



Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond

Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

DEL 1. Beskrivning av möjligheterna

Solna 2001-03-28

Bengt Persson
NCC Teknik

FÖRORD

Detta projekt 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 projektet 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 golvs 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	2
SAMMANFATTNING	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
LJUDREDUKTION VID KERAMISKA GOLVBELÄGGNINGAR, DEL 1.....	6
SLUTSATSER.....	9
LITTERATURFÖRTECKNING	10

BILAGOR

LJUDREDUKTION VID KERAMISKA GOLVBELÄGGNINGAR, DEL 1

Del 1

Projektgruppen har arbetat utifrån den projektbeskrivning som skapades vid de inledande projektmötena hösten 1999. Iden 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 underliggandebjälklag. 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, utställt 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 punktinfästade 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

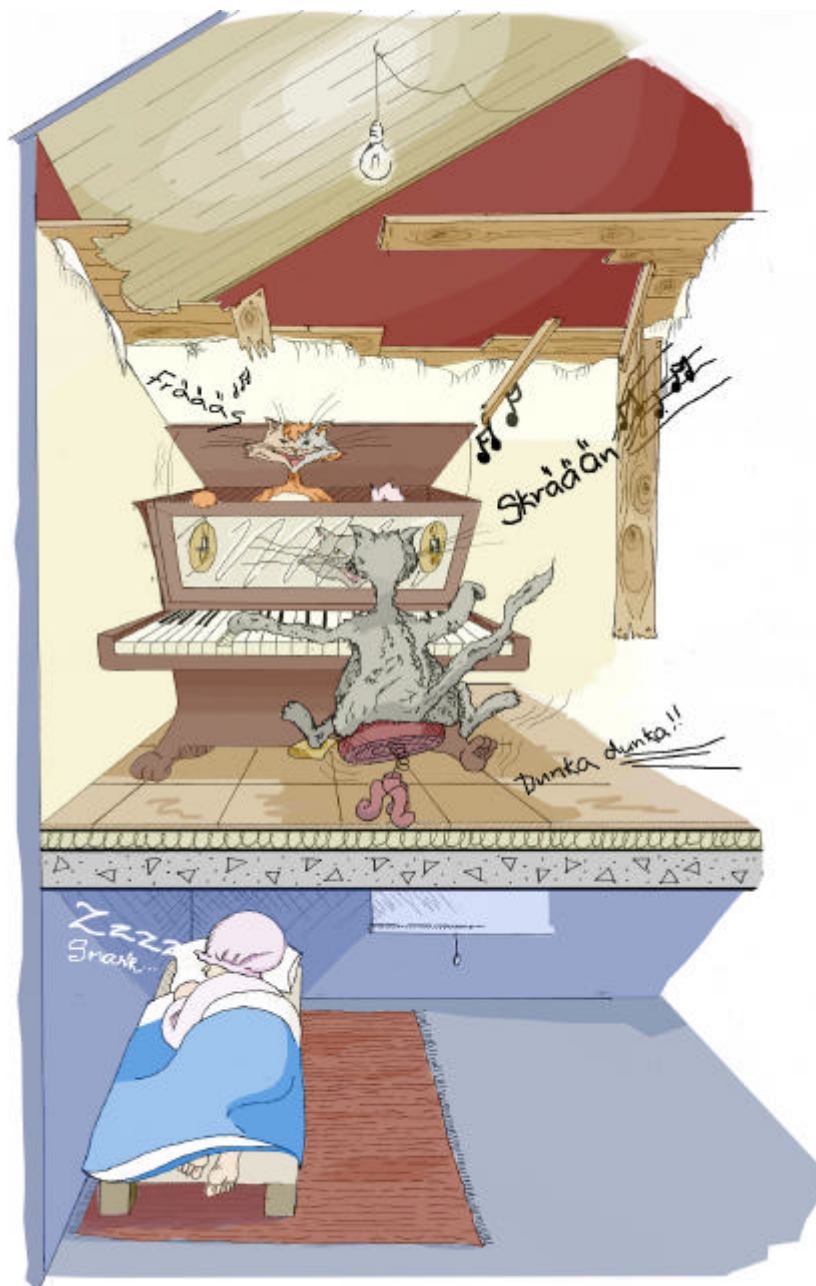
Se även bilaga 1, Christian Simmons projektdel.

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

Akustik och buller, Andersson, Sv. Byggtjänst

Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar

Projektapport 1, SBUF-projekt 9096.



Innehåll	0	SAMMANFATTNING	4
	1	LJUDEGENSKAPER OCH KONSTRUKTIONER	6
	1.1	Ljudkrav	6
	1.2	Ljud och ljudisolering – ljudets fortplantning i byggnad	6
	1.2.1	Vad är ljud och frekvenser ?	6
	1.2.2	Luftljudsisolering	7
	1.2.3	Stegljudsisolering, stomljud och trumljud	9
	1.2.4	Tunga bjälklag och flytande golv	10
	1.2.5	Tersband, sammanfattningsvärden och vägda värden	11
	1.2.6	Ljudkrav enligt BBR (1999) och SS 02 52 67	14
	1.2.7	Mätningar	16
	1.3	Befintliga lösningar	17
	1.3.1	Deitermann SDS Montapaneel	17
	1.3.2	Mira Silent Step	17
	1.3.3	Mapei	18
	1.3.4	Optisol	18
	1.3.5	TM Progress	18
	1.3.6	Danogips/Gullfiber	18
	1.3.7	ThermIsol	18
	1.3.8	Övriga produkter	18
	1.3.9	Platsbyggda konstruktioner	19
	1.4	Dimensioneringsvägledning	19
	1.4.1	Material i elastiska skikt	19
	1.4.2	Bärlager	20
	1.4.3	Dämpning vid olika frekvenser	20
	1.5	Övriga tekniska egenskaper	21
	1.6	Krav på utförande i byggnad	22
	1.6.1	Allmänt	22
	1.6.2	Stomljusbryggor	22
	1.7	Litteratur	23
	2	FÖRSLAG TILL KRAVSPECIFIKATION FÖR LJUDDÄMPANDE GOLV MED YTBELÄGGNING AV KERAMISKA PLATTOR	24
	2.1	Reglernas tillämpning	24
	2.2	Uppfyllande av ljudklasser och myndighetskrav	24
	2.2.1	Ljudkrav	24
	2.2.2	Klassning av stegljudsdämpade konstruktioner	25
	2.3	Konstruktionens tekniska egenskaper	25
	2.3.1	Dokumentation	25
	2.3.2	Standardiserade provningsmetoder	26
	2.4	Projekteringsanvisning	26
	2.5	Monteringsanvisning	26

Index

- 8 dB regeln, 12
absorptionsyta, 10
anpassningstermer, 13
areafaktorn, 10
BBR (1999), 14
Beräkning av vägt reduktionstal, 12
bärlager, 21
Efterklangstiden, 7
elastiska skikt, 21
elastiska skiktets styvhet, 8
 f_0 , 8, 11, 20
flankerande konstruktioner, 8
flanktransmission, 8
flytande golv, uppbyggnad, 19
flytande övergolv, 6, 8
Frekvensen, 6
frekvensområdet, 11
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, 7
normaliserad stegljudsnivå, L_n , 9
normalisering, 10
oktavband, 11
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, 11
tredjedelsoktavband, 11
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 4.

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 luftljudsisolering 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 tryckkänsliga 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, känseln 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 ”klapprande” 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.

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 måtetal på hur stor ljudabsorptionen är i rummet. Efterklangstiden ökar med rumsvolymen och minskar med ökande ekvivalent ljudabsorptionsarea. Mätning utförs enligt SS 02 52 64.

1.2.2.1 *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.

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

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.

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

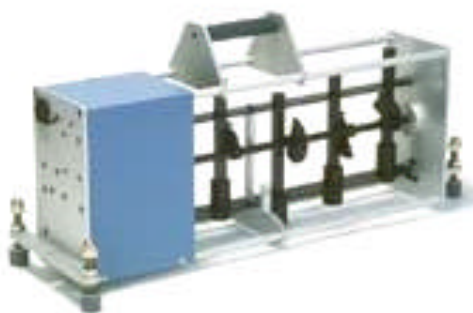
När en ljudkälla verkar mekaniskt på ett bjälklag eller en annan byggnadsdel och ljudet registreras i annat rum (t.ex. under eller vid sidan av det rum störningen finns i) kallas detta *stegljud* respektive *stomljud* beroende på vilken ljudkälla som avses.

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

Köksmaskiner, tvättmaskiner, pumpar o.dyl. kan ge storkrafter 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) fabrikat 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 stegljudisolerings. 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”.

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.

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 medelvärde av ljudtrycksnivåerna *L* mäts upp i rummet under eller i angränsande rum.

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

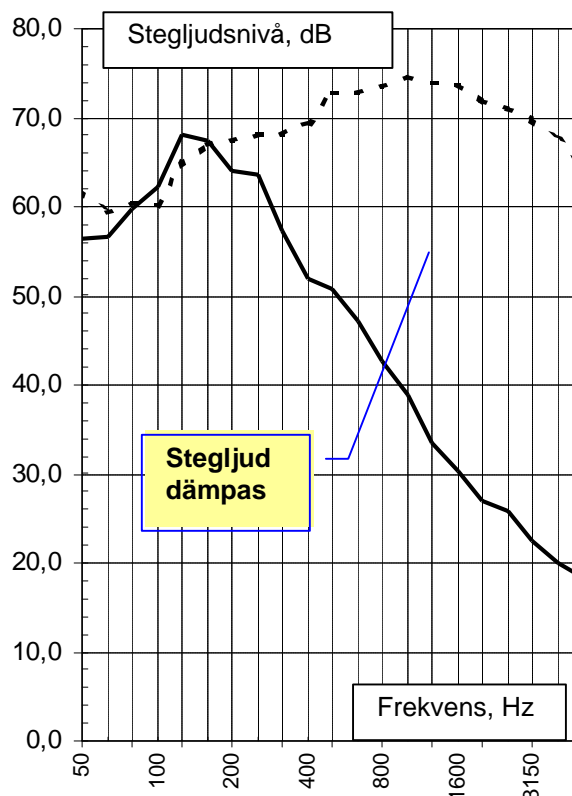
⁶ Hörnrums som stängs inne av tunga mellanväggar, gemensam bottenplatta under sammanbyggda småhus, vardagsrum med lång gemensam skiljevägg (öppen planlösning) är några exempel på kritiska fall som kan beräknas noggrant enligt standardmetoden.

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 stegljudisoleringen 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 ger samma ”mothåll” för golvbeläggningens fjäderelement som det massivbjälklag som används vid laboriemätningar. 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 primecken avser resultat från laboratoriemätningar. R'_w och R_w utvärderas från 16 tersbandsvärden i frekvensområdet 100-3150 Hz.

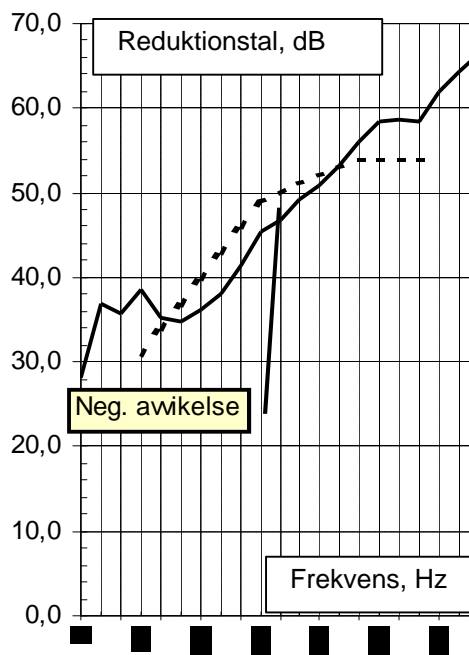
Beräkning av vägt reduktionstal: Se figur 3. Referenskurvan flyttas uppåt 1 dB i taget tills summan av de negativa avvikelserna (jämfört med referenskurvan) når så nära som möjligt men inte överstiger 32,0 dB. Referenskurvans värde vid 500 Hz är lika med det vägda reduktionstalet. Tidigare tillämpade 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 stegljudsnivå $L'_{n,w}$ och anpassningsterm C_i . Oftast gäller följande samband mellan dessa båda index: $L'_{n,w,8} = I_i - 5$ 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	-	-

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{i,50-2500}$, 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 $L'_{n,w} + C_{i,50-2500}$. (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 ljudklassningsstandarden 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

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. Hammarapparatens 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

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.

¹⁰ Se litteraturlistan. 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

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 stomljudsbyggor 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.

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

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.

ovansidan. För lastfördelning används produkten Uninet, med tråd Ø2,5 mm lagd i 75 x 75 mm rutor.

1.3.3 Mapei

MAPEFONIC SYSTEM[®] är ett system med fiberförstärkta bitumensskivor 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. Thermisol 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 bärighet 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 läggningsmetod) samt olika skivmaterial, se vidare <http://www.trimacoustics.co.uk/introduction.htm>

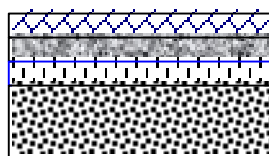
1.3.9 Platsbyggda konstruktioner

- 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 ytskikt förbättrar ytterligare ljudisoleringen och klinker kan läggas direkt på systemens skivgolv utan ytterligare elastiska skikt. Krav på bärlag 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.*



Klinker
Bärager (fästmassa, avjämning)
Elastiskt skikt
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/m^3 . 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 bärrigheten 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} .

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.

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

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.

- 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/m^2) 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 ytvikt 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 kontakttryck kan skynda på nedbrytningen.

Bärighet och deformation i bärlagret måste dimensioneras med hänsyn till det elastiska skikt 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 innemiljöpåverkande 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 Stomljudsbyggor

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.

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

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 ljudisolering 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.

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 lagning 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/m^2 skall fördelas jämnt på bjälklaget, normalt med en 20 kg -vikt per m^2 . 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 $xx \text{ mm}$.

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 trumjud, 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. tätskiktets konstruktion

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 (stomljusbryggor)
- 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)

./.