

Vårt ombud  
Christian Simmons

Vår ref – uppdragsbeteckning  
1237

Möln dal, vårt datum  
2009-02-23 Skanska\_SAURa\_SBUF-11941-Stomlj ud\_Slutrapport

Vårt dokument-ID

Anm. Till denna rapport hör 3 bilagor

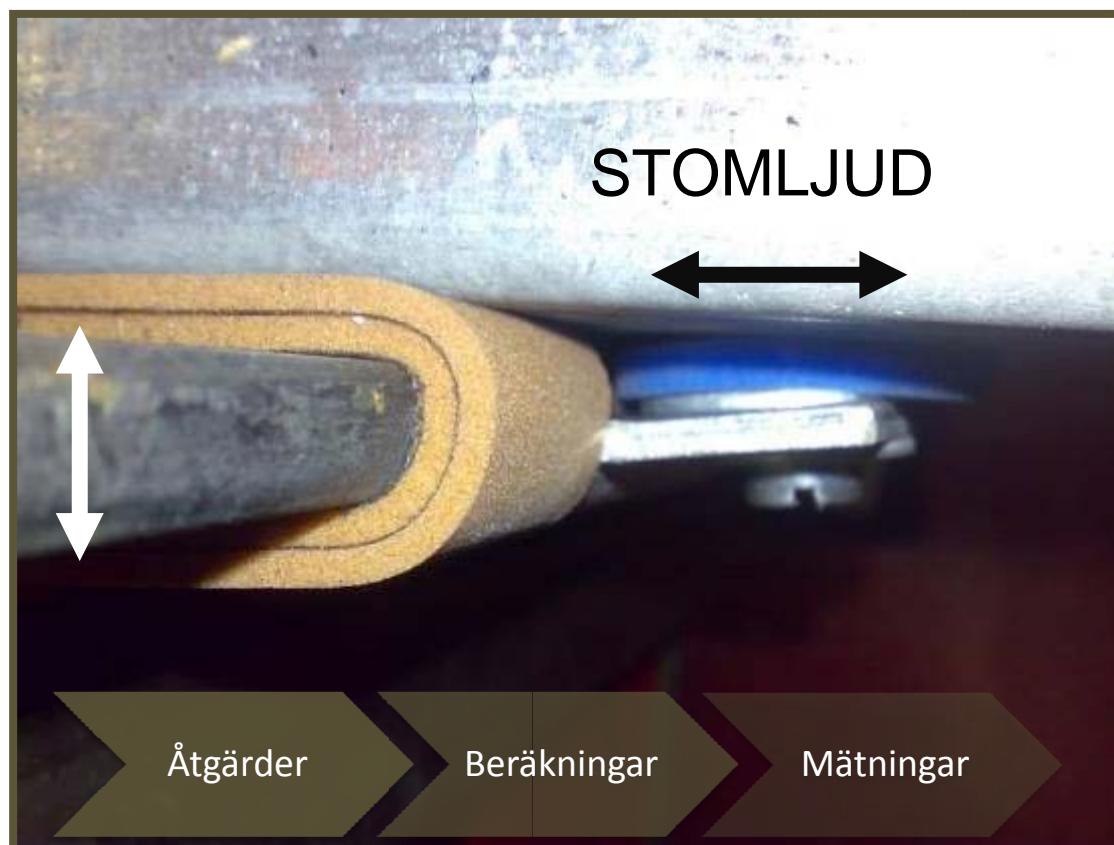
Ert ombud och postadress  
Skanska Sverige AB (\*)  
Rikard Espling  
Råsundavägen 2  
169 83 SOLNA

Publiceras som PDF-fil på SBUF externa websida [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se). Text och bild i denna rapport får citeras, med hänvisning till "SBUF 11941 Stomburet installationslj ud, handbok. Simmons, C."

(\*) Med stöd av SBUF.  
Skanska, NCC Teknik, PEAB PGS och AB Familjebostäder i Stockholm har medverkat i projektets styrgrupp.

## Projekt: "SBUF 11941 – Stomburet installationslj ud"

### Handbok om stomlj ud från installationer och inredning – åtgärder, beräkningar och mätningar



#### Simmons akustik & utveckling ab

postadress  
Krokslä tts Fabriker 1  
SE-431 37 Möln dal  
besök Göteborgsvägen 97  
Möln dal (vid Byggcentrum)

telefon kontor/mobil  
+46 (0)31 27 66 00  
e-post & internet  
[info@simmons.se](mailto:info@simmons.se)  
[www.simmons.se](http://www.simmons.se)

fax kontor/mobil  
+46 (0)709 72 71 65  
SMS/e-post mobil  
+46 (0)709 72 72 65  
[christian.simmons@euromail.se](mailto:christian.simmons@euromail.se)

bankgiro  
5298 - 3426  
plusgiro  
—  
org.nr.  
556625-6417  
innehar F-skattebevis  
momsreg.nr./VAT.no  
SE556625641701

## Summary in English

The main goals of this project have been to find substitutes for linings of concrete walls and floors, from which structure-borne sound (SBS) is radiated. The SBS is caused by vibrations in the building structure from vibrations in various service equipment, e.g. elevators, laundry machines, HVAC units, WC, kitchen cupboards etc. It has been proved, that most of these equipments may be mounted with vibration insulating footings or other mounts. Then, linings may be omitted, saving space and costs that are considerably more expensive than the vibration insulation. It is important the manufacturers of building service equipment design vibration insulations that fit their products, since there may be adverse effects of increased motion of the machinery inside. It is also emphasized, the vibration insulation material must be heavy-duty materials with a long life span in the real environment. Polymeric materials may cease after some time, because of pressure, alkali and moisture.

The results of this project are concluded in three sections: A) how planning and implementation of relevant measures for SBS may be organized, B) typical practical solutions to prevent SBS and C) how to calculate and measure SBS. It has been demonstrated, that a new measurement method may be used to determine the SBS strength of light weight equipment (with steel frames), and this strength may then be used to calculate the sound pressure levels in buildings with heavy structures (concrete).

Results of this project are described to some detail in 3 papers from international conferences on acoustics: ICA 2007 (Madrid), Acoustics 2008 (Paris) and EuroNoise 2009 (Edinburgh). The papers have not been attached to this report. The measurement report will be published by Nordic Innovation Centre i Oslo, in the series NORDTEST. Its name will be NT ACOU 117.

## Inledning, sammanfattning och läsanvisning

Stomljud från tekniska installationer orsakas bland annat av maskiner med roterande eller slående delar, som skapar vibrationer i byggnadsstommen. Vibrationerna fortplantas i väggar och bjälklag till angränsande utrymmen och strålar ut luftburet ljud i dessa, vilket kallas stomljud. Kraftiga vibrationer vid låga frekvenser kan uppfattas med hela kroppen och förstärker då upplevelsen av stomljudet. Det finns även inredningar som skapar vibrationer vid normal användning, t.ex. skåpsluckor. Vatten, sanitets- och luftbehandlingsinstallationer med turbulent strömmande vatten eller luft kan ge upphov till stomljud. Stomljud kan också komma från väg- och spårtrafik utanför byggnaden, vilket behandlas kortfattat (i avsnitt 16). Figuren på nästa sida ger en överblick över ett antal installationer och inredningsprodukter som kan generera störande stomljud i bostäder och lokaler.

Tilläggsisolering av väggar, tak och golv är en vanlig åtgärd för att uppfylla gällande krav och för att förhindra störningar av stomljud. Men tilläggsisoleringar har flera praktiska nackdelar, är måttligt effektiva vid låga frekvenser och kostar relativt mycket. Projektets mål har varit att beskriva lämpliga åtgärder vid källan, som isolerar bort vibrationer (dvs hindrar överföring av stomljud), så att man slipper tilläggsisolera stommen. Projektplanen baseras på en förstudie (SBUF 11860) där ett antal pilottester genomfördes.

*Målen för projektet har i stort sett uppfyllts, med några undantag:*

- för vissa installationer/inredningar har ett antal standardåtgärder beskrivits
- provningar av prototyplösningar i laboratorium har genomförts och visats vara tillräckligt effektiva för att ersätta tilläggsisoleringar
- en ny och enkel mätmetod har utvecklats (inom ett parallellt projekt för Nordtest/NICe) för att karakterisera en stomljudskälla (installation eller inredning), som kan användas i laboratorier, eller i tillverkarnas lokaler, eller i byggnad
- några installationer som drivs vid olika varvtal kräver anpassade åtgärder, för dessa beskrivs både åtgärder och relevanta beräkningsmetoder
- tillverkarkontakter har tagits för att initiera utvecklingsarbeten, några produkter har utvecklats färdigt och kan beställas redan nu
- upphandlingskrav har formulerats för att driva på utvecklingsarbetet och få fram fler åtgärder, som är avpassade till respektive installationsprodukt (resp. inredningsprodukt)
- en beräkningsmetod anvisas för projektering, som kan användas för att avgöra om tilläggsisolering behövs eller ej för den valda installationen/inredningsdetaljen
- några resultat från fältmätningar redovisas
- i projektplaneringen ingick att genomföra fältprover för flertalet produkter, men det har bara varit möjligt att genomföra ett fåtal fältprover med rimlig mätprecision. Istället valde vi att efterfråga tidigare resultat från olika akustiker samt prova ett antal prototyplösningar i laboratorium i samarbete med SP.

I laboratoriet har man god kontroll på monteringen av produkterna och goda mätbetingelser. Fler mätningar och praktiska erfarenhetsåterföringar (fältmätningar) bör utföras efterhand lösningarna används i skarpa projekt.

Ett antal tillverkare har hjälpt till och har också börjat utveckla produkter som skall dämpa stomljud och samtidigt klara övriga krav. En tillverkare, Electrolux Laundry Systems, har ett helt färdigt fundament för standardtvättmaskiner som har provats grundligt. Produkten kan ersätta platsgjutna fundament i tvättstugor (plant golv) eller eftermonteras om man får ljudproblem i byggnaden. Ett antal prototyplösningar för andra installationer har provats, som i princip har godtagits av medverkande tillverkare och bör kunna användas i byggnader. Vissa lösningar har dock visat sig vara för utförandekänsliga eller inte fungera alls. Respektive tillverkare bör kunna utveckla robusta produkter med erforderlig dämpning med stöd av denna rapport.

*I del A* av denna rapport beskrivs hur ansvaret för att planera, upphandla och genomföra åtgärder mot stomljud kan fördelas mellan olika parter under byggprocessens gång, så som rekommenderas i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".

*I del B* beskrivs ett antal praktiska åtgärder som har visat sig minska överföringen av stomljud. Åtgärdsförslagen bör anpassas till rådande förhållanden, eftersom de i vissa fall kan påverka andra funktioner, t.ex. stabilitet eller skador på utrustningar. Tillverkarna av olika installationer bör ta fram lösningar för sina produkter som även uppfyller övriga krav (t.ex. på säkerhet, fukttålighet, kostnader mm). Stomljud som orsakas av turbulenta luftströmmar i ventilationskanaler, diskuteras kortfattat i avsnitt 10 och mer utförligt i Byggeforskningsrådets skrift <sup>(4)</sup>.

*I del C* beskrivs mät- och beräkningsmetoder som underlättar dimensionering av åtgärder och kontroll av funktion i byggnad. Med hjälp av nya mätmetoder är det nu möjligt att mäta vilken stomljudseffekt en viss maskin eller installation har, med vissa förbehåll för vilken typ av underlag den monteras emot (betongbjälklag eller lätta bjälklag). En ny Europastandard för laboriemätningar (prEN 15657-1) och en Nordtestmetod NT ACOU 117 för fältmätningar har utvecklats under 2008. Stomljudseffekten kan användas som jämförelsetal mellan olika fabrikat eller som indata för beräkning av vilken ljudnivå som kan förväntas i en aktuell byggnad. För beräkning krävs det uppgifter om bjälklagstyp, bärande upplag med mera. Beräkningarna görs enligt Europastandarden EN 12354 del 2 eller 5, med några exempel sist i denna rapport. Denna standard behandlar beräkning av luft- och stegljudsisolering, trafikbullerisolering samt rumsakustik. För dessa delar finns beräkningsprogram och produktdatabaser som har kommit till bred användning. Det är nu möjligt att komplettera dessa så att stomljudsberäkningar kan göras samtidigt som övrig ljuddimensionering utförs.

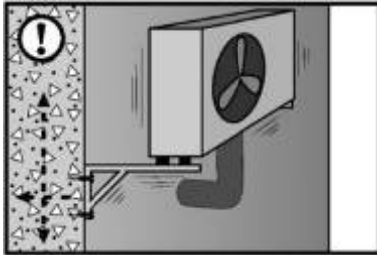
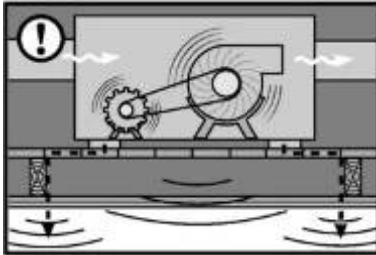
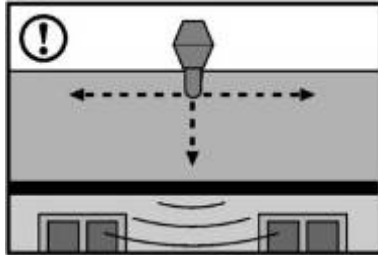
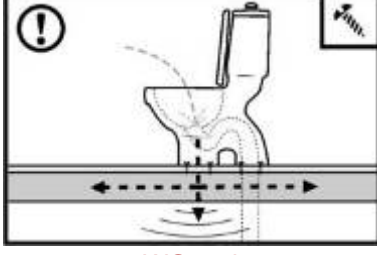
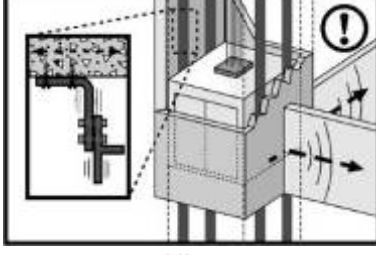
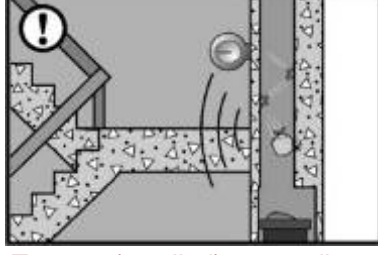
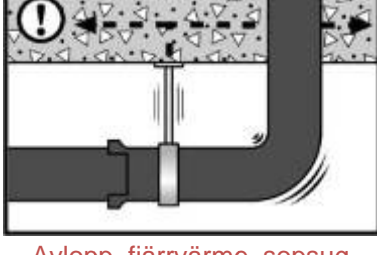



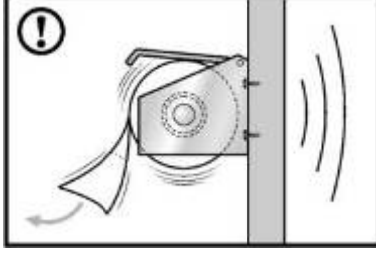
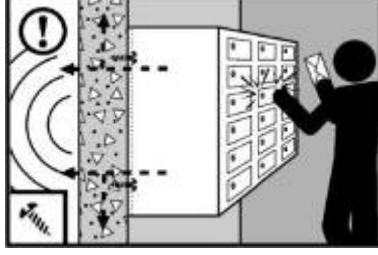
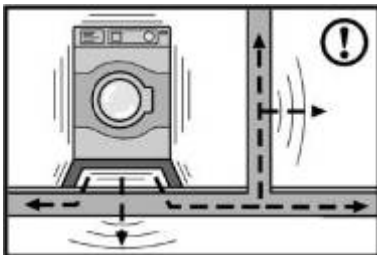
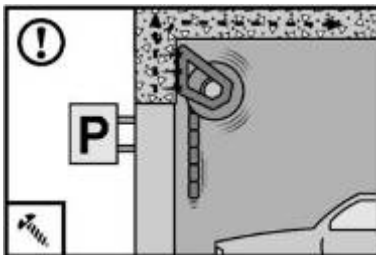
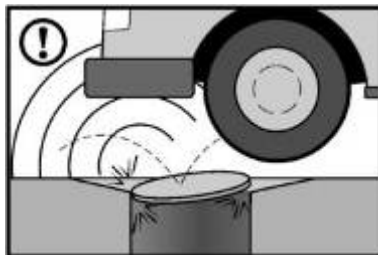
*I bilaga 1* finns mer utförliga mätresultat och en diskussion av dessa.

*I bilaga 2* finns resultat från laborieprovningarna (från SP).

*I bilaga 3* finns projektets mål och styrande organisation beskrivna.

*Annan litteratur:* Hur ljud påverkar människor, och då särskilt lågfrekvent ljud och stomljud, finns beskrivet i Byggeforskningsrådets skrift <sup>(4)</sup>, i Socialstyrelsens allmänna råd 2005:6 och samt i handboken "Buller och höga ljudnivåer inomhus" (PDF filer på [www.socialstyrelsen.se](http://www.socialstyrelsen.se)). Kontrollmätningar i rum görs enligt metoder i SS 25267. Byggakustiska råd ges i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler" (PDF på [www.boverket.se](http://www.boverket.se)). I den senare finns ett stort antal litteraturlänkar om praktisk byggakustik.

Observera, att de mätresultat och lösningar som redovisas i denna rapport är avsedda att demonstrera principer för stomljudsisolering. De utgör inte någon bindande utfästelse från någon part i detta projekt. Det åligger tillverkaren av respektive produkt eller ansvariga parter i enskilda byggprojekt, att utforma lösningar som uppfyller alla gällande krav.

 <p>Värmepump, kylare</p>	 <p>Fläkt</p>	 <p>Takfläkt, kanal, luftintag, utblås</p>
 <p>WC-stol</p>	 <p>Hiss</p>	 <p>Trappor (stegljud), sopnedkast</p>
 <p>Avlopp, fjärrvärme, sopsug</p>	 <p>Tappvatten, värmestammar</p>	 <p>Skåp, bänkar, köksmaskiner</p>
 <p>Dörr entré, tvättstuga, soprum</p>	 <p>Pappershållare, dusch, bad</p>	 <p>Postfack, sopkärl, BV-rum</p>
 <p>Tvättmaskin, tork, mangel mm</p>	 <p>Garageport, varmluftsaggregat</p>	 <p>Gata, spår, brunnar, bulor</p>

Exempel på installationer och inredningsprodukter som kan generera störande stömljud i byggnad

## Innehåll

<b>Summary in English</b> .....	<b>2</b>
<b>Inledning, sammanfattning och läsanvisning</b> .....	<b>3</b>
<b>Del A. Vem gör Vad och När? - Hantering av stomljudsfrågor under byggprocessen</b> .....	<b>7</b>
1. Ansvarsfördelning – standarder.....	7
2. Kvalitetssystem, t.ex. Byggforsk (NO), Robust Details (GB) .....	10
<b>Del B. Åtgärds katalog – standardlösningar</b> .....	<b>11</b>
3. WC.....	11
4. Avloppsrör, montering i byggnad.....	14
5. Kall- och varmtappvatten, värmestammar, fjärrvärme.....	16
6. Sopnedkast, soprum, sopsug (ventilrum).....	21
7. Köksskåp, köksbänk och postfack.....	23
8. Hissar och trappor i väggar mot boningsrum.....	25
9. Tvättmaskiner och utrustning i tvättstugor, hushållsmaskiner.....	30
10. Fläktar, ventilationsaggregat och kanalsystem.....	32
11. Värmepumpar, kompressorer, pumpar.....	35
12. El- och vattenanslutningar till installationer.....	36
13. Övriga installationer och inredningar.....	37
14. Generella produkter för vibrationsisolering.....	39
15. Vibrationer i mark - ojämna spår- och vägbeläggningar, brunnar mm.....	42
16. Utbredning i tunga stommar.....	42
17. Utbredning i lätta stommar.....	44
18. Tilläggsisolering av tunga bjälklag och väggar.....	45
<b>Del C. Dimensionering, mätningar och beräkningar</b> .....	<b>48</b>
19. Vibrationsisolering, rörelser i roterande maskiner.....	48
20. Mätning av stomljudeffekt och vibrationsnivåskillnad från maskiner.....	51
21. Beräkningsmetoder för kontroll av ljudnivå i byggnad.....	52
22. Mätmetoder för kontroll av ljudnivå i byggnad.....	56

### Bilagor

*I bilaga 1* finns mer utförliga mätresultat och en diskussion av dessa.

*I bilaga 2* finns resultat från laboratorieprovningarna (från SP).

*I bilaga 3* finns projektets mål och styrande organisation beskrivna.

## Del A. Vem gör Vad och När? – Hantering av stomljudsfrågor under byggprocessen

### 1. Ansvarsfördelning – standarder

Följande beskrivning ansluter till den uppdelning av ansvar för ljudfrågor i byggprocessen som beskrivs i Boverkets handbok i bullerskydd<sup>1</sup>.

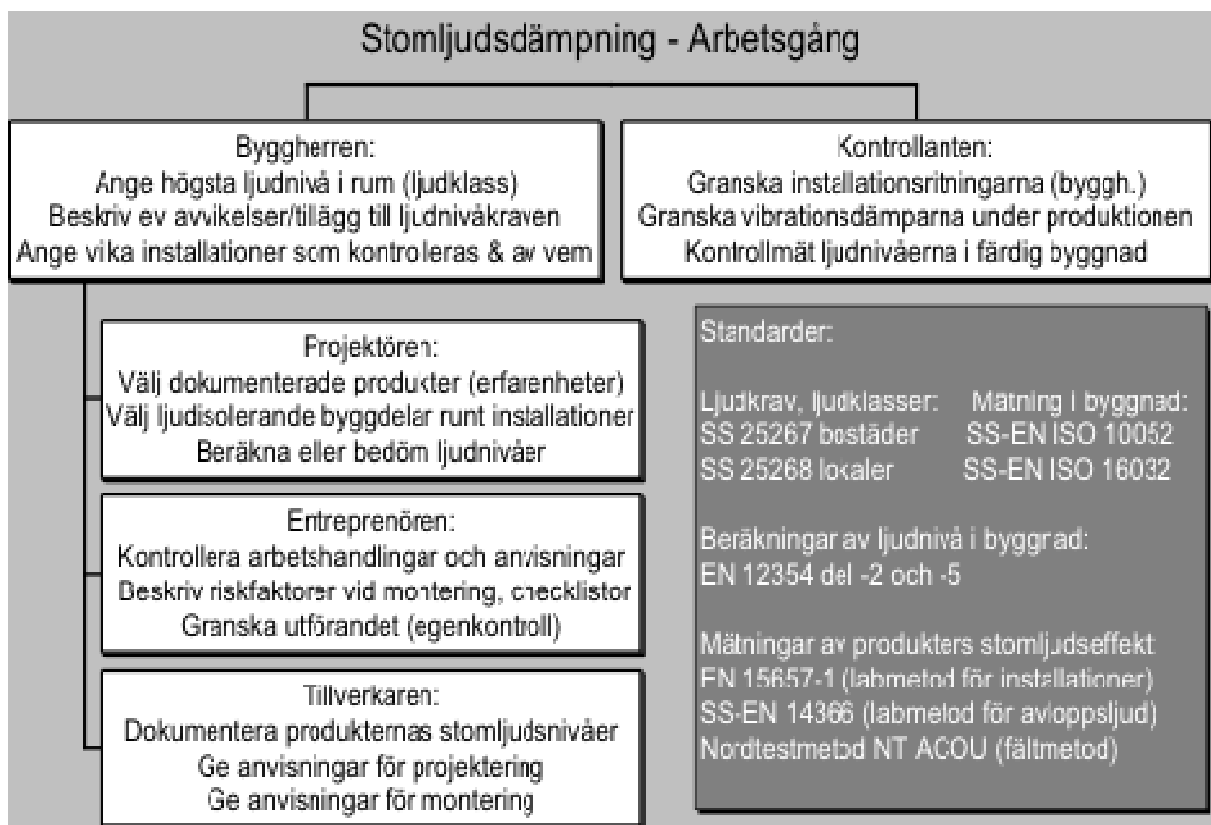
- *Byggherren:* ställ tydliga krav på begränsning av ljud från tekniska installationer och inredning. Beskriv i tidigt skede hur dessa skall verifieras. I princip räcker det med att hänvisa till en ljudklass enligt svensk standard i ljudskyddsdocumentation, ramhandlingar o.dyl. I standarderna finns både funktionskrav och metoder för verifiering, som ger större frihet för anbudsgivare att välja tekniska lösningar än om man ställer krav på vissa utföranden. Men ibland kan det finnas anledning att göra avsteg eller tillägg från standardernas kravnivåer, t.ex. då den stomljudsalstrande installationen används sällan (lättnad) eller då verksamheterna i byggnaderna har särskilda ljudkrav (skärpning). Nya installationer i befintliga miljöer kan ibland uppfattas som mer störande än förväntat, t.ex. då hissar monteras in i gamla hus, eller då nya lägenheter byggs i vindsutrymmen. Det är väsentligt att välja rätt krav i förhållande till de förväntningar som finns på den färdigställda byggnaden. Ge en kontrollant i uppdrag att granska såväl projekteringshandlingar, utförande under produktionen som resultat i färdig byggnad (se *Kontrollant*).
- *Tillverkaren:* det främsta ansvaret för att hindra stomljud från att utbreda sig i byggnader måste läggas på tillverkarna av installationer och inredningar med vibrerande eller slående delar. Tillverkarna kan utveckla produkter med låg stomljudsalstring och/eller inbyggd vibrationsisolering (mot den bärande byggnadsstrukturen). Tillverkaren har bättre möjligheter att ta fram rationella lösningar och säkerställa att ingen av produktens funktioner påverkas negativt av eventuella vibrationsisoleringar, inkapslingar eller dylika (se del C). Skulle det av olika skäl visa sig vara "omöjligt" att påverka produkternas utformning, bör tillverkaren eller dennes ombud se om det går att ta fram tilläggsprodukter som förbättrar ljudprestanda, t.ex. elastiska fötter eller mellanlägg. Testa produkterna i laboratorium eller i fält, där goda mätförhållanden kan säkerställas. Redovisa provade eller beräknade indata, gärna i både standardutförande och stomljusdämpat utförande. Ge praktiska anvisningar både till projektörer (avsedd användning) och entreprenörer (monteringsanvisning, checklistor med riskfaktorer). I de fall tillverkaren även monterar installationen i byggnad, se även avsnittet om *Entreprenören*.
- *Projektören:* välj i första hand lösningar som minimerar alstringen av stomljud. Isolera utrymmen med ljudkrav där stomljud inte kan undgå, eller reservera utrymme för tilläggsisolering vid behov om det är osäkert huruvida valda installationer kommer att uppfylla ljudkraven. Utgå i första hand från uppmätta indata för installationsprodukter. Teoretiskt beräknade värden av t.ex. storkraft kan användas om det kan styrkas att beräkningsmetoden erfarenhetsmässigt stämmer väl med fältmätningar, se del C. Räkna på alternativ både med och utan tilläggsisolering av skiljekonstruktioner (undertak, påsalning av väggar, flytande golv mm). Välj en praktisk och totalekonomisk lösning, som uppfyller kraven med tillräcklig marginal och som väger in kostnader i alla skeden. F n saknas erfarenheter som kan användas för att ge generella råd om marginaler, men minst 5 dB marginal till krav kan vara ett rimligt startvärde tills mer erfarenheter har samlats. Installationer med låg stomljusnivå ger normalt den fördelaktigaste kalkylen.

<sup>1</sup> Boverket Handbok – Bullerskydd i bostäder och lokaler. Boverket 2008. ISBN 978-91-86045-40-1. PDF, [www.boverket.se](http://www.boverket.se)

- *Entreprenören:* upphandla utrustning med dokumenterade stomljuds nivåer. Förslag till upphandlingskrav med hänsyn till stomljudsalstring ges nedan, se \*). Gör riskanalys och checklistor för varje typ av installation. Montera utrustningen enligt anvisningar från tillverkare och projektörer. Kontrollera att alla ljudtekniskt väsentliga delar är korrekt utförda, inklusive balanseringar och injusteringar. Granska att inga stomljuds bryggor kortslyter vibrerande delar mot byggnadsstommen, t.ex. efterlagningar, elkablage, hydraulik, vattenförsörjning mm (se avsnitt 12). Löst hängande eller liggande slangar fästs in om de riskerar att skapa ljud vid tryckväxlingar eller slag i rören.
- *Kontrollanten:* gör granskningar i varje skede så att eventuella problem upptäcks och reds ut så tidigt som möjligt (till lägsta kostnad), såväl under projektering som under produktion. Provkör aktuella installationer så snart de är injusterade och "körklara".

*Dokumenterade egenskaper.* Om alternativa utföranden eller produkter för vibrationsisolering skall övervägas (jämfört med vad som var föreskrivet i handlingarna), skall dessa vara dokumenterade både med avseende på ljudteknisk funktion och livslängd i den aktuella miljön. *Projektören* bör kontrollera med beräkning, att den alternativa lösningen är likvärdig den ursprungliga. *Tillverkaren/leverantören* av vibrationsisolerande material bör ställa tydliga garantier under den förväntade livslängden för materialet. Se avsnitt 14.

*Ansvarsfördelningen* sammanfattas av figuren:



*Arbetsgång för att säkerställa skydd mot stomljud i byggnad*



Vid upphandling bör man ställa krav på att tillverkaren eller leverantören redovisar vilket stomljud som kan förväntas vid normal användning av produkten (med hänsyn till aktuell uppställning, driftspunkter mm), t.ex. med följande formulering i förfrågningsunderlaget:

\*) Förslag till inköpskrav:

"Leverantör av teknisk installation eller stomljudsalstrande inredning skall antingen redovisa kraft- eller vibrationsnivåer i fast ansluten tung byggnadsdel enligt Nordtestmetod NT ACOU 117, eller garantera att produkten uppfyller gällande ljudkrav i aktuell byggnad med marginal, under de förutsättningar som redovisas i förfrågningsunderlaget. Ljudkrav anges normalt som en ljudklass B eller C enligt standarderna SS 25267 för bostäder och SS 25268 för lokaler. Då leverantörens anbud inte innehåller denna produktinformation eller ljudgaranti, kommer kostnaderna för erforderliga tilläggsåtgärder att läggas till vid utvärderingen av anbudet. Tilläggsåtgärder avser t.ex. pågjutningar av bjälklag, undertak, påsalning av väggar eller montering med speciella infästningar, som kan komma att värderas schablonmässigt med upp till 10 tkr per rum."

Nordtestmetoden publiceras på <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/acou117.pdf>.

Bakgrund till kostnadsschablonen: Värdet 10 tkr per rum baseras på en inventering (enligt förstudien i SBUF 11860 delrapport A). Sammanfattningsvis visade inventeringen:

Omfattningen av tilläggsisolering av tunga väggar mot stomljud varierar mellan olika projekt, beroende på hur lägenhetsskiljande väggar hamnar. 20 färdigställda bostadsbyggnader i Malmö, Örebro och Stockholm har inventerats med hjälp av planritningar och Skanskas kalkyldatabas. Antalet väggisoleringar har räknats, som kan anses föreskrivna enbart för att isolera mot ljud från stomljudskällor. Sammanfattningsvis visar inventeringen, att i 11 objekt var antalet tilläggsisoleringar marginellt eller inga alls. I 9 objekt fanns tilläggsisoleringar, till en schablonkostnad av 300 – 2000 tkr per objekt (varav fem objekt hade schablonkostnader för ca 1300 tkr eller mer). Tilläggsisoleringar som borde ha ritats in som skydd mot ljudstörningar har inte tagits med i värderingen. Man nämner behov av att isolera mot stomljud från WC, avlopp, hiss, tvättstuga, fläktrum, kök, postfack, tamburdörr, entréportar, garageport, soprum, barnvagsrum mm. Jämförelser med uppgifter från andra konsulter bekräftar bilden, av att tilläggsisoleringar förekommer i cirka 20-30% av alla lägenheter i flerbostadshus. Kostnader för material, montering, projektering och bortfall av uthyrningsbar area blir sammanlagt i intervallet 9000-19000 kr per 10 m<sup>2</sup> tilläggsisolerad vägg, beroende på förutsättningarna i respektive projekt. Som en enkel schablon, för jämförelse med kostnader för alternativa åtgärder för att begränsa stomljudsalstring vid källan (istället för att tilläggsisolera på mottagarsidan), kan 1000 kr/m<sup>2</sup> eller 10 tkr/vägg vara en rimlig ansats. Stomljuds begränsande åtgärder som är väsentligt billigare än så skulle alltså generera en vinst i varje projekt. Även dyrare åtgärder kan vara motiverade i vissa projekt.

## 2. Kvalitetssystem, t.ex. Byggforsk (NO), Robust Details (GB)

### *Byggforsk*

I Norge driver Sintef Byggforsk sedan lång tid kvalitetssystemet "Byggforskserien" som kan vara intressant även för Sverige. Den vänder sig till både projektörer och entreprenörer:

"Byggforsk kunnskapssystemer er et elektronisk oppslagsverk som inneholder Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm og de offentlige byggereglene. Byggforskserien gir anvisninger, løsninger og anbefalinger for prosjektering, bygging og forvaltning av bygninger."

Byggforskseriens faktablad har en tilltalande praktisk och informativ struktur. Varje blad redovisar gällande krav, metod för kontroll, hur man projekterar, riskfaktorer och vilka resultat som kan förväntas med ett urval principiella lösningar. Det innebär att läsaren inte bara får veta hur man skall göra, utan också får en förklaring till *varför* utformningen är viktig och vad som kan hända om det ändå blir fel.

Faktabladerna sakgranskas av flera discipliner inom Byggforsk, vilket underlättar samordningen mellan ljudkrav och övriga krav på byggnaden. Ljud behandlas i någon form i hela 374 faktablad (nov 2008). Detta ställer förstås stora krav på underhållsarbetet, så att bladen hålls uppdaterade.

En revidering av faktabladet om buller från avloppssystem har genomförts parallellt med detta SBUF-projekt och vi har utbytt erfarenheter med Sintef om detta problem. Det skulle vara möjligt och fördelaktigt att utvidga samarbetet med Sintef Byggforsk i alla delar som handlar om ljud och ljudisolering i byggnader, men det har inte legat inom ramen för detta projekt.

### *Robust Details*

I England, Wales och delar av Skottland infördes 2004 krav på omfattande kontrollmätningar innan en ny byggnad får tas i bruk, eller att man förbinder sig att följa ett detaljerat kvalitetssystem (t.ex. Robust Details, se [www.RobustDetails.com](http://www.RobustDetails.com)). Åtgärderna infördes för att komma till rätta med de ljudproblem i bostäder som blivit alltför besvärande:

" Robust Details Limited (RDL) provides a route to compliance for Part E of the Building Regulations... It may be used as an alternative to on-site pre-completion sound testing ... We assess and approve new Part E Robust Details and provide a registration service that enables builders to use them in the construction of their new homes and avoid the delays and uncertainties of pre-completion sound testing. Registering and building in accordance with Robust Details avoids the risk and uncertainty of remedial action being required on completed floor or wall constructions, with the potential delays in completing the property."

Projektets styrgrupp har träffat de ansvariga för Robust Details och Napier University, som har utvecklat kvalitetssystemet.

Robust Details är till stor del inriktat på murverk på platsgjutna eller prefabricerade betongbjälklag, eller trästommar. Man beskriver också olika tilläggsisoleringar såsom flytande golv och nedpendlade undertak, samt knutpunkter mellan dessa byggnadsdelar. Stomljud från tekniska installationer behandlas med ett krav på vibrationsisolering (högst 3% restobalanskraft). Dubbla väggar och tilläggsisoleringar används också för att skydda mot stomljud.

Det finns knappast samma behov i Sverige av att införa något liknande för luft- och stegljudsisolering mellan bostäder, men när det gäller stomljud finns det en del att lära av hur detta system introducerades och hur byggindustrin medverkade. Flera av representanterna i styrgruppen avser att kontakta sina leverantörer och försöka få dem att öka sina engagemang i produktutveckling och anpassning av sina respektive produkter (när det gäller stomljud).

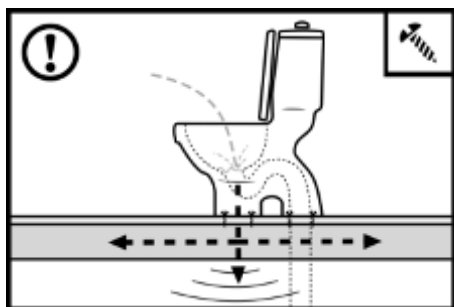
Vi kommer att fortsätta dialogen med Napier University och se på möjligheter att utveckla ett gemensamt kvalitetssystem inom EU, t.ex som Eurocodes.

## Del B. Åtgärds katalog – standardlösningar

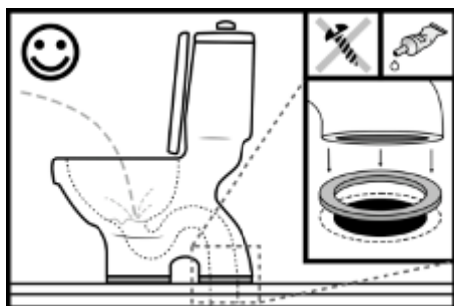
### 3. WC



Stomljud från WC och avloppsrör sprids till omgivande rum i byggnaden via vibrationer i byggnadsstommen. Vibrationerna uppstår på flera sätt. Dels skapas vibrationer i vattenspegeln och WC-stolen när den används, särskilt vid stående urinering. Dels ger spolvattnet sidokrafter på avloppsrören som förs över till stommen via rörens upphängningspunkter då dessa är styvt anslutna till bjälklag och väggar. Erfarenheter tyder på att vägghängda WC inte ger lika störande stomljudsnivåer som golvstående, men det är inte klarlagt varför det är så.



Om man monterar WC i golv på ett mindre gynnsamt sätt, genom att skruva fast stolen styvt i bjälklaget, så leds vibrationer ned i bjälklaget. Dessutom punkterar skruvarna fuktspärren i golvet. Bland annat av detta skäl överväger WC-tillverkarna att helt gå ifrån skruvfästen och utforma stolarna för limning mot golvet. Mer om fuktsäkra våtrumskonstruktioner finns i informationshäftet "Stambyte med våtrumsrenovering" som är framtaget av VVS-Installatörerna och Föreningen Sveriges VVS-inspektörer (SBUF-projekt).



Om man istället limmar WC-stolen på en elastisk duk, t.ex. 2 mm duk av porös polymer (Sylomer, CDM eller motsvarande), polyklorengummi (Nitril, Neopren) eller EPDM cellgummi, så får man en mycket effektiv brytning av stomljudsöverföringen. Duken är lätt att skära igenom vid utbyte. Observera att limning direkt mot golv är olämpligt, dels för att fogen blir styv (leder stomljud) och dels för att det blir svårt att skära genom fogen då WC skall tas bort. Ur underhållssynpunkt är det ett krav att utbyten går lätt.

För närvarande finns det två lösningar som kan användas av entreprenörer, men det är självfallet önskvärt att tillverkarna tar fram produktspecifika underlägg till WC. Två tillverkare av WC-utrustningar har kontaktats och de har sett på möjligheterna att ta fram produktspecifika packningar för respektive produkt. Några av svårigheterna har varit att

- hantera smärre måttvariationer i de keramiska WC-stolarna
- att ta upp ojämnheter i golvet
- att göra infästningen demonterbar (för att inte försvåra service och utbyte)

När det gäller vägghängda WC vore det önskvärt att tillverkarna dokumenterar även dessa produkter, särskilt för montering i lätta väggar. Ljud från avloppsrör beskrivs vidare i avsnitt 4.



*För skruvade WC:* 2 mm duk av Sylomer, Nitrilgummi eller motsvarande skärs till på plats för varje WC-stol. Fogen förseglas med silikon. Skruvarna förses med brickor av samma elastiska material. För att få plats måste man använda skruvar med mindre dimension än stolens skruvhål. Skruvarna skall löpa fritt mot porslinet.



*För limmade WC:* Samma som föregående, men duken limmas till golvet och WC limmas till duken. Man kan med fördel använda dukar som levereras med fukt- och åldringsbeständiga tejper på båda sidor. Enklare gummiklister bör undvikas, de håller inte över tid. Limning är den ljudmässigt bästa lösningen.

*Risker vid montering:*

Porslinet i WC-stolens fot är ofta för tunn för att man skall kunna ställa stolen på små kuddar av elastiska material, det finns risk för sprickor då. Det är av samma skäl

väsentligt att hela WC stolens fot vilar på duken och ett plant underlag, annars kan man få oönskade rörelser och eventuellt även skador i porslinet. Ojämna underlag vid fall eller ojämna klinkerplattor bör därför avjämnas med en tunn sträng fix innan stolen monteras. Några tillverkare av vibrationsdämpande mattor har provat olika lösningar som har visat sig fungera tillfredsställande eller till och med mycket bra. Mätvärden för stomljudsdämpning med dessa lösningar finns i del C.

Det finns också anledning att påpeka, att materialvalet i det elastiska underlaget är kritiskt. Man bör undvika material som inte bibehåller sin form och elasticitet över WC-stolens livslängd, under påverkan av tryck, fukt och alkali. Dessa krav utesluter ett antal material som sannolikt är billigare i inköp, men på lite längre sikt ger de ljudproblem och ökade underhållskostnader. Se avsnitt 14. Det vore önskvärt, att tillverkarna erbjuder fabriksmonterade packningar.



Prefabricerade våtrum, från t.ex. PartAB, innehåller alla vibrerande delar i en separat stomme, som kan ställas ned på elastiska mellanlägg på bjälklaget (ställ krav på tillverkaren). Anslutningar görs ofta med slangar och andra produkter som fungerar bra om de fästs in stabilt i modulen och inte ligger an mot stommen (då kan de leda över stomljud eller "skramla" vid trycks slag i vattenpelaren). En annan riskfaktor är eftermontering av utvändiga gipsskivor, som kan leda ljud till ovanliggande bjälklag. Några mätningar i färdig byggnad tyder dock på att lösningar med prefab-våtrum fungerar mycket bra ur ljudsynpunkt, där man

spolade i WC, handfat och dusch samt provade centrifugering av tvättmaskin med obalans i.



Någon tillverkare har tagit fram ett mjukstängande gångjärn till WC-lock/ring, som eliminerar slagljudet när dessa stängs. Lösningen är elegant och fungerar bra, men den hjälper ju inte mot ljudet från skvallande stråle i vattenspegeln.

Som alternativ till att ställa WC på en packning finns flytande golv, som isolerar även mot andra typer av stomljud från badrum, t.ex. stegljud, lekande barn i badkar, duschvatten mot golv, högfrekvent

stomljud från tvättmaskin och torktumlare. Överensstämmelse med fuktkrav bör kontrolleras innan slutlig lösning bestäms. I figuren nedan visas ett exempel på föreskrift i ett nybyggnadsprojekt, som tagits fram i samarbete med maxit AB.

I badrum ovanför boningsrum läggs flytande golv "maxit ljudgolv" eller likvärdigt. Platsgjutna ljudgolv bör utföras av leverantörens certifierade entreprenörer med normala garantiåtaganden som innefattar den vibrations- och stegljudsisolerande funktionen för ljudgolvet. Ett förtydligande görs nedan, i tillägg till leverantörens (maxit) installationsanvisning, för att minimera risken för de stomljudsbygggor (kortslutning) som har visat sig vara typiska riskmoment i tidigare projekt.

Ljudgolvet avjämningsmassa skall läggas på ett tillhörande elastiskt underlag. Golvet skall utföras med rörelsefogar, så att det kan röra sig fritt. Avjämnningen får därför inte ligga an mot, eller vidhäfta till bjälklag, väggar eller rörgenomföringar i **någon** del. För att uppnå avsedd stegljudsisolering krävs stor noggrannhet och omsorg i utförandet.

Stepisolmatta, nät och geotextil skall läggas som ett **tätt** skikt innan avjämnning görs. Avstängningslister eller dukar skall vikas upp mot väggar, tröskel och samtliga rörgenomföringar, så som visas i installationsanvisningen. Listerna (duken) skall dras upp synliga ovanför färdigt golv. Strax före montering av tätningsmanschetter, skärs avstängningslisterna (duken) av i nivå med den färdiga avjämnningen.

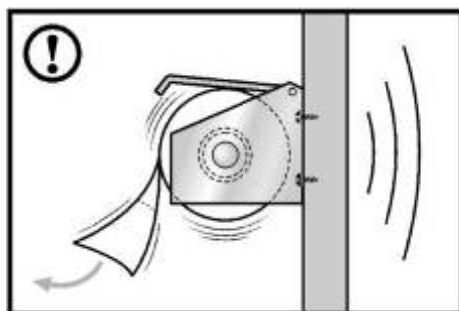
**Installationsanvisningar**

1. Fäst Floor 4960 Kantlist runt brunnens vertikala delar så att denna ansluter utan överlappning. Tejpa för att hålla ihop kantlisten. Skär av i höjd med underkant på brunnens fläns.
2. Lagg Stepisol eller Floor 4902 Komfort fyllnadsskiva mot brunnskanten.
3. Rulla ut Floor 4940 Geotextil mot brunnen. Vik upp och tejpa mot kantlisten för att säkerställa en tät konstruktion. Rulla ut Floor 4945 Glasfibernät.
4. Avjämnning sker på sedvanligt vis runt brunnarna.

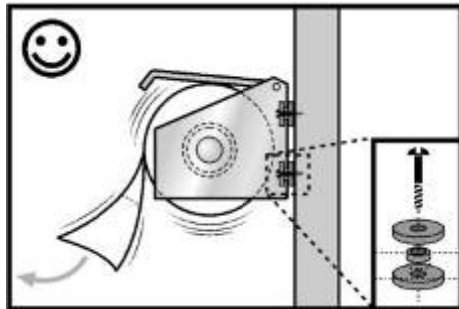
Eventuellt gjutspill skall då rensas bort och rörelsefogarna avsynas. Har avjämningsmassa eller cementhaltigt

Liknande golvlösningar finns från TM Progress/Aprobo, Rescon Mapei m.fl. En svag punkt i systemen är de så kallade avstängningslisterna, som måste hålla tätt mot det lättflytande golvspacklet under tiden det läggs ut. Självklistrande lister fäster dåligt på betong och spacklet kan tränga ned bakom listen och ge stomljudsbygggor. Mellan övergolv och vägg måste det finnas ett elastiskt fogband som håller för rörelser mellan vägg och golv, av fuktskäl. Enkla pappersremсор duger inte. Vägglinker, socklar mm skall inte klämma åt mot det flytande golvet.

Leverantören av golvet skall redovisa robusta lösningar för anslutningar mot vägg, det är en av de svagaste punkterna i ett system för flytande golv.



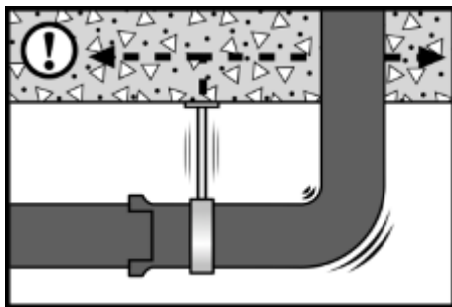
Duschstång och toapappershållare bör monteras med elastiska packningar för att hindra stomljud, om de sitter i en tung lägenhetsskiljande vägg.



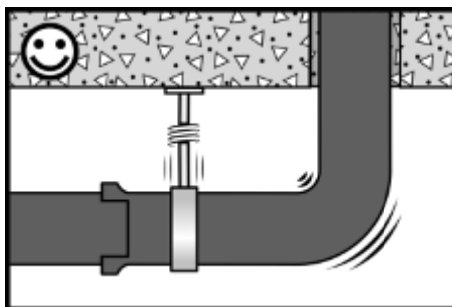
Packningarnas eller bussningarnas elasticitet bör avpassas så att de ger någon tiondels mm rörelse under inverkan av egenvikten. Då dämpas mellan- och högfrekvent stomljud bort.

#### 4. Avloppsrör, montering i byggnad

Ljud från strömmande vatten i avlopps- eller regnvattensystem ger ibland ljudstörningar.



Vid riktningssändringar, grenanslutningar eller dimensionsändringar (s k språng) får man märkbara krafter mot rörväggarna och därmed ljudutstrålning. Om rören gjuts in i bjälklag, dras synligt inne i rum, dras ovanför lätta undertak eller byggs in bakom tunna schaktväggar, så kan rören stråla ut ljud direkt till rummet (luftburet ljud). Särskilt då man använder frihängande hårdplaströr med låg vikt kan man få besvärande höga luftljudsnivåer. Gjutjärnsrör och speciella laminerade plaströr (sk ljuddämpade rör) ger lägre luftljudsnivåer inom samma utrymme, se nedan. Lamineringen är dock inte effektiv mot stomljud – detta måste dämpas med effektiva infästningar.



Olika former av elastisk upphängning av avloppsrör hindrar vibrationerna i röret att fortplanta sig till byggnadsstommen. Hängarna behöver inte vara överdrivet mjuka eftersom det främst är vibrationer vid medel- och höga frekvenser som skall avisoleras. Hängarnas elasticitet behöver därför inte innebära konflikter med övriga krav på montering av rör. Men man ska självfallet uppfylla de krav som ställs av tillverkarna och VVS-branschen när det gäller maximal riktningssändring (nedböjning), glidning eller fixering osv. 2-3 graders flexning i en sk mufflös skarv godtas av t.ex. Gustavsberg Rörssystem.



För tunga rör finns färdiga fästelement med elastisk funktion, t.ex. Gustavsbergs MA-dämpare. Dessa skruvas fast i tunga byggnadsdelar med gängade pendelfästen och rörklamrar. Det finns fler produkter från fristående leverantörer som kan vara lämpliga, se avsnitt 14. Observera att denna typ av dämpare får ej bära upp rörens egenvikt vid stående montage, eftersom gummibrickan inuti dämparen deformeras kraftigt. Dels finns risk för skador på dämpelementet, dels kan en deformerad dämpare överföra stomljud då gummit trycks ihop för hårt.

Flertalet dämpare är utformade för belastning med tryck eller tryck+skjuvning. För draglaster måste vibrationsisolatorn utformas på ett sätt som gör att dämpelementet ändå utsätts för tryckbelastning. Se vidare i del C om mätresultat mm. För bäring av gjutjärnrör vertikalt, där lasten inte kan tas upp i bjälklagsgenomföringarna, finns därför särskilda väggkonsoler.



Konsoler måste också förses med stomljudsdämpande mellanlägg om de skruvas i vägg till rum med ljudkrav. Se exemplet i vidstående bild. Kopplingar till gjutjärnrör får inte användas som upphängningselement. Huruvida de dämpar stomljud har inte provats, men bedömningen är att gummipackningen kläms åt så hårt när kopplingen dras åt, att dämpningen är ringa vid låga och medelhöga frekvenser. Rören skall hängas upp i särskilda klamsvep, se högra bilden nedan. Dessa dämpar inte heller stomljud – EPDM-gummit blir för hårt när svepet stängs. Det är troligen möjligt att dämpa stomljud i befintliga rör genom att ta bort ett svep i taget, linda röret med en elastisk gummiduk och montera ett större svep där duken får plats med högst 25% deformation lokalt. Duken skall vara så elastisk, att man vid en lätt tryckning mot röret får en synlig deformation av duken, utan att svepet flyttar sig. Kläms duken hårt uteblir dämpningen.



Produkter för montering av gjutjärnrör som INTE skall användas för att hänga upp gjutjärnrör: JET-koppling, Ultrajet-koppling, JetEtt-koppling. Klamsvep kan användas tillsammans med dämpelementet i MA-systemet för att dämpa stomljud, men enbart klamsvep med gummi räcker inte.



Det finns laminerade plaströr som ger ungefär samma utstrålning av luftljud som gjutjärnsrör och cirka 5 dB lägre nivåer än från lätta hårdplaströr, men även dessa "ljuddämpade" rör kan ge störande ljud. Ljudnivåerna beror vilka flöden som hanteras i rören. Även invändiga regnvattensystem kan behöva isoleras, särskilt om de dras inne i utrymmen med ljudkrav. Vilken typ av inbyggnad av rören som erfordras kan beräknas med hjälp av ljudnivåer bestämda i laboratorium enligt EN 14366, med korrigerig för de ljudnivåer som kan förväntas inuti ett trångt

schakt jämfört med mätrummet där ljudnivåerna bestämts. Se vidare i bilagorna 1 och 2 samt i standarden EN 12354-5. Vid ingjutning av avloppsrör i betongbjälklag, eller infästning i lätta bjälklag med dålig ljudisolering i undertaket, bör man isolera rören med cellgummi eller mineralull för att minska stomljudsöverföring till betongbjälklaget. Lämpliga material finns som 2 mm tejp, se avsnitt 14.



Stomljud kan överföras till bjälklag eller vägg vid styva kontaktpunkter, sk stomljudsbygggor. Även om dessa punktstöd kan förefalla obetydliga, t.ex. bultarna i förbandets nederkant, så räcker de tyvärr för att leda över tillräckligt mycket stomljud för att man skall få problem att uppfylla ljudkraven. Alla delar av rörsystemet måste vara avvibrerade för att man skall undgå stomljud. Vibrationsisolering av plaströr kräver mycket eftergivliga svep eller vibrationsisolatorer.

Böjar med 2 st 45 graders vinklar istället för en 90 graders böj är en lösning som föreslås ibland som ett sätt att minska stomljudsalstringen. Mätningar i laboratorium visar dock, att skillnaden är marginell (1-2 dB).

**Brandskydd och fuktskydd måste säkerställas med hjälp av sakkunniga inom respektive område.** Observera därvid, att skyddsåtgärder och infästningsprodukter som är avpassade för ett visst rörmaterial inte kan användas för ett annat material såvida inte de godkänts av de sakkunniga. Detta gäller t.ex. för rörsvep, brandstrypare, hängare, väggfästen mm. Mer information om ljud från avloppssystem och åtgärder finns beskrivna i bilaga 1, avsnitt 3 samt i Byggdetaljer 553.182 från Sintef Byggeforsk, [www.sintef.no](http://www.sintef.no). Andra rapporter inom området finns i referenserna <sup>(2)</sup>.

## 5. Kall- och varmtappvatten, värmestammar, fjärrvärme

Vibrationer och stomljud i vattensystem kommer oftast från olika typer av ventiler och strypningar.



Anslutningar med stålspunna gummislangar (metallslang eller flexsling) dämpar överföring av vibrationer i viss mån, men vätskepelaren kan ändå leda ut en del vibrationer i rörsystemet. Slangarna bör vara minst någon meter långa för att dämpa ut stomljudet. Styvheten bör vara avpassade till aktuellt tryck så att slangens fortfarande är elastisk. Slangen kan röra sig vid eventuella tryckslag och skall därför inte ligga an emot lätta byggdelar.

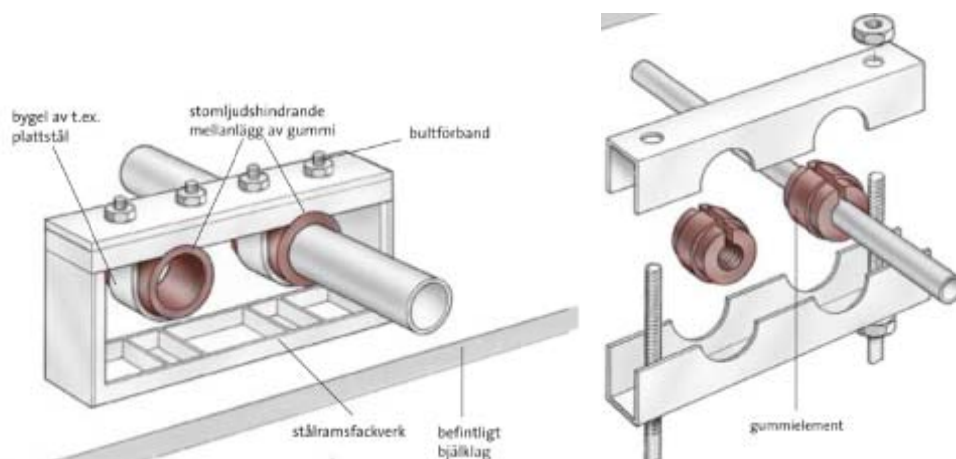
<sup>2</sup> Bing-Jacobsen, Haakon. Støy fra sanitærinstallasjoner. Norges byggforskningsinstitut, Håndbok 30. Oslo, 1972 ([www.sintef.no](http://www.sintef.no)). Schmidt Jørgensen, Finn og Ovesen, Kaj. Avløpsinstallasjoner. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-Anvisning 96. København, 1974 ([www.sbi.dk](http://www.sbi.dk)). Bodlund, K., Eslon, L. Mätning av buller från avlopps-rörinstallationer i laboratorium. Statens Provningsanstalt, SP-MET 1981:2. Borås, 1981 ([www.sp.se](http://www.sp.se)). Stensrød, O. Rør og våtrom. Vannskadesikre, funksjonelle rørinstallasjoner og våtrom. Norges byggforskningsinstitut, Håndbok 42. Oslo, 1992.





Så kallade kompensatorer är ett annat sätt att minska överföringen av vibrationer. Bilderna visar en metallslang och en gummikompensator typ TED-FLEX från Teddington (<http://www.teddington.se>). Fjädringen i kompensatorn skall vara så mjuk, att den böjer sig utan att flytta rören.

Huvuddelen av stömljudet kommer normalt från infästningarna till stommen. Det finns några enkla åtgärder som är effektiva när det gäller att hindra stömljudsöverföring via klamrar och hängare. Några principiella exempel visas i nedanstående bilder. Mätresultat före/efter åtgärd på en enkel lösning redovisas i del C.



(Från Arbetsmiljöverkets bok Buller och Bullerbekämpning, figur 68/69, med tillstånd)

Det finns material för värme- eller kylisolering som tappar sin "spänst" redan efter en kort tid om de utsätts för tryck och/eller värme, t.ex. polyetencellgummi (t.ex. "Armaflex", se avsnitt 14). Dessa produkter skall inte användas för vibrationsisolering av rör, se nedanstående bildexempel. Bilderna visar att isoleringen på den varma sidan (till höger) är avsevärt mer sammantryckt än på den kalla sidan (till vänster), men bilden är tagen efter några veckors drift.





Stomljudsisoleringen fungerar bra med 2 mm porös polyuretanduk som trycks samman cirka 10%. Genom att välja ett nummer större klammer eller svep kan man minska risken för att duken trycks samman för mycket. Isoleringsmaterialets tjocklek bör vara minst 2 mm, gärna 4-5 mm. Homogena material blir troligen för styva, såvida de inte "rillats" på ett sätt som gör att elasticiteten bibehålls även då de kläms fast mellan rör och väggklammer.



Stomljud från radiatorventiler kan bero på defekter i ventilen (tjut eller vibrationer). Ljudalstring i radiatorventiler vid olika tryckfall och flöden kan bestämmas enligt Nordtestmetod NT ACOU 101. Man bör be leverantören om provdata. Ojämn tryckfördelning i värmestammen kan leda till att enstaka ventiler måste ta upp ett högt tryck och de ger då högre ljudnivåer. Åtgärden är i det fallet att sätta in stamventiler som minskar tryckfallet över radiatorventilen.



För tyngre rör, t.ex. fjärrvärme, värmepumpsmatning m.m. som skall pendlas från konsoler eller balkar, kan man lägga upp dessa på enkla gummiklossar ovanpå betongklackar eller kraftiga stålkonsoler. Det finns produkter med stålbrickor på bägge sidor, som har gängade hål (invändiga muttrar) för M4-M12, t.ex. SWERUB typ AV. Motsvarande produkter finns från ett antal tillverkare. De brukar vara ganska styva, och man måste avpassa gummikvaliteten och dimensionen så att den statiska sammantryckningen av gummit under rörens egenvikt blir minst 1 mm, gärna 2-3 mm (max 5-10% tjockleken, se tillverkarens anvisningar). **Draglaster får inte förekomma** på gummiisolatorer!

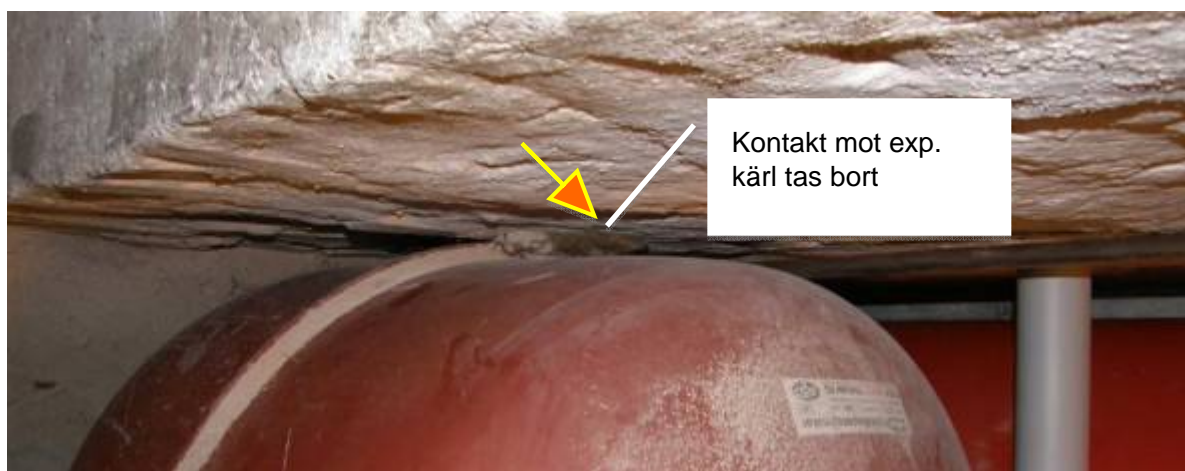


Bilden till vänster visar en bra lösning med ett färdigt koppel, där svepen sitter färdigmonterade i en U-profil. Profilen fästs mot bjälklaget med särskilda dämpare. Här utsätts dämpementet för tryckbelastning inne i polyuretandukden. Risken för kortslutning är liten och monteringsarbetet i högt läge går lättare.

Bilderna nedan visar vanligt förekommande kortslutningar. Rören läggs upp stumt i vägenomföringen (vänster bild). Den vibrerande installationen (värmepump) är isolerad mot rörsystemet med flexslangar, utom röret till expansionstanken som klamrats styvt i vägg.



Bilderna nedan visar andra typer av kortslutningar, dels med en oavsiktlig kontakt mellan expansionskärl och takbjälklag (mot lägenhet), dels genom att man har "glömt" att isolera den befintliga rörstammen vid utbyte av värmesystemet (där de nya delarna hade avvibrerats korrekt).



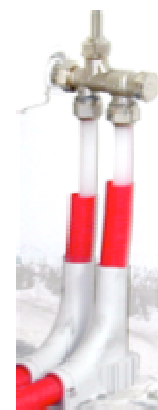


Så kallade rör-i-rör system kan vara fördelaktiga när det gäller stomljud.

Vid montage under uppreglade golv eller i undertak minskar de risken för att vibrerande rör oavsiktligt kommer i kontakt med stommen, undertaket eller golvkonstruktionen.

En risk är dock om de ligger an mot en lätt vägg, ovan ett undertak eller

under ett flytande golv, och skramlar vid eventuella tryckstötter i vattenrören. Då uppstår ett störande ljud, som kan vara besvärligt att åtgärda i efterhand. Det yttre röret bör fästas stabilt in i en tung byggnadsdel, t.ex. bjälklaget, med ett avpassat svep. Svepet skall inte klämmas till så hårt att även det inre röret trycks mot golvet (vilket även skulle fördärva övriga funktioner, såsom vattenavledning, utbyttbarhet mm). I känsliga lägen kan det vara klokt att sätta fast röret i stommen med ett vibrationsdämpat fäste.



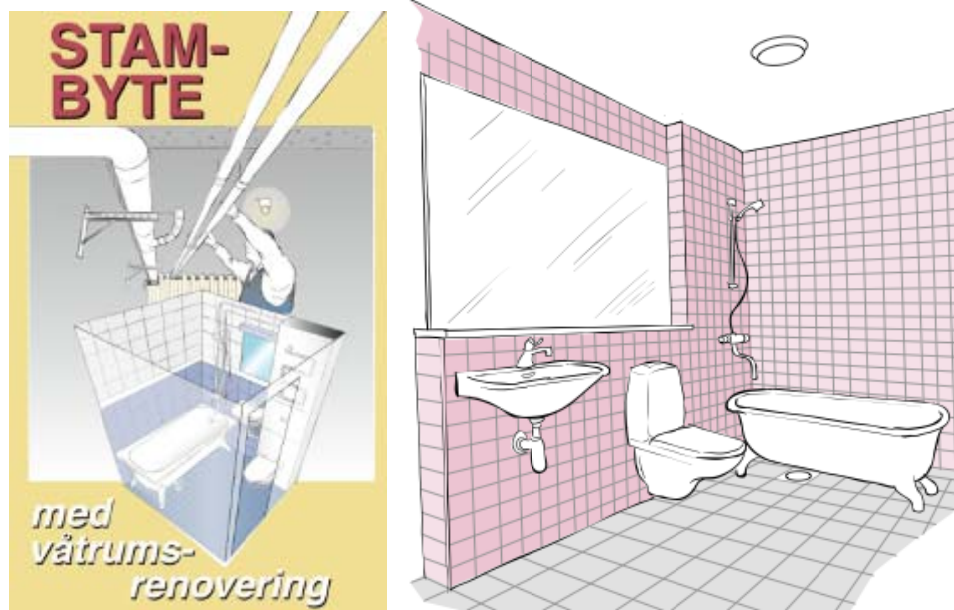
Löst liggande eller hängande PEX-rör kan röra sig ganska mycket vid tryckslag och ska sättas fast.



En kvarglömd bräda mellan värmestam och innervägg till lägenhet gör att man med hörselns hjälp kan övervaka att vattnet i värmesystemet cirkulerar som det ska (vilket troligen inte var installatörens avsikt...).



Alla rör i ett schakt som kan överföra vibrationer och stomljud måste monteras elastiskt. På bilden har man missat radiatorstammen, den sitter med ett styvt svep. Dessa frågor kan man med fördel ta upp i installations-samordningen i projektet.

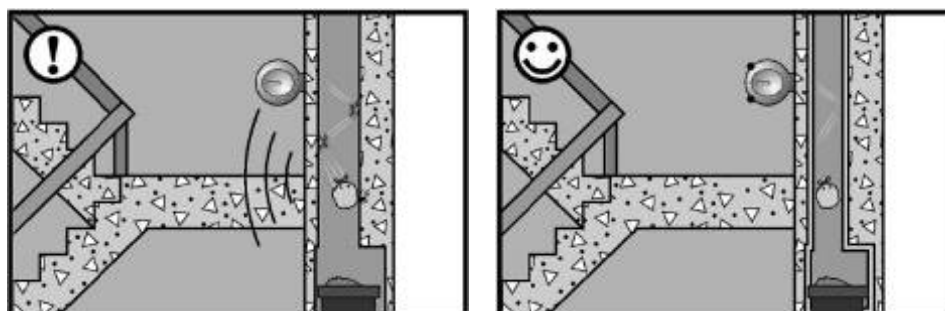


Häftet "Stambyte med våtrumrenovering" som är framtaget av VVS-Installatörerna och Föreningen Sveriges VVS-inspektörer (med stöd av SBUF) innehåller ett antal råd om planering av renovering av våtrum, främst ur fuktsynpunkt.

Utanpåliggande rör i klamrar, fristående så kallade installationsväggar eller prefabricerade schakt är normalt bra lösningar när det gäller stomljud. Det finns dock några saker som man kan tänka på vid val av åtgärd, som minskar risken för att det uppstår nya problem med såväl höga luftljudsnivåer inne i våtrummen som stomljud (in till angränsande utrymmen).

Se vidare i föregående avsnitt 3 och 4 samt bilaga 1.

## 6. Sopnedkast, soprum, sopsug (ventilrum)



Om rören i ett sopnedkast inte sitter mittför varandra bildas skarvar där de nedfallande påsarna tar emot och alstrar stomljud. Åtgärder kan vara att försöka avjämna rören (ta bort kanter) eller fordra röret med ett invändigt slätt rör (lining).

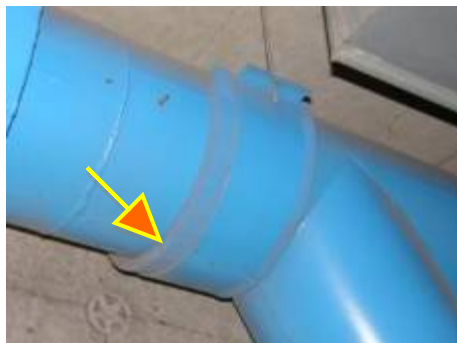


Luckan till sopnedkastet kan ge besvärande stomljud om packningarna är för hårda eller skadade. I vissa fall kan det finnas en fjäderbelastning som är avsedd att dra igen luckan och få låsanordningen i stängt läge. Det kan då bli en stöt som alstrar stomljud. Genom att sätta en enkel dämpanordning av motsvarande typ som används för köksskåp, WC-sits och liknande (se ovan), kan rörelsens hastighet dämpas utan att stängningstrycket behöver minskas. Ett annat sätt är att använda en annan låsanordning, som inte behöver samma stängningstryck.



Sopsugssystem arbetar med höga tryckfall och luftflöden. Materialet har hög hastighet i rören. Tillverkaren ENVAC har egna skydd mot överföring av stomljud i sina rörupplag och ventilrum.

Vid tömning alstras en kraftig strömning och olika impulser när ventilerna öppnar. Tilluften till ventilrummet måste ljuddämpas effektivt för att inte ge störande ljudnivåer på uteplatser och framför fönster.



Det är lämpligt att bygga in en viss mängd ljudabsorbenter i ventilrummet för att minska ljudöverföringen.

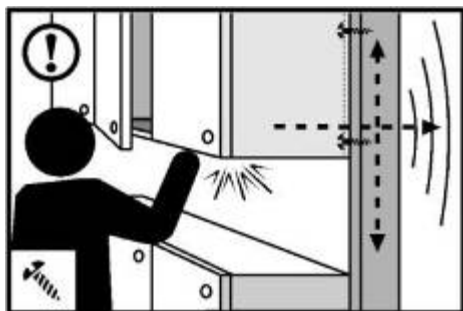
Ljudabsorbenterna bör ha god absorption vid låga frekvenser.

Ljudisoleringen i stommen måste dimensioneras för de ljudnivåer som kan förekomma, enligt tillverkaren.

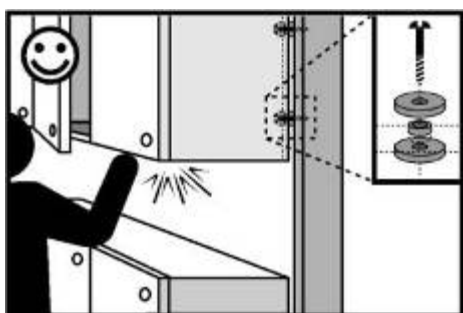


I ett soprum kan hanteringen av sopkärl ge besvärande stomljud, därför att kärlen kan slå emot väggarna. Genom att sätta ett lågt avbärräcke (stålrör eller betong) i golvet kan kärlen snabbt rullas in i rätt läge utan att slå emot väggen. I känsliga lägen kan man komplettera med en gummisarg, avpassad så att den klarar förekommande belastningar.

## 7. Köksskåp, köksbänk och postfack



Köksskåp, bänk, postfack och liknande är inte installationer i den mening som avses i SS 25267 och SS 25268, men de måste finnas för att uppfylla andra krav (än ljud) i BBR. Hantering av porslin i köksskåp, matberedning på bänk, disk och vibrationer från olika köksmaskiner kan ge störande stömljud inne i angränsande lägenhet om skåpstommar och bänk sitter stumt infästa i en gemensam betongvägg. Fältmätningar visar upp emot 50 dB A-vägd maximalnivå



Man hör tydligt vad som sker på andra sidan av väggen. Skåp och bänk skall alltså fästas elastiskt mot lägenhets-skiljande tung vägg. I samband med ändrad användning är det klokt att kontrollera om det finns skåp på andra sidan väggen in till ett blivande utrymme med ljudkrav, t.ex. sovrum.

Om inredningen i det angränsande utrymmet inte kan ljuddämpas med brickor och hylsor eller med motsvarande åtgärder, så tvingas man normalt att sätta upp en reglad

gipsvägg för att isolera mot stömljud.



Elastiska brickor, band och hylsor i infästningarna dämpar stömljudsöverföring från bänkar och skåp effektivt (se mätresultat i avsnitt C).

Principlösningen är att sätta elastiska brickor eller band bakom skåpen samt elastiska hylsor i hålen i skåpsstommarna. Se exempel i vidstående bild och nedan. Tjockleken i band eller hylsa mellan skåp och vägg måste vara tillräcklig för att gå utanför eventuella ojämnheter i väggen. 4 mm band är troligen ett lämpligt minimimått på band/hylsa.



En styv hylsa av metall eller hårdplast är väsentlig, den gör att man kan dra åt skruven i väggen med ett normalt moment utan att dra sönder de elastiska brickorna respektive hylsan. Den fördelar också kanttrycket från stommen mot den elastiska hylsan. Skåpsstommen kan sedan röra sig (några tiondels mm) mot hylsor och brickor, vilket räcker för att dämpa ljudet. Se bild på nästa sida.

Det finns ett antal produkter för köksinredning som både dämpar stömljud och luftljud inne i köket. Åtgärderna kan vara lämpliga i efterhandsåtgärder, men de klarar normalt bara att dämpa en viss rörelse och är därför inte generellt användbara mot stömljudsöverföring. Enklare lådor ger höga nivåer om de stängs hastigt, men produkter med dämpare fungerar bra.



Exempel på nya produkter som dämpar vissa typer av stömljud (och luftljud) är

- utdragslådor och luckor med fjädrande fronter, gångjärn eller skenor.
- slagljud i luckor och lådor dämpas främst vid höga frekvenser av så kallade "bump-ons" (koniska plastkuddar) på insida av lådfronten. Lågfrekvent

stomljud går dock fortfarande in i väggen.

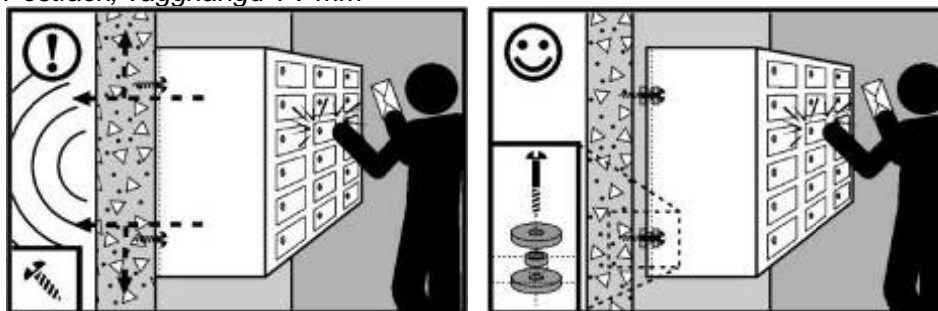


Kuddarna finns i material som behåller sin elasticitet och har ett självhäftande material som gör att kuddarna sitter kvar under lång tid. Tidigare typer av kuddar har varit i ett hårt material och de har lossnat eller vandrat efter en tid (då gummiklistret har torkat). Åtgärderna hjälper dock inte mot ljud från hantering av porslin och bestick i lådor, luckor och hyllor.



Bussningar av polyuretan levereras av Christian Berner AB och Vibratec AB. Gummibussningar finns hos flera leverantörer. Se avsnitt 14.

#### Postfack, vägghängd TV mm

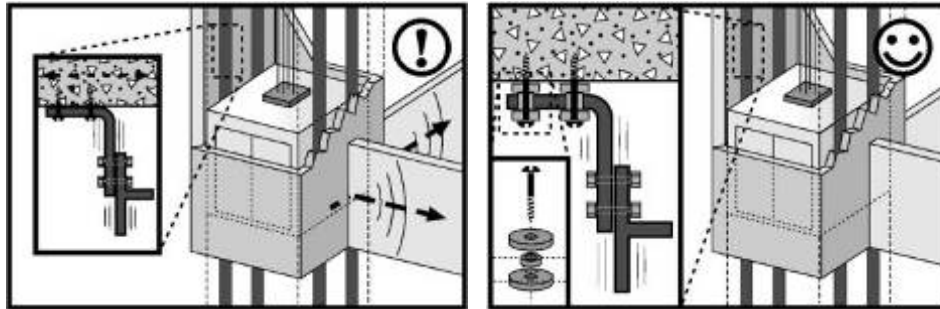


Postfack bör monteras på en vägg som inte vetter mot ett rum med ljudkrav. I de fall detta inte kan undvikas kan man sätta postfacken på samma sätt som köksskåpen, dock med brickor avpassade för den vikt som belastar var och en av fästpunkterna. Infästning på stabila konsoler eller på golvstativ kan också övervägas, där vibrationsisoleringen kan monteras enkelt och även bytas vid behov.

Vägghängd TV bör också fästas isolerat mot lägenhets-skiljande vägg för att undgå stomljud.



## 8. Hissar och trappor i väggar mot boningsrum

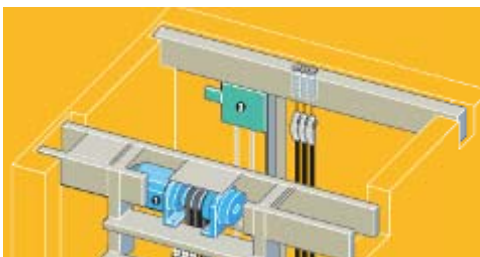


En väsentlig stomljuds-källa är hissar, där man ofta väljer att tilläggsisolera schaktvägg in mot alla sovrum och vardagsrum. Kostnaderna för åtgärderna kan bli betydande om det är många rum som berörs (se del A). Mätresultaten i del C tyder på att detta inte är nödvändigt. Det finns två skäl till detta antagande:

- Stomljudsallstringen är mindre i moderna hissar än i äldre konstruktioner. Ljudnivåerna ligger ofta nära kravvärdena och efter injusteringar av bromsar, dörrar, gejderläge mm har man fått godkänt vid besiktning. Ljuden är vanligen ändå hörbara inne i rum bredvid hisschakt och kan störa de boende även om de ligger inom kravet. Det kan bero på att ljuden är tonala och impulsartade som gör att man uppmärksammar dem lättare än bredbandiga ljud (t.ex. ventilationsljud). Ljuden kommer under hela dygnet med oregelbundna intervaller vilket uppfattas som mer störande än kontinuerliga ljud.
- De åtgärder som föreslås nedan och som har provats (del C) är enkla och relativt billiga att vidta. Om man väljer att utesluta tilläggsisoleringar i rum och istället stomljudsisolera hissen (gejderskenan och/eller dess infästningar i schaktväggen), så måste alla åtgärder genomföras med stor noggrannhet och kontrolleras. Ljud- eller vibrationsmätningar bör göras.



Det kan i vissa fall vara så att hisskorgens rörelse inte stör, men ljud från kontaktorskåpen och maskinen på övre plan ger störningar på detta plan. Hissdörrarna kan ge onödigt höga ljudnivåer, dito gäller bromsanordningarna som inte ställts in för den aktuella belastningen av hissen. Injustering av gejdernas planhet påverkar sidokrafterna vid drift av hisskorgen och en korrigering kan ge tillräcklig verkan för att ljudkraven skall uppfyllas.



Om drivenheten står ovanpå gejderna, utan infästningar i schaktväggen, kommer vibrationsisoleringsarna av gejdern även att bryta stomljud från drivenheten. Om denna ligger på balkar tvärs schaktet bör avvibreringar läggas i första hand mellan balkar och schaktvägg. Avvibreringar mellan drivenhet och balkar skall dimensioneras så att de inte har sammanfallande egenfrekvenser med upplagen mot schaktväggen.

Nedanstående bilder visar några exempel på lösningar som kan provas. Se även del C.



*Universalbussning i väggfästen för gejder och dörrupphängning. Materialvalet beror på vilken hårdhet som behövs och vilka rörelser som skall kunna tas upp. På bilden visas gula och lila polyuretanbussningar med olika hårdhet (Sylomer från Christian Berner AB) respektive en produkt i gummi (från en okänd tillverkare). Vibratec i Norrtälje har ett åtgärds paket kallat Iso-Elevator-Fix (se nästa sida), som har samma principiella uppbyggnad som en av de lösningar som provades i SP:s laboratorium (se del C).*

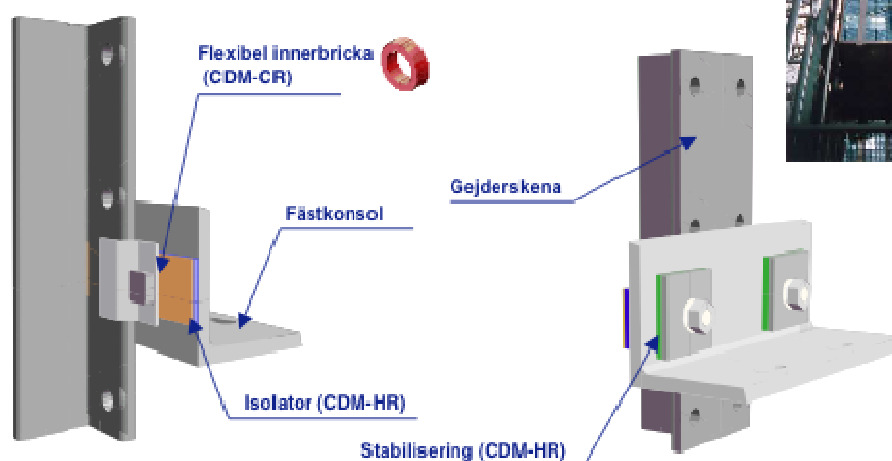
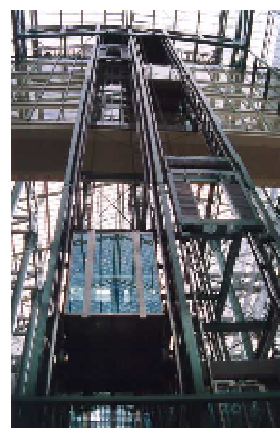
# ISO-ELEVATOR-FIX

## Isolering av gejderskena till hiss



När en hiss rör sig upp och ner i ett hus överförs vibrationer till husets husets struktur/stomme. Detta stornjud kan transporteras i byggnaden och orsaka störande ljud i t.ex. sovrum. Merparten av vibrationsöverföringen sker via hissens gejderskenor/gejderfästen. **ISO-ELEVATOR-FIX** är ett komplett infästningssystem som elastiskt frikopplar gejderskenan från schaktväggen, därmed reduceras transmissionen av vibrationer.

Förbättring på ca. 5-10dB av luftljud i närliggande rum kan förväntas.



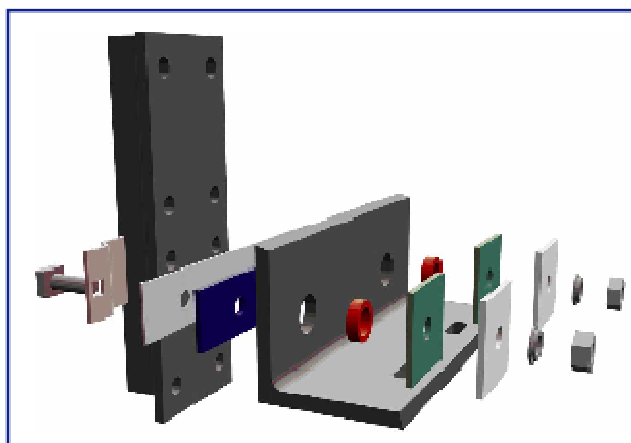
### Systemets komponenter:

- isolator
- stabilisering
- flexibel bricka

Typ, storlek, form och storlek hos dessa komponenter beror på hisstyp, krafter, önskade egenskaper (resonansfrekvens) och andra projektspecifika kriterier.

### Några av våra kunder :

Otis, Kone, Ebel, Thyssen, Sodimas, Soulier, Elevadores Sür,...



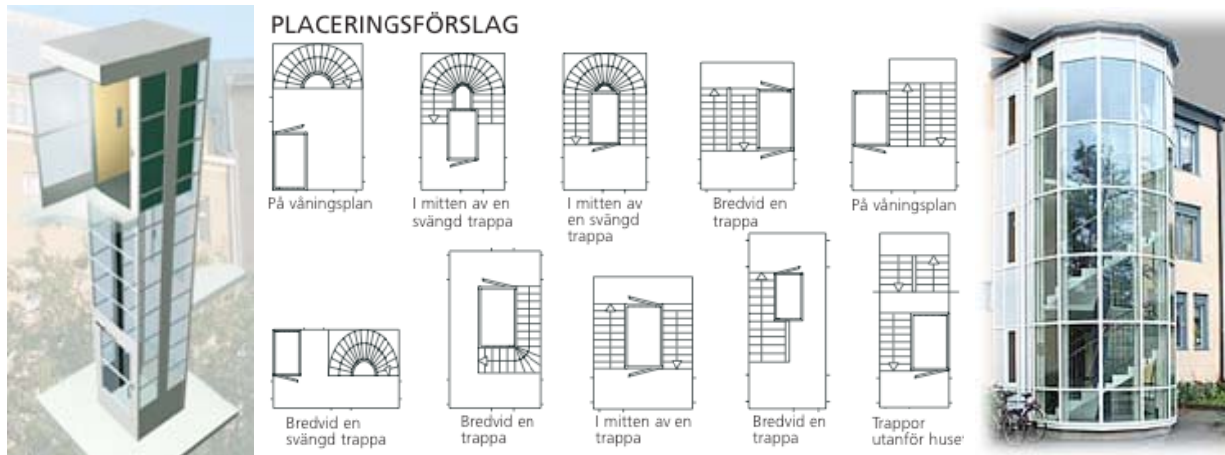
## ISO-ELEVATOR-FIX

Vibratec Akustikprodukter AB  
Norrsvund 1859  
SE-760 17 Blidö  
Sweden

T: + 46-(0)176-20 78 80  
F: +46-(0)176-20 78 99  
E: info@vibratec.se  
www.vibratec.se

För ombyggnader i hus där hiss saknas kan en ny hiss med fribärande schakt vara en ljudmässigt bra lösning, t.ex. från Motalahiss. Den kan placeras utvändigt, eller i trappschakt (om det går att

såga ur en del av trapporna för att få in hissen). Schaktbredden kan göras ned till 0,8 m. De lösningar som har hissen mitt i trapphuset är enklast att lösa stomljuddmässigt. Om schaktet måste stabiliseras i sidled mot trappstommen görs det med enkla isolatorer. Om schaktet gränsar till lägenhet måste man studera infästningarna mer ingående så att inte vibrationer överförs till väggar eller bjälklag i trapphuset.



Trappor, stannplan och vilplan i trapphus, invändiga trappor i lägenheter. Hissplaceringar.

Stomljud från trappor och plan kan leda till att stegljudskraven inte uppfylls. Det är vanligt att man väljer att tilläggsisolera betongväggar mot trapphus för att undvika ljudstrålning från väggar samt att lägga en flytande golvbeläggning för att dämpa stegljudet från t.ex. stannplanet.



Invändiga trappor som skruvas fast i lägenhetsskiljande vägg kan ge ganska höga stegljudsnivåer på grund av stomljud (över gällande krav). Invändiga trappor som ställs på en tunn betongplatta som är gemensam för flera bostäder kan också medföra att stegljudskraven överskrids, även om trappan inte gränsar till nästa lägenhet. Men dessa problem går att undvika utan tilläggsisoleringar av stannplan och väggar.

Trappor kan läggas upp på "tassar" av neopren eller liknande och förankras med slaka säkerhetsvagnar till dubbar i stannplan och vilplan.

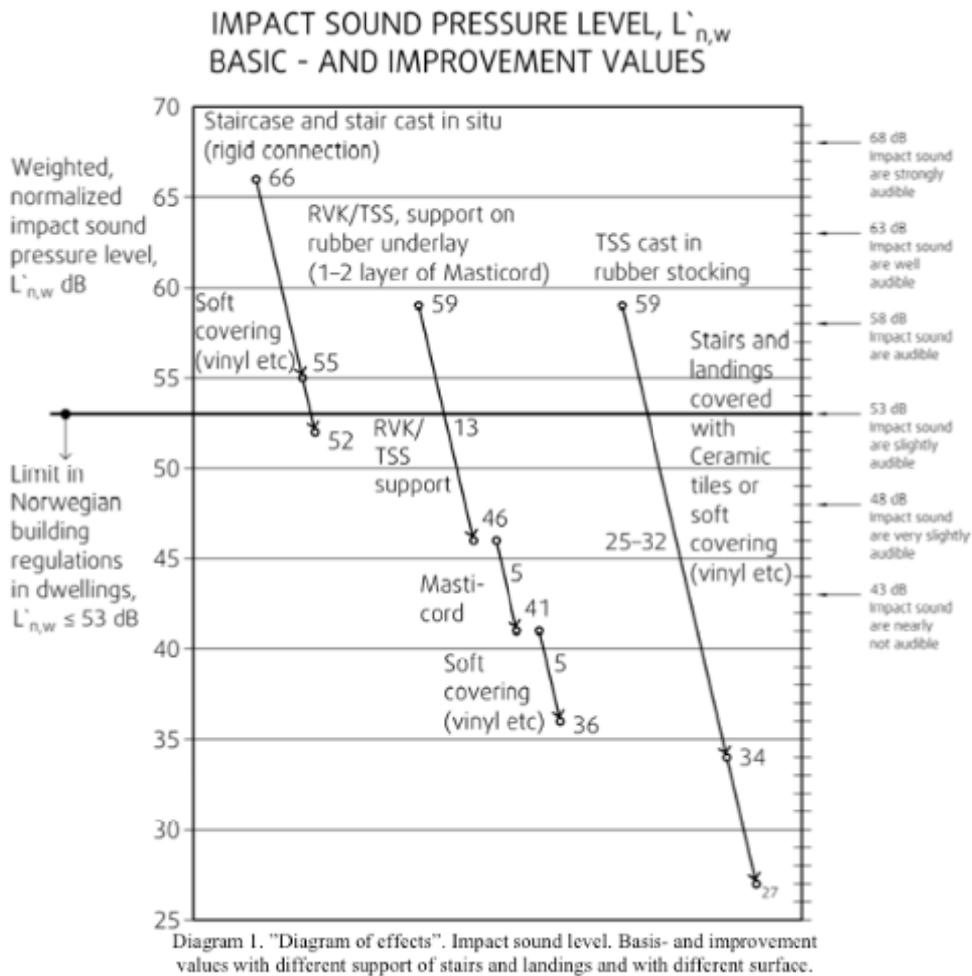
Anslutningarna mjukfogas och eventuellt lagningsbruk rensas bort, så att trapplöpet kan röra sig några tiondels mm utan att gå emot stommen.



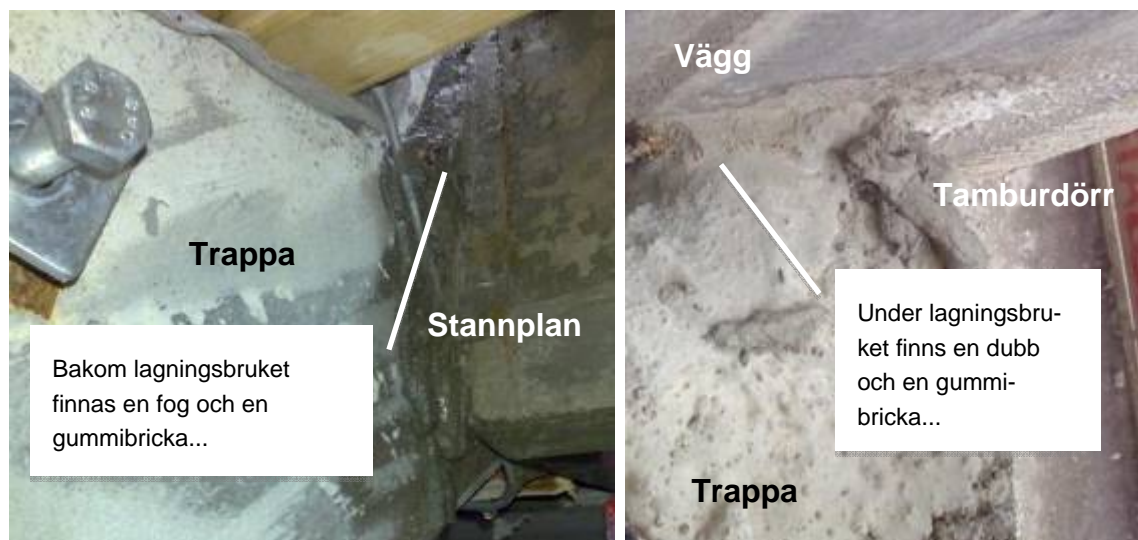
Vilplan och prefabricerade stannplan läggs normalt upp på dubbar som vilar på ursparingar i väggarna. Om dubbarna vilar på elastiska underlägg, och lagningsbruk mm inte kortsluter rörelser mellan plan och vägg, får man en effektiv dämpning av stegljud från planen. Tyvärr blir det ofta så i praktiken, att fogarna sätts igen med bruk. Se bilder på nästa sida.

Mätresultat i konferensartikeln från Sigurd Hveem vid Sintef Byggforsk<sup>3</sup> sammanfattas av följande diagram, som visar att elastiskt upplagda dubbar kan ge fullt tillfredsställande funktion, utan att det behövs ytterligare stegljudsdämpning av vil- eller stannplan:

<sup>3</sup> Sigurd Hveem. Impact sound transmission from stairs with RVK / TSS connections. Proceedings of Inter-noise 2008, Shanghai. Man kan också beställa informationsblad nr 532.241 på [www.sintef.no](http://www.sintef.no) "Trinnlyd - invändiga betongtrappor".



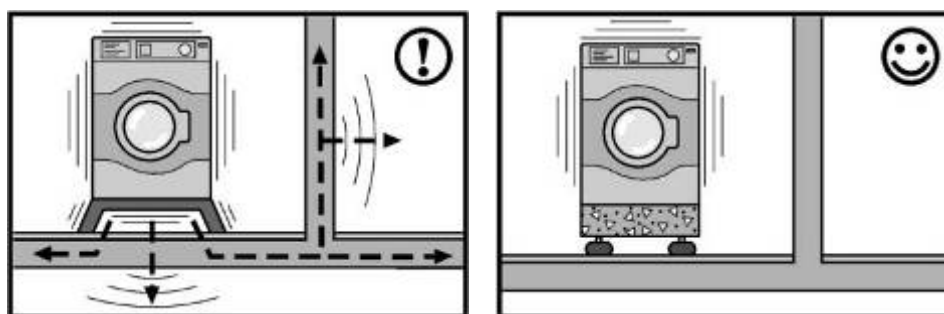
I diagrammet ovan visas stegljudsnivåer från vilplan in till lägenhet. Olika mätfall visar resultaten för olika typer av ståldubb (RVK/TSS), upplagsmaterial (Masticord) och golvbeläggningar (tiles, vinyl). Den horisontella linjen är norska kravnivån  $L'_{n,w} < 53$  dB, vilken svarar mot svensk ljudklass A. En ny lösning med inkapslad vibrationsisolator benämns "TSS" i figuren ovan. Den förefaller mycket intressant att prova, därför att den troligen är mindre känslig för fel i efterlagningen (kortslutning). Rätt utförda uppfyller lösningarna de svenska kraven (62 dB i ljudklass C och 58 dB i ljudklass B) utan mjuka golvbeläggningar i trapphuset.



Det är som framgår av bilderna ovan lätt gjort att efterlägga på ett sätt som kortsluter rörelser mot stommen, vilket medför att man inte klarar kraven. Fältundersökningar har visat, att man i mer än vartannat fall överskrider stegljudskraven vid mätning från vilplan. I Hveems artikel<sup>3</sup> redovisas TSS-dubben, en lösning som förefaller mer "fältmässig", där den stomljudsdämpande delen sitter indragen i trapplanet och inte kan kortslutas av lagningsbruk mm.

Stannplanet kan behöva utföras platsgjutet för att hjälpa till att stabilisera stommen i sidled. Då måste man lägga en matta med stegljudsdämpande underlägg. Kravet på underlägget beror på planlösningen och skiljeväggarnas tjocklek, men ofta räcker det med stegljudsklass 5 för ljudklass C. Se SS 25267 bilaga B. Med klinker, terrazzoplattor och liknande krävs ett flytande undergolv. Krav på dessa och praktiska anvisningar finns i NCC:s, SBUF:s och Bygggeramikrådets rapport "Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar" som kan hämtas fritt från [www.bkr.se](http://www.bkr.se).

## 9. Tvättmaskiner och utrustning i tvättstugor, hushållsmaskiner



Electrolux Laundry Systems har frågat sina säljare om deras erfarenhet av de vanligaste ljudproblemen i tvättstugor. Följande ljudkällor beskrevs:

- obalanser i tvättmaskin vid centrifugering
- tvättvagnar som körs på klinkergolv med ojämna fogar eller över trösklar, sätts ned hårt
- ljudsmällor från stängning av entrédörren
- klinker och kakel förstärker ljudnivån från maskiner och gör att samtalsnivån ökar (efterklang, inga ljudabsorbenter)
- kompressorer från kondensaggregat (tumlare, torkskåp och avfuktare) ger stomljud
- tillfälliga tjut från tvättmaskiner vid acceleration/retardation
- slag i vattenventiler (vid automatisk manövrering)

- ventilationsljud från luftkanaler



Tidigare har man ofta varit hänvisad till mer eller mindre erfarenhetsmässiga lösningar, där man har gjutit upp stora fundament för att ta hand om obalanskrafter från maskinerna i tvättstugan. Tillverkarna har rekommenderat att fundamentet skall väga minst 10 gånger mer än maskinen. Någon tillverkare ställer till och med krav på att maskinerna skall förankras i betongfundamentet med så kallade kemankare för att säkerställa att de inte skakar loss vid centrifugeringen. *Det framgår inte av anvisningarna, hur stomljudsöverföringen skulle lösas.*



För lägenhetsmaskiner har man sällan vidtagit några åtgärder. Man har ibland fått ljudproblem i angränsande lägenheter, ibland inte. Dessa skulle behöva mätas upp av tillverkarna när det gäller stomljudsalstring mot såväl betong- som träbjälklag.

I projektet har det visats, att nyare maskiner med effektiv inre vibrationsisolering (sk frivängande maskiner) har tillräckligt låg vibrationsalstring för att man skall klara en del situationer i byggnad, men det finns situationer som bör kontrollräknas. Tvättstuga rakt ovanför boningsrum, eller under boningsrum med klena bjälklag bör kontrolleras. Lämpliga åtgärder kan vara, att ställa upp maskinen på ett löst fundament och eftergivliga maskinfötter. Fundamentet fylls med betong eller plattor till

samma vikt som maskinen. Lösningen är så effektiv att det i normala fall inte skall behövas några uppgjutna fundament. Den är också avsevärt mer praktisk, eftersom man kan utföra golvet i tvättstuga slätt. För placering rakt över boningsrum kan dock fler åtgärder krävas.



Emellertid finns det fler installationer och utrustningar i en tvättstuga som alstrar störande ljud.

Torktummlaren kan behöva ställas på gummifötter. Man bör kontrollräkna mot tillverkarens uppgift om vibrationsnivåer på bjälklag, så att man klarar ljudnivåerna med det aktuella bjälklaget.

Torkskåpet har en kraftig stålram som kan svängas ut och in. När denna, eller dörrarna, stängs ovarsamt kan slagljud överföras till vägg och golv. En gummibussning i vältskyddet mot

vägg hindrar stomljudsöverföring. Se köksskåp ovan.

Om golvbeläggningen är utförd med rätt stegljudsdämpning, så har man redan ett bra skydd mot stomljud från tvättvagnar mm. Finns det utrymmen med ljudkrav bredvid tvättstugan bör både väggar och golvbjälklag utformas med hög ljudisolering (t.ex. klass 8A enligt SS 25267 bilaga B).

Om golvbeläggningen inte har bra stegljudsdämpning så kan man klara en del problem genom att åtgärda utrustningen i tvättstugan. Tvättvagnarna har ofta hårda tassar i framkant som ger slagljud när vagnen ställs ned. Om golvbeläggningen är ojämn (klinkerfogar) bör man använda mjuka vagnshjul.

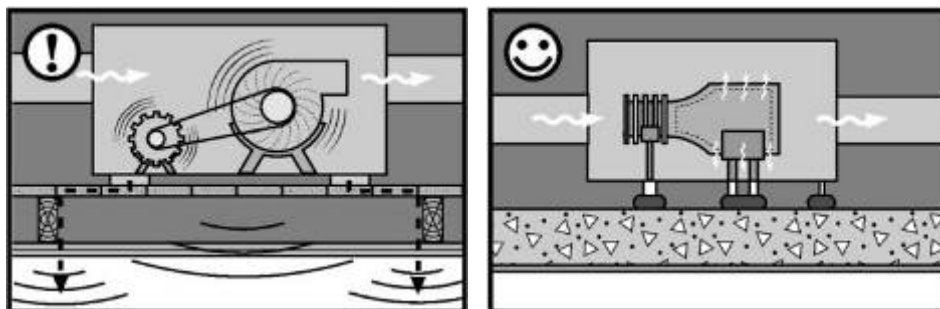
Mangeln bör fästas in med gummibussning på samma sätt som för köksskåp, se ovan.

Det finns sammanfattningsvis goda anledningar att föreskriva om ljudskyddade lösningar för tvättstugor i anslutning till bostäder eller andra utrymmen med ljudkrav. Man bör då rekommendera:

- golvbeläggningar, trösklar mm utan stora ojämnheter
- långsamma (men kraftfulla) dörrstängare
- lämpliga ljudabsorbenter för tak och eventuellt även några väggytor
- att bjälklag och undertak dimensioneras med avseende på luftljudisolering mot angränsande utrymmen med ljudkrav (se "serviceutrymmen" i aktuell ljudklass i SS 25267/-68)
- vibrationsisolerande lösningar för alla maskiner med roterande eller slående delar
- tappvattenledningarna bör utföras med flexibla anslutningar och avvibrerade anslutningar till väggarna eftersom magnetventilerna i vissa maskiner ger kraftiga "slag" vid stängning
- luftljuddämpare i frånluftskanal, elastiska stoser mellan maskin och luftkanal

Undertaket i tvättstugan bör vara både ljudisolerande och ljudabsorberande för att dämpa ljudet i tvättstugan och förhindra transmission till kringliggande lägenheter. Dörren till tvättstugan bör stänga mjukt för att undgå slagljud, antingen med dämpad dörrstängare eller med silikonlister i karmen.

## 10. Fläktar, ventilationsaggregat och kanalsystem



Stomljud från fristående fläktar eller sammanbyggda ventilationsaggregat (inklusive filter, värmewäxlare med mera) beror på obalanskrafter i motor, fläkt och transmission, samt otillräcklig stabilitet i underlaget (bjälklaget).



Aggregat bör innehålla interna vibrationsdämpare, som avpassats av tillverkaren så att de ger låga vibrationsnivåer i bjälklaget, men att de också klarar att ta upp de stora rörelser i drivenhet och fläkt som är oundvikliga vid uppstart och nedvarvning. Det vore önskvärt, att tillverkarna arbetar in stomljudsegenskaper i sina produktkoder (t.ex. Eurocodes). *Detta måste dock göras på rätt sätt, se vidare i avsnitt 11.*





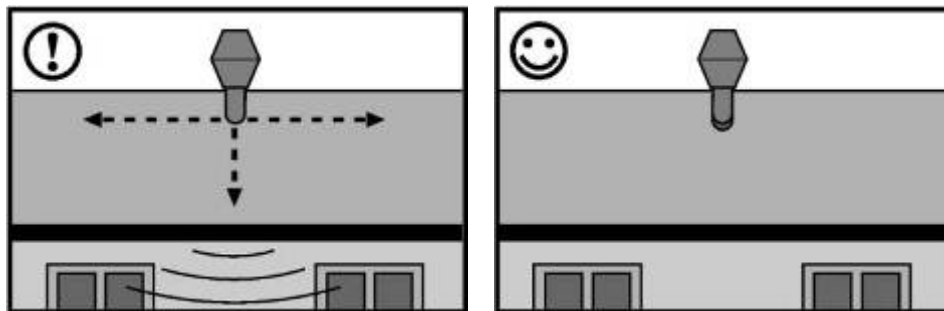
Det kan vara klokt att alltid ställa upp aggregat på balkar eller stödben med minst 10 cm höjd, som kan bytas ut mot externa isolatorer i händelse av att det uppstår ljudproblem och det inte är möjligt att åtgärda de interna isolatorerna. Om aggregatet står direkt på golvet är det ofta svårt att lyfta upp det i efterhand, eftersom el- och vattenanslutningarna är avpassade för den lägre höjden.

Stödbenen medför också att det bildas en hög luftspalt mot bjälklaget, som minskar stomljudsöverföring till bjälklaget via rörelser i chassits undersida och den styva "luftfjäder" som bildas mellan chassit och bjälklaget. Avståndet till vägg bör av samma skäl vara så stort som möjligt. Se vidare

i EN 12354-5 bilaga H.

Stomljud från ventilationssystem kan i vissa fall orsakas av turbulent luftströmning i kanaler. Råd om hur man undviker sådan ljudalstring ges i Byggforskningsrådets (Formas) skrift "Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar" (4). Där finns även råd om mätning och värdering av lågfrekvent ljud.

I EN 12354-5 finns beräkningsmodeller för ljudspridning i kanalsystem, som även tar hänsyn till ljudtransmission mellan kanaler och rum (sk break-out noise).



Genomföringar i tak bör utföras med mineralullsdrevning och täckas med eftergivliga material eller rörliga plåttäckningar mm, som hindrar vibrationer från takfläkt eller kanaler att fortplantas genom taket. *Här finns behov av samråd med installations- och fuktansvariga.* Om fläktar placeras ovanpå kanal eller tak skall lösningen utformas så att vibrationer inte fortplantas ned i taket.

Ljud från fläktar, luftintag eller utblås på tak ska inte förläggas nära fönster eller uteplats till bostad eller lokaler med ljudkrav. Detta gäller också luftintag till soprum med sopsug. Lågfrekvent ljud från sådana kan uppfattas lika störande som stomljud.

<sup>4</sup> Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar. Tips om hur man undviker problem. Billgren mfl. Byggforskningsrådet skrift T6:1993. ISBN 91-540-5533-4. Skriften kan laddas ned fritt från [www.formas.se](http://www.formas.se), publikationer.

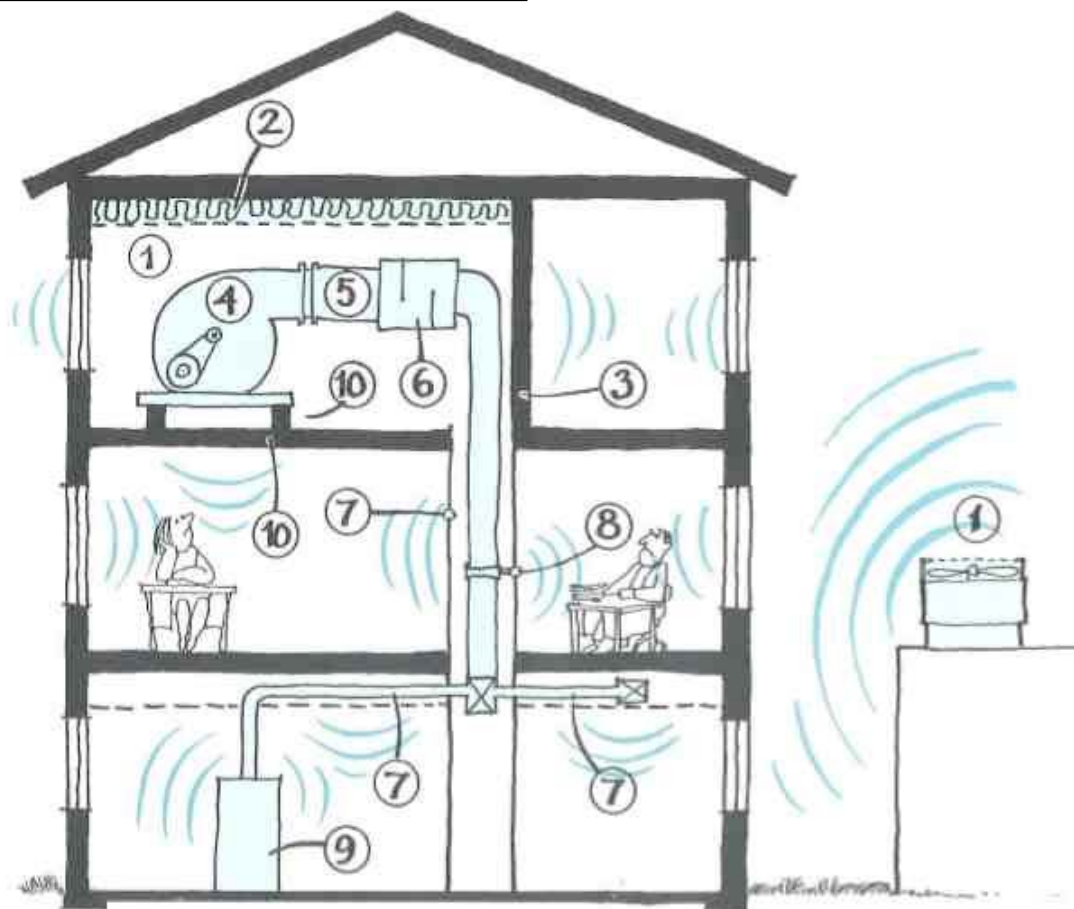
## CHECKLISTA OCH TIPS

Ventilationsanläggningar kan orsaka lågfrekvensstörningar på många olika sätt. Åtgärder som begränsar lågfrekvensbuller ger inte bara bättre ljudmiljöer, utan kan också bidra till bättre driftsekonomi. Checklistan sammanfattar några vanliga problemområden och på följande sidor ges tips till lösningar. De kan direkt utnyttjas vid nyproduktion och större ombyggnader. Många kan även tillämpas i befintliga byggnader.

### CHECKLISTA

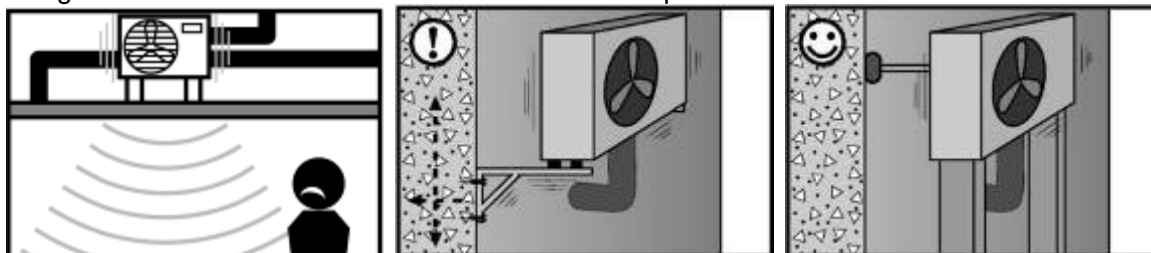
1. Placering av fläktar och kanaler
2. Ljudabsorption
3. Ljudisolering
4. Fläktval och driftpunkt
5. Anslutning av fläkt
6. Ljuddämpare
7. Kanaldragning och ljudisolering
8. Kanalinfästning
9. Ventilationsdon
10. Vibrationsisolering

Figuren är hämtad från "Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar. Tips om hur man undviker problem", se fotnot 4.



## 11. Värmepumpar, kompressorer, pumpar

Stomljud från värmepumpar, kompressorer för kyla och olika typer av pumpar skapar stomljud i många fall. Bilderna nedan illustrerar hur det kan bli i praktiken.



Bilderna ovan visar: frånluftsvärmepump på trä-bjälklag (vänster och nedtill mitten), kylkompressor till butik infäst i lägenhetens balkongundersida (ovan mitten), villavärmepump på konsol på träyttervägg (höger ovan), dito stumt på klinkergolv (nedan mitten), cirkulationspump på fundament och vibrationsisolatorer men stumt anslutna till rörsystemet (mitten höger) samt en enkel avvibrering av maskinfot med grönt polyuretangummi (nedan höger).

Pumpar bör anslutas till rörsystemet med flexibla slangar eller elastiska "bälgar" (så kallade kompensatorer), se avsnitt 5. Vibrationsisoleringen kan medföra oacceptabla rörelser i pumpen, särskilt vid start/stopp. Dessa rörelser kan minskas genom att skruva pumpen till en betongplint med cirka 4 gånger större massa än pumpens egenvikt, och ställa plinten på ett eftergivligt underlag. Styvheten i underlaget måste avpassas efter pumpens driftsvarvtal, se avsnitt C.

Lite större maskiner kan ställas direkt på polyuretan eller gummiklossar med en styvhet som avpassas efter driftsvarvtalet. Ofta räcker det med att isolera bort högre frekvenser, och då räcker det om egenfrekvensen för uppställningen läggs mellan grundvarvtalet och första övertonen (överkritisk isolering). Beräkningen är enkel om maskinen ställs på ett kraftigt betongbjälklag. För uppställning på lätta bjälklag eller veka konsoler, se konstruktioner i avsnitten 16-17 och beräkningsmetoder i del C.

En pumptillverkare rekommenderar följande: "Pumparna placeras på en plåtpelare fylld med betong. Pelaren avisoleras med t ex korkgummiplattor (4 st plattor 20 mm tjocka / 250 kg pump, 500 kg dubbel sats o.s.v). För att förhindra stomljud och vibrationer ska betongfundamentets vikt vara minst 1.5 ggr pumpens vikt." Det framgår inte om denna rekommendation gäller för alla pumpar, eller en specifik produkt. Ovan lämnade rekommendation om 4 gånger vikten är säkrare om man inte vet något om vibrationsnivåerna i produkten.

Varning: Det finns skäl att varna för undermåliga lösningar och svepande beskrivningar enligt ett exempel, hämtat ur en produktbroschyr för en vanligt förekommande installation i butiker: "Kompressor/motor är monterade på en separat avvibrerad ram, detta tillsammans med maskinfötter gör att kompressorn kan monteras utan fundament och eliminerar att stomljud fortplantas." Detta låter bra, och man kan förledas att tro att det räcker med enkla isolatorer inne i maskinens hölje, men resultatet blir ofta sämre än förväntat. Vibrationsisolatorerna är ofta för styva i förhållande till den balkram som maskinen ställts upp på. Följden blir, att vibrationer vid låga frekvenser går förbi isolatorerna och ned i bjälklaget eller in i väggen. Tillverkaren bör därför redovisa uppmätta nivåer i bjälklag och projektören dimensionera bjälklaget rätt, se vidare i del C.

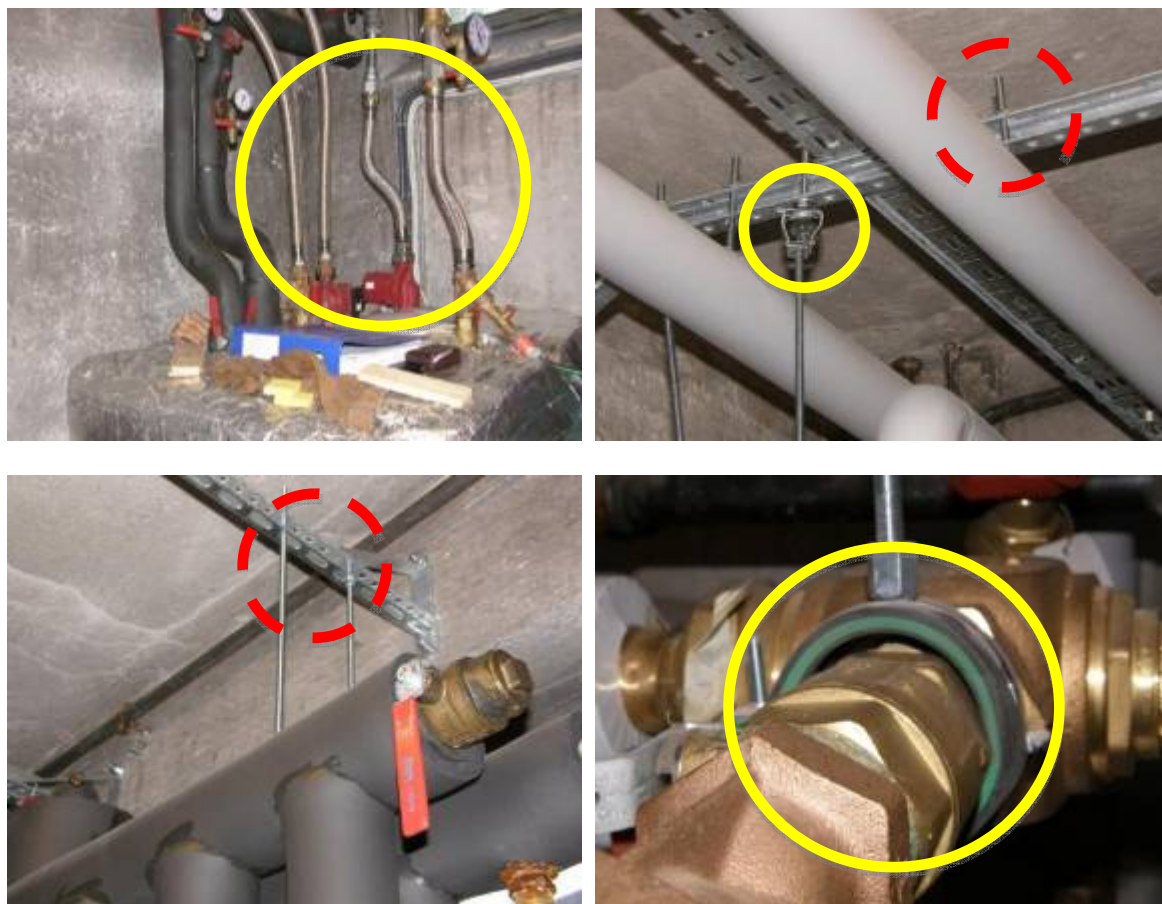
## 12. El- och vattenanslutningar till installationer



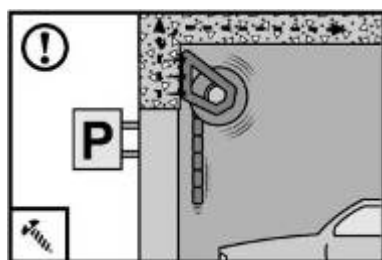
Maskiner som vibrationsisolerats på elastiska upplag *vibrerar mer* än om de fästs in styvt i en tung byggnadsstomme. Det innebär också att infästningar samt anslutningar av el, vatten och luftförsörjning till maskinen utsätts för påfrestningar om de monteras felaktigt. Styva anslutningar leder över vibrationer från maskinen till stommen och ger därmed upphov till stomljud.

Anslutningar till vibrationsisolerade maskiner skall utföras med kabelslingor (eller gummikabel), dukstosar för luftkanaler, flexslang, gummi- eller metallkompensatorer för rörledning osv, som medger att maskinen kan röra sig utan hinder. *Vid kontroll ska det gå att "skaka" maskinen för hand utan att det tar emot någonstans.*

Följande bilder visar några exempel, gula/heldragna för rätt utförande och röda/streckade för fel.

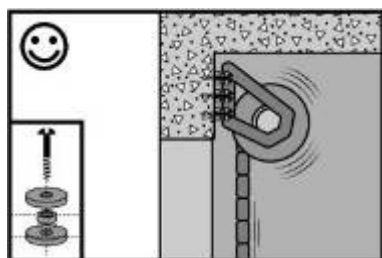


### 13. Övriga installationer och inredningar



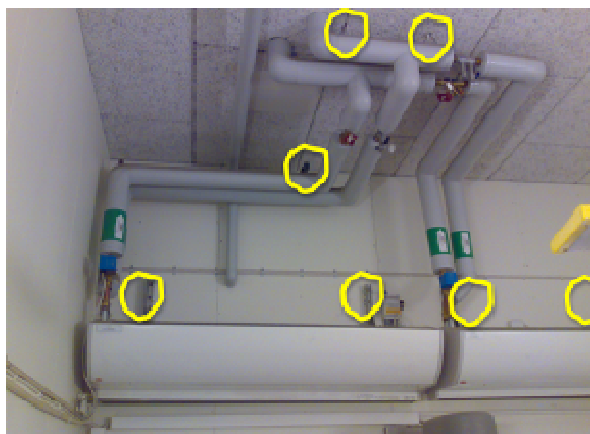
Installationer i serviceutrymmen är en vanlig orsak till stömljud, t.ex. drivenhet till garageport. Genom att fästa in den med bussningar av det slag som redovisats ovan för postfack mm kan man enkelt isolera bort stömljudet. Bussningarna kan väljas i relativt styva material, men de skall ge några tiondels mm nedjädring under egenvikten av anordningen. Det kan vara nödvändigt att komplettera ram och infästningar så att anordningen sitter stabilt,

även då fästena utformas så att de kan röra sig mot stommen.



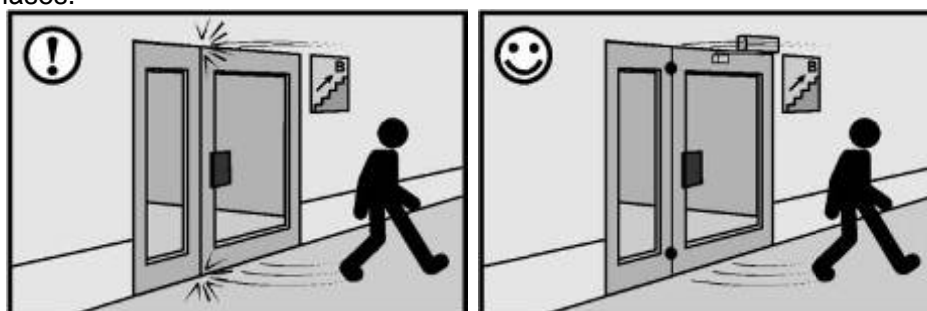
Utformningen beror på vilka krafter och moment som krävs för att hålla anordningen på plats. Samråd med leverantören rekommenderas.

Motsvarande gäller för ridåvärmare, evakueringsfläktar mm som monteras i stommen. Bilden till höger visar stömljudsbygggar i ett befintligt garage, före åtgärd. Ridåvärmaren hängde i veka konsoler som skruvats i betongstommen.



Bilden till vänster visar en motorenhet till en automatisk garageport, som är styvt infäst i vägg. Bilden till höger visar varmvattensystem och ridåfläktar till varmluftsridå bakom garageporten. Båda installationerna är styvt infästa i vägg och tak, som indikeras med pilar och ringar ovan.

Dörrstängare är en annan källa till störande stömljud. Kraven på stängningskraft medför att de måste utformas med fjäderbelastning eller fallhastighet som säkerställer att dörren stängs och låses.



Om möjligt bör man försöka hitta en anordning med dämpad rörelse som minskar hastigheten i anslaget mot karmen. Typen av lås inverkar också på vilken stängningskraft som behövs. Ju mindre kraft, desto enklare att minska stömljudsalstringen.



I verksamhetslokaler kan det förekomma olika typer av installationer eller anordningar som alstrar störande stömljud. I vidstående bild visas en telfer, som används för att dra en röntgenutrustning i både längs- och tvärriktning. Rullarna går ojämnt mot skenorna och vibrationer uppstår i dessa. Ovanför mottagningen finns rum med ljudkrav. Med avvibrerade infästningar i takbjälklaget skulle stömljudsproblemet undvikas.

## 14. Generella produkter för vibrationsisolering

Utformningen av stomljuddämpande (vibrationsisolerande) infästningar beror på många faktorer. Installationen (anordningen) måste fungera korrekt även då den är vibrationsisolerat upphängd, vilket kan kräva kompletterande åtgärder i form av tunga fundament och/eller förstyvande detaljer.

För att vibrationsisoleringen skall fungera effektivt måste den fästas in i tunga byggnadsdelar och i stabila infästningspunkter i den avvibrerade installationen (maskinen). Om någon av dessa är eftergivliga, måste vibrationsisolatorn utformas ännu mer eftergivlig, så att alla rörelser tas upp i denna. Se vidare i del C av denna rapport.

Så långt möjligt bör tillverkarna vara involverade i att ta fram lösningar som fungerar för deras produkter, i alla avseenden. Men det finns många fall i praktiken, där man är hänvisad till att försöka lösa problemet på egen hand. Två företag som arbetar med vibrationsisolering har deltagit aktivt i detta projekt och utvecklat (eller sökt fram) ett antal produkter. Dessa kan användas ganska generellt, och ett urval av dessa visas på bilderna nedan.



Några förslag till universalbussningar och elastiska packningar. Till vänster visas en bussning i polyuretan med en elastisk hylsa för genomföringen (Sylomer), med en stabiliserande stålhylsa i mitten. Färgen på materialet är kopplad till dess styvhet och bärighet. Bussningar med hylsor är lämpliga för ett antal tillämpningar enligt tidigare avsnitt där man vill kunna dra åt med normalt moment (utan att krossa packningen) och att maskinen inte ska kunna röra sig för mycket vid stora krafter. Rillade gummibrickor (Vibratec) kan användas då distansen kan kontrolleras, så att packningen deformeras cirka 5-8% vid fastspänning. Korkblandat gummi kan användas som skivor eller lister, t.ex. i samband med flytande golv, fundament mm i torra miljöer.



Till vänster visas en bit spackel med något elastisk funktion (PCI nano från BASF eller UltraMonoFlex från Rescon Mapei), som möjligen kan användas i uppbyggda fundament, maskinrum, pannrum och dylikt där man inte vill ha brännbara material. Materialet är ganska styvt, så man bör lägga det i tjocka lager för att få erforderlig styvhet för egenvikten och driftsvarvtalet i den maskin som skall monteras på fundamentet. Lösningen behöver provas praktiskt, kontakta tillverkarna för mer information. Det finns även vibrationsisolerande bussningar av spunnen ståltråd ("stålull") ,

rullad stålsvajer (bild till höger, från Vibratec) eller speciella silikonmaterial som kan användas för isolering av maskiner med högre temperaturer i infästningspunkter eller underlag.

**Akustik Montage**

**Akustikband typ R210 & R225**  
 Av Silikon  
 Rullad stålsvajer typ R210 & R225  
 Dimensioner: 1000 x 1000 x 20mm  
 Längd: 1000 mm  
 Bredd: 1000 mm  
 Vikt: 1000 g



**Akustikband typ R210 & R225**  
 Av Silikon  
 Rullad stålsvajer typ R210 & R225  
 Dimensioner: 1000 x 1000 x 20mm  
 Längd: 1000 mm  
 Bredd: 1000 mm  
 Vikt: 1000 g



**Akustikband MTC**  
 Av Silikon  
 Dimensioner: 1000 x 1000 x 20mm  
 Längd: 1000 mm  
 Bredd: 1000 mm  
 Vikt: 1000 g



**AkustikFäste med AkustikBulor - Mörkblåa**  
 Av Silikon  
 Dimensioner: 1000 x 1000 x 20mm  
 Längd: 1000 mm  
 Bredd: 1000 mm  
 Vikt: 1000 g



Tejp och bussningar i polyuretanmaterial , som utvecklats inom detta projekt (Christian Berner AB).



Takhängare för lättare rör med stål fjädrar, dito med polyuretangummi (Vibratec AB).





Till vänster balksko med inbyggd avvibrering. Till höger infästningsdon för patentband eller regel.

#### *Kostnader*

Några universalbussningar, tejper och elastiska packningar har tagits fram av Christian Berner AB och Vibratec AB, enligt ovan. Kostnaden för bussningar och dylika ligger i intervallet 10-100 kr/st, möjligen med tillägg för genomgående stålhylsor och kraftfördelande stålbrickor. För ett hisschakt eller en köksinredning kan materialkostnaden uppskattas till 500-1000 tkr, att jämföras med 10 tkr per tilläggsisolerad vägg, 100-200 tkr per schakt. Större isolatorer, som kan ta avsevärda krafter och stora deformationer, är mer komplicerade och kostnaden ökar något.

Den samlade bedömningen av kostnader för stomljudsisolering är att de förefaller avsevärt kostnadseffektivare än tilläggsisoleringar. De har dessutom andra fördelar, t.ex. att de sparar plats och ger färre praktiska olägenheter.

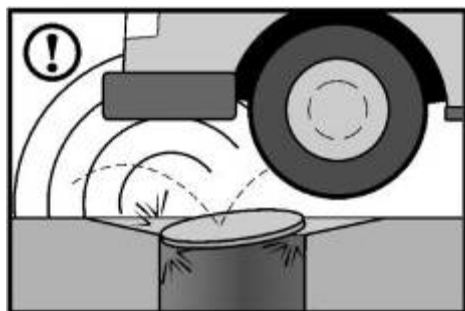
#### *Livslängd – risk för skador*

Det finns tyvärr exempel på billiga men olämpliga material som använts, som har gett sättnings-skador och bristfällig dämpning redan efter en kort tid. Skadorna beror ofta på miljöpåverkan, då materialen utsätts för tryck, fukt, alkali, värme med mera. De dämpmaterial som föreslås och provats i detta projekt kostar något mer men har erfarenhetsmässigt visat sig fungera under lång tid. Produkter vars elasticitet baseras på innesluten gas är rent allmänt osäkrare än produkter med högre densitet, vars materialstruktur tar upp såväl de statiska som de dynamiska lasterna. Materia-len är känsliga för överdriven sammanpressning, och de skall alltid avpassas för de aktuella belastningarna. Såväl alltför mjuka som alltför hårda produkter fungerar sämre än rätt avpassade produkter. Återvinningsmaterial typ blandskum (Stepisol och dylika) måste genomgå kontinuerliga tillverkningskontroller för att inte riskera brister som beror på ojämn materialkvalitet i produktionen.

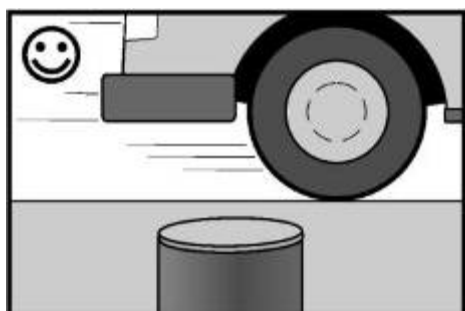
”Vanliga” gummimaterial, korkblandat gummi eller polyester är material som kan deformeras efter en tid. Orsaker kan vara flyktiga mjukgörare, omvandling av materialet under inverkan av luft, alkali, kyla, värme eller fukt. Neopren, Nitrilgummi, EPDM, Polyuretan (Sylomer, CDM m fl) har erfarenhetsmässigt visat sig vara lämpliga produkter. Oavsett materialval gäller att leverantören skall styrka uppgiven livslängd med dokumenterad provning av hållfasthet och långtidskrypning *under aktuella förhållanden*.

I avsnitt 5 visas exempel på hur isolertejp av expanderad polyeten använts för vibrationsdämpning och hur materialet deformerats redan efter en kort tid. Orsaken är sannolikt, att materialets elasticitet kommer från instängd gas i cellerna. Efter en tids belastning läcker gasen ut och materialet sjunker ihop..

## 15. Vibrationer i mark - ojämna spår- och vägbeläggningar, brunnar mm



Med markburet stomljud avses vibrationer (svängningar) som breder ut sig då olika typer av fordon eller industriella aktiviteter påverkar marken intill en byggnad. Risken för stomljud eller kännbara lågfrekventa vibrationer beror framförallt på vilka markförhållanden som råder. Känsletröskeln för olika personer varierar, liksom när det gäller buller, ganska kraftigt. Vibrationer kan förstärka störning som uppstår på grund av buller.



Vibrationer kan ge upphov till sömnsvårigheter, men även skador på byggnader kan uppstå. På normalt grundlagda byggnader är det ovanligt att trafiken ger vibrationer som orsakar sprickor och sättningar. Risken för vibrationer är störst när järnväg trafikeras med tunga godståg eller tung trafik kör över ojämnheter i en vägbanan.

Utbredningen och risken för stomljud är störst då både järnväg/väg och näraliggande bostadshus är grundlagda på finkorniga jordar. Problem med vibrationer och stomljud kan

även uppstå i byggnader ovanför tunnlar eller i direkt anslutning till djupa skärningar, särskilt vid mindre lämplig grundläggning av byggnaden. På bilderna visas en olämplig lösning, där rännor eller brunnar för avvattning ligger i körbanan. Genom att flytta undan ojämnheten i underlaget till sidan av körbanan slipper man stomljud från fordonen. Detsamma gäller förstås användning av gupp inne i parkeringshus. Om det finns bostäder eller lokaler med ljudkrav inom samma byggnad är det olämpligt med gupp. Avsmalningar och dylika är bättre ur stomljudssynpunkt.

I samband med undersökning av en tomt för framtida exploatering bör ljud- och vibrationsmätningar alltid ingå, alternativt kvalificerade beräkningar. Men mätningar i markplan kan ge missvisande resultat för hur en grundlagd byggnad kommer att påverkas av vibrationer, eftersom rörelserna i ytan är starkare än längre ned i jordlagret. Om möjligt bör man därför mäta på en provpåle eller mäta i grunden på en näraliggande byggnad, förutsatt att denna är placerad och grundlagd på ett representativt sätt för den aktuella byggnaden.

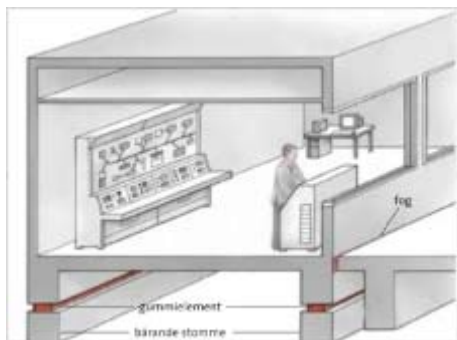
Krav bestäms i praktiken av kommunens miljö- och hälsoskyddsnämnd med stöd i miljöbalken, Socialstyrelsens allmänna råd och några vägledande domar i miljödomstolen. Trafikverken kan ha egna policydokument, men de är inte bindande för kommunens myndighetsbeslut.

Det är inte möjligt att tilläggsisolera golv, väggar och tak mot markburet lågfrekvent ljud och vibrationer. Tvärtom, sådana åtgärder kan förvärra situationen, eftersom de resonanser som uppstår mellan tilläggsisoleringar och stomme kan förstärka det störande ljudet.

## 16. Utbredning i tunga stommar

Det finns teknik för att grundlägga hela byggnader på speciella vibrationsisolatorer, som kan möjliggöra t.ex. överdäckning av spår- eller trafikleder med bostadshus, där markburna vibrationer skulle kunna orsaka ljudproblem. Merkostnaden är dock betydande, och det är helt nödvändigt att anlita erfarna personer som både planerar och övervakar byggprocessen med avseende på stomljud och vibrationer. Även små misstag kan leda till att stomljud tränger upp i huset och uppsatta gränsvärden inte uppfylls. Isolatorerna måste placeras så att de kan bytas ut i

efterhand. Det måste finnas klackar för domkrafter mm. Åtgärder i efterhand kan bli mycket dyrköpta, om inte utformningen varit korrekt från början.



Enskilda rum kan isoleras mot stomburet ljud genom att bygga upp det på en flytande konstruktion. Denna teknik används för manöverrum, studioloaler, hörselundersökningsrum mm. (Bild från Arbetsmiljöverkets bok *Buller och Bullerbekämpning*, figur 67, med tillstånd).



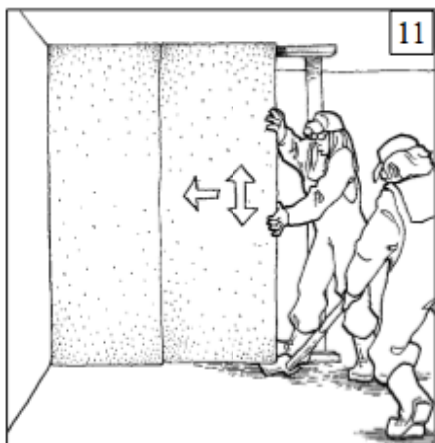
Sammanbyggda radhus utförs ofta med en tunn betongplatta ovanpå värmeisolering av cellplast eller mineralull. För att hindra stegljud och stomljud att överföras mellan husen gör man ett spår i plattan, under lägenhetsskiljande vägg. Det är tyvärr fortfarande vanligt att gjutspill och skräp lägger sig emellan plattorna och leder över stomljud.

Delningen skall gå genom platta, kantbalkar och värmeisolering. Om markförhållandena är dåliga bör man överväga att göra en tjock betongplatta, och man kan då undgå att behöva göra delningar mellan husen.



Oavsiktliga kortslutningar av fundament, så kallade stomljusbryggor, orsakas vanligen av gjutspill som inte rensats bort. Det är inte säkert att det räcker att rensa på utsidan av fundamentet, det kan också tränga in flytande betong i skivskarvar.

Fundament och andra upplag för maskiner med roterande eller slående delar måste utformas med tillräcklig tyngd och styvhet för att skydda mot instabilitet och skadliga vibrationer inuti maskinen. Tunna betongplattor på hårda skivor av polystyren eller dylikt kan till och med medföra skador på maskinen. Se vidare i del C.



I hus från 1950-1960 var det vanligt att innerväggar byggdes av lättbetongplank, som spändes upp mot ett spår i underkant av bjälklaget. Undersidan kilades och undergjöts. Materialet är lätt och styvt och kommer lätt i svängning. Då man monterade vattenarmaturer eller fällde in rör till dessa i lättbetongväggarna, leddes stomljud via väggarna genom bjälklaget till angränsande lägenheter. Motsvarande överhörning kan uppstå då radiatorer sätts på en yttervägg i lättbetong, som inte förankrats ordentligt i bjälklag och lägenhetsskiljande betongvägg.

Åtgärder är i detta fall att antingen byta ut de installationer som orsakar stomljudet, eller att såga ett spår i överkanten av innerväggarna och fylla dessa med mineralull och tätfog.

Rasskydd måste ordnas, t.ex. med en gummiklädd dubb i överkant av varje element. Sågning i överkanten förbättrar även steg- och luftljudsisoleringen mellan lägenheterna.

## 17. Utbredning i lätta stommar

Stomljud och vibrationer utbreder sig inte lika lätt över flera knutpunkter i lätta byggnadsstommar, som genom styva knutpunkter i tunga stommar. Utbredningen är normalt effektivare längs bärande balkar än vinkelrätt dessa, men vid vissa frekvenser kan vibrationerna även utbreda sig tvärs balkarna. Lätta bjälklag och väggar försätts enklare i rörelse än tyngre. För att få acceptabel ljudisolering mellan lägenheter i sammanbyggda hus med lätt stomme arbetar man som regel med flytande golv, elastiskt infästa undertak och elastiska upplag i knutpunkterna. Dessa utformas för att vara effektiva inom ett relativt brett frekvensområde, men det är nästan ogörligt att isolera mot riktigt lågfrekventa ljud och vibrationer. *Här återstår behov av forskning.*

Badrum med egen tvättmaskin i en lägenhet kan knappast placeras över sov-/vardagsrum i en annan lägenhet, såväl stomljud som vibrationer skulle bli kännbara. Frånluftsvärmepumpar som placeras i grovkök mm skall inte gränsa till sovrum eller vardagsrum. Detta beror förstås på vilken maskin som används och hur bjälklag och väggar är uppbyggda. Om avsikten är att placera in tvätt och torktumlare i varje lägenhet (eller frånluftsvärmepumpar) bör man ha kontakt med tillverkaren av husstommen och maskinleverantören.

Provningar inom ett Nordtestprojekt har visat, att vibrationsisoleringar för tvättmaskiner, värmepumpar mm som är effektiva på ett tung bjälklag fungerar avsevärt sämre när maskinen placeras på ett lätt bjälklag. Det beror på att bjälklaget "inte ger mothåll" för vibrationsisolatorerna. Rörelsen sker främst i bjälklaget, med eller utan isolatorer. Motsvarande gäller för lätta plåthöljen med invändiga lättbalkar, se sist i avsnitt 11. Maskinleverantören bör därför redovisa vibrationsnivåer eller insättningsdämpning för sin maskin då den placeras på den aktuella bjälklagstypen. *Det vore önskvärt att tillverkaren tar fram lösningar för lätta bjälklag, med spärrmassa och vibrationsisolatorer som fungerar på lätta bjälklag.* Allmänt kan sägas, att det normalt är bättre att maskinen ställs på golvbjälkarna än på golvskevorna. Någon typ av förstyvning av golvet är lämpligt, eftersom det förbättrar förutsättningarna för att maskinens vibrationsisolering skall fungera som avsett. Tyngder och fjädrar i fundamentet måste väljas så att rörelserna från maskinen kan tas upp i fjädrarna istället för i bjälklaget.

Så kallade modulhus i trä- eller stål kan staplas på varandra med elastiska mellanlägg som dämpar utbredning av vibrationer mellan modulerna. Ljudisoleringen mellan lägenheter i sådana hus uppfyller som regel ljudklass B om vibrationsisolatorerna utformats korrekt och man inte har fäst in vindförankringsplåtar mm på fel sätt (dvs, det får inte finnas stomljudsbryggor). Åtgärden bryter även överföringen av stomljud från maskiner mm mellan modulerna ned till cirka dubbla egenfrekvensen i uppställningen. Vibrationer vid låga frekvenser (vid och under egenfrekvensen) kan dock tränga igenom.

Det pågår (2008) en hel del forskning och utveckling kring utformning av lätta byggsystem och det kan tänkas att effektiva lösningar utvecklas framgent, som skyddar mot lågfrekvensljud från maskiner inom hus med lätta stommar.

*Tills vidare måste man vara mycket försiktig och göra praktiska prover med de installationer som föreslås, så att man undgår störningar i färdig byggnad.*

## 18. Tilläggsisolering av tunga bjälklag och väggar

När man inte kan säkerställa att åtgärder vid källan (maskinen, upplagen) ger tillräcklig dämpning måste man försöka hindra stomljudet att nå fram till de utrymmen som omfattas av ljudkrav (t.ex. sov- och vardagsrum, rum för vård mm). Detta görs normalt genom att klä in de byggdelar som riskerar att stråla ut luftljud på grund av vibrationer. Inklädnad görs t.ex. med undertak, påsalning av väggar och flytande golv. För att dessa skall ge avsedd dämpning krävs att

- rätt byggdelar isoleras (mät vibrationer eller intensitet, alternativt se på beräkningar)
- tilläggsisoleringen görs korrekt med hänsyn till driftsvarvtalet (se del C)
- utförandet stämmer med anvisningarna, flytande (inga styva kontaktpunkter), lufttätt

### *Fel utförande av ljudisolerande tilläggskonstruktioner*

Tilläggsisoleringar som sätts in för att öka ljudisoleringen fungerar tillfredsställande *under förutsättning* att de projekteras och utförs på rätt sätt. Fel typ av konstruktion och/eller felaktigt montage kan medföra att *de istället ger försämrad ljudisolering*, som i värsta fall ger ett underkänt slutresultat och tvingar fram ombyggnader. Nedan beskrivs ett antal risker som bör beaktas vid projektering och utförande.

Tilläggsisoleringar utgörs vanligen av

- lätta skivväggar, fritt uppreglade intill en betongvägg (men utan kontakt med denna). De byggs upp med 1-3 lag 13 mm gipsskivor på 45-95 mm regler, med eller utan mineralullsisolering i spalten. Avstånd och antal skivor väljs med hänsyn till det frekvensområde som skall isoleras. För 50-3150 Hz gäller 2x13 mm gipsskivor på 70 mm regler (monterade på 20 mm distans från väggen) och 90 mm mineralull i mellanrummet
- undertak i form av gipsskivor som hängs upp i vibrationsisolerande regelsystem, med elastiska clips eller veka akustikprofiler. Avstånd från bjälklag och antal skivor, se fg punkt
- flytande golv, med skivor, flytspackel eller betong på ett elastiskt underlag (i form av skivor, mattor eller kuddar). Avstånd till bjälklag och egenvikt i golvet, se fg punkt

### *Vanliga fel vid projektering*

Det är vanligt att man överskattar inverkan av tilläggsisoleringar i projekteringsfasen, jämfört med det verkliga utfallet. Detta kan ibland bero på att utförandet inte varit helt korrekt, men också på att man inte räknat rätt. Flanktransmission i anslutande byggdelar är en orsak som kan undvikas genom att välja rätt produktkombinationer och kontrollera med beräkning. Särskilt tydligt blir detta för undertak, där flanktransmission från bjälklaget ut i de bärande väggarna sätter ned ljudisoleringen markant. Detta gäller både för lätta och tunga bjälklag.

Dessbättre finns rationella metoder för att hantera ljudtransmissionen i de olika byggdelarna, såväl avseende direkt transmission som flanktransmission. Luft- och stegljudsisoleringen mellan rum kan beräknas enligt de metoder som anvisas i BBR (EN 12354), exempelvis med programvara BASTI-AN (se [www.bastian.nu](http://www.bastian.nu)). I beräkningen tas hänsyn till inverkan av ljudtransmission genom rums-skiljande element, ev. tilläggsisoleringar och de flankerande byggdelarna, vilket är svårt att göra på annat sätt än med beräkning.

Ett vanligt problem är flanktransmission genom obruten tunn betongplatta som är gemensam för flera radhus, som förvärras om man lägger in ett parkettgolv på ett tunt elastiskt mellanlägg, sk. parkettresonans. Med en bättre stegljudsskiva kan det flytande golvet istället ge en förbättrad luftljudsisolering. En slits i plattan, eller en tjockare platta, ger också god effekt. Den bryter även stomljud från WC, tvättmaskin och inte minst den interna trappan till övervåningen. Se bild i avsnitt 16, som illustrerar att fogen måste vara helt fri så att plattorna kan röra sig fritt mot varandra.

Undertak med 13 mm gips som skruvas i styva stålprofiler eller träläkt som i sin tur sitter styvt förankrade i bjälklaget, ger en kraftig resonans. Resonansen kan i värsta fall sammanfalla med

resonanser i bjälklaget. Särskilt vid renovering av gamla betongbjälklag, som kan vara "ihåliga" med fyllning av slagg o dyl., så finns det risk för sådana resonanser. I samband med ombyggnader bör man provborra bjälklag, eller mäta stegljudsnivåer utan den gamla golvbeläggningen (direkt på bjälklaget). Valet av ny golvbeläggning och undertak skall göras med hänsyn till respektive byggdels påverkan på det aktuella bjälklaget. Det finns exempel på hus med slaggfyllda betongbjälklag där man tvingades bygga om undertaken i redan färdigställda lägenheter. Det blev dyrt och besvärligt.

Garderobssektioner och köksinredningar som täcker nära nog hela den tunga lägenhetsskiljande väggen kan ge ett värdefullt tillskott till ljudisoleringen, om de byggs så att man får ett tungt och relativt tätt skikt framför väggen. I exempelvis sovrum och kök kan detta vara effektivt.

Hus med lätta stomsystem bör hanteras som en helhet, där leverantören tar ett totalansvar. I dessa är inverkan av tilläggsisoleringar svår att förutsäga, beräkningsmetoderna är inte färdigutvecklade för lätta byggsystem. Man måste därför göra ett antal provningar i hela hus för att få en systematisk bild av vilken ljudisolering som kan förväntas i färdig byggnad. Modulhus har generellt mindre variation och bättre ljudisolering vid låga frekvenser än platsbyggda lättkonstruktioner.

Tilläggsisoleringar mot vägg skall redovisas som en påverkan på luftljudisoleringen hos en tung vägg eller tungt bjälklag, för frekvenser i tredjedels oktavband 50-3150 Hz. Skälet till att man bör mäta och räkna i tredjedels oktavband är att sammanfallande resonanser (samma frekvens) i olika byggdelar kan ge större avvikelse i ljudisoleringen än om man kan välja byggdelar med olika resonansfrekvenser. Detta syns inte tydligt om man går enbart på vägda förbättringsvärden.

Vid beräkning och projektering av tilläggsisoleringar bör man i första hand använda uppmätta förbättringsvärden, men teoretiskt framräknade värden kan i vissa fall vara likvärdiga. Undertak och flytande golv skall vara dokumenterade med avseende på både luft- och stegljudisolering. För flytande golv skall provade värden redovisas, det finns ett antal praktiska egenskaper som inte kan beräknas. Provade eller beräknade värden avser normalt isoleringsförbättring mot en mycket tung byggdel. Om man i det aktuella fallet skall tilläggsisolera mot en lättare byggdel, t.ex. en lättbetongvägg, så måste man utgå från att förbättringen vid låga frekvenser inte blir lika bra. Se vidare SS-EN ISO 140-16.

För samtliga produkter gäller att man skall kräva in fullständiga projekterings- och monteringsanvisningar från leverantören och garantier för att materialegenskaper i elastiska skikt bibehålls över tid, i den miljö där produkten skall installeras. Se avsnitt 14.

Tilläggsisoleringar kan påverka värme- och fuktexponering av andra byggdelar, vilket bör beaktas. Invändig tilläggsisolering av vindsbjälklag eller murade ytterväggar kan medföra att dessa kommer längre ut i kalla zonen. Inträngande fukt kan inte torka ut om spalten är tillsluten. Vissa elastiska material är inte fuktbeständiga och kan också innehålla rester av tyg eller andra organiska material, som kan öka tillväxt av mögel mm. Det är därför olämpligt att använda produkter och material med en icke-spårbar sammansättning. Det finns dock leverantörer som kan garantera innehållet i returmaterial, därför att det kommer från en och samma verksamhet, t.ex. möbeltillverkning.

Vanliga fel är att man skapar stomljudsbryggor vid resning av tilläggsisolerande väggar, undertak och flytande golv mot tunga byggdelar. De bildas genom att väggreglar ligger emot, eller sätts fast i den tunga väggen. Reglar, skenor och skivor skall gå helt fria från den tunga väggen, vilket måste kontrolleras löpande under montaget. Skenorna bör monteras minst 5 mm framför vägg, gärna 10 mm. Det är den ena anledningen till att rekommendationen ovan anger 90 mm mineralull mellan 70 mm reglar (den andra att skapa tillräcklig luftspalt utan att använda onödigt kraftiga reglar). Tomrör för elkablage, radiatorstammar, vattenrör och dylika får inte sitta fast i någon del av den tilläggsisolerande väggen.

Flytande golv fungerar inte om de inte flyter fritt utan sitter fast i stommen. Det elastiska skiktet måste vara helt tätt innan gjutning påbörjas. Cementslam kan tränga igenom fogar och bilda styva

kontaktpunkter med bjälklaget eller väggarna. De sk avstängningslisterna ger inte alltid tillräcklig täthet för att hindra läckage, utan de måste tejpas. Golv som byggs med skivor skall skäras till så att de inte ligger emot väggar, rör, pelare mm.

Undertak kortsluts genom att akustikprofilerna inte skruvas fast i de förborrade hålen, där profilerna är elastiska. Skivorna tandar (ligger inte i samma nivå) om reglarna är för glest utplacerade och montören kommer sannolikt att dra i en extra skruv för att lyfta upp skivan i rätt nivå. Tomrör för el och dylikt som kläms in mellan akustikprofilerna och bjälklaget ger också en kortslutningseffekt, som sänker ljudisoleringen markant.

Luftljudsläckage kan också sätta ned den förbättring som förväntats, men är inte fullt så kritisk som vid lätta lägenhetsskiljande dubbelkonstruktioner. Mineralull i spalten minskar känsligheten för springor och hål i tilläggsisoleringen, men man kan få tillräcklig isolering även utan mineralull.

Se vidare SBUF-rapport 11254 "Ljudisolering i bostadshus byggda 1880-2000" (<sup>5</sup>).

Se även i SBUF-rapporten "Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar", som kan hämtas fritt från [www.bkr.se](http://www.bkr.se). Den ger en del praktiska anvisningar för flytande golv i allmänhet och i vissa detaljer för golv med keramiska plattor.

---

<sup>5</sup> Ljudisolering i bostadshus byggda 1880-2000. Praktiska erfarenheter och indata för beräkningar (SBUF projekt 11254, Sveriges Byggindustrier rapport 0405). ISSN 1402-7410. Beställs på [http:// www.bygg.org/pub\\_fou\\_material.asp](http://www.bygg.org/pub_fou_material.asp)

## Del C. Dimensionering, mätningar och beräkningar

### 19. Vibrationsisolering, rörelser i roterande maskiner



*Vibrationsisolering* av en maskin innebär, att den roterande eller oscillerande maskindelen ställs på (eller hängs upp i) någon typ av fjädrar. Avsikten är att maskindelen skall kunna röra sig fritt mot byggnadsstommen (och även mot ramverket i maskinen om fjädrarna sitter invändigt). Fjädrarna gör att de dynamiska krafterna mot byggnadsstommen minskar avsevärt jämfört med ett styvt montage. Maskinfötter och underlag skall vara styva jämfört med vibrationsisolatorn, så att rörelserna tas upp i isolatorn.

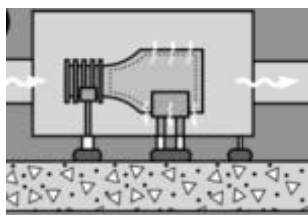
*Balansering* innebär att den roterande enheten har en jämnt fördelad vikt längs sin omkrets och att lagringen löper jämnt, vilket ger mindre *obalanskrafter*. En väl utformad balansering är en självklarhet, inte bara ur ljudsynpunkt utan även ur underhållssynpunkt. Se vidare under VVS AMA nedan angående leveranskrav på fläktar.



Många tvättmaskiner innehåller idag olika typer av fjädrande upphängningar, så kallade frivängande. Fläktaggregat är också vanligen avvibrerade internt. Drivenheter till hissar ligger elastiskt upplagda. Dessa installationer ger normalt tillräckligt låga stomljuds nivåer i hus med tung stomme. Men det finns ändå behov av att kunna kontrollera att stomljudeffekten från maskinerna inte leder till för höga ljudnivåer i känsliga utrymmen, t.ex. rakt under ett fläktrum. Är bjälklaget otillräckligt kan ljudproblem komma som en obehaglig överraskning. Stomljudeffekten från maskiner bör därför vara dokumenterad genom provning, så att det går att

beräkna ljudnivåer i angränsande utrymmen. I andra fall måste man bygga en vibrationsisolering på platsen, antingen förebyggande eller då problem redan har uppstått.

#### Varför man måste dimensionera vibrationsisoleringen för roterande maskiner



Tvättmaskiner, torktumlare, kondensstorkskåp, manglar, hissmaskiner, pumpar, fläktar, roterande värmväxlare, kylkompressorer m m innehåller roterande eller oscillerande delar som alltid ger vissa obalanskrafter vid drift. Maskinerna har numera oftast någon form av varvtalsstyrning, och kan ge stora obalanskrafter vid låga varvtal (frekvenser) även om de är acceptabla vid högre varvtal.

För att det skall gå att konstruera lösningar med minimal stomljuspåverkan krävs en dimensionering med hänsyn till hela det aktuella varvtalsområdet. Underlaget (bjälklag eller vägg) kan också uppföra sig olika vid olika frekvenser, vilket man kan ta hänsyn till vid beräkningen.



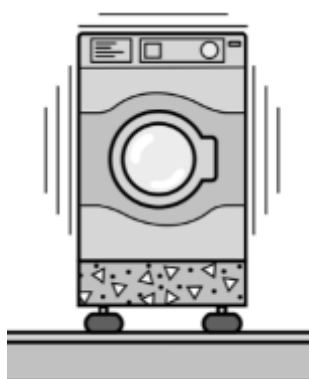
Vibrationsisoleringens egenfrekvens skall väljas avsevärt lägre (< 50%) än den lägsta varvtalsfrekvens (antal varv per minut /60) som används i normal drift. Det innebär praktiskt att fjäderelementen skall utformas med tillräckligt låg styvhet. Fjädern skall dock ge en rimlig nedfjädring under den statiska belastningen (egenvikt) i respektive maskinfot, vilket sätter en gräns för hur mjuka fjädrar som kan användas. Mjukare fjädrar har också den nackdelen, att rörelserna vid uppstart och nedvarvning blir större, då maskinen passe-



rar uppställningens egenfrekvens, se nedan. Egenfrekvensen  $f$  är proportionell mot nedfjädringen  $d$  under egenvikten  $m$ , med det förenklade sambandet

$$f \approx \frac{18}{\sqrt{d}}$$

Sambandet innebär, att en enkel deformationsmätning av fjäderelementen kan hjälpa till att avgöra om fjädrarna är rätt avpassade till maskinen. Fjädrarnas styvhet kan ökas (vid ökande egenvikt) genom att göra dem bredare (eller använda fler diskreta fjäderelement). Om fjädrarna görs längre minskar istället deras styvhet. Materialvalet inverkar också på styvheten, oftast gäller att ju tyngre material desto större styvhet erhålls.



stän bör vara minst lika stor som den roterande massan, gärna större.



Vid driftsvarvtal som ligger nära fjädrarnas egenfrekvens uppstår stora obalanskrafter och rörelser, så kallad *resonans*. För att skydda maskinen och förhindra alltför stora rörelser kan det vara nödvändigt att montera maskinen på ett tungt fundament, som ställs ovanpå fjäderelementen. Ibland benämns detta fundament för *spärrmassa*<sup>6</sup>. Viskösa dämpelement inuti fjädern minskar rörelserna vid egenfrekvensen. Fjäderelement av polyuretan eller stålfjädrar med bitumenbeläggningar ger bättre egenskaper vid resonans än massiva gummifjädrar respektive rena stålfjädrar. Fjäderstyvheten måste självfallet korrigeras om massan ökas ovanför fjädrarna. Obalanskraften kan beräknas om den roterande massan, varvtalet och graden av obalans är kända. Spärrmassan bör vara minst lika stor som den roterande massan, gärna större.

Vid felaktigt dimensionerad fjädring kan vibrationerna bli oacceptabla. Bilden visar ett sätt att minska vibrationerna i chassiet som INTE är en godtagbar lösning om det krävs dämpning av stomblydsöverföringen till stommen. Hakvinklarna leder vibrationerna förbi gummimellanlägggen som därmed inte gör någon nytta. Rätt sätt är att byta fjäderelement och/eller spärrmassa, så att de är rätt avpassade mot driftsvarvtalen.

Det pågår ett arbete med att revidera VVS AMA när det gäller restobalanskrafter och vibrationshastigheter i fläkt och lagerhus. I aktuell VVS AMA ställs följande krav: 'Fläkt skall ställas upp på vibrationsdämpare dimensionerade så att den del av förekommande restobalanskrafter som överförs till underlaget uppgår till högst 2 % av rotortyngden.' AMAs krav på högsta tillåtna effektiva vibrationshastighet 7 mm/s för fläktars och motorers lagerhus kan ibland ligga på gränsen till det acceptabla. I en artikel i AMA-nytt VVS nr 2/2003 föreslogs en skärpning av värdet för fläktar som är monterade i vissa typer av byggnader och utrymmen.  
Från: BygginfoPM arkiv.

VVS-AMAs krav skulle kunna kompletteras med uppmätt hastighetsskillnad mellan maskin och en standardiserad kraftkälla på ett referensbjälklag, enligt nästa avsnitt. Mätning på ett bjälklag blir ett tydligare bevis för hur maskinen fungerar på ett realistiskt underlag än en teoretiskt beräknad storkraft och vibrationsisolering under idealiserade förhållanden.

<sup>6</sup> Man utnyttjar faktiskt Newtons andra lag, som säger att fundamentet och den ofjädrade delen av maskinen kommer att ge en motriktad kraft (mot obalanskraften i den roterande delen), som är dess totala massa gånger accelerationen.

*Inverkan av stommen*

För att vibrationsisoleringen i fjäderelementen skall fungera som avsett krävs att underlaget "håller emot". All rörelse skall idealt sett tas upp i vibrationsisolatorerna. Eftergivlighet i bjälklag och väggar är en vanlig orsak till bristande funktion och för höga stomljuds nivåer. Man bör därför kontrollräkna egenfrekvenser i bjälklag och väggar och vid behov förstärka stommen.

För lätta bjälklag och balkramar är det vanligt att deras egenfrekvenser sammanfaller med maskinens drivfrekvenser, vilket bör kontrolleras i varje enskilt fall och åtgärdas innan montering. Fläktar, kompressorer och liknande bör inte alls ställas upp på träbjälklag och liknande, utan bör ställas på mycket styva stålbalkar som växlas av mot bärande upplag.

En utförlig diskussion om vibrationsisolering av fläktar finns i en bok av Nyman och Danielsson från Bygghälsorådet (Formas förlag)<sup>7</sup>. Mer allmänt om isolering av maskiner och inverkan av olika byggnadsstommar finns i Arbetsmiljöverkets handbok<sup>8</sup>.

När det gäller överföring av krafter till underlaget finns det andra beräkningsmodeller än de "klassiska" som anges i handböckerna. Den teoretiskt beräknade störkraften via vibrationsisolatorer "mot oeftergivligt underlag" stämmer nämligen inte särskilt bra med vad som sker vid uppställning på normala bjälklag eller stålramar, som knappast är så 'oftergivliga' som det förutsätts i beräkningen.

Detta problem går numera att hantera effektivare med hjälp av europastandarden EN 12354-5. Här används begreppet mobilitet för att beskriva eftergivligheten i underlaget, som är vibrationshastigheten (i m/s) vid 1 N dynamisk störkraft. Mobiliteten beräknas enligt standarden från bjälklagets massa och styvhet. Inversen av mobiliteten benämns mekanisk impedans. Mobiliteten i betongbjälklag är frekvensoberoende utom vid de lägsta frekvenserna där det finns resonanser i bjälklaget. Mobiliteten ökar väsentligt vid den första egenfrekvensen (grundresonansen). Alltför långa spännvidder i bjälklag utan mellanväggar bör undvikas, de kan ge problem med för låga egenfrekvenser i bjälklaget. Ur formeln (D.4) i EN 12354-5 kan ett samband härledas mellan vibrationsnivå och underlagets mobilitet vid en given störkraft. Det förutsätts därvid att

- summan av maskinramens och vibrationsisolatorernas mobiliteter är avsevärt högre än underlaget, dvs maskinfötterna och isolatorer måste utformas så att de är mycket mer eftergivliga än bjälklaget
- formeln gäller för diffust (jämnt fördelat) vibrationsfält i väl avgränsade tunga bjälklag (t.ex. inom ett maskinrum. På stora bjälklag överskattar formeln vibrationshastigheten)
- vid lätta bjälklag ökar både mobiliteten och stomljudeffekten **avsevärt** (formeln gäller inte på lätta bjälklag), se avsnittet om mätningar
- maskinens störkraft är oberoende av underlaget

$L_{F,eq} \approx 10 \log \left[ \frac{2,2v^2 M 2\pi}{T_s \operatorname{Re}(Y_i) F_{ref}^2} \right] \quad (\text{uttryck D.4 i EN 12354-5})$
$L_v \approx L_{F,eq} - 10 \log \left[ \frac{2,2v_{ref}^2 M 2\pi}{T_s \operatorname{Re}(Y_i) F_{ref}^2} \right] \quad (\text{härlett från uttryck D.4 i EN 12354-5})$
där (>>>)

<sup>7</sup> Ljuddimensionering av ventilationssystem. Danielsson, S. Nyman, H. ISBN 91-540-5815-5. Bygghälsorådet (Formas) skrift T11:1998. www.formas.se.

<sup>8</sup> Buller och bullerbekämpning. Arbetsmiljöverket. ISBN 91-7464-414-9. Solna 2002. www.av.se

$L_v$  är vibrationshastighetsnivå (rel.  $v_{ref} = 5 \times 10^{-8}$  m/s),  $L_{F,eq}$  är ekvivalent (tidsutjämnad) störfkraft från maskinen vid aktuellt varvtal (rel  $F_{ref} = 10^{-6}$  N),  $M$  är massan i bjälklaget,  $T_s$  är efterklangstid för vibrationer i bjälklaget (mätt på dess förlustfaktor),  $Y_i$  är mobilitet i bjälklaget.

Den ekvivalenta störfkraften för en maskin kan bestämmas genom att jämföra dess vibrationshastigheter med de nivåer som mäts då en känd kraftkälla (stegljudsapparat eller impulshammare med kraftgivare) får verka på bjälklaget. Se vidare under nästa avsnitt "mätningar".

Dimensioneringen blir säkrare om man känner mobiliteten i underlaget vid aktuella frekvenser, t.ex. genom mätningar, och man dessutom har säkerställt att maskinens mobilitet är avsevärt högre än bjälklagets (inklusive inverkan av vibrationsisolatorer och resonanser i bjälklag eller stålramar).

Ett förenklat sätt att räkna ut ljudnivåer i angränsande rum utgår från bjälklagets stegljudsnivå, mätt i fält eller beräknad enligt EN 12354-2. Maskinens vibrationsnivåskillnad hanteras på samma sätt som en "stegljudsdämpning", som helt enkelt subtraheras från bjälklagets stegljudsnivå. Se vidare i avsnittet om beräkningar nedan.

## 20. Mätning av stomljudeffekt och vibrationsnivåskillnad från maskiner

I detta avsnitt sammanfattas en ny mätmetod NT ACOU 117 som har utvecklats i samarbete med SP (Sveriges tekniska forskningsinstitut) inom ett parallellt projekt för Nordic Innovation Centre (NICe/NORDTEST)<sup>9</sup>. Metoden kan användas både i laboratorium, i tillverkarens lokaler och ute i fält.

Metoden går ut på att först mäta vibrationsnivåerna i ett tungt bjälklag med den aktuella maskinen i normal drift. Sedan mäter man upp de vibrationsnivåer som erhålls i samma mätpunkter då en standardiserad referensvibrationskälla verkar i samma uppställningspunkter som maskinen (eller strax intill denna).

Genom att jämföra hastighetsnivåerna mellan maskin och stegljudsapparat på samma bjälklag har det visats, att man kan karakterisera maskinens stomljudegenskaper väl med dess skillnad i vibrationsnivå mot stegljudsapparaten, och att denna skillnad är nästan oberoende av vilken typ av betongbjälklag man har (min 10 cm tjocklek förutsätts). **Detta samband gäller bara under förutsättning**, att maskinens ram och maskinfötter (inklusive eventuella vibrationsisolatorer) är veka i förhållande till bjälklaget, vilket stämmer väl för flertalet typiska installationer som normalt byggs in i olika stålramar och ställs upp på betongbjälklag<sup>10</sup>. På lätta bjälklag måste man hantera installationerna annorlunda.

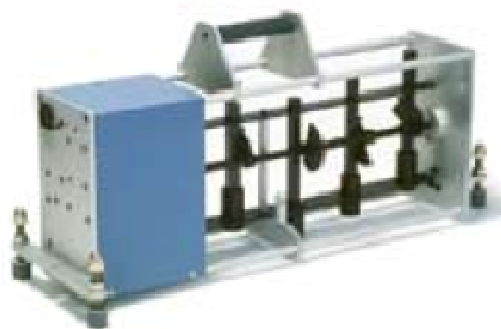
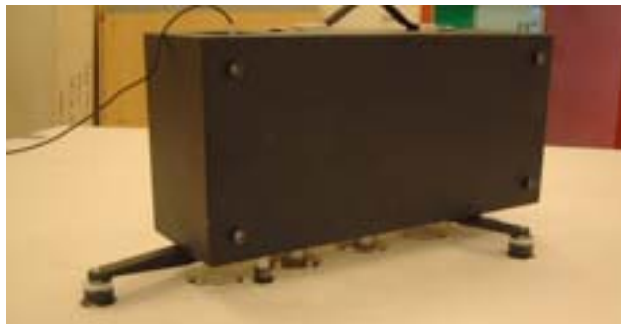
Provningar kan även göras på *lätta bjälklag* (t.ex. träbjälklag), men då kan differensen mot stegljudsapparaten endast tillämpas för detta bjälklag eller på snarlika konstruktioner.

<sup>9</sup> Determination of structure-borne sound source strength for building service equipment – a pilot study with inter-laboratory comparisons and a proposal for a Nordtest method. Project report 07199.  
<http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/acou117.pdf>.

<sup>10</sup> För massivt byggda maskiner, t.ex. dieselgeneratorer, fast lagrade tvättmaskiner och kylkompressorer kan detta antagande vara tveksamt, och metoden kan då underskatta den vibrationsnivå som skulle erhållas på ett bjälklag med annan mobilitet (styvhet, massa) än provbjälklaget.

Metoden kan dock användas för att jämföra olika typer av uppställningar och man kan snabbt kontrollera vilka vibrationsisoleringar som fungerar som avsett på ett lätt bjälklag<sup>11</sup>.

Vibrationsnivåskillnaden är ett mått både på maskinens stomljudeffekt och dess kraftspektrum. Stegljudsapparaters kraftspektrum i EN 12354-5 kan användas som referens för att beräkna störkrafterna. Vibrationsnivåskillnaden kan också tillämpas för att beräkna vibrationsnivåer på andra tunga bjälklag, se nedan. Mätningens noggrannhet ökar om maskinen får verka i flera positioner på bjälklaget (dito med stegljudsapparaten) och resultaten medelvärdesbildas.



Bilderna visar stegljudsapparater enligt ISO 140-7 från Bruel & Kjaer (vänster) och Norsonic (höger). Stegljudsapparater kan även användas som referensvibrationskälla för att karakterisera störkrafter och stomljudeffekt från maskiner med eftergivliga ramar på tunga bjälklag.

Stegljudsapparater används vid kontrollmätning av stegljudsnivå i rum under eller vid sidan av ett bjälklag enligt ISO 140-7, samt för att bestämma stegljudsdämpningen för golvbeläggningar enligt ISO 140-8. Stegljudsnivån för bjälklag kan mätas i fält eller beräknas teoretiskt med SS-EN 12354-2, t.ex. med programvaran BASTIAN ([www.bastian.nu](http://www.bastian.nu)). Det finns mycket empiriska data på stegljudsnivåer i olika typer av bjälklag inom frekvensområdet 50-3150 Hz. Det finns därför avsevärda praktiska fördelar med att utgå från bjälklagens stegljudsnivå. En olägenhet med metoden är att en del installationer monteras på väggar, men jämförelsemetoden enligt ovan kan fortfarande tillämpas, dock med en annan referenskraftkälla (impulshammare eller elektrodynamisk vibrator med kraftgivare, se bilaga 2).

I rapporten till NICE finns även en bakgrund till metoden och resultat av jämförelseprovningar i ett antal laboratorier med vitt skilda byggnadskonstruktioner.

Det finns även en standardiserad metod för mätning i laboratorium av vibrationer och stomljud från bubbelbadkar (EN 15657-1), som kan vara tillämplig för vissa installationer. Mätningar görs då på en flytande referensplatta av betong. Det är ännu inte klarlagt om metoden ger relevanta resultat mot verkliga tillämpningar i byggnad. Stomljudsallstring på lätta bjälklag saknas.

## 21. Beräkningsmetoder för kontroll av ljudnivå i byggnad

Europastandarden EN 12354 del 5 innehåller ett antal generella beräkningsmetoder för olika typer av stomljudskällor. I detta avsnitt föreslås en avsevärt förenklad modell för maskiner med vekt chassi enligt föregående punkt. Metoden utgår från att stegljudsnivån  $L_n$  för aktuellt bjälklag är mätt eller beräknad och att vibrationsnivåskillnaden för aktuell maskintyp  $\Delta L_s$  (vibrationsnivåskillnaden) har mätts upp i ett laboratorium, eller på ett

<sup>11</sup> Enligt Nordtestmetoden<sup>9</sup>, med en alternativ procedur för provning av vibrationsisolering av maskiner på lätta bjälklag, eller med en lätt "bjälklagsmockup" skruvad ovanpå ett betongbjälklag (enligt ISO 140-11).

bjälklag ute hos tillverkaren, eller i fält. Resultande ljudnivå från den stomljudsallstrande maskinen, är då

$$L'_{n,rum} \approx L_{n,bjälklag} - \Delta L_{s,maskin}$$

Index  $n$  anger att ljudnivån är normaliserad till  $10 \text{ m}^2$  referensabsorption i mottagarrummet, vilket görs för att ta hänsyn till inverkan av ljudabsorption i möbler och byggnadsmaterialen. Den korrektionen kan vara tveksam att tillämpa vid mycket låga frekvenser, och en approximation är att inte göra någon normalisering av den uppmätta ljudnivån.

Ett problem är att beräknings- och mätstandarderna för stegljud  $L_n$  bara omfattar frekvenser i intervallet 50-3150 Hz, medan stomljud kan vara befogat att kontrollera ned till 25 Hz. Jämförelser med fältmätningar visar emellertid, att det är på säkra sidan att anta att  $L_n$  för tunga bjälklag i tredjedelsoktavbanden 25, 31 och 40 Hz är samma som för 50 Hz.

En praktisk lösning vore då, att redovisa maskinens vägda stegljudsförbättringstal  $\Delta L_w$ , inklusive spektrumanpassningsterm, för stomljud,  $C_{1,s,25-2500}$ , på samma sätt som för golvbeläggningar (enligt ISO 717-2), med tillägget av tredjedelsoktavbanden 25, 31 och 40 Hz. Svårigheten blir att fastställa vilken kravnivå som skulle gälla, eftersom dagens krav för lågfrekvent ljud anges i tredjedelsoktavbanden 31-200 Hz och som A-vägd ljudnivå.

Beräkning av ljudnivån i ett angränsande utrymme görs enklast genom att helt sonika räkna som vanligt enligt EN 12354-2 (med BASTIAN) i tredjedelsoktavbanden 50-3150 Hz och sedan korrigera värdena för bjälklaget med  $\Delta L_s$  i tredjedelsoktavbanden 50-3150 Hz. Värdet på  $\Delta L''_{s,maskin,50}$  vid 50 Hz räknas om, så att det även innehåller bidragen från de lägre frekvenserna. Detta görs genom att summera dämpningen logaritmiskt enligt följande formel:

$$\Delta L''_{s,50} = -10 \lg \left[ 10^{-\Delta L_{s,25}/10} + 10^{-\Delta L_{s,31}/10} + 10^{-\Delta L_{s,40}/10} + 10^{-\Delta L_{s,50}/10} \right] \text{ (dB)}$$

I Excel kan man t.ex. skriva denna formel i cell E1, med indata i cellerna A1:D1:

$$E1 = -10 * \text{LOG}((10^{(-A1/10)} + 10^{(-B1/10)} + 10^{(-C1/10)} + 10^{(-D1/10)}))$$

En praktisk grund för klassning eller översiktliga jämförelser mellan maskiner skulle också kunna vara den A-vägda differensen mellan stegljudsapparaten och maskinens vibrationsnivåer  $\Delta L_A + C_{1,s,25-2500}$ . Om denna A-vägda differens korrigeras med -15 dB, så skulle den beräknade vägda "stegljudsnivån" faktiskt vara lika med den A-vägda, normaliserade ljudnivån från maskinen! Detta gör det enkelt att tillämpa EN 12354-2 för beräkning av installationsljudnivån, t.ex. med beräkningsprogrammet BASTIAN. De installationer och inredningar som har mätts upp kan då läggas i databasens kategori "stegljudsdämpande golvbeläggningar". Vid beräkning väljer man bjälklag, flankerande väggar och hämtar aktuell installation eller inredning. Beräknat värde på  $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$  är då lika med  $L_{pA, stomljud}$ .

Beräkningsmetoden har tillämpats på ett antal uppmätta stomljudskällor, och den A-vägda ekvivalenta ljudnivån har beräknats med programvara BASTIAN för två typer av stomme av 10 resp 20 cm betong. Se tabell på nästa sida.

I princip skulle man även kunna klassa stomljudskällor (med vek ram på tungt bjälklag eller vägg) på samma sätt som man gör för golvbeläggningar. Stomljudsklass 7 skulle då krävas för att uppfylla ljudklass C i bostäder vid uppställning på ett relativt tunt betongbjälklag (ca 16 cm). Högre klasser 8B och 8A motsvarar ljudklass B och A enligt SS 25267. I klassningen bör man lägga minst 5 dB marginal till kravet, eftersom det är känt att A-vägda ljudnivåer

underskattar den subjektivt upplevda störningsupplevelsen av lågfrekvent ljud, särskilt då man inte vet varifrån ljudet kommer och det är kontinuerligt. Vid beräkningen bör man också kontrollera, att ljudnivåerna i tredjedels oktavband enligt SS 25267 och SS 25268 inte överskrids. Man kan informera om, att uppställning på 22 cm massivt betongbjälklag respektive 27 cm kan förväntas uppfylla en respektive två högre ljudklass(er) med samma källa. Det kan dock vara lämpligt att avvakta med ett klassningssystem, till dess mer erfarenhet av fältnätningar finns tillgängliga, så att klassningen är tillförlitlig.

Metoden kan (givetvis) inte användas på lätta bjälklag och inte heller för maskiner med massiva strukturer, se fg avsnitt. Det finns anledning att föreslå CEN att metoderna i EN 12354 utvidgas ned till 25 Hz för att slippa "lappverk" enligt ovan.

Begränsningen till frekvenser över 25 Hz är vald på grundval av att vid lägre frekvenser (än 25 Hz) finns inga ljudkrav, dels får man alltför stor mätosäkerhet beroende på stegljudsapparaten konstruktion. Erfarenhetsmässigt är sällan stomljud vid ännu lägre frekvenser störande, men vibrationer kan vara ett annat problem (som inte hanteras av denna metod).

Beräknade A-vägda ekvivalentnivåer samt ljudklass i bostadsrum under ett betongbjälklag, med angiven tjocklek och typ av stomljudskälla:

Fläktaggregat, intern vibr-isol			
10 cm btg	52 (NA)	20 cm btg 25 cm btg	40 (NA) 35 (D)
Tvättmaskin på: Lätt plåtfundament			
10 cm btg	61 (NA)	20 cm btg	50 (NA)
Tvättmaskin på: Btg-fundament på stålklossar			
10 cm btg	60 (NA)	20 cm btg	46 (NA)
Tvättmaskin på: Btg-fundament på mjuka klossar			
10 cm btg	42 (NA)	20 cm btg	30(C)
Köksskåp stängs - utan dämpare			
10 cm btg	52 (NA)	20 cm btg	41 (NA)
Köksskåp stängs, snickarmonterade dämpare			
10 cm btg	44 (NA)	20 cm btg	32 (C)
Köksskåp stängs, justerade dämpare (fritt vägg)			
10 cm btg	40 (NA)	20 cm btg	28 (B)

I EN 12354-5 bilaga H finns ett antal praktiska anvisningar för tidig planering av maskinrum, som är avsedda att minimera risken för att man får problem med luftburet lågfrekvensljud och stomljud i senare skeden. Exempelvis finns råd om att inte ställa ventilationsaggregat intill väggarna, särskilt inte om dessa utgörs av lätta skivväggar. Vid beräkning av luftljud inne i maskinrummet vid låga frekvenser bör man räkna med aggregatets ljudeffekt hellre än dess ljudnivå, eftersom det är vanskligt att utgå från att det finns en ljudabsorption som klarar att dämpa lågfrekvensljud i rummet. Mineralull i spalten mellan aggregat och bjälklag har i bästa fall endast en marginell effekt. Det är effektivare att tynga ned aggregat och kanaler, dito väggar, med extra lager stålplåtar, eller tunga fibercementskivor, murblock eller ett antal gipsskivor. Se även Byggforskningsrådets skrift, fotnot 4.

#### Kanalsystem – beräkning av luftburet ljud i kanaler med ljuddämpare och don

Swegon AB tillhandahåller kostnadsfritt beräkningsprogrammet ProAc, som beräknar ljudutbredningen längs kanaler med delningar, sektionändringar, spjäll, ljuddämpare och don. Programmet följer den modell som i praktiken tillämpas av akustiker, en så kallad energimodell. Denna är tillräckligt noggrann för ingenjörsmässiga tillämpningar, men ger i vissa fall ganska stora fel vid låga frekvenser. Mer komplexa beräkningsmetoder, så som tvåpolsmodeller utvecklade bland annat vid KTH, kräver dock indata som inte finns tillgängliga för närvarande. Det skulle vara angeläget att ProAc uppdaterades så att programmet räknar konsekvent efter den nya Europastandarden EN 12354-5 (som behandlar både luftburet och stomburet installationsljud). Swegon och Svensk Ventilation har fått en förfrågan från projektet om att uppdatera programvaran, men i skrivandes stund (februari 2009) är det oklart om programmet kommer att uppdateras eller ej.

## 22. Mätmetoder för kontroll av ljudnivå i byggnad

Fältmetoden i ISO 10052 är lämplig för översiktliga kontroller av ljudnivå i byggnad. Vill man minska mätosäkerheten är det bättre att referera till ISO 16032, men mätningar med denna metod tar avsevärt längre tid och kräver erfarenhet.

Ibland vill man kunna avgöra på platsen, vilken installation som ger upphov till ett visst störande ljud (lågfrekvent stomljud). Ett enkelt sätt är att stänga av installationen och se om ljudnivån minskar. Men ofta är det inte möjligt att göra detta och man kan då ta till andra mätmetoder. Mätning i smala frekvensband i realtid, där man jämför samvariationen mellan aggregatets vibrationsnivåer i maskinrummet och ljudnivån i rummet i både frekvens- och tidsled, ger oftast en bra uppfattning om huruvida det är aggregatet som orsakar störningen eller inte.

Vid mätning i rum måste man följa instruktionerna noga i SS-EN ISO 16032 eller SS-EN ISO 10052, vad gäller mättider och fördelning av mikrofonpositioner i rummet. Ljudnivåerna varierar mycket mellan olika platser i rummet, och såväl det beräknade som det uppmätta värdet avser rumsmedelvärden. Lokalt, t.ex. i hörn, kan ljudnivån vara upp till 5 dB högre än rumsmedelvärdet. Denna effekt har beaktats vid val av gränsvärden och ingen korrektion skall göras av mätvärdet. I rummets mitt kan man ha avsevärt lägre ljudnivåer än vad medelvärdet visar.

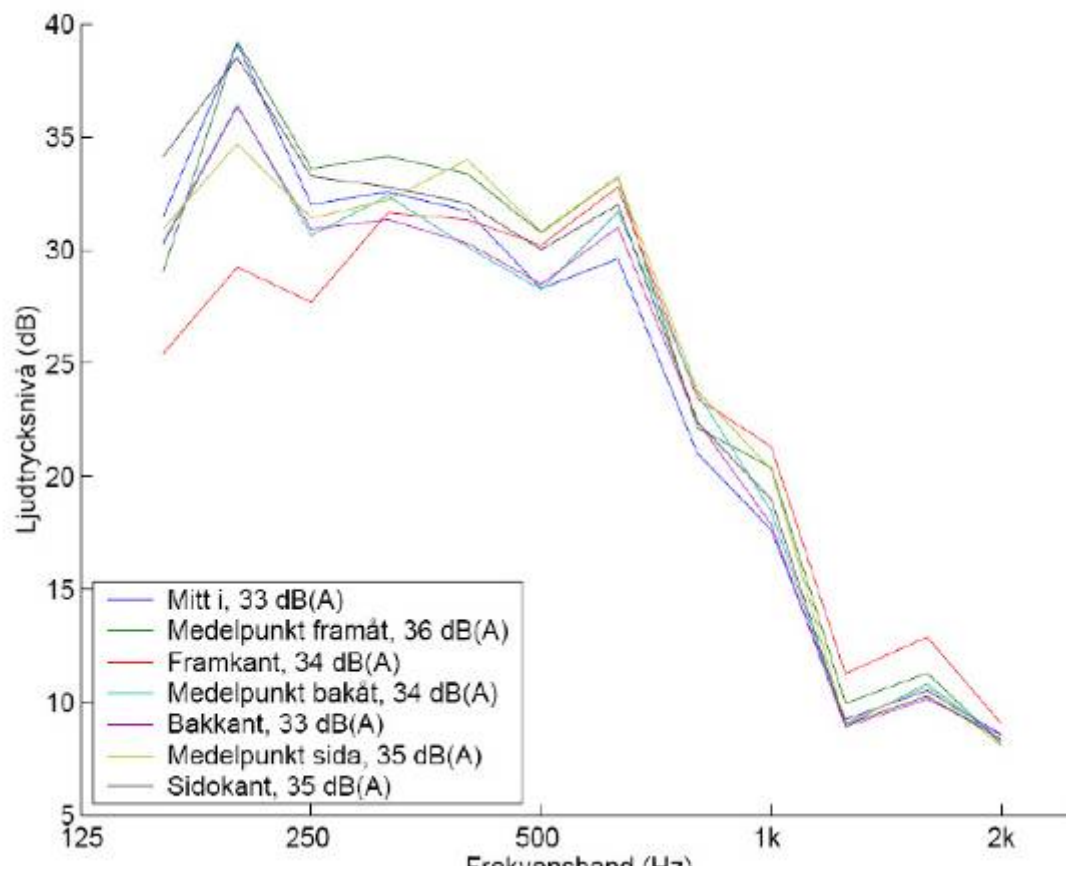
Hur mätning av strömningsljud från avlopp skall utföras beskrivs i EN 14336 (lab), ISO 10052 (fält) och ISO 16032 (fält, referensmetod). För provning av stomljud vid stående urinerings har det tidigare saknats ett väldefinierat sätt att prova på. I Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler" finns en sådan mätanvisning. Där anvisas även vid vilken obalansvikt en centrifugerande tvättmaskin skall provas.

Underlaget till metoden för provning av WC i Boverkets handbok kommer från Nordtestrapport NT Tech 203 och provmätningar som utfördes av Akustikverkstan i samarbete med Boverket.



I projektet genomfördes en provning med den metod som finns i Nordtestrapport 203 med avseende på repeterbarhet och praktisk hantering. Nordtestmetoden befanns fungera bra och rekommenderas nu i Boverkets handbok om bullerskydd i bostäder och lokaler. Bilderna nedan visar mätuppställning och ett antal repetitioner av mätningen med olika träffpunkter för vattenstrålen. Vattenstrålen kommer från ett plaströr med en definierad öppning nedtill. Vattenstrålen faller cirka 1 m ned i vattenspegeln och ljudnivåerna i angränsande rum mäts under denna tid. Erfarenheten av jämförelserna blev, att det var förhållandevis enkelt att upprepa mätningen och man får ett stabilt medelvärde av delmätningarna när de utförs på ett betongbjälklag. Ljud från strömmande vatten i avloppsledningar som dras i undertak eller i schakt kan vara svårare att få god repeterbarhet för och man bör därför ta tillräckligt många prover för att få ett stabilt medelvärde, enligt ISO 16032 och EN 14336.





Mätresultat (stomljudsdämpning) presenteras i bilagorna 1 och 2 till denna rapport.  
./.