

God ljudmiljö i skola

– samband mellan ljudmiljö, hälsa och
välbefinnande före och efter åtgärdsprogram



Kerstin Persson Waye

Agneta Agge

Fredric Lindström

Marie Hult

Rapport nr 3: 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

Omslagsbild: Bilder från ett klassrum före och efter intervention

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 förskola och skola - Krav på rum, bygg- och inredningsprodukter för minskat buller. (Rapport nr 4: 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 978-91-978916-6-0

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

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	5
1 INLEDNING.....	6
2 Syfte.....	8
3 Metod.....	8
3.1 Studieområde och design.....	8
3.2 Elevformulär.....	9
3.3 Lärarformulär.....	9
3.4 Studiepopulation.....	9
3.5 Ljudnivåmätningar.....	10
3.6 Statistiska metoder.....	12
4 RESULTAT.....	12
4.1 Elevers upplevelse av arbetsmiljön.....	12
4.2 Lärares upplevelse av arbetsmiljön.....	16
4.2.1 Samband mellan hälsa och arbetsmiljö.....	18
4.3 Rumsakustik.....	19
4.4 Ljudnivåmätningar.....	20
4.4.1 Resultat från stationära mätningar.....	20
4.4.2 Resultat från personburna mätningar.....	21
5 SLUTSATSER.....	21
6 REFERENSER.....	23

SAMMANFATTNING

Höga ljudnivåer är ett vanligt förekommande problem i förskolor och skolor. I Mölndals stad planerades en rad åtgärder för att minska ljudnivåerna i förskolor och skolor och vi fick tillfälle att vetenskapligt utvärdera effekterna av dessa åtgärder. Utvärderingen i skolan avsåg effekter på elevers upplevelser av klassrum och matsal samt inverkan på ljudnivåer och rumsakustik. Studierna var upplagda som före-efter-studier eller interventionsstudier i totalt två klassrum samt en matsal där åtgärder vidtogs för att förbättra ljudmiljön. Samtliga elever i två klassrum besvarade en enkät tre månader före samt åtta månader efter interventionen. Totalt deltog 46 elever vid tillfälle I och 40 elever vid tillfälle II. Av dessa deltog 28 elever både före och efter åtgärderna. Ljudnivåmätningar (personburna dosimetrar på lärare samt stationära mätningar i taket på klassrummet) gjordes under en vecka före och en vecka efter interventionen. Samtliga lärare inbjöds att delta i enkät efter åtgärderna. Av de 16 som svarade arbetade 10 lärare i renoverade klassrum. Lärarnas svar är analyserade deskriptivt men jämförs även med en större referenspopulation av förskolepersonal från 60 slumpmässigt utvalda förskolor i Mölndals stad.

Eleverna var genomgående mer nöjda med klassrum och matsal efter åtgärderna, såväl vad avser ljudnivå och buller som estetik, belysning och möblering. I matsalen var ljudnivån den faktor som eleverna var minst nöjda med före åtgärderna. Efter åtgärderna var det dock byte av bord och stolar det som orsakade störst förändring i positiv riktning. Eleverna angav signifikant mindre störning av stolskrap i klassrummet och av ljud från korridor efter åtgärderna medan störning av prat i klassrummet var opåverkad. Det fanns även en tendens till att eleverna hade lättare att höra vad andra säger efter åtgärderna.

Mätningar av ljudnivån i klassrummet visade att de genomsnittliga ljudnivåerna över dagen var förhållandevis höga (69dB LpAeq) med maximala nivåer upp till 100 dBA. Det var inga större skillnader mellan mät dagar. Ljudnivåmätningar efter åtgärderna visade på en minskning med drygt 4dB LpAeq och nära 3dB LpAFMax. Reduktionen av uppmätta ljudnivåer är således i linje med elevernas svar.

Bland lärarna var andelen som besvärades av buller ofta eller som var mycket störda av buller 40%. Jämfört med referensgruppen tycks det som om lärarna i undersökningen rapporterade en högre frekvens av symptomen: huvudvärk, värk i nacke/skuldra och spänd, men vi kan i denna undersökning inte dra slutsatser om orsaken till symptomen, som kan kopplats till flera stressorer i arbetsmiljön.

Sammanfattningsvis visar studien att eleverna och lärarna exponeras för höga ljudnivåer. Åtgärderna tycks ge en tydlig reduktion av ljudnivåerna som även avspeglas i elevernas upplevelse av buller. Såväl upplevelsen av klassrum och matsalens ljudnivå samt störning av olika ljudkällor i klassrummet minskar efter åtgärder. Studien visar även att förutom absorbenter i tak och väggar är åtgärder av möbler samt korridor viktiga för att få en bättre ljudmiljö.

1 INLEDNING

I förskolor och skolor har man konstaterat ökade problem med buller - så även i Mölndals stad. Höga ljudnivåer i dessa miljöer är ett multifaktoriellt problem, som bör angripas från olika håll. Barnens och personalens röststyrka påverkas bland annat av vilka aktiviteter som pågår, vilken pedagogik som används, av individernas psykosociala situation och stämningen i gruppen, hur stora barngrupperna är, 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 stämmningslägen, t ex zoner som är mer rofyllda, och som inbjuder till att sänka rösten och vila öronen.

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 ytiskt 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 Arbets- och 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 (Dnr 2005-24-4644-28) och Västra Götaland (Dnr MN-00105-2004) 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?

Projektet har resulterat i följande rapporter:

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 i lokalerna. Här redovisas också den metodutveckling som prövats i projektet vad gäller att mäta röstläge, röststyrka hos barn och personal mm. (Rapport nr 2: 2011)

God ljudmiljö i skola – Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram.

Redovisar motsvarande studier som rapport nr 2: 2011, gjorda i skolmiljö. (Rapport nr 3: 2011)

God ljudmiljö i förskola och skola - Krav på rum, bygg- och inredningsprodukter för minskat buller.

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. (Rapport nr 4: 2011)

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 nr 6: 2011)

God ljudmiljö i skola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram.

Redovisar motsvarande studier som i rapport nr 6: 2011, gjorda i skolmiljö. (Rapport nr 7: 2011)

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. Fotografier i denna rapport är tagna av fotograf Elin Grape och Agneta Agge.

Förutom ovan nämnda finansiärer har Mölndals stad stött studien med arbetsinsatser. Till projektet har funnits en referensgrupp, som består 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.

2 SYFTE

Övergripande syftade projektet till att förbättra ljudmiljö och hälsa genom förändringar av den fysiska innemiljön med material och inredning som dämpade buller.

Detta har åstadkommit genom att vi:

Genomfört en vetenskapligt upplagd ”före-efter-studie” (interventionsstudie) för utvärdering av olika tekniska åtgärder (förändringar av rummen och dess inredning) vilka syftat till att minska buller i skolor.

Mätt effekterna av åtgärderna både med fysikaliska ljudmätningar och med formulär för att fånga elever och personals upplevelser och påverkan av ljudmiljön.

3 METOD

3.1 Studieområde och design

Alla studier har utförts inom Mölndals stad. Arbetet har skett i samråd och efter återkommande avstämning med rektorer, personal samt Mölndals stads fastighetsförvaltning Samfast, förvaltare Bo Ljungberg. Huvudstudien föregicks av en pilotstudie i en avdelning där formulär och metodik i övrigt prövades.

Två klasser årskurs 2/3 och 4/5 studerades före (tillfälle I) och två klasser efter (tillfälle II) att olika fysiska åtgärder i klassrum och matsal vidtagits. Vid tillfälle I fanns 46 barn (30 flickor och 16 pojkar), och vid tillfälle II 40 barn (26 flickor och 14 pojkar). Elever i klasserna var delvis desamma före som efter men de som gick i årskurs 5 (11st) var inte kvar inom studiepopulationen vid tillfälle II. Studiedesignen finns beskriven i tabell 1.

Tabell 1. Studiedesign

Klass	Klassrum	VT 2007	Klassrum	VT 2008
2/3	C100	Tillfälle I	A107	Tillfälle II
4/5	C111	Tillfälle I	C100	Tillfälle II

Förklaringar: Tidpunkt för intervention anges med vertikal pil. Tillfälle I betecknar mätningar ca 3 mån före intervention. Tillfälle II betecknar mätningar gjorda ca 8 mån efter intervention

Vid tillfälle I och tillfälle II har formulär besvarats av elever. För att få en uppfattning om lärarnas arbetsmiljö ombads alla lärare i skolan att vid ett tillfälle besvara ett arbetsmiljöformulär.

3.2 Elevformulär

Eleverna besvarade ett arbetsmiljöformulär med frågor om miljön i klassrummet och matsalen (buller, värme, rummets utformning mm) samt ett antal frågor om deras hälsa. De fick även ett formulär som skulle besvaras varje dag, under en vecka, de dagar som ljudmätningarna pågick. Det var sju frågor om hur de kände sig just då och hur mycket de stördes av buller.

3.3 Lärarformulär

Vid tillfälle II ombads alla lärare i skolan att besvara ett arbetsmiljöformulär [1] och de lärare som arbetade i de klassrum där ljudmätningar utfördes besvarade även ett formulär varje morgon när de började sin arbetsdag och på eftermiddagen innan de gick hem för dagen.

3.4 Studiepopulation

Källpopulation, svar och svarsfrekvensen för elever och lärare framgår av tabell 2.

Tabell 2. Studiepopulation för skola

	Tillfälle I				Tillfälle II			
	Käll- population	Giltigt bortfall	Svar	Svars- frekvens (%)	Käll- population	Giltigt bortfall	Svar	Svars- frekvens (%)
Elever	46	0	43	94	40	1	38	95
Lärare	-	-	-	-	24	0	16	67

Elever

Antal elever som besvarade arbetsmiljöformuläret var 43 (94%) av 46 deltagande vid tillfälle I. Vid tillfälle II svarade 38 av 40 (95%). Andelen pojkar var 35% (43) vid tillfälle I och 32% vid tillfälle II (38). Sammanlagt var det 28 elever som deltog både vid tillfälle I och II.

Vid tillfälle I var 9st 11-åringar (21%), 10st 10-åringar (23%) och 14st 9-åringar (33%). Antalet barn närvarande på skolan per dag vid tillfälle I och II visas i tabell 3.

Antalet elever som besvarade varje dag-formuläret, varierade något mellan 26 till 37 vid tillfälle I och mellan 35 till 39 vid tillfälle II. Av dessa besvarade 26-28 formuläret vid två tillfällena. Svaren på varje dag formulären redovisas i annan rapportering.

Tabell 3. Medel av antal elever per veckodag i skolan vid tillfälle I och II i respektive klassrum. Dessutom redovisas medelvärdet/vecka för varje klassrum

Klassrum	Mån		Tis		Ons		Tors		Fre		Medel	
	Tillfälle		Tillfälle		Tillfälle		Tillfälle		Tillfälle		Tillfälle	
Kl 8:30-14:00	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
C100 A107	-	14	21	15	17	21	18	13	16	-	18	16
C111 C100	-	-	12	11	12	9	13	18	14	14	13	13

Klass 2/3: C100; tillfälle I, A107; tillfälle II

Klass 4/5: C111; tillfälle I, C100; tillfälle II

Lärare

Av de som svarade var 2 (12%) män och 14 (88%) kvinnor. Medelåldern var 47år sd=12,3 (28-62). Tio av de 16 lärarna arbetade i klassrum som var renoverade med avseende på:

- Nedpendlat akustiktak (absorbenter klass A)
- Golvmatta
- Ny skrivtavla
- Flertalet rum fick väggabsorbenter på en vägg (absorberande anslagstavlor)
- Ny ventilation
- Ny belysning med dimmer

Dessutom försågs korridorer med nedpendlat akustiktak (absorbenter klass A)

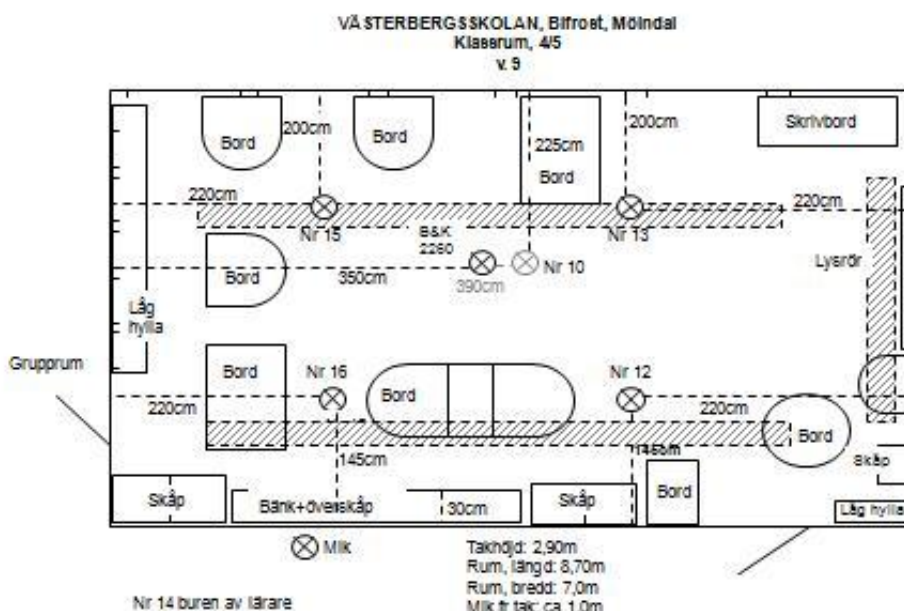
Renoveringen beskrivs detaljerat i rapport nr 4.

3.5 Ljudnivåmätningar

De stationära mätningarna utfördes med hjälp av en ljudnivåmätare Bruel & Kjaer (B&K) 2260, och en tillhörande 1/2 tums mätmikrofon. Ljudnivåmätarens inställning var fast, mätintervall 30-110 dB. Mätdata sparades som loggade mätningar vilket innebär att mätinstrumentet automatiskt lagrar mätvärdena L_{pAeq} , L_{pAFmax} , L_{pAmin} och L_{pCpeak} samt linjär ekvivalent ljudtrycksnivå i 1/3 oktavband var 60:e sekund under mätperioden. Instrumentet kalibrerades med en akustisk kalibrator, typ B&K 4231, före start av mätning

och efter stopp av mätning i varje rum. Varannan eftermiddag gjordes nerladdning av data från den stationära mätaren till dator.

I klassrummen hängdes mätmikrofonen ca 100 cm från taket i en central position för att representera exponeringen i rummet. Den mätte kontinuerligt från kl 07:00-17:00, således i 10 timmar i fyra dagar. I klassrummen användes dessutom dosimetrar (Spark 705+) för att komplettera mätningen med B&K 2260, eftersom rummets storlek och verksamhetens karaktär skulle kunna innebära större rumsliga variationer i nivå. Fem dosimetrar hängdes upp i taket på olika platser i rummet (se figur 1). De programmerades med tidsintervallet kl 08:00-15:00, gain 30dB, vilket ger mätintervallet 43-113dB och de loggade data var 30:e sekund.



Figur 1. Skiss över ett av klassrummen där mätpunkter för mätningarna finns markerade med cirklar med kryss, totalt 6st.

Vid analys av mätvärdena för de stationära mätningarna valdes de tidsintervall ut där eleverna vistades i klassrummet enligt klassens schema och lärarens anteckningar i protokollet. Om det enligt protokoll visade sig att eleverna inte var i klassrummet utan var på rast eller någon annan aktivitet, togs detta intervall bort.

I skolan bars dosimetrar endast av lärare i de studerade klassrummen och tidsintervallet för mätningarna var 08:00-15:00. Lärarna fick protokoll där de skulle notera när de satte på sig dosimetern och när de tog av sig den vid dagens slut och varje gång de avvek från klassrummet, som t ex rast, planering eller någon annan aktivitet. De ombads även att anteckna för varje lektion hur många barn som var närvarande.

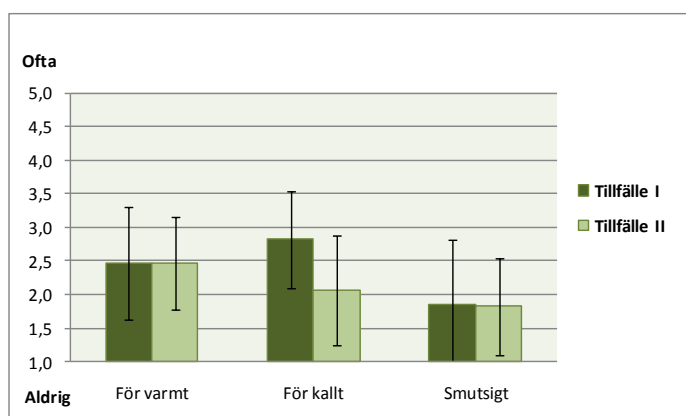
3.6 Statistiska metoder

Vid redovisningen av lärarnas svar görs en jämförelse med en referenspopulation. Den består av förskolelärare i Mölndals kommun som svarat på motsvarande enkät vid två tillfällen (för detaljerad information se [2]). Totalt har 128 förskolelärare svarat vid två tillfällen och vid jämförelser används ett medelvärde av de två svaren. Skattningar av medelvärdes- eller proportionsdifferensen mellan tillfälle I och II görs, med 95 % konfidensintervall. Elever har besvarat frågeformulär vid två tillfällen före och efter interventionen. I statistiska analyser ingår endast de elever som deltog båda gångerna (n=28). Skillnader mellan tillfälle I och II testas med Wilcoxon's test för parade data eller med Cochran's eller Friedmans test vid jämförelser av andelar. Flera frågor redovisas enbart med beskrivande statistik, i absoluta tal eller i procentuella andelar. I tabeller markeras signifikansnivå även med *, där $*=p<0,05$, $**=p<0,01$ och $***=p<0,001$.

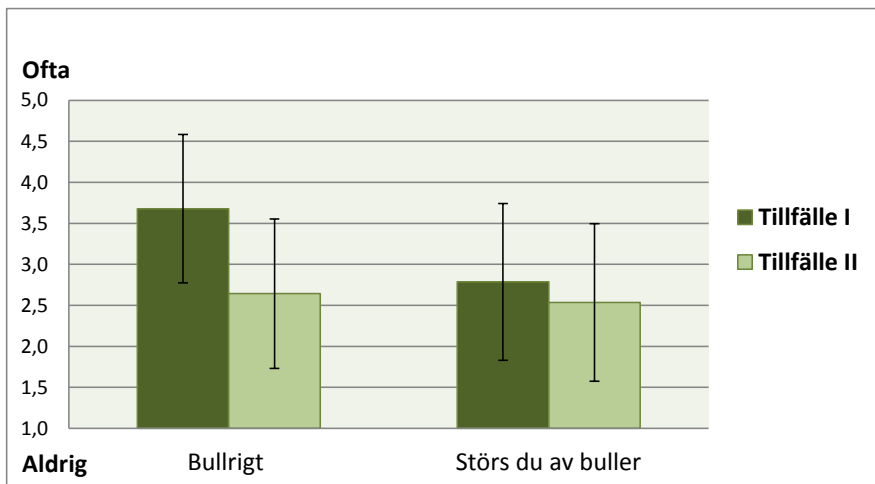
4 RESULTAT

4.1 Elevers upplevelse av arbetsmiljön

I stapeldiagrammen i figur 2 till 8 visas medelvärde och standardavvikelser. Figur 2 och 3 redovisar hur det brukar vara i klassrummet. Svaren angavs på skalan 1=aldrig till 5=ofta.



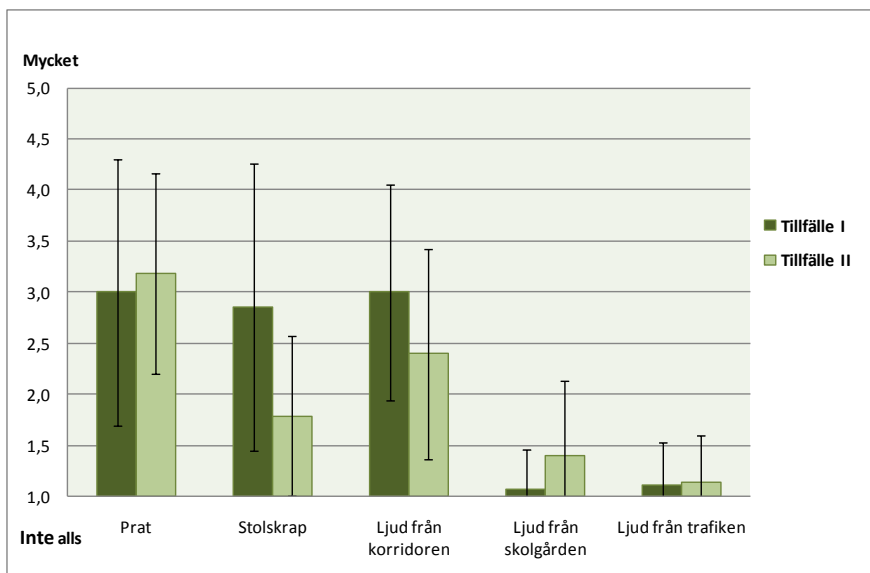
Figur 2. Hur brukar det vara i ditt klassrum: för varmt, för kallt eller smutsigt



Figur 3. Hur brukar det vara i ditt klassrum: bullrigt samt störs du av buller i skolan

Inga signifikanta skillnader kunde påvisas mellan tillfälle I och II på frågan om eleverna tyckte att det var för varmt i klassrummet, smutsigt i klassrummet och om de störs av buller. Däremot var skillnaden mellan tillfälle I och II signifikant för frågorna om hur det brukar vara i klassrummet vad avsåg kyla och buller ($z=-3,152$; $p=0,002$) respektive ($z=-3,252$; $p=0,001$).

Störning av olika ljudkällor i klassrummet vid tillfälle I och II, redovisas i figur 4, (1=inte alls till 5=mycket).

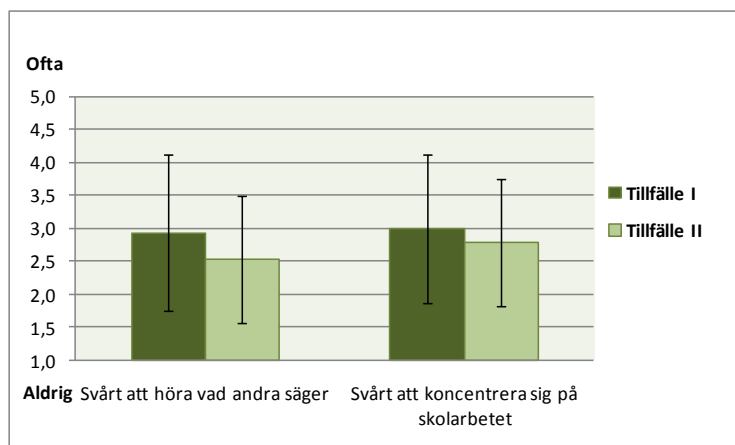


Figur 4. Störning av ljudkällor i klassrummet

Eleverna störs mest av prat, stolskrap och ljud från korridoren vid tillfälle I. Ljud från skolgården eller från trafik upplevdes inte störande.

Signifikanta skillnader mellan tillfälle I och II kunde påvisas för stolskrap ($z=-3,218$; $p=0,001$) och ljud från korridoren ($z=-3,314$; $p=0,001$), medan inga skillnader kunde ses för prat och ljud från trafiken. Ljud från skolgården störde signifikant mindre vid tillfälle I jämfört med tillfälle II ($z=-2,124$; $p=0,034$).

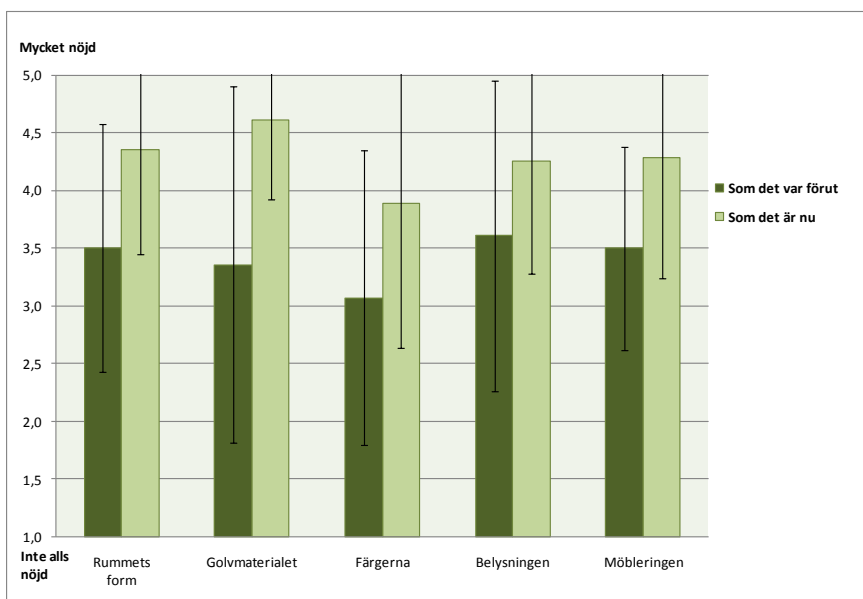
Figur 5 redovisar hur eleverna bedömde att ljud i klassrummet påverkade dem (1=aldrig och 5=ofta).



Figur 5. Elevernas bedömning av hur ljud påverkar dem i klassrummet

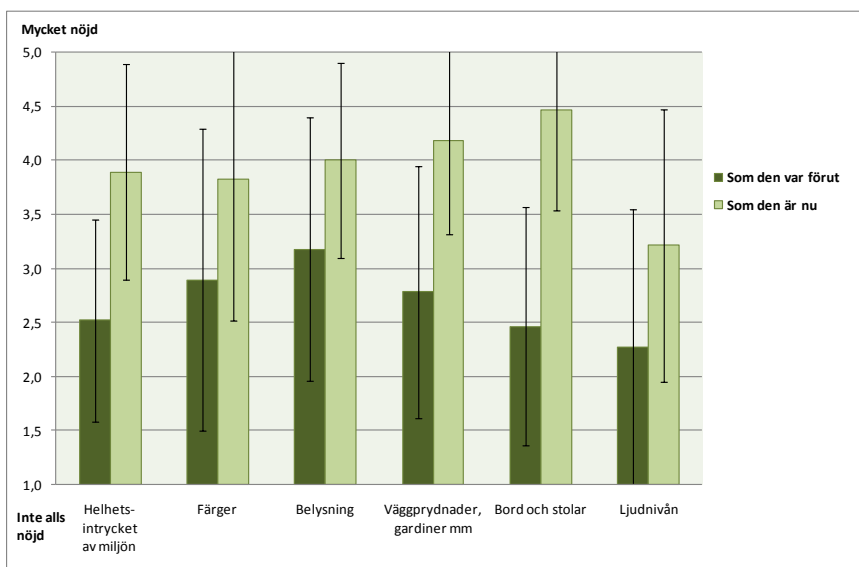
Sex av 28 elever (21,4%) angav ofta eller ganska ofta (motsvarande 4 eller 5 på skalan) på frågan om de hade svårt att höra vad andra sa före intervention medan denna andel hade minskat till 3 av 28 (10,7%) efter interventionen (Cochran $Q=3,0$; $p=0,083$). På frågan om de hade svårt att koncentrera sig svarade 7 av 28 (25%) ganska ofta eller ofta före interventionen och denna andel var i princip oförändrad efter interventionen 6 av 28 (21,4%).

Figur 6 och 7 beskriver hur nöjda eleverna var med olika fysiska faktorer sitt klassrum och i den gemensamma matsalen, före intervention ("som det var förut") och efter intervention ("som det är nu").



Figur 6. Elevernas helhetsintryck av miljön i klassrummet före och efter intervention

Eleverna hade genomgående en mera positiv bedömning av hur klassrummet och matsalen var vid tillfälle II jämfört med hur det var vid tillfälle I. I samtliga svar var eleverna signifikant mer nöjda vid tillfälle I: rummets form ($z=-3,296$; $p=0,001$), golvmaterialet ($z=-3,319$; $p=0,001$), färgerna ($z=-2,961$; $p=0,003$), belysningen ($z=-2,623$; $p=0,009$) och möbleringen ($z=-3,213$; $p=0,001$).

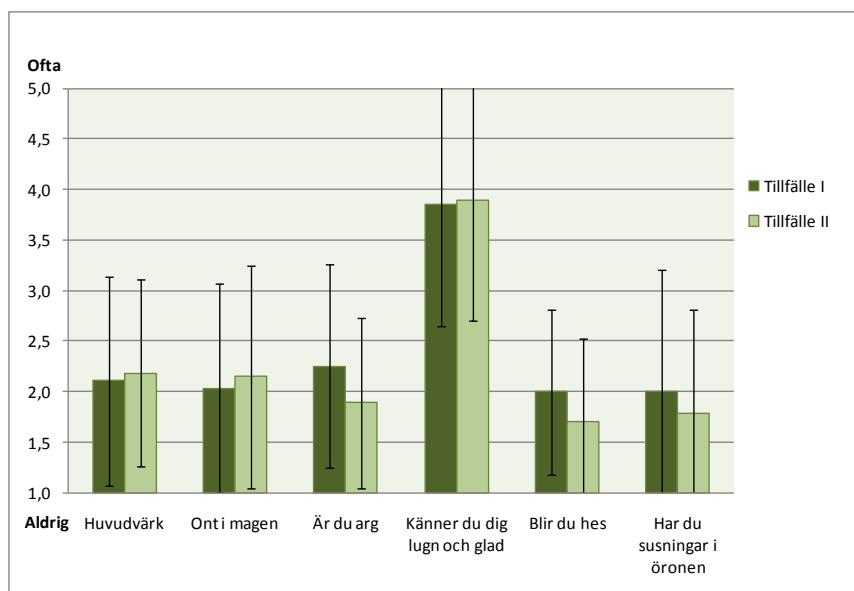


Figur 7. Elevernas helhetsintryck av miljön i matsalen före och efter intervention

I matsalen var man före interventionen minst nöjd med ljudnivån. Den största förändringen mellan tillfälle I och II upplevdes av bord och stolar. I alla svar var elever signifikanta mer nöjda vid tillfälle II: helhetsintrycket av miljön ($z=-3,978$; $p=0,000$), färger ($z=-2,752$;

p=0,006), belysning (z=-3,228; p=0,001), väggprydnader mm (z=-4,078; p=0,000), bord och stolar (z=-4,346; p=0,000) och ljudnivån (z=-3,457; p=0,001).

Figur 8 redovisar symptom och hur eleverna kände sig vid tillfälle I och II.



Figur 8. Elevers symptom före och efter intervention.

Figur 8 visar genomgående att förekomsten av olika besvär är låg och att inga större skillnader kunde ses mellan tillfälle I och tillfälle II.

4.2 Lärares upplevelse av arbetsmiljön

Medianvärdet för organisatoriska och psyko-sociala faktorer som arbetstider, trivsel, trygghet, lön, arbetsledning, organisation, utvecklingsmöjligheter samt gemenskap var överlag högt. Alla utom lön och utvecklingsmöjligheter låg över 8 på en skala från 1=inte alls nöjd till 10= mycket nöjd. Medianvärden för lön och utvecklingsmöjligheter var något lägre 5 respektive 7.

Flertalet lärare trivdes med sitt arbete ganska bra till mycket bra. Alla lärare upplevde att de har frihet att bestämma hur deras arbete ska utföras. Fyrtiofyra procent av lärarna hade ofta, alltid eller nästan alltid mycket att göra i skolan och 38% kände sig lika ofta stressade i sitt arbete. Dessutom rapporterade 31% av lärarna att de mårde dåligt på sin arbetsplats ofta, alltid eller nästan alltid.

I det följande redovisas resultat för lärare som arbetade i renoverade klassrum (10 av totalt 16).

I tabell 4 beskrivs de faktorer som påverkar inomhusmiljön ofta/varje vecka och redovisas som andelar i procent.

Tabell 4. Procentuell andel som besvärades av olika faktorer i inomhusmiljön

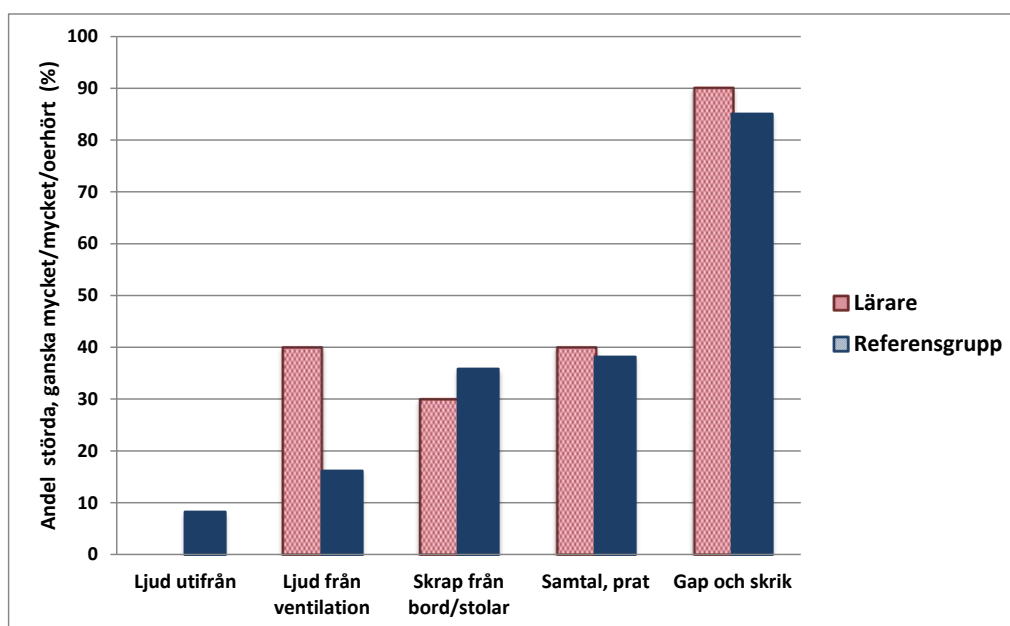
Ofta/varje vecka	Lärare n=10	Referensgrupp n=128
Drag	0	10,6
Hög rumstemperatur	10,0	12,6
Låg rumstemperatur	40,0*	16,3
Instängd luft	30,0	42,2
Torr luft	30,0	32,0
Obehaglig lukt	30,0*	20,0
Statisk elektricitet	10,0	5,8
Buller	40,0	60,8
Belysning	10,0	13,9
Damm	10,0	55,4

* anger att skillnaden var statistiskt signifikant på 95% nivån.

Låg rumstemperatur och obehaglig lukt rapportades i något högre omfattning bland lärare, medan inga andra skillnader kunde ses mellan lärarnas rapportering och referensgruppen förskollärare.

Andelen som besvärades ofta av buller och graden av bullerstörning (andelen ganska mycket, mycket eller oerhört störda av buller) var båda 40,0% (n=10).

I figur 9 beskrivs andelen störda av olika ljudkällor för lärare och referensgrupp.

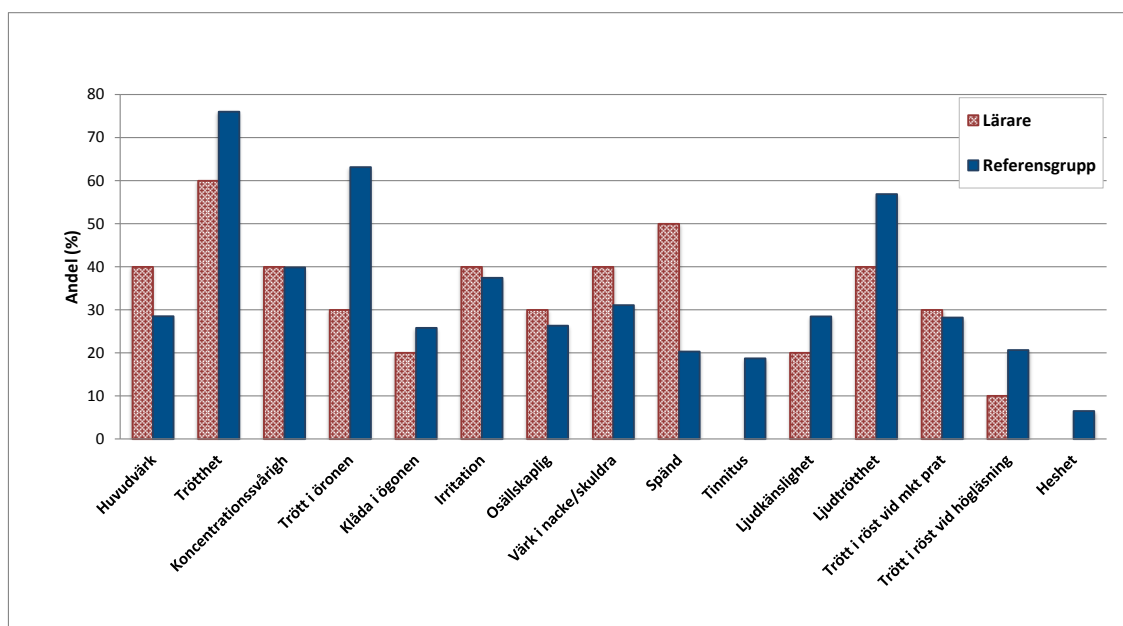


Figur 9. Andelen störda av olika ljudkällor vid de olika mättillfällena för lärare och referensgrupp

Lärare angav i något högre omfattning störning av ljud från ventilationen medan störning för övriga bullerkällor var mycket samstämmig.

4.2.1 Samband mellan hälsa och arbetsmiljö

I figur 10 redovisas olika symptom för lärare samt referensgruppen.



Figur10. Andelen som rapporterade olika besvär någon gång per vecka eller oftare, för lärare och referensgrupp

Störst andel lärare rapporterar symptomen trötthet och spänd. En hög andel eller 40% rapporterar besvär av huvudvärk, koncentrationssvårigheter, irritation, värk i nacke skuldra, och ljudtrötthet. Jämfört med referensgruppen hade lärare en högre frekvens av symptomen: huvudvärk, värk i nacke/skuldra och spänd. Differensen var 12% (95% KI:12,4 - 5,0), 9% (95% KI:12,1 – 3,0) respektive 30% (95% KI:14,6 -2,5).

Frågorna ”måste du ta i med rösten” och ”händer det att rösten inte håller hela arbetsdagen utan att du är förkyld” någon gång varje vecka, flera gånger varje vecka samt varje dag beskrivs i tabell 5.

Tabell 5. Röstfrågor

Någon gång varje vecka eller oftare	Antal	Andel (%)
Måste du ta i med rösten för att höras (n=10)	9	90,0
Händer det att rösten inte håller hela arbetsdagen utan att du är förkyld (n=6)	1	16,7

Nästan alla eller 90% måste ta i med rösten för att höras varje vecka eller oftare, men för flertalet håller rösten hela dagen.

Hörselrelaterade frågor redovisas i tabell 6.

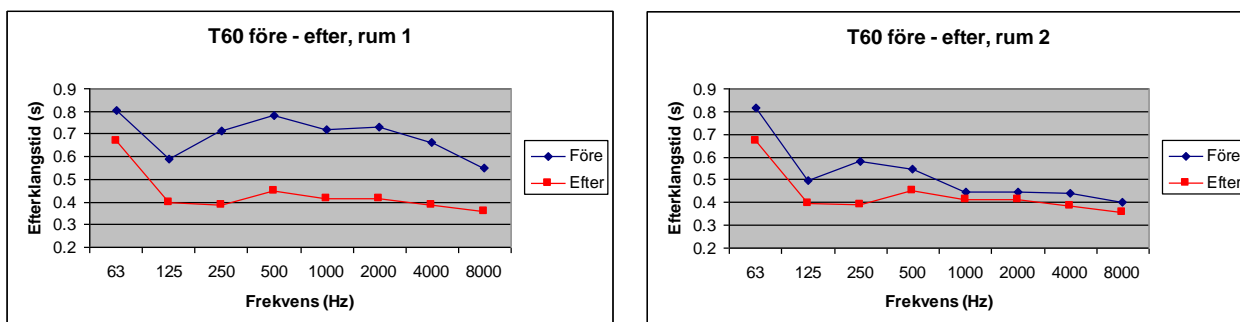
Tabell 6. Antal och procentuella andelar som svarat ja på hörselrelaterade frågor

	Antal	Andel (%)
Har du gjort hörselundersökning senaste 5 åren?	2	20,0
Har du hörselnedsättning/skada?	0	-
Besvär att uppfatta tal i en miljö där flera talar samtidigt	3	30,0

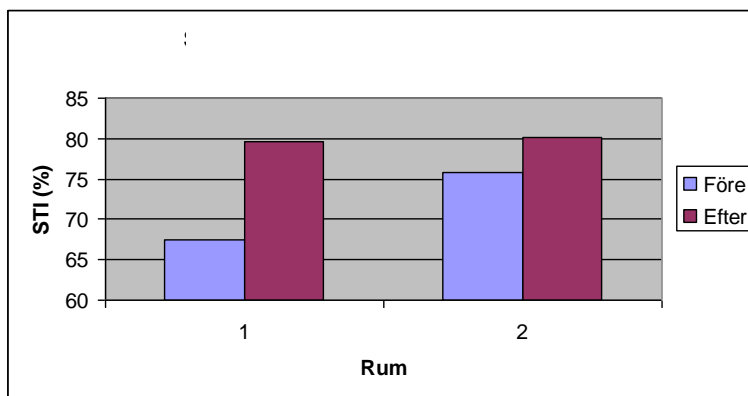
4.3 Rumsakustik

Mätningarna har i huvudsak varit inriktade på rumsakustisk kvalitet, men en ny metod att mäta trumljudsimpulser har även utvärderats. Monaurala och binaurala impulssvar mäts för ett antal käll- och mikrofonpositioner i de två utvalda klassrummen C100 och C111, samt i ytterligare ett klassrum (A107). Impulssvaren har sedan utvärderats med avseende på efterklangstid, balans mellan tidiga och sena reflexer (D50), Taluppfattbarhet (STI) samt interaural korskorrelation (IACC). I dessa rum mättes även styrkan på det ljud av steg eller slag på golvet som man hör i rummet med hjälp av en ny så kallad trumljudsmetod [3] för utförligare redovisning.

Undersökningarna visade att efterklangstiden överlag minskats i och med de akustikförbättrande åtgärderna och att förbättringen syns i princip över hela frekvensområdet (Figur 11). Störst förändring sågs i rum 1 (Sal C111) där man initialt hade en ganska hög efterklangstid, medan förändringen i rum 2 (sal C100) var mera modest. Ökningen av absorptionsarean har även lett till en minskad diffusitet, d v s ett ökat IACC-värde. En förbättring i taluppfattbarhet kan ses för både rum 1 och 2 som följd av akustikförbättringen (Figur 12). Ett STI på över 75% kategoriseras som ”excellent” eller högst möjliga taluppfattbarhet, så i rum 2 var förhållandena även före åtgärden mycket bra.



Figur 11. Efterklangstid före och efter åtgärder i rum 1 (C111) och rum 2 (C100)



Figur 12. Talförståelseindex (STI) i rum 1 (C111) och rum 2 (C100) före och efter åtgärd

4.4 Ljudnivåmätningar

4.4.1 Resultat från stationära mätningar

I tabell 7 redovisas medelvärde och standardavvikelse (SD) för stationära mätningar i respektive klassrum uttryckt i A-vägd ekvivalent ljudnivå (LpAeq dB) och maximal ljudnivå (LpAFmax dB) vid tillfälle I och II för de olika veckodagarna.

Tabell 7. Medelvärde och standardavvikelse (SD) för stationära mätningar i respektive klassrum uttryckt i LpAeq dB och LpAFmax vid tillfälle I och II

Klassrum	Medel (SD)							
	Tis		Ons		Tors		Fre	
	LpAeq (dB)	LpAFmax (dB)	LpAeq (dB)	LpAFmax (dB)	LpAeq (dB)	LpAFmax (dB)	LpAeq (dB)	LpAFmax (dB)
Tillfälle I C100 (Klass 2/3)	68 (0,36)	98 (1,33)	68 (2,98)	97 (2,86)	69 (0,69)	98 (2,79)	66 (1,05)	94 (1,24)
C111 (Klass 4/5)	72 (1,35)	109 (7,02)	70 (2,16)	104 (4,73)	68 (1,67)	101 (2,16)	69 (2,29)	102 (4,71)
Tillfälle II A107 (Klass 2/3)	61 (0,59)	93 (1,55)	63 (1,83)	92 (1,48)	64 (1,12)	94 (2,69)	63 (0,65)	96 (7,95)
C100 (Klass 4/5)	66 (0,33)	104 (3,97)	64 (1,20)	96 (3,06)	65 (0,87)	98 (2,08)	68 (2,05)	97 (1,53)

Som framgår är de ekvivalenta ljudnivåerna relativt likartade över veckodagarna. Vid tillfälle I överstigs nivån 66 dB LpAeq under samtliga mätdagar (100%), medan vid tillfälle II överskrids denna nivån endast under två mätdagar (25%).

I tabell 8 visas medelvärde och standardavvikelse (SD) för stationära ljudnivåmätningar vid tillfälle I och II för hela veckan (tisdag tom fredag) uttryckt i LpAeq dB och LpAFmax dB. Som framgår var skillnaden signifikant och uppgick till 4 dB LpAeq och ca 3 dB LpAFmax.

Tabell 8. Medelvärde och standardavvikelse (SD) för stationära mätningar, uttryckt i LpAeq dB och LpAFmax vid tillfälle I och II för hela veckan

	Klassrum C100/C111 Tillfälle I Medel (SD)	Klassrum A107/C100 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)

4.4.2 Resultat från personburna mätningar

De två klasslärarnas personburna ljudexponering vid tillfälle I och II uttryckt i LpAeq dB och LpAFmax dB redovisas i tabell 9 (mätningar under 5 dagar vid tillfälle I och II).

Tabell 9. Medelvärde och standardavvikelse (SD) för klippta personburna mätningar för lärare i respektive klassrum uttryckt i LpAeq dB och LpAFmax vid tillfälle I och II

Lärare		Tillfälle I Medel (SD)	Tillfälle II Medel (SD)	Differens (95% KI)
2/3+4/5	LpAeq dB	76 (3,68)	76 (1,39)	0,14 (-2,92 - 3,20)
	LpAFmax dB	108 (5,94)	104 (5,34)	-3,24 (-9,83 - 3,35)

Inga signifikanta skillnader av personburna ljudnivåer kunde ses vid tillfälle I och tillfälle II. Detta beror sannolikt på att lärarens röst bidrar till den sammanvägda dosen.

5 SLUTSATSER

Studien visar att eleverna genomgående var mer nöjda med klassrum och matsal efter åtgärderna, såväl vad avser ljudnivå och buller som estetik, belysning och möblering. I matsalen var ljudnivån den faktor som eleverna var minst nöjda med före åtgärderna. Efter åtgärderna var det dock byte av bord och stolar det som orsakade störst förändring i positiv riktning. På frågan om störning av olika ljudkällor i klassrummet före och efter åtgärderna angavs signifikant mindre störning av stolskrap efter åtgärderna och det kan därför vara möjligt att den positiva upplevelsen av byte av bord och stolar i matsalen även inbegriper en upplevelse av förbättrad ljudmiljö. Det var även signifikant mindre störning av ljud från korridoren, medan störning av prat i klassrummet var opåverkad. Ljud från korridor minskade troligen som en konsekvens av nya takabsorbenter i korridortaken. Att störningen av prat i klassrummet inte minskade beror sannolikt på att tal når eleverna mest som direktljud utan

reflexer i tak och väggar och införandet av absorbenter i klassrummet har därför en mindre effekt på dessa ljud.

Mätningar av ljudnivån i klassrummet visade att de genomsnittliga ljudnivåerna över dagen var förhållandevis höga (69dB LpAeq) med maximala nivåer upp till 100 dBA. Det var inga större skillnader mellan mät dagar. Intressant nog visade ljudnivåmätningar efter åtgärderna på en minskning med drygt 4dB LpAeq och nära 3dB LpAFMax. Reduktionen av uppmätta ljudnivåer är således i linje med elevernas svar.

Förekomsten av hälsobesvär bland eleverna var genomgående låg och vi kunde inte påvisa några skillnader i barnens hälsa före och efter åtgärder. Inte heller kunde vi påvisa någon signifikant förbättring av möjligheten att koncentrera sig efter åtgärderna. Däremot fanns en tendens till att eleverna hade lättare att höra vad andra säger efter åtgärderna. Barn upp till 15 års åldern är en riskgrupp vad avser taluppfattning i miljöer med hög bakgrundsnivå [4]. En bullrig miljö kan således försämra deras språkinläring och barn med annat modersmål än svenska samt med hörselnedsättning är speciellt känsliga. Dokumenterade besvär av buller under skolåldern är försämrad läs- och skrivförmåga, uppmärksamhet och inläring [5, 6].

Svenska undersökningar bland barn i jämförbara åldrar, 12-åringar i Västra Götaland, visar att obehag av buller (framförallt från andra barn) i skolan eller fritids rapporteras vara de källor som stör barn mest och så många som vart fjärde barn upplevde obehag av sådant buller flera gånger i veckan [7]. Dessa barn hade även ett något sämre allmänt hälsotillstånd än andra barn.

Flertalet lärare trivdes med sitt arbete ganska bra till mycket bra. Alla lärare upplevde att de har frihet att bestämma hur deras arbete ska utföras. Fyrtiofyra procent av lärarna hade ofta, alltid eller nästan alltid mycket att göra i skolan och 38% kände sig lika ofta stressade i sitt arbete. Dessutom rapporterade 31% av lärarna att de mår dåligt på sin arbetsplats ofta, alltid eller nästan alltid.

Andelen som besvärades av buller ofta eller var mycket störda av buller var 40%. Detta är något lägre än vad vi ser bland förskolepersonalen där mellan 52% [8] och 55% [9] var störda av buller. Stor försiktighet får dock tillämpas vid jämförelser av dessa andelar eftersom antalet lärare som deltog i föreliggande undersökning var mycket litet.

Jämfört med referensgruppen tycks det som om lärarna i undersökningen rapporterade en högre frekvens av symptomen: huvudvärk, värk i nacke/skuldra och spänd. Vi kan inte i denna undersökning dra slutsatser om orsaken till symptomen, som kan kopplas till flera stressorer i arbetsmiljön. Det är dock intressant att notera att efter en förbättrad ljudmiljö i förskolan [9] var symptomen huvudvärk, spänd samt ljudtrötthet signifikant mindre ofta förekommande, jämfört med tiden före åtgärder.

Sammanfattningsvis visar studien att eleverna och lärarna exponeras för höga ljudnivåer. Åtgärderna tycks ge en tydlig reduktion av ljudnivåerna som även avspeglas i elevernas

upplevelse av buller. Såväl upplevelsen av klassrum och matsalens ljudnivå samt störning av olika ljudkällor i klassrummet minskar efter åtgärder. Studien visar även att förutom absorber i tak och väggar är åtgärder av möbler samt korridor viktiga för att få en bättre ljudmiljö.

6 REFERENSER

- [1] **Eller N., Netterstrøm B., Gyntelberg F., Kristensen T.S., Nielsen F., Steptoe A., Theorell T.** (2009). Work-related psycho-social factors and the development of ischemic heart disease: A Systematic review. *Cardiol Rev.*17:83-97.
- [2] **Persson Waye 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, rapport nr 2: 2011.
- [3] **Larsson P.** (2011). God ljudmiljö i förskola - Beskrivning av rumsakustik före och efter åtgärdsprogram. Enheten för Arbets- och miljömedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa, rapport nr 2: 2011.
- [4] **Landström U., Arlinger S., Hygge S., Johansson Ö., Kjellberg A., persson Waye K.** (1999). Störande buller: Arbete och hälsa, Arbetslivsinstitutet; 1999. Report No.: 1999:27.
- [5] **Evans G.W.** (2006). Child development and the physical environment. *Annual review of psychology.*57:423-51.
- [6] **Evans G.W., Lepore S.J.** (1993). Nonauditory effects of noise on children: a critical review. *Child Environ.*10:31-51.
- [7] **Wastensson G., Andersson E., Barregård L.** (2006). Barns Miljö & Hälsa i Västra Götaland. Göteborg; 2006.
- [8] **Nielsen K., Persson Waye K.** (2010). En kartläggning av ljudmiljön och personalhälsa i Stenungsunds förskoleklasser och årskurserna 1-3. Göteborg; 2010 5 mars 2010. Report No.: 132.
- [9] **Persson Waye 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, rapport nr 3: 2011.