

God ljudmiljö i förskola och skola

- krav på rum, bygg- och inredningsprodukter för minskat buller



Renoverat klassrum i Västerbergsskolan



Renoverad lekhall i Krokslätts förskola

Marie Hult, Agneta Agge,
Pontus Larsson, Kerstin Persson Waye

Rapport nr 4: 2011
Enheten för Arbets- och miljömedicin
Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa



Enheten för Arbets- och miljömedicin:

Kerstin Persson Waye

Agneta Agge

Fredric Lindström

White Arkitekter AB, Stockholm:

Marie Hult

Omslagsbilder: Elin Grape

Samtliga rapporter finns att hämta som pdf fil på

www.amm.se/soundenvironment

Övriga rapporter från detta projekt

- God ljudmiljö i förskola – samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram. (Rapport nr 2: 2011)
- God ljudmiljö i skola – samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram. (Rapport nr 3: 2011)
- God ljudmiljö i förskola – beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram. (Rapport nr 6: 2011)
- God ljudmiljö i skola – beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram. (Rapport nr 7: 2011)

Enheten för Arbets- och miljömedicin
Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa
Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet
Box 414, 405 30 Göteborg
ISBN 978-91-978916-7-7

Telefon: 031-786 6300
E-post: amm@amm.gu.se
Hemsida: www.amm.se

Innehåll

FÖRORD	6
SAMMANFATTNING	8
FÖRKLARING AV LJUDBEGREPP	12
1. INLEDNING	18
SYFTE	18
BAKGRUND	19
MYNDIGHETSKRAV FÖR LJUDMILJÖN I FÖRSKOLOR OCH SKOLOR	20
<i>Arbetsmiljökrav för verksamhetsrelaterat buller.....</i>	<i>20</i>
<i>Inga riktlinjer för förskolebarn 0-5 år.....</i>	<i>21</i>
<i>Byggnadsrelaterat buller.....</i>	<i>21</i>
2. METOD	24
2.1 METOD FÖR STUDIEN SOM HELHET.....	24
2.2 METOD FÖR URVAL AV AKUSTISKT INTRESSANTA MATERIAL.....	24
<i>Undersökning av marknaden.....</i>	<i>24</i>
<i>Frågeformuläret till leverantörer av bygg- och inredningsprodukter.....</i>	<i>25</i>
<i>Insamling av kompletterande data.....</i>	<i>27</i>
3. UTFALL AV KONTAKTER OCH FRÅGEFORMULÄR.....	29
3.1 URVAL 1.....	29
3.2 URVAL 2.....	29
3.3 AKUSTISKA PRODUKTEGENSKAPER SOM LEVERANTÖRERNA FRAMHÖLL	29
<i>Takabsorbenter.....</i>	<i>30</i>
<i>Väggabsorbenter</i>	<i>30</i>
<i>Skärmväggar</i>	<i>30</i>
<i>Golv</i>	<i>31</i>
<i>Möbler och inredning.....</i>	<i>32</i>

<i>Olika sätt att redovisa ett materials absorptionsförmåga</i>	<i>32</i>
<i>Stegljudsreduktion för golvbeläggningar</i>	<i>35</i>
<i>Trumljudsreduktion för golvbeläggningar, uttryckt i dB.....</i>	<i>37</i>
<i>Trumljudsreduktion för golvbeläggningar uttryckt i Son</i>	<i>38</i>
<i>Ljudnivåreduktion och absorptionsfaktor för skärmväggar</i>	<i>40</i>
<i>Reduktion av bullerkällor orsakade av material mot varandra.....</i>	<i>40</i>
<i>Datorberäkning av efterklangstid med stolar och bord med ljudabsorbent under sitsen.....</i>	<i>41</i>
<i>Synpunkter på stolar som framfördes av projektgruppens panel</i>	<i>42</i>
4. ÅTGÄRDER.....	52
4.1 KORT BESKRIVNING AV DE FÖRSKOLOR OCH DEN SKOLA SOM VAR FÖREMÅL FÖR ÅTGÄRDER	54
<i>Toltorps förskola</i>	<i>54</i>
<i>Krokslättis förskola.....</i>	<i>54</i>
<i>Gärdesängens förskola.....</i>	<i>55</i>
<i>Västerbergsskolan</i>	<i>55</i>
4.2 ÅTGÄRDER I FÖRSKOLORNA	56
4.3 ÅTGÄRDER I SKOLAN	61
5. FÖRE- OCH EFTERSTUDIEN – MÄTNINGAR I TOMMA RUM.....	72
5.1 FÖRSKOLORNA	73
<i>Efterklangstid (T60).....</i>	<i>73</i>
<i>Taluppfattbarhet (D50 och STI)</i>	<i>74</i>
<i>Ljudets diffusitet (IACC = Interaural cross-correlation).....</i>	<i>76</i>
<i>Stegljud.....</i>	<i>77</i>
<i>Trumljud</i>	<i>77</i>
<i>Skrapljud, stötljud och slammer orsakat av två olika material mot varandra.....</i>	<i>80</i>
5.2 SKOLAN.....	81
<i>Efterklangstid (T60).....</i>	<i>82</i>
<i>Taluppfattbarhet (D50 och STI)</i>	<i>84</i>

<i>Ljudets diffusitet (IACC = Interaural cross-correlation).....</i>	<i>87</i>
<i>Trumljud</i>	<i>88</i>
<i>Skrapljud, stötljud och slammer orsakat av två olika material mot varandra.....</i>	<i>89</i>
6. FÖRE-EFTERSTUDIEN – MÄTNINGAR UNDER VERKSAMHET	90
6.1 PERSONBURNA DOSIMETRAR OCH RÖSTMÄTNINGAR	90
6.2 STATIONÄRA LJUDMÄTNINGAR	90
6.3 UPPLEVD LJUDMILJÖ FÖRE OCH EFTER ÅTGÄRDER I FÖRSKOLA.....	93
<i>Ljudmiljö</i>	<i>93</i>
6.4 UPPLEVD LJUDMILJÖ FÖRE OCH EFTER ÅTGÄRDER I SKOLA	95
7. UPPLEVELSER AV ÖVRIGA FÖRÄNDRINGAR AV MILJÖN ÄN LJUDFÖRHÅLLANDENA	98
7.1 ELEVERNAS BEDÖMNING AV DEN ESTETISKA MILJÖN	98
7.2 LOKALVÅRDARNAS BEDÖMNING AV DE NYA GOLVBELÄGGNINGARNAS STÄDBARHET I SKOLA	99
8. SLUTSATSER.....	101
8.1 INTERVENTIONSSTUDIEN – BLEV DET BÄTTRE?	101
8.2 MATERIALSTUDIEN	101
9. STRATEGIER, KRAV OCH REFERENSVÄRDEN FÖR PLANERING AV GOD LJUDMILJÖ	103
9.1 RUMSUTFORMNING	103
9.2 LJUDPARAMETRAR OCH REFERENSVÄRDEN FÖR RUM I FÖRSKOLOR OCH SKOLOR	105
<i>Ljudtrycksnivå från installationer i tomma rum.....</i>	<i>105</i>
<i>Ekvivalent ljudtrycksnivå från trafik</i>	<i>105</i>
<i>Ljudtrycksnivå i rum med verksamhet</i>	<i>105</i>
<i>Efterklangstid (T60).....</i>	<i>105</i>
<i>Taluppfattbarhet (D50, STI och RASTI).....</i>	<i>106</i>
<i>Luftljudsisolering.....</i>	<i>108</i>
<i>Stegljudsnivå</i>	<i>108</i>
<i>Trumljudsnivå.....</i>	<i>108</i>
<i>Trumljudsreduktion</i>	<i>109</i>

<i>Skrapljud, stötljud och slammer</i>	109
<i>Diffusion och reflexion</i>	109
<i>Diffusitet (IACC)</i>	109
9.3 LJUDPRESTANDA FÖR BYGG- OCH INREDNINGSPRODUKTER	110
9.4. FÖRSLAG PÅ PLANERINGSSTRATEGI FÖR GOD LJUDMILJÖ I FÖRSKOLOR OCH SKOLOR	114
9.5 FÖRSKOLA OCH SKOLA RUM FÖR RUM.....	115
<i>Förskolans matrum (Allrum 2)</i>	115
<i>Förskolans ”bygg-/lekrum” (Allrum 1)</i>	116
<i>Förskolans lekhall (Rörelselek)</i>	117
<i>Klassrummet</i>	119
<i>Skolmatsalen</i>	120
REFERENSLITTERATUR	123
BILAGA 1: BREV TILL TILLVERKARE AV PRODUKTER MED INTRESSANTA AKUSTISKA EGENSKAPER	125
BILAGA 2: FRÅGEFORMULÄRET TILL TILLVERKARE OM DERAS PRODUKTER	127
BILAGA 3: NÅGRA LJUDMÄTNINGAR OCH BERÄKNINGAR SOM UTFÖRTS AV ANDRA AKTÖRER PÅ LJUDDÄMPADE STOLAR OCH BORD	130
BILAGA 4: DETALJERAD BESKRIVNING AV INREDNING I FÖRSKOLOR OCH SKOLA FÖRE OCH EFTER ÅTGÄRDER	131
BILAGA 5 EXEMPEL PÅ MÖBLER MED GODA LJUDEGENSKAPER	146

Förord

Denna rapport avser att ge råd om hur man kan skapa goda ljudmiljöer i förskolor och skolor, med erfarenheter från Mölndals stad. Den riktar sig till berörda arkitekter och andra projektörer, personal i förskolor och skolor, kommunpolitiker, tjänstemän på fastighetskontor och privata företag som ansvarar för barnomsorg och utbildningsverksamhet.

I förskolor och skolor har man konstaterat ökade problem med buller - så även Mölndals stad. Höga ljudnivåer i dessa miljöer är ett multifaktoriellt problem, som måste angripas från många olika håll, inte minst genom vägning av gruppstorlek mot de enskilda barnens behov och pedagogisk inriktning på verksamheten. Men utgångspunkten för detta projekt var att en hel del också går att göra med den fysiska miljön för att minska bullret.

Mölndals stads fastighetsavdelning, Samfast, har sedan flera år tillbaka, ett pågående arbete för att förbättra akustiken i särskilt utsatta rum i förskolor och skolor. Med fastighetsförvaltare Bo Ljungberg som idéspruta och genomförare har ett antal innovativa, tekniska åtgärder vidtagits för att sänka efterklangstider och ljudnivåer. Åtgärderna omfattade främst ändringar i ytskikt samt i fast och lös inredning.

Mölndals stad ville få detta utvärderat på ett vetenskapligt sätt innan man gick vidare med åtgärder i fler byggnader och innan man spred erfarenheter till andra. Man ville också få fram mer nyanserade funktionskrav för ljudförhållanden, som kan användas för olika rumstyper vid ny- och ombyggnad av förskolor och skolor. Kontakt togs med Marie Hult, White arkitekter AB, för att få till stånd ett sådant utvärderingsprojekt. I samarbete med Kerstin Persson Waye vid avdelningen för miljömedicin, Göteborgs universitet, kom så två projekt igång under 2005/2006 med tvärfacklig inriktning och med fältstudier förlagda till förskolor och skolor i Mölndals stad.

Det ena projektet, som hade stöd från Formas och Västra Götaland hade titeln "Hur uppnås god ljudmiljö i förskolor och skolor – utvärdering av ljud- och miljöaspekter". Det projektet syftade till att utveckla mätmetoder för och mäta fysiska och upplevelsemässiga förändringar av åtgärder för att minska buller i förskolor och skolor i Mölndals stad. Projektet syftade även till att utvärdera och dokumentera de ljudmässiga kvaliteterna på testade lösningar, utvärdera och dokumentera andra miljöaspekter som god luftkvalitet, ekologisk hållbarhet samt arkitektonisk gestaltning. Det senare har skett i samverkan med projektet Materialkrav (se nedan). Projektet har genomförts som en interventionsstudie, d.v.s. genom ljudmätningar och enkäter före och efter genomförande av åtgärder som syftade till att åstadkomma en förbättrad ljudmiljö. Projektledare var Kerstin Persson Waye.

Det andra projektet, "Bullerdämpande åtgärder i förskolor och skolor", med kortnamnet "Materialkrav" fick stöd från Stiftelsen för arkitekturforskning, ARQ. Det hade inriktning på kravspecifikationer, åtgärder och val av bygg- och inredningsprodukter för god ljudmiljö. Projektledare för detta var Marie Hult, White arkitekter. Samarbetet mellan de två projekten har varit nära och skett med fokus på den gemensamma frågeställningen: Hur uppnås god ljudmiljö i förskolor och skolor?

Föreliggande rapport, som är den femte från projektet, är ett försök att göra en syntes av det som kommit fram ur både material- och interventionsstudien i Mölndal för att kunna dra generella slutsatser om lämpliga kravspecifikationer, strategier och åtgärder för att uppnå god ljudmiljö, i fem särskilt utsatta rumstyper i förskolor och skolor.

Övriga rapporter som finns från projektet är:

Rapport I: God ljudmiljö i förskola - Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram redovisar de före- och efterstudier som Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs Universitet utfört i förskolor. Det gäller enkäter om upplevd miljö till personal och föräldrar, intervjuer med förskolebarn samt mätningar av ljudnivåer med full verksamhet lokalerna. Här redovisas också den metodutveckling som prövats i projektet vad gäller att mäta röstläge, röststyrka hos barn och personal mm.

Rapport II: God ljudmiljö i skola – Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram redovisar motsvarande studier som rapport I, fast för en skola, Västerbergsskolan.

Rapport III: God ljudmiljö i förskola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram redovisar de akustiska mätningar i tomma rum i förskolor som utförts av Pontus Larsson, då anställd vid institutionen för teknisk akustik vid Chalmers, numera Snöhöjdens Konsult HB. I rapporten diskuteras också relevansen av olika akustiska mätmetoder, som underlag för kriteriesättning.

Rapport IV: God ljudmiljö i skola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram redovisar motsvarande studier i Västerbergsskolan.

Rapporterna, inklusive **föreliggande rapport V**, kan beställas från institutionen för Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs universitet eller laddas ner från institutionens hemsida http://www.medicine.gu.se/avdelningar/samhallsmedicin_folkhalsa/amm under rubriken Publikationer.

Bo Ljungberg, Samfast, Mölndals stad, har svarat för de ljuddämpande åtgärderna och Agneta Agge från Arbets- och miljömedicin har arbetat med fältstudiearbetet. Samarbete etablerades också med institutionen för tekniskt akustik vid Chalmers, genom Pontus Larsson, numera Snöhöjdens Konsult HB, som stått för de rumsakustiska mätningarna före och efter åtgärder. I en förstudie för urval av lämpliga material medverkade produktdesigner Sigrid Strömgren, då som elev på HDK. Så gott som samtliga fotografier i denna rapport är tagna av fotograf Elin Grape.

Förutom ovan nämnda finansiärer har Mölndals stad stött studien, både genom kontantmedel och arbetsinsatser. Till projektet har funnits en referensgrupp, som bestått av Bo Ljungberg, Samfast och rektorerna Ingela Borén och Johan Berntsson. Vi tackar referensgruppens medlemmar, som villigt försett oss med data och förberett personal och föräldrar på enkäter och mätningar ute i klassrum och förskoleavdelningar. Vi tackar också de materialföretag som försett oss med information om och prover av sina produkter. Slutligen tackar vi barn, föräldrar och anställda på förskolorna och skolorna, som låtit sig intervjuas, bära utrustningar och fylla i formulär. Utan alla dessa personers insatser skulle studien inte ha varit möjlig.

Januari 2011

Marie Hult	Agneta Agge	Pontus Larsson	Kerstin Persson Waye
White arkitekter	Arbets- och	Snöhöjdens Konsult	Arbets- och
AB	miljömedicin	HB	miljömedicin
Stockholm	Göteborgs universitet	Göteborg	Göteborgs universitet

Sammanfattning

Bakgrund

På initiativ av Mölndals stad startade ett forskningsprojekt ”Hur uppnås god ljudmiljö i förskolor och skolor?”. Syftet var att utvärdera de ljudförbättrande åtgärder som genomförts och planerades bli genomförda i särskilt utsatta rum i denna typ av lokaler. De rum som var föremål för åtgärder var enligt Mölndals och denna rapports benämningar **matrum** (Socialstyrelsens gamla benämning: Allrum 2), **bygg-/lekrum** (Allrum 1) samt **lekhall** (Rörelselekrum) i förskola samt **klassrum**, **korridor** och **matsal** i skola. Syftet var också att, med erfarenheterna från Mölndal och utvärderingens resultat föreslå kravspecifikationer för god ljudmiljö i dessa rumstyper.

Produktinventering

En inventering av ytskikts- och inredningsmaterial med goda ljudegenskaper genomfördes med analys av hur tillverkarna redovisade ljudprestanda för olika typer av produkter.

För att få fram en bruttolista av produkter med goda ljudegenskaper och som lämpade sig i förskolor och skolor med avseende även på andra egenskaper gjordes ett urval i två steg med hjälp av en yrkesmässigt allsidigt sammansatt panel.

Syfte

Urvalsprocessen hade två syften:

- dels att få fram en bruttolista av intressanta ytskikts- och inredningsprodukter som Samfast kunde ha för urval av produkter till etapp II i Mölndals åtgärdsprogram för ”ljudsanering”.
- dels att få större klarhet i vilka jämförbara ljudprestanda som kan användas som krav i samband med upphandling av bygg- och inredningsprodukter.

Interventionsstudie

Parallellt påbörjades också en så kallad interventionsstudie, en studie av barns och personals upplevelse av ljudmiljö och hälsa före och efter åtgärder av den fysiska miljön som syftade till att minska buller. Studien genomfördes med ljudmätningar och enkäter till/ intervjuer med personal, barn och föräldrar i förskolan och lärare, elever och lokalvårdare i skolan.

Ljudmätningarna, enkäterna och intervjuerna hade också ett metodologiskt syfte; att komma fram till vad som är viktigt och möjligt att mäta och hur det ska mätas för att kunna bedöma om ljudmiljön förbättrades efter åtgärdernas genomförande och på vilket sätt. Upplevelsen av ljudmiljön var klart förbättrad efter de insatser som gjordes i Mölndals förskolor och skolor. Vid de fysikaliska mätningarna av rumsakustik och ljudnivåförändringar kunde också förbättringar konstateras, dock inte i motsvarande grad som den upplevda förbättringen. Detta talar för att det behöver utvecklas nya psykoakustiska mått som bättre förmår mäta den upplevda förändringen av ljudkvaliteten som uppnåddes.

Ytterligare ett syfte med ljudmätningarna var att försöka hitta vägar att nyansera hur ljudkrav kan ställas på olika typer av de ovan nämnda särskilt utsatta rummen i förskolor och skolor.

Rapportens innehåll

På sidorna 10-14 i rapporten återfinns förklaringar av olika ljudbegrepp.

I kapitel 1, Inledning, görs en kort omvärldsbeskrivning med resultat från andra projekt om ljudmiljö i förskolor och skolor samt en genomgång av gällande myndighetsregler på området. Flera undersökningar har visat att ljudnivåerna i förskolor inte ligger så långt under gällande gränsvärden.

I kapitel 2 redovisas ”materialprojektets” metod.

I kapitel 3 presenteras utfallet av kontakter med företagen som svarat på en enkät om sina produkter. Där summeras vilka ljudprestanda de framhåller för de olika produkttyperna tak- och väggabsorbenter, skärmväggar, golv, möbler och inredning. De viktigaste måtten på ljudprestanda presenteras sedan lite mer i detalj.

I kapitel 4 beskrivs de åtgärder som genomfördes för att förbättra ljudmiljön. I bilaga 4 finns dessutom en detaljerad beskrivning av ytskiktmaterial och inredning före respektive efter åtgärder i varje rum som ingick i studien.

I kapitel 5 görs en summering av de viktigaste resultaten från de ljudmätningar som genomfördes i tomma rum före och efter åtgärder.

I kapitel 6 finns motsvarande sammanfattning av de viktigaste resultaten av ljudmätningar i rum med verksamhet före och efter åtgärder, liksom av resultaten från enkäterna om upplevd ljudmiljö och hälsa.

I kapitel 7 presenteras hur förändringarna upplevdes utifrån andra infallsvinklar än ljudmiljön.

I kapitel 8 görs en kort summering av interventionsstudiens och materialstudiens resultat som kan ha bäring på hur ljudkrav kan ställas.

I kapitel 9, slutligen, sammanfattas det som kommit fram av studien i form av strategier, exempel på krav, referensvärden och lösningar för god ljudmiljö.

Avgränsningar

Det är viktigt att framhålla att denna studie har fokuserat på förbättring av befintliga lokaler och endast delvis berört planering av nya lokaler för förskolor och skolor. Med undantag för den viktiga parametern efterklangstid har ljudmätningarna inte heller berört sådana parametrar som framför allt är viktiga vid planering av nya förskolor och skolor och som finns väl beskrivna och underbyggda i den svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007).

Slutsatser och diskussion

En erfarenhet från materialprojektet är att ljudprestanda ofta är otillräckligt redovisade för olika bygg- och inredningsprodukter och utrustningar. Det är också så att olika typer av teststandarder används för samma typ av produkter, kort sagt är det en riktig snårskog att sätta sig in i vilka prestanda som är relevanta och jämförbara för en viss produktgrupp.

Det saknas också ofta ett helhetstänkande kring utrustning i förskolor och dess interaktion med ytskikten, något som Mölndals stad arbetat med på ett framgångsrikt och föredömligt sätt. En tanke som väckts under projektets gång är att det vore relevant att ta fram både standardiserade laboriemätmetoder och fältmättningsmetoder med vilka man skulle kunna "samtesta" ljudnivåer som uppstår när olika ytmaterial (byggnadens ytskikt, ytskikt på möbler, leksaker, porslin, bestick mm) möter varandra, t.ex. stolar mot golv, bordsytor och matvagnar mot bestick, tallrikar och glas samt leksaker mot golv och väggars nederkant.

Överhuvudtaget skulle kanske intresset riktas mer mot att förebygga ljud och åt att medvetet åstadkomma diffusion av direktljudet för bättre absorption och reflexion och för bättre taluppfattbarhet i rum. Ljudabsorbenter är oerhört viktiga, men de ska helst inte användas för att kompensera för från början dålig ljudplanering. För att komma åt det höga direktljudet i förskolor och skolor måste problemet naturligtvis även angripas med överväganden om barngruppernas/ skolklassernas storlek och annan ljudmedveten pedagogik. Det senare är inte ämnet för denna rapport, men förhoppningsvis kan rapporten inspirera till ett bättre samspel mellan pedagogiken och den fysiska utformningen för god ljudmiljö, t.ex. i arkitektarbetet och vid personalens inköp av lekutrustning, möbler mm.

I vissa fall kan plastmattan med akustisk baksida, som använts i stor utsträckning i Mölndals kommun, inte fullt ut motiveras ur akustisk synvinkel. Det gäller den som applicerats på nedre delen av väggarna och den under bordsskivor. För väggars nederdel tydde de akustiska mätningarna på att en träpanel en meter upp från golv var bättre på att "slå sönder" ljudet och skapa en lägre efterklangstid än väggplastmattan. Däremot dämpas förståst stötar mot väggar bättre med ett mjukt material. För t.ex. bordsytor och matvagnars ovansida där skrapljud och slammer från porslin kan ge höga ljudnivåer har det stötljuddämpande ytskiktet en akustiskt bra funktion. Det finns alternativa, mer miljöanpassade material än pvc-plast, som kan användas vid tillämpning av de innovativa lösningar som genomförts i Mölndal. Sådana ytskikt kan t.ex. bestå av korkmatta, linoleummatta eller gummi.

När det gäller att få fram information om olika produkters miljöegenskaper är det lättare för byggprodukter än för inredningsprodukter. De flesta byggvaruföretag tillhandahåller Byggvarudeklarationer enligt Kretsloppsrådets riktlinjer - ett av Byggsektorn standardiserat format. På senare tid har dock ett bra initiativ tagits av Västra Götalandsregionen med den så kallade Gröna listan, där material med bra miljöegenskaper förs in och utgör underlag för upphandling. Det finns också olika miljömärkningar av vissa produktgrupper, t.ex. Svanenmärkning av möbler.

En kort sammanfattning av vilka ljudparametrar som bedömts som väsentliga – och i vilket sammanhang, framgår av tabellen nedan.

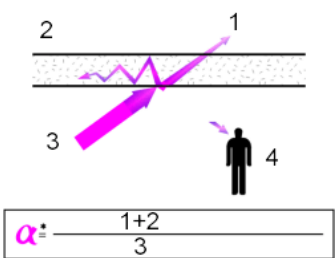
Ljudparametrar	För rummet som helhet	För golv	För tak	För vägg	För skärm- vägg	För möbler, utrustning
Ljudnivå under verksamhet	X					
Efterklangstid	X					
Ljudnivå från installationer	X					
Ljudnivå inomhus från trafik	X					
Absorptionsfaktor			X	X	X	X
Ljudreduktion					X	
Reflexion			X	X	X	X
Diffusion			X	X	X	X
Diffusitet, IACC – provas i projektet. Oklart om IACC har betydelse i små rum.	X?					X
Taluppfattbarhet, D50	X					
Taluppfattbarhet, STI	X					
Luftljudsisolering	X			X		
Stegljudsnivå (framför allt för lokaler i flera plan)	X					
Stegljudsreduktion		X				
Trumljudsnivå	X ¹					
Trumljudsreducering		X				X
Trumljudsförbättring		X				
Ljudnivå från skrapljud och slammer. Standardiserad mätmetod saknas.	X ²					
Ljudnivåreducering av skrapljud och slammer		X ²				X ²

1)Europeisk standard under utveckling.

2)Standardiserad mätmetod saknas.

Förklaring av ljudbegrepp

Begrepp	Förklaring
Akustisk reglering	Dämpning av reflexer
Avståndsdämpning	Hur mycket ljudnivån avtar horisontellt respektive vertikalt.
Daglig bullerexponeringsnivå	Det genomsnittliga buller som en arbetstagare utsätts för under cirka åtta timmars arbetsdag. Detta mäts med ekvivalent A-vägd ljudnivå, där A står för ett filter i instrumentet.
D50 = Deutlichkeit/ Definition	Indikerar relationen mellan tidiga reflexer (upp till 50 ms) och hela impulssvaret. D50 är ett mått som är relaterat till den subjektivt upplevda taluppfattbarheten och kan erhållas direkt ur samma impulssvar som används för mätning av efterklangstid.
Diffusion	Ett materials ljuddiffusion är dess förmåga att sprida ljud. Det finns en mätstandard, AES-4id-2001, utfärdad av den internationella organisationen Audio Engineering Society. Den används i huvudsak för mätning av diffusion hos paneler som ska hänga i inspelningslokaler och liknande.
Diffusitet	Se ljuddiffusitet och IACC.
Efterklangstid	Definitionen som används i Svenska Ljudstandarden SS 25268:2007 är: Den tid det tar för ljudet att minska 60 dB efter att ljudkällan stängts av, utvärderad mellan -5 dB och -25 dB, T_{20} . I detta projekt kallas efterklangstiden T_{60} och utvärderas mellan -5 dB och -35 dB.
Ekvivalent ljudnivå= L_{eq}	Kan liknas vid ett medelvärde av ljudtrycksnivåer under en viss tid, t.ex. ett dygn = dygnsekvivalent ljudnivå eller över en arbetsdag.
Frekvens	Ljudvågor/sekund. Uttrycks i Hertz (Hz).
Hörnivå= L_N	Uttryck för hur en normallyssnare under specificerade förhållanden uppfattar styrkan hos ett ljud. Hörnivån, som kan betecknas L_N , uttrycks i phon , så att antalet phon överensstämmer med antalet decibel (dB) för ljudtrycksnivån hos en ren ton med frekvensen 1 000 Hz vilken uppfattas som lika stark som ifrågavarande ljud. Om t.ex. ljudet i fråga låter lika starkt som en 1 000 Hz-ton med ljudtrycksnivån 65 decibel, är dess hörnivå 65 phon. Se också kapitel 3 under rubriken ”Trumljudsreducering för golvbeläggningar uttryckt i Son”.
Hörstyrka = N	Hörstyrkan är uttryck för hur en normallyssnare under specificerade förhållanden uppfattar styrkan hos ett ljud. Hörstyrka uttrycks i son och är ungefär proportionell mot subjektiva styrkan, Antalet son som motsvarar en phon valdes så att en dubbling av antalet son för det mänskliga örat låter som en fördubbling av ljudtrycksnivån, vilket också motsvarar en ökning av ljudtrycksnivån med cirka 10 dB. d.v.s. 1 son = 40 phon, 2 son = 50 phon, 3 son = 60 phon, 4 son = 70 phon etc. Se också kapitel 3 under rubriken ”Trumljudsreducering för golvbeläggningar

Begrepp	Förklaring
	uttryckt i Son”.
Hörbart ljud	Ljud som det mänskliga örat kan höra. Den övre gränsen för vad människan kan höra ligger vid 20 000 Hz. Inom det lägre frekvensområdet upphör den tonala upplevelsen vid 16 Hz, men ljud från lägre frekvenser kan höras om det här tillräckligt ljudtryck. <i>Infraljud</i> och <i>Ultraljud</i> .
IACC	Eng. Interaural cross-correlation. Ljuddiffusitet, se det ordet nedan.
Impulsstoppvärde	Nivån på den kortvariga ljudtoppen som förekommer under en arbetsdag. Detta mäts med ett så kallat C- filter i instrumentet och inställning peak.
Infraljud	Svängningsrörelse med mindre frekvens än 16 Hz, dvs. mycket lågfrekventa ljud. För att dessa skall kunna höras fordras mycket starka ljudtryck vilket sällan förekommer i den allmänna miljön.
Ljud	Ljud är vågrörelser som fortplantas genom olika medier. I luft, med normalt tryck och temperatur, är ljudhastigheten cirka 340 m/s. Ljudet kan reflekteras, absorberas eller transmittas mot, i eller genom material. Ljudet indelas i olika frekvenser.
Ljudabsorbent	Element (oftast en skiva av något slag) som absorberar eller "tar upp" ljud.
Ljudabsorptionsklass	Absorbenter kan delas in i absorptionsklasser beroende på deras absorberande egenskaper, där A är bästa nivån och E den sämsta. För akustiktak anges ljudabsorptionsklass enligt SS-EN ISO 11654.
Ljudabsorptions- faktor, eller ljudabsorptions- koefficient, α Måttenhhet: enhetslös 0-1	En ytas förmåga att absorbera ljud anges med en ljudabsorptionsfaktor, eller -koefficient. Den ger ett tal mellan 0 (vid fullständig reflexion) och 1 (helt absorberande) för tak, väggar eller vad som helst för ljudabsorberande material. Ett bra sätt att redovisa ett materials ljudabsorptionsfaktor är att ange en kurva som beskriver ljudabsorptionsfaktorn α (alpha), vid olika frekvenser. Illustration, hämtad från Ecophons hemsida  1. Transmitterad energi 2. Omvandlad energi 3. Infallande energi 4. Reflekterad energi $\alpha = \frac{1+2}{3}$ 2. Omvandlad energi plus 1. Transmitterad energi delat med 3. Infallande energi = ljudabsorptionsfaktor När en ljudvåg träffar en av rummets begränsningsytor, reflekteras en del av ljudenergin tillbaka medan en del tränger in i och igenom

Begrepp	Förklaring
	materialet. En viss del av ljudvågornas energi omvandlas till värmeenergi medan återstoden transmittas genom materialet. Ljudenergi omvandlas till värmeenergi beroende på friktionen mellan luftmolekylernas rörelse och absorbentens struktur. Ljudabsorptionsfaktorn kan mätas enligt två olika metoder, rumsmetoden och rörmetoden. Rumsmetoden är det förfarande som normalt används för redovisning av produktfakta. Den mätmetoden följer internationell standard och betecknas SS-EN ISO 354. Mätningarna sker i ett stort rum med diffust ljudfält, d.v.s. ljudet har en jämn fördelning av infallsvinklar mot provytan. För akustiktak anges ljudabsorptionsfaktorn i tredjedels oktavband 50-5000 Hz mätta enligt SS-EN ISO 354 och utvärderade i oktavband 63-4000 Hz. Se också ljudabsorptionsklass ovan.

Begrepp	Förklaring
Ljudabsorptionskurva	En kurva som visar absorptionsfaktorn för ett material vid olika frekvenser.
Ljuddiffusitet, subjektiv= IACC Ljudet behöver inte vara fysikaliskt diffust (=helt slumpmässigt m a p riktning och fas) för att man skall uppleva det som diffust.	IACC (Interaural Korskorrelation) är en parameter som beskriver ljudets diffusitet i ett rum. Det är ett mått på likheten mellan ljudtrycken vid vänster och höger öra och används traditionellt för att avgöra hur diffust ljudfältet i konsertsalar och andra musikrum är. I allmänhet är det önskvärt att ha en hög grad av diffusitet för att ljudet ska omsluta lyssnaren. Ett lågt IACC-värde betyder en hög diffusitet. I vanliga rum är det oklart om man vill ha en hög eller låg diffusitet och om AICC är användbart överhuvudtaget. Det har mätts i projektet för att se om några intressanta tendenser skulle kunna utläsas.
Ljudeffektnivå, L_w	Det logaritmerade förhållandet mellan den aktuella ljudeffekten och den ISO-standardiserade referensnivån $W_0=10^{-12}W$. $L_w=10*\log(W/W_0)$.
Ljudnivå	Frekvensvägd ljudtrycksnivå. Ljudnivå presenteras ofta som A-vägd ($L_{pA}(dB)$ eller C-vägd ($L_{pC}(dB)$), se dBA, dBC. Ljudnivån bestäms i huvudsak av källstyrkorna. För att minska ljudnivån kan man på olika sätt försöka eliminera källorna eller öka mängden absorption.
Ljudreflexion	När en ljudkälla ger ifrån sig ett ljud i ett rum sprids det och träffar väggar, tak, golv och andra objekt i rummet. När ljudvågen träffar en yta reflekteras respektive absorberas en del av ljudvågen. Hur mycket av den individuella reflexionen som reflekteras/absorberas bestäms av de akustiska egenskaperna i de ytor från vilket de reflekteras. Reflexionen bestäms också av det avstånd som ljudvågen har rört sig över. Reflektionsmönstret påverkas också av vinkeln på ljudvågen. All spridning från ytor är också avhängigt frekvensen.

Begrepp	Förklaring
Lombardeffekt	Tendens att höja röstvolymen i buller.
Luftljud	Ljud som utbreder sig i luft.
Luftljudsisolering	Ett mått på hur mycket byggnadskonstruktionerna hindrar ljud i ett utrymme att fortplantas till ett annat utrymme. (Mätningar av och åtgärder för att påverka luftljudsisoleringen har inte ingått i interventionsstudien).
Lågfrekvent ljud, dB	Ur aspekten effekter på människan definieras lågfrekvent buller som buller med dominerande frekvenser 20 – 200 Hz. Lågfrekvent buller mäts normalt i tersband, en första indikation av ett bullers lågfrekvensinnehåll kan fås genom att mäta skillnaden mellan dBA och dBC.
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå, $L_p A F_{max}$	Den högsta nivå som förekommer under en bestämd tid, t.ex. en arbetsdag, mätt med A-filter i instrumentet och inställning "F" (FAST).
Oktav	En oktav är intervallet mellan två toner vars frekvensförhållande är 2:1, samt beteckning för den åttonde och högsta tonen i en diatonisk skala. Ordet kommer av latinets octava, 'åttonde'.
RASTI	Rapid Speech Transmission Index, eller impulsvalsmätning, är en IEC-normerad metod att mäta taluppfattbarhet från röster och högtalare. RASTI tar hänsyn till betydligt fler faktorer än efterklangstiden och mäter taluppfattbarheten direkt till lyssnaren. Skalan är 0-1, där 0-0,3 är oförståeligt, 0,3-0,45 är dåligt, 0,45-0,6 är godtagbart, 0,6-0,75 är bra och 0,75-1 är utmärkt. Mätningen går till så att man sänder ut ett brus med hjälp av en högtalare. Detta spelar man in i minst tre mätpunkter i rummet. RASTI mäts i två frekvensområden; 500 och 2 000 Hz. Jmf definitionen av STI nedan, som är en mer komplett form av mätning av taluppfattbarhet.
Reduktionstal, R	Mäts i enheten dB. Reduktionstalet är ett mått som anger hur mycket ljudet reduceras.
Phon	Uttryck för hörnivå, se Hörnivå.
Son	Uttryck för hörstyrka, se Hörstyrka.
Stegljudsisolering, $L'_{nT,w}$	Definieras enligt den svenska standarden SS 25268:2007 som byggnadens förmåga att reducera stegljud, skrapljud, slag och stötar på golv i angränsande utrymmen. I standarden anges krav på stegljudsisolering med vägd standardiserad stegljudsnivå, $L'_{nT,w}$ med eller utan tillägg av spektrumanpassningstermen $C_{l, 50-2500}$.
Stegljudsnivå	Standardiserad stegljudsnivå i byggnad L'_{nT} , definieras i SS-EN ISO 140-7 och anges i dB (decibel). Den standardiserade stegljudsnivån varierar med frekvensen. Vägd standardiserad stegljudsnivå $L'_{nT,w}$, beräknas och används som en sammanfattning av stegljudsnivåer vid olika frekvenser enligt SS-EN ISO 717-2.
Stegljudsreduktion, L_p	Hur mycket stegljudet reduceras (i dB) då ett stegljudsminskande skikt infogas i golvkonstruktionen. Förhållandet mellan det aktuella ljudtrycket och den ISO-standardiserade referensnivån $p_0=20 \cdot 10^{-6}$. $L_p=20 \cdot \log(p/p_0)$.

Begrepp	Förklaring
STI= Speech Transmission Index	Ett mått på taluppfattbarheten. I STI-metoden använder man en speciell testsignal med tallik karaktäristik. Denna signal, som är baserad på brus med olika grundfrekvenser, skickas ut i rummet via en högtalare och tas emot i lyssningspositionen. Modulationsdjupet i den mottagna signalen jämförs med det i originalsignalen och STI erhålls sedan efter en viktad summering av de olika skillnaderna i modulationsdjup för de olika grund- och modulationsfrekvenserna. Måtenheten är procent, där 100 % utgör bästa möjliga. Se också RASTI ovan. Skillnaden mellan RASTI och STI är att vid mätning av RASTI mäts taluppfattbarheten vid samtliga oktavband i frekvensområdet 125-8 000 Hz. Vid mätning av STI mäts taluppfattbarheten endast vid två frekvensområden; 500 och 2 000 Hz.
Tal	Talljud ligger inom frekvensområdet 150 – 4 000 Hz. Den lägsta frekvensen hos barnröster (före puberteten, både pojkar och flickor) ligger mellan 150 och 400 Hz. Vid rop och skrik, kan den dominerande energin ligga kring 2000 Hz. En typisk mansrösts grundfrekvens ligger kring 250 Hz.
Taluppfattbarhet	Taluppfattbarhet är viktigast inom frekvenserna 300 – 3 000 Hz. Taluppfattbarheten bestäms av talarens tydlighet, av bakgrundsljudets nivå och frekvensinnehåll samt av tidiga ljudreflexer i förhållande till sena i rummet, vilket påverkas av rumsformen. I detta projekt har taluppfattbarheten mätts både med måttet D50 och STI. Se separata förklaringar på dessa. D50 kan mätas samtidigt som efterklangstiden.
Tersban/ Tredjedels oktavbands ljudtrycksnivå	Ljudtrycksnivå mätt frekvensuppdelat i tredjedels oktavband.
Trumljuds-förbättring/ Trumljudsreduktion	Procentuell förbättring av trumljuds-nivån i dB för en golvbeläggning på ett standardiserat betongbjälklag , jämfört samma betongbjälklag utan beläggning. Ibland anges den <u>upplevda förbättringen</u> av trumljudet, mätt i enheten son (engelska sone), se förklaring i kapitel 3.
Trumljuds-nivå	Styrkan på det ljud av steg eller slag som man hör i det rum ljudet uppstår. Standard saknas idag. Hur mätning kan gå till och rekommendationer på trumljuds-nivåer (stegljud i samma rum) beskrivs i Tekniska rapport SIS-TR 15:2008. I föreliggande projekt har trumljud mätts genom att släppa en kula mot golvet och mäta ljudnivån/ frekvensspektra inne i rummet. Alternativt kan man använda en stegljudsapparat med en huv över och mäta ljudnivån inne i rummet, men det är mer komplicerat och vad som ger bäst resultat är svårt att säga.
Ultraljud	Svängningsrörelse med frekvens över 20 000 Hz, d.v.s. mycket högfrekvent ljud, utanför människans hörområde.
Förkortningar	
dB(A)	I allmänhet används två olika filter vid bullermätningar, för att vikta bullrets frekvens. Detta resulterar i A-vägd respektive C-vägd ljudtrycksnivå. A-vägda ljud motsvarar hur örat naturligt

Begrepp	Förklaring
	upplever ljud vid relativt låga ljudnivåer. De mäts med hjälp av ett filter som dämpar de lägre frekvenserna. Eftersom A-vägt ljud motsvarar risken för hörselskada, är det oftast detta som anges.
dB©	C-vägt ljud motsvarar hur örat uppfattar betydligt starkare ljud, och inkluderar bättre låga frekvenser (20 – 200 Hz). Skillnaden mellan C- och A-vägda ljudnivåer ger viss information om bullrets karaktär (om det är lågfrekvensdominerat).

Förkortning

L

L'_{nT}

$L'_{n,w}$

$L'_{nT,w}$

L_{pA}

L_{pC}

R

R'_w

$C_{l\ 50-2500}$

Begrepp

Stegljudsnivå

Standardiserad stegljudsnivå

Vägd normaliserad stegljudsnivå

Vägd standardiserad stegljudsnivå

A-vägd ljudnivå

C-vägd ljudnivå (tar bättre hänsyn till låga frekvenser)

Reduktionstal, varierar med frekvensen.

Vägt reduktionstal

Spektrumanpassningsterm för stegljudsnivå, utökat frekvensområde.

1. Inledning

Syfte

Det övergripande syftet med projektet ”Hur uppnås en god ljudmiljö i förskola och skola?” var att verka för en bättre inomhusmiljö och hälsa genom att åstadkomma en bättre ljudmiljö i förskolor och skolor.

Projektet förväntas resultera i:

Goda exempel på tekniska åtgärder som lämpar sig för att dämpa buller och som ger en ljudmiljö som gynnar välbefinnande, hälsa och inlärning i förskola, skola samtidigt som annan miljö och hälsopåverkan beaktas.

Rekommendationer om vilka ljudkrav (funktionskrav för ljudförhållandena) som är lämpliga att ställa i olika ”ljudkritiska rum” i förskolor och skolor. Information om övriga viktiga prestanda för de lösningar som presenteras, t ex emissioner från material, innehåll av miljöfarliga ämnen, städbarhet, skötselkrav, arkitektonisk gestaltning och ekonomi. Rekommendationer om prestandakrav för de byggheddelar och inredningsdetaljer som testas i projektet med hänsyn till önskade funktionskrav för rummet.

Genom en interventionsstudie skulle en utvärdering göras av olika åtgärder som genomförts i förskolornas lektrum och skolornas klassrum/korridor och matsal i Mölndals stad för att minska bullret, samt att presentera resultaten så att erfarenheterna kan tas tillvara av skolornas personal, beslutsfattare, planerare, förvaltare av förskolor, skolor och liknande lokaler.

Syftet med ”Materialprojektet”, som redovisas i föreliggande rapport (Rapport 5), var:

- att inventera vilka bygg- och inredningsprodukter som fanns på marknaden med speciellt goda ljudegenskaper och som samtidigt hade de andra egenskaper som gjorde att de passade i förskolor och skolor.
- att få större klarhet i hur bygg- och inredningsprodukters egenskaper kan beskrivas för att få fram jämförbara prestanda produkter emellan för användning vid akustisk planering och upphandling.
- att utreda om de ljudspecifikationer som finns i den svenska ljudstandarden för lokaler behöver kompletteras för att i ovan nämnda rum få önskade ljudegenskaper
- att beskriva vilka ytskikts- och inredningsprodukter samt systemlösningar som valdes i Mölndals förskolor och skolor för att uppnå en bättre ljudmiljö.
- att sammanfatta resultaten av materialstudien och interventionsstudien i form av rekommendationer för ljudplanering i förskolor och skolor med exempel på kravspecifikationer.

Bakgrund

En kartläggning av 103 förskoleavdelningar i Lidköping och Skara visade att ljudnivåerna, uppmätta med personbundna dosimeterar, i en femtedel av förskolorna var 80 dB LA_{eq}. Inget mätvärde i förskolorna där översteg dock 85 dBA. Här kunde inget tydligt samband spåras mellan antal barn och ljudnivå. (Västra Götalandregionens MMC, 2003).

I fyra förskolor i Umeå uppmättes i genomsnitt 73-77 dB LA_{eq} 5h (d.v.s. ekvivalent ljudnivå, mätt under 5 timmar), med personburna dosimetrar under arbetsdagen. Som högsta exponeringar uppmättes i respektive förskola 76-82 dB LA_{eq}. I lekhallar kunde uppmätas mellan 70 och 86 dB LA_{eq} 10 min. I dessa fanns ett samband mellan ljudnivå och antalet lekande barn (Södersberg et al, 2001).

I en studie genomförd av Arbets- och miljömedicin vid Uppsala universitet (Hogstedt et al, 2009) genomfördes 99 mätningar av bullerexponering i skolan med bullerdosimeter placerad i nacke på förskollärare, klasslärare och speciallärare. Varje mätning varade en arbetsdag. Den genomsnittliga bullerexponeringen under en arbetsdag varierade mellan 65 och 78 dB LA_{eq} medan medelvärdet för alla arbetsdagar var 70 dB LA_{eq}.

Barngrupperna i förskolorna har under senare år blivit större och i skolan har lokalutnyttjandet blivit mer intensivt, bland annat har ofta 6-årsverksamhet och fritidshemsverksamhet inrymts i befintliga lokaler i skolorna, vilket ökat elevtätheten. Samtidigt har lärararbetsplatser inrättats, vilket ställt ytterligare krav på effektivisering av lokalutnyttjandet.

Arbetslivsinstitutet har studerat hur ljudmiljön i förskolor förändras och upplevs i relation till barngruppernas storlek. Undersökningen innefattade mätningar och analyser av bullerexponering och upplevelser på personal. Uppmätta ljudnivåer visade på förhållandevis höga värden kring 80 dBA ekvivalent över en arbetsdag. Detta kan jämföras med motsvarande världen (d v s inkluderat ljudet som alstras på grund av egna aktiviteter) för ett vanligt kontor, där den ekvivalenta ljudnivån över en arbetsdag är ca 50 dBA. Av undersökningen framgick att ljudnivån ökade med 3 dB vid en dubbling av antalet barn i matrummen. Från personalen rapporterades påtagliga besvär vad gäller; bullerstörning, bullertrötthet, möjlighet att uppfatta tal i omgivningen, möjlighet att kunna samtala i telefon, överraskande förändringar av ljudet, växlingar mellan olika ljudkällor, möjlighet att undvika ljudet, förutsättningar för att kunna gå till andra lokaler med lägre ljudnivåer, s.k. örontrötthet, spänningsvärk i axlar, stress samt inte minst trötthet under såväl arbete som fritid. Besvärsrapporteringen kring slitenhet och fysiska besvär, såväl under arbete som på fritid, har tydlig koppling till en ogynnsam upplevd ljudmiljö i arbetet. (Landström et al, 2003).

De höga bullernivåerna som barn och personal utsätts för i såväl förskolor som skolor har bland annat uppmärksammats i Mölndals kommun och resulterat i åtgärder på vissa förskolor och skolor. I projektet "Hur uppnås god ljudmiljö i förskolor och skolor" har effekterna av åtgärderna studerats genom en så kallad interventionsstudie. Inom ramen för projektet har också en påverkan skett i projektets slutskede på val av bygg- och inredningsprodukter genom att ett bredare urval av sådana produkter med tillhörande ljud- och miljöprestanda tagits fram, som underlag för Samfast beslut.

Myndighetskrav för ljudmiljön i förskolor och skolor

Arbetsmiljökrav för verksamhetsrelaterat buller

I Arbetsmiljölagen finns de grundläggande reglerna beträffande arbetsmiljön. Mer detaljerade krav och skyldigheter anges i föreskrifterna. Föreskrifter om arbetsplatsens utformning, AFS 2000:42, innehåller krav på arbetsplatser, arbetslokaler och personalutrymmen. Här finns bl.a. krav på tillgänglighet för arbetstagare med nedsatt hörselförmåga, lämplig utformning och inredning samt bulleralstring hos installationer. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller, AFS 2005:16, innehåller regler om buller som omfattar både hörselskadligt och störande buller. bl.a. om att arbetet ska planeras, bedrivas och följas upp så att bullerexponeringen minskas och att det ska göras en riskbedömning och anpassning av åtgärder för arbetstagare som kan vara speciellt känsliga. Inom arbetsmiljölagstiftningen finns det olika krav för olika bullernivåer. Insatsvärde innebär att om detta värde uppnås eller överskrids ställs det krav på insatser såsom information, utbildning, skyltning eller handlingsplan m.fl. åtgärder. Gränsvärde innebär att det inte får överskridas.

Tabell 1.1 Myndighetskrav för buller i arbetsmiljön

Undre insatsvärden	dB
Daglig bullerexponeringsnivå $L_{EX,8h}$	80
Impulstoppvärde L_{pCpeak}	135
Övre insatsvärden	dB
Daglig bullerexponeringsnivå $L_{EX,8h}$	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå L_{pAFmax}	115
Impulstoppvärde L_{pCpeak}	135
Gränsvärde	dB
Daglig bullerexponeringsnivå $L_{EX,8h}$	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå L_{pAFmax}	115
Impulstoppvärde L_{pCpeak}	135

Om det genomsnittliga bullret under en arbetsdag är 80 dB eller mer, eller om impulstoppvärdet (kortvariga toppar under en arbetsdag) är 135 dB eller högre, är arbetsgivaren skyldig att informera och utbilda arbetstagarna, erbjuda tillgång till hörselskydd och erbjuda hörselundersökning om riskbedömning och mätningar visar att det finns risk för hörselskada

Om det genomsnittliga bullret under en arbetsdag är 85 dB eller mer, eller om den högsta ljudtrycksnivån är 115 dB eller högre, eller om impulstoppvärdet är 135 dB eller högre, är arbetsgivaren skyldig att: genomföra åtgärder/skriftlig handlingsplan, skylta, avgränsa och begränsa tillträde, se till att hörselskydd används och erbjuda hörselundersökning.

Gränsvärden får inte överskridas, men om detta ändå sker ska arbetsgivaren vidta omedelbara åtgärder för att minska exponeringen så att den ligger under gränsvärdena, utreda orsakerna till att gränsvärdena överskridits, vidta sådana åtgärder att gränsvärdena inte överskrids i fortsättningen.

De mätningar med pågående verksamhet i förskolorna och skolorna som gjorts i detta projekt är inte direkt jämförbara med $L_{EX,8h}$, då de genomförts endast under den tid personal och barn vistats inomhus, vilket därmed inte täcker hela arbetsdagen.

I AFS 2005:16 anges även möjligheter till talkommunikation vid olika bakgrundsbullernivå (tabell 1.2), samt riktvärden för att undvika störande buller.

Tabell 1.2 Förhållanden för talkommunikation relaterade till bakgrundsbullernivå.

A-vägd ljudtrycksnivå [dB]	Förhållanden för talkommunikation
70	Samtal med hög röst kan nått och jämnt föras på 1 m avstånd för personer med fullgod hörsel.
55	Miljö som uppfyller genomsnittliga krav på fungerande talkommunikation med normal röststyrka på näravstånd från talaren.
50	Som ovan men på 5–10 m avstånd.
40	Miljö som uppfyller genomsnittliga krav på säker taluppfattbarhet på nära håll också för hörselskadade och äldre lyssnare samt vid kommunikation på språk som inte är lyssnarens modersmål.
35	Som ovan men på 5–10 m avstånd.

Inga riktlinjer för förskolebarn 0-5 år

Ovan återgivna riktlinjer från Arbetsmiljöverket gäller personal i skolor och förskolor och elever i skolor, d.v.s. för dem som omfattas av arbetsmiljölagen. Däremot finns inte motsvarande krav för barn 0-5 år i förskolor. Dessa omfattas inte av arbetsmiljölagen. Riktlinjer för miljöer där barn vistas faller under socialstyrelsens ansvarsområde. De enda riktlinjer som finns från socialstyrelsen är SOSFS 2005:6 (M) ”Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus”. Dessa är inte avsedda att tillämpas på verksamhetsbuller i förskolor. Barn anses av flera skäl vara en riskgrupp för starka ljud, dels eftersom de leker nära starka ljud från t.ex. leksaker och andra barns skrik. De har också en något kortare och smalare hörselgång, vilket gör att ljudets resonans kommer lite högre i frekvens än för vuxna.

Byggnadsrelaterat buller

Vid nybyggnad av förskolor och skolor gäller för ljud som alstras utifrån eller från själva byggnaden BBRs föreskrifter och råd, som återges nedan.

Föreskrift

Byggnader och deras installationer skall utformas så att ljud från byggnadens installationer, från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas. Detta skall ske i den omfattning som den avsedda användningen kräver och så att de som vistas i byggnaden inte besväras av ljudet.

Om bullrande verksamhet gränsar till bostäder, skall särskilt ljudisolerande åtgärder vidtas. I lokaler skall efterklangstiden väljas efter vad ändamålet med utrymmet kräver. (BFS 2006:12).

Allmänt råd

Föreskriftens krav på byggnaden är uppfyllt om de byggnadsrelaterade kraven i ljudklass C enligt SS 02 52 68 för respektive lokaltyp uppnås. Om bättre ljudförhållanden önskas kan ljudklass A eller B väljas. Regler när det gäller ljudförhållande vid funktionshinder finns i BFS.

Den ljudklassning som det hänvisas till heter i senaste version SS 25268:2007 "Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, särskilt boende, undervisningslokaler, förskolor och fritidshem, kontor, hotell och restauranger". Den utkom i oktober 2007. Det är en frivillig ljudklassning av lokaler, där en byggherre kan välja mellan fyra olika standardklasser, A, B, C och D, där C anger de funktionskrav som motsvarar samhällets minimikrav och till vilken BBR hänvisar. Ljudklasserna A och B ger funktionskrav för bättre ljudmiljö än minimikraven och D representerar låg ljudstandard och är avsedd att tillämpas endast när ljudklass C av olika skäl inte kan uppnås. Den nya svenska standarden har också introducerat en kvalitativ tillgång på akustik. Begrepp som inredning, placering av ljudreglerande material och diffusion har blivit en del av den nya svenska standarden och är ett bevis på att traditionella beräkningsmodeller behöver utvecklas och nyanseras med nya faktorer, som i hög grad också bidrar till att definiera akustiken i ett rum.

I tabell 1.2 presenteras standardens ljudkrav för de olika ljudklasserna för de rum som ingår i interventionsstudien, dvs. i förskolor lektrum och matrum och i skola klassrum och matsal. Även om luft- och stegljudisolerings inte fokuseras i detta projekt, tas värdena i standarden för dessa ljudkrav med som en bakgrundsinformation.

Tabell 1.2 Funktionskrav vid nybyggnad av förskolor, skolor (ej gymnasium, högskolor) och fritidshem enligt standarden SS 25268:2007 för ljudklassning.

		Förskola		Skola	
		Lektrum/Lekhall	Matrum	Klassrum	Matsal
Typ av krav					
Lägsta efterklangstid T_{20} , i oktav-bandet 250 Hz – 4 kHz		Enhet: Sekunder			
	A	0,4	0,4	0,5	0,4
	B	0,5	0,5	0,5	0,5
	C	0,5	0,5	0,5	0,5
	D	0,6	0,6	0,8	0,6
Ljudnivå från installationer (Installationsbuller)		Enhet: dB(A) / dB(C)			
	A	30/50	30/50	26/45	35/55
	B	35/55	35/55	30/50	35/55
	C	35/55	35/55	30/50	40/-
	D	40/55	40/55	30/50	40/-
Ljudnivå inomhus från trafik (Trafikbuller)		Enhet: dB(A), Ekvivalent / Max			
	A	30/45	30/45	26/41	35/55
	B	35/50	35/50	30/45	35/-
	C	35/50	35/50	30/45	40/-
	D	40/60	40/60	30/50	45/-
		Förskola		Skola	
		Lektrum/Lekhall	Matrum	Klassrum	Matsal

		Förskola		Skola	
		Lekrum/Lekhall	Matrum	Klassrum	Matsal
Typ av krav					
	Kravnivå	Från annat rum/ Från korridor			
Lägsta luftljuds- isolering – Vägt reduktionstal R'w		Enhet: dB			
	A	44 ² /40 ³	44 ² /40 ³	48/44	-
	B	44 ² /40 ³	44 ² /40 ³	44/40	-
	C	44 ² /40 ³	44 ² /40 ³	44/40	-
	D	40 ² /30	40 ² /30	40/30	-
Högsta stegljudsnivå – standardiserade, vägda stegljudnivå L' nT,w		Från utrymme med låg/ respektive hög stegljudsbelastning			
		Enhet: dB			
	A	60/56	60/56	56/52	-
	B	60/56	60/56	56/52	-
	C	64/60	64/60	60/56	-
	D	- / 64	- / 64	- / 60	-
1) I utrymme för gruppvis undervisning i utrymmen med många installationer, exempelvis slöjdsal, trä/metall, teknikundervisning, undervisningskök, kan i undantagsfall 5 dB högre värden godtas (avser grundflöde hos ventilation, etc.) 2) För skiljekonstruktion med dörr från annat utrymme för undervisning godtas 5 dB lägre värden. 3) För skiljekonstruktion med större glasparti bredvid dörr som ger god uppsikt om vad som sker utanför godtas 5 dB lägre värden. 4) För ljudklass A och B ska även L' nT,w + C _I 50-2500 uppfylla ställda kravvärden.					

Boverkets handbok Bullerskydd i bostäder och lokaler (Boverket 2008) ger vägledning för säkring av god ljudmiljö i samband med planering av nya lokalbyggnader. Det är sämre med vägledning och erfarenhetsvärden för förbättring av ljudmiljön i befintliga lokaler i förskolor och skolor – något som denna rapport vill bidra med.

2. Metod

2.1 Metod för studien som helhet

En vetenskapligt upplagd så kallad interventionsstudie, eller ”före-efter-studie”, har genomförts för att utvärdera olika tekniska åtgärder (förändringar av rummen och dess inredning) för att minska buller i förskolor och skolor, med ett urval av särskilt kritiska rum inom lokalbeståndet i Mölndals stad som fältstudieobjekt.

Interventionsstudien inleddes 2006 med ett antal avdelningar i förskolan Bifrost för att testa mätmetoder och enkätfrågor för barn. En del av dessa avdelningar var ombyggda och andra inte. Åtgärder vidtogs sedan sommaren 2007 och i oktober 2007 på totalt sju förskoleavdelningar på tre olika förskolor som ingick i interventionsstudien. I Västerbergsskolan vidtogs åtgärder i fyra klassrum och en korridor i mars 2006 och i tre klassrum, en korridor och matsalen under sommaren 2007.

Effekterna av åtgärderna studerades både med fysikaliska ljudmätningar i ett urval av dessa lokaler och med metoder för att fånga barns och personals upplevelser och påverkan av ljudklimatet.

De ljudmässiga kvaliteterna på testade lösningar har dokumenterats och utvärderats. Ljudkvaliteter stod i centrum vid val av åtgärder, men även andra aspekter som arkitektonisk gestaltning, god luftkvalitet och ekologisk hållbarhet har funnits med i diskussionerna vid urvalet av åtgärder. I slutändan har dock Mölndals stad fattat beslut om åtgärder utifrån praktisk genomförbarhet inom en viss tidsram och budget.

Med resultat från ljudmätningar och enkäter till personal, elever och föräldrar som underlag har specifikationer med lämpliga ljudkrav samt förslag på fabrikatneutrala prestandakrav för olika typer av ljuddämpande tillägg/produkter och lösningar, tagits fram. Detta redovisas i föreliggande rapport.

2.2 Metod för urval av akustiskt intressanta material

Undersökning av marknaden

För att få ett brett och mångsidigt urval av möjliga ytskikts- och inredningsprodukter gjordes en undersökning av utbudet på marknaden. Under en längre tid samlades all tänkbar information in om möjliga produkter från materialmässor, produktpresentationer, personliga företagskontakter, hemsidor och böcker. En viktig faktor vid urval från marknaden var de akustiska egenskaper som ytskikts- och inredningsprodukterna hade. För att få in ett begränsat antal tilltänkta material gjordes även en subjektiv bedömning av materialens möjligheter att ingå i en god gestaltad miljö.

Totalt kontaktades ett 50-tal företag verksamma inom produktgrupperna: undertak, väggabsorbenter, golv, skärmvägg, textil, möbler och möbeltillbehör. Svenska företag kontaktades per telefon med en kort sammanfattning om projektet. De företag som blev intresserade fick sedan ett uppföljande mer utförligt informationsbrev via e-post (bilaga 1) samt ett frågeformulär som de

ombads besvara (bilaga 2). Europeiska företag kontaktades enbart via e-post med ett informationsbrev och frågeformulär på engelska. Totalt skickades 47 frågeformulär, varav 34 inom Norden och 13 till övriga Europa.

Frågeformuläret till leverantörer av bygg- och inredningsprodukter

I det frågeformulär som skickades ut ombads leverantörerna att besvara ett antal frågor om produkternas prestanda. De egenskaper som efterfrågades och/eller bedömdes framgår av sammanställningen nedan. Formuläret återges i sin helhet i bilaga 2.

Akustik

Den fråga som fanns med i formuläret till leverantörerna och som gällde produkternas akustiska egenskaper var formulerad på följande sätt:

1. Produktens akustiska egenskaper

Ange på vilket/vilka sätt er produkt bidrar till en bättre ljudmiljö?

Markera med kryss i en eller flera rutor

- ☐ Absorberar ljud
- ☐ Dämpar momentana trum-/stegljud
- ☐ Dämpar slammer och/eller skrapljud
- ☐ Diffunderar/sprider ljud
- ☐ Minskar ljudöverföring/isolerar ljud
- ☐ Övrigt, vad?

Kommentera gärna!

1.2 Ange i förekommande fall absorptionsfaktor (gärna i form av kurva):

Dessutom ombads företagen att ange vilken eller vilka parameter som de ansåg vara viktigast för den aktuella produktens akustiska effekt.

Gestaltning

Gestaltningen bedömdes av en panel, se under rubriken Urval 1.

Skötsel och ekonomi

Underhållet av materialen under dess livslängd kan variera mycket och har stor betydelse för den långsiktiga ekonomin. Rengöringsmetod, rengöringsintervall, städmetoder och medel samt krav på polering eller liknande har därför en stor inverkan på totalbedömningen av materialet, varför dessa uppgifter också krävdes från företagen.

Då målet är att hitta bra varor för ytskikt och inredning till skolor och förskolor, som ofta har begränsade ekonomiska resurser, är det särskilt viktigt att ta hänsyn till de ljuddämpande produkternas kostnader. Det är viktigt att kostnaderna är så låga som möjligt, men att materialet har så goda egenskaper som möjligt. För att kunna jämföra priserna mellan materialen och produkterna krävs att både investeringskostnad och livscykelkostnad beaktas. Först då erhålls en helhetsbild över materialets ekonomi. Livscykelkostnad har uppskattats med resonemang om skötselkostnader och livslängd i förhållande till investeringskostnaden. Några mer avancerade LCC-beräkningar har inte gjorts.

Lukt och emission

Emissioner och obehaglig eller störande lukt från material i ytskikt och inredning bör undvikas i största möjliga mån. Respektive produktens företag bör ha dokumenterade emissionsmätningar för material så att de kan bedömas. Detta var svårt att få för många produkter. För byggvaror ska denna redovisning finnas i byggvarudeklarationerna. För inredningsprodukter finns i dagsläget ingen branschstandard med krav på att ange dessa uppgifter. För att även få en mer allmän uppfattning luktade panelen på materialprover och förkastade dem med stark lukt.

Övriga miljöaspekter

För att kunna bedöma miljöeffekterna av respektive produkt på ett jämförbart sätt har alla betydande faktorer – inklusive innehåll av eventuellt farliga ämnen - beaktats. Företagen skulle därför ange om deras produkter är klassade i de miljögranskningssystem som finns tillgängliga, dvs. Byggd Miljö, MilaB (dessa två har slagits samman år 2007 till Byggvarubedömningen), SundaHus, Danska inneklimatmärkningen, Finska inneklimatmärkningen, Svanen, EU blomman, Blau Engel samt Astma och Allergiförbundets märkning. För att materialen även ska vara anpassade till naturens kretslopp har möjligheter för recirkulering också krävts in. Här har det efterfrågats om produkten kan återvinnas, energiutvinnas, ska gå på deponi eller ska tas om hand som farligt avfall.

Materialprover

För att kunna göra ovanstående bedömningar begärdes prover av alla material in från respektive företag.

Insamling av kompletterande data

För att kunna bedöma och jämföra svaren på inlämnade frågeformulär kompletterades dessa genom telefonsamtal med leverantören, där svar hade utelämnats.

I frågeformuläret till tillverkarna efterfrågades inte produkternas brandegenskaper. En komplettering med dessa data gjordes därför i efterhand genom telefonsamtal till tillverkarna.

Brand

Brandklassning för material, beklädnad och ytskikt görs enligt BBR:s standard, EN 13501-1 med bokstavskombinationer som beskriver olika typer av egenskaper. De nya klasserna är A1, A2, B, C, D och E. Tidigare var brandbeteckningarna obrännbara samt brännbara material där de brännbara materialen indelades i klass I, II och III.

Förklaring av dessa är:

A1 obrännbara material. Kan inte kombineras med någon tilläggsklass.

A2 obrännbara material

B brännbara material, tidigare ytskikt klass I (ex. gipsskiva)

C brännbara material, tidigare ytskikt klass II (ex gipsskiva m papperstapet)

D brännbara material, tidigare ytskikt klass III (ex trä el motsvarande

Klass A2, B, C och D
kombineras alltid med
någon tilläggsklass.

E är det lägst kravet och kan enbart kombineras med d2.

Svårantändligt material, dvs. brännbart material som uppfyller vissa krav.

Tilläggsklasserna är

s1=byggnadsdelen får avge mycket begränsad mängd med brandgaser

s2=byggnadsdelen får avge begränsad mängd med brandgaser

s3=inget krav på begränsad produktion av brandgaser

d0=brinnande droppar eller partiklar får ej avges från byggnadsdelen

d1=brinnande droppar eller partiklar får avges i begränsad mängd

d2=inget krav på begränsning av brinnande droppar och partiklar

Exempel på klassbeteckningar:

A1	obrännbart material
A2-s1, d0 rök, inga brinnande droppar/partiklar	obrännbart material, mycket begränsad mängd
B-s1, d0 brinnande droppar/partiklar	ytskikt av klass I, begränsad mängd rök, inga

För golvbeläggning var de tidigare brandbeteckningarna obrännbart golv och klass G. Nu är även dessa beteckningar enligt samma modell, A1_{fl}, A2_{fl}, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl} och E_{fl} där versalerna har samma betydelse som i tidigare exempel.

3. Utfall av kontakter och frågeformulär

Av de totalt 47 företag som kontaktades besvarade 22 frågeformuläret och gick vidare i urvalsprocessen. Ett antal av företagen har bidragit med flera produkter. Totala mängden produkter var 55 stycken. Från dessa 55 produkter för vilka information inkommit skulle sedan ett mindre antal väljas ut. Detta gjordes i två omgångar.

3.1 Urval 1

Ett första urval gjordes i augusti 2006, mot bakgrund av den sammanställda informationen och materialproverna. Urvalet gjordes av en panel bestående av personal från skola respektive förskola, en arkitekt med särskilda kunskaper om inomhusmiljö och miljöpåverkan, den person på Samfast som ansvarade för åtgärdernas genomförande, en representant från miljömedicin på Göteborgs Universitet samt en studerande inredningsarkitekt från HDK, som också ställt samman informationen om materialen. Samråd hölls också med en akustiker från Chalmers institution för teknisk akustik. Panelen hade således olika kunskaper och erfarenheter, vilket borgade för en allsidig bedömning av produkterna. Vid urvalet av produkter togs hänsyn till ovan nämnda urvalskriterier, främst de redovisade akustiska egenskaperna.

3.2 Urval 2

Efter det första urvalet kvarstod ett trettiotal produkter. För dessa gjordes en matris där alla begärda egenskaper för respektive material sammanställdes för nästa urval.

Ett andra urval gjordes med samma panel som i urval 1. När två produkter hade likvärdiga akustiska egenskaper valdes den produkt som uppfyllde flest av de övriga kriterierna. Resultatet av denna urvalsprocess var drygt 20 bygg- och inredningsprodukter som blev den bruttolista, från vilken Samfast handlade upp produkter i etapp 2. Samfast urval bland dessa styrdes främst av ekonomiska och praktiska aspekter (leveranstider mm). I den första etappen var produkterna redan upphandlade innan projektet kom in.

Det viktiga med denna urvalsprocess var inte att välja vissa varumärken, utan att få fram kriterier för framtida upphandlingar. Genom generella kriterier behövs inga skrivningar av ett visst produktnamn följt av texten ”eller likvärdigt”, där det aldrig är riktigt klart vad likvärdigheten avser för egenskaper.

3.3 Akustiska produktegenskaper som leverantörerna framhöll

I tabell 3.4 redovisas vilka företag och produkter som ingick i den slutgiltiga listan. Där redovisas också produkternas användningsområde, om de slutligen provades inom ramen för projektet, de ljudegenskaper som företagen uppgav att produkterna hade och övriga speciella egenskaper som företagen särskilt framhöll eller panelen lade märke till.

Utöver de material som setts ut av panelen i de rum som ingått i studien (d.v.s där mätningar genomförts före och efter) har nya golvmattor av andra fabrikat köpts in av Samfast vid ombyggnad av klassrum i Västerbergsskolan. En del har också skänkts av fabrikanter. Det gäller Ehrenborgs

plastmatta med ljuddämpande underlag (sal 126) och Tarketts akustikplastmatta Tapiflex Akustik (sal 116). (Tapiflex Akustik heter idag Acczent Akustik och har en förbättrad intryckstålighet).

I detta avsnitt sammanfattas först de viktigaste akustiska egenskaperna för olika typer av bygg- och inredningsprodukter som kom fram ur enkäten till leverantörerna. Det blir samtidigt en sammanfattning av tabell 3.4. Därefter presenteras de viktigaste akustiska kriterierna lite mer i detalj, med definitioner och standarder som används för att ta fram jämförbara värden.

Takabsorbenter

Det framgår av tabell 3.4 att de viktigaste egenskaperna som framhålls för takabsorbenter är *absorptionsfaktor* och vilken *absorptionsklass* produkten kan inordnas i. Även förmågan att reflektera ljud tas upp. För akustiktak anges ljudabsorptionsfaktorn ofta som en kurva för tredjedels oktavband 50-5000 Hz, upp mätt enligt SS-EN ISO 354 och utvärderad i oktavband 63-4000 Hz och ljudabsorptionsklass enligt SS-EN ISO 11654. Takabsorbenter kan t.ex. bestå av pressad mineralull som målats, av perforerade gipsplattor med ett mineralullsskikt ovanför eller av träull med cementinblandning. De flesta monteras horisontellt mot tak och kan skruvas fast på synligt eller dolt bärverk. De kan också limmas mot tak. Det senare drar in onödigt mycket emissioner av föroreningar i lokalerna. Det finns också takabsorbenter som monteras hängande vertikalt i taket. Dessa är bland annat användbara där man önskar att takytan ska vara frilagd för att medverka i klimatutjämning.

Väggabsorbenter

På samma sätt som för takabsorbenter är *absorptionsfaktorn* intressant för väggabsorbenter.

För vissa väggabsorbenter framhålls också att de kan dämpa sidoreflexer, att de kan riktas för bästa absorption, att de kan användas för att ge rummet en flexibel akustik (vändbara lameller) och att de kan sprida ljud.

Förutom kurvan över absorptionen vid olika frekvenser är höjdläget i förhållande till ljudkälla och öronnivå för mottagare viktigt. Direktljud från röster i förskolor uppstår mest från golvnivå och 1 m upp och det är alltså viktigast att dämpa buller i denna region.

För att dämpa låga frekvenser krävs en tjockare absorbent och ett visst avstånd från vägg så att absorptionen kan ske på bägge sidor av absorbenten.

Diagonal absorbent (i vinkeln mellan tak och vägg) ger också bättre absorption av lågfrekvent ljud. De högre frekvenserna dämpas bäst med så poröst material som möjligt.

Skärmväggar

För skärmväggar framhålls att de är absorberande eller reflekterande och bryter ljudets väg. Liksom för tak- och väggabsorbenter anges *absorptionsfaktorn* uppmätt enligt ISO 354. Ofta anges skärmens absorption som en vägd ljudabsorptionsklass, A-E, se figur 3.4. Ett mått på skärmens effektivitet att minska ljudöverföring kan ibland anges som *ljudreduktion*, mätt enligt standarden ISO 10053:1991. Reduktion innebär ljuddämpning. Det kan ske genom ljudabsorberande skärmväggar eller genom att ljudet styrs bort, exempelvis mot ett ljudabsorberande tak. Man framhåller också att det är viktigt att inte jämföra skärmar för utomhusbruk med sådana för

inomhusbruk och att skärmens effektivitet i att absorbera ljud och minska ljudöverföring är mycket beroende av höjden på skärmen, vinkeln på överdelen, det material den består av och på vilket avstånd den står från vägg. Perforeringsgraden i de omslutande skivmaterialen är också av betydelse.

Golv

För golv är de akustiska egenskaper som framhålls i första hand *stegljudsreduktion*. Det uttrycks i antal decibel (DLw dB) som ljudtrycket reducerats i förhållande till ett rent betongbjälklag och testas med SS-EN ISO 140-6 (lab – banvara & plattor), SS-EN ISO 140-8 (lab – flytande golv) eller 140 –7 (fält) och utvärderas enligt SS-EN ISO 717-2.

För golvbeläggningar med akustikbaksida framhålls även att de dämpar *trumljud*. Denna kvalitet har varit mer aktuell än stegljud i förskolorna och skolorna, eftersom samtliga byggnader som ingått i studien varit enplansbyggnader. Stegljud har inte uppmätts i föreliggande projekt. Någon vedertagen standard för mätning av trumljud finns ännu inte, men mätning av trumljudsnivåer i rummen med olika golvbeläggningar har utförts i detta projekt, se kapitel 5. Vissa golvfabrikanter anger *trumljudsreduktion* i son som speglar den upplevda ljudtrycksnivån (Se längre fram i detta kapitel under rubriken ”Trumljudsreduktion för golvbeläggningar uttryckt i Son”) eller i *trumljudsförbättring* (procentuell förbättring i dB av ljudtrycksnivån) i förhållande till det rena betonggolvet. (Se längre fram i detta kapitel under rubriken ”Trumljudsreduktion för golvbeläggningar uttryckt i dB”)

I tabell 3.1 ges exempel på ljudinformation som återfinns på golvtilverkarens hemsidor, här illustrerat med hur Forbo Forshaga presenterade några av sina golv år 2010. Liknande information återfinns på Tarketts och andra fabrikanter hemsidor.

Tabell 3.1 Exempel på redovisning av golvbeläggningars akustiska egenskaper mm

Material	Produkt	Stegljuds-dämpande underlag	Total tjocklek mm	Stegljud DLw dB	Trumljudsreduktion (Son)	Trumljudsförbättring %	Intryck mm	Brand klass
Lino-leum	Marm.		3	17	25,9		< 0,3	C _{fl} s1
	Decibel 3,0							
Lino-leum	Marmoleum 2,5	Corkment 2 mm	4,5	14	29,3	21	< 0,3	C _{fl} s1
Lino-leum	Marmoleum 2,5	Ergoflex 3 mm	5,5	20	20,8	43	< 0,3	D _{fl} s1
Vinyl	Sarlon Quartz		3,35	17	18,5		< 0,1	B _{fl} s1
Vinyl	Smaragd/	Ergoflex 3 mm	5	22	19,5	46	< 0,3	C _{fl} s1
	Step/Forza							

Det framgår att viktiga faktorer att väga mot ljudkraven är brandklass och risken för att golvbeläggningen blir varaktigt intryckt av belastning. Ytterligare viktiga kriterier, som inte finns

med i tabellen är förstås hur lätt beläggningen är att sköta och hålla ren och om den innehåller eller kan avge farliga ämnen.

Möbler och inredning

Möbler och inredning kan dels *utformas så att de förebygger ljudproblem*, d.v.s. produktens egna alstrade ljud förebyggs, dels kan de *utgöra en absorberande volym i ett rum*, som hjälper till att dämpa andra ljudkällor. För att beräkna bidraget från inredningen anges hur rummet är möblerat eller ska möbleras så att man kan få fram nettovolymen, se den svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007), punkt 5.4.3. Möblernas ljudabsorptionsmängd kan sedan beräknas enligt anvisningar i EN-ISO 12354-6.

För bord med ovansida av ljuddämpande material framhölls i text att de dämpar skrapljud, trumljud och slammer från porslin etc. Någon standardiserad provningsmetod för ljud som uppstår av olika material som möts, finns inte. Dock har det, på uppdrag av Mölndals stad gjorts mätningar i en skolmatsal av effekten av akustikdämpande beläggning på bordsytor och av möbeltassar på stolar, se bilaga 3.

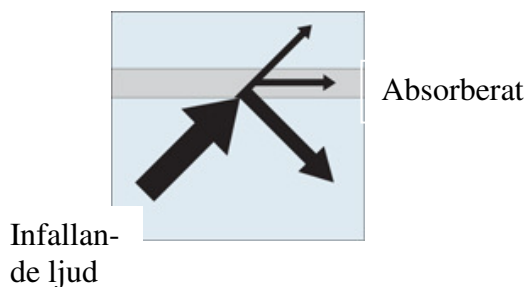
För stolar och bord med en polyesterabsorbent på undersidan har beräkningar gjorts av hur efterklangstiden kan förkortas, se bilaga 3.

En skulptur, bestående av en stickad garnutsida och insida av mineralull fanns med i urval 2. Här uppgavs ospecificerat att den kan absorbera ljud. Den akustiska effekten av den var dock inte beräknad eller uppmätt.

Det elektroniska örat valdes bort i detta projekt, då det bedömdes som svårt att utvärdera med den för projektet valda metodiken. Det är en ljudnivåmätare, ”förklädd” till ett stort öra som kan hängas på väggen. Örat lyser grönt när antalet decibel är acceptabelt, gult när decibeltalet är på väg upp och rött när ljudnivån är oacceptabel för det mänskliga örat. Tanken är att t.ex. förskolepersonal ska kunna påkalla barnens uppmärksamhet på att när örat lyser rött är rösterna för höga.

Olika sätt att redovisa ett materials absorptionsförmåga

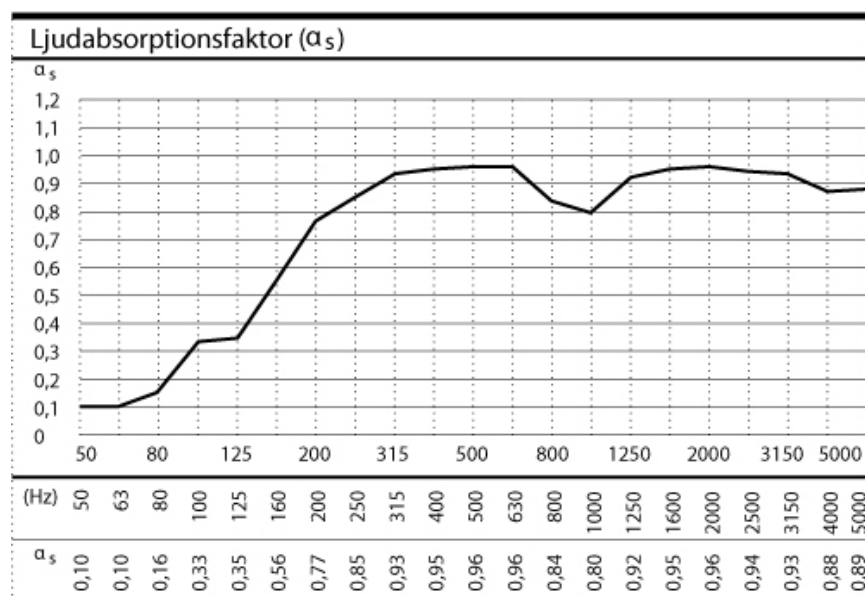
Det framgick av redovisningen ovan att absorptionsfaktor (α) är ett centralt begrepp för bedömning av tak- och väggabsorbenter. Ett materials ljudabsorption är ett uttryck för hur stor del av den infallande ljudenergin som absorberas i materialet.



Ljudabsorptionskoefficienten α varierar från 0 - 1,0.
 $\alpha = 1,0$ motsvarar 100 % ljudabsorption
 $\alpha = 0,0$ motsvarar 0 % ljudabsorption
 $\alpha = \text{absorberat ljud} / \text{infallande ljud}$

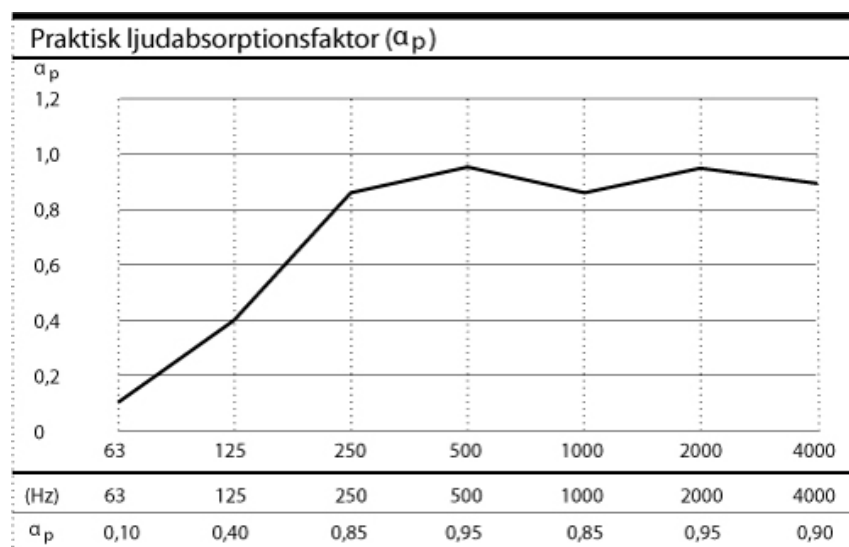
Det finns olika absorptionsbegrepp som representerar olika grad av sammanfattning/ noggrannhet i beskrivningen av absorptionsförmågan hos materialet. Effektiviteten hos en ljudabsorbent redovisas som en absorption vid en viss frekvens som kan uttryckas på fem olika sätt: Ljudabsorptionsfaktor a_s , figur 3.1, Praktisk ljudabsorptionsfaktor, a_p , figur 3.2, Vägd ljudabsorptionsfaktor, a_w , figur 3.3, Ljudabsorptionsklasserna A-E, figur 3.4, 5. NRC-värde, figur 3.5.

Illustrationerna och den förklarande texten nedan är hämtad från Roxulls hemsida, med företagets medgivande.



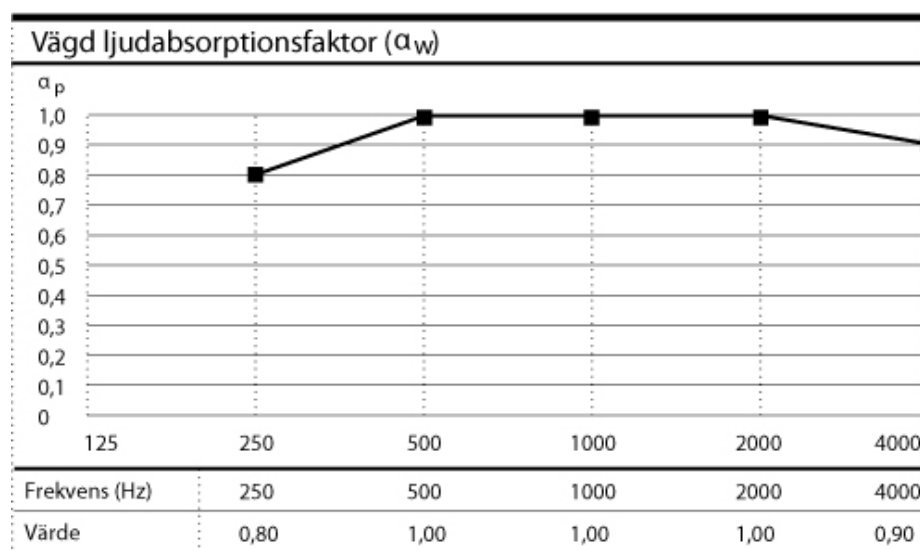
Figur 3.1 Ljudabsorptionsfaktor, a_s .

a_s : är ett värde för ljudabsorptionsfaktor för 1/3 oktav som är uppmätt enligt ISO 354 och är ett exakt värde. a_s mäts i enlighet med DS/ISO 354. Det är den mest detaljerade möjligheten att beskriva ljudabsorptionen och används som bas för andra mer sammanfattande metoder.



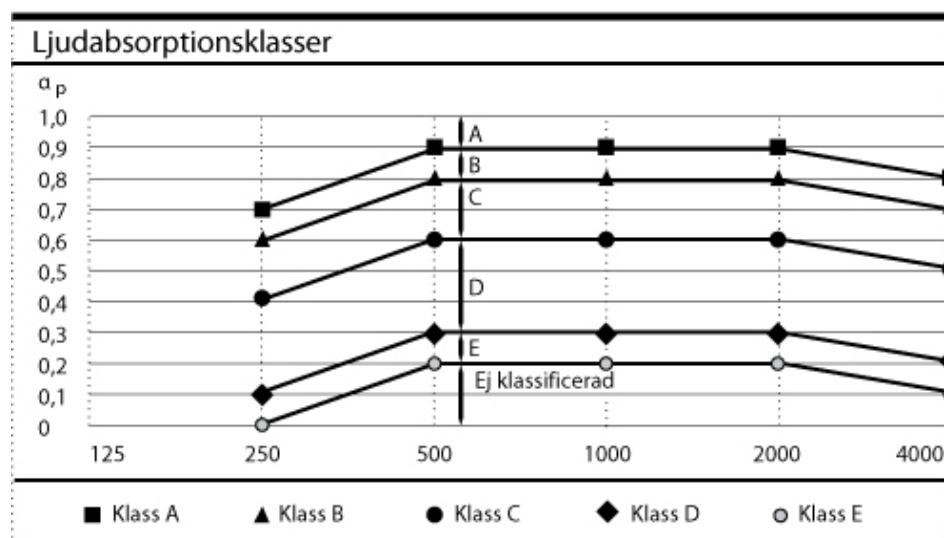
Figur 3.2 Praktisk ljudabsorptionsfaktor, a_p .

a_p : är praktisk ljudabsorptionsfaktor som används vid vanliga efterklangstidsberäkningar. Anges vid heloktaver som genomsnittsvärdet av tre 1/3 oktav mätningar (a_s) och avrundas till närmaste femhundradel enligt ISO 11654. Ger en god bild av absorbentens ljudabsorption.



Figur 3.3 Vägd ljudabsorptionsfaktor, a_w .

a_w : är ett enda värde som anger vägd ljudabsorptionsfaktor. a_p -värden jämförs med en referenskurva enligt ISO 11654. Maximal negativ avvikelse från referenskurva får vara $\leq 0,10$ och a_w värdet läses av på referenskurvan vid 500 Hz. Metoden ger en ganska god bild av absorbentens ljudabsorption men har den svagheten att kurvan faller vid 4000 Hz, vilket inte syns i det sammanfattande värdet. Det är vid denna frekvens som örat är som mest känsligt och där det i många fall krävs god ljudabsorption.

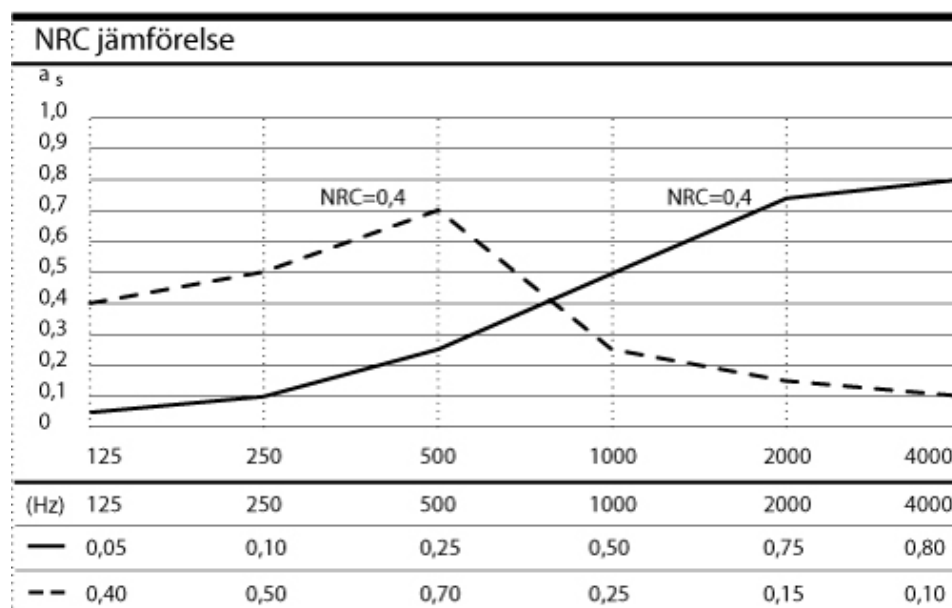


Figur 3.4 Ljudabsorptionsklass, klasserna A-E.

Ljudabsorptionsklasser

Absorptionsklass A - E är ytterligare ett sätt att ange ljudabsorption enligt ISO 11654. a_p värdena 0,15 - 1,00 är indelade i olika grupper för att beskrivas som 5 olika klasser. Detta sätt att redovisa

Ljudabsorption på är oftast inte tillräckligt noggrant eftersom variationen inom en och samma klass är allt för stor.



Figur 3.5 NRC-värde.

NRC-värde

Noise Reduction Coefficient (NRC) beräknas enligt den amerikanska standarden ASTM C 423 och är ett medelvärde av a_s värden i frekvenserna 250, 500, 1000 och 2000 Hz som avrundas till närmaste femhundradel. Eftersom denna metod inte inkluderar 4000 Hz där örat är som mest känsligt och inte tar hänsyn till a_s kurvans utseende passar metoden inte för beskrivning av ett utrymmes krav på ljudabsorption. Kurvan ovan visar två absorbenter som ger utrymmet helt olika akustik men som har samma NRC värde.

Sammanfattning om ljudabsorptionsfaktor

Det bästa sättet att jämföra absorberande produkter med varandra är således normalt att titta på kurvorna som beskriver absorptionsfaktorn, a_s , eller den praktiska absorptionsfaktorn, a_p . För att få måttligt med absorptionsarea är det en fördel om de kan hålla följande prestanda: $a_p > 0,7$ från 500 Hz och $> 0,3$ för 100-500 Hz. Det finns också särskilda C-absorbenter som har högre a_p för de låga frekvenserna, vilket är viktigt om man vill ha en bra taluppfattbarhet.

Stegljudsreduktion för golvbeläggningar

För golvbeläggningar var stegljudsreduktion en av de egenskaper som framhölls.

Stegljud är det ljud av steg som färdas genom bjälklaget från ett överliggande rum till rummet under, eller i sidled mellan rum. Stegljudsnivå mäter man enligt standarden EN ISO 140-8 genom att ställa en stegljudsapparat (en standardiserad apparat som knackar på golvet med små hammare) i ett rum. Sedan mäter man ljudnivån i det under- eller intilliggande rummet.

För att mäta *stegljudsreduktionen av en viss golvbeläggning*, t.ex. en linoleummatta, jämför man det värde man får om apparaten placeras på ett standardiserat betonggolv med det värde man får med samma betongbjälklag, men med den aktuella golvbeläggningen ovanpå. För trä- och laminatgolv finns särskilda mätmetoder. Reduktionen/dämpningen på grund av golvmaterialen uttrycks i dB och beräknas med hjälp av EN ISO 717/2. Stegljudsreduktion testas med SS-EN ISO 140-6 (lab – banvara och plattor), SS-EN ISO 140-8 (lab – flytande golv) eller 140 –7 (fält) och utvärderas enligt SS-EN ISO 717-2.

På europeisk nivå har man tagit fram en standard för hur stegljudsegenskaper i byggnader skall beräknas utifrån egenskaperna hos varje byggnadselement, SS-EN 12354-2. Det börjar komma fram beräkningsprogram på akustikbyråer i Sverige och övriga Europa som bygger på denna standard.

För att kunna beräkna stegljudsvärdet för en konstruktion behövs mätdata enligt SS-EN ISO 140-8, d.v.s. en tersbandsmätning (1/3 oktav) av golvbeläggningen och eventuellt stegljudsdämpande underlagsmaterial. För att en akustikkonsult ska kunna beräkna stegljudsvärdet i en lokal med en sådan programvara (t.ex. BASTIAN), krävs att resultat från tersbandsmätningar finns tillgängligt och kan kopplas till en databas, kopplad till programmet. Exempel på värden på vägd stegljudsreduktion för olika golvkonstruktioner ges i tabell 3.2.

Tabell 3.2 Typiska värden för stegljudsreduktion för olika golvtyper

MATERIAL	EXEMPEL PÅ VÄRDEN FÖR STEGLJUDSREDUKTION
	Värden enligt EN ISO 717-2, DL_w (dB)
Linoleummattor	
Marmoleum Decibel 3,0	17
Marmoleum 2,5 med Corkment 2 mm	14
Marmoleum 2,5 med Ergoflex 3 mm	20
Linoleum	17
Veneto	14
Veneto	15
Plastmattor	
Sarlon Quartz	17
Smaragd/Step/Forza med Ergoflex 3 mm	22
Acczent,	5
Tapiflex	20
Nordic Plus/Stabil	18
Homogena plastgolv	
Eminent , Granit, Optima m fl 2 mm	<4
iQ Granit Acoustiflor	15
Trägolv1	
14 mm trägolv på korkparkolag	17
14 mm trägolv på Hunton Silencio 1	21
Laminatgolv1	
Free Acoustic 9,2 mm	21
Smart 8 mm på 2,0 mm foam	17
SRS	17

1) För trä- och laminatgolv är värdena minskad stegljudnivå för den stegljudsdämpade versionen jämfört med den icke stegljudsdämpade. För övriga golvmaterial jämförs med ett rent betongbjälklag.

De nya ljudklasserna och mätmetoderna som nämnt ovan och som BBR hänvisar till och utvecklingen av nya bjälklagskonstruktioner har medfört att man idag i större utsträckning måste räkna fram ljudegenskaperna i rummet för varje specifikt objekt. Man kan inte längre förlita sig på tumregler och standardvärden. För att möta denna utveckling har man på europeisk nivå tagit fram en standard för hur stegljudsegenskaper i byggnader ska beräknas utifrån egenskaperna hos varje byggnadselement, SS-EN 1234-. Det börjar komma fram beräkningsprogram (t.ex. BASTIAN) hos akustiker i Sverige och övriga Europa som bygger på denna standard.

Trumljudsreduktion för golvbeläggningar, uttryckt i dB

Olika golvbeläggningar kan jämföras med avseende på hur mycket ljud som alstras när man går på golvet eller när det utsätts för stötar. Det så kallade trumljudet kan mätas.

Trumljudsreduktion har i detta projekt bedömts som den viktigaste akustiska golvegenskapen, då de förskolor och den skola som ingår i projektet är enplansbyggnader. Trumljud är det ljud som emitteras i rummet vid slag av ett föremål mot ett annat, t ex klackljud mot ett golv, uppmätt i samma rum som klackljudet alstras.

Det finns idag ingen standard utvecklad för mätning av trumljud, eller stegljud uppmätt i samma rum, som det också kallas. Däremot har SIS gett ut en Teknisk rapport, SIS-TR 15:2008 ”Byggakustik – Riktlinjer för mätning och bedömning av stegljudsnivå i samma rum”. I förordet till denna sägs att anledningen till att de beskrivna metoderna publiceras i form av en teknisk rapport och inte i form av en standard är att kunskapsläget ännu inte anses vara tillräckligt gott för utarbetande av en standard.

I övriga Europa är det också relativt dåligt ställt med standardiserade mätmetoder för trumljud. Det har funnits en Europastandard för parketttillverkare som var bra, men som är tillbakadragen och därmed inte används längre. Det finns också en fransk standard för mätning av trumljud: NF S 31-074. Den liknar stegljudsmätningen EN ISO 140-8 (dvs. en maskin med små hammare som bankar på golvet) med den skillnaden att man mäter ljudet (dvs. placerar ut mikrofoner och mätutrustning) i samma rum som apparaten (och inte i våningen under). Om apparaten placeras på ett standardiserat betonggolv – och man väger samman ljudtrycket för ett stort frekvensspektra – så erhåller man värdet 78 dB. Om mätutrustningen istället placeras på samma bjälklag belagt med en golvbeläggning, kan resultatet t.ex. bli 74 dB. Man kan beräkna reduktionen/dämpningen på grund av golvmaterialiet med hjälp av EN ISO 717/2 (på liknande sätt som för stegljud). I praktiken är det bara att subtrahera ”golvvärdet” från ”betongvärdet”. Trumljudsreducering i exemplet ovan blir således 4 dB.

Det pågår ett arbete inom CEN med att ta fram en Europeisk norm för trumljudsmätning – och den bygger bland annat på den franska metoden, som t.ex. vissa svenska golvstillverkare använder ibland i sina datablad. Mätmetoden ovan går att använda på alla typer av golvmaterial. Trä och laminatgolv som läggs på lös foam får normalt trumljudsnivåer runt 90 dB – dvs. ett högre värde än för den rena betongytan. Detta innebär att ”reduktionen” blir negativ, i detta fall –12 dB. Det här är ett känt femomen hos laminat/trägolvtillverkare och vi ser idag en snabb produktutveckling för att få ned trumljudet från dessa produkter.

Med vissa akustikbeläggningar på baksidan av trä/laminatgolvet går det att få ned trumljudsvärdena till i närheten av en ren betongyta. Om en sådan produkt får en trumljuds nivå på t ex 85 dB, dvs. en ”negativ dämpning” på - 7 dB (78 dB för standardbetonggolvet -85 dB för aktuellt golv) menar man inom golvbranschen att man lämpligen kan säga att produkten ger en reduktion av trumljuden med 5 dB (90 dB för bästa laminatgolv med foam – 85 för aktuellt golv) jämfört med motsvarande ”icke-akustik-produkt” lagd på vanlig 2 mm foam.

Trumljudsreduktion - typiska värden för olika slags golvbeläggningar

Värden uppmätta enligt den franska standarden NF S 31-074 och utvärderade enligt EN, ISO 717-2, DL (dB) (ett negativt värde innebär en förhöjning av trumljudet jämfört med en ren betongyta.

Tabell 3.3 Typiska värden för trumljudsreduktion för olika golvmaterial

TYP AV GOLVBELÄGGNING	TRUMLJUDSREDUCERING
Linoleumgolv	+9 till +12 dB
Homogena plastgolv	
Utan underliggande akustikdämpare:	0 till -4 dB ¹
Med underliggande akustikdämpare:	+15 dB
Heterogena plastgolv	
Utan underliggande akustikdämpare:	-4 dB ¹
Med underliggande stegljudsdämpare:	+18 dB
Trägolv	-6 ¹ till -14 dB ¹
Laminatgolv	
Jämfört med ett rent betonggolv	-3 ¹ till -8 dB ¹
Uttryckt i son-systemet	SL 10 till SL 30
Gummigolv	+6 till +8

1) Negativa värden betyder att beläggningen ger ett högre trumljud än ett rent betonggolv.

Trumljudsreduktion för golvbeläggningar uttryckt i Son

De europeiska laminatgolvtillverkarnas organisation EPLF har utvecklat en ny metod för att bedöma trumljudsreduktion i enheten son (eng. sone), metod nr EPLF 0210293. Det är en ”psykoakustisk” metod som mer speglar hur pass störande människor upplever ljudet – till skillnad från ljudtrycksnivån mätt i decibel som är mer ”teknisk-akustisk”. Sonbegreppet har formats för att ta hänsyn till att människan upplever ljudtrycksnivå olika vid olika frekvenser.

Metoden används idag av flera tillverkare av laminatgolv (bland annat Tarkett) och det är möjligt att Son-systemet kommer att bli standard även på andra typer av golvmaterial än laminatgolv (plastgolv, trä etc.). I son-systemet jämförs den uppmätta ljudnivån med ett standardiserat golv och värdet anges dels som en procentsats, dels som en klassning där ett högre värde är ett tystare golv, t.ex. SL 10 är ett golv med liten trumljuddämpning och SL 30 är ett golv med god upplevd trumljuddämpning.

Son föreslogs som en enhet för hörstyrka av Stanly Smirth Stevens år 1936. Inom akustiken är hörstyrka den subjektivt upplevda ljudtrycket.

Hörstyrka mäts i son

Hörstyrka är ungefär proportionell mot subjektiva styrkan, d.v.s. fördubblas per 10 phon. 1 son motsvarar 40 phon. Hörstyrkan är uttryck för hur en normallyssnare under specificerade förhållanden uppfattar styrkan hos ett ljud. Hörstyrkan, som kan betecknas N , anger uttryckt i *son* den uppfattade styrkan hos ljudet i förhållande till den uppfattade styrkan hos ett referensljud med hörnivån 40 phon. Ett ljud med hornivån 40 phon har därför definitionsmässigt hörstyrkan 1 son. Ett ljud som låter dubbelt så starkt som detta har hörstyrkan 2 son, ett som låter tre gånger så starkt har 3 son osv.

Antalet son som motsvarar en phon valdes så att en dubbling av antalet son för det mänskliga örat låter som en fördubbling av ljudtrycksnivån, vilket också motsvarar en ökning av ljudtrycksnivån med cirka 10 dB, eller en ökning av medelljudtrycket i kvadrat (mean square sound pressure) med en faktor 10 (på grund av den grundläggande egenskapen hos logaritmer för vilken som helst ljudtrycksnivå).

Hörnivå mäts i phon.

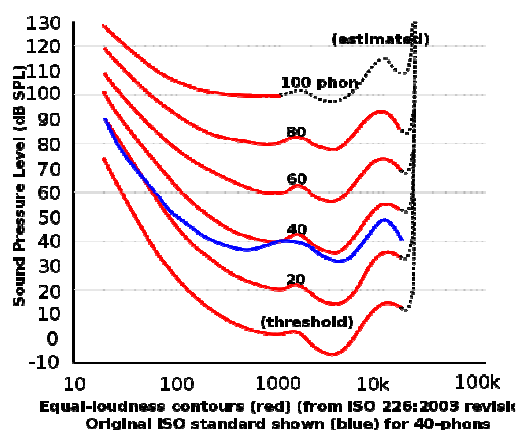
Hörnivå är ett uttryck för hur en normallyssnare under specificerade förhållanden uppfattar styrkan hos ett ljud. Hörnivån, som kan betecknas L_N , uttrycks i phon, så att antalet phon överensstämmer med antalet decibel (dB) för ljudtrycksnivån hos en ren ton med frekvensen 1 000 Hz vilken uppfattas som lika stark som ifrågavarande ljud. Om t.ex. ett visst ljud låter lika starkt som en 1 000 Hz-ton med ljudtrycksnivån 65 decibel, är dess hornivå 65 phon. Vid 1000 Hz är phon alltså lika med dB. Annars gäller att ljud med samma hornivå låter lika starkt. Fletcher-Munson-diagrammet (Figur 3.7) är phonkurvor för en genomsnittsbefolkning.

Sambandet mellan hornivå och hörstyrka

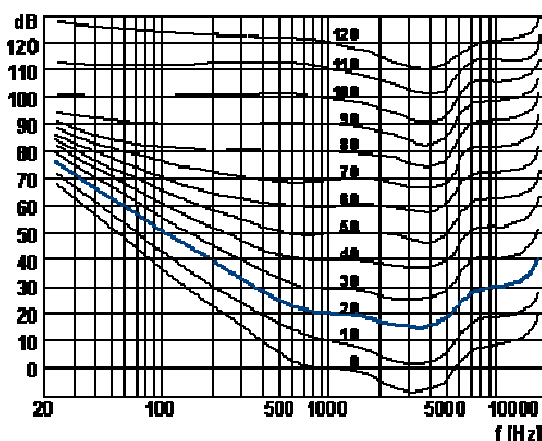
I enlighet med Stevens definition är en son lika med 40 phon, som definieras som ljudtrycksnivån N_L för en 1000Hz ton vid 40 dB SPL (Speech Pressure Level=taltrycksnivå).

Sambandet mellan hornivå och hörstyrka är entydigt: 1 son (hörstyrka) = 40 phon (hornivå), 2 son = 50 phon, 4 son = 60 phon, 8 son = 70 phon etc. Lägre hörstyrka än 1 son används inte. Skillnaden är att siffran på hörstyrka är ungefär proportionell mot hur starkt ljudet uppfattas. 6 son låter ungefär dubbelt så starkt som 3 son. Detta gäller inte alls hornivå. Hörnivå och hörstyrka kan sägas uttrycka samma sak på olika sätt.

Vid andra frekvenser än 1000 Hz, måste mätningar i son kalibreras mot frekvensresponsen för det mänskliga hörandet, som är en subjektiv process. Studier av upplevs ljudtrycksnivå ingår i ämnet psykoakustik och omfattar psykofysiska metoder.



Figur 3.6 Jämförbara ljudtryckskurvor (röda) från en revidering av ISO 226:2003 som gjordes 2003. Den ursprungliga ISO standarden visas för 40 phonkurvan (blå).



Figur 3.7 Fletcher-Munson diagram. Notera att det krävs höga ljudtryck för att vi ska höra låga frekvenser (under 100 Hz) medan vi har mycket god hörsel vid höga frekvenser (1000-5000 Hz).

Ljudnivåreduktion och absorptionsfaktor för skärmväggar

För skärmar är det absorptionsfaktor mätt enligt ISO354 och ljudreduktion mätt enligt ISO10053:1991 (Acoustics –Measurement of office screen sound attenuation under specific laboratory conditions) som framhålls som lämplig prestanda. Vid ISO 354-mätning bör man ta reda på hur skärmen har varit placerad. Om skärmen står fritt i rummet kommer man att få en annan absorptionskoefficient än om den stått tätt intill en vägg eller ligger på golvet. Standarden säger dock att skärmar ska stå fritt vid mätningen.

Det är viktigt att anlita fackfolk vid val av skärm för rätt ändamål. Exempelvis är skärmens placering i förhållande till ljudkällan mycket viktig. En glipa mellan skärmen och yttervägg kan t.ex. förstärka ljudet i stället för att dämpa det. Vilka frekvenser som ska dämpas är också viktigt att ta reda på. Det är de låga frekvenserna som är svåra att skärma eftersom våglängderna är långa. Därför baseras skärmarnas dimensionering på dessa. Notera skillnaden mellan skärmning/ljudisolering och absorption – skärmen hindrar bara ljudet att nå en mottagare (genom att reflektera/sprida det någon annanstans) medan vid absorption så omvandlas ljudet till värmeenergi och försvinner. En skärm med en utåtböjd ovansida kan ge effektiv skärmning av ljud, upp till 9 dB, om den är rätt placerad. Ljudreduktionen med skärmväggar inomhus ligger i regel kring 2,5 – 10 dB. Värdena som är så höga som 19 dB kan dock uppnås, enligt fabrikanterna, med tät mellanvägg och absorbent på båda sidor. Det är dock viktigt att påpeka att effekten av en utåtböjd ovansida och värden på den faktiska ljudreduktionen av skärmen är beroende av rummets utformning och mängden övrig absorption i rummet.

Reduktion av bullerkällor orsakade av material mot varandra

Vår genomgång visar att det finns och växer fram fler bygg- och inredningsprodukter som designats med tanke på att avge mindre buller eller reducera buller. Här saknas dock standardiserade metoder

för att utvärdera dem. En av möbeltillverkarna, Axelssons, har låtit utföra en beräkning av hur mycket de "akustiska" borden och stolarna kan minska efterklangstiden i ett rum, se nedan under rutan. I rutan visas Axelssons "tysta stol", som använts i projektet. I bilaga 5 finns ytterligare ett exempel på "tysta möbler". Det är stolar och bord som tagits fram av designer Sigrid Strömgren. Hon arbetade sex månader med förstudien till detta forskningsprojekt, medan hon gick magisterutbildningen i design på Högskolan för Design och Konsthantverk, HDK. De möbler hon tog fram och som blivit prisbelönta var dock inte klara inför val av möbler till detta projekt.

Möbler med goda ljudegenskaper

Åke Axelsson har formgivit många möbler sedan gesällprovet år 1951.

Han är en designer som förstått att de faktiskt går att bestämma över ljud. Han har specialdesignat bordet och stolen Akustik (2006). Stolarna valdes ut i Mölndalsprojektet.



Stolarna har en absorbent av miljövänlig polyesterfiber under sitsen. Ett tillhörande bord som också har absorbent på undersidan, har en smart konstruktion: Man kan lyfta bort den förvånansvärt lätta bordsskivan och vika ihop underredet för att få mer plats. Bordets yta är gummerat vilket minskar onödigt slammer och på undersidan syns den ljudabsorberande ytan.

Datorberäkning av efterklangstid med stolar och bord med ljudabsorbent under sitsen.

Akustik Miljö utförde en datorberäkning för att se vilken minskning i efterklangstid som kunder förväntas om man placerade 30 stolar och 30 bord med en ljudabsorbent under sitsen (typ Sund miljöabsorbent), på det sätt som finns i utförande på Åke Axelssons stolar och bord.

Beräkningen gjordes för ett normalklassrum på cirka 56 kvm och takhöjden 2,7 m.

Vid en efterklangstid på 0,6 sek i rummet förkortades efterklangstiden med 0,05 sek.

Vid en efterklangstid på 0,8 sek i rummet förkortades efterklangstiden med 0,10 sek.

Vid en efterklangstid på 1,1 sek i rummet förkortades efterklangstiden med 0,15 sek.

Detta bedömdes i kombination med dämpning av skrapljud från stolar, samt en förmodligen ”dovare” klang i borden totalt sett ge en ”mycket bra effekt i lokalen”.

Synpunkter på stolar som framfördes av projektgruppens panel

För stolar förefaller den viktigaste bullerdämpande åtgärden vara att förhindra skrapljud genom att ha mjuka material i benens möte med golvet, möbeltassar eller stolar som redan från början har ett material i benen som inte ger så höga skrapljud.

Ljudabsorbenter på stolarnas undersida ger en utvidgad absorptionsarea i rummet och därmed en lägre ljudnivå, men detta gäller under förutsättning att ljudfältet är diffust (slumpartad infallsvinkel överallt i rummet), eller åtminstone att det finns reflexer som studsar mellan golv och tak. Ljudfältet är troligtvis inte diffust i sådana små rum som det handlar om i förskolor. Dessutom är totala arean under stolarna kanske inte så stor (kanske totalt cirka 5 kvm i ett matrum i förskolan). I matsalar i skolor, där ett stort antal stolar förekommer kan absorbenter på undersidan troligtvis ge ett större tillskott till absorptionsarean.

Att tjockleken på absorbenten under stolarna är relativt begränsad innebär att det är dålig lågfrekvensabsorption. I förskolor finns dock höga frekvenser som behöver dämpas.

Axelsson har också en variant av stolarna som utformats med en perforering av själva sitsen med tanken att även ovansidan av sitsen ska absorbera ljud. Dock är stolar ofta inskjutna under ett bord när de inte används. De exponeras då inte för annat ljud än väldigt sena reflexer och när någon sitter på stolen har perforeringen ingen betydelse. Det kan också bli ett renhållningsproblem med hålen. I Mölndal valdes stolarna utan perforering.

För möbeltassars dämpande effekt finns ingen standard. Dock har Mölndals stad låtit utföra mätningar, där en stol drogs över ett golv först utan och sedan med möbeltassar. Med möbeltassar reducerades ljudnivån från 72 dB till 49 dB ekvivalent över 15 sekunder, se Bilaga 3. Det är självklart att möbeltassar i hög grad dämpar skrapljudet mellan stolsben och golv. För möbeltassar är även andra egenskaper viktiga att bedöma: Passar de till just de möbler som ska köpas in? Hur dammsamlade och rengörbara är möbeltassarna? Hur förändras stolens utseende på grund av möbeltassarna?

Vissa stolar är idag utformade redan på fabrik med ”tysta ben” eller monterade möbeltassar.

Tabell 3.4. Lista med de bygg- och inredningsprodukter som ingick i det slutliga urvalet

För tak	För väggar	Skärmväggar	Golv	Möbler	Skulptur
---------	------------	-------------	------	--------	----------

FÖRETAG	PRO-DUKTER	ANVÄNDNINGS-OMRÅDE	PROVAD I PRO-JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
Akustik Miljö i Falkenberg Det ljudabsorberande materialet är polyester-fiber.	SUND undertak & Miljö-absorbent	Akustiktak /Väggabsorbent	Ja.	-Absorberar ljud. -Minskar ljudöverföring/isolerar ljud.	-Finns i absorptionsklass A och B.	Termiskt bundna, utan främmande bindemedel.
	Minimizer	Tyglaminerad vägg-absorbent Finns i tre olika varianter: <i>Enkel: plan väggabsorbent.</i> <i>Dubbel: bredbands-absorbent som monteras i takvinkel.</i> <i>Trippel: Triangelformad bredbandsabsorbent .</i>	Ja	-Absorberar ljud. -Minskar ljudöverföring/isolerar ljud.	-Finns i A- och B-klass. Specifikation i bilaga. -Trippel är effektiv på att dämpa sidoreflexer tack vare att den sticker ut 250 mm från väggen.	Enkel plan väggabsorbent fungerar även som anslagstavla.
	Bumerang	Skärmvägg	Ja, matsal i Väster-bergs-	-Absorberar ljud		

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
			skolan.	-Dämpar slammer -Förhindrar en del av ljudutbredningen i rummet		
	Softlineskärm	Skärmabsorbent som kan placeras var som helst i rum.	Ja	-Absorberar ljud -Dämpar slammer -Förhindrar en del av ljudutbredningen i rummet.	Absorptionskurva finns.	-Kan fås med olika tryck och eget val av tryck. -Finns också som - vertikalabsorbenter som kan hängas i tak, där man vill att stommen ska verka klimatutjämnande.
	Akustisk lamellgardin	Absorberande, vridbara tygklädda vertikallameller. Kan också försees med en reflekterande sida.	Ja	-Absorberar ljud -Dämpar slammer -Reflekterar ljud	Absorptionsklass B, mätdata drar mot A. -Kan riktas för bästa absorptions/ref- lektionseffekt. -Kan användas för att ge rummet	Vridbara lameller som kan kombineras med mörkläggningsfunktion, ljusreglering, insynsskydd.

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
					en akustisk flexibilitet om ena sidan av lamellerna har absorbent och andra sidan är reflekterande.	
	Stoltassar	För att eliminera skrapljud från stolar	Ja			Har ett stort urval av tassar för olika stolsben.
AR Form- givning	Spira och rymd/ Parafon Exclusive	Mönstrat akustiktak för kök och matsal	Ja	Absorberar ljud	Absorptionsklass A, specifikation i bilaga.	Mönstrat undertak som är avtorkbart. Vid denna tid det enda på markanden.
Ecoophon AB	Master Alfa	Akustiktak av pressad mineralull med målat ytskikt.	Ja	Absorberar ljud Ljudreflektion (diffus reflektion)	Absorptionskurvo r i bilaga.	God ljusreflektion och bra ljusdiffusion, vilket minskar behovet av kompletterande belysning.
	Ecophon Wall Panel	Tyglaminerad väggabsorbent	Ja	-Absorberar ljud. -Diffunderar/ sprider ljud.	Absorptionskurva i bilaga.	Finns med olika mönstertryck.
Itaab Trading AB	Luxalon	Textil takabsorbent		-Absorberar ljud. -Dämpar	Absorptionsklass A+, bra dämpning i 100-500 Hz.	Varje platta är fällbar.

FÖRETAG	PRO-DUKTER	ANVÄNDNINGS-OMRÅDE	PROVAD I PRO-JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
				slammer/skrapljud.		
Ardbo golv AB/ Wicander	Acoustic cork	Golvbeläggning i form av plattor av homogen kork med ett slitskikt av vinyl.	Ja, i klassrum 100	-Dämpar momentana trum/stegljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.	Stegljudsdämpning 18 dB.	-”Mjukaste hårda golvet på marknaden”. -Mycket lättstädad enligt lokalvårdarnas bedömning. -Produkten förs inte längre i Sverige.
Forbo Flooring AB	Linoleum-matta Marmoleum/ Atroleum med stegljuds-dämpande baksida, Ergoflex	Golvbeläggning av linoleum med stegljudsdämpare (se kommentarkolumn längst till höger)	Nej	-Dämpar momentana trum-/stegljud. -Dämpar skrapljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.	Stegljuds-dämpning 20 dB. Trumljuds-nivå: $L_{n,e,w} < 66$ Trumljudsreduktion hörstyrka: 20,5 son.	Ergoflex är tillverkat av Poron, är ett slags polyuretanskum med bättre egenskaper än vanligt skum: Fritt från mjukgörare, flamskyddskemikalier, tungmetaller och freoner, låg emission, öppet för vattenånga. Översidan är belagd med fiberduk av polyester.
	Linoleummatta Marmoleum	Golvatta av linoleum med underliggande	Ja, på golv i	-Dämpar momentana	Marmoleum Decibel är 2,5	Innehåller inte mjukgörare.

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
	Decibel	stegljudsdämpare Ergoflex, se ovan i högerkolumn.	klassrum 105.	trum-/stegljud. -Dämpar skrapljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.	mm tjock och är laminerad på ett 1 mm tjockt lager polyolefinskum. Ger stegljudsdämp- ning på 17 dB.	
	Linoleum- matta Marmoleum Nymf	Som stötskydd på vägg	Ja, på vägg i Klassrum 105	-Dämpar stötljud	-	Innehåller inte mjukgörare.
	Plastmatta Forshaga Sarlon med stegljuds- dämpande baksida av ergoflex.	Som golvbeläggning och stötskydd på vägg.	Ja, på golv och vägg i klassrum 111	-Dämpar momentana trum-/stegljud. -Dämpar skrapljud och stötljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.	-	Golvattan är av PVC och innehåller mjukgörare. Stegljudsdämparen Ergoflex innehåller inte mjukgörare, se ovan.
Johans Golv	Betongplattor med inblandning av plast, "Mjuk betong"	Golvbeläggning	Nej	Dämpar momentana trum-/stegljud -Dämpar slammer/ skrapljud.		Kan levereras i ett stort antal färger. Ansågs för dyr för

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
						förskolor. Rekommenderas inte i entré med hårt slitage – grus/vatten.
Tarkett Sverige AB	Tarkett Silencio linoleum	Golvbeläggning av linoleum med akustikbaksida av Tapiflex (PVC-skum)	Nej	-Dämpar momentana trum-/stegljud. -Dämpar skrapljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.		Mattan innehåller inte mjukgörare, men stegljudsdämparen är av PVC-skum med mjukgörare. Känslig för fläckar. OK i klassrum, men ej förskola..
	Tarkett Akustikplast- matta Tapiflex	Golvbeläggning	Ja, i för- skolorna.	Dämpar momentana trum-/stegljud. -Dämpar skrapljud. -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.		Har också köpts in av Samfast till Västerbergsskolan, sal 116 (där mätningar ej gjorts).
Offect AB	Soundwave väggpanel	Skärmvägg av formpressade dekorativa akustikplattor av filt	Nej	-Absorberar ljud. -Dämpar momentana	Absorptionsfaktor A. Spec. i bilaga.	

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
		(polyester eller ull).		trum-/stegljud. - Dämpar slammer/ skrapljud. -Diffunderar/sprider ljud -Minskar ljudöverföring / isolerar ljud		
VIG Inrednings- gruppen AB	Silence Sky	Skärmvägg	Nej	- Absorberar ljud -Dämpar momentana trum-/stegljud -Dämpar slammer/ skrapljud -Minskar ljudöverföring/ isolerar ljud.		
Textilhög- skolan Borås	Colline	Textil Stickad garnskulptur med insida av	Skulle provas i matsal, men ej i interven- tionsstudien	Absorberar ljud	Mobil skulptur	-Kan fungera som mobil i t.ex. lekhall eller matsal.

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
		mineralull.	matsal.			-Utsida av flammhärdat garn.
Åke Axelsson Produkter AB	Akustik bord och stol	Stolar och bord med ljudabsorbent av polyester under sitsen respektive under bordsskivan.	Ja, några exemplar.	-Absorberar ljud. -Dämpar momentana trumljud. -Dämpar slammer/skrapljud.	Stolar kan även fås med perforering i sits, vilket möjligen kan förbättra akustiken lite när ingen sitter på den.	Stolarna har fin design och glada färger. Axelssons stolar köptes in på prov, men blev för dyra att använda i hela matsalen. I stället blev det skolstol med absorbent från Wigells stolfabrik
Fromells Snickeri/ent reprenad AB	Tapiflexbord	Bord med ovansida och undersida av plastmatta med PVC-skum.	Ja, överallt i Mölndal	-Absorberar ljud. -Dämpar momentana trumljud mot bordet. -Dämpar slammer/skrapljud mot bordet.		Projektet bedömer absorptionen som mycket liten.
Materia Design Sigrid Strömgren	Stol Akustik och bord Silen	Stol, helt designad för att vara tyst	Nej Blev inte klar förrän senare.	Var ej med i enkäten.	Inga skrapljud. Inga egenljud	Lite mer exklusiv, men kan passa i speciella utrymmen i skolor och förskolor, ex.vis. i cafeteria.
B&L Lund	Tiptoe	Stoltassar	Ja	-Dämpar	-	Plastmöbeltass med

FÖRETAG	PRO- DUKTER	ANVÄNDNINGS- OMRÅDE	PROVAD I PRO- JEKTET	Ljudegenskaper som angetts i enkätsvar	Företagens kommentarer kring de akustiska egenskaperna	Kommentarer och övriga egenskaper som framhållits
AB				slammer/skrapljud.		fjädrande ”tip”. Är inte dammsamlade.
Nordifa AB	Självhäftande bullerabsorbent	Består av filt och kan tex placeras under bord och stolar.		-Absorberar ljud Dämpar slammer/skrapljud.	-	Går att få i allt från 100% viskos till ren ull.
Svensk Idétjänst	Möbeltassen ”Ludde” m.fl.	Möbeltass för träben på stolar och bord.	Ja	-Dämpar slammer/skrapljud	Har sålts i över 100 000 exemplar på 6 år.	Finns i alla storlekar. Ej dammsamlade.

4. Åtgärder

I detta kapitel beskrivs förskole- och skollokalernas inredning och systemlösningar före och efter åtgärdernas genomförande. Vilka förskoleavdelningar och lokaler i skola som ingått i interventionsstudien samt när de åtgärdats för att få en bättre ljudmiljö framgår av tabell 4.1.a (förskola) respektive 4.1.b (skola).

Avsnittet inleds med en kort beskrivning av de förskolor och skolor som ingick i studien.



Bo Ljungberg, Samfast, har varit en idéspruta för de "bullersanerande" åtgärderna och har svarat för deras genomförande.

Tabell 4.1.a Rum i förskolorna i vilka åtgärder vidtagits inom ramen för interventionsstudien

FÖRSKOLA	
Etapper för åtgärder	Föteskoleavdelningar som ingick
Etapp 1	
Genomfördes November/december 2006)	Toltorps förskola
	- Avd. Grytet
	Kroksläotts förskola
	- Avd. Björken
	- Avd. Lönner

FÖRSKOLA	
Etapper för åtgärder	Föteskoleavdelningar som ingick
Etapp 2	
Genomfördes i början av oktober 2007.	Toltorps förskola
Utvärderades i slutet av oktober 2007.	- Avd. Lyan
	- Avd. Redet
	Gärdesängens förskola
	- Lekstugan
	- Kojan

Tabell 4.1.b Rum I SKOLORNA i vilka åtgärder vidtagits inom ramen för interventionsstudien

SKOLA	
Etapper för åtgärder	
Etapp 1	
Genomfördes i mars 2006	Västerbergsskolan
	Klassrum A 100
	Klassrum A 104
	Klassrum A 107
	Klassrum A 110
	Korridoren
Etapp 2.a	
	Västerbergsskolan
Genomfördes sommaren 2007	Matsal

SKOLA	
Etapper för åtgärder	
Etapp 2.b	
	Västerbergsskolan
Genomfördes sommaren 2007	Klassrum 100
	Klassrum 105
	Klassrum 111
Utvärderades november 2007	

4.1 Kort beskrivning av de förskolor och den skola som var föremål för åtgärder

Toltorps förskola



Förskolan ligger i nordvästra Mölndal i ett småhusområde. I närheten finns ett naturområde med en "skolskog". Förskolan hade vid tiden för studien 5 avdelningar med cirka 20 inskrivna barn 1-5 år per avdelning. Byggnaden, som är uppförd 1977, är en enplansbyggnad med sadeltak.

På avdelningen Grytet genomfördes åtgärderna i november/december 2006. På avdelningarna Lyan och Redet i början av oktober år 2007.

Krokslätts förskola



Förskolan ligger vid foten av Saffjällets naturområde vid Krokslätts fabriker i en blandad bebyggelse med både småhus och flerbostadshus. Förskolan hade vid tiden för studien 5 avdelningar med cirka 20 barn inskrivna per avdelning. Byggnaden, som är uppförd 1976, är en enplansbyggnad med sadeltak.

På avdelningen Björken och Lönnen genomfördes åtgärder i november/december 2006.

Dessa två avdelningar har en gemensam lekhall, som också ingått i studien.

Gärdesängens förskola



Förskolan ligger i Åbyområdet med gångavstånd till grönområde och fritidsaktiviteter. Förskolan hade vid tiden för studien 5 avdelningar med 19 inskrivna barn per avdelning. Byggnaden är uppförd 1976 och är en enplansbyggnad med sadeltak.

På avdelningen Lektugan och Kojan genomfördes åtgärder i början av oktober 2007.

Västerbergsskolan



Västerbergsskolan ligger i området Bifrost vid foten av Västerberget i västra Mölndal.

Det är en låg- och mellanstadieskola med cirka 180 elever. Verksamheten omfattade vid tiden för studien årskurserna 2 - 5, förskola för 6-åringar och tre stycken fritidshem. Man har en egen ”skolskog”. Byggnaderna är av paviljongtyp byggda 1969. Matsalen finns i en fristående enplansbyggnad. Klassrummen ligger i bottenvåningen på en byggnad som också har källare. Korridoren utanför klassrummen är enkelsidig med fönster. Byggnaderna har plana tak.

Totalt finns 16 klassrum. I fyra klassrum (A 100, A 104, A 107 och A 110) som ligger på rad och korridoren utanför dessa genomfördes åtgärder för att förbättra ljudmiljön

under mars 2006. I ytterligare tre klassrum (100, 105 och 111) genomfördes åtgärder under sommaren 2007. Här påverkades valet av bygg- och inredningsmaterial av den inventering som gjorts av olika material inom ramen för forskningsprojektet.

Antalet elever i de klasser som ingått i interventionsstudien var vid undersökningstillfällena 18, 13 respektive 15 före åtgärder och 16, 13 respektive 14 efter åtgärder.

4.2 Åtgärder i förskolorna

Åtgärderna i förskolorna beslutades till största delen av Samfast innan projektets inventering av akustiska inredningsdetaljer och material hade hunnit slutföras.

På förskolan Bifrost, som ligger intill Västerbergsskolan hade Samfast under år 2006 genomfört åtgärder för att förbättra ljudmiljön vid ett tiotal avdelningar. Här gjordes, inom ramen för forskningsprojektet, en pilotstudie för att utveckla studiedesignen för röstmätningar och enkäter.

I interventionsstudien ingick sedan, dels ett antal förskoleavdelningar, som följdes före och efter åtgärder, dels ett antal förskoleavdelningar där åtgärder inte genomfördes under denna period och som användes som kontroller.

Före åtgärderna hade de flesta förskoleavdelningarna slitna plast- eller linoleummattor från 1970-talet, gamla, delvis trasiga akustikplattor och äldre, mindre funktionell lysrörsbelysning som inte heller var eleffektiv. Väggarna hade ibland träpanel som stötskydd cirka en meter upp från golv och bestod sedan av målad glasfiberväv på gipsskiva. Bord och stolar var inte alltid försedda med möbeltassar och bordsskivor och matvagnar hade hårda ytor, mot vilka tallrikar och bestick slamrade. Gardinerna bestod mestadels av en gardinkappa av bomullstyg.

De åtgärder som genomfördes på avdelningarna innebar att:

- Vissa rum fick nya golvplastmattor med ljuddämpande skumbaksida (Tapiflex).
- Alla väggar försågs med väggplastmatta med skumbaksida som en sockel en meter upp från golvet
- Väggsorbenter monterades i lite olika omfattning och med olika utseende på väggarnas övre del.
- Bordsskivorna försågs både på ovan- och undersidan med plastmatta med skumbaksida.
- Stolarna varierar, oftast TripTrap, ibland Brio Exona stålrörsstolar och vanliga vuxenstolar av trä. Alla stolar har fått passande möbeltassar.
- Belysningen har förnyats med energieffektiva lysrörsarmaturer med dimmers, mest Ecolux med uppljus. En avdelning, Klövern, har belysningsarmaturer av märket Feco från Helsingborg.

I Bilaga 4, tabell 1 redovisas inredning och material i förskoleavdelningarna före och efter åtgärder mer i detalj.



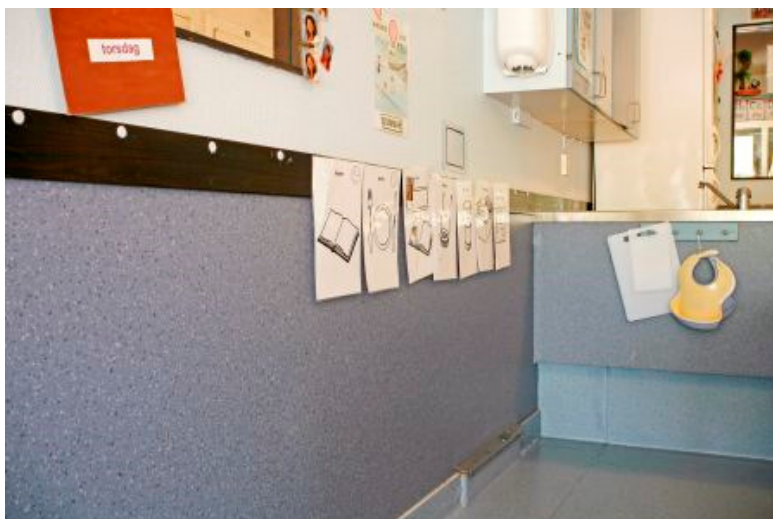
*Ett matrum i
förskolan
Bifrost före
åtgärder.*



*Borden, vid
vilka man äter
eller pysslar
hade redan en
ljuddämpande
beläggning före
åtgärder, här av
en plastmatta
med skummad
baksida,
Tapiflex.*



*Matrummet efter
genomförda
åtgärder. Ny
golvmatta med
ljuddämpande
underlag, nytt
effektivare
akustiktak och ny
dimbar belysning.*



Väggarna en meter upp från golv hade beklänts med en stötdämpande beläggning. Täckningslisten används för att sätta upp barnens teckningar mm.



Stolarna har fått passande möbeltassar.



Matvagnar har belagts med en akustikdämpare för att minska slamret från tallrikar, glas och bestick.



I mysrummen har belysningen försetts med dimmer, som ger möjlighet att dämpa belysning och därmed signalera lugn och ro.





I lekhallen är ofta rösterna höga. Många kuddar hjälper till att absorbera ljud. Ofta används detta rum även för sovstund för de mindre barnen.

En möjlighet är att ordna så att sovdrasserna kan ställas som sockelabsorbent när barnen inte vilar. Man slipper då ett särskilt skåp för madrasser och får samtidigt ljudabsorptionen i rätt nivå – i barnens nivå.



I denna lekhall har en ljudabsorberande anslagstavla satts högt på väggen och en stötdämpande sockel av plastmatta satts på väggen en meter upp från golvet. Anslagstavlans absorberande effekt skulle varit större om den satt i barnens höjd och kunde dämpa direktljud från deras röster.



Mätningarna indikerar att det hade varit bättre för efterklangstiden att behålla den träpanel av pärlspont som fanns tidigare som sparksockel. Den hade gett ljudet en bättre spridning och därmed effektivare absorption. Å andra sidan dämpas stötljud bättre av den nya sparksockeln.

4.3 Åtgärder i skolan

Den skola som blev föremål för åtgärder i interventionsstudien var Västerbergsskolan.

I en första etapp byggdes fyra klassrum (A 100, A 104, A 107, A110) och en korridor i Västerbergsskolan om under 2006. I en andra etapp byggdes ytterligare tre klassrum (100, 105 och 111) och matsalen om. Det skedde under sommaren 2007.

Åtgärderna i etapp 1 beslutades av Samfast innan projektets inventering av akustiska inredningsdetaljer och material hade hunnit genomföras. I etapp 2 var det emellertid möjligt att ta hänsyn till projektets materialinventering innan åtgärderna beslutades.

Före åtgärder hade klassrummen i Västerbergsskolan slitna linoleummattor på golven och konvektorer för ventilation och värme på fasadväggen. De hade en diskbänk på långväggen mitt emot fönsterväggen, vilket gjorde att klassrummen var trånga. Framme vid "lärarplatsen" fanns en vanlig whitebord och i taket fanns limmade akustikplattor som täckte delar av taket. Stola och bord var av trä med stålben. Belysningsarmaturerna var nedpendlade lysrör.

De åtgärder som använts i olika kombinationer är någon eller några av följande:

- Klassrum, korridor och matsal har fått nya akustiktak med god absorptionsförmåga.
- Väggarna, en meter upp från golv har klätts med en plastmatta med skumbaksida.
- Högre upp på vissa väggar har absorberande anslagstavlor eller andra väggabsorbenter satts upp.
- Stolar och bord har försetts med möbeltassar.
- Bordsskivor har belagts med trumljusdämpande ytskikt ovanpå och under.
- Matsalen inreddes med nya stolar med en ljudabsorbent under sitsen.
- Vissa rum fick ny golvbeläggning med stegljudsdämpare.
- Reglerbar belysning med fin ljutfärg och med dimmer.
- Utbyte av konvektorer (så kallade skolapparater som skulle ge både värme och luft) till vanliga vattenburna radiatorer och ny, effektivare ventilation. Genom individuell reglering kan varje sal få sin önskade rumstemperatur (den så kallade Mölndalsmodellen).

I bilaga 4, tabell 2 redovisas inredning och material före och efter åtgärder i skollokalerna mer i detalj.



De två översta bilderna visar ett av klassrummen före åtgärder.



Den långa bänken utmed korridorväggen upptog en yta på cirka 7 kvm i klassrummet och överskåpen skapade en dammgömma på ovansidan. Den togs bort och ersattes med en mindre utrymmeskrävande lösning, se nedan.



Diskbänken ersattes med förvaringsskåp. Ovanför dessa sattes ljudabsorberande, tygklädda anslagstavlor av polyesterfiber.



Övre bilden visar talarplatsen i klassrum före åtgärder.



Nedre bilderna visar samma talarplats efter åtgärder. Whiteboarden är skjutluckor till en bokhylla. En ljudmässigt smart lösning. När luckorna är stängda fungerar de som reflektor för en talare. När t.ex. grupparbete pågår och luckorna öppnas är bokhyllan en absorbent. Mindre dammsamling blir det också i bokhyllan.



Nytt mönstrat akustiktak och ny energieffektiv belysning. Den nya ventilationen syns i taket. Tilluftsdonen sitter direkt på kanalerna.



Klassrum före åtgärder: De gamla skolapparaterna som var avsedda att ge värme och ventilation hade slutat fungera



Klassrum efter åtgärder: Nu fick klassrummen separat ventilation med god luftutbyteseffektivitet och vattenburna radiatorer.



Vertikala lamellgardiner som absorberar ljud och samtidigt kan användas för mörkläggning.



Tidigare hade personalen i skolan själva satt tennisbollar på stolarna med stälben för att dämpa. Nu försågs benen med något mer diskreta gummitassar.



Golvmaterialiet i detta rum är korkplattor. Dessa visade sig ha bra egenskaper ljudmässigt och fick högsta betyg av lokalvårdarna.



Klassrumskorridoren före (vänster) och efter (höger) åtgärder. Nedpendlat undertak av mönstrade, effektivt absorberande plattor och ny belysning monterades. Här sattes akustikplattorna med synligt bärverk. Det finns också möjlighet att välja dolt bärverk, vilket hade fått mönstren i plattorna att framträda bättre.



Diskinlämningen före åtgärder. Öppningen gör att ljudet från köket går rakt ut i matsalen - och tvärtom, ljudet från matsalen sprids till köket. Ljudet från köket är bredbandigt och innehåller många frekvenser från lågt till högt. Diskmaskiner och liknande apparater kan ge mycket låga frekvenser, slammer med bestick och tallrikar är bredbandigt ljud inom medel till höga frekvensområdet.



Diskinlämningen efter åtgärder. För att minska slammer från köket ut i matsalen och från matsalen till köket sattes två absorberande skärmar upp, som också styr upp kön till diskinlämningen.



Kapprum till matsal före åtgärder: En fin träskulptur som eleverna gjort togs bort vid upprustning av matsalen. Man var lite trötta på den. Kanske kommer den tillbaka någon gång i framtiden. Ljudmässigt borde den fungera bra genom att diffusera ljudet från barnens röster.



Kapprum till matsal efter åtgärder: Entrén till matsalen fick nytt akustiktak och ny energieffektiv belysning.



De två bilderna visar matsalen före åtgärder: Matsalen hade då, liksom klassrummen, mindre väl fungerande så kallade skolapparater för både värme och ventilation.



Matsalen efter åtgärder: Genom att skolapparaterna togs bort och ersattes med vattenburna radiatorer blev det plats för en populär sittbänk och "bardisk" med mjukt rundade former längs med fönsterraden.



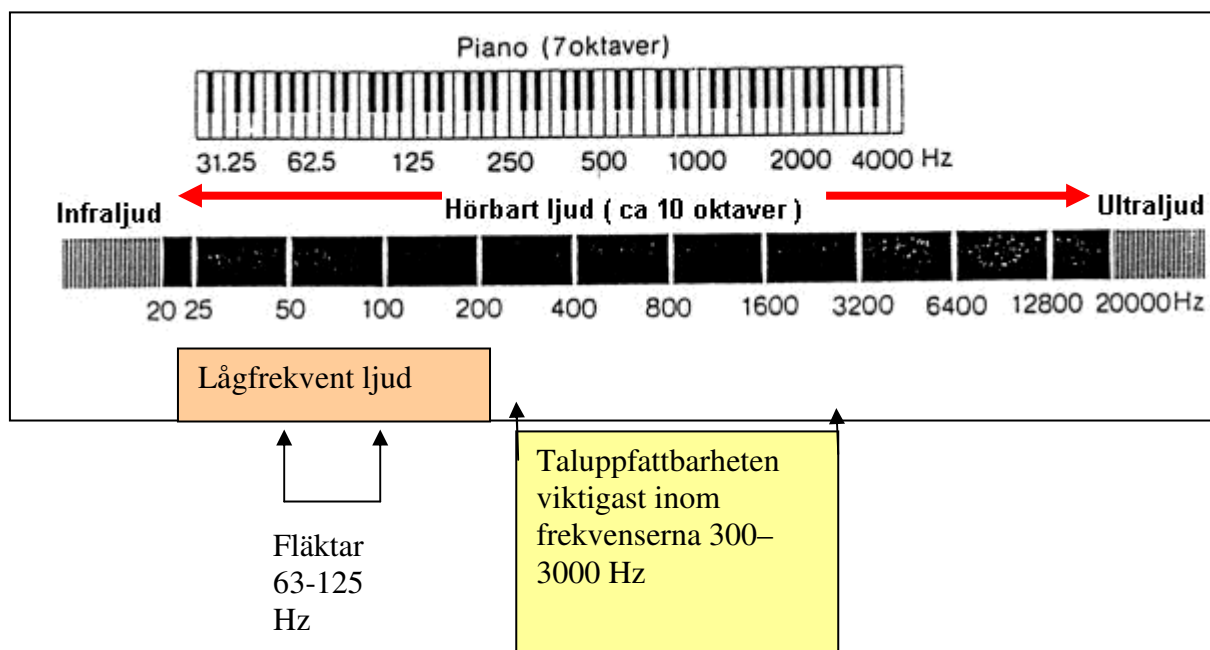
Matsalen efter åtgärder. Den används också som samlingsrum. På fondväggen finns en whiteboard med luckor som kan fällas ut. Om luckorna öppnas och snedställs kan de förbättra taluppfattbarheten genom att reflektera ut ljudet i rummet när en talare står intill. Borden försågs med trumljudsreducerande ytskikt och stolarna med tassar.



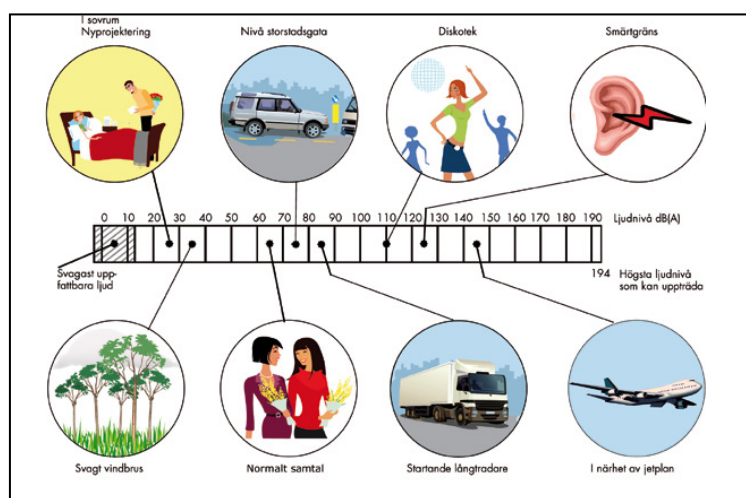
På fondväggen har väggaborbenter i trekantsform- så kallade tripplar - satts upp. Dessa är effektiva på att dämpa sidoreflexer tack vare att de sticker ut 25 cm från väggen.

5. Före- och efterstudien – mätningar i tomma rum

De resultat som redovisas under detta avsnitt är i huvudsak hämtade från rapporterna Rumsakustiska mätningar i skola/förskola, av Pontus Larsson, som svarade för de akustiska mätningarna i tomma rum. Vissa övriga mätningar redovisas också.



Figur 5.1. Figuren visar det hörbara ljudet i förhållande till pianots 7 oktaver (övre delen hämtad från Danogips' hemsida). I figuren är de frekvenser markerade som är särskilt viktiga för taluppfattbarhet. Där markeras också vilka frekvenser som benämns lågfrekvent ljud.



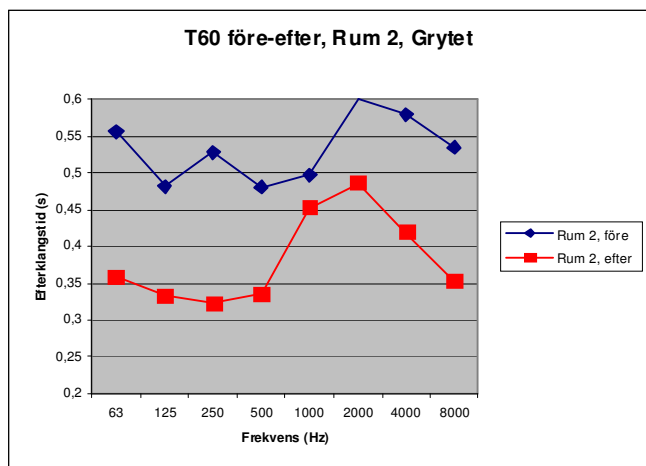
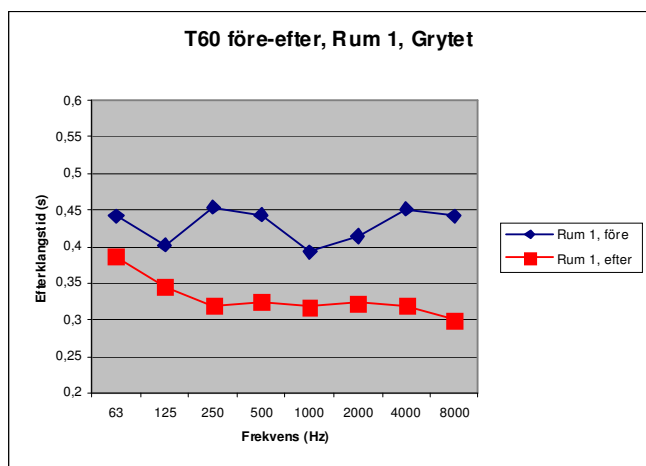
Figur 5.2. Bilden, hämtad från ÅF/Ingemansson, visar vilka ljudstyrkor (dBA) olika typer av källor ger upphov till. Rösterna i en förskola under full verksamhet ligger normalt mellan 70 och 80 dBA.

5.1 Förskolorna

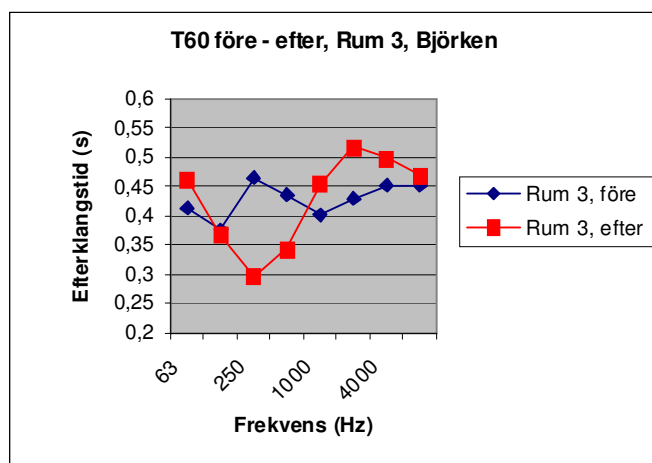
Efterklangstid (T60)

Efterklangstiderna var korta redan före åtgärder. De minskade överlag efter åtgärderna. Den mesta effekten erhöles i frekvensområdet 250-500 Hz. Sänkningen av efterklangstiden efter åtgärder var vid de högre frekvenserna normalt cirka 0,1 sekund. De nya akustiktaken tycks ha något bättre lågfrekensegenskaper än de gamla. Detta kan sammanhånga med att de gamla akustikplattorna var limmade mot taket, medan de nya är nedpendlade i ett bårverk. I figur 5.3 och 5.4 visas några typiska diagram på hur efterklangstiden låg i de tre olika rumstyperna i förskolerummen före respektive efter åtgårder.

Lekhall, som bara fanns på Krokslåtts förskola (avdelningen Björken), skiljde sig från det vanliga mönstret genom att efterklangstiden där försåmrades efter åtgårder i de högre frekvenserna (1000 – 8000 Hz). Orsaken till detta skulle kunna vara att en träpanel av pärlspont runt alla väggar från golv och en meter upp ersattes av en plastmatta i samma låge. Det är troligt att pärlsponten med sin profilerade yta var mer effektiv på att dåmpa första ordningens reflexer i den nivå barnen befinner sig på än väggplastmattan med sin slåta yta och att pärlspontpanelen därmed medverkade till en kortare efterklangstid.



Figur 5.3 Typiska värden för efterklangstiden i förskolornas matrum (rum 1) och bygg-/lekrum (Rum 2) före (blå linje) respektive efter (röd linje) åtgårder. Här illustrerat med avdelning Grytet på Tolltorps förskola.



*Figur 5.4
Efterklangstiden i
lekhallen (Rum 3) i*

*Krokslätts förskola,
avdelning Björken
försämrades efter
åtgärder i de högre
frekvenserna.*

Taluppfattbarhet (D50 och STI)

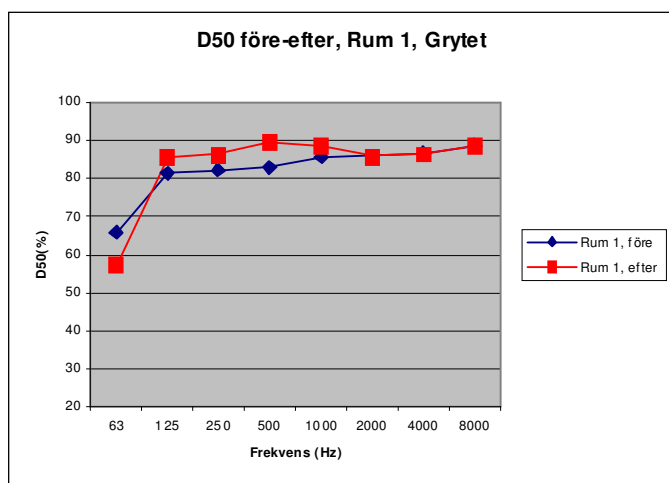
Mänskligt tal ligger mellan 125 och 8 000 Hz. I svenska språket är konsonanterna viktiga för att uppfatta vad som sägs. Konsonantljuden ligger vid de högre frekvenserna. Om efterklangstiden är lång vid de lägre frekvenserna kommer ljudet vid dessa frekvenser att maskera konsonantljuden och därmed ge sämre taluppfattbarhet. Det är därför viktigt att det finns tillräckligt med absorption vid 125 Hz i rummet.

Taluppfattbarheten är viktigast inom frekvenserna 300 Hz till 3 000 Hz. – och allra viktigast inom frekvensområdet 500 till 1 000 Hz. I detta projekt har taluppfattbarheten uppmätts på två olika sätt, dels med måttet D50, dels med STI. D50 är ett mått som är relaterat till den subjektivt upplevda taluppfattbarheten och kan fås direkt ur samma impulssvar som används för mätning av efterklangstid. Den anges i procent, där 100 % är bästa möjliga taluppfattbarhet.

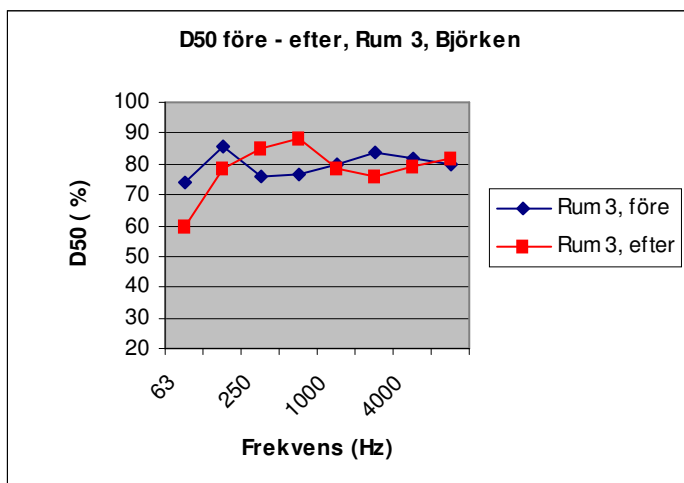
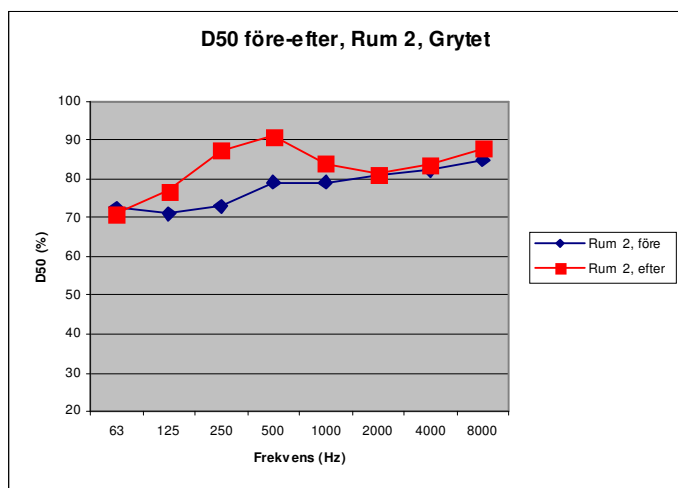
I mätningarna III och IV från detta projekt finns D50-mätningarna redovisade som kurvor för alla frekvenser mellan 100 och 8 000 Hz. Det är dock inte känt hur väl D50 och liknande mått lämpar sig för mindre rum, utan bör ses som ett prov i detta sammanhang och kan jämföras med nästa metod (STI) att mäta taluppfattbarhet, som är den mer gängse.

Vid mätning av taluppfattbarheten som STI använder man en speciell testsignal med tallik karaktäristik. Den skickas ut i rummet via en högtalare och tas emot i lyssningspositionen. Modulationsdjupet i den mottagna signalen jämförs med det i originalsignalen och STI erhålls sedan som en viktad summering av de olika skillnaderna i modulationsdjup för de olika grund- och modulationsfrekvenserna. Även här är måtenheten procent, där 100 % utgör bästa möjliga.

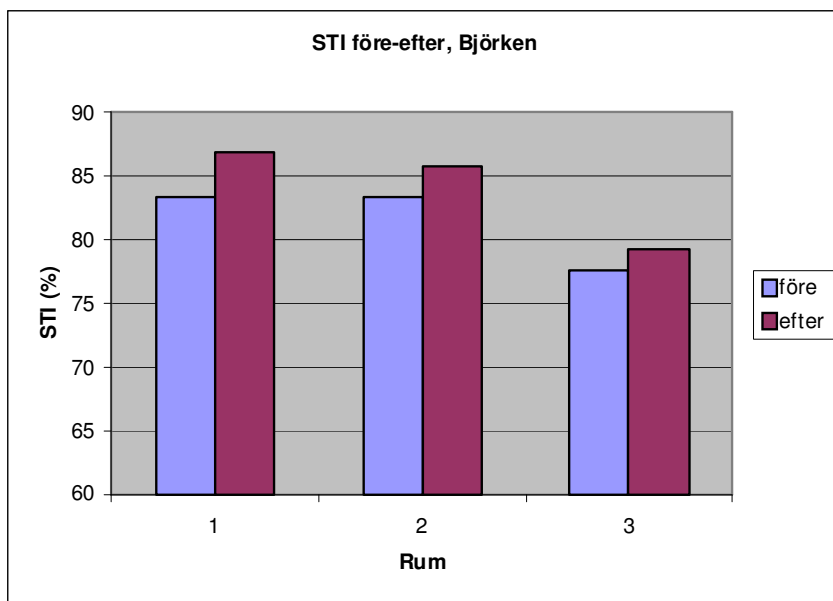
Nedan ges exempel på typiska värden som erhöles i förskolornas rum för D50- och STI-mätningarna.



*Figur 5.5.
Taluppfattbarheten mätt som D50 (%) på Toltorps förskola, avdelning Grytets matrum (Rum 1) och bygg-/lek (Rum 2), före och efter åtgärder.*



*Figur 5.6.
Taluppfattbarheten mätt som D50 (%) i lekhallen (Rum 3) på Krokslättss förskola. före och efter åtgärder.*



*Figur 5.7
Taluppfattbarheten
mätt enligt STI (%) på
Krokslätts
förskola, avdelning
Björken, matrum (Rum
1), bygg-/lek (Rum 2)
och lekhall (Rum 3)
före och efter
åtgärder.*

Sammanfattningsvis kan konstateras att taluppfattbarheten i de intressanta frekvensområdena överlag blev något högre när den mättes som D50 än som STI och att D50 ger information om hur taluppfattbarheten ser ut vid olika frekvenser. STI ger å andra sidan ett vägt värde utifrån talliknande förutsättningar. D50-mätningarna visade att taluppfattbarheten efter åtgärder förblev oförändrad eller försämrades något i frekvensområdet 1 000 – 4 000 Hz, medan den mestadels förbättrades i frekvensområdet 200-1000 Hz. Taluppfattbarheten enligt STI förbättrades i de flesta fall efter åtgärder, i tre rum med 4 %, i ett rum med 3 %, i ett rum med 1,5 % och i ett rum med 1 %. I ett rum förblev den oförändrad.

Alla värden får anses reflektera en mycket god taluppfattbarhet. Över 75 % kategoriseras som ”excellent” eller högsta möjliga taluppfattbarhet. Efter åtgärder ligger den enligt D50-mätningarna i frekvenserna 200 – 10 000 Hz på mellan 80- 90 %, utom i lekhallen där den i frekvenserna 1000 – 5000 Hz ligger ner mot 78 %. Enligt STI ligger värdena överlag något lägre. Samtliga värden i matrummen och bygg-/lekrummen ligger med detta sätt att mäta mellan 80 och 87 %. I lekhallen ligger taluppfattbarheten enligt STI på 78 %.

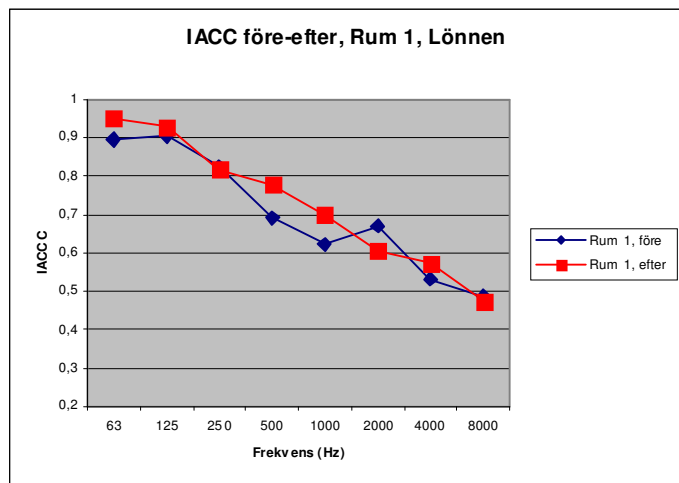
Ljudets diffusitet (IACC = Interaural cross-correlation)

IACC är en parameter som beskriver ljudets diffusitet i ett rum. Det är ett mått på likheten mellan ljudtrycken vid vänster och höger öra och används traditionellt för att avgöra hur diffust ljudfält i konsertsalar och andra musikrum är. I allmänhet är det önskvärt att ha en hög grad av diffusitet för att ljudet ska omsluta lyssnaren. Ett lågt IACC-värde betyder en hög diffusitet. I vanliga rum är det oklart om man vill ha en hög eller låg diffusitet, och om IACC är användbart överhuvudtaget.

Figur 5.8 visar ett typiskt IACC-värde i föreskolerum vid mätningar före och efter åtgärder. Det framgår att IACC minskar (diffusiteten ökar) med högre frekvens. Detta verkar logiskt eftersom ljudfältet i rum i allmänhet blir mer diffust ju högre upp i frekvens man går (ju högre

frekvens desto fler moder per frekvensband och fler föremål, ytor och ojämnheter som kan sprida ljudet).

Av figur 5.8 framgår också att diffusiteten försämrades något (gav ett högre IACC-värde) när efterklangstiden minskade/ absorptionsarean ökade.



Figur 5.8 Exempel på resultat från mätning av diffusiteten, IACC, rum 1, avdelningen Lönnen i Krokslättsskolor.

Eftersom det är direktljud från barnens röster som ger de farligt höga ljudnivåerna i framför allt förskolor och inte det reflekterade ljudet, så kanske man kan dra slutsatsen att IACC inte är så intressant i vanliga lekrum och klassrum. Däremot är det troligtvis en intressant parameter i musiksalar och aulor i skolor samt samlingsrum i förskolor och skolor, där musikframställningar kan förekomma. Om ett klassrum har en flexibel användning och är avsett att användas även för musik, kan IACC vara intressant även där.

Stegljud

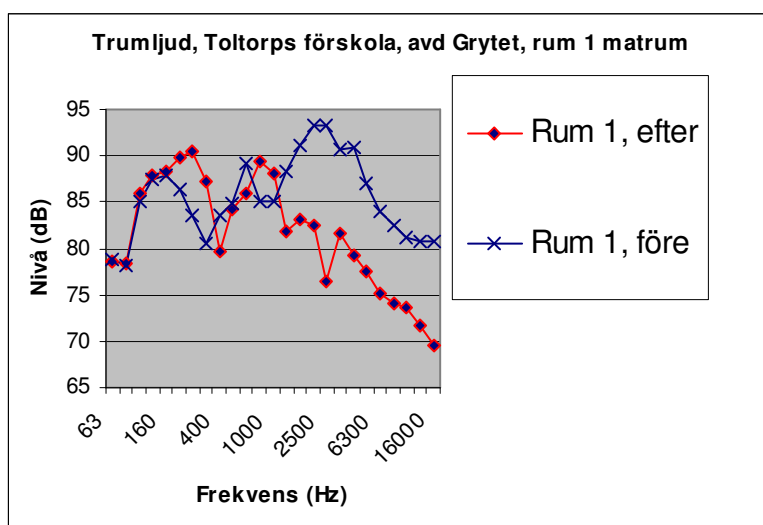
Stegljud är de ljud av steg som färdas genom bjälklaget från ett överliggande rum till rummet under, eller i sidled mellan rum. Stegljud mäter man genom att ställa en stegljudsapparat (en standardiserad apparat som knacker på golvet med många små hammare) i ett rum. Sedan mäter man ljudnivån i det under- eller intilliggande rummet. Stegljud har inte mätts i detta projekt, då alla förskolor är enplanshus och stegljudet har störst betydelse från ovanpåliggande rum till undre rum.

Trumljud

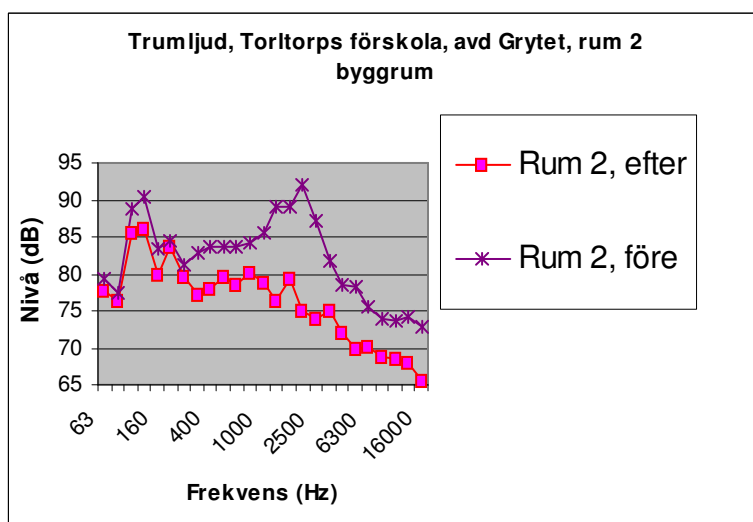
För definition av trumljud, se avsnitt 3.3 och förklaring av ljudbegrepp inledningsvis. I föreliggande projekt har trumljud mätts genom att släppa en kula mot golvet och mäta ljudnivån/ spektrat inne i rummet. I figurerna nedan visas medelvärdesbildade tersbandsspektra för trumljudsmätningarna i några av förskolorummen. Dessa tersbandsspektra har räknats fram från inspelningen med hjälp av Matlab (ett generellt beräkningsverktyg) och nivåjusterats med hjälp av ljudtrycksnivåmätningarna (peak). Medelvärden för nivåerna i de

olika banden har räknats fram. För närmare beskrivning, se rapport IV. Det framgår att, i de rum som hade samma golvbeläggning före och efter åtgärder, var trumljudet i stort sett oförändrat efter åtgärder i två fall, 5.13 och 5.14. I ett av klassrummen med samma matta visade dock mätningarna en skillnad i trumljuds nivå före och efter åtgärder. Standard för mätning av trumljuds nivå i rum saknas, men ska vara under utarbetande. I avvaktan på standardiserad mätmetod kan det inte uteslutas att en viss variation i mätningarna orsakats av att kulan inte släppts på exakt samma ställe vid båda tillfällena.

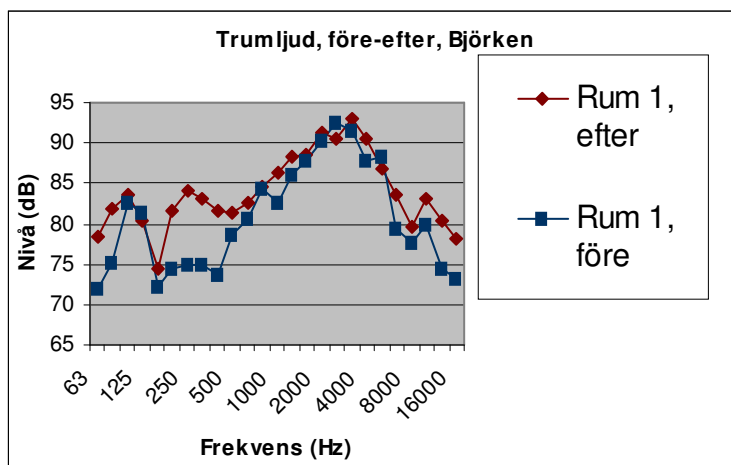
I de två rum där en gammal linoleummatta ersattes med en ny plastmatta med ljuddämpande underlag sjönk trumljuds nivån från och med cirka 500 Hz och uppåt ganska väsentligt, figur 5.9 och 5.10.



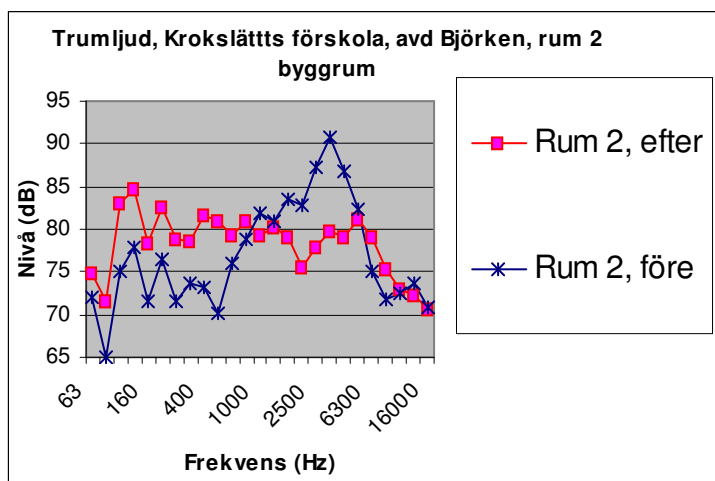
Figur 5.9 Byte från linoleummatta till ny plastmatta med akustikbaksida gav lägre trumljud i de högre frekvenserna och ganska likvärdig för de lägre.



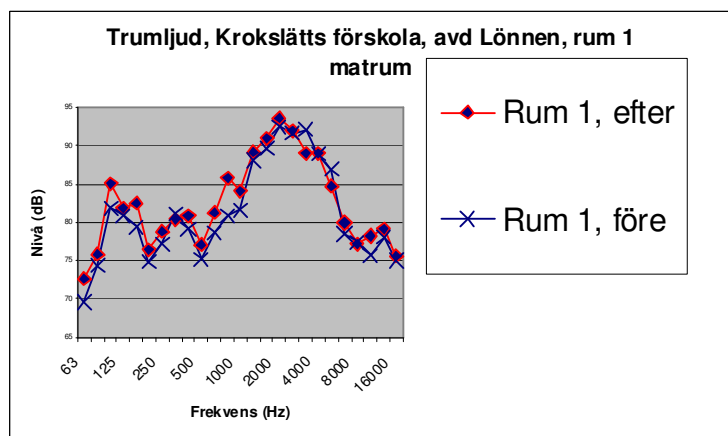
Figur 5.10 Byte från linoleummatta till plastmatta med akustikbaksida gav överlag lägre trumljud.



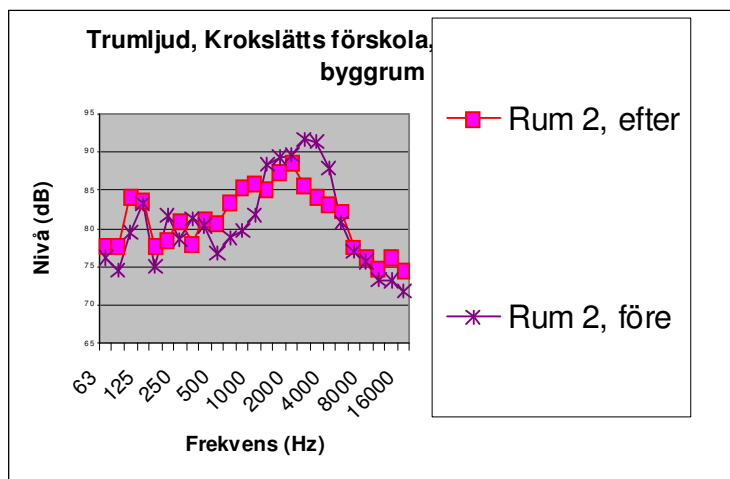
Figur 5.11 Samma plastmatta före och efter åtgärder.



Figur 5.12 Byte från gammal plastmatta till ny med akustikbaksida gav något högre trumljud i de lägre frekvenserna, men lägre trumljud vid höga frekvenser.



Figur 5.13 Samma plastmatta före och efter åtgärder.



Figur 5.14 Samma plastmatta före och efter åtgärder.

Skrapljud, stötljud och slammer orsakat av två olika material mot varandra

I förskolor och skolor förekommer ett stort antal skrapljud, stötljud och slammer som kan vara ganska störande. Det gäller t.ex. ljud när stolar dras längs golv, slammer från porslin, glas och bestick i samband med måltider, olika leksaker som dras utmed golvet osv. För denna typ av ljud finns ingen standardiserad mätmetod. Intresset bör riktas mot både lös utrustning och ytskiktmaterialen som tillsammans åstadkommer skrapljuden. Här skulle utveckling av mätmetoder och produktutveckling kunna ske för att med hjälp av vissa materialkombinationer få en bättre ljudmiljö i förskolor och skolor. Svårigheten ligger i att ta fram metoder som är så standardiserade, reproducerbara och samtidigt så rättvisande som möjligt. Exempelvis skrapljud från en stol: Hur/var ska man dra stolen? Ska det finnas någon vikt på stolen som trycker den mot underlaget? Vilken hastighet skall stolen dras med? Var ska man mäta? Vad ska man mäta? Hur skall golvet vara konstruerat (bjälklag mm) osv.

På uppdrag av Mölndals kommun, Samfast, gjorde en akustikfirma en serie mätningar av den ljudnivå som uppkom vid hantering av tallrikar på bordsytor med respektive utan akustikdämpande beläggning. Den utförda dämpningen på bordsskivan gav en sänkning av ljudnivån med 13 dBA, från 79 till 66 dBA ekvivalent nivå över 15 sekunder.

Samtidigt mättes stolar med och utan möbeltassar. För stolar med möbeltassar blev dämpningen 23 dBA, från 72 till 49 dBA ekvivalent över 15 sekunder.

Se mer under mätningar i tomma rum i skollokaler, tabell 5.2.

5.2 Skolan

Ljudmätningarna i tomma rum i Västerbergsskolan genomfördes i två klassrum före ombyggnad och i tre klassrum efter ombyggnad. De resultat som redovisas under detta avsnitt är, liksom för förskolorna, i huvudsak hämtade från rapporterna Rumsakustiska mätningar i skola/förskola, av Pontus Larsson, som svarade för de flesta akustiska mätningarna i tomma rum. Vissa övriga mätningar redovisas också. Alla klassrum var cirka 56 kvm med en takhöjd på 2,8 meter. Alla klassrummen hade före ombyggnad en diskbänk och arbetsbänk med underskåp längs i stort sett hela väggen som anslöt mot korridoren. Denna togs bort för att ge mer plats och ersattes med en liten diskbänk längst bak i klassrummet. Ett av klassrummen hade glastrutor i bakre väggen mot intilliggande grupprum.

Tabell 5.1 Redovisning av rumsbeteckningar, rumskaraktäristik, tid för ombyggnad respektive för ljudmätning i tomma rum i Västerbergsskolan.

Rumsbenämning i mät- rapporten	Annan benämning	Karaktäristik	Ombyggt	Mätning genomförd
Västerbergsskolan Klassrum 1	Sal 111 Sal 16 Mercurius	Fönster både mot fasad och bakre vägg mot grupprum. Golvbeläggning före åtgärder: Äldre linoleummatta. Golvbeläggning efter åtgärder: Forshaga plastmatta Sarlon.	Sommaren 2007	Mätning 1: Våren 2007. Mätning 2: Hösten 2008
Västerbergsskolan Klassrum 2	Sal 100- Sal 14 B Pluto	Endast fönster mot fasad. Golvbeläggning före åtgärder: Äldre linoleummatta. Golvbeläggning efter åtgärder: Wikanders korkplattor.	Sommaren 2007	Mätning 1: Våren 2007. Mätning 2: Hösten 2008
Västerbergsskolan Klassrum 3	Sal A107	En befintlig linoleummatta bibehölls.	Mars 2006	Ingen mätning i etapp 1. Mätning 2: Hösten 2008
Matsalen i Västerbergsskolan		Nya bord med akustikdämpande ytskikt och stolar med möbltassar och absorber under sitsen sattes in.	Sommaren 2007	Mätningen före detta missades.

Efterklangstid (T60)

Före åtgärder var efterklangstiden relativt lång, kring 0,8 sek i klassrum 1, som hade fönster både i fasad och på bakre väggen. Åtgärderna som främst innebar en ökad absorptionsarea, gav här ett gott resultat. Efterklangstiden minskade med cirka 0,3 sekunder, figur 5.15.

Klassrum 2, med hel bakre vägg utan fönster, hade redan före ombyggnad en kort efterklangstid på cirka 0,5 sek från frekvenserna 1000 Hz och uppåt. Efter utökningen av absorptionsarean förbättrades dock efterklangstiden i de lägre frekvenserna 100 – 500 Hz, figur 5.16.

I klassrum 3 uppmättes efterklangstiden inte före åtgärder. Efter åtgärderna låg efterklangstiden i de tre klassrummen på 0,4 sekunder i hela frekvensspannet från 125 Hz och uppåt, figur 5.17. Att vanliga porösa absorberanter inte är så effektiva för låga frekvenser beror på att en del av ljudvågens våglängd måste "få plats" inne i materialet för att ljudet skall kunna absorberas. För att inte ta för stor plats i rummet är absorberanter i allmänhet för tunna för att absorbera de låga frekvenserna, d.v.s. de långa ljudvågorna.



Klassrum 1 före åtgärder

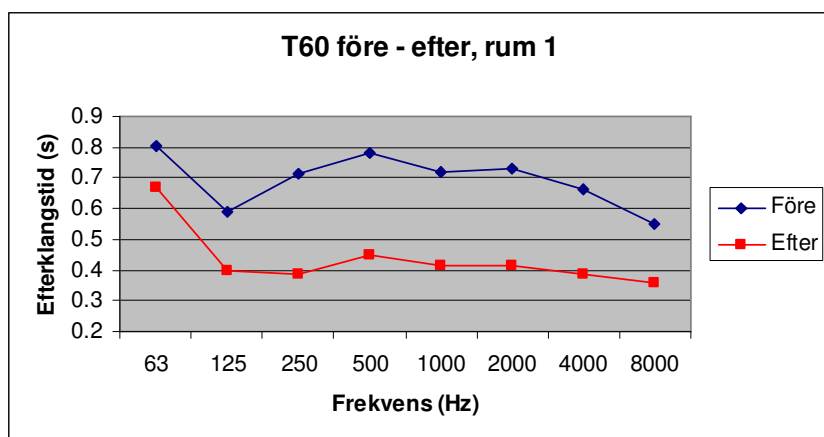
Klassrum 1 har fönster både i fasad och på bakre väggen. Här ersattes en äldre linoleummatta med en ny plastmatta Forbo Sarlon med ljuddämpande underlag (Ergoflex).



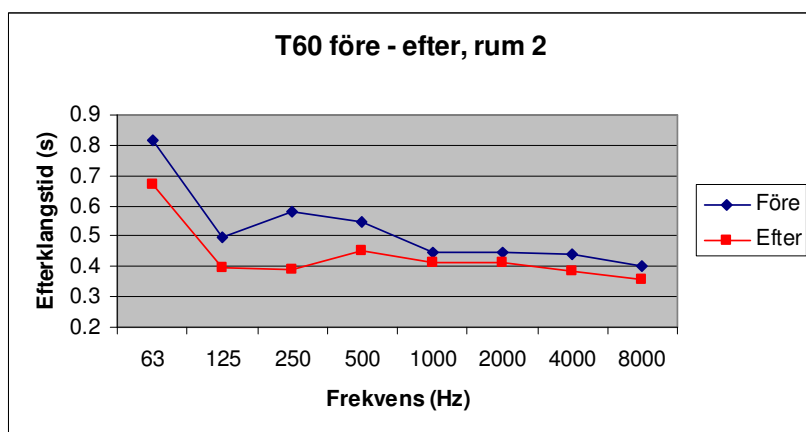
Klassrum 2 före åtgärder.

I klassrum 2 ersattes en äldre linoleummatta med Wikanders korkplattor.

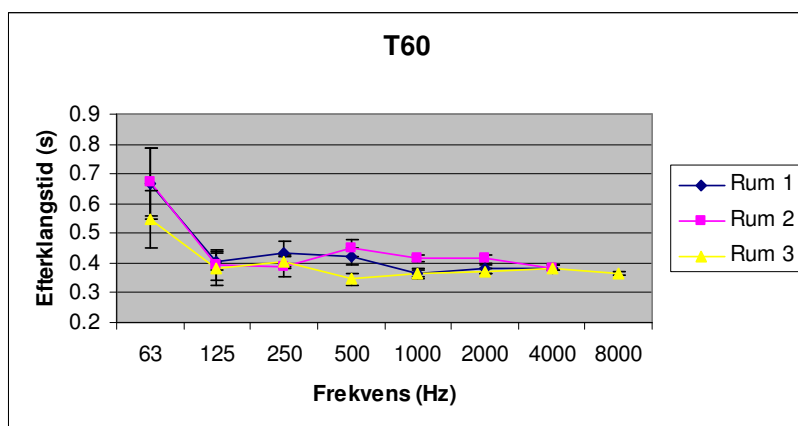
Klassrum 3, som inte finns med på bild, liknar klassrum 2.



Figur 5.15 Efterklangstiden i klassrum 1 före och efter åtgärder.



Figur 5.16 Efterklangstiden i klassrum 2 före och efter åtgärder.



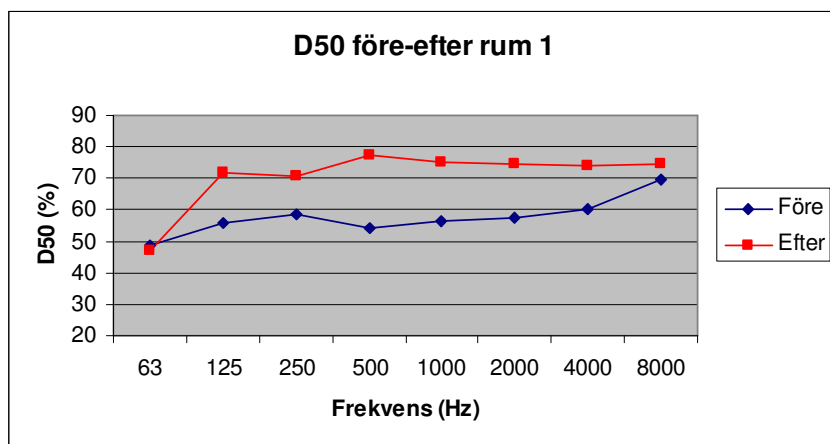
Figur 5.17 Efterklangstiden i klassrum 3 efter åtgärder jämförd med efterklangstiderna efter åtgärder i de två andra klassrummen.

Taluppfattbarhet (D50 och STI)

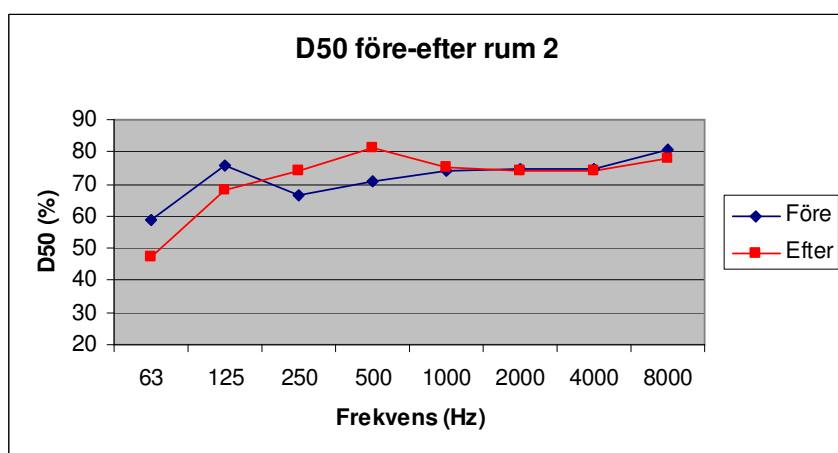
D50-mätningar

Enligt rapport IV varierar D50 ganska mycket med källpositionen, d.v.s. var i rummet som mottagaren placeras. I klassrum 1, med fönster även på bakväggen, förbättrades taluppfattbarheten märkbart efter åtgärderna, från 55-60 % till 75-80 %, figur 5.18. I klassrum 2, utan fönster på bakre väggen, var taluppfattbarheten enligt D50 relativt god redan före åtgärder, cirka 70-75 %. I frekvensområdet 250-500 Hz förbättrades den till cirka 75-80 %, figur 5.19, vilket är bra då taluppfattbarheten även är viktig i dessa frekvenser, där mansröster kan ligga.

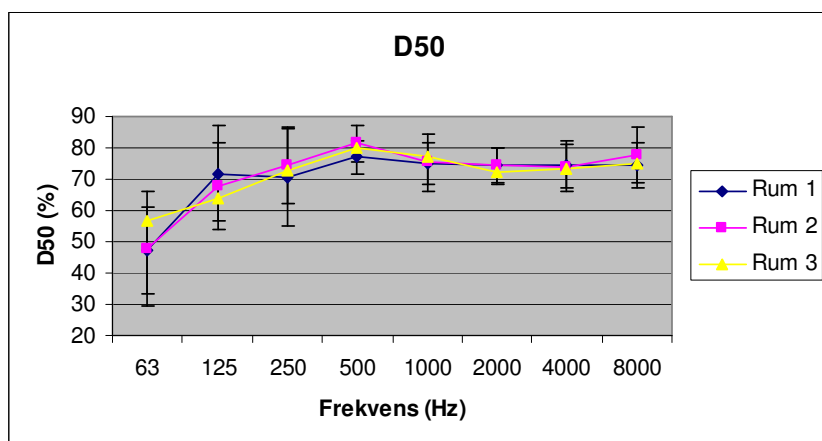
Efter åtgärder är den uppmätta taluppfattbarheten enligt D50 mycket likartad i alla tre klassrummen, figur 5.20. Den ligger mellan 70 och 80 % i frekvensområdet 500 Hz och uppåt, vilket är det viktigaste frekvensområdet för taluppfattbarhet.



Figur 5.18 Taluppfattbarheten mätt som D50 i klassrum 1.



Figur 5.19 Taluppfattbarheten mätt som D50 i klassrum 2

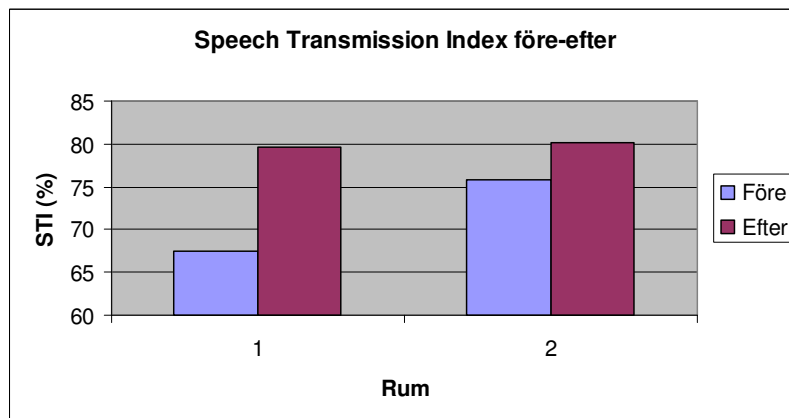


Figur 5.20 D50, klassrum 1-3 efter åtgärder. Varje kurva visar medelvärde och standardavvikelse för 12 mätningar.

STI-mätningar

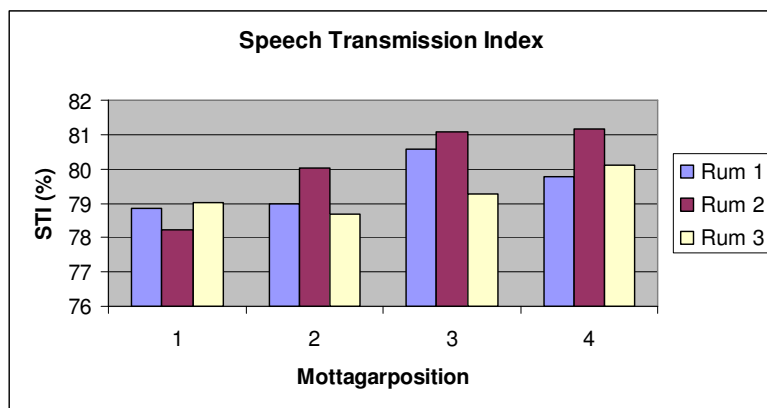
Taluppfattbarheten, mätt som STI, förbättrades i rum 1 från 67 till 80 % och i rum 2 från 76 – 80 %, figur 5.21. I klassrum 3, där mätningar bara gjordes efter åtgärder blev STI 79-80 %, figur 5.22.

Då alla rummen har en mycket kort och frekvenskonstant efterklang är STI mycket bra överlag. Över 75 % kategoriseras som ”excellent” eller högsta möjliga taluppfattbarhet. Det framgår också av figur 5.22 och 5.23 att taluppfattbarheten, inte oväntat, var sämst längst bak i klassrummet.



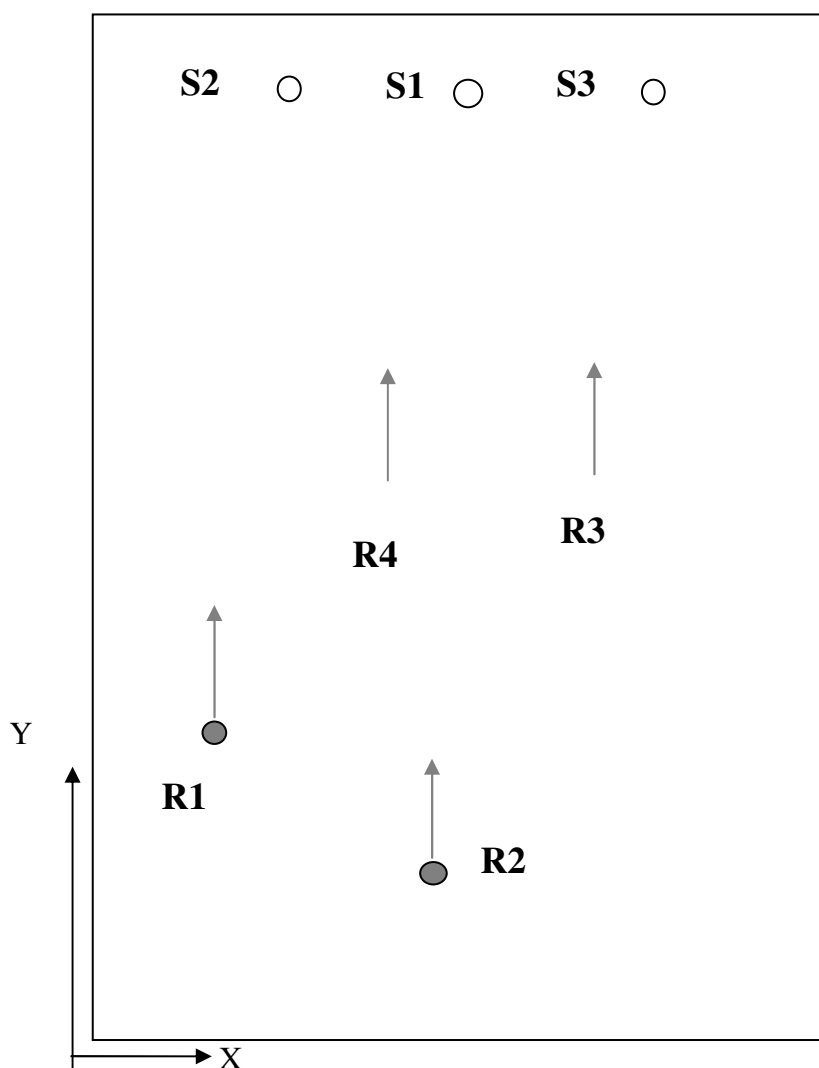
Figur 5.21 STI i klassrum 1 och 2 före och efter åtgärder.

Figur 5.22 STI för klassrummen 1-3 i de fyra mottagarpositionerna R1-R4 som visas i Figur 5.23 för klassrum 1. Positionerna var likartade i klassrum 2 och 3. S1-S3 visar sändarpositionerna. och rutan till höger sändarnas och mottagarnas lägen i rummet i X- och Y-kordinater.



Figur 5.22 STI för klassrummen 1-3 i de fyra mottagarpositionerna R1-R4 som visas i Figur 5.23 för klassrum 1. Positionerna var likartade i klassrum 2 och 3. S1-S3 visar sändarpositionerna, och rutan till höger sändarnas och mottagarnas lägen i rummet i X- och Y.-koordinater.

	Position
Sändare 1= S1	x: 3,3
	y: 6,4
Sändare 2= S2	x: 1,15
	y:6,4
Sändare 3= S3	x: 5,5
	y:6,4
Mottagare R1	x: 2,0
	y: 2,6
Mottagare R2	x: 4,0
	y: 1,3
Mottagare R3	x: 5,3
	y: 4,0
Mottagare R4	x: 3,0
	y: 4,0



Figur 5.23 Mätpositionerna i klassrum 1.

Sammanfattningsvis kan konstateras att taluppfattbarheten i de intressanta frekvensområdena överlag blev något högre när de mättes i D50 än i STI på liknande sätt som för förskolorna. D50 ger information om hur taluppfattbarheten ser ut vid olika frekvenser. STI ger å andra sidan ett vägt värde utifrån talliknande förutsättningar. Både D50-mätningarna och STI-mätningarna visade att taluppfattbarheten var sämst före åtgärder i klassrum 1 med fönster även på bakre väggen och att den där förbättrades mest efter åtgärder.

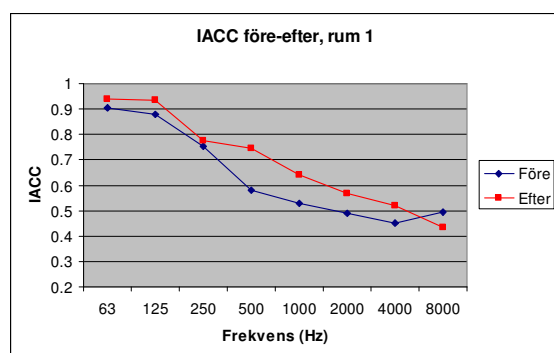
Taluppfattbarheten är överlag sämre i klassrummen än i förskolans rum, vilket säkert sammanhänger med att klassrummen är större än de flesta rummen i förskolorna och att det finns mer inredning och utrustning i förskolans rum.

Efter åtgärder fick emellertid samtliga klassrum en bra eller mycket bra taluppfattbarhet, mellan 70 och 80 %.

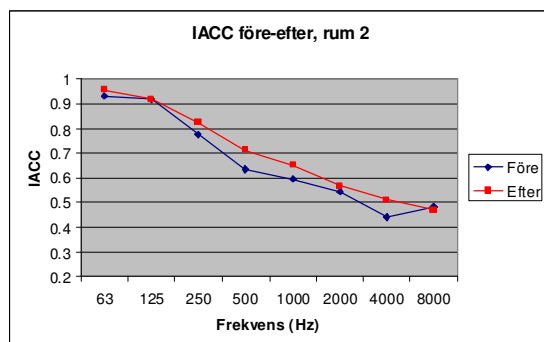
Ljudets diffusitet (IACC = Interaural cross-correlation)

Diffusiteten (likheten mellan ljudtrycket på höger och vänster öra) försämrades i både klassrum 1 och 2 efter åtgärder, d.v.s. AIC-värdet blev högre, figur 5.24 och 5.25. Det framgår också av diagrammen att diffusiteten minskar (blir bättre) med en högre frekvens, precis som i förskolelokalerna. Detta kan förklaras med att ljudfältet i rum i allmänhet blir mer diffust ju högre upp i frekvens man går (ju högre frekvens desto fler moder per frekvensband och fler föremål, ytor och ojämnheter som kan sprida ljudet).

Om ett rum har en flexibel användning mellan musikal och vanligt klassrum skulle man t ex kunna förbättra diffusiteten genom att på en vägg ha en lamellgardin, där lamellerna hade en absorberande och en diffuserande sida.



Figur 5.24: IACC före-efter, klassrum 1



Figur 5.25: IACC före-efter, klassrum 2

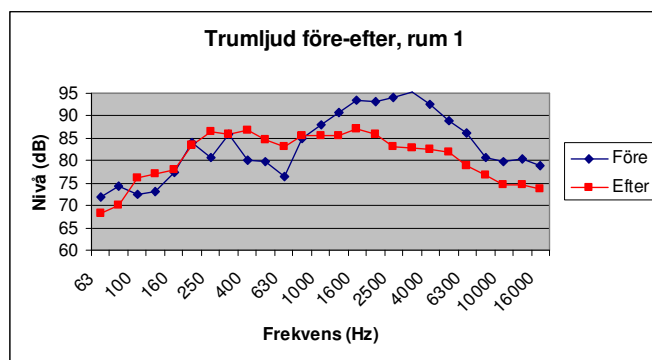
Trumljud

I figurerna 5.26 och 5.27 visas medelvärdesbildade tersbandsspektra för trumljudsmätningarna i klassrum 1 och 2 före och efter åtgärder.

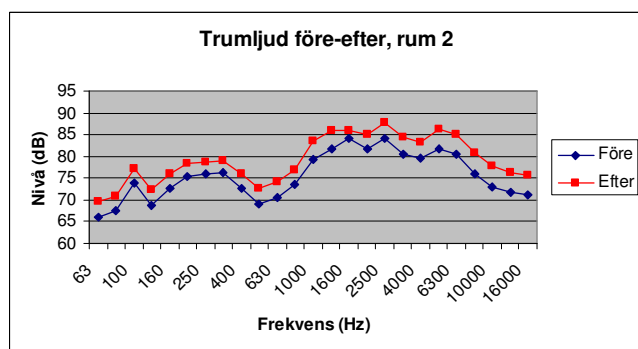
Trumljudsmätningar är designade för standardiserade bjälklag. De skillnader som skulle kunna förekomma här beror då i första hand på olika golvbeläggningar. Som redovisades inledningsvis i avsnitt 5.2 hade klassrum 1 en linoleummatta som ersattes med en plastmatta med akustikdämpare. I frekvenserna 800-1600 Hz blev trumljudet lägre efter denna förändring. I frekvensområdet 100-800 blev det något högre, figur 5.26.

Klassrum 2 hade en linoleummatta som ersattes av korkplattor och klassrum 3 hade en linoleummatta som bibehölls. I klassrum 3 utfördes bara trumljudsmätningar efter åtgärder.

I klassrum 2 (Sal 100), där linoleummattan byttes till korkplattor ser kurvan för trumljuds nivåerna vid olika frekvenser likadana ut, med undantag för att den gamla linoleummattan överlag gav cirka 5 dB lägre trumljuds nivå än de nya korkplattorna, figur 5.27.

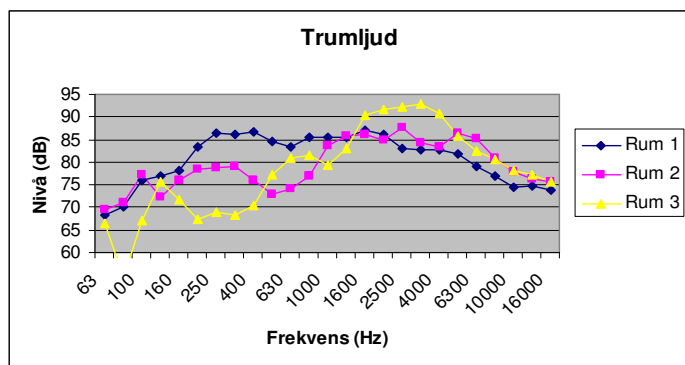


Figur 5.26 Trumljudsmätning i klassrum 1 före och efter åtgärder. Linoleummatta ersattes med plastmatta med akustikdämpare.



Figur 5.27 Trumljudsmätning i klassrum 2 före och efter åtgärder. Linoleummatta ersattes med korkplattor.

I klassrum 3, där linoleummattan bibehölls finns ingen föremätning, men kurvan liknar mycket den för klassrum 1 före åtgärder, då en liknande linoleummatta låg där.



Figur 5.28: Tersbandsspektrum för trumljudsmätningar i klassrum 1-3. Klassrum 1, plastmatta med akustikdämpare, klassrum 2, korkplattor, klassrum 3 äldre linoleummatta

I figur 5.28 visas medelvärdesbildade tersbandsspektra för trumljudsmätningarna efter åtgärder i de olika klassrummen. Det framgår att golvet i klassrum 2 (korkplattorna) hade något bättre egenskaper, framför allt i lågfrekvensområdet, än golvet i klassrum 1 (plastmatta med akustikdämpare). Den äldre linoleummattan i klassrum 3 är bäst av de tre golvbeläggningarna i lågfrekvensområdet, men sämre i högfrekvensområdet.

Skrapljud, stötljud och slammer orsakat av två olika material mot varandra

Ljudnivåer vid hantering av tallrikar mot ljustdämpade bordsytor samt stolar

På uppdrag av Mölndals kommun, Samfast, gjorde en akustikfirma en serie mätningar av den ljudnivå som uppkom vid hantering av tallrikar och stolar med olika dämpande åtgärder.

Detta gjordes i Bosgårdsskolan år 1999 efter att matsalens bord och stolar försetts med möbeltassar och bordsskivorna försetts med en plastmatta med akustikdämpare. Även om denna skola inte ingick i forskningsprojektet, har vi bedömt det intressant att publicera resultaten här.

Tabell 5.2 Uppmätta skrap- och stötljud i Bosgårdsskolans matsal

Förutsättning	Ljudnivå i dBA ekvivalent nivå 15 sekunder
Hantering av fyra tallrikar på odämpad bordsskiva.	79
Hantering av fyra tallrikar på dämpad bordsskiva	66
Två stolar utan dämpade stolsben dras över golvet	72
Två stolar med dämpade stolsben dras över golvet	49

Den utförda dämpningen på bordsskivan gav en sänkning av ljudnivån med 13 dBA, från 79 till 66 dBA ekvivalent nivå över 15 sekunder. Samtidigt mättes stolar med och utan möbeltassar. För stolar med möbeltassar blev dämpningen 23 dBA, från 72 till 49 dBA ekvivalent över 15 sekunder.

6. Före-efterstudien – mätningar under verksamhet

I projektets Rapport I och 2: ”God ljudmiljö i förskola– Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram” samt ”God ljudmiljö i skola – utvärdering av ljud- och miljöaspekter” finns detaljerade redovisningar av de mätningar av ljudnivåer och röstpåverkan som gjordes under pågående verksamhet.

Dessa mätningar var av metodutvecklande karaktär. För att mäta individuell bullerexponering provades olika placeringar av mikrofon, på personal och barn samtidigt samt stationär placering. Här återges endast några sammanfattande resultat från denna studie.

6.1 Personburna dosimetrar och röstmätningar

Personburna dosimetrar uppvisade nivåer på i genomsnitt 77 dB $L_{pA_{eq}} T_i$ (tid *inomhus* under en arbetsdag), vilket var upp till 5 dBA högre ljud än med de stationära mätningarna. Barnen exponerades genomgående för högre ljudnivåer än personalen.

Det bör här observeras att de arbetsmiljövärden som gäller för bullerexponering avser en hel arbetsdag på 8 timmar, $L_{EX,8h} = 85$ dBA, medan detta är ekvivalentvärden för tid som personal och barn vistades inomhus.

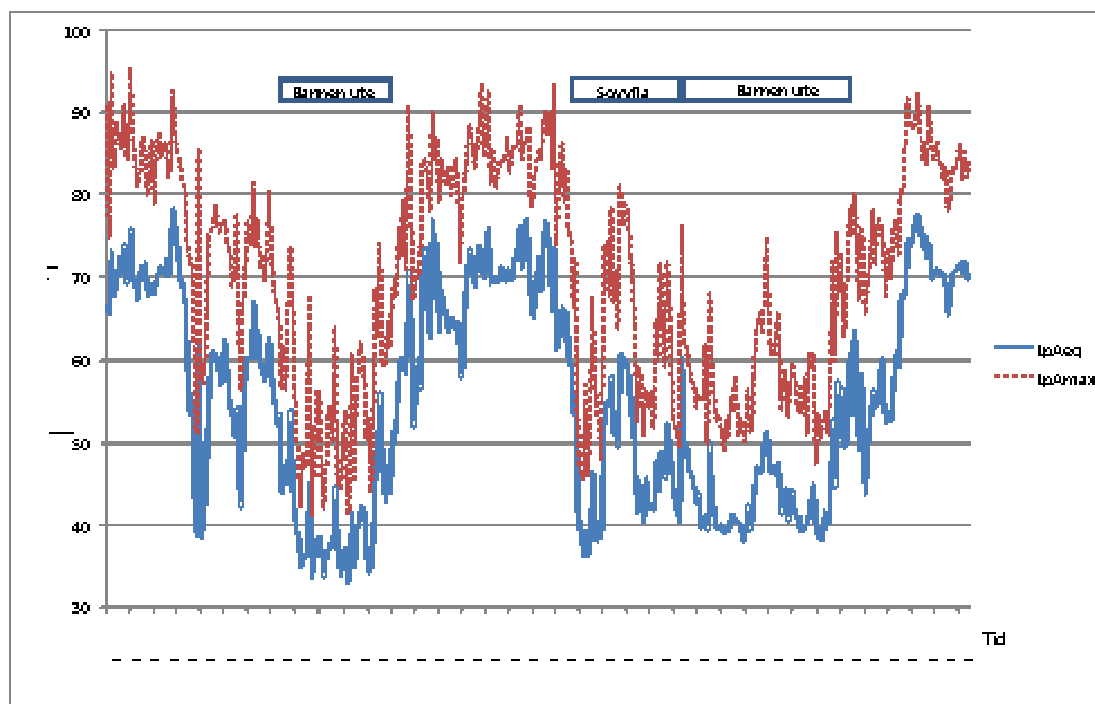
Inom ramen för metodutveckling studerades också barns och personals röster över dagen. Mellan morgon och eftermiddagsmätning ökade medelvärdet av grundtonen (F_0) för barn med 14 Hz och för personal med 8 Hz. Röststyrkan ökade i medeltal med 3,5 dBA för barn och 1 dBA för personal.

6.2 Stationära ljudmätningar

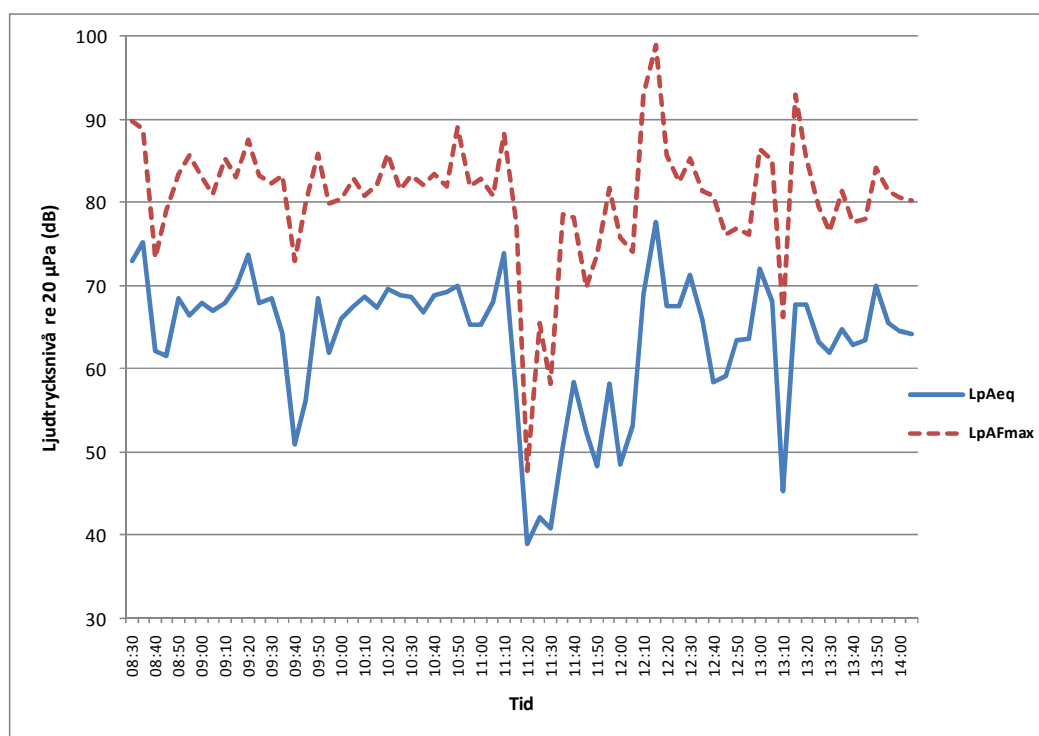
I figur 6.1 illustreras variationerna för ljudtrycksnivåerna ($L_{pA_{eq}}$, $L_{pA_{max}}$ och $L_{pA_{min}}$) över tid för en vanlig dag på en förskoleavdelning i matrummet före intervention. Man ser tydligt skillnaderna i ljudnivå mellan när barnen är ute eller har vila och när de vistas i matrummet.

Det framgår av figur 6.1 att ljudnivån i tomt lekrum som lägst låg på cirka 33 dBA, vilket torde vara ljudnivån från ventilationen. Det kan dock vara uppblandat med ljud från gården.

Det direkta ljudet från röster ger både före och efter åtgärder höga ljudnivåer under pågående verksamhet. De stationära mätningarna i förskolorna visade på små skillnader före och efter åtgärder i ekvivalent ljudtrycksnivå över en dag vid innevistelse. I bygg-/lektrum och lekhall uppmättes 3 dBA lägre ljudtrycksnivå efter åtgärder och i matrum 1 dBA lägre nivå.



Figur 6.1 Förskola: Stationär mätning i ett matrum i förskola med ekvivalenta och maxnivåer vid tillfälle I. Hämtad från Rapport I.



Figur 6.2 Skola: Stationär mätning i ett klassrum med ekvivalenta och maxnivåer vid tillfälle I. Hämtad från rapport II.

Det framgår av figur 6.2 att ljudnivån i tomt klassrum låg på cirka 40 dBA_{eq}, vilket torde vara ljudnivån från ventilationen. Den kan dock även innefatta eventuella ljud från skolgården.

Tabell 6.1. Förskola. Aritmetiskt medelvärde för den A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån som överskreds 50 % av tiden eller mindre. Tabellen är en förenklad version (inga KI-värden) av en tabell i Rapport I.

		Ekvivalent ljudnivå, L _{pAeq} (dB)		Maximal ljudnivå, L _{pAFmax} (dB)	
		Tillfälle I	Tillfälle II	Tillfälle I	Tillfälle II
Interventions- grupp	Matrum	69	68	84	83
	Bygg- /lektrum	72	69	87	85
	Lekhall	69	66	87	83
Kontrollgrupp	Matrum	68	68	83	82
	Bygg- /lektrum	Ingen mätning	Ingen mätning	Ingen mätning	Ingen mätning
	Lekhall	67	67	83	83

I interventionsgruppen finns en sänkning av både den A-vägda ekvivalenta och maximala ljudnivån vid tillfälle II (efter åtgärder) i bygg-/lektrum och lekhall. I kontrollgruppen har inga signifikanta skillnader mellan ljudnivån vid tillfällen I och II kunnat påvisas, tabell 6.1.

Tabell 6.2 Skola. Medelvärdet och standardavvikelse (inom parentes) för stationära mätningar av ljudnivån i de två klassrummen uttryckt i L_{pAeq} dB och L_{pAFmax} vid tillfälle I och II.

Klassrum	Tis		Ons		Tors		Fre	
Medel (SD)	L _{pAeq} q dB	L _{pAFmax} x dB	L _{pAeq} dB	L _{pAFmax} x dB	L _{pAeq} q dB	L _{pAFmax} x dB	L _{pAeq} dB	L _{pAFmax} x dB
Tillfälle I	70,0 (2,43)	103,8 (7,47)	68,6 (2,96)	100,7 (5,86)	69,7 (0,56)	100,9 (1,64)	67,7 (2,87)	99,2 (6,29)
Tillfälle II	63,6 (2,87)	93,5 (6,44)	63,1 (1,49)	88,3 (3,13)	64,0 (1,03)	88,9 (2,93)	65,5 (2,82)	89,3 (5,37)

Beräkning av skillnader i ekvivalenta och maximala ljudnivåer på dagarna under en arbetsvecka före respektive efter åtgärder, tabell 6.2 visar att den ekvivalenta ljudtrycksnivån som ett medelvärde för de båda klassrummen och för veckans arbetsdagar var 4,4 dBA lägre efter åtgärder än före. Den maximala ljudnivån var med motsvarande beräkning 2,9 dBA lägre efter åtgärder.

Tabell 6.3 Skola. Medelvärde och standardavvikelse för stationära mätningar, uttryckt i L_{pAeq} dB och L_{pAFmax} vid tillfälle I och II för hela veckan.

	Klassrum 100/111 Tillfälle I Medel (SD)	Klassrum A107/100 Tillfälle II Medel (SD)	Differens 95 % KI
LpAeq dB	69 (2,5)	64 (2,3)	4,37*** (3,61- 5,12)
LpAFmax dB	100 (5,5)	97 (5,4)	2,88** (1,19- 4,57)

6.3 Upplevd ljudmiljö före och efter åtgärder i förskola

I projektets Rapport I: "God ljudmiljö i förskola – Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram" finns en detaljerad redovisning av metodik och resultat av de enkäter som besvarats av personal, barn och föräldrar i förskolorna om upplevd ljudmiljö och hälsa. Här återges några sammanfattande resultat från dessa studier.

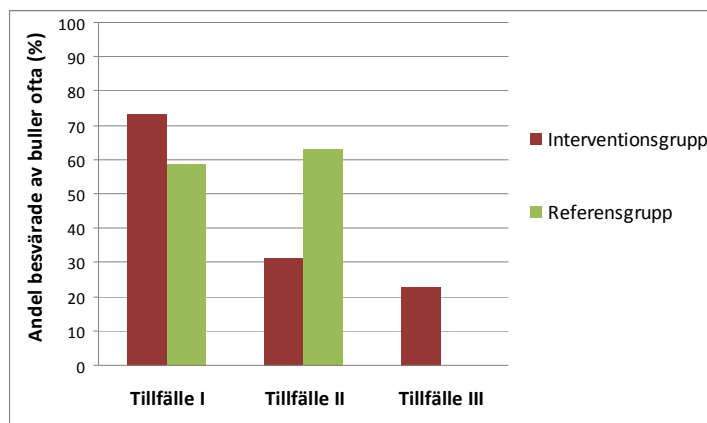


Ljudmiljö

Enkäter har besvarats både före intervention, d.v.s. innan åtgärderna vidtogs, tre månader efter intervention och 9 månader efter. Frågeformulär med samma frågor har också delats ut till en kontrollgrupp för att få ett referensmaterial. Av figur 6.3 framgår andel i personalen i de förskolor som ingick i studien som upplevde att de ofta besvärades av buller före (Tillfälle I)

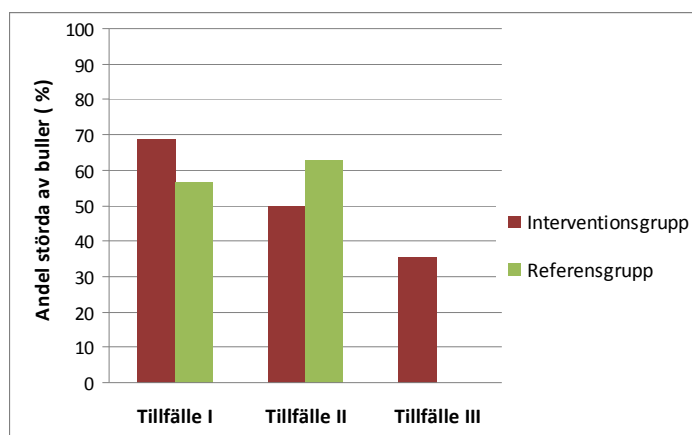
respektive 3 månader efter (Tillfälle II) och 9 månader efter (Tillfälle III) åtgärder, de röda staplarna.

Andelen som ofta stördes av buller var över 70 % i interventionsgruppen före åtgärder och cirka 60 % i referensgruppen vid samma tillfälle. Tre månader efter att åtgärderna genomförts hade andelen som ofta stördes av buller i interventionsgruppen minskat till 30 %. Denna sänkning var signifikant. Andelen ofta störda i referensgruppen vid samma tillfälle var fortfarande kring 60 %. Nio månader efter åtgärdernas genomförande i förskolorna var det ännu färre i interventionsgruppen som ofta stördes av buller, drygt 20 %.



Figur 6.3. Förskola: Andelar av dem som är besvärade av buller ofta (varje vecka) vid tillfälle I, II, III för interventionsgruppen samt vid tillfälle I och II för referensgruppen. Diagram från Rapport I.

Ett annat sätt att redovisa besvär av buller, än hur ofta man störs, är att fråga efter intensiteten i störningen. Av figur 6.4 framgår graden av störning i de två grupperna vid de olika tillfällena. Det framgår att en klart lägre andel i personalgruppen i de förskolor där åtgärder vidtagits, var ganska mycket, mycket eller oerhört mycket störda av buller efter åtgärder. Andelen sjönk från 69 % före åtgärder till 36 % nio månader efter åtgärder.



Figur 6.4 Förskola: Andelen ganska mycket, mycket eller oerhört störda av buller i interventionsgruppen samt referensgruppen vid de tre tillfällena. Diagram från Rapport I.

Det var också en signifikant lägre andel som var störda av instängd luft vid tillfälle II och III (cirka 7 %) än före åtgärderna 37,5 %. Detta kan förklaras av att installation av ny effektivare ventilation ingick i åtgärds paketet.

Vilka bullerkällor är mest störande?

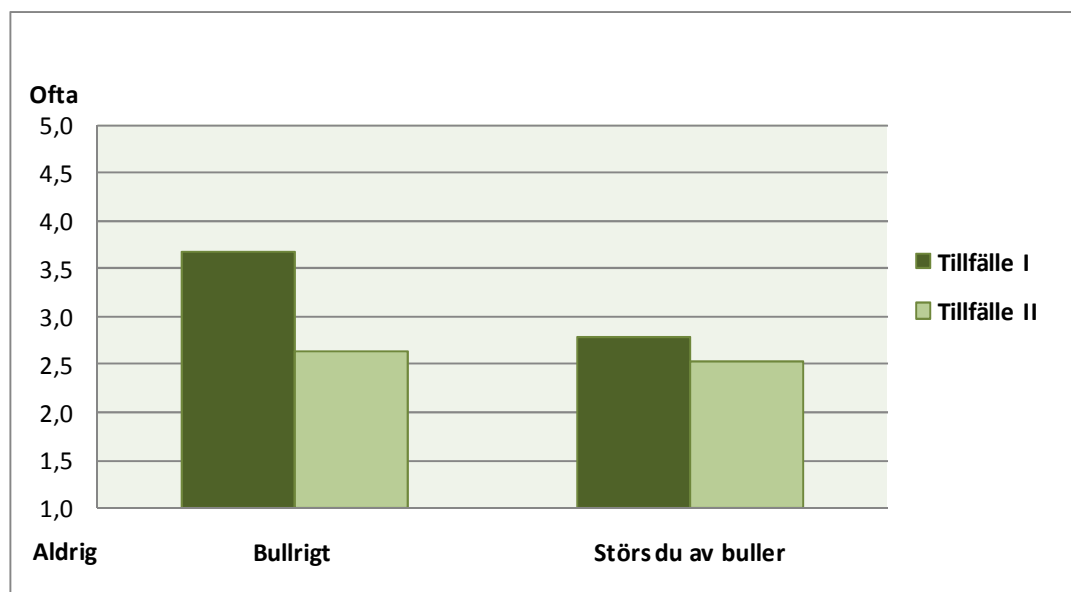
Fråga ställdes också till förskolepersonalen före och efter åtgärder hur ofta de var störda av *olika typer av ljudkällor*. Den i särklass vanligaste källan till störning var ”gap och skrik”. Före åtgärder stördes 100 % av personalen i interventionsgruppen av detta. Vid tillfälle III hade denna andel sjunkit till 65 %. Här har sannolikt den förbättrade absorptionen i tak och på väggar spelat en roll. För referensgruppen låg denna andel på 90 respektive 80 % vid tillfälle I respektive II.

Den näst vanligaste störningskällan var slammer vid måltider av vilka 60 % stördes före åtgärder. Vid tillfälle III hade denna andel sjunkit till 16 %! Bordsskivorna hade redan före projektets start fått en plastbeläggning med ljuddämpande undersida (Tapiflex) vilket dämpade slammer från tallrikar och annat porslin. Det är därför sannolikt att sänkningen av störning av slammer vid måltiden speglar den sammanlagda förbättringen med ökad absorption i rummen (mindre starka reflexer från porslinsljud).

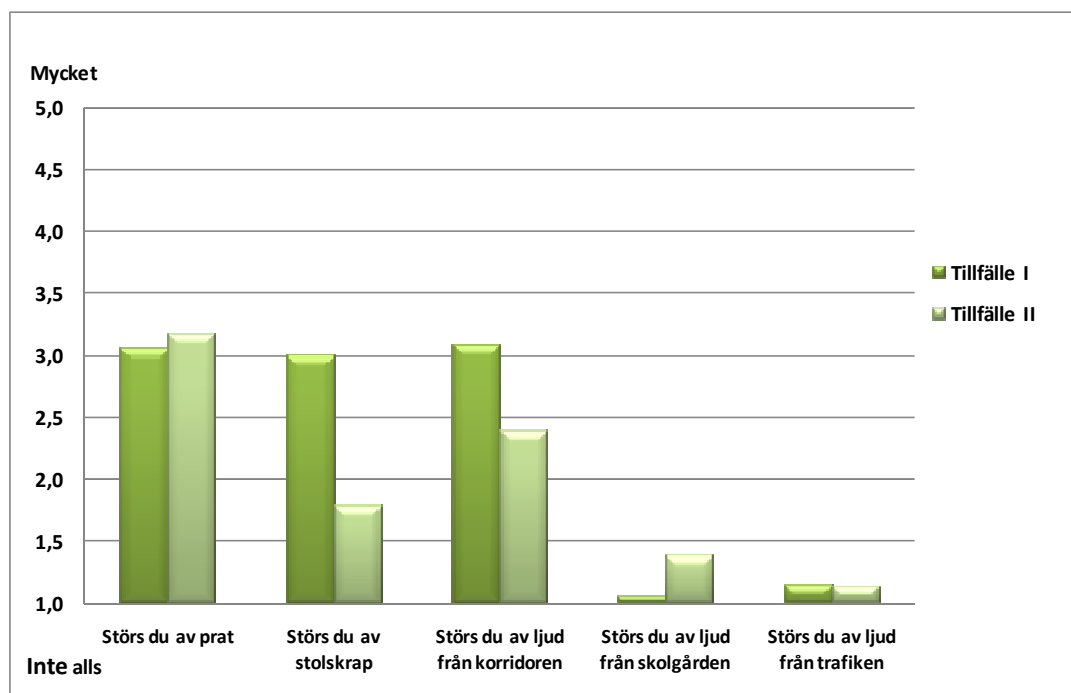
Störningen av ”gap och skrik” och av ”slammer vid måltider” var signifikant lägre vid tillfälle II jämfört med tillfälle I i interventionsgruppen och signifikant lägre efter åtgärder jämfört med referensgruppen.

6.4 Upplevd ljudmiljö före och efter åtgärder i skola





Figur 6.5. Elevernas bedömning före(tillfälle I) och efter(tillfälle II) åtgärder av om det brukar vara bullrigt respektive av om man störs av buller. Figuren visar medelvärden för hur det brukar vara i klassrummet på skalan 1= aldrig till 5= ofta.



Figur 6.6 Elevernas medelbedömning före och efter åtgärd av olika ljudkällor före och efter åtgärder.

I projektets rapport II: "God ljudmiljö i förskola och skola – Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram" finns en detaljerad redovisning av metodik och resultat av de enkäter som besvarats av personal och elever i Västerbergsskolan om både upplevd ljudmiljö och hälsa. Här återges några sammanfattande resultat från dessa studier.

Ljudmiljö

Enkäten i Västerbergsskolan besvarades av de två lärare samt de elever som vistades i de två aktuella klassrummen före och efter åtgärdernas genomförande. Dessutom besvarades enkäten efter åtgärdsprogrammet av alla lärarna (16), inklusive de tre som var med vid ljudmätningarna

Det framgår av figur 6.5 att elevernas samlade bedömning var att det var mindre bullrigt efter åtgärderna. Det var också något lägre besvär av buller efter att åtgärderna hade genomförts

Vilka bullerkällor är mest störande?

Fråga ställdes också till lärargruppen i Västerbergsskolan hur ofta de var störda av *olika typer av ljudkällor*. Liksom i förskolorna är den vanligaste källan till bullerstörning barnens "gap och skrik". Därefter kom "Samtal, prat" och "Ljud från ventilation". Av det senare stördes 40 % ofta. Här skiljde sig störningskällornas rangordning från förskolepersonalens, där slammer vid måltider kom på andra plats. Enligt ljudmätningarna var också ljud från installationerna högre i skolan än i förskolan.

Vad var det då för buller som störde eleverna? Av figur 6.6 framgår att man i medeltal stördes ungefär lika mycket av andra elevers prat efter åtgärderna som före. Medelvärde för att vara mycket störd av stolskrap och ljud från korridoren var däremot betydligt lägre, vilket bör kunna tillskrivas möbeltassar och nytt akustiktak i korridoren.

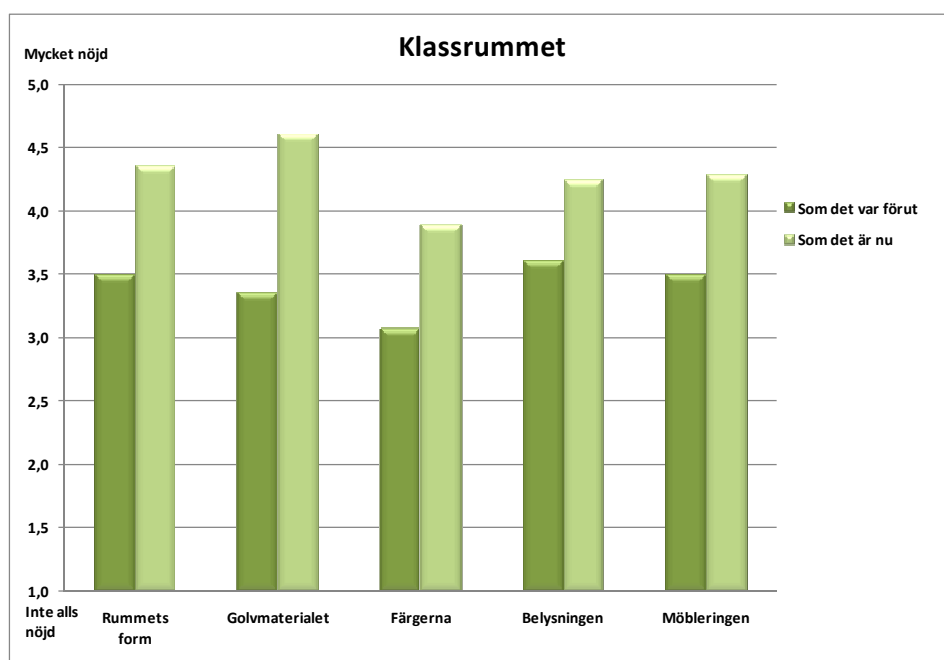
Elevernas välmående

För flertalet parametrar fanns ingen signifikant skillnad i elevernas bedömning av sin hälsa före och efter åtgärder. Ingen nämnvärd skillnad kunde observeras när det gällde ont i magen, huvudvärk eller koncentrationssvårigheter. Eleverna var dock mindre "arga", blev mindre heta, hade mindre susning i öronen och kände sig något mer lugna och glada vid tillfälle II, d.v.s. efter åtgärderna. De hade också något lättare att "höra vad de andra säger i klassrummet".

7. Upplevelser av övriga förändringar av miljön än ljudförhållandena

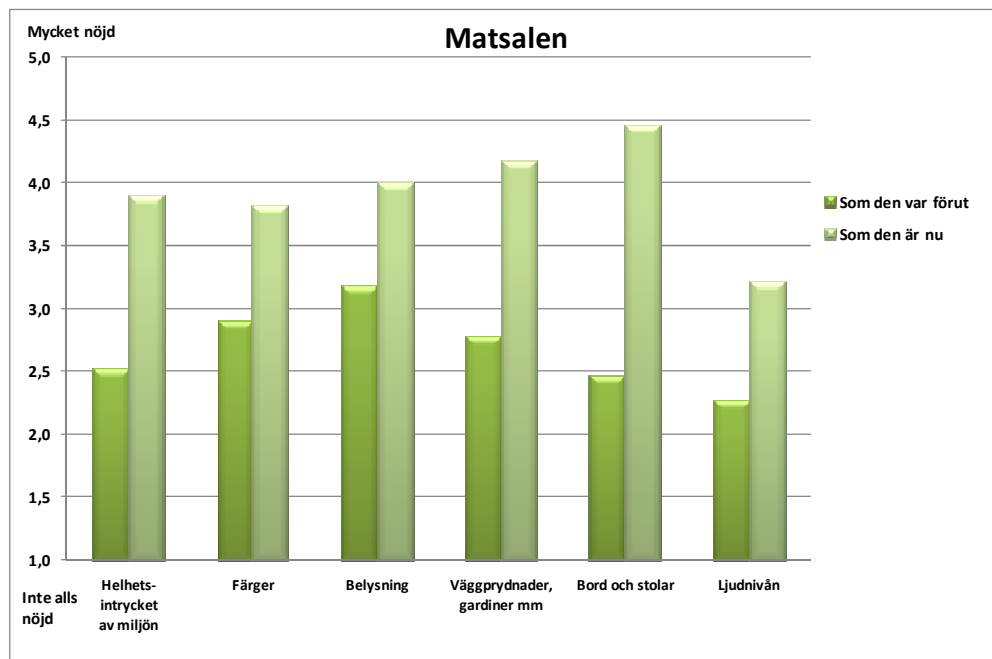
I detta projekt sattes även en del icke akustiska kriterier upp inför urvalet av bygg- och inredningsmaterial. Helhetssynen är viktig, d.v.s. sammanvägningen av många aspekter. Det gäller krav på att produkterna inte emitterar eller innehåller farliga ämnen, städbarhet, dammsamling, brandegenskaper och naturligtvis ekonomi. En hel del textila material hade dammsamlade egenskaper eller var svåra att rengöra, vilket gjorde att de valdes bort trots goda akustiska egenskaper. Det gäller också hur tilläggen med goda ljudegenskaper kan medverka till rummets gestaltning. Nedan redovisas vad elevernas och städpersonalen synpunkter på dessa övriga frågor, som inte var direkt relaterade till ljudmiljön.

7.1 Elevernas bedömning av den estetiska miljön



Figur 7.1 Elevernas bedömning av klassrummet "som det var förut" och "som det är nu".

Eleverna i Västerbergsskolan upplevde att de fått en mer tilltalande miljö i klassrummen efter åtgärdernas genomförande, figur 7.1. Att de uppfattar rumsformen bättre efter åtgärd sammanhänger troligtvis med att den långa disk- och arbetsbänken med underskåp längs korridorväggen togs bort.



Figur 7.2 Elevernas bedömning av matsalen "som den var förut" och "som den är nu".

Framförallt tyckte eleverna att matsalen fått ett lyft med nya bord och stolar. Eleverna är betydligt mer nöjda både med helhetsintrycket av miljön i matsalen och ljudnivå efter åtgärder.

7.2 Lokalvårdarnas bedömning av de nya golvbeläggningarnas städbarhet i skola

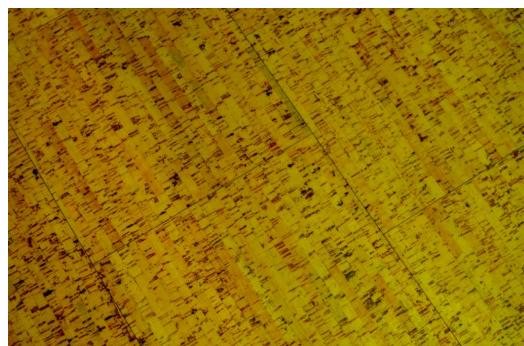
Tre frågor ställdes till lokalvårdarna i Västerbergsskolan angående de nya golvbeläggningarna i klassrummen.

I frågeformuläret listades fyra åtgärdade klassrum som alla fått nya, men olika golvbeläggningar. I tabell 7.2 redovisas lokalvårdarnas kommentarer kring de olika beläggningarna.

Lokalvårdarna fick också rangordna de olika golvbeläggningarna utifrån hur lättstädade de tyckte att de var. Tabell 7.2 redovisar golvbeläggningarna i den ordning deras städbarhet rangordnades.

Tabell 7.2 Lokalvårdens värdering av de olika golvbeläggningarna i Västerbersskolan

Rum	Typ av golvbeläggning	Kommentarer från lokalvårdarna	Rangordning efter hur lättstädat golvet är samt kommentar
Klassrum 1 111, Mellanrummet	Plastmatta Forshaga Sarlon, färg blå U3P3 332717	Bra yta på golvet. Lättstädat.	Näst lättast att städa
Klassrum 2 100, Pluto	Korkplattor Wiccork Ardbo Golv, färg Avori N101001	Lättstädat, snyggt. Behövs ingen golvvård. (Perfekt!)	Lättast att städa
Klassrum 105, Merkurius	Linoleum Forshaga Marmoleum Decibel, färg Dove Grey 62135.	Upplever att även detta golv är "möjligt". Behövs golvvård.	Tredjen lättast att städa
Klassrum 116 F.d. biblioteket	Plastmatta Tarkett Tapiflex	"Mjöligen". Alla märken syns tydligt. Vi behöver behandla golvet.	Svårast att städa.



Korkplattor blev den vinnande golvbeläggningen ur städsynpunkt. Dessa hade också något bättre trumljudsreduktion, framför allt i lågfrekvensområdet, än plastmattan med akustikdämpare i rummet intill.

8. Slutsatser

8.1 Interventionsstudien – blev det bättre?

De enkäter som genomförts visar att personal och elever är betydligt mer nöjda med sin ljudmiljö efter åtgärdernas genomförande. Mätningarna bland förskolepersonal visar att upplevelsen tre månader efter åtgärderna kvarstod nio månader senare. Mätresultaten i tomma rum visar också på något förbättrade värden på de flesta parametrar.

Däremot blev sänkningen av ljudnivån i rummen med pågående verksamhet relativt liten eller i storleksordningen 2-3 dBA i förskolan och den resulterande ljudnivån fortfarande för hög för att kunna betecknas som god. I klassrummen blev sänkningen av ljudnivåerna något större, men fortfarande för hög för att kunna medge t ex god taluppfattbarhet. Det är svårt att klart urskilja vilka åtgärder som haft störst betydelse för de upplevda förbättringarna. Den utökade absorptionsarean på tak och väggar bedöms ha betytt mest för den kortare efterklangstiden. Minskade trumljud i vissa frekvensområden genom nya golvbeläggningar dämpade troligtvis första ordningens reflexer. Möbeltassar på alla stolar innebar ett lägre bakgrundsbuller. Allt detta har bidragit till att rummen totalt sett upplevdes ha en bättre ljudmiljö efter åtgärdernas genomförande.

Bordsskivorna hade redan före starten av studien belagts med ett stötdämpande ytskikt. Den direkta inverkan av denna åtgärd kunde därför inte utvärderas. Bordsytornas dämpande inverkan på slammer från bestick och porslin har dock enligt vår och personalen subjektiva uppfattning bidragit till en betydligt förbättrad ljudmiljö. I Mölndal har även bordsskivornas undersida försatts med samma plastmatta (med stötdämpande underlägg) som bordsskivan. Det har inte kunnat påvisas att denna undersida har någon absorberande egenskap.

Helt klart upplevdes inte bara ljudmiljön utan också den estetiska miljön som bättre av eleverna i skolan efter åtgärderna.

8.2 Materialstudien

En erfarenhet från materialprojektet är att ljudprestanda ofta är otillräckligt redovisade för olika bygg- och inredningsprodukter och utrustningar. Det är också så att olika typer av teststandarder används för samma typ av produkter. Kort sagt är det en riktig snårskog att sätta sig in i vilka prestanda som är relevanta och jämförbara för en viss produktgrupp. Det saknas också ofta ett helhetstänkande kring utrustning i förskolor och dess interaktion med ytskikten, något som Mölndals stad arbetat med på ett framgångsrikt och föredömligt sätt.

En tanke som väckts under projektets gång är om det inte vore relevant att ta fram både standardiserade laboratiemätmetoder och fältmättningsmetoder med vilka man skulle kunna ”samtesta” ljudnivåer som uppstår när olika ytor (byggnadens ytskikt, ytskikt på möbler, leksaker, porslin, bestick mm) möter varandra, t.ex. stolar mot golv, bordsytor och matvagnar mot bestick, tallrikar och glas samt leksaker mot golv och väggars nederkant.

Överhuvudtaget skulle kanske intresset riktas mer mot att förebygga ljud och åt att medvetet åstadkomma diffusion av direktljudet för bättre absorption och reflexion och därmed bättre taluppfattbarhet i rum. Ljudabsorbenter är oerhört viktiga, men de ska inte användas för att kompensera för från början dålig ljudplanering. För att komma åt det höga direktljudet som oftast är problemet i förskolor och skolor kan man sedan inte annat än att angripa problemen med begränsning av barngruppernas storlek och pedagogiska insatser.

I vissa fall kan plastmattan med akustisk baksida, som använts i stor utsträckning i Mölndals kommun, inte fullt ut motiveras ur akustisk synvinkel. Det gäller den som applicerats på nedre delen av väggarna och den under bordsskivorna. För väggars nederdel tydde de akustiska mätningarna på att en träpanel en meter upp från golv var bättre på att "slå sönder" ljudet och skapa en lägre efterklangstid än väggplastmattan. Däremot dämpas förstås stötar mot väggar bättre med ett mjukt material. För t. ex. bordsytor och matvagnars ovansida där skrapljud och slammer från porslin kan ge höga ljudnivåer har det stötljudsdämpande ytskiktet en akustiskt bra funktion. Det finns alternativa, mer miljöanpassade material, som kan användas vid tillämpning av de innovativa lösningar som genomförts i Mölndal. Sådana ytskikt kan, förutom av plast, till exempel bestå av korkmatta, linoleummatta eller gummi. Mjukgjord PVC, som använts i stor utsträckning i Mölndal, innehåller mjukgörare (ftalater). Det är en stor ämnesgrupp där flera är klassade som farliga ämnen och där det finns många som ännu inte är klassade, d.v.s. man känner inte till deras farlighet.

9. Strategier, krav och referensvärden för planering av god ljudmiljö

9.1 Rumsutformning

Inledningsvis återges några citat om rum och akustik av mer generell karaktär, som uttrycker hur komplex ljudplanering är.

Texten nedan är hämtad från nätet och skrevs av den nu bortgångne Stig Carlsson. Han var civilingenjör och musikälskare från Växjö. I sitt eget laboratorium på Söder i Stockholm skapade han de så kallade Carlsson-högtalarna, eller OA-högtalarna (ortoakustiska högtalare).

Om rum och klang

”Rummets bidrag till akustiken består i att dess vägg-, tak- och golvytor mer eller mindre fullständigt reflekterar infallande ljud, huvudsakligen enligt samma geometriska regler som gäller för optiska speglar. Som en följd av dessa reflektioner nås lyssnaren – efter det direkta ljudet från ljudkällan – av reflekterat ljud från olika riktningar och med olika tidsfördröjning i förhållande till direktljudet.

Det reflekterade ljudet ändrar successivt karaktär, snabbare ju mindre rummet är. Dels ökar mängden riktningar hos det reflekterade ljudet, samtidigt som ljudstyrkan hos varje enskild stråle avtar; det reflekterade ljudet övergår i en alltmer diffus efterklang. Dels undergår det reflekterade ljudet så småningom en klangfärgsförändring, eftersom absorptionen hos ljudabsorberande material i rummet och hos de reflekterande ytorna varierar med frekvensen; normalt dämpas höga frekvenser snabbast, låga frekvenser långsammast.

Om ljudet från ljudkällan inte är snabbt föränderligt utan består av relativt varaktiga toner kan rummets egenskap av akustisk resonator med ett stort antal resonansfrekvenser göra sig märkbar, speciellt i mindre rum, t.ex. bostadsrum och vid låga frekvenser. Det reflekterade ljudet, och därmed kombinationen av direktljud och reflekterat ljud, blir då ojämnt fördelat i rummet ("stående vågor"), och ljudets fördelning i rummet ändras med frekvensen. Samtidigt förstärks det reflekterade ljudet – och därmed kombinationen av direktljud och reflekterat ljud – vid de av rummets resonansfrekvenser som ljudkällan på grund av sin placering och sina riktningsegenskaper aktiverar.”

Texten nedan är skriven av civilingenjör och akustiker Lennart Karlén och är hämtad ur tidskriften Bygg och Teknik nr 3/07.

Ljudkrav för rum

”För att ett rum ska låta rätt måste man planera rummet i alla dess akustiska egenskaper. Det är förutom längd, bredd och höjd även tid i form av frekvens, ankomsttid till örat av reflexer, efterklang samt styrkan på ljudet i dess olika utbredningsriktningar. Ytterligare en dimension är energifördelningen av ljudet i rummet. Om man utgår från vad örat kan uppfatta och dess precision, behöver man i de flesta rum planera dessa akustiska egenskaper på ett medvetet sätt om den hörbara akustiken ska bli vad man önskar.

- Planeringen bör börja med att analysera *verksamhetens behov*. Vilka situationer och användningssätt ska rummet planeras för?
- Nästa steg är *rumformen*. Det är avgörande att de akustiska egenskaperna planeras in från första början. Det gäller egentligen alla basfunktioner som rummet ska erbjuda, även inneklimatet. Rätt rumsform är avgörande för hur god akustik man kan nå. Felaktigheter i rumsform innebär till slut att man måste göra korrigeringar av brister som oönskade reflexer, ojämn ljudfördelning med mera, med absorbenter i lägen där man egentligen inte vill ha dem.
- Tredje steget blir att välja *material* med former i detalj på begränsningsytor och *yt-strukturer*.

Materialen väljs bland annat med hänsyn till ljudegenskaper som reflexion och absorption men även deras förmåga att sprida ljud i form av diffusion. Ofta kan man inte prioritera de akustiska egenskaperna fullt ut utan tvingas till kompromisser med andra krav på form, egenskaper och material. I de sammanhangen är det lättare att nå en god totallösning om analysen av verksamhetens behov är grundlig och grundformen på rummet är någorlunda rätt.

Med en korrekt planering innebär de akustiska egenskapskraven inte någon utökad kostnad i projektet. Man använder de material som ändå erfordras för att forma rummet, men på ett sätt och med en sammansättning som också ger de akustiska egenskaperna i rummet.”

Till dessa intressanta beskrivningar av rummets akustik och akustisk rumsplanering vill vi, utifrån erfarenheterna i detta projekt, påtala vikten av att välja inredningsdetaljer som i sig inte skapar oljud, dvs. att minska behovet av ljudabsorption genom att utforma rum som

- tar bort onödigt slammer, onödiga skrapljud och trumljud.
- ger avslappnade stämningslägen i förskole- och skolmiljön, vilket minskar den stress som bidrar till höga röster och skrik,

Idag fokuseras något ensidigt på ljudabsorption – speciellt akustiktak - och mindre på källorna. Reflexion och diffusion är andra egenskaper som är värda större uppmärksamhet. Exempelvis, vad betyder en snedställd vägg i klassrummet i förhållande till två

parallellställda, för reflexionen och vad betyder en lång vägg med grov gräng (gipsputs eller liknande), som sprider ljudet i en skolmatsal? Inom design av akustik i studiomiljöer och andra rum för musik finns en ganska välutvecklad praxis som tar hänsyn till dessa akustiska åtgärder, men för ”normala” rum vet man väldigt lite om hur detta påverkar upplevelsen.

Nedan ges, utifrån projektets erfarenheter exempel på ljudkravspecifikationer för de rumstyper som ingått i studien.

9.2 Ljudparametrar och referensvärden för rum i förskolor och skolor

Ljudtrycksnivå från installationer i tomma rum

Har inte specifikt fokuserats i projektet, men genomförda bakgrundsmätningar visar på godtagbara värden. Krav bör specificeras för både A-vägt och C-vägt (lågfrekvent) ljud. Många installationsljud är lågfrekventa. Definition och referensvärden i fyra olika standardklasser finns i Svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007), tabell 1.3. Särskilt i lokaler för undervisning är det viktigt med en låg ljudnivå från installationer. I detta projekt uppmätts 33 dBA i förskolan, figur 6.1 och cirka 40 dBA i klassrum i skolan. 40 dBA är relativt högt i klassrum om ljudet bara kommer från installationerna.

Ekvivalent ljudtrycksnivå från trafik

Har inte specifikt mätts i projektet. Mäts med ventilationen avstängd. Definition och referensvärden i fyra olika standardklasser finns i Svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007). Särskilt i lokaler för undervisning är det viktigt med en låg ljudnivå från trafik. Se också tabell 1.3 med för närvarande gällande värden för de olika ljudklasserna.

Ljudtrycksnivå i rum med verksamhet

De stationära mätningarna av ljudtrycksnivåer med verksamhet utfördes inomhus, d.v.s. under den tid som barn, personal, elever och lärare vistades i rummen över en arbetsdag. Nivåer under aktivitet redovisas i tabell 6.1 för förskola och i tabell 6.2 för skola. Mer utförliga referensvärden finns i projektets Rapport I och 2. Se också tabell 1.1 och 1.2 i denna rapport med för närvarande gällande gränsvärden från Arbetsmiljöverket.

Efterklangstid (T60)

För definition av begreppet och mätmetoder, se kapitel 5. Fyra olika standardklasser för efterklangstider i förskolor och skolor finns i den svenska ljudstandarden (SIS, 2007).

Följande faktorer har betydelse för efterklangstiden:

- Rummets storlek och form. Exempelvis har rummets takhöjd betydelse för hur mycket ljudreglerande material som ska användas. Takytan i rum med en takhöjd över 2,8 m är inte tillräckligt stor i sig för att kunna ge optimala ljudförhållanden med hjälp av ett akustiktak.
- Absorptionsförmågan, mängden och placeringen av materialen i rummens ytskikt. Eftersom ljudet speglas i hårda ytor ska man föreställa sig speglar där ljudkällorna kan se varandra på väggarna. Det är på dessa platser i rummet man ska placera absorberande material för att få en bra akustisk effekt.
- Mängden och placeringen av ljudspridande och absorberande föremål som möbler, hyllor etc.

Efterklangstider före och efter åtgärder har uppmätts i detta projekt:

Efterklangstiden (T60) i förskolorna

Efterklangstiderna före åtgärder låg mellan 0,4 och 0,6 sekunder beroende på frekvensområde. Efter åtgärder sjönk de i alla rum utom lekhallen och låg mellan 0,3 och 0,5 sekunder. De nya akustiktaken förbättrade framför allt efterklangstiden i de lägre frekvenserna 250-500 Hz. Att lekhallen inte fick en kortare efterklangstid efter åtgärder beror troligtvis på att en 1 m hög sockel av pärlspont togs bort och ersattes med en slät väggplastmatta.

Efterklangstiden (T60) i skolan

Före åtgärder var efterklangstiden relativt lång, kring 0,8 sek i klassrum 1, som hade fönster både i fasad och på bakre väggen. Klassrum 2, med hel bakre vägg utan fönster, hade redan före ombyggnad en kort efterklangstid på cirka 0,5 sek från frekvenserna 1000 Hz och uppåt.

Genom åtgärderna blev efterklangstiden i alla klassrummen förbättrad och låg kring 0,4 sek i hela frekvensspannet från 125 Hz och uppåt. I lågfrekvensområdet uppvisade värdena en något större spridning. Detta är ett resultat av att ljudfältet är mindre diffust för låga frekvenser och att inverkan av moderna absorbenter därmed är mindre i dessa frekvensområden.

Taluppfattbarhet (D50, STI och RASTI)

För definition av begreppet och mätmetoder, se kapitel 5 och förklaring av ljudbegrepp inledningsvis.

Taluppfattbarheten bestäms huvudsakligen av:

- Tidiga ljudreflexer i förhållande till sena
- Bakgrundsljudets frekvenssammansättning och nivå

Om man vill skapa ett rum med bra taluppfattbarhet måste ljuddiffusionen (spridningen av ljudet) förstärkas. Mänskligt tal ligger mellan 125 och 8 000 Hz. I svenska språket är konsonanterna viktiga för att uppfatta vad som sägs. Konsonantljuden ligger vid de högre frekvenserna. Om efterklangstiden är lång vid de lägre frekvenserna kommer ljudet vid dessa frekvenser att maskera konsonantljuden och därmed ge sämre taluppfattbarhet. Det är därför viktigt att det finns tillräckligt med absorption vid 125 Hz i rummet.

I projektet har D50 och STI uppmätts som parametrar för taluppfattbarhet:

Taluppfattbarhet (D50 och STI) i förskolorna

Alla värden får anses reflektera en mycket god taluppfattbarhet. Efter åtgärder ligger taluppfattbarheten enligt D50-mätningarna i frekvenserna 200 – 10 000 Hz på mellan 80- 90 %, utom i lekhallen där den i frekvenserna 1000 – 5000 Hz ligger ner mot 78 %. Enligt STI ligger värdena överlag något lägre. Samtliga värden i matrummen och bygg-/lekrummen ligger med detta sätt att mäta mellan 80 och 87 %. I lekhallen ligger taluppfattbarheten enligt STI på 78 %. Över 75 % kategoriseras som ”excellent” eller högsta möjliga taluppfattbarhet.

Taluppfattbarhet (D50 och STI) i skolan

Taluppfattbarheten i de intressanta frekvensområdena blev överlag något högre när den mättes i D50 än i STI på liknande sätt som för förskolorna. D50 ger information om hur taluppfattbarheten ser ut vid olika frekvenser. STI ger å andra sidan ett vägt värde utifrån talliknande förutsättningar. Både D50-mätningarna och STI-mätningarna visade att taluppfattbarheten var sämst före åtgärder i klassrum 1 med fönster även på bakre väggen. STI-värdet där var 67 % före åtgärder, men förbättrades till 80 % efter åtgärder.

Enligt rapport IV varierar D50 ganska mycket med källpositionen, d.v.s. var i rummet som mikrofonen placeras, vilket visar på vikten av att välja en standardiserad mätpunkt. Den kritiska positionen är längst bak i klassrummet.

I klassrum 1, med fönster även på bakväggen, förbättrades taluppfattbarheten mätt som D50 märkbart efter åtgärderna, från 55-60 % till 75-80 %. I klassrum 2, utan fönster på bakre väggen, var taluppfattbarheten enligt D50 relativt god redan före åtgärder, cirka 70-75 %. I frekvensområdet 250-500 Hz förbättrades den till cirka 75-80 %, vilket är bra då taluppfattbarheten även är viktig i dessa frekvenser, där mansröster kan ligga.

Efter åtgärder är den uppmätta taluppfattbarheten enligt D50 mycket likartad i alla tre klassrummen. Den ligger mellan 70 och 80 % i frekvensområdet 500 Hz och uppåt, vilket är det viktigaste frekvensområdet för taluppfattbarhet.

Taluppfattbarheten, mätt som STI, förbättrades i klassrum 1 från 67 till 80 % och i klassrum 2 från 76 – 80 %. I klassrum 3, där mätningar bara gjordes efter åtgärder blev STI 79-80 %.

Taluppfattbarheten är överlag något sämre i klassrummen än i förskolans rum, vilket säkert sammanhänger med att klassrummen är större och har färre mjuka möbler än de flesta rummen i förskolorna.

Efter åtgärder fick emellertid samtliga klassrum en bra eller mycket bra taluppfattbarhet, på mellan 70 och 80 %. Över 75 % kategoriseras som ”excellent” eller högsta möjliga taluppfattbarhet.

Luftljudsisolering

Luftljudsisolering är byggnadens förmåga att reducera luftburet ljud mellan två rum eller mellan åtskilda utrymmen utan gemensamma fria öppningar. Ju högre värde desto bättre luftljudsisolering. För närmare definition, mätmetoder och klassindelade referensvärden, se den svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007).

Luftljudsisolering är särskilt viktig i skolor mellan korridor och klassrum och skolgård och klassrum, där enkätstudier visar att en hög andel av eleverna och personalen ofta besväras av just detta (Hult, 1997). Klassrum som gränsar till varandra och där det finns en dörr i väggen, eller en fönstervägg liksom rum med skjutdörr emellan kan ge dålig luftljudsisolering.

Stegljudsnivå

För definition, mätmetoder och klassindelade referensvärden, se den svenska ljudstandarden för lokaler (SIS, 2007). Ju lägre värde desto bättre stegljudsnivå. Stegljudsnivå är en särskilt viktig parameter i ett undre rum om rum för verksamhet finns på flera våningsplan. Så har inte fallet varit när det gäller de byggnader som ingått i studien, varför denna ljudparameter inte har uppmätts. Betongbjälklag ger normalt bättre stegljudsisolering än ett uppreglat trägolv. Golvbeläggningen i sig påverkar också stegljudsisoleringen, se stegljudsreduktion i nästa avsnitt med kriterier för bygg- och inredningsprodukter.

Trumljudsnivå

För definition av begreppet, se kapitel 5 och förklaringen av ljudbegrepp inledningsvis. Standard saknas, men ska vara under utarbetande. I avvaktan på standardiserad mätmetod kan det inte uteslutas att en viss variation i mätningarna orsakats av att kulan inte släppts på exakt samma ställe vid båda tillfällena.

I projektet har trumljudsnivå uppmätts före och efter att olika golvbeläggningar lagts in:

Trumljud i förskolorna

De uppmätta trumljudsvärdena i förskolornas rum varierade mellan 71 dB och 94 dB före åtgärder och 65 dB och 92 dB efter åtgärder. Överlag gav matta med akustikdämpande egenskaper en lägre trumljudsnivå. För att kunna bedöma trumljudsförbättringen bör man titta på kurvan som redovisar trumljudet vid olika frekvenser. Se rapportens avsnitt 5.

Trumljud i skolan

De uppmätta trumljudsvärdena i klassrummen varierade mellan 65 dB och 95 dB före åtgärder och 67 dB och 93 dB efter åtgärder.

Golvet i klassrum 2 (korkplattorna) hade något bättre trumljudegenskaper, framför allt i lågfrekvensområdet, än golvet i klassrum 1 (plastmatta med akustikdämpare). Den äldre linoleummattan i klassrum 3 är något bättre i lågfrekvensområdet än golven i klassrum 1 och 2, men något sämre i högfrekvensområdet. För att kunna bedöma trumljudsförbättringen bör man titta på kurvan som redovisar trumljudet vid olika frekvenser. Se rapportens avsnitt 5.

Trumljudsreduktion

Termen reduktion relateras här till ett visst golvmaterial, se kapitel 3.

Skrapljud, stötljud och slammer

Detta är ljud som kan dämpas avsevärt genom god planering. Se kapitel 5 där mätningar redovisas för reducerad ekvivalent ljudnivå vid hantering av tallrikar på bordsytor med respektive utan akustikdämpande beläggning, samt för stolar med och utan möbeltassar.

Diffusion och reflexion

Diffusion beskriver ljudets spridning över en yta och reflexion dess ”spegeleffekt” mot en yta. I praktiken är de flesta rum möblerade och befolkade. Tätheten avgör graden av ljuddiffusion, alltså ljudspridning, som gör att ljudvågorna träffar ljudabsorbenterna från flera håll och således ökar absorbenternas verkningsgrad. Ju fler möbler och människor, desto högre diffusion och effektivitet hos de använda absorbenterna.

Om rummet är avsett för talkommunikation ska rummets diffusion och reflexion bibehållas och efterklangstiden ska balanseras över hela frekvensområdet. Fast och lös inredning ska alltså skapa ljudspridning och absorption. Den diffuserande effekten (spridningseffekten över en yta) kan mätas med en särskild standard, AES-4id-2001. Detta görs emellertid endast i avancerade akustiska sammanhang.

Diffusitet (IACC)

IACC, är en parameter som beskriver ljudets diffusitet i ett rum. Det är ett mått på likheten mellan ljudtrycken vid vänster och höger öra och används traditionellt för att avgöra hur diffust ljudfältet i konsertsalar och andra musikrum är. Skalan är 0-1, där 0 är högsta möjliga diffusitet (lägsta IACC-värde) och 1 är lägsta diffusitet (högsta IACC-värde). I allmänhet är det önskvärt att ha en hög grad av diffusitet för att ljudet ska omsluta lyssnaren. Ett lågt IACC-värde betyder en hög diffusitet. I vanliga rum är det oklart om man vill ha en hög eller låg diffusitet och om IACC är användbart överhuvudtaget.

Eftersom det är direktljud från barnens röster som ger de farligt höga ljudnivåerna i framför allt förskolor och inte det reflekterade ljudet, så kanske man kan dra slutsatsen att IACC inte är så intressant i vanliga lekrum och klassrum. Däremot är det en intressant parameter i musiksalar och aulor i skolor samt samlingsrum i förskolor och skolor, där musikframställningar kan förekomma. Även i klassrum med flexibel användning kan IACC-värdet troligtvis vara intressant.

Både i förskolornas och skolans rum varierade IACC-värdet från 0,95 vid lägsta frekvenserna till cirka 0,45 vid de högsta frekvenserna och diffusiteten försämrades något (gav ett högre IACC-värde) när efterklangstiden förbättrades (absorptionsarean ökade). Vad som är en optimal balans mellan absorption och diffusitet för olika rumsanvändning behöver vi veta mer om.

9.3 Ljudprestanda för bygg- och inredningsprodukter

Nedan sammanfattas de viktigaste ljudprestandamåtten som används för att jämföra olika typer av ytskikts- och inredningsprodukter med varandra. Där anges också korfattat vilka måttenheter som gäller, hur resultatet av mätningar presenteras samt om det finns någon mätstandard. De turkosmarkerade har bedömts som de mest användbara måtten och de som markerats med gråblått har bedömts intressanta att utveckla mätmetoder för.

Tabell 9.1 De viktigaste ljudegenskaperna för olika bygg- och inredningsprodukter

TAK- OCH VÄGGABSORBENTER, SKÄRMAR				
Produkt	Måttenhet	Presentation	Standard	Kommentar
Ljudabsorptionsfaktor, a_s	0 till 1, där 1 motsvarar 100 % absorption och 0 är 0 % absorption.	Som en kurva för tredjedels oktavbands 50-5000 Hz.	Mätta enligt SS-EN ISO 354 och utvärderade i oktavband 63-4000 Hz.	Den mest detaljerade metoden att beskriva absorptionsfaktorn Se figur 3.1.
Praktisk ljudabsorptionsfaktor, a_p	0 till 1, där 1 motsvarar 100 % absorption och 0 är 0 % absorption	Anges vid heloktaver som genomsnittsvärdet av tre 1/3 oktavmätningar av (a_s).	Avrundas till närmaste 500-del enligt ISO 11654.	Används vid vanliga efterklangstidsberäkningar. Ger en mer schematisk bild av absorbentens ljudabsorption än a_s , dock ofta tillräckligt god. Se figur 3.2
Vägd ljudabsorptionsfaktor, a_w	0 till 1, där 1 motsvarar 100 % absorption och 0 är 0 % absorption.	Ett enda värde, byggt på att värden för praktisk absorptionsfaktor, a_p , jämförs med en referenskurva. A_w -värdet läses av vid 500 Hz.	Referenskurvan i ISO 11 654	Max avvikelse från referenskurvan får vara 0,10. Svaghet genom att kurvan faller vid 4000 Hz vilket inte syns. Där är örat som mest känsligt. Faller också vid 125 Hz, som är viktig för

TAK- OCH VÄGGABSORBENTER, SKÄRMAR				
Produkt	Måttenhet	Presentation	Standard	Kommentar
				taluppfattbarheten.
Vägd absorptionsklass A - E	a_p värdena 0,15 - 1,00 är indelade i olika grupper för att beskrivas som 5 olika klasser.	Presenteras som klasserna A, B, C, D och E.	Enligt ISO 11654.	Detta sätt att redovisa ljudabsorption på är oftast inte tillräckligt noggrant eftersom variationen inom en och samma klass är allt för stor.
NRC-värde Noise Reduction Coefficient	NRC-värdet är medelvärdet av absorptionsfaktorn a_s vid 250, 500, 1000, 2000 Hz.	Presenteras som ett enda värde, som avrundas till närmaste femhundradel.	Beräknas enligt den amerikanska standarden ASTM C 423.	Eftersom denna metod inte inkluderar frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz (Se kommentar under a_w) passar metoden inte för beskrivning av ett utrymmes krav på ljudabsorption.
Ljud-reduktion för skärmar	dB	Presenteras som en reducerad ljudnivå tack vare skärmen. Den metod som används av tillverkarna.	ISO10053:1991 ”Acoustics – Measurement of office screen sound attenuation under specific laboratory conditions”.	Vanliga värden: 2,5 – 9 dB för golvskärmar.

Tabell 9.1 fortsättning. De viktigaste ljudegenskaperna för olika bygg- och inredningsprodukter

GOLV				
Produkt	Måttenhet	Presentation	Standard	Kommentar
Stegljuds-reduktion	Decibel, DLw dB.	Måttet anger hur mycket ljudtrycket reducerats i förhållande till ett rent betongbjälklag.	Testas med SS-EN ISO 140-6 (lab – banvara & plattor), SS-EN ISO 140-8 (lab – flytande golv) eller 140-7 (fält) Utvärderas enligt SS-EN ISO 717-2.	Rummens stegljudsisolering har inte mätts i detta projekt. För definition, se kapitel 3 och för exempel på värden, tabell 3.1 och 3.2.
Trumljuds-reduktion i Son (för laminat-golv)	Son. 1 son i hörstyrka = 40 phon i hörnivå, Hörstyrkan, N _L = ljudtrycket för en 1000Hz ton vid 40 phon.	Ska mäta <i>hörstyrka</i> , eller ljudtrycksnivå på ett bättre sätt än dBA, då örat är olika känsligt för samma ljudnivå vid olika frekvenser.	ISO 226:2003 för definition av son. Europeisk standard EPFL 021029-3 för bedömning av trumljudsnivån i son.	För definition av hörstyrka och hörnivå, se kapitel 3. För exempel på värden, se kapitel 3, tabell 3.1 och 3.3.
Trumljuds-reduktion i dB	dB	Man presenterar reduktionen på grund av golvmaterialiet i minskade antal dB.	En fransk standard för mätning av trumljud: NF S 31-074.	Den liknar stegljudsmätningen EN ISO 140-8 och reduktionen p.g.a. golvmaterialiet med hjälp av EN ISO 717/2. För exempel på värden, se kapitel 3, tabell 3.1 och 3.3.
Trumljuds-förbättring	%	Presenteras som en procentuell förbättring av trumljudsnivån (dB) i förhållande till det rena betongbjälklaget.	Mäts enligt SIS-TR 15:2008.	Kallas också ”stegljudsnivå i samma rum”. Standard saknas, då mätmetoden håller på att utvecklas. För definition av hörstyrka och hörnivå, se kapitel 3. För exempel på värden, se tabell 3.1.

Tabell 9.1 fortsättning. De viktigaste ljudegenskaperna för olika bygg- och inredningsprodukter

MÖBLER, UTRUSTNING				
Produkt	Måttenheter	Presentation	Standard	Kommentar
Produktens egen ljudalstring i kontakt med andra material	Måttenheter saknas.	Presenteras i vissa fall som en kvalitet, se exemplet med möblerna Silent Wisper, sidan 36.	Mätstandarder saknas.	Ett område för utveckling. Borde kunna utvecklas med vissa standardprodukter som referenser.
Absorptionsfaktor, a_p	0 till 1, där 1 motsvarar 100 % absorption och 0 är 0 % absorption.	Möblers absorption kan beräknas med standardiserad metod.	EN-ISO 12354-6	Kan användas för beräkning av behov av tak- och väggabsorbenter.
MÖBELTASSAR				
Skrapljudsreducering	dB eller son	Metod saknas för mätning av hur mycket ett skrapljud kan dämpas med möbeltass.	Standard saknas. Borde gå att utveckla med kammar-metod, med och utan tassar.	Andra viktiga egenskaper: passform, fabriksmontering, dammsamling, rengörbarhet, estetik.
TEXTILIER – GARDINER				
Absorptionsfaktor, a_p	0 till 1, där 1 motsvarar 100 % absorption och 0 är 0 % absorption.	Möblers absorption kan beräknas med standardiserad metod.	EN-ISO 12354-6	Absorptionen beror helt och hållet på vad det är för tyg, hur det draperas och hur långt från vägg det hängs.

9.4. Förslag på planeringsstrategi för god ljudmiljö i förskolor och skolor

1. Beskriv rummets funktion och vilka behov det därmed har. Har rummet en huvudsaklig användning, eller ska det kunna användas flexibelt med stor spännvidd i kraven på ljudförhållanden?
2. Precisera rummets akustiska basbehov.
3. Analysera vilka de viktigaste bullerkällorna är förutom direktljudet från röster. Ljud från korridorer? Ljud från trafik? Ljud från ventilationen? Slammer från leksaker mot golv, från tallrikar, bestick, koppar och glas? Analysera rummets form i förhållande till de akustiska baskraven.
4. Ställ preliminära ljudkrav på efterklangstid (T60), ljudtrycksnivå (dBA och dBC i tomma rum), taluppfattbarhet (D50 och STI), max trumljudsnivå. Vid ny- och ombyggnad är även luftljudsisolering en viktig ljudparameter. Detta gäller särskilt för rum för vila och koncentration i förhållande till utemiljön och till korridor samt mellan ljudfyllda rum som musikrum, metallslöjd, café och andra rum. Krav på stegljudsnivå är särskilt viktigt om det gäller en flerplansbyggnad.
5. Anlita en akustiker som för dialog med beställaren, verksamheten och projektörerna om ljudkraven - var öppen för att justera kraven fram till och med systemhandlingsskedet vid om- eller nybyggnad. Utvärdera föreslagna systemlösningar med avseende på hur väl de uppfyller basbehoven och ljudkraven.
6. Analysera *rummets utformning* i stort. I rum med hög takhöjd blir efterklangstiden längre. Efterklangstiden är en funktion av både volym och absorptionsarea. Större volym ger längre efterklangstid men samtidigt gäller att större absorptionsarea ger kortare efterklangstid. Höjer man taket så ökar man ju väggarnas area också. Om dessa väggytor förses med absorberande material så utökas absorptionsarean i rummet. Måste väggarna vara parallellställda, vilket kan ge stående reflexer? Vilka glasade ytor kommer att finnas och vad innebär de för akustiken? Har rummet en form som gör att ljudet studsar och förstärks (t.ex. runda rum med torn) behöver man studera akustiken speciellt noggrant. Golvets material och akustiska hårdhet måste även vägas in.
7. Utifrån punkt 3, tänk igenom hur ljudkällorna kan undvikas, som ljud från installationer inredning och utrustning, (Ställ krav på "tysta" stolar, bord, soffor, matvagnar, brickor, leksaker, dörrstängare, dörröppnare mm) och tysta installationer.
8. Utifrån punkt 3 tänk igenom vilka ljudkällor som kan dämpas. Ställ t.ex. krav på ljudfönster i trafikerade lägen (som också ger bra energieffektivitet). Ställ krav på trumljuddämpning för golvmaterial för att nå rumskravet för trumljudsnivå. Om det är en flerplansbyggnad behövs krav på stegljudsreduktion för golvbeläggningen för att nå en viss maximal stegljudsnivå i rummet.
9. Bestäm behovet av absorption, reflexion och diffusion och välj ytskiktmaterial och inredning med detta som en parameter.
10. Tänk på att även en god och för personal/barn/elever påverkbar ljusmiljö kan bidra till att skapa olika stämningslägen som t.ex. kan främja att röster dämpas.

9.5 Förskola och skola rum för rum

När ett rum ska planeras akustiskt finns enligt föregående avsnitt en mängd parametrar att ta hänsyn till. De olika materialen i ytskikt, möbler och annan inredning, antalet personer som vistas i rummet och var i rummet de befinner sig – allt detta samverkar till en mer eller mindre behaglig och ändamålsenlig ljudmiljö.

Generella krav som alltid behöver beaktas i rum är ljudnivå vid verksamhet, ljudnivå från installationer, ljudnivå från trafik, efterklangstid, luftljuds- och stegljudsisolering. Före dessa parametrar finns värden indelade i olika standardklasser i den svenska ljudstandarden för lokaler, SS 02 52 68. I en skrift ”Praktisk användning av SS 25 268” (Åkerlöf m. fl., 2009) finns värdefulla råd för tillämpning av den klassindelade standarden.

Föreliggande projekt har fokuserat på vissa rum i förskolor och skolor och på krav på bygg- och inredningsprodukter samt åtgärder för att få en god ljudmiljö. Här sammanfattas erfarenheter om dessa rums karaktär, akustiska baskrav, exempel på ljudkrav och tips som gäller utformning, inredning och utrustning.

Förskolans matrum (Allrum 2)

Karaktäristik av rummet

Rummet har bord och stolar och används för måltider, men också för lek och pyssel vid bord. Antalet barn kan variera, från 0 till cirka 20 över dagen. Barnens och personalens röster dominerar. Vid måltider förekommer också skrapljud och trumljud från tallrikar, glas och bestick mot matvagnar och bordsytor.

Akustiska baskrav

15-20 barn och personal ska kunna sitta runt bord och prata med varandra utan att behöva höja rösten eller få ont i öronen av andras röster och slammer under måltider.

Exempel på specifika ljudkrav

- Efterklangstid, kring 0,4 sekunder.
- Rummets utformning, tillsammans med absorbenter, ska ge god absorption även i frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz.
- Taluppfattbarhet, $D_{50} > 70\%$ för alla frekvenser över 125 Hz och $STI > 75\%$,
- Trumljud i rummet $< 90\text{ dB}$ för alla frekvenser,
- Trumljudsreducering för golv $< 25\text{ son}$ eller trumljudsförbättring $> 40\%$
- Väggars nedre del bör ha en både absorberande och diffuserande effekt.
- Ljudnivå vid interaktion mellan golv och möbler samt bord och tallrikar, glas etc. ska vara låg och inte ge upphov till högfrekventa, skramliga eller skrapiga ljud.

Tips för utformning, inredning och utrustning

- Effektiva absorbenter i tak.
- Kompletterande absorbenter på väggar, t.ex. utformade som tripplar, diagonaler i vinkel mellan vägg och tak eller som anslagstavlor.
- Val av ytskikt på golv, bord och matvagnar som ger låg trumljudeffekt.
- Inredning med stolar som förebygger skrapljud och som inte alstrar starka egenljud.
- Välj ytskikt på bord och matvagnar som dämpar skrap- och slammerljud från porslin, glas och bestick. Material med sådana egenskaper kan vara plast med en skummad undersida, som i förskolorna i Mölndal, men det kan också vara t.ex. kork, gummi eller linoleum med ett PVC-fritt ljuddämpande underlag. Alla beläggningar bör miljögranskas med avseende på farliga mjukgörare.
- Välj ”porslin” och bestick som inte alstrar så mycket skrapljud tillsammans.
- God allmänbelysning som går att dimma och uttag för kompletterande ”mys”belysning vars placering personalen kan påverka och som barnen själva kan tända och släcka.

Förskolans ”bygg-/lekrum” (Allrum 1)

Karaktäristik av rummet

Detta rum har vanligtvis inte bord och stolar utan en ganska fri golvyta för samlingar, lek och användning av hjulförsedda leksaker mm. Ofta finns en mysoffa i något hörn för sagostund, ibland finns soffan i stället i ett mindre rum. Föremål som kan diffusera (sprida ljudet) till rummets absorbenter och på så sätt göra dem effektivare är få. Barn och vuxnas antal i rummet varierar. Röster och barnskrik dominerar. Barnen, d.v.s. källan till direktljudet befinner sig mest i zonen från golvnivå och en meter upp. Till detta kommer skrapljud från klossar mm, stötljud mot väggar och golv från leksaker och ljud från angränsande rum. Samling på golvet då man talar i ring förekommer normalt i detta rum, eftersom det inte har bord och stolar.

Akustiska baskrav

Låg ljudnivå för att skapa lugn lek och möjlighet till språkutveckling. Låg ljudnivå även vid fri lek. Underlätta för barn och personal att prata utan att behöva höja rösten. Kunna höra vad som sägs på samling när alla (15-20 barn) sitter i ring på golvet. Minimera trumljud och skrapljud mm.

Exempel på specifika ljudkrav

- Efterklangstid, kring 0,4 sekunder. Viktigt att rummets utformning, tillsammans med absorbenter ger god absorption även i frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz.
- Taluppfattbarhet, $D_{50} > 70 \%$ för alla frekvenser över 125 Hz och $STI > 75 \%$,
- Trumljud i rummet < 90 dB för alla frekvenser,
- Trumljudsreducering för golv < 25 son eller trumljudsförbättring $> 40 \%$
- Väggars nedre del bör ha en både absorberande och diffuserande effekt samtidigt som de ska medverka till att minimera stötljud.

Tips för utformning, inredning/utrustning

- Om glasrutor finns på väggar blir efterklangstiden längre. Om glaspartierna förses med fördragbar textil, t.ex. vridbara lamellgardiner, kan efterklangstiden förkortas när behovet av detta är stort.
- Effektiva absorbenter i tak.
- Väggabsorbenter, typ trippel, som absorberar även det diagonalt infallande ljudet effektivt
- Inredningsdetaljer som både absorberar ljud skapar en trevlig miljö, t ex mjuka, tvättbara skulpturer i tak.
- Stor mjuk mysoffa och andra mjuka möbler förbättrar absorptionen.
- Golvbeläggning av korkplattor eller linoleum med ljuddämpande underlag.
- Lekutrustning som ger låga trumljud, skrapljud och lite slammer.
- God allmänbelysning som går att dimma och uttag högt på vägg för kompletterande ”mys”belysning vars placering personalen kan påverka och som barnen själva kan tända och släcka.

Förskolans lekhall (Rörelselek)

Akustisk karaktäristik av rummet

Detta rum är oftast gemensamt för flera avdelningar och används för rörelselekar, sovstund för de yngre barnen, dans, lite vildare lekar och för föräldramöten. Särskilt höga röstnivåer förekommer när barnen springer och hoppar. Dunsjud (trumljud, stomljud) vid hopp- spring och bollekar. I Arbetslivsinstitutets inledningsvis nämnda studie uppmättes mellan 70 och 86 dB LA_{eq} 10 min i lekhallar. I dessa fanns också ett samband mellan ljudnivå och antalet lekande barn (Södersberg et al, 2001). Rummet liknar bygg-/lekrummet i den meningen att det ofta har ganska lite möbler. Genom att detta är förskolans största rum används det också för föräldramöten, uppträdanden med sång, musik osv.

Akustiska baskrav

- Barnen ska kunna få leka och stoja utan att ljudnivån upplevs som obehaglig eller blir farligt hög
- Barnen ska kunna få vara högljudda utan att de känner att de stör på avdelningarnas rum.
- Barnen ska kunna vila utan att bli störda av ljud från angränsande rum.
- Vid samlingar och föräldramöten behövs en god taluppfattbarhet och en god diffusitet för musikupplevelse.

Exempel på specifika ljudkrav

- Väggars nedre del bör ha en både absorberande och diffuserande effekt samtidigt som de ska medverka till att minimera stötljud. Väggabsorbenter kompletteras med takabsorbenter.

- God luftljudisolering i väggar, A- eller B-klass enligt Svensk ljudstandard för lokaler (ISO, 2007), både för att höga ljud från rummet kan störa i andra utrymmen, men också för att kunna få tyst vid sovstunden.
- Om lekhallen ligger ovanpå andra rum, god stegljudsisolering; A- eller B-klass enligt Svensk Ljudstandard (ISO, 2007).
- Efterklangstid, kring 0,4 sekunder. Viktigt att rummets utformning, tillsammans med absorbenter ger god absorption även i frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz.
- Taluppfattbarhet $D50 > 70 \%$ för alla frekvenser över 125 Hz och $STI > 75 \%$.
- Diffusitet, IAAC-värde. Idag vet man alldeles för lite om hur väl IACC hänger ihop med upplevd ljudkomfort i så små rum som det rör sig om i förskolor och skolor för att kunna ställa krav.
- Trumljud i rummet < 90 dB för alla frekvenser,
- Trumljudsreducering för golv < 25 son eller trumljudsförbättring $> 40 \%$

Tips för utformning, inredning och utrustning

- Väggarna bör tåla slag av innebandyklubbor och liknande.
- Rikligt med lätt tvättbara dämpande hoppkuddar, madrasser, mjuka ljudabsorberande anslagstavlor i barnhöjd för dämpning av tidiga reflexer och hängande textila skulpturer som går att rengöra.
- Eftersom lekhallen (rörelselekrummet) ofta har kombinerad användning som sovrum för mindre barn kan man tänka sig att rummet i stället för en särskild panelbeklädnad på nedre delen av väggen förses med en list (utformad så att barnen inte slår sig på den) under vilka sov madrasserna kan skjutas in med långsidan på högkant när de inte används. Dessa kan då både fungera som ljudabsorbenter och stötskydd. Denna förvaring kan kanske ersätta madrasskåp. När barnen ska sova tas dämpningen (madrasserna) bort, men då ska det också vara tyst i rummet.
- Eftersom rummet har en mycket flexibel användning skulle vridbara lamellgardiner med en reflekterande och en absorberande sida vid fönster kunna vara en bra lösning. Vid uppträdanden kan då den reflekterande sidan vändas inåt rummet för att ge en bättre klang och taluppfattbarhet.



Om ett rum ska ha en flexibel användning kan vertikala lamellgardiner som på ena sidan har ett absorberande material och på andra sidan ett reflekterande, vara en bra lösning.

Klassrummet

Akustisk karaktäristik av rummet

Klassrummet svarar, oftast tillsammans med ett eller flera grupprum eller gruppnischer i korridor, för utbildningsmiljön i låg-, mellan- och högstadieskolor. Ofta vetter klassrummet mot skolgård på fasadsidan och mot korridor på andra sidan. Klassrum är oftast mellan 50 och 60 kvm med en takhöjd på 2,6 - 3 m. De är i regel dimensionerade för 30 elever och en lärare. Bord och bänkar tar stor plats i rummet och ska kunna grupperas om för grupparbeten och stolarna kunna hängas upp på bänkarna för lokalvård. Både grupparbete och mer traditionell undervisning med lärare eller elev vid "talarplatsen" förekommer i klassrummet.

Akustiska baskrav

Det är extremt viktigt att taluppfattbarheten är god i alla delar av klassrummet och även vid grupparbete. Gruppsamtal ska kunna pågå utan att andra störs. Kanske några grupper sitter i klassrummet och några i angränsande rum. Bakgrundsbullret bör vara lågt.

Relevanta ljudkriterier

- Låg ljudnivå från installationer och trafik, för klassindelade kravvärden, se Svenska ljudstandarderna för lokaler (ISO 2007).
- God ljudisolering mot korridor, angränsande rum och mot skolgård, för klassindelade kravvärden se Svenska ljudstandarderna (ISO, 2007)
- God stegljudisolering om klassrummet ligger under andra utrymmen med verksamhet som kan höras. För klassindelade kravvärden se Svenska ljudstandarderna (ISO, 2007).
- Efterklangstid, kring 0,5 sekunder. Viktigt att rummets utformning, tillsammans med absorbenter ger god absorption även i frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz.
- Taluppfattbarhet, $D_{50} > 70 \%$ för alla frekvenser över 125 Hz och $STI > 75 \%$.
- Trumljud i rummet < 90 dB för alla frekvenser.
- Trumljudsreducering för golv < 25 son eller trumljudsförbättring $> 40 \%$
- Stolar och bänkar med lågt skrapljud och egenalstrat ljud vid förflyttning.
- God allmänbelysning samt kompletterande punktbelysning anpassad för flexibel möblering av klassrummet.

Tips för utformning, inredning och utrustning

- Lamellgardiner vid fönster i klassrum bidrar till att skapa en mer luddämpad miljö och ger samtidigt möjlighet till mörkläggnings. Sådana kan användas både vid fönster för mörkläggnings och i viss mån som solavskärmning. De kan också förses med olika mönster och vara absorbent och utsmyckning på en innervägg. Om glasrutor finns på väggar blir efterklangstiden längre. Om glaspartierna förses med fördragbar textil, kan efterklangstiden förkortas när behovet av detta är stort. Lamellgardiner kan också utformas med en hård och en mjuk lamellsida, som om de vrids runt antingen kan ge reflexion eller absorption, vilket passar bra i rum som ska kunna användas flexibelt.
- Glöm inte att korridoren utanför klassrummet ofta är en källa till ljudstörning, om vissa elever är lediga medan andra har lektion. Ett bra akustiktak, som man monterat i

korridorerna i Mölndal dämpar ljudet, liksom bra luftljudsisolering mot korridor. Dörrar mot korridor bör ha en bra ljudklass och eventuella överluftsdon utformas som ljudfällor.

- Väggsabsorbentens placering i höjdläge bör finnas på nivå för sittande, d.v.s. i skolor från ca 1000 mm till 1800 mm från golvet. Detta är en idealisk höjd för att komplettera med akustiska anslagstavlor.
- Möbeltassar på alla stolar och bord, eller specialgjorda "tysta" skolmöbler.
- Whiteboard som skjutbara luckor på framsidan av bokhylla förstärker absorptionen när luckorna är bortdragna och ökar reflexionen när luckorna dras för, vilket ger en bättre taluppfattbarhet i rummet.
- I klassrum där läraren ibland talar från en särskild position i rummet är det lämpligt att sätta ljudabsorberande, mjuka anslagstavlor på väggarna bakom där eleverna sitter.
- Om fasadvägg och motstående innervägg är parallellställda (kanske dessutom båda är försedda med fönsterpartier) kan stående reflexion förhindras med hjälp av diffuserande (ljudspredande) material på någon av väggarna (t.ex. tunga gardiner, perforerade gipsakustikskivor) eller akustikputs på ytskiktet.



Whiteborden, utformad som dragluckor på en bokhylla.

Skolmatsalen

Akustisk karaktäristik av rummet

Skolmatsalen är oftast ett stort rum med rejäl takhöjd. De ljudkällor som ger höga ljudnivåer i en skolmatsal är elevernas tal och röster, många talar samtidigt på kort avstånd. Ljudmiljön påverkas också av skrap från stolar mot golv, slammer från tallrikar, glas och bestick mot brickor och bord samt slammer från diskinlämningen.

Akustiska krav

Man ska kunna sitta vid borden och samtala med de 4-6 elever som sitter närmast intill. Ljudet från övriga elever ska medverka till ett stämningsbildande sorl som också ger ett hörbart intryck av hur stort rummet är. Det är ofta viktigt att syn och hörselintryck ger samma bild av rummet. Huvudintrycket ska emellertid vara en låg ljudnivå för att skapa en lugn

måltidsmiljö. Skolmatsalar kan ofta ha en flexibel användning och ska då även kunna fungera som samlingssal för föräldramöten, framträdanden osv. Om matsalen också används som samlingssal för musik- och taluppträdanden, filmvisning mm kan det finnas krav på att vid dessa tillfällen kunna åstadkomma en lite högre klang och god taluppfattbarhet från en viss plats i rummet till en publik.

Exempel på specifika ljudkrav

- Akustisk specialutredning kring diskinlämningen och mattaget.
- Efterklangstid, viss flexibilitet, 0,5 – 0,6 sekunder. Viktigt att rummets utformning, tillsammans med absorbenter ger god absorption även i frekvenserna 125 Hz och 4000 Hz.
- Taluppfattbarhet $D50 > 70 \%$ för alla frekvenser över 125 Hz och $STI > 75 \%$.
- Diffusitet, IAAC-värde: Idag vet man alldeles för lite om hur väl IACC hänger ihop med upplevd ljudkomfort i så små rum som det rör sig om i skolor för att kunna ställa krav.
- Trumljud i rummet < 90 för alla frekvenser,
- Trumljudsreducering för golv < 25 son eller trumljudsförbättring $> 40 \%$
- Ljudnivå vid interaktion mellan golv och möbler samt bord och tallrikar, glas etc. skall vara låg och inte ge upphov till högfrekventa skramliga eller skrapiga ljud.

Tips för utformning, inredning och utrustning



Diskinlämningen kan se väldigt olika ut i olika skolor. För att få en bra ljudmiljö kring den bör en akustisk specialutredning göras.

Tips för utformning, inredning och utrustning

- I delen över mattaget kan taket medvetet göras av något mindre ljudabsorberande takmaterial. I kombination med en lägre takhöjd ger rummet ett annat hörselintryck när man står i kön. Man står nära andra elever och har ett kortare talavstånd, vilket ger lägre talnivåer och ett sorl av annan karaktär än i matsalen. Det stämmer med synintrycken när man går ut i det stora rummet som också hörs stort. Variationen för hörselsinnet är en positiv del av rumsintrycken. (Fritt hämtat från Lennart Karléns, ARCAD International AB artikel i Bygg- och Teknik nr 3/07).
- I Västerbergsskolan i Mölndal placerades en ljudabsorberande skärm mot diskinlämningen för att dämpa slamret i skolmatsalen.
- Effektiva absorbenter i tak.

- Kompletterande absorbenter på väggar, t.ex. utformade som tripplar, diagonalabsorbenter eller anslagstavlor.
- Val av ytskikt på golv, bord och matvagnar som ger låg trumljudeffekt.
- Inredning med stolar som minskar skrapljud och egenproducerat ljud.
- Välj ytskikt på bord och matvagnar som dämpar skrap- och slammerljud från porslin, glas och bestick. Material med sådana egenskaper kan vara plast med en skummad undersida, som i förskolorna i Mölndal, men det kan också vara t.ex. kork, gummi eller linoleum med ljuddämpande underlag. Alla beläggningar bör miljögranskas med avseende på farliga mjukgörare.
- Välj porslin med mindre skrapande skärljud.
- God allmänbelysning som går att dimma och ”mys”belysning i utvalda delar av matsalen, som rumskapande element.
- Akustiska skärmar runt bordsgrupper ger avskildhet och möjligheter att skapa en bättre akustik – men ingen överblick för lärare, vilket kanske ofta behövs.



Väggabsorbenter i trekantsform- så kallade tripplar är effektiva på att dämpa sidoreflexer tack vare att de sticker ut 25 cm från väggen.

Om matsalen också används som samlingsrum:

- I Västerbergsskolan matsal fanns en whiteboard med luckor som kan fällas ut. Om luckorna öppnas och snedställs kan de förbättra taluppfattbarheten genom att reflektera ut ljudet i rummet när en talare står intill.
- Vridbara lamellgardiner som kan användas både för att minska eller öka absorptionen respektive reflexionen i rummet. Tänk på att den inte kan kombineras med blomkrukor om den sätts i själva fönsternischen. I stället kan den hängas upp innanför fönsternischen.
- Lamellgardiner vid fönster i matsal bidrar till att skapa en mer ljuddämpad miljö och ger samtidigt möjlighet till mörkläggnings. Sådana kan också vara mönstrade och användas som utsmyckning på en innervägg.
- Lamellgardiner kan också utformas med en hård och en mjuk lamellsida, som om de vrids runt kan ge antingen reflexion eller absorption, vilket passar bra i rum som ska kunna användas flexibelt.

Slutligen, några generella tips och idéer

- Diagonal absorbent i vinkel mellan tak och vägg eller att lägga en luftspalt mellan vägg och absorbent som gör att ljud kan absorberas på båda sidor av absorbenten, ger bättre absorption av lågfrekvent ljud. Gipsskiva på regler, en så kallad fjäder, dämpar också ljud med låg frekvens. Den kan utformas som en anslagstavla. För att den ska kunna

vibrera ”i takt” med det infallande ljudet och därmed dämpa det är styvheten, porositeten och upphängningssättet viktiga faktorer. Lågfrekvensdämpning är särskilt viktigt i rum där man vill ha god taluppfattbarhet, annars maskerar de lågfrekventa ljuden talet. De högre frekvenserna, som dominerar i förskolan, dämpas bäst med så poröst material som möjligt.

- ”Ljudkokonger” (små tysta oaser) i förskolor och skolor, dit man kan gå och söka tystnaden.
- Vibrations- och luddämpande bordsskivor (10 dB minskning är möjlig).
- Bordsskivor som tar bort det höga trumljudet, men reflekterar tal.
- Stolar med vibrationsdämpare i övergång mellan ben och sits.
- Ben som redan från början är gjorda av ”tysta” material, t.ex. av gummi.
- Polyester är ett intressant ljudabsorberande material, som också har låg emission av hälsofarliga ämnen och partiklar.
- Det finns ”rumsavdelare” som t.ex. ser ut som granar ”och som fäster i varandra och består av en repeterad, formpressad vinge i ljudabsorberande polyesterfilt. Kan t.ex. passa vid diskinlämning i matsal eller för avskiljning av grupputrymmen. Borde också kunna utformas med en absorberande och en reflekterande sida, eller en absorberande och en diffuserande sida, för mer flexibel användning.

Referenslitteratur

- Arbetslivsinstitutet, Arbetsmiljöverket, Myndigheten för skolutveckling och Socialstyrelsen, 2006. Bullret Bort! En liten bok om god ljudmiljö i förskolan.
- Arbetarskyddsstyrelsen, Boverket, 1996. Att se, höra och andas i skolan – en handbok om skolans innemiljö, Publikationsservice, Solna. ISBN: 91-7464-963-9.
- Björkdahl Ordell, S. (2007). Vad är det som styr vilken etiska regler som finns? Dimenäs, (Red). Lärare till lärare. Stockholm: Liber.
- Björklid, P (2005). Lärande och fysisk miljö – En kunskapsöversikt om samspelet mellan lärande och fysisk miljö i förskola och skola. Myndigheten för skolutveckling.
- Björkman K, Blomquist S, Nyman H, Thorselius M, 1991. "Råd om ljud i hus", Byggforskningsrådet T10:1991. ISBN 54053293. Bra illustrationer. Observera, att ljudkrav och ljudisoleringsvärden som anges i dessa skrifter inte stämmer helt med aktuella ljudkrav (SS 25267:2007).
- Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler". ISBN 978-91-86045-40-1. PDF/tryck, se www.boverket.se.
- Ekholm, B & Hedin, A (1993). Det sitter i väggarna! – Daghemsklimat – barns och vuxnas utveckling. Lund: Studentlitteratur
- Ellneby, Y (2004). Om barn och stress – och vad vi kan göra åt det. Natur & Kultur
- Göteborgs stad, Lokalförvaltningsförvaltningen, 2009. Akustik – Ljudkrav i skolor och förskolor – Nybyggnad. Tekniska anvisningar akustik.
- Hogstedt, C., Smedje, G. och Wålinder, R, 2009. Buller och ohälsa bland personal i skola och förskola. Arbets- och miljömedicin vid Uppsala universitet. Rapport 2:2009.
- Hult, M, 1997. Skolor med ventilation där självdrag används – Exempel på lösningar och resultat). Rapport A11:1997 från Byggforskningsrådet (Nu Formas).
- Hygge, S (2005). Bullers effekter på människor. I Johansson, M & Küller, M (red) Svenska miljöpsykologi. Lund: Studentlitteratur

- Janols, P-E. (1986). Barn och ljud. Liber tryck AB
- Magnusson, S., Saarep, E., 2008. SCHHH! HÖR?! En studie om ljudmiljön i förskola.. Examensarbete i Lärarprogrammet vid Institutionen för pedagogik, högskolan i Borås.
- Landström U., Nordström B., Stenudd A. och Åström L., 2003. Effekten av barn-gruppernas storlek på buller och upplevelser bland personal inom förskolan. Arbetalivsrapport 2001:11.
- Larsson P., 2008. God ljudmiljö i förskola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram. Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs universitet. Rapport III i detta projekt.
- Larsson P., 2008. God ljudmiljö i skola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram. Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs universitet. Rapport IV i detta projekt.
- Nielsen K och Persson Wayne K., 2010. Stenungssundsstudien 2010. Miljömedicin vid Göteborgs universitet.
- Persson Wayne, K, Agge, A, Lindström, F, Hult, M, 2011. God ljudmiljö i förskola - Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram” Enheten för Arbets- och miljömedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa, Göteborgs Universitet, Göteborg. Projektets Rapport I
- Persson Wayne, K, Agge, A, Lindström, F, Hult, M, 2011. God ljudmiljö i skola - Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram” Enheten för Arbets- och miljömedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa, Göteborgs Universitet, Göteborg. Projektets rapport II.
- SBUF projekt 11941: Stomburet installationsljud - Handbok om stomljud från installationer och inredning - åtgärder, mätningar och beräkningar. Simmons, C. Pdf-fil på www.sbuf.se
- SBUF projekt 11104: Ljudreduktion vid keramiska golvbeläggningar (NCC). PDF-fil på www.bkr.se. Utförligt om stegljudsisolering.
- SIS, 2007. Svensk Standard SS 25 268:2007, Utgåva 2, fastställd 2007-10-04. Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell.
- Söderberg L., Landström U och Kjellberg A., 2001. Ljudmiljön i förskolor och dess inverkan på upplevelse och hälsa bland personal. Stockholm, Arbetslivsinstitutet.
- Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, 2003. Rapport från ljudnivåmätningar på förskolor och skolor i Linköping och Skara 2002-2003.
- Åkerlöf, Leif, ÅF Ingemansson, Hagberg, Klas, WSP Akustik, Christensson, Jonas och Nilsson, Erling, Saint-Gobain Ecophon, 2009. Praktisk användning av SS 25 268.

Bilaga 1: Brev till tillverkare av produkter med intressanta akustiska egenskaper

Forskningsprojektet God ljudmiljö i förskolor och skolor

2006-06-26

Vi önskar Ert samarbete i projektet ”God ljudmiljö i förskola och skola”

Bakgrund

Under senare år har det rapporterats om ökade problem med störande och även hälsoskadligt buller i förskolor och skolor. Höga ljudnivåer i dessa miljöer är ett multifaktoriellt problem, som måste angripas från många olika infallsvinklar. Barnens och personalens röststyrka påverkas bland annat av vilka aktiviteter som pågår, vilken pedagogik som används, av individernas psykosociala situation och stämningen i gruppen. Ljudnivån sammanhänger med hur stora barngrupperna är, men påverkas också av bakgrundsbuller från exempelvis ventilation och trafik och av de akustiska egenskaperna i rummet och dess inredning. Rummets arkitektoniska gestaltning med form, färg och belysning kan också medverka till att skapa olika stämningslägen, t ex zoner som är mer rofyllda, och som inbjuder till att sänka rösten och vila öronen.

Forskningsprojektet

Mölnbalds stad har genomfört ett antal innovativa åtgärder för att förbättra akustiken i särskilt utsatta rum i några förskolor och skolor. Åtgärderna omfattar främst ändringar i ytskikt samt i fast och lös inredning. Mölnbalds stad vill nu få detta utvärderat på ett vetenskapligt sätt innan man går vidare med åtgärder på bredden.

Detta var bakgrunden till att ett forskningsprojekt ”God ljudmiljö i förskola och skola” startades i början av år 2006. Projektet drivs med medel från Formas, Miljönämnden Västra Götaland och Stiftelsen för Arkitekturforskning, totalt ca 3 Mkr. Projektledare är Kerstin Persson Waye, Arbets- och miljömedicin vid avdelningen för samhällsmedicin och folkhälsa vid Sahlgrenska akademien i Göteborg. Arbetet sker i samarbete med Mölnbalds stad och White arkitekter i Stockholm. Vi samarbetar också med flera olika forskningsinstitutioner, bland annat Teknisk Akustik på Chalmers och Psykologiska institutionen vid Göteborgs universitet.

Vad vill vi Er?

Ett moment i forskningsprojektet är att göra en bredare inventering av systemlösningar och material som kan användas för att minska ljudnivån i matrum och rörelselekrum i förskola samt matsal och klassrum i skola. Utifrån denna översikt kommer vi sedan att göra ett urval av produkter som bäst uppfyller ett antal kriterier, se Bilaga 1, ”Frågor för urval av byggvaror/systemlösningar för bullerdämpning i förskolor och skolor”.

Vi söker nu samarbete med företag som producerar eller säljer bygg- och inredningsvaror med goda akustiska egenskaper eller sådana som kan ingå i systemlösningar som ger sådana goda egenskaper. Vi har själva gjort ett preliminärt urval för utskick av detta brev och bland

annat funnit Ert företags produkter intressanta. Sigrid Strömgren, som är magisterstudent på HDK, kommer att arbeta vid Arbets- och miljömedicin i Göteborg under juni-augusti 2006 med insamling av information om materialen efter våra kriterier. I augusti kommer vi sedan inom projektets arbetsgrupp att göra urvalet av material för närmare test i ett datorprogram för ljudsimuleringar (CATT) och i verkliga rum i en fältstudie. Den senare följs upp med ljudmätningar och intervjuer/enkäter med barn, personal och föräldrar om upplevd ljudmiljö och hälsa.

Vad kommer projektet att resultera i?

- Förslag på ett antal tekniska åtgärder ägnade att dämpa buller i kritiska rum i förskolor och skolor, samt vilka av dessa som är effektivast i olika sammanhang.

Information om övriga viktiga prestanda för de lösningar som presenteras, t ex emissioner från material, innehåll av miljöfarliga ämnen, städbarhet, skötselkrav, arkitektonisk gestaltning och ekonomi.

Rekommendationer om vilka ljudkrav (funktionskrav för ljudförhållandena) som är lämpliga att ställa i olika "ljudkritiska rum" i förskolor och skolor.

-Rekommendationer om prestandakrav för de byggdelar och inredningsdetaljer som testas i projektet med hänsyn till önskade funktionskrav för rummet. Prestandakraven ställs på ett så teknik- och utformningsmässigt neutralt sätt som möjligt, så att flera olika lösningar kan utvecklas på samma problem. På så vis kan även den arkitektoniska utformningen utvecklas och hänsyn tas till andra miljökrav som t ex luftkvalitet (emissioner mm) och barnens hälsa.

Hur kommer projektet att spridas?

Projektet kommer att rapporteras skriftligt som en forskningsrapport, med möjligheter till senare popularisering i en rikt illustrerad handbok för bullerbekämpning i förskolor och skolor. Resultatet kommer att publiceras som referey-artiklar i internationella vetenskapliga tidskrifter med inriktning på ljud och hälsa. Det kommer också att presenteras i populär form i facktidningar för förskole- och skolpersonal, arkitekter och andra tidningar för bygg- och designsektorn. Om ni är intresserade av att medverka ber vi er därför:

Att skriva ner en lista över de av era produkter ni tycker passar in i projektet. Att fylla i uppgifter enligt vår frågemall i bilaga 1 för dessa produkter.

Att bifoga annan valfri information och gärna materialprover och foton. (Vissa av er har redan skickat info och prover på förfrågan från Marie Hult, White).

Att svara på frågan om ni skulle kunna tänka er att ställa upp med ert material /produkt gratis till Mölndals kommuns ombyggnad av rum för provning av den nya akustiska miljön – i den händelse någon av era produkter kommer att höra till de utvalda.

Sänd era svar så fort som möjligt! Bifoga gärna materialprover och bilder! Postadress: Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Akademien, Göteborgsuniversitet, BOX 414, 405 30 Göteborg. Hör gärna av er och ställ eventuella frågor till Sigrid Strömgren: Telefon: 031-77 33 607, E-post: sigrid.stromgren@gmail.com

BILAGA 2: Frågeformuläret till tillverkare om deras produkter

2006-06-21

Företagets namn:

Kontaktperson:

Telefonnummer:

Produktens

namn/produktnummer:

1. Produktens akustiska egenskaper

Ange på vilket/vilka sätt er produkt bidrar till en bättre ljudmiljö?

Markera med kryss i en eller flera rutor

☐ Absorberar ljud ☐ Dämpar momentana trum/stegljud

☐ Dämpar slammer och/eller skrapljud ☐ Diffunderar/sprider ljud

☐ Minskar ljudöverföring/isolerar ljud ☐ Övrigt, vad?

Kommentera gärna!

1.2 Ange i förekommande fall absorptionsfaktor (gärna i form av kurva):

2. Kostnader:

2.1 Ange investeringskostnad material + montering kr/kvm eller annat passande mått:

2.2 Ange livscykelkostnad (kr/kvm per år eller annat passande mått)

2.3 Hur bedömer du produkten/systemets kostnad i jämförelse med andra produkter på marknaden?

- ☐ Finns inget material med motsvarande huvudfunktion
- ☐ Mycket billigare än material med motsvarande huvudfunktion
- ☐ Acceptabel prisskillnad till material med motsvarande huvudfunktion
- ☐ Ganska dyrt jämfört med material med motsvarande huvudfunktion
- ☐ Mycket dyrt jämfört med material med motsvarande huvudfunktion

Motivera gärna med kommentar!_____

3. Övriga inommiljökriterier, förutom akustiska egenskaper:

3.1 Rengöringsmetoder

Hur rengörs produkten? Beskriv kortfattat.:

Är produkten tvättbar?_____

Vilka rengöringsmedel rekommenderas?

3.2 Krav på rengöringsintervall, kommentera gärna!

☐ En gång/år (eller mer sällan) ☐ En gång i halvåret ☐ Varje månad

☐ Varje vecka ☐ Varje dag

4. Påverkan på yttre miljö och långsiktig hälsa

Bifoga byggvarudeklaration om sådan finns, samt Varuinformationsblad (Säkerhetsdatablad) om byggvaran klassas som en kemisk produkt. Om inget av dessa dokument finns, redovisa innehåll av ämnen, med typ, halt och CAS-nummer.

5. Möjlighet att recirkulera produkten

☐ Återanvända ☐ Återvinna ☐ Förbränna ☐ Deponera ☐ Farligt avfall

6. Highlight-kriterier

Märkt enligt danska inneklimatmärkningen eller klass 1 i finska märkningssystemet eller likvärdig utvärdering av emissionshastighet för hälsofarliga ämnen, fiberavspjälkning, samt luktintensitet

Kryssa för det du bedömer gäller

☐ Ja, enligt Danska
enligt EU blomman

☐ Ja, enligt Svanen

☐ Ja,

☐ Ja, enligt Blau Engel
märkning, vad

☐ Nej

☐ Annan

Bilaga 3: Några ljudmätningar och beräkningar som utförts av andra aktörer på ljuddämpade stolar och bord.

Akustik Miljös datorberäkning av Åke Axelssons stolar med ljudabsorbent under sitsen. Vid en datorberäkning i ett normalklassrum på cirka 56 M² med 2,7 m i takhöjd blir effekten med SUND R Miljöabsorbent, monterad enligt Er nya konstruktion under 30 stolar samt 30 st bord; Akustik Forums mätningar av ljudnivåer vid hantering av tallrikar mot ljuddämpade bordsytor samt stolar.

Vid lång efterklangstid i rummet (cirka 1,1 sekund) förkortar stolar och bord efterklangstiden med cirka 0,15 sekunder.

Vid 0,8 sekunder efterklangstid i rummet förkortas efterklangstiden med cirka 0,10 sekunder.

Vid 0,60 sekunder i efterklangstid i rummet förkortas efterklangstiden med cirka 0,05 sekunder.

Detta kombinerat med dämpning av skrapljud från stolar samt förmodligen en ”dovare” klang i ordet ger totalt sett en mycket bra effekt i lokalen.

Den 1 oktober 1999 gjorde Akustik Forum en serie mätningar av den ljudnivå som uppkom vid hantering av tallrikar och stolar med olika dämpande åtgärder. Detta gjordes i Bosgårdsskolans matsal.

Förutsättning	Ljudnivå i dBA ekvivalent nivå 15 sekunder
Hantering av fyra tallrikar på odämpad bordsskiva.	79
Hantering av fyra tallrikar på dämpad bordsskiva	66
Två stolar utan dämpade stolsben dras över golvet	72
Två stolar med dämpade stolsben dras över golvet	49

Mätningarna är inte standardiserade och det går inte att utifrån tabellen avgöra hur stor variationen var mellan de fyra tallrikarna eller de två stolarna. Under förutsättning att inverkan av den mänskliga faktorn utesluts kan man utifrån tabellen utläsa att den utförda dämpningen på bordsskivan gav en sänkning av ljudnivån med 13 dBA, från 79 till 66 dBA ekvivalent nivå över 15 sekunder. För stolar med möbeltassar blev dämpningen 23 dBA, från 72 till 49 dBA ekvivalent över 15 sekunder.

Standardiserade mätmetoder för denna typ av analys är angeläget att ta fram då buller från stolar och bord i hög grad stör ljudmiljön i förskolor och skolor .

Bilaga 4: Detaljerad beskrivning av inredning i förskolor och skola före och efter åtgärder

Tabell 1: FÖRSKOLELOKALER - Inredningsstatus före och efter åtgärder

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
Etapp 1	TOLTORPS FÖRSKOLA	Rum 1, Matrum (äter, ritar, pysslar). Kallas också Allrum 2	Rum 2, Bygg-/lektrum (Bygger, kör med vagnar, samlas). Kallas också Allrum 1
Åtgärder genomfördes	Avd. Grytet	TAK	TAK
Sommaren 2007	Före/Efter: Antal barn: 19/21 Antal personal: 4/4 Ventilationen kan inte regleras i rummet. Värmen kan påverkas med vaktmästares hjälp.	Före (okt. 2006): Akustikplattor av gammal typ med stenull. Efter (sommaren 2007): Heltäckande, akustikplattor, klass A 40 m/mm, Ecophon, med synligt bärverk. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Efter: Cirka 1 m hög beläggning med plastmatta med skumbaksida, avslutat med furulist och en akustisk anslagstavla. GOLV	Före (okt. 2006): Akustikplattor av gammal typ med stenull. Efter (sommaren 2007): Heltäckande, akustikplattor, klass A 40 m/mm Ecophon, med synligt bärverk. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Efter: Cirka 1 m hög beläggning med Tapiflex plastmatta, avslutat med furulist. 2 st. stora väggabsorbenter, placerade högt på vägg. GOLV

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
		Före: Linoleum Efter: Tarketts plastmatta Akustik MÖBLER/LÖS INREDNING Före och efter: Bordens ovansida belagda med plastmatta med skumbaksida och undersidan med absorbent typ Tapiflex. FÖNSTER Före: Gardinkappa av bomullstyg Efter: Långa bomullsgardiner BELYSNING Före: Lysrör modell äldre samt punktbelysning med plåtskärm. Efter: Flera armaturer med energieffektiva lysrörslampor, typ FECO. Möjlighet att dimma belysningen.	Före: Linoleum Efter: Tarketts plastmatta Akustik. MÖBLER/ LÖS INREDNING Före och efter: Kuddar och mjuka lekredskap som akustiska element. Fler kuddar efter. FÖNSTER Före: Gardinkappa av bomullstyg Efter: Långa bomullsgardiner FÖNSTER Före: Lysrör modell äldre. Efter: Flera armaturer med energieffektiva lysrörslampor infällda i akustiktaket. Möjlighet att dimma belysningen.
	KROKSLÄTTSS FÖRSKOLA	Rum1 Matrum och rum 2 Bygg-/lekrum	Rum 3, Lekhall
	Avd. Björken	TAK	TAK

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
	Före/Efter: Antal barn: 21/20 Antal personal: 3,5/3 Kan öppna fönster för vädring och gör detta ibland. Kunde inte i övrigt i rummen påverka värme eller ventilation före åtgärder. Efter åtgärder kan värmen påverkas genom justering av radiator-termostat med vaktmästares hjälp.	Före (okt. 2006): Akustikplattor av gips. Efter (sommaren 2007): Heltäckande, akustikplattor, klass A 40 m/mm, Ecophon. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Efter: Cirka 1 m hög beläggning med plastmatta med skumbaksida, avslutat med furulist och en akustisk anslagstavla. GOLV Före: Plastmatta. Efter: Samma matta som tidigare. MÖBLER/INREDNING Före Ovansidan belagd med plastmatta med skumbaksida på två bord. Ett runt träbord med	Före (okt. 2006): Akustikplattor av gips. Efter (sommaren 2007): Heltäckande, akustikplattor, klass A 40 m/mm , Ecolux VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv, bröstpanel av trä 1 m upp. Efter: Cirka 1 m hög beläggning med Tapiflex plastmatta, avslutat med furulist. 2 st stora väggabsorbenter, placerade högt på vägg, där personalen ville ha dem. GOLV Före: Plastmatta. Efter: Plastmatta med skumbaksida som stegljudsdämpare. Många kuddar och mjuka lekredskap som akustiska element. MÖBLER/INREDNING Före: Myshörna vid fönster med kuddar. Två

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
		dämpning. En textil skulptur i nylon (fjäril). Tygsoffa. Efter: Alla bordsytor ljuddämpade. Samma inredning som tidigare. FÖNSTER Före: Gardiner Efter: Gardiner. BELYSNING Före: Fyra lysrörörsarmaturer med två rör i varje. Tre hängande lampor över bord. En arbetslampa och en läslampa vid soffan. Efter: Flera armaturer med energieffektiva lysrörslampor, typ Elektroskandia. Möjlighet att dimma belysningen.	tygklädda soffor och en fåtölj, två madrasser, hörnsoffa i klädd skumgummi. Efter: Samma som tidigare, men kompletterat med akustisk anslagstavla. FÖNSTER Före: Gardiner Efter: Gardiner. BELYSNING Före: Två rader med sex lysrörörsarmaturer i varje och två rör i varje lampa. Efter: Flera armaturer med energieffektiva lysrörslampor infällda i akustiktaket, typ Elektroskandia. Möjlighet att dimma belysningen.
	KROKSLÄTTEN S FÖRSKOLA		
	Avd. Lönne	Rum 1 Matrum och rum 2 Bygg-/lekrum	
	Före/Efter:	TAK	

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
	Antal barn: 22/23 Antal personal: 3/3 Kan öppna fönster för vädring och gör detta ofta. Kan inte i övrigt i rummen påverka värme eller ventilation.	Före (okt. 2006): Akustikplattor av äldre sort. Efter (sommaren 2007): Heltäckande, akustikplattor, klass A 40 m/mm. typ Ecolux. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Efter: Cirka 1 m hög beläggning med plastmatta med skumbaksida, avslutat med furulist och en akustisk anslagstavla. GOLV. Före: Plastmatta Efter: Samma matta som tidigare. MÖBLER/INREDNING Före Ovansidan bord belagda med plastmatta med skumbaksida. Soffa klädd med tyg. Efter: Alla bordsytor ljuddämpade. Samma inredning som tidigare. FÖNSTER	

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
		Före: Gardiner Efter: Gardiner. BELYSNING Före: Lysrörsarmaturer i taket. Lampor över bord + diverse smålampor. Efter: Flera armaturer med energieffektiva lysrörslampor, typ Elektroskandia. Möjlighet att dimma belysningen.	
Etapp 2	TOLTORPS FÖRSKOLA		
	Avd. Lyan	Rum 1 Matrum och rum 2 Bygg-/lektrum	
Åtgärder genomfördes i början av oktober 2007. Utvärde-	Före/Efter: Antal barn: 19/20 Antal personal: 3/3	Före (Oktober 2007): Lika som avd. Grytet i Toltorps förskola Efter (Februari 2008): Lika som avd. Grytet med undantag för att Lyan har mönstrade anslagstavlor på väggarna. I bygg-/lektrummet hade åtgärderna redan vidtagits när förstudien genomfördes.	

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
rades i slutet av oktober 2007.	Kan öppna fönster för vädning och gör detta ibland. Kan påverka värme och ventilation med vaktmästares hjälp.		
	Avd. Redet	Rum 1 Matrum	Rum 2 Bygg-/lektrum
	Före/Efter: Antal barn: 21/20 Antal personal: 3/3 Kan öppna fönster för vädning och gör detta ibland. Kan påverka värme och	Före (Oktober 2007): Nytt akustiktak och ny belysning hade redan satts in före förestudien på denna avdelning. I övrigt var inredningen lika som matrum i Grytet i Toltorps förskola, bortsett från att Redet hade träpanel 1 m upp på väggarna som stötskydd. Efter (Februari 2008): Lika som avd. Grytet.	Före (Oktober 2007): Nytt akustiktak och ny belysning hade redan satts in före förestudien på denna avdelning. I övrigt var inredningen lika som lekhall på avd. Grytet i Toltorps förskola, Efter (Februari 2008): Inga fler åtgärder, eftersom lekhallen redan var ”bullersanerad”.

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
	ventilation med vaktmästares hjälp.		
	GÄRDESÄNG-ENS FÖRSKOLA		
	Lekstugan	Rum 1 Matrum	Rum 2 Bygg-/lektrum
	Före/Efter: Antal barn: 16/17 Antal personal: 3/3 Kan öppna fönster för vädring och gör detta ofta före åtgärder, ibland efter åtgärder. Kan påverka värmen då termostatventiler finns, men inte ventilation.	Före (oktober 2007): Samma inredningen som i Grytet i Toltorps förskola. Efter Februari 2008: Lika som avd. Grytet.	Före (oktober 2007): Samma inredning som lekhall i avd. Grytet på Toltorps förskola, Efter februari 2008: Samma åtgärder som i avd. Grytet”.
	Kojan	Rum 1 Matrum	Rum 2 Bygg-/lektrum
		Före (Oktober 2007): Inredningen lika som matrum	Före (Oktober 2007): Inredningen var lika som

FÖRSKOLA			
Etapp	Avdelning	Inredning material före och efter åtgärder	
		på avd. Grytet i Toltorps förskola, bortsett från att Kojan, liksom Redet hade träpanel 1 m upp på väggarna som stötskydd. Efter (Februari 2008): Lika som avd. Grytet.	rörelselek på avd. Grytet i Toltorps förskola. Efter (Februari 2008): Samma åtgärder som på avd. Grytt på Toltorps förskola.

Tabell 2
före och efter åtgärder

SKOLLOKALER - Inredningsstatus

SKOLA	
Etapp	Inredning och material
Etapp 1.a	VÄSTERBERGSSKOLAN
Klass- rummen	TAK
	Före: Limmade akustikplattor i cirka halva taket.
A 100, A 104, A 107 och A110.	Efter (mars 2006): Akustikplattor på dolt bärverk, klass A 40m/mm, Ecolux, kompletterade med mönstrade akustikplattor, Paraphon.
Åtgärderna genomfördes i mars 2006.	VÄGGAR
	Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv.
	Whiteboard på kortväggen närmast dörr.
	Efter: Cirka 1 m hög beläggning med väggplastmatta med skumbaksida (Akutex Tarkett) , avslutat med furulist. Ovanför detta ljudabsorberande anslagstavla, 40 m/mm tjock, på långväggen (Akustikforum).
	- Whiteboard som skjutbara luckor på framsidan av bokhylla. Kan förstärka absorptionen när Whiteboarden är bortdragen.
	GOLV
	Före: Linoleum.
	Efter: Befintliga linoleumgolv lagades och bibehölls.
	MÖBLER/LÖS INREDNING
	Före: Bänkar, bord och stolar med stålben med möbelassar.
	Efter: Samma bord och bänkar, kompletterade med nya, bättre möbeltassar.
	FÖNSTER
	Före: Gardinkappa av bomullstyg
	Efter: Gardinkappa av bomullstyg. Utvändig jalusi (inbrottsskydd), som också används för mörkläggnig. Styr av UR-inkopplat inbrottslarm.
	BELYSNING

SKOLA	
Etapp	Inredning och material
	Före: Moderna, nedpendlade lysrör. Efter: Moderna nedpendlade lysrör, som försetts med dimmer, typ Ecolux.
	VÄRME OCH VENTILATION Före: Rummen hade ursprungligen konvektorer som värmden rummen och samtidigt ventilerade, så kallade skolapparater. Var svåra att justera in. Efter: Ny ventilation, med synliga tilluftskanaler i tak och tilluftsdon direkt på kanalerna, Aktivent (Mölnålsmodellen). Vattenburna radiatorer installerades för uppvärmning.
Korridor	TAK Före: Inget akustiktak. Efter (mars 2006): Akustikplattor, klass A 40 m/mm, kompletterade med Mönstrade akustikplattor. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Efter: Befintliga ytskikt på väggar bibehölls. GOLV Före: Klinkerplattor. Efter: Befintliga klinkerplattor bibehölls. BELYSNING Före: Gamla lysrör Efter: Moderna, infällda lysrörsarmaturer.
Etapp 2.a	
Matsal	TAK Före: Befintliga, relativt nya akustikplattor. Efter (sommaren 2007): Befintliga akustikplattor bibehölls. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Fondväggen har en utfällbar
Åtgärdena genomfördes sommaren 2007.	

SKOLA	
Etapp	Inredning och material
	whiteboard med dörrar som kan riktas så att de förstärker tal vid samlingar. Efter: - Befintliga ytskikt på väggar och den utfällbara whiteboarden bibehölls. Fondväggen kompletterades med 6 stycken ljudabsorberande tripplar från Akustik Miljö. GOLV Före: Äldre plastmatta. Efter: Befintlig plastmatta bibehölls. MÖBLER/LÖS INREDNING Före: - Runda och fyrkantiga bord samt stolar av trä med möbeltassar. Efter: -Nya bord (Fromells Snickeri) med skrapljudsdämpande ytskikt (Tapiflex). - Nya stolar med ljudabsorbent på undersidan och perforerade sitsar från Wigells stolfabrik. - En bred fönsterbänk ”typ bardisk”, belagd med ytskikt av skrapljudsdämpande plast, monterades längs fönsterväggen över radiatorerna. Vid denna stolar med höga stälben och effektiva möbeltassar. - Diskinlämningen kompletterades med två stycken, 4 meter långa akustiska skärmar. FÖNSTER Före: Gardiner av bomullstyg. Efter: Befintliga gardiner av bomullstyg bibehölls. BELYSNING Före: Moderna lysrörsarmaturer. Efter: Befintliga lysrörsarmaturer bibehölls men kompletterades med dimningsmöjlighet. VÄRME OCH VENTILATION Före: Rummen hade ursprungligen konvektorer som värmden rummen och

SKOLA			
Ettapp	Inredning och material		
	samtidigt ventilerade, så kallade skolapparater. Var svårt att justera in. Efter: Ny ventilation, typ Mölndalsmodellen, med synliga tilluftskanaler i tak och tilluftsdon direkt på kanalerna, Aktivent. Vattenburna radiatorer installerades för uppvärmning.		
Entré till matsal	TAK Före: Akustikplattor av äldre typ. Efter (sommaren 2007): Nya akustikplattor 40 m/mm, Ecophon. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv. Vägg motställd entré hade konstverk i trä, som troligtvis diffunderade ljudet effektivt. Efter: - Befintligt konstverket togs bort och ersattes med textil väggabsorbent 40 m/mm tjock från Akustik Miljö. GOLV. Före: Keramiska plattor. Efter: Befintliga keramiska plattor bibehölls. INREDNING/ MATERIAL Före och efter: Väggbänk i form av skrapljudsdämpande skiva, försedd med Tapiflex, från Fromell Inredning. FÖNSTER Före: Gardinkappa av bomullstyg Efter: Befintlig gardinkappa bibehölls. BELYSNING Före: Äldre lysrörsarmaturer. Efter: Nya lysrörsarmaturer infällda i akustiktaket. Ny dimbar punktbelysning installerades efter fönsterväggen.		
Ettapp 2.b	Sal 100 (14B, Pluto)	Sal 105 (15).	Sal 111 (16, Mercurius)
Åtgärderna genomfördes			

SKOLA			
Etapp	Inredning och material		
sommaren 2007 och utvärderades november 2007			
Klassrummen specifikt	GOLV Före: Linoleum Efter: Wikanders korkplattor.	GOLV Före: Linoleum Efter: Forshaga Linoleum Decibel	GOLV Före: Linoleum Efter: Forshaga plastmatta Sarlon med stegljuddämpare
Klassrummen generellt	TAK Före: Befintliga, relativt gamla akustikplattor. Efter (sommaren 2007): Nya akustikplattor A-klass, Ecophon. VÄGGAR Före: Enkel gipsskiva med målad glasfiberväv.”Svart tavla” på kortväggen närmast dörr. Efter: Whiteboard som skjutbara luckor på framsidan av bokhylla. Kan förstärka absorptionen när whiteboarden är bortdragen. Ny design Vertikal, Fromells snickeri/entreprenad. Fördragna luckor fungerar som reflektor. GOLV Före: Linoleum. FÖNSTER Före och efter: Gardinkappa av bomullstyg. MÖBLER/ INREDNING Före: En lång disk- och arbetsbänk längs hela klassrummets långsida. Denna gjorde klassrummet trångt. Efter: Långa disk-arbetsbänken ersattes med en liten diskbänk längst bak och skåp till varje elev, som tog mindre plats. BELYSNING		

SKOLA	
Etapp	Inredning och material
	Före: Moderna lysrörsarmaturer, typ nerpendlade Ecolux med uppljus. Efter: Befintlig belysning bibehölls men kompletterades med dimningsmöjlighet. VÄRME OCH VENTILATION Före: Rummen hade ursprungligen konvektorer som värmden rummen och samtidigt ventilerade, så kallade skolapparater. Var svårt att justera in. Efter: Ny ventilation, med synliga tilluftskanaler i tak och tilluftsdon direkt på kanalerna, Aktivent. Vattenburna radiatorer installerades för uppvärmning.
Specifikt klassrum 100 (14B, Pluto)	VÄGGAR: Efter: Väggsabsorbent som anslagstavla 40 m/mm tjock från Akustik Miljö. Väggmatta av linoleum en meter upp från golv med skrapljudsdämpande undersida. Flax 81035 Forshaga Marmoleum. GOLV: Efter: Korkplattor från Wicork Ardbo Golv. Färg, Avori N 1001. FÖNSTER: Mörkläggnings: Vertikala akustikstrips, AkustikMiljö, motorstyrd, 2 uttag. Dubbel funktion; mörkläggnings och ljudabsorbent med flexibilitet, då lamellerna är ställbara.
Specifikt klassrum 105 (Sal 15)	VÄGGAR: Efter: Väggmatta av linoleum en meter upp från golv med skrapljudsdämpande undersida. Marmoleum Nymf, Forshaga. Färg: Green 46535. GOLV: Efter: Linoleumgolv med stegljudsdämpande baksida; Marmoleum Decibel. Forshaga. Färg: Dove Grey 62135.
Specifikt klassrum 111 (Sal 16, Mercurius)	VÄGGAR: Efter: Väggmatta av plast i meter upp på vägg, Forshaga Sarlon, färg: U3P3 332702. GOLV: Efter: Plastmatta Forshaga Sarlon, färg blå U3P3 332717.
Korridor	Lika korridor som i etapp 1, före och efter.

Bilaga 5 Exempel på möbler med goda ljudegenskaper

Innovativa möbler som ”städas upp efter ljud”

Sigrid Strömgren arbetade sex månader med förstudien till detta forskningsprojekt, varefter hon gick magisterutbildningen i design på Högskolan för Design och Konsthantverk, HDK. Där fördjupade hon sig inom bullerdämpning i inredning. Sigrid har nu blivit en uppmärksam designer. Och det har hon blivit för sina ”tysta” bord och stolar, som är lite av svaret på denna studie, med vilken hon alltså arbetade i ett inledningsskede. Vi återger nedan några bilder på hennes möbler och några citat ur tidskriften Formica Trends nr 2-2008 om dessa.



Sigrid Strömgrens bordsserie, Silent Wisper, förhindrar med en unik konstruktion uppkomsten av skarpa ljud. Serien produceras av det svenska möbeldesignföretaget Materia som tilldelats det prestigefulla designpriset Red Dot Design Award för bordet. Sigrid Strömgren har också fått utmärkelsen Guldsyrans 2008, ett pris som premierar god ljudmiljö i det offentliga rummet. Hon studerade hur anställda på förskolor klurat ut knep för att hålla ljudnivån nere, som t.ex. med tennisbollar fästa vid stolsben. Hon var inställd på att det borde gå att göra något snyggt av det från början, inte ordna med i ljuddämpning i efterhand. Hon experimenterade med över 50 olika materialkombinationer innan hon slutligen bestämde sig. I miljöer som matsalar, där bordet gör som störst nytta, behövs en hård och slittålig yta. Därför föll valet slutligen på högtryckslaminat - ett tåligt material som ger många valmöjligheter. Det går att få med blank eller matt yta, i många olika färger och mönster. Silent Whisper har en bordsskiva i högtryckslaminat i standardfärgerna vitt och björk. Jämfört med laminat i klassisk skivkonstruktion halverar bordet ljudalstringen. Konstruktionen är unik och visades för första gången under möbelmässan i Stockholm våren 2008. I montern fanns två bord bredvid varandra, ett klassiskt och ett Silent Whisper-bord. Besökarna bankade på bordsskivorna, försvann och kom tillbaka med vänner och kollegor som skulle testa och jämföra. – Det var så påtagligt med ljudet och hur det fascinerade människor. I dagsläget finns ett antal metoder för att, som Sigrid Strömgren uttrycker det, städa upp efter ljud. Det handlar om att absorbera och dämpa ljud från skramliga stolar som skrapar mot golv eller bestick som slamrar mot bordsytor. Men Sigrid Strömgren tar det här med ljud till en annan nivå. Hon vill gå direkt till källan – inte dämpa ljuden, utan till att börja med förhindra att ljud uppstår.