvärdet  $\pm$  standardavvikelsen). Denna betraktelse förutsätter att den studerade storheten är normalfördelad, vilket torde vara ett mycket rimligt antagande.

Eftersom man av praktiska och ekonomiska skäl begränsar antalet mätningar på varje byggnadsobjekt måste man komma ihåg att den egenskap man sålunda bäst skattar är medelvärdet. Det är störst sannolikhet att man erhåller observationer nära medelvärdet. Detta betraktelsesätt har tillämpats i den första faktarapporten. Genom att utföra ett tillräckligt stort antal mätningar på varje skiljekonstruktion eller bullerkälla inom varje bostadsområde har en för bostadsområdet och den studerade konstruktionsdetaljen typisk egenskap fastställts genom enkel medelvärdesbildning. Medelvärdet plus den observerade standardavvikelsen användes sedan för att beskriva förhållandena.

Ett ytterligare förhållande som talar för det rimliga i att arbeta med medelvärden är det faktum att de mättekniskt studerade egenskaperna endast utgör en del av en hel kedja av förhållanden som avgör om bullerstörning uppstår eller ej. Således tillkommer i ljudisoleringsssammanhang sådana variabler som själva ljudkällan (art, nivå och förekomst i tidshänseende) och mottagarförhållandena (mottagarummets användning, dess absorption och bakgrundsbullernivåer) men även skiljekonstruktionens area kan vara viktig trots att denna ofta normaliseras bort vid luftljudsisoleringsbestämningen. De personer som utsättes för bullerexponeringen är också viktiga variabler genom olika vanor och toleransnivåer. Dessa extra variabler som sålunda ej studeras, komplicerar bilden genom sin påverkan - så att det inte är möjligt att finna någon korrelation mellan upplevd störning och mätetalet om mätetalets variationsområde är för litet. Detta förhållande har erfärlits genom de resultat som erhållits i detta projekt, se exempelvis figur 1-5 i SP-RAPP 1983:37 och figurerna 4 och 5 i SP-RAPP 1983:52. Det är således inte motiverat att särbehandla enstaka testobjekt inom ett bostadsområde med hänsyn till subjektiva störningsaspekter med mindre än att resultatspridningen är mycket stor.

Av dessa resonemang framgår

- att det är otillräckligt med enstaka kontrollmätningar om man vill kontrollera huruvida byggnormskraven innehålls eller ej.
- att det är nödvändigt att mäta på många olika ställen inom ett byggnadsobjekt innan man kan uttala sig om den kvalitét som uppnåtts.
- att byggnormen bör revideras beträffande innebörden av kravgränserna.

**FÖRSLAG:** Byggnormstexten ändras så att man påtalar behovet av en mer omfattande stickprovstagning. Detta göres i ett sammanhang, där man påtalar att en och samma skiljekonstruktion eller installation kan uppvisa stora skillnader i olika rum inom ett och samma byggnadsobjekt.

Kravgränserna formuleras sedan på ett ur statistisk synvinkel relevant sätt. Exempelvis kan man tänka sig kraven formulerade för medelvärden och i kombination med en lämplig säkerhetsmarginal.

KOMMENTAR: En sådan nyordning kräver enklare fältmättningsförfaranden vilket är ett uttalat behov även med hänsyn till andra problem.

## 2.2 Olika ljudisoleringsindex

En av projektets målsättningar har varit att analysera lämpligheten och förhållandet mellan de mätetal som utnyttjas inom byggnadsakustiken.

I SBN 80 förekommer ett antal krav beträffande bostadens ljudisolering. Dessa är formulerade i storheterna  $l_a$  och  $l_i$ , dvs luftljudsisoleringsindex (a står för air-borne) och stegljudsnivåindex (i står för impact). Reglerna för hur dessa index fastställs finns noggrant angivet i Svensk standard [1]. De svenska reglerna överensstämde tidigare med motsvarande internationella regler men i den nya ISO-standarden [2] som antogs 1982, infördes vissa förenklingar. Bl a tog man bort den sk 8-dB regeln. Denna regel innebär att indexvärdet bestäms av ljudisoleringen inom ett enskilt frekvensband om detta uppvisar mycket sämre ljudisolering än de övriga frekvensbanden. Ändringen av ISO-standarden har sedermera även inneburit att en ny Svensk standard tagits fram [3]. Denna standard bygger helt på ISO 717. Vad innebär då denna nyordning för de krav som anges i byggnormen? Hur översätter man kraven till de nya ljudisoleringsmått?

Gemensamt för de aktuella utvärderingsmetoderna är dock fortfarande att de förutsätter att man genomför en fullständig frekvensanalys med mätningar och beräkningar i 16 tersband från 100 Hz till 3150 Hz. Ett sådant förfarande är både besvärligt, resurs- och tidskrävande samt naturligtvis dyrt. Finns det möjligen något enklare sätt att finna samma information? Måste man arbeta med 16 tersband för att få fram ett enda ljudisoleringsstal?



För att kunna bearbeta dessa frågeställningar så inleddes projektarbetet med att några alternativa och aktuella utvärderingsmetoder lades in i det datorprogram som sedermera ombesörjde fältmättningsberäkningarna. Sålunda har varje luftljudsisoleringmätning innefattat en bestämning av följande storheter:

- Luftljudsisoleringsindex  $I_a$  enligt Svensk standard SS 02 52 53
- Vägt reduktionstal  $R'_w$  enligt ISO 717/1-1982
- A-vägd ljudtrycksnivåskillnad mellan sändar- och mottagarrum  $\Delta L_A$ .

Det sistnämnda mätetalet som inte finns med i någon av de diskuterade utvärderingsmetoderna fordrar ingen särskild beräkningsalgoritm och har medtagits för att kontrollera möjligheterna att nå rätt information men på ett väsentligt enklare sätt. De  $\Delta L_A$ -värden som redovisas i SP-RAPP 1983:37 har erhållits med ett approximativt plant sändarrumsspektrum. Den utnyttjade metoden innebar att mätningen inleddes med att man justerade sändarrumsspektrat till att bli huvudsakligen plant med hjälp av ett ställbart multipelfilter.

Ett för Sverige speciellt förhållande är att dörrars luftljudsisolering av tradition utvärderas med hjälp av medelreduktionstalet  $\bar{R}'$ . Detta hänger bl a samman med den svenska standarden SS 81 73 06 [4] som definierar de olika typgodkännandeklasserna för dörrar. Vid mätningar på dörrar var det därför naturligt att även ta med denna mätstorhet. Medelreduktionstalet har dock ej studerats för de övriga mätfallen eftersom detta mätetal troligen redan har tjänat ut sin roll.

På motsvarande sätt har varje stegljudsnivåmätning med den standardiserade hammarapparaten innefattat en bestämning av följande storheter:

- Stegljudsnivåindex  $I_i$  enligt Svensk standard SS 02 52 53
- Vägd normaliserad stegljudsnivå  $L'_{n,w}$  enligt ISO 717/2-1982
- A-vägd normaliserad stegljudsnivå  $L'_{n,A}$  enligt ex Fransk standard NF S 31-052
- A-vägd stegljudsnivå  $L'_A$

Det sista mätetalet kan fastställas genom direkta mätningar med en enkel ljudnivåmätare och fordrar inga efterklangstidsmätningar för normaliseringsberäkningar eller någon särskild beräkningsalgoritm. Av samma skäl som beskrivits för  $\Delta L_A$ , har detta mätetal tagits med i undersökningen för att undersöka möjligheterna att finna enklare ljudisoleringsmått.

Med hjälp av alla de resultat som sålunda finns redovisade i SP-RAPP 1983:37, analyseras de beskrivna frågeställningarna i avsnitten nedan.

### 2.3 Förhållandet mellan olika luftljudsisoleringsmått

#### 2.3.1 Förhållandet mellan $I_a$ och $R'_w$

I faktarapporten redovisas 128 luftljudsisoleringsmätningar och således lika många par av  $I_a$ - och  $R'_w$ -värden. Avvikelseerna mellan  $R'_w$  och  $I_a$  fördelar sig enligt tabell 1.

Tabell 1.

$R'_w - I_a$ (dB)	Antal mätfall
0	101
1	8
2	7
3	5
4	4
5	1
6	2
7	0
>8	0

Om man räknar 2 dB som en obetydlig avvikelse, så innebär detta att  $I_a$  och  $R'_w$  är i stort sett lika i 91 % av alla mätfall. I några enstaka fall kan dock skillnaderna bli ganska stora, ända upp till 6 dB.

Om man utnyttjar de 128 talparen för en regressionsanalys så erhålles följande linjära samband

$$R'_w = 0.99 I_a + 1.0 \quad [r = 99.44 \%, n = 128] \quad (1)$$

$r$  betecknar den sk korrelationskoefficienten som är 100 % om talparen ligger exakt på en rät linje. Sambandet ger en avvikelse som är mindre än 1 dB inom hela det intressanta variationsområdet för parametrarna.

### 2.3.2 Sambandet mellan $\overline{R^T}$ och $R^I_w$

I faktarapporten finns enbart 17 dörrmätningar och således endast 17 talpar för  $\overline{R^T}$  och  $R^I_w$ . Dessa observationer ger sambandet

$$R^I_w = 1.18 \overline{R^T} - 4.2 \quad [r = 98.00 \%, n = 17] \quad (2)$$

Om dessutom resultaten från 100 laboratoriemätningar på dörrar inkluderas erhålles sambandet

$$R^I_w = 1.26 \overline{R} - 5.9 \quad [r = 99.00 \%, n = 117] \quad (3)$$

Primecknet har tagits bort eftersom detta symboliserar fältmät-situationen. De bägge uttrycken ger något olika värden för högre ljudisoleringstal (differens <1.5 dB). Det senare uttrycket visar en högre korrelationskoefficient samtidigt som det är baserat på mycket fler observationer, varför ekvation (3) bör utnyttjas när så erfordras.

### 2.3.3 Sambandet mellan $I_a$ och $\Delta L_A$

$I_a$ ,  $R^I_w$  och  $\overline{R^T}$  bestäms samtliga med utgångspunkt från reduktions-talskurvan  $R(f_o)$ . Reduktionstalet för varje frekvensband ( $f_o = 100, 125, 160, \dots, 3150$  Hz) bestäms i sin tur med hjälp av uttrycket

$$R = L_S - L_M - 10 \lg (A_M/S) \quad (4)$$

där  $L_S$  är ljudtrycksnivån i sändarrummet,  $L_M$  är ljudtrycksnivån i mottagarrummet,  $A_M$  är mottagarrummets ekvivalenta absorptionsarea och  $S$  är skiljekonstruktionens area. Eftersom det totala antal frekvensband är 16 st, erfordras totalt 48 mätvärden för att man skall kunna fastställa  $R(f_o)$  och de aktuella indexvärdena (16 st  $L_S$ -värden, 16 st  $L_M$ -värden och 16 st  $A_M$ -värden).

$\Delta L_A$  som är den A-vägda och onormaliserade ljudnivåskillnaden mellan sändar- och mottagarrum fordrar endast två mätvärden.  $\Delta L_A$  innebär således en mycket stor förenkling men beror i gengäld av sändarrumsspektrat och av mottagarrummets absorptionsegenskaper. De  $\Delta L_A$ -värden som redovisas i SP-RAPP 1983:37 har erhållits med approximativt plana sändarrumsspektrum ( $L_S \approx$  samma värde för samtliga frekvensband) samt med möblerade mottagarrum.

De tre entalsvärdena  $I_a$ ,  $R'_W$  och  $\overline{R^T}$  är således närbesläktade medan  $\Delta L_A$  bestäms helt utan samband med reduktionstalsformeln (4). Mot denna bakgrund kan det möjligen vara motiverat att särbehandla de 17 dörrmätningarna eftersom användandet av  $S \approx 2 \text{ m}^2$  i reduktionstalsformeln ger ett något annorlunda förhållande till  $\Delta L_A$  för dessa än för de övriga 111 mätfallen där  $S$  varierar från  $10 \text{ m}^2$  till  $20 \text{ m}^2$  (vanligen  $10 \text{ m}^2$ ).

Genom att utnyttja de 111 talparen fastställda vid mätningar på väggar och bjälklag erhålles följande samband mellan  $I_a$  och  $\Delta L_A$

$$\Delta L_A = 1.08 I_a - 4.7 \quad [r = 97.10 \%, n = 111] \quad (5)$$

Med hänsyn till den stora förenklingen som  $\Delta L_A$  innebär så är den erhållna korrelationen mellan  $I_a$  och  $\Delta L_A$  förvånansvärt hög. Sambandet ger skillnader mellan  $I_a$  och  $\Delta L_A$  som är mindre än 2 dB inom hela det aktuella variationsområdet.

Om även de 17 dörrmätningarna inkluderas erhålles sambandet

$$\Delta L_A = 0.98 I_a + 1.6 \quad [r = 96.74 \%, n = 128] \quad (6)$$

dvs som synes en något lägre korrelation men i gengäld ett uttryck som visar mindre skillnader i absoluta tal mellan  $\Delta L_A$  och  $I_a$  än sambandet i ekvation (5).

#### 2.3.4 Övriga samband

Beräkningarna ovan har kompletterats med ett studium av sambandet mellan  $\Delta L_A$  och  $R'_w$  samt genom att som ett alternativ till de 128 mätningarna istället utnyttja de medelvärden som fastställts för varje bostadsområde. De åsyftade medelvärdena återfinns i Annex A i SP-RAPP 1983:37. De viktigaste regressions sambanden har sedan sammanställts i tabell A1, se Annex A längst bak i denna rapport. De kompletterande beräkningarna visar att det föreligger en god överensstämmelse mellan  $\Delta L_A$  och  $R'_w$  samt att man som väntat erhåller en större samstämmighet mellan variablerna om man istället för enstaka mätningar studerar medelvärdesresultat.

#### 2.3.5 Sammanfattning

Sammanfattningsvis så får man bekräftat att en övergång från  $I_a$  till  $R'_w$  betyder föga i faktiska tal. Vill man emellertid över sätta medelreduktionskraven för dörrar till krav uttryckta i  $R'_w$  måste dessa förändras med ett antal dB för speciellt de högre klasserna (se ekvation (3)).

Det mycket förenklade mätetalet  $\Delta L_A$  uppvisar en förvånansvärt god överensstämmelse med  $I_a$  respektive  $R'_w$ . Denna observation gäller för möblerade lägenheter och med approximativt plant sändarrumsspektrum, men är inte desto mindre lovande med hänsyn till möjligheterna att hitta ett enklare mätetal än de nu använda.

#### 2.4 Förhållandet mellan olika stegljudsnivåmått

I faktarapporten finns 165 stegljudsmätningar vars resultat kan användas för att studera sambandet mellan de olika stegljudsnivåmått. Samtliga dessa mätningar har genomförts med den standardiserade hammarapparaten som ljudkälla. De mätningar som genomförts med naturliga stegljud inkluderas ej. Ej heller inkluderas de mätresultat som i vissa fall erhållits genom subtraktion av det luftburna stegljudet (se exempelvis figur 8-15 i SP-RAPP 1983:37). Nedan redovisas de samband som erhållits genom regressionsanalys av denna datamängd.

### 2.4.1 Förhållandet mellan $l_i$ och $L'_{n,w}$

Avvikelserna mellan  $l_i$  och  $L'_{n,w}$  fördelar sig enligt tabell 2

Tabell 2.

$l_i - L'_{n,w}$ (dB)	Antal mätfall
5	105
6	21
7	13
8	12
9	13
10	1
11	0
>12	0
Totalt	165

Begynnelse-differensen på 5 dB beror av att man i ISO 717 tagit bort den regel som innebär att man avslutningsvis skulle addera 5 dB vid beräkningen av  $l_i$ -värdet. Denna regel motiverades av att man ville erhålla resultat som var direkt jämförbara med motsvarande resultat erhållna med oktavbandsmätningar.

Om man bortser från den fasta differensen på 5 dB och man räknar 2 dB som en obetydlig avvikelse, så innebär detta att  $l_i$  och  $L'_{n,w}$  är i stort sett lika i 84 % av alla mätfall. Detta är en väsentligt sämre siffra än som observerades för sambandet mellan  $l_a$  och  $R'_{w}$ , men i gengäld är antalet stora differenser mindre i tabell 2 än i tabell 1.

Regressionsanalysen ger följande linjära samband mellan det nya stegljudsnivåtalet  $L'_{n,w}$  och det gamla indextalet  $l_i$ .

$$L'_{n,w} = 0.97 l_i - 4.3 \quad [r = 99.03 \%, n = 165] \quad (7)$$

I det mest intressanta variationsområdet mellan 60 och 70 dB är differensen således i snitt ca 6 dB. Om man istället utnyttjar de medelvärden som redovisas i Annex B i SP-RAPP 1983:37 erhålles följande samband

$$\overline{L'_{n,w}} = 0.99 \overline{l_i} - 5.3 \quad [r = 99.29 \%, n = 23] \quad (8)$$

Differenserna blir i stort desamma som i ekvation (7), speciellt inom det mest intressanta variationsområdet.

Om man exempelvis vill översätta det vanliga byggnormskravet  $l_i \leq 63$  dB, så motsvaras detta av  $L'_{n,w} \leq 57$  dB.

#### 2.4.2 Sambanden mellan $l_i$ , $L'_{n,A}$ och $L'_A$

Följande samband har fastställts mellan  $l_i$  och de A-vägda storheterna

$$L'_{n,A} = 1.00 l_i + 0.9 \quad [r = 95.44 \%, n = 165] \quad (9)$$

$$L'_A = 1.06 l_i - 3.2 \quad [r = 94.72 \%, n = 165] \quad (10)$$

Sambandet mellan  $L'_A$  och  $L'_{n,A}$  ges i sin tur av uttrycket

$$L'_A = 1.05 L'_{n,A} - 3.5 \quad [r = 97.93 \%, n = 165] \quad (11)$$

Korrelationskoefficienterna är höga om än inte direkt lysande. Speciellt förhållandet mellan  $L'_A$  och  $L'_{n,A}$  uppvisar en hög korrelationskoefficient, vilket visar att normaliseringen till  $10 \text{ m}^2$  absorptionsarea fungerar som det var tänkt. Normaliseringen innebär att man beräknar de stegljudsnivåer som skulle erhållits om mättrummet hade varit försett med ett normalt men standardiserat möblemang motsvarande  $10 \text{ m}^2$  absorptionsarea. Avsikten är naturligtvis att göra mätresultaten oberoende av hur mycket möblemang som finns i mättrummet. Eftersom mätningarna utfördes i möblerade rum bör således de systematiska effekterna av normaliseringen vara försumbara, vilket också bekräftas av ekvation (11) (Differenserna är  $< 1$  dB inom variationsområdet 50 till 80 dB).

Notabelt är således att samstämmigheten mellan  $l_i$  och den franska motsvarigheten  $L'_{n,A}$  (Fransk standard NF S 31-052) är obetydligt bättre än överensstämmelsen mellan  $l_i$  och  $L'_A$ , åtminstone så länge man inskränker sig till möblerade bostadsrum.

### 2.4.3 Övriga samband

Sambanden mellan de övriga parameterkombinationerna har också studerats. Dessa resultat redovisas i tabell A2 i Annex A. I denna tabell redovisas också de samband som erhållits om man istället för att utnyttja resultaten av de 165 mätningarna utnyttjar de medelvärden som redovisas för de olika bostadsområdena i Annex B i SP-RAPP 1983:37. Dessa medelvärden är baserade på totalt 138 mätningar, varför 27 av de ursprungliga mätningarna inte finns med i detta sammanhang.

Som väntat ger medelvärdena högre korrelationsvärden än de individuella mätresultaten. Notabelt är också att de A-vägda storheterna,  $L'_A$  och  $L'_{n,A}$ , korrelerar bättre (2-3 %) med  $L'_{n,w}$  än med  $I_i$ .

### 2.4.4 Sammanfattning

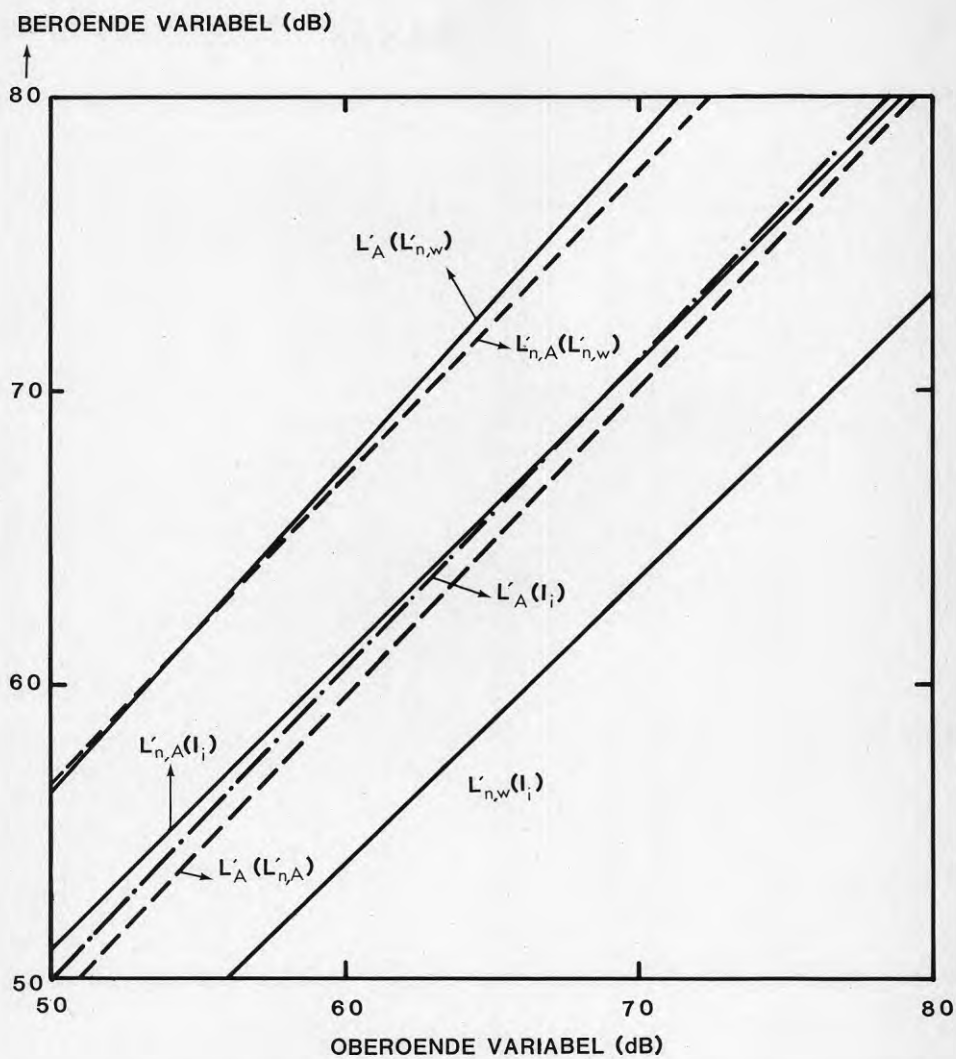
De regressions samband som erhållits med hjälp av de individuella mätresultaten (165 st) finns grafiskt återgivna i figur 1. Figuren visar bl a att de A-vägda storheterna  $L'_A$  och  $L'_{n,A}$  är de variabler som ligger numeriskt sett närmast  $I_i$ . Detta kan naturligtvis åberopas som en ytterligare fördel för det enkla mätetalet  $L'_A$ .

Beträffande sambandet mellan  $I_i$  och  $L'_{n,w}$  så är korrelationskoefficienten relativt hög, samtidigt som en konstant differens på 6 dB erhålles inom det mest intressanta variationsområdet.

## 2.5 Ljudisoleringsmåttens statistiska egenskaper

I samband med att mätresultaten har medelvärdesbildats för varje bostadsområde, så har även en standardavvikelse fastställts för de olika ljudisoleringsmått. Dessa standardavvikelser återges i Annex A och Annex B i SP-RAPP 1983:37. Om dessa standardavvikelser medelvärdesbildas erhålles följande resultat:





FIGUR 1. Illustration av de uppskattade regressions sambanden mellan stegljudstalen  $l_i$ ,  $L'_{n,w}$ ,  $L'_{n,A}$  och  $L'_A$ .

Tabell 3.

Ljudisoleringsmått	Typisk standardavvikelse (dB)
$l_a$	3.0
$R'_{w}$	3.0
$\Delta L_A$	3.0
$l_i$	3.7
$L'_{n,w}$	3.6
$L'_{n,A}$	3.6
$L'_A$	3.6

Skillnaderna är således helt obetydliga vilket innebär att de olika ljudisoleringsmått ger samma eller åtminstone tillräckligt hög mätprecision i förhållande till de faktiska isoleringsvariationer som förekommer inom varje bostadsområde.

### 3. EFTERLEVNADEN AV BYGGNORMSKRAVEN

#### 3.1 Olika byggnormsutgåvor

I undersökningen ingår 8 bostadsområden som kartlagts fullständigt. Område nr 1-4 samt nr 7 och 8 är alla exempel på nya bostäder som byggts efter 1975 och huvudsakligen under 80-talet. Dessa byggnader har följaktligen konstruerats med hänsyn till föreskrifterna i SBN 1975 alternativt SBN 1980.

Bostadsområde nr 5 byggdes under 1961-62 medan område nr 6 består av två mycket gamla radhuslängor som renoverades fullständigt i slutet av 70-talet.

För byggnader som uppfördes efter 1 juli 1960 gällde anvisningarna i BABS 1960 [5]. Dessa anvisningar som således reglerade byggnationen av område 5, var naturligtvis annorlunda formulerade än de föreskrifter som återfinns i SBN 1980. Bl a angavs ett luftljudsisoleringskrav mellan bostadsrum i flerfamiljshus som närmast motsvaras av  $L_a \geq 51$  dB.  $L_a$ -värdesbegreppet var inte introducerat vid detta tillfälle. Stegljudskravet är lite svårare att översätta eftersom man använde en annorlunda kravkurva än den som senare kom till bruk vid definitionen av vårt nuvarande stegljudsnivåindex. Kravkurvan var lägre och således strängare för frekvenser över 500 Hz medan den var högre och mindre sträng under 315 Hz än den nuvarande  $L_i$ -kurvan. Differenserna var -4 dB över 800 Hz och +5 dB under 250 Hz.

Beträffande ombyggnadsobjektet (bostadsområde nr 6) så reglerades renoveringen av byggnormens ombyggnadsbestämmelser som anger lägre krav än motsvarande nybyggnadskrav. Som luftljudskrav anges  $L_a \geq 49$  dB och som stegljudskrav anges  $L_i \leq 68$  dB. Som dörr mellan trapphus och lägenhet godtages befintlig dörrkonstruktion om denna har ett medelreduktionstal på minst 25 dB. Om dörren bytes skall medelreduktionstalet dock vara minst 30 dB. Om man studerar de olika mätresultaten och de valda konstruktionerna verkar det emellertid som att byggherren i detta fall har haft större ambitioner än de nämnda ombyggnadskraven. Detta har också bekräftats av byggherren.

Låt oss utan att glömma det som påtalats för bostadsområde nr 5 och nr 6 ovan, jämföra samtliga mätresultat med nybyggnadskraven i SBN 1980. En sådan bearbetning ger en bild av efterlevnaden av föreskrifterna och framförallt ger det en bild av den byggnadsakustiska kvaliteten och av det akustiska klimatet i våra moderna svenska bostäder. Undersökningen är visserligen begränsad både geografiskt och omfattningsmässigt men det finns inga speciella skäl som visar att resultaten inte skulle ha generell giltighet. Detta resonemang torde ej gälla trafikbullerproblematiken vilken dock ej studerats i detta projekt.

### 3.2 Efterlevnaden av ljudisoleringskraven

Mätresultaten i SP-RAPP 1983:37 har sammanställts ämnesvis i stapeldiagram enligt nedanstående tabell 3 och 4. Sammanställningen anvisar vilka byggnormskrav det gäller. Dessa krav var desamma även i SBN 1975.

Tabell 3.

LÄGENHETSSKILJANDE KONSTRUKTION	LUFTLJUDS-ISOLERINGSKRAV	FIGUR-HÄNVISNING
Vägg mellan bostadsrum i flerfamiljshus	$l_a \geq 52$ dB	Figur 2A
Bjälklag mellan bostadsrum i flerfamiljshus	$l_a \geq 53$ dB	Figur 2B
Vägg mellan sammanbyggda enbostadshus	$l_a \geq 55$ dB	Figur 2C
Dörr mellan trapphus eller loftgång och lägenhet i flerfamiljshus	$\overline{R}_T \geq 30$ dB	Figur 3A
Vägg med dörr mellan trapphus och tambur i flerfamiljshus	$l_a \geq 39$ dB	Figur 3B
Vägg mellan loftgång och bostadsrum	$l_a \geq 39$ dB	Figur 3C

Not. - Byggnormens gränsvärden har markerats i de olika figurerna. Gränsvärdesmarkeringarna har dock placerats 1 resp 2dB mildare än kraven eftersom byggnormen godtar en sådan avvikelse.

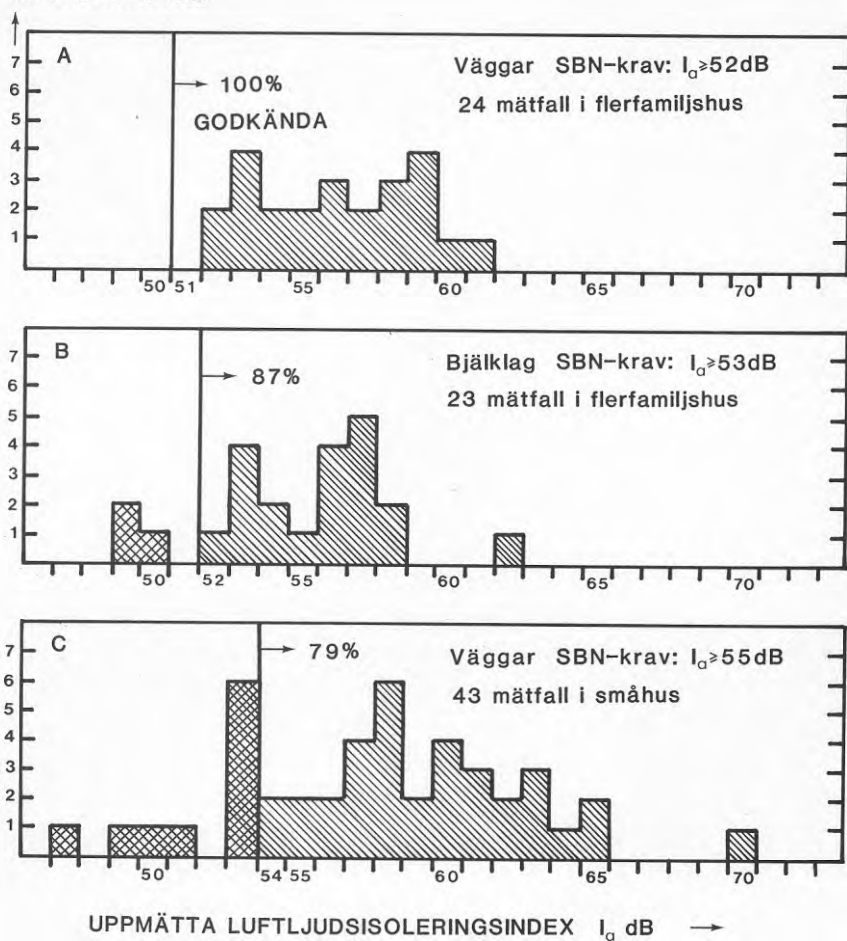
Tabell 4.

LÄGENHETSSKILJANDE KONSTRUKTION	STEGLJUDS-NIVÅKRAV	FIGUR-HÄNVISNING
Bjälklag mellan bostadsrum i flerfamiljshus (vertikal transmission)	$L_i \leq 63$ dB	Figur 4A
Vägg mellan bostadsrum i flerfamiljshus eller sammanbyggda enbostadshus (horisontell transmission)	$L_i \leq 63$ dB	Figur 4B
Mellan invändig trappa och bostadsrum i sammanbyggda småhus	$L_i \leq 63$ dB	Figur 5A
Mellan trapphus eller loftgång och bostadsrum i flerfamiljshus	$L_i \leq 68$ dB	Figur 5B

Med undantag för tamburdörrsresultaten och resultaten på loftgångsskiljeväggen i bostadsområde nr 8 (figur 3), så har genomgående goda luftljudsisoleringresultat erhållits. I figur 2 så är 100 %, 87 % och 79 % av mätresultaten godkända. Om gränfallen i diagram 2C räknas som godkända, 6 mätfall gav  $L_a = 53$  dB, blir den sista siffran istället 91 %. Att bristande ljudisolering hos dörrar är ett vanligt problem framgår redan av tidigare fältundersökningar, se exempelvis [6]. Eftersom endast ett bostadsområde med loftgångshus har studerats, är det naturligtvis svårt att generellt uttala sig om denna speciella problematik. Kravet på en minsta luftljudsisolering mellan loftgång och sov- eller vardagsrum är ett av de få ytterväggskrav som finns i byggnormen, vilket naturligtvis ställer speciella krav på fönster och vädringsluckor m m.

Ett för sammanbyggda småhus typiskt luftljudsisoleringsproblem som diskuterats mycket under senare år gäller transmission via bottenplattor av betong med underliggande isolering. Dessa problem som även framgår av denna undersökning kan detaljstuderas för de 3 första bostadsområdena i SP-RAPP 1983:37. Olika typer av bottenplattor förekommer och reduktionstalen är mellan 3 till 10 dB lägre för bottenplanet än för våningsplan 2. Variationerna är dessutom stora inom de områden där problemen är störst.

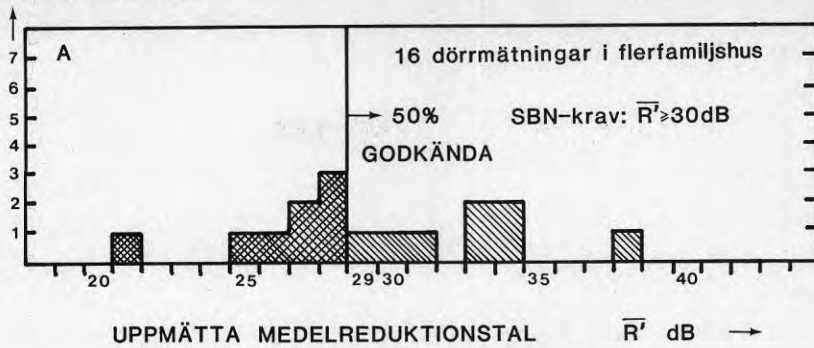
## ANTAL MÄTFALL



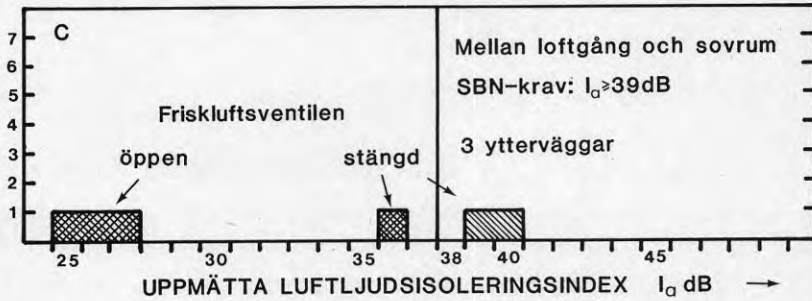
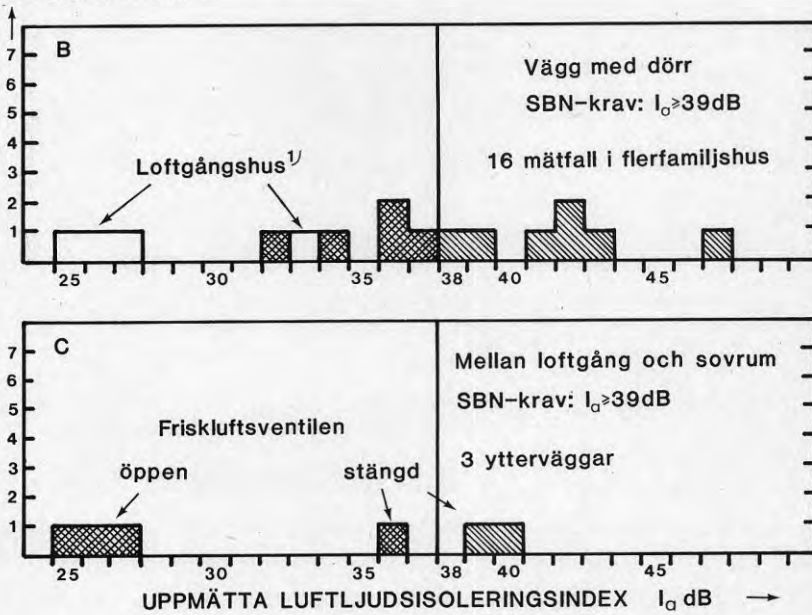
FIGUR 2. Sammanställning av de individuella luftljudsisoleringresultaten i SP-RAPP 1983:37. Presentationen har uppdelats med avseende på olika skiljekonstruktioner och byggnormskrav. Se även figur 3.

- 2A. Lägenhetsskiljande väggar mellan bostadsrum i flerfamiljshus.
- 2B. Lägenhetsskiljande bjälklag mellan bostadsrum i flerfamiljshus.
- 2C. Lägenhetsskiljande väggar mellan sammanbyggda småhus.

## ANTAL MÄTFALL



## ANTAL MÄTFALL



FIGUR 3. Sammanställning av de individuella luftljudsisoleringresultaten i SP-RAPP 1983:37. Presentationen har uppdelats med avseende på olika skiljekonstruktioner och byggnormskrav. Se även figur 2.

- 3A. Dörrar mellan trapphus eller loftgång och lägenhet i flerfamiljshus.
- 3B. Vägg mellan trapphus och tambur i flerfamiljshus.
- 3C. Vägg mellan loftgång och bostadsrum i loftgångshus.

Not<sup>1)</sup> Det finns inget motsvarande krav på isoleringen hos vägg med entrédörr för loftgångshus!?

Om vi sedan granskar stegljudsresultaten i figur 4 och 5 så finner vi även här goda resultat. Speciellt den horisontella stegljudstransmissionen via den lägenhetsskiljande väggen uppvisar låga stegljudsnivåer, i snitt mer än 10 dB bättre än gränsvärdet. Kravet på stegljud från trapphus och loftgångar är liberalare än de övriga kraven (5 dB) samtidigt som andelen underkända resultat är relativt högt (29 %). Detta förhållande motiverar möjligen ytterligare studium.

De positiva erfarenheter som erfarits ovan kan lämpligen jämföras med hur det ser ut i andra länder. I referens [7] anges att mindre än hälften av det moderna brittiska bostadsbeståndet uppfyller ljudisoleringskraven enligt de brittiska byggnadsreglerna. I referens [8] påtalas också att byggnadsföreskrifterna i nästan alla europeiska länder och i USA inte efterlevs på ett effektivt sätt.

Eftersom ljudisoleringskraven i Sverige inte är lägre än i övriga länder, kan man sålunda dra slutsatsen att de lägenhetsskiljande konstruktionerna i den moderna svenska bostaden har en god ljudisoleringsstandard.

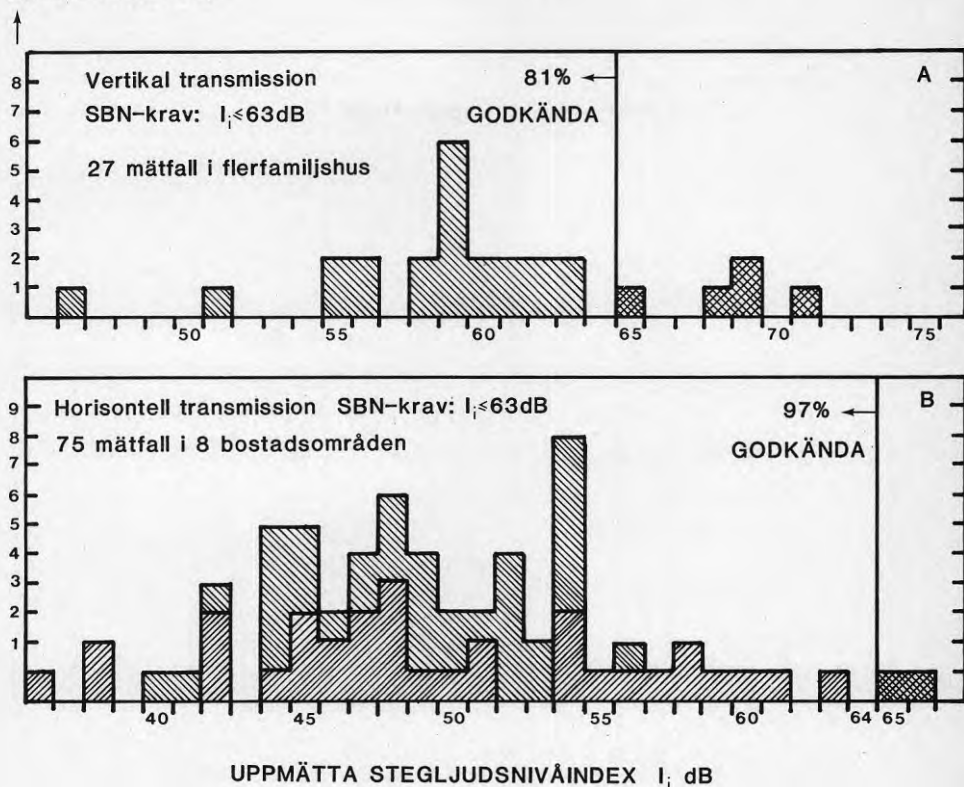
### 3.3 Efterlevnaden av bullerkraven

I avsnitt 34:23 av byggnormen anges att varaktiga ljud från inom byggnaden men utom lägenheten beläget utrymme inte får överstiga 30 dBA i bostadsrum (35 dBA under dagen) och 35 dBA i kök. Vatten- och avloppsinstallationer skall vidare anordnas så att ljudnivån inte överstiger 35 dBA i bostadsrum och 40 dBA i kök vid i- och avtappning av vatten utom lägenheten. Installationer inom lägenheten som fungerar dygnet runt skall anordnas så att ljudnivån inte överstiger 30 dBA i lägenhetens sov- och vardagsrum.

Efterlevnaden av byggnormskraven har penetrerats med de mätningar som genomförts och som presenteras i SP-RAPP 1983:37 och SP-RAPP 1983:52. Resultaten i den första faktarapporten har sammanställts i figur 6 medan resultaten i värmepumpsrapporten redovisas i figur 7. Mätningarna bakom resultaten i figur 6 har genomförts enligt de regler som byggnormen anvisar (SPs cirkulär nr 40).



## ANTAL MÄTFALL

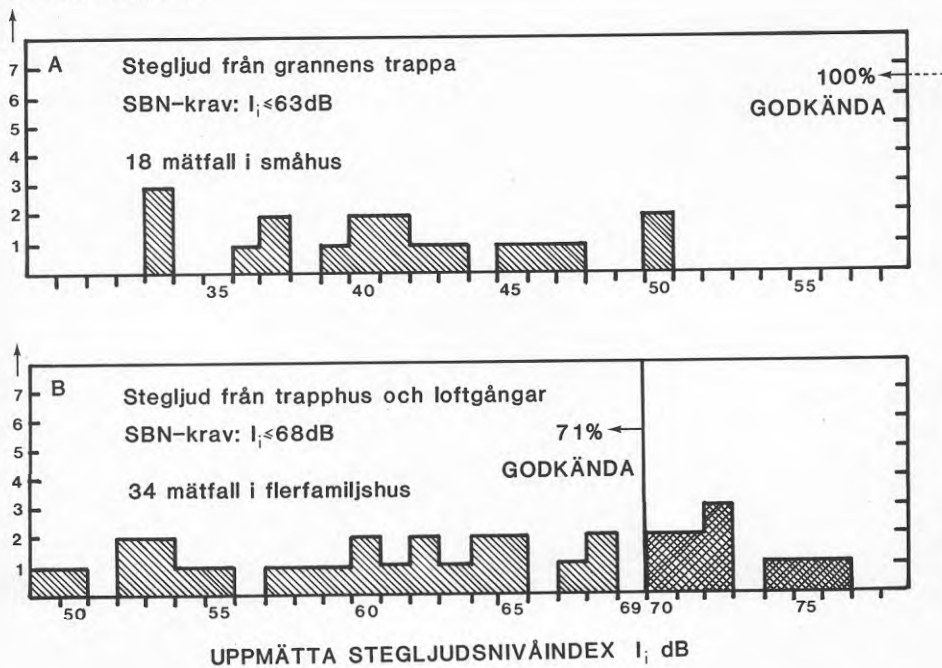


FIGUR 4. Sammanställning av de individuella stegljudsnivåresultaten i SP-RAPP 1983:37. Presentationen har uppdelats med avseende på olika skiljekonstruktioner och byggnormskrav. Se även figur 5.

- 4A. Vertikal transmission via bjälklag mellan bostadsrum i flerfamiljshus.
- 4B. Horisontell transmission via väggar mellan bostadsrum

■ i flerfamiljshus  
▨ i sammanbyggda enbostadshus

## ANTAL MÄTFALL



FIGUR 5. Sammanställning av de individuella stegljudsnivåresultaten i SP-RAPP 1983:37. Presentationen har uppdelats med avseende på olika skiljekonstruktioner och byggnormskrav. Se även figur 4.

- 5A. Mellan invändig trappa och bostadsrum i sammanbyggda småhus.
- 5B. Mellan trapphus eller loftgång och bostadsrum i flerfamiljshus.

Som redan tidigare påpekats så har emellertid ingen normalisering till  $10 \text{ m}^2$  absorptionsarea (normal möblering) genomförts vid dessa mätningar. Detta avsteg från anvisningarna bedömes dock ej väsentligen påverka förhållandena i figuren och de slutsatser som dragits, eftersom mätningarna utförts i möblerade rum. Jämför med den goda korrelation som erhållits mellan  $L'_{A}$  och  $L'_{n,A}$  i avsnitt 2.4.2. Samtliga mätningar i SP-RAPP 1983:52 har genomförts fullständigt dvs inklusive normaliseringen. Normaliseringskorrektionerna för dessa mätningar var alltid mindre än  $\pm 2 \text{ dB}$ .

### 3.3.1 Varaktiga ljud från installationer inom byggnaden men utom lägenheten-----

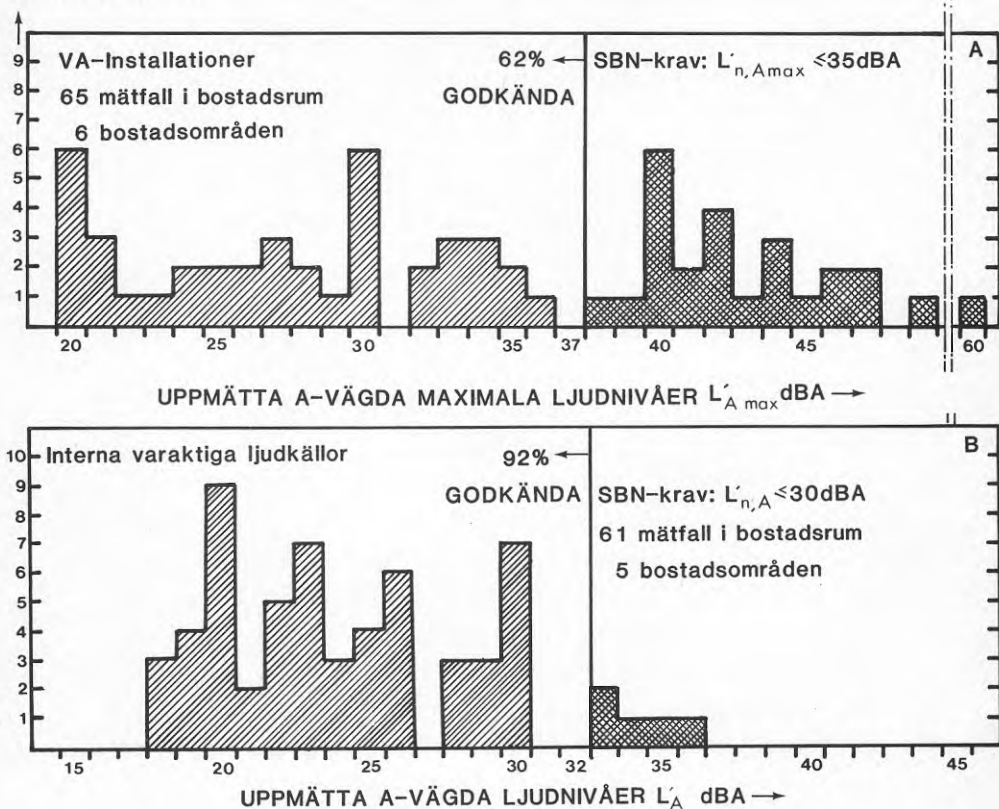
Beträffande varaktiga bullerkällor inom byggnaden men utom lägenheten så har inga väsentliga sådana bullerkällor identifierats i den utförda inventeringen. Däremot förekommer icke-stationära intermittenta bullerkällor som avger kraftiga men kortvariga ljud såsom hissar och sopedkast. I detta sammanhang kan det vara på sin plats att ställa följande fråga: *Vad menas med begreppet varaktig bullerkälla? (Är exempelvis en hissinstallation en varaktig eller kortvarig ljudkälla?)*. Några bullerkrav på kortvariga bullerkällor av denna typ förekommer ej i byggnormen, vilket synes vara en klar brist eftersom störningsupplevelsen ej alltid är beroende av varaktigheten.

### 3.3.2 Buller från vatten- och avloppsinstallationer

Buller från vatten- och avloppsinstallationerna har studerats i samtliga bostadsområden. Resultaten som sammanställts i figur 6A har erhållits i 6 av de 8 områdena. I de övriga bostadsområdena var ljudnivåerna av VA-installationerna så låga att de ej kunde fastställas på den allmänna bakgrundsbullernivån. Detta innebär att nivåerna låg väl under  $30 \text{ dBA}$  och nästan alltid under  $20 \text{ dBA}$ .

18 av de 25 fall som visar för höga nivåer i figur 6A, härrör från de äldre höghusen i bostadsområde nr 5. BABS 1960 angav som riktvärden för t ex sanitära installationer eller maskinella anordningar att ljudnivån för varaktiga ljud skulle vara  $\leq 40 \text{ dBA}$  i bostadsrum inom särskilt bullrande distrikt och  $\leq 30 \text{ dBA}$  i

## ANTAL MÄTFALL



FIGUR 6. Sammanställning av de individuella bullernivåresultaten i SP-RAPP 1983:37. Presentationen har uppdelats med avseende på de olika byggnormskraven.

Observera att mätresultaten är onormaliserade medan byggnormskraven är angivna i den normaliserade ljudnivån. De maximala ljudnivåerna i diagram A har fastställts med ljudnivåmätare i läge FAST och med avläsning av maxnivåerna.

Mätvärden under 25 dBA beror av bakgrundsbuller.

- 6A. Buller från vatten- och avloppsinstallationer vid in- och avtappning av vatten utanför lägenheten.
- 6B. Buller i bostadsrum från installationer i den egna lägenheten som är avsedda att fungera dygnet runt.

bostadsrum inom särskilt tysta distrikt. Dessa riktvärden gällde således för varaktiga ljud. Samtidigt synes man i exempelvis avsnitt 23:25 av BABS 1960, betrakta sanitära installationer och hissar som varaktiga ljudkällor. Detta förhållande betonar den aktuella tolkningsfrågan ytterligare.

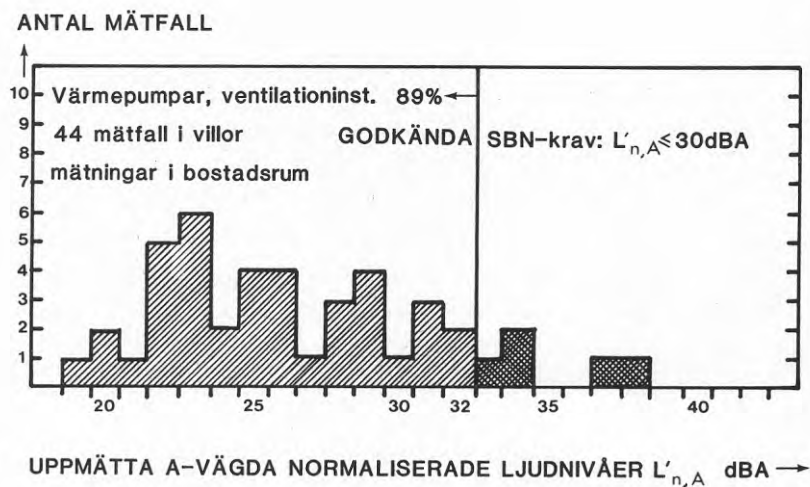
Om resultaten från höghusen inte medräknas blir utfallet för de övriga bostadsområdena klart godkänt. Genom att inkludera de två områden där ljudalstringen var lägre än bakgrunden, erhålles att 88 % av alla mätresultat var godkända.

### 3.3.3 Ljud från interna installationer som går dygnet runt

Beträffande ljudkällor som förekommer i den egna lägenheten och som är avsedda att fungera dygnet runt, så har resultaten från 5 av de 8 områdena sammanställts i figur 6B. I de övriga bostadsområdena saknades sådana bullerkällor. I figuren inkluderas ej heller mätresultat från kyl- och frysskåp eftersom ljudnivåerna av dessa källor var mycket låga i sov- och vardagsrummen. Detta gäller samtliga bostadsområden utom för område nr 2, där det förekom en öppen planlösning mellan kök och vardagsrum samtidigt som skåpens bulleralstring var högre än normalt. Eftersom byggnormskravet endast gäller i sov- och vardagsrum så gäller denna restriktion även för mätresultaten i figur 6B. Resultaten i figur 6B visar på en hög efterlevnad av byggnormskravet.

I SP-RAPP 1983:52 har bulleralstringen av värmepumpar studerats i 30 fristående småhus och 3 flerfamiljshus. De mätresultat som fastställts i vardags- och sovrum och som gäller för värmepumpar installerade inomhus, har sammanställts i figur 7. I denna figur har även de resultat inkluderats som erhållits för andra likartade bullerkällor. Dessa extraresultat utgör 18 % av mätfallen.

Som framgår av figuren så är efterlevnaden av byggnormens bullerkrav hög även för denna typ av bostäder.



FIGUR 7. Sammanställning av de individuella bullernivåresultat som redovisas i SP-RAPP 1983:52 för invändigt placerade värmepumpar och diverse ventilationsinstallationer.

Mätvärden under 25 dBA kan ha påverkats av bakgrundsbullret.

### 3.4 Summering

Efterlevnaden av de olika byggnormskraven är hög i de moderna svenska bostäderna med ett fåtal undantag. Om man medelvärdesbildar godkännandeprocenttalen i figurerna 2 till och med 7 blir slutresultatet att kraven är uppfyllda i 80 % av alla mätfall. Antalet kraftiga underskridanden är dessutom lågt.

Som undantag från denna regel måste liksom tidigare entrédörrarna anges. Notabelt var dock att i endast ett av bostadsområdena (område nr 4) förekom av Statens planverk typgodkända dörrar. De typgodkända dörrarna gav dessutom klart godkända resultat.

Två problemställningar har studerats för lite för att man skall kunna uttala sig generellt om de bristfälliga resultaten. Det första problemet rör bulleralstringen av VA-installationer i större flerfamiljshus. Det andra problemet rör luftljudsisoleringen hos ytterväggen mellan loftgången och lägenheterna i loftgångshus. Mäterfarenheterna är mycket begränsade men så pass illavarslande att man mycket väl kan misstänka problem och således motivera vidare studium.

#### 4. LÄMPLIGA BYGGNORMSKRAV

##### 4.1 De subjektiva mätetalen

Inventeringsarbetet har omfattat dels ljudmätningar och dels parallella intervjuer med de boende. De mättekniskt studerade egenskaperna hos de undersökta bostäderna har sålunda utvärderats subjektivt genom att de boende fått betygsätta dessa. Inom varje bostadsområde har flera olika isoleringsegenskaper och de aktuella installationernas bulleralstring studerats på detta sätt. För att få en säker utvärdering har fler personer intervjuats inom varje område. Normalt intervjuades 20 till 30 vuxna personer inom varje bostadsområde. Även värmepumpsundersökningen omfattade ett 30-tal intervjuoffer men dessa fördelade sig på 30 villor och 3 flerfamiljshus.

Vid intervjuerna användes en betygsskala från 1 till 7. Betyget 1 motsvarar helt otillfredsställande och betyget 7 motsvarar helt tillfredsställande förhållanden. Betygen inom varje bostadsområde och för var och en av de ljudtekniskt studerade egenskaperna, har sedan medelvärdesbildats eftersom det visade sig fruktlöst att jämföra intervjuresultaten med mätresultaten för varje individuell situation. På detta sätt har par av objektiva medelmätvärden och subjektiva medelbetyg fastställts för varje bostadsområde.

Förutom medelbetyget, som är den variabel som fastställs med bäst precision, har ett antal fördelningsparametrar beräknats och redovisats i SP-RAPP 1983:37. Sålunda anges även andelen personer som gav lägre betyg än 3, andelen som gav högre betyg än 3 samt andelen som gav högre betyg än 4. Värden på samtliga dessa variabler återfinns i de faktarutor som presenteras i SP-RAPP 1983:37. Värden på fördelningsparametrarna har även beräknats med hjälp av de betygssammansättningar som redovisas för de tre kategorierna av värmepumpar i SP-RAPP 1983:52.

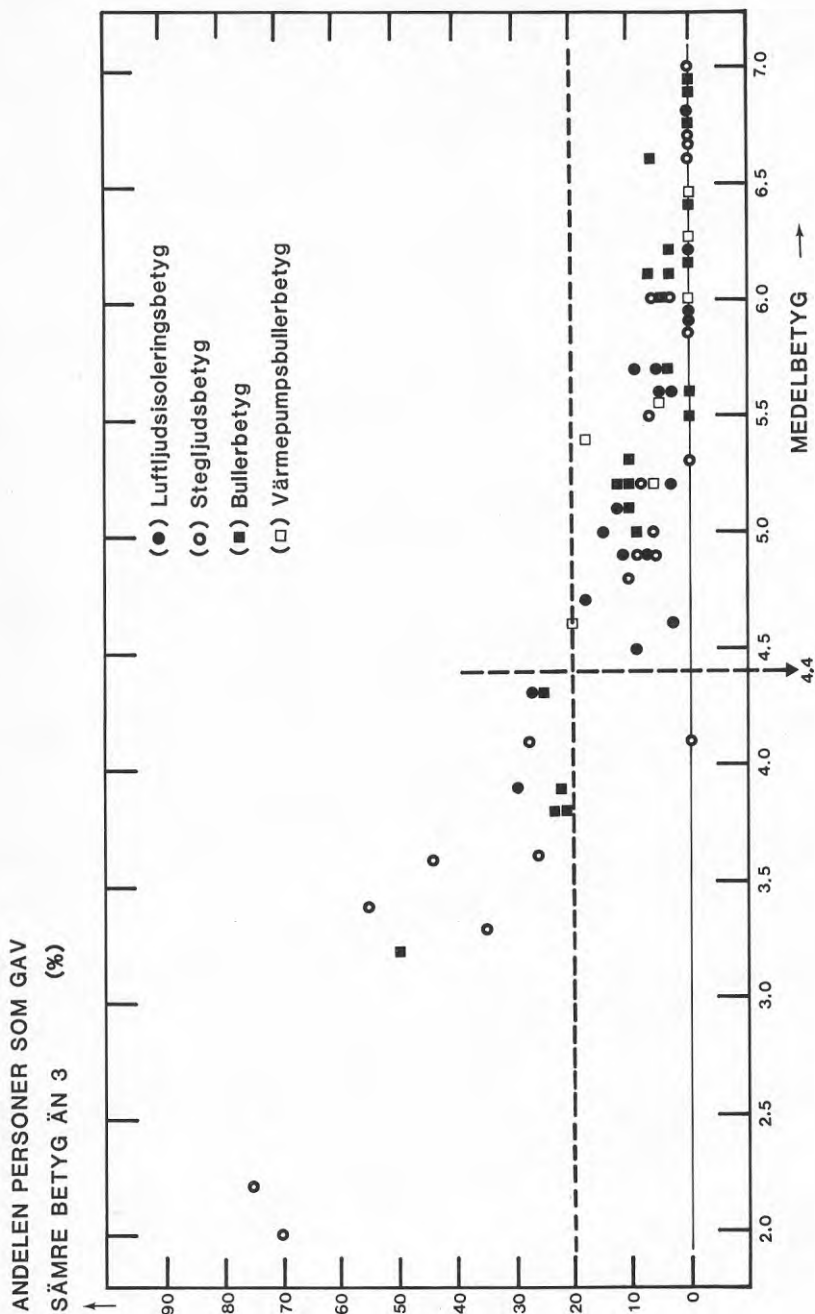


Naturligtvis finns det ett beroende mellan medelbetyget och de tre fördelningsparametrarna. Sambanden mellan medelbetyget och andelen personer som gav lägre betyg än 3 respektive högre betyg än 4, kan studeras i figur 8 och 9. I dessa figurer har betygsresultaten från annex A, B och C i SP-RAPP 1983:37 och från figur 6, 7 och 8 i SP-RAPP 1983:52 sammanställts.

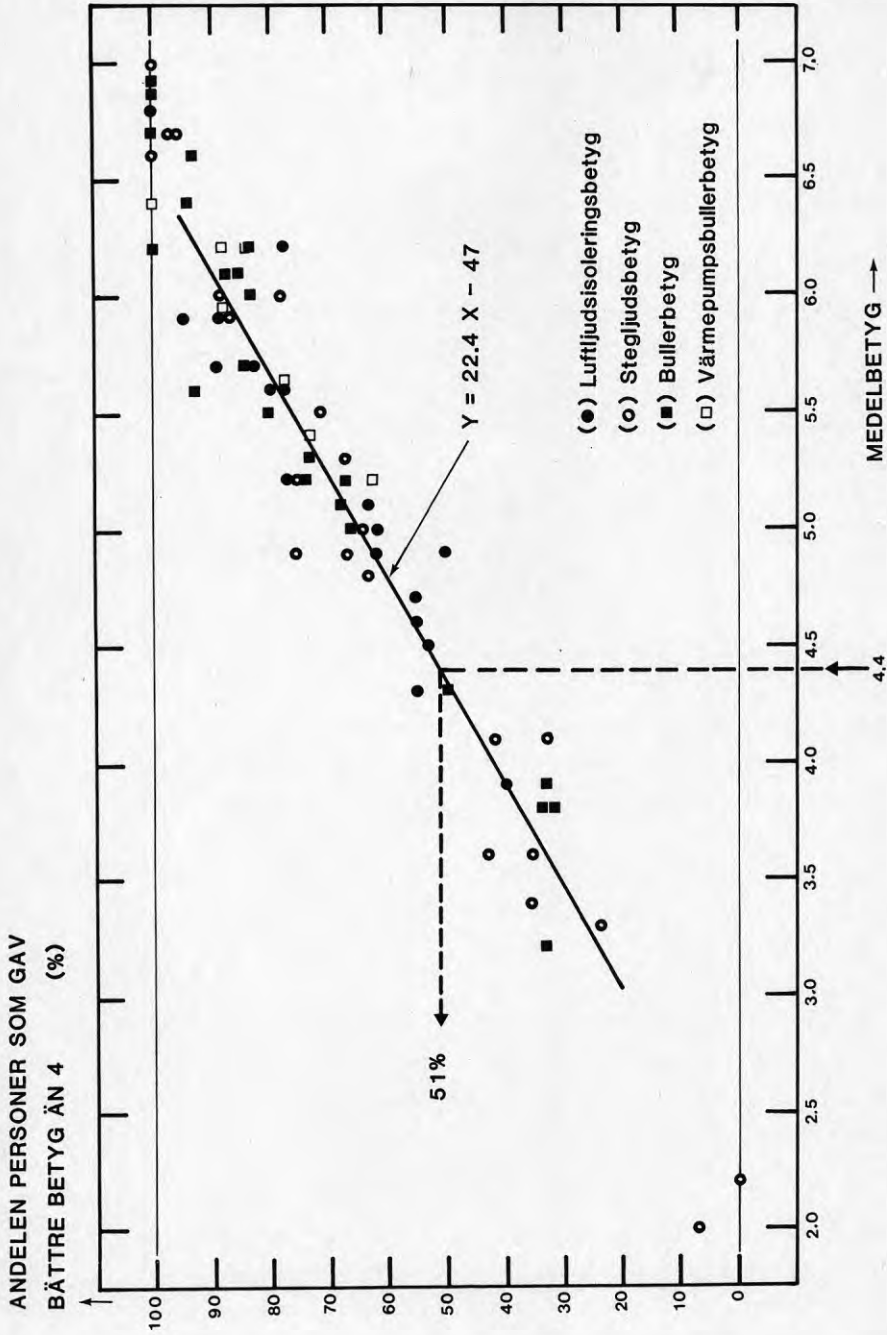
Om man studerar sambandet i figur 8, dvs förhållandet mellan medelbetyget och andelen personer som ansåg att förhållandena var otillfredsställande (som gav betyg 1 eller 2), så finner man att medelbetyget bör ligga över 4.4 för att mindre än 20 % av de boende skall vara missbelåtna. Studerar man sedan figur 9, som visar förhållandet mellan medelbetyget och andelen personer som gav höga betyg, så finner man att om medelbetyget är 4.4 eller högre, så har samtidigt minst 51 % av de tillfrågade givit betyg 5, 6 eller 7, dvs mycket höga betyg.

Att använda medelbetyget som kriterievariabel innebär flera fördelar i förhållande till att studera andelen personer som gav de lägsta betygen. För det första har medelbetyget en lägre varians än andelen mycket kritiska personer. De erhållna medelbetygen är alltså säkrare skattningar än de övriga fördelningsresultaten. Dessutom är medelbetyget ett resultat som har erhållits genom att ta hänsyn till svaren från samtliga intervjuoffer. Medelbetyget är alltså ett sorts helhetsbetyg. Vidare bör medelbetyget korrelera bättre med det motsvarande medelmätvärdet eftersom båda dessa parametrar har erhållits genom likvärdiga stickprov fördelade på hela undersökningsområdet.

Ett medelbetyg på 4.4 tillämpas i fortsättningen som ett gränsvärde för acceptabla förhållanden. Enligt figur 8 innebär detta att i alla underkända fall utom ett, så är andelen mycket kritiska personer större än 20 %. Undantaget gäller stegljud från grannens trappa i bostadsområde nr 3. Här är medelbetyget så lågt som 4.1 trots att ingen av de 18 intervjuoffren gav betyg 1 eller 2. Detta fall visar på lite av styrkan hos medelvärdet. Om många personer ger låga betyg dvs lägre än 4 men samtidigt få riktigt låga betyg ( $\leq 2$ ) så blir slutresultatet likväldigt ett underkänt helhetsbetyg, vilket ju är logiskt.



FIGUR 8. Sambandet mellan medelbetyg och andelen personer som gav sämre betyg än 3. Talparen har hämtats från Annex A, B och C i SP-RAPP 1983:37 och från Figur 6, 7 och 8 i SP-RAPP 1983:52.



FIGUR 9. Sambandet mellan medelbetyg och andelen personer som gav bättre betyg än 4. Talparen har hämtats från Annex A, B och C i SP-RAPP 1983:37 och från Figur 6, 7 och 8 i SP-RAPP 1983:52.

## 4.2 Kontroll av byggnormens luftljudsisoleringskrav

Genom att jämföra de erhållna medelbetygen med de motsvarande mätvärdena är det möjligt att kontrollera huruvida byggnormens olika ljudkrav är riktigt utformade och att kravgränserna är de rätta. Dessutom kan man naturligtvis när så är motiverat finna nya och lämpligare krav.

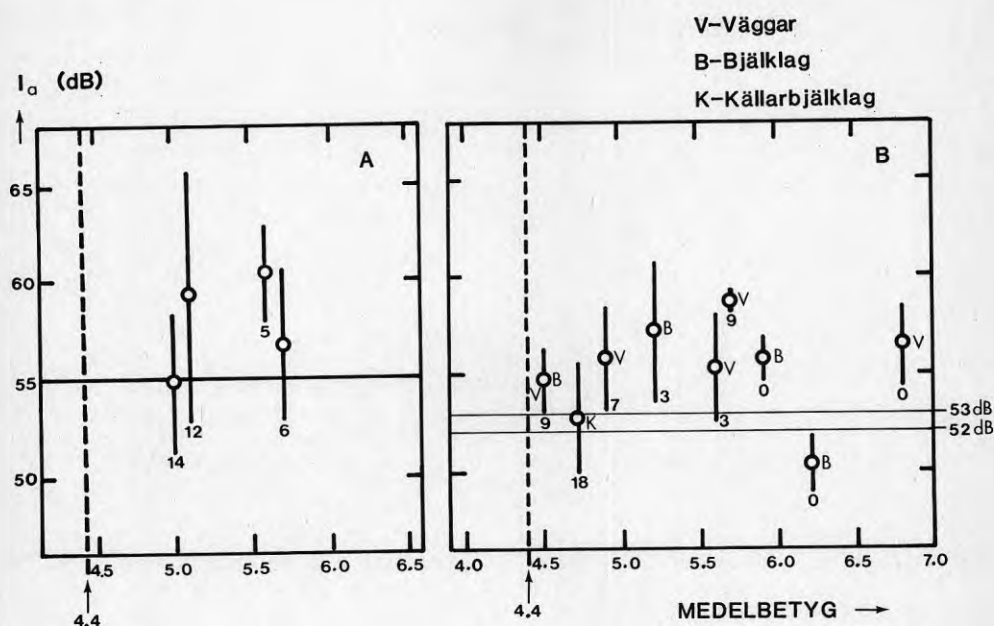
### 4.2.1 Lägenhetsskiljande väggar och bjälklag

De luftljudsisoleringsresultat som erhållits för lägenhetsskiljande väggar och bjälklag har sammanställts i figur 10. Medelbetygen och luftljudsisoleringsindexen har hämtas från Annex A i SP-RAPP 1983:37. I diagram A redovisas de resultat som erhållits för skiljeväggen mellan sammanbyggda enbostadshus. I diagram B redovisas de resultat som erhållits för lägenhetsskiljande väggar och bjälklag i flerfamiljshus. De byggnormskrav som förekommer är  $I_a \geq 55$  dB i diagram A och  $I_a \geq 52$  dB (väggar) respektive  $I_a \geq 53$  dB (bjälklag) i diagram B.

I figur 10 kan följande observationer göras:

- Medelluftljudsindexen ligger i alla fall utom ett<sup>1)</sup> på godkända sidan om byggnormskraven samtidigt som flera enskilda resultat ligger klart under kravgränserna.
- Samtliga medelbetyg ligger klart högre än kriteriegränsvärdet 4.4 och procenttalen på andelen mycket kritiska personer är genomgående låga.
- Någon korrelation mellan medelbetyg och medelluftljudsisoleringsindex föreligger ej för de redovisade resultaten trots att variationsområdet är drygt 5 dB för medelluftljudsindexen i både diagram A och B.

Not <sup>1)</sup> I undantagsfallet så var hyresgästerna mycket missnöjda med bjälklagets stegljudsisolering, vilket möjligen kan ha medfört att man givit luftljudsisoleringen ett oförtjänt högt betyg.



FIGUR 10. Sammanställning av erhållna subjektiva och objektiva luftljudsisoleringsresultat för lägenhetsskiljande väggar och bjälklag i 8 bostadsområden (källa: Annex A i SP-RAPP 1983:37). Medelluftljudsisoleringsindexen (○) redovisas som funktion av medelbetygen. De vertikala linjerna som utgår från varje medelvärdesymbol visar de individuella mätresultatens spridning och har samma längd som de beräknade standardavvikelserna inom respektive bostadsområde. Vid nederdelen av varje symbol anges även den procentuella andelen personer som gav lägre betyg än 3.

Diagram A. Resultat för skiljeväggar mellan sammanbyggda enbostadshus SBN-krav:  $I_a \geq 55$  dB

Diagram B. Resultat för lägenhetsskiljande väggar och bjälklag i flerfamiljshus SBN-krav:  $I_a \geq 52$  dB (väggar),  $I_a \geq 53$  dB (bjälklag)

Anmärkning : Samspelet mellan mätetalet och medelbetyget blir varken sämre eller bättre om man byter  $I_a$  mot  $R'_w$  eller  $\Delta L_A$

Följande slutsatser kan dras med hjälp av dessa erfarenheter

- Om man tolkar byggnormen så att alla mätresultat skall vara godkända, så är kravgränserna för stränga i speciellt småhusfallet.
- Eftersom spridningen inom varje bostadsområde normalt är relativt stor och en isoleringsskillnad på 2-3 dB ej har detekterats subjektivt är det inte motiverat att arbeta med byggnormskrav som är differentierade med en högre upplösning än 5 dB.

FÖRSLAG: Ersätt de tre kraven med ett enda krav. En lämplig gemensam kravgräns för sammanbyggda småhus och flerfamiljshus synes vara  $I_a \geq 53$  dB. Kravet skall gälla för medelluftljudsindexvärdet och alltför kraftiga individuella fel motarbetas lämpligen med en tilläggsregel som säger att inget individuellt mätvärde får underskrida gränsvärdet -5 dB.

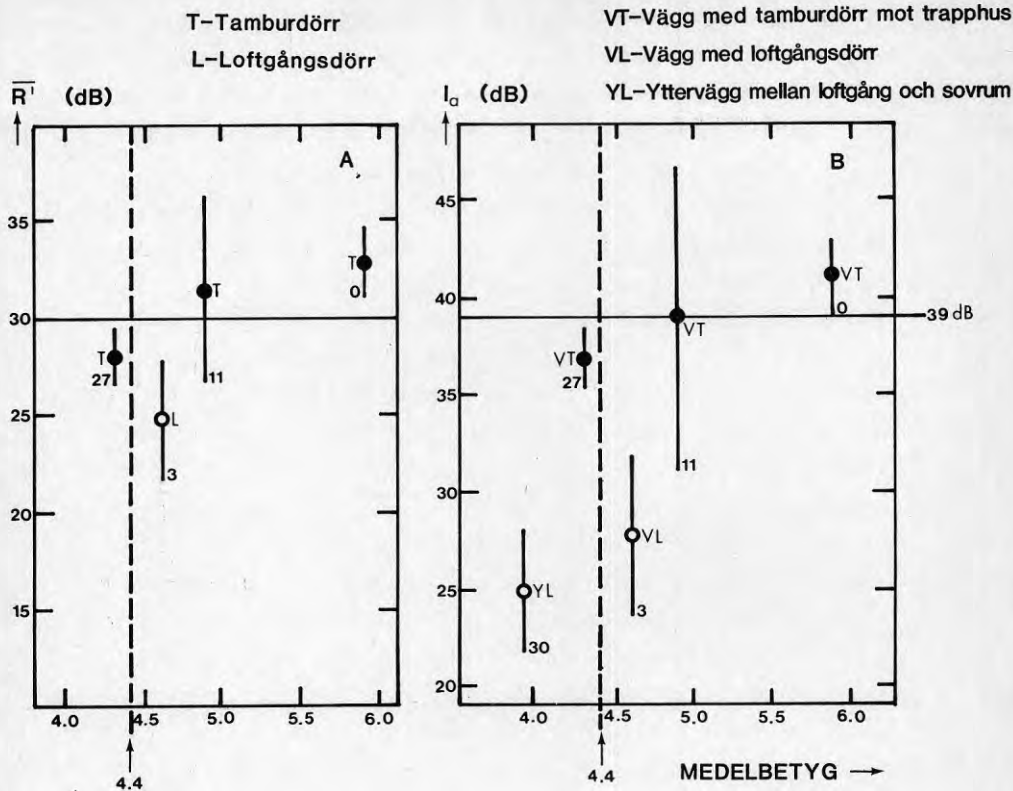
Uttryckt i de övriga luftljudsisoleringsmåttens motsvaras  $I_a \geq 53$  dB av

$$R'_w \geq 53 \text{ dB}$$

$$\Delta L_A \geq 53 \text{ dBA (i möblerade lägenheter)}$$

#### 4.2.2 Dörrar och loftgångsytterväggar

De resultat som erhållits för tamburdörrar, väggar med tamburdörrar och för loftgångsytterväggar har sammanställts i figur 11. Medelbetygen och luftljudsisoleringstalen har hämtats från Annex A i SP-RAPP 1983:37. I diagram A redovisas de resultat som erhållits för tambur- och loftgångsdörrarna i flerfamiljshusen. Det aktuella byggnormskravet är  $\overline{R'} \geq 30$  dB. I diagram B redovisas resultaten för väggar mellan tambur och trapphus, dvs inklusive dörr, samt för loftgångsytterväggarna. Det aktuella byggnormskravet är  $I_a \geq 39$  dB, utom för vägg mellan tambur och loftgång där byggnormskrav saknas.



FIGUR 11. Sammanställning av de subjektiva och objektiva luftljudsisoleringsresultat som erhållits för dörrar och en loftgångsyttvägg i fyra bostadsområden med flerfamiljs-hus. Medelluftljudsisoleringsindexen redovisas som funktion av medelbetyget. De vertikala linjerna som utgår från varje medelvärdesymbol visar de individuella mätresultatens spridning och har samma längd som de beräknade standardavvikelserna. Vid nederdelen av varje symbol anges även andelen personer som gav lägre betyg än 3.

Diagram A. Resultat för tre tamburdörrar (●) och en loftgångsdörr (○). SBN-krav:  $\bar{R}^T \geq 30$  dB

Diagram B. Resultat för vägg mellan hall och trapphus (●) respektive mellan hall och loftgång (○) samt för vägg mellan loftgång och bostadsrum (○). SBN-krav:  $I_a \geq 39$  dB.

Anmärkning : Se anmärkningen i figur 10

Om man undantar resultatet för loftgångsdörrarna i diagram 11A så finner man en korrelation mellan de olika tamburdörrsresultaten samt att byggnormskravet  $\overline{R^T} \geq 30$  dB tycks vara väl avstämt speciellt om man tillämpar det som ett medelvärdeskrav. Loftgångsdörrarna har fått ett relativt sett högt betyg, vilket möjligen kan förklaras av att luft- och stegljudsisoleringen mellan loftgången och det intilliggande sovrummet är så dålig att detta har blivit ett överskuggande problem. En annan förklaring kan vara att det inte förekommer så mycket buller i loftgången som i trapphus i normala flerfamiljshus.

Beträffande resultaten i diagram B så ser man vid en jämförelse med motsvarande resultat i diagram A att  $I_a \geq 39$  är ett något hårdare krav än  $\overline{R^T} \geq 30$  dB. Om man som i normalfallet har en dörr i väggen mot trapphuset som har en yta på  $2 \text{ m}^2$ , väggens yta är  $\leq 10 \text{ m}^2$  och den dominerande ljudtransmissionen sker via dörren, så motsvarar  $I_a \geq 39$  dB att dörren måste ha ett luftljudsisoleringsindex på minst 32 dB. Detta motsvarar i sin tur att medelreduktions-talet måste vara minst 30.4 dB (jämför med variabelsambanden i annex A). Om sedan transmissionen via väggen inte är försumbar, måste dörren ha ännu bättre ljudisolering för att totalfunktionskravet  $I_a \geq 39$  dB skall kunna uppfyllas. Ett väggkrav som hade rimmat bättre med ljudklass 30 dB hade varit  $I_a \geq 38$  dB. Detta stämmer också bra med resultaten i diagram B.

Tyvärn har endast ett bostadsområde med loftgångshus undersökts. Det underkända resultatet för ytterväggen mellan loftgången och sovrummet visar att det är välmotiverat med ett krav, men på grund av det begränsade underlaget är det naturligtvis svårt att uttala sig om kravgränsen är lämplig eller ej. En naturlig fråga anmäler sig dock. Är kravgränsen 39 dB realistisk med avseende på egenskaperna hos de fönsterkonstruktioner som idag förekommer på marknaden? Svaret är ja, men gäller endast under förutsättning att man använder fönster som är speciellt konstruerade med tanke på ljudisoleringsfunktionen. Lägger man sedan till vädringsdon måste kraven på dessa naturligtvis vara lika höga för att slutresultatet skall bli lyckat.



I SP-RAPP 1983:37 redovisas i samband med dörrmätningarna ett antal bullerkartor som visar hur det ljud som tränger igenom entrédörren breder ut sig i lägenheten. Dessa utbredningskartor visar att ljudnivåskillnaden mellan hallen och sovrummen normalt är 14 dBA, med variationer från 10 dBA till 19 dBA. Detta innebär att ljudnivåskillnaden mellan trapphuset och sovrummen normalt är  $\geq 50$  dBA om dörren uppfyller ljudklass 30 dB vilket ungefärligen motsvarar att  $\Delta L_A \geq 36$  dBA. Regressions sambandet mellan  $\overline{R^T}$  och  $\Delta L_A$  för enbart dörr-resultaten i SP-RAPP 1983:37 var

$$\Delta L_A = 1.41 \overline{R^T} - 5.8 \quad [r = 91.07 \% , n = 15], \quad (12)$$

när hallen eller tamburen utnyttjades som mottagarrum. Detta resultat är dock osäkert p g a för litet underlag. Flera mätresultat erfordras, vilket också framgår av korrelationskoefficienten. Säkerligen är dessutom loftgångs- och trapphussituationerna så pass olika att väsentligen olika samband bör användas för dessa.

Om man översätter gränsvärdet för ljudklass 30 dB till ett  $\Delta L_A$ -värde med hjälp av ekvation (12), finner man att ljudnivåskillnaden bör vara minst 36.5 dBA. Med hänsyn till det underkända trapphusfallet (bostadsområde nr 6) där medelvärdet för  $\Delta L_A$  var 36.0 dBA, synes det dock vara motiverat att höja gränsvärdet för  $\Delta L_A$  till 37 dBA.

**FÖRSLAG:** Dörrkravet vilket innebär att tambur- och loftgångsdörrar skall uppfylla ljudklass 30 dB bibehållas. Kravet skall dock anses uppfyllt om medelvärdet av resultaten från samtliga dörrmätningar inom ett bostadsområde uppfyller det aktuella gränsvärdet. Som tilläggskrav för att säkerställa en jämn kvalitet inom ett byggnadsobjekt anges lämpligen att ingen dörr får ha sämre ljudisolering än som motsvaras av ljudklass 25 dB.

Uttryckt i det vägda reduktionstalet blir kravet för ljudklass 30 dB

$$R'_w \geq 32 \text{ dB}^1)$$

Kravet för ljudklass 25 dB motsvaras av att  $R'_w \geq 26$  dB.

Not <sup>1)</sup> Förutsätter att reduktionstalet beräknas med dörrrens verkliga area samt att man enbart mäter på det ljud som passerar dörren.

Liksom i den nuvarande byggnormen bör dörrkravet kompletteras med ett krav på den omgivande väggens funktion. Detta formuleras lämpligen som ett totalfunktionskrav för vägg med dörr. Lämpliga gränsvärden är

$$R'_w \geq 38 \text{ dB}$$

$$\Delta L_A \geq 36 \text{ dBA}^2) \text{ (mellan trapphus eller loftgång och hall i möblerade lägenheter)}$$

Det dubbelade kravet bör åtföljas av följande kommentar: Om totalfunktionskravet är uppfyllt kan dörrkravet betraktas som uppfyllt.

Beträffande kravet på ytterväggskonstruktionen mellan loftgång och bostadsrum så bör det nuvarande byggnormskravet kvarstå. Möjligen kan man tänka sig att sänka det något så att det motsvarar totalfunktionskravet ovan.

Not 2) Osäker gräns p g a begränsat dataunderlag.

#### 4.3 Kontroll av byggnormens stegljudsnivåkrav

##### 4.3.1 Lägenhetsskiljande väggar och bjälklag

De resultat som erhöles för stegljud som överförts horisontellt via lägenhetsskiljande väggar respektive vertikalt via lägenhetsskiljande bjälklag har sammanställts i figur 12. Det aktuella byggnormskravet är  $L_i \leq 63 \text{ dB}$  och resultaten har hämtats från Annex B i SP-RAPP 1983:37.

Figuren visar ett samband mellan medelstegljudsnivåindexvärdena och medelbetyget. Genom att tillämpa linjär regression på samtliga talpar erhålles sambandet

$$\bar{T}_i = 77.9 - 4.53 \bar{b} \quad [r = 87 \% , n = 13] \quad (13)$$

där  $b$  symboliserar medelbetyget. Denna linje visas också i figuren. Om de två underkända resultaten (med medelbetyg som ligger under 4.4) exkluderas vid regressionsanalysen erhålles naturligtvis ett väsentligt lägre korrelationsvärde (68 %) men regressions sambandet förblir i stort sett oförändrat. De två sämsta fallen är speciella såtillvida att de gäller lägenhetsskiljande träbjälklag men de respektive resultaten är alltså inte så speciella att de har någon direkt avgörande betydelse för regressions sambandet.

Om man undersöker regressions sambanden även mellan medelbetyget och de övriga stegljudsnivåtalerna erhålles följande samband:

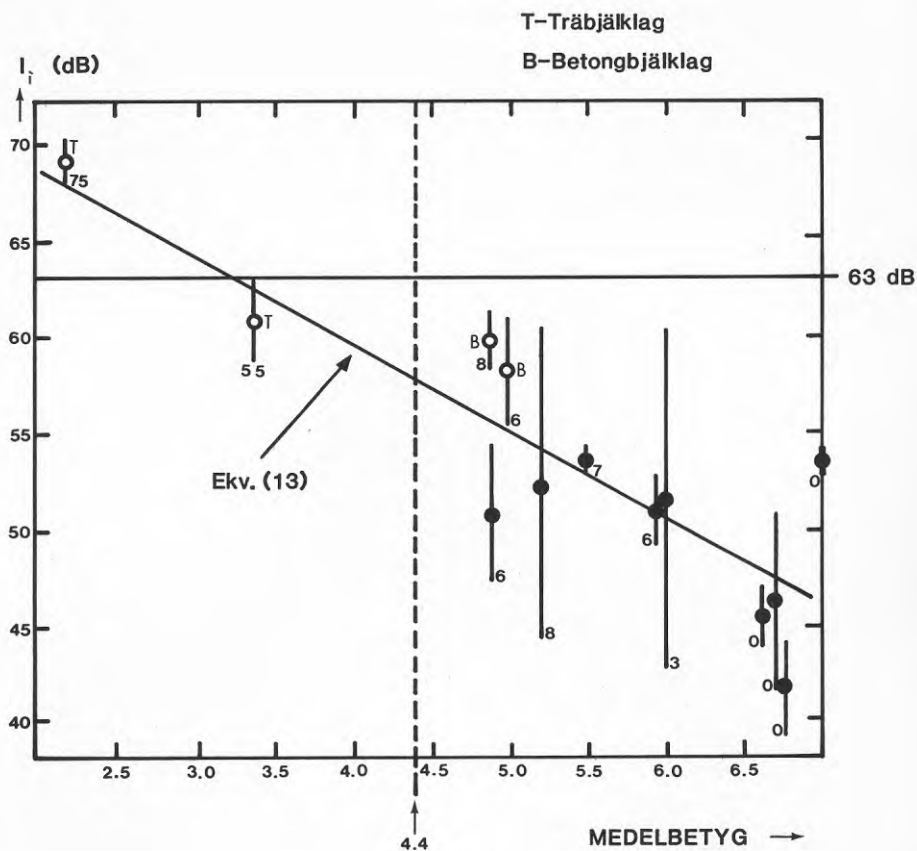
$$\overline{L}_{n,w}^T = 72.9 - 4.63 \overline{b} \quad [r = 86 \%, \quad n = 13] \quad (14)$$

$$\overline{L}_{n,A}^T = 79.7 - 4.54 \overline{b} \quad [r = 78 \%, \quad n = 13] \quad (15)$$

$$\overline{L}_A^T = 78.4 - 4.48 \overline{b} \quad [r = 74 \%, \quad n = 13] \quad (16)$$

Notabelt är att den bästa korrelationen erhålles mellan  $\overline{b}$  och  $\overline{T}_i$ . Korrelationskoefficienten för sambandet mellan  $\overline{b}$  och  $\overline{L}_{n,w}^T$  är dock endast obetydligt lägre.

Vad betyder då dessa resultat med avseende på ett lämpligt stegljudskrav? Det första man måste konstatera är att om man skall ha ett generellt krav så måste detta vara väsentligt hårdare än det nuvarande. Uttryckt som ett medelvärdeskrav, så innebär exempelvis en direkt tillämpning av regressions sambandet att  $\overline{T}_i$  måste vara mindre än 58 dB för att medelbetyget skall bli bättre än 4.4. Denna skärpning innebär föga för stegljud som överföres horisontellt via den lägenhetsskiljande väggen i flerfamiljshus eller i sammanbyggda enbostadshus. Nuvarande konstruktioner är väl ägnade att klara detta krav. För det lägenhetsskiljande bjälklaget är dock situationen annorlunda. Ett stegljudskrav på 58 dB skulle här tvinga fram omfattande konstruktionsändringar.



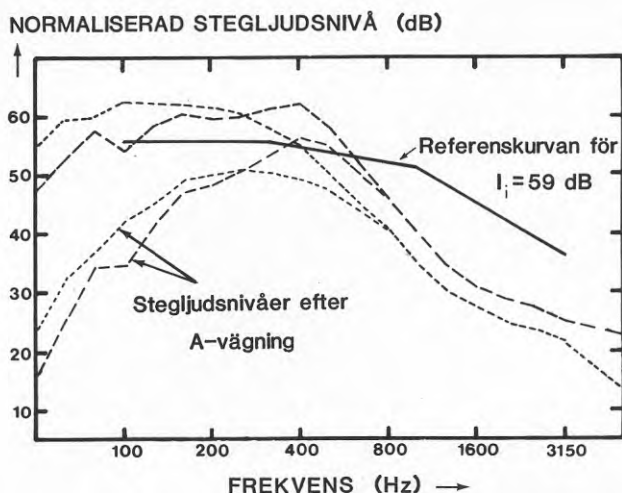
FIGUR 12. Sammanställning av objektiva och subjektiva stegljudsresultat för lägenhetsskiljande väggar (horisontell transmission, ●) och bjälklag (○) i 8 bostadsområden (källa: Annex B i SP-RAPP 1983:37). Medelstegljudsnivåindexen redovisas som funktion av medelbetygen. De vertikala linjerna representerar de beräknade standardavvikelserna inom respektive bostadsområde. Vid nederdelen av varje symbol anges även andelen personer som gav lägre betyg än 3.

Om man jämför bjälklagsresultaten i figur 12 med varandra, så finner man att betongbjälklagen har erhållit relativt sett bättre betyg än träbjälklagen. Det ena betongbjälklagsfallet erhöll medelbetyget 4.9 med ett stegljudsnivåindex på i snitt 60 dB, samtidigt som ett av träbjälklagsfallen erhöll ett så lågt medelbetyg som 3.4 med ett obetydligt högre medelindex på 61 dB.

Dessa två fall ligger så nära varandra när det gäller mätvärdena att det kan vara intressant att detaljgranska resultaten. Det förra fallet härrör från loftgångshuset i bostadsområde nr 8, medan träbjälklagsfallet härrör från ombyggnadsobjektet, bostadsområde nr 6 i SP-RAPP 1983:37. Två förhållanden kan möjligen ha påverkat betygsresultaten. I loftgångshuset har de boende mycket allvarliga klagomål mot stegljud från spiraltrappan. Detta förhållande kan mycket väl tänkas innebära att man ser mer positivt på stegljuden från grannen än man skulle ha gjort om man inte hade varit allvarligt störd av andra stegljud. I träbjälklagsfallet så hade relativt omfattande problem med golvknarr förekommit efter renoveringen av lägenheterna. Detta problem hade visserligen åtgärdats i flera lägenheter före undersökningstillfället men man kan mycket väl tänka sig att dessa problem har påverkat betygs-sättningen i negativ riktning.

Trots dessa fullt möjliga bortförklaringar kan man också tänka sig att metoden för utvärdering av stegljudsnivåindex rymmer brister som blir tydliga vid en jämförelse mellan betong- och träbjälklag. Flera intressanta iakttagelser som berör denna fråga kan göras i faktarapporten. Om man som i figur 13 jämför två likvärdiga stegljudskurvor, en från varje bostadsområde (med samma stegljudsnivåindex och för samma typ av golvbeläggning), så kan man konstatera

- att betongbjälklagets stegljudsnivåindex bestäms av avvikelserna till referenskurvan för 1/3-oktavbanden 125 Hz t o m 500 Hz medan träbjälklagets index bestäms av avvikelserna från 100 Hz t o m 315 Hz
- att träbjälklaget ger kraftigare lågfrekventa stegljud än betongbjälklaget även under det normerade utvärderingsområdet som nedåt begränsas av 100 Hz-tersen (skillnaden är i snitt 5 dB under 160 Hz)



FIGUR 13. Jämförelse mellan två stegljudsnivåkurvor som har samma stegljudsnivåindex  $I_i = 59 \text{ dB}$  men i övrigt olika egenskaper. Den ena kurvan (—) har uppmätts i ett bostadsobjekt med betongbjälklag där de boende gav ett gott betyg på bjälklagets stegljudsisolering. Den andra kurvan (.....) har uppmätts i ett bostadsobjekt med träbjälklag där de boende gav ett dåligt betyg på stegljudsisoleringen. Figuren har kompletterats med den referenskurva som definierar stegljudsnivåindextalet samt med de respektive A-vägda stegljudsnivåerna (A-vägningen har bara inkluderats upp till 800 Hz).

(—), betongbjälklag med parkettgolv:  $I_i = 59 \text{ dB}$ ,  $L'_{n,A} = 62 \text{ dBA}$ ,  
 $L'_A = 60 \text{ dBA}$

(.....), träbjälklag med parkettgolv:  $I_i = 59 \text{ dB}$ ,  $L'_{n,A} = 59 \text{ dBA}$ ,  
 $L'_A = 57 \text{ dBA}$

- att betongbjälklagets A-vägda stegljudsnivåer blir högre än träbjälklagets tack vare dess högre nivåer i 400 Hz-området.

Om man studerar samtliga mätresultat i de bägge bostadsområdena, dvs jämför mätresultaten i figur 6-10 och figur 8-10 i SP-RAPP 1983:37 med varandra, så kommer man att finna att lågfrekvens-differenserna är ännu större än för den individuella jämförelsen i figur 13. Träbjälklaget ger i snitt 7 dB högre stegljudsnivåvärden i frekvensområdet 50-160 Hz än betongbjälklaget. Betongbjälklaget i sin tur ger 4-5 dBA högre A-vägda nivåer än träbjälklaget (se Annex B i SP-RAPP 1983:37), vilket som redan tidigare konstaterats strider mot de subjektiva bedömningarna av stegljudsisoleringen.

Även för samtliga resultat i figur 12 erhöles ju en bättre korrelation för sambanden mellan  $L_i$  och de subjektiva betygen än för sambanden mellan  $L'_{n,A}$  respektive  $L'_A$  och medelbetyget (jmf uttrycken (13), (15) och (16)). De A-vägda storheterna synes således mindre väl lämpade för stegljudsstudier när hammarapparaten användes som stegljudskälla.

Ett antal stegljudsexperiment med vuxna personer som alternativa stegljudskällor har genomförts i samband med de ordinarie stegljudsnivåmätningarna. De flesta av dessa experiment har gällt stegljud från olika trappor men två golvexperiment har också utförts. Resultaten av dessa visas i figurerna 5-5 och 6-11 i SP-RAPP 1983:37. Dessa resultat och de resultat som erhållits med hjälp av trappexperimenten visar att hammarapparaten normalt skapar ett väsentligt kraftigare ljud än personer som går eller springer med normala fotbeklädnader. Detta gäller för så gott som alla situationer och för alla frekvensband. Skillnaderna blir emellertid successivt mindre ju lägre frekvensen är och ju hårdare stegen är. I vissa fall överträffar de naturliga stegljuden hammarapparaten för de allra lägsta frekvensbanden. Dessa förhållanden visar att hammarapparaten är väl ägnad som normerad stegljudskälla men att referenskurvan måste ändras så att större vikt läggs vid resultaten vid de låga frekvenserna. Hammarapparaten ger ju ett spektrum som är mera högfrekvent än det ljud som skapas av mänskliga steg. Om man exempelvis A-väger stegljudskurvorna i figur 5-5, så skapar hammarapparaten ett spektrum med den huvudsakliga

energin i frekvensområdet 250-1000 Hz medan stegljudsenergin producerad av den vuxna manspersonen finns koncentrerad till frekvensområdet 63-200 Hz.

**SAMMANFATTNING:** Stegljudsproblematiken behöver utredas ytterligare speciellt behöver Figur 12 kompletteras med flera bjälklagsfall och man bör också utreda om bättre korrelation mellan subjektiva och objektiva mätetal kan erhållas genom att man ändrar på utvärderingsmetoden.

Tillsvidare bör tillverkare och byggare av träbjälklag för flerfamiljshus rekommenderas att med god marginal söka överträffa det nuvarande byggnormskravet och att vara speciellt vaksamma mot höga stegljudsnivåer i frekvensområdet 50-200 Hz.

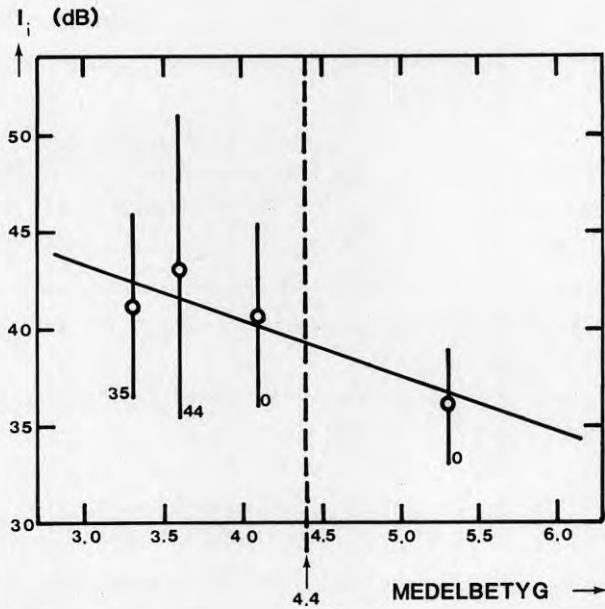
#### 4.3.2 Sammanbyggda småhus med invändiga trappor

Stegljudsisoleringen mellan grannens trappa och den egna lägenheten har studerats i 3 bostadsområden med sammanbyggda enfamiljshus. Dessa resultat som också skall uppfylla byggnormskravet  $L_1 \leq 63$  dB har sammanställts i figur 14. Generellt sett ligger de uppmätta stegljudsnivåindexen mycket lågt, dvs långt in på godkända sidan i förhållande till byggnormskravet. Likväl framföres allvarliga klagomål på stegljudsisoleringen.

Förklaringen till detta måste vara enkel. Om det är någonstans i en lägenhet som man skapar stegljudsbuller så är det säkert i trappan. Det är inte ovanligt att både barn och vuxna springer i trappan och det är också helt logiskt att stegen blir hårdare och kraftigare när man går i en trappa än när man går på ett plant golv.

Ett antal stegljudsexperiment har genomförts med vuxna människor som stegljudskällor i de aktuella trapporna. Dessa mätningar omfattade tre lägenhetstrappor i vardera av de två första bostadsområdena. De aktuella resultaten redovisas i figurerna 1-4 och 2-5 i faktarapporten. Experimenten visar att en vuxen mansperson som springer upp och ned i en sådan trappa skapar ett stegljudsspektrum som är betydligt mer likt det spektrum som skapas av hammarapparatens än fallet var för de experiment som genomfördes med gående





FIGUR 14. Sammanställning av objektiva och subjektiva resultat för stegljud alstrade i grannens trappa i sammanbyggda enfamiljshus.

Beteckningarna har förklarats i tidigare figurer.

personer på plana golv. De individuella stegljudsnivåindex som erhöles med hammarapparaten respektive för manspersonen följs dessutom åt med god samstämmighet. (De sex talparen ger en korrelationskoefficient på 92 %). Samtidigt kan man dock göra samma iakttagelse här som i avsnittet ovan, nämligen att referenskurvan borde ta större hänsyn till de allra lägsta frekvenserna och även inkludera 50, 63 och 80 Hz-terserna eftersom hammarapparaten i dessa fall tenderar att ge för mycket stegljudsenergi inom speciellt frekvensområdet 125-315 Hz (trappstegen var klädda med textilmattor).

Dessa experiment visar att hammarapparaten plus utvärderingsmetoden med det traditionella stegljudsnivåindexet bör ge någorlunda rättvisande mätetal för situationen med invändiga trappor i sammanbyggda enfamiljshus. Möjligen kan ännu bättre resultat erhållas om utvärderingsmetoden modifieras för låga frekvenser.

Om man genomför en regressionsanalys på de fåtaliga resultaten i figur 14 så erhålles följande samband

$$\bar{L}_i = 52.6 - 2.99 \bar{b} \quad [r = 90 \%, \quad n = 4] \quad (17)$$

Studerar man beroendet mellan medelbetyget och de övriga stegljudsnivåtalerna så erhålles följande samband

$$\bar{L}_{n,w}^I = 41.6 - 1.90 \bar{b} \quad [r = 63 \%, \quad n = 4] \quad (18)$$

$$\bar{L}_{n,A}^I = 45.3 - 1.84 \bar{b} \quad [r = 59 \%, \quad n = 4] \quad (19)$$

$$\bar{L}_A^I = 44.4 - 2.17 \bar{b} \quad [r = 71 \%, \quad n = 4] \quad (20)$$

Även i detta fall så måste man alltså konstatera att det gamla hederliga  $L_i$ -värdet är bäst på att förutsäga huruvida stegljudsproblem kommer att uppstå eller ej. Idén med det enkla A-vägda mätetalet tycks således vara förfelad åtminstone för mätningar på stegljud från trappor.

FÖRSLAG: Ett speciellt och väsentligt strängare krav införes för invändiga trappor i sammanbyggda småhus.

Ett så pass strängt krav som

$$l_i \leq 40 \text{ dB}$$

bör kunna innehållas med relativt enkla medel om man undviker att fästa trappan i den lägenhetsskiljande väggen.

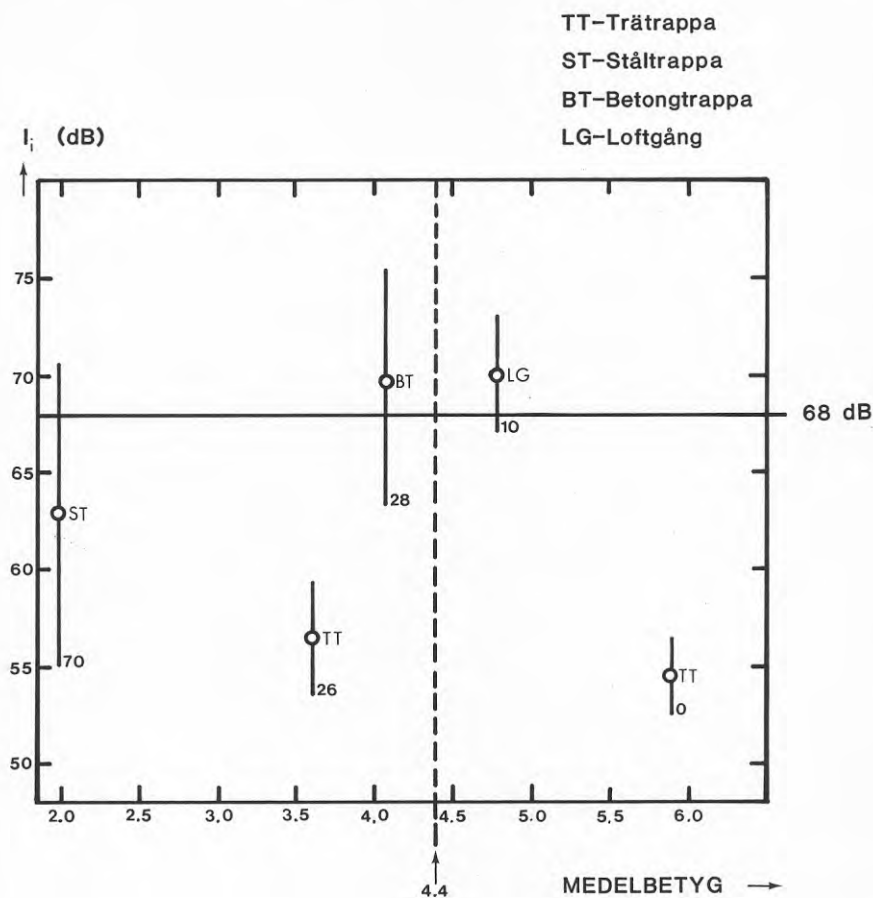
Ytterligare erfarenheter bör insamlas och speciellt bör man undersöka betydelsen av att ändra referenskurvan för de allra lägsta frekvensbanden.

#### 4.3.3 Trappustrappor och loftgångar

De stegljudsresultat som fastställts för trapphusen i tre områden med flerfamiljshus och för loftgången inklusive loftgångstrappan i bostadsområde nr 8 har sammanställts i figur 15. Det aktuella byggnormskravet är  $l_i \leq 68 \text{ dB}$ .

Figuren uppvisar en stor resultatspridning även om man bara studerar trappresultaten. Vidare kan man göra följande intressanta observation beträffande de bågige loftgångshusresultaten. Trots att stegljudsisoleringen mellan loftgångsplattan och lägenheterna är sämre än mellan den spiraltrappa av stål som leder upp till loftgången och lägenheterna så ger man loftgångsplattan ett relativt högt betyg och spiraltrappan det absolut lägsta medelbetyg som erhållits i denna undersökning. Detta bekräftar på ett illustrativt sätt vad som redan tidigare konstaterats. Det är i trappor som de verkliga stegljudskrafterna utvecklas. På loftgången går man lugnt och städat och det är ovanligt att någon bär fotbeklädnader med hårda material. I trappor är bilden betydligt mer dynamisk. De normala störkrafter som utvecklas i trappor är så pass mycket större än när man går på plana golv att detta tar överhanden trots att isoleringen mellan trappan och lägenheten många gånger är större än mellan exempelvis loftgångsplattan och lägenheten.

Slutsatsen blir att det är nödvändigt att dela upp kraven. Ett speciellt och strängare stegljudskrav måste ställas på isoleringen mellan trappor och lägenheter. Detta gäller för både invändiga



FIGUR 15. Sammanställning av objektiva och subjektiva resultat för stegljud alstrade i trappustrappor i fyra bostadsområden med flerfamiljshus samt från en loftgångsplatta i ett bostadsområde med loftgångshus.

Beteckningarna har förklarats i tidigare figurer.

trappor i sammanbyggda enfamiljshus, trappustrappor i flerfamiljshus och loftgångstrappor till loftgångshus.

I undersökningen så förekommer både tunga trappkonstruktioner såväl som lättare trä- och stålkonstruktioner. Dessa skillnader indikeras i figur 15 och som man kan se, så erhåller den tyngre betongkonstruktionen ett relativt sett högt betyg i förhållande till de övriga lättare trapporna. En sådan tendens observerades ju också för bjälklagsresultaten i figur 12. Resultaten för de lätta trappkonstruktionerna korrelerar väl med varandra, speciellt som man betänker att det objekt som gav det högsta betyget hade ett annat allvarligare stegljudsproblem samtidigt som bakgrundsnivå av trafiken var relativt hög. Dessa förhållanden kan mycket väl ha medfört att man givit ett något högre betyg än man skulle gjort om de övriga bullerproblemen hade varit mindre.

De stegljudsexperiment som genomförts med människor som stegljudskällor visar samma bild som tidigare (resultaten redovisas på sid 4-19, 5-26, 6-37 och 8-44 i SP-RAPP 1983:37). Om man exempelvis studerar figur 6-15 och A-vägar stegljudsnivåkurvorna så finner man att hammarapparaten ger ett spektrum vars dominerande energi finns inom frekvensområdet 160-1000 Hz medan en mansperson med läderskor som springer upp och ned i trappan ger ett A-vägt spektrum i lägenhetstamburen som har sin största energi i frekvensområdet 100-160 Hz. Utvärderingsmetoden måste således ändras så att intresset förskjutes mot lägre frekvenser.

Om man avslutningsvis jämför resultaten i figur 15 med trappresultaten i figur 14, så ser man att toleransnivån *tycks* vara avsevärt högre i flerfamiljshus än i sammanbyggda enfamiljshus. Denna skillnad beror dock enbart på att golven i trapphusen var relativt hårda i förhållande till lägenheternas trappsteg som var klädda med textilmattor, en skillnad som framförallt ger olika stegljudsindex när man använder hammarapparaten men som inte syns lika tydligt när det gäller de naturliga stegljudskällorna. Om man jämför de stegljudsindex som fastställts med människor som stegljudskällor så kommer man att finna att det inte föreligger några större skillnader mellan resultaten för flerfamiljshusen och för de sammanbyggda enfamiljshusen. Störskillnaderna bör således vara likvärdiga om man tillsvidare bortser från trafiken i trapporna.

Tyvärre har experimenten med naturliga stegljudskällor inte varit speciellt omfattande och av praktiska skäl har det dessutom varit nödvändigt att utnyttja olika personer för mätningarna. Resultaten ägnar sig därför inte för mer direkta jämförelser.

**FÖRSLAG:** Liksom tidigare i denna rapport kan man konstatera att det insamlade faktamaterialet behöver kompletteras med ytterligare undersökningsobjekt.

Ett speciellt och väsentligt strängare stegljudskrav behöver dock införas i byggnormen även för trappor i och till flerfamiljshus. Med nuvarande mät- och utvärderingsmetodik gäller detta framförallt lättare konstruktioner av trä och stål.

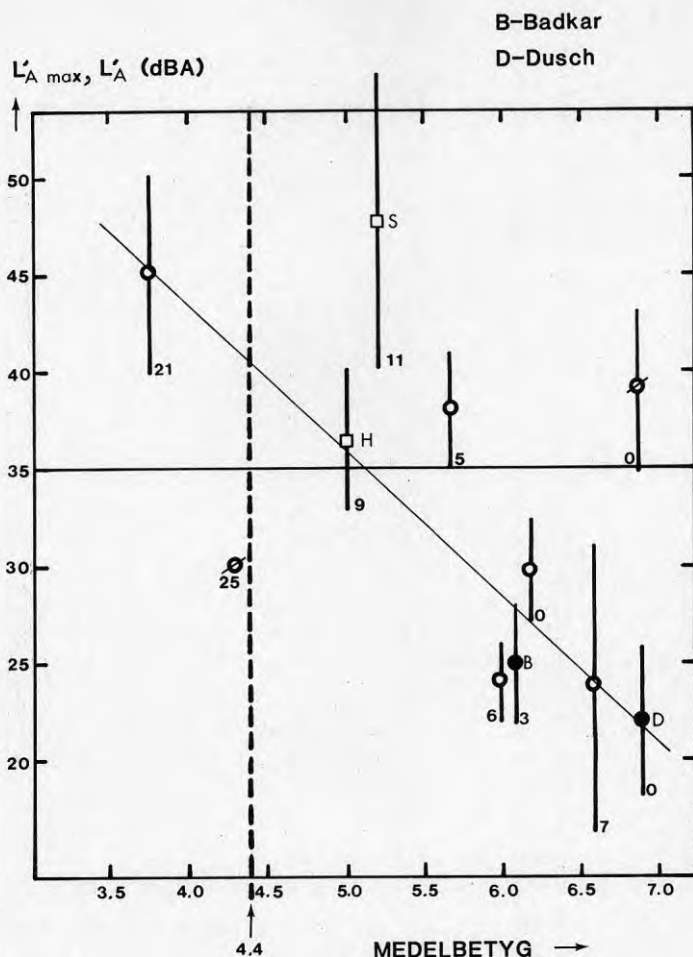
#### 4.4 Kontroll av byggnormens ljudnivåkrav

##### 4.4.1 Vatten- och avloppsinstallationer

De ljudnivåresultat som erhöles för grannens VA-installationer och som fastställes för lägenhetens sov- och vardagsrum har sammanställes i figur 16. Medelbetygen och de A-vägda men onormaliserade medelnivåerna har hämtats från Annex C i SP-RAPP 1983:37. Det aktuella byggnormskravet föreskriver att ljudnivån av itappning och avtappning av vatten utom lägenheten ej skall överstiga 35 dBA i något bostadsrum.

Som det framgår av figuren så är resultat spridningen ganska stor. Om man dock som ett konstgrepp utesluter de två ytterlighetsfall som markerats speciellt i figuren så erhålles en relativt prydlig samvariation mellan de övriga talparen ( $r = 90 \%$ ,  $n = 7$ ). Ett sådant grepp kan möjligen försvaras av att mätinsatserna för att få fram de aktuella medel ljudtrycksnivåresultaten var relativt begränsade.

Den slutsats man kan dra med ledning av resultaten blir att byggnormskravet tycks vara för strängt. Detta gäller både om man slaviskt tillämpar regressionslinjen eller om man enbart studerar de enskilda resultaten. I två fall låg nivån klart över 35 dBA trots att omdömena var goda medan bara ett fall med lägre nivå än 35 dBA erhöles underbetyg.



FIGUR 16. Sammanställning av objektiva och subjektiva resultat för bulleralstringen från VA-installationer placerade utanför den egna lägenheten. Resultaten har erhållits i fem olika bostadsområden. I figuren redovisas även resultatet för en hissinstallation och ett sopnedkast.  $L'_{A, \max}$  och  $L'_A$ -resultaten indikeras med ofyllda (○, □) respektive fyllda (●) symboler.

(○), Spolning av grannens WC. Värde markerat som (∅) behandlas som ytterlighetsfall, se texten.

(●), Grannens dusch alt badkar.

(□), Resultat för övriga installationer som diskuteras i avsnitt 4.4.3.

Övriga beteckningar se tidigare figurer (källa: Annex C i SP-RAPP 1983:37).

Den stora resultatspridningen kan delvis bero av att  $L'_{Amax}$  är svårare att mäta med god precision eftersom det kräver en maxvärdesavläsning.

FÖRSLAG: Byggnormens ljudnivågräns för kortvariga impulsartade buller från VA-installationer, ex WC-spolning, ändras till

$$L'_{A \max} \leq 40 \text{ dBA}$$

vilket innebär ett lägre krav än tidigare. För mer varaktiga ljud som uppstår från VA-installationerna, ex vid itappning och avtappning av vatten för bad och dusch, bibehålles det nuvarande kravet

$$L'_{A} \leq 35 \text{ dBA}$$

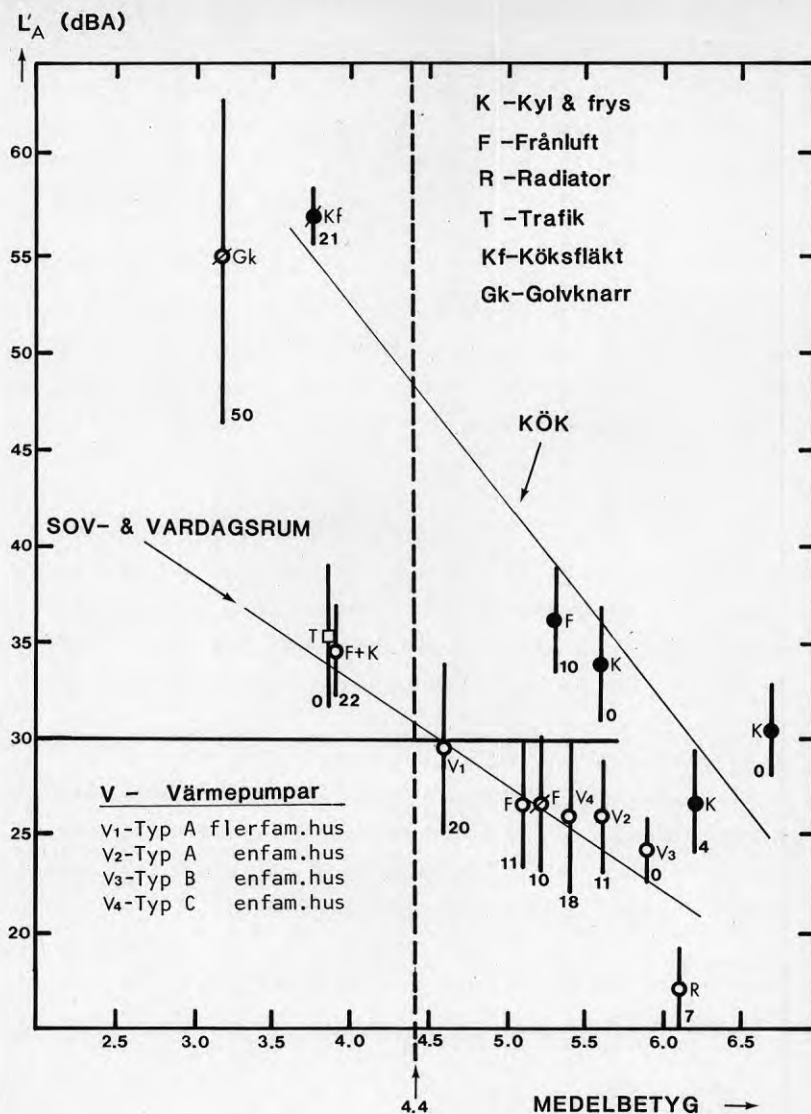
Respektive kravgränser är avsedda för bostadens sov- och vardagsrum. I kök kan möjligen 5 dBA högre värden tolereras.

Den hittills tillämpade mätmetoden som beskrives i SP-Cirkulär 40 ersättes med den Nordtest metod som framtagits för ändamålet, se referens [9]. Metoden innebär bl a att det inte erfordras speciella efterklangstidsmätningar för bestämning av normaliseringskorrektionen, och att man förutsätter att  $L'_{n,A} = L'_{A}$  i fullt möblerade rum. För andra rumsvillkor, ex omöblerade rum, anges fasta korrektionstal.

#### 4.4.2 Bostadens egna bullerkällor

De ljudnivåresultat som erhållits för lägenheternas egna bullerkällor redovisas i figur 17. Resultaten har hämtats dels från Annex C i SP-RAPP 1983:37 och dels från värmepumpsundersökningen, dvs SP-RAPP 1983:52. Det tillämpliga byggnormskravet föreskriver att ljudnivån inte får överskrida 30 dBA i lägenhetens sov- och vardagsrum och de objekt som avses är installationer som är avsedda att fungera dygnet runt. Någon motsvarande nivågräns för kök anges ej.





FIGUR 17. Sammanställning av objektiva och subjektiva bullerresultat för lägenhetens egna installationer. Presentationen har differentierats med avseende på var i lägenheten bullersituationen studeras. Resultat fastställda för kök och köksinstallationer anges med fyllda symboler (●). Resultat för sov- och vardagsrum anges med ofyllda symboler. Resultat som gäller för installationer som ej användes dygnet runt eller som är speciella på annat sätt har markerats med ett snedstreck. Samtliga värmepumpsresultat har inkluderats, dvs även det resultat som gäller för flerfamiljshus. Ett trafikbullerresultat som diskuteras i avsnitt 4.4.3 finns också med (□). Golvknarrsljudnivån har fastställts som ett  $L'_{Amax}$ -värde.

Övriga beteckningar se tidigare figurer.  
(Källa: SP-RAPP 1983:37 och 52)

I figuren redovisas även resultat vilka ej omfattas av den nuvarande byggnormen. Sålunda har bl a ett antal köksfall inkluderats för att kontrollera om det inte är motiverat att definiera ett gränsvärde även för köket. I köken har främst bulleralstringen från kyl & frysskåp samt frånluftsfläktar studerats. De olika typerna av bullerkällor indikeras med bokstäver vid resultat-symbolerna i figuren.

Figuren visar speciellt att toleransnivån är större i kök än i sov- och vardagsrum. Om man studerar sov- och vardagsrumsresultaten och ej inkluderar det udda fallet som gällde knarrande golv, så erhålles följande samband vid en regressionsanalys

$$L'_A = 54.7 - 5.34 \bar{b} \quad [r = 96 \%, \quad n = 8] \quad (21)$$

Sambandet som gav en hög korrelationskoefficient visas även i figuren. Om golvknarrsresultatet inkluderas blir lutningen större, vilket innebär att skärningspunkten med  $\bar{b} = 4.4$  hamnar vid  $L'_A = 36$  dBA. Samtidigt sjunker korrelationskoefficienten till 91 %.

Om man tillämpar regressionslinjen i ekvation (21), vilket bör vara mest korrekt, så finner man att resultaten stämmer bra med dagens byggnormskrav. I konsekvens med det använda betraktelsesättet så skall dock kravet gälla medeljudnivån för ett antal lägenheter inom varje aktuellt bostadsobjekt.

Genomför man en regressionsanalys på köksresultaten så blir resultatet

$$L'_A = 94.0 - 10.3 \bar{b} \quad [r = 94 \%, \quad n = 5] \quad (22)$$

Skärningspunkten med  $\bar{b} = 4.4$  ligger vid 49 dBA vilket alltså är väsentligt högre än motsvarande toleransnivå i sov- och vardagsrum. Det förefaller dock osannolikt att man skulle tolerera en så hög nivå när det gäller utrustning som fungerar dygnet runt, ex för frånluftsfläktar och kyl & frysskåp. Däremot ger säkert sambandet en riktig beskrivning av vad man bör ställa för bullerkrav på den maskinella utrustning som användes i köket, ex köksfläktar, diskmaskiner och hushållsassistenter. Regressionslinjens lutning bestäms i hög grad av det enstaka underkända resultatet vilket fastställts för en köksfläkt avsedd för matlagning.

Resonemanget ovan styrkes av de enstaka bullerresultat som redovisas för kök och köksinstallationer i SP-RAPP 1983:52 (se avsnitt 2). Dessa resultat har ej inkluderats i figuren eftersom de erhållits genom att fråga värmepumpsägarna om de haft något annat bullerproblem. En sådan metodik medför naturligtvis att man huvudsakligen fångar upp låga betyg och att betygsättningen blir skev. Eftersom få personer i värmepumpsundersökningen haft något att klaga på, består detta material dessutom av mycket få sampel. Likväl så stämmer diskmaskinsresultaten väl med den övre regressionslinjen i figur 17 medan kyl & frysskåpsresultaten indikerar en betydligt lägre toleransnivå för denna typ av ljudkälla.

**FÖRSLAG:** Enligt SBN 80 anges ett ljudnivåkrav för lägenhetens egna installationer när dessa är avsedda att fungera dygnet runt. Kravet innebär att den A-vägda ljudnivån skall vara  $\leq 30$  dBA i lägenhetens sov- och vardagsrum. Gränsen är väl anpassad men bör liksom i de andra fallen gälla medelnivån för flera olika mätfall inom varje aktuellt bostadsområde. Som en absolut gräns anges att enstaka individuella mätfall ej får överskrida 35 dBA.

Byggnormen bör kompletteras med anvisningar för köket. Installationer som är avsedda att fungera dygnet runt, ex kyl & frysskåp och kontinuerligt arbetande frånluftsfläktar, får ge en ljudnivå i köket av högst 40 dBA medan utrustning som köksfläktar och diskmaskiner bör ge en maximal ljudnivå av 50 dBA. Emissionsgränsvärden är här ett intressant alternativ.

#### 4.4.3 Övriga installationer

I Annex C i SP-RAPP 1983:37 finns ytterligare fyra resultat som inte inkluderats i sammanställningarna ovan. Samtliga dessa resultat gäller externt genererat buller, dvs från installationer utom lägenheten men inom byggnaden. Ett trafikbullerresultat finns dessutom med.

Två fall beträffande buller från grannens tvättmaskin uppvisar dels mycket låga mätresultat (lägre än bakgrunds-nivån) och dels mycket goda betyg. En vidare diskussion av dessa resultat är således överflödigt.

I höghusen (bostadsområde nr 5) studerades två för denna hustyp speciella bullerkällor: Hissen och sopnedkastet. Mätningarna utfördes med maxvärdesavläsning ( $L'_{Amax}$ ). Vid sopnedkastmätningarna så användes en speciell värstafallsopa, en plastpåse med lösa träbitar, vilket innebär att mätresultatet 48 dBA troligen har blivit för högt för att det på ett rättvisande sätt skall kunna relateras till det höga medelbetyg som erhöles. Denna misstanke synes välmotiverad om man jämför med motsvarande resultat för kortvariga buller från VA-installationer i figur 16. Sopnedkastresultatet har inkluderats i figuren. Hissbullerresultatet som också inkluderats i denna figur stämmer dock bra med regressionslinjen för VA-resultaten, varför man bör kunna tillämpa samma bullerkrav på hissbuller som för VA-installationer.

Trafikbullerresultatet som gäller för vardagsrummet i bostadsområde nr 4 stämmer mycket bra med den regressionslinje som erhöles i figur 17 för varaktiga buller i sov- och vardagsrum av lägenhetens egna installationer. Resultatet har inkluderats i figur 17.

**FÖRSLAG:** Byggnormen kompletteras med ljudnivåkrav för hiss-installationer. Ljudnivåerna i lägenheternas sov- och vardagsrum bör uppfylla gränsvärdeskraven:

$$L'_A \geq 35 \text{ dBA}$$

$$L'_{Amax} \geq 40 \text{ dBA}$$

Det gränsvärde som uttryckes i  $L'_{Amax}$  gäller för kortvariga ljud som uppstår ex vid start och stopp medan  $L'_A$  gäller under kontinuerlig gång. 5 dBA högre nivåer tolereras i kök.

Beträffande sopnedkast är underlaget bristfälligt. En väldefinierad mätmetod saknas med avseende på hur bullret skall genereras. De höga nivåer som uppmätts motiverar ytterligare studium och ett byggnormskrav.

#### 4.5 Värmepumpsresultaten

Värmepumpsresultaten som inkluderats i figur 17 visar att denna nya teknik inte innebär något bullerproblem när det gäller mindre anläggningar för villabruk. Resultaten visar också att de boende betygsätter en värmepumpsinstallations bulleralstring på samma

sätt som om det hade gällt exempelvis en frånluftsfläkt i en hyreslägenhet eller i ett radhus. Någon skillnad i toleransnivå synes ej heller föreligga beträffande huruvida man bor i ett flerfamiljshus med värmepumpen i källaren eller om man bor i en villa och kanske själv har initierat installationen. En lämplig ljudnivågräns är således 30 dBA i sov- och vardagsrum. Som en anmärkning kan det dock vara intressant att notera att det i flera fall påträffades frånluftsvärmepumpar där man enbart utnyttjade halvfartsinställningen för att på så sätt reducera bulleralstringen.

Ovanstående resultat stämmer väl överens med utfallet av den undersökning som presenteras i referens [10] och [11]. I denna undersökning konstateras att brukarna sällan har klagomål på värmepumparnas bulleralstring. Olämplig placering eller apparatdefekter förklarade de enstaka problemfall som förekom.

Materialet i SP-RAPP 1983:52 omfattar även en diskussion av lämpliga gränsvärden att tillämpas i samband med laboratorieprovningar av värmepumpar. Värmepumpar provas idag regelmässigt på laboratorium och mätstorheten är den utstrålade A-vägda ljudeffektnivån. Materialet i faktarapporten visar att överensstämmelsen mellan ljudeffektnivåer uppmätta i fält och i laboratorium är relativt god. Tyvärr är dock samtidigt korrelationen mellan den i fält uppmätta ljudeffektnivån (alternativt den normaliserade ljudnivån i uppställningsrummet) och den intressanta ljudnivån i sov- och vardagsrummen så gott som obefintlig (se figur 9 i faktarapporten). Detta gör det svårt att entydigt definiera hur man skall översätta ljudeffektresultat till ljudnivåer för sov- och vardagsrum. För exempelvis vatten/vattenvärmepumpar i enfamiljshus så varierar nivån i uppställningsrummet mellan 48 dBA och 68 dBA samtidigt som ljudnivån för sov- och vardagsrummen endast varierar från 22 dBA till 29 dBA. Dessutom är alltså samvariationen så gott som obefintlig. Av dessa mätfall så var samtliga värmepumpar placerade i pannrum i källaren utom i ett fall där apparaten var placerad i ett grovkök.

Materialet är således för litet och analysen av olika påverkande faktorer för begränsad för att säkra och effektiva ljudeffektgränser skall kunna definieras för laborietester. Ett förslag till två klassgränser som tar hänsyn till de variationer som observerats publiceras dock i faktarapporten.

## 5. SAMMANFATTNING AV LÄGENHETSINNEHAVARNAS OMDÖMEN

Under projektets gång har 273 personer intervjuats om hur de upplever ljudisoleringen och bullerklimatet i sina bostäder. Ett stort antal frågor har ställts och som svar på dessa frågor har sammanlagt 1737 betyg erhållits i en skala från 1 till 7. Varje intervjuoffer har alltså givit sitt utlåtande om i snitt 6 olika akustiska egenskaper hos sin lägenhet. Alla möjliga typer av moderna bostäder har undersökts på detta sätt. Intervjuerna fördelades på olika bostadstyper enligt följande sammanställning:

Hustyp	Ägandeform	Antalet intervjuade
flerfamiljshus	hyreslägenheter	94 personer
radhus	hyreslägenheter	18 personer
radhus	bostadsrättslägenheter	27 personer
loftgångshus	bostadsrättslägenheter	30 personer
radhus	egna hem	28 personer
parhus	egna hem	37 personer
villor	egna hem	40 personer

Betygsresultaten har redan penetrerats i detalj i avsnitt 4 men det kan vara intressant att också summera intrycken och försöka skapa en helhetsbild av hur man allmänt upplever ljudegenskaperna hos den moderna bostaden. En sådan bild kan, med hjälp av det insamlade materialet, erhållas på många olika sätt.

Ett sätt kan vara att summera antalet betyg av respektive valör uppdelat enligt följande betygs kategorier:

Samtliga luftljudsisoleringsbetyg	(500 st)
Samtliga stegljudsbetyg dock ej de som avser trappor	(300 st)
Samtliga trappstegljudsbetyg	(215 st)
Samtliga bullerbetyg	(722 st)
<hr/>	
Samtliga betyg	(1737 st)

Lägger man först ihop samtliga betyg oavsett kategori får man den bild som visas i figur 18. Endast 13 % av betygen är 1:or eller 2:or medan hela 64 % av betygssvaren är 5:or, 6:or eller 7:or. Andelen 7:or är anmärkningsvärt hög, hela 30 %. Den moderna bostaden får alltså ett gott betyg. Medelbetyget av de 1737 betygssvaren är 5.0.

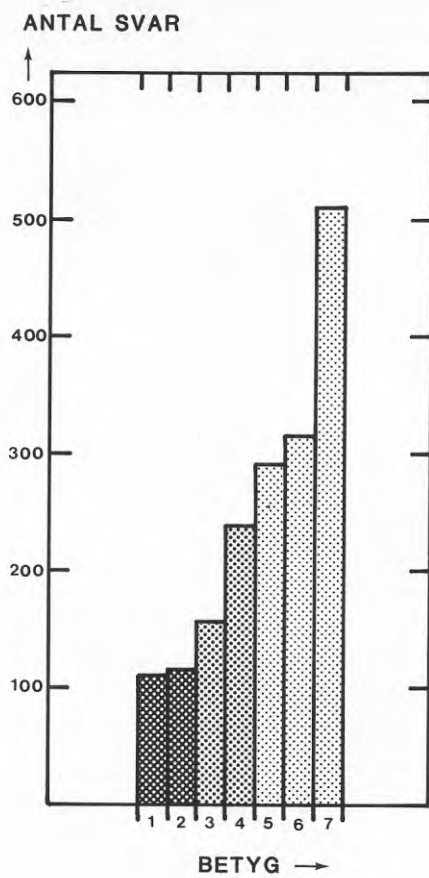
Om man sedan gör uppdelningen enligt ovan erhålles den bild som visas i figur 19. Figuren avslöjar att andelen låga betyg (1:or och 2:or) är störst för stegljudsisoleringen och framförallt stegljud från trappor tycks vara ett dominerande problem. Detta är egentligen inte alls konstigt om man betänker hur lite intresse man ägnat åt stegljud från trappor både bland tillverkare, byggare och byggnadsakustiker. Nedanstående medelbetyg och procentuella andelar 1:or och 2:or erhöles för de fyra egenskapskategorierna.

TABELL 5.

Kategori	Medelbetyg	Andelen 1:or och 2:or
Luftljudsisoleringsbetygen	5.1	9 %
Stegljudsisoleringsbetygen		
- inkl trappresultaten	4.7	18 %
- exkl trappresultaten	5.5	8 %
- enbart trappresultaten	3.7	32 %
Bullerbetygen	5.1	12 %

Stegljudsisoleringen mellan den egna lägenheten och olika typer av trappor får alltså ett klart underkänt betyg medan övriga kategorier får mycket goda betyg.

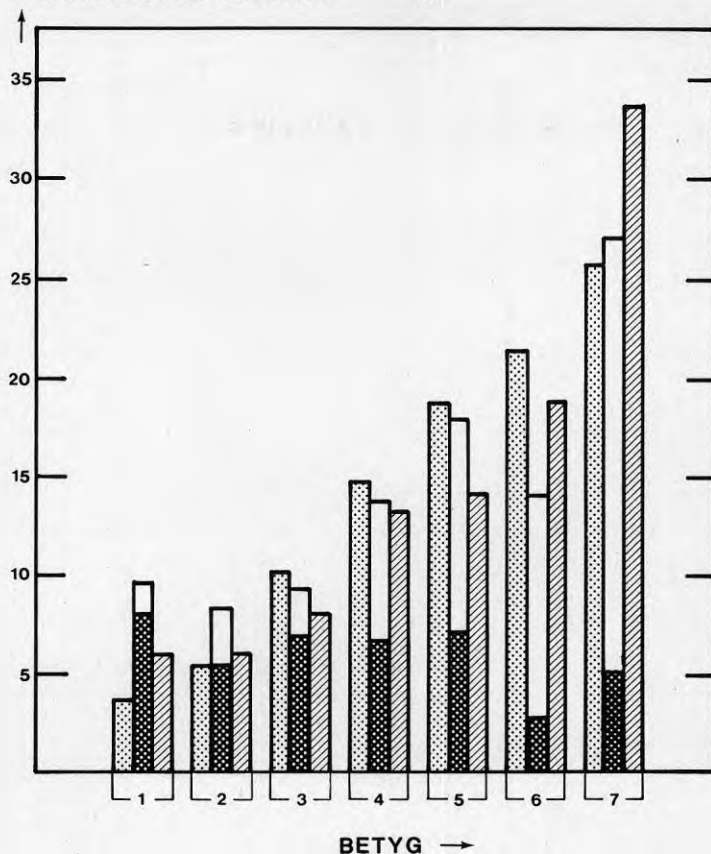
Ett annat sätt att få en helhetsbild kan vara att kontrollera hur många av intervjuoffren som varit missnöjda med någon eller flera av de diskuterade egenskaperna. Detta framgår inte av faktarapporterna men genom att gå igenom intervjublanketterna visade det sig att hela 44 % av alla intervjuade gav en eller flera 1:or eller 2:or. Eftersom totala antalet 1:or och 2:or var 224 st innebar detta att de som haft klagomål har givit betyg 1 eller 2 på i medeltal 2 egenskaper hos bostaden. En stor del av de intervjuade har alltså givit något lågt betyg medan andelen personer som har haft







FIGUR 18. Fördelningen av samtliga de betygssvar som erhöjts inom projektet (totalt 1737 betyg).



PROCENT AV TOTALA ANTALET SVAR  
FÖR RESPEKTIVE KATEGORI (%)



FIGUR 19. Fördelningen av samtliga de betygssvar som erhållits inom projektet uppdelat på kategorierna luftljud, stegljud och buller. För stegljudsbetygen har en vidare uppdelning gjorts så att andelen betyg gällande stegljud från trappor kan särskiljas. Procentandelen stegljudsbetyg och trappstegljudsbetyg av de olika betygsvalörerna har beräknats relativt det totala antalet stegljudsbetyg.

-  Luftljudsisoleringsbetygen
-  Stegljuds-betygen
-  Trappstegljuds-betygen
-  Bullerbetygen

många klagomål är betydligt lägre. Trots att resultaten i avsnitt 3 och 4 i allmänhet är bra, så finns det alltså många personer som är missnöjda med någon enstaka bullerteknisk egenskap hos bostaden.

Avslutningsvis kan det vara intressant att försöka få en bild av vad ett lågt betyg innebär för intervjuoffren. Personernas motiveringar är inte lätta att kategorisera men ett försök har gjorts vid konstruktionen av tabell 6 nedan. Materialet har hämtats från faktarapporterna som förutom betygen även innehåller intervjuoffrens motiveringar i de fall de givit låga betyg.

TABELL 6. Den procentuella förekomsten av olika motiveringar till de lägsta betygen (1:or och 2:or).

BETYGSKATEGORI	MOTIVERINGAR					
	DÅLIGT	IRRITERANDE	STÖRANDE	KONC.- PROBLEM	SÖMN- PROBLEM	ÖVR.
LUFTLJUDSBETYG <sup>1)</sup>	20 %	18 %	20 %	13 %	29 %	0 %
STEGLJUDSBETYG	23 %	13 %	15 %	9 %	29 %	11 %
BULLERBETYG	40 %	20 %	17 %	8 %	11 %	4 %

Not <sup>1)</sup> 29 % nämnde musik och stereoanläggningar som störkälla

Tabellen visar att motiveringarna i allmänhet är ganska diffusa. I 58 till 81 % av fallen motiverade man det låga betyget med att man tyckte det var för dåligt, att det väckte irritation, att det var störande i största allmänhet eller liknande. Beträffande de mera konkreta motiveringarna så finner man att i nära 30 % av alla luftljuds- och stegljudsfall så klagar man över sömnproblem. I endast ca 10 % av fallen så motiverar man det låga betyget med att ljuden är koncentrationsstörande.

Tabellen innehåller inga uppgifter om hur ofta man uppgivit sig vara störd eller hur kraftiga problemen upplevs vara. Om man går igenom motiveringarna för att få en uppfattning om störningsfrekvensen så finner man att i 20 % av alla fall så angav man att problemet förekommer ofta. Om man dessutom kontrollerar hur många som använde någon form av negativt kraftuttryck, så förekom detta i 23 % av fallen.

Det kriterium som använts i avsnitt 4, dvs att medelbetyget skall vara mindre än 4.4, innebär för normalfallet att mindre än eller lika med 20 % av populationen ger betyg 1 eller 2. Ovanstående analys visar att om 20 % ger låga betyg så upplever alltså ca 6 % någon form av sömnproblem. Ca 4 % upplever någon typ av störning eller irritation som förekommer ofta och ca 5 % av populationen anser att förhållandena är mycket bristfälliga. Dessa procentsatser skall inte betraktas som additiva. En och samma persons omdöme kan mycket väl innefattas i mer än en av de diskuterade störningskategorierna.

Resultaten ovan ger en förenklad bild av innebörden av det i avsnitt 4 tillämpade störningskriteriet,  $\bar{b} < 4.4$ .

## 6. ENKLARE MÄTETAL

Möjligheterna till enklare mätningar och mätetal har berörts redan i avsnitt 2 där korrelationen mellan olika mätetal diskuterats. Dessa frågeställningar är naturligtvis inte nya utan har studerats i en rad arbeten, se exempelvis referenserna [12-19]. Majoriteten av dessa publikationer behandlar luftljudsisoleringens mätning medan stegljudsmätningen rönt mera begränsat intresse. Referens [12] innehåller en litteraturöversikt som diskuterar enklare luftljudsisoleringens mätningar.

### 6.1 Mätning av luftljudsisoleringen

I referens [13] så visas att det föreligger en utmärkt korrelation mellan värden på AAD (Aggregate adverse deviation), som är den brittiska motsvarigheten till vårt luftljudsisoleringsindex, och teoretiskt beräknade  $\Delta L_A$ -värden med plant sändarrumsspektrum. Den erhållna korrelationskoefficienten var 96.99 % ( $n = 500$ ). Beräkningarna förutsatte dock att mottagarrummets efterklangstider var 0.5 s och behovet att normalisera mot 0.5 s i verkliga situationer påpekas genom att i ett appendix ange att det räcker med att studera efterklangstiden vid 400 Hz och 500 Hz.

Även undersökningen i referens [14] är baserad på teoretiska beräkningar. Här har man dock gått vidare och simulerat hur ett plant sändarspektrum påverkas av sändarrummets absorptionsegenskaper och hur mottagarrummets absorptionsegenskaper påverkar slutresultatet. 467 faktiska mätresultat har använts vid analysen. Resultaten visar att det är något bättre att använda C-filtret istället för A-filtret vid sändarrumsmätningen och att det är tillräckligt om normaliseringen av mottagarrummets absorption genomföres med ett efterklangsvärde som är medelvärdet av de 8 lägsta frekvensbandens efterklangstider. Felen är dock inte speciellt mycket större om man istället använder A-filtret i båda rummen och om man endast använder en bredbandsefterklangstid för normaliseringen av mottagarrummets absorptionsegenskaper. En medelskillnad erhöles mellan det senare mätetalet och  $R'_w$  som endast var 0.88 dB.

I referens [16] visas figurer som avslöjar en utmärkt korrelation mellan  $\Delta L_A$  och  $R_w$ . Tyvärr är denna artikel skriven på spanska och dessutom baserad på andra spanska artiklar, varför det inte framgår helt klart under vilka förutsättningar som  $\Delta L_A$ -värdena har fastställts. I en påbyggnad av detta arbete, referens [15], studeras inverkan av olika sändarrumsspektrum. Naturligtvis är beroendet stort, speciellt om man studerar skillnaderna mellan så speciella signaler som vitt brus och trafikbuller. Detta förhållande bör naturligtvis beaktas eftersom valet av sändarrumsspektrum säkerligen påverkar mätetalets förmåga att förutsäga den subjektivt upplevda luftljudsisoleringen. Det är inte nödvändigtvis så att man i längden enbart bör eftersträva att erhålla god överensstämmelse med de traditionella luftljudsisoleringsindexen. Snarare kan det vara intressant att både förenkla och förbättra mätetalets egenskaper.

Problemet med utvärderingen av reduktionstalskurvor har behandlats teoretiskt och i detalj i referens [17]. I denna artikel påpekas särskilt att det är olämpligt att arbeta med medelreduktionstal eftersom en dålig ljudisolering inom ett visst frekvensområde aldrig kan uppvägas av en hög ljudisolering i ett annat frekvensområde åtminstone inte när det gäller den subjektiva upplevelsen av isoleringen. Vidare så penetreras betydelsen av den s k 8 dB-regeln som numera har tagits bort som Svensk standard [3]. Resultat presenteras som visar att tillämpningen av 8 dB-regeln medför att indexvärdet stämmer bättre med en vägd ljudnivåskillnad än när regeln exkluderas. Den vägda ljudnivåskillnaden användes som en referensparameter som förutsättes kunna förutsäga den subjektivt upplevda isoleringen. Utelämnandet av 8 dB-regeln kan alltså straffa sig i de mera sällan förekommande fallen med djupare hack i reduktionstalskurvan. Jämför med resultaten i tabell 1 som visar att avvikelserna mellan  $R'_w$  och  $I_a$  är större än eller lika med 4 dB i 5 % av alla mätfall. Vad som kanske är mest intressant i denna artikel och i detta sammanhang är dock att man använder den vägda ljudnivåskillnaden som ett sant mått på den subjektiva upplevda ljudisoleringen. Ett sådant mätetal är ju dessutom mycket enklare att fastställa än att gå den krångliga omvägen om en reduktionstalskurva och ett luftljudsisoleringsindex.

Denna korta litteraturgenomgång och de positiva resultaten i avsnitt 2 och 4, visar att förutsättningarna för att man skall kunna konstruera en enkel fältmetod för mätning av luftljudsisoleringen är mycket goda. Vad som återstår är att ta fram en svensk eller inter-nordisk standard för en sådan metod och att tillämpa metoden i verifierande syfte så att bl a lämpliga kravgränser kan identifieras för kommande byggnormer. Ett sådant arbete har redan påbörjats i Nordtest's regi. Juhani Parmanen, Statens Tekniska Forskningscentral i Otnäs, startade i januari 1984 ett samnordiskt projekt vars syfte är att ta fram en enkel Nordtestmetod för bestämning av luftljudsisoleringen i fält. Projektet kommer bl a att penetrera för och nackdelarna med två metoder som finns redan idag. Dessa metoder presenteras i referens [20] och [21]. Av dessa är den senare metoden speciellt intressant eftersom denna redan är en standard; ASTM Standard E 597-77T.

**FÖRSLAG:** En svensk eller inter-nordisk standard som presenterar en enkel mätmetod tas fram. Metoden skall vara sådan att man utan krångliga beräkningar direkt erhåller det slutliga ljudisoleringstalet.

Detta arbete måste genomföras nu eftersom man redan infört ett nytt ljudisoleringstal ( $R'_w$ ), vilket ännu ej vunnit tillämpning. Eftersom en sådan nyordning kommer att skapa mycket förvirring, är det bättre att istället introducera ett enklare måttetal, som både är enklare att mäta och att förstå, och som dessutom har förutsättningar att korrelera minst lika bra med den subjektivt upplevda avskildheten som dess väsentligt krångligare motsvarighet.

Detta arbete måste genomföras i god tid före nästa utgåva av byggnormen.

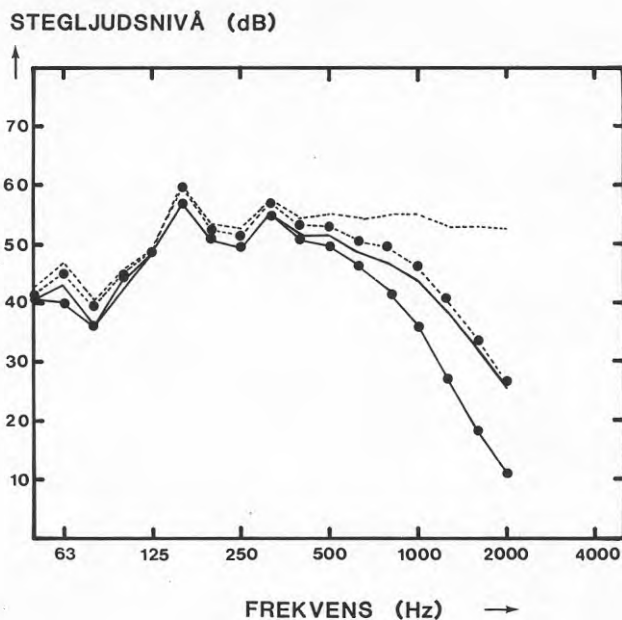
Samtidigt bör man överväga att vända på någon av luftljuds- och stegljudsskalorna eftersom ett högt luftljudsisoleringssvärde är bra medan ett högt stegljudssvärde är dåligt. Detta är ett onödigt motsatsförhållande som bara skapar förvirring.

## 6.2 Mätning av stegljudsisoleringen

Förhållandevis lite har gjorts i denna fråga när det gäller stegljudsmätningar. Frågeställningen har penetrerats i referens [18], som påpekar att om mätningen genomföres med ett A-filter så kommer låg- och högfrequens egenskaperna att bedömas annorlunda än om man genomför en normalmätning samt utvärderar resultaten enligt ISO 717. Det påpekas också att en tillämpning av  $L'_A$  medför en annorlunda rankning av olika bjälklag än som erhålles med  $l_i$  eller  $L'_{n,w}$ . Detta förhållande har också bekräftats av resultaten i denna rapport, se avsnitt 4.3. I samtliga studerade fall (figur 12 och 14) så stämmer ju  $l_i$ - och  $L'_{n,w}$ -värdena väsentligt bättre med de subjektiva betygen än vad de A-vägda mätetalen gör.  $l_i$  ger således en annorlunda rankning av olika testfall samtidigt som mätetalet är bättre på att förutsäga den upplevda stegljudsisoleringen. Trots att korrelationskoefficienterna som erhöles för samspelet mellan  $l_i$  och de A-vägda storheterna var relativt höga (94 - 96 %), så räcker detta således inte för att motivera att stegljudsmätningarna förenklas genom bestämning av den A-vägda ljudnivån. Detta gäller åtminstone så länge hammarapparaten användes på normalt sätt, dvs med stålhammare.

Om man byter hammarhuvudena till motsvarande av gummi, som finns som tillbehör till hammarapparaten, så erhålles väsentligt lägre högfrequensnivåer speciellt när hammarapparaten placeras på hårda golv typ betonggolv utan plastmattor. Detta förhållande som illustreras med de resultat som visas i figur 20, gör att intresset kan förskjutas mot lägre frekvenser om man samtidigt behåller utvärderingsmetoden med stegljudsindex alternativt utför mätningen genom att bestämma den A-vägda stegljudsnivån. Eftersom detta är just vad man önskar sig enligt erfarenheterna i avsnitt 4.3, så är dessa idéer värda ytterligare studium.

Att mätmetoden och utvärderingsmetodiken behöver förbättras speciellt när det gäller mätningar på tjäbjälklag är ett bland akustiker välkänt förhållande [22]. Få är dock de arbeten som studerar orsakerna till detta och vilka förändringar som erfordras. Beträffande alternativa mätmetoder så kan det vara värt att notera att bl a den Japanska stegljudsmetoden [23] tar speciell hänsyn till lågfrequensbidragen, genom att man dels utnyttjar C-vägningsfiltret och dels genomför mätningen ända ned till och med 63 Hz-oktaven. Dessutom



FIGUR 20. Jämförbara stegljudsnivåer genererade av en hammarapparat sedan denna försetts med de normala stålhamrarna alternativt med de gummi-huvuden vilka levererats som tillbehör med apparaten. Mätningarna har utförts i en position på ett betongbjälklag, med respektive utan en löslagd plastmatta. Resultaten visar en stegljudsförbättring för plastgolvet som är relativt oberoende av hammarvalet för frekvenser under 1600 Hz. Samtidigt erhålles genomgående lägre stegljudsnivåer med de mjukare gummihamrarna från och med 400 Hz och uppåt.

- (-----) stålhammare, betongbjälklag utan golvbeläggning
- (——) stålhammare, betongbjälklag med plastmatta
- (-•-•-•-) gummihammare, betongbjälklag utan golvbeläggning
- (-•-•-) gummihammare, betongbjälklag med plastmatta



arbetar man parallellt med två olika stegljudsgeneratorer, dels den vanliga hammarapparaten och dels en väsentligt tyngre stegljudsgenerator som ger mera lågfrekvensljud. Som tung stegljudsgenerator användes normalt ett pumpat bildäck som släppes från 0.9 m höjd. På detta sätt är den Japanska metoden en föregångsmetod även om bildäcksmetoden måhända tycks vara lite väl drastisk.

Två alternativa stegljudsgeneratorer, var och en i form av en hammare försedd med en gummibeläggning (NCR-hammaren består av två vikter och två gummiskikt för att simulera både fot och ben), diskuteras i referens [24]. Detta arbete visar att normala stegljud efterliknas bäst om hammarhuvudets yta är relativt mjuk. Eftersom den normala hammarapparaten ger tillräckligt med stegljudenergi vid de lägsta frekvenserna, är det alltså bara en fråga om att använda gummihuvuden med rätt eftergivlighet för att man skall kunna simulera normala stegljud på ett någorlunda riktigt sätt. De mätresultat som redovisas i SP-RAPP 1983:37 visar dessutom att det inte föreligger några direkta svårigheter att nå god mätnoggrannhet för de allra lägsta frekvensbanden.

**FÖRSLAG:** Ytterligare forskningsinsatser genomföres. Möjligheterna att behålla den standardiserade hammarapparaten som stegljudsgenerator utredes. Speciellt bör man undersöka om det räcker med att ändra referenskurvans utseende och om mätområdet bör utvidgas ned till och med 63 Hz-oktaven. Alternativet med gummiklädda hammare bör också undersökas eftersom sådana finnes som tillhör till de flesta apparater. Speciellt viktigt är det att hammarapparaten ger ett spektrum som efterliknar de vanligaste förekommande stegljuden. Alternativet med mjukare hammare är klart intressant eftersom detta samtidigt möjliggör enklare mätningar och mätetal.

## 7. TILLKÄNNAGIVANDEN

Detta arbete har finansierats inom ramen för Byggeforskningsrådets FoU-program "Hälsoskydd i byggnader".

Ett speciellt tack riktas till följande personer

Sergius	Blomqvist	HSBs Riksförbund
Stefan	Einarsson	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Erik	Rylander	AB Bostäder
Jan	Smede	Nordisk Audioteknik AB
Bertil	Sundberg	Statens Planverk
Magnus	Tholander	Skövde Kommuns Hälsovårdsnämnd

vilka ingick i den referensgrupp som tillsattes i samråd med Byggeforskningsrådet. Referensgruppen har bistått projektledaren med goda råd och värdefulla synpunkter på innehållet i de tre rapporter som publiceras med anledning av projektet.

Ett speciellt tack riktas också till alla de personer som möjliggjort projektet genom att upplåta sina bostäder för ljudmätningarna och som tålmodigt svarat på alla frågor.

Ett varmt tack slutligen till Yvonne Samuelsson som renskrev manuskripten och till Cleopatra Anadiotou som hjälpte till med figurerna och allt kopieringsarbete.

## 8. REFERENSER

- [1] SS 02 52 53, utgåva 2 1981. Värdering av ljudisolering mellan rum
- [2] ISO 717 (1982). Rating of sound insulation in buildings and of building elements  
 Part 1: Airborne sound insulation in buildings and of interior building elements  
 Part 2: Impact sound insulation  
 Part 3: Airborne sound insulation of façade elements and façades
- [3] SS-ISO 717 (1983-12-25). Värdering av ljudisolering i byggnader och av byggdelar  
 Del 1: Luftljudsisolering i byggnader och hos invändiga byggdelar  
 Del 2: Stegljudsisolering  
 Del 3: Luftljudsisolering hos fasadelement och fasader
- [4] SS 81 73 06 (1981). Dörrar - Ljudisolering - Klassindelning
- [5] Anvisningar till byggnadsstadgan BABS 1960. Kungliga Byggnadsstyrelsens publikationer 1960:1
- [6] K. Bodlund 1979. Statens provningsanstalt SP-RAPP 1979:16, Dörrars luftljudsisolering
- [7] E.C. Sewell and W.E. Scholes 1978. Building research establishment current paper CP 20/78. Sound insulation performance between dwellings built in the early 1970s.
- [8] T.J. Schultz 1977. 9th International congress on acoustics Noise control in building codes: Europe and USA.
- [9] Nordtest method ACOU 041 (1983). Rooms: Noise level.
- [10] A. Jagenäs 1982. Chalmers Tekniska Högskola, Avd för byggnadsakustik. Rapport F82-05. Reduction of heat pump noise.
- [11] A. Jagenäs 1983. Noise Control Engineering Journal 21, 56-65. Noise from small heat pumps
- [12] H.G. Leventhall 1977. Chelsea College. Simplified methods for the measurement of airborne sound insulation in buildings
- [13] L-J Lee 1983. Applied Acoustics 16, 355-368. A simplified field method for measuring the aggregate adverse deviation of partitions
- [14] L.C. Fothergill 1983. Applied Acoustics 16, 401-407. The choice of frequency weightings and RT correction for measurements in a simple test for sound insulation

- [15] A. Moreno. To be published in Journal of Sound and Vibration. Factors influencing dBA ratings for sound insulation: Incident noise spectrum and shape of the transmission loss curve
- [16] A. Moreno, J. Pfretzschner, R. Muñoz & J. Garcia 1981. Revista de Acústica 12, 217-225. Implicaciones de la Norma ISO-717 en los métodos simplificados de valoración y medida del aislamiento acústico
- [17] J. Parmanen and H.T Tuominen 1982. Journal of Sound and Vibration 82, 235-246. Airborne sound insulation and graphical indices
- [18] J. Parmanen 1983. Technical Research Centre of Finland. Manuscript prepared on the occasion of the impact noise insulation session at INTER-NOISE 83. On the use of the A-weighting in impact sound measurements
- [19] L.C Fothergill 1982. Applied Acoustics 15, 11-29. An investigation of simple methods for assessing reverberation time
- [20] J. Klinkby Olsen & N. Michelsen 1980, Lydteknisk Laboratorium. Rapport nr 19. En simpel målemetode til bestemmelse av lydisolasjonen i boligbyggeri
- [21] T.J. Schultz 1979. Noise Control Engineering 13, 105-111. Rationale for ASTMs simple test for sound insulation in buildings
- [22] J.T. Broch 1983. Inter-Noise 83 Proceedings, 1115-1118. On low frequency impact sound insulation measurements
- [23] JIS A 1418 (1978). Japanese Industrial Standards. Method for field measurement of floor impact sound level
- [24] A.C.C Warnock 1983. Inter-noise 83 Proceedings, 1127-1130. Floor impact noise and foot simulators.

## ANNEX A

## ERHÅLLNA LINJÄRA SAMBAND MELLAN OLIKA LJUDISOLERINGSMÅTT

Tabell A1. Uppskattade linjära regressionssamband mellan luft-ljudsisoleringsmått  $I_a$ ,  $R'_w$ ,  $\bar{R}'$  och  $\Delta L_A$ . Resultaten är baserade på samtliga de mätvärden som presenteras i faktarapporten SP-RAPP 1983:37.  $\bar{R}'_w$ ,  $\bar{I}_a$  och  $\bar{\Delta L}_A$  representerar de medelvärden som redovisas för respektive variabel och bostadsområde i Annex A i nämnda faktarapport.

Skattade samband	r (%)	n	Var.område för ober.variabel	
			lägsta värde (dB)	högsta värde (dB)
$R'_w = 0.99 I_a + 1.0$	99.44	128	19	70
$\bar{R}'_w = 0.97 \bar{I}_a + 2.0$	99.78	22	22	60
$\Delta L_A = 0.98 I_a + 1.6$	96.74	128	19	70
$\bar{\Delta L}_A = 0.91 \bar{I}_a + 4.8$	98.14	22	22	60
$\Delta L_A = 0.99 R'_w + 0.3$	96.87	128	20	70
$\bar{\Delta L}_A = 0.92 \bar{R}'_w + 3.6$	98.17	22	25	61
$R'_w = 1.26 \bar{R} - 5.9^{1)}$	99.00	117	21	47
$I_a = 1.27 \bar{R} - 6.6^{1)}$	97.63	117	21	47

Not. <sup>1)</sup> Gäller för 117 dörrmätningar med  $S \approx 2 \text{ m}^2$  inklusive 100 laborietester.

Tabell A2. Uppskattade linjära regressionssamband mellan stegljudsnivåmått  $L_i$ ,  $L'_{n,w}$ ,  $L'_{n,A}$  och  $L'_A$ . Resultaten är baserade på samtliga de mätresultat som erhållits med hammarapparaten som stegljudskälla och som redovisas i SP-RAPP 1983:37.  $\bar{L}_i$ ,  $\bar{L}'_{n,w}$ ,  $\bar{L}'_{n,A}$  och  $\bar{L}'_A$  representerar de medelvärden som redovisas för respektive variabel och bostadsområde i Annex B i nämnda faktarapport.

Skattade samband	r (%)	n	Var.område för ober. variabel	
			lägsta värde (dB)	högsta värde (dB)
$L'_{n,w} = 0.97 L_i - 4.3$	99.03	165	33	76
$\bar{L}'_{n,w} = 0.99 \bar{L}_i - 5.3$	99.29	23	36	70
$L'_{n,A} = 1.00 L_i + 0.9$	95.44	165	33	76
$\bar{L}'_{n,A} = 1.06 \bar{L}_i - 2.3$	96.40	23	36	70
$L'_A = 1.06 L_i - 3.2$	94.72	165	33	76
$\bar{L}'_A = 1.11 \bar{L}_i - 6.5$	96.56	23	36	70
$L'_A = 1.11 L'_{n,w} + 0.8$	96.83	165	25	67
$\bar{L}'_A = 1.13 \bar{L}'_{n,w} - 1.0$	98.05	23	31	64
$L'_{n,A} = 1.04 L'_{n,w} + 4.5$	98.01	165	25	67
$\bar{L}'_{n,A} = 1.08 \bar{L}'_{n,w} + 2.6$	98.46	23	31	64
$L'_A = 1.05 L'_{n,A} - 3.5$	97.93	165	29	76
$\bar{L}'_A = 1.04 \bar{L}'_{n,A} - 3.3$	98.85	23	36	74











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810405-8 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens provningsanstalt, Borås.**

**Art.nr: 6704096**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**R96: 1984**

**ISBN 91-540-4190-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**