

SBUF projekt 11254
RAPPORT 0405. ISSN 1402-7410

Ljudisolering i bostadshus byggda 1880-2000. Praktiska erfarenheter och indata för beräkningar enligt SS-EN 12354

Christian Simmons

Fil: [sbuf11254_bi-fouv-rapport-0405_byggakustik_crs_v20040818.doc](#)

[Korrektur till rapportens "tillämpningsdel". Databasen ligger av praktiska skäl i en egen fil.]

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	4
Genomförande	5
Bakgrund och behov	5
Arbetsmetodik	6
SBUF styrgrupp	6
Arbetsupplägg	6
Expertmedverkan - datainsamling	6
Bearbetning av insamlade data	6
Jämförelse beräkningar – fältmätningar	7
Hur databasen är avsedd att användas	12
Arbetsgång och ansvarsfördelning vid ombyggnad	14
Hantera ljudfrågorna effektivt med hjälp av standarder	14
Beställaren / Byggherren	14
Projektören	15
Tillverkaren	16
Entreprenören	16
Kontrollanten	17
Byggakustik – krav och tillämpningar	19
Inledning	19
Allmänt om beräkningar enligt SS-EN 12354 och indata från databasen	19
Luftljudsisolering	21
Krav, termer och begrepp	21
Beräkning	21
Tillämpningar och erfarenheter	21
Stegljudsisolering	23
Krav, termer och begrepp	23
Beräkning (lätta och tunga bjälklag)	24
Tillämpning och erfarenheter	25
Installationsljud	25
Krav, termer och begrepp	25
Beräkning	26
Tillämpning	26
Trafikbuller inomhus	27
Krav, termer och begrepp	27
Beräkning	27
Tillämpning	27
Efterklangstid	28
Krav, termer och begrepp	28
Beräkning	28
Tillämpning	28
Inverkan på andra byggnadsfysikaliska egenskaper	29
Litteratur	36
Beskrivningar och indata för byggelement	38
Byggnadstyper och konstruktioner i "Så byggdes husen 1880-2000"	38
Byggnadsdelar – databas (och korta tips vid ombyggnad, markera riskkonstruktioner)	41

Förord

Kraven på ljudisolering i byggnader har skärpts i nyare utgåvor av Boverkets byggregler (BBR) samt i svensk standard för ljudklassning av utrymmen i bostäder [ref 1]. Enligt ljudklassningsstandarden bör man upprätta en byggakustisk dokumentation i tidigt skede av ett byggprojekt, där man redovisar principiella konstruktionslösningar som uppfyller ljudkraven. Ljudegenskaperna i byggnad kan därvid beräknas enligt svensk och europeisk standard [ref 2].

Nya byggprodukters ljudegenskaper provas som regel av tillverkarna eller försäljningsombuden. Från dessa produktuppgifter kan ljudisolering i byggnad beräknas. För äldre byggnader saknas som regel underlag för beräkning av de befintliga konstruktionernas ljudisolering samt inverkan av tilläggsisolering. Det var därför angeläget att ta fram ett sådant underlag för att möjliggöra beräkningar även i befintliga byggnader, exempelvis i samband med renoverings- och ombyggnadsprojekt. En sammanställning av äldre och erfarna byggnadsakustikers kunskaper har också efterfrågats, som i möjlig mån dokumenterar äldre byggnadskonstruktioners ljudegenskaper, till stöd för framtida ombyggnadsprojekt.

En erfarenhetssammanställning och en konstruktionsdatabas har tagits fram inom ett SBUF projekt och redovisas i denna rapport. Konstruktionerna finns också inlagda i en elektronisk databas som är anpassad till ett vanligt förekommande beräkningsprogram som används av akustiker och konstruktörer [ref 6]. Databasen kommer att underlätta arbetet med att beräkningsmässigt prova ut olika alternativa konstruktioner i äldre byggnader och att upprätta en byggakustisk dokumentation.

Detta arbete har genomförts med ekonomiskt och praktiskt stöd av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond SBUF, JM, NCC, Skanska, WSP Akustik och Sveriges Byggindustrier.

Följande erfarna akustiker har bidragit med data och praktiska konstruktionsråd under arbetet: Björn Ottosson (WSP Akustik Stockholm), Bert Andreasson (WSP Akustik Göteborg), Ralf Friberg (Akustikverkstan Skövde) och Sergius Blomquist (HSB Bostad Stockholm). Ingemar Samuelsson (SP Borås) och Henrik Carlsson (WSP Göteborg) har bidragit med synpunkter på hur ombyggnader kan granskas med avseende på bärighet och påverkan på innemiljön.

Arkitekt Maria Carlsson vid WSP Akustik har hjälpt till med att strukturera databasen, beräkna indata och rita översiktsbilder på konstruktionerna. Studerande Sofia Bednarek har hjälpt till med att skriva in data i databasen.

Författaren ber att få tacka alla medverkande parter för deras insatser.

Sammanfattning

??? -----skrivs när övriga delar är klara-----

Ett antal mätningar i bostadshus med tung stomme har jämförts med beräkningar enligt SS-EN 12354 (programvara BASTIAN v 2.1). Flertalet beräkningar ligger 1-2 dB på säkra sidan, dvs den uppmätta ljudisoleringen är normalt något bättre än den beräknade. I enstaka fall mäts dock upp emot 3 dB sämre luftljudsisolering än vad som beräknats. Stegljudsnivåerna ligger 1-3 dB på säkra sidan, dock med något enstaka "övertramp". En möjlig anledning till denna differens är att det kan förekomma luftläckage som inte inkluderas i beräkningarna och som främst märks i luftljudsisoleringen. Den marginal som har rekommenderats till användarna av beräkningsstandarden i ett antal år (3 dB) förefaller rimlig med hänsyn till jämförelserna nedan. Rekommendationen baseras bland annat på två tidigare jämförelser av beräkningar mot fältmätningar som redovisas sist i avsnittet. Om man tillåter en viss medelvärdesbildning mellan mätresultat tagna inom en och samma bostad (till exempel vertikalt och horisontellt) kan marginalen vid beräkningar sannolikt begränsas till 1 dB när det gäller tunga stommar och väl dokumenterade tilläggskonstruktioner (golvbeläggningar, regelväggar). Byggnader med lätta bjälklag samt bottenbjälklag med delning under lägenhetsskiljande vägg är avhängigt utförandet och mätdata sprider väsentligt. Vid beräkning kan man simulera olika grad av kraftöverföring mellan plattor som avses vara åtskilda, och därigenom visa med exempel hur väsentligt det är att få till en fullständig avskiljning. Det är vanligt att man låter kantbalkarna gå obrutna förbi lägenhetsskiljande vägg, eller att man har genomgående rörstammar och armering. I befintlig byggnad bör man mäta för att bestämma ljudisoleringen och ge underlag för simulering av olika åtgärder.

Databasen är anpassad för beräkningar av ljudisolering i byggnad enligt SS-EN 12354 delarna 1-3. Vid beräkning enligt dessa standarder korrigeras konstruktionernas ljudisolering för inverkan av flanktransmission och randförluster. **Det är därför helt nödvändigt att göra beräkningar enligt standarderna med de värden som anges, för att uppskatta vilken ljudisolering mellan två rum som kan förväntas. Om databasens värden används direkt utan korrigering (som fältvärden) får man missvisande resultat.**

Genomförande

Bakgrund och behov

Att förbättra ljudmiljön i det befintliga byggnadsbeståndet utgör en viktig del av arbetet med att skapa en god stadsmiljö och en hållbar stadsutveckling. Vid genomförandet av ROT-projekt spelar ljudfrågorna en central roll, till exempel vid ombyggnad i miljöer med höga trafikbullernivåer. ROT åtgärder blir snart högaktuella i miljonprogrammets bostadshus. I många städer drivs förtätningsprojekt, vilket till exempel innebär att vindsvåningar och lokaler byggs om till bostäder eller att befintliga hus byggs på med lätta konstruktioner. Rätt genomförda kan sådana projekt bidra till förnyelse av stadsmiljön med högkvalitativa bostäder.

Problem med ljudisolering i både nya och befintliga hus kan få betydande ekonomiska konsekvenser. Kunskapsnivån om ljud i byggnad inom byggbranschen behöver vidmakthållas och gärna höjas. Konstruktioner som visat sig vara ogynnsamma på 1960- och 70-talen föreslås återigen, till exempel tunna väggar i lättbetong som inte ansluts till bjälklagen på rätt sätt. Ljudmiljön i färdigställda ombyggnadsprojekt är alltför ofta sämre än den skulle behöva vara, vilket sänker värdet på fastigheterna och skapar vantrivsel för de boende. Ett vanligt exempel är att stegljudsdämpningen i lätta bjälklag blir undermålig, och att detta visar sig i (alltför) sent skede.

Tre frågor var nödvändiga att belysa i projektet:

- i äldre byggnader som skall renoveras har det saknats ett strukturerat underlag (en databas) för beräkning av befintliga konstruktioners ljudisolering samt inverkan av tilläggsisolering mot befintliga konstruktioner. Det finns visserligen en hel del fältmätningar gjorda, men de avser normalt endast sammansatta konstruktioners ljudisolering (inklusive flanktransmission) och är ofta otillräckligt dokumenterade för att kunna användas av andra projektörer.
- antalet aktiva och erfarna byggnadsakustiska experter håller på att minska snabbt på grund av pensionsavgångar. En samlad dokumentation av deras kunskaper har efterfrågats, till stöd för yngre kollegor som inte har erfarenhet av de konstruktioner som var vanliga förr.
- sammanhanget mellan byggnadsakustiskt gynnsamma konstruktioner och andra funktionskrav behöver belysas. Vissa konstruktioner är riskabla ur andra synvinklar, till exempel fuktpåverkan och fuktrelaterade skador på ljudisoleringsmaterial.

Det fanns således behov av en dokumentation, som sammanställer erfarenheter av de byggnadskonstruktioner som kommit till användning i det svenska byggbeståndet under förra seklet. De äldre och mer erfarnas tysta kunskap kan tyvärr inte ersättas helt med databaser och beskrivningar, men ett mål för projektet har varit att etablera en översikt över vanliga konstruktioner, förse dessa med relevanta ljuddata och om möjligt beskriva observationspunkter / checklistor och exempel på vanliga brister.

Översikten baseras på en struktur med konstruktioner som hämtats från en allmänt använd arkitekturhistorisk publikation från Statens råd för byggnadsforskning "Så byggdes husen 1880-2000" [ref 3]. Sannolikt saknas en del konstruktioner i översikten som man kan stöta på i fält, eftersom det förekom många lokala byggnadstekniker under de 120 år boken spänner över. Översikten måste därför kompletteras efterhand om- och tillbyggnadsprojekten fortlöper. Kunskapssammanställningar blir aldrig färdiga, utan måste drivas som en process med ständiga förbättringar. Översiktens klassificering bör dock kunna användas, och nya kunskaper om konstruktioner läggas till efterhand.

Rapporten har inriktats framförallt på att stödja yrkesverksamma akustiker samt projekteringsledare och entreprenörer med viss byggnadsakustisk erfarenhet. Mer allmänna beskrivningar av akustik, grundläggande teori mm finns redan utförligt beskrivna och har därför inte tagits med i denna rapport. Några exempel ges i litteraturlistan. Utbildningsansvariga i byggnadsakustik på landets högskolor bör kunna utnyttja materialet till praktiska övningar i undervisningen.

Arbetsmetodik

Styrgrupp

Till projektet knöts inledningsvis en styrgrupp med erfarna projektledare från konsult- och entreprenadsidan. Arbetsmetodiken förankrades innan datainsamling och bearbetning inleddes och författaren har kunnat diskutera urval av konstruktioner, rapportupplägg med mera efterhand. FoU utskott väst inom Sveriges Byggindustrier har medverkat som en yttre referensgrupp.

Arbetsupplägg

Liknande initiativ till "databasprojekt" har förekommit tidigare. Från dessa projekt har man erfart att det inte räcker att samla in stora mängder rådata från mätningar i byggnad. Spridningen i rådata för nominellt lika konstruktioner är stor, vilket har försvårat användningen. Konstruktionerna måste dokumenteras på ett strukturerat sätt för att informationen skall vara användbar i framtiden. Enskilda mätdata har ett begränsat värde, särskilt om man inte har dokumenterat vilka konstruktioner som ingått i mätobjektet. Statistisk behandling av mätdata och användning av en beräkningsmodell är nödvändig för att få ljudisoleringvärden som är logiska och konsekventa för de listade konstruktionerna.

Arbetsmetodiken för datainsamling och statistisk analys följer till viss del den som utarbetades i det samnordiska Nordtest-projektet [ref 4]. I Nordtestprojektet samlades data om tunga konstruktioner i tillfredsställande omfattning och dessa återges även i denna rapport. Uppgifter om håldäck kommer från Betongvaruindustrin [ref 7]. Lätta konstruktioner och äldre flerskiktsskonstruktioner täcktes dock inte in i tillräcklig utsträckning. Fokuseringen i detta projekt blev därför på att komplettera med de sist nämnda konstruktionstyperna.

Expertmedverkan - datainsamling

I första etappen kontaktades ett antal rutinerade byggnadsakustiska experter och ombads lämna underlag för en sammanställning av mätdata från fältmätningar (i byggnad) och laboriemätningar. Några av experterna fick sedan i uppdrag att gå igenom sina underlag från projekterings- och mätuppdrag. Vissa delar av detta samlade underlag avidentifierades och ljuddata sammanställdes. Experterna har också bidragit med praktiska synpunkter avseende olika byggnads- och konstruktionstypers ljudegenskaper och råd om ombyggnadsåtgärder.

Författaren har även hämtat värden från tidigare publikationer för att komplettera underlaget och hitta referenser till litteratur som kan vara av praktiskt intresse.

Bearbetning av insamlade data

Vid planeringen av projektet var tanken att underlaget kompletteras med teoretiska beräkningar för de konstruktioner som saknade mätdata. Detta upplägg modifierades när det stod klart att insamlade data från fältmätningar inte kunde omräknas till data för ingående byggnadsdelar såsom planerat. Den främsta orsaken var att mättrapporterna inte redovisade ingående konstruktioner.

Beräkningar utfördes istället för alla listade konstruktioner enligt gängse byggnadsakustisk teori för direkt luftljudstransmission (enligt Sharp m.fl.) med den allmänt tillgänglig programvaran Insul [ref 5].

I en andra etapp jämfördes Insuls beräkningsresultat med provresultat från flera laboratorier. Jämförelsen gjordes för grupper av snarlika konstruktioner (konstruktionkategorier), till exempel lättbetongväggar och reglade ytterväggar. Jämförelsen visade en medelavvikelse och en standardavvikelse mellan mätningar och beräkningar för respektive konstruktionkategori.

Avvikelseorna användes för att bilda en empirisk korrektion till beräkningsprogrammet Insul för respektive konstruktionkategori. Vid beräkning enligt SS-EN 12354 mot krav skall en generell säkerhetsmarginal tillämpas, normalt cirka 3 dB. Ingångsvärden för enskilda konstruktioner bör baseras på laboriemätningar och bara korrigeras med en säkerhetsmarginal om erfarenhet visar att

konstruktionstypens ljudisolering i byggnad varierar mer än övriga konstruktioner, till exempel till följd av variationer i utförandet. Teoretiska beräkningar av indata bör tas fram så att de efterliknar laboratoriemätningar, exempelvis med diffusa ljudfält, små randförluster och försumbar flanktransmission.

För lätta regelväggar och lätta bjälklag, som ofta ger väsentligt lägre ljudisolering i byggnad jämfört med i laboratorium, bildades korrektioner som medelavvikelse ökade med en standardavvikelse i vart och ett av tredjedels oktavbanden 50-5000 Hz. För övriga konstruktioner användes endast medelavvikelsen i respektive tredjedels oktavband som korrektion (för den systematiska skillnaden). I några fall gjordes inga korrektioner och motsvarande beräknade indata har markerats med "osäkra indata" i databasen. Korrektionen för de lätta konstruktionerna var i storleksordningen 2 dB (vägd ljudisolering), för övriga 0,5-1,0 dB. Insul gav alltså i medeltal bra överensstämmelse med medelvärdet av laboratoriemätningar för de konstruktionskategorier som jämförelsen gällde. Den slumpmässiga spridningen låg som regel inom 3 dB.

När det gäller stegljud för lätta bjälklag finns ingen allmänt tillgänglig programvara och därför kunde inte motsvarande jämförelser med laboratoriemätningar göras. Det fanns endast ett fåtal laboratoriemätningar tillgängliga, och dessa fördes in i databasen med en schablonkorrektion -3 dB, lika i alla frekvensband. Jämte den allmänna säkerhetsmarginalen (se nedan) bör man få en rimlig säkerhet vid beräkning med databasens stegljudsnivåer, men framtida jämförelser med fältmätningar bör kunna möjliggöra en mer underbyggd korrektion som ger en ekonomiskt och tekniskt avvägd marginal.

I en tredje etapp gjordes en sammanställning av de konstruktioner som återfanns i "Så byggdes husen 1880-2000" [ref 3] och som skulle ingå i databasen. Deras ljudisolering beräknades med Insul och värdena korrigerades enligt föregående stycke.

I en fjärde etapp gjordes beräkningar av ljudisolering mellan rum (direkt transmission och flanktransmission) enligt SS-EN 12354 med den allmänt tillgängliga programvaran BASTIAN [ref 6], där indata för konstruktionerna valdes ur databasen och jämfördes med fältmätningar som rapporterats in från experterna.

Jämförelse beräkningar – fältmätningar

Sammanfattningsvis visas i detta avsnitt resultat av jämförelser mellan ett antal mätningar i bostadshus med tung stomme och beräkningar av motsvarande fall enligt SS-EN 12354 (programvara BASTIAN [ref. 6]). Flertalet beräkningar ligger 1-2 dB på säkra sidan, dvs den uppmätta ljudisoleringen är normalt något bättre än den beräknade. I enstaka fall mäts dock upp emot 3 dB sämre luftljudsisolering än vad som beräknats. Stegljudsnivåerna ligger 1-3 dB på säkra sidan, dock med något enstaka "övertramp". En möjlig anledning till denna differens är att det kan förekomma luftläckage som inte inkluderas i beräkningarna och som främst märks i luftljudsisoleringen. Den marginal som har rekommenderats till användarna av beräkningsstandarden i ett antal år (3 dB) förefaller fortfarande rimlig med hänsyn till jämförelserna nedan. Rekommendationen baseras bland annat på två tidigare jämförelser av beräkningar mot fältmätningar som redovisas sist i avsnittet. Om man tillåter en viss medelvärdesbildning mellan mätresultat tagna inom en och samma bostad (till exempel vertikalt och horisontellt) kan marginalen vid beräkningar sannolikt begränsas till 1 dB när det gäller tunga stommar och väl dokumenterade tilläggskonstruktioner. Byggnader med lätta bjälklag samt bottenbjälklag med delning under lägenhetsskiljande vägg är avhängigt utförandet och mätdata sprider väsentligt. Vid beräkning kan man simulera olika grad av kraftöverföring mellan plattor som avses vara åtskilda, och därigenom visa med exempel hur väsentligt det är att få till en fullständig avskiljning. Det är vanligt att man låter kantbalkarna gå obrutna förbi lägenhetsskiljande vägg, eller att man har genomgående rörstammar och armering. I befintlig byggnad bör man mäta för att bestämma ljudisoleringen och ge underlag för simulering av olika åtgärder.

Beräknade värden anges normalt med spektrumanpassningstermer enligt SS-EN ISO 717 beräknade från värden i tersband 50-5000 Hz. I de fall anpassningstermer inte anges finns endast mätdata för det frekvensområde som användes tidigare, 100-3150 Hz.

1. Sammanställning av fältmätningar i byggnader med håldäck och övergolv och tillhörande ljudklassning, utförd för Skanska Prefab (Ingemansson Technology rapport 30-01852-B). Fältmätningarna är sannolikt utförda i rum med olika storlekar och randvillkor. I beräkningarna 1a-1g används en schablon; rumsstorlek $5 \times 4 \text{ m}^2$, rumshöjd 2.5 m, lätt utfackningsyttervägg, 2 lätta rumsskiljande väggar och 1 massiv 200 mm betongvägg.

1a. HD/F 120/19, 50 avjämning, 14 parkett på 3 cellfoam

Beräknat, horisontellt: $R'_W + C_{50-3150}$ 57 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 48 dB

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 55 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 56 dB

Mätt: *Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass C med säkerhet, kommer att klara ljudklass B i vissa fall (strävan mot ljudklass B).*

Beräkning: resultatet ovan bekräftar bedömningen att ljudklass C uppfylls med säkerhet, men ljudklass B uppfylls inte i denna kombination av rumsstorlek och antal bärande väggar. I ett mindre rum ($3 \times 4 \text{ m}^2$) uppfylls ljudklass B beräkningsmässigt med rimlig marginal.

1b. HD/F 120/19, 3 cellfoam, 60 avjämning, 3 cellfoam, 22 parkett

Det finns inga data för denna övergolvskonstruktion. En försiktig jämförelse är att räkna med endast 45 mm sand och 16 mm spånskiva i övergolvet, utan cellfoam.

Beräknat, horisontellt: $R'_W + C_{50-3150}$ 58 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 51 dB

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 55 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 60 dB

Med sandfyllt övergolv på 19 cm håldäck utan avjämning uppfylls inte ljudklass C vertikalt. Sandgolv med två lag cellfoam motsvarar dock nästan 30 mm effektiv luftspalt. En beräkning görs med 22 mm golvspånskiva på 30 mm mineralull, vilket borde vara en god approximation:

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 56 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 56 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass C med säkerhet, kommer att klara ljudklass B i vissa fall (strävan mot ljudklass B). Beräkningsresultatet ovan med 30 mm mineralull bekräftar bedömningen, ljudklass C uppfylls här med 2 dB marginal (stegljud). I ett mindre rum ($3 \times 4 \text{ m}^2$) uppfylls ljudklass B beräkningsmässigt, dock utan marginal.

1c. HD/F 120/19, 10 PUR-foam, 50 avjämning, 3 cellfoam, 14 parkett

Det finns inga data för Ingemanssons övergolvskonstruktion med 10 PUR-foam och 50 avjämning. En god approximation är att räkna med lab-data för 20 mm foam och 30 mm avjämning i övergolvet, de båda övergolvsvanternas får approximativt samma egenfrekvens.

Beräknat, horisontellt: $R'_W + C_{50-3150}$ 58 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 45 dB

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 57 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 54 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass B med säkerhet. Beräkningsresultatet ovan visar att ljudklass B uppfylls utan marginal. I ett mindre rum ($3 \times 4 \text{ m}^2$) uppfylls ljudklass B beräkningsmässigt med rimlig marginal. Vid mätning i ett större rum, eller mellan rum med fler bärande väggar, riskerar man inte att nå ljudklass B med denna konstruktion.

1d. HD/F 120/27, 25 avjämning, 3 cellfoam, 14 parkett

Beräknat, horisontellt: $R'_W + C_{50-3150}$ 57 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 48 dB

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 57 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 55 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass C med säkerhet, kommer att klara ljudklass B i vissa fall (strävan mot ljudklass B). Beräkningsresultatet ovan bekräftar bedömningen.

Stegljud vertikalt är begränsande. Se även kommentar till 1c angående inverkan av rumsstorlekar och randvillkor.

1e. HD/F 120/27 (440 kg/m^2), 25 avjämning, 3 cellfoam, 14 parkett

Beräknat, horisontellt: $R'_W + C_{50-3150}$ 57 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 47 dB

Beräknat, vertikalt: $R'_W + C_{50-3150}$ 59 dB, $L'_{nW} + C_{i,50-2500}$ 53 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass B med säkerhet. Beräkningsresultatet ovan bekräftar att ljudklass B uppfylls med viss marginal.

1f. HD/F 120/27 (350 kg/m²), 50 avjämning, 3 cellfoam, 14 parkett
Beräknat, vertikalt: $R'_w + C_{50-3150}$ 59 dB, $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ 54 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass B med säkerhet. Beräkningsresultatet ovan bekräftar att ljudklass B uppfylls, dock utan marginal.

1g. HD/F 120/27 (350 kg/m²), 10 PUR-foam, 50 avjämning, 3 cellfoam, 14 parkett. Se text till exempel 1c.

Beräknat, vertikalt: $R'_w + C_{50-3150}$ 60 dB, $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ 51 dB

Ingemanssons bedömning: Konstruktionen uppfyller ljudklass B med säkerhet. Beräkningsresultatet ovan bekräftar att ljudklass B uppfylls med god marginal.

2. Fältmätningar i äldreboende i Lerum (NCC / KM Akustikbyrån)

2a. Rum-rum horisontellt. Lätta rumsskiljande väggar med dubbel träregelstomme, 2x13 gips, 95 min.ull. Platta 180 betong på cellplast och makadambädd, mellanbjälklag 200 betong (genomgående).

Utfackningsväggar med tegelfasad, lätta korridorväggar (brutna). Skiljearea S 20 m², Rumsvolym V 50 m³.

Mätt: R'_w 56 dB, $L'_{n,w}$ 73 dB (utan matta).

Beräknat: R'_w 55 dB, $L'_{n,w}$ 76 dB (utan matta, 57 inkl linoleummatta i stegljudsklass 7)

2b. Rum plan 2 – rum plan 1 (vertikalt)

Mätt: R'_w 58 dB, $L'_{n,w}$ 76 dB (utan matta).

Beräknat: R'_w 61 dB, $L'_{n,w}$ 73 dB (utan matta, 52 inkl linoleummatta i stegljudsklass 7)

3. Fältreduktionstal enl. BPA/Riksbyggens exempelsamling. Vägg 2x13 gips på skilda träreglar, 2xM95 (tot 300 mm). Bjälklag 8 cm betong på 7 cm Lecagrus på 8 cm betong och grusbädd. Horisontell mätriktning. Mättrum 5 x 4 x 2,5 m³.

Mätt: R'_w 49 dB (utan golvbeläggning). Uppgift om stegljudsnivå saknas.

Beräknat: R'_w 50 dB, $L'_{n,w}$ 82 dB (utan matta, 67 inkl linoleummatta i stegljudsklass 7)

4. Fältmätningar i Olofstorp, Gbg kommun (NCC / Ingemansson Techn.). Vägg 13 gips, 120 regler och mineralull, 35 luftspalt, 120 regler och mineralull, 13 gips. Bjälklag 80 betong, golvbeläggning av parkett på Platonmatta. Bjälklagen ofullständigt delade under lgh-vägg.

Horisontell mätriktning. Mättrum 6 x 4 x 2,5 m³.

Mätt: R'_w 51 dB, $L'_{n,w}$ 55 dB.

Beräknat: R'_w 48 dB, $L'_{n,w}$ 67 dB (utan delning av betongplattan), 57 resp 58 dB med elastisk fog mellan plattorna. Mineralullsskiva som motgjuts är en osäker lösning, eftersom cementslam kan tränga in i och mellan skivorna.

Mätningar efter åtgärder i skarven mellan betongplattorna visade R'_w 55 dB, $L'_{n,w}$ 55 dB.

5. Fältmätningar i BRF Torslanda bur (NCC / Ingemansson Techn.). Vertikalt. Bjälklag 240 betong med 14 parkett på 3 cellfoam. 2 väggar 180 betong, lätt utfackningsvägg, lätt rumsvägg.

5a. Vardagsrum 7 x 5 x 2,5 m³.

Mätt: $R'_w(C_{50-3150})$ 58(-2) dB, $L'_{nw}(C_{i,50-2500})$ 54(-1) dB.

Beräknat: $R'_w(C_{50-3150})$ 60(-2) dB, $L'_{nw}(C_{i,50-2500})$ 52(+1) dB

5b. Sovrum 3 x 3,5 x 2,5 m³.

Mätt: $R'_{w}(C_{50-3150})$ 58(-2) dB, $L'_{nw}(C_{i,50-2500})$ 51(0) dB.

Beräknat: $R'_{w}(C_{50-3150})$ 62(-2) dB, $L'_{nw}(C_{i,50-2500})$ 50(+1) dB

Kommentar: Stegljudsnivån inkl. C-term beräknas rätt, men luftljudet överskattas 2 dB. Kan bero på luftläckage vid mätfallet.

6. Fältmätningar i betonghus med öppen planlösning (PEAB / Ingemansson Techn.)

250 mm massivbjälklag.

6a: 39 m² vardagsrum (lgh tot 76 m²). Golvbeläggning 14 mm lamellparkett på 5 mm matta typ Aprobo dB2, 17 m² 200 mm betongvägg exponerad + 10 m² 200 mm betong kompletterad med 13 mm gips på 70 mm fristående regelstomme, utfackningsfasad 17 m² innervägg, 17 m².

Mätt: $R'_{w}+C_{50-3150} = 57 + (-2)$ dB, $L'_{n,w} = 51$ dB $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 52$ dB

Beräknat: $R'_{w}+C_{50-3150} = 59 + (-2)$ dB, $L'_{n,w} = 53$ dB $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 54$ dB

6b: 12 m² sovrumsrum (lgh tot 76 m²) i samma lägenhet. Bjälklag och golvbeläggning som fall a.

Utfackningsfasad 12 m² innervägg 20 m²

Mätt: $R'_{w}+C_{50-3150} = 60$ dB, $L'_{n,w} = 46$ dB $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 47$ dB

Beräknat: $R'_{w}+C_{50-3150} = 63+(-2)$ dB, $L'_{n,w} = 48$ dB $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 49$ dB

6c. 50 m² vardagsrum i hörnläge, stor lägenhet. 20 m² vägg 200 mm betong skiljer rummet mot övriga huset. Dörröppning försummas. 50 m² utfackningsfasad. 250 mm betongbjälklag, golvbeläggning 14 mm lamellparkett på 5 mm Aprobo dB2 matta.

Mätt: $R'_{w}+C_{50-3150} = 55$ dB $L'_{n,w} = 54$ dB, $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 55$ dB

Beräknat: $R'_{w}+C_{50-3150} = 56 + (-2)$ dB, $L'_{n,w} = 56$ dB, $L'_{n,w}+C_{i50-2500} = 57$ dB

Kommentar: Stegljudsnivåerna inkl. C-term beräknas 1-2 dB på säkra sidan, men luftljudet överskattas 2 dB. Kan bero på luftläckage vid mätfallet.

7. Fältmätningar i loftgångshus (1960-tal) (SP Kaj Bodlund)

7a. Vardagsrum 5x4x2,5 m³. Utfackningsfasad 2 sidor, lättbetongplank 2 innerväggar. Bjälklag 20 cm betong, 13 mm ekparkett på papp (Peripac).

Mätt (mätvärden 3 rum): R'_{w} 57/57/58 dB, $L'_{n,w}$ 54/54/57 dB.

Beräknat: R'_{w} 57 dB, $L'_{n,w}$ 55 dB (med manuell korrigering av bjälklagets randvillkor).

7b. Sovrum 3x4x2,5 m³. Utfackningsfasad 1 sida, lättbetongplank 2 innerväggar, 1 betongvägg. Bjälklag 20 cm betong, plastmatta med polyesterfiltbeläggning.

Mätt: R'_{w} 62/62 dB, $L'_{n,w}$ 53/55 dB.

Beräknat: R'_{w} 61 dB, $L'_{n,w}$ 54 dB (med manuell korrigering av bjälklagets randvillkor).

8. Fältmätningar Ytterby centrum (NCC / KM Akustikbyrå)

8a. Vertikalt mellan vardagsrum. Bjälklag 240 mm betong. Utfackningsvägg, lätta rumsväggar, lätt lägenhetsskiljande vägg (TDD 202 M 240). Golvbeläggning okänd, antas 14 mm parkett på 3 cellfoam. Rumsstorlek antas 5x4x2,5 m³.

Mätt: $R'_{w} + C_{50-3150}$ 57 och 58 dB. $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ 49 och 50 dB.

Beräknat: $R'_{w} + C_{50-3150}$ 58 dB, $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ 53 dB (med manuell korrigering av bjälklagets randvillkor, avbrott i lägenhetsskiljande vägg).

9. Jämförelser mellan cirka 200 fältmätningar i olika typer av tunga och lätta byggnadskonstruktioner i de nordiska länderna har utförts inom ett Nordtestprojekt som leddes av Delta Akustik & Vibration.

Jämförelsens resultat sammanfattas i tabellutdragen nedan. Medelavvikelsen är praktiskt taget försumbar. För att med 90% säkerhet kunna beräkna ett resultat bör man enligt jämförelsen hålla 3-4 dB för tunga konstruktioner och mer än 5 dB för lätta konstruktioner. Det skall noteras, att i denna studie ingick ett antal bristfälligt dokumenterade konstruktioner, där beräkningar har gjorts utifrån antaganden

om typiskt byggnadssätt. Tabellvärdena bör därför kunna ses som en övre gräns för den osäkerhet som kan förväntas vid beräkningar. Med god kännedom om ingående konstruktioner bör osäkerheten kunna minskas.

	Direction of transm.	Average	St. dev.	90% conf. limits
Monolithic basic constructions	Horizontally (walls)	0.2 dB	1.9 dB	± 3.4 dB
	Vertically (floors)	0.4 dB	2.6 dB	± 4.5 dB
Lightweight double constructions	Horizontally (walls)	0.1 dB	3.1 dB	± 5.3 dB
	Vertically (floors)	0.4 dB	3.2 dB	± 5.5 dB

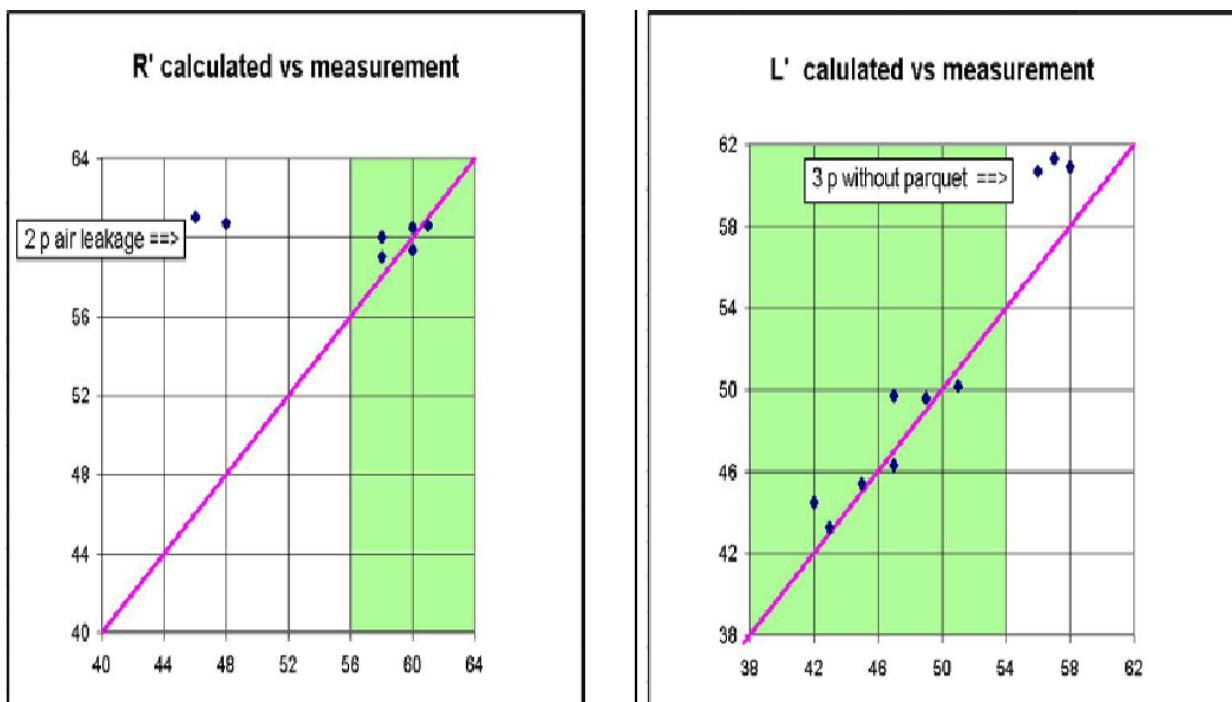
Table 4.1. Average, standard deviation, and 90% confidence limits for the difference between calculated and measured R'_w -values.

	Average	St. dev.	90% conf. limits
Monolithic basic constructions	-0.5 dB	3.1 dB	± 5.2 dB
Lightweight double constructions	0.0 dB	5.4 dB	± 9.1 dB

Table 4.2. Average, standard deviation, and 90% confidence limits for the difference between calculated and measured $L'_{n,w}$ -values vertically.

Spridningen i denna studie är alltså större för stegljud än för luftljud. I senare jämförelser har tendensen varit den omvända, att man med god kännedom om ingående byggnadskonstruktioner och noggrant bestämda data för alla delar kunnat förutsäga stegljudsnivåer med mindre spridning än för luftljudsisolering. Troligen inverkar luftläckage, som inte beaktats i beräkningen, på denna skillnad.

10. Jämförelser mellan cirka 7 fältmätningar i mindre flerbostadshus i Tyresö kommun utfördes av stomleverantören Strängbetong. Jämförelsens resultat sammanfattas i nedanstående figur.



Figurens y-axlar visar beräknad vägd luftljudsisolering $R'_w + C_{50-3150}$ (vänster) och stegljudsnivå $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ (höger) avsatta mot uppmätta värden (x-axlarna). För luftljudsisoleringen finns en liten trend att beräkningarna överskattar ljudisoleringen jämfört med vad som sedan mätts upp. De två punkterna längst ut till vänster skall inte beaktas, här har man konstaterat luftläckage. Med stegljudsnivåerna är tendensen att beräkningarna är något försiktiga, uppmätta nivåer är lägre än de som beräknats. Mätningarna utfördes i tidigt skede, när lägenhetsdörrar och fönster inte färdigmonterats. Det är rimligt att anta, att luftläckage påverkat reduktionstalen något. Normalt följer luft- och stegljudsisoleringarna varandra så att summan är relativt konstant.

Hur databasen är avsedd att användas

Konstruktionerna i denna rapport är grupperade efter kategori och byggnadsår, enligt en mall som följer boken från Statens råd för byggnadsforskning "Så byggdes husen 1880-2000" [ref. 3]. En kortfattad förteckning över byggnadstyper och konstruktionstyper ges i tabellerna 1 och 2 i avsnittet om konstruktioner. Bokens arkitekturhistoriska översikter förutsätts finnas tillhands vid användning av denna rapport eftersom databasens beskrivningar är knapphändiga och kan vara svåra att tolka om de inte ses i det rätta byggnadstekniska sammanhanget.

Databasen omfattar beräknad luft- och stegljudsisolering i tredjedels oktavband för konstruktioner som redovisas i [ref. 3], såsom träbjälklag, massivbjälklag, håldäcksbjälklag, flytande golv, tunna golvbeläggningar, mellanväggar, yttreväggar, fönster, dörrar, uteluftdon etcetera. Några konstruktioner anges med och utan några vanliga tilläggsisoleringar. I några fall inkluderas även laboriemätningar.

Databasen är anpassad för beräkningar av ljudisolering i byggnad enligt SS-EN 12354 delarna 1-3. Vid beräkning enligt dessa standarder korrigeras konstruktionernas ljudisolering för inverkan av flanktransmission och randförluster. *Det är därför helt nödvändigt att göra beräkningar enligt standarderna för att uppskatta vilken ljudisolering mellan två rum som kan förväntas. Om värdena används direkt utan korrigering (som fältvärden) får man missvisande resultat.*

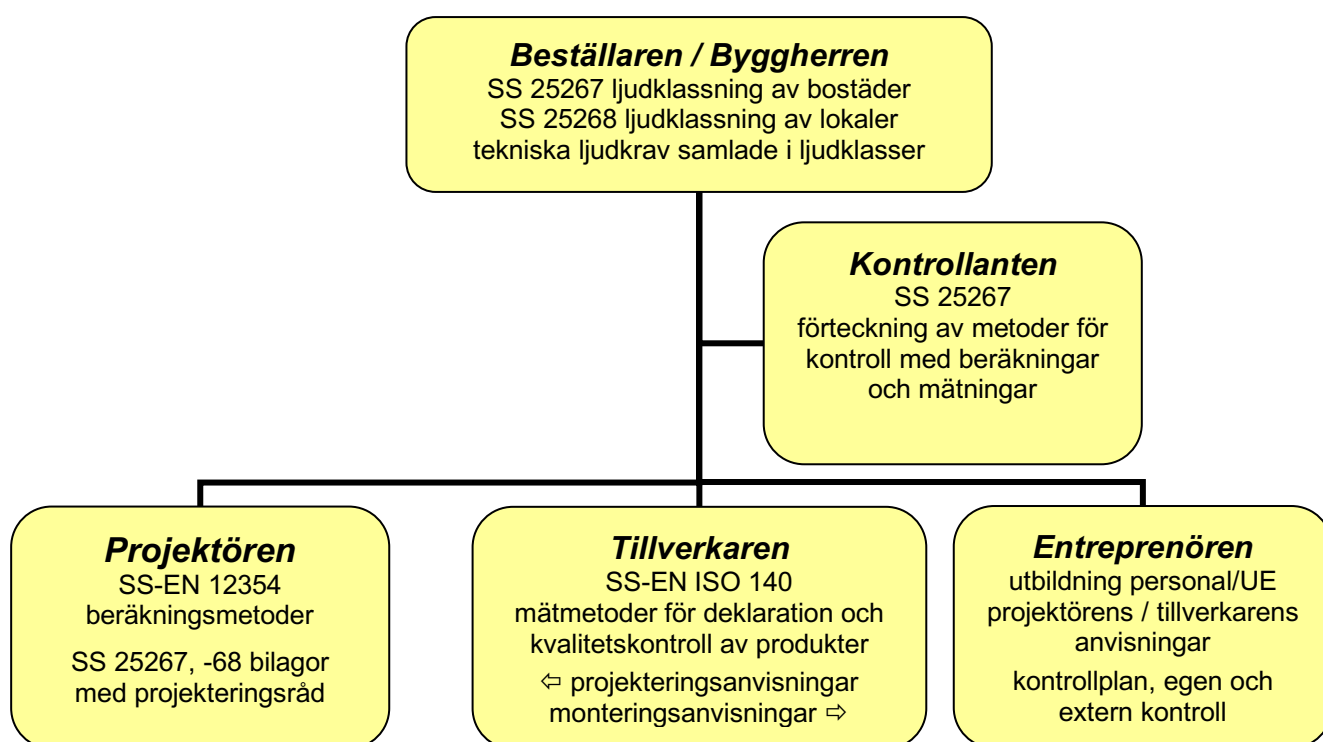
Ljudkraven i stora rum i bostäder har förändrats i gällande utgåva 3 av ljudklassningsstandarden SS 25267 [ref 1]. Nya begränsningsregler reducerar den negativa inverkan av mätrummens dimensioner som i praktiken gav hårdare ljudkrav i tidigare utgåvor av standarden. Vid beräkning enligt SS-EN 12354

bör man därvid använda de vägda sammanfattningsvärdena $D_{nT,w}$ för luftljudsisolering och $L_{nT,w}$ för stegljudsnivå när begränsningsreglerna är tillämpliga.

Arbetsgång och ansvarsfördelning vid ombyggnad - ljud

Hantera ljudfrågorna effektivt med hjälp av standarder

Byggnadsakustik anses vara ett svårt teknikområde. Det finns fog för denna uppfattning. På produktutvecklingsnivå, där man måste kunna förutsäga hur en viss konstruktion kommer att fungera ljudisoleringsmässigt krävs djupgående teoretiska kunskaper om konstruktionselementens dynamik och koppling till luftljudfälten. Men *administrativt* kan ljudfrågorna hanteras effektivt av byggprocessens parter utan att man skall behöva råka ut för obehagliga överraskningar längs vägen – naturligtvis under förutsättning att det finns byggelement med erforderliga egenskaper att tillgå. Till stöd för planering och upphandling har det på senare tid kommit ut ett antal standardiserade beräknings- och mätmetoder, samt ljudklassningstandarder med rådgivande bilagor. Dessa har i hög grad bidragit till att göra ljudfrågorna hanterliga. Följande schema visar hur standarderna och anvisningarna kan stödja byggprocessens parter och göra ansvarsgränserna tydliga:



Figur 1. Schema för definition av ansvarsgränser ljud - med hjälp av standarder och anvisningar

Nedan diskuteras mer i detalj vilka ljudfrågor var och en av parterna bör beakta i byggprocessen.

Beställaren / Byggherren

Beställaren bör bestämma inledningsvis vilken kvalitetsnivå (ljudklass) som är optimal i det aktuella projektet. Ljudklassningsstandarderna specificerar de tekniska detaljerna. Hänvisning till en ljudklass A-D enligt standarderna säkerställer att relevanta akustiska funktionskrav ställs på byggnaden enligt den valda ljudklassen. Ljudkraven är formulerade så att beställaren kan använda ljudklassen för att styra projektering och upphandling, och att kontrollanten kan verifiera utrymmen i färdig byggnad med mätning eller beräkning. Alla mått är kompatibla mellan standarderna.

För nyproduktion av bostäder med hög standard (högt kostnadsläge) är ljudklass B det vanligaste valet, eftersom kundkraven oftast är höga. Viss nyproduktion av hyresrätter görs av kostnadsskäl i ljudklass C, vilken uppfyller Boverkets funktionskrav. Men man bör räkna med att upp emot vart femte av de boende kan komma att känna sig störda av buller i bostäder i ljudklass C. Vid ombyggnad kan ljudklass D vara

ett alternativ om man av tekniska, arkitektoniska eller ekonomiska skäl inte klarar att uppfylla ljudklass C, till exempel vid bevarande av inredning (till exempel stukaturer) eller exteriörer (till exempel fönster med gamla ytterglas). Man bör dock räkna med att många av de boende kommer att anse att ljudmiljön inte är acceptabel och att detta kommer att inverka negativt på hyressättning och omsättning av hyresgäster. Kommunens byggnadsnämnd fattar beslut om vilka minimikrav som skall ställas.

Vid ombyggnad av lokaler föreskrivs oftast ljudklass C, vilket svarar mot byggreglernas krav och mot tidigare praxis. I några fall kan det vara motiverat med högre ljudklass (B eller A). Ljudklass D kan vara motiverat i undantagsfall, till exempel vid lokaler som upplåts för tillfälligt bruk. Vad som skall räknas som tillfälligt bruk är en fråga för byggherre, lokalens användare och kommunens byggnadsnämnd att avgöra.

Byggherren bör alltid tillse att byggfysikalisk kompetens anlitas i respektive projekt för att säkerställa att inomhusmiljön inte påverkas negativt och att de använda materialerna är beständiga i den miljö de placeras i inomhusbyggnadskonstruktionerna. En diskussion och några råd ges i avsnittet ”Inverkan på andra byggfysikaliska egenskaper” nedan.

Beställaren bör vara aktiv och granska det tekniska underlaget när någon önskar byta någon av de föreskrivna produkterna. Möjligheten att byta och ändra befrämjar konkurrens och effektivitet i processen, men kan även leda till fel och brist i byggnad, med ökade kostnader som följd.

Beställaren bör uppdraga åt en oberoende kontrollant att utföra fortlöpande kontroll enligt de metoder som anvisas i respektive ljudklassningsstandard. En inledande kontroll bör företas av hur byggnaden har dimensionerats. Fel och brister kan upptäckas med beräkning, och korrigerande åtgärder kostar minst att vidta i tidigt skede. Entreprenörens egenkontroll spelar också en viktig roll, eftersom en kostnadseffektiv kvalitetsstyrning kan utövas vid utförandet. Fel och brister i utförande som påverkar ljudegenskaperna syns oftast inte i färdig byggnad. Med fortlöpande genomgångar av anvisningar samt okulär kontroll under byggtiden kan flertalet av de vanligaste bristerna uppmärksammas och rättas under byggskedet.

Vid upphandling bör byggherren ange vilken metod som skall användas för verifiering. Normalt är en kombination av mätningar och beräkningar det effektivaste valet. Verifiering med enbart beräkningar kräver att kvalitetsstyrningen fungerar effektivt under hela byggskedet och är lämpligt när man har någon form av repetitivt byggande eller hög grad av prefabricering. Om man inte har full kontroll på utförandet bör man upphandla med krav på både beräkningar och mätningar i färdig byggnad.

Projektören

Projektören bör utgå från väl dokumenterade ljudisoleringsegenskaper för de byggnadsdelar som föreskrivs, och beräkna sammansatt ljudisolering i byggnad (mellan rum) enligt de standardiserade metoderna i SS-EN 12354. Dessa metoder är relativt väl beprövade när det gäller tunga konstruktioner och lätta konstruktioner där direkttransmission genom skiljekonstruktionen dominerar den totala ljudisoleringen. I byggnader med lätta konstruktioner där flanktransmissionen bestämmer ljudisoleringen är metoderna inte lika väl dokumenterade. Viss forskning pågår inom området, bland annat på Lunds tekniska universitet och vid CSTB i Frankrike. Andra analysmetoder bör kunna användas, till exempel SEA-analys, om de är väl dokumenterade och verifierade mot empirisk erfarenhet för de aktuella konstruktionerna. (Förhoppningsvis utvecklas beräkningsstandarderna i takt med att nya rön görs, men den processen släpar av efter av kostnadsskäl och för att man efterfrågar empiriska bevis för nya metoder innan de kan accepteras som en del av en standard).

Projektören bör ha en god dialog med tillverkarna och entreprenören, så att all nödvändig information finns tillgänglig för att säkerställa att rätt produkter valts och att dessa sätts på plats på det sätt som förutsatts vid mätningar eller beräkningar av indata för produkten. Exempel på brister vid utförande anges i avsnittet om entreprenörens roll nedan.

Sammanhanget mellan byggnadsakustiskt gynnsamma konstruktioner och andra funktionskrav är viktigt att bevaka under projekteringen. Det finns flera exempel på byggnadstekniska misstag om- och tillbyggnadsprojekt som kan förklaras av bristande kunskaper om befintliga konstruktioner. De åtgärder som föreslogs var i flera fall direkt olämpliga, både ur byggnadsakustisk synvinkel och ur andra aspekter (fukt, statik, arkitektur, arbetsmiljö, utrymmeskrav). Material och konstruktioner som använts i tidigare byggnation kan vid ombyggnadstillfället visa sig vara direkt olämpliga ur innemiljöpåverkande synvinkel eller på grund av yttre miljöpåverkan, till exempel fukt. Ergonomi och arbetsmiljöfrågor bör tas upp, till exempel vid renovering av sandfyllda golv, användande av material med högt fuktinnehåll, kemiska emissioner, asbest med mera. Samverkan med innemiljö- och fuktegenskaper behöver beaktas, till exempel vid akustisk tilläggsisolering eller -ljudabsorption mot kalla/fuktiga utrymmen. Det är dessvärre vanligt att arbeta med porösa organiska eller polymeriska material som är bra ur ljudsynpunkt men som kan vara direkt olämpliga ur innemiljösynpunkt. Exempelvis förekommer att man isolerar badrumsbjälklag mot stegljud med elastiska konstruktioner som är riskabla ur fuktsynpunkt. Det finns dock konstruktioner som uppfyller krav på ljudisolering, stabilitet och fukttålighet.

I avsnittet ”Inverkan på andra byggnadsfysikaliska egenskaper” nedan berörs ovanstående problemställning i de fall uttalade erfarenheter har funnits tillhands, och ett antal praktiska råd ges. Sambanden mellan de olika tekniska egenskaperna i en akustiskt tilläggsisolerad konstruktion bör analyseras i varje enskilt projekt.

Tillverkaren

Tillverkarnas *projekteringsanvisningar* bör ge god vägledning till projektören så att ändamålsenliga byggprodukter föreskrivs. *Monteringsanvisningarna* skall vara så tydliga att produktens avsedda funktion med rimlig säkerhet kan uppnås i byggnad. Typgodkännande eller annan tredjepartsövervakad certifiering ger mindre risk, eftersom certifieringsorganet granskar produkten, dess dokumentation samt utövar extern tillsyn över tillverkarens produktion. Fönster, dörrar och uppreglade golvkonstruktioner är exempel på produkter där det finns fungerande certifiering. Typgodkännande avser dock inte alltid den ljudtekniska funktionen, det finns till exempel dörrar och ventilationsljuddämpare som endast brandklassas. Det räcker därför inte med att föreskriva typgodkända produkter, man måste ange relevanta ljudkrav.

Tillverkarna bör upprätthålla en god dialog med övriga parter och ständigt utveckla och förbättra sina produkter, anvisningar och produktdokumentation.

Entreprenören

Entreprenören, som byggande part, kan i grova drag bara tillse att projekteringsunderlaget och tillverkarnas anvisningar följs. Där relevant underlag saknas bör projektören och beställaren uppmärksammas på bristen.

Entreprenören bör ha en god dialog med tillverkarna och projektörerna, så att all nödvändig information hämtas in som erfordras för att säkerställa att rätt produkter valts. Personalen och eventuella underentreprenörer bör ha erforderlig utbildning om valda produkter och produktionsmetoder, så att byggdelar med ljudteknisk funktion sätts på plats på det sätt som förutsatts vid mätningar eller beräkningar av indata för produkten. Exempel på brister är

- luftläckage i springor och genomföringar (lätta lägenhetsskiljande väggar, dörrar, fönster, installationer)
- stomljudskontakter mellan förmodat avisolerade byggnadsdelar (väggreglar, flytande golv) och installationer (till exempel fläktar, tvättmaskiner och elektriskt manövrerade vattenventiler)
- otillräcklig samverkan mellan byggnadsdelar (tungt bjälklag, bärande väggar), till exempel vid undergjutning.

Entreprenören som projekterande och materialupphandlande aktör bör även beakta det som sägs ovan om projektering och anvisningar. Dålig kommunikation och bristande tekniskt underlag vid utbyte av föreskrivna produkter kan leda till fel och brist i byggnad, ibland med stora kostnader som följd.

Skrivningen "eller likvärdig" skall respekteras och att likvärdig funktion i byggnad uppnås bör styrkas med beräkning.

Kontrollanten

Kontrollanten skall utföra fortlöpande kontroll och slutkontroll enligt de metoder som anvisas i respektive ljudklassningsstandard. Mätningar av ljudisolering och installationsljud är tekniskt krävande att utföra och entreprenören bör ställa i ordning mättrummen. Kontrollanten bör inte genomföra mätningar om betingelserna på byggplatsen är ogynnsamma. I bilaga H i SS 25267 ges ett antal praktiska anvisningar som minskar risken för fel vid mätning i byggnad.

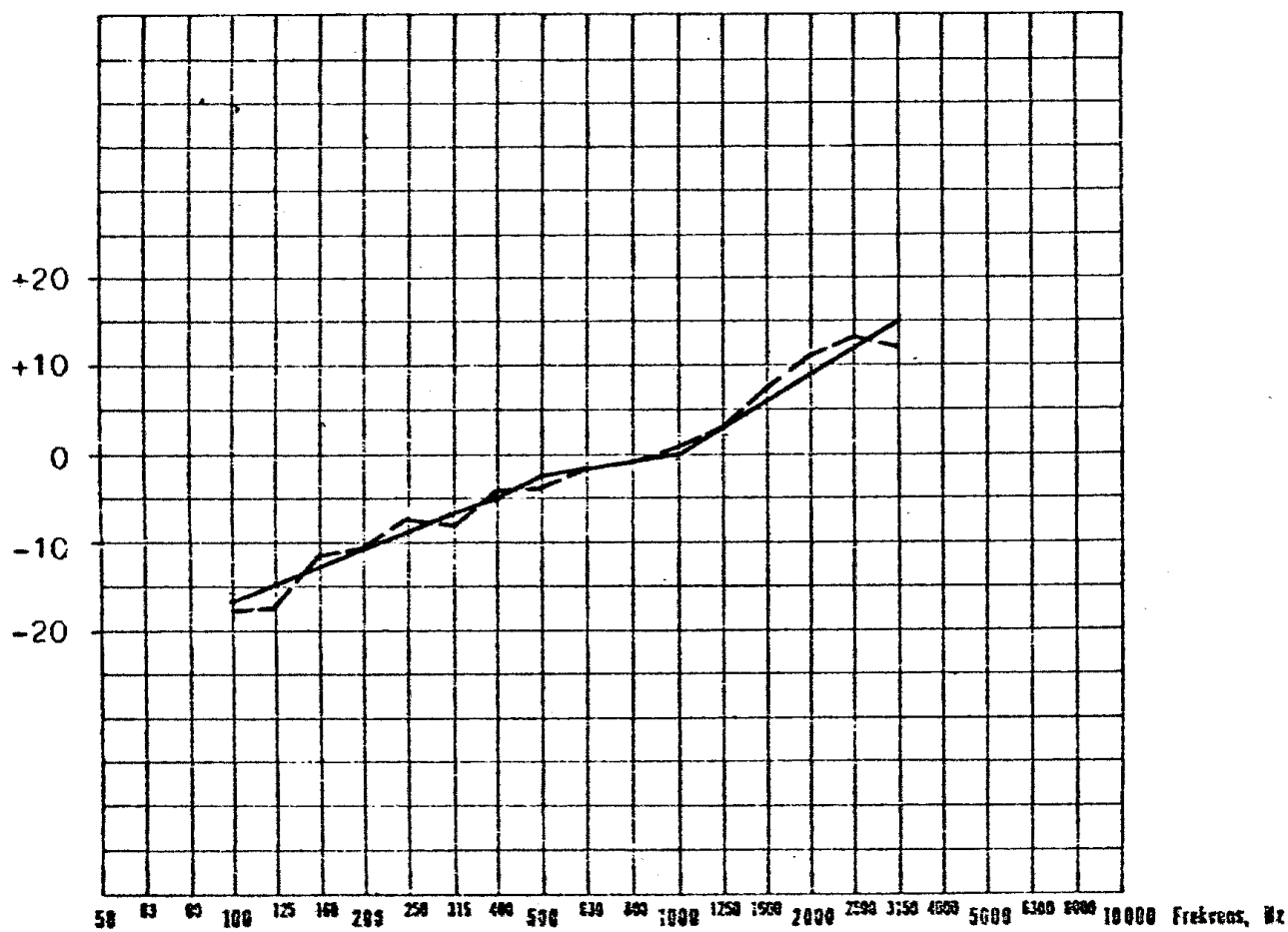
Flertalet akustiska mätmetoder baseras på statistiska antaganden om hur ljudfälten uppträder i mättrummen. Det finns en naturlig variation i mätresultat, både mellan olika rum och mellan samma rum. Skillnader i val av mätutrustning, tolkning av mätstandardernas anvisningar, val av mikrofonpositioner och högtalarpositioner bidrar till att mätresultaten varierar mellan olika mätoperatörer. Ljudkraven gäller normalt inklusive inverkan av mätosäkerhet. Nya anvisningar i SS 25267 bidrar till att reducera inverkan av mätosäkerhet genom att en viss medelvärdesbildning tillåts.

I händelse av tvist med anledning av ett underkänt mätresultat, eller där två mätoperatörer redovisar olika resultat, kan det vara lämpligt att låta en oberoende part göra om mätningarna med utvidgad analys av mätosäkerheten och med en noggrann bestämning av vilket medelvärde som bör tillämpas i det aktuella mätobjektet. Ett underkännande kan baseras på mätfel. Ett noggrant bestämt mätvärde underlättar också för en akustiker att föreslå en kostnadseffektiv korrigerande åtgärd i byggnaden.

Under hösten 2004 kommer en jämförelseprovning att genomföras inom ett Nordtestprojekt, där ett stort antal mätföretag skall delta. Resultat av denna studie kan användas för att bedöma om en avvikelse kan anses bero på mätosäkerhet eller om den är signifikant. Se vidare www.nordtest.org eller www.simmons.se.

Vid kontrollmätningen gör man normalt även en del försök att finna vilken transmissionsväg som dominerar för att rätt korrigerande åtgärd skall kunna föreslås. Tilläggsisolering av en vägg hjälper föga om transmissionen i huvudsak går via bjälklaget. I samband med ljudmätningarna kan det vara möjligt att "lyssna" med mikrofonen eller genom att trycka öronen mot tunga konstruktioner och genom jämförelse urskilja om någon konstruktion "låter mera". Ett vanligt misstag som görs är att även lyssna på lätta väggar (eller bjälklag). Man kan därvid tycka sig höra mer ljud i dessa än i de tyngre konstruktionerna, men man hör i själva verket väggens hastighetsnivå som är väsentligt högre än vad som motsvarar det ljud som strålar ut i rummet. Följande figur 2 visar den s.k. strålningsfaktorn för en gipsregelvägg, som är proportionell mot kvoten mellan svängningshastighet (i kvadrat) och utstrålad ljudeffekt. Figuren illustrerar hur mycket man överskattar ljudutstrålningen vid olika frekvenser genom att lyssna tätt intill väggen, där ljudtrycksnivå och hastighetsnivå sammanfaller. Man kan också uttrycka det som att gipsskivor ger högre ljudisolering i förhållande till sin tyngd än betongskivor.

10 log α , dB



Figur 2. Mätt strålningsfaktor (logartmisk skala i dB) för en gipsregelvägg. Uppbyggnad: 2x13 gips på 45x95 regler, 100 mm Rockwool skiva 331 mellan reglarna, sammanpressad till 95 mm. Rockwools ljudlaboratorium [ref 22]. Med stålreglar i väggen erhålls en brantare kurva och bättre ljudisolering vid låga frekvenser.

Byggakustik – krav och tillämpningar

Inledning

Allmänt om beräkningar enligt SS-EN 12354 och indata från databasen

I Sverige har vi sedan länge haft en tradition att arbeta med s.k. fältvärden för olika typer av skiljekonstruktioner, t.ex. lätta reglade väggar. Man utgår därvid från fältmätningar och praktisk erfarenhet av luftljudsisolering mellan rum, och relaterar denna till skiljekonstruktionen enbart. Flanktransmission betraktas som en korrektion till skiljeväggens ljudisolering. Provningsrapporter redovisar ofta skiljekonstruktioner, mera sällan flankerande konstruktioner. Det är ganska vanligt att laboratoriemätningar betraktas med viss skepsis eftersom de ger "för hög" ljudisolering för att kunna tillämpas som fältvärde. I Sverige har det tidigare inte funnits någon allmänt använd metod för att beräkna ljudisolering i byggnad med hänsyn till flanktransmission, även om flera forskare har diskuterat frågan. I våra nordiska grannländer samt Österrike, Tyskland och Holland har man sedan länge haft allmänt vedertagna beräkningsmetoder för att väga samman direkt- och flankerande ljudtransmission.

Det finns både för- och nackdelar med att enbart utgå från mätningar i byggnader, se figur 3.

Traditionellt arbetssätt – erfarenhetsbaserat	Nytt arbetssätt – analytisk dimensionering
<ul style="list-style-type: none"> – beprövade konstruktioner – begränsade variationer av hustyper (till exempel miljonprogrammet) – fältmätningar finns, men är ofta osorterade, svåra att tolka – fördel - säkerhet för projektören – nackdel - konservativt, hämmar utvecklingen, krävs alltid mätningar - vem vill prova det obeprövade ? 	<ul style="list-style-type: none"> – nya konstruktioner, industriella produkter – nya hustyper, planlösningar i varje projekt – beräkningar och teoretiska analysmodeller, sorterade fältmätningar ger strukturerad erfarenhet som kan användas för att hantera obeprövade situationer – fördel - ökad flexibilitet, öppenhet – nackdel – praktisk erfarenhet saknas – driver utvecklingen, lätt att lansera produkt

Figur 3. Projektering med utgångspunkt i tidigare mätningar eller med beräkningar

Så länge man kan utgå från erfarenhetsvärden från likartade byggnadsobjekt är det naturligtvis praktiskt och enkelt att bedöma ljudisolering under projekteringsarbetet med utgångspunkt i jämförelsedata. När man träffar på nya typer av konstruktioner eller annorlunda planlösningar fungerar dock inte detta arbetssätt lika bra, vilket ökar osäkerheten. Erfarenheterna gäller hela rum, med sammanlagd inverkan av både skiljekonstruktion och flankerande konstruktioner. Ändringar av någon eller några konstruktioner blir svåra att värdera effekten av. Denna osäkerhet tenderar att hämma den tekniska och arkitektoniska utvecklingen – vem vill vara först ut med att prova en riskkonstruktion?

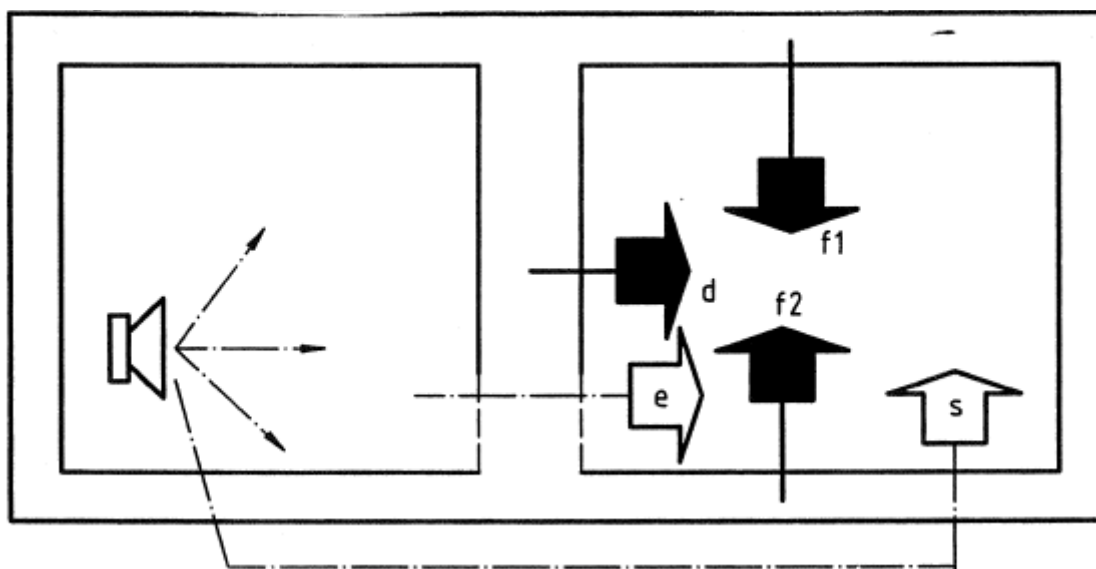
EU-kommissionens syfte med att beställa EN-standarden 12354 från CEN var bland annat att underlätta rörligheten för byggvaror inom EU, vilket innebar att man måste underlätta för nya (obeprövade) konstruktioner att komma in på byggmarknaden. Detta skulle göras med utgångspunkt från att deras ljudisolering bestämts i laboratorium eller med beräkning. I flera länder, däribland Österrike, Tyskland, Holland och Danmark har man använt metoder för beräkning av ljudisolering i byggnad under ganska lång tid, och vid utvecklingen av metoderna i EN 12354 utgick man från dessa erfarenheter. Beräkningsmodellerna har inte anpassats specifikt till den nordiska byggtraditionen med en mix av lätta och tunga skiljekonstruktioner, men en viss erfarenhet har samlats på senare år och modellerna har visat sig vara tillämpliga även här [ref 4] om vissa korrektioner görs av stomljudsavledning längs kanterna där lätta skiljekonstruktioner ansluter till tunga byggnadsdelar. Se vidare i [ref. 7].

Med analytisk dimensionering enligt standarden kan en konsekvent analys genomföras i nya byggprojekt och vid ombyggnad även om man inte har praktisk erfarenhet av just de aktuella konstruktionerna. Den analytiska dimensioneringen passar även i renoverings- och ombyggnadsprojekt, men här är det väsentligt att tillvarata även den erfarenhet som fältmätningar i de aktuella byggnadstyperna kan ge. Mätningar spelar en fortsatt viktig roll, man måste ständigt trimma sina indata och

beräkningsantaganden mot erfarenheter av separata konstruktioner. Erfarenhet behövs även för att bedöma vad som måste kontrollräknas. Det är lätt gjort att missa någon parameter i den analytiska modellen, t.ex. att ett befintligt betongbjälklag kan se ut att bestå av massiv betong men i själva verket kan bestå av ett tunt bärande skikt (en s.k. kaka) och en pågjutning på ett poröst material (t.ex. slagg eller koksaska) som gör bjälklaget resonant.

Databasen i denna rapport är som nämnts ovan anpassad för att ge indata till beräkning av ljudisolering i byggnad enligt den svenska och europeiska standarden SS-EN 12354 [ref 2]. Värden ur databasen skall inte användas direkt för att uppskatta fältvärden utan måste först korrigeras enligt beräkningsmetoden, av följande skäl.

Vid beräkning av ljudisolering mellan två rum i byggnad läggs den direkt transmitterade ljudeffekten (genom den skiljekonstruktion som avdelar rummen) samman med flanktransmissionen (genom de anslutande konstruktionerna). Värden för exempelvis lätta reglade väggar i databasen kan förefalla vara alltför höga jämfört med vad erfarenheter visar, men vid beräkning adderas flanktransmission i bjälklagen och man hamnar på nivåer som känns mer bekanta. Figur 4 [ref. 2] illustrerar principen



Figur 4 [ref 2]. Illustration av de olika bidragen till den totala ljudtransmissionen in till ett rum d – utstrålad direkt från den rumsskiljande konstruktionen, $f1$ och $f2$ – utstrålat från flankerande element, e – utstrålat från komponenter monterade i skiljekonstruktionen, s – indirekt transmission (via kanaler o.dyl.). Ljudisoleringen i skiljekonstruktionen (d) och de flankerande elementen (f) beror även av kopplingar mot omgivande stomme, dit ljudenergi kan avledas i olika hög grad. Energiavledningen mellan tunga element hanteras av beräkningsmetoden enligt en förenklad vibrationsenergimodell (SEA).

Ytterligare en faktor ligger till grund för att dimensionering bör göras med beräkning. Tunga konstruktioners ljudisolering är inte unikt definierad av deras tvärsnitt, densitet med mera. Väggar och bjälklag i betong samverkar med varandra i knutpunkterna, och vibrationsenergi (stomburet ljud) avleds till omgivande byggnadsdelar. Detta kan utnyttjas konstruktivt, exempelvis i hus med stora sammanhängande betongbjälklag och rumsindelning med lätta skiljeväggar. Det omvända gäller också, om rummen avdelas med tunga väggar och bjälklaget läggs upp på dessa får man väsentligt lägre ljudisolering vertikalt (både luft- och stegljud) eftersom en mindre andel energi avleds till omgivande stomme. Horisontellt ger dock tunga väggar en konstruktiv knutpunktsdämpning som uteblir om man istället väljer lätta väggar. Bjälklagen måste då göras något kraftigare, men det sammanfaller ofta med krav som följer av laster, spännvidder och installationsutrymmen. Energiavledningen påverkar således både de tunga skiljekonstruktionernas direkttransmission och flanktransmission. Denna typ av korrektion måste göras med beräkning. Beräkningsstandarderna [ref 2] hanterar energiavledningen och beräknar den så kallade stomljudsefterklangstiden för de konstruktioner som avgränsar sändar- och mottagarrummen, se figur 3. Se även i Betongvaruindustrins handbok [ref 7].

Luftljudsisolering

Krav, termer och begrepp

Enligt svensk standard för ljudklassning av bostäder definieras luftljudsisolering som byggnadens förmåga att reducera luftburet ljud mellan två utrymmen. I standarden anges krav på luftljudsisolering med vägda reduktionstal i byggnad R'_w och spektrumanpassningstermer C_{xx} . Index xx anger frekvensomfång och ibland typen av spektrum. Reduktionstalet beräknas från sändar- och mottagarrummens ljudtrycksnivåer samt en kvot mellan skiljekonstruktionens area och mottagarrummets volym. Begränsningsregler för denna kvot har införts i standarden för att begränsa effekten av stora öppna planlösningar som missgynnades i tidigare byggregler. Anpassningstermerna definieras i SS-EN ISO 717-1 och kan tolkas som korrekationer av det vägda reduktionstalet för olika typer av ljudkällor ("straff-dB").

Beräkning

En beräkningsmodell för luftljudsisolering i konstruktioner (exkl. flanktransmission) ges i [ref 5]. Beräkningar av ljudisolering mellan rum förklaras ingående i SS-EN 12354 [ref 2] och i manual [ref 6]. I anvisningar 28 från Norges Byggeforskningsinstitut [ref 21] ges illustrerade exempel på både bra och dåliga typer av knutpunktslösningar. Anvisningen innehåller även en handräkningsmetod för att värdera den sammanlagda ljudisoleringen via skiljekonstruktion och flanker. Datorberäkningar är dock säkrare och effektivare.

Det finns några praktiska saker som bör beaktas vid beräkningar:

- indata för tunga skiljekonstruktioner måste korrigeras för inverkan av bärande och icke-bärande konstruktioner. Särskilt om skiljekonstruktionen är lätt men övriga konstruktioner är tunga kan schablonmässiga antaganden om stomljudsabsorption längs ränderna ge betydande fel. Komplicerade konstruktioner, t.ex. växelvis tunga och lätta väggar kan förekomma i små bostäder (studentbostäder, äldreboende) och då stora lägenheter delas in i flera mindre. Härvid måste korrigerings göras.
- tunna och lätta golvbeläggningar, t.ex. plastmattor och linoleum påverkar inte luftljudsisoleringen.
- flytande golv, t.ex. parkett på olika mellanlägg ökar ljudisoleringen i både sändar- och mottagarrum vid höga frekvenser men försämrar den vid resonansfrekvensen (s.k. parkettresonans). Horisontellt kan försämringen bli betydande, särskilt om skiljekonstruktionen är lätt eller inte samverkar (t.ex. reglade skiv-väggar, lättbetongplank). Det beror på att försämringen uppträder i både sändar- och mottagarrum.
- indata för lätta flankerande konstruktioner som utgår från laboriemätningar av den direkta transmissionen måste korrigeras för att indirekt transmission inte ger några bidrag när motsvarande konstruktion ingår som en flank i sändar- eller mottagarrum. Korrektionen ökar konstruktionens ljudisolering, d.v.s. att inte korrigeras ger ett fel på säkra sidan.
- indata för nedpendlade undertak och uppreglade installationsgolv som passerar obrutna förbi skiljevägg bör anges i form av flanktransmissionstal D_{nf} där knutpunktsdämpningen ingår. Korrekationer för strålningsfaktor och knutpunktsdämpning enligt föregående punkter skall därvid inte utföras.

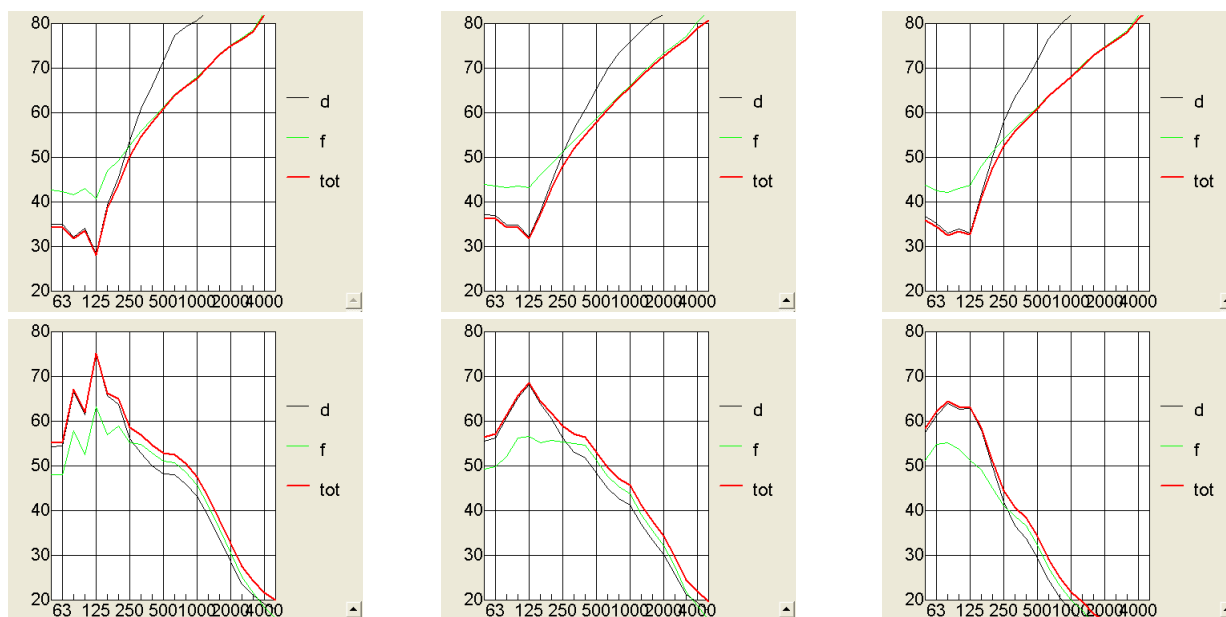
Beräkningsprogrammet BASTIAN är byggt helt efter EN 12354 och hanterar dessa saker automatiskt om rätt typ av knutpunkter anges för alla sidor av elementen som ingår i rumsmodellen och rätt typ av indata har angivits för konstruktionerna. Definitioner av knutpunkter måste göras manuellt och uppdateras om någon av de tunga konstruktionerna ändras. Se vidare [ref 5].

Tillämpningar och erfarenheter

Några praktiska frågor som har tagits upp i litteraturen och av projektets expertgrupp:

- hög luftljudsisolering förutsätter lufttäta konstruktioner. Ljudvågor i luft ger tryck- och undertrycksstötter mot konstruktionerna. Även små hål och springor ger luftläckage som försämrar ljudisoleringen. Springor vid anslutning av skiljeväggar, fönster, dörrar, bjälklagsgenomföringar för installationer och dolda imkanaler ger försämrade luftljudsisolering.

- vid ombyggnad av lokaler till bostäder är det vanligt att bjälklagen är dåliga. Överbetongen kan sitta lös och ge "bom". Vid uppregling av lätta lägenhetsskiljande väggar får man märkbara försämringar av både luftljuds- och stegljudsisoleringen på grund av flanktransmission i den löst sittande överbetongen.
- anslutning av lätta lägenhetsskiljande väggar mot befintlig yttervägg kräver ofta att man skär igenom ytterväggen eller åtminstone den inre delen för att förhindra flanktransmission och luftläckage. Är ytterväggen tillräckligt tung kan anslutning av ny mellanvägg göras dikt an. Observera att väggens stabilitet och fuktisolering inte får skadas vid åtgärder som vidtas för att klara luftljudsisoleringen.
- genomgående schaktväggar är inte alltid tydligt markerade på ritningar, exempelvis då de görs på platsen för att täcka in nya installationer. Enkla genomgående gipsskivor ger hög flanktransmission.
- vindsbjälklag klarar oftast ljudklass C utan särskilda åtgärder när det gäller luftljud, men man uppnår ofta även ljudklass B när erforderliga åtgärder vidtagits mot stegljud och svikt. Se avsnitt om stegljud.
- vindsombyggnader med flera lägenheter: Om man skall dela en vind i två eller flera lägenheter gör man det lämpligen med en förlängning av hjärtväggen. Brandisoleringen är ofta dimensionerande och en brandkonsult skall alltid konsulteras vid vindsombyggnader. Hjärtväggen kan se stabil ut, men där finns ofta avluftkanaler som tar ned vikten och leder ljud. Sprickor är vanliga. Tilläggsisolering eller omputsning rekommenderas i sådana fall.
- lättbetongväggar, såväl mellanväggar som lägenhetsskiljande väggar, kan ge kraftig flanktransmission genom tunga bjälklag på grund av resonanser. Lättbetongväggar måste anslutas elastiskt i ök mot bjälklagets uk, drevas och mjukfogas. Befintliga väggar kan behöva sågas igenom i överkant, eller tilläggsisoleras, se nästa punkt. Vid beräkningar av lättbetong- eller lättballastväggar med dikt kontakt mot bjälklaget bör man ange en lägre knutpunktsdämpning än vad standarden anger, för att ta hänsyn till resonanseffekten. Springor och sprickor bör tätas med ny putsning eller beklädnad med gipsskivor.
- tilläggsisoleringar kommer ofta in vid ombyggnad, exempelvis för att rikta upp eller täta väggar vid sättningskador, täcka dåliga ytskikt i tak samt vid utbyte av golvbeläggningar. Alla former av lösningar med en skiva på reglar som sluter in en luftspalt ger upphov till en resonanseffekt som försämrar både luft- och stegljudsisoleringen vid en bestämd frekvens. Den vägda ljudisoleringen, sammanräknad för t.ex. bjälklag och golvbeläggning, behöver inte bli dålig. Men om resonanser finns både i stomkonstruktionen och i tilläggsisoleringen och dessa har samma egenfrekvens, kan effekten bli att man får sämre ljudisolering efter ombyggnad. Vid beräkning enligt EN 12354 hanteras dessa effekter automatiskt om rätt indata lagts in för de ingående konstruktionerna. Figur 5 visar tre exempel på vertikal ljudisolering i en byggnad med betongstomme och lätta utfackningsväggar, tre golvbeläggningar.



Figur 5. Luftljudsisolering (överst) och stegljudsisolering (nederst) i en betongstomme med befintligt sandfyllt parkettgolv som uppfyller ljudklass D med knapp marginal (till vänster). Parkettgolvet ersätts, först mot en stegljudsdämpad linoleummatta (i mitten) och sedan ett uppreglat övergolv (till höger). Ljudisoleringen uppfyller knappt ljudklass C med matta och nästan ljudklass B med övergolv. Tjock linje anger total ljudisolering. De tunna linjerna markerar direkttransmission (genom bjälklaget) och

flanktransmission. Direkttransmissionen bestämmer den lågfrekventa ljudisoleringen, flanktransmissionen den högfrekventa. Beräkningar med programvara BASTIAN [ref 6]. Indata för golvbeläggningarna är uppmätta på SP.

- i radhus med väggar av gipsskivor på träregelstomme, tunn genomgående betongplatta och trappa skruvad i lägenhetsvägg är klagomål på dålig ljudisolering vanliga. Ett effektivt sätt att förbättra *skiljeväggens* ljudisolering är att borra hål med 50 mm dosborr cc 200. På väggen sätts akustikprofil (liggande med den fria flänsen uppåt) och mineralull. I överkant, mot takvinkeln, sätts istället 25 mm träläkt. Två lager gips ställs på tunna pallningsbrickor och skruvas i akustikprofilerna. Pallningsbrickorna tas bort och väggen skruvas fast i överkant (i trälakten) när den har "satt sig". Om inte väggen kan punkteras sätts istället regler mellan akustikprofil och de nya skivorna så att luftspalten blir ca 95 mm.
- i radhus med tunn (ca 10 cm) betongplatta blir ljudisoleringen dålig om bjälklaget är genomgående och ligger flytande på en tät värmeisolering av cellplast eller mineralull. Under vägg har man ofta en förstärkande vot i bjälklaget. Det finns exempel från befintliga byggnader från 60- och 70-talet där man har mätt bra ljudisolering (R'_w 54-58 dB, $L'_{n,w}$ 70-74 dB) trots den tunna och kontinuerliga bottenplattan, och man har då hänfört denna ljudisolering till inverkan av voten. En teoretisk analys visar dock en marginell inverkan av en vot, även om den görs relativt stor. Det är mer troligt att bjälklaget och/eller voten gjutits samman punktvis med makadamlagret genom springor i värmeisoleringsskivorna. Man får då en kraftig ökning av förlustfaktorn i bjälklaget, vilket ökar ljudisoleringen.
- tilläggsisoleringar av väggar och bjälklag kan bli aktuella i utrymmen för installationer, särskilt vid utbyte av luftbehandlingsaggregat med mera. Man bör därvid räkna med stora byggmått för tilläggsisoleringar. Om möjligt tilläggsisolerar man fläktrum m.m. invändigt. Dimensionering måste göras i tredjedels oktavband med hänsyn till maskinernas varvtal m.m. för att säkerställa god ljudisolering vid låga frekvenser. Se avsnitt installationer.
- i byggnader med tunga bjälklag och tunga bärande väggar är förbättringen av undertak ofta inte så stor som förväntat från lab-mätningar. Det kan bero på att undertaket kortslutits (har en styv kontakt) mot bjälklaget. Det kan också bero på att både luft- och stegljud skapar stomburet ljud som leds ned i och strålar ut från de bärande väggarna i mottagarrummet. Detta ger en flanktransmission som begränsar tilläggsisoleringen, även om direkttransmissionen genom bjälklaget blockerats.
- byggnader med ytterväggar av lättbetongblock kan ha hög ljudisolering om knutpunkterna mellan ytterväggsblock och bjälklag ger en effektiv samverkan som låser ytterväggsblocken. Krympning av fogbruk, eller otillräcklig igjutning misstänks i något fall kunna förklara hög flanktransmission i ytterväggen. Flytande golv skall läggas med erforderlig spalt mot yttervägg och inte ha någon styv kontakt med ytterväggen.

Stegljudsisolering

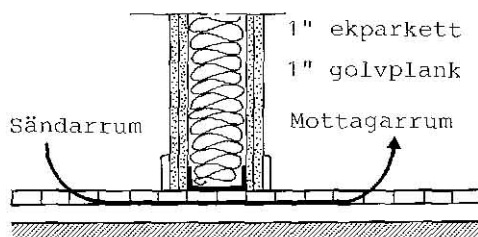
Krav, termer och begrepp

Enligt svensk standard för ljudklassning av bostäder [ref 1] definieras stegljudsisolering som byggnadens förmåga att reducera stegljud på ett golv i ett angränsande utrymme. I standarden anges krav på stegljudsisolering med vägd normaliserad stegljudsnivå i byggnad $L'_{n,w}$ och spektrumanpassningsterm $C_{1,50-2500}$ (index I från engelska Impact). Stegljudsnivån beräknas från mottagarrummets ljudtrycksnivåer (mätta när en hammarapparat verkar på bjälklaget i ett angränsande rum) samt en kvot mellan mottagarrummets ljudabsorptionsarea och en referensabsorptionsarea. Begränsningsregler för denna kvot har införts i standarden för att begränsa effekten av stora öppna planlösningar som missgynnades i tidigare byggregler. Anpassningstermen definieras i SS-EN ISO 717-2 och kan tolkas som en korrektion av den vägda stegljudsnivån för lågfrekvensljud. För massiva bjälklag är anpassningstermen liten, men för lätta bjälklag med mjuka golvbeläggningar kan den bli >10 dB. Anpassningstermen kan även bli negativ, men kravet är så formulerat att negativa termer inte får tillgodoräknas.

Beräkning

Det som sägs ovan angående luftljudsisolering är i stora delar tillämpligt även när det gäller utbredning av stegljud i stommen. Beräkningsstandard är SS-EN 12354 del 2. Några saker som bör beaktas särskilt när det gäller stegljud:

- tunna golvbeläggningars stegljudsförbättring är liten vid låga frekvenser, men produkterna kan dämpa effektivt vid höga frekvenser när de läggs på tunga bjälklag.
- den vägda stegljudsförbättringen ΔL_w ligger till grund för klassning av golvbeläggningar enligt SS 25267, bilaga B. I samma bilaga finns även en s.k. bjälklagsnyckel som är avsedd som hjälpmedel för tillverkarna att redovisa förväntad ljudklass i olika typer av byggnad med de aktuella golvbeläggningarna.
- tunna golvbeläggningar ger liten stegljudsförbättring vid läggning på lätta bjälklag. Detta beror på att bjälklaget fjädrar och ett tunt elastiskt mellanlägg har liten verkan. Hela bjälklaget, inklusive golvbeläggning, måste redovisas som en samlad konstruktion. En ny mätstandard är under utveckling för redovisning av stegljudsförbättring på lätta bjälklag (ISO 140-11). Beräkningsstandarderna är dock inte uppdaterade för indata från den nya mätmetoden.
- pågjutning med betong eller gips direkt på träbjälklag (med samverkan) förbättrar den lågfrekventa ljudisoleringen, men försämrar vid höga frekvenser. Pågjutningar och spacklingar skall inte gå emot väggarna vilket säkerställs med en elastisk remsa (kantisolering). En tunn stegljudsdämpad golvbeläggning dämpar det högfrekventa stegljudet och i kombination med pågjutning får man en relativt effektiv åtgärd på ett befintligt träbjälklag. Det är dock svårt att uppfylla ljudklass B med denna typ av golvåtgärd på ett äldre träbjälklag. Några exempel ges i databasen.
- pågjutning med betong direkt på vindsbjälklag med brandtegel ger oftast en försämrade ljudisolering. Förbättringen till följd av viktökning motverkas av att styvheten i bjälklaget ökas och man får en resonanseffekt i bjälklaget. Flytande eller uppreglade övergolv ger förbättring av ljudisoleringen.
- flytande golv kan ge tilläggsisolering över hela frekvensområdet. Bygghöjden och ytvikten i övergolvet bestämmer den lägsta frekvens som golvet isolerar vid (egenfrekvensen). Finns det markburna vibrationer, t.ex. från trafik i området, bör man säkerställa att egenfrekvensen i övergolv och bjälklag inte sammanfaller med frekvenser med höga vibrationsnivåer eftersom man får ökade vibrationsnivåer där.
- flytande golv på veka balkbjälklag ger inte samma förbättring som vid läggning på massiva bjälklag. Genom att först skruva fast regler tvärs befintliga regler och sedan lägga övergolvet på dessa kan en acceptabel stegljudsförbättring erhållas. Man bör räkna med att det behövs ett eller två lager golvgips ovanpå den bärande spånskivan, eller en avjämning, för att uppnå ljudklass B. Konstruktionen är känslig för kortslutning mot bjälklaget, s.k. stomljudsbryggor.
- träbjälklag med lätt fyllning ger sämre ljudisolering än dem som har en tung fyllning av koksaska, slagg eller liknande. Fyllningen kan vara skiktad, med sågspån överst. Bjälklag med blindbotten har som regel något sämre ljudisolering än de bjälklag där fyllningen vilar direkt på undertakssponten. Se [ref 16].
- träbjälklag med putsade innertak har normalt väsentligt bättre ljudisolering än liknande bjälklag med trätak. Åtgärder, normalt på ovansidan, krävs för att uppfylla ljudklass B.
- befintliga bjälklag kan vara så veka att stora rörelser fås även vid normal gång ovanpå. Ett fribärande undertak är ofta den enda lösningen som ger en godtagbar ljudklass i bostaden under bjälklaget.
- fribärande undertak eller undertak nedpendlat med stålband (eller clips), utan mineralullsfyllning, är den effektivaste metoden att förbättra både luft- och stegljudsisoleringen i gamla byggnader med träbjälklag. Undertak kan dock ha estetiska och praktiska nackdelar och godtas inte alltid.
- nya lägenhetsskiljande väggar skall inte placeras direkt på ett genomgående lätt bjälklag eftersom man riskerar kraftiga undertramp mot stegljudskraven. Anslutningar mellan vägg och bjälklag måste studeras i varje enskilt fall. Se vidstående illustration



Tillämpning och erfarenheter

Vid ombyggnad av lokaler till bostäder krävs kontroll av bjälklagens tvärsnitt, se luftljudsisolering ovan.

Vindsbjälklag: Stegljudsisolering, svikt och rörelser i taket i underliggande bostäder är huvudfrågor vid ombyggnad till bostäder. För att få god ljudstandard bör konstruktioner utformas så att ljudklass B uppnås för att inte riskera att boende i våningen under blir störda av ljud som inte funnits tidigare i huset. Vindsbjälklagens dynamiska egenskaper bör alltid kontrolleras, t.ex. enligt Ohlssons metod [ref 15] och man bör mäta nedböjning samt luft- och stegljudsisolering.

Databasen redovisar värden för några schablonkonstruktioner (mätta i laboratorium) och dessa kan ge viss vägledning, men variationerna i konstruktion är som framgår nedan alltför stora för att det skall gå att dra säkra slutsatser från okulära inspektioner och uppgifter om byggnadstyp och –år. En konstruktör måste alltid anlitas och denne skall ange vilka laster som bjälklaget kan bära. Bjälklagets uppbyggnad kan variera mellan olika delar av vinden, upptagning och analys av uppbyggnaden bör göras i ett flertal punkter. Man kan ha tagit ur fyllningen och lagt i min.ull, t.ex. efter vattensador. Ofta måste man bygga upp bjälklagshöjden och samtidigt minska belastningen av bjälklaget. Utbyte eller förstärkning av bärande balkar är ofta nödvändigt, vissa bjälkar kan vara dåliga. Golvvärme och klinker kan vara tillval, då är det effektivast ur värmesynpunkt att förlägga stegljudsdämpningen till undergolvsstrukturen istället för att lägga elastiska mellanlägg direkt under golvbeläggningen. Mycket lätta betongkvaliteter som utvecklats för pågjutning och avjämning, med ballast av bränd lera eller cellplast och liknande ger dåliga resultat. Luftljudsläckage kan förekomma längs bjälklagskanterna och anslutningarna bör göras lufttäta. Mineralull i fack längs väggarna är gynnsamt ur både värme- och ljudsynpunkt.

Betongbjälklag med bom (överbetong på lös fyllning): Betongbjälklag kan se massiva ut vid första anblicken, men i själva verket består av två lager betong med ett elastiskt mellanskikt av slagg eller koksaska (se BJL-VII i konstruktionsförteckningen). Bjälklaget har en karakteristisk resonans kring 200 Hz. Vid val av undertak eller ny golvbeläggning skall den nya tilläggsstrukturens ytvikt och luftspalt mot bjälklaget dimensioneras så att dess egenfrekvens inte sammanfaller med bjälklagets.

Eventuella pågjutningar eller avjämningar av överbetongen skall förhindras rinna ned i springan mot vägg. Kontakt med väggarna ger risk för flanktransmission av stegljud. I kontrollplanen bör avsyningsmomenten innehålla montering av elastisk, tät kantremsa och efterkontroll av att inget spill eller gjutskägg går emot väggarna.

Terasser som byggs på utkragande takbjälklag kan ge störning i våningen under. I terasskonstruktioner är vattenavrinning, frysning med mera i konflikt med önskemålet om att lägga in ett elastiskt underlag under terassbeläggningen för att skapa god stegljudsisolering. EPS med pågjutning av betong kan vara ett alternativ. Om persontrafiken på terassen kan bedömas vara ringa erfordras normalt inte stegljudsisolering. Ljudklassningsstandardens krav avser endast gemensamma terasser och loftgångar.

Installationsljud

Krav, termer och begrepp

I svensk standard för ljudklassning av bostäder [ref. 1] ställs krav på begränsning av ljud från tekniska installationer. En installation definieras som en anordning som är avsedd att betjäna byggnaden för att uppfylla BBR:s krav på tillgänglighet samt hygien, hälsa och miljö. Exempelvis avses hiss, anordningar för luftbehandling, vattenförsörjning, elsystem, belysning, termiskt klimat, matlagning, förvaring av mat, disk, tvätt, hantering av avfall, avlopp och utsläpp till omgivningen av rök- och avgaser. Anordningar i den egna bostaden som brukaren i princip kan välja om de skall vara igång eller inte omfattas inte av ljudkrav, t.ex. egen tvätt- eller diskmaskin. Motsvarande utrustning i andra delar av byggnaden, som är i regelmässig drift och inte kan styras av brukaren eller de boende omfattas av ljudkraven, dito kyl- och frysskåp samt spiskåpa med grundventilation.

Standarden ger ett antal preciseringar om vilka krav som ställs, vilka driftstillstånd som skall ligga till grund för dimensionering och kontroll samt vilka metoder som skall användas vid kontroll.

Beräkning

Metoder för beräkning av installationsljud håller på att arbetas in i del 5 av SS-EN 12354 men förväntas bli klara tidigast under 2006. Det finns några handböcker som kan ge vägledning till dimensionering av kanalburet fläktljud, t.ex. [ref 8, 9]. Skydd mot överföring av stomljud erhålls genom dimensionering av resonansfrekvenser i bjälklag och vibrationsisolatorer mot driftsvärdena för de ingående delarna i fläktar, värmepumpar, kylanläggningar med mera. Luftljudsisolering i väggar och bjälklag skall dimensioneras mot de ljudnivåer som kan förväntas i fläktrummet. Se [ref 8 och 9].

Ljudutbredning utomhus, t.ex. från luftintag, avluftsdon, kompressorer och kondensorfläktar skall beräknas enligt Naturvårdsverkets beräkningsmodell och ljudnivåer vid bostäder uppfylla aktuella krav. Normalt krävs ljuddämpare på utloppen. Miljöförvaltningarna bevakar numera buller på innergårdar från nämnda typ av installationer, och förelägger om åtgärd enligt miljöbalken. Bevisbördan är omvänd, det är därvid nödvändigt att man kan styrka huruvida det nya aggregat man bygger in bidrar till ljudnivåerna på gården eller ej, om man kommer till en situation där ett antal befintliga aggregat arbetar och har olika ägare.

Tillämpning

En tumregel för dimensionering av fläktaggregat och kanalsystem är att man skall välja låga lufthastigheter och låga tryckuppsättningar för att få låga ljudnivåer och en energieffektiv driftspunkt.

Fläktrumsbjälklag kan ha otillräcklig styvhet för att kunna godtas som underlag för nya aggregat. En kontrollberäkning bör göras av att de lägsta egenfrekvenserna för bjälklaget ligger betydligt högre (>2 gånger) mot oms- och fläkthjulets grundfrekvenser samt vibrationsisoleringens egenfrekvens. Om bjälklaget inte kan användas eller förstärkas i nödvändig grad, kan man tillgripa något av följande alternativ.

- bjälklaget rivs ut och ett nytt bjälklag gjuts upp, med nya stöd om spännvidderna blir långa.
- aggregatet hängs i takstolarna med vibrationsisolerade "hängslen".
- aggregatet ställs på fribärande stålbalkar som ligger upplagda på stöd som anordnas på de bärande murarna. Mellan aggregat och balkar, eller mellan balkar och stöd, monteras väl dämpade vibrationsisolatorer med låg egenfrekvens. Balkarnas styvhet väljs så att kriteriet för egenfrekvens enligt ovan uppfylls. Det förekommer att man använder veka balkar som fjädrar, men det är en riskkonstruktion som avråds ifrån.

Som en tumregel kan sägas att man med 25 cm betongbjälklag och korta spännvidder brukar klara aggregat med god balansering och effektiv intern vibrationsisolering, t.ex. från ABB eller PM Luft. Aggregat med styva gummibussningar, dålig balansering och veka chassin ger oftare problem med vibrationer och stomljud, särskilt när de varit i drift en tid. Ljudgarantier bör ha lång löptid.

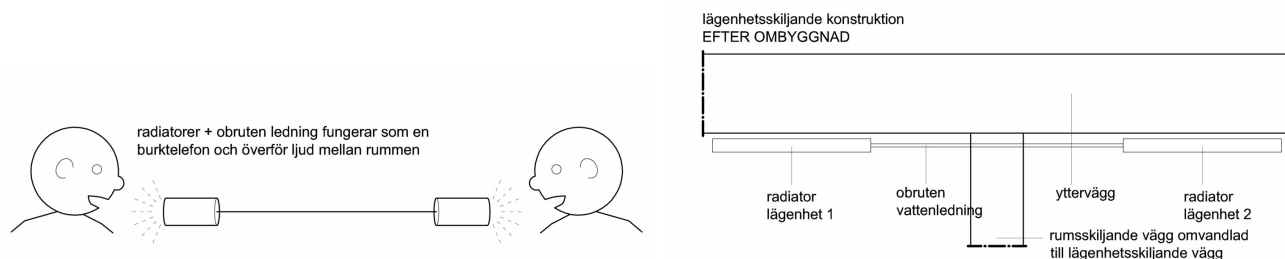
Ljudnivåer från vattenarmaturer kan mätas i laboratorium enligt ISO 3822 och produkterna jämföras sinsemellan. Mätmetoden är gjord för att efterlikna en verklig installation i byggnad, men en noggrann beräkning av förväntad ljudtrycksnivå i aktuell byggnad kan f.n. inte göras med någon allmänt tillgänglig beräkningsmetod. Man bör undvika att montera elektroventiler för tvätt- och diskmaskiner i tunga byggnadsdelar (slagljud), dito vattenarmaturer för dusch. Maskiner i tvättstuga bör förses med separat vattenmatning direkt från inkommande ledning.

Arbete pågår inom ISO med att ta fram en metod för att bestämma ljudalstring från strömmande avloppsvatten. Allmänt kan sägas, att ljudalstring i avloppsrör sker där man har höga vattenhastigheter och där röret ändrar riktning. Man bör därför undvika sektion ändringar och sneda dragningar i störtchakt. Där sådana förekommer sätter man schaktväggar av två eller tre lag gips på reglar utan kontakt med avloppsröret.

Prefabricerade installationsmoduler används vid renovering. Vid upphandling bör man ställa som ljudkrav mot tillverkaren, att ljudklassen skall innehållas i angränsande lägenhet. I samma våtutrymme som modulen bör ljudnivåerna begränsas, även om det inte finns formella ljudkrav inom lägenhet. Små

rördimensioner och höga tryckfall ger höga strömningsljud vid vattentappning och man riskerar att få klagomål från de boende.

Radiatorstammar kan behöva delas av där man skall dela in ett utrymme i två lägenheter med en lätt skiljevägg. Radiatorerna ger flanktransmission via rörsystemet, se vidstående illustration.



Trafikbuller inomhus

Krav, termer och begrepp

Ljudklassningsstandardens [ref 1] krav på ljudisolering mot trafik och andra yttre ljudkällor har förändrats gentemot tidigare utgåvor och tidigare byggnormer. Nu avser kravet inte längre inomhusnivåer utan den lägsta godtagbara sammanvägda ljudisoleringen i ytterväggar, tak, dörrar, fönster och luftintag. Denna isolering skall bestämmas vid projektering, med beräkning utifrån dimensionerande ljudtrycksnivåer inomhus och utomhus.

Standarden anger dimensionerande A-vägda ljudtrycksnivåer inomhus för respektive ljudklass. Med ekvivalentnivåer inomhus för trafik avses dygnsekvivalenta ljudtrycksnivåer $L_{pAeq,24h}$. För andra yttre ljudkällor avser angivna ekvivalenta ljudtrycksnivåer inomhus de tidsperioder ljudkällorna är i regelmässig drift. Med maximalnivåer inomhus avses de högsta A-vägda ljudtrycksnivåer med tidsvägning F (L_{pAFmax}) som kan antas förekomma regelmässigt nattetid. Vid dimensionering av ljudisoleringen skall de dimensionerande ljudnivåerna inomhus ej överskridas oftare än tre gånger per medelnatt.

Dimensionerande ljudtrycksnivå utanför byggnad tas fram med beräkning eller mätning. Ljudtrycksnivåerna bestäms vid fasad utanför den bostad eller de bostäder som omfattas av funktionskrav, exklusive inverkan av ljudreflexer, så kallade frifältsnivåer. Omräkning från värden bestämda med ljudreflexer framför fasad eller dikt an fasad kan göras enligt standarden.

Beräkning

Beräkning av ljudisolering kan göras direkt i tredjedelsoktavband 50-3150 Hz eller med A-vägda ljudtrycksnivåer som kombineras med spektrumanpassningstermer för byggnadsdelarnas reduktionstal, som är representativa för de yttre ljudkällorna. Råd om beräkning och ett antal typspektrum för beräkning av spektrumanpassningstermer för olika trafikslag ges i standardens bilaga D.

Det är väsentligt att alla beräkningar görs noggrant och dokumenteras. I händelse av tvist måste man klarlägga huruvida brister beror på felaktig dimensionering, val av fönster, luftintag, ytterväggselement eller utförande.

Tillämpning

Vid beräkning av ljudtransmission genom nya fönster används de data fönstertillverkaren redovisar, normalt laboratoriemätningar. Vid beräkningar mot befintliga fönster och olika renoveringsalternativ ger databasen ett antal lösningar. Fönsterstorlekarna kan skalas upp mot 50% utan att värdena behöver justeras, om lufttätt utförande kan säkerställas. Tidigare rekommenderades en marginal om 3 dB mot laboratorievärden. Det är dock bättre att dimensionera mot de osäkerheter och erfarenheter man har av respektive produkt. Tillverkaren bör därför lämna råd om lämplig marginal för sina produkter i den aktuella applikationen.

Det är ofta fördelaktigt att montera fönster liggande i en prefabricerad ytterväggskonstruktion och lyfta denna på plats med kran. Om man monterar fönster stående i vägg måste man styra upp så att karmen blir exakt planparallell och vinkelrät. Fönsterbågens tätningssystem måste komprimeras jämnt över hela sin längd för att ge rätt stängningskraft och absolut lufttätethet. Mellan karm och båge skall tätas effektivt. Det finns väldefinierade tätningssystem som kan användas, dock alltid enligt fönstertillverkarnas anvisningar.

Efterklangstid

Krav, termer och begrepp

Ljudklassningsstandarden ställer krav på högsta efterklangstid i trapphus. I ljudklass B kan man välja samma klassning på lägenhetsdörr som i ljudklass C (40 dB) om efterklangstiden i gengäld kortas och motsvarar kraven i ljudklass A. Kortare efterklangstid ger lägre ljudnivåer i trapphuset. Skälet till denna tilläggsregel var att det inte fanns 45 dB dörrar på marknaden när utgåva 3 av standarden skrevs. Det är dock en något gynnsammare lösning att välja dörrar i klass R'_w 45 dB och ljudabsorbenter motsvarande ljudklass B.

Beräkning

Sambandet mellan efterklangstid och mängd ljudabsorberande material i ett utrymme ges i SS-EN 12354 del 6 [ref 2]. Dimensionering enligt denna metod ger normalt optimalt val av ljudabsorbenter. I ljudklassningsstandarden [ref 1] ges tabeller som kan användas för att göra en förenklad dimensionering. Nedanstående tabell ger värden som med viss marginal beräknas uppfylla kraven i traditionellt utformade trapphus. Vid annan utformning samt då noggrannare bestämning av materialåtgång efterfrågas bör man dimensionera absorberarean enligt SS-EN 12354-6. Absorbenterna bör vara jämnt fördelade på begränsningsytorna.

Tabell E.1 – Minsta absorberarean uttryckt som procentuell andel av trapphusets sammanlagda area av tak och vilplan

Trapphus	Klass A $T \leq 0,8$ s	Klass B $T \leq 1,2$ s	Klass C $T \leq 1,5$ s
Absorptionsklass A	60 %	30 %	20 %
Absorptionsklass B	70 %	40 %	25 %
Absorptionsklass C	90 %	50 %	30 %
Absorptionsklass D	–	90 %	60 %

Figur 6. Rekommenderad absorberarean för olika krav på efterklangstid i trapphus. Ljudabsorptionsklass enligt SS-EN ISO 11654. Tabellen från [ref 1].

Tillämpning

Ljudabsorbenter i bärverk, direktklistring av 40 mm mineralullsabsorbenter eller infällda paneler av gipsskivor med olika håltagningar är standardlösningar. Övermålning av porösa ljudabsorbenter förstör den ljudabsorberande förmågan. Perforerade eller slitsade gipsskivor kan rollas men inte sprutmålas, eftersom den ljudabsorberande filtern och eventuell mineralull sitter bakom gipsskivan.

Om ljudabsorbenterna sitter så att det finns risk för åverkan kan man behöva använda någon form av ytskydd, t.ex. gles träpanel, sträckmetall eller liknande. Ljudabsorbenterna behöver inte monteras i undertak, det går också bra att sätta dem på vägg ovanför vilplan där risken för åverkan är mindre. Förutsättningen är givetvis att absorberarna går att integrera på ett arkitektoniskt acceptabelt sätt.

Inverkan på andra byggnadsfysikaliska egenskaper

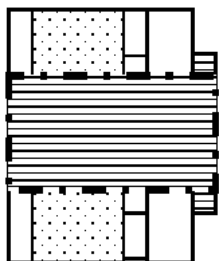
Detta avsnitt har skrivits i samarbete med Ingemar Samuelsson (SP Borås) och Henrik Carlsson (WSP Göteborg). Texten baseras på genomgångar av några typiska ombyggnader som gjorts i syfte att höja luft- och stegljudsisolering i befintliga byggnader.

I samband med renovering gäller några huvudprinciper:

1. Håll utkik efter synliga skador och notera om dålig lukt förekommer.
2. Skador skall åtgärdas *innan* akustikförbättrande åtgärder vidtas, det vill säga att man skall inte täcka över byggnadsdelar som skadats av brand, inträngande vatten eller svampangrepp.
3. Lufttäta skikt (till exempel vindpapp) och gipsskivor kan sättas både invändigt och utvändigt med avseende på fuktbalans, under vissa förutsättningar. Ångtäta skikt skall bara sättas invändigt.
4. Kartongklädda gipsskivor är en riskprodukt om de hamnar i en byggnadsdel där de kan utsättas för fukt eller förhöjd relativ fuktighet, till exempel på yttertak. Svartmögel i gipsskivornas kartongbeklädnad är hälsofarligt. Välj hellre skivor med ytskikt av oorganiska material, till exempel fiberarmerade kalciumsilikatskivor eller cementbaserade skivor. Stålreglar är bättre än träreglar i detta sammanhang.
5. Gamla tegel ytterväggar kompletteras ofta med gips på regler av värmeisolerings-skäl. Risk finns för kondens på insidan, framförallt sommartid. Gör fuktteknisk dimensionering.
6. Vindsvåningar, där man renoverar och indelar utrymmena i nya lägenheter med gipsskivor, där måste man se till vilken miljö (temperatur, rel. fuktighet) som gipsskivan hamnar (i färdigställd byggnad). Några råd ges nedan.
7. Gamla träbjälkar kan vara angripna av rötsvampar eller hussvamp till följd av vattenläckage. Skadat material måste tas bort och ersättas med friskt virke (annars får man angrepp även på utbytesdelarna). Se vidare punkt
8. Fogmassor skall helst undvikas av innemiljöskäl, de kan emittera kemiska ämnen under lång tid. Använd miljögodkända produkter, eller hellre färdiga lister av syntetmaterial, till exempel silikon eller EPDM. Observera att mottryck (stängningstryck) i listan till öppningsbara konstruktioner måste beaktas eftersom konstruktionen kan deformeras av trycket.

För några specifika konstruktioner ges följande råd.

9. Luftintag i yttervägg. Nya öppningar som tas upp för att föra in ljuddämpande intagskanaler skall utformas så att lufttäta skikt på insidan (ångspärr) hålls intakta. Detsamma gäller vindspärr och regntätning utvändigt – och det kan vara svårt att säkerställa tätningar mot dessa skikt. Om ett befintligt luftintag skall sättas igen, skall man täta inifrån i första hand, eventuellt både och, men inte bara utvändigt. Luftningsöppningar skall inte byggas för med regler på ett sätt som försvårar åtgärder i efterhand, se vidstående foto (taget av Henry Nyman, WSP Göteborg).



10. Platsgjutna flytande golv: Dålig lukt eller synbara angrepp redan i startskedet skall följas upp, kan bero på fuktinträning. Grundbetongen måste vara torr och rengjord före utläggning av flytande golv. Man skall foga eller försegla kanter och genomföringar med elastiska tätninglistor för att hindra stomljudsbyggro samt vatteninträning längs kanterna (smält snö, städvatten mm). Det

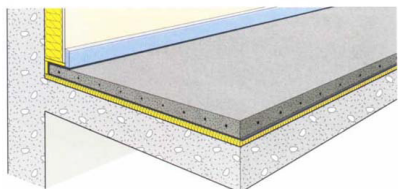
bärande skiktet i ett flytande golv kan vara skivor av kalciumsilikat, träfibrer eller betong. Vid dimensionering bör man gå på en minsta tjocklek av 35 mm och 30 kg/m² för att undvika besvärande svikt och trumljud. Valet beror på vilket elastiskt skikt som väljs.

Material i det elastiska skiktet i ett flytande golv skall tåla den miljö man lägger golvet på och behålla sin elasticitet över en lång tid. Materialet utsätts för tryckbelastning, ofta i kombination med något fuktig och alkalisk miljö. Typen av material har stor betydelse, men tyvärr har det inte gått att få fram några tillförlitliga rekommendationer. Följande synpunkter baseras på uppgifter från några tillverkare. Leverantören bör dock rådfrågas om aktuell tillämpning, och skall sedan kunna garantera att materialets långtidsegenskaper inte förändras så att funktionen riskeras, eller att man får synliga sättningar i golvet.

- Mineralull skall ha tillräcklig densitet, minst 120 kg/m³. Skivor med tvärställda fibrer håller normalt inte för lasterna och bör undvikas.
- Polyetenprodukter med tillräcklig densitet och lämpliga stabiliseringstillsatser kan ha godtagbara långtidsegenskaper, men utan tillsatser bryts materialet ned snabbt av UV-ljus, alkali, värme och fukt
- Polystyren (EPS, XPS) är beständigt vad vi vet idag
- Polyester är troligen ett direkt olämpligt material
- Polyeter är troligen ett beständigt material
- Gummiblandningar kan ha god långtidsbeständighet, men vissa kvaliteter har blivit spröda och hårda redan efter några år (typen av mjukgörare kan variera).

Man vet som regel inte vad så kallade blandskummattor (bonded foam) innehåller, som klistras samman av nedmalda ospecificerade returfraktioner. Leverantören bör i varje enskilt fall ställa ut garantier för att blandmaterialet håller över tiden i den aktuella applikationen. Textilrester är olämpligt att tillåta som inblandning, med hänsyn till risk för påväxt av mögel, och fraktioner av rivna bilklädselar skall därför inte godtas i en miljö där det riskerar att utsättas för fukt. Om materialet skadas finns risk för att det blir styvt och sprött, med sättningar och försämrade akustisk funktion som följd.

Dessutom finns det risk för dålig lukt om tillförd fukt inte kan torka ut. I vindsbjälklag, se till att man lufttätar även i takfot. Kall uteluft kan tränga in i den nya spalten och ge kyla på det nya golvet. För att tätas golvvinkeln, använd en tätlist om det går, i annat fall mjukfog.

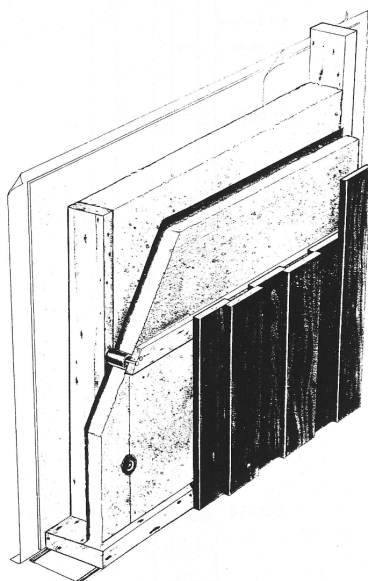


11. Torra flytande golv med luftspalt (exempelvis av fabrikat GIHA, Granab eller Nivell)

Man har inte sett något allmänt fuktproblem med dessa golv. Fördelen att de kan inspekteras och ventileras aktivt om en fuktskada inträffar. Om man avser att lägga golvkeramik på denna typ av golv, eller om det kan bli aktuellt som kundtillval, bör reglingen förtätas och ytskikt appliceras som inte ger rörelser vid fuktbelastning (flytspackel, cement- eller kalciumsilikatbaserad skiva). Tillverkarna lämnar råd om styvhet i golvkonstruktionen. En mer utförlig redogörelse av stegljudsdämpade keramiska golv finns hos Byggkeramikrådet (www.bkr.se).



12. Torra golvbeläggningar, typ PVC eller Linoleum med oleumfoam som klistras på en avjämning. Här följer man leverantörens krav på fukttinhåll för den produkt som skall läggas. Välj gärna produkter med miljödeklaration och som saknar mjukgörare.
13. Nedpendlat undertak. Åtgärden ger ringa påverkan eller en förbättring ur fuktsynpunkt. Ljudisoleringsmässigt är åtgärden normalt ett mycket bra alternativ. Lågfrekvensljud och vibrationer i undertaket kan förekomma och ge upphov till rörelser i takbelysning med mera. Infästning för takarmatur kan vara bättre att hänga i bjälklaget. Se avsnitt om stegljud ovan.
14. Lägenhetsdörrar som tilläggsisoleras på platsen.
Det finns inga särskilda kommentarer angående fukt. Däremot bör man säkerställa att brandskydd, inbrottskydd och arkitektoniska krav beaktas i projekteringen.
15. Reglade ytterväggar i äldre villor och flerbostadshus:

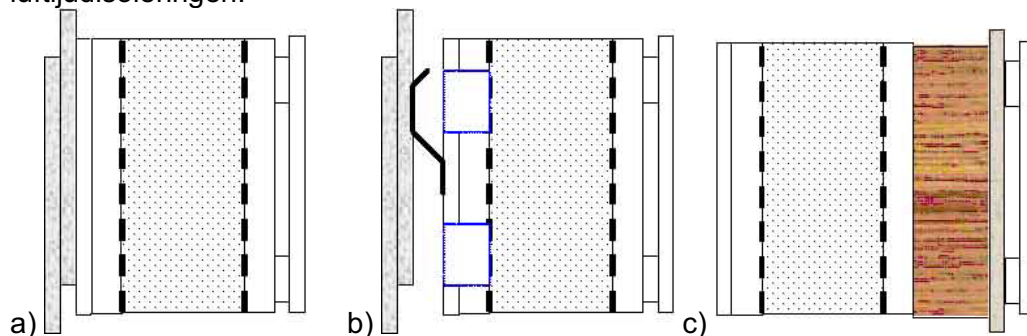


Ljudisoleringen i ytterväggar i äldre hus är ofta nedsatt på grund av att ytterpanelen är uppsprucken. Flera alternativ finns för tilläggsisolering av dessa ytterväggar:

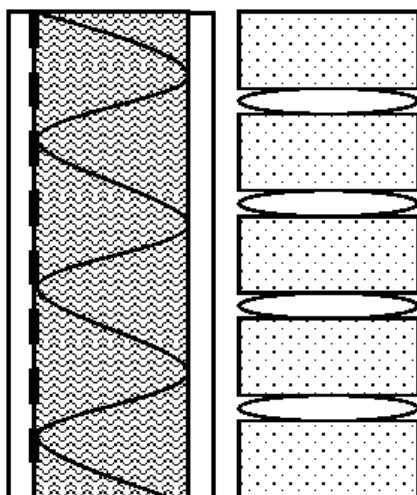
- a) 2 lager gips skruvade direkt på innerpanel eller träfiberskivor. Invändiga gipsskivor dikt an försämrar inte fuktbalansen.
- b) 2 lager gips skruvade på träreglar och liggande akustikprofiler (av plåt): om den gamla väggen är otät mot regn och vind samt har dålig värmeisolering så bör man studera åtgärder i detalj. Det kan finnas risk för ökad fuktkvot i den nya luftspalten (på insidan) och risk för påväxt både sommar- och vintertid. Normalt måste den invändiga luftspalten och antal gipsskivor dimensioneras mot förekommande ljudbelastning utomhus. Om ljudisoleringen vid låga frekvenser måste ökas och det kan godtas ur fuktsynpunkt är det fördelaktigt (akustiskt) att ta hål

på det ursprungliga invändiga skiktet (50 mm hål cc 200 mm) eftersom den samverkande luftspalten ökas.

c) 1 lager utvändig gipspanel och ny träpanel förbättrar fuktisoleringen eftersom den gamla väggen hamnar i en varmare zon och fukt hindras att tränga in utifrån. Det är dock bättre ur fuktsynpunkt att välja skivor av kalciumsilikat- eller cementbundna skivor utan organiskt ytskikt innanför den nya panelen. Ju tyngre skivor och panel desto större förbättring erhålls av luftljudisoleringen.



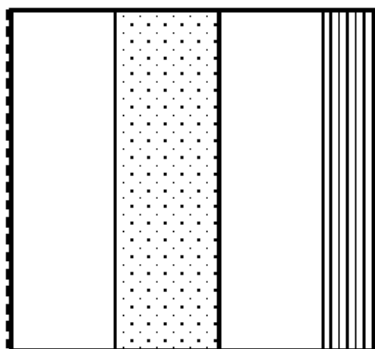
16. Väggar med skalmur av tegel eller så kallat mexitegel (kalksandsten eller liknande):



Tilläggsisolering med gips invändigt innebär inte någon försämring av fuktbalansen. Men väggen kan vara skadad på grund av sommarkondens, särskilt om man har slagregn mot väggen. Skadorna beror på att muren genomfuktas, solvärme driver fukt in mot den kallare insidan och kondens faller ut mot den invändiga plastfolien. Fukten ger skador på syll och nedkant reglar. Mexitegel ger mer uttalade problem på grund av att materialet är porösare än bränt lertegel.

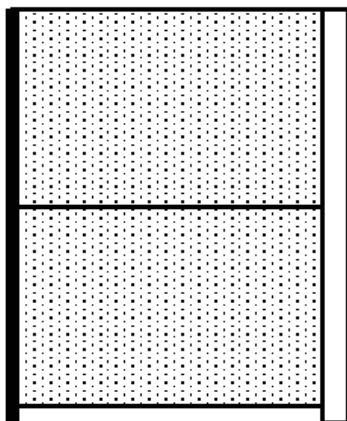
17. Plankväggar med utvändig panel: tillägg av gipsskivor på insidan förbättrar både ljud- och fuktegenskaperna, men kräver normalt PE-folie. Svårt att få tät i anslutningar mot inneväggar och bjälklag. En ny vindskyddspapp på utsidan skall inte vara alltför ångtät (men gärna lufttät). Det är gynnsammare med utvändig tilläggsisolering eftersom den gamla väggen kommer in i en varm zon.

18. Resvirkes- eller plankväggar med sågspån i väggen och utvändig puts (revetering) eller eternit:



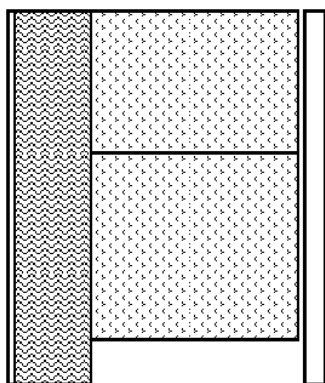
Åtgärder med gipsskivor på insidan (utan mineralull) är bra, man ökar lufttätheten utan att öka värmeisoleringen (dvs väggen går inte in i kalla sidan). Åtgärder på utsidan är normalt inte aktuella av akustisk skäl, men om man måste så regler man och tilläggsisolerar utan att tillföra ångtäta skikt. En tilläggsisolering med putsbärare av mineralull typgodkänd puts är positiv ur ljudisoleringssynpunkt. Cellplast (EPS, XPS) är inte lämpliga ur akustisk synvinkel. Panel med eternitplattor omfattas av särskilda arbetsmiljökrav.

19. Lättbetongväggar med utvändig puts:



Tilläggsisolering (ljud) invändigt bör inte göras med gipsskivor utan hellre med skivor utan organiska ytskikt. Ett problem är att lättbetong är mer finporöst än det utvändiga putsskiktet och väggen suger vatten kapillärt. När putsen blir våt blir lättbetongen blöt. Vid uppvärmning (sol) drivs fukten in mot rummet. Bruket i fogarna kan vara skadat om väggen är utsatt för fuktpåslag och väggen vara uppsprucken, vilket ökar ljudläckaget. Rekommenderad åtgärd utvändigt är att göra en ny utvändig putsning efter uttorkning och hydrofobering av utsidan. Med ett något påtjockat putsskikt tätas ljudläckage i sprickor och frostbeständigheten förbättras.

20. Väggar med betonghålstén:



Flera lager gips på befintlig innervägg kan godtas om väggen i övrigt är intakt. Den invändiga luftspalten får inte stå i förbindelse med uteluften. *Källarväggar är en riskkonstruktion, där fungerar normalt inte luftningen.*

21. TAK med TRP-plåt eller tegel på läkt.

Kallt yttertak, där tilläggsisolering görs invändigt för att öka värme- och ljudisolering:



Före åtgärd är det viktigt att syna spont och takstolar efter skador, vilket är vanligt förekommande. Utred orsaker till skador, kommer fukt inifrån eller med ett läckage utifrån? Åtgärda innan akustikåtgärder vidtas. Efter att värmeisolering tillförts invändigt kommer eventuell fuktsskadad spont att hamna i den kalla sidan. Värmeisoleringen skall inte gå emot sponten, det är viktigt att luftningen bakom spont och plåt fungerar. Korsregla och sätt invändig beklädnad med gipsskivor, ångspärr, isolering, vindboard och luftning. Viktigt att luft- och ångspärren hamnar innerst och görs *absolut lufttät*.

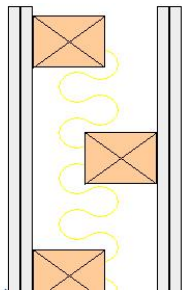
Akustisk tilläggsisolering med nya gipsskivor görs ibland utvändigt, och då bör följande beaktas: Hållfastheten i takstolar och bärande upplag bör kontrolleras och bärighet med egentyngd av akustisk tilläggsisolering (skivor) kontrollräknas. Kartongklädd gips under takpapp kan vara en riskkonstruktion, om man får läckage. Spikhålen ger risk för läckage, svetsad papp med omlott bättre. Risk för dålig lukt sommartid. Kartongfria skivor (med enbart oorganiska material) är bättre.

22. FÖNSTER: Nya tätningslistor är som regel den första åtgärd man vidtar för att öka ljudisoleringen. Dammfilterlistor mellan två kopplade bågar får dock inte vara så täta att man får otillräcklig luftning och kondens i spalten. Eventuell ny utvändigt tilläggsbåge måste också luftas. Ofta vill man behålla det utvändiga glaset av arkitektoniska skäl. En fristående tilläggsbåge invändigt används ibland för att höja ljudisoleringen, men är en olämplig lösning. Det blir fler sidor att putsa på fönstret. Man tar bort den invändiga nischen i rummet. Kondensrisken är stor och det gamla fönstret riskerar att skadas då det hamnar i den kalla zonen. Om åtgärder med invändig båge ändå utförs måste det vara helt lufttätt mellan den nya innerbågen och väggen. Det är normalt bättre att förstärka den invändiga bågen med ett nytt innerglas som förseglas helt tätt mot det befintliga glaset och bildar en isolerruta i innerbågen. Om bågen inte tål den ökade tyngden kan det så kallade Isolock-systemet med en osymmetrisk isolerrute-kassett vara ett alternativ, där det inre (större) glaset limmas styvt mot befintlig båge. Kassett och båge bildar en samverkanskonstruktion med mycket hög styvhet. (Se vidare www.byggtema.com)

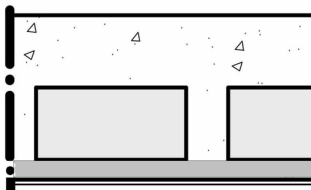
23. Hjärtväggar, brandmurar, kloasongväggar. Tilläggsisolering med gipsskivor är en vanlig åtgärd, som ökar väggens täthet och därmed ljudisoleringen. 2x13 gips på 70 regler och 95 mineralull är en effektiv åtgärd. Observera att gipsskivorna inte får inte stänga inne en tidigare skada, denna skall åtgärdas före isolering. Reglar och skivor skall inte ha kontakt med väggen.

24. Reglade väggar, till exempel 2x13 gips på saxade 95 regler på 120 syll/hammarband med 95 min.ull är en ganska vanlig konstruktion med dålig lågfrekvensisolering. En effektiv åtgärd för att öka luftljudisoleringen är att sätta träreglar och liggande akustikprofiler (av plåt) mot befintlig vägg, därefter 2 lager gips. Om det inte finns risk för att skada installationer i väggen är det en fördel akustiskt att ta hål på det ursprungliga invändiga skiktet (50 mm hål cc 200 mm) eftersom

den samverkande luftspalten ökas. Akustikprofilerna kan då sättas direkt på befintlig vägg.



25. Kassetbjälklag, slaggfyllda bjälklag med överbetong, sparkroppsbjälklag med tegel och liknande kan tilläggsisoleras med nedpendlat undertak. Grundresonansfrekvensen för undertaket får ej sammanfalla med eventuella resonanser i bjälklaget. De senare kan konstateras med en enkel stegljudsmätning. Beräkning av resulterande luft- och stegljudsisolering kan göras enligt SS-EN 12354 delarna 1 och 2. Förbättringsvärden för några lösningar ges i databasen nedan. Tilläggsisolering på ovansidan görs ofta med pågjutning. Observera vad som sägs ovan för flytande golv. Före åtgärd skall man kontrollera att fyllmaterialet inte avger radon (till exempel blå gasbetongkross) eller lukt (slagg, koksaska). Avjämning med flytspackel minskar gasgenomgång till inneluften, men inte säkert i tillräcklig omfattning. Dessa bjälklagstyper kräver utredning !



26. Träbjälklag – pågjutning direkt på sponten, plastmatta
Fukt från pågjutningen måste tas om hand eller absorberas vid härdning. Normal fuktdimensionering skall utföras. Akustiskt kan pågjutning av brandtegel ge försämringar, se avsnittet om stegljud ovan. Pågjutningen skall inte tränga ned i springor, ej heller få kontakt med väggarna.
27. Träbjälklag – flytande golv (till exempel på vindsbjälklag).
Vindsbjälklag, se till att man lufttätar även i takfot. Det finns ofta komplicerade anslutningar som måste lösas. Dåliga balkupplag på yttervägg (rötskador) förekommer, vilka måste åtgärdas före åtgärd, se vidstående fotografier (tagna av Henry Nyman, WSP Göteborg). Ta bort en del av muren, åtgärda skadade balkändar, fuktisolera och återställ muren. Kontrollräkna en ev. ökad egenvikt på bjälklaget. Observera att bjälkar i vindsbjälklag kan vara kraftigare än i nedre våningsplan. Detaljundersökning måste genomföras i alla våningsplan.



Litteratur

1. SS 25267 Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder. SIS förlag (www.sis.se).
2. SS-EN 12354 Byggakustik – Bestämning av akustiska egenskaper hos byggnader utgående från egenskaper hos byggnadselement – Del 1: Luftljudsisolering mellan rum, – Del 2: Stegljudsisolering mellan rum, – Del 3: Luftljudsisolering mot utomhusljud, – Del 6: Ljudabsorption i utrymmen i byggnader. SIS förlag (www.sis.se).
3. Så byggdes husen 1880-2000. Statens råd för byggnadsforskning och Stockholms stadsbyggnadskontor 1983. Formas förlag, rapport T1:1984, femte utgåvan. ISBN 91-540-5888-0. Björk C, Kallstenius P, Reppen, L.
4. Nordic Basis of Calculation of Sound Insulation in Buildings. Nordtest rapport 1346-97. Pedersen D.B. Delta Akustik & Vibration, Århus 1998. (www.delta.dk).
5. Insul version 5.3, manual och beskrivningar från Marshall Day Acoustics (www.insul.co.nz).
6. BASTIAN version 2.1, manual och beskrivningar från Datakustik (www.datakustik.de).
7. Betongvaruindustrins handbok "Bygga med prefab", häfte byggnadsakustik (www.betongvaruindustrin.se).
8. Ljuddimensionering av ventilationssystem. Formas förlag skrift T11:1998. ISBN 54058155. Nyman H, Danielsson S.
9. Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar. Tips om hur man undviker problem. Formas förlag skrift T6:1993. ISBN 54055334. Billgren G, m. fl.
10. Luftljudsisolering. En sammanställning av tillämplig teori. Formas förlag rapport R60:1980. ISBN 91-540-3254-7. Bodlund, K.
11. Byggnadsakustikk - et grunnlag. Tapir akademisk forlag, Trondheim 2003. ISBN: 8251917255. Vigran, T E
12. Byggnadsakustik. En praktisk handbok. Svensk Byggtjänst. ISBN 91-7332-917-7. Åkerlöf, L.
13. Byggnadsakustik. Teori og praksis. SBI anvisning 166. Statens byggeforskningsinstitut 1989 (www.byggedata.dk). ISBN 87-563-0736-5 Kristensen J, Rindel J H.
14. Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. SBI anvisning 172. Statens byggeforskningsinstitut 1992 (www.byggedata.dk). ISBN 87-563-0788-8 Kristensen J.
15. Svikt, svängningar & styvhet hos bjälklag. Dimensioneringsmetoder. Statens råd för byggnadsforskning. Svensk byggtjänst. Rapport T20:1984. ISBN 91-540-4301-8. Ohlsson S.
16. Ljudisolering i ombyggnadsprojekt med träbjälklag. Statens råd för byggnadsforskning rapport R54:1987. Bodlund K.
17. Kan lätta bjälklag ge lika bra ljudisolering som betongbjälklag? Artikel i tidskriften Bygg & Teknik 2/2003. (PDF-fil www.simmons.se).
18. Acoustic properties of wooden floor slabs. VTT publikation 345 Espoo Finland 1998. ISBN 951-38-5230-X (www.vtt.fi). Sipari P, Heinonen R, Parmanen J.
19. Balkbjälklag i trä. SBUF-Projekt 1033: Balkbjälklag i trä. Skanska Teknik 2003 (www.sbuf.se). Nilsson L.
20. Ljudisolerings- och vibrationsegenskaper för övergolvskonstruktioner i kombination med träbjälklaget SödraSemi. Lunds tekniska universitet 2003, rapport TVBA-5030. Herrström E.
21. Lydisolerende konstruksjoner. Datasamling och beregningsmetode. Norges byggforskningsinstitutt anvisning 28 (www.byggforsk.no). Homb A, Hveem S, Ström S.

22. Mätrapporter från Rockwool AB:s akustiklaboratorium 1966-1969 (www.parafon.se)
Friberg R, Andersson L.
23. Mätrapporter från Rockwool AB:s akustiklaboratorium 1970-1979 (www.parafon.se)
Andersson L, Skärgård J.
24. Fönster med hög ljudisolering mot trafikbuller. Ett samverkansprojekt inom svensk fönsterindustri. Sveriges provnings- och forskningsinstitut rapport 1998:26 (www.sp.se). ISBN 91-7848-732-3.
Simmons, C.
25. Ljudisolering hos träfasader. Mätningar av luftljudsisolering i laboratorium. Akustikverkstan Skövde rapport 3030 1993 (www.akustikverkstan.se). Byggforskningsrådet projekt 920858-6.
26. Fasad mot buller och luftföroreningar. SP-INFO 1999:08. ISSN 1401-9612. Vägverket publikation 1999:88. Boverket 1999.
Jonasson H, Lundgren B, Ruud S, Sahlin I.
27. Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling. Norges byggforskningsinstitutt håndbok 47 (www.byggforsk.no).
Homb A, Hveem S.
28. Laboratory measurements of the sound insulation of building façade elements. Internal report IRC IR-818 October 2000 (www.nrc.ca)
Bradley J.S, Birta J.A.
29. En kartläggning av ljudklimatet i några moderna svenska bostäder. Subjektiva och objektiva ljuddata för 8 bostadsområden och 350 bostadslägenheter. SP teknisk rapport 1983:37. ISSN 0280-2503 (www.sp.se).
Bodlund K, Eslon L.
30. Ljudisolering i bostadshus med stålstomme. Stålbymningsinstitutet publikation 144 1994. ISBN 91-7127-002-7.
Anderson J.
31. Flanktransmissionens inverkan på rumsisolering mot luftljud. Speciell tillämpning på byggnader med innerväggar av lättbetongplank. Chalmers Tekniska Högskolas handlingar nr. 254.
Kihlman T. Göteborg 1961.
32. Ljudisolering i bostadshus byggda före 1930. Byggeforskningsrådet T3:1999. ISBN 54058325
Ekstrand, C-G
33. Ljudisolering i bostadshus byggda på 1950-talet. Byggeforskningsrådet T4:1999. ISBN 54058333
Ekstrand, C-G
34. Ljudisolering i bostadshus byggda på 1960-talet. Formas förlag rapport T2:2002 ISBN 54058899.
Blomquist S, Danielsson S.
35. Säkring av ljudkvalitet vid projektering av bostadshus. Statens råd för byggnadsforskning rapport T23:1995. Svensk byggtjänst ISBN 91-540-5723-X.
Ljunggren S.
36. Råd om ljud i hus. Byggeforskningsrådet T10:1991. ISBN 54053293
Björkman K, Blomquist S, Nyman H, Thorselius M.
37. Low-frequency footfall noise in multi-storey timber frame buildings. Nordic committee on building regulations NKB, acoustics group. Report 1996:12 E. ISBN 951-53-1566-2.
38. Flanketransmisjon via parkett på elastisk underlag. Masteroppgave 2004. Institutt for bygg anlegg og transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU.
Lykke, E.

Beskrivningar och indata för byggelement

Byggnadstyper och konstruktioner i "Så byggdes husen 1880-2000"

Tabell 1. Förteckning över byggnadskategorier och byggnadstyper

BYGGNADSKATEGORI:	BYGGNADSTYP:	Så byggdes husen 1880-2000	
		Nr	Sida
TRÄHUS -friliggande flerfamiljshus årtal	STOLPVIRKESHUS	1	s 30
	RESTIMMERHUS	2	s 32
	RESVIRKESHUS	3	s 34
	PLANKHUS, reveterat	4	s 36
	PLANKHUS, träfasad	5	s 38
LANDSHÖVDINGEHUS -bottenvåning i tegel, två våningar i trä	ÄLDRE	6	s 44
	YNGRE	7	s 46
	REVETERAT	8	s 48
STENSTADSHUS 1880-1900 -sluten kvartersbebyggelse i innerstaden	TEGELHUS, sydsverige	9	s 54
	TEGELHUS, 1880	10	s 56
	TEGELHUS, 1890	11	s 58
	TEGELHUS, mellansverige.	12	s 60
STENSTADSHUS 1900-1930 -sluten kvartersbebyggelse i innerstaden	TEGELHUS, jugend	13	s 66
	TEGELHUS, nationalromantik	14	s 68
	TEGELHUS, sydsverige	15	s 70
	TEGELHUS, klassicism	16	s 72
1930-1960 LAMELLHUS -friliggande längor i flera våningar	TJOCKHUS, tegel	17	s 70
	SMALHUS, tegel	18	s 72
	LAMELLHUS, tegel	19	s 74
	LAMELLHUS, gasbetong	20	s 76
1960-1980 LAMELLHUS	LAMELLHUS, betongstomme	21	s 90
	LOFTGÅNGSHUS, pelarstomme	22	s 92
	LAMELLHUS, träfasad	23	s 94
	LAMELLHUS, elementbyggt	24	s 96
PUNKTHUS -friliggande	GASBETONG, 3 vån	25	s 102
	TEGEL, 6 vån	26	s 104
	LÄTTBETONG, 10 vån	27	s 106
SKIVHUS -höga lamellhus, förortsbebyggelse	LÄTTBETONG	28	s 112
	FASAELEMENT	29	s 114
	ELEMENTBYGGT	30	s 116
BURSPRÅKSHUS	LÄTTBETONG	31	s 122
1980-2000	KVARTERSSTAD, betong	32	s 158
	PUNKTHUS, trästomme	33	s 162
	LAMELLHUS, plattbärlag	34	s 164
	STÅL- OCH HÅLDÄCKSHUS	91	-
SMÅHUS 1-2 vån	VILLA, enfamiljs-	92	-
	RADHUS, enfamiljs-	93	-
	RADHUS, flerfamiljs-	94	-

Tabell 2. Förteckning över byggnadsdelar och konstruktionsstyper

BYGGNADSDDEL (LITTERA):	KONSTRUKTION:	BERÄKNINGSKATEGORI:
YTTERVÄGG (YV)	I. MASSIV TRÄ	LÄTT
	II. DUBBEL PLANKVÄGG	LÄTT
	III. REGELVÄGG + PANEL / SKIVOR	LÄTT
	IV. REGELVÄGG + SKALMUR	LÄTT
	V. REGELVÄGG + ISOLERING + PUTS	LÄTT
	VI. MASSIV TEGEL/STEN/BETONG	TUNG
	VII. TEGEL / BETONG + INV. ISOLERING	TUNG
	VIII. LÄTTBETONG, PUTSAD	TUNG
	IX. LÄTTBETONG + SKALMUR	TUNG
	X. BETONG + LÄTTBETONG	TUNG
	XI. SANDWICHELEMENT BETONG	TUNG
HJÄRTVÄGG (HJV)	I. MASSIV TRÄ	LÄTT
	II. STOLPVERK	LÄTT
	III. TEGEL / BETONG	TUNG
LGH-SKILJANDE VÄGG (LGHV)	I. PLANKVÄGG, PUTSAD /CLOISSONVÄGG	TUNG
	II. DUBBEL PLATTVÄGG	LÄTT
	III. DUBBEL REGELVÄGG	LÄTT
	IV. BETONG	TUNG
	V. DUBBEL LÄTTBETONGVÄGG	TUNG
RUMSSKILJANDE VÄGG (RV)	I. PLANKVÄGG, papp eller träfiber	LÄTT
	II. REGELVÄGG	LÄTT
	III. PLATTVÄGG	TUNG
	IV. LÄTTBETONGVÄGG	TUNG
BJÄLKLAG (BJL)	I. LÄTTREGLBJÄLKLAG, MODERNA	LÄTT
	II. TRÄBJÄLKLAG, LÄTT FYLLNING, RUMS-	LÄTT
	III. TRÄBJÄLKLAG, BLANDAD FYLLNING	LÄTT
	IV. TRÄBJÄLKLAG, TUNG FYLLNING	LÄTT
	V. TRÄBJÄLKLAG BRANDBOTTEN, VINDS-	TUNG
	VI. BETONGBJÄLKLAG, MASSIVA, LÄTTBTG	TUNG
	VII. BETONGBJÄLKLAG, MED BOM, EW-	TUNG
	VIII. HÅLDÄCKSBJÄLKLAG	TUNG
TAK (TAK)	I. OISOLERAT TRÄTAK tegel/papp/plåt	LÄTT
	II. ISOLERAT TRÄTAK (MELLAN TAKSTOL.)	LÄTT (slås samman)
	III. OISOLERAT PLÅTTAK	LÄTT
	IV. ISOLERAT PLÅTTAK (UTV.ISOL.)	LÄTT
	V. BETONG + UTV. ISOLERING	TUNG (sammansatta)
TILLÄGGSSKIKT (TSKIKT) ¹ (MOT TUNGA KONSTRUKT)	I. UNDERTAK	TILLÄGGSSKIKT
	II. VÄGGISOLERING	TILLÄGGSSKIKT
	III. FASADBEKLÄDNAD	TILLÄGGSSKIKT
	IV. ÖVERGOLV, TORRA ²	TILLÄGGSSKIKT
	V. ÖVERGOLV, PLATSGJUTNA ³	TILLÄGGSSKIKT
	VI. SANDFYLLDA GOLV	TILLÄGGSSKIKT
	VII. UPPSTOLPAT TAK	TUNG
	VIII. TAKISOLERING MED PAPP EL. GRUS	TUNG
ÖPPNINGAR (DÖRR) (FÖNSTER) (DON) (SYSTEM)	I. DÖRRAR	INSKJUTEN DEL
	II. FÖNSTER	INSKJUTEN DEL
	III. DON	INSKJUTEN DEL
	IV. SYSTEM, ELKANALER, GENOMFÖRINGAR, SPRINGOR	INSKJUTEN DEL

¹ Tilläggsisolering mot lätta konstruktioner kräver mätning eller beräkning av den sammansatta konstruktionen

² Stegljudsdämpade golvbeläggningar med golvbeläggning av parkett, linoleum eller keramiska plattor ingår

³ Se föreg. not. Notera att pågjutning av ett betongbjälklag (med statisk samverkan) inte räknas som ett tilläggs skikt utan hanteras som en ändring av detta betongbjälklag

Byggnadsdelar – databas

Databasen är anpassad för beräkningar av ljudisolering i byggnad enligt SS-EN 12354 delarna 1-3. Vid beräkning enligt dessa standarder korrigeras konstruktionernas ljudisolering för inverkan av flanktransmission och randförluster. **Det är därför helt nödvändigt att göra beräkningar enligt standarderna med de värden som anges, för att uppskatta vilken ljudisolering mellan två rum som kan förväntas. Om värdena används direkt utan korrigering (som fältvärden) får man missvisande resultat.**

Databasen finns även i en elektronisk form, anpassad till beräkningsprogrammet BASTIAN [ref 6]. Det kan finnas uppdateringar och utvidgningar i den elektroniska databasen som inte återfinns nedan. På internetadress www.simmons.se (länk BASTIAN, FAQ Calculations) anges huruvida sådana ändringar har införts.