



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

R18:1983

Tilläggsisolering av tak- och ytterväggar mot flyg- och trafikbuller

Sven-Olof Benjegård

Jan-Inge Gustafsson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

ser

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

R18:1983

TILLÄGGSISOLERING AV TAK- OCH
YTTERVÄGGAR MOT FLYG- OCH TRAFIKBULLER

Sven-Olof Benjegård
Jan-Inge Gustafsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780156-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg.

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

R18:1983

ISBN 91-540-3886-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL	<u>Sid</u>	
FÖRORD	5	
SAMMANFATTNING	7	
1	INLEDNING	13
1.1	Bakgrund	13
1.2	Projektets faser	14
2	LJUDISOLERING - BEGREPPSDISKUSSION	16
2.1	Ljudisolering mellan rum	16
2.2	Ljudisolering mot utifrån kommande buller	16
2.3	Ljudisoleringsmått för flygbuller	17
3	BESKRIVNING AV PROVHUS	19
4	MÄTTEKNIK	27
4.1	Resultat av litteraturinventering	27
4.2	Mätmetodik - diskussion	29
4.21	Mikrofonplaceringens betydelse	29
4.211	Mätningar	33
4.22	Mättid	38
4.221	Ljudisolering uttryckt som FBN-skillnad..	38
4.222	Momentan ljudisolering	38
4.223	Mätningar	38
4.3	Ljudisolering mot flygbuller - olika mätmetoder	40
4.31	Alternativa mätmetoder	40
4.311	Ljudkälla: Flygbuller	40
4.312	Ljudkälla: Motorsåg	41
4.313	Tersbandbegränsat brus utmatat via högtalare	42
4.314	Ljudisoleringsmätning med påbyggt sändarrum	44
4.32	Utförda mätningar med olika mätmetoder ..	44
4.33	Mätresultat	44

	<u>Sid</u>
4.34	Kommentar till mätresultaten 51
4.4	Ljudisolering mot flygbuller - förslag till mätmetod 52
4.41	Bestämning av ljudisoleringen hos <u>enskild</u> skiljearea 52
4.42	Bestämning av den totala ljudisoleringen Δ FBN 54
4.421	Flygbuller som ljudkälla - mätmetodik 54
4.411	Förhöjning av fönsterpartiars ljudisolering 53
5	LJUDISOLERINGSFÖRBÄTTRANDE ÅTGÄRDER ... 56
5.1	Tilläggsisolerande konstruktioner 56
5.11	Mätresultat 58
5.12	Kommentarer till mätresultaten 70
5.121	Grundkonstruktion 70
5.122	Tilläggskonstruktioner - väggar 70
5.123	Tilläggsisolering - tak 71
5.124	Placering av tilläggsisolerande konstruktion 72
5.2	Ljuddämpad friskluftkanal 72
6	INVENTERING AV BEFINTLIG LJUDISOLERING 77
	I BEBYGGELSE KRING LANDVETTER FLYGPLATS
6.1	Beskrivning av aktuella ytterväggskonstruktioner 85
6.2	Arbetsgång vid besiktning och utarbetande av åtgärdsförslag 90
6.21	Besiktning 90
6.22	Protokoll 91
6.23	Rådgivning 93
6.24	Uppföljning 93
6.241	Mätresultat 94
7	FORTSATT FORSKNINGSPÅRBEJTE 100
	LITTERATURINVENTERING 101
BILAGA 1	LANDVETTER FLYGPLATS - ÅTGÄRDER MOT BULLERSTÖRNINGAR NAS-80 111
BILAGA 2	RÅD OCH ANVISNINGAR AVSEENDE LJUDISOLERANDE ÅTGÄRDER 115

FÖRORD

Sedan 1974/75 då trafikbullerutredningen lämnade sina betänkanden beträffande bl.a immissionsgränser för vägtrafik- och flygbuller har i allt större utsträckning krav ställts på ljudisoleringen mot utifrån kommande buller. Detta gäller såväl nybyggnads- som renoveringsobjekt.

Krav på förbättrad värmeisolering och en ökad upprustning av befintlig bebyggelse har också lett till att antalet renoveringsobjekt ökat.

Ökningen i utomhusbullret hör först och främst efterkrigstiden till och bullerproblemet har i många fall ej uppmärksamats förrän under det senaste årtiondet. Det betyder att kunskaperna om befintliga äldre yttervägg- och takkonstruktioners ljudisolering i många fall är undermålig. Även mätmetodiken behöver i viss utsträckning utvecklas.

Denna rapport avser ge svar på en del frågor i den nämnda problematiken.

Projektet har till större delen finansierats av Statens råd för byggnadsforskning, projektnummer 780156-1.

Gränges Aluminium AB, Gyproc AB, Rockwool AB har lämnat bidrag i form av byggnadsmaterial.

Göteborg-Landvetter flygplats AB har låtit oss disponera en av sina fastigheter som provhus.

Trafikledarna vid Göteborg-Landvetter flygplats har vid flygbullermätningarna gett oss information om aktuella flygrörelser.

I projektet har förutom författarna, i diskussioner av uppläggning och resultat, medverkat andra anställda inom

IIAB.

För utskriften har Annika Almsten svarat.

Till samtliga ovanstående vill vi rikta ett varmt tack.

Göteborg den 6 juli 1982

Sven-Olof Benjegård Jan-Inge Gustafsson

Sven-Olof Benjegård Jan-Inge Gustafsson

SAMMANFATTNING

Ljudisoleringen mot utifrån kommande buller har tidigare nästan helt bestämts av fönstren. Intresset för ytterväggars ljudisolering har därför varit litet men har ökat efter tillkomsten av standardfönster med god ljudisolering.

Detta projekt har haft till syfte att studera den ljudisolerande effekten av några olika tilläggsisolerande åtgärder på sådana grundkonstruktioner som idag normalt inte förekommer i nybyggnadsobjekt.

Uppmätt ljudisoleringsvärde är beroende av vilken mätmetodik som utnyttjas och av vilket ljudisoleringsmått som används. Inom projektet har därför också alternativa mätmetoder jämförts.

I rapporten redovisas först en litteraturinventering.

Litteraturinventering

Inventeringen omfattar 25 titlar och för varje titel ges kort sammandrag. I flera referenser ges förslag på tilläggsisolerande åtgärder och dess effekt.

Mätmetodiken vid de fältmätningar som redovisas är oftast otillfredsställande beskriven varför mätresultaten i olika referenser ej är jämförbara.

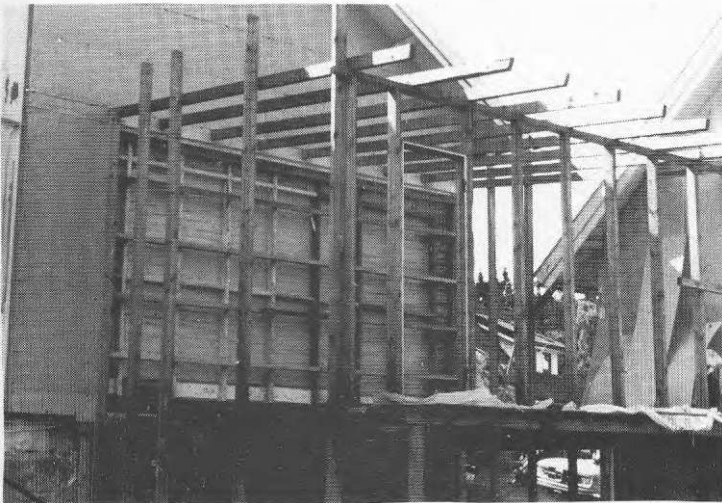
Mätmetodik

De ljudisoleringsmått som vanligen är intressanta vad gäller utifrånkommande buller är:

- * ljudisoleringen i relation till ekvivalenta ljudnivån utomhus (i flygbullersammanhang, flygbullernivå - FBN) eller
- * ljudisoleringen i relation till uppträdande maximal ljudnivå.
- * Valet av mått beror på aktuell situation och hur ljudkraven är formulerade.

För att kunna jämföra alternativa ljudisoleringsmetoder har ett provhus i fullskala utnyttjats. Huset var beläget i banförlängningen 2 km norr Göteborg-Landvetter flygplats.

För att kunna utföra mätningar under laboratorieliknande förhållanden och för att kunna studera flanktransmissionsproblem påbyggdes ett sändarrum utanför en av testytorna.



Testfasad och yttre mätrum. Gipsskivorna i väggar och tak är nedmonterade.

En analys av mätresultaten ger följande slutsatser:

- * Om ljudisoleringen skall uppmätas i förhållande till FBN utomhus bör utomhus-mätmikrofonen placeras på tak (dikt an hård skiva som vilar mot taket) så att fri sikt mellan mikrofon och aktuella flygvägar föreligger.

Ljudisoleringen till aktuella mätobjekt bestäms med flygbuller som ljudkälla och för var och en av de flygvägar som ger huvudsakligt bullerbidrag till FBN.

- * Om enskild konstruktions ljudisolering skall bestämmas görs detta enklast genom att använda artificiell ljudkälla - t.ex mätning med högtalare enligt ISO 140/V eller rörlig ljudkälla med hög ljudeffekt inom aktuellt frekvensområde t.ex trafik eller motorsåg som förflyttas parallellt testytan.

Då flygbuller utnyttjas som bullerkälla för bestämning av enskild konstruktions ljudisolering, måste man tillse att transmissionsvägar utöver den konstruktion som skall kontrolleras, tilläggsisoleras så att bullerbidrag via dessa vägar kan försummas.

Ljudisolerande åtgärder

I rapporten redovisas dels delar av en inventering av befintlig ljudisolering i bebyggelse kring Göteborg-Landvetter flygplats och dels mätresultat avseende olika objekt i provhuset.

Bland resultaten kan nämnas

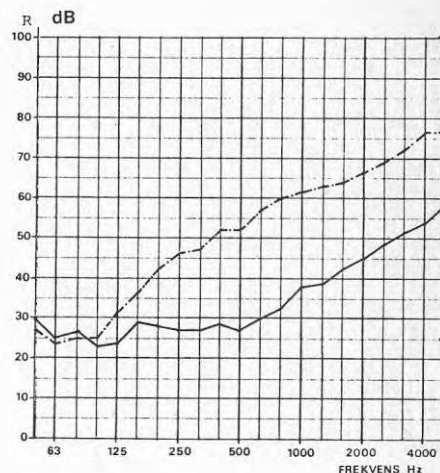
- * Ljudisoleringen hos ytterväggskonstruktioner - exklusive fönster - i äldre bebyggelse är vanligen lägre än den hos t.ex en treglas fönsterkonstruktion av typen ljudruta.
- * Av de testade tilläggsisolerande åtgärderna som utförts på grundkonstruktionen 5" timmerväggar visade sig en Serporock-konstruktion ge bäst tilläggsisolerande effekt. Den "nya" väggen uppvisar Ia-värden = 52 dB. Tilläggs-konstruktionen ger tillsammans med grundkonstruktionen en i det närmaste ideal dubbelvägg eftersom förbindningar mellan puts-skiktet i Serporochen och befintlig vägg sker med ledade kramlor (4 st per m²).

OBJEKTBSKRIVNING

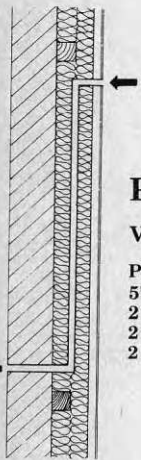
Yttervägg - timmer

- ① — 5" timmer
 Invändig beklädnad: Pärlspont
 Utvändig beklädnad: 1" bräder
- ② - - - - - Tilläggsisolering Serporock
 (100 mm mineralull + 30 mm puts.
 4 ledade kramlor per m² mellan puts och grundkonstruktion)

Mätning med påkopplat sändarrum och mätning enligt ISO 140/I-III.



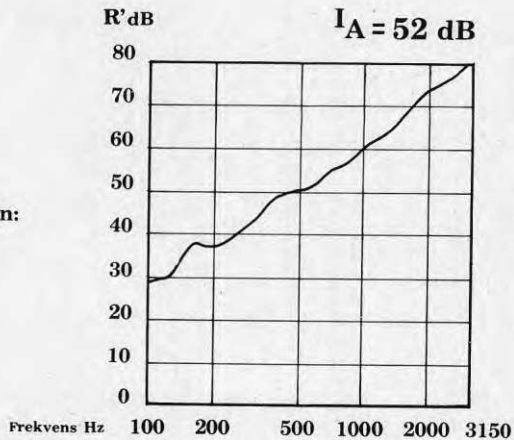
- * För att minska effekten av flanktransmission bör i normalfallet tilläggsisoleringen utföras på ytterväggens utsidor.
- * Tilläggsisoleringar som tillsammans med grundkonstruktionen ger en trippelkonstruktion kan i vissa fall ge lägre isoleringsvärden än om ett delskikt tas bort.
- * Vid tilläggsisolerande åtgärder som har för avsikt att förbättra ljudisoleringen bör frisklufttillförsel ske genom ljuddämpande kanaler. En sådan erhålles lätt genom att i mineralullen i tilläggsisoleringen förlägga en perforerad kanal (se fig). Med en kanallängd $>0,5$ m och öppningsarea = 30 cm^2 erhålles en kanaldämpning som normalt är större än ljudisoleringen hos väggen.



Provvägg

Väggmaterial från insidan:

Papp
 5" timmer
 2 x 50 mm träreglar
 2 x 50 mm mineralull
 2 x 9 mm gips



- * Förslag till arbetsgång vid besiktning av bullerstörda fastigheter, principer för åtgärdsförslag och råd och anvisningar beträffande utförandet av åtgärdsförslagen redovisas.

* Ex. på kostnader för olika tilläggsisolerande åtgärder ges nedan (gäller material + arbete) 82 års priser.

Tilläggsisolering av väggar (reglar + 1" träpanel + mineralull) = 300 kr/m²

Fönsterbyte 3000/fönster

Dörrbyte 4000-5000/dörr

Ljuddämpad frisklufttillförsel enligt ovan 300-400 kr/st

Resultaten i detta projekt visar att trippelkonstruktioner och de parametrar som bestämmer deras ljudisolering närmare bör studeras.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I konsultverksamheten konfronteras vi ofta med problemet att finna lösningar som ger önskad ljudisoleringsförbättring för bostäder mot yttre bullerstörningar. Bullerstörningarna kan härröra från väg- spår- eller flygtrafik men också från industrier eller annan etablerad verksamhet.

Detta projekt har till stor del sin upprinnelse i vårt uppdrag för Göteborg-Landvetter Flygplats AB rörande förbättring av ljudisolering av bostäder i omgivningen till Landvetter Flygplats.

Då det gäller den fältmässiga effekten av tilläggsisolering applicerad på de yttervägg- och takkonstruktioner som förekommer i området och som i övrigt är vanliga i vårt land är emellertid avsaknaden av data stor. Beträffande ljudisoleringen hos de befintliga grundkonstruktionerna är kunskaperna också otillräckliga.

Orsaken till detta torde vara att den resulterande ljudisoleringen hos en konstruktion i första hand bestäms av de ljudisoleringssvaga delytorna som ventilöppningar och fönster. Framtagandet av fönsterkonstruktioner med hög ljudisolering - standardfönster med upp till 15 dB högre isolering än tidigare standardfönsters isolering - gör att ljudtransmissionen genom själva väggkonstruktionen dock kan bli av stor betydelse. För att ljudisoleringen hos den totala väggytan enbart skall bestämmas av fönstret måste, vid en fönsterandel om 20-25%, övrig väggyta ha en ljudisolering, som är 10-15 dB högre än den hos fönstret.

Bristen på fältdata sammanhänger i mycket med mätproblematiken. Inom projektet har vi därför studerat fältmätmetodiken med målsättning att få fram tillförlitliga mätmetoder och att förbättra möjligheterna att överföra

laboratorievärden till fältvärden.

1.2 Projektets faser

Projektet omfattar följande avsnitt:

- Inventering avseende litteratur som beskriver undersökningar av ytterväggs- (tak-) konstruktioners ljudisolerings. Inventeringen omfattar dels publicerad litteratur och dels egna rapporter. I inventeringen ingår också litteratur som tar upp mätteknikproblematiken. Litteraturinventeringen presenteras med författare, titel, årtal och kort resume.

- Diskussion av mätmetodik med avseende på följande punkter:
 - * Resultat av litteraturinventering.
 - * Ljudisoleringsmått
 - * Frågeställningar beträffande olika mätmetoder - lab - reell bullerkälla - högtalare - diskuteras.
 - * Olika transmissionsvägar. Egna mätningar.
 - * Egna mätningar avseende jämförelse mellan registrerad nivå i olika utomhus-mätpunkter vid mätning på flygbuller.

- Fältmätningar för bestämning av ljudisolerings hos olika tilläggsisolerande konstruktioner, applicerad på olika grundkonstruktioner.

För genomförande av punkterna ovan har ett provhus (i fullskalemodell) i närheten av Landvetter flygplats använts.

- Utarbetande av förslag till handlingsprogram vid framtagande av underlag för tilläggsisolerande åtgärder och förslag till anvisningar för dess genomförande.

- Inventering av befintlig ljudisolering mot utifrån kommande buller hos ett antal "typiska" hus i Landvetters flygplats omgivningar. (Inventeringen har delvis bekostats av AB Göteborg-Landvetter flygplats).

I inventeringen ingår också en serie ljudisoleringsmätningar.

- Diskussion av fortsatt forskningsarbete

2 LJUDISOLERING - BEGREPPSDISKUSSION

2.1 Ljudisolering mellan rum

Ljudisolering är ett väldefinierat begrepp då det gäller ljudisolering mellan rum.

Om en konstruktions ljudisolering uppmättes i laboratorium där flanktransmissionen kan försummas får man dess reduktionstal R , där

$$R = L_S - L_M - 10 \log \frac{A_M}{S}$$

L_S och L_M är ljudtrycksnivåerna i sändare- resp. mottagarerum, A_M är mottagarerummets ljudabsorption och S mätobjektets area.

R bestäms vanligen i tredjedelsoktavbanden i frekvensområdet 100 till 3150 Hz.

Vid fältmätningar får man inte endast ljudtransmission genom skiljekonstruktionen mellan mätrummen utan även via flankerande väggar. Man uppmäter ett "fältreduktionstal" som är lägre än skiljekonstruktionens ljudisolering.

I ISO 140, I-III beskrivs begreppet "ljudisolering mellan rum" närmare. Nämnas bör att vi i detta fall anser att ljudfältet är diffust i såväl sändare- som mottagarerum.

2.2 Ljudisolering mot utifrån kommande buller

Då vi betraktar ljudisoleringen mot utifrån kommande buller kan vi anse att vi har ett diffust ljudfält på insidan av fasadkonstruktionen (i mätrummet). Utanför kan vi ha flera olika vågformer.

Ex. 1 Industribuller: I det närmaste plan våg och ljudinfall mot fasaden endast inom ett begränsat vinkelområde.

Ex. 2 Trafikbuller på väg parallell med aktuell fasad:

Från varje ljudkälla träffar i varje ögonblick en plan våg fasaden. Eftersom ljudkällorna rör sig och/eller är flera till antalet kommer ljudinfall att ske i hela vinkelområdet $0-180^{\circ}$ sett i ett horisontalplan genom väggen. Om fasaden är hög och trafiken går nära fasaden sker även ljudinfall inom ett stort vinkelområde sett i ett vertikalplan genom väggen.

Trafikbullret kan delvis vara skärmat men normalt gäller att i de fall man har trafikbuller av sådan nivå att det ställs krav på fasadens ljudisolering så sker också ljudinfallet inom ett stort vinkelområde.

Ex. 3 Flygbuller: Det kontinuerliga buller som erhålles från en industri eller trafikled erhålles ej i detta fall. Vanligen ger endast en flygrörelse åt gången bullerbidrag. Under flygpassagen erhålles en med tiden varierande infallsvinkel mot fasader och tak. Eftersom flygvägarna ej är fasta erhålles också en mellan varje flygpassage varierade infallsvinkel. Till skillnad från industri- och trafikbullerfallen sker i flygbullerfallet oftast exponering av flera av husets yttre begränsningsytor.

Under olika tidpunkter av flygpassagen kommer ljudnivån i husets utrymmen att bestämmas av olika transmissionsvägar. I normalfallet är det således svårt att med flygbuller som ljudkälla bestämma enskild konstruktions ljudisolering.

2.3 Ljudisoleringsmått för flygbuller

Vanligen finns flygbullernivån - FBN - beräknad kring våra flygplatser (utomhusvärden). FBN är ekvivalenta ljudnivån i dB(A) för dygnet och där det buller som uppträder under kväll och natt uppvärderats med 5 resp. 10 dB. Vanligen är FBN beräknad för årsmedeldygnet.

Det kan därför synas naturligt att även bestämma FBN inomhus och således ange ljudisoleringen som differensen mellan FBN

(utomhus) och FBN (inomhus), där FBN (inomhus) korrigeras med hänsyn till ljudabsorptionen.

Eftersom skillnaden mellan flygbullernivån och maximala ljudnivån vid en passage kan vara mycket stor finns det här anledning att även se på ljudisoleringen som funktion av tiden och där den tidpunkt som ger högst inomhusnivå är mest intressant. Denna ljudisolering finns anledning att tillsammans med antalet störningar ange då man är intresserad av flygbullerstörningar i skolsalar, studios, sammanträdesrum, undersökningsrum etc. Här tillämpas ofta kriterier i form av acceptabla maximala ljudnivåer.

3 BESKRIVNING AV PROVHUS

För projektets genomförande var det önskvärt att ha tillgång till en byggnad som i första hand exponerades av flygbuller men också av annat samhällsbuller av ej kontinuerlig karaktär.

Det har också varit önskvärt att disponera en byggnad å vilken byggnadstekniska ingrepp av stor omfattning kunnat utföras.

I samband med tillkomsten av Landvetter flygplats har Göteborg Landvetter Flygplats AB löst in ett flertal fastigheter. Av de inlösta fastigheterna utanför själva flygplatsområdet hyrs de flesta ut.

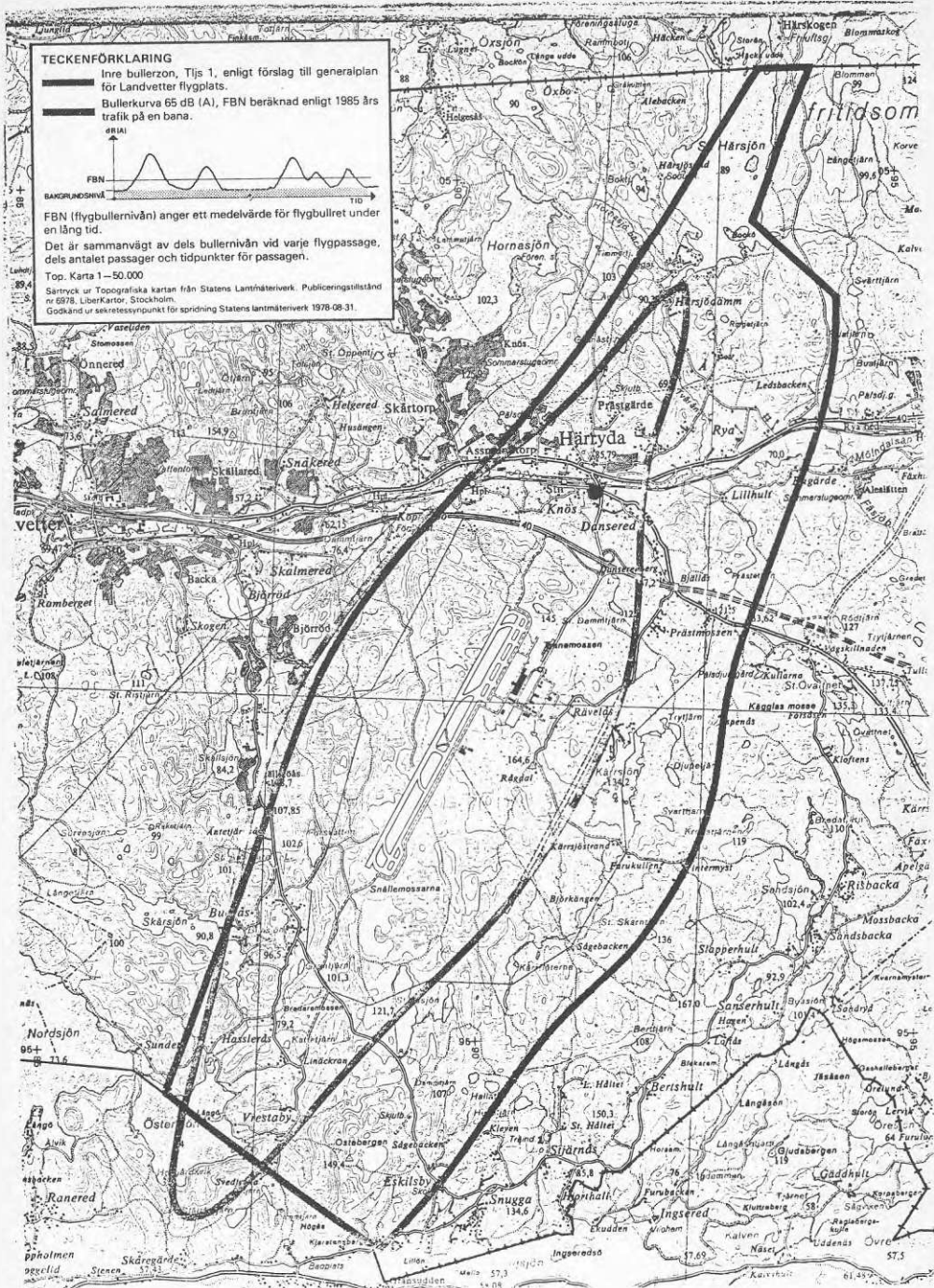
En del fastigheter exponeras av så kraftigt buller och kvaliteten hos byggnaderna är (var) så dålig att det inte varit ekonomiskt meningsfullt att genom tilläggsisolerande åtgärder förbättra inomhusljudmiljön. Således har alternativet varit att riva de aktuella byggnaderna.

Ett av dessa rivningshus har flygplatsbolaget låtit oss disponera för projektets genomförande.

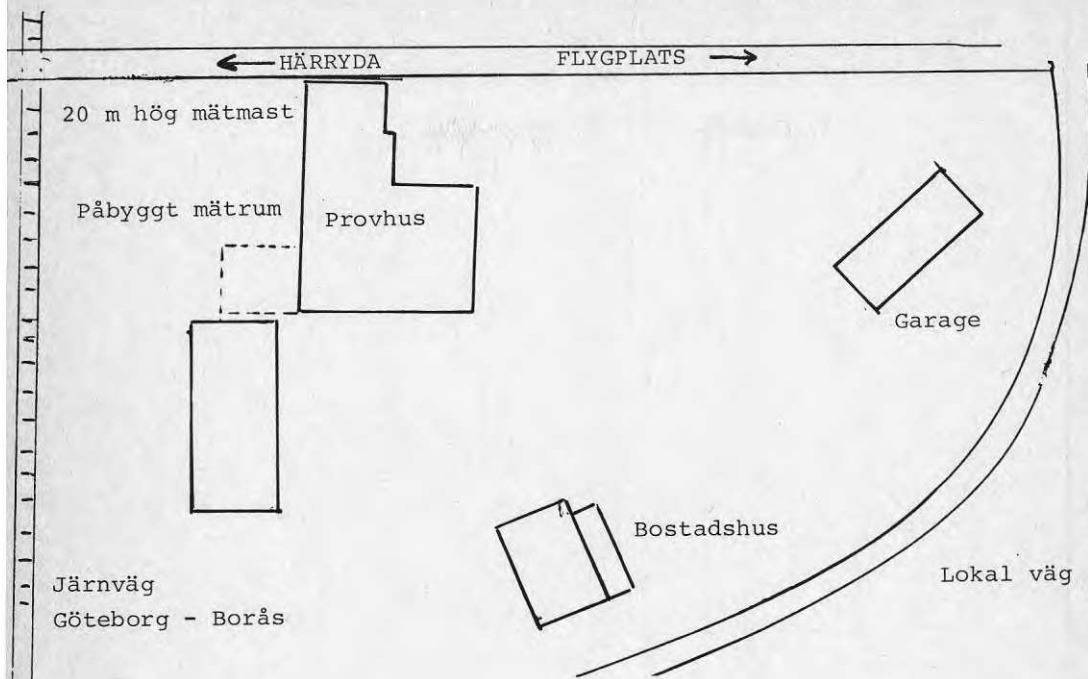
Byggnaden utgörs av en tvåvånings träbyggnad med källare, belägen i den centrala delen av Härryda samhälle. Avståndet till startbanans norra ände (bana 03) är ca 2 km och banförlängningen går nästan rakt över fastigheten. Fastighetens läge med omgivning visas på kartblad, figur 1 och figur 2 visar en planritning över fastigheten med dess närmsta omgivning.

Som synes är "provhuset", förutom av flyg, omgivet av trafikleder. Det fanns därför möjligheter att göra ljudisoleringsmätningar på samma objekt med varierande ljudkällor.

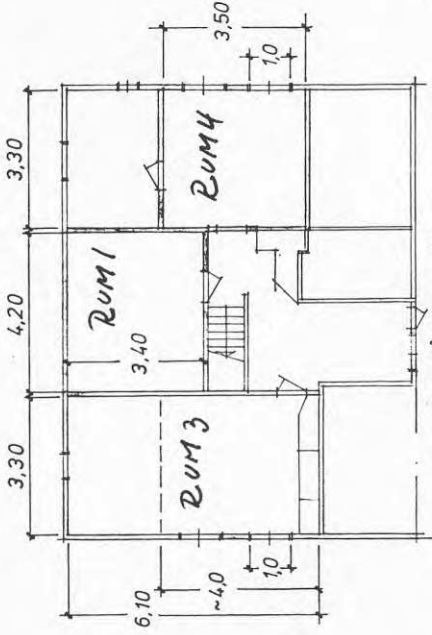
På figur 3 visas planlösning och fasader. Markering av mättrum och testyta anges i figuren.



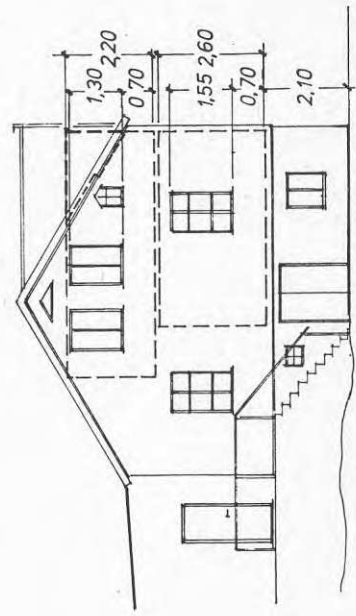
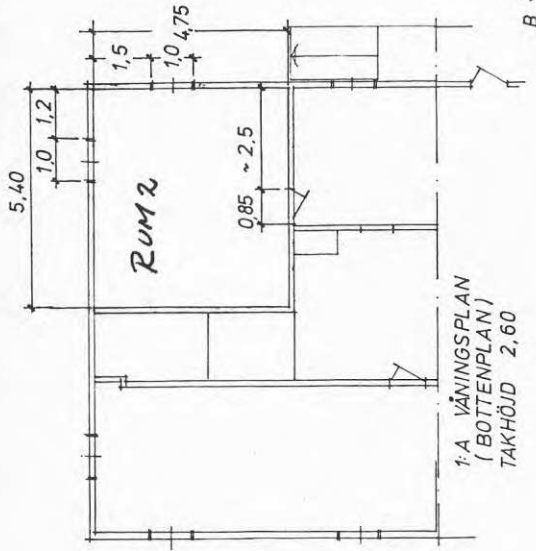
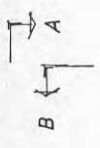
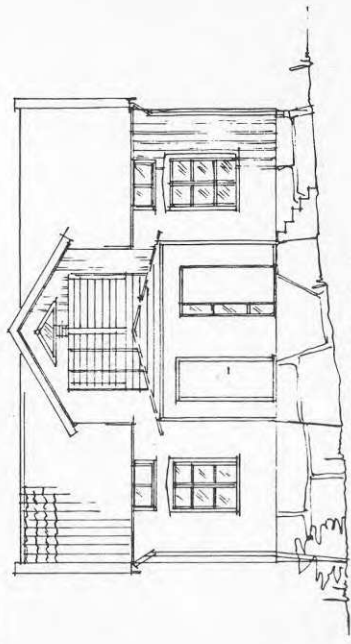
Figur 1. Karta över omgivningen kring Göteborg-Landvetter flygplats. Inre linjen anger FBN-65 linjen beräknad för en trafik av 58000 rörelser/år. Prohusets läge har markerats med ●



Figur 2. Planskiss över provhus och dess närmsta omgivning.



ALLA MÅTT
m



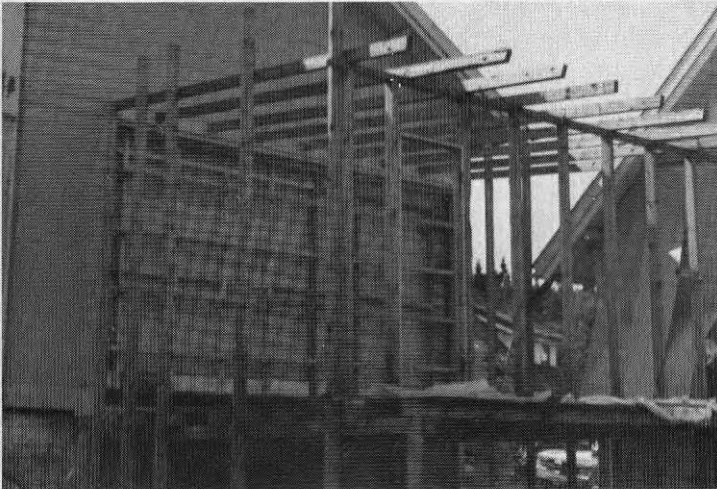
H-9136
Figur 3

BFR-projekt 780156-1
Ljudisolering mot flygbuller
Provhus - planlösning

För att möjliggöra mätningar utförda enligt de i avsnitt 6 beskrivna principerna byggdes en regelstomme upp utanför ett av mottagarrummen. I nivå något under mottagarrummets golv monterades horisontella regler på vilka lades 22 mm träfiberskiva. Genom att montera 9 mm gipsskivor mot de vertikala reglarna och mot "takreglarna" bildades ett mätrum (sändarrum) med dimensionerna

$$4.80 \times 3.60 \times \left(\frac{3.00 + 2.50}{2} \right) \text{ m}^3 = 47.5 \text{ m}^3$$

(Taket gjordes lutande för att avrinning skulle kunna ske).
Se figur 4.



Figur 4. Testfasad och yttre mätrum. Gipsskivorna i väggar och tak är nedmonterade.

Gipsskivorna i tak och väggar monterades på sätt som medgav snabb upp- och nedmontering. Rummets golv låg på plats under hela mätserien.

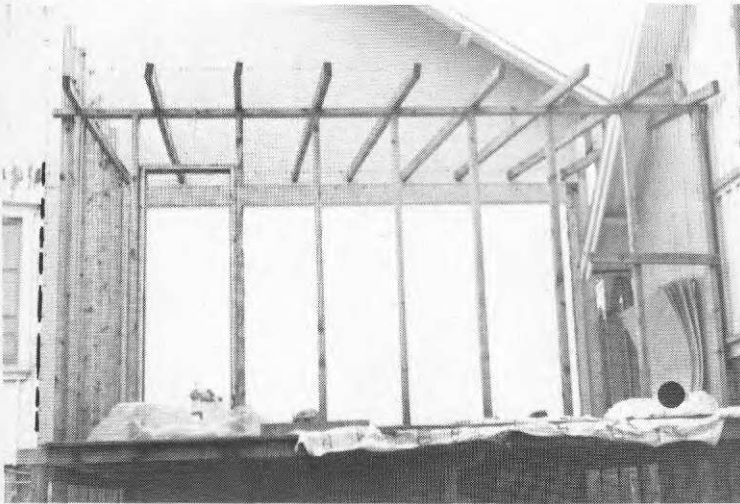
6 st diffusorer ca $1.20 \times 1 \text{ m}^2$ upphängdes i sändarrummet vid mätningar enligt ISO/I-III.

För att kunna jämföra mätresultat på samma konstruktionstyp planerades att låta två likartade testytor ingå i undersökningen. Då det visade sig praktiskt omöjligt att utestänga andra transmissionsvägar än den genom testytan kom fullständiga mätningar endast att utföras på en testyta.

De begränsningsytor i mottagarrummet som ej utgjorde testyta tilläggsisolerades.

Flanktransmission visade sig ge problem, varför även delytor runt testytan vilka ej hade direktkontakt med mottagarrummet måste tilläggsisoleraras.

Dessutom sågades ett vertikalt spår upp längs testytans ena begränsningssida för att minska flanktransmissionen. Se figur 5 och 6.



Figur 5. Testfasad och yttre mätrum.

I vänstra kanten visas ett vertikalt spår. OBS också tilläggsisoleringen ovanför testytan. Båda åtgärderna har vidtagits för att minska flanktransmissionen till det inre mätrummet. Högtalaren har placerats vid markeringen ● med riktning som enligt ISO 140/V.



Figur 6. Husets västra fasad som utgör en begränsningsyta till mätrummet. Denna vägg har tilläggsisolerats såväl in- som utvändigt.

Mottagarrummet hade följande dimensioner:

$$4.50 \times 5.3 \times 2.60 \text{ m}^3 = 62.0 \text{ m}^3$$

$$\text{och testytan } 4.50 \times 2.60 \text{ m}^2 = 11.7 \text{ m}^2$$

Mottagarrummets efterklangstid uppmättes vid ett flertal tillfällen och höll sig relativt konstant. Nedan redovisas medelvärde av efterklangstiderna mätt vid några olika tillfällen.

Frekvens Hz	Efterklangstid s	Frekvens Hz	Efterklangstid s
50	0.5	500	0.7
63	0.8	630	0.6
80	1.1	800	0.7
100	0.8	1000	0.7
125	0.9	1250	0.8
160	0.9	1600	1.0
200	1.0	2000	1.0
250	0.8	2500	0.9
315	0.7	3250	1.0
400	0.6	4000	1.0
		5000	0.8

För övriga mätrum kan ungefärliga dimensioner erhållas från figur 3. Efterklangstiderna har ej bestämts då utförda mätningar ej avsett att bestämma reduktionstalen utan enbart förbättring i isolering. Mätserien har i dessa fall också utförts inom en relativt kort tidsperiod vilket innebär att efterklangstiden endast bör ha ändrat sig i försumbar omfattning.

4 MÄTTEKNIK

Inom detta projekt har det varit intressant att se på tre mättekniska problem.

- * Mikrofonplaceringens betydelse vid registrering av flygbuller utomhus
- * Mättidens inverkan vid flygbuller som ljudkälla
- * Överensstämmelse i uppmätt ljudisolering vid
 - a. mätning under laboratorieliknande förhållande enligt ISO 140/I-III
 - b. mätning med rörlig ljudkälla t.ex flyg
 - c. mätning med högtalare enligt ISO 140/V

4.1 Resultat av litteratutinventering

I de referenser som behandlar ljudisolering mot flygbuller saknas i allmänhet närmare beskrivning av mätmetodiken.

Om betydelsen av mätmikrofonernas placering och ljudisoleringsmätningar med trafikbuller som ljudkälla finns dock en del skrivet vilka anvisningar eller resultat vi bl.a sökt tillämpa i detta arbete.

Således anges i ISO-rekommendation - ISO 140/V - hur ytterväggars ljudisolering mot trafikbuller bör bestämmas.

I rekommendationen anges mätmetodik dels med trafikbuller som ljudkälla och dels med högtalare matad med brus som ljudkälla. Mikrofon- och högtalarpositioner anges. Ljudisoleringen definieras som en skillnadsnivå 2 m framför fasad och ett medelvärde av ljudnivån i mätrummet, den senare korrigerad till nivån vid en specificerad normalabsorption.

Mikrofonens placering vid utomhusmätningar och inverkan av reflekterande ytor har studerats i en serie undersökningar

av Sven Lindblad m.fl vid Lunds Tekniska Högskola. Dessa arbeten jämte de referenser som hänvisas till tycks utgöra den bästa sammanställningen. Lindblads studier har haft som mål att ange riktlinjer för mikrofonplacering vid trafik- och externt industribullermätningar men resultaten torde vara användbara för alla typer av "marknära" ljudkällor. I rapporterna ges kriterier för när "0-dB", "3-dB" och "6-dB"-mätningar föreligger vad avser avstånd till vertikala reflekterande ytor. För bullerkällor av typ flygplan är resultaten dock inte helt tillämpliga.

Se referenserna 13, 20 och 24.

4.2 Mätmetodik - diskussion

4.21 Mikrofonplaceringens betydelse

Lindblad har studerat hur reflekterande ytor påverkar ljudtrycket då ljudkällan är belägen nära mark - t.ex. industri eller trafik. I dessa fall ger oftast marken genom interferensfenomen upphov till en så kallad markdämpning - en dämpning som är beroende av markegenskaper och vinkeln mellan ljudvåg och markplan.

Med flyg som ljudkälla fås dock en något annorlunda ljudutbredningsbild. Då bullerkällan, flygplanet, befinner sig på långt avstånd och/eller på låg höjd kan de av Lindblad erhållna resultaten användas. I flygbullersammanhang är dock sådana flygplanslägen oftast ointressanta. Högsta bullernivå erhålles då flygplanet är rakt över observationspunkten eller vinkelområdet däromkring. Dvs vi får sällan inom för bullerimmissionen intressant vinkelområde, strykande infall och därmed ingen markdämpning. Vi får i stort sett samma förhållanden som vid hård mark.

Olika marktyper kan dock även vid vinkelinfall kring 90° ha olika impedans och därmed ge olika inverkan av reflexer.

Enligt ISO 140/V skall fasaders ljudisolering mätas med utomhusmikrofon placerad 2 m framför fasad. På grund av interferensfenomen erhålles dock kraftig variation i reflexinverkan i de lägre frekvensbanden. Beroende på frekvensspektrats utseende påverkas den A-vägda nivån i olika hög grad. För trafikbuller är ljudnivån 2 meter framför fasad 3 dB högre än den A-vägda frifältsnivån.

Avsikten med att utnyttja mätavståndet 2 m framför fasad har varit att få en utomhusnivå som i relation till inomhusnivån ger ett ljudisoleringsvärde som siffermässigt rätt väl överensstämmer med det ljudisoleringsvärde som erhålles under laboratorieartade förhållanden.

Det mätvärde som har bäst korrelation till frifältsvärdet är

dock det värde som erhålles då mikrofonen placeras dikt an en reflekterande yta. Skillnaden mellan frifältvärde och dikt an värde är 6 dB för alla frekvenser om den reflekterande ytan är stor och jämn. I det praktiska fallet fås även här interferensfenomen p.g.a kanter och oregelbundheter. Om den reflekterande ytan utgörs av en normal villa-fasad har man i "dikt an fallet" bättre kontroll över interferenserna i de lägre frekvensområdena än vid "2 m framför vägg"-fallet.

I ISO 140/V anges även denna mätmetodik.

Då man mäter ytterväggars ljudisolering mot t.ex trafikbuller exponeras den aktuella testytan vanligen av bullerkällan - vägtrafiken - inom ett stort vinkelområde. Normalt kan man välja testyta så att huset, i vilket testytan ingår, ej självt skärmar av trafikbullret.

Med flyg som bullerkälla däremot exponeras ofta olika delytor av huset under flygplanets passage. Det är därför oklart vilken mikrofonplacering som bör väljas då flygbuller utgör ljudkällan. Att välja en placering dikt an godtycklig yttervägg kan innebära att under en lång tid av flygpasset erhålls en skärmeffekt mellan ljudkälla och mätpunkten.

Vid bedömning av erforderlig ljudisolering i ytterväggskonstruktionerna har man oftast som utgångsvärde ett för platsen beräknat FBN-värde. FBN beräknas som frifältsvärde dvs ett förutom av marken opåverkat värde. Det har därför varit naturligt att försöka finna utomhusmikrofonpositioner i vilka uppmätt ljudtryck står i ett väldefinierat förhållande till frifältsvärdet.

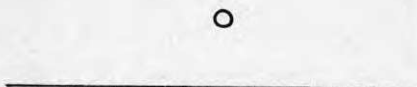
Nedan beskrivs ett antal positioner och den förväntade relationen till verkligt frifältvärde (fri rymd). Fri sikt till ljudkällan förutsättes. Se även figur 7.

Ljudisolering mot flygbuller
Alternativa mikrofonplaceringar.

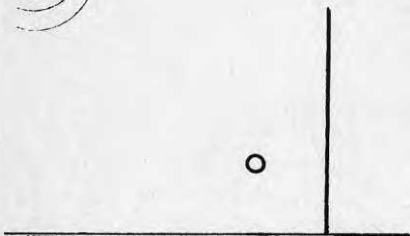
31
Figur 7



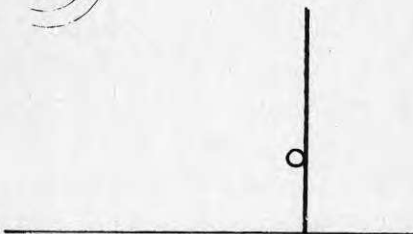
Mikrofon i markplan



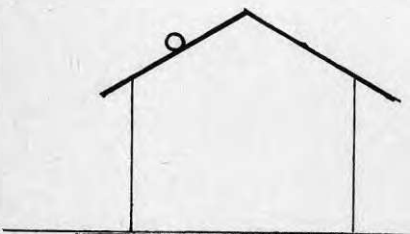
Mikrofon 1.5 m över markplan
"frifältsvärde"



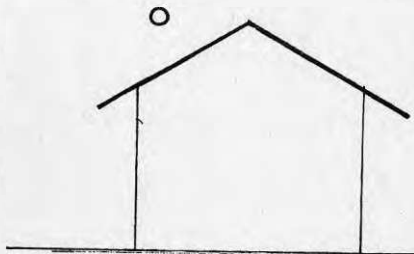
Mikrofon 1.5 m över markplan
och 2 m framför stor fasad.
Mätposition till vilken ljud-
isolering skall relateras



Mikrofon 1.5 m över markplan och
dikt an hård yta



Mikrofon dikt an tak



Mikrofon = 1.5 m över tak

1. Dikt an mark placerad mikrofon, utan närhet till andra reflekterande ytor:
Ljudtrycksnivån blir 6 dB högre än i fallet "fri rymd"
Marken förutsättes vara hård och plan.

2. Dikt an hustak placerad mikrofon:
Samma förhållande som under 1. Interferensfenomen orsakade av takets kanter ger en med frekvensen något varierande differens gentemot fall 1. För låga frekvenser kan även takets höjd över mark ge vissa interferensproblem.

3. 1.5 m över markplan placerad mikrofon:
För höga frekvenser erhålles 3 dB lägre nivå än i markplanet. Vid låga frekvenser erhålles interferensproblem. Med flygbuller som ljudkälla har vi ett spektrum som gör att man kan förvänta sig att den A-vägda nivån är 3 dB lägre än vid mikrofonplacering i markplanet. Man får dock varierande reflexinverkan beroende på variation i markimpedans hos olika marktyper.

4. 20 m över mark placerad mikrofon:
Samma resultat som under punkt 3. 3-dB-skillnaden gäller lägre ned i frekvens än under 3.

5. 2 m framför fasad och 1.5 m över markplan placerad mikrofon:

Om vi bortser från interferensfenomen erhålles samma nivå som med mikrofon placerad i markplan enligt punkt 1. Interferensfenomen gör dock att frekvens- och infallsvinkelberoende inverkan erhålles.

6. Dikt an fasad monterad mikrofon 1:

3 dB högre nivå erhålles än om den placeras i markplan. Interferensfenomen med markreflexer ger variation i höjningen.

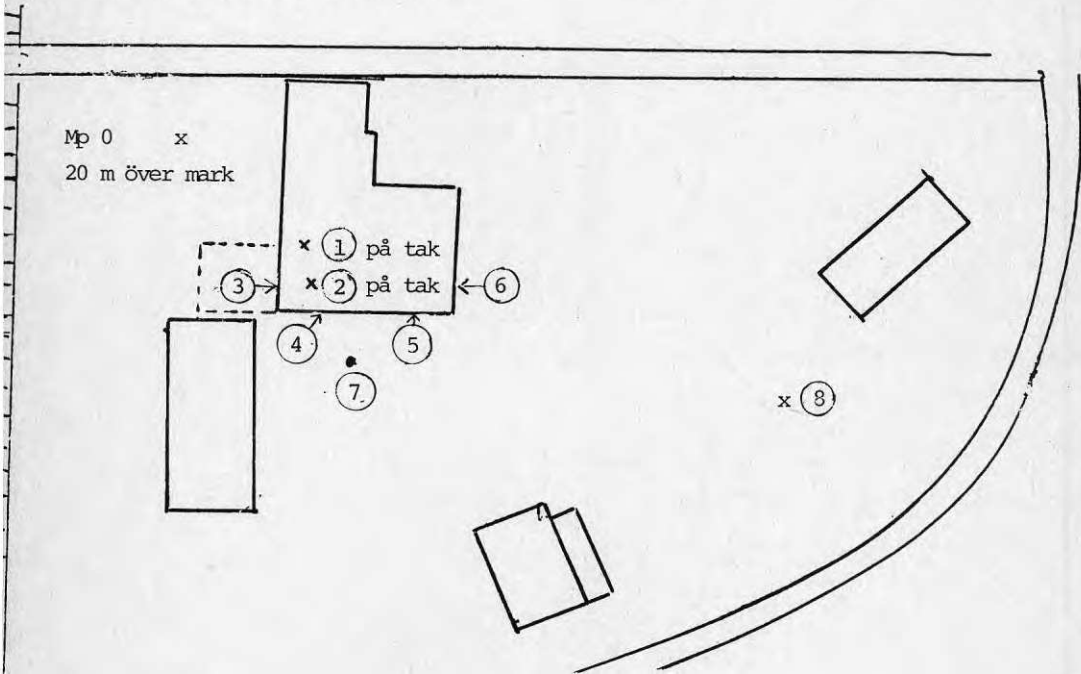
De mätpunkter av ovanstående som synes vara de bästa med hänsyn till inverkan av interferenser och skärmningseffekter är:

Mikrofon placerad på hård mark alternativt mikrofon placerad på tak.

4.211 Mätningar

En mätserie har genomförts som visar uppmätt skillnad mellan ljudtrycksnivåer i olika punkter runt ett hus.

I figur 8 anges 9 mätpunkter. Synkrona mätningar har utförts parvis i Mp 0 och övriga punkter. Mp 0 är belägen på 20 m höjd över markplan.



Figur 8. Alternativa mikrofonplaceringar.

- ① och ② dikt an tak
- ③, ④, ⑤ och ⑥ dikt an vägg
- ⑦ 2 m framför vägg, 1.5 m över markplan
- ⑧ 1.5 m över markplan.

På kurvblad 9-11 anges uppmätta differenser gentemot Mp 0. De redovisade differenserna utgör medelvärden av skillnaderna i ekvivalent ljudnivå i tersbanden 50-5000 Hz - vid 3 st likartade överflygningar.

Mätresultaten visar att bullerbelastningen på husets olika delytor skiljer sig åt olika mycket från den i referensmät-punkten. Orsaken torde främst vara varierande skärmdämpning och varierande reflexinverkan till de olika mätpunkterna.

Referensmätpunkten och Mp 7 visar god överensstämmelse. Däremot är överensstämmelsen sämre till Mp 8. Detta kan bero på att marken är hård under Mp 7 medan den är mjuk, gräs-bevuxen under Mp 8.

De olika fasadmätpunkterna ligger inom ± 4 dB(A) nivåskillnad i förhållande till referenspunkten och med stor spridning mellan olika flygplansrörelser.

För samtliga positioner gäller att differensen är frekvens-beroende.

Relativt konstant skillnad föreligger mellan referensmät-punkten och de två punkterna på tak. Mellan de A-vägda nivåerna är differensen 3 dB.

Mätningar och den inledande diskussionen visar att takposi-tionen oftast är att föredra.

Ljudisolering mot flygbuller.

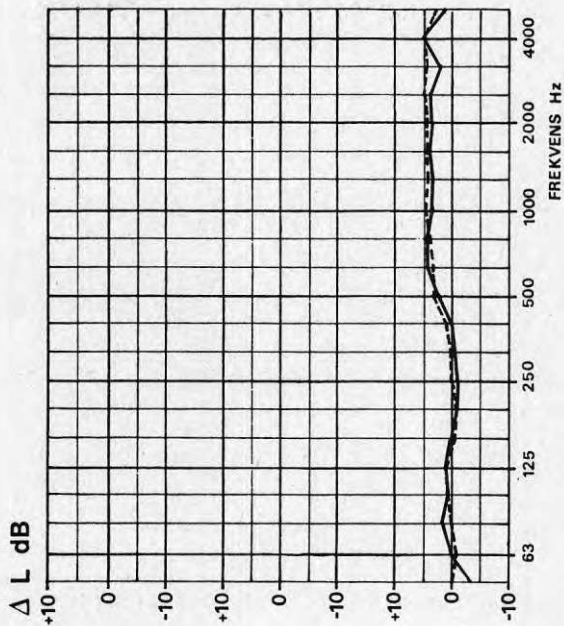
35

Figur 9

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)														
ΔL (pos 1/0)	-3.6	-0.1	1.8	0.4	0.7	0	-1.1	-1.4	-0.8	0.2	2.6	4.5	3.6	3.2	3.9	3.7	3.9	2.3	5.0	1.0	2.9	
ΔL (pos 2/0)	---	0.2	-0.8	-0.2	0.8	1.4	-0.8	-0.5	0	-0.1	0.9	2.7	2.8	3.8	4.2	4.5	4.2	5.2	4.9	4.6	2.8	2.5

OBJEKTESKRIVNING

Uppmätt skillnad i ekvivalent ljudtrycksnivå (32 s)
 ΔL medel för 3 st överflygningar
 Mikrofonpositioner, se figur 8



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)														
ΔL (pos. 3/0)	3,1	2,6	3,0	1,2	4,6	4,7	4,1	3,7	3,1	2,9	3,8	4,3	4,0	3,5	3,4	4,0	4,6	3,2	3,2	-0,7	3,5	
ΔL (pos. 4/0)	-4,8	-5,8	-2,4	-3,1	-3,5	-3,6	-2,2	-1,2	-1,4	-0,4	-0,3	0,2	1,1	1,5	1,1	2,2	1,8	2,4	0,4	2,2	-1,6	0,8
ΔL (pos. 5/0)	-4,2	-2,5	-3,3	-4,5	-0,9	1,1	-1,8	-1,4	-1,3	-1,5	-1,2	-0,3	-0,2	0,9	1,3	2,4	2,2	0,6	1,6	0,9	1,5	0,4
ΔL (pos. 6/0)	-3,5	-0,8	-2,8	-1,3	-2,0	-1,1	-0,9	-2,1	-2,8	-3	-2	-2,9	-2,8	-3,8	-2,7	-3,6	-3,2	-4,3	-3,3	-4,7	-3,4	-3,7

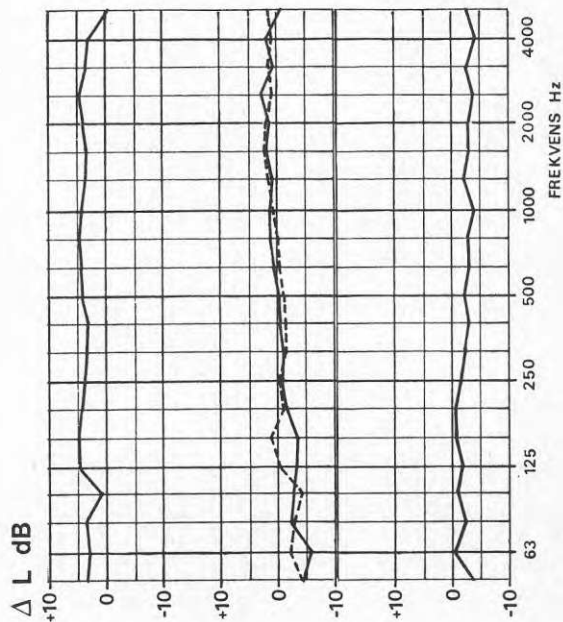
OBJEKTBESKRIVNING

Uppmätt skillnad i ekvivalent

ljudtrycksnivå (32 s)

 ΔL medel för 3 st överflygningar

Mikrofonpositioner, se figur 8.



pos 3 och 0

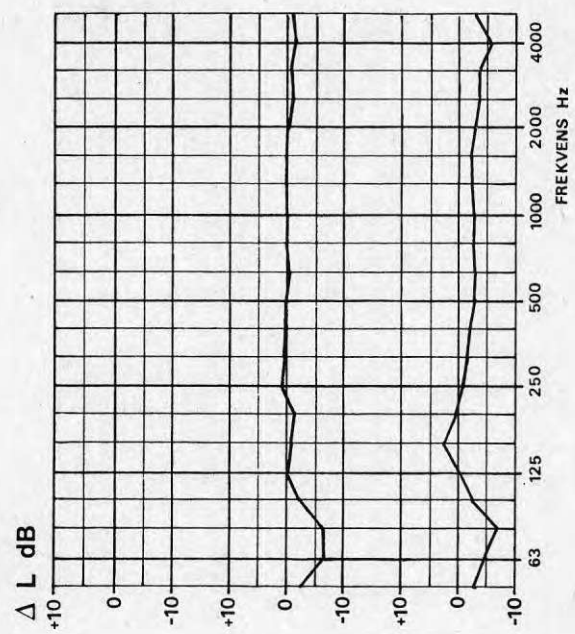
pos 4, 5 och 0

pos 6 och 0

	63	125	250	500	1000	2000	4000	LUCKVA
ΔL (pos. 7/0)	-2.8	-6.2	-7.3	-2.9	-0.2	-0.6	0.2	0
ΔL (pos. 8/0)	-2.9	-4.1	-7.2	-2.6	0.4	3.1	0.6	-2.3

Ljudisolering mot flygbuller.

Figur 11



pos 7 och 0

pos 8 och 0

OBJEKT BESKRIVNING

Uppmätt skillnad i ekvivalent ljudtrycksnivå (32 s)
 ΔL medel för 3 st överflygningar
 Mikrofonpositioner, se figur 8

4.22 Mättid

4.221 Ljudisolering uttryckt som FBN-skillnad
Ekvivalenta ljudtrycksnivån under en flygpassage bestäms till största delen av den ljudenergi som mottas under det tidsintervall nivån ligger inom 0-10 dB under maximala nivån. Buller utanför denna tid höjer normalt ekvivalenta ljudtrycksnivån med mindre än 0.5 dB.

Man måste emellertid också se till att mättiden ej väljs längre än att flygbullret ligger väl över övrigt bakgrundsbuller. Speciellt när ljudisoleringen är god erhåller man inomhus så låg ljudnivå att bakgrundsbuller orsakat av interna bullerkällor överstiger flygbullret.

Vid bestämningen av ljudisoleringen inom olika frekvensband måste kriteriet, 0-10 dB under maximal ljudtrycksnivå, gälla inom varje frekvensband.
Mättider på cirka 15-60 sekunder torde oftast kunna tillämpas.

4.222 Momentan ljudisolering

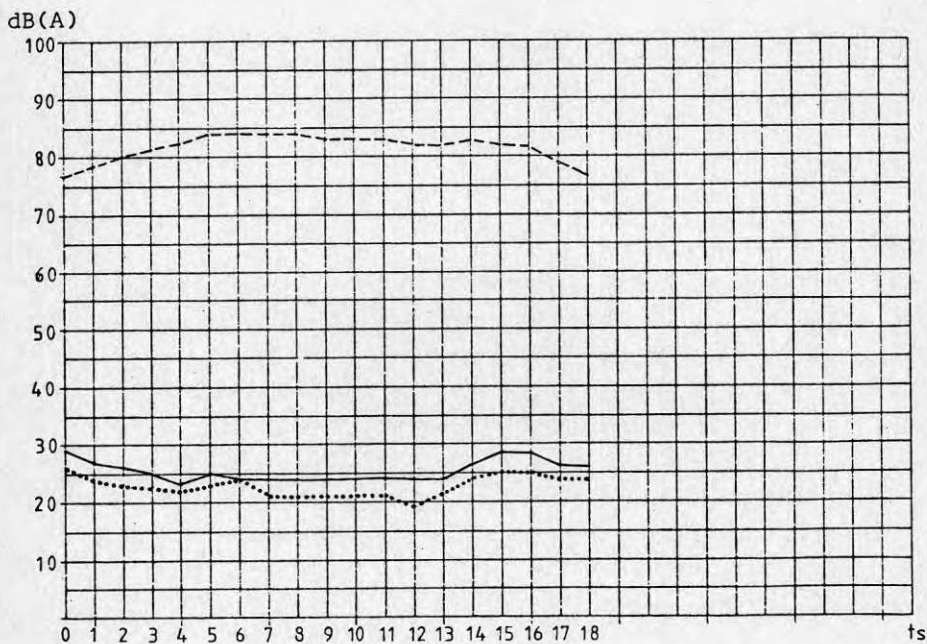
Bakgrunden till att man ibland bör bestämma den momentana ljudisoleringen anges under avsnitt 3. Mättiden bör vara längre än eller lika med det tidsintervall som ljudtrycksnivån ligger inom 0-10 dB under maximala nivån. Mätningar utförs så att möjlighet ges att bestämma ljudisoleringen i varje ensekundsintervall inom det aktuella tidsintervallet.

4.223 Mätningar

De flesta mätningar inom detta projekt har utförts så att ljudisoleringens värdena kunnat uttryckas som skillnad mellan ekvivalenta ljudtrycksnivåer eller likvärdiga storheter. För att illustrera variation i den momentana ljudisoleringen har en mätning utförts där ljudisoleringen redovisas som dB(A)-skillnad och som funktion av passagetiden. Utomhusmikrofonen har varit placerad på tak och flygrörelserna utgörs av startande flyg som i sitt närmaste läge befinner sig på 500 m höjd och 500 m avstånd i sida. Den med tiden varierande ljudisoleringen torde bero av såväl olika delytors skilda reduktionstal som med infallsvinkeln varierande ljudisolering. Se figur 12.

- Ljudnivå i dB(A) som funktion av tiden vid en DC9 start
- Ljudnivåskillnad utomhus/interiör 1 som funktion av tiden vid en DC9 start. Fönster bytta. En vägg tilläggsisolerad
- Ljudnivåskillnad utomhus/interiör 2 som funktion av tiden vid en DC9 start. Ingen åtgärd vidtagen.

Mätobjektet beläget ca 500 m i sida från flygvägen.
Planets höjd över mark ca 500 m.



4.3 Ljudisolering mot flygbuller - olika mätmetoder

Ett av målen med detta projekt har varit att jämföra de ljudisoleringssvärden som erhålles vid alternativa mätmetoder. Härvid avsågs följande fall testas:

Ljudkälla: flyg
 : trafik
 : tersbandsbrus via högtalare

Tersbandsbrusmätningarna avsågs utföras dels med och utan mättrum tillkopplat på utsidan av mottagarrummets testyta.

Det visade sig vara svårt att använda trafik som bullerkälla då inte tillräckligt hög ljudnivå erhöles utomhus. Detta innebär att vid höga isoleringssvärden kom inomhusnivån ej enbart att bestämmas av trafikbuller. Trafikbullret ersattes därför av bullret från en motorsåg. Sågen förflyttades parallellt med fasaden ca 15 m från denna.

Även tågbuller användes inledningsvis som bullerkälla. De vibrationer tågen orsakade gav inom vissa frekvensområden sådana vibrationer inomhus att inomhusnivån ej enbart kom att bestämmas av den aktuella testytans ljudisolering utan även av stomljudstransmission och sekundärljudalstring.

4.31 Alternativa mätmetoder

Följande mätmetoder har använts:

4.311 Ljudkälla: Flygbuller

På bana 03 från Landvetter flygplats startande flygplan. (Provhuset är beläget i banförlängningen ca 2 km från startbanans slut). Utomhusmikrofon har varit placerad dikt an en 50 cm x 60 cm stor träfiberplatta som placerats osymmetriskt på husets tak (Enkupigt tegel har utgjort taktäckning).

Inomhusmikrofonen har placerats i enlighet med vad som gäller för normenliga ljudisoleringssmätningar.

Antal överflygningar: 3 eller flera.

Mellan varje överflygning har inomhusmikrofonen flyttats.

Synkron inspelning på band har skett av ljudtrycken i utomhus- och inomhusmätpositionerna. Inspelningstiden har valts så lång att flygbullret utomhus legat klart över bakgrundsbullret.

Inspelningarna har utvärderats enligt följande:

För varje passage har ekvivalenta ljudnivån inom- och utomhus bestämts inom tersbanden 25-20000 Hz (Integrationstid 16 eller 32 s).

ΔL (utomhus-inomhus) per tersband har beräknats för varje passage och ΔL medel för samtliga passager har därefter beräknats.

ΔL redovisas i kurvform för frekvensområdet 50-5000 Hz.

I flera fall är ljudisoleringen vid höga frekvenser så god att inomhusnivån orsakad av flygbullret blir av samma storleksordning som bakgrundsbullret eller instrumentbrus. För frekvenser >2000 Hz innebär detta att verklig ljudisolering med flygbuller som ljudkälla vanligen ej kunnat bestämmas.

3.312 Ljudkälla: Motorsåg

Som ovan nämndes har ljudkällan trafikbuller ersatts av buller från motorsåg.

Motorsågen har varit av typ Partner R18 och dess motor har körts med högsta motorpådrag. Sågen har burits parallellt aktuell husfasad ca 15 m från fasaden.

Höjd över mark: ca 1 m.

Ljudets infallsvinkelområde mot testytan: 45-90°

Exponeringstid över aktuell vinkelsektor: 16 s.

Utomhusmikrofon: Dikt an hård skiva som placerats

osymmetriskt på testytan.

Inomhusmikrofon: I enlighet med vad som gäller för normenliga ljudisoleringsmätningar.

Antal "motorsågpassager": 3 st.

Mellan varje "passage" har inomhusmikrofonen flyttats.

Mätsignalerna har inspelats på band synkront utom- och inomhus för senare analys.

För varje "passage" har inom- och utomhus ekvivalenta ljudtrycksnivån bestämts i tersbanden 25-20000 Hz. Integrationstid 16 s. Skillnaden mellan medelvärden av utomhus- och inomhuspositionerna har därefter bestämts. På kurvblad redovisas ΔL inom frekvensområdet 50-5000 Hz för de frekvenser där inte bakgrundsbuller påverkat mätningen. Eftersom L (utomhus) uppmätts dikt an hård yta har 3 dB frändragits ΔL för att få en isolering som hänför sig till en utomhusnivå 2 m framför fasad.

4.313 Tersbandbegränsat brus utmatat via högtalare Högtalaren har i princip placerats på sätt som framgår i anvisningarna i ISO 140/V. Se även figur 13.

Utomhusmikrofonen har placerats i 7 olika positioner. Mikrofonen har varit monterad dikt an hård skiva som hängts mot testytan.

Inomhusmikrofonen har placerats i 7 olika positioner på sätt som vid normenliga ljudisoleringsmätningar.

Mätning och utvärdering som omfattar frekvensområdet 50-5000 Hz har skett direkt på mätplatsen med en Nortronic mätutrustning typ 823. Bearbetningen av mätdata sker automatiskt i mätutrustningen och vid mätningens slut erhålles direkt ΔL (utomhus-inomhus). Eftersom ljudtrycksnivån (utomhus) uppmätts dikt an hård yta har 3 dB frändragits ΔL för att få en isolering som hänför sig till en utomhusnivå 2 m framför fasad.

Figur 13. Utdrag ISO 140/V

Högtalareplacering vid ljudisoleringsmätning.

Se även figur 5.

ANNEX E

POSITION OF LOUSPEAKER

The position of the loudspeaker, placed on the ground at Q (see figure), relative to the test specimen is determined by the height h of the test specimen, the distance d of the loudspeaker from the facade and the lateral displacement b .

The angle ϑ of sound incidence is then given by the formula

$$\cos \vartheta = \frac{d}{\sqrt{h^2 + d^2 + b^2}}$$

In situ, for a desired angle of incidence the necessary distance for a given height and lateral displacement may be obtained from the formula

$$d = \text{ctg } \vartheta \sqrt{h^2 + b^2}$$

Conversely, for a given height and distance the lateral displacement is given by the formula

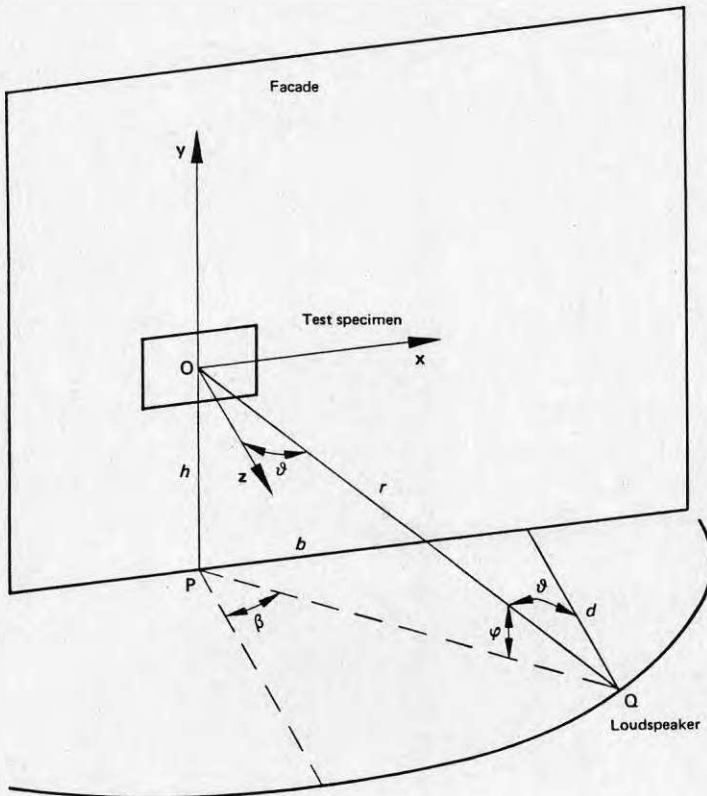
$$b = \sqrt{d^2 \text{tg}^2 \vartheta - h^2}$$

NOTE – Alternatively, the position of the loudspeaker relative to the test specimen can be described by the angle of elevation φ and the angle of azimuth β :

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{b^2 + d^2}}{\sqrt{h^2 + d^2 + b^2}} \quad \cos \beta = \frac{d}{\sqrt{d^2 + b^2}}$$

Then, the angle of incidence is given by the formula

$$\cos \vartheta = \cos \varphi \cos \beta$$



Eftersom ISO 140/V ej helt kunnat följars har 7 mikrofonpositioner dikt an provyta tillämpats vid mätningarna.

4.314 Ljudisoleringsmätning med påbyggt sändarrum
Ett mätrum med väggar av gipsskivor och golv av spånplatta
uppfördes (spånplattan låg kvar under samtliga
mätförhållanden). Se figur 4, 5 och 6.

Ljudisoleringen mellan de två rummen där testytan utgjorde
skiljevägg bestämdes på sätt som anges av SIS 025252/53.

Mätning skedde inom frekvensområdet 50-5000 Hz och ΔL
redovisas för detta frekvensområde.

För att även erhålla testkonstruktionens "reduktionstal" har
efterklangstiden bestämts.

4.32 Utförda mätningar med olika mätmetoder
I projektet ingår att bestämma ljudisoleringen hos några
grundkonstruktioner och den ljudisoleringsförbättring olika
tilläggsisolerande åtgärder ger. En sammanställning av
samtliga mätobjekt redovisas under avsnitt 6.1.

För en del av dessa mätobjekt har ljudisoleringen bestämts
på de fyra alternativa sätt som beskrivs i föregående
avsnitt.

4.33 Mätresultat

På kurvblad 14-18 redovisas mätresultat erhållna med de
alternativa mätmetoderna. På varje kurvblad anges data om
aktuellt mätobjekt och uppgifter om mätmetodik.

På kurvblad 19 anges typiska spektrum för ljudkällorna
(flyg, trafik, motorsåg).

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)
ΔL se nedan 27 24 25 25 31 36 42 46 47 52 52 57 60 61 63 64 66 69 72 76 72							
ΔL 27 24 30 30 35 34 37 37 48 40 43 45 47 49 52 53							
ΔL	--- 25 22 25 31 33 35 37 38 41 43 48 50 52 56 57 57 61							
ΔL	----- 28 24 30 34 38 37 40 42 43 49 54 57 60 61 64 65							

OBJEKTBEKRIVNING

Tilläggsisolering av timmervägg med Serporock. Olika åtgärder för att minska flanktransmission.

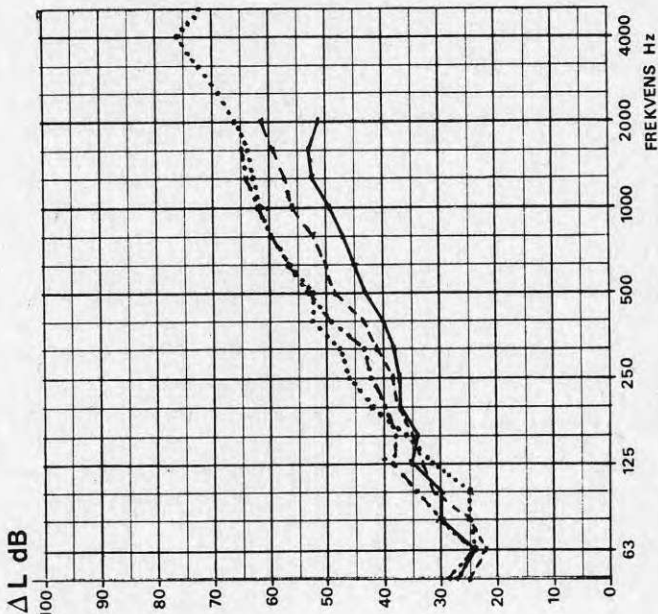
.....ΔL för timmervägg + Serporock mätt enligt ISO 140/I-III

ΔL mätt med flygbuller

— Utan åtgärder för att minska flanktransmission

---- Utvändigt tilläggsisolering av fasad mot väster och fasad ovanför testyta. Spår sågat i timmerväggen till vänster om provytan.

-----Som ovan + ca 60 cm bred tilläggsisolering av fasaden vänster om provytan.



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL Se nedan	28	26	27	28	27	28	27	28
ΔL Se nedan	---	---	---	---	---	---	---	---
ΔL Se nedan	29	29	28	29	27	27	28	28
ΔL Se nedan	20	23	25	24	25	24	25	24

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL Se nedan	34	39	41	44	48	50	53	54
ΔL Se nedan	35	38	40	44	45	48	51	51
ΔL Se nedan	34	37	41	44	47	49	50	50
ΔL Se nedan	34	38	40	43	44	47	49	49

OBJEKTBSKRIVNING

Väggkonstruktion: Timmervägg

Utvändig beklädnad: 1" lockpanel i trä

Invändig beklädnad: Pärilspond

Mätning enligt alternativa metoder:

—— Högtalare + brus enl. ISO 140/V x

-·-·- Påkopplat sändarrum

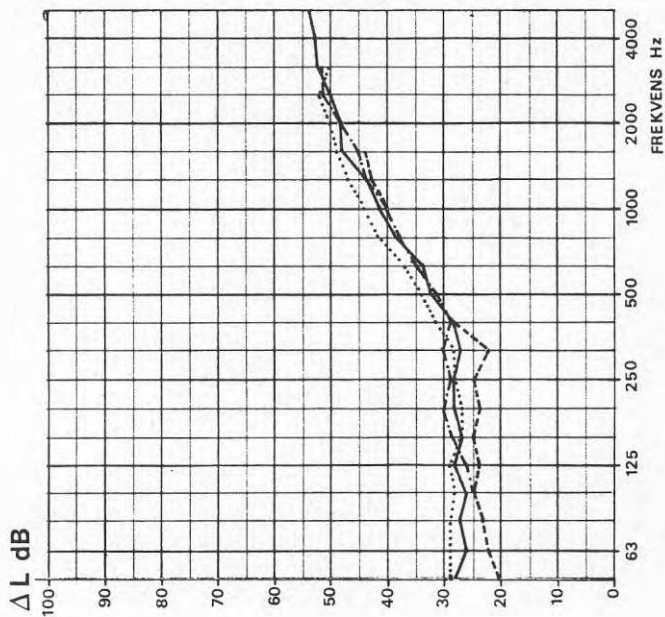
Mätning enligt ISO 140/I-III

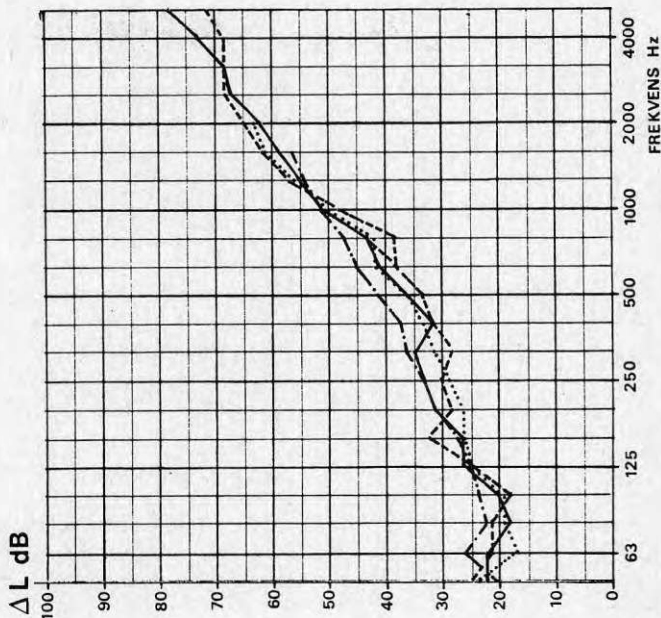
..... Flygbuller, Mikrofon dikt an skiva på tak

----- Tågbuller, Mikrofon dikt an vägg^x

Åtgärder mot flanktransmission ej vidtagna.

x Utomhusnivån korrigerad med 3 dB för att ge nivån 2 m framför fasad.





FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	d(BKA)
ΔL se nedan	22	20	26	31	33	35	31	36
ΔL se nedan	25	21	18	25	22	28	30	33
ΔL se nedan	24	17	19	25	26	26	29	31
ΔL se nedan	20	22	24	25	27	31	34	36
ΔL se nedan	41	43	51	57	62	67	68	73
ΔL se nedan	39	39	49	57	62	65	68	71
ΔL se nedan	42	42	60	56	61	63		
ΔL se nedan	47	51	54	56				

OBJEKTBESKRIVNING

Regelvägg tilläggsisolerad med korslagda
reglar, mineralull, 2x9 mm gips + Al.panel

Mätmetoder

- Mätning enligt ISO 140/I-III
- Brus från högtalare enl. ISO 140/V^x)
- Motorsågsbuller, mikrofon dikt an vägg x)
- .-.-.- Flygbuller mikrofon dikt an skiva på tak

x) Utomhusnivån korrigerad med 3 dB för att ge
nivån 2 m framför fasad.

Ljudisolering mot flygbuller

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	(dB(A))												
ΔL se nedan	32	29	18	22	27	22	38	47	52	54	60	64	69	68	70	76	79	78	77	
ΔL se nedan	22	23	21	24	29	36	43	46	49	51	55	61	62	65	69	70	73	74	70	71
ΔL se nedan	23	20	21	24	27	32	34	38	41	48	52	55	59	63	64	63				
ΔL se nedan	25	20	19	26	29	30	35	40	43	48	52	56	59	61	63					

OBJEKTBEKRIVNING

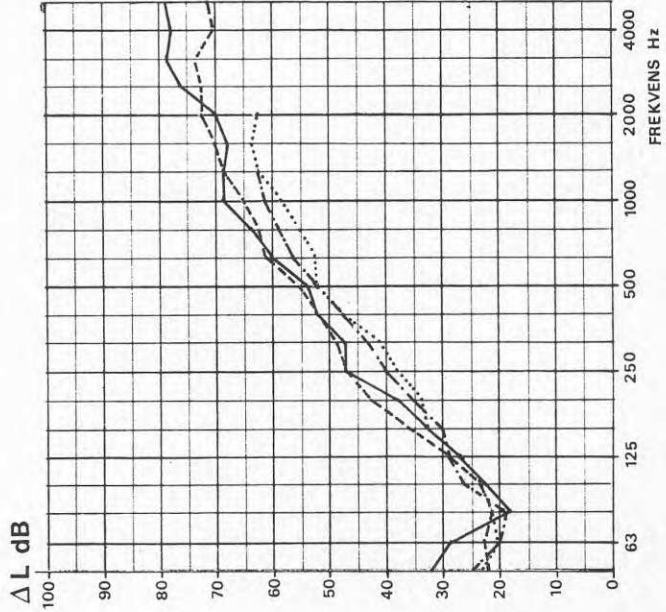
Regelvägg tilläggsisolerad med Serporock.

Mätmetoder

- Mätning enligt ISO 140/I-III
- Brus från högtalare enl. ISO 140/V x)
- Motorsågbuller. Mikrofon dikt an vägg x)
- .-.-.- Flygbuller. Mikrofon dikt an skiva på tak

x) Utomhusnivån korrigerad med 3 dB för att ge nivå 2 m framför fasad

Åtgärder för att minska flanktransmissionen utförda.
Viss flanktransmission torde dock förekomma.



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dBA
ΔL	28	21	23	26	32	37	37	42
Standardavvikelse	1.0	4.6	3.0	1.6	1.5	1.0	0.3	1.4
ΔL max	29	29	25	24	28	33	38	41
ΔL min	27	20	19	21	25	31	36	37

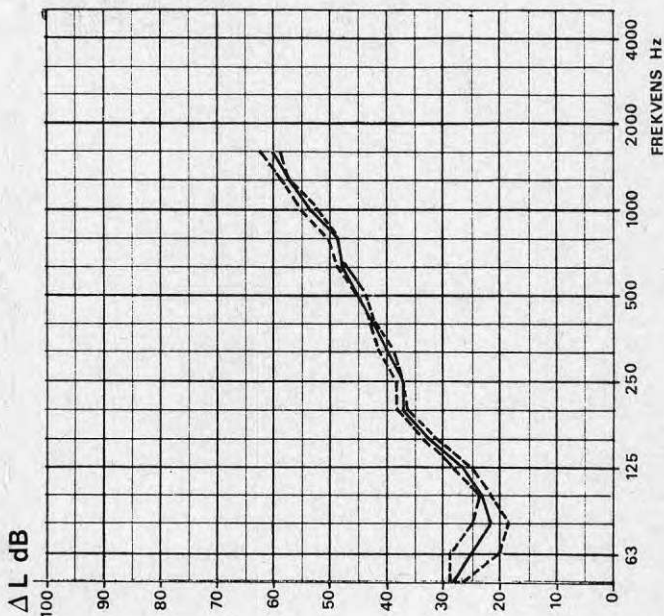
OBJEKTBESKRIVNING

Ex. på spridning i mätresultat vid flygbuller som ljudkälla. ΔL har mätts vid 3 st starter.

På kurvbladet redovisas ΔL (medelvärde) och maximal avvikelse. Över 1600 Hz är i detta fall ljudnivån utomhus för låg för att ge en tillräckligt hög inomhusnivå.

Utomhusmikrofonen har varit placerad på hård skiva dikt an tak.

Inomhusmikrofonen har flyttats mellan varje flygpassage.



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)
Lp flyg	68	75	77	77	78	78	78	
Lp motorsåg	69	70	71	78	82	76	76	
Lp-L _p flygbuller	-16	-9	-7	-7	-6	-6	-6	
Lp-L _p trafikbuller	-2	-2	+1	-1	-6	-10	-13	
.....	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
	76	77	78	76	77	76	76	
	82	81	82	82	83	81	80	
	76	78	76	76	78	83	79	
	76	76	76	76	76	72	70	
	78	78	78	78	75	72	70	
								61
								55
								78
								23
								16

OBJEKTBESKRIVNING

Ljudtrycksnivå som funktion av frekvensen.

Mätplats: Provhuset.

— Flygbuller, medelvärde av 10 startande jetflygplan.
Mikrofonposition dikt an tak. Avstånd till flygplan ca 500 m.

----- Motorsågbuller; medelvärde av 3 "passager" på ca 10 m avstånd. Mikrofonposition dikt an vägg.

Frekvensspektrum i relation till

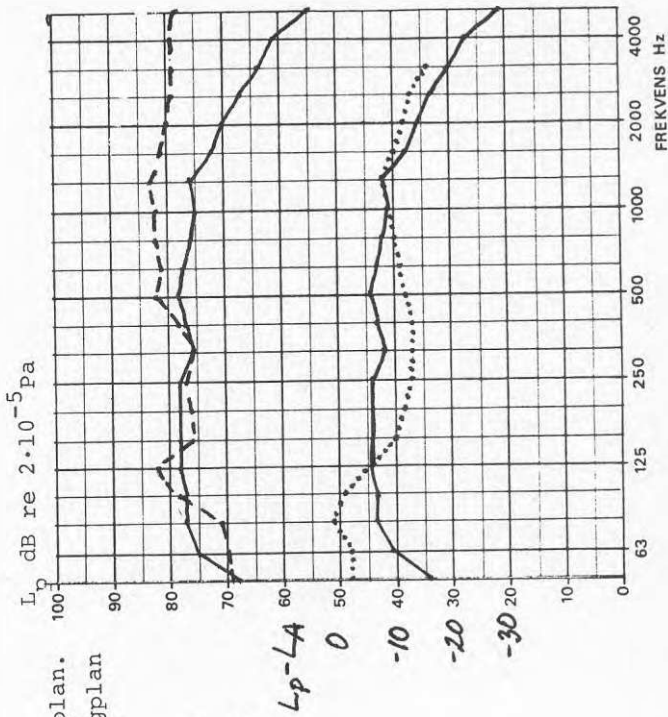
dB(A)-nivå ($L_p - L_A$)

— Flygbuller (ur kurvan ovan)

..... Trafikbuller - med markdämpning

(medelvärde av 42 spektra. Skyltad

hastighet 70-110 km/h)



4.34 Kommentarer till mätresultaten

Mätresultaten ger anledning till följande slutsatser om mätmetodik vid bestämning av ljudisolering mot utifrån kommande buller:

Att med flygbuller som ljudkälla bestämma enskild konstruktions ljudisolering låter sig endast göras under förutsättning

att den aktuella testytan har låg ljudisolering jämfört med andra i rummet ingående begränsningsytor som direkt exponeras av flygbuller

att man kan bortse från överhörning via andra utrymmen i huset som exponeras av flygbuller

att man kan bortse från flanktransmission

Om dessa förutsättningar gäller visar undersökningen att man får relativt god överensstämmelse i uppmätt ljudisolering med de fyra mätmetoderna.

Vid hög ljudisolering kan det vara svårt att med flygbuller, trafikbuller eller annat samhällsbuller som ljudkälla bestämma ljudisoleringen vid höga frekvenser på grund av bakgrundsbullerstörningar eller begränsad dynamik hos i mätkedjan ingående instrument.

Praktiskt har detta i allmänhet ingen betydelse då det räcker att veta att ljudisoleringen är hög. Eftersom samhällsbullret i huvudsak domineras av låga eller medelhöga frekvenser ger denna begränsning normalt inga problem.

Enskild konstruktions ljudisolering mot flygbuller bestäms i praktiken säkrare med ljudkälla som endast huvudsakligen exponerar aktuell konstruktion.

Det noteras också att de redovisade spektra för trafik, flyg och motorsåg uppvisar en viss skiljaktighet från varandra. Således innehåller trafikbuller mer lågfrekvent buller än flygbuller (inom sådana avstånd från flygplanet som normalt kommer ifråga då det gäller tilläggsisolering). Motorsågsbuller består av ett relativt jämnt spektrum och kan utgöra en bra ljudkälla då det gäller att testa ett objekts ljudisolering. Här är det dock viktigt att utvärderingen görs i tersband så att objektets ljudisolering uttryckt i dB(A) relativt det buller man avser isolera mot kan beräknas.

4.4 Ljudisolering mot flygbuller - förslag till mätmetod

1. Bestämning av ljudisoleringen hos enskild skiljearea, exempelvis osäkra vägg eller takkonstruktioner
2. Bestämning av den totala ljudisoleringen (Δ FBN). exempelvis förbättringseffekt av föreslagna åtgärder.

4.41 Bestämning av ljudisoleringen hos enskild skiljearea. Mätning utförs i princip enligt ISO 140/V. Ljudkälla: Högtalare, matad med tersbandfiltrerat brus, placerad så att ljudinfallet mot testytans mitt blir 45°

I de fall högtalaruppställningen avviker från den i ISO-rekommendationen bestäms ljudtrycket utomhus i 5 mikrofonpositioner dikt an testytan.

Även andra ljudkällor som trafikbuller, motorsågar etc kan användas om man har kontroll över att inte någon annan i mättrummet ingående begränsningsyta exponeras samtidigt.

För att få en snabb indikation beträffande vilka ljudtransmissionsvägar som är dominerande bestäms ljudisoleringen som funktion av passagetiden med flygbuller som ljudkälla.

Flygbuller, som ljudkälla vid test av enskild skiljearea, kan användas då testytans ljudisolering är låg och andra transmissionsvägar är försumbara. Det är viktigt att då

välja testyta till ett sådant rum att testytan exponeras under större delen av överflygningen och att öppningar till intilliggande utrymmen igsätts.

För erhållande av hög ljudnivå under så stort vinkelområde som möjligt bör startande flyg utgöra ljudkälla.

I provhuset har så vitt det varit möjligt de transmissionsvägar som ej ingått i testytorna tilläggsisolerats så att uppmätt ljudisolering huvudsakligen bestäms av testytan.

I normalfallet ingår dock ofta en dörr eller fönsterkonstruktion i den eller de ytterväggar som ingår i ett rum. Även andra öppningar som ventiler förekommer. Om mätningar skall utföras för att bestämma själva väggkonstruktionens ljudisolering måste öppningar tilläggsisoleras.

Beträffande mätmetodiken i övrigt med flygbuller som ljudkälla se 5.42.

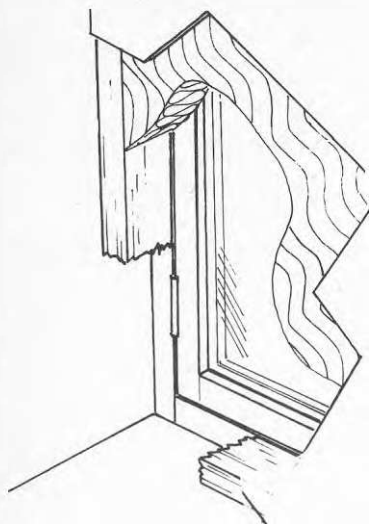
4.411 Förhöjning av fönsterpartiars ljudisolering

Ofta räcker det med att förbättra fönstrets ljudisolering 10-15 dB. Med de tvåglasfönster som tidigare varit normalstandard, erhålles en sådan isoleringsförbättring på t.ex följande sätt:

En tilläggsisolering i form av en ram 2" x 4" trä - och med ett ytskikt av 2 x 13 mm gips - anslutes mot fönstrets karmkonstruktion ut- eller invändigt. Luftspalten fylls med mineralull.

Den uppmätta ljudisoleringen utgör ett mått på väggens, inklusive det tilläggsisolerade fönstrets ljudisolering. Man får också en viss flanktransmission. Den uppmätta ljudisoleringen kan därför vara lägre än den aktuella väggkonstruktionens ljudisolering.

Eftersom det är vanligt att ljudläckage förekommer vid anslutning karm yttervägg är det en fördel om ramen kan monteras så att även denna ljudtransmissionsväg blir tilläggsisolerad.



Figur 20. Förstärkning av
fönsters ljudisolering vid
ljudisoleringsmätningar.

4.42 Bestämning av den totala ljudisoleringen ΔFBN
Vid mätning av ljudisolering uttryckt i ΔFBN innefattas
samtliga aktuella transmissionsvägar. Det är då nödvändigt
att ha flygbuller som ljudkälla så att bullerexponeringen
sker rätt dels vad avser vinkelinfall och dels varaktighet
inom olika vinkelområden. Om flera flygvägar förekommer
måste ljudisoleringsmätning företagas för samtliga flygvägar
av betydelse. Inomhusflygbullernivån kan sedan bestämmas
genom att de olika flygvägarnas flygbullernivåer viktas i
förhållande till förekomsten.

4.421 Flygbuller som ljudkälla - mätmetodik

* Mikrofonplacering

Utomhus: Dikt an tak på hård skiva

Inomhus: 3 mikrofonpositioner

Mikrofonen flyttas mellan varje flygpassage

* Mätutrustning - utvärdering

tningar utförs så att man har möjlighet att för varje
 ygpassage bestämma ΔL i tersbanden 50-5000 Hz. Detta
 ordrar att mätningar sker synkront inom- och utomhus.
 klast sker detta genom att spela in signalerna från de två
 itmikrofonerna på bandspelare och inspelningarna analyseras
 enare i laboratorium. Om endast en flygväg är aktuell bör
 inspelning av bullret ske från minst tre överflygningar.

inspelningarnas längd väljs så lång att bullernivån säkert
 är inspelad för det tidsintervall nivån ligger inom 0-10
 sekunder under maximala ljudnivån. Inspe­lingstid på 60 sekunder
 är vanligen tillräcklig.

Ljudisoleringsvärde

$R_w = L(\text{tak, utomhus}) - L(\text{inomhus})$ bestäms. $L(\text{tak, utomhus})$ är
 5 dB högre än nivån i punkter för vilka FBN-beräkning
 gäller. Om korrektion till en normal ljudabsorption sker
 för den senaste efterklangstiden i mättrummet bestämmas. Härvid
 hän­vämmas anvisningar i ISO 140.

Vid flygbuller som ljudkälla är det naturligtvis ej
 möjligt att medelvärdesbilda utom- och inomhusnivåerna
 först och sedan beräkna ΔL . Eftersom ljudkällans nivå
 varierar från passage till passage måste ΔL bestämmas för
 varje passage varefter ΔL medel bestäms för de 3 passagerna.

Bakgrundsbullret inomhus måste också bestämmas. Vid hög
 bakgrunds­nivå inomhus kan annars en skenbart låg
 ljudisoler­ing komma att redovisas.

5 LJUDISOLERINGSFÖRBÄTTRANDE ÅTGÄRDER

5.1 Tilläggsisolerande konstruktioner

I detta avsnitt redovisas först en förteckning över samtliga mätobjekt och varianter av samma objekt. Grundkonstruktionerna utgörs av provhusets ursprungliga konstruktioner. Utöver dessa har en normal regelvägg utgjort grundkonstruktion.

I de tilläggsisolerande åtgärderna har ingått sådana ytbeklädnader som idag ofta väljs vid fasadrenoveringar. Den totala konstruktionen har dock utförts med målet att ge god tilläggsisolering såväl vad avser värme som ljudisolering.

Mätmetodiken har beskrivits tidigare och tas ej på nytt upp här.

I detta avsnitt redovisas ljudisoleringen hos de objekt vilka mätts enligt SEN 025254, dvs med ett påkopplat sändarrum. Ljudisoleringen anges som reduktionstal, dvs korrektion för mottagarrummets ljudabsorption har utförts.

I de fall olika varianter av samma objekt testats har mätningar skett med högtalare + brus men utan sändarrum påkopplat. Som resultat redovisas i dessa fall ΔL för de olika varianterna.

I de fall ljudisoleringen hos takkonstruktioner uppmätts, har det ej varit praktiskt möjligt att mäta med tillkopplat sändarrum. Flygbuller har därför fått utgöra ljudkälla. Efterklangstiden har i dessa fall ej heller bestämts varför endast ΔL redovisas.

Mätserien är mycket omfattande och här har endast de resultat medtagits som har störst intresse.

Mätobjekt

Rum 1 enligt figur 3.

Rummet beläget i 2:a våning och mot väster. Yttertaket är rest över rummet, varför rummet har full takhöjd. De delar av sidoväggarna som ingår i ytterväggskonstruktionen har tilläggsisolerats. Rummets västervägg utgör testkonstruktion.

Rum 2 enligt figur 3.

Rummet beläget i 1:a våning och mot nordväst. Sidoväggen mot väst har tilläggsisolerats. Rummets norrvägg utgör testkonstruktion.

Rum 3 enligt figur 3.

Rummet beläget i 2:a våning. Ytterväggskonstruktionen har tilläggsisolerats. Rummets snedtak (ca 40% av takytan) utgör testkonstruktion.

Rum 4 enligt figur 3.

Rummet beläget i 2:a våning. Ytterväggskonstruktionen har tilläggsisolerats. Rummet har full takhöjd. Takkonstruktionen utgör testkonstruktion.

Utanför objekt 2 har ett sändarrum monterats.

Grundkonstruktioner

Grundkonstruktion 1 4-5" timmervägg. Fönster bortmonterat och ersatt med timmer. Ytterbeklädnad 1" lockpanel. Innerbeklädnad: 10 mm träpanel.

Grundkonstruktion 2 4" regelvägg med innerbeklädnad 1/2" tretex + 22 mm råspont. Ytterbeklädnad: asfaboard + fjällpanel.

Grundkonstruktion 3 Brädtak + gammalt tegel.

Grundkonstruktion 4 Brädtak + gammalt tegel, vindsutrymme, 5" bjälklag med sågspånsfyllning. Pärlspont i innertak.

Tilläggsisolerande konstruktioner

Tilläggsisolering av tak

- a) 9 mm utegips på 1" läkt mot yttertak
- b) a + 4" regel + 15 mm isolerregel + 2x13 mm gips.
Mineralull i luftspalten.

Tilläggsisolering av vindsbjälklag.

10 cm mineralullsskiva + 5 cm bjälklagsmatta.

Tilläggsisolering av vägg.

- a) 2" + 2" regler + 9 mm utegips + luftspalt + 1" lockad träpanel. 10 cm mineralull i regelsystemets luftspalt.
- b) 2" + 2" regler + 2x9 mm utegips + profilerad vägghpanel av aluminium. 10 cm mineralull i regelsystemets luftspalt.
- c) Serporock (10 cm mineralull, $100-150 \text{ kg/m}^2$, 20 + 10 mm puts. Puts med matta förankrad med ledade krokar i träväggen.

Ett antal varianter av a och b förekommer. Se kurvbladen.

5.11 Mätresultat

Mätresultaten redovisas på kurvblad, figur 21-30.

Ljudisolering mot flygbuller

Figur 21

59

FREKVENSS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	d(BKA)									
ΔL Se nedan	18	19	16	15	11	14	17	21	26	29	33	36	37	37	36		
ΔL "	14	20	21	20	19	17	14	15	18	24	29	31	35	38	40	39	36
ΔL "	19	21	24	30	31	30	27	27	29	35	39	43	46	48	50	51	48

OBJEKTBEKRIVNING

Grundkonstruktion

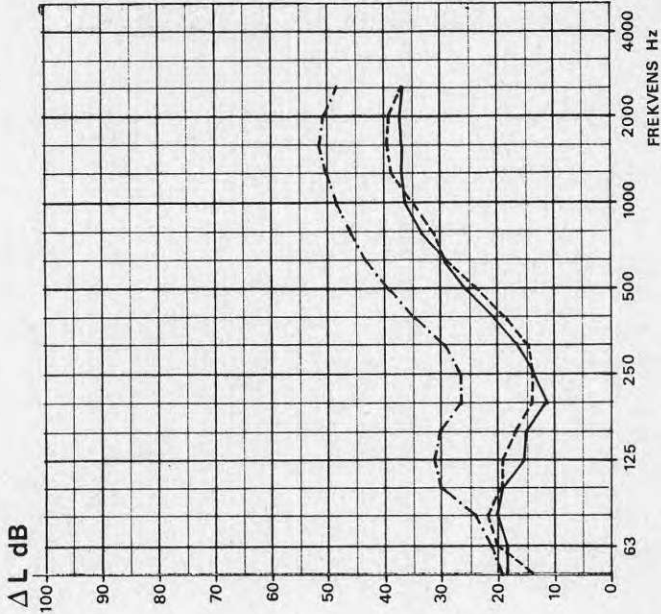
Yttertak av bräder + enkupigt tegel

—— grundkonstruktion

--- grundkonstruktion + 1" luftspalt + 13 mm gipsskiva

-.-.- enligt ovan + 4" träregel + 15 mm isolerregel + 2x13 mm gipsskiva.

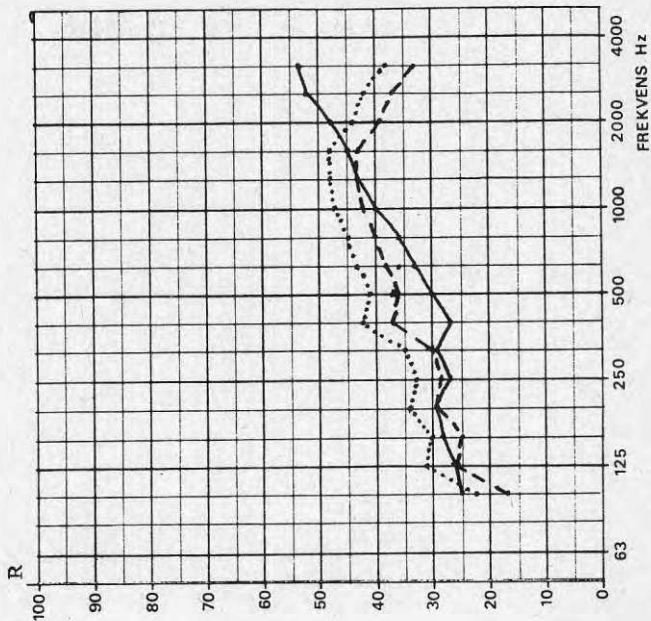
Mineralull i luftspalten.



Ljudkälla: Flygbuller. Mikrofonsposition dikt an tak

ΔL anger differens omräknad till utomhus - position 2 m över tak

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)							
R Se nedan	25	26	28	29	27	30	33	36	40	43	45	48	52	53	
R Se nedan	17	26	25	29	30	37	38	40	42	43	43	39	37	33	
R Se nedan	22	31	30	34	33	35	42	41	43	45	47	48	44	42	38



OBJEKTBEKRIVNING

Reduktionstal

— Timmervägg

-- Emmaboda ljudruta trippel

.... Beräknad för "tung vägg" + 20% fönsterandel
med Emmaboda ljudruta trippel

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I_a (dB(A))
R se nedan	30	26	29	28	27	27	29	35
R se nedan	26	24	25	31	36	35	40	52
R se nedan	27	25	23	22	31	36	36	49
R se nedan	32	26	28	22	23	27	30	45
R se nedan	25	24	25	21	26	34	26	46
R se nedan	38	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	38	41	46	47	54	58	40	67
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	38	41	46	47	54	58	40	67
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76
R se nedan	37	40	38	41	46	47	54	76

OBJEKTBEKRIJVNING

Yttervägg - grundkonstruktion

— 5" timmer + 1" bräder, pärlspont

Tilläggsisolering

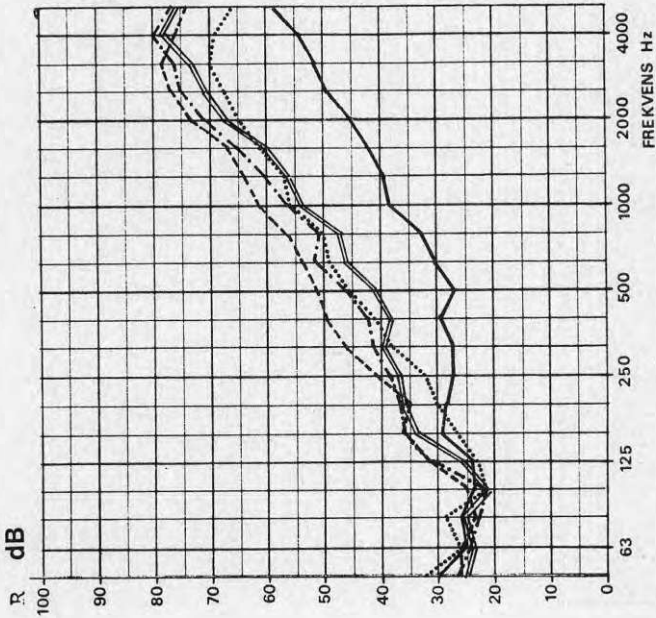
----- 2"+2" reglar + 9 mm utegips

----- 2"+2" reglar + 9 mm utegips + asfaboard + aluminiumpanel

..... 2"+2" reglar + aluminiumpanel

==== 2"+2" reglar + 9 mm utegips + aluminiumpanel

Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140.



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I_a (dBA)														
R se nedan	29	23	20	31	37	44	41	43	46	47	49	51	54	58	62	70	74	79	85	87	47	
R se nedan	34	29	26	23	31	38	45	47	50	52	53	57	61	65	72	76	80	81	81	81	77	50
R se nedan	30	30	24	18	26	36	42	43	46	48	50	52	55	61	67	71	78	79	79	76	76	45

OBJEKTBEKRIVNING

Yttervägg, grundkonstruktion

5" timmer + 1" bräder, pärlspont

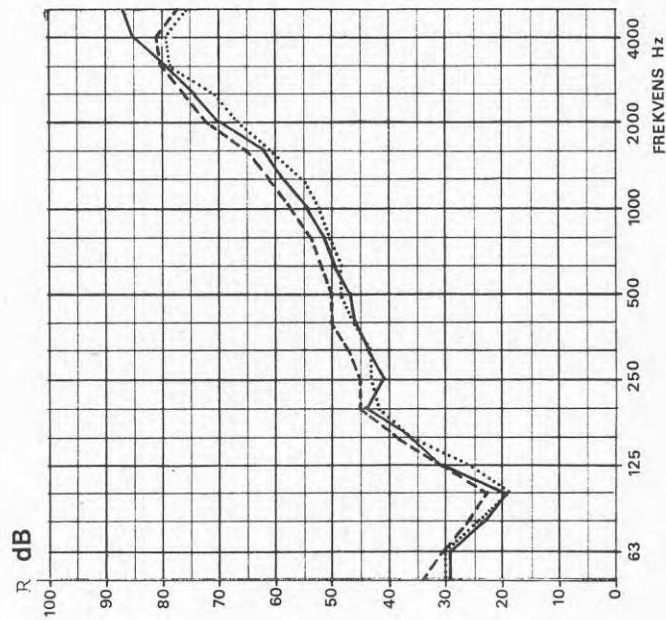
Tilläggsisolering

— 2"+2" reglar + 100 mm mineralull + 9 mm
 utegips + 10 mm luftspalt + 1" stående
 träpanel

----- 2"+2" reglar + 2x50 mm mineralull + 9 mm
 utegips + 1" stående träpanel

..... 2"+2" reglar + 2x50 mm mineralull + 12 mm
 asfboard + 10 mm luftspalt + 1" stående
 träpanel

Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140.



Ljudisolering mot flygbuller

Figur 27

65

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I _a dB(A)																
① R se nedan	18	27	19	21	20	16	16	27	28	32	33	37	41	45	47	50	62	63	56	34				
② R se nedan	21	30	25	22	19	19	22	31	29	30	33	30	29	35	37	41	43	47	50	53	55	57	58	37

OBJEKTBESKRIVNING

Yttervägg - regelkonstruktion

① 4" regler

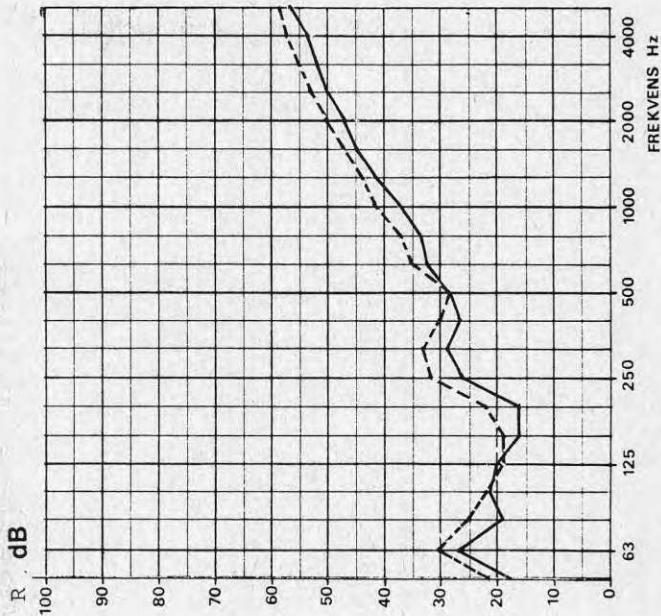
Invändig beklädnad: 1" råspont + 12 mm tretex

Utvändig beklädnad: Papp+3/4" fjällpanel

Ingen ull i luftspalten

② Som ① men 100 mm mineralull i luftspalten.

Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140.



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I _A																		
① R se nedan	21	22	19	22	31	33	30	29	35	37	41	43	47	50	53	55	57	58	37							
② R se nedan	25	31	22	20	23	32	36	41	42	42	44	44	42	42	45	47	51	57	61	68	73	78	80	79	47	
③ R se nedan	27	32	24	21	26	31	37	39	43	42	43	43	42	46	46	47	51	58	62	67	71	77	78	78	75	46

OBJEKTBESKRIVNING

Yttervägg - regelkonstruktion

① 4" reglar

Inväändig beklädnad: 1" råspont + 12 mm tretex

Utvändig beklädnad: Papp+3/4 fjällpanel

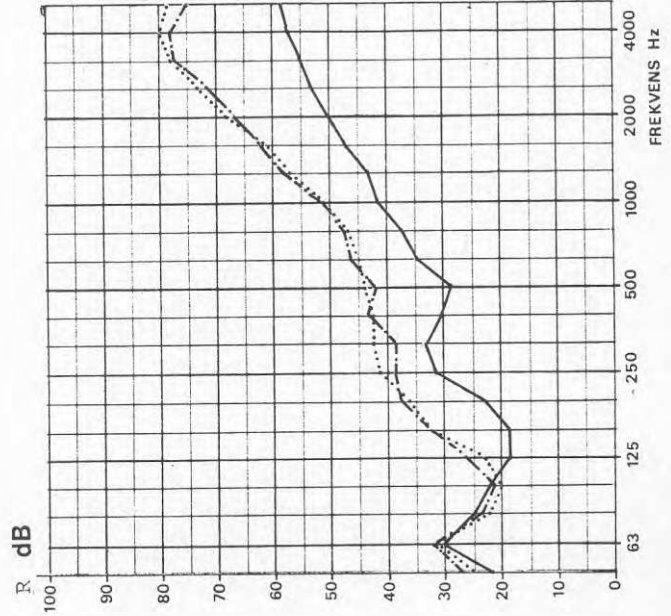
100 mm mineralull i luftspalten

② Som ① tilläggsisolerad med 2"+2" reglar

+ 2x50 mm mineralull + 9 mm gips + 10 mm

luftspalt + 1" stående träpanel

③ Som ② men var tredje fjällpanel bortmonterad och pappen uppskuren



Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140.

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I _a															
① R se nedan	21	30	25	22	19	19	22	31	33	30	29	35	37	41	43	47	50	53	55	57	58	37	
② R se nedan	32	29	18	22	27	32	38	47	47	52	54	60	64	69	69	68	70	76	79	78	79	79	49

OBJEKTBESKRIVNING

Yttervägg - regelkonstruktion

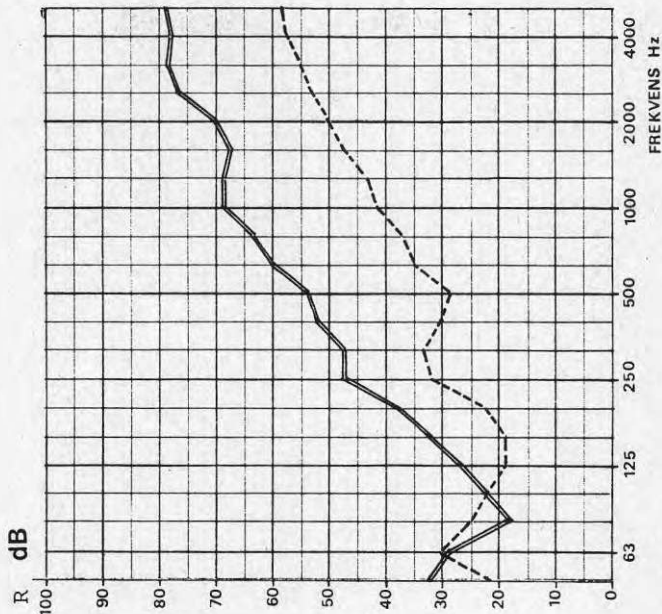
① 4" regler

Invändig beklädnad: 1" råspont + 12 mm tretex
 Utvändigt beklädnad: Papp+3/4" fjällpanel
 100 mm mineralull i luftspalten.

② Som ① tilläggsisolerad med Serporock

(100 mm mineralull + 30 mm puttskikt kramlat fast
 i grundkonstruktionen, 4 ledade kramlor per m²)
 Var tredje fjällpanel bortmonterad och pappen
 uppskuren.

Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140.

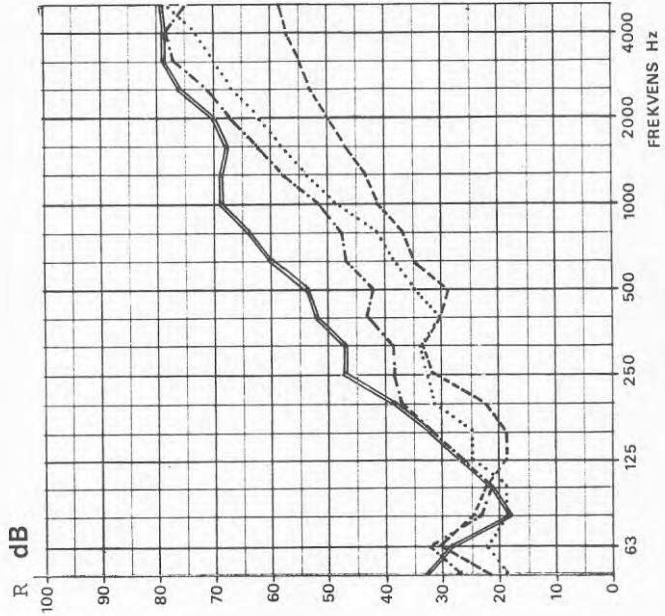


FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	I _a
① R se nedan	21	22	19	22	31	33	30	29
② R se nedan	19	22	19	25	31	32	34	30
③ R se nedan	27	32	24	21	26	31	37	39
④ R se nedan	32	29	18	22	27	32	88	47

OBJEKTESKRIVNING

- ① Grundkonstruktion: regelvägg
- ② Tilläggsisolering: 2"x2" reglar + 2x50 mm mineralull + 2x9 gips + aluminiumplåt
- ③ Tilläggsisolering: 2"x2" reglar + 2x50 mm mineralull + 9 mm gips + 10 mm luftspalt + 1" stående träpanel
- ④ Tilläggsisolering: Serporock (100 mm mineralull + 30 mm putsskikt)

För samtliga tilläggsisoleringar har var tredje fjällpanel i grundkonstruktionen bortmonterats och pappan skurits upp.
Mätning med påkopplat sändarrum och enligt ISO 140



5.12 Kommentarer till mätresultaten

5.121 Grundkonstruktion

Av resultaten på kurvbladen framgår att vanliga, lätta, icke tilläggsisolerade ytterväggs- eller takkonstruktioner har låg ljudisolering. Som jämförelse har på kurvblad 23 inlagts ljudisoleringskurva för Emmaboda ljudruta trippel monterad i en tung vägg. Andelen fönster har förutsatts till 20%. Man ser då att de provade grundkonstruktionerna har en klart sämre ljudisolering än kombinationen ljudruta i "bra" vägg.

5.122 Tilläggskonstruktioner - väggar

En bra ljudisolering kan erhållas med en lätt konstruktion av följande principiella uppbyggnad:

Två skikt på stort avstånd från varandra och utan förbindningar mellan skikten. Ju tyngre de två skikten är och ju större avståndet är mellan skikten desto lägre ned har systemet sin grundresonans. Vid grundresonansfrekvensen är ljudisoleringen lägst men stiger över resonansfrekvens med 12 dB/oktav (teoretiskt).

För att dubbelkonstruktionen skall bli praktiskt utförbar måste såväl avståndet mellan skikten som skiktens ytvikter hållas nere. Dessutom är det omöjligt att undvika kontakt mellan de två skikten varför viss ljudöverföring sker via dessa kontaktytor. Vid regelavstånd mindre än sju gånger ytskiktens koincidensvåglängder, kan ljudisoleringsförbättringen i ogynnsamma fall helt utebli.

En punktvis ledad koppling mellan skikten ger en mycket liten ljudöverföring medan linjekontakt som erhålles med ett enkelt regelsystem kan ge god överföring. Detta märks också i mätresultaten där konstruktionen med Serporock uppvisar bäst tilläggsisolerande effekt tillsammans med de i undersökningen ingående grundkonstruktionerna. Infästningen av ytskiktet sker här med 4 st ledade "krokar" per m².

Grundkonstruktionen porös skiva + råspont + 2"x4" regelverk + asfboard + fjällpanel och med mineralull i spalten uppvisar en låg ljudisolering. Man får här en kraftig ljudöverföring via reglarna.

Då träregel ingår i en dubbelkonstruktion bör regelsystemet utföras med korslagda regler så att ljudöverföringen mellan de två skikten endast sker punktvis.

Mätresultaten visar också på de problem som kan uppkomma vid små luftspalter, t.ex i samband med trippelkonstruktioner. De tilläggsisoleringar, i vilka 2x9 mm gips + profilerad väggpanel av aluminium bildar ytterskikt, uppvisar en betydligt sämre isolering, då aluminiumplåten ingår i konstruktionen, än utan.

På kurvbladen kan utläsas att en resonans troligen uppträder i frekvensområdet kring 400 Hz. Det är sannolikt i luftspalten plåt- gipsskiva, som resonansen uppkommer. Resonanser i luftspalten förklarar dock inte helt inverkan på ljudisoleringen. Motsvarande fenomen får man också om man har en luftspalt mellan träpanel och underliggande vindskiva. Försämringen är här dock inte så utpräglad som i aluminiumfallet.

5.123 Tilläggsisolering - tak

Takkonstruktionens ljudisolering är låg speciellt vid sneda tak där inner- och ytterkonstruktion utgör en enhet. I äldre bebyggelse finns oftast inte heller något värmeisolerande material i den eventuella luftspalten mellan inner- och ytterskikt.

På kurvbladen 21,22 redovisas ljudisoleringen hos ett yttertak, grundkonstruktion och med olika tilläggsisolering.

Ofta finns ett vindsutrymme mellan bostadsrum och yttertak. Mätningarna visar att en ljudisoleringsförbättring på 2-3 dB erhålles om man på vindsbjälklaget lägger ut mineralull.

Effekten är naturligtvis beroende av utgångsläge, vad avser isolering, men även vad avser springläckage bl.a via luftspalter för ventilation av yttertaketets insida. I de fall dessa luftspalter kan förväntas ge problem bör man bygga en ljudfälla närmast vid luftspalten. Se bilaga 2.

5.124 Placering av tilläggsisolerande konstruktion
Mätningarna visar att bäst effekt av en tilläggsisolering erhålles om den lägges utanpå fasaden. Flanktransmissionsproblemet blir då oftast försumbart. Avser man endast bättra ljudisoleringen till enstaka rum kan åtgärden utföras på insidan yttervägg. Det är möjligt att tillräcklig effekt inte erhålles utan att rummets flankerande väggar, golv och tak också tilläggsisoleras.

5.2 Ljuddämpad friskluftskanal

Åtgärder som avser att förbättra ljudisoleringen innebär att huset blir tätare. Genom att befintliga vägventiler igensätts och att springläckage via fönster och dörrar elimineras, stängs de tidigare frisklufttillförselvägarna. Vädning kan naturligtvis ske genom öppning av fönster men är tillrådligt endast under kortare tidsintervall om de ljudisoleringsförbättrande åtgärderna skall vara meningsfulla. Med balanserad ventilation kan ventilationsproblemet enkelt lösas och genom att montera ljudfällor i kanalsystemet kan såväl fläktbuller som utifrån kommande buller dämpas. Friskluften kan också tas in via ljuddämpade vädringsluckor.

Vi har dock ansett det angeläget att såväl förbättringsobjekt som för nybyggnadsobjekt finna en billig anordning för friskluftstillförsel som inte nedsätter ljudisoleringen mot utifrån kommande buller.

Det har därvid varit naturligt att försöka utnyttja den i tilläggsisoleringen ingående mineralullen som delkomponent i en ljudfälla.

Rent principiellt består en absorptionsljudfälla av en spalt i ett ljudabsorberande material.

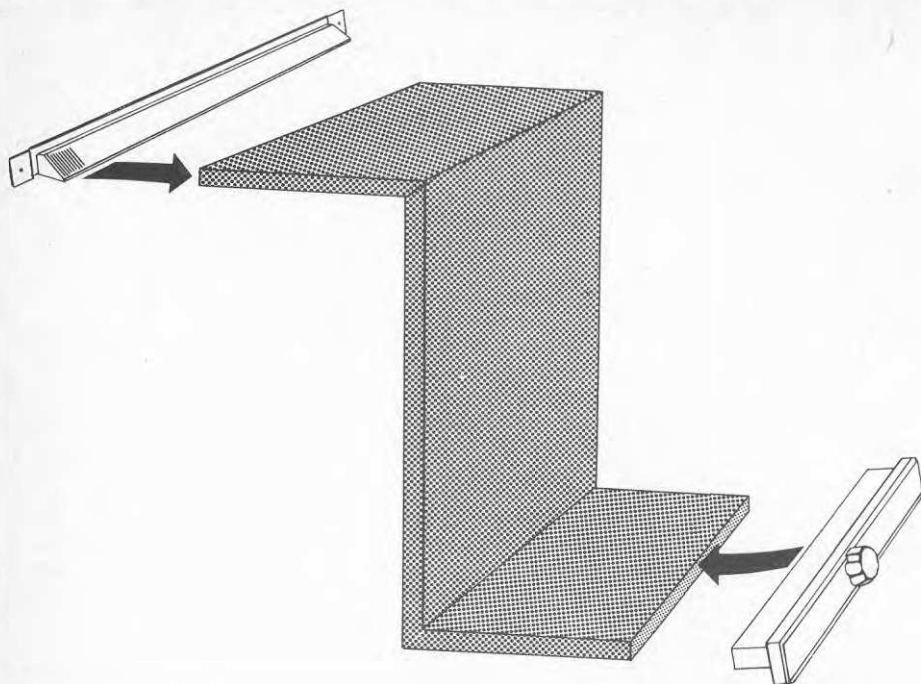
eftersom mineralullen i tilläggsisoleringen (värmeisoleringen) utgör det ljudabsorberande materialet har det enbart räknats till att en spalt uppstår i mineralullen så att en kanal erhålles mellan husets in- och utsida.

Spalten har ordnats genom att av perforerad plåt tillverkas en kanal med rektangulärt tvärsnitt. För att tillräcklig dämpning skall erhållas får kanalens tvärsnittsarea inte vara för stor och den del av kanalen som omges av mineralull måste vara längre än en viss minimilängd.

För ett normalt sovrum erfordras att friskluftintaget har en öppningsarea om minst 30 cm^2 .

Beroende av dämpbehov kan längden hos kanalen varieras. Man gör dock inga stora vinster på att för varje enskilt fall optimera kanallängd efter dämpbehov utan det kan vara bättre att ha tillgång till en billig standardlösning som är användbar i flertalet fall.

För att dokumentera ljudisoleringen hos en konstruktion enligt ovan tillverkades en kanal i perforerad plåt (25% perforationsgrad) och med en tvärsnittsarea hos kanalen om 60 cm^2 ($40 \times 1.5 \text{ cm}$). Kanalen utformades som ett U och med en total längd av 100 cm, se figur 32.



Figur 32. Principiell utformning av friskluftkanal.

Kanalen monterades i en av de provade väggkonstruktionerna nämligen:

5-6" timmer + 2 x 50 mm reglar + 2x9 mm gips.

2 x 50 mm mineralull i luftspalten.

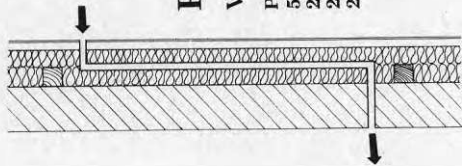
Den vertikala delen av kanalen förlades mitt emellan de två lagren mineralull. Kanalens båda öppningar kom att ligga i liv med väggens in- resp. utsida. Något don anslöts ej till öppningarna.

Väggens ljudisolering med resp utan ventilationskanal uppmättes enligt ISO 140/I-III. De två mätresultaten redovisas på figurblad 32a. De skillnader som kan iakttas beror sannolikt på onoggrannhet i mätmetoden.

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000														
R provvägg	24	20	24	29	31	39	39	41	46	48	50	55	55	60	63	69	74	78	80	78	76
R provvägg+kanal	26	22	24	29	30	38	37	40	45	50	50	54	56	60	63	68	74	78	81	80	77

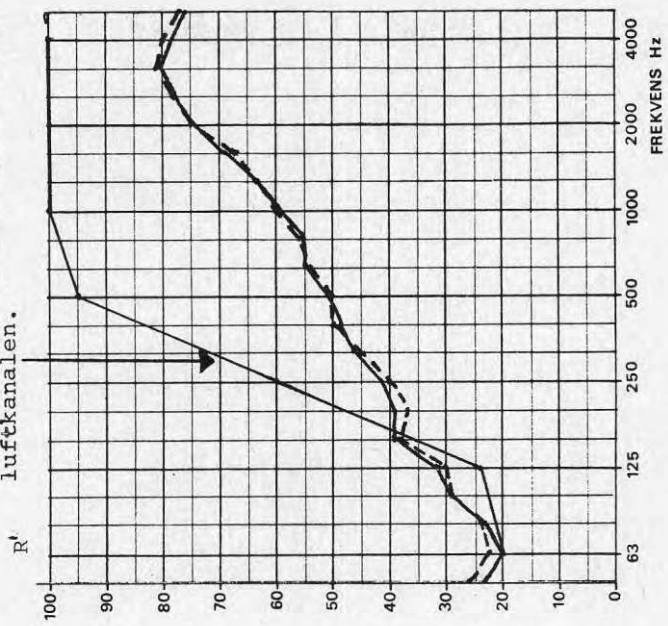
OBJEKTESKRIVNING

Uppmätt reduktionstal för provvägg med och utan friskluftkanal. Kanalarea 40x1.5 cm²



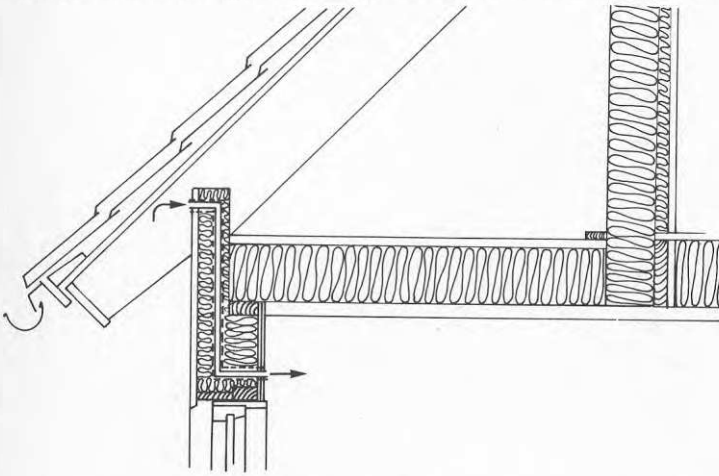
Provvägg
 Väggmaterial från insidan:
 Papp
 5" timmer
 2 x 50 mm träreglar
 2 x 50 mm mineralull
 2 x 9 mm gips

Beräknad kanaldämpning hos friskluftkanalen.



Ljudisolering mot flygbuller.

Det var ej möjligt att med hörseln urskilja om någon ökning i ljudutstrålning förelåg från kanalöppningen jämfört med utstrålning från annan del av väggytan. Kanalen torde därför inte heller påverka isoleringen hos väggar med betydligt bättre isolering än testväggens. Detta framgår också av den beräknade kanaldämpningen hos ljudfällan som vilken inlagts på figurblad 32 (kurva 3). Kanalen kan därför ofta kortas betydligt. Exempel på montering visas i figur 33.



Figur 33. Exempel på installation av friskluftkanal.

Gemla Plast har under hösten 1981 upptagit tillverkning av den aktuella frisklufttillförselkanalen som tillsammans med don för montering i kanalens båda öppningar säljs under benämningen Fresh Decibel. Kanal₂tvärsnittsarean är 50 cm² och vid öppet don är öppningarna 30 cm. Standardlängd 100 cm.

6 INVENTERING AV BEFINTLIG LJUDISOLERING I BEBYGGELSE
KRING LANDVETTER FLYGPLATS.

I samband med ett uppdrag för AB Göteborg Landvetter flygplats har inventering av ljudisoleringsförhållandena i bostadshus inom i huvudsak FBN-65 linjen kring flygplatsen utförts, figur 1. Arbetet har haft som mål att skaffa så mycket upplysningar om resp fastighet att det varit möjligt att bedöma deras ljudisoleringsmässiga kvalitet och att med detta underlag föreslå ljudisoleringsförbättrande åtgärder. För vissa objekt har även ljudisoleringen uppmätts.

Den kring Landvetter flygplats utförda inventeringen omfattar ett 70-tal en- och tvåbostadshus med byggår från senare delen av 1700-talet till 1970-talet.

Fastigheterna kan grovt indelas i fyra grupper:

1. Mangårdsbyggnader på jordbruksfastigheter
2. Andra året-runt-bostäder
3. Fritidsbostäder ombyggda för permanentanvändning
4. Fritidsbostäder

Merdelen av byggnaderna är 1 eller 1 1/2-planshus.

Ytterväggarna i flertalet hus utgörs främst av olika typer av träkonstruktioner. I några ingår även lättbetong och/eller fasadtegel i konstruktionen.

Det aktuella byggnadsbeståndet torde relativt väl representera landsbygdsbebyggelse men även äldre småhusbebyggelse i städer och tätorter. Man finner även likvärdiga byggnadskonstruktioner i hyresfastigheter av t.ex typ "landshövdingehus" m.fl.

Fig. 34-42 visar några foton av de besiktigade husen och beskrivning av deras särdrag.

Göteborg-Landvetter flygplats AB hantering av bullerärendena beskrivs kortfattat i bilaga 1.



Figur 34. Åretrunthus. Primära transmissionsvägar:
Äldre typ av pivåfönster. Bröstning av trä under
vissa fönster.



Figur 35. Fritidshus utnyttjad som åretruntbostad.
Väggarna består av modulblock, vilka försvårar infästning av tilläggsisolering. Se beskrivning på kurvblad 51.



Figur 36. Ett äldre torp utnyttjat som fritidsbostad.
Det har här varit viktigt att behålla husets karaktär.
Fotot är taget efter åtgärd.



Figur 37. Åretruntbostad. Transmissionsvägar: Väggar - plankvägg, fönster, dörrar, gemensam inner/yttertaks konstruktion väggventiler. Mindre del av taket är rest såväl på husets fram som baksida, vilket höjer kostnaderna för åtgärder.



Figur 38. Stor åretruntbostad med ytterväggar av dubbel plank. Se även kurvblad 49.



Figur 39. Stort äldre timmerhus, ca 1.5 km från banände.
Åtgärdsförslag. Fönsterbyte, byte av balkongdörrar, tilläggs-
isolering av fasader, plana yttertak och snedtak i 2:a
våning. Igensättning av ventiler. Totalkostnad \approx 160000 kronor.



Figur 40. Äldre mangårdsbyggnad till jordbruksfastighet. Fasadkonstruktion: Revetering på timmervägg. Förslag till åtgärder. Fönster utbyts. Tilläggsisolering av snedtak i 2:a våning.



Figur 41. Sommarbostad utnyttjad som åretruntbostad. Fasadbeklädnad: Eternitplattor. Små befintliga takutsprång gör att taken måste byggas ut för att väggarna skall kunna tilläggsisoleras på utsidan.



Figur 42. Äldre åretruntbostad. Timmer alternativt plankväggar. Fotot taget under åtgärdernas genomförande. Se även kurvblad 51.

6.1 Beskrivning av aktuella ytterväggskonstruktioner

* Träplank

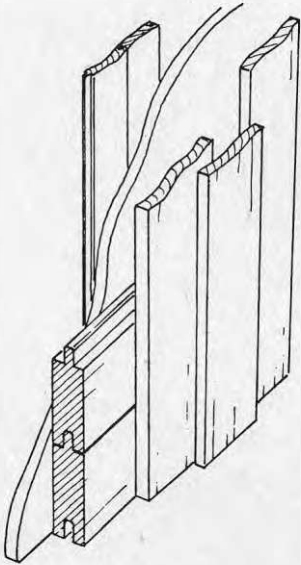
I de fall tilläggsisolerande åtgärder ej utförts består den totala väggkonstruktionen normalt av:

Bärande konstruktion: liggande eller stående 2"-3" spontad träplank

Ytterbeklädnad: 1" stående lockpanel i trä

Innerbeklädnad: mjuk träfiberskiva (tretex)

I vissa fall har 1" råspont spikats på endera sidan plankväggen.



Figur 43.

Ljudisoleringen är låg och den huvudsakliga ljudtransmissionen kommer att ske genom väggen - särskilt inom

frekvensområdet 200-300 Hz om fönstret byts ut till fönster med ljudruta eller annan likvärdig konstruktion.

2 Timmerväggar

Denna väggtyp är vanlig i äldre hus och användes allmänt fram till 1900-talest första decennier. Hus byggda i timmer är ofta "stabila" hus och har därför lång livslängd. Åldern på husen gör att de kan ha genomgått en eller flera större reparationer och/eller moderniseringar. Flyttning av fönster, ändring av fönster och dörrstorlek är vanliga ingrepp som gör att den ursprungliga grundkonstruktionen kan ha förändrats. Tilläggsisoleringar orsakade av en önskan om att förbättra värmeisoleringen eller att rätta upp sneda väggpartier är också vanliga.

I grundutförandet har väggen ofta följande utseende:

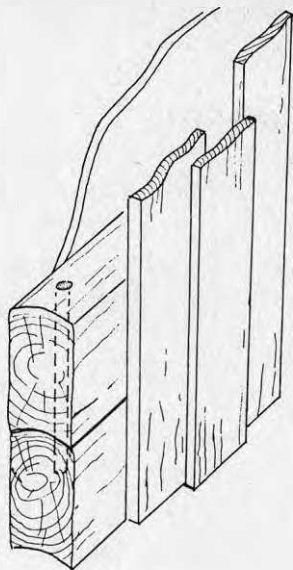
Bärande konstruktion: liggande 5"-6" timmerstockar.
 Stockarna som "skålats" på ena sidan och rundats på andra sidan hålls samman av träpluggar som slagits in i stockarna i uppborrade hål. Tätning mellan stockarna har vanligen skett med tjärdrev eller mossor.

Ytterbeklädnad: 1" stående lockpanel i trä.
 Även revetering förekommer.

Innerbeklädnad: Spänd papp, mjuk träfiberskiva (tretex) eller pärlspont.

Ljudisoleringen är något bättre än den hos plankväggen men är fortfarande sämre än den hos ljudrutan.

Svagheter hos denna väggkonstruktion kan vara att vissa delar på grund av dåligt underhåll blivit rötskadade. Detta gäller speciellt i hörnpartier, längs socklar och runt fönster. Rötskadade partier kan ge en nedsättning av väggens isolering.



Figur 44.

Denna väggtyp är ofta påbyggd. Om man undantar de senare årens åtgärder, som ofta inneburit tilläggsisolering för att höja värmeisoleringen, har tidigare åtgärder ofta haft som mål att underlätta underhållet. Under 50- och 60-talen monterades ofta eternitplattor på fasaderna. Detta gav dock ingen ljudisoleringsförbättring. Invändiga åtgärder på ytterkonstruktionerna har ofta haft till syfte att räta upp befintlig vägg. I den mån det skett med regler och träfiberskiva med ljudabsorberande isoleringsmaterial mellan reglarna har ljudisoleringen höjts. Föregångsmaterialen till mineralull har dock oftast låg ljudabsorption varför i flertalet fall den ljudisoleringsförbättrande effekten blivit begränsad.

3 Regelväggar och stolpväggar

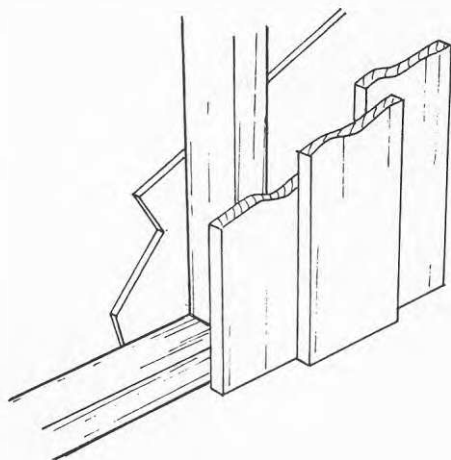
Föregångarna till efterkrigstidens regelväggar var stolpväggarna. Oftast byggdes hus med dessa väggar som året runt hus.

Bärande konstruktion: 4"x4" trästolpar

Ytterbeklädnad: 1" lockpanel i trä

Innerbeklädnad: 1" träpanel eller pärlspont

Mellan de två skikten fylldes med sågspån. Mellan stolpe och paneler monterades vanligen papp. Sågspånen har med åren packat sig och i väggarnas övre delar och under fönster finns vanligen ett stort utrymme i vilket sågspån saknas. Bräderna är vanligen inte spontade varför ljudläckage kan äga rum.



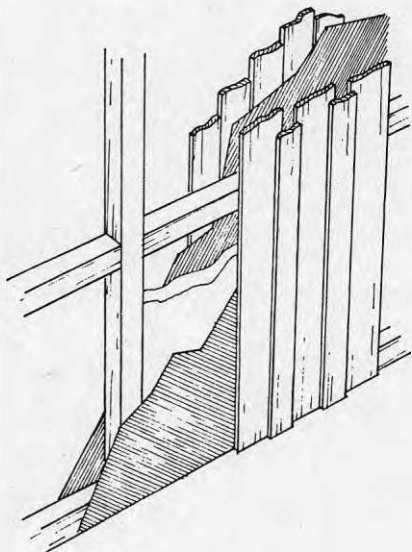
Figur 45.

Ljudisoleringen hos väggen är låg.

Hus byggda efter 1950-talets mitt har vanligen väggar av regelkonstruktioner med isolermaterial av mineralull. Isolermaterial av papp (Wellit) och andra icke ljudabsorberande material förekommer hos regelhus som har tidigare byggår. Många av de först byggda regelhusen har byggts som fritidsbostäder med användning i huvudsak under sommartid, och i dessa väggar saknas oftast isolermaterial.

Bärande konstruktion: 2"x4" träreglar

- Ytterbeklädnad: Stående 1" lockpanel i trä
 alt. 3/4"-1" fjällpanel
 alt. 1" stockpanel
 alt. 1/2 stens tegel
- Innerbeklädnad: 3/4" råspont + 5 mm hård board
 alt. 1/2" träfiberskiva eller spånskiva
 alt. 1/2" gips



Figur 46.

Regelväggar av denna utformning har ofta låg ljudisolering såvida inte ytterskiktet utgörs av tungt material som tegel. Moderna regelväggar som byggts för att ge god värmeisolering består vanligen av dubbelt regelsystem, vilket ger en tjockare väggkonstruktion och lägre ljudöverföring via reglarna. Ljudisoleringar hos dessa väggar är oftast betydligt bättre än den hos dess föregångare.

4 Elementväggar

Rationalisereing inom byggnadsindustrin har inneburit att många husfabrikanter tillverkar hus i element på fabrik och elementen monteras senare samman på byggnadsplatsen. Det finns många olika varianter av ytterväggselement varför här inte skall nämnas något. Ofta utgörs de dock av flerskikts-

konstruktioner och tillsammans med eventuell inner- och ytterbeklädnad bildar de en konstruktion vars ljudisolering är svår att bedöma. Den bärande konstruktionen består oftast av en klen dimension varför infästningen av tilläggsisoleringsskikt kan ge problem.

Lätta elementväggar har oftast låg ljudisolering, och det är ofta svårt att beräkna effekten av en tilläggsisolering.

5 Övriga väggtyper

Bland övriga väggtyper finner man enkla eller påbyggda lättbetong och tegelväggar. Man finner också exempel på väggar med bärande konstruktion av dubbel plank med några cm luftspalt mellan.

Om ursprungsväggen utgörs av en tung konstruktion finns goda förutsättningar att den jämte sin påbyggnad skall ge en god ljudisolering.

6.2 Arbetsgång vid besiktning och utarbetande av åtgärdsförslag

6.21 Besiktning

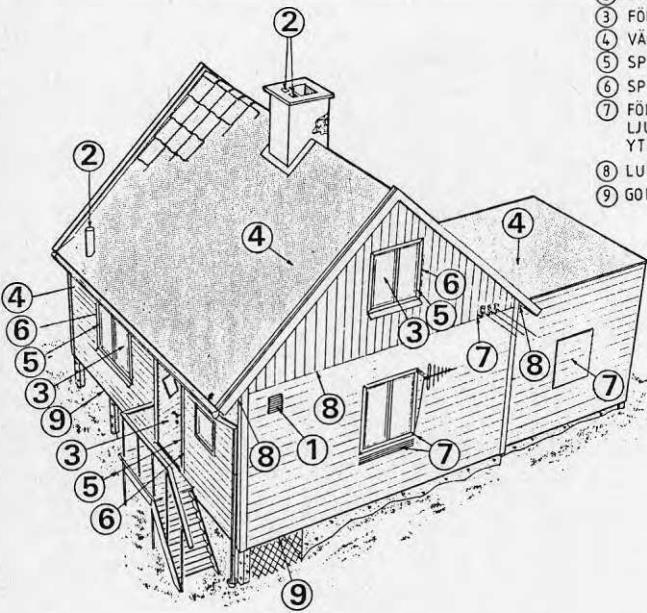
Generellt gäller att man måste skaffa sig en bra kännedom om husets byggnadskonstruktioner för att kunna dra så säkra slutsatser som möjligt om befintlig ljudisolering och vilka möjligheter som finns att förbättra denna. I de fall då besiktningar ej gett tillräckligt underlag att bedöma ljudisoleringen har ljudisoleringsmätningar utförts.

Mätmetodikens beskrivs i avsnitt 5.

På fig 47 visas de vanliga ljudtransmissionsvägarna in i huset.

PRIMÄRA LJUDTRANSMISSIONSVÄGAR

- ① VENTILER
- ② ÖVRIG VENTILATION
- ③ FÖNSTER, DÖRRAR
- ④ VÄGGAR, TAK
- ⑤ SPRINGOR BÅGE - KARM
- ⑥ SPRINGOR KARM - VÄGGKONSTRUKTION
- ⑦ FÖNSTERBRÖSTNINGAR ELLER ANDRA LJUDISOLERINGSSVAGA DELAR I YTTTERKONSTRUKTIONEN
- ⑧ LUFTNING AV PANEL OCH TAK
- ⑨ GOLV



Figur 47.

6.22 Protokoll

Med besiktning och mätningar som underlag skrivs ett protokoll i vilket för ljudisoleringen väsentliga konstruktioner anges samtidigt som ett åtgärdsförslag ges med målet att hela bostaden eller del av bostaden skall erhalla en bättre ljudisolering mot utifrån kommande buller.

De åtgärder som föreslås, utöver fönsterbyte till fönster med ljudruta, har som mål att ljudisoleringen skall bli så bra att man kan bortse från andra ljudtransmissionsvägar än de genom fönstren.

I figur 48 visas exempel på del av ett besiktningsprotokoll avseende ett objekt i närheten av Göteborg Landvetter flygplats.

Figur 48. Exempel på del av besiktningsprotokoll.

Beskrivning av aktuell byggnad:	1-plan, bostadsyta 135 m ² . Byggår 1925 Stomme: 2,5" plank Utvändig klädsel: Stående träpanel Invändig klädsel: Tretex Yttertak: Tegel på råspont Övre bjälklag: 7" bjälklag 10 cm sågspån Fönster: 2-glas dubbelkopplade och 2-glas pivå-fönster med stort glasavstånd Dörrar: Entrédörr - 2 dörrar med liten hall emellan. Pardörrar till altan - glasade, köksingång - dubbeldörrar Ventilation: Ventilatorer i väggar, öppen spis
---------------------------------	---

Förslag till åtgärder för förbättrad ljudisolerering

Åtgärd	Typ av konstruktion	Anmärkning
1. Fönsterbyte i bostadsvåning och vindsgavel	Ljudruta Emmaboda trippel eller likvärdig. Gavelfönstret byts till 2-glaskonstruktion	A,B,C
2. Dörrbyte Altandörrar	Tung vältätad konstruktion. Om glas skall ingå i dörren bör det vara ljudruta enligt ovan	A,B,C
3. Igensättning av ventilatorer	Ventilatorer i rum proppas. Ny ventilation enligt principer i bifogad PM	C
4. Tilläggsisolerering av ytterväggskonstruktion	Befintliga lock rivs. 50+50 mm regler monterats vinkelrätt varandra. 2 x 50 cm mineralull. 9 mm utegips + 10 mm luftspalt + stående träpanel	C
5. Tilläggsisolerering av övre bjälklag	10 cm mineralullsskiva + 5 cm mineralullsmatta	
6. Tätning av dörr till vind		
Förklaring till anmärkning	A) Det är noga med tätning mellan karm och yttervägg B) Information kan erhållas av Bengt Bång, tel 031/88 12 00 C) Om inte samtliga ovan angivna åtgärder avses utföras, kan information om lämpliga delåtgärder erhållas av Sven-Olof Benjegård, tel 031/81 09 60	
Krav på åtgärder för erhållande av ersättning	Att förbättrad ljudisolerering av fastighetens bostadshus utföres som svarar mot utgående ersättning	
Erforderliga åtgärder från fastighetsägarens sida för ärendets prövning	E) Upprätta bygglovhandlingar F) Inkomma till flygplatsbolaget med ersättningsanspråk	

5.23 Rådgivning

I vissa fall har fastighetsägare eller hantverkare ersatt föreslagen lösning med annan som man trots likvärdig åtgärd. Detta har ibland lett till att en sämre ljudisolering än förväntad erhålles. För att ge dem som utför tilläggsisoleringsarbetet en bättre förståelse av ljudisoleringsproblematiken har en PM utarbetats - "Råd och anvisningar avseende genomförande av ljudisolering åtgärder Materialval - utförande". Se bilaga 2.

Dessutom görs besiktningar under arbetstiden och möjlighet ges för hantverkarna att vid oklarheter i utförande erhålla rådgivning.

Denna rådgivningsdel är mycket viktig om avsedd förbättring skall erhållas.

6.24 Uppföljning

Ljudisoleringen hos de objekt, vars isolering uppmätts före genomförande av åtgärder, mäts i vissa fall även efter det att åtgärderna utförts. Den sänkning av inomhusljudnivån - såväl den maximala som FBN - som erhålles (10-15 dB(A)) uppfattas mycket positivt av de boende.

Kommentarer som

- "Nu vaknar jag inte längre om nätterna"
 - "Jag kan prata i telefon utan att behöva göra paus"
 - "TV-tittandet störs ej längre"
- är mycket vanliga.

De positiva reaktionerna påverkas dock säkert även av andra icke-akustiska parametrar som

- förbättrad värmeisolering
- mer lättskötta fönster (tvättning och målning)
- förbättrat allmänutseende av fasaden
- snabb och generös behandling av besiktningsgrupp och flygplatsbolag

6.241 Mätresultat

På kurvblad 49-53 ges exempel på uppmätt ljudisolering som ΔL hos ytterväggarna hos några av de besiktigade fastigheterna kring Landvetter flygplats. I de fall tilläggsisolerande åtgärder utförts, redovisas även den nya isoleringen. För några objekt gäller att flera transmissionsvägar kan påverka ljudisoleirngen speciellt efter det att tilläggsisolerande åtgärder utförts.

Sammanfattningsvis kan man säga att samtliga de väggar som ingår i inventeringen, och i vilka ej tegel eller tjock lättbetong ingår, har en ljudisolering som är sämre än den hos en vältätad 3-glasfönsterkonstruktion, där glaskonstruktionen är av typ Emmaboda ljudruta trippel. Ett byte av fönster till denna fönsterstandard ger således ej full effekt om inte samtidigt tilläggsisolerande åtgärder på övrig yttervägg vidtas.

FREKvens Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	(dB(A))
ΔL fasad, se nedan	23 21	24 27	28 28	34 36	43 44	46 46	47 47	
ΔL ljudruta se nedan	--	22 31	30 34	41 42	47 47	44 42	38 38	

OBJEKTBEKRIVNING

Ytterväggskonstruktion

3/4" fjällpanel + 1 1/2" reglar + 5 cm

"modulblock" + hård skiva. Mineralull

mellan reglarna. Modulblocket är en dubbel-

konstruktion av 2 st 12 mm träfiberskivor

på en regelstomme. Mineralull mellan

skivorna.

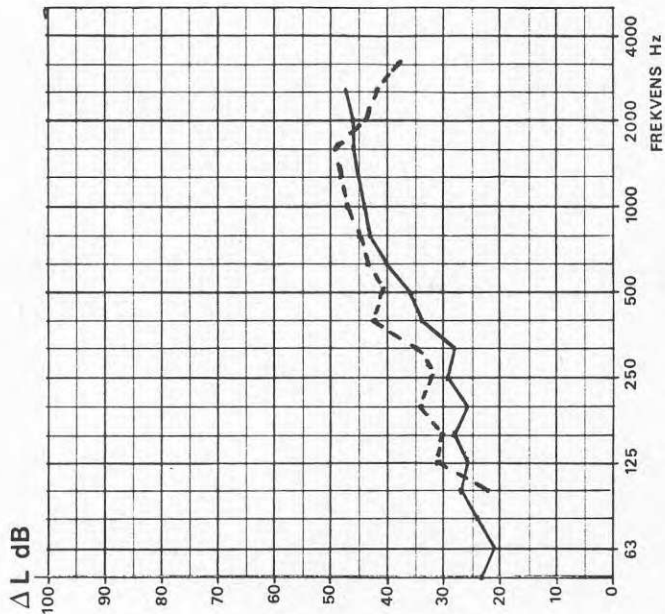
Fönstret tilläggsisolerat.

ΔL uppmätt med flygbuller.

----- anger beräknat R för rung fasad med 20%

fönsterarea. Fönstertyp Emmaboda ljudruta
trippel.

Mottagarrummet: ca 10 m² "mjukt" möblerat



FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dBA											
ΔL fasad se nedan	31	26	28	33	34	32	34	39	43	48	51	52	51	52	56				
ΔL ljudruta se nedan	---	---	---	22	31	80	84	32	35	42	41	43	45	47	48	49	44	42	38

OBJEKTBEKRIVNING

Ytterväggskonstruktion

2"x4" reglar + 2"x2" reglar + mineralull

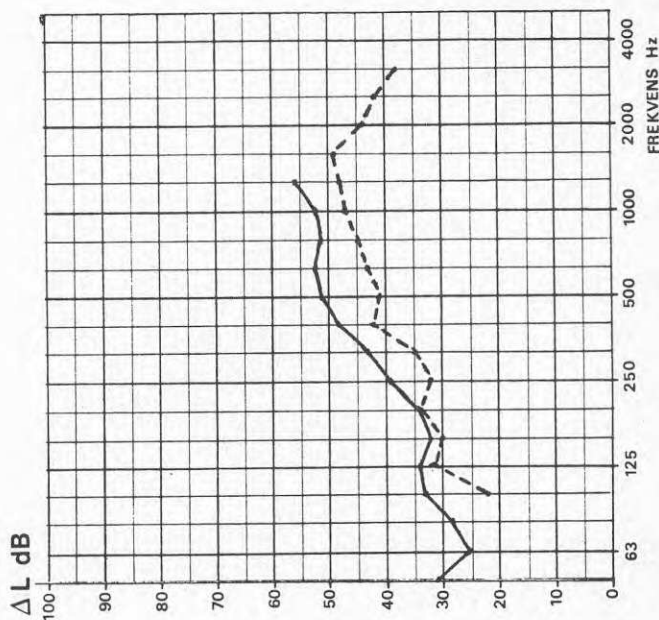
Ytterbeklädnad: asfaboard + fjällpanel

Innerbeklädnad: träfiberskiva

Fönster tilläggsisolerat

 ΔL uppmätt med flygbuller

----- anger beräknat R för tung fasad med 20%
fönsterarea. Fönstertyp Emmaboda ljudruta
trippel

Mottagarrum ca 10 m², "mjukt" möblerat

FREKVENNS Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	dBA)
ΔL fasad se nedan	25	21	23	24	24	22	23	24
ΔL ljudruta se nedan	---	---	---	22	31	30	34	32
				26	27	27	27	
				41	43	43	45	
				35	35	35	42	
				48	48	49	44	
				42	42	44	38	

OBJEKTESKRIVNING

Ytterväggskonstruktion

2"x4" reglar

Ytterbeklädnad: asfaboard + fjällpanel

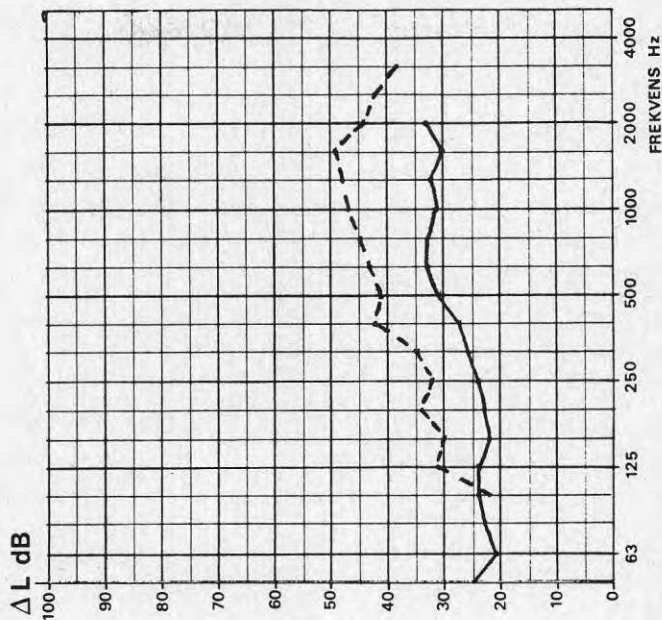
Innerbeklädnad: träpanel

Fönsterarea ca 1.5 m², ej igensatt

Dessutom stort fönsterparti mot inglasat uterum

 ΔL uppmätt med flygbuller

----- anger R beräknat för tung fasad med 20%
fönsterarea. Fönstertyp Emmaboda ljudruta
trippel.

Mottagarum ca 20 m² "normal" absorption

Här redovisat forskningsprojekt har ej gett fullständiga svar vad avser effekten av tilläggsisolerande åtgärder. Osäkerheter råder speciellt för väggkonstruktioner bestående av flera skikt.

Som framgår av resultaten ger flerskiktsskonstruktioner ibland god isolering. Vissa skikt-kombinationer ger emellertid lägre isolering än för samma konstruktion där ett av skikten saknas. Ytterligare forskning bör ske med målet att få fram kriterier för vilka skikt-kombinationer som är "ofarliga" och i vilka fall endast begränsad eller försämrad ljudisoleringsförbättring kan förväntas.

De mätningar som skall utföras inom ett sådant projekt bör ske i laboratorium så att man kan bortse från annan ljudtransmission än den genom testytan.

LITTERATURINVENTERING

1. Bolt, Beranek and Newman Inc.
Methods for improving the noise insulation of houses with respect to aircraft noise.
Report 1387, nov 1966.

En ganska omfattande beskrivning av flygbuller och dess utbredning samt ljudisolering i olika byggnadsdelar. Även störkriterier diskuteras. Rapporten innehåller en katalog med reduktions-tal, lab- eller fältmätta för ett stort antal konstruktioner. Även typisk reducering av flygbuller för olika konstruktioner redovisas.
2. Bolt, Beranek and Newman Inc.
A Study - Insultating houses from aircraft noise.
U.S. Department of housing and urban developement,
1966.

Redovisar en stegvis beräkning av flygbuller-belastning samt ger exempel på lämpliga åtgärder för i första hand villor. Även underlag för kostnadsberäkning redovisas.
3. Donato, R.J.
Insulating houses against aircraft noise.
JASA. Vol. 53, no 4, april 1973.

Förenklad metod för bestämning av erforderliga konstruktioner gentemot flygbuller. Tabeller med ljudisoleringen, AIF (acoustic insulation factor) redovisas för några olika fönster, väggar och tak.
4. Bishop, Dwight E., BBN, Calif.
Comparison of the aircraft noise reduction achieved in modified houses in the United States and England.
79th Meeting of the ASA 1970.

Uppmätt ljudreduktion i oktavband i byggnad före och efter åtgärder med flygbuller som ljudkälla. Mätningar från några hus i USA och England har sammanställts. Undersökningen vill bl.a. visa praktisk möjlig ljudreduktion med åtgärder i fönster, yttervägg och tak. Efter åtgärder har den A-vägda ljudreduktionen uppgått till 33-36 dB(A) vid flygplansstarter och max 40 dB(A) vid landningar. Mätningarna avser maximalnivåer för minst fyra mätningar i varje objekt. Utomhuspositionen på avstånd från fasad så att man kan bortse från reflexer från denna.

5. Home soundproofing pilot project for the Los Angeles department of airport.
Report number WCR 70-1. 1970.
Wyle laboratories, El Segundo, Calif

Redovisning av mätresultat (före och efter åtgärd) för tjugo villor vilka åtgärdats till tre olika nivåer. Planen över villorna, åtgärdernas omfattning samt kostnader redovisas liksom en omfattande intervjuundersökning. Medelbullernivå, dB(SIL), (aritm. medelvärde inom 500, 1000 och 2000 Hz) för de störda villorna: 63-87 utomhus. Åtgärderna inom de tre ambitionsnivåerna har varit

1. Forcerad ventilation för att möjliggöra stängda fönster och dörrar vilka ursprungligen hölls något öppna. Mindre ändringar på dessa.
2. Byte till ljuddämpande dörrar samt tvåglasfönster.

3. Tilläggsisolerande åtgärder i tak, golv och väggar.

Husägarna i steg 2 och 3 var i allmänhet nöjda med resultatet. Tillfredsställelsen var i första hand kopplad till den relativa förbättringen snarare än till den absoluta inomhusnivån.

Bullerreduktionen ökade från 21 till 31 i steg 1, till 34 i steg 2 och till 40 i steg 3 (medelvärde på den flygbullerbelastade sidan om huset).

6. Fahlgren, Bengt.

Flygbullerisolering av bostäder.

Redovisning av försöksverksamhet bedriven i Ängelholm åren 1972-1978 av Chefen för flygvapnet och Fortifikationsförvaltningen.

Rapporten ger en allmän översikt över problemen vid isolering av byggnader mot flygbuller och rekommendationer till arbetsgång vid handläggning av flygbullerstörningar i bebyggelse. Konstruktioner och åtgärder redovisas för de i försöksverksamheten ingående byggnaderna. Betr. mätningar se ref. 19.

7. Hveem, Sigurd.

Isolering mot utendørs stöy.

Anv. 19, NBI, 1979

I anvisningen anges en metod för beräkning av byggnadens ljudisolering med korrektioner för

- typ av buller
- ytterväggsyta
- rumsvolym
- efterklangstid
- infallsvinkel hos ljudet
- fönsterandel

ΔL_A -värden anges för olika fönster- och ytterväggskonstruktioner. Vidare lämnas synpunkter på ventilationsöppningar och takkonstruktioner. Anvisningen är en sammanfattning av tidigare arbeten (jmf ref. 8).

8. Hveem, Sigurd.
Lydisolerande lette ytterveggskonstruksjoner.
Arbetsrapport 18, NBI, 1978.

Redovisning av 16 st ljudisoleringsmätningar i laboratorium på olika ytterväggar med och utan ventilationskanaler.

9. Ingemansson, Stig.
Ljudisolerande fönsterkonstruktioner.
Rapport 3/68 från BFR.

Jämförande ljudisoleringsmätningar i laboratorium på fönster med olika glas, karmabsorbent och tätning luftning. Förslag till isoleringsindex I_t gentemot trafikbuller.

10. Jörgen, Gunnar B.
Lydisolering av eldte bygninger (rehabilitering).
Rapport til kommunal- og arbeidsdepartementet.
Norges Byggforskningsinstitut, 1976.

Rapporten behandlar så gott som uteslutande isolering mot utomhusbuller. En sammanställning av ett flertal mätningar på fönster och ytterväggskonstruktioner redovisas, i vissa fall tillsammans med tillhörande I_a , I_{CN} , R_m och I_t -värden. Av särskilt intresse är de uppmätta ljudisoleringsvärdena med flygbuller (Flystöyhuset i Bodö) vilka jämföres med lab.mätvärden. Labmätvärden redovisas för vanliga ytterväggskonstruktioner. Inverkan av olika fönster,

liksom öppet fönster och olika ventilationsöppningar redovisas (ΔL - och ΔNR -värden). I rapporten ingår även kostnader för olika ljudisoleringsförbättrande åtgärder.

11. Kragh, Jörgen m.fl.
Stöy i Byen, del II.
Byplan Notat 91. Statens Byggeforskningsinstitut, Danmark. 1979.

I första hand beskrives trafikbuller allmänt och åtgärder för att reducera detta. I ett kapitel behandlas ljudisolering i fasad med en sammanställning över några fönstermätningar samt beräknade ΔL_A -värden för trafikbuller, skärmat och oskärmat.

12. Kristensen Jörgen, Kjaer Jörn.
Klimaskaermens lydforhold.
Stöy og lydisolation, Notat 81. Statens Byggeforskningsinstitut, Danmark 1978.

Redovisar I_a -värden för olika ytterväggs-, fönster- och takkonstruktioner. Beräknade ΔL_A -värden för olika trafikbullerspektra, utgörande underlag för NKB:s förslag: $\Delta L_A = I_a - 4$.

13. Lindblad, Sven.
Vägtrafikbuller. Rekommandationer för mikrofonplacering vid mätning.
Naturvårdsverket. Rapport snv pm 1063.

I rapporten diskuteras och redovisas inverkan av interferenser vid olika mätförhållanden.

Krav på mätförhållanden, avstånd till reflekterande yta etc anges för fyra fall:

- I -0 dB-mätning (typ frifält)
- II +3 dB-mätning (mätning framför fasad)
- III +6 dB-mätning (mätning dikt fasad)
- IV + diff-mätning - kalibrerad differens

14. Ljunggren, Sten.
Fönsters isolering mot trafikbuller (jmf rapport H-3065-A).
BFR Rapport R46:1973.

I rapporten behandlas särskilt:
Reduktionstal i fält resp. lab. samt samband
reduktionstal - skillnad i ljudtrycksnivå ute -
inne.

Denna nivåskillnad anges som:

$$L_S - L_M \approx R + 10 \log \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{A_M}{S} \right) - 6 \text{ dB}$$

med undantag för mycket sneda infall och eventuellt de lägsta frekvensbanden.

Slutligen behandlas reflektionsmönstret vid en fasad samt föreslås ett isoleringsindex mot samhällsbuller I_{CN} (community noise).

15. Mattiasson Kjell, Magnusson Staffan.
Ytterväggars och fönsters ljudisolering mot trafikbuller, speciellt reduktionstalets beroende av ljudets infallsvinkel.
Examensarbete i byggnadsakustik, 1973.

Rapporten beskriver allmänt trafikbuller och ljudisoleringsegenskaper hos framför allt fönster. Av särskilt intresse är de mätningar av ljudisolering vid olika infallsvinklar som redovisas för några fönster samt för tre olika lätta fasadväggar, bl.a. sandwich med cellplast i kärnan.

Dessa mätningar har i vissa fall utförts med

sändaren (högtalaren) såväl i ljuddött rum som utomhus. De förra mätningarna har genomgående givit högre värden särskilt i området 200-500 Hz (2-5 dB högre R_m -värde).

16. Nordlund , Lars.

Ljudisolering hos fasadkonstruktioner i befintlig bebyggelse.

BFR Rapport R2:1977.

Bestämning av rummets korrektionsterm (rumsabsorption) m.h.a. standardljudkälla (PN-brus via högtalare) och roterande mikrofon har studerats med positivt resultat. Medelavvikelserna i uppmätt absorptionsmängd var mindre än vad som redovisats för standardljudkälla av fläkttyp eller skottmetoden.

Mätning av reduktionstal i fält på 20-talet ytterväggskonstruktioner inkluderande fönster redovisas.

ΔL_A varierande från 23-33 dB(A).

Vid lägre isoleringsvärden (kring 25 dB(A)) konstaterades ingen skillnad mellan trä- och stenfasad.

17. Quirt, J.D.

Insulating buildings from aircraft noise.

JASA vol. 63 (3) Mars 1978.

Fältmätningar av ljudisolering hos fasad har utförts på ett provhus. Elva olika fönsterkonstruktioner har provats och även ytterväggarna har ändrats. Av intresse är bl.a. jämförelsen med fältmätta AIF-värden och lab.mätta STC-värden (sound transmission class enl. ASTM) för fasaden. AIF-STC under en överflygning varierade från +5 till -3 vid överflygning med DC9-30 och från 0 till -6 vid överflygning med Jetstar.

Acoustic Insulating factor har tidigare behandlats av Donato se ref. 3.

18. Rindel, J.J.
Bygningers lydisolation överför ekstern stöy.
Danmarks tekn. höjskole, publ. nr 12, 1980.

Rapporten beskriver väl olika parametrars inverkan vid beräkning av inomhusnivån. Vid flertalet fönsterkonstruktioner innebär variationer av infallsvinkeln en påverkan av dB(A)-värdet med mindre än +1 dB varför någon korrektion ej behöver göras. Däremot lämnas korrektioner för olika bullerspektra. En förenklad modell för beräkning av fasadisolering resp. inomhusnivån redovisas i detalj. Andra liknande beräkningsmetoder redovisas i en sammanställning.

19. Sterner, Bo och Svensson, Jörgen.
Barkåkra, Ängelholm. Flygbuller.
Rapporterna M-30-A, B och C från Ingemansson
Akustik, 1973, 1976.

Mätningar av buller och vibrationer i bostadshus vid överflygningar. Förslag till bullerdämpande åtgärder. Ingår som underlag till ref. nr 6.

20. Thomasson Sven-Ingvar
Inverkan av reflexion från ändlig fasad.
Rapport TVBA-3002, Lund 1979.

Behandlar den frekvensberoende inverkan av reflexer från baffel vid mätning dikt denna och på "stort" avstånd från denna. Beräknade värden redovisas för ändlig och oändlig baffel, samt mätta värden på ändlig baffel.

21. Wahlström, Sten, Åberg, Sven.
Byggnaders ljudisolering mot flygbuller.
C582 Slutrapport, avd. byggnadsakustik, KTH (1970).

Redovisning av 5 mätningar m.a.p. D_{10} , $D_{0,5}$,
(ΔL_A)₁₀ med flygbuller som ljudkälla. Uppmätta
(ΔL_A)₁₀: 21-31,5 dB(A). I samtliga fall ingår
fönster som transmissionsväg. De högre värdena
uppmättes i samband med fasadbeklädnad av
tegel.

L_S , ljudtrycksnivån utomhus utgjordes av den
högsta nivån som uppmättes 1,2 m över mark och
i möjligaste mån utan reflexer från byggnader.

L_M , inomhusnivån, utgjordes av den högsta nivån
som uppmättes i närheten av rummets mitt, 1,2 m
över golv.

22. Walker, C.
New techniques for sound insulation against
external noise.
Applied Acoustics, 8, 1975.

Inverkan av åtgärder i tak har studerats
tillsammans med förbättring av fönster.
Fältmätningar med flygbuller som ljudkälla.
Utomhusmikrofon placerad 2 m framför fasad.

23. Bilaga till ISO/TC 43/SC2 WG5N, nr 77/28.
Ett 20-tal ljudisoleringsmätningar (lab.) på
lätta tak- och väggkonstruktioner samt några
fönster.

24. ISO 140, part V.
Field measurements of airborne sound insulation
of facade elements and facade.

Standard för fältmätning av fasadisolering med
trafikbuller och med högtalare som ljudkälla.
Reduktionstalet för trafikbuller erhålles
enligt

$$R_{tr} = L_{eq,1} - L_{eq,2} + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB}$$

där L_{eq} är
ekvivalenta ljudnivån 2 m framför testobjektet.

25. VDI 2719.
Schalldämmung von Fenstern, 1973.

I riktlinjen beskrivs kortfattat ljudisolering
hos fönster samt bestämning av erforderlig
dämpning för olika trafikbullersituationer.
Även anvisningar betr. ventilation. För
beräkning av erforderlig ljudisolering hos
fönster uttryckt som R_w (jmf I_a) anges

$$R_{w,erf} = L_{Aa} - L_{Ai} + 10 \log S/A + 5$$

Gäller enbart fönstret och ett allmänt
trafikbullerspektrum.

IAS-80 ÅBO FINLAND

LANDVETTER FLYGPLATS - ÅTGÄRDER MOT BULLERSTÖRNINGAR

Sven-Olof Benjegård
Ingemansson Akustik, Göteborg
Sverige

INTRODUKTION

Landvetter flygplats ligger i Härryda kommun, 20 km öster om Göteborg och 35 km från Borås. Flygplatsen, som är belägen på en platå som medger helt hinderfria navigeringsförhållanden, har en rullbana om 3.300 m längd och teknisk utrustning av högsta klass. Den totala anläggningskostnaden är 630 milj. kronor. Utrymme har reserverats för ytterligare en parallell bana. Kapacitetsmässigt torde denna inte erfordras på åtskilliga år. Flygplatsen har nu varit i bruk sedan oktober 1977.

PLANFRÅGOR

För att reglera markanvändningen och bebyggelsefrågorna inom och i anslutning till flygplatsen, har Härryda kommun dels upprättat förslag till stadsplan för själva flygplatsområdet 1500 ha, dels förslag till generalplan för bullerzoner och reservområden för buller motsvarande mer än en tredjedel av kommunens yta. Såväl stadsplan som generalplan är nu fastställda - den senare i april 1980. Generalplanens områdesindelning för olika bebyggelsereglerande bestämmelser bygger därvid på de teoretiskt beräknade bullerzonerna för 1985 års flygtrafik på två banor.

KONCESSIONSBEHANDLING - KONTROLLFRÅGOR

Luftfartsverket har redan år 1972 ingett ansökan till koncessionsnämnden för miljöskydd med anhållan om tillstånd enligt miljöskyddslagen att driva Landvetter flygplats. Efter ett omfattande utredningsarbete med remissbehandling, där bl.a. flygvägarna ägnats stor uppmärksamhet från regionens kommuner, har koncessionsnämnden i november 1976 meddelat tillstånd till verksamheten. Beslutet innehåller beträffande bullerstörningar en prövotid av minst 3 år från det flygplatsen togs i drift, under vilken Luftfartsverket skall undersöka och klarlägga vilka bullerstörningar och olägenheter härav som verksamheten medför. För genomförande av Luftfartsverkets kontrollprogram och för att följa verksamheten i övrigt, har ett samarbetsorgan bildats med representanter från bl.a. Luftfartsverket, berörda länsstyrelser och göteborgsregionens kommuner. En särskild "bullerombudsman" har stationerats på flygplatsen med uppgift att dels stå allmänheten till tjänst med upplysningar, dels göra erforderliga sammanställningar av flygverksamheten för samarbetsorganets behov. Under tiden sedan flygplatsen togs i bruk har Luftfartsverket låtit utföra mätningar enligt ett uppgjort program. Någon sammanställning av mätvärdena har dock ej ännu gjorts och någon jämförelse med beräknad bullerimmission har därför ej kunnat göras.

LANDVETTER FLYGPLATS - ÅTGÄRDER MOT BULLERSTÖRNINGAR

FASTIGHETSINLÖSEN OCH ERSÄTTNINGAR

Fastighetsinlösen och ersättning för immissionsskada på grund av buller regleras i första hand genom Miljöskyddslagen (ML).

För att på ett så smidigt sätt som möjligt kunna svara upp mot åtagande att ekonomiskt svara för den fastighetsinlösen eller ersättning, som på grund av buller från flygplatsen kan bli nödvändig, har AB Göteborg-Landvetter Flygplats gått ut till berörda fastighetsägare med information om erbjudande och riktlinjer för behandling av inlösen- och ersättningsfrågor genom frivilliga överenskommelser.

Inom den s.k. inre bullerzonen (men utanför själva flygplatsområdet) enligt generalplanens redovisning har bolaget på begäran av fastighetsägare genom frivilliga överenskommelser löst in ett 50-tal bostadshus, varav 20 helårsbostäder.

Många av dem som bor i bullerzon för Landvetter flygplats anser sig ha fått en försämrad boendemiljö genom flygtrafiken, men är därför inte beredda att flytta från trakten. För att tillgodose möjligheterna att förbättra inommiljön genom bullerdämpande åtgärder på bostadshusen, har utarbetats ett handlingsprogram som tilldragit sig stort intresse.

Här skall närmare redovisas de väsentligaste punkterna i detta program.

Erbjudandet om ersättning vänder sig till fastighetsägare inom bullerkurva 65 dB(A) FBN (1 bana, 1985 års trafik). Inom denna zon finns ca 150 bostadsfastigheter. Frivilliga uppgörelser träffas inom denna zon utan bevisning av bullerskada.

Som villkor för frivillig uppgörelse om ersättning kräver bolaget dels att bullerdämpande åtgärder utföres på fastighetens bostadshus, dels att fastighetsägaren tecknar avtal, som bl.a. ger Luftfartsverket servitutsrätt att bedriva flygverksamhet utan att fastighetsägaren i fråga kan ställa krav på ytterligare ersättning såvida inte ändrade förutsättningar ger anledning härtill.

För att underlätta fastighetsägarens bedömning vilka bullerdämpande åtgärder som i första hand skulle ge effekt just på hans hus, ställer bolaget och byggnadsnämnden byggnadstekniker och akustiker till förfogande för rådgivning. Därefter bestämmer fastighetsägaren omfattningen av de åtgärder som skall göras och ansöker om byggnadslov.

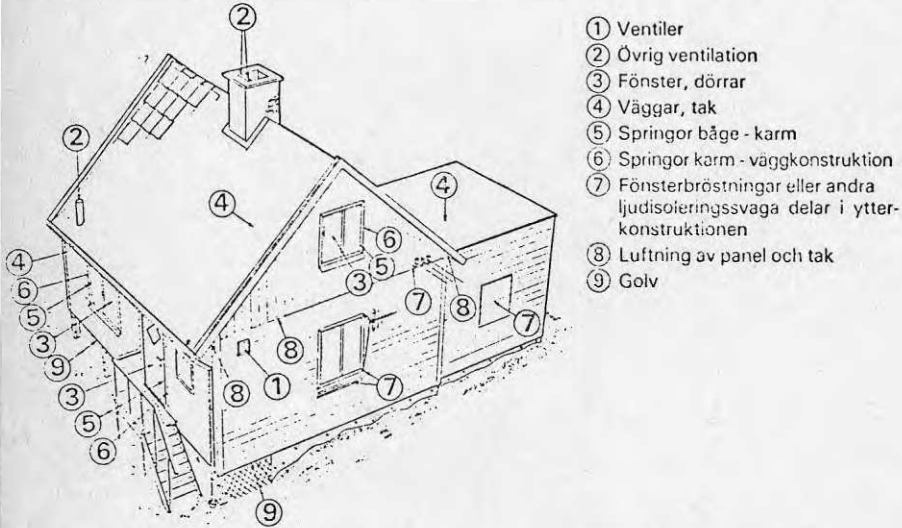
Samtidigt eller före byggnadslovsprövningen ansöker fastighetsägaren om ersättning hos bolaget. Ersättningskravet provas emot det föreslagna åtgärdsprogrammet och fastighetens marknadsvärde. Bolaget lämnar besked huruvida ersättning kan utgå, beloppets storlek och övriga villkor. I vissa fall finns även möjlighet att komplettera med energisparlån eller bidrag.

De första servitutsavtalen angående frivillig ersättning har nu slutförts. Därmed har alla formella förutsättningar uppfyllts för att kunna arbeta vidare enligt angivna riktlinjer i syfte att varaktigt förbättra den inre boendemiljön för fastighetsägare i inre bullerzonen kring Landvetter flygplats.

LANDVETTER FLYGPLATS - ÅTGÄRDER MOT BULLERSTÖRNINGAR

UTARBETANDE AV FÖRSLAG TILL BULLERREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Sedan fastighetsägaren anmält att han önskar ersättning för bullerdämpande åtgärder, görs en besiktning av fastigheten. Vid denna besiktning erhålls upplysningar om husets konstruktion och ljudisoleringsvaga delar, figur 1.



- ① Ventilator
- ② Övrig ventilation
- ③ Fönster, dörrar
- ④ Väggar, tak
- ⑤ Springor båge - karm
- ⑥ Springor karm - väggkonstruktion
- ⑦ Fönsterbröstningar eller andra ljudisoleringsvaga delar i ytterkonstruktionen
- ⑧ Luftning av panel och tak
- ⑨ Golv

Figur 1. Vanliga ljudinsläpp i byggnaden utöver stomkonstruktionen.

I vissa fall saknas tillräcklig information om väggkonstruktionen eller är konstruktionen av så ovanlig typ att ljudisoleringsmätning är nödvändig för att få underlag att välja rätt tilläggsisolering. Mätningar utförs också för att dokumentera vilka effekter de ljudisolerande åtgärderna har haft.

Flygplatsbolagets ersättning för åtgärderna sätts i relation till fastighetens marknadsvärde. En övre gräns om 25% av marknadsvärdet har hitintills tillämpats. Detta innebär i många fall att det förslag till åtgärder som ges till viss del måste finansieras av fastighetsägaren om avsedd effekt skall nås.

Hitintills har ett 60-tal hus besiktigats och förslag getts på åtgärder. Eftersom byggnaderna representerar byggår från mitten av 1700-talet till 1970-talet är i första hand stomkonstruktionerna mycket varierande.

Exempel på ytterväggskonstruktioner är (alternativt):

- 5"-6" timmerväggar
- 2"-3" plankväggar
- Regelväggar med mineralullsfyllning eller annat isolermaterial
- Stolpväggar med sågspånsfyllning

Vanliga ytterväggsbeklädnader är (alternativt):

- 1" stående träpanel

LANDVETTER FLYGPLATS - ÅTGÄRDER MOT BULLERSTÖRNINGAR

3/4" fjällpanel
Rappning på matta eller träullsplatta

Invändig beklädnad utgörs normalt av (alternativt):

Spånskiva, hård board
Panel
Rappning
Tjock papp (i gamla timmerhus).

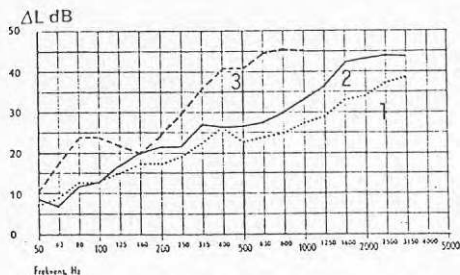
Utöver dessa konstruktioner förekommer sandwichelement av varierande typ.

Ambitionsnivån beträffande åtgärdernas omfattning har i viss mån styrts av ramen för den ekonomiska ersättningen.

I första hand har målet varit att ordna med en förbättrad ljudisolering till sovutrymmena, Sådana delåtgärder har varit möjliga vid enfamiljs tvåvåningshus eller större enplanshus. I flertalet fall nås inte full effekt förrän alla ljudisoleringssvaga delar åtgärdats.

BESKRIVNING AV NÅGRA OBJEKT OCH UPPNÅDDA RESULTAT

I en bildserie redovisas några av de objekt som besiktigats och på vilka föreslagna åtgärder utförts eller kommer att utföras.



- 1 Ej åtgärdad sal
- 2 Fönster utbytta och fasader tilläggsisolerade
- 3 2 + tilläggsisolerat tak

Figur 2. Mätresultat från Härryda skola.

Förutom en delvis uppföljning av åtgärderna med mätningar noteras även de boendes mening om åtgärdernas betydelse. Hitintills har enbart positiva kommentarer erhållits, som

- nu vaknar jag inte längre om nätterna
- jag trodde aldrig att det kunde bli så tyst
- nu kan jag obehindrat prata i telefon och lyssna på TV
- etc

Delresultat från uppföljningen av åtgärdernas betydelse kommer att redovisas tillsammans med övriga resultat i ett BFR-projekt - Tilläggsisolering av tak och ytterväggar mot flyg- och trafikbuller.

I BFR projektet studerar vi ett provhus i flygplatsens närhet hur olika tilläggskonstruktioner på tak och väggar påverkar ljudisoleringen. Som ljudkälla används flygbuller, tågbuller, trafikbuller och brus.

RÅD OCH ANVISNINGAR AVSEENDE GENOMFÖRANDE
AV LJUDISOLERANDE ÅTGÄRDER. MATERIALVAL -
UTFÖRANDE.

Inom den samrådsgrupp, som behandlar ärende beträffande tilläggsisolering mot buller av fastigheter inom bullerzon kring Landvetter flygplats, har vi funnit det lämpligt att komplettera de protokoll som delges fastighetsägarna med en fylligare PM. PM:en utgör allmänna råd beträffande ljudisolering men ger också bakgrunden till varför tilläggsisoleringen bör utformas på visst sätt.

Vissa åtgärder som föreslås har inte enbart akustiska skäl utan vi försöker där så är möjligt att välja en lösning som även ger en förbättrad värmeisolering.

Om fastighetsägaren eller de hantverkare som anlitas för arbetena, av något skäl önskar välja annan lösning än vad som föreslås i protokoll, måste den vara likvärdig med eller bättre, sett från ljudisoleringssynpunkt, än den i protokollet föreslagna. Kontakta någon i samrådsgruppen för att få besked om den alternativa lösningen kan godkännas.

Samrådsgruppen består av följande personer:

1. Kjell-Ola Andersson, Härryda kommun tel. 031/881200
2. Sven-Olof Benjegård, Ingemansson Akustik 031/810960
3. Bengt Bång, Härryda kommun 031/881200
4. Christer Ferm, Härryda kommun 031/881200
5. Lennart Gustafson, Göteborgs Förorter 031/810260
6. Östen Strandberg, Göteborgs Förorter 031/810260

<u>Innehållsförteckning</u>	<u>Sid.</u>
Fönster	1
Byte till öppningsbara fönster	1
Byte till icke öppningsbara fönster	2
Justering av befintliga fönster	2
Ytterdörrar	3
Tätning	3
Tilläggsisolering av ytterväggar	6
Utvändig tilläggsisolering	8
Invändig tilläggsisolering	10
Igensättning av håltagningar	12
Tilläggsisolering av tak	12
Utvändig tilläggsisolering	13
Invändig tilläggsisolering	13
Ventilation	15
Broschyranvisningar	18

FÖNSTERByte till öppningsbara luckor

Normalt föreslås Emmaboda ljudruta - trippel alternativt Modulfönster 4-12-4-70-6 eller likvärdiga. (Understrukna siffror anger glas-tjocklek och övriga siffervärden glasavstånd).

Ljudruta

Ljudruta - trippel är en sammansatt konstruktion avsedd för en fönsterbåge, och det finns alltså endast två sidor att putsa.

Modulfönster är en tvåbågskonstruktion med mycket god tätning karm-båge. Flera tillverkare saluför fönster med ljudruta.

Utformning av karm, båge och tätningar kan dock innebära en viss spridning i ljudisolering. En konstruktions ljudisolering kan anges med ett entalsvärde I_a -värdet.

 I_a -värde

Se till att Du får ett fönster där tillverkaren/leverantören redovisar ljudisoleringens I_a -värde för hela konstruktionen inkl. båge och karm. För en konstruktion med ljudruta bör gälla I_a större än 38 dB. Båda dessa fönster har värmeisoleringsvärden som uppfyller dagens krav, (d v s k mindre än $2,0 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

"Vanligt" treglasfönster

OBS att vanligt treglasfönster ger god värmeisolering men sämre ljudisolering än ljudruta trippel.

Tätning karmväggkonstruktion

Vid montering av fönstren tillses att god tätning erhålles mellan karm och väggkonstruktion. Täta (dreva) hårt med mineralull. Utvädring av eventuell kondens i väggen måste möjliggöras. Använd därför inte fogmassa för utvändigt tätning trä mot trä.

Byte till icke
öppningsbara
fönster

Som fasta fönster föreslås normalt ljudruta trippel med eller utan båge. Genom att bättre press av fönstret mot karmen kan ordnas erhålles då en bättre tätning.

Om utrymme finns kan även skilda glaskonstruktioner utnyttjas, med stort glasavstånd mellan två av rutorna. Glasavstånd upp till 10 cm ger en förhöjd ljudisoleringseffekt. För isolering därutöver måste man ordna så att ljudöverföringen via karmen reduceras.

Glasval enligt "Modulfönster" ovan är bra. En ytterligare förbättring erhålles om absorbent placeras runt om karmen mellan de glas med stort glasavstånd. T.ex mineralull med ytskikt av stapelfiber eller tätperforerad plåt.

Justering av
befintliga
fönster

Tvåglasfönster med stort glasavstånd (typ innanfönster, vanligt i äldre byggnader), kan ge relativt god ljudisolering om bågarna justeras och tätningslister monteras. Dessutom erfordras stängningsbeslag som får bågen att pressas mot tätningslisten. Se avsnitt "Tätning" sid 3.

Tvåglas-kopplade fönster har normalt låg ljudisolering. En viss förbättring erhålles genom montage av tätningslister.

Pivåfönster av äldre typ ger trots stort glasavstånd låg ljudisolering. Detta beror till stor del på att de är svåra att täta kring gångjärnen.

Tvåglas isolerglasfönster, s.k termoruta ger dålig ljudisolering mot buller, med frekvensinnehåll som flyg och trafikbuller, även om de är vältätade.

YTTERDÖRRAR

Tätningar dörr-
blad-karm

Entréer via hall ger normalt möjlighet till ljudsluss som ger god dämpning av utifrån kommande buller. Om endast en enkeldörr kan användas bör den vara tung, helst dubbelfalsad och med en tätningslist i varje fals. Se till att dörrlåsen blir så justerad att dörren spänner mot tätningslisterna.

Tätning karm -
ytterväggskon-
struktion

Vad gäller tätning karm - yttervägg, se ovan sid. 1 under "Fönster".

TÄTNING

Ingen eller dålig tätning av springor, t.ex fönsterkarm - ytterväggskonstruktion eller båge-karm, kan kraftigt nedsätta en i övrigt god isolering.

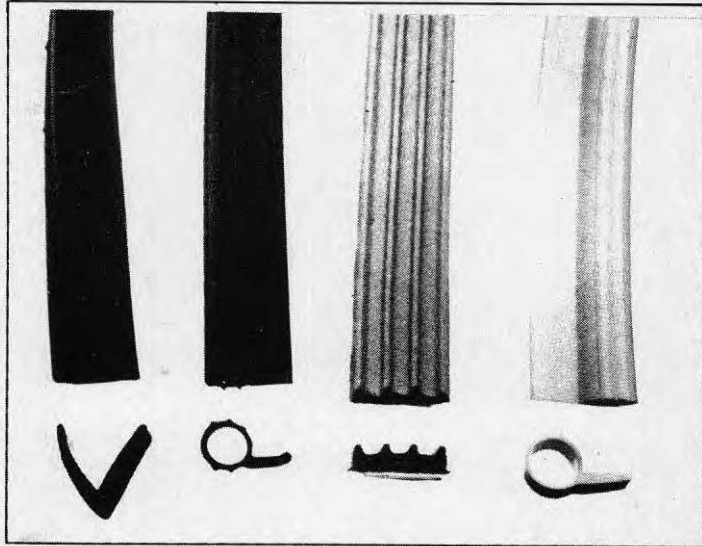
Under avsnittet "FÖNSTER" redovisas hur tätning vägg-karm bör ske.

I en figurserie visas här hur tätning av fönster bör ske (vid insättning av nya fönster skall fönstren vara tätade vid leverans).

Problem med kondens mellan glasen kan ibland fås i ett fönster som man tätat även mellan bågarna. Luftning av utrymmet mellan glasen kan ske genom att göra 5 st cm-långa släpp i tätningslistan mellan bågarna. Släppen görs både i fönstrens över- och underkant.

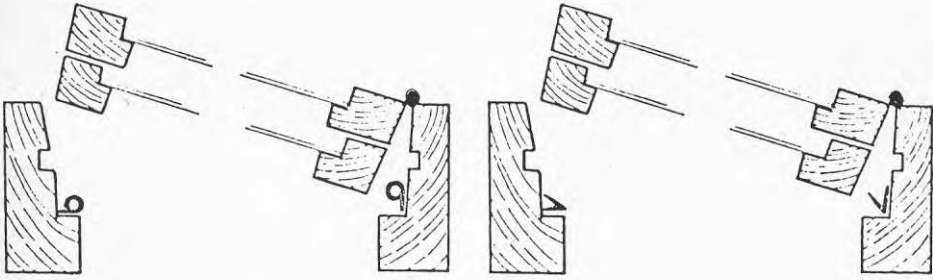
Tättningslister av varierande typ och kvalitet finns. Slanggummilist av kvalitet EPDM rekommenderas.

I konsumentverkets Råd & Rön nr 7, 1979, sid 4-9, redovisas testresultatet av 29 olika tätningsslister. Nedanstående figurer hämtade ur Råd & Rön visar dels några olika listtyper och dels hur listerna monteras beroende på listtyp och fönstertyp.



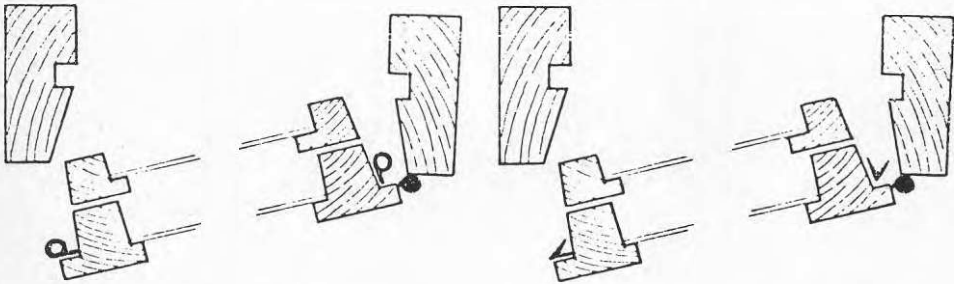
EPDM-lister är mångsidigt användbara, finns i olika dimensioner, tätar bra och håller länge. Till vänster den så kallade V-listen som häftas fast liksom slanglisten (två från vänster), medan den räfflade listan (trea från vänster) är självhäftande. Silikonlisten (längst till höger) har de bästa egenskaperna. Lång livslängd och stort arbetsområde. Tyvärr är silikonlister tre gånger så dyra som EPDM-lister och dessutom säljs de ofta inte till vanliga konsumenter.

- Tätningsslister finns att köpa i väl sorterade varuhus, i järnhandeln, på stormarknader och i byggvaruhus.



Utåtgående fönster med O-list

Utåtgående fönster med V-list



Inåtgående fönster med O-list

Inåtgående fönster med V-list

Vid tätning av utåtgående fönster monteras listen i fönsterkarmen. Vid inåtgående fönster däremot ska listen monteras på fönsterbågen. Teckningarna visar hur slang- och V-lister ska monteras för att ge bästa tätning.

TILLÄGGSISOLE-
RING AV YTER-
VÄGGAR

Principer

- För att en väggkonstruktion skall ge god ljudisolering tillämpas i första hand endera av följande två principer:
1. Tung enkelvägg, t.ex halvstens tegel + mineralullsisolering + innerskikt av gips eller träfiber.
 2. Dubbelvägg, (regelsystem) med stort avstånd mellan två ytskikt. Mineralull mellan ytskikten. Om skilda regelsystem för de två ytskikten kan ordnas förbättras isoleringen genom att reglarna då överför mindre ljud.

Ex. på konstruktion:

Regeldjup 150 mm (100+50)

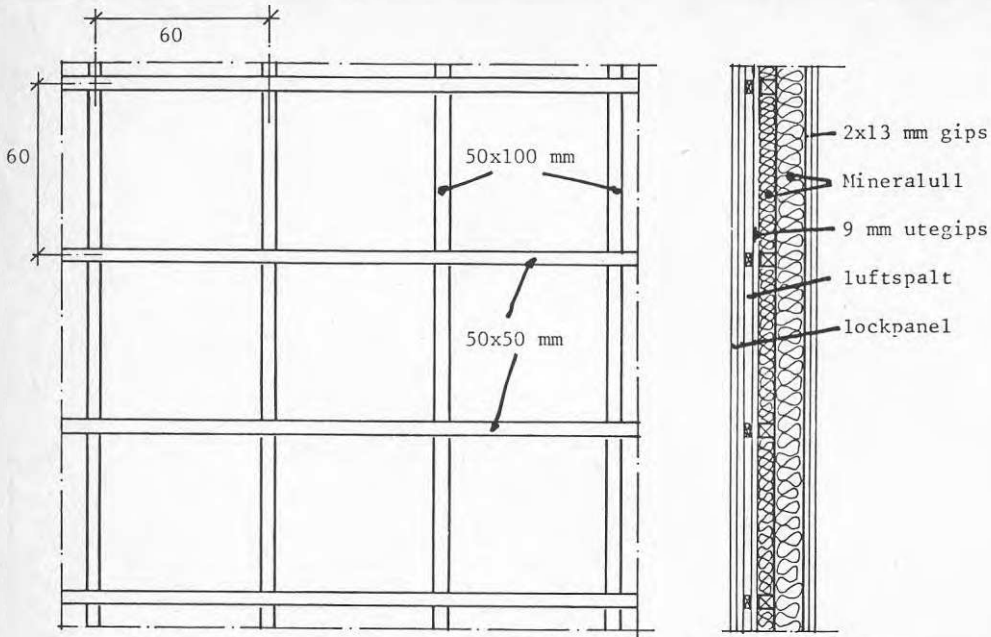
Ytterbeklädnad: 9 mm utegips + stående 1" träpanel

Innerbeklädnad: 2x13 mm gips

Om andra ytskikt används bör de ha en vikt motsvarande ovanstående eller tyngre.

Mineralull, 100+50 mm, mellan ytter- och innerbeklädnad.

Se fig nästa sida.



Vid val av tilläggsisolering är målet att ytterväggen bör ha 10-15 dB bättre ljudisolering än fönstret för att man skall kunna bortse från den ljudgenomgång som sker genom väggen. Med de fönstertyper som föreslås (ljudruta trippel eller Modul-fönster) bör isoleringen hos ytterväggskonstruktionen vara bättre än $I_a = 50-55$ dB(A).

Beroende på utgångsläge för den stomkonstruktion + ytskikt som gäller för aktuell byggnad föreslås olika åtgärder. Hänsyn tas också till värmeisoleringen så att en förbättrad värmeisolering erhålles.

Nedan kommenteras motiv för i protokoll föreslagna utföranden.

Utvändig tilläggs-
isolering

Befintlig väggkonstruktion: Timmer eller plank.

Rivning av ytskikt

Det gamla ytskiktet ger endast marginell nytta ur ljudisoleringssynpunkt. Ytskikt som eternit, fjällpanel, "locken" i träpanel etc rivs.

Val av regler
och princip för
regelval

Eftersom det ej är möjligt att på ett praktiskt sätt ordna ett regelsystem som ej är förbundet med befintlig vägg monteras reglarna så att man endast får punktvis överföring av ljud mellan ytterbeklädnad och befintlig konstruktion. Detta kan ske genom att regler monteras vinkelrätt mot varandra. Vanligen väljs 50x50mm regler.

Man kan också erhålla punktvis ljudöverföring genom att spika distanser mellan befintligt och nytt regelverk.

Även regelavståndet påverkar ljudöverföringen och den tilläggsisolering som påbyggnaden ger. Om ej annat anges bör ett regelavstånd om ca 60 cm mellan reglarna tillämpas.

Val av isoler-
material

Mellan reglarna fylls med två lager mineralull, förskjutna i förhållande till varandra så att inga genomgående skarvar erhålles. Mineralullskvalitet av typ Rockwool 1331, Gullfiber 3024 eller likvärdig bör väljas. Ersätt ej mineralullen med cellplast eller annat liknande material som kan försämra ljudisoleringen.

OBS. Man bör se till att den ökade vägg-tjockleken ej kommer i konflikt med befintliga takutsprång.

Val av vindskiva För att ge ökad tyngd i det yttre ytskiktet används 9 mm utegips som vindskiva. Luftspalt mellan gips och ytskikt är lämplig.

Val av ytter- 1" "lockad träpanel" är tillfyllest. Om beklädnad lättare ytskikt såsom aluminiumplåt avses användas måste totala ytterkonstruktionen ökas genom att t.ex använda 2x9 mm utegips som vindskydd.

Befintlig väggkonstruktion: Regel- eller stolpverk.

Allmänt De flesta regel- eller stolpkonstruktioner i äldre hus har en regel- (stolp)-tjocklek av 4" och yttre ytskikt av lockpanel i trä alt. liggande panel. Invändigt ytskikt utgörs av 1" bräder alt. spånskiva alt. råspont+ Tretex. Isolerematerial saknas eller utgörs av sågspån alt. mineralull. Vid sågspånsfyllning har denna ofta sjunkit samman och isoleringsmaterial saknas därför ofta under horisontella regler.

För att höja ljudisoleringen fordras:

1. Ökad vägg-tjocklek (ökat avstånd mellan ytskikten)
2. Ökning av vikten i ytskikten
3. Komplettering av isolering (ur såväl värme som ljudsynpunkt)

Rivning av ytskikt Normalt ger treskiktskonstruktionen sämre ljudisolering än tvåskiktskonstruktion av samma tjocklek. I normalfallet skall därför utvändigt klädsel rivas. Är detta betydligt tyngre än invändigt ytskikt, kan det dock sitta kvar. Vilket alternativ som bör väljas framgår av protokoll.

Val av regler och princip för regelmontering

Se sid 8 i dessa anvisningar.

Val av isoler-material

Se sid 8 i dessa anvisningar.

Val av vindskiva

Se sid 9 i dessa anvisningar.

Val av ytterbeklädning

Se sid 9 i dessa anvisningar.

Invändig tilläggsisolering

Från såväl värme- som ljudisoleringspunkt är invändig tilläggsisolering sämre än utvändigt.

Från ljudisoleringspunkt har den invändiga tilläggsisoleringen dock den fördelen att man kan tilläggsisolera vissa rum utan att behöva förbättra hela ytterväggskonstruktionen.

Kontrollera befintliga diffspärrar och kontakta fackman för råd om erforderliga åtgärder.

Befintlig väggkonstruktion: Timmer eller plank.

Val av regler och princip för regelmontering

Alt. 1: Träreglar. Dubbelt regelsystem. 2"x2" träreglar monteras vinkelrätt varandra mot befintlig konstruktion. Regelavstånd c/c 60 cm.

Alt. 2: Träreglar. Enkelt regelsystem. 2"x4" regler monteras fristående i förhållande till befintlig vägg.

Alt. 3: Träregel + isolerregel
2"+4" regler monteras mot befintlig vägg.
c/c 60 cm. Isolerregel spikas i träregel-
verket. Isolerregel är en plåtregel som p.g.a
sin "mjukhet" minskar ljudöverföringen mellan
ytskikten.

Val av isoler-
material

Se sid 8 i dessa anvisningar.

Val av ytskikt

2x13 mm gips spikas eller skruvas mot trä-
reglar eller isolerreglar.

Befintlig väggkonstruktion: Regel- eller
stolpverk:

Allmänt

Allmänt se sid 9.

Allmänt se sid 9.

Rivning av yt-
skikt

Är utvändigt ytskikt lätt jämfört med inre
ytskikt eller otätt, t.ex fjällpanel
med springor i sponten, kan invändigt
ytskikt sitta kvar. Vid tung och tät ytter-
ytskikt konstruktion rivs innerskiktet.

Val av regler
och regelmon-
tering

Se sid 10 och 11 i dessa anvisningar.

Val av isoler-
material

Se sid 8 i dessa anvisningar.

Val av ytskikt

Se sid 11 i dessa anvisningar.

IGENSÄTTNING AV
HÅLTAGNINGAR

I samband med fönsterbyte eller flyttning av fönster och/eller dörrar kan större eller mindre öppningar uppstå. Dessa måste igrnsättas med konstruktioner som har ljudisoleriing av ungefär samma standard som övrig väggkonstruktion. Enklast erhålles detta genom att göra en dubbelkonstruktion med "tung" ytskikt med mineralull emellan. Alternativt kan igrnsättningen ske med konstruktioner av samma typ som övrig väggkonstruktion.

Vid igrnsättning av mindre öppningar som väggventiler räcker det om ventilen proppas med mineralull och med normala ytskikt på båda sidor.

Hur ny ventilation kan ordnas framgår av avsnittet "Ventilation", sid 15.

TILLÄGGSISOLERING
AV TAK

Befintlig konstruktion: Inner- och yttertak-konstruktion gemensam.
--

Principiellt gäller samma förfaringssätt som vid tilläggsisolering av väggar. Målet är en tung enskiktskonstruktion eller dubbelkonstruktion med tunga ytskikt.

Det innebär att taktäckningsmaterial av tegel, eller betongpannor är att fördra framför lättare material.

Utvändig
tilläggsisolering

Om taktäckningsmaterialet är av lätt typ och befintliga takstolar är låga görs med fördel tilläggsisoleringen utvändigt. Befintligt yttertak rivs och takstolarna byggs på. Mellanrummet fylls med mineralull. Nytt yttertak i t.ex råspont läggs och pannor av tegel eller betong används som ytskikt. Om takets lutning är mindre än 14° måste ytskikt av underhållsfri papp först läggas. För vissa panntyper gäller detta krav även vid större taklutning. Tänk på luftning av takpanelen. Se sid. 14.

Invändig
tilläggsisolering

Av utrymmesskäl är det ofta svårt att göra en bra invändig tilläggsisolering. Om utrymme finns förfäres som vid invändig tilläggsisolering av väggar. Se sid. 10-12.

Vid begränsat utrymme tyngs innerskiktet upp med 2x13 mm gips direkt mot befintlig konstruktion.

Något bättre resultat kan nås om isolerreglar monteras mot befintlig konstruktion och i vilka gipsskivorna fästs (skruvas).

Befintlig takkonstruktion: Vindsbjälklag mellan boningsrum och yttertak.

Om yttertak och väggar är täta räcker det oftast att se till att isolermaterial finns på övre bjälklag. Från värmesynpunkt är det lämpligt att öka isolertjockleken upp till sammanlagt 25 cm.

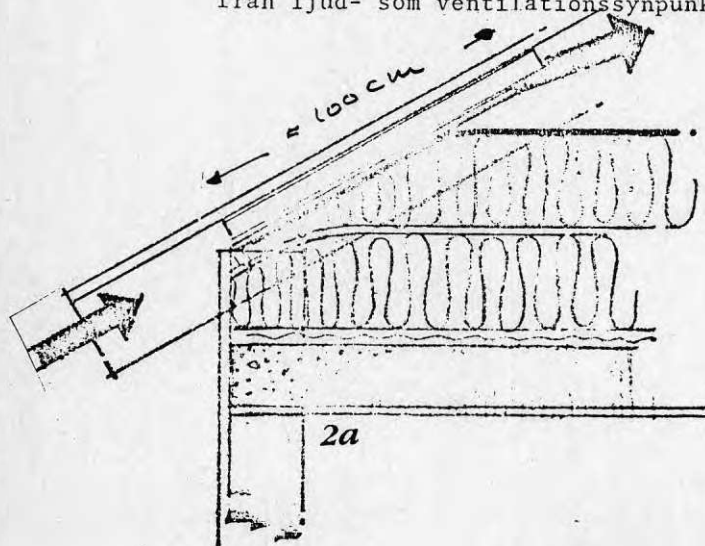
Av utrymmesskäl är det ofta svårt att få upp annat byggmaterial än mineralull till övre bjälklag. Om det är möjligt bör man se till att otäta gavelspetsar och yttertak tätas.

Glöm dock inte att yttertakspanelen måste luftas.

Den springa som därvid uppstår vid takfoten släpper igenom en hel del ljud.

En ljudfälla som dämpar ljudet kan ordnas på följande sätt

Fäst läkt på insidan av taket. Kapa sedan boardskivor av mineralull och gipsskivor i samma längd som avståndet mellan takbjälklarna och spika fast dem på läkten med gipsskivan längst ut från taket. Det är viktigt att boardskivorna sluter tätt mot ytterväggens överkant, så att inte vinden kan blåsa in i isoleringen. Vitsen är att vinden styrs längs takytan och förbi isoleringen. Det är ofta besvärligt att spika här, men det är viktigt att det blir rätt gjort såväl från ljud- som ventilationssynpunkt.



Golv på övre bjälklag av råspont eller spån-skiva är bra under förutsättning att isoleringsmaterial i erforderlig omfattning finns i bjälklaget.

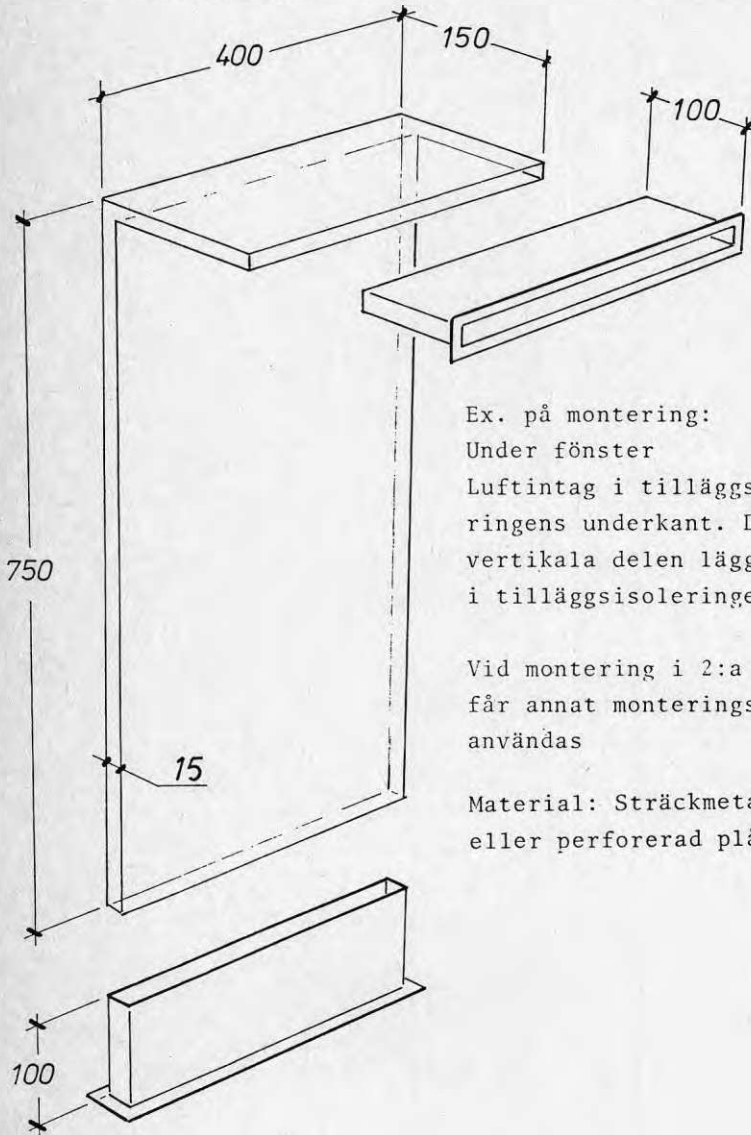
VENTILATION

Om befintlig ventilation sätts igen kan ventilationen behöva ordnas på annat sätt.

Alla ventilationsöppningar måste dock förses med ljuddämpande anordningar för att inte den totala ljudisoleringen skall försämrast. Ex. på hur ventilationen kan ordnas ges i figurerna sid 16 och 17.

Ventilationsdon

Montering i tilläggsisolering ger samtidigt
ljuddämpning.



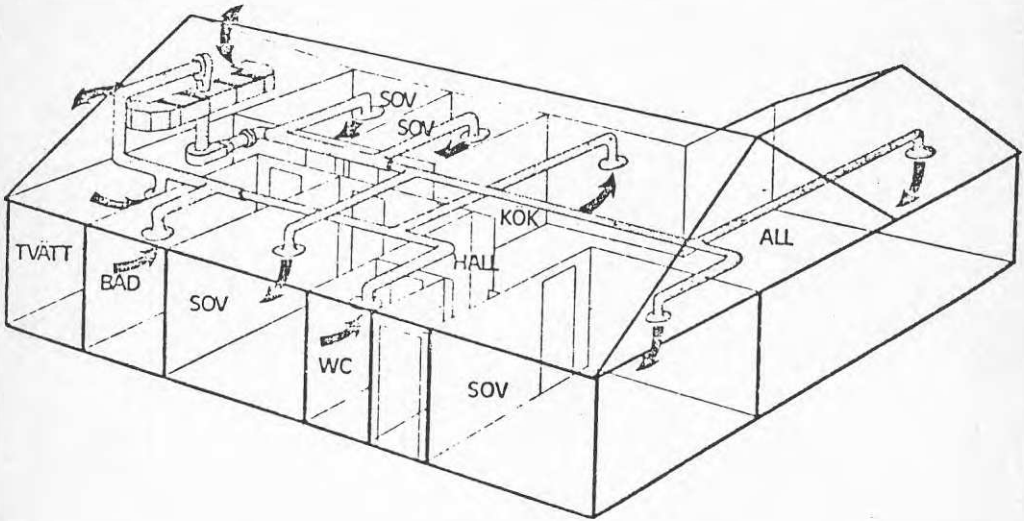
Ex. på montering:

Under fönster

Luftintag i tilläggsisole-
ringens underkant. Den
vertikala delen läggs mitt
i tilläggsisoleringen.

Vid montering i 2:a våning
får annat monteringsätt
användas

Material: Sträckmetall
eller perforerad plåt.



Ex. på mekaniskt ventilationsystem med värmeåtervinning.

Vid enbart mekaniskt utsug kan en betydligt enklare lösning användas.

I båda fallen gäller dock att ljudfällor bör monteras i systemet. Ljudfällorna dämpar dels fläktbullret och dels det flygbuller som går genom ventilationskanalerna.

Broschyranvisningar

I samband med att ljudisolerande åtgärder utförs kan det vara lönsamt att även se på energispareffekten. Energisparkommittén och Byggforskningsrådet har gett ut broschyrmaterial som ger nyttig information i detta avseende. Broschyrrerna behandlar tätning, ventilation, kondensproblem etc. Broschyrrerna kan fås på Kommunalkontoret.

- 1) Energisparguide för småhusägare
utgiven av Energisparkommittén våren 1979.
- 2) Energiråd 3. Instruktion för tätning av småhus.
- 3) Energiråd 4. Instruktion för tilläggsisolering.

2) och 3) är utgivna av Byggforskningsrådet i samråd med Bostadsstyrelsen, Planverket, Kommunförbundet och Energisparkommittén.

I vissa fall skiljer sig principer för tilläggsisoleringens utförande beroende på om förbättrad värme- eller ljudisolering önskas. Om ljudisoleringsförbättringen är mest väsentlig bör (i den mån denna PM och råden ur energisparsynpunkt skiljer sig åt) PM:en jämte protokoll följas.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780156-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg.**

R18:1983

ISBN 91-540-3886-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700718

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

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

Cirkapris: 40 kr exkl moms