

Vårt ombud	Vår ref – uppdragsbeteckning	Ert ombud och postadress
Christian Simmons	1237	Skanska Sverige AB (*)
Möln dal, vårt datum	Vårt dokument-ID	Rikard Espling
2009-01-28	Skanska_SAURa_SBUF-11941-Stomlj ud_Slutrapport	Råsundavägen 2
		169 83 SOLNA

Anm. Denna bilaga 1 jämte bilaga 2 och 3 hör till slutrapport 1237.

Distribution: Publiceras som PDF-fil på SBUF externa websida  
www.sbuf.se. Text och bild i denna bilaga får citeras, med hänvisning  
till "SBUF 11941 Stomburet installationslj ud, handbok. Simmons, C."

Med stöd av SBUF.  
Skanska, NCC Teknik, PEAB och AB Familjebostäder i  
Stockholm har medverkat i projektets styrgrupp.

## SBUF 11941 – Stomburet installationslj ud

### Handbok i stomlj ud – åtgärder, beräkningar och mätningar

#### Bilaga I: Mätresultat

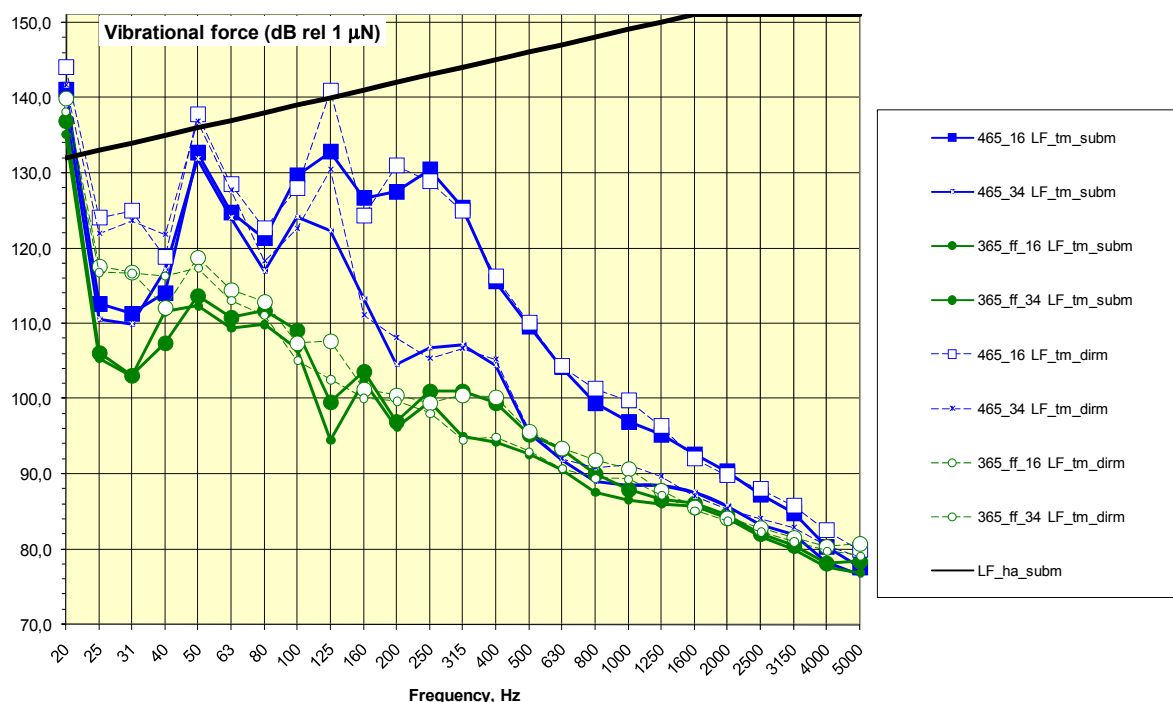
I den ursprungliga projektplanen var avsikten att olika åtgärder skulle provmätas i fält. Men av olika orsaker har mätningar gjorts både i fält och i laboratorium. En anledning till ändringen var att prototyper och produkter inte kunde färdigställas i tid. Det visade sig också vara svårt att komma in i befintliga projekt och göra mätningar med god kvalitet, utan bakgrundsstörningar. Mätresultat i denna bilaga 1 och i bilaga 2 ger ändå praktiskt värdefulla resultat, som gör att entreprenörer får en god grund för att ställa relevanta inköpskrav och för tillverkare att fortsätta med utvecklingsarbetet.

#### Simmons akustik & utveckling ab

postadress	telefon kontor/mobil	fax kontor/mobil	bankgiro	org.nr.
Krokslä tts Fabriker 1	+46 (0)31 27 66 00	+46 (0)709 72 71 65	5298 - 3426	556625-6417
SE-431 37 Möln dal	e-post & internet	SMS/e-post mobil	plusgiro	innehar F-skattebevis
besök Göteborgsvägen 97	info@simmons.se	+46 (0)709 72 72 65	—	momsreg.nr./VAT.no
Möln dal (vid Byggcentrum)	www.simmons.se	<a href="mailto:christian.simmons@euromail.se">christian.simmons@euromail.se</a>		SE556625641701

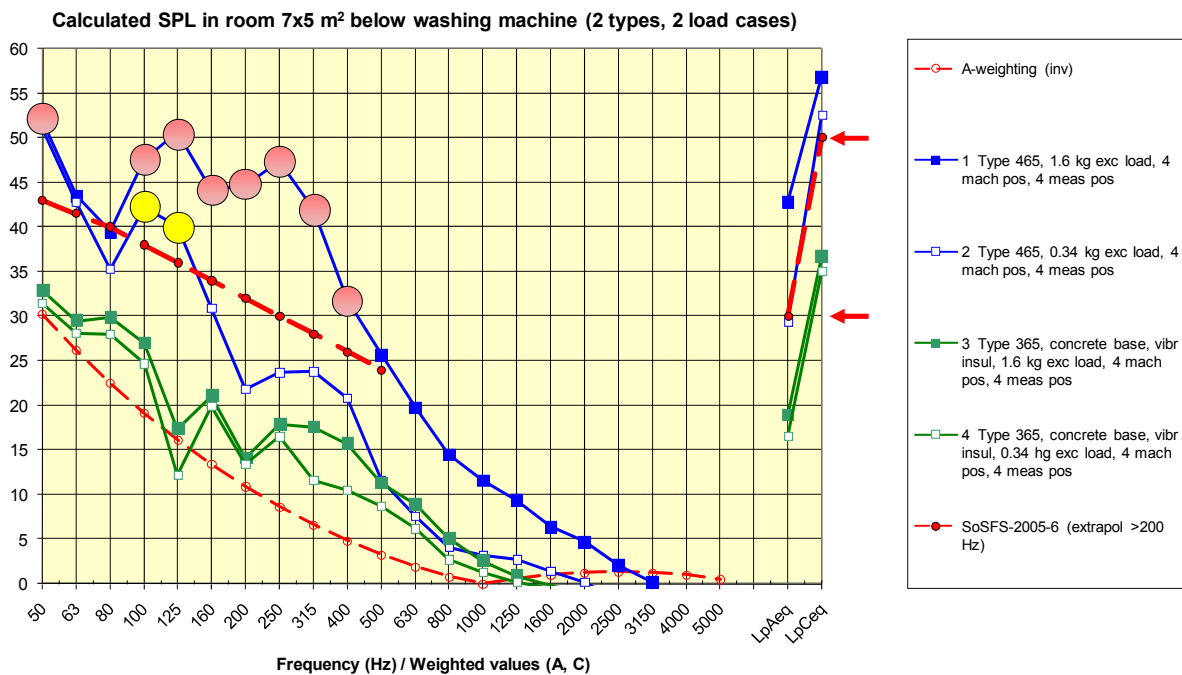
## 1. Tvättmaskin och övrig utrustning i tvättstuga

I projektets delrapport C redovisas vibrationsmätningar på tvättmaskiner med prefabricerade fundament och inbyggda vibrationsisoleringar, samt beräkningar av stomburet ljud från dessa i ett angränsande rum. Resultaten av dessa mätningar diskuteras nedan. Fältprovningar har genomförts i en typisk tvättstuga i ett hus med tung stomme byggt på 1950-talet (kv. Fikonet, Stockholm). Fältmätningarna tyder på att den vibrationsdämpning som bestäms på ett väl isolerat referensbjälklag i Electrolux laboratorium ”håller i fält”, då samma maskinfundament (med isolatorer) sattes under en maskin av samma typ som provats i laboratoriet.

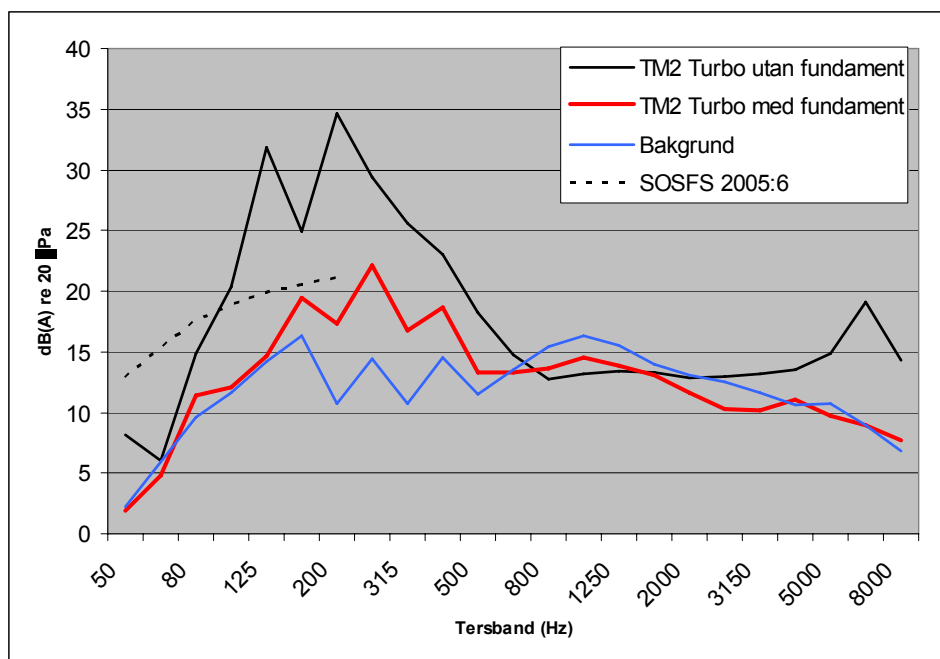


Figur 1. Vibrationskrafter för tvättmaskin som centrifugerar vid 1100 rpm med en obalansvikt om 1,6 kg respektive 0,34 kg. Blå kurvor (maskintyp 465) utan vibrationsisolering, gröna kurvor (maskintyp 365) med vibrationsisolatorer ( $f_0$  12 Hz). Svart heldragen kurva, referensvärden för stegljudsapparat enligt EN 12354-5. Streckade kurvor är beräknade via vibrationshastigheter och stomljudsförlustfaktor, mätta enligt prEN 15657-1. Metoden förefaller osäkrare än direkta jämförelser enligt förslaget till NORDTEST-metod (huvudrapporten, fotnot 11).

I NORDTEST-rapporten (se fotnot 9 i huvudrapporten) ges utförliga resultat och analyser för denna maskintyp, baserade på provningar vid 4 olika varvtal, med tre maskinfundament, i 9 laboratorier med mycket olika typer av bjälklag.

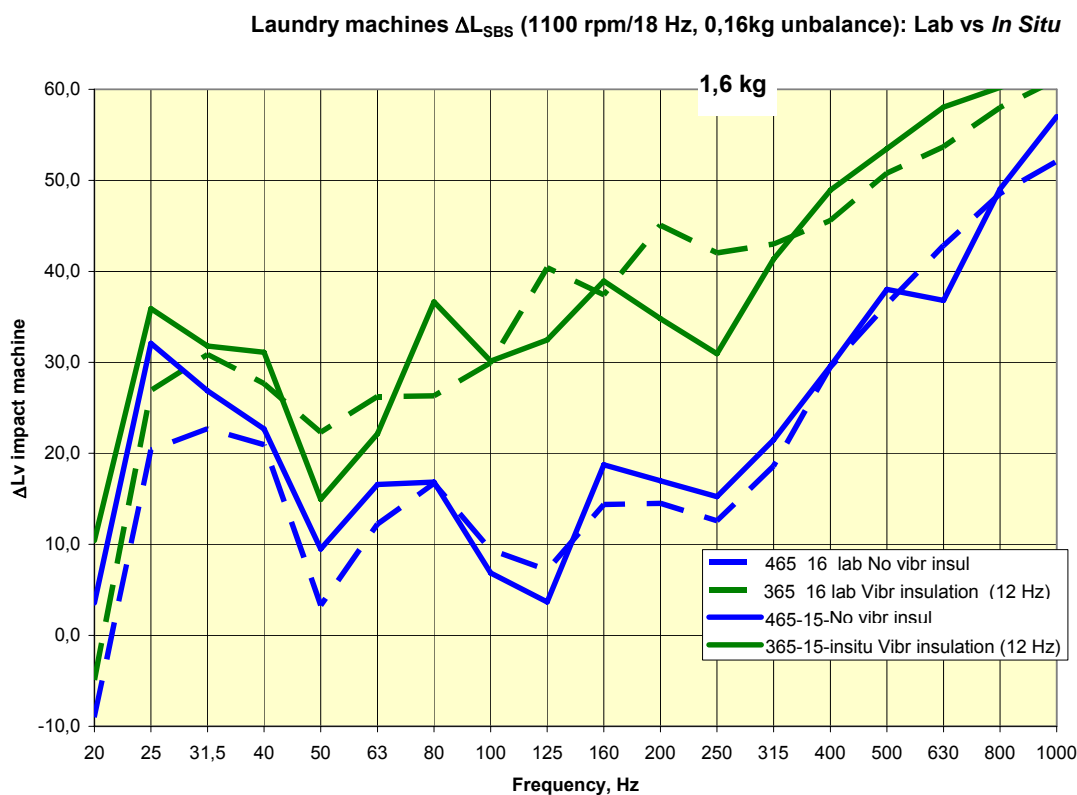


Figur 2. Beräknade ljudtrycksnivåer i ett rum under samma tvättmaskiner som i figur 1. Jämförelsekurvan (SoSFS) indikerar att ljud vid 125 och 250 Hz kommer att höras tydligt i rummet vid maximal obalanskraft. Vid normal obalans hörs ljud vid 125 Hz svagt. Med vibrationsisolatorer har man >10 dB marginal till kraven. Mellanbjälklaget är 30 cm betong, bjälklaget i tvättstugan antas vara 10 cm betong med klinker.



Figur 3. Fältprovning i rum ovanför tvättstuga i kv. Fikonet. Mätta ljudtrycksnivåer i rum ovanför tvättstuga. Utan isolatorer/fundament mättes A-vägda ljudtrycksnivåer om cirka 35 dB och de boende hade klagat på ljudet. Med det nya fundamentet/isolatorerna erhöles knappa 25 dB, ljudet kunde knappt urskiljas från bakgrundsljuden med full obalansvikt (1,6 kg) respektive inte

höras alls med måttlig obalansvikt (0,3 kg). Åtgärden var tillräckligt effektiv för att uppfylla ljudklass B och de boende har inte klagat efter att det nya fundamentet installerades.



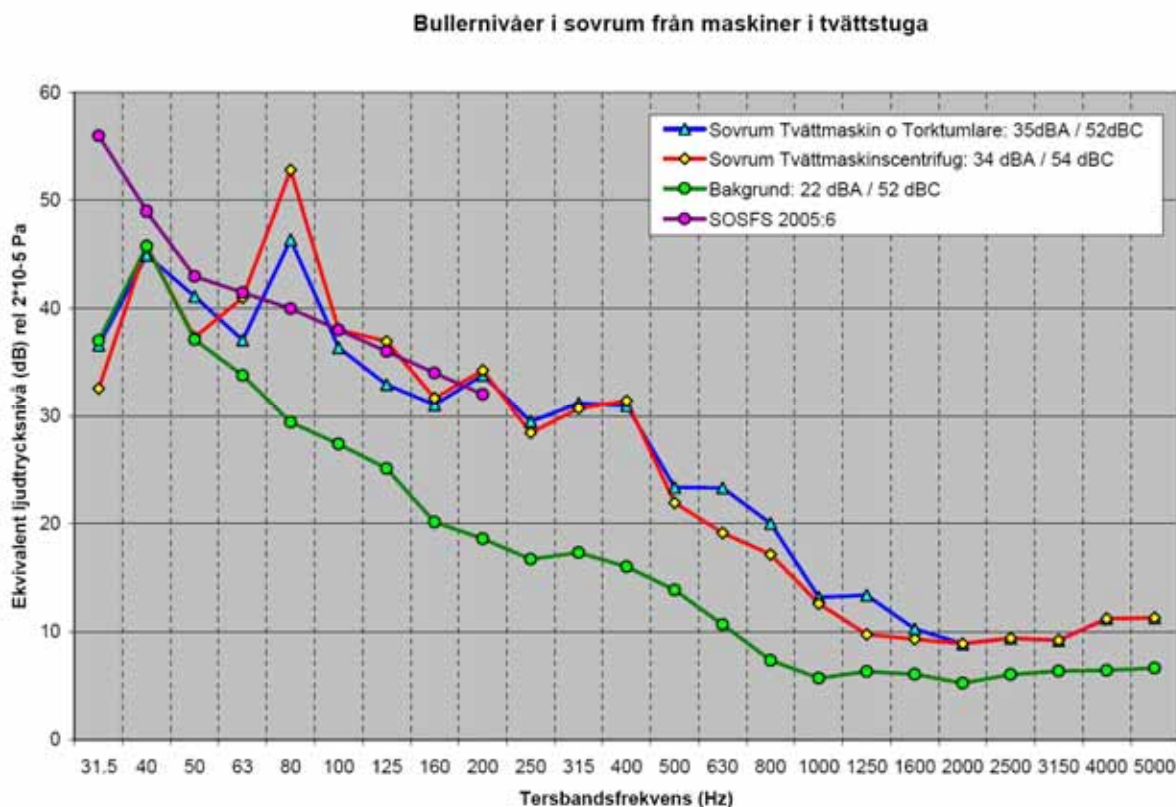
Figur 4. Skillnader i hastighetsnivåer mellan tvättmaskin och standardiserad hammarapparat, i lab (heldragna) mot i fält (streckade). Mätningarna i fält avser endast en maskinposition och två mätpositioner i bjälklaget, vilket medför en större osäkerhet i än i laboratoriet. Jämförelsen tyder inte på att det finns några systematiska skillnader. Resultatet gav stöd för att söka medel hos Nordtest för en utvidgad jämförelsestudie, vilket har lett fram till ett förslag till ny mätmetod (huvudrapportens fotnot 9).

Lösningar med vibrationsdämpade (flytande) fundament för fastighetstvättmaskiner erbjuds nu av Electrolux som en färdig standardprodukt för flera av deras frivängande maskiner. För sk normalscentrifugerande, styvt lagrade maskiner krävs stora fundament för att motverka obalanskrafterna, men de kan också vibrationsisoleras effektivt. Motsvarande lösningar med ett prefabricerat vibrationsisolerat fundament bör kunna utvecklas även för torktumlare, kondens-torkskåp, manglar mm som skall ställas upp i fastighetsgemensamma tvättstugor. Detta utvecklingsarbete har dock inte genomförts ännu. Övriga åtgärder för att dämpa ljud från tvättstugor, redovisas i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".

Vid provning av ljud från tvättmaskiner som centrifugerar kan man belasta maskinen med en böjd stålplåt som fästs mot tvättrummans insida längs cirka 25-35% av trummans omkrets. Belastningens vikt bör vara cirka 0,3 kg för mindre maskiner och 1,0 kg för lite större fastighetsmaskiner (för gemensam tvättstuga), dock högst vad maskinen kan arbeta med, utan att eventuella överlastskydd löser ut eller det finns risk för skador på grund av obalanskrafter. Dessa belastningar (provningvillkor) är införda i Boverkets handbok till SS 25267/68, se nedan.

I ovanstående figurer har obalansvikten varit den största tillåtna för den provade maskintypen, 1,6 kg, vilket ger stora krafter på maskinen vid höga centrifugeringsvarvtal.

Fältmätningar (WSP Göteborg) visar ytterligare ett praktiskt exempel på hur det kan bli vid installation av tvättmaskiner och centrifuger bredvid bostadsutrymmen. I en första mätning konstateras att man har ett överskridande av både Boverkets och Socialstyrelsens allmänna råd:



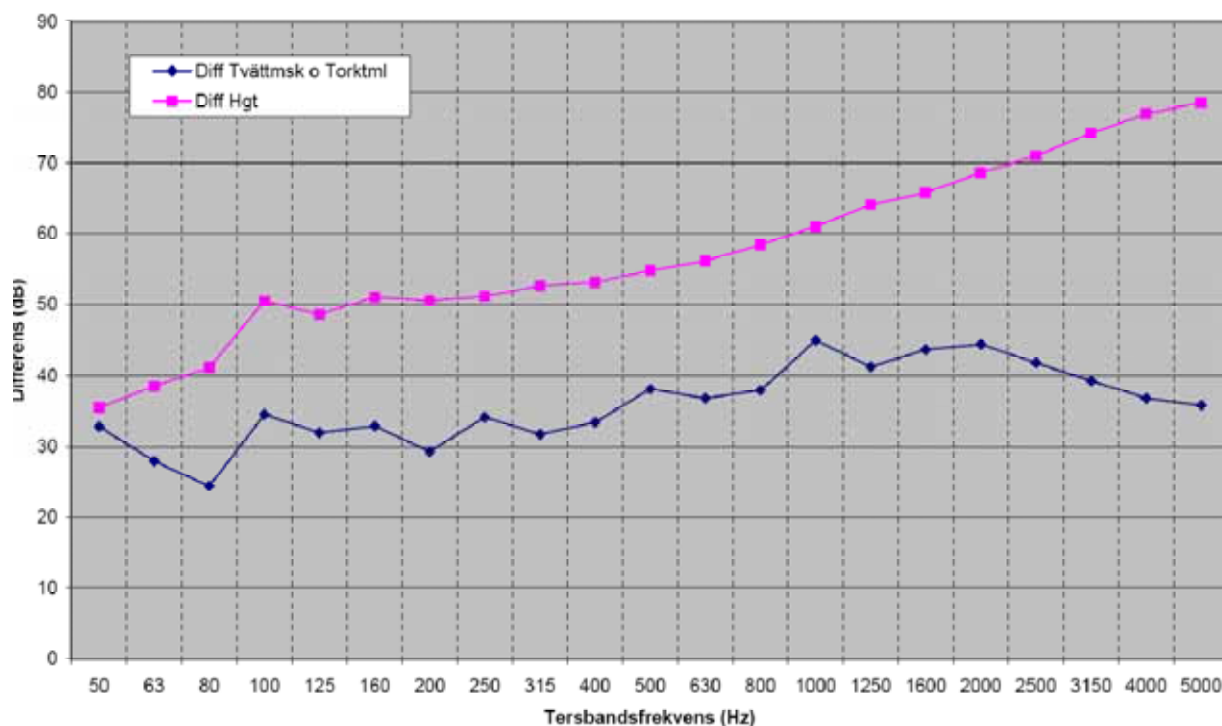
Figur 5. Fältmätningar, WSP Akustik, Göteborg

En fråga som uppstår direkt, är vilken eller vilka maskiner som står för de mest störande ljuden och vilken väg ljudet går mellan tvättstuga och rum. Råd om utvärderingar ges i rapporten.

Ett sätt att prova om det är luftburet ljud genom mellanbjälklaget eller stomburet ljud är följande: Ljudnivåskillnad (luftljud) mellan tvättstuga och rum mäts dels med maskinerna i drift, dels med högtalare (och avstängda maskiner). Om differensen i ljudtrycksnivå är mycket mindre med maskiner i drift än vid provning med högtalare är ljudet i angränsande utrymme sannolikt stomburet.

En kontroll med högtalare bekräftade i detta fallet, att det var stomljud som svarade för överskridandet av SoSFS rekommendationer vid 80 Hz.

Ett annat sätt att spåra orsaken till stomljud är att sätta en högtalare i mottagarrummet och mäta vibrationer på maskinen eller i bjälklaget, enligt reciprocitetsprincipen.



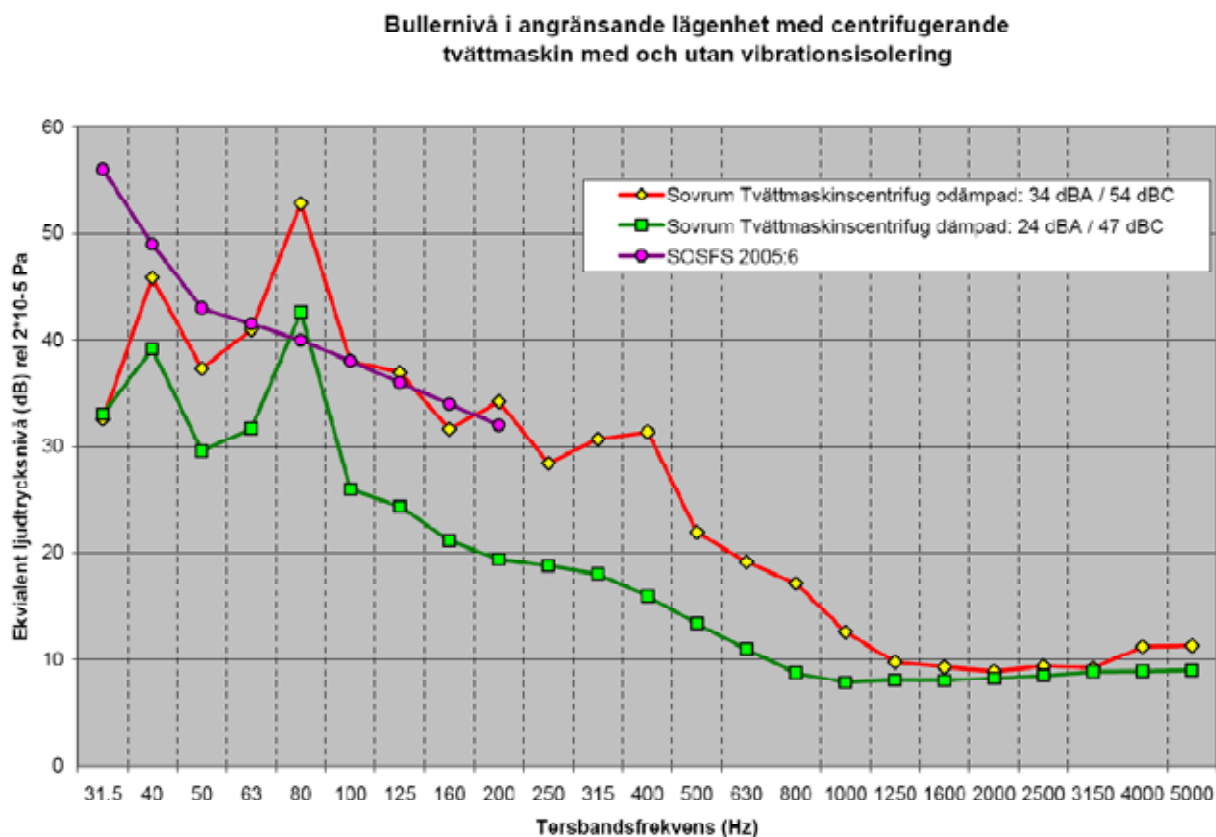
Figur 6. Ljudnivåskillnader mätt med högtalare respektive med maskiner i drift. WSP Akustik.

När man granskade uppställningen blev orsaken ganska uppenbar, maskinen var bultad till ett underliggande fundament:



Figur 7. Tvättmaskin bultad till betongfundament.

Konventionell vibrationsisolering av maskinfötter och flexslangar till kallvattenmatningen gav följande förbättrade resultat (inom SoSFS, utom ett försumbart övertramp vid 80 Hz):

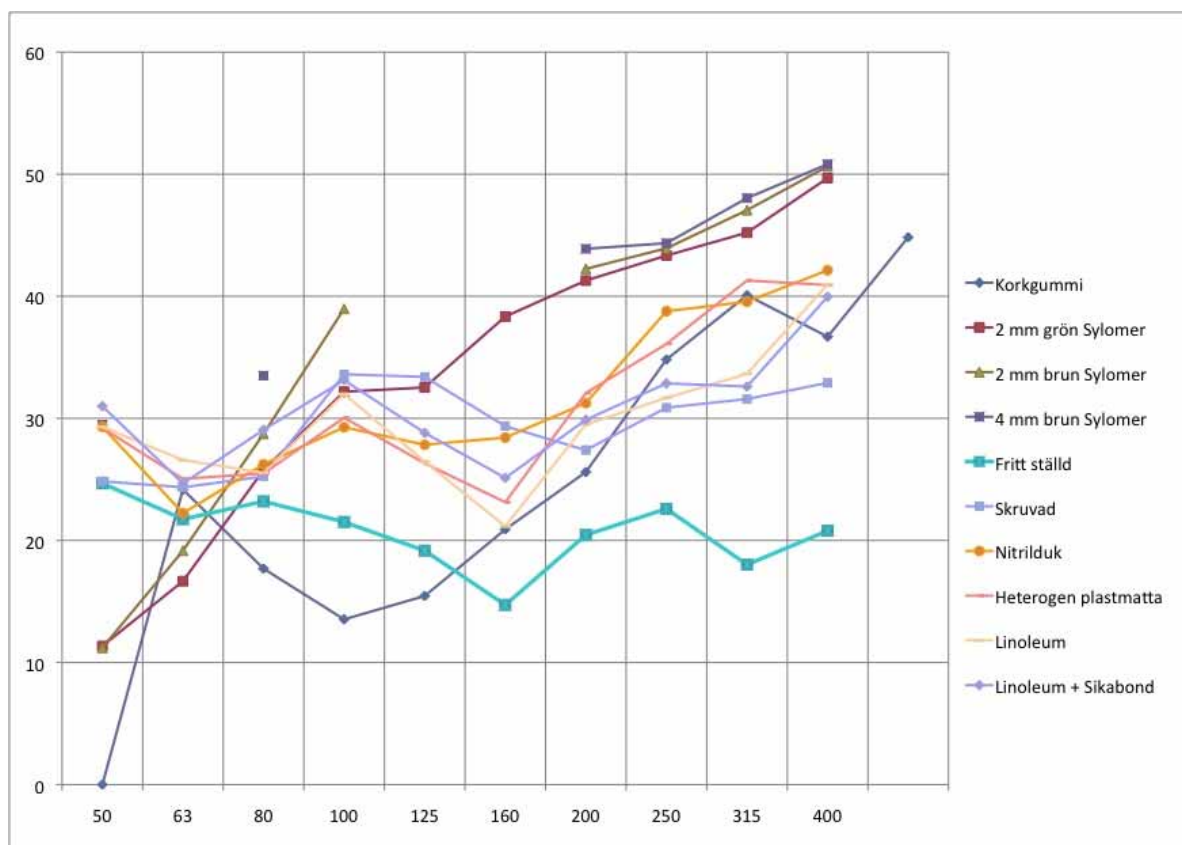


Figur 8. Ljudnivåer före och efter åtgärd (vibrationsisolering)

## 2. WC

Åtgärder för vibrationsisolering av golvstående WC redovisas i huvudrapporten. Den 4 mm elastiska duk av Sylomer som provades i förstudien har i några fall visat sig vara alltför mjuk, man har fått oacceptabla rörelser i WC-stolen i några fall. Möjligen har orsaken varit, att golvbeläggningen inte varit helt jämn i dessa fall. Nya packningar har tagits fram av Vibratec (Nitrilgummiduk) och Christian Berner (Sylomergummiduk), med endast 2 mm tjocklek. De ger en spalt mot golvet som är lättare att mjukfoga och ger ett bättre estetiskt intryck (än 4 mm). Kravet ökar dock på att underlaget skall vara plant när duken görs tunnare. Ojäma golvklinker, eller golv med brutet fall måste avjämnas innan duken läggs ut och WC sätts på plats.

En WC-stol av fabrikat IDO har provats i Akustikverkstans laboratorium i Skövde, dels stumt monterad mot bjälklaget och dels elastiskt med 2 mm packningar av olika fabrikat. Det visade sig då, att stomljudet från en vattenstråle från 1 m höjd kunde reduceras från 35 dB (A-vägt) vid styvt montage (tydligt hörbart) i betongbjälklaget till under 15 dB (ohörbart i vanliga byggnader) med flera av packningarna, trots att några av dem var relativt styva. En produkt gav cirka 18 dB. Med skruvar reducerades ljudet endast till cirka 25 dB, med tydliga toner som gjorde ljudet tydligt hörbart. Åtgärden är alltså inte tillräckligt effektiv, trots att skruvarna isolerats med packningar. Skruvar fungerar alltså inte bra och de medför andra problem. Limning är enligt IDO troligen den metod som kommer att tillämpas i framtiden (p.g.a. fuktproblem med vid genomskruvning av diffusionsspärren i golvet). Se bild nedan.



Figur 9. Vibrationsnivåskillnad (stegljudsdämpning), mätt som en differens i ljudtrycksnivå, för golvstående WC, med olika mellanlägg mot betongbjälklaget. Akustikverkstan 2007. Där värden saknas vid högre frekvenser var marginalen till bakgrundsljuden för dålig, dämpningen var mycket effektiv.

Även ett annat bekymmer har lösts inom projektet (med stöd från Boverket), nämligen att få fram en preciserad metod för att skapa ett repeterbart skvalljud i vattenspegeln. F.n. saknas sådana "driftsvillkor" i SS 25267 och ISO 16032, vilket gör provningar godtyckliga. Flera entreprenörer har haft problem med underkännanden av ljud från WC, trots att de inte har vetat om provningen gett relevanta resultat. En precisering av hur man kan mäta redovisas i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler". Den valda NORDTEST-metoden (NT Tech 203) ger stabila och repeterbara resultat och kan därför användas framgent, med minskad risk för underkännande på felaktiga grunder.

Enkla fältprover har genomförts i kv. Aulan 2 Stockholm (AB Familjebostäder). WC stod rakt över ett kök i underliggande lägenhet. WC var monterad med 2 mm Nitrilduk (Vibratec) mot ett 25 cm betongbjälklag. Tyvärr fanns det för mycket bakgrundsljud från byggverksamheten för att det skulle vara meningsfullt att mäta ljudnivåerna. Lyssning i underliggande lägenhet visade dock, att vid spolning av WC kunde man inte uppfatta något ljud, men vid strilande vattenstråle från 1 m höjd ned i vattenspegeln kunde man urskilja ljudet mycket svagt mot bakgrundsljuden. Ljudnivån bedömdes vara godtagbar och rena toner kunde inte urskiljas.

Med stöd av laboratorieresultaten, och det faktum att limning mot duk har visat sig vara en robust monteringsmetod, bedöms att elastisk 2 mm packning under WC är fullt tillräcklig i de flesta fall och att det inte finns anledning att sätta flytande golv eller undertak. IDO har fått del av provresultaten och överväger f n hur en standardprodukt skall kunna utformas.



### 3. Avlopp, kallvatten och varmvattenrör

Tidigare mätningar i laboratorium med rör skruvade i en murad betongvägg enligt EN 14366 visar att för plaströr i klamrar med en hopklämd hård gummipackning som fästs med stift direkt i väggen, kan man få upp till 35 dB A-vägd ljudtrycksnivå i mottagarrummet, enstaka toppar upp till 40 dB. Nivåerna kan svara mot vad som erhålls i äldre hus med enklare mellanväggar av lättbetong eller halvstens tegel. Med tyngre betongväggar fås troligen 5-10 dB lägre nivåer, vilket troligen svarar bättre mot vad som förekommer i nybyggda hus. Inuti schakt erhålls upp emot 60 dB A-vägd ljudtrycksnivå med plaströr, vilket innebär att schaktväggar bör utformas med tillräcklig ljudisolering mot rum med ljudkrav. Med avloppsrör av gjutjärn erhålls 5-10 dB lägre nivåer. Vibrationsisoleringar för skydd mot stomljud skall vara effektiv i området kring 160-200 Hz, vilket medger att relativt tunna/hårda packningar kan användas. Det finns kostnadseffektiva lösningar, se bilaga 2.

Bilaga 2 redovisar mätningar i ett stomljudslaboratorium på SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. I bilagan redovisas resultat av dämpåtgärder för avloppsrör i gjutjärn respektive plast, samt en enkel dämpåtgärd för kall-/varmvattenrör.

Provningarna av dämpning av *kall-/varmvattenrör* visade, att även vid ganska hårda slag (tryckstötar) blir nivåerna bakom en tunn betongvägg inte över 40 dB A-vägd ljudtrycksnivå med styvt montage. Med isolering minskade nivåerna till cirka 32 dB. Efter omräkning till en tyngre vägg än provväggen (cirka -6 dB) kan man räkna med att lösningen uppfyller ljudklass B med marginal (högst 31 dB maximalnivå godtas i klassen). Lösningen är lämplig för tvättstugor, WC, handfat, köksblandare mm som sätts i lägenhetsskiljande tung vägg.

Provningarna visade också att dämpelement för *gjutjärnsrör* fungerade bra, medan ett dämpelement för *plaströr* inte fungerade alls. Resultatet var förvånande därför att dämpelementet såg vid en första anblick ut att vara mycket eftergivligt och väl utformat. Efter provningen undersöktes elementet igen och flera orsaker till att stomljudet inte dämpades kunde konstateras, se bilaga 2. Det är därför väsentligt, att man verkligen har bra dokumentation på produkten och inte går på "tro och tyckande". Vibrationsisolerande infästningar av plaströr måste vara mycket eftergivliga för att fungera.

Projektörer föreskriver ibland att rören skall lindas med elastisk duk innanför de "svep" (rörklamrar) som normalt används. Provningarna visade, att metoden är känslig för utförandet, om duken kläms åt av svepet uteblir dämpningen. Med rymliga svep och tjock isolering kan tillräcklig isolering uppnås, och metoden kan vara tillämplig vid efterhandsåtgärder. För normal montering är det dock bättre att använda de dämpningsordningar som leverantören tillhandahåller, förutsatt att dessa har dokumenterat god dämpning.

Avloppsrör skall aldrig klamras i en lätt schaktvägg mot rum med ljudkrav, oavsett material eller infästningsmetod. Mätningar på kv. Lagbasen, Skanska/Familjebostäder, visade att hörbara skvalljud klarade ljudklass B men utan marginal, sannolikt därför att rören varit infästa i en lätt schaktvägg med 2x13 gips på 70 mm stålreglar. På kv Filmstaden (Skanska) uppfylldes inte ljudklass B pga. skvalljud vid spolning i WC, med lätta plaströr bakom lätt schaktvägg. Efter utfyllnad av schaktets mellanrum med cellulosa-fibrer uppfylldes ljudkravet. Denna åtgärd bör inte tillämpas regelmässigt, men kan möjligen tillgripas då problem redan har konstaterats.

#### *Byggfakta från Sintef Byggforsk, Norge*

Anders Homb vid Sintef Byggforsks akustikavdelning i Trondheim (fd Norsk byggforskningsinstitut) har gjort en litteraturstudie inom ett industriprojekt och granskat ett antal laboratorie- och fältmätningar<sup>1</sup>. Han har visat, att en stor andel av boningsrummen i de undersökta bostäderna hade högre ljudnivåer vid utspolning från WC i angränsande utrymmen till avloppssystemet än

<sup>1</sup> Ej publicerad. Denna sammanfattning är gjord med tillstånd av Anders Homb, SINTEF Byggforsk

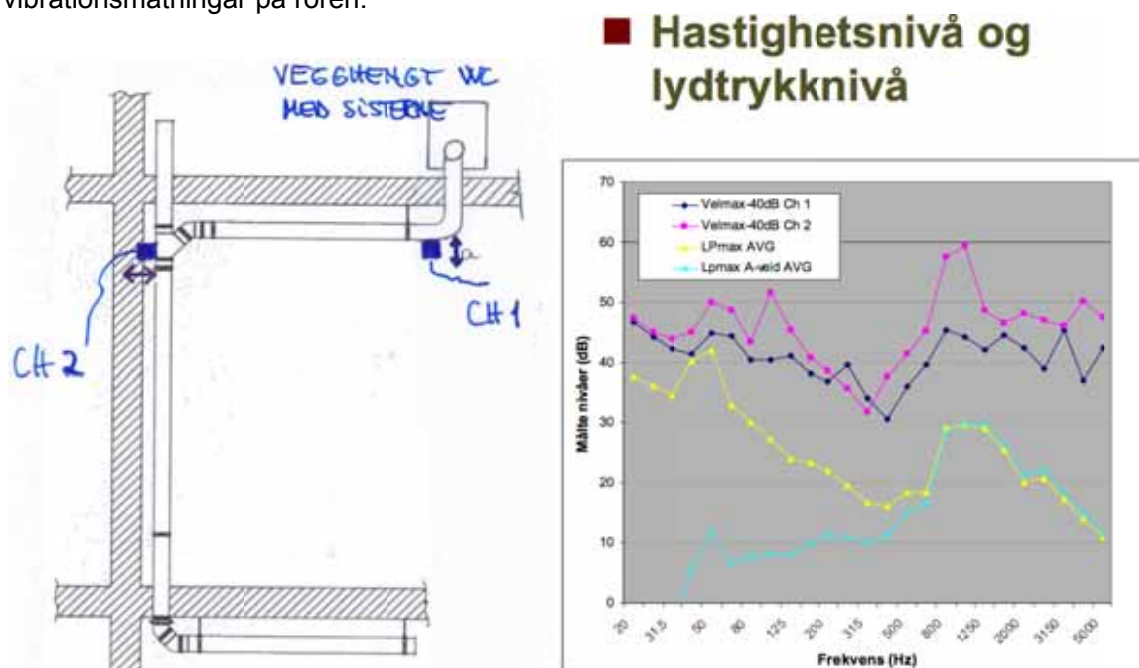
vad som godtas enligt ljudklass C i den norska ljudklassningsstandarden NS 8175:  $L_{pAFmax}$  32 dB (A-vägd maximal ljudtrycksnivå med tidsvägning FAST) och med C-vägning  $L_{pCFmax}$  47 dB. För  $L_{pAFmax}$  överskreds kravet i 64 av 93 mätningar (69 %) och för  $L_{pCFmax}$  var motsvarande siffror 43 av 53 (90 %) över 47 dB. Även i kök och badrum där 5 dB högre nivåer godtas var andelen överskridanden höga, 65% resp 49%. Endast ett fåtal mätningar visar mer än 15 dB överskridande av kravet, vilket indikerar att olika åtgärder som ger mer än 15 dB insättningsdämpning kommer att vara tillräckliga för att klara kraven på stomljud.

Sintef Byggforsks provningar i laboratorier har även jämförts med provningar i Fraunhofer Bauphysiks tester. Man har visat att luftljudsbidrag från rör in till samma rum är ungefär likvärdiga för gjutjärnrör och så kallade bullerdämpade plaströr. Hårda enskiktiga plaströr (PVC, PP, PEH) ger omkring 5 dB högre luftljuds nivåer. Användningen av 2 st 45 graders böjar jämfördes med 90 graders böjar, vilket visade att dubbla 45-böjar minskar ljudalstringen med cirka 1 dB för gjutjärn och 2 dB för plaströr. Åtgärden föreslås ibland, men den räcker oftast inte för att dämpa luftljudalstringen och med stor sannolikhet gäller detta även för stomljudsbidraget via fästena.

Då rören täcks av rörsålar i mineralull får man upp till 10 dB lägre luftljuds nivåer, främst vid höga frekvenser. Cellgummisvep påverkar luftljudsbidraget med 2-3 dB för plaströr och 5-6 dB för gjutjärnrör. Rörsvepen dämpar sannolikt inte stomljud särskilt effektivt, eftersom det ligger vid lägre frekvenser. Ljudabsorberande undertak av lätta mineralullsplattor kan dämpa luftljud från rörsystem ovanför taket med cirka 7-8 dBA och 2-3 dBC. Med täta undertak av tunga skivor (gips+mineralull) kan man räkna med 15-20 dB dämpning, något mindre vid låga frekvenser.

Så kallade våtrumskassetter som är vanliga i samband med prefabricering och ombyggnader kan ge höga luftljuds nivåer ( $L_{pAFmax}$  över 60 dB), troligen ännu högre inne i schakten. Det kan därför vara en bra idé att komplettera schakt med ljudabsorberande material, t.ex. mineralull eller öppenporiga skumplastmaterial. Fuktaspekter bör beaktas, t.ex. att ljudabsorbenten inte hindrar ev. läckagevatten komma ut och att eventuella slitsar hålls fria om de är avsedda att indikera läckage.

Sintefs mätningar i en försöksuppställning med gjutjärnrör som dras förbi lätta regelvägar och genom träbjälklag enligt följande bild visar att det främst är de höga frekvenserna som påverkar den A-vägd ljudnivån från stomljudet. Samvariationen mellan vibrationsnivåer och mätta ljudnivåer var god, vilket innebär att man kan spåra orsaker till ljudstrålning med hjälp av vibrationsmätningar på rören.



Figur 10. Fältprov, Sintef Byggforsk.

Det var i detta fall en stomljudsbygga mellan rör och bjälklag som gav stomljud i lägenheter bakom väggen (till vänster i figuren). Sintef avråder från att man skapar styva kontaktpunkter mellan avloppsrör och lätta byggnadsdelar (såväl regelväggar som träbjälklag). Alla infästningspunkter och genomföringar måste vara utförda med elastiska mellanlägg som hindrar stomljud.

Det är också möjligt att göra det omvända, att skapa ett starkt luftljud i rummet (med högtalare) där man har en störning och sedan leta med en vibrationsgivare efter de punkter som vibrerar mest.

#### 4. Kök

Fältmätningar av Gärdhagen Akustik har visat, att ljud från hantering av porslin i köksskåp och diskning i bänk som fästs in styvt i en 20 cm betongvägg medförde klagomål på ljudnivåer i rum på andra sidan väggen. Mätningarna visade cirka 45 dB A-vägd ljudnivå, läge F, vilket är 10 dB över kravet i ljudklass C och kan bedömas vara oacceptabelt höga. Andra akustiker har erfart att ljudnivåerna ligger nära ljudklassens krav, men att klagomål på ljudstörningar från köksinredning är relativt vanliga. SP provningarna (bilaga 2) bekräftade bilden, här erhöles cirka 55 dB då dörrarna fick falla igen de sista cm med hjälp av de självstängande gångjärnen, utan annan påskjutning. Omräkning från 10 cm betongvägg i laboratoriet till fältfallet ger cirka -10 dB.

I projektets delrapporter har redovisats exempel på fungerande, men utförandekänsliga lösningar med silikonkuddar på skåpsstommen, som under gynnsamma omständigheter räcker till för att hindra köksinredningen från att föra över stomljud till en lägenhetsskiljande betongvägg. Men om väggen inte är helt plan, eller man drar åt skruvarna för hårt, eller om skruvarna ligger an emot skåpsstommen, så fungerar inte lösningen. De bussningar som tagits fram av Christian Berner AB och Vibratec AB (se huvudrapporten) provades därför i laboratorium med gott resultat, se bilaga 2. Dessa är avsevärt mer robusta (mindre känsliga för avvikelser i utförandet).

Myresjökök avser att erbjuda dessa bussningar för sina skåp, och de är tillräckligt effektiva för att det inte skall behövas tilläggsisoleringar av lägenhetsskiljande vägg mellan kök och sovrum. Vid monteringen måste man dock passa på att ojämnheter i väggen inte medför stum kontakt mellan skåp och vägg. Mätresultat från SP-provningarna finns i bilaga 2.

#### 5. Hiss

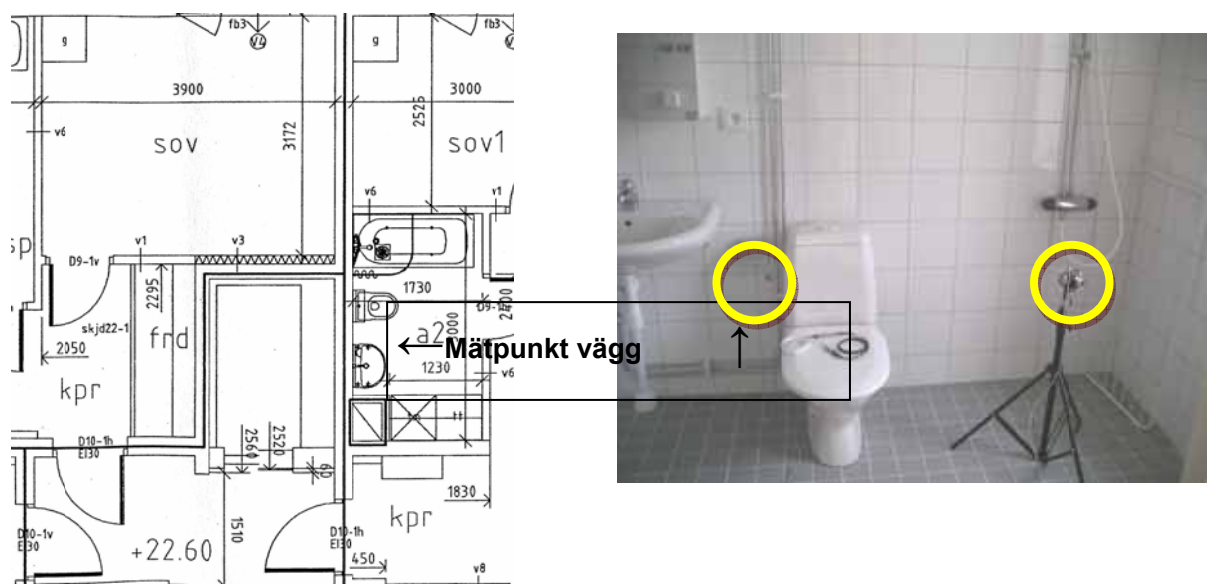
OTIS Hiss har hjälpt till med provningar både i fält (se nedan) och på SP. I laboratoriet (bilaga 2) provades en hissgejder på två väggstöd med olika typer av vibrationsdämpande mellanlägg från Christian Berner och Vibratec. Lösningen bedöms vara så praktisk, med vissa justeringar, att den kan användas både vid nyproduktion och vid efterhandsåtgärder i befintliga anläggningar.

Vibratec har en lösning benämnd ISO-FIX från CDM som redovisas i huvudrapportens del B. Lösningarna bedöms ge tillräcklig dämpning för att man skall kunna undvika tilläggsisolering av väggar mot hisschakt av 20 cm betong. Tills mer underlag finns bör dock vägg mot maskin (översta plan) tilläggsisoleras, särskilt om det finns infästningar mellan maskin och schaktvägg.

I ett första försök att mäta ljudnivåer i fält (kv. Fikonet, Skanska) visade det sig att ljudnivån från hissen inte kunde mätas pga. för mycket bakgrundsljud i och utanför huset vid provtillfället, detta trots förberedande kontakter och förhandsinformation om provningarna. Det var dock möjligt att dra vissa slutsatser, trots bakgrundsljuden. Den nya hisstypen med gummiklädda drivlinor och maskinen ovanpå gejderna har en tyst och jämn gång, men ljudet är ändå hörbart därför att man urskiljer rena toner (vid drivning), samt kortvariga gnissel och slagljud (bromsklossar).

Enligt SS 25267 avsnitt 3.3.1 gäller ett "straffillägg" om 5 dB för sådana ljud: "Om rena toner i ljud från installationer kan urskiljas tydligt skall kravvärdet för A-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå i tabellerna i avsnitt 4 minskas med 5 dB." Efter en justering av hissens styrning för en annorlunda viktsbelastning minskade bromsljuden vid start av hissen, men vid det fabriksinställda värdet var bromsljuden tydligt hörbara inne i lägenheten.

En observation som kan göras i detta sammanhang, är att det är utomordentligt besvärligt att bestämma ljudnivåer från en viss ljudkälla med acceptabel mätnoggrannhet, om det förekommer störande ljud i omgivningen. Ljud från hiss (samt WC, fläktar mm) sammanlagras med trafikbuller, dörrar, stegljud, röster och andra aktivitetsljud. Det finns därför anledning att se på någon form av mätmetod, som är bättre lämpad än ISO 16032 att bestämma nivåer för en viss installation. Ett sätt skulle kunna vara, att kontinuerligt jämföra en vibrationssignal i schaktväggen med den luftljudtrycksnivå som mäts i rummet. Vid provet visade det sig, att nivåerna inte samvarierade och ljudet kunde alltså konstateras komma från andra aktiviteter än via stomljud från hissen. Lyssning under proverna räckte dock för att göra ovanstående kvalitativa bedömning.



Figur 11. Provplats för hissljud, kv. Fikonet Stockholm, Skanska nyproduktion. Mätning i våtrum bakom lägenhetsskiljande vägg utan tilläggsisolering. Notera att tilläggsisoleringen i sovrummet kortsluts delvis av att rums- och lägenhetsskiljande vägg sitter ihop med schaktväggen.



Figur 12. Infästningsdetaljer för hiss i Skanska kv. Fikonet. Alla beslag är styvt infästa i stommen. Hissmaskinen vilar helt uppe på gejderna, vilket innebär att bussningar i väggbeslagen (t v) skulle kunna bryta alla typer av vibrationer i maskin, drivlinor och bromsanordningar. Kontaktorskåp och dörrskenor kan enkelt fästas in i hissfronten med bussningar.

Bernström Akustik har gjort mätningar åt JM Bygg i kv. Mandeln i Stockholm. Där har man visat att man klarat ljudklass B i rum bredvid hissachakt, utan tilläggsisolering, med undantag av rum direkt bakom hissmaskin. Maximalnivåerna var cirka 27-28 dB, ekvivalentnivåerna cirka 22 dB (A-vägda ljudnivåer). Förutsättningen angavs vara, att schaktväggen består av minst 20 cm betong. Man hade i det aktuella fallet bytt ut hissmotorn.

Mätningar på kv. Lagbasen, Skanska/Familjebostäder, visade att hissljud klarade ljudklass B utan marginal, trots att vägg mot schakt var tilläggsisolerad med 2x13 gips på 70 mm stålreglar, en lösning som borde ha gett avsevärd marginal till krav. Ljudet från hisskorg i gång, stoppslag, dörrmanövrering mm var tydligt hörbart i rummet, trots normala bakgrundsljud från ventilation och trafik. Tilläggsisoleringens effekt begränsas av flanktransmission ut i bjälklagen.

Fältmätningar av Gärdhagen Akustik i ett objekt visade cirka 29 dBA ekvivalentnivå och 36 dB maximalnivå under drift av hiss, klart hörbara ljud mot bakgrunden. Ljudklass C innehölls alltså inte. Konstruktionen var en betongvägg, tjocklek ej känd men sannolikt 18 eller 20 cm.

Man behöver inte bygga så att boende störs av hörbara ljud från hissen. Det är önskvärt att OTIS och övriga leverantörer tar fram tilläggsåtgärder, t.ex. på basis av den lösning som redovisas i bilaga 2. Konstruktioner med maskinen uppställd i överkant av gejderna innebär att en vibrationsisolering av väggfästena för gejderna även isolerar bort stomljud från t.ex. bromsklackar, gnissel mot gejdersko och maskinljud. Dörrskenor bör kunna sättas med bussningar utan praktiska olägenheter. Kontaktorskåp bör kunna monteras med bussningar som hindrar reläernas klickljud att gå in i stommen. Stomljud från ojämnheter i gejden bör också kunna justeras. Om det skulle finnas sammanfallande resonanser mellan hissmaskin och schaktväggar, kan en enkel åtgärd vara att ändra maskinens varvtal något.

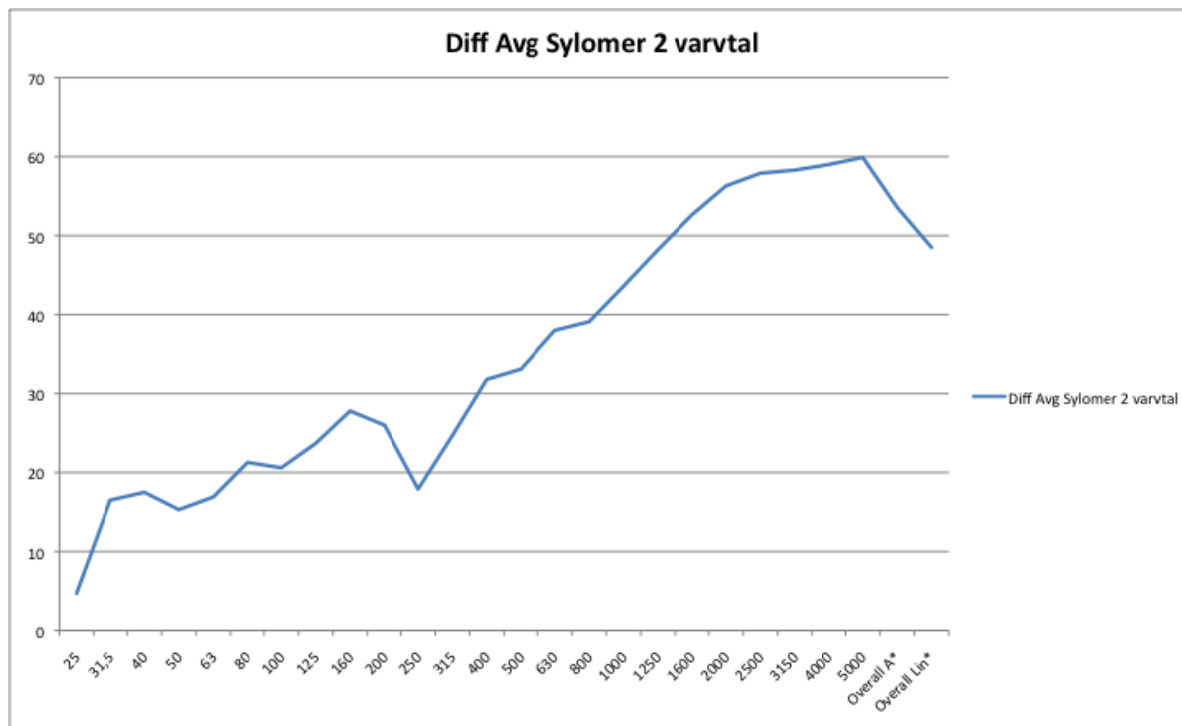
Vi bedömer sammantaget, att de nya hisstyper som finns på marknaden idag, tillsammans med nämnda justeringsåtgärder och/eller dämpåtgärder kommer att möjliggöra så tysta hissar att tilläggsisolering inte behövs, förutsatt att en omsorgsfull montering och injustering görs. Undantaget är rum som gränsar mot hissmaskinen, som bör tilläggsisoleras till dess mätningar visar att de inte behövs.

## 6. Ventilationsaggregat

Mätningar av stömljud i ett ventilationsaggregat med direktdriven kammarfläkt i mellanstorlek genomfördes i SWEGON fabrik i Kvänum, enligt den föreslagna NORDTEST-metoden (se huvudrapportens fotnot 11).



Figur 13. Vibrationsprovning av ventilationsaggregat hos SWEGON



Figur 14. Skillnader i vibrationshastighetsnivå i bjälklaget, mellan aggregat i drift och stegljudsapparaten ("skenbar stegljudsdämpning"). Med Sylomerkuddar mellan ram och fläkt.

Beräknad ljudnivå i ett rum under detta aggregat, med olika betongbjälklag, se avsnitt 8.

## 7. Värmepumpar

Thermia Värme (Danfoss) deltog i jämförelseprovningarna inom NICE/Nordtest-projektet. De avser att mäta sina värmepumpars vibrationsnivåer på en avvibrerad platta i sitt nya efterklangslaboratorium, med automatiserad mätdatainsamling samtidigt som luftljudseffekten bestäms. De kommer därför att kunna redovisa sina produkter på avsett sätt framgent. Det bör gå relativt lätt att övertyga andra tillverkare om att de bör mäta sina produkter på motsvarande sätt. Merkostnaden blir liten, eftersom vibrationerna kan mätas samtidigt som maskinen testas mot andra funktionskrav.