
Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Del 1 Beskrivning av möjligheterna

s. 3-39

Del 2 Vägledning för branschen

s. 40-68

SBUF-projekt nr 1104

Slutrapport 31 Maj 2003

Bengt Persson
Erik Berggren

INLEDNING

Detta projekt har haft som mål att tydliggöra de krav som bör ställas på system för stegljudsdämpning vid keramiska golvbeläggningar. Projektet har varit uppdelat i två delar. Del 1, beskrivning av möjligheterna, innehåller bakgrundsinformation om stegljudsteori, normkrav och en inventering av lämpliga mätmetoder. Denna har sammanfattats i en rapport av Bengt Persson 2001-03-28 som inledning till slutrapporten. Del 2, Vägledning för branschen, innehåller den praktiska provningen, beräkningar, anvisningar och rekommendationer. Arbetet har utförts av en verkställande styrgrupp med stöd av en referensgrupp och inhyrda konsulter. I referensgruppen har ingått ett antal leverantörer av stegljudsdämpande system samt representanter från byggtreprenörer. Arbetet har finansierats med medel från SBUF, projekt nr 1104.



Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond

Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

DEL 1. Beskrivning av möjligheterna

Solna 2001-03-28

Bengt Persson
NCC Teknik

FÖRORD

Del 1 av projektet har haft för avsikt att öka och sammanfatta kunskapen kring ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar. Jag tror att vi med denna sammanfattning kommit en god bit på vägen mot målet att skapa ett acceptabelt ljudklimat. Resultaten från denna delrapport visar att vi kan fortsätta enligt planerna med den avslutande delen där vi närmare går in på hur branschregler för ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar kan utformas.

Medverkande i projektets del 1 har varit:

Styrgrupp	Rolf Jonsson	NCC Teknik
	Hans Alstermo	Byggkeramikrådet
	Bengt Persson	NCC Teknik
Projektledare	Bengt Persson	NCC Teknik
Referensgrupp	Åke Tell	NCC Boende
	Stefan Dahlberg	NCC Boende
	Lars Holmberg	Ingemansson
	Jan Asztély	Optiroc AB
	Ole Romer	Mira Byggeprodukter A/S
	Kenneth Klang	CC Höganäs Byggkeramik AB
	Tomas Davidsson	Akzo Nobel
	Nils Davidsson	Rescon Mapei AB
	Darko Brajkovic	JM AB
	Christian Simmons	J&W
	Björn Ottosson	J&W
	Anders Eriksson	Mataki
	Anders Lett	Deitermann
Alrik Lundin	Ardex	

samt Göran Drougge NCC Teknik

Ett stort tack till samtliga i projektet för erat engagemang och kunnande. Med vetenskap om det behov och efterfrågan denna fråga har är jag säker på att vi inom en förhoppningsvis snar framtid får ett avslut på även den avslutande delen i detta projekt.

Bengt Persson
NCC Teknik



SAMMANFATTNING

Keramiska golvbeläggningar läggs idag in i ökande utsträckning i bostadshus, hänsyn måste då tas till de krav som ställs på ljudisolering. När relativt mjuka golvbeläggningar okritiskt bytts ut mot keramiska ytskick kan det uppstå stora problem med att klara de nya ljudreduktionskraven. Problemet beror på i första hand okunskap om gällande regler och riktlinjer samt vilka material och lösningar det idag finns för att reducera ljudnivån vid keramiska golvbeläggningar.

Syftet med projektet har varit att kartlägga vilka ljudproblem det finns med keramiska golvbeläggningar och hur problemen kan avhjälpas i form av ljudanpassade systemlösningar för olika typer av ljudisoleringssystem och bjälklag.

Projektet är indelat i två huvuddelar med underliggande delmoment. Först genomförs denna del 1 med kartläggning av problemet samt inventering av befintliga lösningar med keramiska golvbeläggningar. Utifrån erhållna resultat i del 1 där ställning tas till om det är möjligt att gå vidare med del 2. De andra delen kommer att behandlas separat, denna rapport avser enbart del 1. När projektet är klart (del 1 och 2) ska utredningen resultera i branschregler för val av keramiska golvbeläggningar med avseende på ljudisolering för olika typer av bjälklag.

Projektet avses att dokumenteras i denna projektrapport samt i ett sammanfattande informationsblad i SBUf:s regi.

Resultat del 1

Erhållna resultat från projektet är dels i bilaga 1 av Christian Simmons, KM Akustikbyrån, redovisade teoretiska krav och funktioner som ställs på konstruktioner. I denna bilaga redovisas även ett antal olika färdiga systemlösningar som finns ute på marknaden idag. De lösningar som finns är bl.a. Mira Silent Step, Deitermann SDS Montapaneel, Mapeifonic system, Optisol, TM Progress och Termisol. Lösningarna ställer olika krav på beroende på bygghöjd, mekanisk hållfasthet och funktion därmed måste vissa av systemen tidigt tas med i projekteringen för att kunna användas på ett så optimalt sätt som möjligt.

Christians rapport är indelad i två rapportdelar.

Rapportdel 1 är en beskrivande text för den som vill ha regler, bakgrund till kravspecifikationen i rapportdel 2 och stöd för konstruktionsarbete. Den

- förklarar ljudtekniska begrepp och de ljudtekniska egenskaperna hos tunga bjälklag med keramiska golvkonstruktioner lagda flytande på elastiska skikt
- förklarar översiktligt hur stegljudsnivå och luftljudsisolering definieras och mäts enligt svensk och internationell standard
- ger dimensioneringsvägledning (ljud) och tips på hur stegljudsdämpande system kan byggas upp.
- redovisar vilka stegljudsdämpande system för keramiska golvbeläggningar som vi funnit på den svenska marknaden idag
- pekar på andra tekniska egenskaper som måste säkerställas för att uppfylla myndighetskrav och marknadskrav.

Avsnittet inleds med en allmän bakgrund om ljud. Vägledningen visar på sådant som man bör tänka på vid projektering och montering för att utnyttja det flytande golvet egenskaper väl. Kunskaper krävs för att upptäcka problem tidigt och undvika fel som är

kostsamma eller omöjliga att rätta till i efterhand. Man bör räkna med att återförsäljare och montörer måste utbildas, vilket kräver att ett genomarbetat material kan presenteras. Rapporttexten kan användas som underlag för detta.

Rapportdel 2 är disponerad så att den kan fungera som branschregler (när den remissbehandlats och bearbetats i detta projekts andra del). Dessa regler kan också utgöra underlag för egencertifiering eller tredjepartscertifiering. Följande delar ingår.

- Konstruktionens uppbyggnad och benämning
- Redovisning av tekniska egenskaper: stegljudsklass, stegljudsförbättring, vägd stegljudsförbättring samt data i tersband för beräkning av stegljudsnivå i byggnad, dito, luftljudsisoleringsförändring, bärighet, deformation (BKR 99).
- standardiserade provningsmetoder för respektive krav,
- krav på projekteringsanvisning
- krav på monteringsanvisning

Projektets andra del – en kommentar av Christian. Vårt förslag är att de leverantörer som medverkar i projektet arbetar fram ljuddämpande konstruktioner och utformar sin produktokumentation enligt ovanstående anvisningar. Det är betungande att utveckla lösningar och vara först med att genomlöpa en certifiering, vilket motiverar att de får stöd från projektet för detta arbete. Som ett direkt resultat av den praktiska tillämpningen kan det visa sig att kravspecifikationen (branschreglerna) behöver omarbetas något.

Efter att projektets andra del genomförts finns det genomarbetade, väl förankrade branschregler och eventuellt även några konstruktioner som svarar mot byggbranschens behov av ljuddämpande keramiska golvkonstruktioner. Dessa skall uppfylla högt ställda krav på ljudegenskaper, skydd mot skada (sättningar, sprickor), yttre och inre miljöpåverkan mm.

Mekanisk provning

Alrik Lundin, Ardex, och Jan Asztély, Optiroc, har undersökt och lagt fram ett förslag till hur de mekaniska provningsmetoderna kan lösas. De kritiska lastfallen enligt Aszély statisk utbredd långtids last, dynamisk hjullast och statisk punktlast vid kant eller hörn.

Slutsatser

Det finns enligt ovan idag ett antal olika lösningar hur ljudkraven kan uppfyllas för keramiska golvbeläggningar. Vi har även visat att det finns ett antal provningsmetoder både vad det gäller ljudmätningar och mekaniskhållfasthet. Problemet är att det inte finns några gemensamma provnings- och redovisningsmetoder. Det leder till svårigheter när systemen ska jämföras och värderas för att välja rätt system i det aktuella byggprojektet.

Vi ser med denna rapport att vi kommit en bit på vägen då det gäller helhetstänkande för ljudanpassade systemlösningar för keramiska golvbeläggningar och ser fram i mot att fortsätta med den avslutande delen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	4
SAMMANFATTNING	5
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	7
LJUDREDUKTION VID KERAMISKA GOLVBELÄGGNINGAR, DEL 1	8
SLUTSATSER	11
LITTERATURFÖRTECKNING	12

BILAGOR

LJUDREDUKTION VID KERAMISKA GOLVBELÄGGNINGAR, DEL 1

Del 1

Projektgruppen har arbetat utifrån den projektbeskrivning som skapades vid de inledande projektmötena hösten 1999. Idén med att dela upp projektet i två delar är att det ska i den inledande delen undersökas teoretiskt hur ljudreduktion kan erhållas. Det ska även framgå om det är möjligt att gå vidare med projektet.

Den arbetsplanering vi utgått från är enligt följande:

Kartläggning och inventering av ljudproblemen genom studier av problemställningar både teoretiska och praktiska. Detta ska ske genom litteraturstudier, inventering av befintliga lösningar i Sverige och andra länder. Studiebesök eller deltagande av produktionspersonal från bostadsprojekt med och utan ljudproblem samt deltagande av tillverkare av isolerprodukter. Arbetet ska följas upp och diskuteras i arbetsgrupper och inom referensgruppen med externa experter.

Uppdelning

Arbetsfördelningen av projektet har varit att Christian Simmons tagit en stor del av arbetsbördan. Han har haft i uppdrag att beskriva den teoretiska bilden av ljudproblemet utifrån hans synvinkel som akustiken. Resultatet från Christians arbete har jag valt att redovisa separat eftersom den inte bör delas upp utan ska ses som en helhet, se bilaga 1. Christian har delat upp sin rapport i två delar dels ljudegenskaper och konstruktioner dels kravspecifikationer för ljuddämpande klinkergolv. Den andra delen är tänkt att ligga som underlag till ett förslag till självcertifiering av ljuddämpande konstruktioner för keramiska golvbeläggningar.

Alrik Lundin och Jan Asztély har varit med och bidragit med kunskap och förslag till hur vi kan gå vidare med den mekaniska hållfasthetsprovningen av keramiska golvbeläggningar. De har tagit hjälp av prof. Johan Silfwerbrand. Även inom detta område har Christian och Ole Romer, Mira byggeprodukter, hjälpt till med kunskaper om andra standardiserade provningsmetoder. Lars Högberg har bidragit till redovisningen med kunskaper om det lätta träbjälklagets akustiska egenskaper.

Övriga inblandade har med stort engagemang deltagit och kommit med värdefulla synpunkter under de möten vi haft i projektet.

Matrisredovisning

Som beskrivet i projektbeskrivningen ska denna delrapport ligga som grund för den i ettapp 2 tänkta "matrisen". Med hjälp av "matrisen" ska man på ett lättillgängligt sätt kunna välja optimal konstruktion med avseende på steg- och luftljudsisolering för ett underliggande bjälklag. För att förenkla matrisen förutsätts plattjockleken vara 10 mm.

Ovanliggande konstr. Bjälklagstyp	Typ 1 < 15 mm	Typ 2 < 25 mm	Typ 3 < 40 mm	Typ 4 < 70 mm	Typ 5 > 70 mm
Bjälklag Typ 1	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek
Bjälklag Typ 2	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek	Ljudklass Lw, Rw Tjocklek

Figur 1: Ljud- och bjälklagsmatris

Matrisen ska vara uppbyggd med bjälklagstyp på den ena axeln och typ av ovanliggande konstruktion på den andra axeln. Fälten i matrisen ska beskriva vilken ljudklass konstruktionen tillhör, vilken ljudreduktion konstruktionen ger samt minst tillåtna tjocklek på den bärande konstruktionen. Detta torde vara lätt att utföra som ett initialt arbete den kommande delen. Vi kan redan idag fylla i många fält men avstår för att få en så komplett bild som möjligt i nästa delmoment.

Mekanisk provning.

Lundin och Asztély har visat att man skulle kunna utnyttja olika metoder för den mekaniska testen. Provningsmetoden skall, kompletterad med ljudmätningar, fungera som en provningsmetod för självcertifiering av konstruktioner.

Ett ljudgolv består i princip av ett eftergivligt isoleringsskick och en på detta styv flytande skiva av t.ex. avjämningsmassa belagd med keramiska plattor. Erfarenhetsmässigt enligt Asztély är det tre belastningsfall som är intressanta, utbredd långtidslast, dynamisk hjullast med upprepade hjulpassager i det flytande golvets fält samt statisk punktlast vid det flytande golvets kant eller hörn.

Statisk utbredd långtidslast

Dimensionera isolerskiktet, uppgifter som leverantören av isolerskikt bör kunna uppges av leverantören. Isolerskiktet får inte komprimeras mer än ett visst värde eller göra så att systemet förlorar sin ljuddämpande förmåga.

Dynamisk hjullast

Dynamisk hjullast utförs med ett rulltest enligt prEN 1818, Resilient floor coverings- Determination of the effect of loaded heavy duty casters.

Golvet belastas 10000 cykler med en slaglängd om 390 mm med ett nylon hjul med diameter 115 mm och bredd 40 mm samt last 1250N (Christer Brings gamla industrigolvsmetod). Som egenkontroll kan ett alternativ vara att använda en pallyftare belastad med lämpligt antal torrbruksäckar som dras med fram och tillbakagående cykler.

Statisk punktlast vid kant eller hörn

Statisk punktlast om 1500 N placeras vid hörn, isoleringens sammantryckning och uppkomst av sprickor i plattan observeras. Sprickor får ej uppstå och hoptryckningen får högst vara ett förutbestämt värde tex. 1mm.

Christian Simmons föreslår SBN 75 metoden för provning som kan vara lämplig. Ole Romer från Mira har med hjälp av Nordtest method, NT build 384, utastt en testyta för belastning. Vilken metod som är lämpligast att använda blir en senare fråga att ta ställning till vi har här nu kunnat påvisa vilka metoder som finns och som kan vara relevanta för vidare utredning i projektets mening.

Lätta bjälklag (Träbjälklag)

Beskrivning av funktion och problem. Utfört av Lars Högberg. Ingmansson

Bakgrund

Flera intressanta projekt har de senaste åren startat där fokus legat på nischen "lätta bjälklag". Som exempel kan nämnas Masonite Beams nya bjälklag, massivträbjälklaget, Gyprocs

lätbjälklag. De stora problemet har hela tiden varit hur bjälklagen ska utformas för att klara ljudkraven.

Det generella problemet med avseende på ljud är att många av dessa lätta bjälklag är mycket dåliga vid lägre frekvenser. En anledning till detta är avsaknad av massa. Problematiken är ej enkel och studeras idag av flera forskargrupper på våra tekniska högskolor (bl.a. Sten Ljunggren KTH, Per Hammer LTH). Liknande forskning pågår också i Finland (bl.a. Pekka Sappari VTT) och Norge (bl.a. genom Nordic Wood – projektet).

Boverkets Byggregler (BBR-99) hänvisar till svensk standard SS 02 52 67 där ljudkraven för bostäder och rekommendationer för övriga byggnader idag finns samlade. Från och med 1:sta januari 1999 gäller ljudkraven från 50 Hz när det gäller bostäder. Innebörden av detta är att flera lätta bjälklag som tidigare var godkända nu ej klara ljudkraven.

Det lätta bjälklagets grundkonstruktion (konstruktionen utan undertak och golvbeläggning) måste först och främst klara av ljud vid låga frekvenser. Bjälklagshöjd och styvhet är bl.a. två parametrar som påverkar detta.

Undertakets vikt och avstånd till bjälklag samt hur det är upplagt till bärande konstruktion är parametrar som påverkar ljudet. Fritt upplagt eller punktfästat undertak har stor betydelse för ljudutbredningen.

Byggkeramik

Byggkeramik är ett av flera material som används som golvbeläggning inom bostadshus och bostaden. Några vanliga ställen där klinker används som golvbeläggning är i korridorer och trapphallar, hall innanför tamburdörr, bad- och toaletterum samt kök eller delar av kök. Generellt kan sägas att om ingenting görs så innehålls ej ljudkraven för bostäder.

Pågående projekt

I Umeå har vi på Ingemansson Technology AB på uppdrag av AR Bygg AB, Anders Lindgren, projekterat lätta bjälklag med klinker i hall. Utförda ljudmätningar i fält visar att konstruktionen klarar mycket högt ställda ljudkrav. I detta fall stegljudsnivåer $L'_{n,w} \leq 50$ dB och $L'_{n,w} + C \leq 50$ dB vilket motsvarar högsta ljudklassen, klass A, enligt SS 02 52 67.

SLUTSATSER

Som slutsats av detta arbete kan vi dra att vi är på god väg att få en sammanhängande bild av ljudproblematiken för golv med keramiska golvbeläggningar. Christian har visat att det finns ett antal olika alternativ för stegljudsisolering på marknaden idag. Han har också beskrivit den teoretiska delen mycket utförligt. Vi kan nu gå vidare med de förslag som föreligger se hur branschen ska kunna enas om ett gemensamt beskrivnings- och provningssätt för ljuddämpningskonstruktioner.

Det har i arbetet visats olika mekaniska provningsmetoder för ljuddämpningssystem. Utifrån dessa förslag kan vi i nästa delmoment enas om en metod för att få en gemensam och liktydlig bedömning av olika systems beteende.

Sammanfattningsvis tycker jag att vi kan enas om att vi kan gå vidare med den andra delen av projektet. Där ska vi få ihop helheten så att vi kan upprätta matrisen för att underlätta projekteringen samt att utredningen förhoppningsvis ska kunna resultera i branschregler för val och utformning av keramiska golvbeläggningar med avseende på ljudisolering för olika typer av bjälklag.

//

LITTERATURFÖRTECKNING

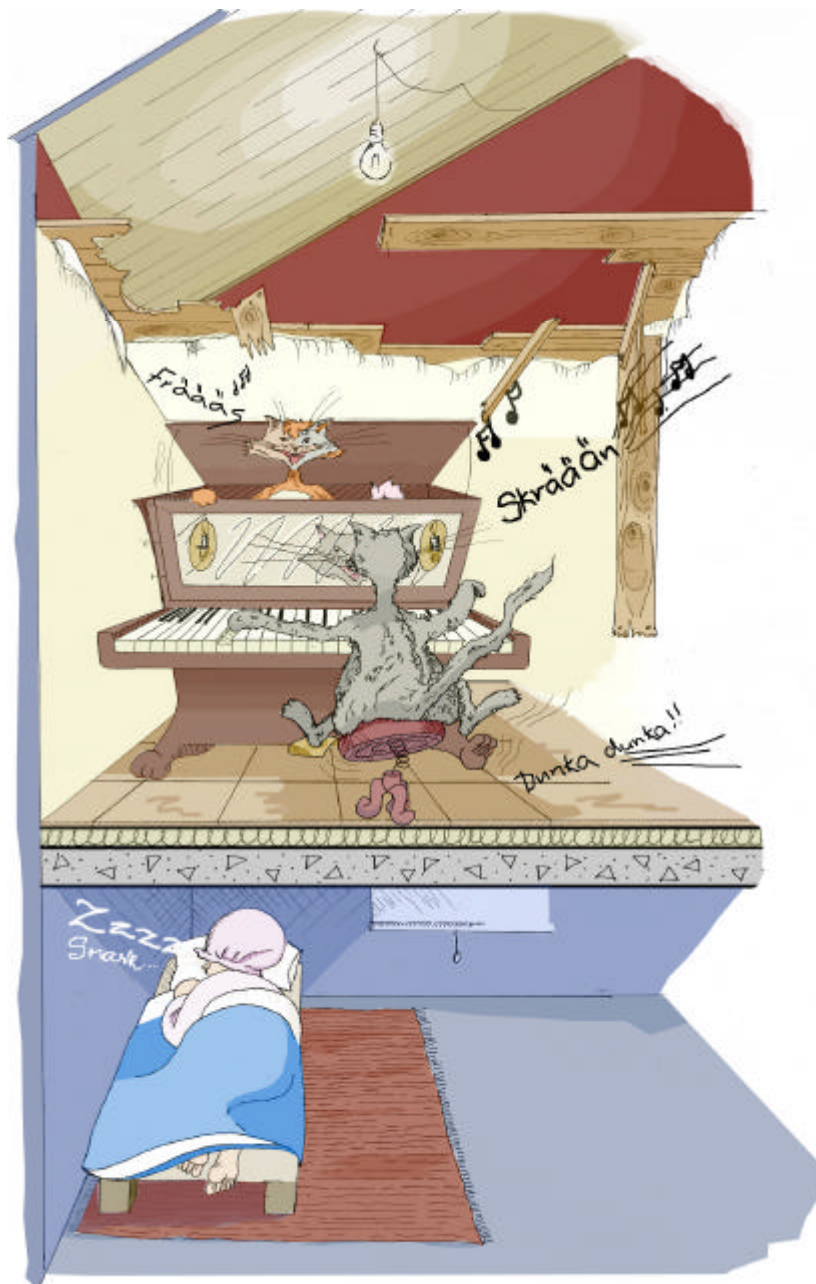
Se även bilaga 1, Christian Simmons projektdel.

Råd om ljud i hus, Björkman m.fl. Byggforskningsrådet

Akustik och buller, Andersson, Sv. Byggtjänst

Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Projektapport 1 SBUF-projekt 9096.



<u>0</u>	<u>SAMMANFATTNING</u>	<u>16</u>
<u>1</u>	<u>LJUDEGENSKAPER OCH KONSTRUKTIONER</u>	<u>18</u>
1.1	Ljudkrav	18
1.2	Ljud och ljudisolering – ljudets fortplantning i byggnad	18
1.2.1	Vad är ljud och frekvenser ?	18
1.2.2	Luftljudsisolering	19
1.2.3	Stegljudsisolering, stomljud och trumljud	21
1.2.4	Tunga bjälklag och flytande golv	22
1.2.5	Tersband, sammanfattningsvärden och vägda värden	24
1.2.6	Ljudkrav enligt BBR (1999) och SS 02 52 67	26
1.2.7	Mätningar	28
1.3	Befintliga lösningar	30
1.3.1	Deitermann SDS Montapaneel	30
1.3.2	Mira Silent Step	30
1.3.3	Mapei	30
1.3.4	Optisol	30
1.3.5	TM Progress	30
1.3.6	Danogips/Gullfiber	30
1.3.7	ThermIsol	30
1.3.8	Övriga produkter	31
1.3.9	Platsbyggda konstruktioner	31
1.4	Dimensioneringsvägledning	31
1.4.1	Material i elastiska skikt	32
1.4.2	Bärlager	32
1.4.3	Dämpning vid olika frekvenser	32
1.5	Övriga tekniska egenskaper	33
1.6	Krav på utförande i byggnad	34
1.6.1	Allmänt	34
1.6.2	Stomljudsbyggor	34
1.7	Litteratur	35
<u>2</u>	<u>FÖRSLAG TILL KRAVSPECIFIKATION FÖR LJUDDÄMPANDE GOLV MED YTBELÄGGNING AV KERAMISKA PLATTOR</u>	<u>36</u>
2.1	Reglernas tillämpning	36
2.2	Uppfyllande av ljudklasser och myndighetskrav	36
2.2.1	Ljudkrav	36
2.2.2	Klassning av stegljudsdämpade konstruktioner	37
2.3	Konstruktionens tekniska egenskaper	37
2.3.1	Dokumentation	37
2.3.2	Standardiserade provningsmetoder	38
2.4	Projekteringsanvisning	38
2.5	Monteringsanvisning	38

Index

- 8 dB regeln, 12
absorptionsyta, 10
anpassningstermer, 13
areafaktorn, 10
BBR (1999), 14
Beräkning av vägt reduktionstal, 12
bärlager, 21
Efterklangstiden, 8
elastiska skikt, 21
elastiska skiktets styvhet, 8
 f_0 , 8, 11, 20
flankerande konstruktioner, 9
flanktransmission, 9
flytande golv, uppbyggnad, 19
flytande övergolv, 6, 8
Frekvensen, 6
frekvensområdet, 12
grundresonansfrekvensen, 8
hammarapparat, 10
Håldäckselement, 10
knutpunktsdämpning, 9
Ljud, 6
ljudets fortplantning, 6
Ljudisolering, 7
ljudkrav, 6
lokaler, 14
luftljudsisolering, 12
Luftljudsisolering, 7
lågfrekvensisoleringen, 13
långtidsdeformation, 21
Massiva bjälklag, 10
medelreduktionstalet, 12
normaliserad ljudnivå, 8
normaliserad stegljudsnivå, L_n , 9
normalisering, 10
oktavband, 12
parkettresonans, 8
Primtecknet, 12
reduktionstal, 7
råbjälklaget, 8
sammanfattningsvärde, 12
SS 02 52 67, 14
SS 02 52 68, 14
SS-EN 12354, 10
standardiserad beräkning, 10
stegljud, 9
stegljudsdämpande material, 7
Stegljudsisoleringen, 9, 13
stegljudsklassade golvbeläggningar, 7
Stegljudsnivån, 9
stomljud, 9
tersband, 12
tredjedelsoktavband, 12
Trumljud, 9
vägda tal, 12
vägt reduktionstal i byggnad, 12
ytvikt, 8

0 Sammanfattning

Uppdraget är från SBUF:s projektledare Bengt Persson vid NCC Teknik i Stockholm¹. Rapporten ger råd om hur luftljuds- och stegljudsdämpande golvkonstruktioner, s.k. flytande golv, kan utformas som underlag för beläggning med klinker. Sådana golvkonstruktioner kan användas för att komplettera vanligt förekommande bjälklag av massiv betong och håldäck så att man uppfyller ljudklass B och C i svensk standard för ljudklassning av bostäder och lokaler. Golvkonstruktionernas tjocklek (bygghöjd) är mellan 10 och 50 mm. Krav på bärighet och beständighet diskuteras.

Rapportdel 1 är en beskrivande text för den som vill ha regler, bakgrund till kravspecifikationen i rapportdel 2 och stöd för konstruktionsarbete. Den

- förklarar ljudtekniska begrepp och de ljudtekniska egenskaperna hos tunga bjälklag med keramiska golvkonstruktioner lagda flytande på elastiska skikt
- förklarar översiktligt hur stegljudsnivå och luftljudsisolering definieras och mäts enligt svensk och internationell standard
- ger dimensioneringsvägledning (ljud) och tips på hur stegljudsdämpande system kan byggas upp.
- redovisar vilka stegljudsdämpande system för keramiska golvbeläggningar som vi funnit på den svenska marknaden idag
- pekar på andra tekniska egenskaper som måste säkerställas för att uppfylla myndighetskrav och marknadskrav.

Avsnittet inleds med en allmän bakgrund om ljud. Vägledningen visar på sådant som man bör tänka på vid projektering och montering för att utnyttja det flytande golvets egenskaper väl. Kunskaper krävs för att upptäcka problem tidigt och undvika fel som är kostsamma eller omöjliga att rätta till i efterhand. Man bör räkna med att återförsäljare och montörer måste utbildas, vilket kräver att ett genomarbetat material kan presenteras. Rapporttexten kan användas som underlag för detta.

Rapportdel 2 är disponerad så att den kan fungera som branschregler (när den remissbehandlats). Dessa regler kan också utgöra underlag för egencertifiering eller tredjepartscertifiering. Följande delar ingår.

- Konstruktionens uppbyggnad och benämning
- Redovisning av tekniska egenskaper: stegljudsklass, stegljudsförbättring, vägd stegljudsförbättring samt data i tersband för beräkning av stegljudsnivå i byggnad, dito, luftljudsisoleringsförändring, bärighet, deformation (BKR 99).

¹ enligt möten 2000-03-22, 04-18 och brev 05-08 med planering enligt vårt brev 04-20

-
- standardiserade provningsmetoder för respektive krav,
 - krav på projekteringsanvisning
 - krav på monteringsanvisning

Kursiverad text är sökord som sammanställs i index sid 16.

Projektets andra del – en kommentar. Vårt förslag är att de leverantörer som medverkar i projektet arbetar fram ljuddämpande konstruktioner och utformar sin produktokumentation enligt ovanstående anvisningar. Det är betungande att utveckla lösningar och vara först med att genomlöpa en certifiering, vilket motiverar att de får stöd från projektet för detta arbete. Som ett direkt resultat av den praktiska tillämpningen kan det visa sig att kravspecifikationen (branschreglerna) behöver omarbetas något.

Efter att projektets andra del genomförts finns det genomarbetade, väl förankrade branschregler och eventuellt även några konstruktioner som svarar mot byggbranschens behov av ljuddämpande keramiska golvkonstruktioner. Dessa skall uppfylla högt ställda krav på ljudegenskaper, skydd mot skada (sättningar, sprickor), yttre och inre miljöpåverkan mm.

1 Ljudegenskaper och konstruktioner

1.1 Ljudkrav

Myndigheterna ställer nya *ljudkrav* på bostadshus sedan 1999-01-01. I många fall upphandlas projekt med högre krav. Detta innebär bl.a. att ljudisoleringen i nya byggnader måste vara högre än vad man krävt tidigare. Ljudkraven specificeras i svensk standard SS 02 52 67 och –68, se nedan.

Ljudisoleringen mot steg- och luftljud mellan lägenheter (skrapljud, dunsar, musik med basljud) samt mot trapphus måste därför vara fullgod.

Betongstommar isolerar på ett naturligt sätt mot störande steg- och luftljud vid låga frekvenser. De leder emellertid steg- och stomljud vid högre frekvenser (se nedan). Därför måste man använda tilläggskonstruktioner, t.ex. *flytande övergolv* med god luft- och stegljudsdämpning vid medel- och höga frekvenser.

Rätt konstruerade och monterade i byggnad ger flytande övergolv förbättrad luftljuds-isolering och sänkt stegljudsnivå jämfört med ett massivt bjälklag. Förbättringen erhålls till låg kostnad och lägre vikt än om samma förbättring skulle åstadkommas med en pågjutning av bjälklaget. Förutsättningen är att övergolvet inte låses fast mot stommen utan kan röra sig fritt utan stum kontakt med byggnadsstomme och installationer. Höga krav måste ställas på utförandet för att avsedd ljuddämpning skall erhållas med en given konstruktion i byggnad.

1.2 Ljud och ljudisolering – ljudets fortplantning i byggnad

Nedan ges korta beskrivningar av vanligt förekommande termer inom byggnadsakustiken. Boken Akustik & Buller av Johnny Andersson ger en allmän översikt.

1.2.1 Vad är ljud och frekvenser ?

Ljud är störningar i det atmosfäriska lufttrycket som breder ut sig med cirka 340 m/s. Störningarna uppträder som små över- och undertryck relativt det atmosfäriska trycket. Örats trumhinna följer tryckväxlingarna och påverkar via rörliga ben i mellanörat tryck känsliga hörselceller i innerörat (snäckan).

Illustration: Prova att hålla upp ett vanligt A4-ark nära munnen och tala högljutt nära arket. Luftljudet får arket att vibrera, känslan i fingertopparna räcker för att "känna" ljudet. På samma sätt fungerar örat.

Frekvensen påverkar hur ljudet låter. Vanliga ljud i byggnad (fläktbuller, musik, tal) är oftast sammansatta av olika ljud med både höga och låga frekvenser. Med frekvens

avses antalet svängningar per sekund och enheten är Hz (Hertz). Örat är som känsligast för röster som ligger i intervallet 300-3000 Hz. Nyare TV, radio- och musikanläggningar kan ge höga ljudtrycksnivåer ända ned till 50 Hz. Då krävs det bra ljudisolering för att undvika att grannarna störs.

Frekvensområdet för stegljud beror på byggnadsstommen och övergolvet. Utan något stegljudsdämpande material på ett massivbjälklag eller håldäck tränger höga frekvenser igenom och man hör ett hårt ”klappande” ljud i angränsande lägenheter när någon går med hårda skor, ”skrapljud” om man drar ut en stol etc. Med elastiska skikt dämpas de höga frekvenserna effektivt men de låga frekvenserna tränger fortfarande igenom. Stegljudet låter då mera som ”dunsar”. Tunga övergolv (betong) med keramiska beläggningar på elastiska mellankonstruktioner dämpar stegljud effektivt utom vid de allra lägsta frekvenserna. Med tunna skikt blir ljuddämpningen ringa vid låga frekvenser och ger ungefär samma dämpning som enklare *stegljudsklassade golvbeläggningar* (t.ex. plastmattor med skumbaksida och flytande parkettgolv på tunna skikt). Se figur 2.

1.2.2 Luftljudsisolering

Ljudisolering används ofta i betydelsen luftljudsisolering men är ett samlingsnamn för luft- och stegljudsisolering.

Luftljudsisolering definieras som skiljekonstruktionens förmåga att reducera ljud som når konstruktionen via luften. Som måtetal används begreppet *reduktionstal*, R , som mäts i dB (decibel). Reduktionstalet varierar med frekvensen. Som sammanfattningsvärde används vägt reduktionstal i byggnad, R'_w , respektive i förekommande fall $R'_w + C_{50-3150}$ som utvärderas enligt SS-EN ISO 717-1. Se vidare i avsnitt 1.2.5.2 och tillhörande figur 3.

Naturliga luftljudkällor kan vara högröstade personer eller högtalare i radio- och TV-apparater. Luftljudstransmission kan ske direkt genom ett byggnadselement, genom flankerande konstruktioner, genom ventilationskanaler eller p.g.a. ett ofrivilligt läckage i skarvar och springor. Ett högt värde på luftljudsisoleringen innebär bra ljudisolering. Storleken på den gemensamma skiljekonstruktionen och rummets ljudabsorberande inredning inverkar på den ljudnivåskillnad som erhålls. Standarden SS-EN 12354 kan användas för beräkna ljudisoleringen med hänsyn till planlösning och flankerande konstruktioner.

Efterklangstiden T anger hur lång tid det tar för ljud att klinga ut i ett rum och används bl.a. som ett mått på rummets ljudabsorption.² Efterklangstiden mäts för att korrigera uppmätt ljudnivå i mottagarrummet till den inverkan man får av en ”normal” rumsinredning. Korrigeringen möjliggör mätningar i omöblerade rum. Resultatet benämns *normaliserad ljudnivå* eller ljudnivåskillnad. Se vidare avsnitt 1.2.3.

1.2.2.1 *Luftljudstransmission direkt genom väggar och bjälklag*

Ljudkällan ger ljudvågor i ”sändarrummet”, vars tryckväxlingar verkar på bjälklaget och skapar vibrationer i detta. Det vibrerande bjälklaget strålar i sin tur ut ljud i ”mottagarrummet”. Ett tyngre bjälklag ger större masströghetskrafter och får lägre vibrationshastighet. *Luftljudstransmissionen* minskar med ökande tyngd och ljudisoleringen förbättras därmed. Ljudisoleringen ökar med ökande frekvens.

1.2.2.2 *Förändring av luftljudsisolering med flytande golv*

Luftljudsisoleringen påverkas av ett *flytande övergolv*. Vid låga frekvenser följer övergolvet *råbjälklaget* och ljudisoleringen påverkas i ringa grad. Vid frekvenser nära *grundresonansfrekvensen* (f_0) försämras normalt luftljudsisoleringen på grund av stora rörelser i övergolvet. (Jämför centrifugens ”kritiska varvtal” där trumman skakar mer än vid högre varvtal.) Såväl luftljuds- som stegljudsisoleringen påverkas negativt av grundresonansen. Mellan två rum på gemensam platta belagda med flytande golv på tunna skikt får man dubbel försämringseffekt, varför någon form av knutpunktsdämpning måste införas i stommen för att blockera denna transmissionsväg. Detta benämns ibland för ”*parkettresonans*” och är ett vanligt problem i sammanbyggda småhus. Vid högre frekvenser förbättrar det flytande golvet luftljuds- och stegljudsisoleringen.

Tunga övergolv på ett tjockt elastiskt skikt kan användas för att undvika detta problem. Om produkten av *ytvikt* (kg/m^2) i bärlager/klinker och det elastiska skiktets tjocklek (m) är större än 2 hamnar grundresonansfrekvensen under 50 Hz. Sådana konstruktioner ger mycket hög tilläggsisolering. Det *elastiska skiktets styvhet* (E -modul) bör inte överstiga 0,2 MPa (dynamisk styvhet) för att denna tumregel skall gälla. Ofta måste man välja tunnare och lättare lösningar, t.ex. i renoveringsobjekt. För styvare material kan dimensionering enligt nedan göras.

Vibrationerna i ett flytande övergolv omvandlas till värme (mekaniska förluster) och går inte ned i stommen i samma omfattning som när ljudkällorna verkar direkt på bjälklaget. Byggnadsstommen strålar därför ut mindre ljud i angränsande rum. Valet av material för det elastiska skiktet inverkar på de mekaniska förlusterna.

² Efterklangstiden T (sekunder) definieras som den tid det tar för ljudtrycksnivån i ett rum att sjunka 60 dB sedan ljudkällan stängts av. T (s), är ett måttetal på hur stor ljudabsorptionen är i rummet. Efterklangstiden ökar med rumsvolymen och minskar med ökande ekvivalent ljudabsorptionsarea. Mätning utförs enligt SS 02 52 64.

1.2.2.3 *Flanktransmission genom skiljeväggar och bjälklag*

Resultatet i färdig byggnad kan bli sämre än förväntat utan att det är fel på bjälklaget eller det flytande golvet. Om *flankerande konstruktioner* (anslutande) har väsentligt sämre reduktionstal än skiljekonstruktionen kan ljudet "läcka förbi" denna. Detta kallas *flanktransmission*³. Exempel är sandwich-element eller lätta fönsterbröstningar som går obrutna förbi knutpunkten mellan vägg och bjälklag. Ett annat exempel är den ovan nämnda parkettresonansen som även uppträder i andra lätta skivkonstruktioner. I nedpendlade undertak med små luftspalter får man samma problem. För att spärra flanktransmissionsvägarna försöker man normalt ordna med *knutpunktsdämpning*, t.ex. genom att armera upplagen mot skiljekonstruktionen och de anslutande väggarna, alternativt låta skiljekonstruktionen bryta av de flankerande delarna. I sammanbyggda småhus skall man alltid försöka ordna med en avskiljning av bottenplattan. I händelse av avvikelse från projekterat värde bör man alltid undersöka eventuell förekomst av flanktransmission. Särskild intensitetsmätteknik och/eller provisoriska avskärmningar kan användas för att avgöra om det flytande golvets funktion är den avsedda.

1.2.3 Stegljudsisolering, stomljud och trumljud

När en ljudkälla verkar mekaniskt på ett bjälklag eller en annan byggnadsdel och ljudet registreras i annat rum (t.ex. under eller vid sidan av det rum störningen finns i) kallas detta *stegljud* respektive *stomljud* beroende på vilken ljudkälla som avses.

Stegljudsisoleringen avgör hur gångtrafik, stötar och slag mot golv i ett rum hörs i närliggande rum. Den beror i huvudsak på bjälklagskonstruktionen inklusive ljuddämpande golv och beläggning. *Stegljudsnivån* definieras som ljudtrycksnivån i ett angränsande utrymme från en standardiserad stegljudsapparat (hammarapparat) som hamrar på ett bjälklag. Se figur 1. Som måtetal används begreppet *normaliserad stegljudsnivå*, L_n , som mäts i dB (decibel). Den normaliserade stegljudsnivån varierar med frekvensen. Som sammanfattningsvärde används vägd normaliserad stegljudsnivå i byggnad, $L'_{n,w}$, respektive i förekommande fall $L'_{n,w} + C_{50-2500}$ som utvärderas enligt SS-EN ISO 717-2.

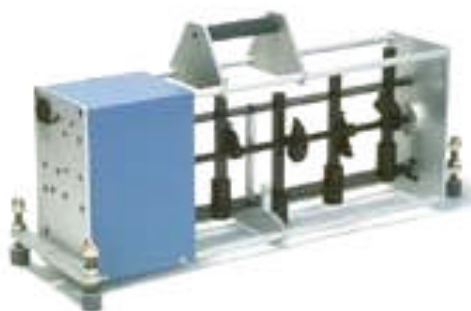
Naturliga stegljudskällor som verkar direkt på bjälklag eller ett övergolv är t ex steg från gående personer, föremål som tappas på golvet, vagnar som rullar eller möbler som flyttas. *Trumljud* betecknar det ljud som uppkommer i det egna rummet vid ovanstående aktiviteter. Lätta skivgolv på regler eller tunna elastiska skikt kan ge besvärande trumljud, t.ex. i kontorslandskap. Tunga övergolv, ev. limmade med viskoelastiska ("sega") dämpskikt ger normalt låga trumljudsnivåer. Tunga skivor är effektiva därför att deras masströghet motverkar stöten (jämför med att spika i en läkt med och utan en tegelsten bakom som mothåll). Mineralull och viskoelastiska polymermaterial

³ Flanktransmission definieras som att luftljud och stegljud passerar skiljekonstruktionen via vibrationer i angränsande konstruktioner. Ibland räknas även springläckage in i begreppet, t.ex. i genomföringar eller otäta anslutningar.

dämpar vibrationerna genom förluster (de omvandlar deformationer till värme, jämför med bilens stötdämpare bredvid fjädrarna).

Köksmaskiner, tvättmaskiner, pumpar o.dyl. kan ge störkrafter i bjälklag som fortplantar sig i stommen, man talar då om stomljud. Flytande golv bör utformas för att isolera mot vanligt förekommande stomljudskällor.

Figur 1. Standardiserad stegljudsapparat (hammarapparat) fabrikerad av Norsonic. Den används för mätning av stegljudsnivå och skall utformas enligt anvisning i mätstandarden SS-EN ISO 140-7⁴.



Ett lågt värde på stegljudsnivån innebär bra stegljudisolering. Mättrumets möblering inverkar på stegljudsnivån, man räknar därför om stegljudsnivåerna till en möblering motsvarande 10 m² effektiv *absorptionsyta* i rummet (benämns *normalisering* till 10 m² Sabine⁵). Se avsnitt anpassningstermer.

1.2.4 Tunga bjälklag och flytande golv

1.2.4.1 Råbjälklagets egenskaper

Massiva bjälklag (råbjälklag) har en stegljudsnivå som är nästan konstant för alla frekvenser när det bearbetas av den standardiserade hammarapparaten. Vid höga frekvenser ökar stegljudsnivån något. *Håldäckselement* har normalt hög styvhet och samverkan mellan elementen och ger då god dämpning av lågfrekventa stegljud. Vid högre frekvenser försämras samverkan mellan plattorna och stegljudsnivån ökar markant. Som en approximation kan man räkna med att råbjälklagsnivån för håldäck motsvarar nivån för ett massivbjälklag med samma massa per ytenhet, dock måste hänsyn tas till att den stegljudsdämpande golvbeläggningen måste ha god högfrekvensdämpning. Om håldäck inte avjämnas försämras samverkan och de högfrekventa stegljudsnivåerna ökar ytterligare. Kraven på dämpning i det flytande golvet måste skärpas i motsvarande grad.

Ljudisoleringen bestäms inte entydigt av bjälklagstjocklek och material. Arean och samverkan med andra tunga byggnadsdelar inverkar i väsentlig utsträckning (approximativt +/- 3 dB), man talar om *areafaktorn* eller ”stora-platteffekten”.

⁴ Se figur 1. Hammarapparaten innehåller 5 st stålcyllindrar á 0,5 kg som lyfts av en kamaxel och släpps mot bjälklaget i tät följd (2 ggr/sekund/cylinder). Den placeras på golvet i ett bestämt antal positioner och det logaritmiska medelvärdet av ljudtrycksnivåerna *L* mäts upp i rummet under eller i angränsande rum.

⁵ Normalisering tillämpas även på ljudnivåer från installationer och ljudnivåskillnad i ventilationsdon.

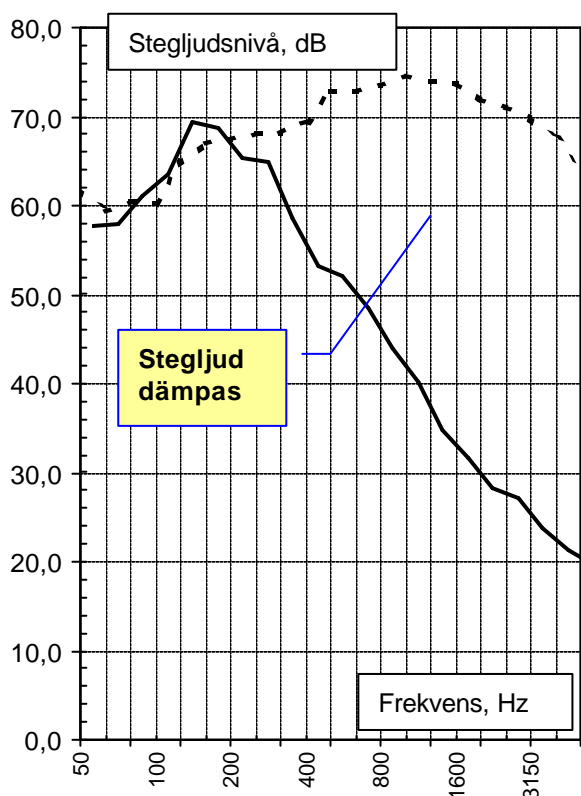
Projekteringsanvisningar bör lämna rekommendation om att en *standardiserad beräkning* enligt SS-EN 12354 görs i såväl vertikal som horisontell led för att ge en uppskattning av resulterande ljudisolering i alla kritiska rumskombinationer⁶. I beräkningsprogrammen bygger man enkelt upp en stommodell med vägg- och bjälklagselement från databaser.

1.2.4.2 Stegljudsdämpande golvbeläggningar och övergolv

Normalt bör tillverkare av golvbeläggningar och övergolv redovisa produkternas stegljudsklass. Klassningen av golvbeläggningars stegljudsdämpning skall göras enligt SS 02 52 67 bilaga B, baserad på uppmätt vägd stegljudsdämpning ΔL_W enligt SS-EN ISO 140-8. Ljudisolering bör även redovisas i tersband 50-3150 Hz för att möjliggöra beräkningar av stegljudsnivå och luftljudisolering i färdig byggnad (råbjälklag, övergolv, anslutande byggnadsdelar) enligt SS-EN 12354.

Mätning av stegljudsförbättring enl. SS-EN ISO 140-8 görs på ett tunt referensbjälklag (av 10-16 cm planslipad betong som ligger elastiskt upplagt i en öppning mellan två mätrum i ett laboratorium). I byggnader förekommer många typer av bjälklag och dessa sitter fast förankrade i resten av stommen. Förändringen av luft- och stegljudsisoleringen för en given övergolvskonstruktion blir dock relativt likartad mellan en laboriemätning och fältmätning enligt SS 02 52 69. Ett exempel på mätresultat med ett flytande övergolv anges i figuren.

Figur 2. Exempel på mätresultat som visar stegljudsnivåer för råbjälklaget (streckad) resp. med ett flytande övergolv (heldragen). Vid låga frekvenser (horisontell axel) är dämpningen ringa (vertikal axel), vid höga frekvenser dämpar golvet stegljudet effektivt. Grundresonansen f_0 är 125 Hz.



Observera att klassningen av golvbeläggningar bara gäller vid läggning på ett betongbjälklag. Man kan **inte** beräkna dämpningen med ett flytande golv på ett lätt skivgolv genom att räkna av ΔL_W från den vägda stegljudsnivån för skivgolvet. Förbättringen blir ofta endast 2-4 dB. Detta sammanhänger med att lätta skivgolv inte

⁶ Hörnrum som stängs inne av tunga mellanväggar, gemensam bottenplatta under sammanbyggda småhus, vardagsrum med lång gemensam skiljevägg (öppen planlösning) är några exempel på kritiska fall som kan beräknas noggrant enligt standardmetoden.

ger samma ”mothåll” för golvbeläggnings fjäderelement som det massivbjälklag som används vid laboriermätningar. Dessutom dämpas höga frekvenser redan av det lätta bjälklaget.

1.2.5 Tersband, sammanfattningsvärden och vägda värden

1.2.5.1 *Tersbandsanalys - frekvensuppdelning i mätningar*

För att beskriva frekvensinnehållet i ett ljud delas frekvensaxeln in i *oktavband* eller *tredjedelsoktavband* (*tersband*). Man mäter numera normalt i *frekvensområdet* 50 - 3150 (5000) Hz inom byggnadsakustiken, tidigare endast i området 100-3150 Hz. Mätvärden i tersband behövs för detaljerade akustiska beräkningar enligt SS-EN 12354. I krav, normer m.m. används dock enklare sammanfattningsvärden eftersom det är opraktiskt att redovisa värden i frekvensband. Därmed tappar man självfallet en del information som ofta behövs bl.a. i projekteringsskedet.

1.2.5.2 *Sammanfattningsvärden*

Tidigare använde man *medelreduktionstalet*, d.v.s. medelvärdet av tersbandsvärdena, som ett *sammanfattningsvärde* för ljudisoleringen. Numera använder man så kallade *vägda tal*. Dessa utvärderas enligt standarden SS-EN ISO 717.

Ett vägt värde markeras med ett index w (för engelskans *weighted*). För *luftljuds-isolering* (se nedan) används sammanfattningsvärdet R'_w som betecknar *vägt reduktionstal i byggnad*. *Primecknet* markerar att värdet kommer från mätning i byggnad. Värde utan primecknen avser resultat från laboriermätningar. R'_w och R_w utvärderas från 16 tersbandsvärden i frekvensområdet 100-3150 Hz.

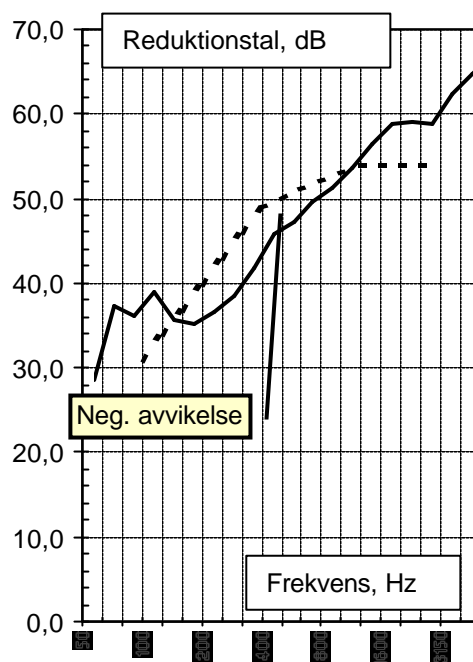
Beräkning av vägt reduktionstal: Se figur 3. Referenskurvan flyttas uppåt 1 dB i taget tills summan av de negativa avvikelserna (jämfört med referenskurvan) når så nära som möjligt men inte överstiger 32,0 dB. Referenskurvans värde vid 500 Hz är lika med det vägda reduktionstalet. Tidigare tillämpade man i Sverige (NR 1988, BBR94) den s.k. *8 dB regeln*, en tilläggsregel som sa att man inte fick skifta referenskurvan uppåt om största ogynnsamma avvikelse mellan mätkurva och referenskurva blev större än 8,0 dB. Det vägda värdet betecknades då med $R'_{w,8}$.⁷ Syftet med 8-dB regeln var att skärpa kravet, främst vid låga frekvenser. I BBR99 och SS025267 har 8 dB regeln utgått, istället används s.k. anpassningstermer, se nästa avsnitt.

Mätning utförs enligt SS-EN ISO 140-4 och SS 02 52 69. Se avsnittet om mätningar.

⁷ I ännu tidigare byggnormer (SBN80 och dess föregångare) användes sammanfattningsvärdet I_a (luftljudsindex). Det gäller följande samband: $R'_{w8} = (I_a \text{ eller } I_a - 1 \text{ dB})$. Mellan R'_w och I_a finns inte något enkelt samband mer än att $R'_w \geq I_a$.

Figur 3. De mätta reduktionstalen (vertikal axel, heldragen linje) vid 16 frekvenser (horisontell axel, 100-3150 Hz) jämförs med en referenskurva (streckad linje).

Luftljudsisoleringen försämras i området 125-200 Hz på grund av resonans i det aktuella flytande övergolvet.



Beräkningsproceduren kan förefalla komplicerad, men den motiveras av att stor hänsyn tas till brister i konstruktionens ljudegenskaper. Höga värden vid några frekvenser kompenserar inte brister vid andra frekvenser. Det vägda reduktionstalet korrelerar därför bra till den subjektivt upplevda ljudisoleringen i byggnad.

Stegljudsisoleringen anges med sammanfattningsvärdet⁸ vägd normaliserad stegljudnivå $L'_{n,w}$. Utvärderingen är snarlik den som görs för R'_w . Referenskurvan flyttas dock nedåt, låga värden på $L'_{n,w}$ är fördelaktiga. Om 8 dB regeln tillämpas skriver man $L'_{n,w,8}$. Se vidare i SS-EN ISO 717 del -2.

1.2.5.3 Anpassningstermer – straff dB för dålig lågfrekvensisolering

Man utvärderar numera även *anpassningstermer* (C och C_i) inom det utvidgade frekvensområdet 50-5000 Hz i laboratorium (21 st frekvensband), 50-3150 Hz när det gäller mätningar i byggnad. Anpassningstermerna som definieras i SS-EN ISO 717 del 1 och 2 är avsedda att komplettera med information om *lågfrekvensisoleringen* som man ibland anser undervärderas av R'_w och $L'_{n,w}$.

Krav inklusive anpassningstermer skrivs enligt SS-EN ISO 717

- $R'_w + C_{50-3150} \geq 56$ dB respektive
- $L'_{n,w} + C_{i50-3150} \leq 54$ dB

⁸ I tidigare byggnormer (SBN80 och dess föregångare) arbetade man med sammanfattningsvärdet I_i (stegljudsindex) vilket numera har ersatts helt av vägd stegljudnivå $L'_{n,w}$ och anpassningsterm C_i . Oftast gäller följande samband mellan dessa båda index: $L'_{n,w8} = I_i - 5$ dB, osäkerheten är +/- 1 dB.

Man kan betrakta termerna C och C_i som ett slags "straff-dB" för dålig lågfrekvensisolering. Negativa C_i termer tillgodoräknas inte i SS 02 52 67 och -68.

1.2.6 Ljudkrav enligt BBR (1999) och SS 02 52 67

1.2.6.1 *Allmänt*

Sedan 1 januari 1999 gäller den nya byggnormen *BBR (1999)* från Boverket för bostäder. I denna ställs krav på begränsning av luftljud och stegljud enligt ljudklass C i svensk standard *SS 02 52 67* utg. 2:1998. Dessutom anges att noterna i tabell 4.1 och 4.2 skall uppfyllas, dessa anger att anpassningstermerna C och C_i i det utvidgade frekvensområdet 50-3150 Hz skall användas. I gengäld har 8 dB regeln tagits bort. Man kan därför inte säga att de nya ljudkraven generellt lett till skärpningar, inverkan av ändringen beror på vilken konstruktion som avses.

I standarden sägs i inledningen:

"Standarden klassindelar krav som bör ställas på luftljudsisolering, stegljuds isolering, ljudnivå inomhus från installationer, ljudnivå inomhus från trafik, ljudnivå vid uteutrymmen samt efterklangstid i olika typer av byggnader. De olika kraven delas in i fyra klasser. Klass A är den bästa och klass D den sämsta klassen. De minimikrav som idag tillämpas av myndigheter och konsulter finns i klass C. Förslagen i bilagorna är endast vägledande och kan ej användas för klassning.

SS 02 52 67 ANM 1 - Kraven i klass C säkerställer att en majoritet av användarna inte är störda. Genom att tillämpa de bättre klasserna kan andelen störda minskas. Den lägre klassen D gör det möjligt att klassindela även äldre bostäder som av olika skäl inte kan uppfylla klass C, t.ex i samband med ombyggnad"

Senare studier har visat att ljudklass C sannolikt ställer något för låga krav för att man skall uppnå ljudförhållanden som accepteras allmänt i nya bostadshus. Flytande keramiska golv bör därför i normalfallet (nybyggnad) utformas för att uppfylla ljudklass B (4 dB strängare än minimikraven). Tunna konstruktioner efterfrågas vid ombyggnad eller då det finns särskilda skäl finns som motiverar en lägre klass. Ljuddämpningen i tunna flytande golv kan uppfylla kraven i sådana fall. Man skall vara medveten om att kraven på produkter och arbetsutförande i högre ljudklasser måste skärpas jämfört med utförande för lägre ljudklasser.

För *lokaler* (hotell, vårdbyggnader, skolor, daghem, kontor) finns en ny ljudklassningsstandard *SS 02 52 68*. Uppbyggnaden är snarlik *SS 02 52 67*, i flera fall används dock bara tre klasser.

Stadsbyggnadskontoren (eller motsv.) i respektive kommun kan ställa egna krav i byggsamråd. Byggherren kan också ställa egna ljudkrav.

1.2.6.2 Ljudkrav enligt ljudklassningsstandard SS 02 52 67

I tabellerna nedan anges krav på luftljudsisolering och stegljudsnivå. Standarden ställer också krav på begränsning av trafikbuller och efterklangstid för de olika ljudklasserna. Numrering följer SS 02 52 67 kap. 4.

Tabell 4.1 – Luftljudsisolering.

Minsta värden för vägt reduktionstal, R'_w eller $R'_w + C_{50-3150}$.

Utrymme	Klass A $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	Klass B $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	Klass C R'_w (dB)	Klass D R'_w (dB)
Mellan lägenhet och utrymmen utanför lägenhet,	60	56	52 ¹⁾	48
dock mellan loftgång och lägenhet samt mellan trapphus/korridor och hall (eller motsvarande avskiljbara utrymme) innanför tamburdörr.	48	44	39 ¹⁾	36
Inom lägenhet med fler än 2 rum. Mellan minst ett rum och bostadens övriga rum/kök.	44	40	-	-

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{50-3150}$, används också i klass C. Om termen används skall samma gränsvärde tillämpas. (Denna not skall tillämpas enligt BBR 99.)

ANM 1 – Klassindelningen är inte tillämplig i extrema situationer av typen "musiklokal under bostad". I dylika fall kan även klass A vara otillräcklig. En särskild dimensionering bör utföras så att kraven på högsta ljudtrycksnivå i tabell 4.3 klass B uppfylls.

ANM 2 – Beträffande dörrars ljudisolering ges vägledning i bilaga A. I klass C bör man välja en dörr i minst Klass R'_w 35 dB mot en hall i lägenhet. För lägenheter med bostadsrum direkt mot trapphus gäller första raden i tabell 4.1. Man bör välja en dörrkonstruktion i minst klass R'_w 50 dB. Hur man räknar ut det resulterande reduktionstalet hos en skiljekonstruktion som är uppbyggd av olika byggdelar med olika reduktionstal visas i bilaga F.

Tabell 4.2 – Stegljudsisolering. Högsta värden för vägd normaliserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$ eller $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$.

Utrymme	Klass A $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$ (dB)	Klass B $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$ (dB)	Klass C $L'_{n,w}$ (dB)	Klass D $L'_{n,w}$ (dB)
I bostadsrum från utrymme utanför lägenhet,	50	54	58 ¹⁾	62
dock från trapphus, korridor eller loftgång.	56	60	64 ¹⁾	68
Inom lägenhet. Till ett av flera bostadsrum.	64	68	-	-

Utrymme	Klass A $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	Klass B $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	Klass C $L'_{n,w}$ (dB)	Klass D $L'_{n,w}$ (dB)
1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{1,50-2500}$, används också i klass C, på samma sätt som i klasserna A och B. Om termen används gäller gränsvärdet således både för $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$. (Denna not skall tillämpas enligt BBR 99.)				

ANM 4 – Beträffande stegljudsdämpning för övergolv och golvbeläggningar ges vägledning i SS 02 52 67 bilaga B.

1.2.7 Mätningar

1.2.7.1 Metoder

I ljudklassningsstandarderna SS 02 52 67 utg. 2:1998 hänvisas till aktuella mätmetoder för kontroll av överensstämmelse med kraven. Det betyder att kraven gäller inklusive den mätosäkerhet som kan förväntas med respektive mätmetod. Man måste alltså ha lite marginal vid projektering av konstruktioner för att inte riskera genomtramp i en viss andel av byggnadskonstruktionerna.

Stadsbyggnadskontoren (eller motsv.) i respektive kommun kan ställa egna krav på omfattning och redovisning av kontrollmätningar för att man skall få slutbevis.

Mätning bör utföras av kvalificerad personal med kalibrerad utrustning som uppfyller kraven i standarderna. Företag som ackrediterats av SWEDAC uppfyller alla relevanta krav.

I SS 02 52 67 används följande mätmetoder:

1. SS-EN ISO 140-4 Byggakustik – Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement – Del 4: Fältmätning av luftljudsisolering mellan rum. Utg. 1 1999, översättning till svenska av EN ISO 140-4:1998⁹
2. SS-EN ISO 140-7 Byggakustik - Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement - Del 7: Fältmätning av stegljudsisolering hos golv (ISO 140-7:1998)
3. SS-EN ISO 717-1 Byggakustik – Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar – Del 1: Luftljudsisolering. Utg. 1 1997, översättning till svenska av EN ISO 717-1:1996
4. SS-EN ISO 717-2 Byggakustik – Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar – Del 1: Stegljudsisolering. Utg. 1 1997, översättning till svenska av EN ISO 717-2:1996

⁹ Under hösten 2000 kom en ny svensk standard SS 02 52 69 som ger kompletterande mätanvisningar till SS-EN ISO 140 del 4 och 7. Denna anvisas i SS 02 52 68 och bör normalt tillämpas även till SS 02 52 67.

För att prova stegljudsdämpning med en viss flytande golv-konstruktion kan man använda en mindre skiva direkt under stegljudsapparaten, omkring 0,8x1 m har visat sig fungera bra praktiskt. Minst 3 positioner skall användas för hammarapparaten om man låter skivan ligga fixt på bjälklaget och jämför olika elastiska skikt (snabbtest). Om man vill prova en färdig konstruktion noggrannare flyttar man både skiva och det elastiska skiktet och mäter i minst fem positioner på bjälklaget. Hammarapparaten ben skall stå stabilt. Man kan variera dess läge ovanpå skivan något mellan bjälklagspositionerna, dock inte nära skivans kanter. Dr. Alf Warnock vid det kanadensiska forskningsinstitutet NRC har jämfört sådana prover med fullskaleprover och funnit att resultaten blir jämförbara med fullskaletester¹⁰. För produktutveckling och provrum i byggnad innebär detta en betydande rationalisering genom att det elastiska skiktet kan varieras enkelt. BKR's provresultat från försöken med små provytor vid SP bör därmed vara relevanta för fortsatt utvecklingsarbete. För provning av färdig lösning bör dock fullskaletester utföras, där inverkan av olika stomljudsbygggor inräknas och påverkan på luftljudsisoleringen kan bestämmas.

1.2.7.2 Bestämning av luftljudsisolering

Luftljudsisoleringen mellan två rum bestäms genom att ta rumsmedelvärdet av ljudtrycksnivåerna i 21 frekvensband (tersband) mätt under cirka 4x30 sekunder (se ISO 140-4 och SS 02 52 69). I sändarrummet sänds kraftigt brus ut. Ljudnivåskillnaden sändarrum-mottagarrum $L_S - L_M$ beror dock även på storleken av den gemensamma skiljekonstruktionen (S) och mottagarrummets ljudabsorption (A). Genom att lägga till termen $10 \cdot \log(S/A)$ till ljudnivåskillnaden bildas reduktionstalet R' som karakteriserar skiljekonstruktionens ljudisolering per ytenhet

$$R' = L_S - L_M + 10 \cdot \log(S/A)$$

$$A = 0.16 \cdot V/T$$

Den effektiva absorptionsytan i mottagarrummet A beräknas alltså från den mätta efterklangstiden T och rumsvolymen V .

Transmission genom flankerande konstruktioner och läckage i anslutningar begränsar normalt den praktiska tilläggsisoleringen i flytande golv-konstruktioner som kan ge mycket höga reduktionstal i laboratorium. Man bör därför ta höga laborativvärden ”med en nypa salt”, speciellt vid höga frekvenser, såvida de inte omvärderats till värde i byggnad, t.ex. med hjälp av SS-EN 12354.

¹⁰ Se litteraturlista. I inledningen sägs: “An ISO test procedure measures the improvement due to a floor topping when it is placed on a concrete slab. The improvement may then be used to estimate the impact sound insulation of floors incorporating concrete slabs. This project confirmed that the ISO procedure works well and that small areas of floor topping specimens can be evaluated without serious error. The measurements showed that these improvements may not be applied to joist floors with lightweight subfloors such as plywood...Improvement ratings for a number of generic materials are provided in the report.”

1.3 Befintliga lösningar

1.3.1 Deitermann SDS Montapaneel

Deitermann marknadsför en lösning som baseras på en 6 mm polyuretanbunden matta av latexbehandlade kokosfiber. På denna läggs tunn avjämning och fästmassa. Se <http://www.deitec.se/html/index.htm>. Lösningar finns för stegljudsklass 6 och 7 (beroende på avjämningens tjocklek).

1.3.2 Mira Silent Step

Mira A/S marknadsför en lösning som baseras på avjämningsmassa ovanpå en fibermatta med oregelbunden fiberstruktur, belagd med ett tunt fibernät på ovansidan. För lastfördelning används produkten Uninet, med tråd $\varnothing 2,5$ mm lagd i 75 x 75 mm rutor.

1.3.3 Mapei

MAPEFONIC SYSTEM[®] är ett system med fiberförstärkta bitumenskivor som läggs på en elastisk kompositduk, total tjocklek cirka 10 mm. Se <http://www.mapei.com>.

1.3.4 Optisol

Optiroc har tagit fram en lösning med betong på en polymermatta (Stepisol), total bygghöjd 45 mm. Tillverkaren uppger att ljudklass B enligt SS 025267 uppnås på håldäcks- och massivbjälklag motsvarande minst 160 mm betong.

1.3.5 TM Progress

TM Progress har tagit fram lösningar med flytavjämningar baserade på naturgips eller cement (25-35 mm) som läggs ovanpå plastbelagd papp och TMs elastiska matta (2+10 mm). Ytjämnheten uppges vara tillräcklig för läggning av klinker i fästmassa.

1.3.6 Danogips/Gullfiber

Företagen har utvecklat en lösning för flytande golv baserat på 19 mm massiva golvgipsskivor som limmas med not och fjäder längs kanterna. Det elastiska skiktet består av 10 mm glasullboard (s.k. stegljudsskiva) med hög densitet.

1.3.7 Thermlsol

Isora Step stegljudsisolering. Vit elasticerad, expanderad polystyrencellplast med en sida spårad, T:30mm, avsedd som stegljudsisolering. Som stegljudsisolerande skikt mellan betongbjälklag och en armerad golvbetongplatta i bostäder och lokaler med lister av samma material som förhindrar flanktransmission. Steg- och luftljudsförbättring mätt i laboratorium (VTT). Finskt typgodkännande för den samlade konstruktionen. Thermlsol Finland OY VAMMALA

1.3.8 Övriga produkter

Ett antal produkter finns utlagda på Internet:

- JAMO Products Sound Out®, en tvåkomponentsmassa med 12 mm tjocklek som sägs kunna ge viss dämpning och tillräcklig bärrighet för klinkergolv m.m. Se vidare <http://www.jamoinc.com/prodsound.htm>.
- På <http://www.ceramic-tile-distributors.co.uk/> finns information om golv lagda på mattor av typen PROFLOOR ACOUSTIC MAT.
- TRIM Ltd erbjuder stegljudsdämpande lösningar med REDUC teknik (polymermaterial med särskild form och läggningssmetod) samt olika skivmaterial, se vidare <http://www.trimacoustics.co.uk/introduction.htm>

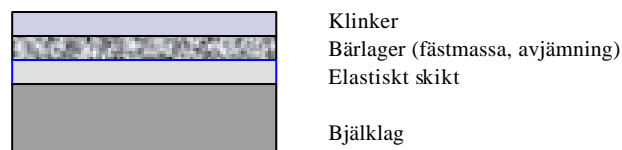
1.3.9 Platsbyggda konstruktioner

- Det förekommer att man platsgjuter 30-150 mm betong, ibland med inblandning av lättballast. Speciellt i trapphus är sådana lösningar vanliga. Det elastiska skiktet består av skummad polyetenmatta, cellplastskivor, korksmulepapp eller tunna blandskummattor. Resultatet varierar med graden av kontakt med stommen. Ibland når man ljudklass B med god marginal ($L'_{nw} + C_{i50-3150} \leq 54$ dB), men det är ganska vanligt att man inte ens klarar tidigare normers (SBN80, NR, BBR 94) stegljudskrav från trapphus. Kravet var då $L'_{nw,8} \leq 64$ dB. Erfarenheten visar att stomljuds-kontakter måste undvikas för att klara nya krav mellan lägenheter.
- Uppreglade skivgolv typ Nivell System och Granab (se <http://www.nivellsystem.se> resp. www.granab.se) innehåller erforderlig steg- och luftljudsdämpning. Beläggning med tunga yt-skikt förbättrar ytterligare ljudisoleringen och klinker kan läggas direkt på systemens skivgolv utan ytterligare elastiska skikt. Krav på bärrighet och fuktrörelser i skivgolven för att ge stabilt underlag för klinker bör ställas lika de som gäller för lätta bjälklag.

1.4 Dimensioneringsvägledning

Ett flytande golv förutsätts i nedanstående redovisning vara uppbyggd som i figur 4.

*Figur 4.
Princip för uppbyggnad av ett flytande golv på ett massivt bjälklag.*



1.4.1 Material i elastiska skikt

För att inte golvet skall kännas alltför mjukt att gå på och deformationerna under tunga möbler etc. bli besvärande bör det elastiska skiktet vara tillräckligt styvt och övergolvet vara tillräckligt tungt. E-modulen för det elastiska skiktet bör vara minst 0,5 MPa. Material som använts tidigare är mineralull, mjukgjord cellplast, poröst eller profilerat gummi samt blandskummattor eller andra polymermaterial med en densitet över 100 kg/m³. Se vidare i SP rapporten till Byggkeramikrådet. Mjuka träfiberskivor och polyetenmattor som används under skivgolv kan möjligen användas om de kompletteras på lämpliga sätt. Observera vad som sägs nedan om övriga tekniska krav, speciellt risk för sättningar (bestående sammantryckning).

1.4.2 Bärlager

Bärlagret och klinkerna bör belasta det elastiska skiktet med en ytvikt om minst 25-30 kg/m². Helst bör man lägga ut omkring 50 kg/m². Det motsvarar en sammanlagd tjocklek av klinker, fästmassa och avjämning om 12-25 mm.

Statiskt bör man räkna på bärigheten så att brottlastfallen i Boverkets konstruktionsregler (BKR) uppfylls, för bostäder 2 kN punktlast (ytterlighetsfall i rumshörn) på en cirkulär yta med 25 mm diameter. Motsvarande krav på golv i offentliga lokaler är 3,9 kN punktlast med rektangulär yta om 100mm x 100mm. En provmetod finns beskriven i den tidigare normen SBN 75 Godkännanderegler.

I bruksskedet bör man beakta krav på högsta nedböjning under gångtrafik (ca 1 kN) som inte bör överstiga 1 mm för att undvika obehaglig gångsvikt och rörelser i möbler m.m.¹¹.

1.4.3 Dämpning vid olika frekvenser

Övergolvet dämpar både luftljud och stegljud genom att det elastiska skiktet tillåter övergolvet att vibrera fritt från bjälklaget. Ljudisoleringstillskottet av det flytande golvet är ringa vid frekvenser under grundresonansfrekvensen (f_0), negativ (några dB) nära f_0 och ökar snabbt vid högre frekvenser. Se figur 2 ovan. För att uppfylla stegljudsklass 8B (som ger ljudklass B i de flesta tunga byggnadsstommar) bör f_0 inte överstiga 160 Hz. För stegljudsklass 7 räcker det med f_0 315-400 Hz. I figur 2 är f_0 ungefär 125 Hz och man ser en liten försämring vid mätning med övergolvet jämfört med mätning på enbart råbjälklaget. Motsvarande försämring av luftljudsisoleringen kan påräknas i frekvensområdet $f_0 - 1,5 f_0$, i figur 3 ser man en försämring i området 125-200 Hz.

Stegljudsisoleringen försämras ofta någon eller några dB vid grundresonansfrekvensen (beror på materialet i det elastiska skiktet, limning m.m.), men detta påverkar normalt inte den vägda stegljudsnivån för hela bjälklaget L'_{nw} .

¹¹ Möjligen kan man behöva skärpa deformationskravet ytterligare för att undvika sprickor i fogar och plattor, detta studeras av en särskild arbetsgrupp i projektet.

Grundresonansfrekvensen f_0 för ett givet elastiskt skikt och övergolv på ett tungt bjälklag (motsvarande minst 15 cm betong¹²) beräknas som

$$f_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

- där s' är den dynamiska styvheten för det elastiska skiktet som bestäms på en provbit med en kraft F (N) som verkar på en yta S (m²) och ger deformationen Δd (m), $s' = (F/S)/\Delta d$, anges i N/m³ eller N/m²/m
- för mycket porösa material och luftfyllda tomrum gäller att s' är cirka $10^5/d$, där d är elastiska skiktets tjocklek (m),
- där m' är ytvikten (kg/m²) på övergolvet som läggs ovanpå det elastiska skiktet (bärlager och klinker).

Mätmetod för att bestämma dynamisk styvhet för elastiska skikt s' anges i ISO 9052. Vid användning av tunna elastiska skikt (<10 mm) erfordras mycket tunga övergolv för att kompensera för den styva koppling som den instängda luften ger mot råbjälklaget. Ofta är luftspaltens dynamiska styvhet större än det elastiska skiktets statiska styvhet. Grundresonansfrekvensen blir därför inte lägre än

$$f_0 \approx \frac{60}{\sqrt{m'd}}$$

där m' är övergolvets ytvtikt och d luftspaltens tjocklek (det elastiska skiktets tjocklek). Formeln förutsätter läggning på ett tungt råbjälklag motsvarande minst 15 cm betong.

1.5 Övriga tekniska egenskaper

Det finns ett antal tekniska egenskaper som måste säkerställas för att uppfylla såväl myndighetskrav som kundkrav. Den viktigaste egenskapen är *långtidsdeformation* i *bärlager* och elastiska skikt. Historiskt har ett antal lösningar använts som man tvingats riva upp efter en tid på grund av sättningsskador eller oacceptabla stegljudsnivåer eller vibrationer. Det kan finnas flera skäl till att det elastiska skiktet inte behållit sin elasticitet, t.ex. att materialet inte haft tillräcklig hållfasthet eller beständighet mot kemisk påverkan. Polymerer kan bli hårda och spröda om mjukgörande komponenter flyktar eller migrerar in i övriga material. Vid användning av s.k. blandskummattor är det väsentligt att kontrollera vilka råmaterial som används vid blandning och sammanpressning. Miljön i mellanrummet kan innehålla både alkali och fukt. Denna miljöpåverkan i kombination med höga kontaktryck kan skynda på nedbrytningen.

¹² Formeln förutsätter att bjälklagets deformation är försumbar. Lätta bjälklag uppfyller inte detta villkor. f_0 blir väsentligt högre än vad formeln anger och stegljudsdämpningen minskar i motsvarande grad.

Bärighet och deformation i bärlagret måste dimensioneras med hänsyn till det elastiska skiktet det vilar på. De statiska kraven blir nära nog samma som om bärlagret vore fribärande om det elastiska skiktet är mycket eftergivligt.

En annan faktor som måste beaktas i materialvalet är inomhusmiljöpåverkande emissioner och andra miljörelaterade krav. Om besvärande lukt uppstår kommer man att få klagomål och åtgärder behöva vidtas.

1.6 Krav på utförande i byggnad

1.6.1 Allmänt

Rätt konstruerat och monterat i byggnaden ger flytande övergolv som nämnts ovan en förbättrad luftljudsisolering och sänkt stegljudsnivå jämfört med ett bart bjälklag.

Men detta ljudisoleringstillskottet är avhängigt av att övergolvprodukterna monteras rätt. Golvet måste "flyta" i äkta bemärkelse och alla "förtöjningar" utföras så eftergivliga att vibrationer inte kan överföras till stommen. Erfarenheten är dock att flytande golv ofta utförs felaktigt. Därför är det väsentligt, att både de som projekterar och de som installerar flytande golv är införstådda med att detta skall klara ett antal tekniska funktioner i samverkan.

Om en föreskriven övergolvskonstruktion skall bytas ut mot en "likvärdig" så måste det ställas krav på att ersättningsprodukten har dokumenterat likvärdiga funktioner ur alla synvinklar. Praktiska prov på byggplatsen rekommenderas så snart något i rutiner eller material förändras.

Nedan listas några vanliga orsaker till brister och fel.

1.6.2 Stomljudsbygggor

Spikning eller skruvning genom den flytande konstruktionen in i stommen är ett vanligt fel som orsakar en stomljudsbyggor (kortslutning av vibrationsisoleringen). Andra vanliga fel är att elrör, värmekablar, vattenrör o.dyl. kläms eller gjuts fast mellan bärlagret och bjälklaget. Vid gjutning av avjämning och fördelning av fästmassa spiller man material vid sidan eller tränger igenom skarvar och genomföringar i det elastiska skiktet. Stumma kontaktpunkter ger dramatiska försämringar av ljudisoleringen och leder till att golvet måste brytas upp och läggningen göras om.

Läggningsanvisningar och ritade handlingar måste visa tydligt hur installationer skall dras för att undvika kortslutning. Skruvning av skåp, WC-stol m.m. skall inte tränga igenom det elastiska skiktet. Skruvars längd måste avpassas så att de inte går mot bjälklag eller andra delar av byggnadsstomme. Lämpligt mothåll under bärlagret bör ordnas, t.ex. med en tunn stålplåt e.dyl. Tätning av skarvar, uppvik, genomföringar mm måste föreskrivas i detalj.

Genomföringar av rör m.m. måste vara lufttäta (av brandskäl) vilket man ofta löser med kringgjutning. När flytande golv används bör man använda en kombination av drevning med elastiskt material och fogning som är både värme- och vibrationsisolerande. Fogmassa skall dock inte fylla hela mellanrummet mellan rör och golv eftersom fyllningen då blir alltför styv.

Övergångar med rör i böjlig slinga, flexslang, eftergivliga muffar eller likvärdigt elastiska lösningar skall användas till anslutningar. Golvbrunn sätts enligt tillverkarens anvisning för flytande golv med stegljudskrav. Normalt bör brunnen fästas in stumt i övergolvet med rörlig anslutning mot ett anslutande rör som sitter ingjutet i bjälklaget. Projektören måste ge tydliga anvisningar på denna punkt.

1.7 Litteratur

Några referenser av intresse ges nedan.

- Akustik & Buller av Johnny Andersson. Svensk Byggtjänst 1998.
- Standarder säljs av SIS förlag. Se www.sisforlag.se
- SP rapport 98F39605A till Byggkeramikrådet (Stegljudsisolering i keramiska övergolv – snabbtester).
- NRC Report on experiments with small specimens. Rapporten finns som PDF-fil på www.nrc.ca. Impact sound measurements on floors covered with small patches of resilient materials or floating assemblies. A.C.C. Warnock, IRC, NRC Canada.
- The influence of concrete elastic characteristics on the impact noise insulation of concrete floors. Patricio, J Silva, M da Piedade. Journal of Building acoustics Vol. 4 (1997) nr 4 s 259-274.

2 Förslag till kravspecifikation för ljuddämpande golv med ytbeläggning av keramiska plattor

Nedanstående text utgör ett förslag till branschregler för ljuddämpande golv med ytbeläggning av keramiska plattor. Endast krav som är relevanta för ljudegenskaper och beständighet mot skador som beror av det elastiska skiktet har tagits med. Se vidare www.bkr.se.

2.1 Reglernas tillämpning

Reglerna gäller för flytande golv med elastiska skikt, styva ytskikt och keramiska plattor. Såväl nyproduktion som renovering avses. Reglerna gäller

-- beläggningar med keramiska plattor i fästmassa, bearbetad till angiven tjocklek.

--underlag (bjälklag) av betong, lättbetong, puts, med eller utan mineraliskt bundet spackel eller ändamålsenliga skivmaterial

--underlag (bjälklag) med god ytjämnhet som hindrar perforering av det elastiska skiktet.

-- belastning av flytande golv motsvarande kraven för bostäder och lokaler i Boverkets konstruktionsregler (BKR 99). Främst avses skydd mot skador från tunga möbler och gångtrafik.

-- inte ytskikt i våtutrymmen. Kompletterande anvisningar om tätskikt m.m. får dock meddelas i anslutning till övriga anvisningar¹³.

2.2 Uppfyllande av ljudklasser och myndighetskrav

2.2.1 Ljudkrav

Boverkets Byggregler BBR 99 anger krav¹⁴ på minsta luftljudsisolering och högsta stegljudsnivå enligt ljudklass C i svensk standard SS 02 52 67 inklusive anmärkningar i fotnoter till tabellerna 4.1 och 4.2. Det är vanligt att byggherrar m.fl. ställer krav enligt ljudklass B i samma standard, vilket innebär en skärpning med 4 dB jämfört med ljudklass C. För lokaler gäller särskilda krav i BBR 99. Svensk standard SS 02 52 68 anger olika ljudklasser för lokaler, där ljudklass C motsvarar BBR 99 och krav i tidigare

¹³ Projektgruppen bör diskutera denna punkt. Någon eller några av tillverkarna kan vilja föra in sådana lösningar. Marknaden efterfrågar lösningar som gäller även för våtrum.

¹⁴ Formellt anger BBR inte detaljkrav utan föreskriver det övergripande funktionskrav som skall uppfyllas samt lämnar råd om att ljudisoleringskrav motsvarande ljudklass C kan anses uppfylla funktionskravet. I praktiken likställs råden med krav. I annat fall måste man styrka varför en annan lösning anses uppfylla funktionskravet.

publikationer från Byggnadsstyrelsen (Krav och Råd) och Sjukvårdens planeringsinstitut (Spri-råd).

2.2.2 Klassning av stegljudsdämpade konstruktioner

Ljudkraven ovan avser den sammansatta konstruktionens ljudisolering. Föreliggande regler avser dock endast den tilläggsisolering som erhålles med ett flytande golv på ett tungt bjälklag. Beräkning av utgångsvärde för bjälklag och tilläggsisolering för angivet flytande golv utförs i tredjedelsoktavband (50-3150 Hz) enligt svensk och europeisk standard SS-EN 12354 del 1 och 2.

En förenklad värdering av ljudisolering i flytande golv kan göras med hjälp av konstruktionernas stegljudsklass enligt SS 025267 bilaga B. Stegljudsklasserna är utformade så att man i de flesta fall klarar ljudkraven vid läggning på tunna betongbjälklag (upp till 18 cm massiv betong) enligt följande:

- med stegljudsklass 6 uppfylls ljudklass C enligt SS 025268 för kontor mm (i vissa fall även klass 5),
- med stegljudsklass 7 uppfylls minimikrav i bostäder enligt BBR99 (ljudklass C enligt SS025267),
- med stegljudsklass 8B uppfylls ljudklass B (enligt SS025267).

Utgångsvärdet för massivbjälklaget (råbjälklagsvärdet) beror av bjälklagets uppbyggnad och den övriga stomkonstruktionen. För håldäcksbjälklag kan ljudisoleringen vid höga frekvenser vara dimensionerande. Stora kontinuerliga bjälklag och lätta lägenhetsskiljande väggar ger bättre ljudisolering än små plattor upplagda på bärande innerväggar. Beräkning enligt SS-EN 12354 tar hänsyn till dessa faktorer.

2.3 Konstruktionens tekniska egenskaper

2.3.1 Dokumentation

Dokumentationen för golvkonstruktionen skall redovisa följande information:

- **benämning** på marknaden
- **uppbyggnad** visad med ritning i sektion och beskrivning där mått, materialbenämningar och ytvikter för ingående skikt framgår
- **stegljudsklass** enligt SS 02 52 67 bilaga B,
- **stegljudsförbättring** ΔL i tersband 50-3150 Hz bestämda enligt 2.3.2, beräknad vägd stegljudsförbättring ΔL_w ,

- **luftljudsisoleringsförändring** ΔR i tersband 50-3150 Hz bestämda enligt 2.3.2
- **bärighet** (högsta tillåtna laster) enligt 2.3.2
- **deformation** vid laster enligt 2.3.2.

2.3.2 Standardiserade provningsmetoder

- stegljudsförbättring ΔL bestäms i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-8 eller i byggnad enligt SS-EN ISO 140-7 och SS 02 52 69. Mätningar med och utan golvbeläggning skall utföras på samma bjälklag och i samma positioner. Brukslast 20 kg/m² skall fördelas jämnt på bjälklaget, normalt med en 20 kg-vikt per m². Alla skikt skall vara härdade till normal hållfasthet vid provning.
- vägd stegljudsförbättring ΔL_w beräknas från ΔL enligt SS-EN ISO 140-8.
- luftljudsisoleringsförändring ΔR bestäms i laboratorium enligt SS-EN ISO 140-3 eller i byggnad enligt SS-EN ISO 140-4 och SS 02 52 69.
- bärighet bestäms enligt i fas 2 angivna provningsmetoder (statisk utbredd långtidslast, dynamisk hjullast och statisk punktlast vid kant eller hörn).
- deformation under angiven last bestäms enligt i fas 2 angivna provningsmetoder. Högsta tillåtna värde xx mm.

2.4 Projekteringsanvisning

Projekteringsanvisningar skall hänvisa till och vid behov förklara relevanta delar av monteringsanvisningarna. Råd om detaljlösningar skall redovisas för uppvik av det elastiska skiktet och eventuella tätskikt mot väggar, tätningar mot genomföringar mm. Anvisning skall lämnas om att ljudisolering i byggnad skall beräknas enligt SS-EN 12354 del 1 och 2 med vägda sammanfattningsvärden och anpassningstermer enligt SS-EN ISO 717 del 1 och 2 ($R'_w, L'_{nw}, R'_w + C_{50-3150}, L'_{nw} + C_{i50-3150}$). Alla typbjälklag som ingår i ljudmatrisen skall redovisas med ljuddämpningen i den aktuella golvkonstruktionen medräknad. De lösningar som provas i fas 2 redovisas på detta sätt.

2.5 Monteringsanvisning

Arbetet skall utföras med godkända konstruktioner enligt materialtillverkarens monteringsanvisningar. Monteringsanvisning skall innehålla följande punkter och i övrigt hänvisa till Branschreglerna för golvbeläggningar. Den skall vara praktiskt upplagd med bilder och text som visar olika steg i monteringen och vad som är viktigt att kontrollera på plats för att den ljudtekniska funktionen skall uppnås i byggnad:

- underlag (råbjälklag), ev. bearbetning av detta

-
- elastiska skikt inklusive förseglingar och eventuell tätskiktskonstruktion
 - bärande lager och fästmassa, utfyllnadsgrad under dessa (undvikande av trumljud, s.k. bom)
 - keramiska plattor, godtagbar kantjämnhet i bostäder respektive lokaler (särskilt där hjulburna föremål skall flyttas, t.ex. korridorer)
 - krav på fogmassa och eventuell elasticitet i denna i bruksskedet

Följande detaljer skall redovisas i form av tydliga principritningar:

Vägg:

- avslutning av elastiskt skikt, uppvik eller kantisolering som förhindrar stum kontakt mellan vägg och bärande lager, förhindrar fritt vatten att tränga ned, avslutning av ev. tätskiktskonstruktion

Golv:

- utläggning av ev. elastiskt skikt, tätning av skarvar, tätskikt, rutiner för skydd av dessa under byggnadsarbete
- montering och tätning av rör genomföringar och installationer, dito hur eventuella efterföljande installationer skall hanteras för att inte kortsluta det elastiska skiktet (stomljudsbygggor)
- lösningar för kablar/rör för golvvärme som inte kortsluter det elastiska skiktet (alternativt markeras undantag för sådana tillägg)
- gjutning av bärande lager, anvisning om kontroll av att spill och dylikt som ger stumma kontaktpunkter mot byggnadsstommen elimineras
- utformning förstärkningar av bärlagret vid kanter, dörrar m.m. (vid behov)
- dilatationsfogar i stora sammanhängande ytor (vid behov)
- elastisk anslutning av eventuell golvbrunn (vid behov)

./.



Byggkeramik
Rådet

Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Del 2 Vägledning för branschen

s. 40-68

SBUF-projekt nr 1104

Slutrapport 31 Maj 2003

Erik Berggren

FÖRORD

Del 2 av projektet har som syfte att utifrån praktiska provningar utvärdera de olika stegljudsdämpande systemens egenskaper som ljuddämpning i laboratorium, ljuddämpning i fält och mekanisk hållfasthet. Ur detta är målet att uppnå ett enhetligt sätt att kunna jämföra de olika systemen. Arbetet har utförts i en verkställande styrgrupp med stöd av en referensgrupp med representanter från systemleverantörer och entreprenörer.

Föreliggande slutrapport redovisar resultatet av utredningsarbetet inklusive förslag till åtgärder.

Medverkande i projektets del 2 har varit:

Projektledare:	Erik Berggren	NCC Teknik
Styrgrupp:	Hans Alstermo Erik Berggren Åke Tell	Byggkeramikrådet NCC Teknik NCC Construction Sverige AB
Referensgrupp:	Jan Asztély Darko Brajkovic Stefan Dahlberg Ole Romer Nils-Olov Nordengrahn Nils Davidsson Jan- Erik Johansson Anders Leth	Optiroc AB JM Bygg AB NCC Construction Sverige AB Mira Byggeprodukter A/S Mira Byggeprodukter A/S Rescon Mapei AB (-2003.04.01) Rescon Mapei AB (2003.04.01-) Optiroc / Deitermann
Konsulter/övriga	Björn Ottosson Claes Söderström Christian Simmons Ingvar Demker Joachim Stadig Roland Warren Thomas Hvitfeldt	WSP Akustik WSP Akustik simmons akustik och utveckling ab Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut Roland Warren Plattsättning NCC Construction Sverige AB

Ett stort tack till samtliga inblandade i projekt för engagerat deltagande. Jag hoppas att arbetet kommer att bidra till att branschen får en högre kvalitet i byggandet genom att leverantörer av stegljudsdämpande system får enhetliga redovisningskrav och vedertagna provningsmetoder samt att produktionen erhåller nödvändigt stöd.

Christian Simmons, Joachim Stadig, Ingvar Demker har medverkat som författare i omfattning enl. innehållsförteckning.

Ett särskilt tack vill jag rikta till Christian Simmons för engagerad granskning av sakinnehållet samt Thomas Hvitfeldt, som upplåtit en trappuppgång för att prova olika golvsystem i bostadsprojektet Kv. Viken, Hammarby Sjöstad.

Stockholm i maj 2003

Erik Berggren

INNEHÅLL

FÖRORD	41
INNEHÅLL	42
1 SAMMANFATTNING	44
1.1 BAKGRUND OCH SYFTE	44
1.2 UTFÖRANDE	44
1.3 RESULTAT	44
1.3.1 Lab- och fullskaleprover	44
1.3.2 Beräkning av ljudklass för olika typer av bjälklag	45
1.3.3 Mekanisk provning	46
1.3.4 Enhetlig produktokumentation	46
1.3.5 Slutsatser	47
2 DEFINITIONER	48
2.1 BEGREPP	48
2.2 STANDARDER	53
3 ORIENTERING	54
3.1 BAKGRUND	54
3.2 SYFTE OCH MÅL	54
3.3 OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR	54
4 PROVNINGAR	54
4.1 BESKRIVNING AV GOLVSYSTEMEN	54
4.1.1 Golvsystem 1	54
4.1.2 Golvsystem 2	54
4.1.3 Golvsystem 3	54
4.1.4 Golvsystem 4	55
4.1.5 Golvsystem 5	55
4.1.6 Golvsystem 6	55
4.1.7 Golvsystem 7	55
4.1.8 Golvsystem 8	55
4.1.9 Golvsystem 9	55
4.2 STEG- OCH LUFTLJUDSMÄTNING I LABORATORIUM (J. STADIG, C. SIMMONS)	55
4.2.1 Provobjekt	55
4.2.2 Resultat	56
4.2.3 Mätmetod, stegljud	56
4.2.4 Mätmetod, luftljud	57
4.2.5 Mätosäkerhet	57
4.2.6 Montering	58
4.2.7 Kommentarer till provresultaten (Christian Simmons)	58
4.3 FULLSKALEMÄTNINGAR	59
4.3.1 Utförande	59
4.3.2 Resultat	60
4.3.3 Kommentarer till provresultaten i fält	60
4.4 MEKANISK PROVNING (INGVAR DEMKER, ERIK BERGGREN)	61
4.4.1 Bakgrund	61
4.4.2 Utförande	61
4.4.3 Resultat	63
4.4.4 Kommentar till resultaten	63
5 BERÄKNING AV LJUDKLASS FÖR OLIKA TYPER AV BJÄLKLAG	63
5.1 BAKGRUND	63
5.2 FÖRUTSÄTTNINGAR (CHRISTIAN SIMMONS)	63
5.3 BERÄKNINGSFALL (CHRISTIAN SIMMONS)	64
6 ENHETLIG PRODUKTDOKUMENTATION	67
7 SLUTSATSER	68

BILAGOR

- Bilaga 1 Laboratoriemätning**
Bestämning av förbättring av steg- och luftljudsisolering för golvbeläggningar på ett betongbjälklag i laboratorium.
Teknisk rapport från Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
Handläggare Joachim Stadig
- Bilaga 2 Checklista för provningar på SP, stegljudsisolering**
Författare Christian Simmons, simmons akustik & utveckling.
- Bilaga 3 Fullskalemätningar**
Kv. Viken, Stegljud mellan hallar, Stegljudsprojektet del 2
Teknisk rapport från WSP Akustik AB
Handläggare Claes Söderström
- Bilaga 4 Jämförelse mellan laboratoriemätning och fullskalemätning**
Författare Christian Simmons, simmons akustik & utveckling
- Bilaga 5 Mekanisk provning**
Provning av stegjudsdämpande klinkergolv.
Teknisk rapport från Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
Handläggare Ingvar Demker.

1 SAMMANFATTNING

1.1 Bakgrund och syfte

Keramiska golvbeläggningar blir allt vanligare i bostäder och lokaler. Att sådana golvbeläggningar ej kan bidra till att dämpa stegljud har länge varit känt. På marknaden finns ett antal olika system för dämpning. Ett stegljudsdämpande system består generellt av stegljudsdämpande skikt, lastfördelande skikt och keramiska plattor i fästmassa. Olika varianter finns, men man kan se en uppdelning i tre typer av system beroende på uppbyggnad, se kap. 2, Definitioner. Det har varit och är ett problem för entreprenörer och projektörer att se om systemen lever upp till de krav vi ställer på stegljudsdämpning och hållfasthet, samt att kunna jämföra de olika systemens prestanda. Syftet med denna rapport är att tydliggöra kraven som ställs på de olika system som finns på marknaden för stegljudsdämpning vid keramiska golvbeläggningar. I projektets del 2, som har benämnts vägledning för branschen, har ett antal stegljudsdämpande system blivit testade under samma förutsättningar och systemens montage- och projekteringsanvisningar har fått en översyn. Förutsättningar finns för att denna rapport blir en vägledning för att upphandla ett stegljudsdämpande system. Entreprenören skall kunna ställa krav på att golvsystemet är provat och att de innehåller de anvisningar som här beskrivs.

1.2 Utförande

Olika golvsystem för stegljudsisolering av keramiska golvbeläggningar har provats avseende ljudisolering och mekanisk hållfasthet. Golvsystemens stegljudsförbättring har mätts enl. SS-EN ISO 140-8:1997 på SP (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) i Borås. För att utvärdera vilken ljudklass i byggnad resp. system klarar vid vissa förutsättningar har beräkningar enl. SS-EN 12354 utförts för fem olika fall. Mekanisk hållfasthet har provats av SP enl. provmetoden EN 1818. För att verifiera provningarna i laboratorium utfördes också fältmässiga provningar i Hammarby Sjöstad i Stockholm. Vidare har projektets referensgrupp kommit överens om ett antal rubriker som skall ingå i en enhetlig produktdokumentation.

1.3 Resultat

1.3.1 Lab- och fullskaleprover

Resultat från lab- och fältprover har jämförts och sammanställts i tabell 4.3. Resultaten av laboratorieprovningarna visar att golvsystemen fungerar som förväntat, och flera system ger samma ljudisoleringsförbättring (eller bättre) som parkett på träfiberskiva eller linoleum/plast på akustikbeläggning. Fullskaleproven visar att tre av golvsystemen t o m klarar ljudklass A på tjocka betongbjälklag och ger en dämpning som i stort sett är lika bra i fält som i lab. Två av golvsystemen kunde dock ej leva upp till det resultat man erhöll i laboratorium. Detta bekräftar att uppbyggnaden av systemen är väsentlig för att få ett bra resultat i fält samt att ett laboratorieprov skall åtföljas av ett fullskaleprov. Att notera är också att golvsystem 9, det golvsystem man använt på betongbjälklagen i det aktuella projektet där fullskaleprovningarna genomfördes, klarar ljudklass A. Ett golvsystem väl värt ett laboratorieprov således.

Laboratorieprovningar		Fullskaleprovningar			
a) Golv-System	b) Vägd stegljudsförbättring i lab. (ISO 717) $?L_w$	c) Vägd stegljudsnivå råbjälklag $L'_{nw} (C_{i,50-2500})$	d) Vägd stegljudsnivå med golvsystem $L'_{nw} (C_{i,50-2500})$	e) Vägd stegljudsförbättring i fält (ISO 717) $?L_w$	f) Skillnad fält-lab (e-b)
1	19	66 (-14) *)	58 (-9)	7	-12
2	19	66 (-14)	44 (+3)	19	0
3	11	66 (-14)	-	-	-
4	25	72 (-17)	43 (+3)	22	-3
5	19	66 (-14) *)	65 (-13)	1	-18
6	10	65 (-13)	50 (-1)	12	+2
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	49 (0)	-	-

Tabell 4.3. Sammanställning av provresultat i lab och i fält. Kolumnerna b och e visar vägd stegljudsförbättring ΔL_w , beräknade enligt SS-EN ISO 717-2 på basis av förbättringsvärden i tredjedelsoktavband som mätts upp i lab resp. i fält. Skillnaden anges i kolumn f och visar att golvsystemen 2, 4 och 6 har fungerat relativt likvärdigt i fält jämfört med i laboratorium. För att visa några tillämpningsresultat ger kolumnerna c och d vägda stegljudsnivåer (med anpassningstermer) i de aktuella byggnaderna, uppmätta utan resp. med golvsystem. Differensen mellan kolumnerna c och d visar endast den förbättring som man fått på det provade bjälklaget, medan vägd stegljudsförbättring ΔL_w avser förbättring på ett referensbjälklag enligt ISO 717-2. Provningarna av golvsystemen har utförts på 24 cm betongbjälklag (20 cm för golvsystem 4).

*) Råbjälklagsvärden för system 1 och 5 är ej uppmätta utan har beräknats som medelvärde av råbjälklagsnivåer på provplatserna för system 2, 3 och 6, vars bjälklag var uppbyggda på samma sätt.

1.3.2 Beräkning av ljudklass för olika typer av bjälklag

Resultatet från ett laboratorieprov kan användas av projektören i syfte att beräkna vilken ljudklass respektive golvsystem håller i byggnad vid vissa förutsättningar. Ett antal förutsättningar finns standardiserade som typfall (den s.k. bjälklagsnyckeln som ges i bilaga B till SS 02 52 67 (utg 3 2003).

Exempelvis är typfall 10 a en rumskombination med:

- 22 cm betongbjälklag,
- rumsyta 5 x 4 m²,
- sandwichfasad med 15 cm inre betongskiva,
- 2 tunga bärande väggar, 1 lätt vägg.

Resultaten för 4 olika typfallen visas i diagram 5.1.

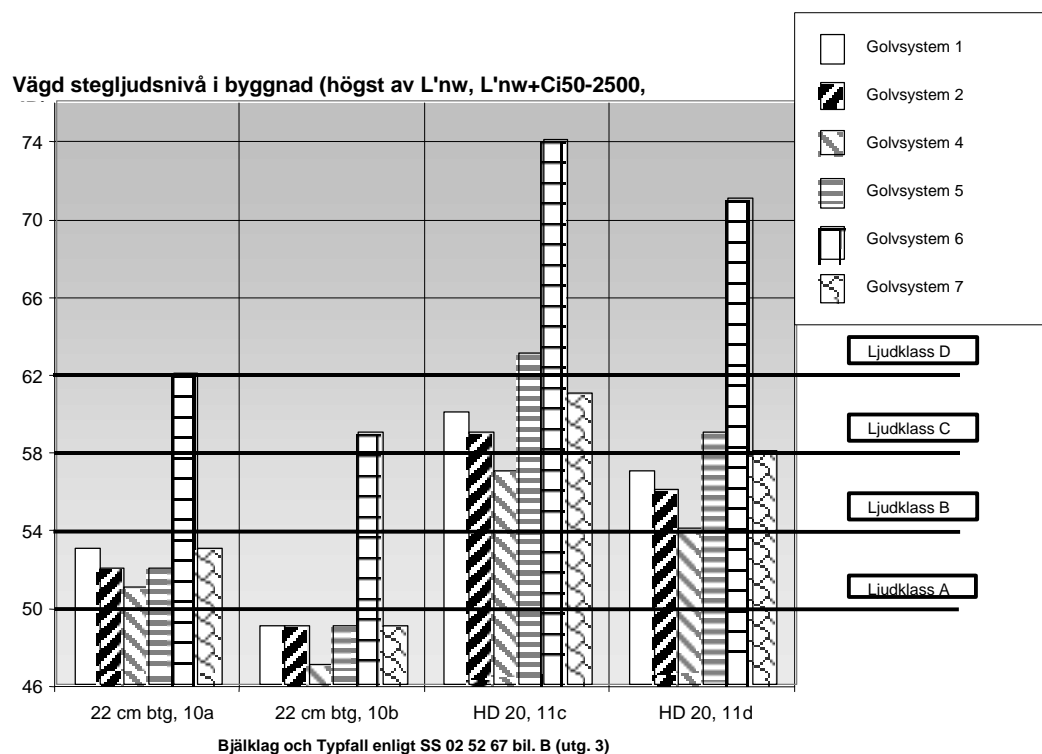


Diagram 5.1. Beräknade vägda stegljudsnivåer (med inverkan av positiva anpassnings-termer) i fyra typer av byggnader. Bjälklag och randförhållanden beskrivs i förslag till ny bilaga B i SS 02 52 67 (utg 3 2003).

Beräkningarna visar att golvsystemen, lagda på en 20 cm tjock håldäcksplatta med ytvtikt 255 kg/m², i vissa fall inte ens uppfyller ljudklass D i normalstora rum (< 20 m²) med avseende på luftljudsisolering och stegljudsnivå enligt BBR 02 och SS 02 52 67 utgåva 3, bilaga B. Med ett tyngre bjälklag (22 cm betong) uppfylls ljudklass B förutsatt att beläggningarna monteras korrekt. Ljudklassen beror alltså till stor del på byggnadsstommens ljudisolering. Beräkningar har utförts enligt SS-EN 12354 med programvara BASTIAN (version 2.0). Ljudklass B uppnås då av samtliga beläggningar utom en, golvsystem 6.

1.3.3 Mekanisk provning

Resultat av de mekaniska provningarna visar att golvsystem av typsystem 1, utan avjämningsmassa ovanpå det stegljudsdämpande skiktet, ej klarar belastningsprovet. Sprickanvisningar uppstår i plattor eller fogar. För golvsystem av typsystem 2, med ca 10 mm avjämningsmassa ovanpå det stegljudsdämpande skiktet, klaras provet. Golvsystem av typsystem 3 klarar provet. Provningsen följer den standardiserade metoden SS-EN 1818 med undantag av belastningen. En något lägre belastning har använts i detta projekt.

1.3.4 Enhetlig produktdokumentation

En del i arbetet har varit att utforma underlag till en enhetlig produktdokumentation så att det blir lättare att jämföra de olika produkterna och att utföra själva arbetet. Underlaget föreslås vara uppdelat i två dokument, monteringsanvisningar och projekteringsanvisningar. Projekteringsanvisningen skall vara ett underlag för projektör och entreprenör så att de tidigt skall kunna se vilka konsekvenser de olika golvsystemen för med sig. Monteringsanvisningar är ämnat för utföraren för att säkerställa att utförandet blir så korrekt som möjligt.

1.3.5 Slutsatser

Med stöd av utredningar enl. 1.3.1-1.3.4 konstaterar gruppen att resultatet från projektet visar på följande:

- Vikten av att stegljudsisolering hanteras i sin helhet redan i projekteringsfasen och att val av önskat system sker redan då eftersom resultatet även är beroende av stomkonstruktionen.
- Redovisade golvsystem enligt typ 1 uppnår ej en godtagbar mekanisk hållfasthet.
- Golvsystemen bör läggas av en entreprenör med ett totalansvar för hela systemet.
- Vikten av att leverantörer av olika system kan presentera och verifiera ljudtekniska och mekaniska egenskaper för sitt system enligt med i projektet framförda provningsmetoder.
- Behovet av enhetliga anvisningar för vad produktokumentationen skall innehålla samt hur den skall utformas.
- Det finns ett behov av att åstadkomma beskrivningstexter som på ett entydigt sätt beskriver systemkraven, t.ex. AMA-text.
- Golvsystemleverantörerna har fått kunskaper om brister i sina system och vad som krävs för att åtgärda dessa!
- Under projektets gång har följande behov av vidareutveckling framkommit:
 - Stegljudsisolering i rum med golvbrunn.
 - Golvsystemens åldersbeständighet samt känslighet för väta.
 - Golvsystemens känslighet för kombination med golvvärme.
 - Golvsystemens funktion på träbjälklag.

2 DEFINITIONER

2.1 Begrepp

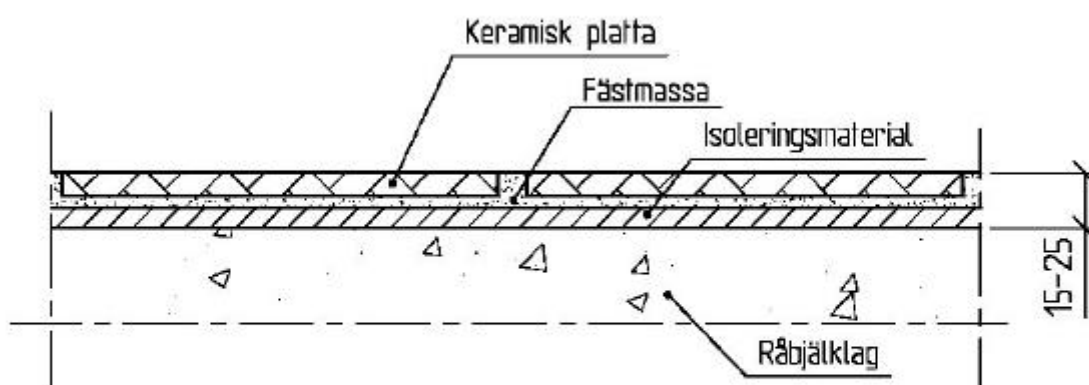
Kursiverade ord definieras separat.

Begrepp	Förklaring
Anpassningsterm C , C_i	Se <i>luftljudsisolering</i>
Avjämningsmassa	Cementbunden, organiskt bunden eller reaktionsbunden massa i detta fall använt till att bygga upp ett tryckfördelande skikt för att fördela ut punktlaster.
BBR 02	”Boverkets byggregler” (BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19), ofta benämnd BBR 02. Boverket ställer ett allmänt formulerat <i>ljudkrav</i> i avsnitt 7 i föreskrifterna. I ett råd anges att uppfyllande av <i>ljudklass C</i> i svensk standard SS 02 52 67, med användande av <i>anpassningstermer</i> , motsvarar föreskriftens krav.
Bjälklagsnyckel	En standardiserad lista som visar beräknad ljudklass i 35 typer av byggnader med en angiven golvbeläggning. De uppräknade bjälklagens ljudisolering korrigeras beräkningsmässigt med den förbättring av steg- och luftljudsisolering som bestämts i laboratorium för det aktuella golvsystemet. Beräkningsmetoden följer SS-EN 12354 och finns beskriven kommande utgåva 3 av SS 02 52 67 (bil. B) samt i projektets artikel i Bygg & Teknik (april 2002). Artikeln kan hämtas som PDF på internet.
Efterklangstid T	Den tid det tar för ljudtrycksnivån i ett rum att sjunka 60 dB sedan ljudkällan stängts av. T (s), är ett måttetal på hur stor ljudabsorptionen är i rummet. Efterklangstiden ökar med rumsvolymen och minskar med ökande ekvivalent (effektiv) ljudabsorptionsarea A (m^2 Sabine). Mätning utförs enligt SS-EN ISO 140-7 eller SS 02 52 64. Se även <i>normaliserad stegljudsnivå</i> .
Fix	Se Fästmassa.
Fogmassa	Cementbunden, organiskt bunden eller reaktionsbunden massa för att foga keramiska plattor.
Fästmassa	Cementbunden, organiskt bunden eller reaktionsbunden massa för att fästa keramiska plattor.
Frekvens	Med frekvens avses antalet svängningar per sekund och enheten är Hz (Hertz). Frekvensen påverkar hur ett ljud låter (tonhöjd). Vanliga ljud i byggnad (fläktbuller, musik, tal) är oftast sammansatta av olika ljud med både höga och låga frekvenser. Örat är som känsligast för röster och andra ljud som ligger i intervallet 300-3000 Hz. Nyare TV, radio- och musikanläggningar kan ge höga ljudtrycksnivåer ända ned till 50 Hz. Ljudkrav bör då innehålla en <i>anpassningsterm</i> .
Frekvens, oktav- och tredjedelsoktavband	För att beskriva frekvensinnehållet i ett ljud delas ljudenergin upp i <i>oktavband</i> eller <i>tredjedelsoktavband (tersband)</i> . Man mäter och anger numera ljudnivåer och ljudisolering i <i>frekvensområdet</i> 50 - 3150 (5000) Hz inom byggnadsakustiken (tidigare endast i området 100-3150 Hz).
Frekvens, stegljud	Frekvensområdet för stegljud beror på byggnadsstommen och

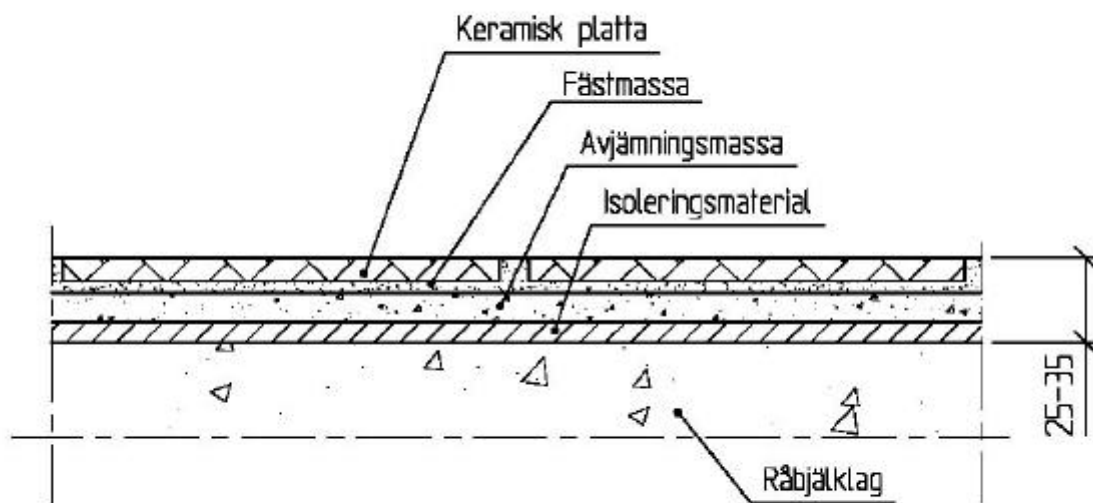
Begrepp	Förklaring
	golvbeläggningen. När någon går med hårda skor på ett massivt betongbjälklag eller -håldäck tränger främst höga frekvenser igenom och man hör ett hårt "klapprande" ljud i angränsande lägenheter. Man hör även "skrapljud", t.ex. när någon drar ut en stol etc. I bjälklag med elastiska golvbeläggningar, eller i lätta bjälklag, dämpas de höga frekvenserna effektivt, men de låga frekvenserna tränger fortfarande igenom. Stegljudet blir svagare och låter mera som "dunsar".
Golvsystem	Uppbyggnad av olika komponenter som avjämningsmassa, isoleringsmaterial och keramiska plattor för att åstadkomma stegljudsdämpning. Beroende på uppbyggnad kan de olika golvsystemen höra till olika <i>typsystem</i> 1,2 eller 3
Grundresonansfrekvens	Den frekvens där både steg- och luftljudsisoleringen försämras på grund av stora rörelser i övergolvet. Grundresonansfrekvensen beror av produkten av mellanläggets styvhet och den samlade ytvikten av fästmassa, klinker och fogmassa. Ibland benämns denna frekvens "parkettresonansen".
Hammarapparat	Hammarapparaten skall uppfylla krav i SS-EN ISO 140-6. Den innehåller 5 st välvda stålcyndrar á 0,5 kg som lyfts av en kamaxel och släpps mot bjälklaget i tät följd (2 ggr/sekund/cylinder). Den placeras på golvet i ett bestämt antal positioner och det logaritmiska medelvärde av ljudtrycksnivåerna <i>L</i> mäts upp i rummet under eller i angränsande rum och ger <i>stegljudsnivån</i> .
Isoleringsmaterial	Det ljuddämpande materialet i ett stegljudsdämpande <i>golvsystem</i> .
Keramisk platta	Plattor tillverkade av leror, kiselsyra, flussmedel, färgämnen och andra mineraliska råvaror
Keramisk golvbeläggning	Golv bestående av keramiska plattor
Ljudisolering	<i>Ljudisolering</i> används ofta i betydelsen luftljudsisolering men är ett samlingsnamn för luftljudsisolering och stegljudsisolering.
Ljudklass, ljudklassning, standarderna SS 02 52 67, SS 02 52 68	Standarderna klassindelar krav som bör ställas på luftljudsisolering, stegljudsnivå, ljudnivå inomhus från installationer, ljudnivå inomhus från trafik, ljudnivå vid uteutrymmen samt efterklangstid i olika typer av byggnader. I SS 02 52 67 behandlas bostäder, i SS 02 52 68 lokaler. De olika kraven delas in i fyra klasser. Klass A är den bästa och klass D är den sämsta klassen. De minimikrav som idag tillämpas av myndigheter och konsulter finns i klass C. Ljudkrav enligt ljudklass B är vanliga när det gäller stegljudsnivå. För lokaler anger standarden i vissa fall samma krav i två ljudklasser, t.ex. B/C. Kontroll skall göras enligt de metoder som förtecknas i standarderna.
Ljudkrav	Krav i BBR, eller i avtal, förfrågningsunderlag e.dyl. som anger vilken stegljudsnivå, luftljudsisolering med mera som skall innehållas i byggnad, med angiven mätmetod. Se även <i>BBR 02</i> och <i>ljudklassning, standarder</i> .
Luftljudsisolering, anpassningsterm	<i>Luftljudsisolering</i> definieras som skiljekonstruktionens förmåga att reducera ljud som når konstruktionen via luften. Som mätetal används begreppet <i>reduktionstal, R</i> , som mäts i dB (decibel).

Begrepp	Förklaring
	Reduktionstalet varierar med frekvensen. Som sammanfattningsvärde används vägt reduktionstal i byggnad, R'_w , respektive i förekommande fall med anpassningsterm $R'_w + C_{50-3150}$ som utvärderas enligt SS-EN ISO 717-1. Anpassningstermen lägger större vikt vid ljudisoleringen vid låga frekvenser (ett slags "straff-dB" för den lågfrekventa ljudisoleringen).
Nollvärde, nollmätning	Mätning av ett bjälklags stegljudsisolering innan det stegljudsdämpande <i>golvsystemet</i> monterats. Nollvärde är stegljudsnivåerna i tredjedelsoktavband vid denna mätning.
Reduktionstal	<i>Se luftljudsisolering</i>
Råbjälklag	<u>Massiva (betong-)bjälklag</u> har en stegljudsnivå som är nästan konstant för alla frekvenser när det bearbetas av den standardiserade hammarapparaten. Vid höga frekvenser ökar stegljudsnivån något. <u>Håldäckselement</u> har normalt hög styvhet och samverkan mellan elementen och ger då god dämpning av lågfrekventa stegljud. Vid högre frekvenser försämras samverkan mellan plattorna och stegljudsnivån ökar markant. <u>Lätta bjälklag</u> , t.ex. träbjälklag, har låga stegljudsnivåer vid höga frekvenser. Ett lätt flytande golv ger ett mycket begränsat tillskott till dämpningen. Lågfrekvent stegljud bestämmer normalt $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$. Vid dimensionering måste hela bjälklagskonstruktionen, inkl. <i>golvsystemet</i> beaktas.
Stegljud, stomljud	När en ljudkälla verkar mekaniskt på ett bjälklag eller en annan byggnadsdel och ljudet registreras i annat rum (t.ex. under eller vid sidan av det rum störningen finns i) kallas detta stegljud eller stomljud. Naturliga ljudkällor som verkar direkt på bjälklag eller ett övergolv är t ex steg från gående personer (stegljud), föremål som tappas på golvet, vagnar som rullar, möbler som flyttas eller vibrerande maskiner och installationer (stomljud).
Stegljudsdämpning, stegljudsförbättring ΔL_w	Skillnad mellan <i>stegljudsnivå</i> mätt på betongbjälklag i laboratorium med resp. utan <i>golvsystem</i> . Mätning görs enligt SS-EN ISO 140-8.
Stegljudsklass	Baseras på uppmätt <i>stegljudsdämpning</i> . Klassning görs enligt SS 02 52 67 bilaga B. För bostadshus med tunna betongbjälklag (18 cm eller mindre) erfordras normalt stegljudsklass 7 för att uppfylla ljudklass C i byggnad enligt SS 02 52 67. Golv i stegljudsklass 6 kan ge motsvarande stegljudsnivå på 22 cm eller tjockare betongbjälklag.
Stegljudsnivå i byggnad L'	Ljudtrycksnivå i ett angränsande utrymme från en standardiserad stegljudsapparat (<i>hammarapparat</i>) som hamrar på ett bjälklag. Mätning i byggnad anges med ett prim-märke ('). Mätning i laboratorium anges utan prim-märke.
Stegljudsnivå, normaliserad stegljudsnivå L_n	<i>Efterklangstiden</i> mäts för att korrigera uppmätt <i>stegljudsnivå</i> i mottagarrummet till den inverkan man får av en "normal" rumsinredning. Korrigeringen möjliggör mätningar i omöblerade rum. Resultatet benämns normaliserad stegljudsnivå.

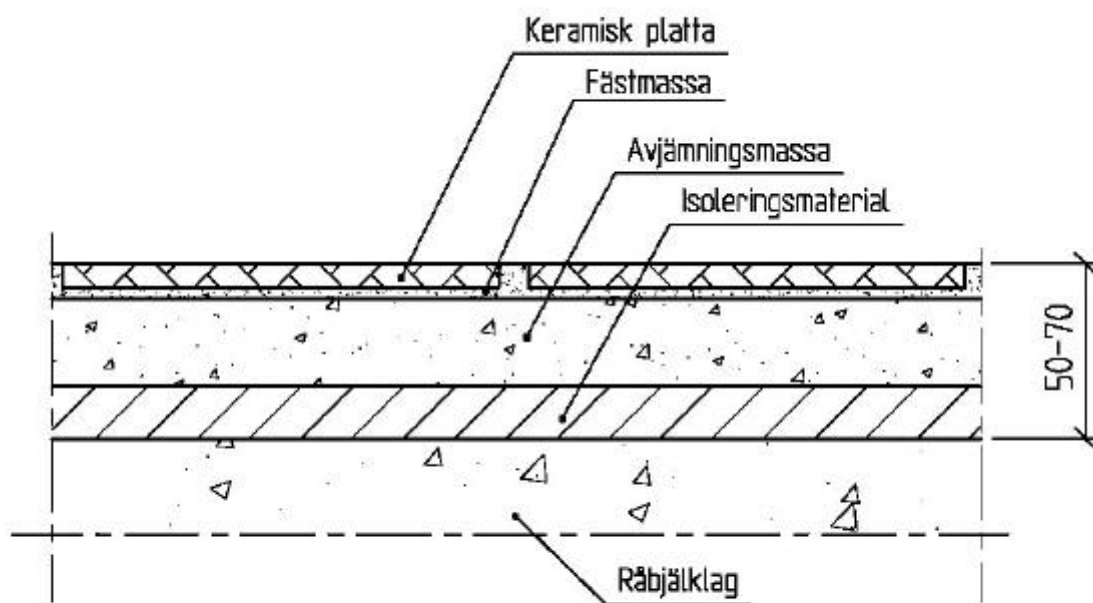
Begrepp	Förklaring
Stegljudsnivå, vägd L'_{nw} (sammanfattningsvärde)	Den normaliserade stegljudsnivån varierar med <i>frekvensen</i> . Som sammanfattningsvärde används vägd normaliserad stegljudsnivå i byggnad, L'_{nw} , respektive i förekommande fall med anpassnings-term $L'_{nw} + C_{i,50-2500}$ som utvärderas enligt SS-EN ISO 717-2.
Stomljudsbygga	En styv förbindning mellan flytande golv och byggnadsstomme. Förbindning mellan flytande golv och angränsande byggnadsdelar och installationer, t.ex. vid anslutande socklar, trappelement, räcken och rör genomföringar leder över vibrationsenergi och försämrar ljudisoleringen väsentligt.
Trumljud	Trumljud betecknar det ljud som uppkommer i det egna rummet vid gångtrafik eller när något skapar vibrationer i golvet. Lätta flytande golv kan ge besvärande trumljud vid gång med hårda skor eller med rullande vagnar. I kontorslandskap efterfrågas "tysta" golv.
Typsystem 1	System där keramiska plattor läggs i fästmassa direkt på isoleringsmaterialet. Isoleringsmaterialet måste vara styvare än för typ 2 och 3 system för att bidra till att systemet klarar av att fördela punktlaster. Bygger ca 15-25 mm. Se figur 2.1.
Typsystem 2	System där keramiska plattor läggs i fästmassa ovanpå avjämningsmassa och isoleringsmaterial. Isoleringsmaterialet måste vara ganska styvt och samverkar med avjämningsmassan för att bidra till att systemet fördela punktlasterna. Bygger ca 25-35 mm. Se figur 2.2.
Typsystem 3	System där keramiska plattor läggs i fästmassa på ett tjockare lager avjämningsmassa. Isoleringsmaterialet är mjukare än för typ 1 och 2 system. Funktionerna hållfasthet och ljudisolering är helt separerade, avjämningsmassan tar all belastning. Bygger ca 50-70 mm. Se figur 2.3.



Figur 2.1 Typsystem 1



Figur 2.2 Typsystem 2



Figur 2.3 Typsystem 3

2.2 Standarder

För *beställare (ljudkrav)*:

- SS 02 52 67 Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder
- SS 02 52 68 Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell

För *projektörer (beräkningsmetoder)*:

- SS-EN 12354 (ISO/DIS 15712) Byggakustik - Bestämning av akustiska egenskaper hos byggnader utgående från egenskaper hos byggelement
 - Del 1: Luftljudsisolering mellan rum
 - Del 2: Stegljudsisolering mellan rum

För *tillverkare och entreprenörer (mätmetoder)*:

- SS-EN ISO 140 Byggakustik – Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement:
 - Del 3: Laboratiemätning av luftljudsisolering hos byggdelar
 - Del 4: Fältmätning av luftljudsisolering mellan rum
 - Del 6: Laboratiemätning av stegljudsisolering hos golv
 - Del 7: Fältmätning av stegljudsisolering hos golv
 - Del 8: Laboratiemätning av reduktion av stegljud genom golvtäckning på tungt golv
- SIS teknisk rapport TR 8 Byggakustik – Mätning av ljudisolering i byggnad (ersätts sannolikt under 2003 med SS-EN ISO 140-14 och ett annex i SS 02 52 67 utg. 3)
- SS-EN ISO 717 Byggakustik – Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar
 - Del 1: Luftljudsisolering
 - Del 2: Stegljudsisolering
- SS 02 52 63 Byggakustik – Mätning av ljudtrycksnivå i rum – Fältprovning (ersätts sannolikt under 2004 med SS-EN 16032)
- SS 02 52 64 Byggakustik – Mätning av efterklangstid i rum – Fältprovning (ersätts sannolikt under 2004 av SS-EN ISO 3382-2)
- SS EN 1818 Golvmaterial - Bestämning av verkan från tungt belastade rullande länkhjul.

3 ORIENTERING

3.1 Bakgrund

Keramiska golvbeläggningar blir allt vanligare i bostäder och lokaler. Att sådana golvbeläggningar ej kan bidra till att dämpa stegljud har länge varit känt. På marknaden finns ett antal olika system för dämpning. Det har varit och är ett problem för entreprenörer och projektörer att se om golvsystemen lever upp till de krav vi ställer på stegljudsdämpning och hållfasthet, samt att kunna jämföra de olika golvsystemens prestanda.

3.2 Syfte och mål

Syftet med detta utvecklingsprojekt har varit att tydliggöra de krav som ställs på de olika golvsystem som finns på marknaden för stegljudsdämpning vid keramiska golvbeläggningar. Detta har preciserats i följande delmål:

- Prova ett antal golvsystems ljudisolering i laboratorium och fält.
- Prova ett antal golvsystems mekaniska hållfasthet.
- Kunna föreslå ett enkelt sätt att jämföra de olika golvsystemen.

3.3 Omfattning och avgränsningar

- Stegljudsdämpningen gäller för betong- och håldäcksbjälklag men inte för lätta bjälklag.
- Problem med ljudöverföring via installationer, t ex i våtrum, har ej undersökts.
- En standardiserad metod för mekanisk hållfasthet har valts ut och tillämpats vid provningarna.

4 PROVNINGAR

4.1 Beskrivning av golvsystemen.

Nedan beskrivs de golvsystem som lades vid laboratorieproverna. I princip användes samma system i fullskaleförsöken. Förklaring av typsysten, se kap. 2, definitioner.

4.1.1 Golvsystem 1

Golvsystem 1 hör till gruppen typsysten 1. På betonggolvet limmades med dubbelhäftande tejp (C/C 600 mm) isoleringsmaterial i form av 1250 mm breda och 7 mm tjocka gummimattor av återvinningsmaterial ($\rho=720 \text{ kg/m}^3$). Ovan gummimattan lades en fästmassa som de keramiska plattorna lades på. Systemets totala tjocklek var 16 mm.

4.1.2 Golvsystem 2

Golvsystem 2 hör till gruppen typsysten 1. På betonggolvet lades tunn kartplast (tenza, cover clear, 60 micron matt). På kartplasten lades lim som isoleringsmaterial i form av 11 mm tjocka underläggsskivor ($\rho=1050 \text{ kg/m}^3$) fixerades med. Underläggsskivorna bestod underifrån av ett skikt av elastisk kompositduk, sedan ett dominerande skikt av fiberförstärkt bitumen och ovan det ett lager av granulat. På underläggsskivan lades fästmassa som de keramiska plattorna lades på. Systemets totala tjocklek var 20 mm.

4.1.3 Golvsystem 3

Golvsystem 3 hör till gruppen typsysten 1. På betonggolvet limmades med dubbelhäftande tejp (C/C 300 mm) isoleringsmaterial i form av vita med lite grått inslag, 10 mm tjocka underläggsskivor ($\rho=710 \text{ kg/m}^3$). Underläggsskivorna var relativt hårda. Skarvarna mellan

skivorna tätades med tejp. På underläggsskivorna lades en fästmassa som de keramiska plattorna lades på. Systemets totala tjocklek var 19 mm.

4.1.4 Golvsystem 4

Golvsystem 4 hör till gruppen typsysteem 3. På betonggolvet lades först ett 5 cm tjockt lager av Lecakulor (LECA lättklinker, sortering 2-6 mm, AB Svensk Leca). På Lecakulorna lades isoleringsmaterial i form av 10 mm tjocka skivor av recirkulerad polyeterskumplast med en densitet av 195 kg/m^3 . Skarvarna mellan mattorna tätades med tejp. På isoleringsmaterialet lades ett armeringsnät med trådtjocklek 5 mm och C/C 15 cm i två dimensioner. I nätet och ovanpå isoleringsmaterialet gjöts sedan en 3 cm tjock betongplatta. På betongen lades en fästmassa som de keramiska plattorna lades på. Fästmassan användes även som fogmassa. Systemets totala tjocklek var 40 mm exklusive Lecakulorna. I fullskaleprovet var lagret med Lecakulor ca 25 mm. tjockt.

4.1.5 Golvsystem 5

Golvsystem 5 hör till typsysteem 2. På betonggolvet limmades med dubbelhäftande tejp (C/C 600 mm) isoleringsmaterial i form av 1250 mm breda och 7 mm tjocka gummimattor av återvinningsmaterial ($\rho=720 \text{ kg/m}^3$). Gummimattornas skarvar tätades med tejp. Ovan gummimattorna lades en avjämningsmassa. Ovan avjämningsmassan lades en fästmassa som de keramiska plattorna lades på. Systemets totala tjocklek var 24 mm.

4.1.6 Golvsystem 6

Golvsystem 6 hör till gruppen typsysteem 1. På betonggolvet monterades isoleringsmaterial i form av en 6 mm tjock matta av latexbunden kokosfiber. Ovanpå denna matta limmades sedan ett lager av 9 mm tjocka keramiska plattor. Limmet bestod av plastmodifierad cementbaserad fästmassa. Till fullskaleprovet modifierades detta golvsystem något för att få en bättre ljudisolering.

4.1.7 Golvsystem 7

Golvsystem 7 användes till referensfall för ljudberäkningar. 3 mm. stegljudsdämpad linoleum, Forbo Marmoleum Decibel.

4.1.8 Golvsystem 8

Golvsystem 8 hör till gruppen typsysteem 2. Det användes endast vid mekanisk provning. På betonggolvet monterades isoleringsmaterial i form av en 6 mm tjock matta av latexbunden kokosfiber. Ovanpå denna matta lades avjämningsmassa, 10 mm. På massan limmades sedan ett lager av 9 mm keramiska plattor. Limmet bestod av plastmodifierad cementbaserad fästmassa.

4.1.9 Golvsystem 9

Golvsystem 9 hör till gruppen typsysteem 3. Det användes till referensfall för fullskalemätningar. Systemet är det system som projekterades i det aktuella bostadsprojektet där mätningarna utfördes. Isoleringsmaterialet bestod av dubbel korksmulepapp. På denna gjöts s.k. EPS-betong, cellplastkulor blandat med cement och vatten. Ovanpå detta en avjämningsmassa och sedan fästmassa och keramiska plattor.

4.2 Steg- och luftljudsmätning i laboratorium (J. Stadig, C. Simmons)

4.2.1 Provobjekt

Sex olika system har provats, beskrivna enl. avsnitt 4.1. Systemen provades i april 2002 förutom golvsysteem nr 6 som redan provats tidigare. (Maj 2001). För att minimera riskerna för utförandefel upprättades vid provningarna i april 2002 en checklista på punkter viktiga att

tänka på vid mätning i laboratorium. Checklistan biläggs rapporten i bilaga 2. Checklistan är tänkt att kunna användas av efterkommande leverantörer/tillverkare så att man säkerställer att alla leverantörer/tillverkare behandlas lika vid laboratorieprovningarna.

Till samtliga golvsystem användes en keramisk platta (klinker) av typ: United Tiles, Skärgård/Gryнна, SNM300652, Size: 96*96 mm, Shade: L11, Color: Braun.

Plattorna uppmättes till: 97*97*8 mm, och densiteten till: 2340 kg/m³.

Golvsystem 1-5 provades i april 2002, golvsystem 6 i maj 2001.

4.2.2 Resultat

Vägd stegljudsförbättring (ΔL_w) och vägd luftljudsisoleringsförbättring (ΔR_w) sammanfattas i tabell 1. Golvbeläggningssklass redovisas enligt SS 02 52 67 bilaga B.

I bilagorna 1-10 redovisas förbättring av steg- och luftljudsisolering för uppmätta frekvensband. Resultaten gäller enbart för de provade objekten.

System:	Vägd stegljudsförbättring DL_w (dB)	Golvbeläggningssklass enligt SS 02 52 67	Vägd luftljudsisoleringsförbättring DR_w (dB)
Golvsystem 1	19	7	0
Golvsystem 2	19	7	-1
Golvsystem 3	11	5	1
Golvsystem 4	25	8A	6
Golvsystem 5	19	7	3
Golvsystem 6	10	5	1

Tabell 4.1

4.2.3 Mätmetod, stegljud

Mätningar och utvärderingar har utförts enligt SS-EN ISO 140-8:1997, SS-EN ISO 717-2:1996 och SS 02 52 67.

Stegljudsförbättringen DL har bestämts enligt:

$$DL = L_{n,0} - L_n$$

där $L_{n,0}$ avser normaliserad stegljudsnivå i mottagarrummet utan golvsystem och L_n är normaliserad stegljudsnivå i mottagarrummet med golvsystem. Med normalisering avses omräkning till referensabsorption 10 m² Sabine i mottagarrummet med hjälp av uppmätt efterklangtid.

Vägd stegljudsförbättring har bestämts enligt:

$$DL_w = 78 - L_{n,r,w}$$

där $L_{n,r,w}$ är den vägd och mot ett referensbjälklag normaliserade stegljudsnivån.

Anpassningstermen för golvsystemens stegljudsdämning, C_{IA} , beräknas enligt följande:

$$C_{IA} = C_{I,r,0} - C_{I,r}$$

där

$C_{I,r}$ anpassningstermen för referensgolvet med den provade golvsystemet.

$C_{I,r,0}$ anpassningstermen för referensgolvet ($C_{I,r,0} = -11$ dB)

Systemet monterades på ett 150 mm tjockt betongbjälklag med måtten 3,2 m x 4,2 m i SPs stegljudslaboratorium. Mottagarrummets volym är 138 m³. Som ljudkälla vid stegljudstesterna användes en standardiserad hammarapparat försedd med stålhammare.

4.2.4 Mätmetod, luftljud

Mätningarna har utförts enligt internationell standard SS-EN ISO 140-3:1995, SS-EN ISO 717-1:1996 och SS 02 52 67.

Reduktionstalet R har bestämts enligt:

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

där L_1 är medelljudtrycksnivån i sändarrummet (dB), L_2 är medelljudtrycksnivån i mottagarrummet (dB), S är den fria provöppningens area (12 m²) och A är mottagarrummets ekvivalenta absorptionsarea (m²). Medelljudtrycksnivåerna har fastställts med hjälp av roterande mikrofonstativ (radie >1,1 m) och digital frekvensanalysator. Som ljudkälla vid luftljudsisoleringsmätningarna användes en rörlig högtalare som rör sig i en bana tvärs sändarrummet under mättiden. Övergolvet ljudisolerings har bestämts som skillnaden mellan resultaten med resp. utan monterat golvsystem på laboratoriets betongbjälklag.

4.2.5 Mätosäkerhet

Mätnoggrannheten enligt ISO 140/2:91(E) är angiven i tabell 4.2. Reproducerbarheten anger spridningen i mätdata vid jämförelseprovningar mellan olika laboratorier, med olika mättrum, utrustning, personal mm. Repeterbarheten vid mätningar i samma laboratorium är dock normalt betydligt bättre (enl. ISO 140/2:91), dvs spridningen i resultat är mindre.

1/3 oktavbands centerfrekvens (Hz)	Reproducerbarhet (dB)
100	2,5
125	2,5
160	2,5
200	2,5
250	2
315	1,5
400	1,5
500	1,5
630	1,5
800	2
1000	3
1250	6
1600	9
2000	11
2500	11,5
3150	8

Tabell 4.2

4.2.6 Montering

Golvsystemen lades på SP:s betongbjälklag för mätning av stegljudsförbättring. Mellan betongbjälklaget och resp. systems understa skikt lades en plastfilm för att provningen skulle vara oförstörande. Kanterna tejpades mot betonggolvet för att reducera eventuell luftläckage. All montering utfördes av uppdragsgivaren. Belastning påfördes med jämt utspridda vikter motsvarande 20 kg/m². All montering utfördes av respektive företag under överinseende av SP.

4.2.7 Kommentarer till provresultaten (Christian Simmons)

4.2.7.1 Golvsystem 1

Provresultatet stämmer väl med vad som kan förväntas utifrån det styva skiktets ytvikt och mellanlaggets elasticitet. Stegljudsförbättringen ΔL_w är 19 dB vilket ger stegljudsklass 7 enligt SS 02 52 67 bil. B. Produkten bör därför fungera likvärdigt (ur ljudsynpunkt) med andra tunna golvsystem, t.ex. linoleum med akustikbeläggning eller parkett på elastiskt mellanlägg. Krav på bjälklagets yttjämnhet bör specificeras för detta golvsystem.

System med 8 mm keramik och 2 mm fix uppskattas väga cirka 22 kg/m². Med 7 mm isoleringsmaterial, E-modul <0.15 Mpa, beräknas grundresonansfrekvensen till 157 Hz. Stegljudsprovningen visar att grundresonansen ligger högre, i intervallet 200-250 Hz, vilket tyder på att gummimaterialet har en E-modul nära 0.3 MPa. Resonansen är ganska väl utdämpad. Mellanlägget fungerar tillfredsställande, möjligen kan någon dB förbättring uppnås genom att öka porositeten i materialet ytterligare. Risken för sprickor i fogar och plattor ökar något när styvheten i mellanlägget reduceras. Den höga densiteten talar för att materialet inte kommer att komprimeras över tiden (men långtidsegenskaperna bör provas separat, se tidigare rapport i projektet).

4.2.7.2 Golvsystem 2

Provresultatet stämmer väl med vad som kan förväntas utifrån ytvikt och elasticitet. Stegljudsförbättringen ΔL_w är 19 dB vilket ger stegljudsklass 7 enligt SS 02 52 67 bil. B. Produkten bör därför fungera likvärdigt (ur ljudsynpunkt) med andra tunna golvsystem, t.ex. linoleum med akustikbeläggning eller parkett på elastiskt mellanlägg. Krav på bjälklagets yttjämnhet bör specificeras för detta golvsystem.

System med 8 mm keramik, 1 mm lim, 7 mm asfaltsmatta uppskattas väga cirka 25 kg/m². Med 4 mm isoleringsmaterial (filt), E-modul <0.15 Mpa, beräknas grundresonansfrekvensen till 196 Hz vilket stämmer bra med mätresultatet. Ingen förbättring kan påräknas med ett mjukare material eftersom luftfjädern bestämmer styvheten i spalten mellan bjälklag och asfaltsmatta/plattor. Resonansen är ganska väl utdämpad. Filtmaterialets förlustfaktor kanske kan ökas något med högre densitet. Se not i Golvsystem 5 angående luftljudsisolering.

En kundfråga angående fiberskiktet kan förväntas, huruvida det behåller sin elasticitet över tiden. I informationsmaterialet om produkten bör denna fråga tas upp och eventuella garantier beskrivas. Högre densitet minskar risken för sättningar över tiden.

4.2.7.3 Golvsystem 3

Resultaten kommenteras inte då leverantören efter provning drog sig ur projektet för att revidera sitt golvsystem.

4.2.7.4 Golvsystem 4

Provresultatet stämmer väl med vad som kan förväntas utifrån ytvikt och elasticitet. Stegljudsförbättringen ΔL_w är 25 dB vilket ger högsta stegljudsklass (8A) enligt SS 02 52 67 bil.

B. Systemet bör därför ge minst en högre ljudklass än typ 1 och 2 -system, i många fall uppnås ljudklass A.

System med 8 mm keramik, 2 mm fix och 30 mm avjämningsbetong uppskattas väga cirka 70 kg/m². Med 10 mm isoleringsmaterial, E-modul <0.15 MPa, lagt på ett >5 cm tjockt lager av Lecakulor (30% luft) beräknas grundresonansfrekvensen till 49 Hz. Med enbart 10 mm luftspalt beräknas 78 Hz, vilket stämmer bättre med provresultatet. Resonansen är väl utdämpad. Den luftmängd som innesluts mellan Lecakulorna ger tydligen inte den uppmjukning av luftfjädern som kunde förväntas. Det kan bero på att man använt en blandad sortering av kulor med storlekar från 2 till 6 mm. Om kulorna har en mer enhetlig storlek ökar luftvolymen, resonansfrekvensen sänks därmed och ljudisoleringen bör förbättras något. En praktisk synpunkt: vid användning av sandgolv i äldre bebyggelse har det visat sig att sanden fördelats ojämnt under golvet, vilket har gett problem med sättningar i parkettgolv. Är det styrkt att Lecakulorna ligger still när golvet belastas dynamiskt (gångtrafik) ? En blandad fraktion är troligen stabilare än ett ensartat. Ett informationsmaterial bör innehålla en kommentar om detta.

4.2.7.5 Golvsystem 5

Provresultatet stämmer väl med vad som kan förväntas utifrån ytvikt och elasticitet. Stegljudsförbättringen ΔL_w är 19 dB vilket ger stegljudsklass 7 enligt SS 02 52 67 bil. B. Produkten bör därför fungera likvärdigt (ur ljudsynpunkt) med andra tunna golvsystem, t.ex. linoleum med akustikbeläggning eller parkett på elastiskt mellanlägg. Krav på bjälklagets ytjämnhet bör specificeras för detta golvsystem.

System med 8 mm keramik, 2 mm fix och 8 mm spackel uppskattas väga cirka 35 kg/m². Med 7 mm isoleringsmaterial, E-modul <0.15 Mpa, beräknas grundresonansfrekvensen till 126 Hz. Med E-modulen 0.3 MPa erhålls 193 Hz, vilket stämmer väl med provresultatet. Resonansen är ganska väl utdämpad. Materialvalet förefaller lyckat för denna tillämpning

4.2.7.6 Golvsystem 6

Provresultatet visar att stegljudsdämpningen är väl knapp för att detta golvsystem skall räcka till vid dimensionering mot BBR. Leverantören har sedan laboratorieprovet genomfördes gjort modifieringar av golvsystemet och det nya modifierade systemet användes sedan i fullskaleprovet. Detta torde vara anledningen till att detta golvsystem fick en bättre stegljudsreduktion i fullskaleprov än i laboratorium. (Se fullskalemätningar)

4.3 Fullskalemätningar

4.3.1 Utförande

För att se hur väl de framtagna laborativärdena stämmer överens med verkligheten har fullskalemätningar utförts i Kv. Viken, Hammarby Sjöstad, Stockholm. Bjälklaget skulle färdigt mäta ca 250 mm varför de olika systemen fick läggas på olika tjocka råbjälklag beroende på hur mycket de bygger i höjd, det innebar att golvsystem tillhörande typsysteem 1-2 las på cirka 230 mm råbjälklag medan det golvsystem tillhörande typsysteem 3 fick läggas på ca 200 mm för att få rätt bygghöjd. Mätningarna utfördes enl. SS-EN ISO 140-7, för mer detaljerad information se bilaga 3, Mätrapport.

4.3.2 Resultat

Resultatet av mätningen har sammanställts i tabell 4.3 nedan. För att kunna jämföra hur väl golvsystemens stegljudsdämpning i fält (fullskaleprov) korrelerar med provning i laboratorium har vägd stegljudsförbättring beräknats utifrån förbättringsvärden i tredjedelsoktavband, enligt ISO 717-2. Jämförelsen blir därmed mindre beroende av vilket bjälklag provningen av golvsystemen har utförts på.

Laboratorieprovningar		Fullskaleprovningar			
a) Golv-System	b) Vägd stegljudsförbättring i lab. (ISO 717) $?L_w$	c) Vägd stegljudsnivå råbjälklag $L'_{nw} (C_{i,50-2500})$	d) Vägd stegljudsnivå med golvsystem $L'_{nw} (C_{i,50-2500})$	e) Vägd stegljudsförbättring i fält (ISO 717) $?L_w$	f) Skillnad fält-lab (e-b)
1	19	66 (-14) *)	58 (-9)	7	-12
2	19	66 (-14)	44 (+3)	19	0
3	11	66 (-14)	-	-	-
4	25	72 (-17)	43 (+3)	22	-3
5	19	66 (-14) *)	65 (-13)	1	-18
6	10	65 (-13)	50 (-1)	12	+2
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	49 (0)	-	-

Tabell 4.3. Sammanställning av provresultat i lab och i fält. Kolumnerna b och e visar vägd stegljudsförbättring DL_w , beräknade enligt SS-EN ISO 717-2 på basis av förbättringsvärden i tredjedelsoktavband som mätts upp i lab resp. i fält. Skillnaden anges i kolumn f och visar att golvsystemen 2, 4 och 6 har fungerat relativt likvärdigt i fält jämfört med i laboratorium. För att visa några praktiska resultat i byggnad ger kolumnerna c och d vägda stegljudsnivåer (med anpassningstermer) i de aktuella byggnaderna, uppmätta utan resp. med golvsystem. Differensen mellan kolumnerna c och d visar endast den förbättring som man fått på det provade bjälklaget medan vägd stegljudsförbättring DL_w avser förbättring på ett referensbjälklag enligt ISO 717-2. Provningarna av golvsystemen har utförts på 24 cm betongbjälklag (20 cm för golvsystem 4).

*) Råbjälklagsvärden för system 1 och 5 är ej uppmätta utan har beräknats som medelvärde av råbjälklagsnivåer på provplatserna för system 2, 3 och 6, vars bjälklag var uppbyggda på samma sätt.

4.3.3 Kommentarer till provresultaten i fält

- Golvsystem 1 Systemet dämpar 12 dB sämre i fullskaleprov jämfört med laboratorium. Något i systemet fungerar ej på samma sätt i fält som i laboratoriemiljö. Orsaken till detta har diskuterats flitigt i referensgruppen och leverantören har fått ta del av många teorier. Leverantören rekommenderas se över detta och göra nytt fullskaleprov.
- Golvsystem 2 Systemet dämpar lika bra i fält som i laboratorium. Bra korrelation.
- Golvsystem 3 Deltog ej i fullskaleprovet, leverantören var missnöjd med laboratorieresultatet och drog tillbaka sitt system.
- Golvsystem 4 Systemet fungerar ungefär likvärdigt i fält som i lab upp till 1 kHz. För

- frekvenser över 1 kHz är skillnaden -5 till -15 dB, vilket tyder på att en liten förbindning (stomljusbrygga) bildats mellan golvsystemet och byggnadsstommen. Resultatet visar ändå att systemets uppbyggnad ger erforderlig dämpning.
- Golvsystem 5 Systemet dämpar praktiskt taget ingenting i fält. Någonting i systemet fungerar ej på samma sätt i fält som i laboriemiljö. Orsaken till detta har diskuterats flitigt i referensgruppen och leverantören har fått ta del av många teorier. Leverantören rekommenderas se över detta och göra nytt fullskaleprov.
- Golvsystem 6 Systemet har sedan laborietestet genomfördes modifierats för att erhålla bättre ljudisolering och det nya systemet användes i fält. Detta är en av anledningarna till att systemet dämpar bättre i fullskaleprov än i laboratorium.
- Golvsystem 9 Det system på det betongbjälklag som använts i det aktuella projektet där fullskaleprovningarna utfördes. Uppnår ljudklass A på aktuellt bjälklag.

Gruppens rekommendation blir med hänvisning till de två försök som har fallerat att en golvsystemleverantör skall kunna påvisa ett fullskaleprov som komplement till laborieprovet.

4.4 Mekanisk provning (Ingvar Demker, Erik Berggren)

4.4.1 Bakgrund

I golvsystem av typsystem 1 får isoleringsmaterialet till uppgift att fördela punktlaster till underliggande stomme. Isoleringsmaterialet bör därför ha en viss styvhet för att begränsa fogdeformationerna och spänningarna i de keramiska plattorna och vi saknar vedertagna krav på ett systems hållfasthet. Golvsystem av typsystem 2 kan på ett bättre sätt fördela punktlaster med hjälp av avjämningsmassan som i samverkan med den keramiska plattan bildar en betydligt styvare konstruktion. Mer eftergivliga isoleringsmaterial än för typsystem 1 kan användas som ger mer stegljudsdämpning.

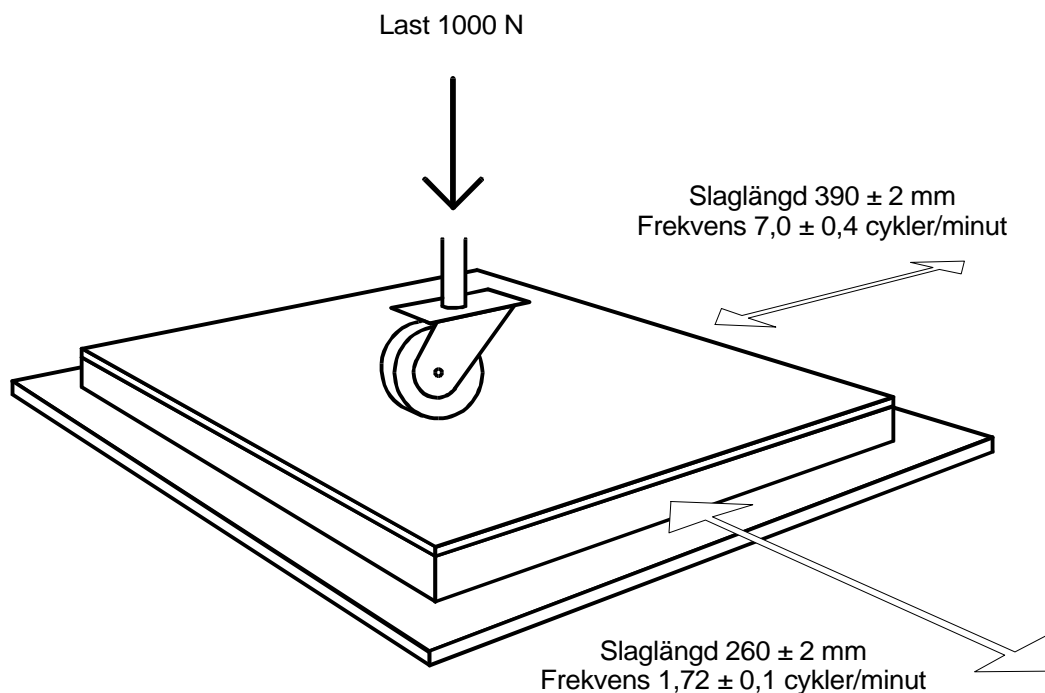
4.4.2 Utförande

Provningarna har utförts genom att ett länkhjul belastat med 1000 N fått rulla fram och tillbaka, 10 000 gånger, över en provyta.

Provningen överensstämmer med provningsförfarandet i den standardiserade provmertoden SS-EN 1818 med undantag av belastningen. I SS-EN1818 belastas länkhjulet med 1 250 N.

Länkhjulet är av polyamid och har en 40 mm bred löpyta och en diameter på 115 mm. Länkhjulet som har en utliggning på 45 mm kan röra sig fritt kring sin svängningsaxel. Svängningsaxeln kan dessutom röra sig i vertikal led.

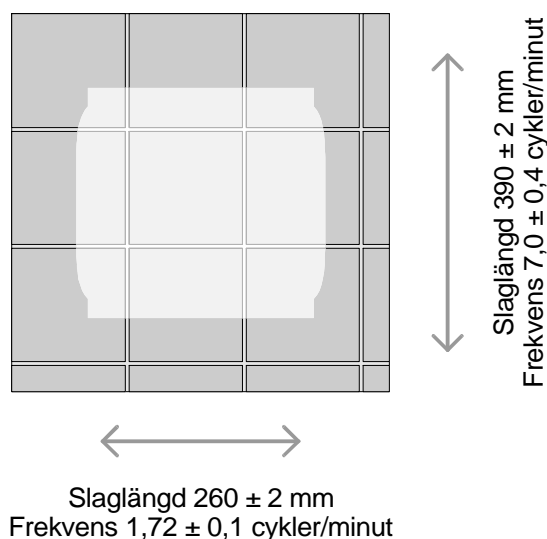
Upplagsbordet rör sig under provningen i två riktningar, vinkelrätt mot varandra, i ena riktningen (390 ± 2 mm) med frekvensen $7,0 \pm 0,4$ cykler/minut och i den andra riktningen (260 ± 2 mm) med frekvensen $1,72 \pm 0,1$ cykler/minut.



Figur 4.1 Principskiss över provmetoden

Provobjektet lades på en sandbädd och justerades så att det låg i våg och lasten applicerades på länkhjulet. Därefter startades provningen.

Då länkhjulet rullat 1 000 cykler, i riktningen med slaglängd 390 mm, stoppades provningen och fogarna undersöktes. Om fogarna hade spruckit avbröts provningen, i annat fall fick hjulet rulla ytterligare 1 000 cykler. Då hjulet rullat 10 000 cykler avbröts provningen oavsett om sprickor uppkommit.



Figur 4.2 Provytan med inritad "rullyta"

4.4.3 Resultat

Resultat enl. tabell 4.4 nedan:

Laboratorieprovning			
a Golvsystem	Antal cykler till skada * uppstod.		e anm.
	c Prov 1	d Prov 2	
1	<1 000	<1 000	Typsystem 1
2	<1 000	<1 000	Typsystem 1
3	-	-	Provades ej
4	>10 000	>10 000	Typsystem 3
5	>10 000	>10 000	Typsystem 2
6	<1 000	<1 000	Typsystem 1
7	-	-	Provades ej.
8	>10 000	>10 000	Typsystem 2
9	-	-	Provades ej

* Skador var i samtliga fall spruckna fogar.

Tabell 4.4 Resultat mekaniska provningsresultat.

4.4.4 Kommentar till resultaten

Provningsresultatet visar tydligt, att golvsystem av typsystem 1 inte klarar att överföra punktlaster av denna storleksordning och mängd. Man kan fråga sig om belastningen och provmetoden är relevant för faktiska tillämpningar i bostäder. Indikationer har dock framkommit att en del system har haft problem i verkligheten, vilket tyder på att metoden bör kunna vara praktisk användbar. Belastningens storlek (1000 N.) kan behöva revideras uppåt eller nedåt efter några års tillämpning, om det visar sig att ett eller flera system klarar provningen men drabbas av återkommande skador i praktiken eller omvänt.

5 BERÄKNING AV LJUDKLASS FÖR OLIKA TYPER AV BJÄLKLAG

5.1 Bakgrund

Leverantörerna har tidigare inte kunnat redovisa vilken ljudklass deras golvsystem håller eftersom ett antal objektspecifika parametrar (som rumsstorlek och väggkonstruktion) har stor inverkan på ljudisoleringen. Detta har medfört att deras kunder (ofta byggtreprenörer) ej har kunnat utläsa om ett visst system klarar ljudkraven i ett specifikt projekt. För att detta skall bli möjligt har projektet bidragit till ett standardiseringsarbete med att ta fram olika typfall av byggnadsstommar så att en konsult enkelt i ett tidigt skede kan föreslå lämpligt golvsystemval för entreprenören. I detta kapitel redovisas exempel på golvsystemens ljudklass på olika betongbjälklag och stomtyper (typfall). Beräkning av ljudklass i byggnad kan numera göras relativt enkelt på basis på ett antal uppgifter om byggnadsstommen och ljuddämpning med det provade golvsystemet.

5.2 Förutsättningar (Christian Simmons)

Beräkningar är utförda enligt svensk och europeisk standard SS-EN 12354 delarna 1 och 2 i angivna principiella byggnadsstommar enligt förslag till svensk standard SS 02 52 67 bilaga

B (utgåva 3 2003) med programvara BASTIAN v2.0. Beräkningsmetoden beskrivs i en artikel i Bygg & Teknik, april 2002. Artikeln och indatafiler för stommarna till BASTIAN finns för kostnadsfri nedladdning på Internet. Med hjälp av indatafilerna kan man enkelt lägga till fler typfall i efterhand, eller anpassa beräkningarna efter aktuella förutsättningar.

Uppgifter om ljudisoleringsförändring med aktuell golvsystem baseras på provningar i laboratorium, SP rapporter P201787 bilagorna 01-11 och SP rapport P103172 för golvsystem 6. Data för massiv betong och håldäck har beräknats med en teoretisk/empirisk modell som byggts upp av Delta Akustik & Vibration på basis av en stor mängd fältmätningar med stöd av den svenska betongindustrin. Metoden beskrivs i Nordtest rapport 1346-97. Data för betongbjälklagen ligger inlagda i den publika databasen till beräkningsprogrammet BASTIAN.

Beräkningsosäkerheten är inte känd i de aktuella fallen, men enligt SS 02 52 67 bilaga B skall en marginal om 3 dB läggas till beräknat resultat jämfört med aktuellt krav vid bedömning av ljudklass. Marginalen baseras på erfarenhet från tidigare projekt. Denna marginal har inte lagts till de beräknade resultaten ovan, men tillämpats vid klassningen (se aktuell fotnot).

I byggnad kan värdena förändras på grund av att flanktransmission i anslutande konstruktioner avviker från vad som förutsatts i ovanstående beräkningsmetod. Flytande golv ger sämre ljudisolering än beräknat ovan om det finns styva förbindelsepunkter (s.k. stomljusbryggor) i någon punkt. Golvet måste flyta fritt mot angränsande byggnadsdelar och installationer. Särskilt vid anslutande socklar, trappelement, räcken och rör genomföringar måste stor omsorg läggas vid utförandet. Angivna värden förutsätter även att inga luftläckage förekommer.

Mätresultat i fält har stor spridning för nominellt lika konstruktioner, vilket beror både på mätosäkerhet och variation i utförandet. Dessa avvikelser försvårar en strikt bedömning av osäkerheten i de beräkningsresultat som erhållits hittills jämfört med vad som kan förväntas i fält. Genom att kontinuerligt följa upp erfarenheter från verkliga projekt kan man vid behov föreslå förändringar i indata för golvsystemen eller i beräkningsmetoderna i SS-EN 12354.

Vid en eventuell kontrollmätning bör metoden i SIS/TR 8 (följer SS-EN ISO 140-4 och -7) med utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1 och -2 användas. SIS TR 8 ersätts sannolikt under 2003/2004 av en mätbilaga i SS 02 52 67 utgåva 3.

5.3 Beräkningsfall (Christian Simmons)

Beräkningar utförs för fyra fall enligt SS 02 52 67 bilaga B (se förutsättningar), se tabell 5.1:

Litt.	Typ	Råbjälklag	Rumsyta	Fasad	Övr. väggar
1	10a	220 betong	5x4 m ²	Sandwichkonstruktion med 150 betong	2 tunga, 1 lätt.
2	10b	220 betong	3x2 m ²	Sandwichkonstruktion med 150 betong	3 lätta
3	11c	Håldäck HD/f 120/20	5x4 m ²	Sandwichkonstruktion med 150 betong	1 tung, 2 lätta
4	11d	Håldäck HD/f 120/20	3x2 m ²	Sandwichkonstruktion med 150 betong	3 lätta

Tabell 5.1

På vart och ett av ovanstående bjälklagsfall beräknas stommens ljudisolering och sedan adderas ljudisoleringsförbättringen från de provade systemen, enligt den metod som anvisas i SS-EN 12354 delarna 1 och 2.

I tabell 5.3 och diagram 5.1 redovisas ett antal beräkningsexempel som visar vilka ljudklasser man kan påräkna i byggnad med de provade systemen. Beräkningarna omfattar 2 typer av bjälklag med vardera 2 varianter av rumsstorlekar och lägenhetsskiljande väggar. Beräkningar utförs för fyra fall enligt SS 02 52 67 bilaga B (se förutsättningar):

För varje ”typfall” har bjälklagens ljudisolering korrigerats med den förbättring av stegljuds- och luftljudsisoleringen som bestämts i SP:s stegljudslaboratorium för vart och ett av de provade systemen. Resulterande ljudisolering och bedömda ljudklasser i byggnad redovisas i tabell 5.3.

Beräkningsmetoden följer SS-EN 12354 och har utförts med programvara BASTIAN version 2.0. Metoden finns beskriven i den standardiserade bjälklagsnyckeln i den kommande utgåva 3 av SS 02 52 67 (bil. B) samt i en artikel i Bygg & Teknik (april 2002)

Bjälklagsnycklar av den typ som visas i Tabell 5.3 kan användas som en förenklad vägledning vid val av system. Om man upprepar beräkningarna för andra kombinationer av bjälklag, rumsstorlekar och bärande väggar ser man att det finns många kombinationer av betongbjälklag, avjämningar/pågjutningar och system som kan användas för att uppfylla ett givet ljudkrav. Det är svårt att konstruera ”lathundar” som kan täcka in alla tänkbara fall. I utgåva 3 av SS 02 52 67 (bil. B) återges hela 35 stomtyper.

I tabell 5.3 har endast 4 typfall utnyttjats. Man ser att en och samma golvsystem kan ge väsentligt olika resultat, beroende på stommens ljudisolering. Med tunga betongbjälklag fungerar golvsystemen bra. Tunna system (typ 1 och 2) bör tydligen inte läggas på de lättaste typerna av håldäck om ljudklass C eftersträvas, såvitt inte byggnaden innehåller en stor andel lätta lägenhetsskiljande väggar som ger högre förlustfaktor och bättre ljudisolering av stommen (se Betongvaruindustrins handbok ”bygga med prefab”, häfte 11). Den praktiska erfarenheten av tunna flytande golvsystem lagda på tunna håldäck är att de ofta ger underkänt mot den gamla byggnormen. Med kraven i dagens BBR måste man skapa högre förlustfaktor i stommen eller välja en tyngre elementtyp eller välja ett kraftigare golvsystem, t.ex. nr 4.

Tillverkare av ljuddämpande system av alla typer har med den nya standarden bättre möjligheter att redovisa hur deras produkt kan förväntas fungera i svenska byggnadstyper från 1950 och framåt. Det blir väsentligt enklare för kunderna att jämföra produkter. På motsvarande sätt blir det enklare för leverantörer av stomsystem att redovisa ljudegenskaper, och ansvarsfördelningen blir väldefinierad om man följer EN 12354.

Beräkningarna i tabell 5.3 är utförda med de uppgifter som finns om element och golvsystem, utan inbyggda säkerhetsmarginaler. Normalt bör man lägga minst 3 dB marginal mellan beräknad ljudisolering och ett krav för att inte riskera ett underskridande.

Ljudkrav för olika ljudklasser anges i SS 02 52 67 utg 2. och återges här i tabell 5.2:

Ljudklass A:	$R'_w + C_{50-3150} = 60$ dB,	L'_{nw} och $L'_{nw} + C_{i50-2500} = 50$ dB
Ljudklass B:	$R'_w + C_{50-3150} = 56$ dB,	L'_{nw} och $L'_{nw} + C_{i50-2500} = 54$ dB
Ljudklass C:	$R'_w + C_{50-3150} = 52$ dB,	L'_{nw} och $L'_{nw} + C_{i50-2500} = 58$ dB
Ljudklass D:	$R'_w = 48$ dB,	$L'_{nw} = 62$ dB

Tabell 5.2 Olika ljudklasser

Golvsystem / Bjälklag, typfall	1	2	4	5	6	7
Stegljudsklass	7	7	8A	7	5	7
22 cm btg, 10a Ljudklass	56 / 53 B-	56 / 52 B-	59 / 51 B+	57 / 52 B-	57 / 62 D-	56 / 53 B-
22 cm btg, 10b Ljudklass	61 / 49 A-	61 / 49 A-	64 / 47 A+	63 / 49 A-	61 / 59 D	62 / 49 A-
HD 20, 11c Ljudklass	51 / 60 D	51 / 59 D	55 / 57 C-	53 / 63 Oklassad	52 / 74 Oklassad	51 / 61 D
HD 20, 11d Ljudklass	55 / 57 C-	54 / 56 C-	58 / 54 B-	57 / 59 D	56 / 71 Oklassad	55 / 58 C-

Tabell 5.3. Beräknad vägd luftljudsisolering / vägd stegljudsnivå. Stegljudsklass och bedömd ljudklass i byggnad enligt SS 02 52 67 bil. B (utg 3). Systemen 1-6 har keramiska plattor, nr. 7 är en stegljudsdämpad linoleum 3 mm (Forbo Marmoleum Decibel). Prov nr. 3 har inte beräknats. Säkerhetsmarginalen (3 dB) har ej medräknats. Ljudklass angiven med tillägg "-" innebär att golvsystemet klarar ljudklassen, men utan den säkerhetsmarginal på 3 dB som rekommenderas vid projektering. "+" innebär att ljudklassen klaras även med säkerhetsmarginalen medräknad.

Anmärkning: 25 cm betong (fältprovbyggnaden) istället för 22 cm ger cirka 2 dB lägre stegljudsnivå och 2 dB högre reduktionstal. HD 20 kan väljas med mindre hål eller pågjutas så att ytvikten ökar från 255 kg/m² (fogat) till 330 kg/m², vilket ger cirka 4 dB lägre stegljudsnivå och 3 dB högre reduktionstal.

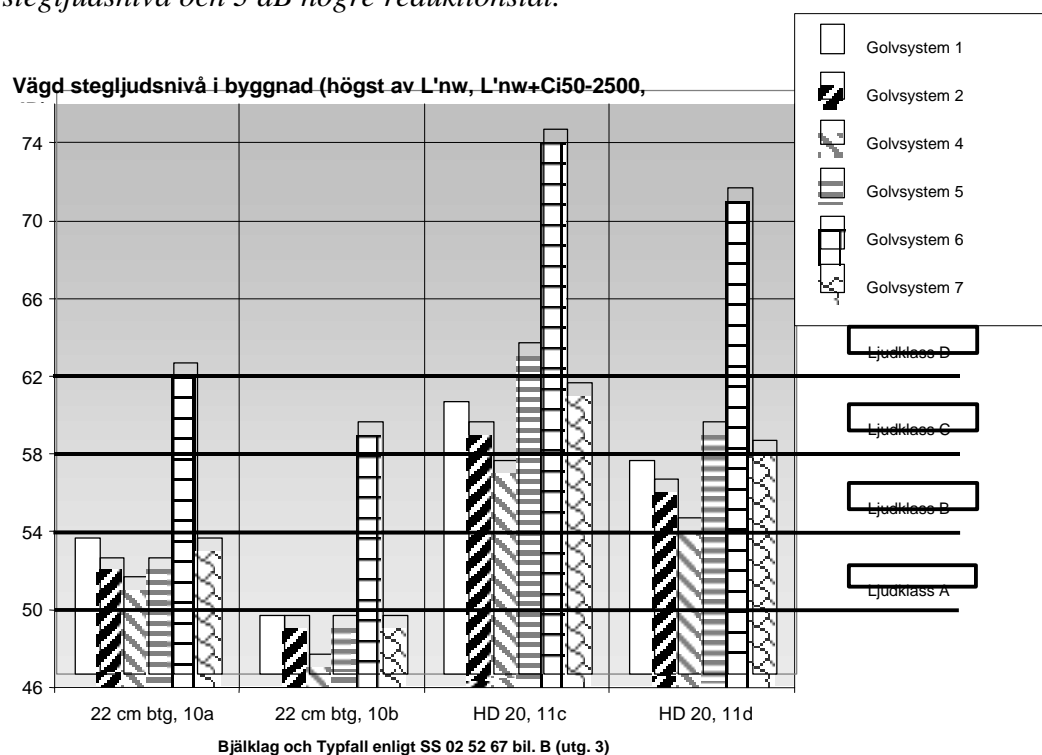


Diagram 5.1. Beräknade vägda stegljudsnivåer (med inverkan av positiva anpassnings-termer) i fyra typer av byggnader. Bjälklag och randförhållanden beskrivs i förslag till ny bilaga B i SS 02 52 67 (utg 3 2003). Ett referensgolvsystem visas som nr. 7. Ljudklasser är markerade utan den rekommenderade marginalen 3 dB.

6 ENHETLIG PRODUKTDOKUMENTATION

En del i arbetet har varit att utforma underlag till en enhetlig produktokumentation så att det blir lättare att jämföra de olika produkterna och att utföra själva arbetet. Underlaget föreslås vara uppdelat i två dokument, *monteringsanvisningar* och *projekteringsanvisningar*.

Projekteringsanvisningen skall vara ett underlag för projektör och entreprenör så att de tidigt skall kunna se vilka konsekvenser de olika systemen för med sig. Monteringsanvisningar är ämnat för utföraren för att säkerställa att utförandet blir så korrekt som möjligt. Det har visat sig att systemen är mycket känsliga för små störningar. Det räcker med en liten kontakt genom stegljudsisoleringen för att resultatet skall försämrats. Kritiska moment måste beskrivas på ett tydligt och enkelt sätt som ger bästa möjliga förutsättningar att göra rätt. Följande rubriker föreslås ingå:

Projekteringsanvisningen:

- Tjocklek och ingående komponenter.
- Begränsningar. Plattstorlek m.m.
- Verifikat från standardiserade prov, stegljud och mekanik.
- Användningsområde
- Tidsåtgång vid montage.
- Tankar kring upphandlingsform.
- Enklare montagebeskrivning.
- Underlagskrav
- Garantier
- Miljöpåverkan
- Att tänka på vid tillval. Annan platta t ex.
- Installationer

Monteringsanvisningar:

- Beskrivning av underlaget. Beskaffenhet, renhet, fuktnivå.
- Beskrivning av angränsande ytor, beskaffenhet.
- Utbildningskrav på montör.
- Efterkommande montage. Vad ställs det för krav på socklar, trösklar, infästningar genom golvet m.m.
- Kritiska moment, kontrollplan.
- Material hantering. Torktider, kyla

Monteringsanvisningarna skall innehålla rikligt med illustrationer innehållande bl a :

- Uppvik mot vägg
- Hörn
- Läggningsinstruktion. Bildserie
- Verktyg
- Genomföringar för installationer.
- Frihållning.

7 SLUTSATSER

Med stöd av utredningar enl. kap. 4-6 konstaterar gruppen att resultatet från projektet visar på följande:

- Vikten av att stegljudsisolering hanteras i sin helhet redan i projekteringsfasen och att val av önskat system sker redan då eftersom resultatet även är beroende av stomkonstruktionen.
- Redovisade golvsystem av typs system 1 uppnår ej en godtagbar mekanisk hållfasthet.
- Golvsystemen bör läggas av en entreprenör med ett totalansvar för hela systemet.
- Vikten av att leverantörer av olika system kan presentera och verifiera ljudtekniska och mekaniska egenskaper för sitt system enligt med i projektet framförda provningsmetoder.
- Behovet av enhetliga anvisningar för vad produkt dokumentationen skall innehålla samt hur den skall utformas.
- Det finns ett behov av att åstadkomma beskrivningstexter som på ett entydigt sätt beskriver systemkraven, t.ex. AMA-text.
- Golvsystemleverantörerna har fått kunskaper om brister i sina system och vad som krävs för att åtgärda dessa!
- Under projektets gång har följande behov av vidareutveckling framkommit:
 - Stegljudsisolering i rum med golvbrunn.
 - Golvsystemens åldersbeständighet samt känslighet för väta.
 - Golvsystemens känslighet för kombination med golvvärme.
 - Golvsystemens funktion på träbjälklag.

RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium/REPORT issued by an Accredited Laboratory

NCC
Erik Berggren

170 80 SOLNA

Handläggare, enhet / *Handled by, department*
Joachim Stadig, Akustik, js
+46 (0)33 16 54 29, joachim.stadig@sp.se

Datum / *Date* Beteckning / *Reference* Sida / *Page*
2002-06-11 P201787 1 (4)

Bestämning av förbättring av steg- och luftljudsisolering för golvbeläggningar på ett betongbjälklag i laboratorium

(11 bilagor)

Provobjekt

Fem olika golvbeläggningar från fyra olika företag. Golvbeläggningarna finns beskrivna i bilaga 11.

Till samtliga golvbeläggningar användes en keramisk platta (klinker) av typ: United Tiles, Skärgård/Grynna, SNM300652, Size: 96*96 mm, Shade: L11, Color: Braun.

Plattorna mättes upp till: 97*97*8 mm, och densiteten till: 2340 kg/m³.

Provobjktens ankomstdatum

Vid olika tillfällen i april 2002

Provningsdatum

2002-04-15 till och med 2002-04-29

Resultat

Vägd stegljudsförbättring (ΔL_w) och vägd luftljudsisoleringsförbättring (ΔR_w) sammanfattas i tabell 1. Golvbeläggningens klass redovisas enligt SS 02 52 67. I bilagorna 1-10 redovisas förbättring av steg- och luftljudsisolering för uppmätta frekvensband. Resultaten gäller enbart för de provade objekten.

Tabell 1

Golvbeläggning:	Vägd stegljudsförbättring DL_w (dB)	Golvbeläggningensklass enligt SS 02 52 67	Vägd luftljudsisoleringsförbättring DR_w (dB)	Bilaga
Golvbeläggning 1	19	7	0	1 & 6
Golvbeläggning 2	19	7	-1	2 & 7
Golvbeläggning 3	11	5	1	3 & 8
Golvbeläggning 4	25	8A	6	4 & 9
Golvbeläggning 5	19	7	3	5 & 10

Mätmetod, stegljud

Mätningar och utvärderingar har utförts enligt SS-EN ISO 140-8:1997, SS-EN ISO 717-2:1996 och SS 02 52 67.

Stegljudsförbättringen DL har bestämts enligt:

$$DL = L_{n,0} - L_n$$

där $L_{n,0}$ avser normaliserad stegljudsnivå i mottagarrummet utan golvbeläggning och L_n är normaliserad stegljudsnivå i mottagarrummet med golvbeläggning. Med normalisering avses omräkning till referensabsorption 10 m^2 Sabine i mottagarrummet med hjälp av uppmätt efterklangstid.

Vägd stegljudsförbättring har bestämts enligt:

$$DL_w = 78 - L_{n,r,w}$$

där $L_{n,r,w}$ är den vägda och mot ett referensbjälklag normaliserade stegljudsnivån.

Anpassningstermen för golvbeläggnings stegljudsdämning, $C_{I\Delta}$, beräknas enligt följande:

$$C_{I\Delta} = C_{I,r,0} - C_{I,r}$$

där

$C_{I,r}$ anpassningstermen för referensgolvet med den provade golvbeläggnings

$C_{I,r,0}$ anpassningstermen för referensgolvet ($C_{I,r,0} = -11 \text{ dB}$)

Golvet monterades på ett 150 mm tjockt betongbjälklag med måtten 3,2 m x 4,2 m i SPs stegljudslaboratorium. Mottagarrummets volym är 138 m^3 . Som ljudkälla vid stegljudstesterna användes en standardiserad hammarapparat försedd med stålhammare.

Mätmetod, luftljud

Mätningarna har utförts enligt internationell standard SS-EN ISO 140-3:1995, SS-EN ISO 717-1:1996 och SS 02 52 67.

Reduktionstalet R har bestämts enligt:

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

där L_1 är medelljudtrycksnivån i sändarrummet (dB), L_2 är medelljudtrycksnivån i mottagarummet (dB), S är den fria provöppningens area (12 m²) och A är mottagarummets ekvivalenta absorptionsarea (m²). Medelljudtrycksnivåerna har fastställts med hjälp av roterande mikrofonstativ (radie >1,1 m) och digital frekvensanalysator. Som ljudkälla vid luftljudsisoleringmätningarna användes en rörlig högtalare som rör sig i en bana tvärs sändarrummet under mättiden. Övergolvet ljudisolering har bestämts som skillnaden mellan resultaten med resp. utan golvbeläggning på laboratoriets betongbjälklag.

Mätosäkerhet

Mätnoggrannheten enligt ISO 140/2:91(E) är angiven nedan. Reproducerbarheten anger spridningen i mätdata vid jämförelseprovningar mellan olika laboratorier, med olika mättrum, utrustning, personal mm. Repeterbarheten vid mätningar i samma laboratorium är dock normalt betydligt bättre (enl. ISO 140/2:91), dvs spridningen i resultat är mindre.

1/3 oktavbands centerfrekvens (Hz)	Reproducerbarhet (dB)
100	2,5
125	2,5
160	2,5
200	2,5
250	2
315	1,5
400	1,5
500	1,5
630	1,5
800	2
1000	3
1250	6
1600	9
2000	11
2500	11,5
3150	8

Montering

Golvbeläggningen lades på SP:s betongbjälklag för mätning av stegljudsförbättring. Kanterna tejpades mot betonggolvet för att reducera eventuellt luftläckage. All montering utfördes av uppdragsgivaren. Belastning påfördes med jämt utspridda vikter motsvarande 20 kg/m². All montering utfördes av respektive företag under överinseende av SP.

RAPPORT

Datum/*Date*
2002-06-11Beteckning/*Reference*
P201787Sida/*Page*
4 (4)**Utrustning**

Utrustning	Fabrikat	Typ	Serienr. / SP nr.
Parallellanalysator	Norsonic	830	500338
Program	SP	Stegdämp	v1.0, Rev. 960802
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4230	500932
Hammarapparat	Norsonic	211	503028
Mikrofon sändarrum	Brüel & Kjær	4166	1011605
Mikrofon mottagarrum	Brüel & Kjær	4166	1072010
Förförstärkare sändarrum	Brüel & Kjaer	2619	970886
Förförstärkare mottagarrum	”-	2619	726782
Roterande stativ sändarrum	”-	3923	1419759
Roterande stativ mottagarrum	”-	3923	912304
Spänningsaggregat sändarrum	Brüel & Kjaer	2804	815268
Spänningsaggregat mottagarrum	”-	2804	1445249
Högtalare sändarrum	SP	Klot	
Effektförstärkare	Lab. Gruppen	SS1300	501530 (Svart)
Equalizer (frekvensvariator)	AB	131	Svart

**SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Akustik**Hans Jonasson
Tekniskt ansvarigJoachim Stadig
Teknisk handläggare

Bestämning av stegljudsförbättring på en golvbeläggning i laboratorium

Kund NCC Teknik

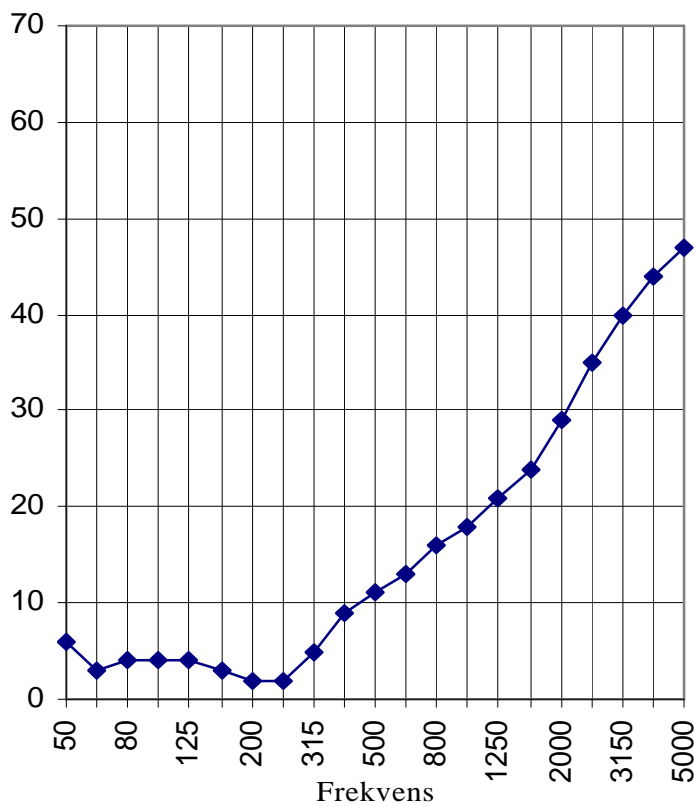
Provobjekt: Golvbeläggning 1

Mätdatum: 2002-04-15

Mätstandarder SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DL** - Förändring av stegljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔL (dB)
50	6
63	3
80	4
100	4
125	4
160	3
200	2
250	2
315	5
400	9
500	11
630	13
800	16
1000	18
1250	21
1600	24
2000	29
2500	35
3150	40
4000	44
5000	47

DL_w :	19 dB
C_{ID} :	-11 dB

Bestämning av stegljudsförbättring på en golvbeläggning i laboratorium

Kund NCC Teknik

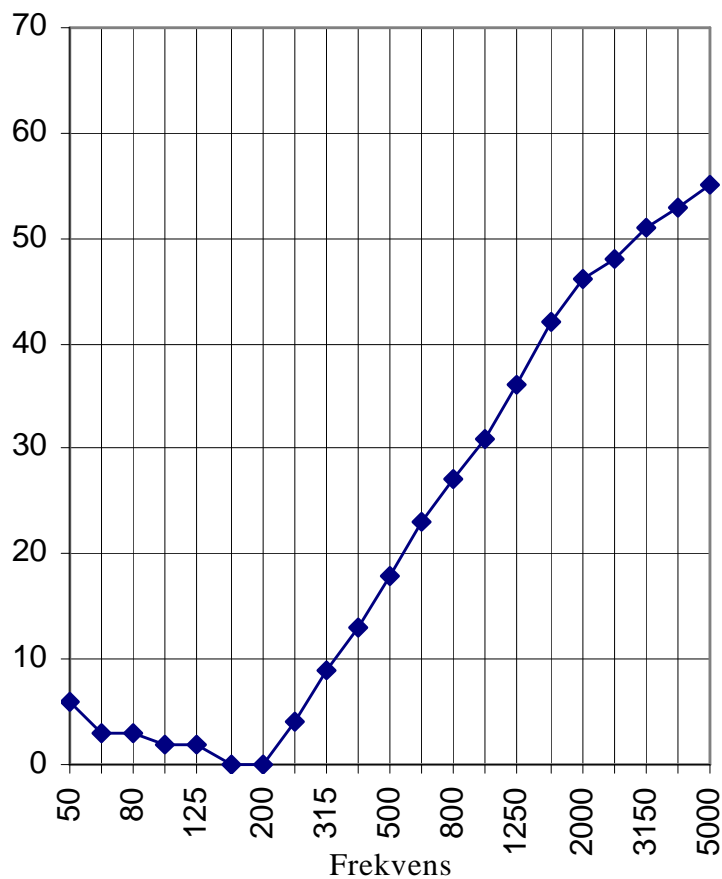
Provobjekt: Golvbeläggning 2

Mätdatum: 2002-04-17

Mätstandarder SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DL** - Förändring av stegljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔL (dB)
50	6
63	3
80	3
100	2
125	2
160	0
200	0
250	4
315	9
400	13
500	18
630	23
800	27
1000	31
1250	36
1600	42
2000	46
2500	48
3150	51
4000	53
5000	55

DL_w :	19 dB
C_{ID} :	-11 dB

Bestämning av stegljudsförbättring på en golvbeläggning i laboratorium

Kund NCC Teknik

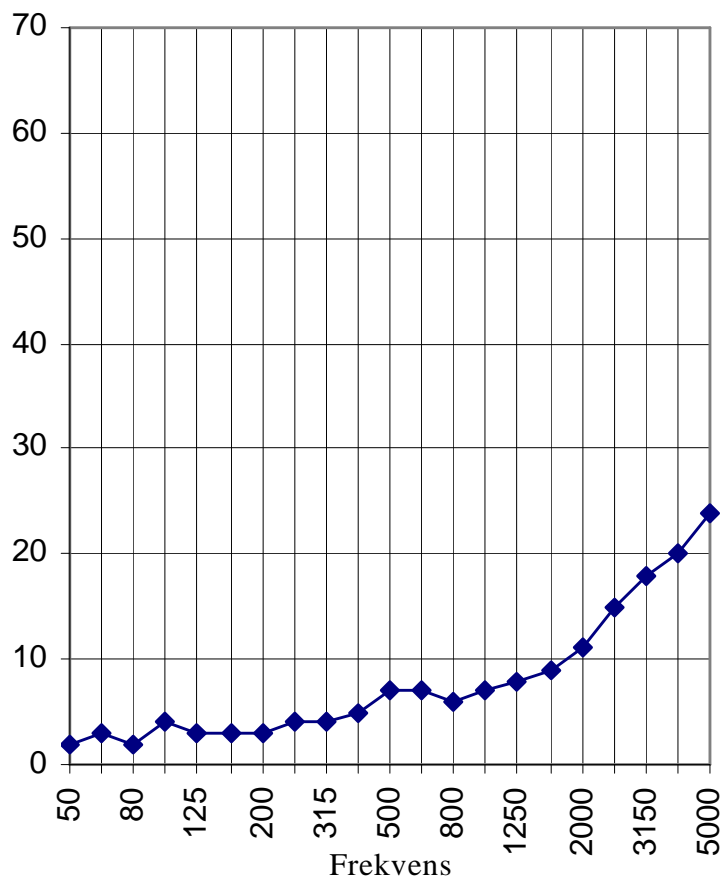
Provobjekt: Golvbeläggning 3

Mätdatum: 2002-04-22

Mätstandarder SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DL** - Förändring av stegljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔL (dB)
50	2,0
63	3,0
80	2,0
100	4,0
125	3,0
160	3,0
200	3,0
250	4,0
315	4,0
400	5,0
500	7,0
630	7,0
800	6,0
1000	7,0
1250	8,0
1600	9,0
2000	11,0
2500	15,0
3150	18,0
4000	20,0
5000	24,0

DL_w :	11
C_{ID} :	-5

Bestämning av stegljudsförbättring på en golvbeläggning i laboratorium

Kund NCC Teknik

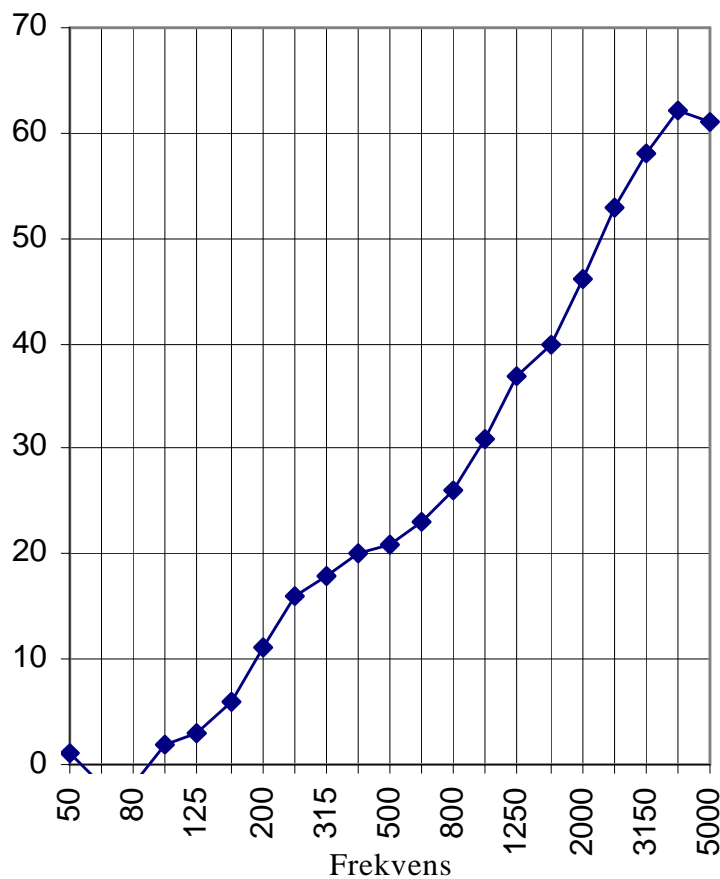
Provobjekt: Golvbeläggning 4

Mätdatum: 2002-04-24

Mätstandarder SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DL** - Förändring av stegljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔL (dB)
50	1
63	-2
80	-2
100	2
125	3
160	6
200	11
250	16
315	18
400	20
500	21
630	23
800	26
1000	31
1250	37
1600	40
2000	46
2500	53
3150	58
4000	62
5000	61

DL_w :	25 dB
C_{ID} :	-12 dB

Bestämning av stegljudsförbättring på en golvbeläggning i laboratorium

Kund NCC Teknik

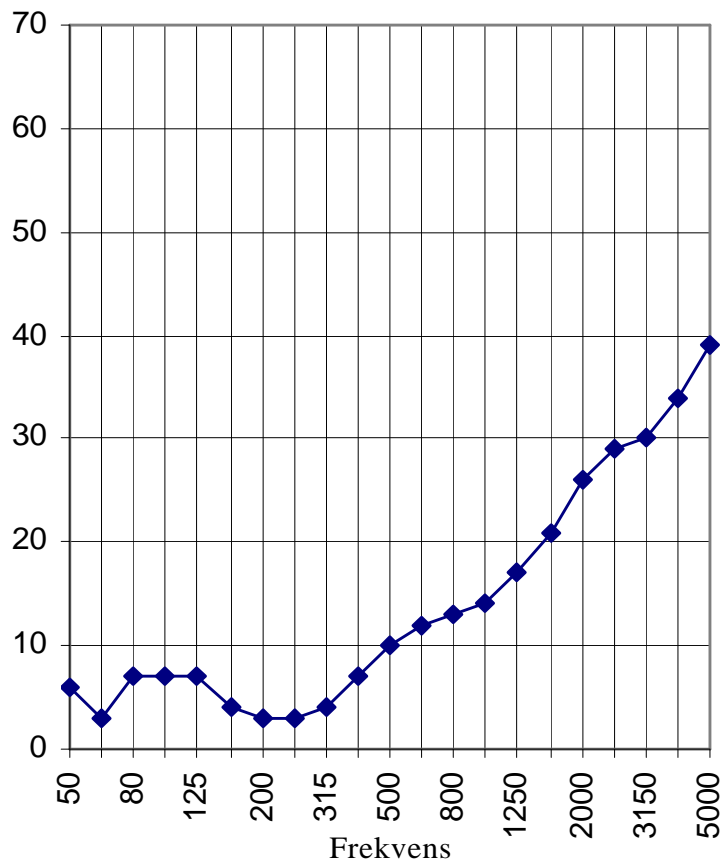
Provobjekt: Golvbeläggning 5

Mätdatum: 2002-04-29

Mätstandarder SS-EN ISO 140-8 och SS-EN ISO 717-2

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DL** - Förändring av stegljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔL (dB)
50	6,0
63	3,0
80	7,0
100	7,0
125	7,0
160	4,0
200	3,0
250	3,0
315	4,0
400	7,0
500	10,0
630	12,0
800	13,0
1000	14,0
1250	17,0
1600	21,0
2000	26,0
2500	29,0
3150	30,0
4000	34,0
5000	39,0

DL_w :	19 dB
C_{ID} :	-10 dB

Bestämning av luftljudsförbättring i laboratorium

Kund NCC Teknik

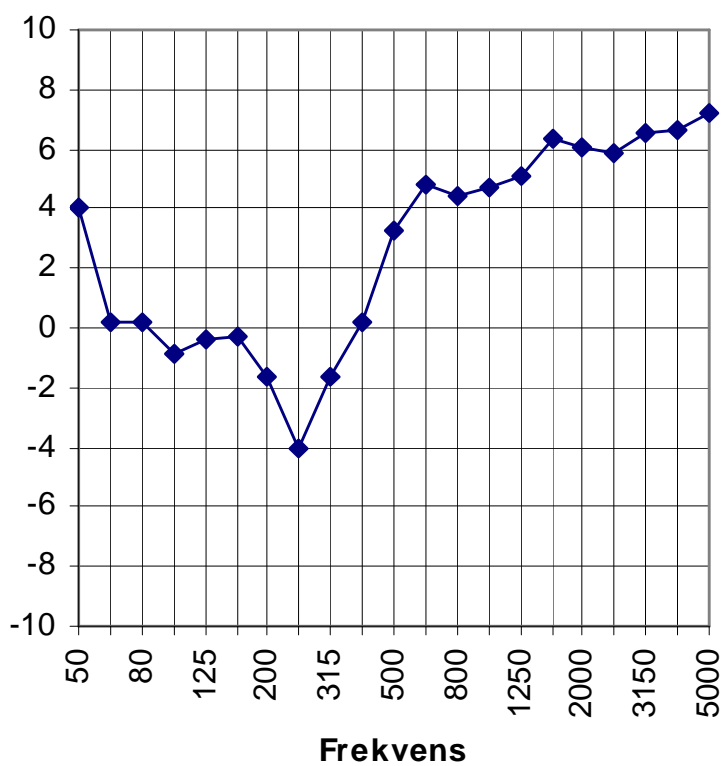
Provobjekt: Golvbeläggning 1

Mätdatum: 2002-04-17

Mätstandarder: SS-EN ISO 140-3 och SS-EN ISO 717-1

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DR** - Förändring av luftljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔR (dB)
50	4,0
63	0,2
80	0,2
100	-0,9
125	-0,4
160	-0,3
200	-1,6
250	-4,0
315	-1,6
400	0,2
500	3,3
630	4,8
800	4,4
1000	4,7
1250	5,1
1600	6,3
2000	6,1
2500	5,9
3150	6,5
4000	6,6
5000	7,2

DR_w:	0 dB
------------------------	------

Bestämning av luftljudsförbättring i laboratorium

Kund NCC Teknik

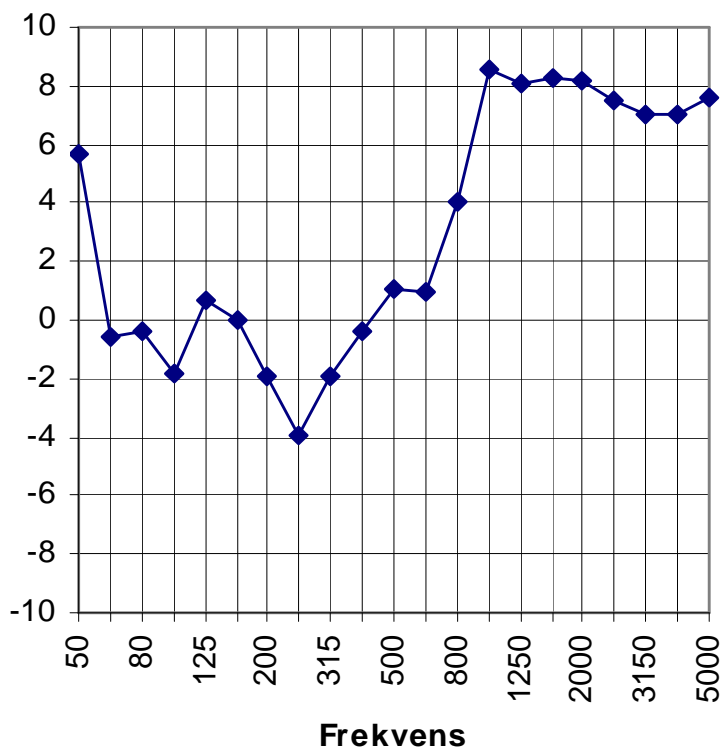
Provobjekt: Golvbeläggning 2

Mätdatum: 2002-04-17

Mätstandarder SS-EN ISO 140-3 och SS-EN ISO 717-1

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DR** - Förändring av luftljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔR (dB)
50	5,7
63	-0,6
80	-0,4
100	-1,8
125	0,7
160	0,0
200	-1,9
250	-3,9
315	-1,9
400	-0,4
500	1,1
630	1,0
800	4,0
1000	8,6
1250	8,1
1600	8,3
2000	8,2
2500	7,5
3150	7,0
4000	7,0
5000	7,6

DR_w:	-1 dB
------------------------	-------

Bestämning av luftljudsförbättring i laboratorium

Kund NCC Teknik

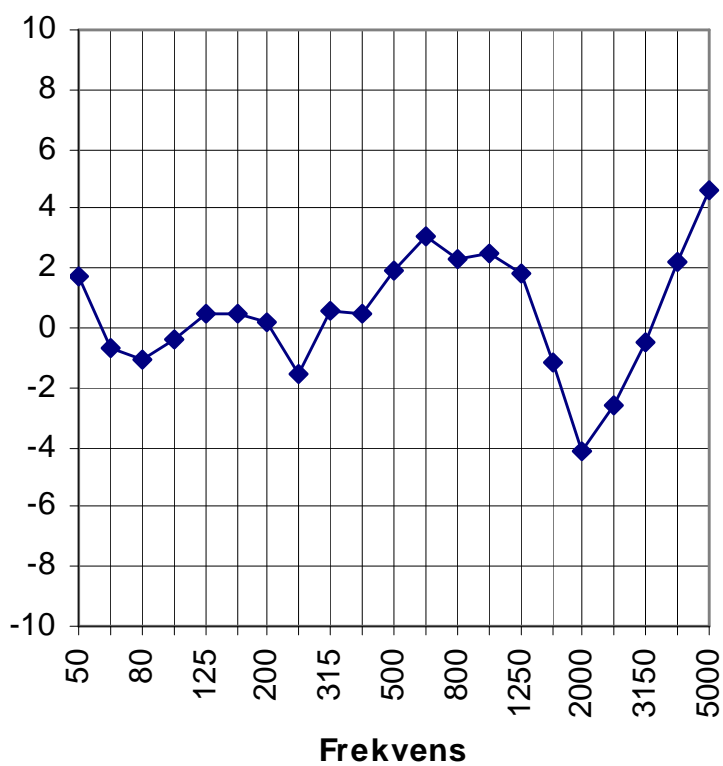
Provobjekt: Golvbeläggning 3

Mätdatum: 2002-04-22

Mätstandarder SS-EN ISO 140-3 och SS-EN ISO 717-1

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DR** - Förändring av luftljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔR (dB)
50	1,7
63	-0,7
80	-1,1
100	-0,4
125	0,5
160	0,5
200	0,2
250	-1,5
315	0,6
400	0,5
500	1,9
630	3,1
800	2,3
1000	2,5
1250	1,8
1600	-1,2
2000	-4,1
2500	-2,6
3150	-0,5
4000	2,2
5000	4,6

DR_w:	1 dB
------------------------	------

Bestämning av luftljudsförbättring i laboratorium

Kund NCC Teknik

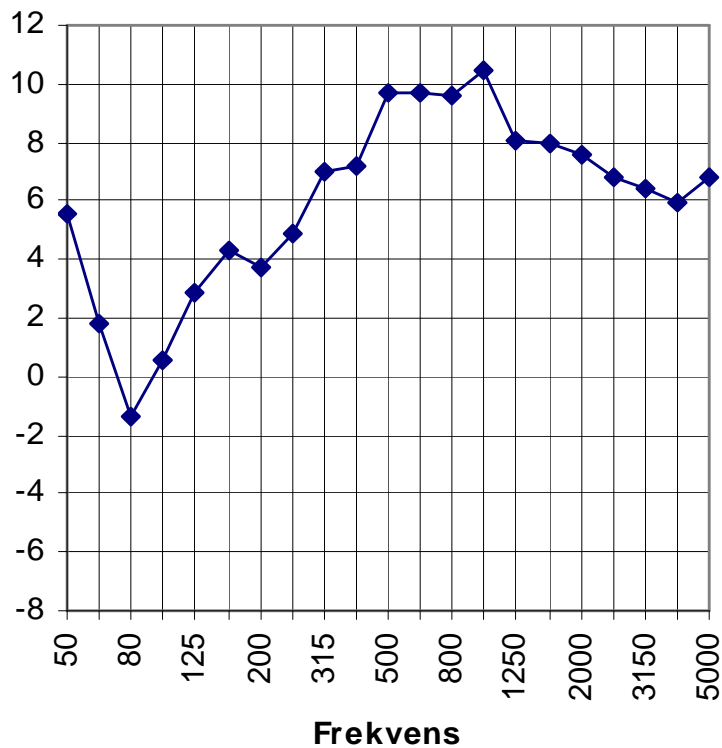
Provobjekt: Golvbeläggning 4

Mätdatum: 2002-04-24

Mätstandarder SS-EN ISO 140-3 och SS-EN ISO 717-1

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DR** - Förändring av luftljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔR (dB)
50	5,6
63	1,8
80	-1,4
100	0,6
125	2,9
160	4,3
200	3,7
250	4,9
315	7,0
400	7,2
500	9,7
630	9,7
800	9,6
1000	10,5
1250	8,1
1600	8,0
2000	7,6
2500	6,8
3150	6,4
4000	5,9
5000	6,8

DR_w:	6 dB
------------------------	------

Bestämning av luftljudsförbättring i laboratorium

Kund NCC Teknik

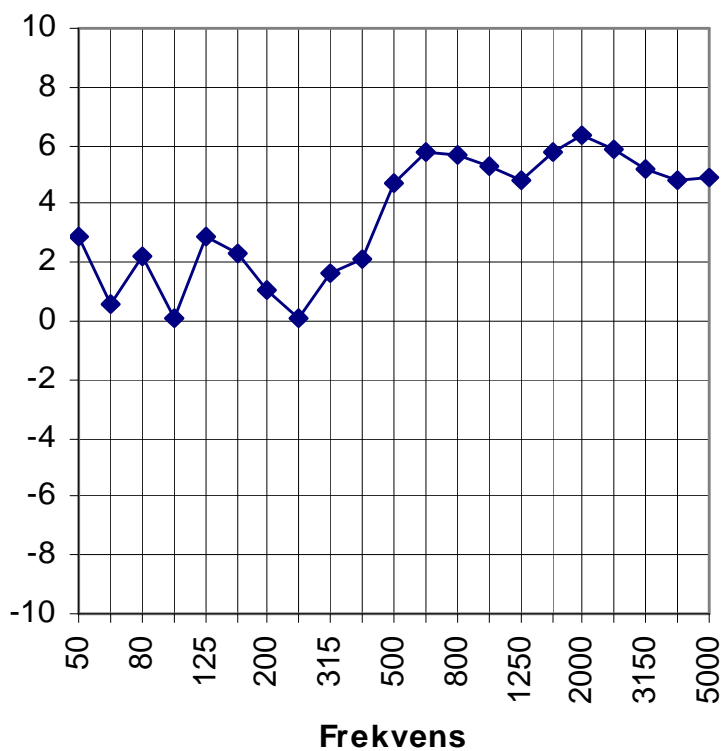
Provobjekt: Golvbeläggning 5

Mätdatum: 2002-04-29

Mätstandarder SS-EN ISO 140-3 och SS-EN ISO 717-1

Standardbjälklag 150 mm homogen betong (4,2 m x 3,2 m)

Diagram **DR** - Förändring av luftljudsisolering (dB) som funktion av frekvens:



Frekvens	ΔR (dB)
50	2,9
63	0,6
80	2,2
100	0,1
125	2,9
160	2,3
200	1,1
250	0,1
315	1,6
400	2,1
500	4,7
630	5,8
800	5,7
1000	5,3
1250	4,8
1600	5,8
2000	6,3
2500	5,9
3150	5,2
4000	4,8
5000	4,9

DR_w:	3 dB
------------------------	------

Vårt ombud	Vår ref – uppdragsbeteckning	Ert ombud och postadress
Christian Simmons	2001009	NCC Teknik Stockholm
Mölnadal, vårt datum	Vårt dokument-ID	Erik Berggren
2002-04-12	NCC-Te-SAUBr-Checklista-f-r-labor.DOC	
Anm.		S-170 80 SOLNA
Ert datum	Er beteckning	Er fax och e-postadress
		08-585 533 61
		erik.berggren@ncc.se

SBUF Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Checklista för laboratorieprover på SP

Jag har besökt SP idag och givit instruktioner till Joachim Stadig och Tore Bergkvist. Jag har också givit Ole Romer och Nils Nordengrahn utförliga instruktioner under tiden läggning pågick. Följande checklista tillställdes SP idag.

Ankomst

- SP informerar golvläggaren/tillverkaren om att SP har i uppdrag att avsyna och fotografera uppbyggnaden av provobjektet fortlöpande. SPs provningsansvarige skall tillkallas när respektive skikt byggs upp.
- SP skall vid provningens början få in tillverkarens benämningar på de produkter som används, till exempel på:
 - Klister, fästmassa, tejp e.dyl. mot bjälklag
 - Mellanlägg, kantejper, avstängningslistor
 - Spackel, skivor e.dyl.
 - Golvklinker, fogmassa
- Leverantören lämnar även provbitar till SP, förvaras hos SP.

Rådgivning

- SP informerar golvläggaren om att alla skikt måste läggas exakt enligt tillverkarens anvisningar.
- Fullgod tätning mot betongbjälklaget måste säkerställas.
- Mellanläggsmattor e.dyl. tejpas med silvertejp över kanten på ref-bjälklaget mot lab-bjälklaget.
- Efter härdning avsynas spalten mot bjälklagen, ev. bryggor (skrot) avlägsnas.

Avsyning

- SP bestämmer medeldensitet och medeltjocklek från 13 provhåll

simmons akustik & utveckling ab

postadress	telefon & fax	mobilterminal	bankgiro	org.nr.
Kroksläatts Fabriker 1	+46 (0)31 27 66 00	tel: +46 (0)709 72 72 65	5298 - 3426	556625-6417
SE-431 37 Mölnadal	e-post & internet	fax: +46 (0)709 72 71 65	postgiro	innehar F-skattebevis
besök Göteborgsvägen 97	info@simmons.se	e-post och SMS:	32 69 17 - 2	momsreg.nr./VAT.no
Mölnadal (vid Byggcentrum)	www.simmons.se	christian.simmons@euromail.se		SE556625641701

- SP avsynar, fotograferar och beskriver uppbyggnaden av provobjektet. Beskrivning av ingående skikt skall inkluderas i rapporten, med texten "SP har fortlöpande kontrollerat provobjektets uppbyggnad i laboratoriet".

Provning

- Stegljud mäts i 13 osymmetriskt fördelade positioner över hela bjälklaget. Hammarapparaten skall om möjligt orienteras så att hamrarna slår mot klinkerna, ej mot fogarna (enl. ISO-CD 140-14 N636). HA skall stå stabilt i varje provposition.
- Efter varje provposition sparas delresultaten. Ev. positioner med förhöjda nivåer utesluts men notering därom görs i rapporten. Skriv ut delpos till uppdragsmappen.
- Vid förflyttning av HA kontrolleras ytan på hamrarna, ev. fogmaterial eller annat skräp avlägsnas.
- Luftljudsisolering mäts enligt SS-EN ISO 140-3

Demontering

- Demontering e ök med uppdragsgivaren.
- Spara provmaterialet på pall ca 4v (för ev. efterkontroll).

Vi tackar för uppdraget. Eventuella synpunkter på detta brev/fax ber vi Er lämna inom 8 dagar.

Med vänlig hälsning
simmons akustik & utveckling

Christian Simmons

Bilagor: Inga

Kv Viken 1, Sickla Udde, Stockholm

Bestämning av ljudisolering

1 Uppdrag

Akustikbyrå har av NCC Teknik, genom Erik Berggren, fått i uppdrag att kontrollmäta stegljudsisolering mellan hallar i lägenheter i Kv Viken 1, Sickla Udde, Stockholm. Projektet avser nybyggnation av lägenheter. Mätningen avser att kontrollera stegljudsisoleringen före provbeläggning med keramiskaplatlor

2 Krav

För projektet gäller *BBR99*, med ljudklass B enligt *SS 02 52 67*.

3 Sammanfattning

Stegljudsnivåer:

- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4008 och hall lgh 4005 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 72$ dB (se diagram 1).
- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4010 och hall lgh 4007 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 66$ dB (se diagram 2).
- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4013 och hall lgh 4010 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 65$ dB (se diagram 3).
- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4011 och hall lgh 4008 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 66$ dB (se diagram 4).
- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4016 och hall lgh 4013 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49$ dB (se diagram 5).
- Stegljudsnivån mellan hall lgh 4014 och hall lgh 4011 uppgår till $L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49$ dB (se diagram 6).

4 Objektbeskrivning

4.1 Mättrum

Lägenheterna i vilka mätningarna utfördes var ej helt färdigställda

5 Mätresultat

Resultaten av ljudisoleringsmätningarna redovisas i nedanstående tabell.

Sammanfattningsvärden har utvärderats enligt *SS-EN ISO 717-1 och 2*.

Resultaten avser endast de provade objekten.

5.1 Stegljudsnivå

Diagram nr	Mätriktning	Mellan rum	Mätdatum	Uppmätt värde $L'_{n,w} + C_{i50-2500}$ [dB]	Krav klass B Enl SS 02 52 67 $L'_{n,w} + C_{i50-2500}$ [dB]	Anm
1	Vertikal	Från hall lgh 4008, 4 tr Till hall lgh 4005, 3tr	2002-08-08	72	Max 54	
2	Vertikal	Från hall lgh 4010, 4 tr Till hall lgh 4007, 3tr	2002-08-08	66	Max 54	
3	Vertikal	Från hall lgh 4013, 5 tr Till hall lgh 4010, 4 tr	2002-08-08	65	Max 54	
4	Vertikal	Från hall lgh 4011, 5 tr Till hall lgh 4008, 4 tr	2002-08-08	66	Max 54	
5	Vertikal	Från hall lgh 4016, 6 tr Till hall lgh 4013, 5 tr	2002-08-08	49	Max 54	
6	Vertikal	Från hall lgh 4014, 6 tr Till hall lgh 4011, 5 tr	2002-08-08	49	Max 54	

6 Mätutförande

Mätningarna utfördes den 2002-08-08 av Johan Selleskog och Christopher Jansson, enligt *SS-EN ISO 140-7* samt *SIS-TR 8:2001 Byggakustik - Mätning av ljudisolering i byggnad*.

Ljudisoleringsmätningarna utvärderades enligt *SS-EN ISO 717-2* med NWWin v1.24.

6.1 Mätutrustning

Följande instrument användes vid mätningarna:

Instrument (BLÅ)	Fabrikat	Typ	Serienr	Kalibreringsdatum
Realtidsanalysator	Larson & Davis	2900	0911	2000-08-29
Mikrofon, Tryck	Larson & Davis	2560	2832	2000-08-30
Mikrofonförstärkare	Larson & Davis	900C	0531	2000-08-30
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4231	2123158	2001-08-24
Förstärkare	LABgruppen	1300C		
Högtalare	Elton	Kub		
Hammarapparat	Norsonic			

6.2 Avvikelser från mätstandard

Inga avvikelser från mätstandard.

¹ Enl. SWEDAC DOC 98:18 skall den utvidgade mätosäkerheten beräknas enl. EAL-R2-Sv som produkten av den angivna standardavvikelsen i mätosäkerhet och täckningsfaktorn $k=+/-2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet av ca 95%.

7 Bedömningsgrund: Boverkets krav i BBR 99 och ljudklassning enligt SS 02 52 67

7.1 BBR 99

Boverkets Byggregler BBR 99. Följande gäller för luft-och stegljudsisolering:

- "Krav avseende bullerskydd, bostäder anges i kap 7:2. Föreskriftens krav är uppfyllda om
- minst de värden som anges för klass C i SS 02 52 67 (2) samt om därtill
 - rekommendationer i not 1 tabell 4.1 i SS 02 52 67 (2) följs och
 - rekommendationer i not 1 tabell 4.2 i SS 02 52 67 (2) uppfylls.

7.2 SS 02 52 67 (utgåva 2)

Ljudklasser enligt SS 02 52 67 (2) anges i tabellerna nedan.

Tabell 4.1 i SS 02 52 67– Luftljudsisolering. Minsta värden för vägt reduktionstal, R'_w eller $R'_w + C_{50-3150}$.

Utrymme	Klass A $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	Klass B $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	Klass C R'_w (dB)	Klass D R'_w (dB)
Mellan lägenhet och utrymmen utanför lägenhet,	60	56	52 ¹⁾	48
dock mellan loftgång och lägenhet samt mellan trapphus/korridor och hall (eller motsvarande avskiljbara utrymme) innanför tamburdörr.	48	44	39 ¹⁾	36
Inom lägenhet med fler än 2 rum. Mellan minst ett rum och bostadens övriga rum/kök.	44	40	-	-

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{50-3150}$, används också i klass C. Om termen används skall samma gränsvärde tillämpas.

ANM 1 – Klassindelningen är inte tillämplig i extrema situationer av typen "musikbkal under bostad". I dylika fall kan även klass A vara otillräcklig. En särskild dimensionering bör utföras så att kraven på högsta ljudtrycksnivå i tabell 4.3 klass B uppfylls.

ANM 2 – Beträffande dörrars ljudisolering ges vägledning i bilaga A. I klass C bör man välja en dörr i minst Klass R'_w 35 dB mot en hall i lägenhet. För lägenheter med bostadsrum direkt mot trapphus gäller första raden i tabell 4.1. Man bör välja en dörrkonstruktion i minst klass

R'_w 50 dB. Hur man räknar ut det resulterande reduktionstalet hos en skiljekonstruktion som är uppbyggd av olika byggdelar med olika reduktionstal visas i bilaga F.

ANM 3 – Skärpningen mellan klass C och klass B kan speciellt för lätta konstruktioner på grund av anpassnings-termens utökade frekvensområde många gånger bli betydligt större än den klasskiljande differensen 4 (5) dB

Tabell 4.2 i SS 02 52 67– Stegljudsisolering. Högsta värden för vägd normaliserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$ eller $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$.

Utrymme	Klass A $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	Klass B $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	Klass C $L'_{n,w}$ (dB)	Klass D $L'_{n,w}$ (dB)
I bostadsrum från utrymme utanför lägenhet,	50	54	58 ¹⁾	62
dock från trapphus, korridor eller loftgång.	56	60	64 ¹⁾	68
Inom lägenhet. Till ett av flera bostadsrum.	64	68	-	-

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{1,50-2500}$, används också i klass C, på samma sätt som i klasserna A och B. Om termen används gäller gränsvärdet således både för $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$.

ANM 4 – Beträffande stegljudsdämpning för övergolv och golvbeläggningar ges vägledning i bilaga 1.

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

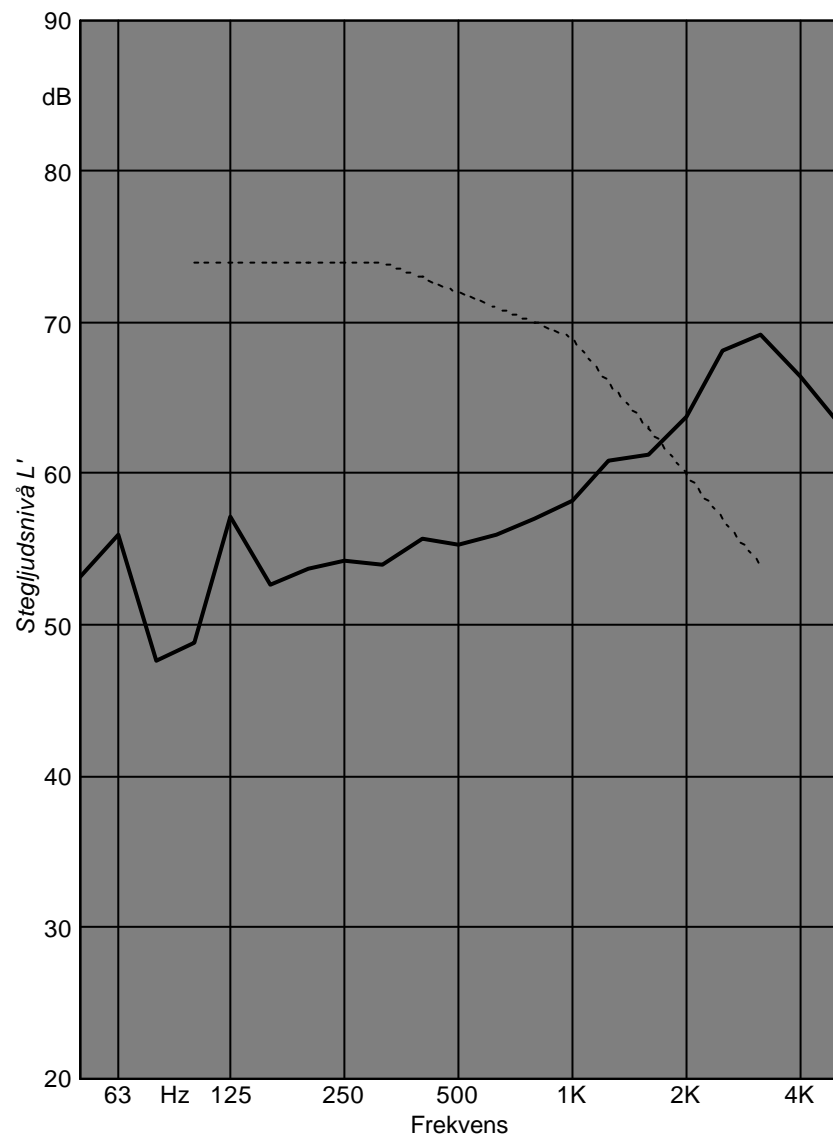
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall Igh 4008, 4 tr
till hall Igh 4005, 3 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	53.2
63	55.9
80	47.6
100	48.8
125	57.2
160	52.6
200	53.7
250	54.2
315	54.0
400	55.7
500	55.3
630	56.0
800	57.0
1000	58.2
1250	60.9
1600	61.3
2000	63.8
2500	68.2
3150	69.2
4000	66.4
5000	63.5

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 72 + (-17) = 72 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

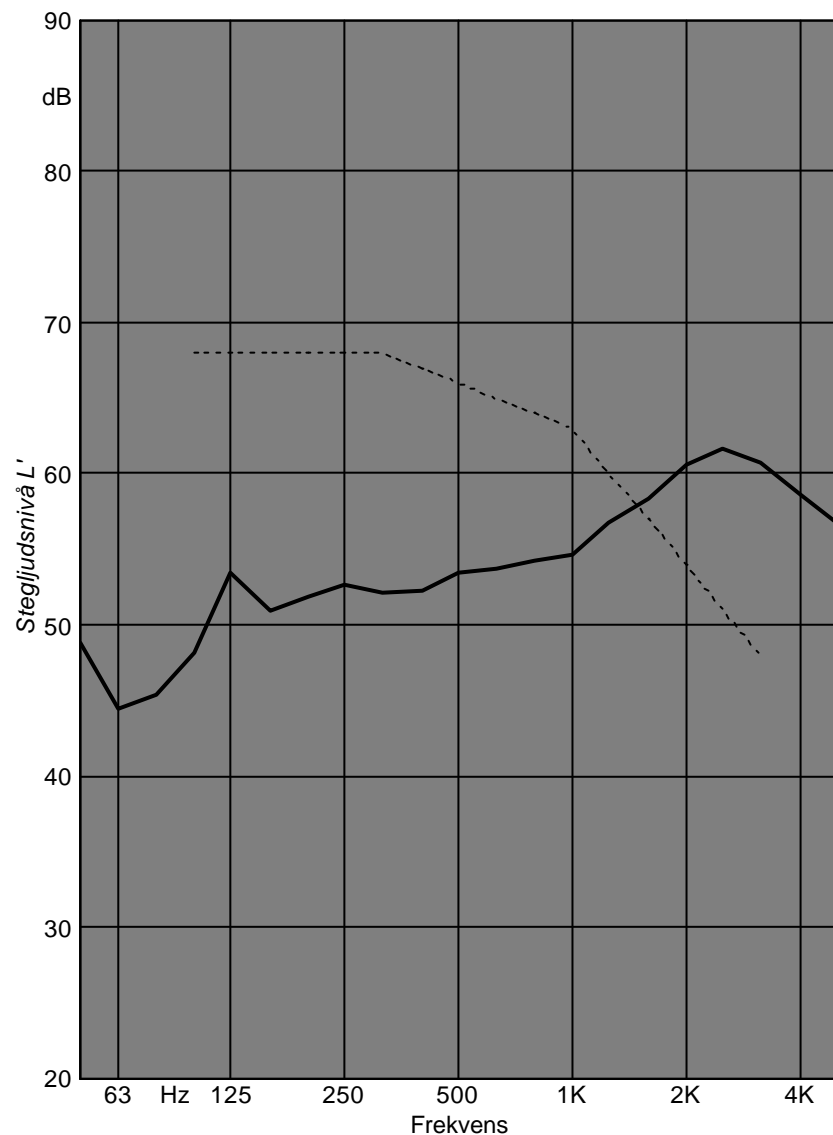
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall Igh 4010, 4 tr
till hall Igh 4007, 3 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	48.8
63	44.4
80	45.4
100	48.1
125	53.5
160	51.0
200	51.9
250	52.7
315	52.1
400	52.2
500	53.4
630	53.7
800	54.3
1000	54.6
1250	56.8
1600	58.4
2000	60.6
2500	61.6
3150	60.7
4000	58.6
5000	56.8

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 66 + (-14) = 66 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

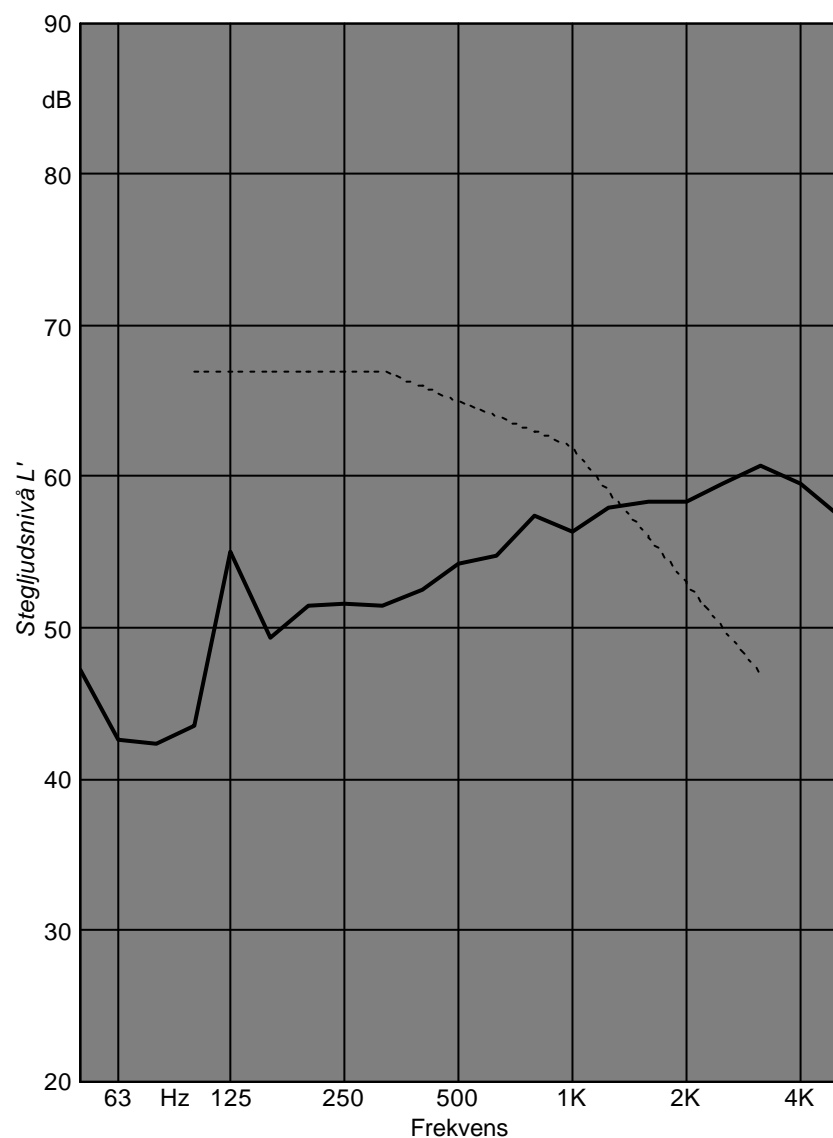
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall lgh 4013, 5 tr
till hall lgh 4010, 4 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	47.2
63	42.6
80	42.3
100	43.5
125	55.1
160	49.3
200	51.4
250	51.6
315	51.4
400	52.5
500	54.3
630	54.8
800	57.4
1000	56.4
1250	57.9
1600	58.3
2000	58.3
2500	59.5
3150	60.7
4000	59.5
5000	57.5

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 65 + (-13) = 65 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

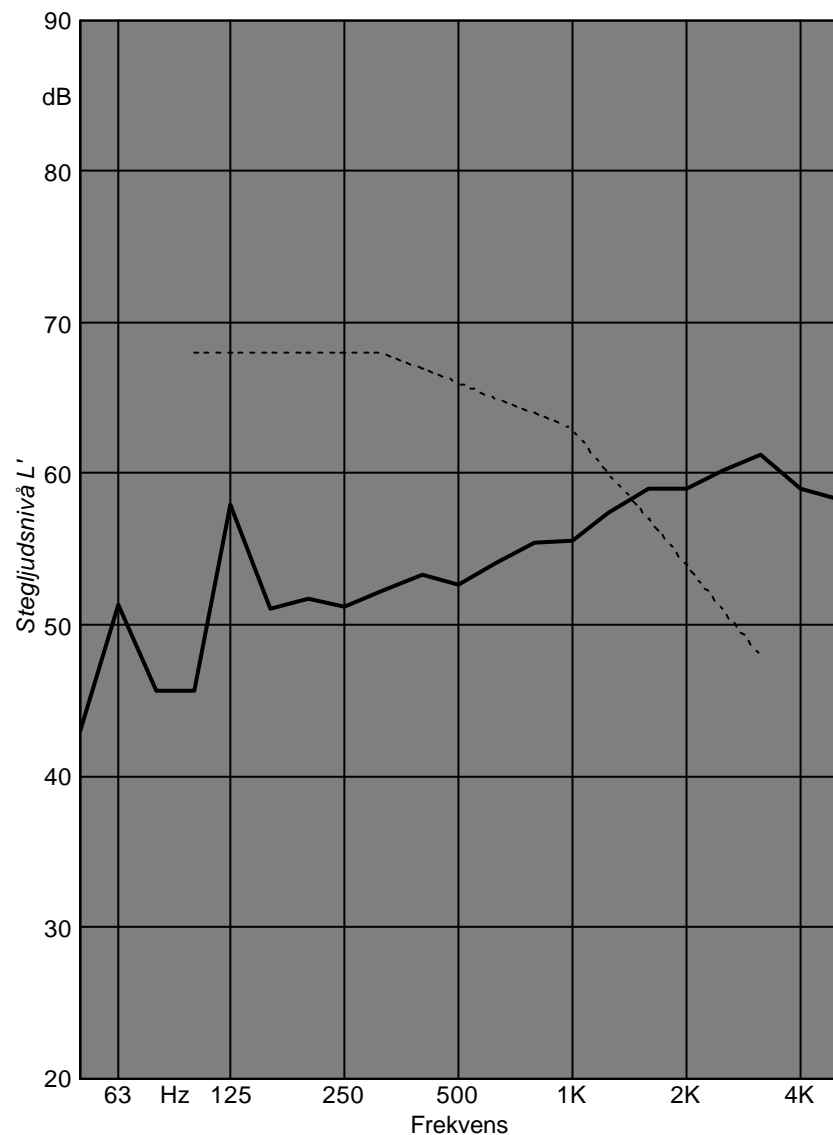
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall Igh 4011, 5 tr
till hall Igh 4008, 4 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	43.0
63	51.3
80	45.7
100	45.7
125	57.9
160	51.1
200	51.8
250	51.2
315	52.3
400	53.3
500	52.7
630	54.1
800	55.5
1000	55.6
1250	57.4
1600	59.0
2000	59.0
2500	60.2
3150	61.2
4000	59.0
5000	58.3

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 66 + (-14) = 66 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

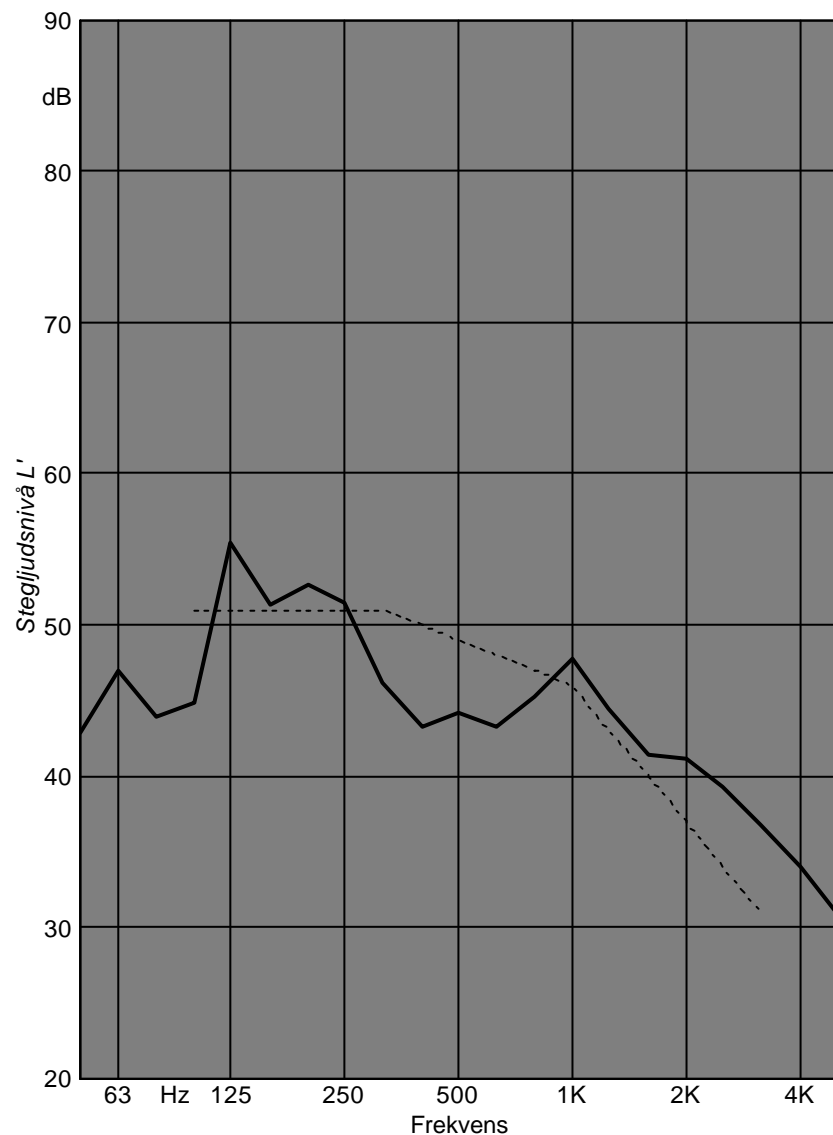
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall Igh 4016, 6 tr
till hall Igh 4013, 5 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	42.9
63	47.0
80	43.9
100	44.8
125	55.4
160	51.3
200	52.6
250	51.4
315	46.2
400	43.3
500	44.2
630	43.3
800	45.2
1000	47.7
1250	44.4
1600	41.4
2000	41.2
2500	39.3
3150	36.8
4000	34.0
5000	31.0

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 + (-3) = 49 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC, genom Erik Berggren

Mätdatum: 2002-08-08

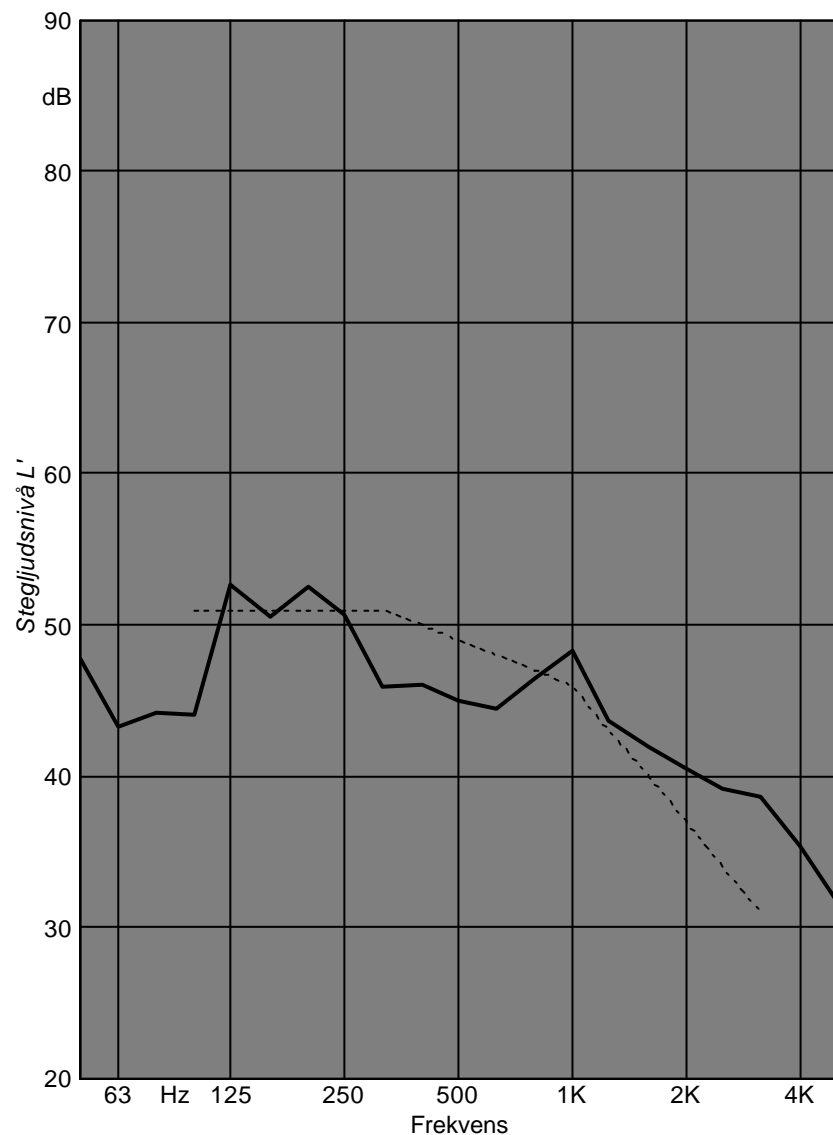
Beskrivning :

Kv Viken 1
Från hall lgh 4014, 6 tr
till hall lgh 4011, 5 tr
Vertikalt

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	47.7
63	43.3
80	44.2
100	44.0
125	52.7
160	50.5
200	52.5
250	50.7
315	45.9
400	46.0
500	45.0
630	44.5
800	46.4
1000	48.3
1250	43.7
1600	41.9
2000	40.5
2500	39.2
3150	38.6
4000	35.3
5000	31.7

* : Ljudtrycksnivån i mottagarrummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 + (-4) = 49 \text{ dB}$$

Utfört av: J&W Akustikbyrå

Signatur: RJ

Handläggare: Claes Söderström, WSP Akustik

Antal sidor 4

Beställare: NCC gm Erik Berggren

Antal bilagor 1

Stockholm 2003-01-27

Kv Viken, stegljud mellan hallar (Stegljudsprojektet del 2)

1 Sammanfattning

1.1 Stegljud mellan hallar:

Mätningen visade att olika stegljudsdämpande beläggningar med klinker som ytskikt ger resultat varierade mellan $L'_{nw} + C_{50-2500} = 46$ och 65 dB.

Vi förutsätter att råbjälklagen för de olika fallen är identiska.

Graferna visar att mellan hallarna i lägenheterna 4013 till 4010, 4011 till 4008 samt 4008 till 4005 uppnås goda samlingsvärden, $L'_{nw} + C_{50-2500}$.

Mellan hallarna i lägenheterna 4007 och 4004 uppnås värden som uppfyller kravet på högsta stegljudsnivå motsvarande baskravet klass C, $L'_{nw} + C_{50-2500} = 58$ dB, men här ligger andelen höga frekvenser långt över de tidigare nämnda resultaten.

Mellan hallarna i lägenheterna 4005 och 4002 överskrider stegljudsnivån även baskravet enligt BBR-99, motsvarande SS 02 52 67 klass C med 7 dB.

2 Uppdrag

WSP Akustik, tidigare J&W Akustikbyrå, har av NCC Teknik, genom Erik Berggren, fått i uppdrag att kontrollmäta stegljudsisolering mellan hallar i lägenheter i Kv Viken 1, Sickla Udde, Stockholm. Projektet avser nybyggnation av lägenheter. Mätningen avser att kontrollera stegljudsisoleringen efter provbeläggning med keramiska plattor på stegljudsdämpande underlag av olika fabrikat.

3 Objektbeskrivning

3.1 Mättrum

Lägenheterna i vilka mätningarna utfördes var ej helt färdigställda.

Fastigheten är uppbyggd med massivt betongbjälklag i sex plan. Mätningarna utfördes mellan plan 5 och 2 i fem olika utföranden på övergolven i hallarna. Mätningen skall ge en fingervisning om vilka övergolvskonstruktioner som NCC skall använda sig av i kommande bostadsproduktion med liknande konstruktioner.

4 Mätresultat

Resultaten av ljudisoleringsmätningarna redovisas i nedanstående tabell. Sammanfattningsvärden har utvärderats enligt *SS-EN ISO 717-2*.

Resultaten avser endast de provade objekten.

4.1 Stegljudnivåer, hallar

System typ	Mellan lägenheter nr	Stegljudsnivå råbjälklag $L'_{nw} + C_{50-2500}$ [dB]	Stegljudsnivå Uppmätt värde frifält $L'_{nw} + C_{50-2500}$ [dB]	Krav enligt SS 02 52 67 klass B $L'_{nw} + C_{50-2500}$ [dB]
1	4007 till 4004	66	58	54
2	4011 till 4008	66	47	54
4	4008 till 4005	72	46	54
5	4005 till 4002	66	65	54
6	4013 till 4010	65	50	54

5 Mätteknik

5.1 Mätförfarande

Mätningarna utfördes 2002-09-23/24 av Claes Söderström enligt *SS-EN ISO 140-7* samt *SIS-TR 8:2001 Byggakustik - Mätning av ljudisolering i byggnad*.

Ljudisoleringsmätningarna utvärderades enligt *SS-EN ISO 717-2* med NWWin v1.24.

5.2 Instrument

Följande instrument användes vid mätningarna:

Instrument	Fabrikat	Typ	Serienr	Kalibreringsdatum
Realtidsanalysator	Larson & Davis	2900	0907	2002-08
Mikrofon 2 tryck	Brüel & Kjaer	4192	2271466	2002-08
Mikrofonförstärkare	Larson & Davis	900C	0528	2002-08
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4231	1883228	2002-08
Hammarapparat	Brüel & Kjaer	3207	2219263	

6 Konstruktioner

Mätposition	Mätpunkt	Övergolvskonstruktioner
4013 till 4010	Kv Viken	System typ 6
4011 till 4008	Kv Viken	System typ 2
4008 till 4005	Kv Viken	System typ 4
4007 till 4004	Kv Viken	System typ 1
4005 till 4002	Kv Viken	System typ 5

7 Kommentarer till resultaten

Mätningarna visar att stegljudsljudnivåerna varierar stort mellan de olika övergolvs-konstruktionerna. De lösningar som visat sig fungera bäst har god förmåga att isolera bort högre frekvenser men tenderar att få en resonans någonstans i mellanfrekvenserna. I praktiken torde detta ändå inte innebära några direkt sämre förutsättningar för att konstruktionerna skulle fungera fullgott vid normalt bruk.

WSP Akustik

Bearbetad: Johan Selleskog

Granskad av: Claes Söderström

Stegljudsnivå L'_n utvärderat enligt SS-EN ISO 717-2

Fältmätning av stegljudsnivåer enligt SS-EN ISO 140-7 / SIS-TR 8:2001

Uppdragsgivare : NCC Teknik, genom Erik Berggren
 Beskrivning : Stegljudsprojektet Kv Viken hus V1

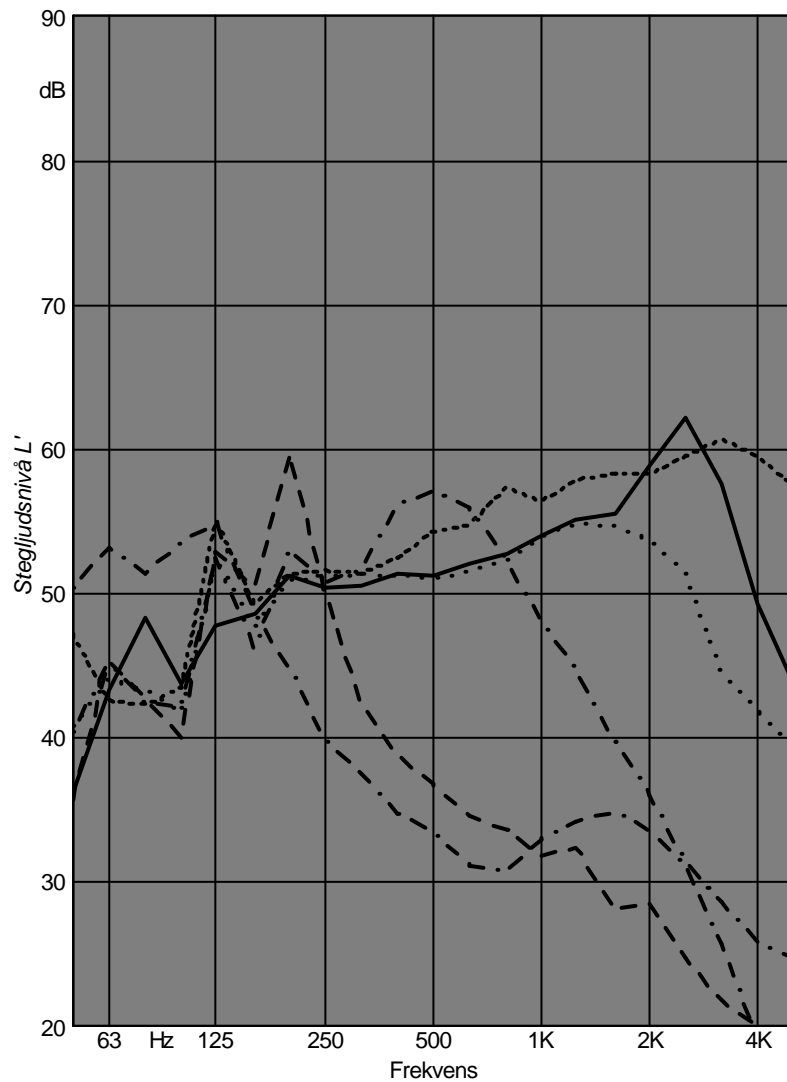
Mätdatum: 2002-09-23

System typ 6 $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 50 + (-1) = 50$ dB **System typ 1** $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 58 + (-9) = 58$ dB
System typ 2 $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 44 + (3) = 47$ dB **System typ 5** $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 65 + (-15) = 50$ dB
System typ 4 $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 43 + (3) = 46$ dB **Från hall lgh 4013 till hall lgh 4010 typfall råbjälklag** $L'_{n,w} + C_{4,50-2500} = 65 + (-13) = 52$ dB

Mottagarummets volym: 15.8 m³

Frekvens Hz	L'_n dB
50	36.3
63	43.3
80	48.3
100	43.7
125	47.8
160	48.6
200	51.3
250	50.4
315	50.5
400	51.4
500	51.2
630	52.0
800	52.7
1000	54.0
1250	55.1
1600	55.5
2000	58.9
2500	62.2
3150	57.6
4000	49.3
5000	43.7

*: Ljudtrycksnivån i mottagarummet överskrider bakgrundsnivån med 6 dB eller mindre.



Vårt ombud	Vår ref – uppdragsbeteckning	Ert ombud och postadress
Christian Simmons	2001009	NCC Teknik Stockholm
Mölndal, vårt datum	Vårt dokument-ID	Erik Berggren
2003-06-05	NCC-Te-SAUBr-Ber-kning-av-delta-L.DOC	
Anm.		SS-170 80 SOLNA
Ert datum	Er beteckning	Er fax och e-postadress
		08-585 533 61
		erik.berggren@ncc.se

SBUF Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Beräkning av delta Lw för fältprover kv Viken

Beställaren uppdrog 2003-06-02 att beräkna vägda värden för stegljudsförbättring på basis av de fältmätningar som utförts.

Resultat

Tabellen i remissversionen av slutrapporten visar:

1. Laboratorieprovningar			2. Fältprovningar			
a) Golv- beläggning Typ	b) Mätvärde dämpning DB	c) anm.	d) Mätvärde Nollmätning	e) Mätvärde slutprodukt	f) Summa (e-f) dämpning	g) Skillnad fält- Lab, (f-b)
1	19		66	58	8	-11
2	19		66	47	19	0
3	11		-	-	-	-
4	25		72	46	26	+1
5	19		66	65	1	-18
6	10		65	50	15	+5

simmons akustik & utveckling ab

postadress Krokslättis Fabriker 1 SE-431 37 Mölndal	telefon & fax +46 (0)31 27 66 00	mobilterminal tel: +46 (0)709 72 72 65 fax: +46 (0)709 72 71 65	bankgiro 5298 - 3426	org.nr. 556625-6417
besök Göteborgsvägen 97 Mölndal (vid Byggcentrum)	e-post & internet info@simmons.se www.simmons.se	e-post och SMS: christian.simmons@euromail.se	postgiro 32 69 17 - 2	innehar F-skattebevis momsreg.nr./VAT.no SE556625641701

Värdena skall ändras (både i sammanfattningen och i rapportens huvudtext)

a)	b)	d)	e)	f)	g)
Golv- beläggning, typ	Vägd stegljudsförbättring i lab ΔL_w , lab (dB)	Vägd stegljuds- nivå, råbjälklag L'_{nw} (dB)	Vägd stegljuds-, med golvbel	Differens e-f	Vägt ΔL_w , fält
1	19	66	58	8	7
2	19	66	44	22	19
3	11	-	-	-	-
4	25	72	43	29	22
5	19	66	65	1	1
6	10	65	50	15	12

Skillnaden lab-fält saknas i tabellen.

Kommentar:

Det ΔL_w man utvärderar i lab, mot referensbjälklaget, ger alltså ett par dB lägre värde än L'_{nw} utan-med i fält. Det beror på att golvet högfrekventa dämpning värderas lägre i labbet än den "nyttiga" dämpning man får i fält. Se Optiroc, där blir skillnaden som mest markant. På håldäck blir denna skillnad väldigt tydlig. Entalsvärdet ΔL_w är alltså lite konservativt, vilket nog var avsikten i standarden.

Förutsättningar

Underlag från NCC Teknik, mätningar utförda av WSP Akustik

Vi tackar för uppdraget. Eventuella synpunkter på detta brev/fax ber vi Er lämna inom 8 dagar.

Med vänlig hälsning
simmons akustik & utveckling ab

Christian Simmons

Bilagor: Excelfil sänds med e-post

NCC Construction Sverige AB
Eric Berggren
Teknik
170 80 SOLNA

Handläggare, enhet / *Handled by, department*
Ingvar Demker,
Kemi och Materialteknik, id
+46 33 16 53 08, ingvar.demker@sp.se

Datum / *Date* Beteckning / *Reference* Sida / *Page*
2003-03-27 F221941 1 (3)

Provning av stegljudsdämpade klinkergolv

Provföremål

Sex stycken golvkonstruktioner bestående av ett ljuddämpningsmaterial, fästmassa och keramikplattor. Konstruktion 4, 5 och 7 hade även ett lager avjämningsmassa mellan ljuddämpningsmaterialet och fästmassan. Keramikplattorna som använts uppfyller specifikationen EN 176 och har dimensionen 150 × 150 × 8 mm.

Golvkonstruktionerna tillverkades av fyra olika leverantörer på gångbanepplattor av betong, 500 × 500 mm. Avjämningsmassa, fästmassa och klinkerfog har valdes ur respektive leverantörs sortiment.

Provmaterialet ankom till SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut under december 2002 och januari 2003.

Hänsyn togs till att konstruktionerna fick härda enligt leverantörernas specifikationer, i de flesta fall 28 dygn, innan provningen startades.

Uppdrag

Mekanisk utvärdering av ljuddämpade klinkergolvkonstruktioner.

Ett tungt belastat länkhjul får röra sig över en provyta. Provningen utvärderas visuellt genom att fogarna undersöks med avseende på uppkomna sprickor.

Sammanfattning

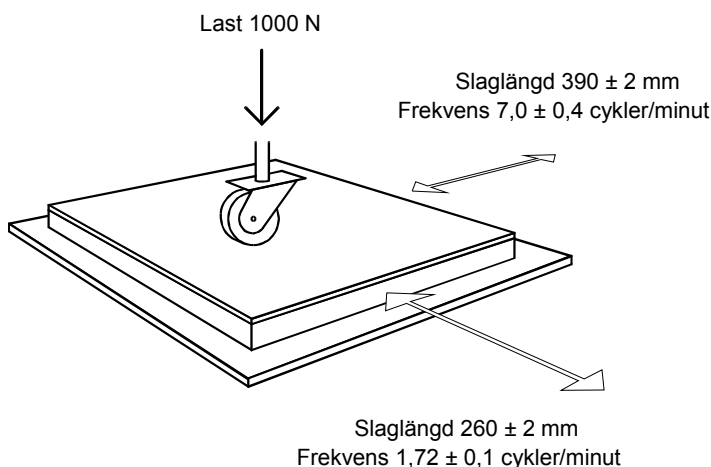
Golvkonstruktioner utan avjämningsmassa verkar vara för ”mjuka” och fogarna mellan klinkerplattorna spricker innan 1 000 cykler. Inga konstruktioner med avjämningsmassa uppvisar skador innan 10 000 cykler.

Provningens utförande

Provningen har utförts genom att ett länkhjul av polyamid, belastat med 1 000 N har fått rulla fram och tillbaka över provytan.

Länkhjulet har en 40 mm bred löpyta och en diameter på 115 mm. Länkhjulet som har en utligning på 45 mm kan röra sig fritt kring sin svängningsaxel. Svängningsaxeln kan dessutom röra sig i vertikal led.

Upplagsbordet rör sig under provningen i två riktningar, vinkelrätt mot varandra, i ena riktningen (390 ± 2 mm) med frekvensen $7,0 \pm 0,4$ cykler/minut och i den andra riktningen (260 ± 2 mm) med frekvensen $1,72 \pm 0,1$ cykler/minut.



Provningen överrensstämmer med provningsförfarandet i SS-EN 1818 med undantag av belastningen. I SS-EN 1818 belastas länkhjulet med 1 250 N.

Provobjektet lades på en sandbädd och justerades så att det låg i våg och lasten applicerades på länkhjulet, därefter startades provningen.

Då länkhjulet rullat 1 000 cykler, i riktningen med slaglängd 390 mm, stoppades provningen och fogarna undersöktes. Om fogarna hade spruckit avbröts provningen, i annat fall fick hjulet rulla ytterligare 1 000 cykler. Då hjulet rullat 10 000 cykler avbröts provningen oavsett om sprickor uppkommit.

För varje konstruktion har två provningar utförts.

Uppgifter om mätosäkerhet kan erhållas på begäran.

Resultat

Material	Antal cykler till skada* uppstod	
	Prov 1	Prov 2
Golvkonstruktion 1	< 1 000	< 1 000
Golvkonstruktion 2	< 1 000	< 1 000
Golvkonstruktion 4	> 10 000	> 10 000
Golvkonstruktion 5	> 10 000	> 10 000
Golvkonstruktion 6	< 1 000	< 1 000
Golvkonstruktion 7	> 10 000	> 10 000

* Skador var i samtliga fall spruckna fogar

**SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Polymerteknik**

Roger Dahl
Tekniskt ansvarig

Ingvar Demker
Teknisk handläggare